



**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARININ
TARIMSAL ÜRETİM DESENİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ - ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ**

Taner ERDOĞAN

**Yüksek Lisans Tezi
Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı
Tarım Politikası ve Yayım Bilim Dalı
Prof. Dr. Atilla KESKİN**

2019

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARININ TARIMSAL ÜRETİM
DESENİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ - ERZURUM İLİ
ÖRNEĞİ**

Taner ERDOĞAN

**TARIM EKONOMİSİ ANA BİLİM DALI
Tarım Politikaları ve Yayım Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARININ TARIMSAL ÜRETİM
DESENİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ - ERZURUM İLİ
ÖRNEĞİ

Prof. Dr. Atilla KESKİN danışmanlığında, Taner ERDOĞAN tarafından hazırlanan bu çalışma, 22/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı - Tarım Politikası ve Yayım Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Atilla KESKİN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Adem AKSOY

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emine AŞKAN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu ..05/09/2019.. tarih ve 35../56..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

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

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARININ TARIMSAL ÜRETİM DESENİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ - ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ

Taner ERDOĞAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı
Tarım Politikası ve Yayım Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla KESKİN

Sanayi alanındaki gelişmelere paralel olarak fosil yakıt kullanımında engellenemeyen artış, orman arazilerinin tahrip edilmesi, ulaştırma sektöründeki gelişmeler, tarımsal arazilerin amaç dışı kullanımı ve çarpık yapılaşma atmosferde sera gazı salımlarını artırmaktadır. Sera gazlarındaki bu artışlar daha çok ısıyı tutma anlamına gelmektedir. İklim değişikliği, küresel boyutlara varan sıcaklık artışları ile günümüzde en çok tartışılan konulardan birisi haline gelmiştir. İklim değişikliği doğrudan ve dolaylı yollardan tüm sektörleri etkilemektedir. En fazla etkilenen ve etkilenecek sektörlerin başında doğaya bağlı yapısı gereği tarım sektörü gelmektedir. Türkiye bulunduğu konum itibarıyla iklim değişikliğinden en fazla etkilenmesi beklenen Akdeniz Bölgesinde bulunmaktadır. Sera gazı salımlarının kontrolü için yapılan çalışmalar yeterli olmamaktadır. Dünya bütün sera gazı salımlarını bir anda durdurursa bile hâlihazırda atmosferde bulunan gazların yerküreyi ısıtmaya devam edeceği bilinmektedir. Bu nedenle sera gazı salımlarını azaltma çabaları devam ederken değişen iklim şartlarına uyum sağlamak ve iklim değişikliğinin getireceği olumsuzlukları en aza indirmek zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmada, iklim değişikliği ile ilgili yapılan son modelleme çalışmalarının sonuçları, Türkiye ve Erzurum özelinde paylaşılmış ve bu değişimlerin tarım sektörüne olası etkileri incelenmiştir. Elde edilen verilere göre Erzurum ilinde sıcaklıklar 2100 yılına kadar 2-7C° arasında artması, özellikle tahılların en fazla suya ihtiyaç duyduğu yaz mevsiminde ise, yağışların %2-3 arasında azalması öngörülmektedir. Sıcaklık artışları bitkisel üretimde vejetatif dönemin kısalmasını sağlasa bile, suya olan ihtiyacı daha da artıracaktır.

2019, 87 sayfa

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği modelleri, tarım ekonomisi, üretim deseni, Erzurum

ABSTRACT

MS Thesis

EVALUATION OF CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN THE RESPECT OF AGRICULTURAL PRODUCTION DESIGN – THE SAMPLE OF ERZURUM PROVINCE

Taner ERDOĞAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Economy
Agricultural Policy and Extension

Supervisor: Prof. Dr. Atilla KESKİN

Incessant increase in the use of fossil fuels in accordance with the development in industrialisation, deterioration of forest areas, developments in transportation sector, misuse of arable land and distorted urbanisation have all caused the increase in emission volume of greenhouse gases in the earth atmosphere which means led to heat storage in on earth surface and atmosphere. Increases in global – size average temperature placed the climate change concept on the world agenda as one of the most debated topics of the day. Climate change is expected to affect all economic sectors directly or indirectly. Agriculture as a sector is also expected to be among those impacted by such a change due to its nature based structure. Turkey is located in Mediterranean basin, which is among the most sensitive regions to climate change effects. Today's struggle fighting methods with climate change including the control of the release of greenhouse gases are not efficient enough to prevent the change completely. Even if the release of greenhouse gases is ceased readily and completely, the gases that have already been released and existing in the atmosphere at present are expected to heat it the planet more. Therefore, while efforts are going on to reduce the release of greenhouse emission, adaptation to changing climate and reduction of negative impacts of climate change to minimum have become an obligation. In the present study, the results of the last updated climate change modelling studies are taken into consideration for Turkey and Erzurum province and the effects of these possible changes on agriculture are investigated. According to the results obtained, temperatures are predicted to reduce up to 2 – 7°C by 2100 and rainfall will decrease 2-3% in the period when grassy plants need water the most. Even if the increase in temperature shortens vegetative period in plant cultivation, it may increase the water demand of plants more.

2019, 87 pages

Keywords: climate change models, agriculture economy, production design, Erzurum

TEŞEKKÜR

Bu tez çalıŐmasının hazırlanmasında, revizyonunda, yönlendirilmesinde ve bilimsel ve akademik gelişimimde çok büyük katkılar sağlayan Prof. Dr. Atilla KESKİN'e sonsuz Őükranlarımı sunarım. Ayrıca, gerek yüksek lisans eğitimin gerekse, seminer ve tez hazırlık dönemlerinde değerli katkıları nedeniyle Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Tarım Ekonomisi Bölümünün değerli hocalarına sonsuz teşekkür ederim. Tez alıŐması sırasında görüşleri ile tezin gelişmesine katkı sağlayan Prof. Dr. Süleyman TOY'a ve tüm çalışma hayatım boyunca sabırlarından ve desteklerinden dolayı eşime ve çocuklarıma Őükranlarımı sunarım.

Taner ERDOĞAN

Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Önemi	4
1.2. Araştırmanın Amacı	9
1.3. Araştırmanın Kapsamı.....	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.2. Yöntem	34
3.3. Kuramsal Temeller	34
3.4. HadGEM2-ES Küresel Modeli	39
3.5. Türkiye İçin Bölgesel İklim Öngörülleri	40
3.5.1. RCP4.5 Sıcaklık ve yağış öngörülleri	42
3.5.2. RCP8.5 Sıcaklık ve yağış öngörülleri	45
3.5.3. RCP4.5'e Göre havzalar için sıcaklık ve yağış öngörülleri	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	53
4.1. Erzurum İlinin Arazi Durumu, İklim ve Coğrafi Özellikleri	53
4.2. Erzurum İlinde Tahıl Tarımı	55
4.3. Tahıl Tarımında Verimliliği Etkileyen Faktörler	57
4.3.1. İklim	58
4.3.2. Toprak	59
4.4. Erzurum İçin 2100 Dönemi Sıcaklık ve Yağış Değişimi	62
4.4.1. İklim senaryolarına göre donlu gün sayıları öngörülleri	64
4.4.2. İklim senaryolarına göre tropik gün sayıları öngörüsü	65

4.4.3. RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngörülerini	67
4.4.4. İklim senaryolarına göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim	68
4.4.5. İklim senaryolarına göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim	69
4.4.6. İklim senaryolarına göre maksimum sıcaklıklardaki öngörülerini.....	70
4.4.7. İklim senaryolarına göre minimum sıcaklıklardaki öngörüler	71
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	81
ÖZGEÇMİŞ	88



KISALTMALAR DİZİNİ

CMIP5	Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)
CRU	İklim Araştırma Birimi (Climate Research Unit)
GCM	Küresel İklim Modeli (Global Climate Model)
GFDL	Yer Fiziği Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory)
HadGEM	İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı Hadley Center tarafından geliştirilen küresel iklim modeli (Hadley Global Environment Model)
IPCC	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI	Max Planck Enstitüsü (Max Planck Institute)
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
RAW	Küresel Model Ham Verileri
RCM	Bölgesel İklim Modelleri (Regional Climate Model)
RCP	Temsili Konsantrasyon Rotası (Representative Concentration Pathways)
RegCM4	Bölgesel İklim Modeli (Regional Climate Model4)
UDEL	Delawera Üniversitesi (University of Delaware)
WCRP	Dünya İklimi Araştırma Programı (World Climate Research Programme)
WG1	Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Birinci Çalışma Grubu (Working Group 1)
WRI	Dünya Kaynak Enstitüsü (World Resource Institute)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Küresel sıcaklıktaki artış	2
Şekil 1.2. İnsan kaynaklı küresel sera gazı emisyonları	3
Şekil 1.3. Sera gazları değişimi	5
Şekil 3.1. Küresel iklim modellerinin tarihi gelişim tablosu	35
Şekil 3.2. RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık öngörülleri.....	43
Şekil 3.3. RCP4.5 senaryosuna göre yağış öngörülleri.....	43
Şekil 3.4. RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık öngörülleri.....	45
Şekil 3.5. RCP8.5 senaryosuna göre yağış öngörülleri.....	46
Şekil 3.6. RCP4.5'e göre havzalar için sıcaklık öngörülleri.....	48
Şekil 3.7. RCP4.5'e göre havzalar için yağış öngörülleri.....	49
Şekil 3.8. RCP8.5'e göre havzalar için sıcaklık öngörülleri.....	50
Şekil 3.9. RCP8.5'e göre havzalar için yağış öngörülleri.....	51
Şekil 3.10. Türkiye geneli ortalama yaz sıcaklıkları yüzdesi (RCP4.5)	52
Şekil 4.1. RCP4.5 senaryosuna göre donlu gün sayılarındaki değişim	65
Şekil 4.2. RCP8.5 senaryosuna göre donlu gün sayılarındaki değişim	65
Şekil 4.3. RCP4.5 senaryosuna göre tropik gün sayılarındaki değişim	66
Şekil 4.4. RCP8.5 senaryosuna göre tropik gün sayılarındaki değişim	66
Şekil 4.5. RCP4.5 senaryosuna göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngörülleri	67
Şekil 4.6. RCP8.5 senaryosuna göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngörülleri	67
Şekil 4.7. RCP4.5 senaryosuna göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim	68
Şekil 4.8. RCP8.5 senaryosuna göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim	68
Şekil 4.9. RCP4.5 senaryosuna göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim	69
Şekil 4.10. RCP8.5 senaryosuna göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim ...	70
Şekil 4.11. RCP4.5 senaryosuna göre maksimum sıcaklık öngörülleri	70
Şekil 4.12. RCP8.5 senaryosuna göre maksimum sıcaklık öngörülleri	71
Şekil 4.13. RCP4.5 senaryosuna göre minimum sıcaklık öngörülleri	71
Şekil 4.14. RCP8.5 senaryosuna göre minimum sıcaklık öngörülleri	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Atmosferik sera gazları.....	2
Çizelge 1.2. Sera gazları değişim oranı	5
Çizelge 3.1. Güncel HadGEM2 versiyonları	40
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan küresel iklim modelleri ve bölgesel iklim modelleri genel özellikleri	41
Çizelge 4.1. Erzurum ili iklim verileri	54
Çizelge 4.2. Erzurum ilinin arazi kullanım durumu (Ha)	55
Çizelge 4.3. Erzurum ilinde ekili tarla arazisinin ürün gruplarına göre dağılımı (Ha)...	55
Çizelge 4.4. Türkiye ve Erzurum ilinde buğday ve arpanın 1960-2018 dönemindeki ekiliş ve verimleri ile 1960-1964 ortalamasına göre indeksleri.....	57
Çizelge 4.5. RCP4.5 senaryosuna göre 2013-2099 yılları arasında Erzurum ili sıcaklık ve yağış miktarları	63

1. GİRİŞ

Dünyanın var oluşundan itibaren, iklim değişikliklerinin yaşandığı bilinen bir gerçektir. Dünyada var olan iklim sistemleri, güneş, atmosfer ve yerküre arasındaki etkileşimden oluşmuştur. Bu bağlantıyı sağlayan mekanizmaların doğal yollar ile bozulması sonucu değişimler ortaya çıkmıştır. Ancak 19. yüzyılın ortalarından itibaren doğal değişimlerin yanında, insanların çeşitli uygulamalarının iklim sistemindeki bozulmaya katkısı olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Anonymous 1990; Bayar ve Behrend 1994; Fuhrer 2003; Houghton 2005; Sözen ve Alp 2009; Türkeş 2012).

Bu nedenle iklim değişikliği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) tarafından, aynı bölgelerde uzun zaman periyodlarında gözlenen doğal iklim değişikliğinin yanında, direk veya dolaylı olarak dünyayı çevreleyen atmosferin bileşimini bozan insan aktiviteleri kaynaklı, iklimde bir değişiklik” şeklinde tanımlanmıştır (Anonymous 1996).

Dünya diğer gezegenlerden farklı olarak, atmosfer bileşimi sayesinde yaşama uygun bir sıcaklıktadır. Sera etkisi atmosferin içeriğinde doğal olarak bulunan gazlar sayesinde oluşmakta ve iklim sistemlerinin oluşumunda önemli etkileri olmaktadır. Atmosferde bulunan sera gazları, güneş ışınlarının yerküreye çarpması ile meydana gelen kızılötesi ışınların bir kısmının tekrar uzaya dönmesini engelleyerek dünyanın ısınmasını sağlamaktadır. Bilindiği üzere atmosfer azot (%78), oksijen (%21) ve diğer gazlardan (%1) oluşmaktadır. Küresel ısınma konusunda önemli olan %1 oranındaki kısım içinde bulunan sera gazlarıdır. Bu doğal olarak oluşan gazlar (su buharı, karbondioksit, ozon, metan ve nitroz oksit) dünyanın ısı kaybını engelleyen gazlardır (Houghton 2001). Söz konusu sera ortamının olmaması durumunda dünyanın yüzey sıcaklığının -18°C seviyesinde olacağı hesaplanmıştır (Türkeş 2003).

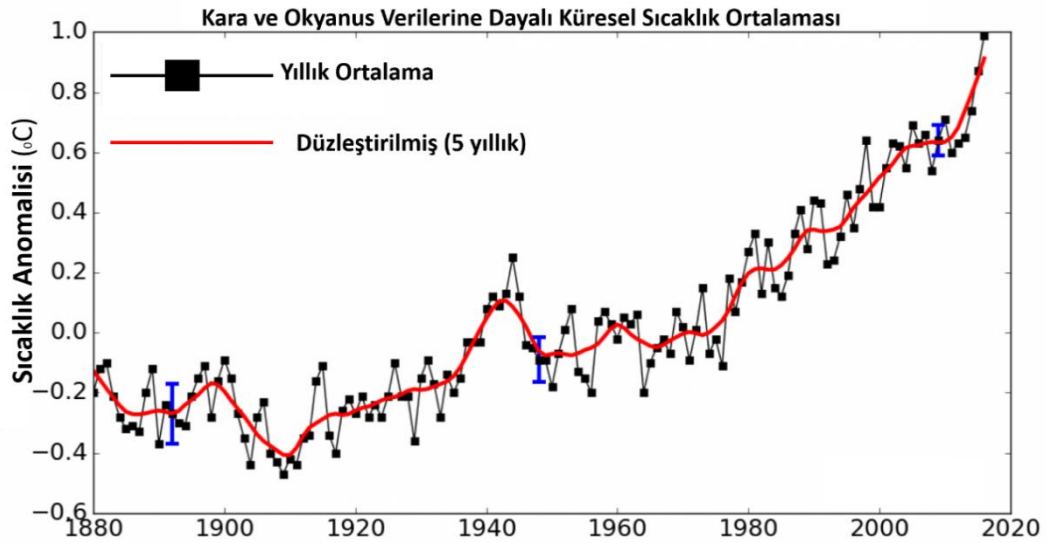
Endüstri devrimiyle özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra insanların üretim ve tüketim aktiviteleri sera gazlarının miktarının her geçen yıl artmasına neden olmuştur (Blasing

2014). Dünyadaki yaşamın devamı için gereken ısıyı sağlayan sera gazları oranının normalin üstüne çıkması ve bu artışın devam etmesi de iklim sistemlerinin bozulmasına sebep olmaktadır.

Sanayi devrimi ile beraber atmosferde miktarı her geçen gün artmaya başlayan, başta CO₂ olmak üzere, diğer sera gazları (Çizelge 1.1) tarafından, yeryüzünden yansıyan uzun dalga güneş ışınlarının tutulması nedeniyle ortalama hava sıcaklıkları devamlı artma eğilimindedir. Dünyada son yüzyılda yapılan gözlemlere göre 0,8°C'lik bir ısınmanın olduğu görülmektedir (Şekil 1.1).

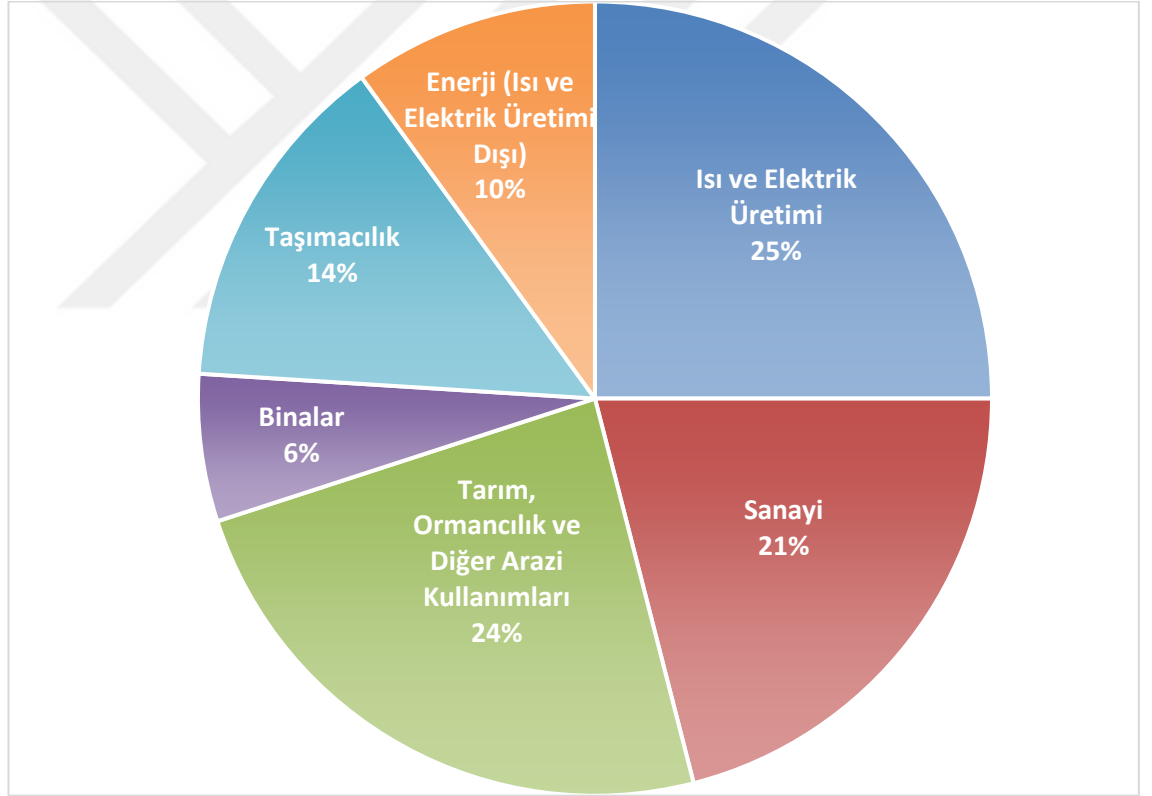
Çizelge 1.1. Atmosferik sera gazları (Silkin 2014)

No	Sera Gazları	Sembolü
1	Karbondioksit	CO ₂
2	Metan	CH ₄
3	Diazot monoksit	N ₂ O
4	Hidro-floro-karbonlar	HFCs
5	Perfloro-karbonlar	PFCs
6	Sülfür hegzaförür	SF ₆



Şekil 1.1. Küresel sıcaklıktaki artış (Anonymous 2017)

Küresel sera gazı emisyonlarının sektörlere göre dağılımı dikkate alındığında toplam emisyonun %25'inin ısı ve elektrik üretimi (kömür, doğal gaz ve petrolün yakılması), %21'i sanayi üretimi (tesislerde yakılan fosil yakıtlar), %24'ü tarım, ormancılık ve diğer arazi kullanımı (bitkisel ve hayvansal üretim ile ormansızlaşma), %14'ü taşımacılık, (karayolu, demiryolu, hava ve deniz taşımacılığı için yakılan fosil yakıtlar), %6'sı binalar (ısınma ve diğer kullanımlardan kaynaklanan) ve %10'u diğer enerji üretimlerinden (enerji kaynaklarının çıkarılması sırasında ortaya çıkan sera gazları) kaynaklanmaktadır (Şekil 1.2). Sera gazlarının artmasında en fazla kaynak sağlayan sektör enerji ve sanayidir (St.Louis *et al.* 2000).



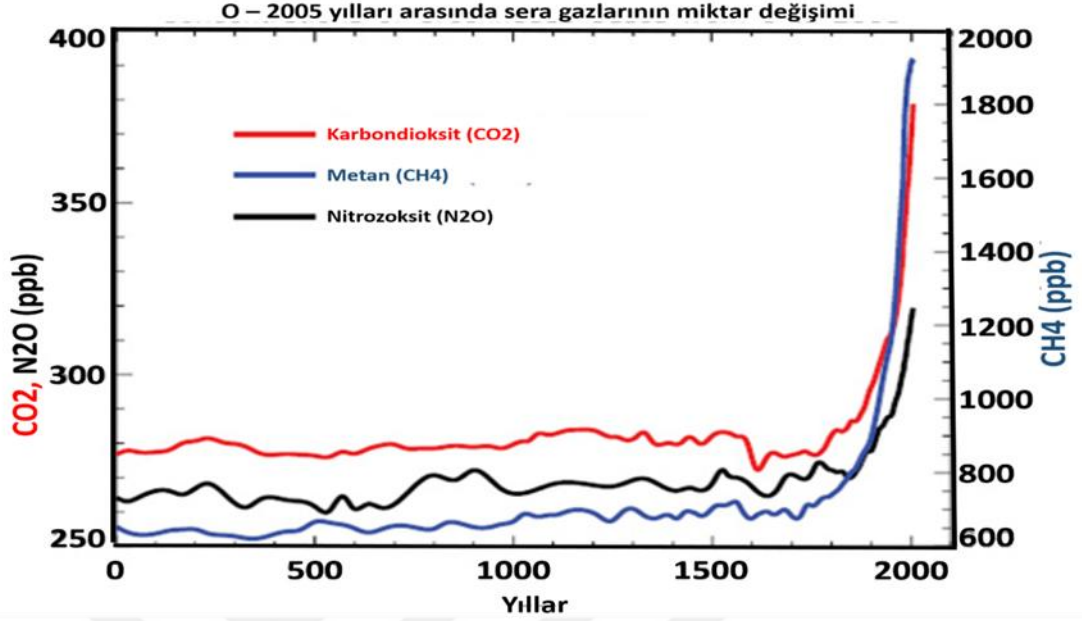
Şekil 1.2. İnsan kaynaklı küresel sera gazı emisyonları (2014 sektörel; Anonymous 2019)

İklim, atmosferin oluşmasından günümüze kadar, dünyanın şekillenmesinde önemli bir faktördür. Sadece dünyanın fiziki olarak şekillenmesinde değil aynı zamanda insan, hayvan ve bitki örtüsünün yerküredeki dağılımında ve farklılıkların oluşmasında önemli

bir yere sahiptir. Özellikle insanların giyim tarzlarından beslenmesine, yerleşim yeri seçiminden tarımsal üretim tipine, sosyo-kültüründen ekonomik yapısına ve kırsal kesiminden kentlerine kadar her sektördeki bu etkileri ve bu etkilere karşı insanoğlunun aldığı tedbirlerini görmek mümkündür. Günümüzde en çok konuşulan konuların başında iklim değişikliği gelmektedir. Ülkeler ve ülkelerarası önlemlerin, uyum ve engelleme konularında tüm katılımcılar ve yöneticiler tarafından dikkatlice takip edildiği bu zamanda, en çok tartışılan konu değişikliğin ne oranda olduğu ve etkilerinin boyutlarının tespit edilip ve izlenmesidir. İklim bilgilerinin kaliteli ve güvenilir bir şekilde gözlemlemek ve izlemek, gerek gözleme dayalı olarak yapılan iklim değişikliği model çalışmalarında, gerekse uyum ve doğru önleme stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir faktördür.

1.1. Araştırmanın Önemi

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 1. Çalışma Grubu 5. Değerlendirme Raporu'na (Anonymous 2013) göre, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve diazotmonoksit (N₂O) gazlarının atmosferdeki konsantrasyon oranları, yerkürenin var oluşundan bu güne kadarki en yüksek seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Sera gazları değişimi (Anonymous 2007)

Sera gazları içinde en önemlisi olan CO₂ gazının atmosferdeki oranı, sanayi devriminden önceki yıllarda yaklaşık 278 ppm'den (milyonda bir parçacık) 2017 yılında 405,5 ppm'e çıkmıştır. Sanayi devrimi öncesi yıllarda yaklaşık 722 ppb (milyarda bir parçacık) olan CH₄ oranı, 2017 yılında ise 1859 ppb'e yükselmiştir. Atmosferdeki diazotmonoksit oranı, yaklaşık 270 ppb'den % 22 oranında artarak 2017 yılında 329,9 ppb'ye kadar yükselmiştir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Sera gazları değişim oranı (Anonymous 2018)

Sera Gazları	2017 yılı seviyeleri	Sanayi Devrimi Öncesine Göre Değişim Oranı
CO ₂	405,5 ppm	% 46
CH ₄	1859 ppb	% 158
N ₂ O	329,9 ppb	% 22

İnsanların fosil yakıtları yaygın şekilde kullanması, sera gazı oluşumlarının en önemli sebebidir. Örneğin çimento üretiminde atmosfere karbondioksit salınırken, tarım ve katı atıkların depolama alanlarında metan gazı salınmaktadır. Tarım arazilerinde kullanılan

gübre ve plastik üretimi, diazotmonoksit gazının artmasına neden olurken, soğutucular florine gazını artırmaktadır. Ayrıca arazilerin kullanımındaki tercihler de iklim sistemlerinin değişiminde önemli etkileri olmaktadır. Tarımsal üretim yapabilmek için yeni arazilerin açılması, dünya üzerindeki koyu renkli yüzey miktarını çoğaltarak gelen güneş radyasyonunun yansıtılmasından çok emilmesini sağlamaktadır. Yeni araziler açabilmek için orman alanları da tahrip edilmekte ve karbondioksiti dallarında yapraklarında tutarak ve depolayan ağaçların sayısında azalmalara neden olmaktadır. Çölleşme, atmosferdeki toz miktarını artırarak güneşten dünyaya gelen ısı dalgalarının birçoğunu engelleyerek küresel ölçekte ısınmayı önleyen bir yapı oluşturabilmektedir. Şehirleşmenin bir sonucu da ısı adacıklarının oluşmasına, yani şehir merkezlerinin etraflarındaki alanlara nispeten daha sıcak olmasına yol açmaktadır.

Yapılan gözlemlerde ekstrem hava ve iklim olaylarında 1950'den beri bir çok değişiklik görülmüştür. Büyük ihtimalle, ısınmayla beraber dünya üzerinde soğuk gün ve gecelerin sayıları azalırken, sıcak gün ve gecelerin sayıları artmıştır. Avrupa, Asya ve Avustralya'nın genelinde görülen sıcak hava dalgalarının oranı (%66-100) artmıştır. Bu bölgelerde kuvvetli yağışların görülme sıklığının artış gösterdiği alanların, kuvvetli yağışların azaldığı alanlardan daha yüksektir. Kuvvetli yağış olaylarının tekrarı veya şiddeti büyük ihtimalle Kuzey Amerika ve Avrupa'da artmıştır (Anonymous 2013). Küresel boyutta yapılan bilimsel çalışmalar ışığında özetle yağışların, kış mevsiminde, orta enlemler, tropikal Afrika ve Antarktika'da, yazın ise, güney ve doğu Asya'da artacağı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda, Orta Amerika, Avustralya ve Güney Afrika'nın kış yağış miktarlarında devamlı bir düşüş beklenmektedir. Ayrıca, akarsu akımlarının, yüksek enlemlerde ve Güneydoğu Asya'da yükseleceği, Orta Asya'da, Akdeniz havzasının çevresinde, Güney Afrika ve Avustralya'da düşeceği tahmin edilmektedir (Türkeş 2012).

Küresel ısınma sonucunda iklimlerin değişmesi, karla kaplı alanlarda azalma, kutuplardaki buzullarının azalması ve deniz seviyesinde artışlar, ana iklim kuşaklarında beklenen değişiklikler, kuvvetli meteorolojik olayların, taşkın ve sellerin daha sıklıkla görülmesi, kuraklık, çölleşme, erozyon, hastalıklar, tarım zararlıları gibi, canlıların

hayatını ve sağlığını, sosyo-ekonomik sektörleri ve ekolojiyi etkileyecek direk veya dolaylı yönden önemli sonuçlar doğurabileceği tahmin edilmektedir (Anonymous 2001).

İklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'nin kaynaklarında da hissedileceğinden, suya bağlı üretim yapan sektörler iklim değişikliğinden dolayı şekillerde (hidroelektrik santrallerinde yağış azlığından dolayı üretim azalması, tarımsal üretiminde beklenen azalmalara bağlı istihdam azalmaları vb.) etkilenecektir.

İklim değişikliği ile mücadele etmenin önemli ayaklardan biride uyumun sağlanmasıdır. İklim değişikliği etkilerinin ne yaparsak yapalım devam edecek olmasından dolayı uyum konusu çok önemlidir. İklim değişikliğine yol açan insan faktörlerini şu an durdursak bile etkileri uzun yıllar sürecektir. Diğer yandan, iklim değişikliğine uyum faaliyetleri için yapılması gereken masrafların, önlemler alınmadığında oluşacak ekonomik zarardan daha az olacağı Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 5. Değerlendirme Raporunda açıkça vurgulanmaktadır (Anonymous 2013).

Yapılan öngörülere göre, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en fazla görüleceği ülkelerden bir tanesi Türkiye'dir. Türkiye, Akdeniz havzasında bulunması, sınırlarında yarı kurak bir iklimin hüküm sürmesi ve tarımın genellikle yağış miktarına ve dağılımına olan bağlılığı sebebiyle, küresel ısınmanın olası etkileri bakımından riskli ülkelerden birisidir (Dellal 2008). Türkiye coğrafi yapısındaki farklılıklar nedeniyle, iklim değişikliği her bölgesinde farklı şekilde ve oranlarda görülecektir (Çelik ve Karakayacı 2007). Önümüzdeki yıllarda devam etmesi beklenen iklim değişiklikleri, tarım alanlarını olumsuz şekilde etkileyerek, özellikle su fakiri olan ülkede kurak-yarı kurak alanlarda çözümü zor problemlere sebep olacaktır (Soylu ve Sade 2012).

Türkiye'de küresel ısınmanın bir sonucu olarak tarımsal üretim verimliliğinin %15-25 civarında düşeceği tahmin edilmektedir (Cline 2007). Tarımsal üretim, dünyada ve

Türkiye’de çoğunlukla açık arazilerde ve doğa şartlarında sürdürülmesinden dolayı, sıcaklık, yağış, güneşlenme süresi-şiddeti, buharlaşma, rüzgar, nem gibi hava olaylarıyla birebir alakalıdır (Kara ve ark. 2010). Tarımsal sektörünün iklime olan bu bağılılığı nedeniyle özellikle üretim döneminde sıcaklık ve yağış parametrelerinde meydana gelecek değişimlerden etkilenmektedir. Isınmaya bağlı olarak daha sık görülmesi beklenen ekstrem hava olayları (sıcak hava dalgaları, kuraklık, şiddetli yağışlar, sel, su baskınları) bitkilerde verimi, hasat zamanını, meralarda ot verimini, tarlalarda toprak kalitesini değiştirmektedir. İklim değişikliğiyle, meydana gelecek tarımsal üretimindeki bu değişimler, başta geçimini tarım sektöründen sağlayan kesimin ekonomik ve sosyal yapısında önemli yansımalara neden olması beklenmektedir (Anonim 2012a).

İklim değişikliğinin, tarımsal üretime etkisinde üç faktörden bahsedilmektedir. Birinci faktör, su kaynaklarıdır. Suyun depolandığı alanlar iklim değişikliğine karşı savunmasızdır bu yüzden ürünlerin gelişimi ve gıda üretimi de savunmasızdır. Bu konuda en riskli bölgeler gelişmekte olan ülkelerdeki kurak veya yarı kurak alanlardır. İkincisi atmosferdeki karbondioksit oranının yükselmesiyle beraber kimi ürünlerin gelişimine olumlu yönde etki etmesidir. Üçüncüsü sıcaklık parametresindeki değişimlerin etkisidir. Yüksek sıcaklıklarda belli ürünler olumsuz etkilenmekte ve verimi düşmektedir (Öztürk 2009). Tarımsal üretimde hangi ürünün yetiştirileceğine karar vermede yıllık yağış ve sıcaklık dağılımı en önemli veridir. Küresel ısınma ile birlikte iklimlerde beklenen değişiklikler hem yağışlarda hem de sıcaklık dağılımını bütün dünyada değiştirebilecektir. Beklenen bu dağılıma göre hangi ürünün yetiştirileceğine karar verilecektir. Bu değişiklikler çok basit olmamakla beraber karar verirken ekonomik ve diğer faktörlerde önemli bir rol oynamaktadır.

Gelişen teknoloji ve bilgisayar kapasitelerinin artması model çalışmalarının hızla ilerlemesine ve çözünürlüğü daha yüksek iklim değişikliği tahminleri yapılmasına olanak tanımıştır. Bu gelişmeler sayesinde, iklim değişikliği tahminleri bölge, havza ve hatta iller özelinde yapılmaktadır. Türkiye’nin bulunduğu coğrafi koşullar dikkate alındığında kısa mesafelerde bile değişik iklim yapıları görülmektedir. Bunun sonucu

olarak değişik tarım desenleri ortaya çıkmıştır. Ülkemiz homojen bir tarım yapısına sahip olmadığından daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Günümüzde 20km çözünürlükte iklim değişikliği tahminlerinin yapıyor olması buna imkan tanımaktadır. Bu nedenle Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli 5. değerlendirme raporu sonucunda çıkan ve önümüzdeki yüz yıl boyunca beklenen iklim senaryolarının detaylı bir şekilde incelenmesi ve yorumlanması önem taşımaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Çalışmanın genel amacı; artık tüm dünyada varlığı bilim çevreleri, karar vericiler ve doğrudan etkilenenler (üreticiler) tarafından kabul edilen iklim değişikliğinden en çok etkilenecekler arasında tarım sektörünün de yer aldığı bir kez daha göstermektir. Çalışmanın sonuçlarına göre küresel ve ulusal tarım politikalarının belirlenmesinde ve tarımsal desteklerin verilmesi ile ilgili stratejilerin geliştirilmesinde önerilerle katkıda bulunmak ve tarımsal üretimi etkileyecek olan sıcaklık ve yağış parametrelerindeki değişim beklentilerini paylaşarak karar vericilerin bilgi ve öngörü sahibi olmalarını sağlamaktır.

Çalışmanın özel amacı ise; tüm dünyada çözünürlüğü her geçen dönem daha da artan yani daha detaylı verilerle daha kesine yakın ve noktasal sonuçlar öngören iklim değişikliği modellerinin ülke çapındaki sonuçlarına yer vermektir. Türkiye için ilk kez çalıştırılan modelin çıktıları üzerinden Erzurum özelinde değerlendirmeler yaparak elde edilen sonuçların tarımsal üretim deseni açısından değerlendirmesini yapmak ve nihayetinde Türkiye'de iklim değişikliğiyle ilgili yapılan planlara katkı sağlayacak şekilde iklim değişikliğine uyum ve koruyucu önlemler alınması konularında fikir vermektir.

Bu amaçlar doğrultusunda çalışmada, Türkiye için ilk kez çalıştırılan küresel iklim değişikliği modelinden 2099 yılına kadar elde edilen sıcaklık ve yağış öngörülleri mevsimsel olarak bölge, havza ve iller bazında paylaşılmıştır. Erzurum tarımı hakkında

genel bilgiler verilmiş ve iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

1.3. Araştırmanın Kapsamı

Çalışmanın birinci kısmında iklim değişikliği ile genel bilgiler paylaşılmış, iklim değişikliğin sebepleri ve güncel durum hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci kısmında iklim değişikliğiyle ilgili daha önce yapılan çalışmalardan bazılarının kapsam ve sonuçları ele alınmıştır. Üçüncü kısımda araştırmada kullanılan materyal ve metot açıklanmıştır. Dördüncü kısımda araştırma bulguları verilmiştir. Son kısımda ise araştırma bulguları ışığında sonuç ve öneriler bölümüne yer verilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Parry (1975), İskoçya'nın güneydoğusunda tarıma tam elverişli olmayan marjinal alanlarda yapılan tarımsal üretim aktivitelerine iklim değişikliğinin etkilerini araştırmıştır. Araştırmayı yaptığı dönemdeki tarımsal üretim için uygun sınırlarda olan iklim elemanlarının zamanla değişime uğradığı ve bu yüzden bazı tarım arazilerinin terk edildiğini tespit eden araştırmacı değişimin süreklilik kazanmasının ardından 1250m rakımdaki ve yukarıdaki tarım arazilerinde üretimin zarar görebileceğini ve bu durumun test edilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Crutzen *et al.* (1986), Almanya'da yaptıkları çalışmada, küresel toplam metan üretimini enterik fermantasyon yapan evcil hayvanlar, yabancı küçükbaşlar, bazı otçullar ve insanlar üzerinden değerlendirmiştir. Popülasyon istatistikleri kullanan araştırmacılar hayvan türlerine göre yemle beslenme ve metan üretimi arasındaki ilişkiyi araştırmışlar ve bunların yılda atmosfere 74 Tg (1 Tg 10^{12} g) metan saldıklarını belirlemişlerdir. Araştırmada bu toplam miktarın %74'ünden sığırların, %8 ve 9'undan sırasıyla manda ve koyunların sorumlu olduğu bulunmuştur. İnsanların CH₄ üretiminin ise yılda 1 Tg'den daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde de her yıl CH₄ emisyonunun arttığı belirtilmiştir.

Warrick *et al.* (1989), Sera Gazı Etkisi, İklim Değişikliğinde Deniz Seviyesi: Gelişim Uygulamaları konulu literatür çalışması yaparak araştırmışlardır. Bu araştırmanın sonucunda 1989 yılından 2030 yılına kadar küresel ortalama yüzey sıcaklığının 1-2 derece daha fazla olabileceği ve bununla birlikte yine 2030 yılına kadar küresel ortalama deniz seviyesinin 1989 yılına göre 17-26 cm daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

Blum *et al.* (1989), ABD'de Teksas'ta bulunan Pedernales Nehri özelinde detaylı ve dönemsel olarak elde edilen geç Holosen kayıtlarını kullanmış ve nehir yatağındaki morfolojik ve birikme yapılarında iklim değişikliğine dair kanıt aramışlardır. Bulgulara

göre nehir yatağının genişliğinin derinliğine oranı günümüzden 4500 yıl öncesinde daha yüksek iken son bin yılda yağış azlığı nedeniyle bu oran düşmüştür. Yine nehrin taşıdığı materyal önceleri daha iri ve çakıl iken son bin yılda bu materyaller incelmıştır. Bu durum araştırma bölgesinde 4500 yıl öncesinde iklimin daha nemli olduğunu gösterirken son bin yıllık dönemde bugünküyle aynı iklim özelliklerinin hakim olduğu sonucunda varılmıştır.

Adams *et al.* (1990), Küresel İklim ve Amerika Tarımı konulu çalışmada, küresel iklim değişikliğinin Amerika tarımına olası etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada üç adımlı ekonomik değer modeli kullanılmıştır. Tarımsal üretimde verimin küresel iklim değişikliği tarafından etkilenmesinin beklendiğini belirtmişlerdir. Atmosfer bilimleri, bitki bilimleri ve tarım ekonomisi bilimlerinin bu verim değişimini araştırmaları gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan ekonomik simülasyon modeli iklim değişikliğinin şiddeti ve CO₂'in etkisi arttıkça ürün veriminin azaldığını ve böylece daha fazla sulama ihtiyacı olan arazinin tarıma açılacağını nihayetinde ABD'nin bölgesel tarım politikalarının da değişeceğini belirtmişlerdir.

Hahn *et al.* (1992), Amerikan Toplum Yönetiminde Olan Ziraat Mühendisleri ve Canlı Hayvan Üretimi Üzerine İklim Değişikliğinin Etkisi konulu çalışmada, yaptıkları modelleme sonucu yaz mevsiminde süt sığırlarında süt üretiminde, besi hayvanlarında ise kilo artışında düşmeler olduğunu ve süt sığırlarının yaz aylarında gebe kalma oranında %36'lık bir düşüş olduğunu belirtmişlerdir.

Kliendist *et al.* (1993), Süt Üretiminde Yoğun Olduğu Yaz Sezonunda Süt Sığırlarına İklim Değişikliğinin Potansiyel Etkileri konulu çalışmalarında süt üretim modeli oluşturarak ısı artışının hayvanlara olası etkilerini araştırmışlardır. Yazarlar sığırlardaki biyolojik yanıt fonksiyonlarının gelişimini araştırmış ve iklim değişikliği süt sığırlarında performansını yüksek oranda düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Frenot *et al.* (1993) Son İki Yüzyılda Kerguelen Adalarında Buzul Dalgalanmaları ve İklim Tarihi konulu çalışmalarında, Fransa'da Kerguelen adalarında ısınma ve soğuma olaylarını yeniden tasarlayacak, jeomorfolojik koruma ve yeni bir biyolojik veri tekniği geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda 1960'ların başlarında Heard adalarındaki bazı buzullar hariç kısa dönem soğuk olaylarının dinamikler üzerine çok az etkisinin olduğu gözlenmiştir.

Rosenzweig and Parry (1994), Dünyanın Besin Tedarikine İklim Değişikliğinin Potansiyel Etkisi konulu çalışmada kurdukları senaryolarla besin tedarik etmede iklim değişikliklerinin potansiyel etkilerini küresel boyutta değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda küresel üretimde atmosferik karbondioksit konsantrasyonunun gelişmemiş ülkeleri, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere nazaran çok daha fazla olumsuz etkileyeceği öne sürülmektedir.

Mendelsohn *et al.* (1994), Küresel Isınmanın Tarıma Etkisi konulu bir araştırma yapmışlardır. Ricardian analizleriyle küresel ısınmanın tarım üzerine etkilerini incelemişlerdir. ABD'de yaklaşık 3000 köy ele alınmış ve bu köylerle ilgili iklim elemanları, tarım arazisi fiyatları ve diğer jeofiziksel ve ekonomik veriler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda yüksek sıcaklıklar yaşanması durumunda sonbahar mevsimi dışında diğer mevsimlerde ortalama tarımsal üretim değeri azalmaktadır. Küresel anlamda model uyarlandığında ise dünya genelinde küresel ısınmanın tarımsal üretim için değer artırıcı bir konumda olduğu belirtilmektedir.

Sutherst (1995), İklim Değişikliği Altında Doğal Ekosistemlerde Bitki Zararlılarının Potansiyel Avantajları konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada Yeni Zelanda ve Avustralya'daki iklim değişikliği ile alakalı çalışmalarda potansiyel iklim öngörülerine göre vektörler ve kenelerin daha dayanıklı olacaklarını ve hayatta kalma sürelerini artıracaklarını ve sonuçta hayvan hastalıklarının artacağı ifade edilmektedir.

Reilly (1995), Küresel İklim Değişikliği ve Tarım, Yeni Bulgu ve Sorunlar konulu araştırmasında iklim değişikliği altında bitki varyetelerinde, ekim zamanını, gübre ve sulama dozunu ve verimdeki azalmaları tahmin etmek için farklı kombinasyonlardaki değişimleri test etmiştir. Bu deneylere dayanarak, diğer bölgelerde fayda sağlansa bile bazı alanlarda %50 ile %80 arasında ciddi bir verim kaybı olduğu ortaya konulmuştur.

Türkeş vd (1996), Türkiye’de ölçüm yapılan periyotlarda maksimum ve minimum sıcaklıklarda yaşanan dalgalanmaları ele alan çalışmada, sonbaharın belli bölümleri dışında kalan tüm mevsimlerde günlük sıcaklık değişim aralığında önemli derecede düşüşler olduğunu (yani sıcaklık artışı nedeniyle maksimum ve minimum sıcaklıkların birbirlerine yaklaştıklarını) Türkiye’deki istasyonların çoğunluğunda ortaya koymuştur.

Aksoy (1997), Türkiye için global solar radyasyon miktarındaki değişimler ve trendleri inceleyen çalışmada, trend analizi için en küçük kare doğrusal regresyon yöntemi uygulanmıştır. Türkiye’nin büyük bir bölümü için ortalama global solar radyasyonda genel bir azalmayı yıllık bazda özellikle yaz ve sonbahar verilerinde 1960–1994 periyodunda bulmuştur. Solar radyasyondaki azalmanın sebebi olarak, Türkiye’nin hızla ekonomik olarak genişlediğini ve dolayısıyla hava kalitesinin buna bağlı olarak kötüleşmesine ve hava kirliliğinin artmasına bağlamıştır.

Dale (1997), İklim Değişikliği ve Arazi Kullanım Değişikliği Arasındaki İlişki konulu literatür çalışmasında son yıllarda arazi kullanım değişikliğinin ekolojik çeşitlilikte iklim değişikliğinden çok daha büyük etkiye sahip olduğunu belirtmiştir. Çalışmada arazi kullanım değişikliğinin büyük çoğunluğunun iklim değişikliği ve hatta iklimle çok az ilgisi olduğu ve insanların iklim değişikliğine uyarlamak için arazi kullanımı ve özellikle arazi yönetimini değiştirecekleri belirtilmektedir.

Lewandrowski ve Schimmelpfenning (1999), Amerika Tarımında İklim Değişikliğine Ekonomik Öneriler konulu literatür çalışmalarında Amerika tarımı için iklim değişikliklerinin potansiyel ekonomik etkilerini incelemiştir. Çalışmada Amerika

ekonomisi ve Amerika tarımı üzerine tahmin edilen sera gazı etki azaltma stratejilerinin bazı bölgesel ve çevresel etkilerinin oldukça önemli olduğu ortaya koyulmuştur. Devam eden siyasi girişimlerin, iklim değişikliklerinin belirsizliklerini azaltmayı ve tarım sektörünü iyileştirmeyi hedeflemekte olduğu belirtilmiştir. Ulusal bir perspektiften sera gazı emisyonlarını azaltmak için gelecekte yapılacak olan anlaşmaların, tarımsal uygulamaların da düzenlenmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

Duckworth *et al.* (2000), Atlantik Avrupa'da Kireçli Çayır Alanlarına İklim Değişikliğinin Potansiyel Etkilerini Modellenmesi konulu literatür çalışması yapmışlardır. Çalışmada, sıcaklıkta 2⁰ C derecelik artış olması durumunda bölgedeki bitki örtüsünün, daha sıcak koşullara adapte olmuş bitki örtüsüyle değişeceği ve buna bağlı olarak birçok türün yok olacağı ifade edilmektedir.

Türkeş vd (2000), İklim Değişikliği ve Olası Etkileri konulu literatür çalışması yapmışlardır. İklim değişikliği çalışmalarının zorluklarına karşın, küresel ısınmanın devam etmesi durumunda, bir çok bölgede aşırı yüksek sıcaklıklar, seller, taşkınlar, sık görülen kuraklık olayları ve ısınmanın sonuçlarından orman yangınları ile insan yaşamını ve ekolojik sistemlerin doğal süreçlerinde önemli değişikliklerin olabileceği öngörülmektedirler.

Vörosmarty *et al.* (2000), İklim değişikliği ve nüfus artışı nedeniyle su kaynaklarının korumasız kalması konusunda bir araştırma yapmışlardır. Su kaynaklarının yeterliliği ile ilgili oluşturulan sayısal modellerin iklim modelleri çıktılarını, su bütçelerini ve sosyoekonomik verileri kullanarak dijital bir nehir ağı oluşturduğunu belirtmişlerdir. Oluşturdukları bu modelin sonucunda dünya nüfusunun büyük bölümünün şu anda bile su sıkıntısı çektiği ve artan su talebinin 2025 yılında sera etkisinin neden olduğu ısınmadan kaynaklanandan su kıtlığını geçeceğini belirlenmiştir. Çalışmada su kaynaklarına insan müdahalelerinin ve etkilerinin ele alınması gerektiği de belirtilmiştir.

Tol (2002) İklim Değişikliğinin Zarar Maliyetinin Değerlendirilmesi konulu literatür çalışması yapmıştır. İklim değişikliğinin tarım, ormancılık, el değmemiş ekosistemler, deniz seviyesindeki yükselme, insan ölümleri, enerji tüketimi ve su kaynakları üzerindeki potansiyel etkisini tahmin ederek parasal değerini hesaplamıştır. Tahminler küresel sirkülasyon modellerine bağlı senaryoları kullanan ve küresel kapsayıcılığı olan tutarlı çalışmalardan yapılmıştır. Çalışmada küresel olarak ortalamalarda 1⁰ C'lik bir sıcaklık artışının OECD, Çin ve Orta Asya'da olumlu etkiye sahip olurken geriye kalan ülkeler üzerinde olumsuz etkide bulunacağı tahmin edilmiştir.

Türkeş *et al.* (2002), Türkiye'deki 70 istasyonun güncellenmiş sıcaklık serilerini 1929 - 1999 periyodunda ele almış ve özellikle Türkiye'nin güney kesimlerinde, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ortalama sıcaklıkları trendin yükselme yönünde olduğunu, iç ve kuzey kesimlerinde ise yaz ve sonbahar mevsiminde ortalama sıcaklıklarında ki trendin düşme yönünde olduğunu belirlemişlerdir.

Öztürk, (2002) Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri konulu literatür çalışmasında, iklim değişikliği senaryolarının Türkiye'ye olası etkilerini incelemiştir. Yapılan incelemede küresel iklim sistemlerinde beklenen olası değişiklikten en çok etkilenecek ve sıkıntılı durumlar yaşayabilecek ülkeler arasında Türkiye'nin de bulunduğu sonucuna varılmıştır.

Loaiciga (2003), İklim Değişikliği ve Yer Altı Suları konulu literatür çalışmasında iklim değişikliğinin yer altı suları üzerine etkisini araştırmıştır. İklim değişikliğinin hidrolojik süreçlere ve akifer süreçlerine etkisinden bahsetmiştir. Bölgesel akifer sistemlerine ve geniş ölçekli iklim değişikliği süreçlerine odaklanarak daha sıcak iklim koşullarında yeraltı suyu akışlarının ve yeraltı sularının beslenmesinin nasıl olabileceğini simüle etmiştir. Bunun yanında, nüfus artışı ve iklim değişikliğinin etkisini ortak ele alan bir yöntem de geliştirmiştir. Çalışmada sonuç olarak yeraltı suyu kullanımlarının kontrollü olması ve bunun da iklim değişikliği modellerinin gerektirdiği şekilde planlanarak yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Türkeş ve Sümer (2004), Türkiye'nin günlük sıcaklık değişim aralıklarındaki eğilim ve değişkenlikleri alansal ve zamansal olarak incelemiştir. Dünyada başka alanlarda olduğu gibi, Türkiye'de de kentlerde öncelikle ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gece asgari sıcaklıklarında istatistiksel ve klimatolojik bakımından kayda değer bir artış eğilimin olduğunu belirtmiştir. Bu sonucun Türkiye'nin iklim değişikliğinin devam ettiğinin güçlü bir işareti olduğu belirtilmiştir.

Yunling and Yiping (2005), 1960 – 2000 arası iklim değişikliğinin derecesini ele aldıkları çalışmada Çin'in güneybatısında dağlık Himalaya bölgesinde kuzeyden güneye doğru Lancang Nehri boyunca 19 istasyondan ölçülen hava sıcaklığı ve yağış verileri aylık veri olarak alınmış ve iklim değişikliğinin trendi ve karakteristiği belirlenmeye çalışılmıştır. Çeşitli istatistiksel modellerle belirlenen trend analizi sonunda, 41 yıllık çalışma döneminde sıcaklığın $0.01^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ ile $0.04^{\circ}\text{C}/\text{yıl}$ arttığı (12 istasyonda $\alpha = 0.01$). Yağıştaki değişimler ise alansal olarak benzerlik göstermemiştir ve net değildir. Nehrin düşük rakımlı alt bölümlerinde daha şiddetli sıcaklık artışları ve yağış azlıkları görüldüğü belirtilmiştir.

Doğan (2005), Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Engelleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada, 1980'den günümüze kadar Türkiye'nin enerji sektörü çalışmalarından doğan gaz salımın da yükselme olduğunu ve bunun engellenmesi için, kullanılan teknolojinin değiştirilmesinin gerektiği vurgulanmıştır. Ayrıca Türkiye'de, istikrarlı bir kalkınmanın sağlanması için enerji kaynaklı çevresel etkilerin denetlenmesi ve varsa olumsuz etkileri asgariye indirilmesi için enerji konusunda stratejilerin iyi saptanması ve “yenilenebilir enerji” konularında kısa zamanda ulaşılabilecek amaçlar belirlenmesi gerektiği ortaya koyulmaktadır.

McClellan *et al.* (2005), İklim Değişikliği ve Afrika'nın Bitkisel Çeşitliliği konulu çalışmalarında, 2025, 2055 ve 2085 yıllarına göre 5197 bitki türü için uygun iklim sahalarını ele almışlardır. Hadley Center'ın okyanus – atmosfer Genel Sirkülasyon

Modelini kullanmışlardır. Çalışma sonunda 2085 yılında Afrika bitki çeşitliliğinin %81-97'sini barındıran alanların alansal sınır olarak daralacağı, coğrafi bölge olarak değişeceği ve bu değişimle daha yüksek alanlara taşınacağı tahmin edilmektedir. 2085 yılına kadar 5197 bitki türünden %25 ile %42 arasında bir kayıp olacağı öne sürülmektedir.

Aksay vd (2005), Küresel Isınma ve İklim Değişikliği konulu literatür çalışmasında son asır boyunca, sıcaklıklarda $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik artış, denizlerdeki su seviyesi 20cm'lik bir yükselme, stratosfer sıcaklığında düşme, orta enlemlerdeki yağış miktarlarında artış beklenirken subtropik enlemlerde meydana gelen yağışlarda azalışlar olduğunu bildirmektedir. Önemümüzdeki yüzyılın sonuna kadar 3°C 'lik bir ısınma, denizlerde 70cm'lik (30–110 cm) yükselme, orta ve daha yüksek enlemlerde bulunan ormanların yüksek oranlarda tahrip edilmesi, tarım arazilerinde ve gıda temininde azalma olacağı, 2100 yılına kadar, insan kaynaklı sera gazı emisyonları durdurulsa bile, $1-2^{\circ}\text{C}$ civarında sıcaklık artışının devam edeceğini belirtmiştir.

Erda *et al.* (2005), Çin'de CO_2 'li Gübreleme İle Ürün Verimi ve Kalitesi konulu literatür çalışmalarında iklim değişikliğinin etkilerini araştırmışlardır. İklim değişikliğinin etkilerinin diğer çalışmaların sonuçlarından elde edilmeye çalışıldığı bu araştırmanın sonucunda CO_2 'li gübreleme olmadan, iklim değişikliğinin pirinç, mısır ve buğday verimini önemümüzdeki 20 - 80 yılda en fazla %37 azaltabileceği tahmin edilmektedir.

Yalçın (2006), Nükleer Enerji İle Hidrojen Üretimi ve Küresel Isınmaya Etkileri konulu literatür çalışmalarında nükleer enerji ile hidrojen üretiminin küresel ısınmaya etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada temiz bir yakıt olan hidrojenin endüstriyel düzeyde üretimini sağlayacak en önemli birincil enerji kaynağının nükleer enerji olduğu sonucuna varılmıştır. Fosil yakıtlar yerine, hidrojen enerjisinin kullanımının küresel ısınmayı azaltıcı rol oynayacağı ortaya koyulmuştur.

Shih *et al.* (2006), Canlı Hayvanlarda Metan ve Amonyak Emisyonu Konulu literatür çalışmalarında sığır yetiştiren birimlerde metan gazı salımını düşürmek için metandan elektrik üretilmesinden elde edilen net karı araştırmışlardır. 500 sığırın olduğu bir işletmede elektrik üretiminden sağlanan gelirin 11.040\$ ile 16.666\$ arasında değişiklik gösterdiği hesaplanmıştır. Bu kar farkı sebebinin, işletmenin bulunduğu yer ve iklim parametrelerinden kaynaklandığını belirtmektedir.

Scholze *et al.* (2006), Dünya Ekosistemleri İçin İklim Değişikliğinin Risk Analizleri konulu bir araştırma yapmışlardır. 21. yüzyılda ana ekosistem süreçlerinde iklim değişikliği kaynaklı riskleri değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirmeyi yapmak için dinamik küresel vejetasyon modeli adında bir modeli 16 iklim modelinden aldıkları çoklu senaryolarla birleştirmişlerdir. Sonuç olarak modellerin gösterdiği orman/ormansız alanlar, su kaynakları, orman yangın alanları gibi hassas alanların oluşabileceği bölgeler tespit edilmiştir. Genel olarak tüm coğrafik bölgelerde risklerin benzer olduğu ancak iklim değişikliğinin derecesi ile risk büyüklüğünün artacağı tahmin edilmektedir.

Akış (2007), İklim Değişikliklerinin İzmir Barajları Üzerindeki Etkileri ve Sonuçları konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada Güzelhisar ve Tahtalı gibi büyük sayılabilecek barajlardaki yıllık ortalama doluluk oranlarının, 1970'li ve 1990 yıllarda düşük seviyelerde olduğu, 1980 ve 2000'li yıllarda ise daha yüksek doluluk oranları gözlemlenmiştir. Yağış oranlarına bakıldığında ise 1970 ve 1990'lı yıllarda ölçülen yağış miktarları, 1980 ve 2000'li yıllarda önemli miktarda artış göstermiştir. Bu farklı yağış miktarları barajların doluluk oranlarına yansıdığı ifade edilmiştir.

Korkmaz (2007), Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi konulu literatür çalışmasında küresel ısınmanın engellenmesi için, tarım, enerji, sanayi ve ulaşım sektörlerinde, öncelikle fosil yakıt tercihlerinin düşürülmesi için ihtiyaç duyulan politika değişikliklerine gidilmesi önerilmektedir. Ayrıca sera gazı salımlarının sınırlandırılmasının sağlanması, yenilenebilir enerji türlerinin kullanılmasının

yaygınlaştırılması, atmosfer, kara yüzeyleri, su gibi doğal dengenin korunması ve sürdürülebilirliğin devamı küresel ısınmaya karşı önemli önlemler olarak ifade edilmektedir. Bununla beraber ormanların muhafaza edilmesi ve akıllı tarım uygulamaların da sera gazı salımının azaltılması için yardımcı olabileceği belirtilmektedir.

Çelik ve Karakayacı (2007), iklim değişikliğinin Konya'da tarımsal aktiviteler üzerine etkileri ile ilgili çalışmalarında küresel ısınmanın etkisi ile Konya ovasındaki sıcaklıklarda son yıllarda kış mevsiminde azalış, yaz mevsiminde ise artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yılın sonuna doğru yağışlarda artış, ilk aylarında da bir düşüş yaşanmaktadır. Yağış miktarlarında aylar arasında bir kayma görülürken, uzun yıllar ortalama toplam yağışlarda düşüş olduğu ölçülmüştür. Konya ilinde önemli ölçüde yetiştirilen buğday, arpa ve fasulyenin ekim alanlarında bir azalış gözlenirken, mısır ve şeker pancarında artış olduğu gözlemlenmiştir.

Eyinç (2007), Küresel İklim Değişiklikleri ve Türkiye İklimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada fosil yakıt tüketiminin yapılmaması veya en aza indirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, denetimsiz sanayileşmenin önüne geçilmesi ve orman alanlarının yok olmasını engelleyerek yeşil alanların artırılması gibi çözümler bulunmazsa uzun vadede gelecekte yaşanabilir bir çevre bulmanın mümkün olmayacağı sonucuna varılmıştır.

Demir vd (2008), Türkiye için iklim tahminlerini PRECIS bölgesel iklim modeli: senaryo HaDAMP3 SRES A2'yi kullanarak yaptıkları çalışmada ortaya koymaya çalışmıştır. 1990'lı yılların ardından özellikle ortalamaların altında soğuk geçen 1992 yılından sonra başlayan genel bir ısınma trendinin Türkiye'de kendini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yaslıoğlu vd (2008), Hayvan Barınaklarında Sera Gazlarının Oluşumu ve Önleme Stratejileri konulu çalışmalarında literatür çalışması yoluyla küresel ısınmaya etki eden,

insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkileyen sera gazlarının oluşumu ve bu gazların oluşumunu önlemeye yönelik teknik önlemler ile yönetim stratejilerini irdelemişlerdir. Çalışmada öncelikle hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan sera gazları salımını bölgesel ve ulusal seviyede tespit edilmesine yönelik çalışmaların yaygınlaştırılması ve buradan çıkan sonuçlara göre de emisyon seviyesini düşürmeye yönelik barınak projelerinden, gübre planlamasına kadar birçok stratejilerin belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Üstün (2008), İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi konulu literatür çalışmalarında iklim değişiminin su kaynaklarına etkisini araştırmak amacıyla Isparta'da Işıklı Gölü üzerinde bir durum çalışması yapmıştır. Çalışmanın sonucunda iklim değişiminin Işıklı Gölü üzerinde olumsuz etkileri olacağı ve ileriye yönelik üç yıllık dönemde sulanması planlanan tarım arazileri için yeterli suyun havzada biriktirilemeyeceği tahmin edilmektedir.

Özcan ve Kayman (2008), Enerji Tüketimindeki Değişimin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980-2004 konulu bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada ekonometrik analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada, enerji ihtiyacının karbondioksit emisyonlarına etkisinde, nüfusun, kişi başı reel gelirin, GSYİH'nın ve ham petrol fiyatlarının payı incelenmiştir. CO₂ emisyonlarının nüfus ve kişi başı GSYİH ile uzun sürede bağlantılı olduğu eş bütünleşme analizi neticesinde bulunmuştur. Ekonometrik analizin, değerlendirilen ülkelerinden sadece Türkiye modeli anlamlı çıkmaktadır. Analizin çıktılarına göre nüfusun emisyonlar üzerindeki etkisi kişi başına reel GSYİH'dan daha yüksek çıkmış, enerji fiyatlarının etkisinin ise istatistiksel olarak anlamsız olduğu belirlenmiştir.

Sağlam vd (2008), Küresel Isınma ve İklim Değişikliği konulu literatür çalışmalarında dünyadaki hayatı tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini ele almışlardır. Çalışmada son yüzyıl içerisinde yeryüzünde sıcaklığın 0,7-0,8 derece civarında yükseldiği tespit edilmiştir. Gerekli önlemler alınmadığı sürece ısınmanın

artarak devam edeceği tahmin edilmektedir. Bunun sonucunda buzullardaki azalmanın artarak devam etmesi, denizlerin su seviyelerinde yükselme, ormanlık alanlarda azalma, çölleşme, düzensiz yağışlar, sel baskınları, fırtınalar gibi kuvvetli doğa olaylarında artışlara sebep olacağı belirtilmiştir. Bununla birlikte denizde yaşayan canlı türlerinde de önemli değişiklikler olmasının beklendiği de ortaya konulmuştur.

Kanber vd (2008), İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: ICCAP Projesi konulu çalışmalarında iklim ve tarımsal sistemler arasındaki ilişkileri analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre tarım sektörü iklim sistemleri ve insan faaliyetleri ile etkileşim içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu etkileşim, hem çok karmaşık hem de sistemlerde oluşacak aksaklıklar sonucu birçok problemin ortaya çıkmasına meyilli olduğu anlaşılmıştır. Örneğin, 2070-2100 döneminde yağışlarda önemli oranlarda azalma; kar yağışı miktarı ve kar erime tarihlerinin değişeceği; buğday, arpa, mısır gibi temel ürünlerin ekim/dikim ve hasat zamanları ile ekiliş bölgelerinin değişeceği belirtilmiştir.

Demir (2009), Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada orman arazileri, sulak bölgeler, denizler, göller gibi ekosistemi oluşturan ana yaşam kaynaklarının küresel iklim değişikliği sonucunda, geri dönüşü olmayan, beklenen olumsuzlukların engellenmesi için tedbirlerin alınmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Alınacak tedbirlerle, devamlı uygulanabilir etkili stratejilerle nesli tükenen canlıların veya tabiatın geri dönüşü sağlanamasa bile, hali hazırdaki durumun, istikrarının sağlanabileceği tahmin edilmektedir.

Stokes *et al.* (2009), Avustralya Meralarına İklim Değişikliğinin Etkisi konulu literatür çalışması yapmışlardır. Çalışmada ülkenin çoğu yoğun tarımsal üretim için uygun olmayıp, sığır ve koyunların düşük yoğunluklu üretimi yapılmaktadır. Bu nedenle Avustralya'da meralar büyük önem arz etmektedir. İklim değişikliklerinden soğuk bölgelerdeki Avustralya meralarının belli ölçülerde olumlu etkilenirken sıcak

bölgelerindeki meralarının mera verimliliğinde yem kalitesinde düşüş, kuraklık, erozyon, hayvanlarda ısı stresinin ve bazı zararlı ve yabancı otların gelişimi gibi sorunlar ortaya çıkacağı belirtilmektedir.

Gül vd (2009), Küresel Isınma Tehdidine Karşı Kent Ormanlarının Önemi konulu literatür çalışması yapmışlardır. Yapılan bu çalışmaya göre, sera gazı salımı üretiminde ilk sırada %70-80 oranında gelen şehir merkezleri ve etrafının, en riskli yaşam alanları olduğu ve şehir merkezlerinin gittikçe çoğalan problemlerin çözümü için acilen tedbirlerin planlanarak hayata geçirilmesi yaşamsal bir öneme sahip olduğu belirtilmektedir. Ayrıca kent ormanlarının bu konuda, ekosistemi düzeltebilecek ve sera gazı salımlarını düşürebilecek, CO₂ emisyonunu düşüren ve karbon depolama yeteneğiyle önemli bir yere sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Kılıç (2009), Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma Çabaları ve Türkiye konulu literatür çalışmasında global iklim değişikliği çerçevesinde sürdürülebilir kalkınma çabalarını ele almıştır. Türkiye'nin gelecek yıllarda, iklim değişikliğinin sosyo-ekonomik ve çevre faktörleri üzerindeki etkileri engelleyerek kalkınma sürecinin sürdürülebilirliği için ulusal ve uluslararası düzeyde önlemler alması gerektiği vurgulanmıştır. Ulusal düzeyde, enerji sektöründe verimlilik ve tasarrufun yanında yenilenebilir kaynaklarının kullanılmasının sağlanması, sulamada kapalı sistemlerin tercih edilmesi, katı atık yönetimlerinin yeniden değerlendirilmesi, enerji tüketim konusunda halkın bilinçlendirilmesi konularında, uluslararası düzeyde özellikle Kyoto Protokolü'nün süreçte etkin rol oynaması konusunda önlemler alınması gerekmektedir.

Canlı (2010), Küresel Isınmanın Orman Ekosistemine Etkisi konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada iklim değişikliği sonucunda beklenen sıcaklık ve yağışdaki değişimin, yeryüzünde dar alanlarda bile değişik etkiler göstereceği öngörülmektedir. Bundan dolayı, orman alanlarından bazıları daha uygun sıcaklık ve bol yağışa

kavuşurken, orman alanların çoğunda ise kuraklık, yangın, erozyon ve böcek istilası gibi problemlerle karşılaşacağı belirtilmektedir.

Bayraç (2010), Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada küresel ısınma, dünyadaki tüm canlıların hayatlarını devam ettirebilmesi gerekli olan barınma, gıda ve su vb. ana unsurları tehdit etmekte olduğunu ve bu sorunun, atmosferde sera etkisi yapan gazların salımından meydana geldiği belirtilmektedir. Bundan dolayı ulusların, Birleşmiş Milletler İklimsel Değişiklikler Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü çerçevesinde bir takım önleyici tedbirler alarak, küresel ısınmanın sonuçlarını engellemek amacıyla; sıkı enerji yönetim stratejileri yanı sıra yenilenebilir, nükleer ve hidrojen enerji çeşitlerinin de kullanılması için, çeşitli teşvik ve önlemlerin küresel ölçekte katılımı değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Çakmak ve Gökalp (2011), İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı konulu literatür çalışması yapmıştır. Çalışmada iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık artışları su kaynaklarında oluşan kayıplar ile beraberinde nüfusun artması su ihtiyacını da artırmakta, suyun daha verimli kullanımını zorunlu hale getirdiğini belirtilmektedir. Türkiye’de su varlığının yaklaşık %75’i tarımda kullanılmaktadır, özellikle sulamada su tasarrufuna öncelik verilmelidir. Bu çalışmada iklim değişikliği, tarıma olası etkileri, tarımsal kuraklık ve sulama konuları tartışılmış, tarımda verimli su kullanımına yönelik öneriler verilmiştir.

Yaldız ve Şekeroğlu (2012), Küresel İklim Değişikliğinde Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Önemi konulu literatür çalışması yapılmıştır. Çalışmada küresel ısınma ve iklim değişikliğinden kaynaklı, yeryüzünün değişik yerlerinde aşırı kuraklığın görüleceği ve bunun sonucu olarak bitkisel üretim desenin önemli miktarlarda değişeceği ileri sürülmektedir. Yakın zamanda değeri ve kullanan sektör sayısı yükselmesine rağmen, Türkiye’de şuan yüksek oranda doğal floradan sağlanarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin, uygun ekolojilerde kültür olarak üretilmesinin çok önemli olduğu

vurgulanmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kültüre alınması sayesinde yükselen iç ve dış talebe cevap verebilmek, verimi ve kalitesini yüksek standart bitkisel drogların ve bitki ekstrelerinin üretilmesi sayesinde bu ürünleri geliştiren sanayi sektörünün büyümesi sağlanmış olabileceği belirtilmektedir.

Dell *et al.* (2013), İklim değişikliğinin neden olacağı ekonomik yaklaşımla ilgili yaptıkları çalışmalarında sıcaklık dalgalanmaları, yağış ve fırtınaların ekonomik sonuçlarını araştırmışlar ve bu kapsamda belirledikleri bir alanda gerçekleşen hava olayları ile bu olayların tarımsal, endüstriyel ve iş gücüne olan muhtemel etkilerinden bahsetmişlerdir.

Bobojonova and Aw-Hassan (2014), Orta Asya'da iklim değişikliğinin bölgenin agro-ekolojisi ve ekonomisine etkisini incelemişler ve devletler bazında biyo-ekonomik çiftlik modeli (BEFM) adında bir model kullanarak belirli tarımsal ürünler özelinde iklim değişikliğinin bahsi geçen etkilerini çiftlikler özelinde yürütülen anketlerle ve meteorolojik verilerin takip edilmesi ile bulmuşlardır. Model sonuçlarından her ülke ile ilgili geçmiş trendler ve gelecek öngörülerini ile tarımsal gelir seviyesinin nasıl değiştiği ve değişebileceği ile ilgili sonuçlar verilmiştir.

Köstner *et al.* (2014), LandCaRe (Land, Climate and Resources) 2020 adlı bir proje kapsamında iklim değişikliğinin Almanya'da tarımsal ürün üretimine olası etkilerinin giderilmesi için bilimsel ve katılımcılık temelli bir model geliştirmiştir. Model sonucunda tarımsal üretimle beraber gelecekteki alan kullanım kararlarının, su kaynaklarının ve bunların yönetiminin de yeniden gözden geçirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Adjaye (2014), İklim değişikliğinin Afrika tarımı üzerindeki etkilerini ele almış ve bu etkilerin yönetilebilmesi için geliştirilmesi gereken politikalardan bahsetmiştir. Elde edilen sonuçlardan Afrika kıtasının iklim değişikliğinden oldukça yüksek derecede etkileneceği ve nihayetinde ekonomik büyüme ve gelir düzeyi düşüşlerine neden olacağı

belirtilmiştir. Başlıca Güney Afrika'nın daha fazla etkileneceğinin belirtildiği çalışmada etkinin azaltılması için tüm kıtada politika değişikliklerine gidilmesi gerektiği belirtilmiştir

Altieri *et al.* (2015) tarımsal üretimin dünya üzerinde üretim yapılan yere göre etkilene düzeyi ve şiddetinin farklı olacağını belirtilmektedir. Çalışmada, öngörülen sıcaklık artışının ve yağış değişiminin su kaynaklarına ve dolayısıyla tarımsal üretime olumsuz etkilerinin olacağı, bu durumda sıcaklık ve suya erişimin tarımsal üretim ve verimde en hayati unsurlar olacağı da anlatılmaktadır. Bunun yanında, iklimden kaynaklanan zararlı böcek, yabancı ot, patojen ve bunların istilacı popülasyonlarının da verim üzerinde etkili olacağı söylenmektedir. Çalışmada şu tespitler de yer almaktadır; iklim ve meteorolojik kaynaklı istikrarsızlıklar gıda kaynaklarına erişimin seviyesini, sosyal ve ekonomik istikrarı bozacak ve bölgesel rekabeti azaltacaktır. Uyum gıda üretimi üzerine iklim değişikliğinin etkilerinin gelecekte şiddetlenmesini önleyecek en önemli silah olabilir. Baskın tarımsal üretim sistemlerinin tek üretim tipli yapısını kökten değiştirmeyen değişimler iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini geçici olarak dengeleyebilir. Bununla beraber, en büyük ve en kalıcı faydalar daha radikal tarımsal ekoloji tedbirleriyle mümkün olacaktır. Bu tedbirlerin çiftçilerin ve kır nüfusunun direncini artırması gerekmektedir. Buna örnek olarak çok kültürlü (farklı ürünlerin yetiştirildiği) tarımsal ekosistemlerin çeşitlendirilmesi, zirai ormancılık sistemleri ve bitkisel – hayvansal karışık üretim sistemleri verilebilir. Bu sistemler ayrıca organik toprak yönetimi, su tasarrufu, yağmur hasadı ve zirai biyoçeşitliliğin iyileştirilmesi gibi özelliklere de sahiptir. Son yıllarda ekstrem iklim olayları (fırtına ve kuraklık gibi) sonrasında görülen zirai üretim performansının gözlemlenmesi şunu göstermiştir ki artan tarımsal üretimde biyoçeşitliliğe sahip olan zirai işletmeler iklim felaketlerine daha dirençlidirler. Literatürdeki saha araştırmaları ve sonuçları göstermektedir ki tarımsal ekosistemler daha karmaşık bir peyzaj matrisi içine yerleştirildiğinde daha dirençli hale gelirler. Bu ekosistemler çeşitlenmiş ürün sistemi içerisinde adapte olmuş yerel gen kaynaklarına, organik maddece zengin topraklara ve su tasarrufu ve yağmur hasadı teknikleriyle güçlendirilmiş bir yapıya sahiptir. Yakın zamanda ya da geçmişte şiddetli iklim olayları sonrası ayakta kalabilen tarımsal ekolojilerin özelliklerini

anlamak ve tanımlamak ve nasıl ayakta kaldıklarını ortaya çıkarmak oldukça önemlidir. Bu özelliklerin dirençlilik prensipleri olduğu ve başarılı uygulamaların binlerce çiftçiye *Campesino a Campesino* (çiftçiden çiftçiye) ağları ile ulaştığı düşünülmektedir. Bu özellikler tarımsal üretimde dirençliliği arttırmaktadır. Tarımsal ekolojiyle ilgili teknolojilerin etkin biçimde yerleşmesi çiftçilerin iklim değişikliğine ne kadar iyi ve hızlı biçimde adapte olduğunu belirleyecektir.

Hatık (2015) İklim Değişikliğinin Gıda Güvenliğine Etkileri; Türkiye, AB ve Uluslararası Örgütler (BM Kuruluşları) Nezdinde Atılan Adımlar, konulu değerlendirme çalışması yapmıştır. Bu çalışmada iklim değişikliği ve gıda güvenliği ilişkisine değinmek, iklim değişikliğinin gıda güvenliğine olan etkilerinin mevcut literatür üzerinden bir özetini sunmak ve bu çerçevede ülkemiz, Avrupa Birliği ve Birleşmiş Milletler kuruluşları nezdinde atılan adımları gözden geçirmek amaçlanmıştır. Bu çalışmayla günümüzde insan eylemlerinden kaynaklanan küresel ısınmanın iklim sistemi üzerinde günümüz ve gelecek yıllarda karşılaşılması kuvvetle muhtemel etkileri ile ilgilenmiş ve mevcut literatür gözden geçirildiğinde bu etkilerin de gıda sistemleri üzerinde yeni baskılar ya da imkânlar yaratabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bayraç ve Doğan (2016), Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri konulu çalışma, 1980-2013 dönemi için Türkiye’deki iklim değişikliklerin tarım sektörü üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. İklim değişikliklerinin tarım sektörü üzerindeki olası etkilerini belirlemek için; tarımsal GSYİH ile tarım verimi, CO2 emisyonu, sıcaklık ve yağış miktarı arasındaki ilişki ARDL modeli ile tahmin edilmiştir. Elde edilen tahmin sonuçlarına göre, tarım verimi ve yağış miktarında görülen değişikliklerin tarımsal GSYİH üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi vardır. CO2 emisyonunda yaşanacak değişiklerin ise, tarımsal GSYİH üzerinde anlamlı ve negatif bir etkide bulunmaktadır. Ayrıca sıcaklık değişimlerinin tarım sektörü üzerinde olumsuz etkide bulunduğu bulguları elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkisinin negatif yönde olduğunu vurgulamıştır.

Chen *et al.* (2016) Çin’de iklim değişikliğinin tarıma etkisi konusunda inceleme yapmışlar ve detaylı meteorolojik verileri kullanarak ampirik bir çerçeve oluşturmuşlardır. Çalışmada, bu çerçeve model kullanılarak mısır ve soya fasulyesi verimleri ile Çin’deki hava şartları arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Çalışma sonunda; hava durumu değişkenleri ile bitkisel üretim verimleri arasında lineer olmayan, ters U ilişkisi bulunmuştur. Son 10 yılda Çin’in mısır ve soya üretimi sektörlerinde yaklaşık 820 milyon \$’lık bir kaybın olduğu belirlenmiş ve son olarak mısır ve soya verimlerinin 2100 yılına kadar sırasıyla %3–12 ve %7–19% oranlarında düşeceği tahmin edilmiştir.

Topal vd (2016), Küresel Isınma ve Arıcılığın Geleceği konulu derleme çalışması yapmıştır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri son zamanlarda aşırı ve ani yağmurlar ile yüksek sıcaklık gibi iklim olayları sıklıkla yaşanmaktadır. Bal arıları bulunduğu bölgeye adapte olabilen canlılardır. Ancak iklimdeki değişimler, koloni gelişimindeki düzensizlikler nedeniyle zayıf kolonilerin oluşmasına, hastalıkların yaygınlaşmasına, tarlacı arıların kovanına geri dönememesine ve ölümlerine neden olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkileri arıların besin kaynağı olan bitkide yaşanırken; fenolojiyi, yerel zenginliği ve bitki ile tozlaştırıcıların büyük ölçekli dağılımını etkiler. Bitkisel üretimin en kritik noktalarından birisi tozlaşma olup en etkin polinatörler bal arılarıdır. Ani sıcaklık değişimleri arıların gelişimi için gerekli olan polen ve nektar kaynaklarının varlığına direkt etki ederek yok olmasına sebep olmaktadır. Bu derlemede iklim değişikliğinin arıcılık sektörüne olası etkileri üzerine yapılmış araştırmalara yer verilerek konunun öneminin daha iyi anlaşılması ve yeni yapılacak araştırmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır

Koyuncu (2017), Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık konulu çalışmada, İklim değişikliğinin hayvansal üretime en önemli etkileri, üretimin miktar ve kalitesinde azalmalar, hastalık ve zararlılara hassasiyetin artması, üreme döngüsünün değişmesi, doğumda kayıplar, yemin ürüne dönüşümünde gerileme olarak sıralamıştır. İklim değişikliği, özellikle beslenmeleri ve yaşamlarının devamı için hayati önem taşıyan dünyanın bazı bölgelerinde hayvansal üretim için çok yönlü olumsuz sonuçlar

doğuracaktır. İklim değişikliğinin etkisi, hayvancılık sistemlerinin duyarlılığının yanı sıra kuraklığa bağlı stresi daha da artırabilir. İklim değişikliği noktasında hazırlanan model projeksiyonlar kuraklığın sıklığı, süresi ve kapsamı noktasında büyük artışlar olduğunu göstermektedir. Sıcaklık 40°C üstünde uzun süre devam ettiğinde önemli problemler ortaya çıkabilir. İklim değişikliği noktasında hazırlanan model projeksiyonlar kuraklığın sıklığı, süresi ve kapsamı noktasında büyük artışlar olduğunu göstermektedir. Kuraklığa yatkın alanlarda yapılacak hayvancılık uygulamaları aynı zamanda bitkisel üretimde yapılan hataların üstesinden gelme mekanizması olarak da kabul edilmektedir. Bu sayede insanlara düzenli gelir sağlama ve yaşamsal faaliyetleri karşılama noktasında bir güvenlik ağı oluşturulmuş olur. Ancak hayvancılığın da önemli ölçüde kuraklıktan etkilendiği vurgulanmaktadır.

Mall *et al.* (2017) yaptıkları derleme çalışmasında, bitkisel üretimin iklim değişikliğine duyarlı olduğunu, iklim değişikliğinin ise sıcaklık ve CO2 miktarındaki artışla ve değişen yağış rejimleriyle ilişkili olarak tarımı etkilediğini ve tarımsal ürün miktarını önemli oranlarda azalttığını belirtmiştir. Çalışmada ekstrem hava olaylarının (kuraklık, ısı dalgaları, sele neden olan aşırı yağışlar) son dönemlerde daha sık görülmeye başlandığı, nüfus artışı nedeniyle gittikçe artan gıda talebini karşılamak için artmak zorunda olan bitkisel üretim miktarının ve buna karşı iklim değişikliği tehdidinin varlığı ve büyümesinin insanoğlunun üstesinden gelmesi gereken en önemli tehditlerden biri olduğu belirtilmiştir. Bu nedenlerle çalışmada iklim değişikliğine uyum, iklim değişikliğinin etkisini azaltma, kapasite geliştirme, politika değişikliği, ulusal / bölgesel iş birlikleri ve iklim değişikliğinin etkilerini en aza indirmek için ulusal / küresel uyum fonlarının ve diğer desteklerin ele alındığı çalışmalara daha fazla ağırlık verilmiştir. Çalışmada sonuç olarak iklim değişikliğine ve ekstrem olaylara uyumun uzun dönemli iklim değişikliğine karşı oluşan zayıflığı azaltabileceğinden bahsedilmiştir. Yine sonuçlar arasında; ekim zamanı uyumlulaştırılmış, etkin sulama ve gübre yönetimiyle su tasarrufu ve yönetimine uyum sağlayan iklime hazır ürünler veya termal stres toleranslı çeşitlerin kullanımı, ürün çeşitlendirmeleri ve yabancı ot kontrollerinin iyileştirilmesi gibi basit adaptasyon uygulamalarının iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yardımcı

olabileceği belirtilmiştir. Tutarlı lokal hava durumu bilgisi ve çiftçiler için erken uyarı sistemlerinin iklim tehditlerinin en aza indirilmesi için yararlı olacağı da belirtilmiştir.

Özçağ vd (2017), Bu çalışmada, Türkiye’de 1990-2014 döneminde sanayi ve tarım sektörlerindeki sera gazı emisyonlarında ortaya çıkan değişim LMDI yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Söz konusu değişim, emisyonu etkileyen faktörler olarak literatürde genel kabul görmüş dört faktöre (emisyon-faktör etkisi, yoğunluk etkisi, yapısal etki ve faaliyet etkileri) ayrıştırılmıştır. Analiz sonuçları, sanayi ve tarım sektörlerinde sera gazı emisyonundaki değişimin temel belirleyicisinin enerji yoğunluğu etkisi olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, Türkiye’de 1990-2010 döneminde ekonomik büyüme ve sera gazı emisyonları arasında aynı yönlü gerçekleşen bir değişimin varlığı görülürken, 2010 yılından itibaren ekonomik büyüme rakamlarında oluşan artış oranı sera gazı emisyonlarında meydana gelen artış oranından daha yüksek olmuş ve böylece değişkenler arasında ayrışma meydana gelmiştir.

Hayaloğlu (2018), İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri konulu çalışmada, iklim değişikliğinden en fazla etkilenen sektörlerin başında tarım sektörü geldiği belirtilmektedir. İklim değişikliğinin sebep olduğu değişen sıcaklık ve yağış miktarı gerek ürün miktarını gerekse ürün kalitesini etkileyerek tarım sektörü üzerinde olumsuz etkilerde bulunmaktadır. Bu yolla iklim değişikliği ülkelerde ekonomik büyüme üzerinde de etkili olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliğinin tarım sektörü ve ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Küresel İklim Değişikliği Risk Endeksi’ne göre iklim değişikliğinden en fazla etkilenen 10 ülke için analiz etmektir. Panel veri analiz tekniğinin kullanıldığı çalışmada 1990-2016 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, söz konusu ülkelerde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme ve tarımsal katma değeri negatif yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Karimi *et al.* (2018) iklim değişikliğinin İran tarımına etkileriyle ilgili bir çalışma yapmışlar ve İran’da tarımın yağış, sıcaklık ve karbondioksit gübrelemesi oranındaki

değişimle olumsuz etkileneceğini belirtmişlerdir. Çalışmada İran tarımı üzerine iklim değişikliğinin olası etkileri ele alınmış ve hükümet ve çiftçilerin uyum çabaları değerlendirilmiştir. Literatür taraması sonucunda araştırmacılar İran'da yağış ve su kıtlığının bitkisel üretim verimi, bitki su isteği, çiftçilerin gelir ve refah düzeylerine olumsuz etki yapacağını belirtmişlerdir. Bitkisel üretim verimindeki değişikliklerin ürün tipine, CO2 gübreleme etkisine, iklim değişikliği senaryolarına ve adaptasyon kabiliyetlerine dayandığı belirtilmiştir. Adaptasyon konusunda devletin çabalarının öne çıktığı, verimi artırma çabası olduğu, sulamanın geliştirilmeye çalışıldığı bunun yanında yeni teknolojilerin ve politik reformların da geliştirildiğinden bahsedilmiştir. Çalışmada çiftçilerin uyum kapasite ve kabiliyetlerinin geliştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Koç (2018), İklim Değişikliğinin Süt Sığırcılığı İşletmeleri Üzerindeki Etkilerinin Ekonomi ve Tarım Politikaları Açısından Analizi; Trakya Bölgesi Örneği konulu araştırmasında, Trakya Bölgesi'nde 140 çiftçi ile yüz yüze görüşülmüştür. İklim değişikliğinin süt sığırcılığı işletmeleri üzerindeki ekonomik etkilerinin belirlenmesinde Calil *et al.* (2012) tarafından geliştirilen model kullanılmıştır. Bu kapsamda, üç farklı senaryo hazırlanarak 2044'e yönelik gelecek projeksiyonları oluşturulmuştur. Çiftçilerin iklim değişikliği ile ilgili bilinç düzeylerini etkileyen sosyoekonomik faktörlerin belirlenmesinde ise lojistik regresyon modelinden yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda, iklim değişikliğinin süt sığırcılığı işletmelerinde %10-50 oranında maliyet artışına neden olurken, süt üretici fiyatlarında beklenen artışın daha düşük olması ve süt verim kaybı nedeniyle üretici refahının azalacağı ortaya konmuştur. Ayrıca, çiftçilerin iklim değişikliği kavramını tam olarak bilmediği ve uyguladıkları adaptasyon yöntemlerinin ise yeterli olmadığı saptanmıştır. Lojistik regresyon modeli sonuçlarına göre, çiftçilerin iklim değişikliği ile ilgili bilgi düzeyini internet kullanımı, arazi varlığı, tarım dışı geliri olması ve karar alma sürecindeki rolü etkilemektedir. Bu kapsamda, tarım sektöründeki politika uygulayıcıları da dahil olmak üzere, tüm paydaşların iklim değişikliği farkındalığının artırılması, özellikle çiftçilerin yayım faaliyetleri yoluyla bilgilendirilmesi, bölgede iklim değişikliğinin etkilerini inceleyen multidisipliner çalışmalar yapılması ve çiftçilerin iklim değişikliğine adaptasyon sağlayabilmeleri için

desteklemelerin arttırılması ve adaptasyon koşullarına göre destekleme verilmesi önerilmektedir

Yıldız (2018), Bal Arıları Üzerinde İklim Değişikliğinin Etkilerinin Termodinamik Değerlendirmesi konulu çalışma yapmıştır. Dünya genelinde doğrudan insanların kullandığı ekinlerin yüzde 75'inden fazlasının yetiştirilmesi için tozlaşma gerekli olduğundan, iklim değişikliğinden dolayı bal arısı popülasyonunda meydana gelecek herhangi bir zarar, gıda güvenliğini tehlikeye atabilmektedir. Bu nedenle, mevcut çevresel şartlar altında bal arılarını etkileyen ve ön görülen bir sıcaklık değişimi durumunda, bal arılarına etki eden termodinamik parametreler değerlendirilmelidir. Dinlenme sırasında ve kovanın dışında yiyecek toplama ve kovanın havalandırılması süresince, bal arılarının iş performansı ve entropi üretimi sakaroz metabolizmasına dayanarak değerlendirilmiştir. 3000 bal arısı ile kovanın sıcaklığı 1°C'ye yükseltirken, iş performansı 3,17 kJ/kg kuru hava, ısı üretimi 4,44 kJ/kg kuru hava ve entropi üretimi 161,6 W/g bal arısı K. Diğer taraftan, kovanın sıcaklığını 1°C azaltmak için, 4.5 kJ/kg kuru hava iş yapmak zorundadırlar, 7.27 kJ/kg ısı ve 308,9 W/g bal arısı K entropisi üretmelidirler. Sonuç olarak, 1°C'de soğutma sırasında, bal arılarının 1.4 kat iş yaptığını ve 1°C'de ısıtma ile karşılaştırıldığında 1.9 kat entropi ürettiğini ve küresel ısınmanın, potansiyel bir küresel soğumayla kıyaslandığında, bal arılarına yüzde 90 daha fazla entropi stresi yaratabileceğini göstermektedir.

Jauma (2019), Sultan Sazlığı'nda İklim Değişikliği ve Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimlerinin Etkilerinin Swat İle Modellenmesi konulu çalışmada, arazi kullanımı/örtüsü değişimleri ve iklim değişikliğinin sulak alanlar üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma uluslararası öneme sahip bir sulak alan ekosistemi olan Sultan Sazlığı'na ev sahipliği yapan Develi Ovası'nda yürütülmüştür. Develi Ovası, yarı-kurak iklimsel koşullara sahip İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, kapalı bir havza özelliği taşımaktadır. Develi Ovası'ndaki arazi kullanımı/örtüsü değişimleri ve bu değişimlerin Sultan Sazlığı üzerindeki etkileri uzaktan algılama teknikleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Develi Ovası'ndaki hidrolojik süreçler SWAT (Soil and Water Assessment Tool) kullanılarak modellenmiştir. Arazi

kullanımı/örtüsü değişimleri ve iklim değişikliğinin etkileri model kullanılarak simüle edilmiştir. Çalışmada, Develi Ovası'nda Develi Sulama Projesi'nin uygulamaya alındığı 1980'li yıllardan sonra önemli arazi kullanımı/örtüsü değişimlerinin olduğu belirlenmiştir. Ovada tarım alanları artarken, doğal bozkır ekosistemi ve sulak alan ekosistemi zarar görmüştür. SWAT kullanılarak hidrolojik süreçler başarı ile simüle edilmiş ve tarım alanlarındaki artışın ve sulama rezervuarların inşasının Sultan Sazlığı'nda hidrolojik değişikliklere neden olduğu belirlenmiştir. İklim değişikliği senaryoları kullanılarak yapılan simülasyonlar, gelecekte Sultan Sazlığı'nın kuraklık riskiyle karşı karşıya olduğunu göstermiştir.

Kekeç (2019), *Xantium strumarium* L.'un Farklı Popülasyonlarının Fenotipik Varyasyonları ve İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelecekte Dağılım Alanlarının Belirlenmesi konulu çalışmada, tarım ve tarım dışı alanlarda çok fazla soruna neden olan *X. strumarium*'un dağılım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada hiyerarşik modelleme tekniğine göre MaxEnt modeli kullanılmış ve modelin küresel ölçekte kalibresi yapıldıktan sonra model sadece Türkiye'ye yansıtılmıştır. Ülkemizin mevcut ve gelecekteki (2030, 2050, 2070, 2100) iklim koşulları altında *X. strumarium*'un dağılım tahminleri yapılmıştır. Çalışmada iki küresel dolaşım modelinin (GCM), yani Commonwealth Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Kuruluşu (CSIRO_mk3_6_0) ve İklim Üzerindeki Disiplinler Arası Araştırma (MIROC_MIROC5) tarafından oluşturulan iklim verileri kullanılmıştır. Aynı zamanda, dağılım alanlarını iki farklı iklim değişikliği senaryosu, yani temsili konsantrasyon yolları olan (RCP), RCP2.6 (ılıman iklim değişikliği) ve RCP8.5 (şiddetli iklim değişikliği) altında tahmin edilmiştir. Sonuçlar gelecekte *X. strumarium* bitkisinin ülkemizde istikrarlı bir artış göstereceğini tahmin etmiştir. Bununla beraber çıkan sonuçlar mevcut iklim alanlarına benzerlik göstererek küresel ısınmayla beraber daha da fazla artacağını ve daha fazla istilaya sebep olacağını göstermektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

İklim değişikliklerine yönelik mevcut durumu ortaya koymak amacıyla kullanılan veriler, MGM'nin arşiv sisteminden alınmıştır. Türkiye, bölgeler, havzalar ve Erzurum ili özelinde incelenmiştir. Küresel iklim modeli kullanılarak sıcaklık ve yağış parametrelerinde 2100 yılına kadar ki öngörüler paylaşılmıştır. Ayrıca daha önce yapılmış olan yerli ve yabancı literatürden iklimdeki değişikliklerin tarım sektörüne olan etkileri bakımından yapılan değerlendirmelerden yararlanılmıştır.

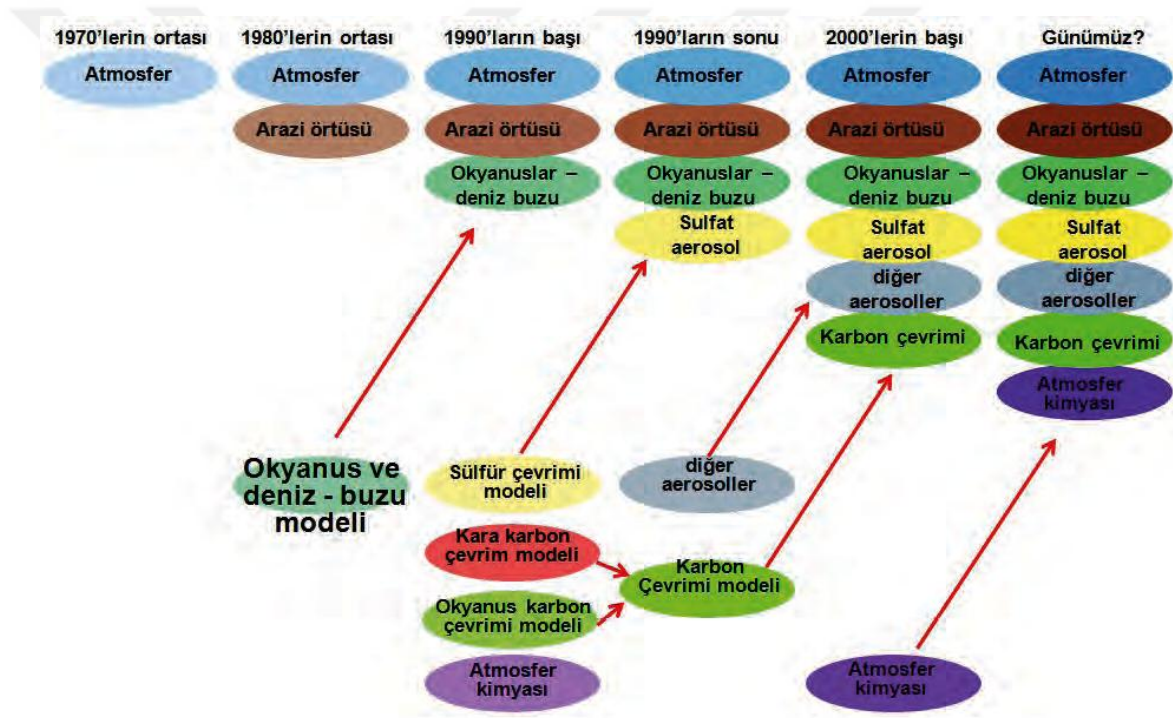
3.2. Yöntem

Araştırmada öncelikle kuramsal temeller verilerek, Türkiye için HadGEM2-ES küresel modelinin, Temsili Konsantrasyon Rotası (Representative Concentration Pathways) RCP4,5 ve RCP8,5 seneryolarına göre sıcaklık ve yağış öngörülerinin, Bölgesel İklim modelleri (Regional Climate Models_ RCM) kullanılarak ölçek küçültme yöntemiyle yeniden ve çözünürlüğü daha yüksek üretilen iklim parametreleri incelenmiştir. Bu bilgiler ışığında Erzurum ilinde iklim değişikliklerine yönelik faktörler ele alınarak öngörüler ışığında derleme çalışması yapılmıştır.

3.3. Kuramsal Temeller

Küresel iklim değişikliği, yalnızca bu sektörle ilgilenenlerin değil dünyada yaşayan tüm canlıların bir sorunudur. İnsanlar bu sorun karşısında önleyici tedbirler alırken uyum konularında çalışmalar yapmak zorundadır. İklim değişikliği konusunda önleyici ve uyum için yapılan çalışmalarda en önemli veri kaynağı "Ne Oranda Etkilenecek" sorusunun cevabıdır. Bu sorunun cevabı yeni nesil geliştirilen küresel iklim modelleri ile verilebilmektedir.

Bilimsel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak, iklim değişimlerini tahmin edebilmek için kullanılan parametreler, daha ayrıntılı bir şekilde sayısal modellerde yer alabilmesi mümkün olabilmektedir. Küresel iklim model çalışmaları 1970'den sonra bilgisayarların kullanılmaya başlanmasıyla beraber hız kazanmıştır. 1970'li yıllarda çalışılan ilk modellerde atmosferde gözlenen parametrelere göre çalışmalar yapılmış olup teknoloji geliştikçe parametre sayısı artmıştır. Günümüzde karalar, okyanuslar, buzullar, sülfat, aerosoller, karbon çevrimi, arazi örtüsü ve atmosferin kimyası, modellere veri sağlayan önemli girdiler olmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Küresel iklim modellerinin tarihi gelişim tablosu (Anonim 2013a)

Gelişen teknoloji sayesinde küresel iklim değişikliği model çalışmalarında hızlı ilerlemeler kaydedilmiş ve model belirsizliklerin azaltılması sağlanmıştır. Bu karışık ve birçok sektörle bağlantısı olan çalışmaların daha tertipli ve uluslararası bir oluşumla devam edilmesi, uluslara ve yöneticilerine bilimsel temeli olan sağlam ve güvenilir veriler hazırlanması hedefiyle, 1988 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli kurulmuştur. Bu kuruluşun amacı, küresel iklimin tüm dünyadan birçok bilim insanının

emekleri ile belli aralıklarla geldiği son durum ile ilgili kapsamlı ve güvenilir raporlar yayınlamaktır. İlk rapor 1990 yılında, ikinci rapor 1996, üçüncü rapor 2001, dördüncü rapor 2007 ve son olarak beşinci rapor 2013 yılında yayınlanmıştır.

Küresel iklim modelleri okyanuslar, kıtalar ve buzullar gibi çok geniş alanları temsil eden veri üretmektedir. Bu verilerle bölge, ülke veya daha dar alanlarda analizler yapılması mümkün olmamaktadır. Bilgisayar kapasitelerinin yükselmesi modellerin gelişmesine, modellerde kullanılan kutucuk (grid) boyutlarının küçültülmesine, zaman adımlarının kısaltılmasına, yatayda ve dikeyde grid sayısı ve model bileşenlerinin sayısının artmasına imkan sağlamıştır. Çözünürlüğü iyi olmayan gridlenmiş bu verileri, yeniden girdi olarak kullanarak daha küçük ölçekteki yerler için daha ayrıntılı ve 20 km çözünürlüğe sahip bilgilerin üretilmesini sağlayan modellere Bölgesel İklim Modelleri (Regional Climate Models_ RCM) denilmektedir.

Model girdilerinin çok fazla olması hesaplamaları zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı Küresel İklim Modellerinin (Global Climate Models_GCMs) genellikle 100 ila 300 km arasında yatay çözünürlüğü bulunmaktadır (Anonim 2013a). Düşük çözünürlükle bölgesel iklim değişiklikleri yükseltir, dağlar, ovalar, deniz kenarları ve bitki örtüsü gibi coğrafi farklılıklar ayrıntılı bir şekilde yansıtılamamaktadır. Bundan dolayı yağış, rüzgar, sıcak-soğuk hava dalgaları gibi küçük ölçekli hava olayları ya küresel iklim modellerde gösterilememekte veya basit şekillerde yer verilmektedir. Daha küçük ölçekteki yerlerde, hesaplama kapasitesinden en verimli biçimde yararlanmak adına ve yukarıda belirttiğimiz küresel modellerin eksiklikleri tamamlamak amacıyla bölgesel iklim modellerinden yararlanılmaktadır. Atmosferik dinamik ölçek küçültme yöntemleri, çözünürlüğü çok iyi olmayan küresel modellerde ayrıntılı bir şekilde gösterilemeyen bölgesel şartları elde etmek için en sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde, Bölgesel İklim Modellerinde çalışma yapılacak alan belirlenmekte ve Küresel İklim Modellerinden çıkan iklim verileri üzerinde çalışma yapılacak bölgeye uygulanmaktadır. Elde edilen veriler tekrar Bölgesel İklim Modeli denklemleri sayesinde belirlenen alan için yeniden değerler üretilmektedir. Dolayısıyla sonuçlar bir

anlamda Küresel İklim Modeller ve yerel özelliklerin birlikte belirlendiği bölgesel tahminler olarak adlandırılmaktadır.

Türkiye'nin de içinde bulunduğu alanda, bölgesel iklim modeli çalıştırılmış ve önümüzdeki yüzyıl boyunca beklenen iklim değişikliği tahminlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Bölgesel iklim modeli Türkiye ve çevresi için 20 km çözünürlükte, 2013-2099 döneminde sıcaklık ve yağış parametrelerinde tahmin öngörülleri (projeksiyonları) oluşturulmuştur. 2013-2099 yılları sırasıyla otuzar yıllık 2013-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 dönemleri olarak üç döneme bölünmüştür. Bu üç dönem için ortalama değerler elde edilmiştir. Bu üç dönem için elde edilen sıcaklık ve yağış öngörülleri ile referans dönemi (1971-2000) sıcaklık ve yağış verileri kıyaslanarak değişimleri bulunmuştur. Elde edilen model sonuçları, yeni bir veri tabanında toplanmıştır. Bu veri tabanındaki koordinatlı nokta (grid) verileri, Türkiye, bölge, akarsu havzaları, tarım havzalarına indekslenmişlerdir.

Sera gazlarının farklı değişim beklentilerine dayanarak çalıştırılan çeşitli iklim modellerinin tahminlerine göre, Türkiye ve yakın çevresinde bulunan Akdeniz havzasının neredeyse tamamında, Kuzey Afrika ve Orta Doğu için, yağışlarda, yeraltı ve yerüstü su alanlarında önümüzdeki asır için önemli azalmalar, sıcaklık, evapotranspirasyon (Bitki, kara ve su yüzeylerinden buharlaşma) ile aşırı hava olaylarında ise önemli artışlar görülebilecektir (Tatlı ve Türkeş 2008).

Küresel çapta beklenen iklim değişikliklerine paralel olarak Türkiye ikliminde de değişiklikler beklenmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, Akdeniz Havzası'nda ortalama sıcaklık artışının 1°-2°C'ye ulaşacağı, yağışlarda azalmaların bir çok alanda hissedileceği ve özellikle kara alanlarında sıcak hava akımlarının ve ekstrem sıcak geçen gün sayısında artışlar olacağını öngörmektedir. Türkiye'de ise sıcaklık ortalamalarında önümüzdeki yüzyılda 4°C'ye varan artışlar olacağı, iç bölgelerde bu artış 5°C'yi geçeceği beklenmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli raporunda ve bağımsız yürütülen yerel ve ülkelerarası birçok bilimsel model sonuçları,

Türkiye’de gelecek yıllarda sıcaklarda artış, yağışlarda azalma ve daha belirsiz bir iklim sisteminin etkili olacağını bildirmiştir.

Eylül 2008’de, Dünya İklim Araştırma Programı (World Climate Research Programme _WCRP) üyesi 20 iklim modelleme grubu, aralarında uyumun sağlanması yeni iklim modellerinin oluşturulması gayesiyle toplanmıştır. Araştırmaların bir yerde toplandığı çok modelli bir veri tabanı oluşturması hedeflenmiştir. Bu ortak çalışmalarda bazı kazanımlar elde edilmek istenmiştir;

1. Değişik model sonuçlarının farklı çıkmasına sebep olan, pek fazla anlaşılmayan karbon döngüsü ve bulutlarla alakalı model çıktıların analiz edilmesi,
2. Modellerin çok uzun yıllar için iklim öngörü oluşturma kapasitelerinin belirlenmesi ve iklim tahmini yapılabiliirliğinin araştırılması,
3. Aynı altyapı sistemleriyle hazırlanan modellerin değişik sonuçlar çıkarma sebeplerinin araştırılması.

Bu çalışmayla, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Dördüncü Değerlendirme Raporu hazırlanırken ortaya atılan bilimsel soruların, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporunda cevaplanabilmesi için gerekli değerlendirmelerin yapılması beklenmektedir. Birleştirilmiş Model Karşılaştırmaları Projesi Faz:5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5_ CMIP5) projesi kapsamında yapılan model çalışmalarının sonuçları Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Birinci Çalışma Grubu (Working Group One_WG1) tarafından düzenlenerek 2013 Eylül ayında yayınlanmıştır. Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5, aşağıda belirtilen özelliklerinde standart bir model simülasyon setinin oluşturulmasına karar verilmiştir. Bunlar üç madde halinde sıralanabilir;

1. Modellerin geçmiş dönem iklim bilgilerini ne şekilde tahmin ettiğinin kıyaslanması (kontrol denemeleri),
2. Kısa dönem (2035) ve uzun dönem (2100 ve sonrası) için iklim öngörülerinin yapılması,

3. İklim model öngörülerinin birbirlerinden farklı olmasına sebep olan, karbon döngüsü ve bulutlanma gibi ana geri bildirimlerin sayısal değerlerinin bulunması.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünün (MGM) iklim değişikliği öngörülerini araştırmaları kapsamında, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği yetkilileri ile yapılan ortak çalışmalar neticesinde, Birleştirilmiş Model Karşılaştırmaları Projesi Faz:5 ile meydana getirilen küresel model veri setlerinden en çok talep edilen ve Türkiye'nin bulunduğu konuma uygun üç tanesinin (HadGEM2-ES, Yer Fiziği Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory_GFDL) , Max Planck Enstitüsü (Max Planck Institute_MPI) verilerini kullanmayı kararlaştırmıştır.

3.4. HadGEM2-ES Küresel Modeli

HadGEM2; İngiltere Meteoroloji Servisi'nin bir araştırma birimi olan Hadley Center tarafından geliştirilmiş yeni nesil küresel modelidir. Bu küresel modelin benzer fiziksel özelliklerde farklı yapılarda birden fazla sürümü vardır. HadGEM2 serisi birleştirilmiş atmosfer ve okyanus yapılandırılması ve içerisinde arazi yüzeyi, okyanus biyolojisi, atmosfer kimyasının da bulunduğu bir yer-sistem konfigürasyonunu kapsamaktadır. HadGEM2 serisi Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu hazırlık aşamasında kullanılan modellerdendir. Standart atmosfer birleşimi, 40 km'ye kadar çıkan 38 seviyeden meydana gelmektedir. Bu katman yatay çözünürlüğü, enlemi 1,25 derece ve boylamı 1,875 derece olan 192x145 grid noktası ile küresel olarak temsil edilmektedir. Bu çözünürlük değerler yaklaşık olarak Ekvator'da 208x139, 55. enlemlerde 120x139 griddir. Genişletilmiş dikey yükseklik, stratosferin özelliklerini ve küresel iklime tesirinin araştırılması gayesiyle 60 seviye ile deniz seviyesinden 85km'ye kadar çıkabilmektedir. Okyanus bileşeni ise kutuplar ile 30. enlemler arasında, boylamsal çözünürlüğü 1 derece ve enlemsel çözünürlüğü 1 derece olan, toplamda 360x216 grid noktasından meydana gelmektedir. Dikeyde ise eşit olmayan 40 seviyeden meydana gelmektedir. HadGEM2 serisinde HadGEM2-A, HadGEM2-O, HadGEM2-AO, HadGEM2-CC, HadGEM2-CCS, HadGEM2-ES

versiyonları bulunmaktadır. Çalışmada HadGEM2 serisinin en kapsamlı serisi olan HadGEM2-ES versiyonu ürünleri kullanılmaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Güncel HadGEM2 versiyonları (Anonymous 2011)

HadGEM2-A	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-O	Okyanus ve Deniz Buzu
HadGEM2-AO	Okyanus ve Deniz Buzu, Troposfer, Arazi yüzeyi, Hidroloji ve Aerosoller
HadGEM2-CC	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon
HadGEM2-ES	Troposfer, Arazi Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus ve Deniz Buzu, Kara Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Kimya

3.5. Türkiye İçin Bölgesel İklim Öngörülleri

Bu bölümde Meteoroloji Genel Müdürlüğünün ürettiği iklim öngörülleri paylaşılacaktır. Öngörüllerin, Birleştirilmiş Model Projesi Faz:5 projesinde kullanılan küresel modellerden üç tanesinden, HadGEM, MPI ve GFDL, yararlanılarak oluşturulması planlanmıştır. Bu çalışmada yalnız HadGEM küresel model verileri RegCM4 bölgesel iklim modelinin ölçek küçültme metodu kullanılarak elde edilen bölgesel iklim öngörülleri aktarılmıştır. GFDL ve MPI modelleri ile çalışmalar devam etmektedir. Üç küresel modelde referans periyodu olarak 1971-2000 yılları kullanılmaktadır. Öngörüllerin tarih aralığı ise 2013-2099 olarak belirlenmiştir.

Parametrizasyon (Karşılaştırma) çalışmalarında İklim Araştırma Birimi (Climate Research Unit_CRU) ve Delawera Üniversitesine (University of Delaware_UDEL) ait iklim bilgileri model verileri ile karşılaştırılmış, gridlere ait eşik değerleri tekrar hesaplanarak iyi sonuç elde ettiğimiz parametrizasyon şemasında model çalıştırılmıştır.

Parametrizasyon testlerinden sonra, dört zaman aralığı için (1971-2000, 2013-2040, 2041-2070 ve 2071-2099) model çalıştırılmıştır. Belirlenen alan, 20x20km çözünürlüğünde 23400 (180X130) gridden meydana gelmektedir. Bölgesel İklim

Modelleri, başlama ve sınır koşulları Küresel İklim Modellerin belirlediği ve düşük çözünürlüklü topografyasından Bölgesel İklim Modellerin daha yüksek çözünürlüklü topografyaya geçiş imkanı sağladığı için her taraftan ilk 12 grid kullanılmamıştır. Aynı zamanda modelin istikrarlı duruma gelmesi için Bölgesel İklim Modelleri hedeflediğimiz zamandan bir yıl önceden çalıştırılmaya başlanmış ve bu zaman dilimi çalışmalarda dikkate alınmamıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan küresel iklim modelleri ve bölgesel iklim modelleri genel özellikleri (Anonim 2013a)

Küresel İklim Modeller	Çöz. (km)	Kaynak Enstitü	RCP	Periyot	Referans Periyot	Bölgesel İklim Modelleri	Çöz. (km)	Son Durum
HadGEM	112.5	Hadley Center	4.5 8.5	2013-2099	1971-2000	RegCM	20	Tamamlandı
MPI		Max Planck	4.5 8.5			RegCM	20	Devam ediyor
GFDL		Noaa - GFD lab.	4.5 8.5			RegCM	20	Devam ediyor

Bölgesel iklim öngörüsü oluşturmada önemli aşamalardan biriside, referans zamanı model verilerinin hem küresel modelin ham verileri ile hem de küresel gözlem değerlerinin kıyaslanmasıdır. Bu karşılaştırma sayesinde bölgesel model verileri ve küresel model ham verilerinin (RAW) gözlem değerleri arasındaki farklılıklar görülebilmektedir. Bu amaçla, Türkiye için, HadGEM2-ES küresel modelinin verileri ile üretilen, 1971-2000 bölgesel iklim model sonuçları tüm dünyanın kabul ettiği iki küresel gözlem veri seti ile karşılaştırılmıştır. Çıkan sonuçlara göre, sıcaklıklarda yaz ve kış mevsiminde büyük oranda uygunluk görülmektedir. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise model çıktılarının gözlem verilerinden 1,5°C ila 2°C daha düşük olduğu görülmektedir. Model çıktıları ortalama sıcaklıklarda, İklim Araştırma Birimi ve Delawera Üniversitesine verilerine göre 0,5°C-1,0°C daha düşük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 3.3). Yağış verilerine bakıldığında, kış aylarında model verileri ile diğer gözlem verilerinin uyumlu, diğer mevsimlerde ise model sonuçlarının gözlem verilerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Genel itibariyle Türkiye ortalamasına

bakıldığında modelden elde edilen veriler diğer gözlem verilerine göre yaklaşık %12-%19 daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 3.3).

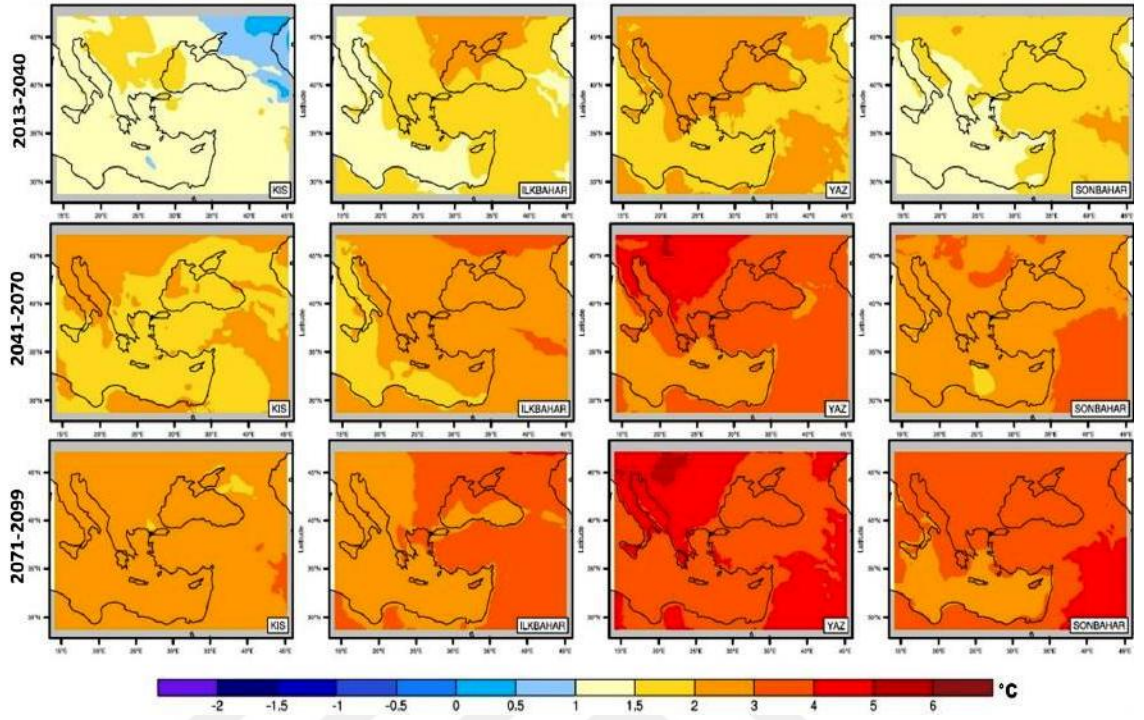
Çizelge 3.3. 1971-2000 Referans periyodu mevsimlik ortalama gözlem verileri ile model verilerinin karşılaştırılması (Anonim 2013a)

	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm/gün)				
	Bölgesel İklim Modelleri	CRU	UDEL	RAW	Bölgesel İklim Modelleri	CRU	UDEL	RAW
Kış	0.436	0.561	-0.076	1.762	2.159	2.126	2.126	2.764
İlkbahar	8.294	9.712	9.309	9.867	2.622	1.974	2.098	2.874
Yaz	20.792	20.859	20.7	20.763	0.947	0.686	0.742	0.952
Sonbahar	10.412	12.480	11.961	12.349	1.830	1.333	1.454	1.858
Ortalama	9.987	10.906	10.474	11.190	1.886	1.531	1.664	2.107

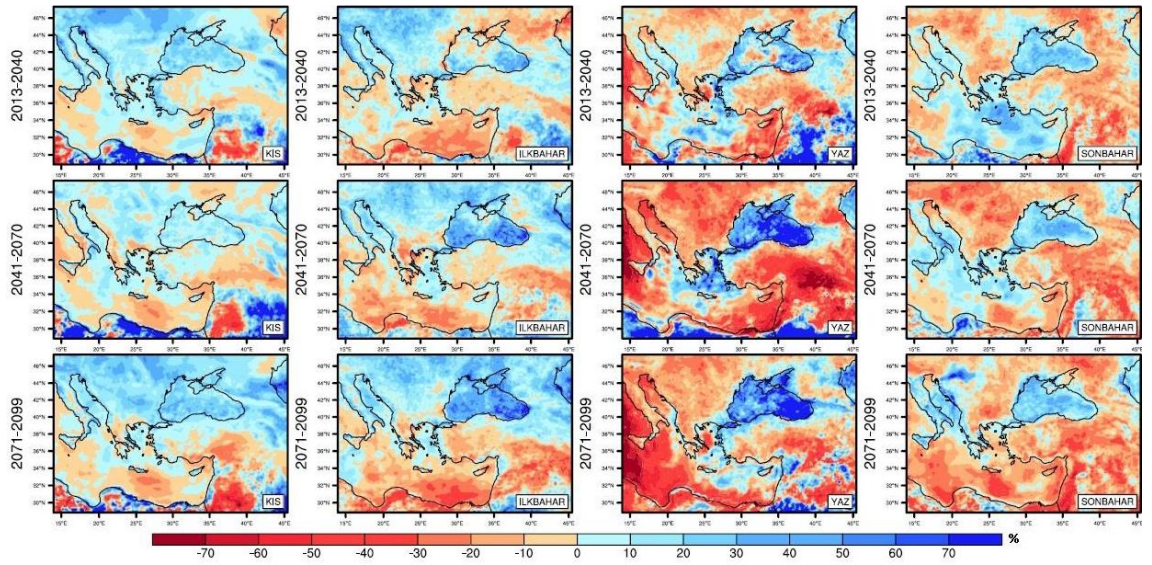
İklim modeli ve öngörüsü oluşturma çalışmaları, uzay araştırmalarından sonra en çok hesaplama kapasitesine gerek duyan çalışmalardır. İklim modelleri bu özellikleriyle veri üretmede çok ciddi çalışma zamanına ihtiyaç duyarlar. Çalışılan verilerin çokluğu ve karmaşıklığı çalışmaların bitme sürelerinin uzamasına neden olmaktadır. Uzun zaman alan ve Türkiye için kullanılan iklim modellerinden HadGEM2-ES'in veri setleri ile çalışmalar tamamlanmıştır. Diğer küresel modellerle ilgili ölçek küçültme ve analizleri devam etmektedir.

3.5.1. RCP4.5 Sıcaklık ve yağış öngörülleri

RCP4.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES küresel modeli kullanılarak üretilen sıcaklık ve yağış öngörülleri dört mevsim ve üç periyod halinde hazırlanmıştır (Şekil 3.2; Şekil 3.3).



Şekil 3.2. RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık öngörülleri (Anonim 2014)



Şekil 3.3. RCP4.5 senaryosuna göre yağış öngörülleri (Anonim 2014)

2013 - 2040 Yılları arası

Sıcaklıklarda artışın genelde 2⁰ C olması, yaz aylarında Marmara ve Batı Karadeniz kesimlerinde ise sıcaklıkların 3⁰ C'ye kadar artması beklenmektedir.

Yağışın, kış mevsiminde Ege'nin kıyı kesimi, Orta ve Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu'da artacağı, ilkbaharda Kıyı Ege ve Doğu Anadolu'nun doğusu dışında yurdun tamamında %20 civarında düşeceği ön görülmektedir. Yaz aylarında Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu'nun kuzeyi, Marmara ve Kıyı Ege bölgelerinde artış diğer alanlarda %30'a varan azalışlar, sonbaharda ise çok küçük alanlar haricinde tüm yurttan azalışlar öngörülmektedir.

2041- 2070 Yılları arası

Sıcaklıklarda, ilkbahar ve sonbaharda 2-3⁰ C civarında artışlar olacağı, yaz aylarında bu artışlar 4⁰ C'ye kadar çıkacağı öngörülmektedir.

Yağışlarda, Doğu ve Güney Doğu Anadolu ile Orta ve Doğu Akdeniz bölgelerinde kış yağışlarında %20, kararsızlık yağışların yoğun şekilde görüldüğü Doğu Anadolu Bölgesinde ise %30'lar civarında azalışlar olacağı, sonbahar mevsiminde ise Ege'nin kıyı kesimleri ve İç Anadolu'nun küçük bir bölümü hariç tüm Türkiye'de azalmalar olacağı beklenmektedir.

2071 - 2099 Yılları arası

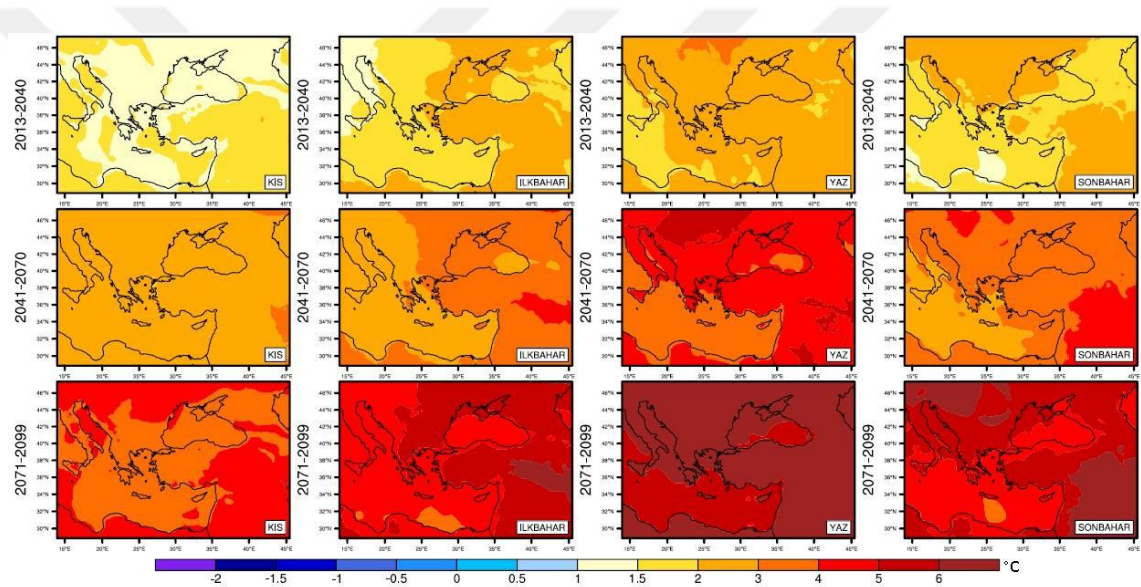
Sıcaklıklarda, kış, ilkbahar ve sonbaharda 2-3⁰ C'lik artış beklenirken, yaz mevsiminde ise Ege'nin kıyıları ve Güney Doğu Anadolu'da 4⁰ C'yi geçen artışlar öngörülmektedir.

Yağışlarda, kış mevsiminde özellikle kıyı şeridinde %10 civarında artış öngörülürken, ilkbaharda Kıyı Ege, Orta Karadeniz ve Kuzey Doğu Anadolu bölgeleri dışında %20

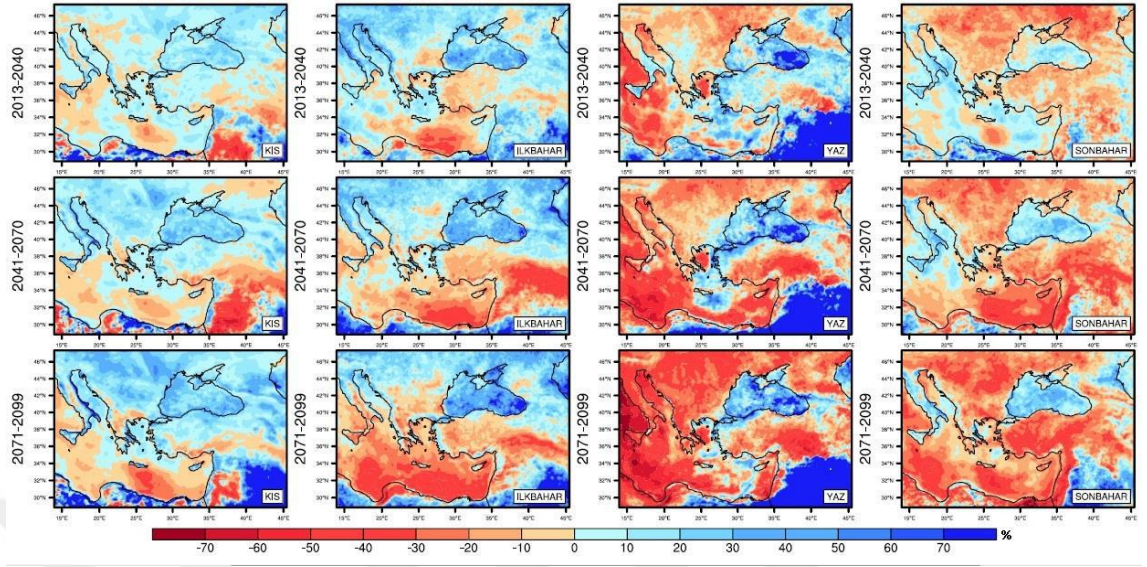
azalma, yaz yağışlarında, Ege, Marmara ve Karadeniz kıyıları hariç %40'lara varan azalışlar, Sonbahar mevsiminde ise ülkenin tümünde %30-40 civarında azalışlar öngörülmektedir.

3.5.2. RCP8.5 Sıcaklık ve yağış öngörülleri

RCP8.5 senaryosuna göre HadGEM2-ES küresel modelin ürettiği sıcaklık ve yağış öngörülleri dört mevsim ve üç periyod halinde hazırlanmıştır (Şekil 3.4; Şekil 3.5).



Şekil 3.4. RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklık öngörülleri (Anonim 2014)



Şekil 3.5. RCP8.5 senaryosuna göre yağış öngörülleri (Anonim 2014)

2013 - 2040 Yılları arası

Sıcaklıklarda en az artış kış mevsiminde beklenirken, diğer mevsimlerde artışın 3^0 C'ye kadar çıkacağı beklenmektedir.

Yağışlarda, kış mevsiminde Ege, Doğu Anadolu ve Orta ve Doğu Karadeniz'de artışlar sonbahar mevsiminde yurt genelinde, ilkbaharda yurdun batısında azalışlar, yaz yağışlarında ise, İç ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi dışında %40'lara varan artışlar olacağı öngörülmektedir. Sonbaharda tüm yurttaki azalış olacağı öngörülmektedir.

2041- 2070 Yılları arası

Sıcaklıklarda, kış, sonbahar ve ilkbahar aylarında $2-4^0$ C arasında artışlar beklenirken en fazla artışın 5^0 C ile yaz aylarında olacağı öngörülmektedir.

Yağışlarda, kış mevsiminde, Akdeniz'in kıyı bölümü, Güney Doğu Anadolu ve Doğu Anadolu'nun güneyinde azalış diğer alanlarda artış öngörülmektedir. İlkbaharda, Kıyı Ege ve Doğu Anadolu'nun kuzeyi hariç ülkenin tamamında %20 civarında azalışlar, yaz yağışlarında Ege, Marmara, Batı ve Doğu Karadeniz hariç diğer bölgelerde %50'ye varan azalışlar ön görülmektedir. Sonbahar aylarında ise yurt genelinde azalışlar olacağı öngörülmektedir.

2071 - 2099 Yılları arası,

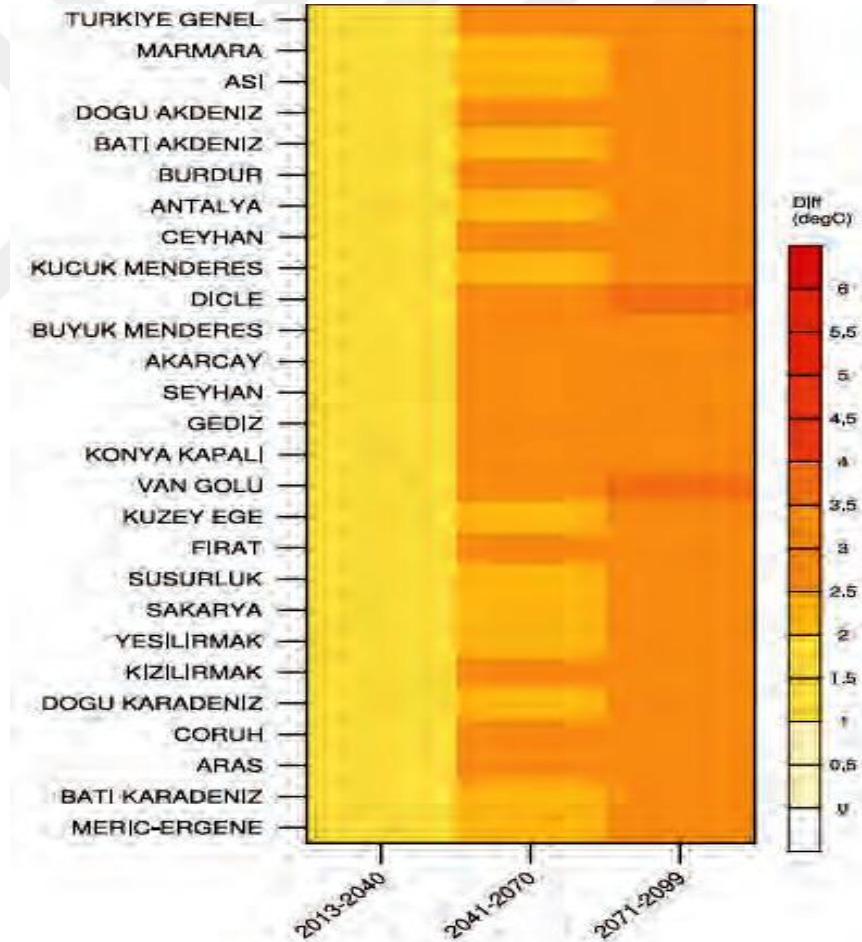
Sıcaklıklarda en fazla artışların olması beklenen dönemdir. Kış aylarında 3-5°C arasında artışlar olacağı ve yurdun doğu kesimlerinde batı bölgelerine göre daha fazla ısınma olacağı beklenmektedir. İlkbahar ve sonbahar aylarında tüm yurttaki beklenen ısınmanın Güney Doğu Anadolu'da 6°C'ye kadar çıkacağı öngörülmektedir. Yaz aylarında tüm yurttaki ısınmanın 6°C üzerinde olması öngörülmektedir.

Yağışlarda, kış mevsiminde, yurt genelinde artışlar beklenirken sadece Akdeniz ile Güney Doğu Anadolu bölgelerinde azalışlar olması ön görülmektedir. İlkbahar aylarında Ege'nin kıyı kesimleri, Karadeniz bölgesinin bazı kesimleri hariç diğer bölgelerimizde %20 civarında azalış, yaz aylarında Marmara ve Batı Karadeniz'de artış, diğer bölgelerimizde azalış özellikle İç ve Doğu Anadolu bölgelerinde %30'lara varan azalışlar öngörülmektedir. En fazla azalışların görüleceği Sonbaharda ise Marmara kıyıları haricinde tüm yurttaki yer yer %50'lere kadar azalması öngörülmektedir.

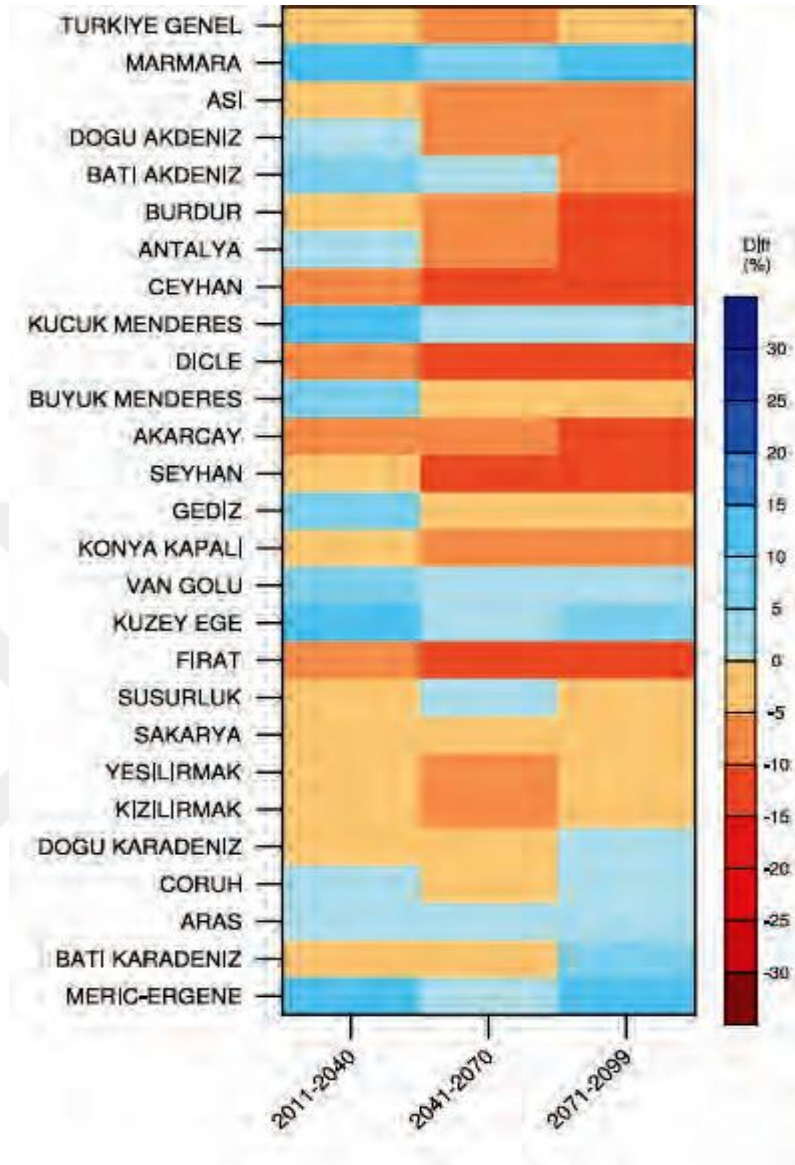
3.5.3. RCP4.5'e Göre havzalar için sıcaklık ve yağış öngörülleri

Türkiye'nin içinde bulunduğu alan için çalıştırılan bölgesel iklim model sonuçlarını yukarıda şekillerde paylaşmıştır. Bu haritaların yanında, sadece Türkiye sınırları içinde bazı analizler yapılmış ve ürünler üretilmiştir. Bunlardan en önemlisi ülkemizde bulunan havzaların önümüzdeki yüzyılda sıcaklık ve yağış öngörülleri.

RCP4.5 senaryosuna göre sıcaklık parametresine baktığımızda tüm havzalarımızda ortalama sıcaklık artışlarının önümüzdeki yüzyıl boyunca artış trendinde olduğu görülmektedir. En çok artışın 3.5°C - 4.0°C ile önümüzdeki yüzyılın son periyodunda (2071-2099), Dicle ve Van Gölü havzalarında görülmektedir. Yağışlara bakıldığında, Türkiye’de 2013-2099 periyodu boyunca azalışlar beklenirken, Marmara, Küçük Menderes, Van Gölü, Kuzey Ege, Aras ve Meriç-Ergene havzalarında periyodun tamamında artış olacağı ön görülmektedir. Doğu Akdeniz, Antalya, Büyük Menderes ve Gediz havzalarında ilk dönemde artış beklenirken diğer dönemlerde azalışlar olması ilgi çekmektedir (Şekil 3.6; 3.7).



Şekil 3.6. RCP4.5'e göre havzalar için sıcaklık öngörülleri (Anonim 2014)

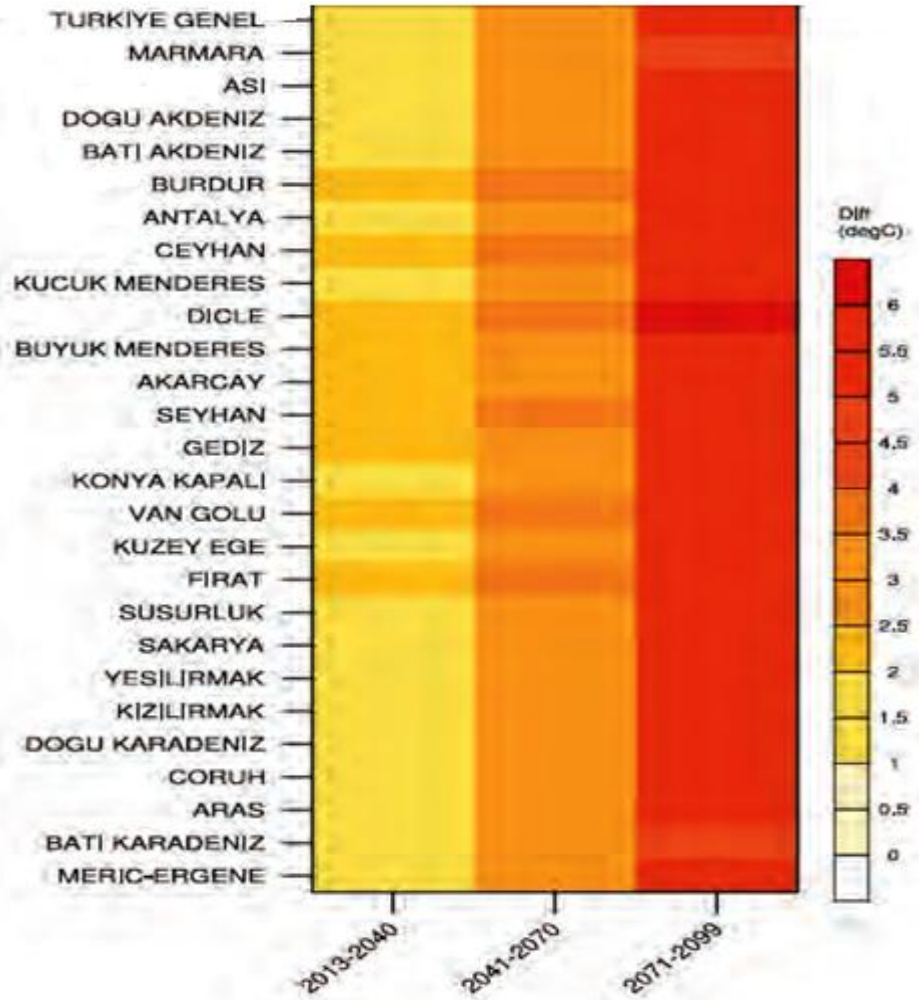


Şekil 3.7. RCP4.5'e göre havzalar için yağış öngörülleri (Anonim 2014)

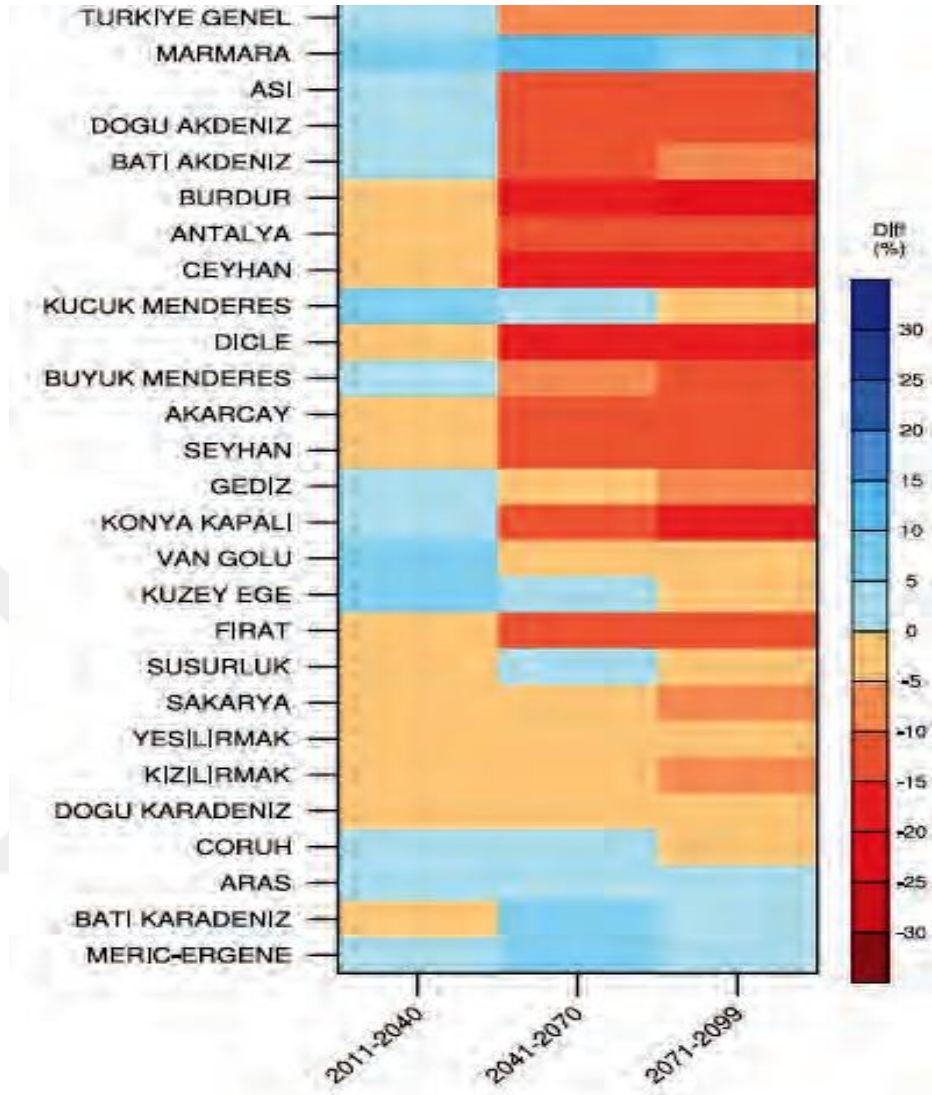
RCP8.5 senaryosunda sıcaklıklara baktığımızda tüm havzalarda ortalama sıcaklıkların, tüm dönem boyunca artış trendinde olduğu görülmektedir. En çok artışın 6.0°C'ye vardığı yüzyılın son bölümünde Dicle Havzasında görülmektedir (Şekil 3.8).

Yağışları incelediğimizde, Türkiye genelinde ilk dönemde artış beklenirken, ikinci ve üçüncü dönemlerde azalışlar görülmektedir. Marmara, Aras ve Meriç-Ergene havzalarında farklı olarak üç dönemde de artış görülürken, Burdur, Antalya, Ceyhan,

Seyhan ve Dicle havzalarında ise üç dönem boyunca azalışlar olduğu dikkat çekmektedir (Şekil 3.9).



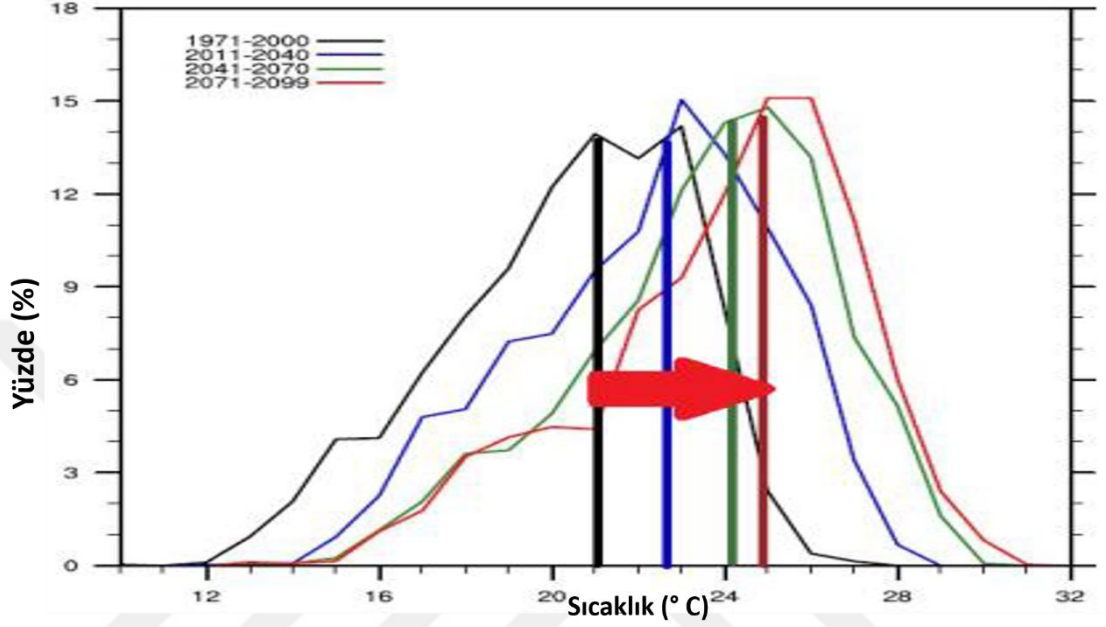
Şekil 3.8. RCP8.5'e göre havzalar için sıcaklık öngörülleri (Anonim 2014)



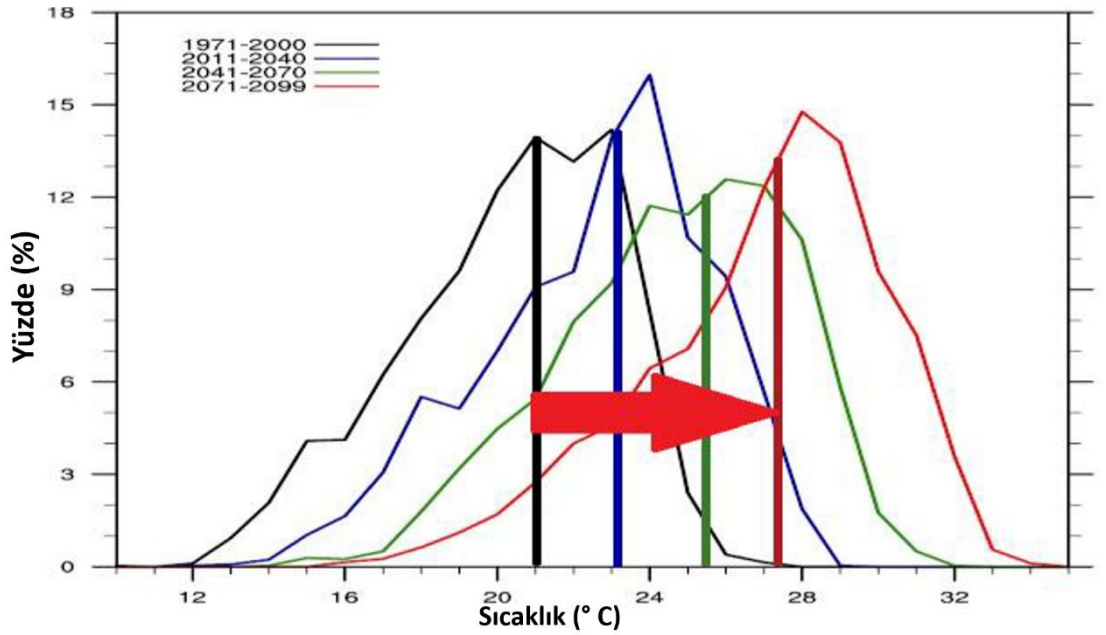
Şekil 3.9. RCP8.5'e göre havzalar için yağış öngörülleri (Anonim 2014)

Model çalışmalarında ayrıca Türkiye'de ortalama yaz sıcaklıkları incelenmiştir. Hem RCP4.5 hemde RCP8.5 senaryolarına (Şekil 3.9; Şekil 3.10) göre referans periyodundan (1971-2000) son periyoda (2071-2099) kadar yaz sıcaklıklarında her dönem artış olacağı öngörülmektedir. Bu artış kötümser tahmin dediğimiz RCP8.5 senaryosunda daha belirgin bir şekilde göze çarpmaktadır. Son dönemde RCP4.5 senaryosuna göre ortalama yaz sıcaklığı en fazla 31°C civarında iken, RCP8.5 senaryosunda, sıcaklık değeri 35°C'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Bu öngörüler ayrıca sıcaklıklarda rekor

değerlerin görülme ihtimalinin arttığını, daha aşırı sıcak hava akımlarıyla daha sıklıkla karşılaşacağımızı göstermektedir.



Şekil 3.10. Türkiye geneli ortalama yaz sıcaklıkları yüzdesi (RCP4.5) (Anonim 2013a)



Şekil 3.11. Türkiye geneli ortalama yaz sıcaklıkları yüzdesi (RCP8.5) (Anonim 2013a)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Erzurum İlinin Arazi Durumu, İklim ve Coğrafi Özellikleri

Erzurum 25.066 km²'lik yüz ölçümü ile arazi varlığı bakımından Türkiye'nin en büyük dördüncü ilidir. İlin yüzölçümü Türkiye'nin %3'üne denk gelmekte ve arazi yapısının önemli bölümünü dağlar, yaylalar ve ovalar oluşturmaktadır. 1869m rakıma sahip ilin %60'dan fazlası dağlık alanlardır. İl merkezinin güney kesimlerinde en yüksek tepesi 3185m olan Palandöken Dağları, kuzey tarafında 3169 m yüksekliğinde Dumlu Dağı, doğu tarafında Kargapazarı Dağı uzantısı bulunur (Atalay 1978). Kırsal kesimdeki yaşayan nüfus oranı %40 civarındadır. İlin gelir kaynağı büyük oranda tarıma bağlıdır. Erzurum, il merkezleri bakımından Türkiye'nin en yüksek rakımına ve en soğuk iklimine sahip olup Kuzey Doğu Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır. Karasal iklim özelliklerin hüküm sürdüğü ilde, sıcaklıklara göre kışları çok soğuk ve yazları ılık, yağış ve nem bakımından yarı kurak az nemli bir iklime sahiptir. Kış döneminde havanın soğuk olması nedeniyle yağışların tamamına yakını kar şeklinde olmakta ve kar örtüsü ortalama 112 gün kalmaktadır. Coğrafi yapısı yüksek ve dağlık olması, yaz yağışlarının yerel ve sağanak biçimde olmasına neden olmaktadır. Uzun yıllar (1950-2018) iklim verilerine göre Erzurum'un ortalama yıllık toplam yağış miktarı 401,8mm, ortalama sıcaklığı 5,6°C, uzun yıllar ortalama nispi nemi ise %65,9'dur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Erzurum ili iklim verileri (Anonim 2018a)

1950-2018/ yılları arası aylık ortalamalar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yağış (mm)	19,8	22,8	31,9	49,8	71,2	46,5	25,2	16,1	21,9	44,5	31,2	20,9
Sıcaklık Ortalama (°C)	-9,3	-7,9	-2,2	5,5	10,5	14,7	19,1	19,4	14,6	8,1	0,8	-6,1
En Düşük Sıcaklık Ortalaması(°C)	-14,3	-13,0	-6,9	0,2	4,3	7,2	11,0	10,9	6,2	1,6	-4,1	-10,5
En Yüksek Sıcaklık Ortalaması(°C)	-4,1	-2,5	2,7	11,2	16,8	21,6	26,6	27,2	22,7	15,1	6,6	-1,2
En Düşük Sıcaklık(°C)	-36,0	-37,0	-33,2	-22,4	-7,1	-5,6	-1,8	-1,1	-6,8	-14,1	-34,3	-37,2
En Yüksek Sıcaklık(°C)	8,0	10,6	21,4	26,5	29,1	32,2	35,6	36,5	33,3	27,0	17,8	14,0
Nem (%)	78,2	77,7	74,9	66,6	64,0	59,3	52,7	49,5	51,9	64,1	73,0	78,8
Kar Örtülü Günler Sayısı	27,7	26,4	19,6	3,7	1,3	-	-	-	-	2,4	8,3	22,3

Çizelge 4.1’de mevsimlik ve aylık yağış miktarları incelendiğinde düzensiz bir yağış rejimine sahip olduğu görülmektedir. En çok yağış 71,2mm ile Mayıs ayında, en az yağış ise 16,1mm ile Ağustos ayında düşmektedir. En soğuk ay -9,3°C sıcaklık ortalaması ile Ocak ayı, en sıcak ay ise ortalama 19,4°C ile Ağustos ayıdır. Aralık, Ocak ve Şubat aylarında tamamen don olayı görülürken; diğer aylarda da donlu günlere rastlamak mümkündür.

Karasal iklimlerde, gece gündüz sıcaklık farkının fazla olması ve yazın ılık geçmesi vejetasyon süresini kısaltmaktadır. İlin ekolojik yapısı tarımsal üretimde verimi ve çeşitliliği sınırlamaktadır. Yağış miktarının az olması nedeniyle kuru tarım alanlarında mecburen nadas uygulaması yapılmaktadır.

İlde çayır mera alanları (%64,73) oldukça yüksektir. Arazinin %11,47’si ürün yetiştirilmeyen topraklardır, %10,25’i orman, %9,48’i ekim yapılan tarla, %3,97’si nadas ve %0,04’ü bahçeden oluşmaktadır (Çizelge 4.2). Kullanılabilir tarım alanlarının %45’inde sulama yapılabilirken, %55’inde kuru tarım yapılmaktadır. İşlenebilir tarım arazisi (ekili tarla, bahçe ve nadas alanları) 337.991ha olup, bu arazinin neredeyse tamamında (%99,72) tarla tarımı yapılmaktadır. Ekili tarla alanın %62,82’inde tahıl tarımı yapılmaktadır (Çizelge 4.3). Tahılları sıra ile yem bitkileri (%33,94), yumrulu

bitkiler (%1,97), şeker pancarı (%0,42), yağlı tohumlu bitkiler (%0,72) ve diğer bitkiler (eczacılık, parfümeri vb. bitkiler) takip etmektedir (Anonim 2001, Anonim 2018b).

Çizelge 4.2. Erzurum ilinin arazi kullanım durumu (Ha) (Anonim 2001; Anonim 2018b)

Yüzölçümü	Çayır-Mera	Ekili Tarla	Bahçe	Nadas	Orman	Uzun Ömürlü Bitkiler	Diğer
2.506.600	1.622.520	237.649	963	99.379	256.882	1.627	287.580

Çizelge 4.3. Erzurum ilinde ekili tarla arazisinin ürün gruplarına göre dağılımı (Ha) (Anonim 2018b)

Ekili Tarla	Tahıllar	Şeker Pancarı	Yağlı Tohumlu Bitkiler	Yumrulu Bitkileri	Yem Bitkileri	Diğer
237.649	149.281	1.002	1.712	4.692	80.645	317

4.2. Erzurum İlinde Tahıl Tarımı

Türkiye'nin temel besin kaynağı olan tahıllar, hayvan varlığının da yem kaynağını oluşturmaktadır. Tahıl üretimi, nüfustaki artışa paralel olarak hem besin hem de hayvanların yem ihtiyaçlarının karşılanmasında önemi artmaktadır. Türkiye'de 2018 yılı TÜİK verilerine göre ekilen 15.798.163ha tarım alanının 10.877.407ha'ında (%68,9) tahıl ekimi yapılmıştır. Erzurum ilinde ise tahılların ekili tarım alanlarında ki payı 2018 yılı için %62,8 olmuştur (Çizelge 4.3). Ayrıca nadasa bırakılan alanlarında tahıl üretimi için kullanıldığı düşünüldüğünde, diğer tüm ürünlere ayrılan alanlardan oldukça fazladır. Tahıllar, ülke tarımında olduğu gibi Erzurum ili tarımının da ana yapısını oluşturan en önemli ürün çeşididir. Erzurum'da 2018 yılında 237.649ha ekilen tarlanın 149.281ha'ında tahıl, 80.645ha'ında yem bitkileri (%33,9) ekimi yapılmıştır. Buğday, 112.536ha ile Erzurum ilinde en fazla ekimi yapılan tahıl cinsi olmuştur. Tahıl ekim alanlarının %75,4'ünde buğday ekimi yapılmıştır. Arpa, buğdaydan sonra 29.427ha ekim alanına sahip Erzurum genelinde yetiştirilen ve tahıl alanları içerisinde %19,7'lik paya sahiptir (Anonim 2018b).

Erzurum ilindeki son elli yıllık buğday ekim alanlarına bakıldığında 1960-1964 döneminde 68.031ha iken, 1985-1989 dönemine kadar sürekli artarak 126.776ha'a çıkmış, bu dönemden sonra inişe geçerek 1995-1999 döneminde 106.355ha olmuştur. Tarım alanında ki ürün teşvik politikalarının olası bir sonucu olarak, buğday ekim alanı 2000-2004 yıllarında 140.868ha ile en yüksek miktara ulaşmış, sonraki yıllarda destekleme politikalarındaki değişiklikler sebebi ile düşüşe geçerek 2005-2009 döneminde 118.041ha, 2010-2014 döneminde 116.715ha ve 2015-2018 döneminde ise 114.460ha olmuştur (Çizelge 4.4).

Buğday verimi 1960-1964 döneminde 86,2kg/da iken, 2015-2018 döneminde %95,2 artışla 168,3kg/da'a yükselmiştir. Buğday verimi çevre koşullarına ve özellikle yağış miktarına bağlı olması nedeniyle, verimdeki artış istikrarsız bir seyir izlemiştir. İldeki arpa ekim alanları incelendiğinde 1960-1964 döneminde 30.487ha seviyesinde iken, bu dönemden sonra artış trendine girerek 2000-2004 döneminde en yüksek değeri olan 64.539ha'a çıkmıştır. Muhtemelen destek politikalarının bir sonucu olarak, arpa ekimi bu yıllardan sonra düşüşe geçmiş ve 2015-2018 döneminde 29.698ha olmuştur. Arpa verimi de, buğday gibi hava koşullarına bağımlılığı nedeniyle istikrarsız bir artış göstermiştir. Buğday üretiminde olduğu gibi 1960-2018 yılları boyunca ilin arpa ekim alanlarındaki artış oranı Türkiye ortalamasının oldukça üzerinde gerçekleşmesine rağmen, elde edilen verim oranları bakımından tam tersine ülke ortalaması altında gerçekleşmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Türkiye ve Erzurum ilinde buğday ve arpanın 1960-2018 dönemindeki ekiliş ve verimleri ile 1960-1964 ortalamasına göre indeksleri (Anonim 2011; Anonim 2018b)

ERZURUM								
Yıllar	Buğday				Arpa			
	Ekiliş Alanı (ha)	%	Verim (kg/da)	%	Ekiliş Alanı (ha)	%	Verim (kg/da)	%
1960-64	68.031	100,0	86,2	100,0	30.487	100,0	134,4	100,0
1965-69	83.473	123,0	74,1	86,0	38.993	128,0	118,3	88,0
1970-74	92.510	136,0	78,4	91,0	39.338	129,0	88,6	66,0
1975-79	105.209	155,0	113,9	132,1	45.164	148,1	125,4	93,3
1980-84	110.267	162,1	106,1	123,1	45.169	148,2	141,9	106,0
1985-89	126.776	186,3	119,2	138,2	55.332	181,4	164,4	122,3
1990-94	114.877	169,0	100,2	116,2	55.043	181,0	149,8	112,0
1995-99	106.355	156,3	108,2	125,3	51.423	169,0	156,0	116,1
2000-04	140.868	207,1	106,0	123,0	64.539	212,0	154,0	115,0
2005-09	118.041	173,5	125,6	145,7	48.949	160,6	170,6	127,0
2010-14	116.715	171,6	158,6	184,0	35.398	116,1	182,2	135,6
2015-18	114.460	168,3	168,3	195,2	29.698	97,4	206,3	153,5
TÜRKİYE								
1960-64	7.787.400	100,0	108,3	100,0	2.804.400	100,0	125,6	100,0
1965-69	8.192.000	105,2	118,4	109,3	2.724.400	97,2	134,1	107,0
1970-74	8.726.000	112,1	131,6	122,0	2.570.000	92,0	137,4	109,4
1975-79	9.305.000	119,4	177,0	163,4	2.651.000	95,0	183,2	146,0
1980-84	9.100.000	117,0	186,6	172,3	3.010.400	107,4	195,6	156,0
1985-89	9.380.200	120,1	197,1	182,0	3.378.400	121,0	192,8	154,0
1990-94	9.656.000	123,0	204,9	189,2	3.445.000	123,0	211,9	169,0
1995-99	9.374.000	120,4	203,0	187,4	3.600.000	128,4	223,4	178,0
2000-04	9.290.000	119,3	218,0	201,3	3.573.800	127,4	233,0	186,0
2005-09	8.405.540	107,9	231,0	213,3	3.337.563	119,0	236,0	187,9
2010-14	7.884.170	101,2	260,0	240,1	2.833.081	101,0	256,0	203,8
2015-19	7.626.745	97,9	289,8	267,6	2.640.078	94,1	291,5	232,1

Erzurum ilinde buğday ve arpa dışında ekimi yapılan diğer tahıl ürünleri, çavdar, yulaf, tritikale, mısır ve çeltiktir. Bu ürünlerin payı %4,9 gibi düşük orandadır. Bu tahıl ürünleri arasında çavdar en fazla ekim alanına sahiptir.

4.3. Tahıl Tarımında Verimliliği Etkileyen Faktörler

Nüfus miktarı her geçen gün artarken, besin ihtiyacını karşılayan tarım alanları çoğalmamakta ve bazı bölgelerde yanlış uygulamalar nedeniyle azalmaktadır (Anonim

2012). İnsanların en temel gıda ve hayvanların yem ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Tarım alanlarından bu artan ihtiyacın karşılanabilmesi için, birim alandan elde edilen verimin mutlaka artırılması gerekmektedir. Erzurum'da tahıl üretiminde verimi ve üretim miktarını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunların başında; iklim, toprak yapısı, eğitim-araştırma ve yayım, nadas alanları ve ekim nöbeti, sermaye ve tarımsal girdi kullanımı, çeşit seçimi ve tohumluk ve yetiştirme tekniği gelmektedir. Bunlardan en önemlileri ve verimi doğrudan etkileyenler iklim ve toprak yapısıdır.

4.3.1. İklim

Erzurum ilinde kışların çok soğuk geçmesi, yaz mevsiminin kısa ve yağış miktarının yetersiz olması, tarım üretiminde farklı ürünlerin yetiştirilmesini ve verimliliği doğrudan engelleyen en önemli etkenlerdir. İl genelinde buğday üretimi çoğunlukla kuru tarım şeklinde yapılmakta ve senelik toplam yağış miktarının %60'dan fazlası buğdayın vejetatif gelişme dönemi olan Kasım-Mayıs döneminde almaktadır. Buğdayın başaklanma döneminde (Temmuz Ayı) yağış miktarının yetersiz olması tane dolum sürecinde etkisini artırmakta, tane ağırlığı ve verimin azalmasına neden olmaktadır (Öztürk 1999). Bölgedeki çiftçiler buğdayda %30 civarında yazlık ekimi tercih etmesi, yetersiz olan yaz yağışlarının verim üzerindeki olumsuz etkisini daha da artırmaktadır. Kuru tarım koşullarında yağış miktarına bağlı olarak meydana gelen verim kayıplarını en aza indirilebilmek için Erzurum iklim koşullarına; yani yağışın en az ve sıcaklığında en fazla olduğu yaz ayları dikkate alınarak, buğday ekimi kışlık ve Eylül ayının başlarında ekilmelidir. Arpa, havanın çok sıcak ve soğuk olmayan, serin, nem oranının yüksek olduğu bölgelerde iyi gelişebilen bir bitkidir. Arpa çeşitlerinin çoğu, kar örtüsü olmadan -15°C'nin altındaki sıcaklıklara dayanamadığından, Erzurum gibi kışı çok soğuk geçen bölgelerde kışlık olarak ekilmesi uygun değildir. Bu durum, il genelinde yetiştirilen yerel arpa popülasyonu ve ekim için daha az tercih edilen Tokak 157/37 ve Tarm 92 arpa tohumlarının kışlık ekimi iklim yapısı gereği uygun değildir. Buna rağmen, 2011 yılında Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsünün tescili yaptırılan mutlak kışlık Olgun arpa çeşidi, soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde arpanın kışın ekiminin yapılabilmesi ve yazlık ekimlere göre daha yüksek verimlerin

elde edilebilmesi için önemlidir. İlkbahar geç donları ve sonbahar erken donları bölgede bitki gelişim süresini sınırlamaktadır. Erzurum ilinde günlük ortalama sıcaklıkların düşük olması nedeniyle tane amaçlı mısır üretiminde erken ekilen çeşitleri kullanılsa bile oldukça risklidir. Erken ekilen çeşitleri silaj olarak yetiştirilebilmektedir (Öztürk ve Akkaya 1996). Mayıs ve Haziran aylarında ölçülen en düşük sıcaklık değerleri bitki gelişimlerine olumsuz yönde etki etmektedir. Sıcaklıkların 0°C'nin altına düşmesi kışın ekilen buğday ve arpanın çiçeklenme döneminde ölümlere yol açarak, başaktaki tane sayısı ve veriminin düşmesine sebep olmaktadır. Bölge genelinde bu iklim koşulları hüküm sürmektedir. Üretimin verimli yapılabilmesi için, düşük sıcaklıklara ve yetersiz yağış miktarından dolayı kuraklığa dayanıklı ıslah çalışmalarına önem verilmeli ve bu koşullar dikkate alınarak ıslah edilmiş türlerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

4.3.2. Toprak

Tarımsal üretimde toprak, bilinçli ve uygun teknik kullanılması durumunda bir bölgede verimin artırılmasında önemli bir doğal kaynaktır. Erzurum ilinde tarım üretimi yapılan toprakların %77'si organik madde, %70'i ise fosfor yönünden fakirdir (Anonim 1984). Tahıl üretimi yapılan arazilerin büyük bir kısmı farklı oranda erozyona maruz kalmakta ve sığ topraklardan oluşmaktadır (Karaçal ve ark. 1990). Susuz tarım yapılan yerlerde, yetersiz ve düzensiz yağış rejiminden dolayı uzun yıllar boyunca sadece buğday üretimi veya tahıl-nadas uygulaması, toprak sürmede yanlış uygulamalar ve üretim boyunca her yıl topraktan alınan besin maddeleri gübreleme ile yeterince iade edilememektedir. Tek tip üretim sistemi uygulanan sadece buğday ekimi yapılan tarlalar, organik madde yönünden fakirleşmeye ve verimliliğin azalmasına neden olmuştur. Toprak kalitesinin en belirgin özelliği organik madde oranıdır. Bu oranının yükseltilmesi sayesinde, toprak yapısında iyileşme sağlanabilir, verimli toprak yüzeyinin erozyonla azalması önlenebilir, toprağın nem, besin maddesi ve hava içeriği artırılabilir, toprağın daha kısa sürede ısınması sağlanabilir, kaynak bağlama önlenebilir, diğer tarımsal girdilerin etkinliği artırılarak verim ve kalite yükseltilebilir.

Buğday, farklı iklim koşullarında Türkiye'nin hemen her yerinde yetişebilen bir üründür. İklim istekleri arasında en önemli parametre sıcaklıktır. Sıcaklık, buğdayın yetişmesinde ekiminden hasadına kadar hemen her safhasında etki etmektedir. Bu etkileri üç grupta inceleyebiliriz.

Buğday ilk olarak toprakla buluştuktan sonra belli gelişme dönemlerini geçirdikten sonra yeni bir tohum oluşturması için uygun sıcaklık zinciri içinde belli bir süre kalması gerekmektedir. Buğdayın büyüme ve gelişme evrelerini tamamlaması için gerekli sıcaklıklar 10–25°C arasındadır.

İkincisi, buğday kritik gelişme evrelerinde karşılaşılabilecek aşırı düşük-yüksek sıcaklık değerlerine karşı duyarlılığı olan bir bitkidir. Vejetasyon döneminde karşılaşılabilecek bu aşırı sıcaklık değerleri, yaprak ve köklerin üşmesine, kış ölümlerine, boğum araları ve çiçeklerin soğuktan zarar görmesine ve yüksek sıcaklık zararlarına neden olmaktadır.

Son olarak topraktan çıktıktan sonra kardeşlenme, sapa kalkma, başaklanma, çiçeklenme ve tane dolum safhalarında buğdayda ki gelişim evreleri toplam sıcaklık ünitesi tarafından kontrol edilmektedir.

Buğdayın genellikle kuru tarım şeklinde üretimi yapılan bölgelerde verimi etkileyen en önemli parametrelerden biriside nemdir. Buğday gelişiminde, ilk evreleri olan çimlenme ve kardeşlenme dönemlerinde yüksek sıcaklıklar olumsuz etkiler. Buğday bu ilk dönemlerde sıcaklıkların 5–10°C arasında, nispi nemin ise %60'ın üstünde olması gelişimi açısından yeterlidir. Bu dönemde fazla ışığa ihtiyacı yoktur. Buğday topraktan çıkıştan sonra sapa kalkma gibi vejetatif gelişmenin ileri safhalarında yine yüksek ısı istemez. Bu dönemde 10–15°C arası sıcaklık ve %65 nispi nem ile biraz ışık iyi bir gelişim için yeterlidir. Buğdayın tane gelişimi safhasında, en yüksek tane ağırlığını sağlayabilmesi için 10–15°C arası sıcaklıklar yeterlidir.

Erzurum'da buğday için çimlenme ve kardeşlenme genellikle Mayıs - Haziran ayı içerisinde gerçekleşmektedir. Bu dönemde sıcaklık ortalaması Mayıs 10,5 °C ve Haziran 14,7°C'dir. Nispi nem ise Mayıs %64,0 ve Haziran %59,3'dür. Buğday için sapa kalkma Haziran ayı içerisinde olmaktadır. Başaklanma, Çiçeklenme ve Olgunlaşma dönemi Temmuz ayı içerisinde gerçekleşmektedir. Temmuz ayı içerisindeki sıcaklık ortalaması 19,1°C ve nispi nem ise %52,7'dir. Bu göstergeler buğdayın sıcaklık ve nem ihtiyacını karşılamaktadır.

Buğdayın su ihtiyacı bitkinin büyüklüğü ve su emme kapasitesine bağlıdır. Yazlık ve kışlık ekilen buğdayların, kardeşlenme, sapa kalkma, başakçık ve çiçek oluşumu, çiçeklenme ve tane dolum safhalarında su ihtiyacı olmaktadır. Türkiye'de buğday genellikle kışın yağışların bol olduğu sonbahar mevsiminde ekildiğinden sulama imkanı bulunmayan tarım alanlarında, toprakta bulunan ve yağışlarla sağlanacak su miktarına bağlı olarak üretimi yapılmaktadır. Yağış dağılımı yıldan yıla değişiklik göstermektedir. Düzenli olmayan yağış rejimi nedeniyle kuru tarımı yapılan buğdayın verim değerlerinde fazlaca sapmalar görülmektedir. Buğday bitkisinin vejetasyon süresince ihtiyaç duyduğu su miktarı büyüme safhalarına göre değişiklik göstermektedir.

Buğdayın çimlenme ve uygun bir çıkış sağlamasından sapa kalkmaya kadar geçen sürede önemli miktarda su isteği olmamakla birlikte verim üzerine de etkisi yoktur. Buğdayda, kütleli gelişimin fazla olduğu ve başak taslağının meydana geldiği sapa kalkma safhasıyla beraber suya olan ihtiyaç da artmaktadır. Başaklanma safhasında en üst seviyeye çıkar ve yüksek su ihtiyacı tane doldurma sürecinde de devam eder. Yağış miktarı verim üzerinde en çok etkisi olan iklim parametresidir. Erzurum'da çiçeklenme ve sapa kalkma zamanları olan Haziran ayı en çok yağış aldığı aylara denk gelmektedir. Fakat başaklanma, çiçeklenme ve olgunlaşma dönemi olan Temmuz ayında ise az yağış aldığı döneme denk gelmektedir.

Arpa serin iklim tahılları arasında iklim gereksinimi en fazla olan üründür. Arpa sıcaklık bakımından serin, nispi nemi fazla olan alanlarda iyi gelişim göstermektedir.

Hava sıcaklığının 0°C'nin üstünde ve 20°C'nin altında olduğu ve nispi nemin devamlı %70–80 gibi fazla olan yerler arpa üretimi için uygundur. Sıcak ve az yağışlı iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde çiçeklenme döneminde esen ve sam yelleri diye bilinen sıcak rüzgârlar, döllenme ve tane tutma miktarını düşürerek verimi azaltır. Arpa çeşitlerinin geneli -10°C gibi düşük ısılarda zarar görmektedir. Bu sebeple arpanın kışlık ekimi bazı yerlerde sınırlı yapılmaktadır. Erzurum'da kışın çok soğuk geçtiğinden yazlık ekim yapılmaktadır.

Arpanın su ihtiyacı buğdaydan daha düşüktür ancak verimi yüksek ve kaliteli ürün elde etmek için yeterince toprak nemine ihtiyaç vardır. Arpa, Erzurum'da buğday gibi başaklanma, çiçeklenme ve olgunlaşma dönemini Temmuz ayında tamamlar ve hasat Ağustos ayı içinde yapılır.

Soğuk iklim koşullarına en dayanıklı tahıl çavdardır. Kışları çok soğuk geçen bölgelerde bile yetiştirilebilir. Kışlık ekim yapılır ve yaz başlarında hasat edilir. Nem isteği fazla değildir. Çavdar bitkisinin kök gelişimi çok iyidir ve ihtiyaç duyduğu suya kökleriyle ulaşabilir. Çavdar bitkisi kurağa dayanıklı olduğu için sulama yapılmadan üretilebilir. Kar örtüsü olmadan -30,0°C ve daha düşük sıcaklıklara dayanabilen çeşitleri vardır.

4.4. Erzurum İçin 2100 Dönemi Sıcaklık ve Yağış Değişimi

Çizelge 4.5'den anlaşılacağı üzere, Erzurum'da RCP4.5 senaryosuna göre 2013-2040 periyodunda, kış mevsiminde 1,5°C artış beklenirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde 2°C civarında artış öngörülmektedir. Yağışlarda kış ve yaz aylarında ortalamalar civarında beklenmektedir. İlkbaharda %5'lik bir artış beklenirken, sonbaharda %4 civarında bir azalma beklenmektedir.

2041-2070 periyodunda ise, kış mevsimlerinde 2°C artış beklenirken, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yaklaşık 3°C artış öngörülmektedir. Yağışlarda, kış, yaz ve

sonbahar mevsimlerinde %1-2 oranında azalmalar beklenirken, ilkbaharda %2 oranında artış beklenmektedir.

2071-2099 periyodunda, sıcaklıklarda kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 3°C, sonbahar mevsiminde ise 4°C artış beklenmektedir. Yağışlarda ise kış mevsiminde %1, sonbaharda %2 ve ilkbahar mevsiminde %6 artış beklenirken, yaz mevsiminde %1 oranında azalma beklenmektedir. İyimser öngörülerini temsil eden RCP4.5 senaryosuna göre 2100 yılına kadar sıcaklıklarda 1-4°C arasında artışlar beklenmektedir. Yağışlarda ilkbahar mevsiminde %6'ya varan artışlar beklenirken, kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise ortalamalar civarında ve %4'e varan azalışlar öngörülmektedir.

Çizelge 4.5. RCP4.5 senaryosuna göre 2013-2099 yılları arasında Erzurum ili sıcaklık ve yağış miktarları (Anonim 2013b)

1970-2000	Yıllık Sıcaklık Ortalaması				Yıllık Yağış Ortalaması			
	5,4				398,9			
Erzurum RCP4.5 Senaryosuna Göre Sıcaklık ve Yağış Öngörülleri								
	Sıcaklık (°C)				Yağış (%)			
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
1970-2000	- 7,9	4,4	17,7	7,4	22,2	49,0	28,8	33,1
2013-2040	1,5	1,6	1,7	1,9	-0,3	5,0	0,1	-3,6
2041-2070	2,2	2,6	3,1	3,0	-0,6	1,6	-2,3	-0,6
2071-2099	2,8	3,4	3,3	3,8	1,1	5,8	-1,3	2,3

Çizelge 4.6'dan anlaşılacağı üzere; RCP8.5 senaryosuna göre; Erzurum'da 2013-2040 döneminde, sıcaklıklarda kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 2°C, sonbahar mevsiminde ise 3°C artış beklenmektedir. Yağışlarda ise kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde %1-5 artış beklenirken, sonbahar mevsiminde %3 civarında azalış beklenmektedir.

2041-2070 döneminde, sıcaklıklarda 3-4°C artışlar öngörülmektedir. Yağışlarda kış ve sonbahar mevsimlerinde ortalamalar civarında beklenirken, ilkbaharda %6 artış ve yaz mevsiminde ise %1 oranında azalış beklenmektedir.

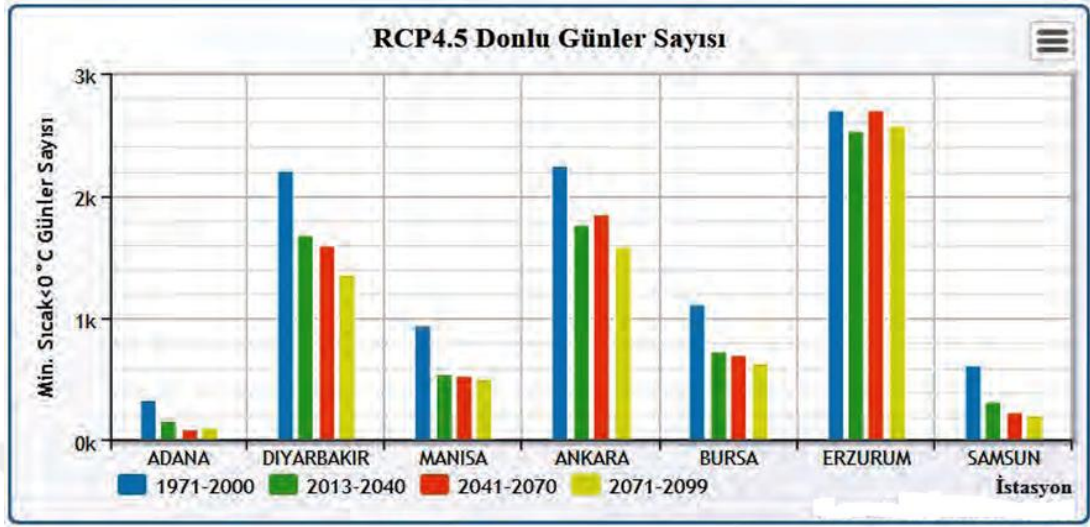
2071-2099 döneminde, sıcaklıkların en fazla arttığı dönem olması öngörülmektedir. Sıcaklıkların 5-7°C artması beklenirken, en fazla yaz mevsiminde sıcaklığın artması öngörülmektedir. Yağışlarda ise kış ve ilkbaharda %2 artış beklenirken, yaz ve sonbaharda %3-5 oranında azalışlar öngörülmektedir. Kötümser öngörülerini temsil eden RCP8.5 senaryosuna göre 2100 yılına kadar sıcaklıklarda 2-7°C arasında artış beklenmektedir. Yağışlarda ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde %6'ya varan artışlar beklenirken, yaz ve sonbaharda %5'e varan azalışlar öngörülmektedir.

Çizelge 4.6. RCP8.5 senaryosuna göre 2013-2099 yılları arasında Erzurum ili sıcaklık ve yağış miktarları (Anonim 2013b)

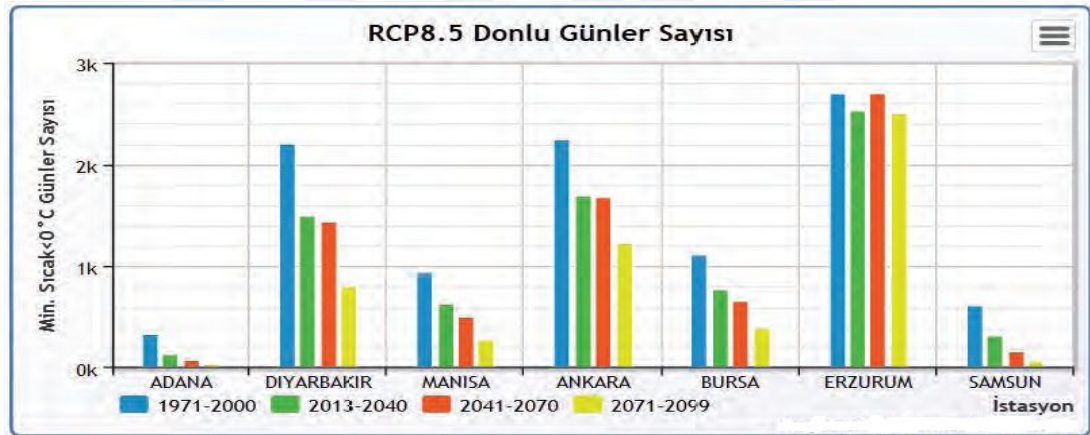
1970-2000	Sıcaklık(°C)				Yağış(%)			
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
1970-2000	-7,9	4,4	17,7	7,4	22,2	49,0	28,8	33,1
2013-2040	1,7	2,0	2,0	2,9	1,0	4,6	1,3	-2,9
2041-2070	2,6	3,4	4,4	3,9	0,5	6,0	-1,3	0,5
2071-2099	4,5	5,7	6,6	5,9	2,3	2,3	-2,9	-4,5

4.4.1. İklim senaryolarına göre donlu gün sayıları öngörülerini

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de RCP4,5 ve RCP8,5 iklim senaryolarına göre Erzurum ilinin de içinde bulunduğu bazı şehirler için beklenen donlu gün sayıları görülmektedir. Her iki senaryoda da beklenen sıcaklık artışları sonucu donlu gün sayılarında azalışlar olacağı öngörülmektedir. İncelenen tüm illerde azalışlar görülürken en az değişimin Erzurum ilinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. RCP4.5 senaryosuna göre donlu gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)

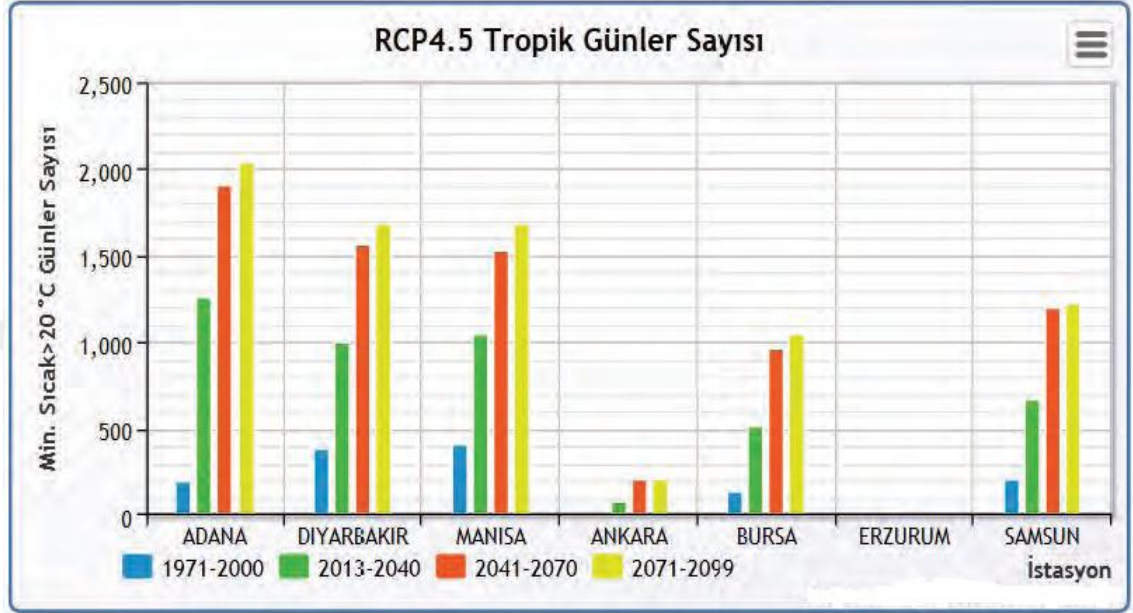


Şekil 4.2. RCP8.5 senaryosuna göre donlu gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)

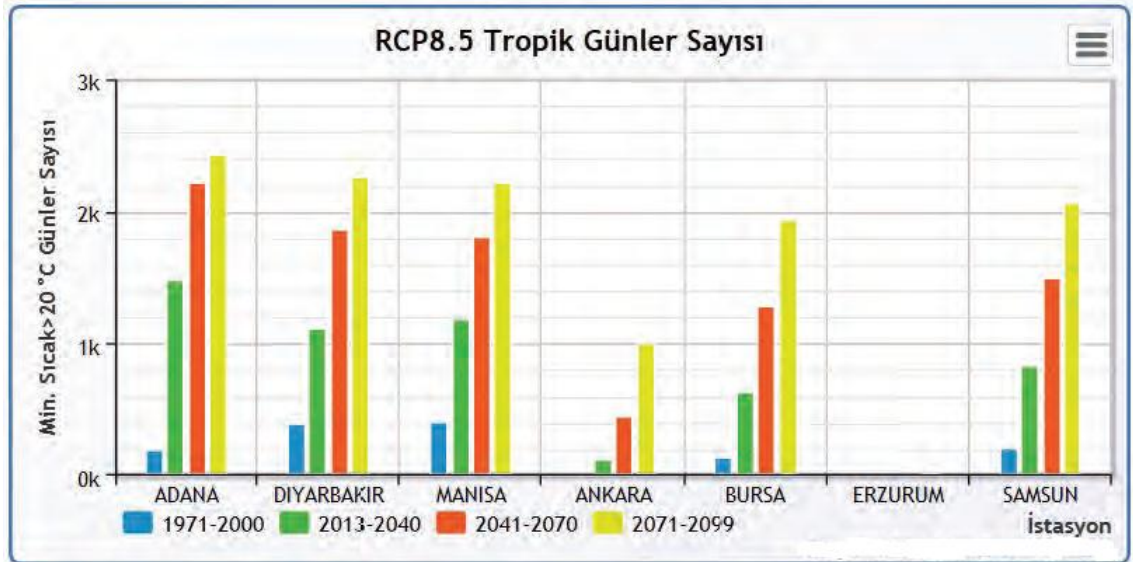
4.4.2. İklim senaryolarına göre tropik gün sayıları öngörüsü

Gün içerisinde ölçülen en düşük sıcaklığın 20°C'nin üzerinde olduğu günler, tropik gün diye tanımlanır. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre beklenen sıcaklık artışları, beraberinde tropik gün sayılarında da artışı getirmektedir. Erzurum ilinde daha önce

ölçülme-yen tropik gün, önümüzdeki periyotlarda da olması beklenmemektedir (Şekil 4.3, Şekil 4.4).



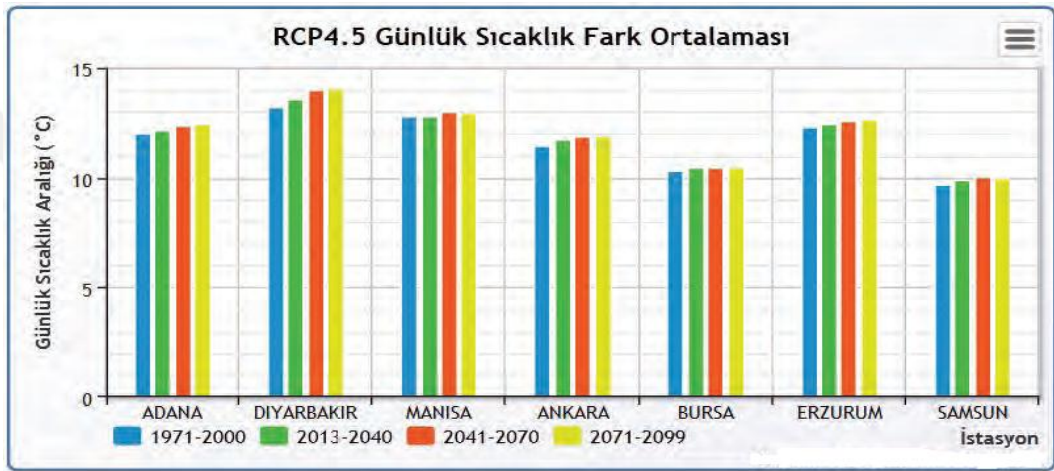
Şekil 4.3. RCP4.5 senaryosuna göre tropik gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)



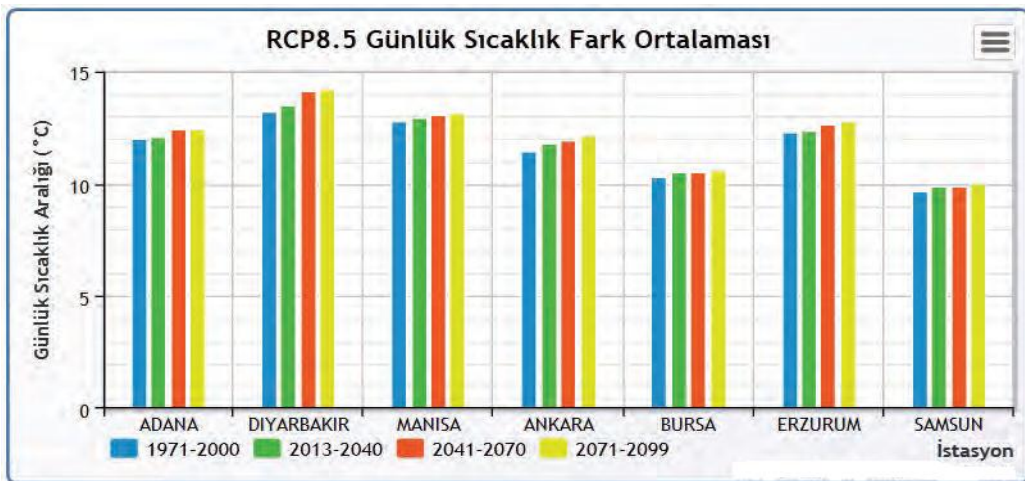
Şekil 4.4. RCP8.5 senaryosuna göre tropik gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)

4.4.3. RCP4.5 ve RCP8.5 Senaryolarına göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngöröleri

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre öngörölen ısınma, en düşük ve en yüksek sıcaklıkları da artırmaktadır. Bu iki değer arasındaki sıcaklık farkı çok belirgin olmamakla birlikte artış eğiliminde olacağı öngörölmektedir (Şekil 4.5; Şekil 4.6).



Şekil 4.5. RCP4.5 senaryosuna göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngöröleri (Anonim 2013a)



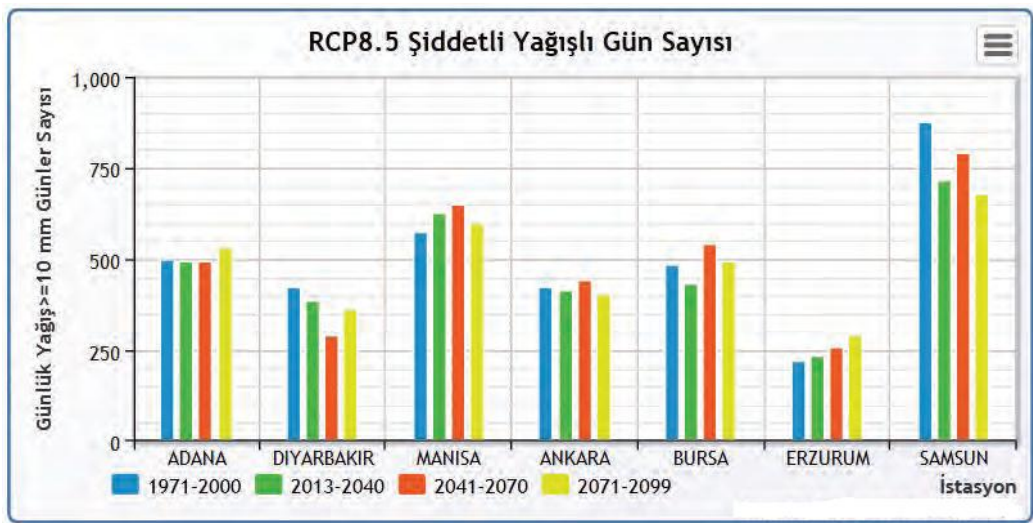
Şekil 4.6. RCP8.5 senaryosuna göre en yüksek-en düşük sıcaklık farkının değişim öngöröleri (Anonim 2013a)

4.4.4. İklim senaryolarına göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim

Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de şiddetli gün sayılarındaki beklentiler paylaşılmaktadır. Yapılan çalışmada günlük toplam 10mm ve üzerindeki yağış alan günler, şiddetli yağışlı gün olarak kabul edilmiştir. Erzurum ilinde beklenen şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim farklılık gösterse de önümüzdeki yıllarda artış eğilimindedir.



Şekil 4.7. RCP4.5 senaryosuna göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)



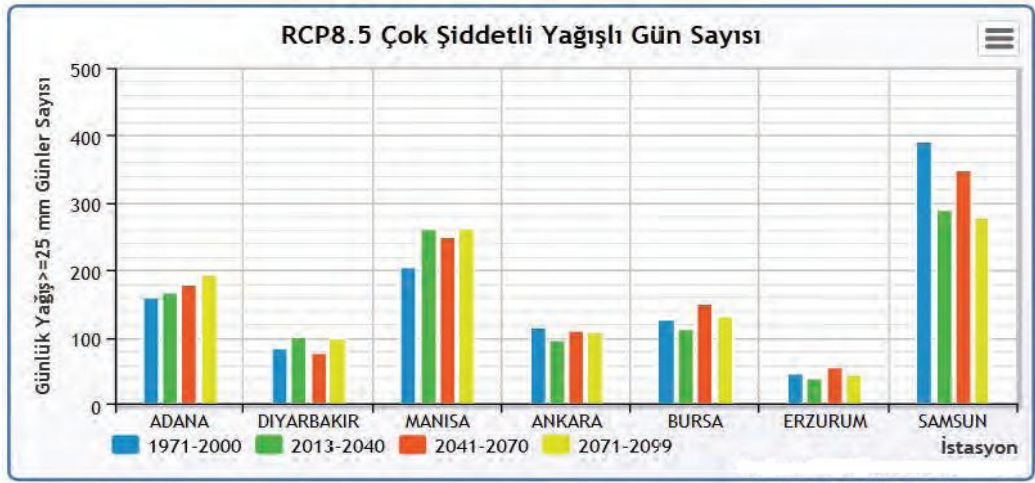
Şekil 4.8. RCP8.5 senaryosuna göre şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)

4.4.5. İklim senaryolarına göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim

Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da çok şiddetli gün sayılarındaki beklentiler paylaşılmaktadır. Yapılan çalışmada günlük toplam 25mm ve üzerindeki yağışlı günler, çok şiddetli yağışlı gün olarak kabul edilmiştir. Erzurum ilinde çok şiddetli yağışlı gün sayısı yılda 2 günden azdır. RCP4,5 senaryosuna göre azalma beklenirken, RCP8,5 senaryosuna göre önemli bir değişiklik beklenmemektedir.



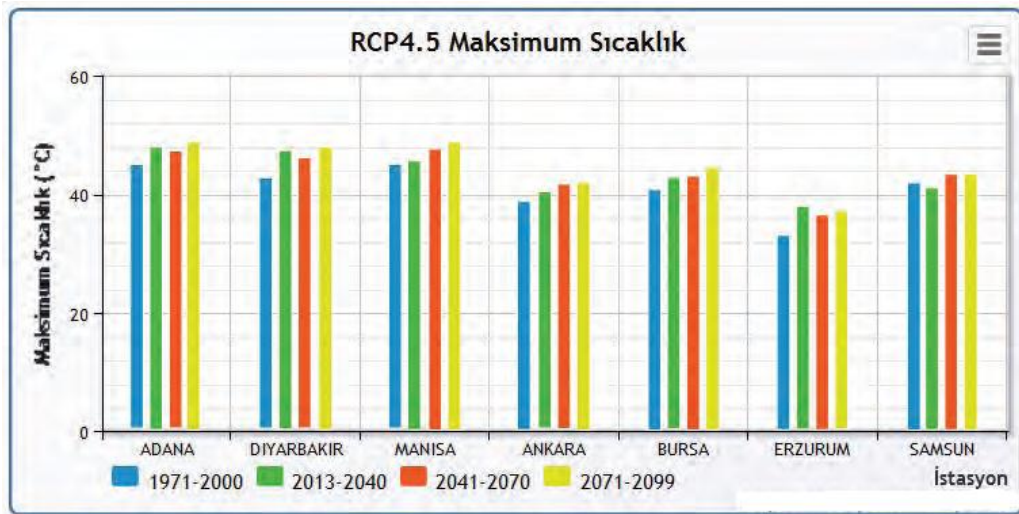
Şekil 4.9. RCP4.5 senaryosuna göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)



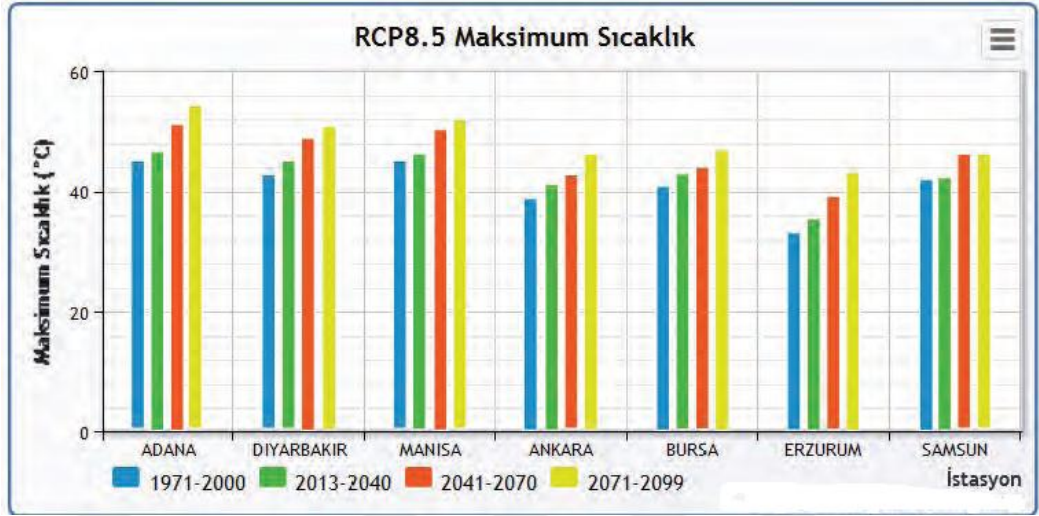
Şekil 4.10. RCP8.5 senaryosuna göre çok şiddetli yağışlı gün sayılarındaki değişim (Anonim 2013a)

4.4.6. İklim senaryolarına göre maksimum sıcaklıklardaki öngörülere

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de maksimum sıcaklıkların değişim beklentileri verilmektedir. Tahminleri paylaşılan iller için tüm periyotlarda artış öngörülmektedir. Erzurum ili her iki senaryoya göre maksimum sıcaklıklarda artış beklenirken, RCP8,5 kötümser senaryoya göre son periyotta (2071-2099) 40°C’yi geçmesi öngörülmektedir.



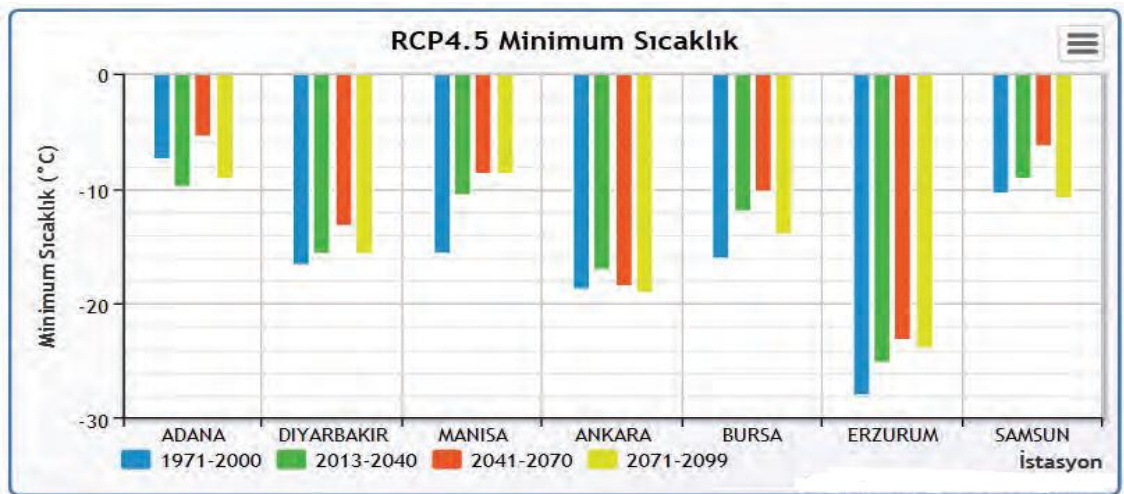
Şekil 4.11. RCP4.5 senaryosuna göre maksimum sıcaklık öngörülere (Anonim 2013a)



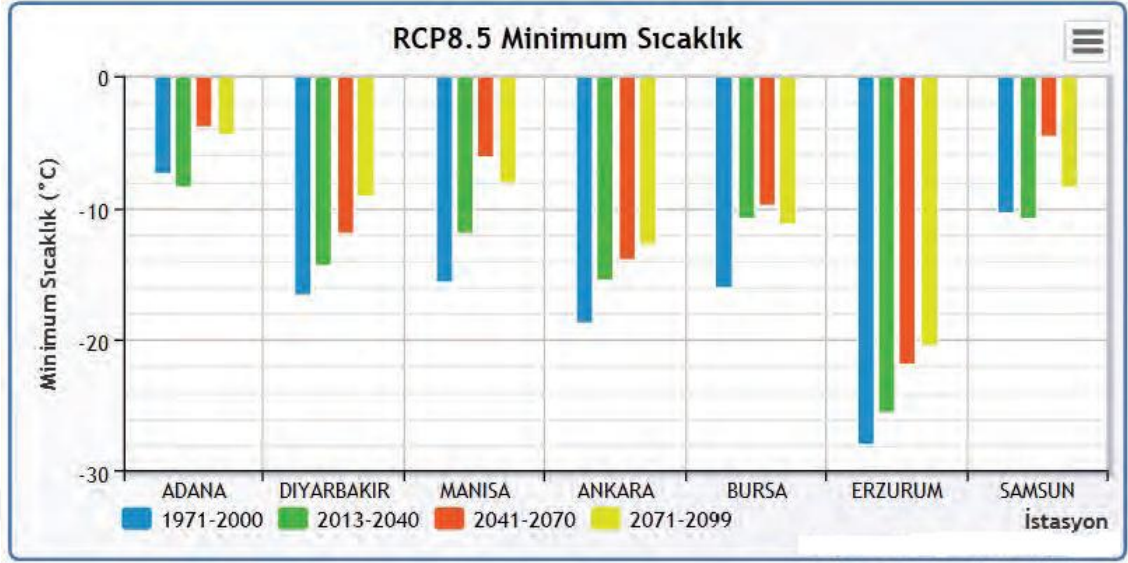
Şekil 4.12. RCP8.5 senaryosuna göre maksimum sıcaklık öngörülleri (Anonim 2013a)

4.4.7. İklim senaryolarına göre minimum sıcaklıklardaki öngörüller

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de minimum sıcaklıkların değişim beklentileri verilmektedir. Tahminleri paylaşılan iller için tüm periyotlarda artış öngörülmektedir. Erzurum ili özelinde 21. yüzyılın sonuna kadar sıcaklıklarda iyimser tahmine göre 1-4°C arasında, kötümser tahmine göre 2-7°C arasında sıcaklık artışları olması beklenmektedir.



Şekil 4.13. RCP4.5 senaryosuna göre minimum sıcaklık öngörülleri (Anonim 2013a)



Şekil 4.14. RCP8.5 senaryosuna göre minimum sıcaklık öngörülleri (Anonim 2013a)

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

İklim değışikliği etkilediği sektörler nedeniyle son yıllarda insanların en çok üzerinde durduğu, en fazla bilimsel araştırmaların yapıldığı ve Birleşmiş Milletler düzeyinde en çok tartişılan ve önlemler alınmaya çalışılan küresel konuların başında gelmektedir. Bu çalışmada, Türkiye geneli ve araştırma alanı olan Erzurum ili için beklenen iklim değışikliği öngörülerini araştırılmıştır. Türkiye’de iklim öngörülerinin oluşturulması için HadGEM2-ES küresel iklim modeli kullanılmıştır. Türkiye’nin coğrafi yapısı gereği kısa alanlarda bile değışik iklim yapılarına rastlamak mümkündür. Bu yüzden küresel model çıktılarını kullanarak daha ayrıntılı bilgiler edinmek için, bölgesel iklim modeli ölçek küçültme teknikleriyle havzalar ve iller bazında bilim çevrelerinin en çok kullandığı RCP4,5 ve RCP8,5 senaryoları ile 2100 yılına kadar yağış ve sıcaklık parametrelerindeki öngörüler oluşturulmuştur.

Bu çalışmada paylaşılan sıcaklık ve yağış öngörülerine göre, su havzaları, tarımsal üretim, doğal ekosistemler ve insan sağlığı olumsuz yönde etkilenecektir. Sosyal yaşam, ekonomik sektörler, kara ve su ekosistemleri ile insan sağlığı, iklimsel değışikliklerden etkilendiği kadar, iklim değışikliğinin büyüklüğüne ve oranına karşıda fazlaca hassastır. Etkilerinin bu kadar fazla ve değışik olması iklim değışikliği öngörü çalışmalarının ne kadar gerekli olduğunun bir kanıtıdır. İklim değışikliğine uyumun, etkilerini en aza indirmek hayati bir gerekliliktir. Atmosferdeki sera gazı salımları bugünkü seviyesinde kalması ya da artmaya devam etmesi, ısınmanın devam etmesine ve yüksek ihtimalle, iklim değerlerinde önümüzdeki yüzyıl süresince 20. yüzyılda gözlenenden daha yüksek seviyelerde birçok değışime sebep olacaktır. Isınma ve deniz seviyesinin yükselmesi, insan kaynaklı sera gazı salımı durdurulsa bile, iklim süreçleri ve geri dönüşümleri çok farklı ve uzun sürmesi nedeniyle yüzlerce yıl sürecektir.

İklim değışikliğine sebep olan önemli etkenlerden biri de tarımdır ve bu alanda da önlemler alınması gerekmektedir. Sıcaklıkta beklenen artış ve yağışlarda beklenen düzensizlik ve azalma bitkisel üretimde; fazla su tüketimine sebep olan klasik sulama

sistemlerinden yeni nesil kapalı sistemlere geçilmesi daha da önem arz etmektedir. Ulusların ekonomik ve teknolojik alt yapılarına göre modern biyoteknolojik metotlarla (transgenik mikroorganizmalar, aşı üretimi, immünolojik preparatlar, gibi) CH₄ gazı salımı düşürülerek bu alanda ilerlemeler sağlanabilir. Küresel ısınmaya önemli oranda katkıda bulunan gazlardan biri de hayvancılıkta N₂O'dur. En önemli kaynakları; nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemleri yoluyla oluşan mikrobiyel azot metabolizması nedeniyle topraktan oluşan emisyonlardır. Aynı durum hayvan gübreleri için de geçerlidir ve gübrenin depolanması ve araziye uygulanmasında emisyon oluşur. Bu nedenle, hayvan gübresiyle ilgili çalışmalarda N₂O emisyonu ölçümleri de yapılmalıdır. Çünkü toplam N₂O emisyonunun yaklaşık %18'inin gübreden kaynaklandığı hesaplanmaktadır. Tarımda N₂O emisyonu üç temel kaynaktan oluşmaktadır. Bunlar; topraktan azotun doğrudan emisyonu örneğin uygulanan gübreler (organik ve yapay), hayvanlarından merada gezindikleri sırada çıkardıkları dışkı, organik toprakların organik maddelerinin mineralizasyonu ve bitki kalıntıları, depodaki hayvan gübresinden olan emisyon ve tarım sistemine dolaylı yoldan giren azot kayıplarıdır.

Gerek tarımda gerekse sanayi gibi diğer alanlarda iklim değişikliğini önleme adına politikalar geliştirilmeli ve yukarıda sıralanan önleme stratejileri yaptırımı olacak şekilde uygulanmalıdır. Bu sayede gelecekte dünyanın yaşanabilir bir alan olarak kalmasına katkıda bulunulmalıdır.

İklim öngörülerine göre, içinde bulunduğumuz yüzyılda küresel ortalama sıcaklığın en az 1,1°C ve en fazlada 6,4°C artması beklenmektedir. Sıcaklık artışı böyle devam ederse önümüzdeki yüzyılda tüm dünyada bulunan canlı türlerinin birçoğunun yok olması kaçınılmaz olacaktır. Her geçen yıl susuz kalacak insan sayısı artacaktır. Yağışlarda beklenen azalma ve düzensizlik, ani ve kuvvetli yağışlara neden olacaktır. Sel ve su baskınlarından meydana gelen ölümlerin sayısı her sene artacaktır.

Küresel ısınma nedeniyle, kuraklık, orman yangınları, bitkisel üretimde azalma, hayvanların ısı stresinden ve artan sıcaklıkla yaşam dirençleri artan kene gibi

zararlılardan olumsuz yönde etkilenmesi ve buna bağlı olarak hayvansal üretimde azalma gibi birçok tehlikeli durum oluşacaktır. İklim şartlarının değişmesi insan hayatı için de oldukça risklidir. Eğer sıcaklık artışları bu hızla devam ederse insan sağlığı ve refahının da etkileneceği bir gerçektir. Hem insanların besin kaynağı olan tarım ürünlerinin üretiminde azalmalar hem de artan sıcaklıkların fizyolojik etkilerinden dolayı insanlık ciddi sıkıntılar yaşayacaktır.

İklim değişiklikleri öngörülerinin, sosyo-ekonomik sektörler, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerini asgari düzeye indirmenin iki yolu bulunmaktadır. Birincisi insan kaynaklı sera gazı salımlarını düşürmek ve ikincisi atmosferi artan sera gazlarından temizlemek için ¹yutakları çoğaltmaktır.

Türkiye’de birbirinden farklı iklim koşulları hüküm sürmekte ve değişik iklim bölgeleri bulunmaktadır. Bundan dolayı küresel ısınmanın etkilerini azaltmak amacıyla farklı bölgelerde farklı önlemler alınmalıdır. Ormansız alanlarda uygun yerlerde ağaçlandırma çalışmaları, ormanlık alanlarda yangın kontrolü önem arz etmektedir. Termik santrallerde “iyi yakma” usulleri ve nitelikli yakıt kullanımının teşvik edilmelidir. Tarım politikalarının uyumu sağlanmalı, halkın bilinçlendirilmesi için okullarda eğitici programlar düzenlenmelidir. Enerji ve su tasarrufu projelerinin uygulanması, altyapı ve şehirleşme planlamalarında iklimde beklenen öngörülere göre düzenlemeler yapılmalıdır. Kullanılan cihazlarda enerji tasarruflu olanların tercih edilmesi, endüstriyel faaliyetlerde, motorlu taşıtlar ve ısıtma yöntemlerinde sera gazı salımı düşürmeye ve yaptırım gücüne sahip mevzuatlar oluşturulmalıdır. Atıkların geri dönüşümü veya çevreye zararsız duruma getirilmesi için tesisler kurulmalıdır.

Türkiye, yağış bakımından yarı kurak bir iklime ve düzensiz bir yağış rejimine sahiptir. Su kaynakları bakımından da zengin olmayan ülkemizde, yapılan çalışmada küresel ısınma ile yağış miktarında azalmaların olması, sıcaklığın ve dolayısıyla kuraklığın

¹ Yutak: Orman ekosistemleri, atmosferden CO₂'i fotosentez süreci ile uzaklaştırarak, canlı biyokütleyi oluşturan ağaçların ve diğer odunsu bitkilerin gövde, yaprak, dal ve köklerinde, diri ve ölü örtüde ve orman toprağında karbon olarak depolanmasıdır.

artması öngörülmektedir. Bu nedenle arazi kullanımı ve tarım yöntemleri ile su kaynaklarının kullanımı ve su kalitesi konusunda itina gösterilmelidir. Türkiye'de önemi tam olarak anlaşılmayan ve gerekli değerin verilmediği ormanların ve meraların tahrip edilmemesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Ormanlar önemli karbon yutak alanlarıdır. Bu alanların amacından farklı kullanılmaları hem kaliteli yüzey toprağının kaybedilmesine, hem de oluşturulan erozyonla su kaynaklarının siltasyonla kalitelerinin bozulmasına ve baraj göllerinin hızlıca dolmasına neden olmaktadır. Arazi kullanımındaki yanlışlıklar, yağışla gelen suyun toprağa sızmadan yüzeyden akarak sel oluşumlarına ve yeraltı su kaynaklarının yeterli beslenememesine neden olmaktadır.

Bu çalışmada kullandığımız iklim değişikliği model sonuçlarına göre, beklenen sıcaklık artışları Erzurum ili için çok önemli olan tahıl ürünlerinin vejetatif dönemlerinin daha kısa zamanda tamamlanmasına yol açabileceği görülmektedir. Yağışlarda önemli bir değişiklik beklenmezken, yağışların ilkbahar mevsiminde %6'ya varan oranlarda artacağı tahmin edilmektedir. Özellikle buğday üretiminde, başaklanma, çiçeklenme ve olgunlaşma dönemi olan yaz mevsiminde yetersiz olan yağışların önümüzdeki yüzyılda %2-3 oranında azalacağı öngörülmektedir. Yağışlarda önemli bir azalma görülmesede buğdayın en fazla suya ihtiyaç olduğu dönem olgunlaşma dönemidir. Bu dönemde önümüzdeki yüzyılda Erzurum ilinde sıcaklık artışlarının 2 ila 7°C arasında olması beklenmektedir. Ayrıca yaz döneminde beklenen sıcaklık artışları buharlaşmayı artırarak, hem su kaynaklarının azalmasına, hem toprakta bulunan nemin azalmasına ve hemde bitkilerin terlemelerini artırarak su kayıplarına neden olacaktır. Buğday üretiminde en önemli etkilerden biriside ilkbahar son donlarıdır. 2100 yılına kadar ilkbahar mevsiminde 2-6°C arasında artış olması öngörülmektedir. Don olaylarında azalmalar olacağı öngörülse de Erzurum ilinin iklimi incelendiğinde her ay don olayı görülebilmekte ve önümüzdeki yüzyıllık dönemde de görülmeye devam edeceği tahmin edilmektedir.

Hem RCP4,5, hem de RCP8,5 senaryolarına göre beklenen sıcaklık artışlarıyla buğday üretiminde vejetasyon süresinin kısılacacağı, ilkbahar mevsiminde yağışların artacağı, sadece yaz mevsiminde buğdayın vejetatif döneminin son bölümünde azalmalar olacağı

öngörülmektedir. Uygun sulama tekniklerinin kullanıldığı projelerin geliştirilmesi koşuluyla buğdayın ihtiyaç duyduğu kısa dönem su ihtiyacı karşılanabilir ve verimde artış sağlanabilir. Ele alınan iklim değişikliği senaryolarına göre Türkiye'nin özellikle buğday üretiminin fazla olduğu iç bölgelerinde öngörülen yağışlardaki azalmalar dikkate alındığında, Erzurum'un gelecek dönemlerde buğday üretiminde avantajlı konuma gelebileceği düşünülmektedir

Erzurum ilinde arpanın iklim isteklerinden dolayı yazlık ekim yapılmaktadır. İklim değişikliğindeki sıcaklık artışları kış mevsiminde en az 1,5°C ve en fazla 4,5°C beklenmektedir. Bu artışların arpanın kışlık ekimine izin verecek kadar yüksek olmadığı görülmektedir. Erzurum ilinde en düşük sıcaklıklarında 2100 yılına kadar artışlar görülsede, -20°C ile -30°C arası sıcaklıkların kış mevsiminde görülmesi devam edecektir. Arpa için kışa dayanıklı tohum ıslah çalışmaları bu sıcaklıklar dikkate alınarak yapılmalıdır. Buna rağmen yaz yağışlarındaki azalmalardan buğday kadar su isteği olmadığından fazla etkilenmeyecektir. Erzurum ilinde önümüzdeki yüzyılda ortalamalar civarında yağış alması beklenmektedir. Burada önemli olan yağışlarda azalma olmamasına rağmen, kış aylarında kar şeklinde olan yağışların, beklenen sıcaklık artışlarıyla birlikte kış aylarında çok nadir olan yağmur yağışının daha sık olarak önümüzdeki yıllarda görebileceğimizdir. Kar yağışında meydana gelecek azalmalar Erzurum ili için önemli olan tarım sektörünü etkilemesi kaçınılmaz olacaktır. Kışın yağın kar yağışları havzaların su ihtiyacını karşılamaktadır. Yağış miktarı bakımından ülke ortalamasının altında yağış alan Erzurum ili önümüzdeki yıllarda da ortalamalar civarında ve önemli miktarda olmasa da yaz ve sonbahar mevsimlerinde beklenen yağış azalmaları nedeniyle bu konuda çalışmaların ve tedbirlerin alınması gerekmektedir. İlin mevcut ve beklenen iklim öngörülleri dikkate alınmak suretiyle, daha uyumlu ve üstün tohumların geliştirilmesi için gerekli ıslah çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Erzurum ilinde arazi varlığının %64.73'ü çayır-mera alanlarından oluşmaktadır. Bu nedenle il, çayır-meraya dayalı hayvancılık açısından önemli avantajlara sahiptir. İklim değişikliği senaryolarına göre; Erzurum özelinde kış ve ilkbahar mevsiminde yağışlarda

ortalamalara göre %5'e kadar, sıcaklıklarda ise 6°C'ye kadar artışlar beklenmektedir. Bu duruma göre, çayır- mera alanlarından yararlanma açısından yağışlardaki artışlar bir avantaj olarak görülebilmektedir. İlkbahar yağışlarındaki artışlarla beraber sıcaklığın da artış yönünde olması otlatma sezonunun erken başlamasına neden olabilecektir. Bununla beraber, sıcaklığın artış yönünde olması ve bu artışın yaz ve sonbahar yağışlarındaki azalışla aynı döneme denk gelmesi otlatma sürelerinin, ot kalitesinin ve miktarının azalmasına neden olabilecektir.

Erzurum ilinde ekili alanların %33,94'ünden sorumlu olan yem bitkileri ürün deseni bakımından ilde tahıllardan sonra ikinci sırada gelmektedir. Erzurum iklim şartlarında yetiştirilen tek yıllık yem bitkileri kış ve ilkbahar yağışlarındaki artıştan ve ısınmadan dolayı olumlu yönde etkilenecek, vejetatif aksamaları daha erken oluşacak ve daha erken hasat edilebilecektir. Çok yıllık yem bitkileri ise yaz ve sonbahar mevsimindeki yağış azlığından olumsuz etkilenecektir. Bu durumda, tahıllarda olduğu gibi uygun sulama teknikleriyle yem bitkilerinin yetiştirilmesinde avantajlı duruma geçilebileceği, ancak sulama süresi uzun olacağından çok yıllık yem bitkilerinde girdi maliyetlerinin artacağı öngörülmektedir.

Erzurum ilinde toplam ekili tarla alanının %0.04 gibi oldukça düşük bir oranında bahçe tarımı yapılmaktadır. İklim değişikliği senaryolarına göre; Erzurum ilinde kış mevsiminde en fazla 4,5°C sıcaklık artışı beklenmektedir. Kış boyunca don hadisesi görülen ilde bu durumun gelecek yüzyıllık dönemde de devam edeceği tahmin edilmektedir. Mevcut durumda ilkbahar son donlarının görülmesi ve gece sıcaklıklarının yaz mevsiminde dahi 10 °C'nin altına düşmesi olağandır. Bu durumun, senaryolardaki öngörülere göre ısınmaya bağlı olarak mayıs ve eylül ayları arasında sebze yetiştiriciliği için olumlu yönde değişeceği öngörülmektedir. Bununla beraber, yaz döneminde beklenen yağış azlığı nedeniyle bu alanda sulama olanaklarının kesinlikle sağlanması gerekmektedir.

Erzurum ili yağış bakımından Türkiye geneli ortalamasının (650mm) altında bulunmakta ve gelecekte de iyimser tahminlere göre %4, kötümser tahminlere göre %5'e varan azalmalar olması beklenmektedir. Yarı kurak bir iklime sahip olan Erzurum ilinde sıcaklık ortalamalarında iyimser tahminlere göre 4°C, kötümser tahminlere göre 7°C'ye kadar artması öngörüldüğünden, önümüzdeki yüz yıllık dönemde daha kurak geçecek olması kaçınılmazdır. Bu olumsuz durumdan daha az etkilenmek adına Verimi yüksek, su ihtiyacı fazla olmayan ve uzun süren kuraklığa dayanabilen tohumlar geliştirilmelidir.

İklim değişikliği senaryolarında öngörülen yağış miktarlarındaki değişimlere ilave olarak yağış rejimlerinde, yani yağışın cinsi, süresi ve yağma sıklığı gibi özelliklerinde de değişiklikler beklenmektedir. Bu tür değişiklikler Erzurum özelinde kar yağışının sıklığının ve karla kaplı gün sayısının azalmasına neden olabilecektir. Bu azalma toprağın kar suyundan daha az yararlanarak taban suyu seviyesini azaltacaktır. Bununla birlikte, şiddeti artan sağanak yağışlar ise yüzey akışına neden olacak ve verimli toprak yüzeyinin kayıp olmasına ilaveten yeraltı suyuna katkı sağlamayacaktır. Bu olumsuz özellikleri gidermek adına, yağmur hasadı planlaması yapılmalı, toprak bu sayede şiddetli yağışlarda dahi suyu yüzey akışına geçmeden emebilmelidir. Anız toprağın erozyonla kaybolmasını engellemekte ve suyun toprakta muhafazasını sağlamaktadır. Hasat yapılan tarlalarda kolay ve ucuz olması bakımından toprak yüzeyindeki anızın yakılmasına izin verilmemeli ve anız olmadan nadasa bırakılmamalıdır. Suyun toprakta muhafaza edilebilmesi için yüzeysel sürülerek hafifçe kabartılmalıdır.

Erzurum ilinde işlenebilir tarım alanlarının azlığı nedeniyle özellikle verimli toprakların üzerine baraj ve gölet yapılmamasına özen gösterilmelidir. Tarımsal üretimde su ihtiyacının karşılanması ve bu şekilde verimi arttırmayı amaçlayan barajların, amacına uygun olarak tarımsal üretimde kullanılan verimli toprakları sular altında bırakmaması gerekmektedir. Farklı sulama projeleri yapılabilir ama verimli arazilerin yeniden oluşturulması mümkün değildir. Baraj ve göletlerle sulu tarım yapma imkanına sahip olunan yerlerde, bilinçsizce sulama nedeniyle topraklarda tuzlanmanın önüne geçilmesi gerekmektedir. Sulanan alanlarda drenaj sistemleri mutlaka kurulmalıdır. Planlı üretim

yapılmalı, sulamaya açılan alanlarda ekilecek bitki çeşidi çiftçinin inisiyatifine bırakılmamalıdır. Sulama konusunda yeterli randıman alınabilmesi ve toprakların üretkenlik kapasitesini artırmak için gerekli eğitimler verilmelidir.



KAYNAKLAR

- Adams, R. M., Rosenzweig, C., Peart, R. M., Ritchie, J. T., Mccarl, B. A., Glycer, D. J., Curry, R. B., Jones, J. W., Boote, K. J., Allen, L. H. 1990. Global Climate and US Agriculture, *Nature*, 345, 219-224, doi:10.1038/345219a0.
- Adjaye, J.A. 2014. The Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Africa. *Journal of African Economies*, Vol. 23, AERC Supplement 2, pp. ii17–ii49.
- Akış, A., 2007. İklim Değişikliklerinin İzmir Barajları Üzerindeki Etkileri Ve Sonuçları. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Aksay, C. S., Ketenoğlu, O., Kurt, L., 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi Sayı 25(2009)29-41.
- Aksoy, B. 1997. Variations and trends in global solar radiation for Turkey. *Theor Appl Climatol* 58: 71–77.
- Altieri, M.A., Nicholls C.I., Henao, A., Lana M.A. 2015. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35 (3): 869–890
- Anonim, 1984. Erzurum İli Verimlilik Envanteri ve Gübreleme İhtiyaç Raporu. TC T.O.K.B. Köy Hiz. Gen. Müd. Yay. No:775. Ankara
- Anonim, 2001. Genel Tarım Sayımı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.
- Anonim, 2011. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım İstatistikleri, Ankara. www.tuik.gov.tr
- Anonim, 2012a. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2012. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 34 sf.
- Anonim, 2012b. Erzurum Tarım Raporu 2012. Ziraat Mühendisleri Odası, Erzurum.
- Anonim, 2013a. Yeni Senaryolarla Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları. TR2013-CC. www.mgm.gov.tr.
- Anonim, 2013b. MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2014. İklim Projeksiyonlarına Göre Akarsu Havzalarında Sıcaklık ve Yağış Değerlendirmesi. www.mgm.gov.tr.
- Anonim, 2018a. MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Veritabanı, Ankara. www.mgm.gov.tr
- Anonim, 2018b. TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım İstatistikleri, Ankara. www.biruni.tuik.gov.tr
- Anonymous 1990. Global Warming. World Meteorological Organisation (WMO), No.741. Geneva.
- Anonymous 1996. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J.T., *et al.*, eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- Anonymous, 2001. The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) Summary for Policy-Makers, IPCC Third Assessment Report.

- Anonymous, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007; Working Group I: The Physical Science Basis.
https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-2-1-figure-1.html
 (Erişim:16.08.2019. 10.40)
- Anonymous, 2011. The HadGEM2 Development Team, 2011.
- Anonymous, 2013. "Climate Change 2013: The Physical Science Basis". Stockholm,2013.
- Anonymous, 2017. GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX. Data source: NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS). Credit: NASA/GISS
<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>(Erişim:04.09.2017. 21.41)
- Anonymous, 2018. WMO Greenhouse Gas Bulletin No 14 22 November 2018.
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5455/(Erişim:16.08.2019. 10.50)
- Anonymous, 2019. United States Environmental Protection Agency.
<https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> (Erişim 18.08.2019,09:01)
- Atalay, İ., 1978 Erzurum Ovası ve Çevresinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi. Atatürk Üniv. Yay. No:543, Ed. Fak. Yay. No:91, Araştırma Kitapları Serisi No:81,s.35- 59. Erzurum.
- Bayar, A. B., Bahrend. H., 1994. Küresel Çevre Problemleri, Özkan matbaası, Ankara, 1994.
- Bayraç, H.N.,2010; Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi,11, 2, 2010,s.233
- Bayraç, H. N. ve Doğan, N., 2016. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. Eskişehir Osmangazi üniversitesi İİBF Dergisi, 11(1),23-48.
- Blasing, T.J., 2014: T.J. Blasing, Recent Greenhouse Gas Concentrations DOI: 10.3334/CDIAC/atg.032, Şubat 2014
- Blum, M. D. and Valastro, S., 1989. Response of the Pedernales River of Central Texas to Late Holocene Climate Change. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 79, No. 3 (Sep., 1989), pp.435-456
- Bobojonova, I., Aw-Hassan A. 2014. Impacts of climate change on farm income security in Central Asia:An integrated modeling approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 188; 245–255.
- Canlı, K., 2010. Küresel Isınmanın Orman Ekosistemine Etkisi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, MAKUFEBED (2010) 2: 86-96.
- Chen,S., Chen, Xu, J. 2016. Impacts of climate change on agriculture: Evidence from China, *Journal of Environmental Economics and Management*, 76: 105-124.
- Cline, W., 2007. Global warming and agriculture impact estimates by country. Center for Global Development.
- Crutzen, P.J., Aselmann, I., ve Seiler, W. 1986 . Methane Production by Domestic Animals, Wild Ruminants, Other Herbivorous Fauna and Humans. *Tellus*, 38B: 271-284.
- Çakmak, B., Gökalp, Z., 2011. İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 4 (1): 87-95, 2011.

- Çelik, Y., Karakayacı, Z., 2007. Küresel İklim Değişikliklerinin Konya Tarımına Olası Etkileri Üzerine Bir İnceleme, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı, 23-34 pp., 18-20 Ekim 2007, Konya.
- Dale, V. H., 1997. The Relationship Between Land-Use Change and Climate Change. *Ecological Applications*, Vol. 7, No. 3 (Aug., 1997), pp. 753-769
- Dellal, İ (2008) Küresel iklim değişikliği ve enerji kıskacında tarım. *İgeme'den Bakış*, 35: 103-111
- Dell, M., Jones, B.F. and Olken, B.A. 2013. What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature. NBER Working Paper No. 19578. JEL No. Q54
- Demir, İ., Kılıç, G. and Coşkun, M. 2008. Climate predictions for Turkey using PRECIS Regional Climate Model: Scenario HaDAMP3 SRES A2. In: *Proceedings of the International Fourth Symposium on Atmospheric Sciences*, 25–28 March 2008: İstanbul.
- Demir, A., 2009 Küresel İklim Değişikliğinin Biyolojik Çeşitlilik ve Ekosistem Kaynakları Üzerine Etkisi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2, Sayfa 37-54.
- Duckworth, J. C., Bunce, R. G. H. and Malloch, A. J. C., 2000. Modelling the Potential Effects of Climate Change on Calcareous Grasslands in Atlantic Europe. *Journal of Biogeography*, Vol. 27, No. 2 (Mar., 2000), pp. 347-358.
- Doğan, S., 2005. Türkiye'nin Küresel İklim Değişikliğinde Rolü ve Önleyici Küresel Çabaya Katılım Girişimleri. *Ç.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 6, Sayı 2: 57-73.
- Erda, L., Wei, X., Hui, J. Ç, Yinlong, X., Yue, L., Liping, B. and Liyong, X., 2005. Climate Change Impacts on Crop Yield and Quality with CO₂ Fertilization in China. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, Vol. 360, No. 1463, Food Crops in a Changing Climate (Nov. 29, 2005), pp. 2149-2154.
- Eyineç, A., 2007. Küresel İklim Değişikliklerinin Ve Türkiye İklimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Frenot, Y., Gloaguen, J. C., Picot, G., Bougere, J. and Benjamin, D., 1993. Azorella selago Hook. Used to Estimate Glacier Fluctuations and Climatic History in the Kerguelen Islands over the Last Two Centuries. *Oecologia*, Vol. 95, No. 1 (1993), pp. 140-144
- Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem Responses to Combinations of Elevated CO₂, Ozone, and Global Climate Change, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97: 1–20.
- Gül, A., Topay, M., Özaltın, O., 2009. Küresel Isınma Tehditine Karşı Kent Ormanlarının Önemi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 18/ (1-2) (2009) , 31-47.
- Hahn, G.L., Klinedinst P.L., ve Wilhite, D.A., 1992. Climate Change Impacts on Livestock Production and Management. American Society of Agricultural Engineers, 14462, Agric. Res. Div., University of Nebraska.
- Hatık, S., 2015. İklim Değişikliğinin Gıda Güvenliğine Etkileri; Türkiye, AB ve Uluslararası Örgütler (BM Kuruluşları) Nezdinde Atılan Adımlar. AB Uzmanlık Tezi. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Ankara.

- Hayaloğlu, P., 2018. İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü ve Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkileri. Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi 9(25), 51-62.
- Houghton, J. T. (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press.
- Houghton J, 2005, John Houghton, Reports On Progress In Physics, 2005 John Houghton 2005 Rep. Prog. Phys. 68 1343 doi:10.1088/0034-4885/68/6/R02 (<http://iopscience.iop.org/0034-4885/68/6/R02/>).
- Jauma. N. 2019., Sultan Sazlığı'nda İklim Değişikliği ve Arazi Kullanımı/Örtüsü Değişimlerinin Etkilerinin Swat İle Modellenmesi. Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kayseri.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin, S., Koç, D. L., 2008. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: Iccap Projesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Kara, H., Şahin, M. ve Ay, Ş., 2010. İklim değişikliğinin Uşak'ta tarım ürünlerine etkisi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 39-46.
- Karaçal, İ., Gülser F., ve Tüfekçi Ş., 1990. Doğu Anadolu'da Arazinin Kullanımı ve Sorunları. Doğu Anadolu'da Verimlilik Sorunları Sempozyumu, 9-10 Ekim 1990, Van.28-40
- Karimi, V., Karami, E., Keshavarz, M. 2018. Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran, Journal of Integrative Agriculture, 17 (1): 1-15.
- Kekeç, M. 2019., Xantium strumarium L.'un Farklı Popülasyonlarının Fenotipik Varyasyonları ve İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Gelecekte Dağılım Alanlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Kılıç, C., 2009. Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Sürdürülebilir Kalkınma FÇabaları Ve Türkiye. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 2009.
- Kliendist, P.L., Wilhite D.A., Hahn, G.L. and Hubbard, K.G., 1993. The Potential Effects of Climate Change on Summer Season Dairy Cattle Milk Production and Reproduction. Climatic Change, Volume 23, Number 1, 21-36.
- Koç, G. 2018., İklim değişikliğinin süt sığırcılığı işletmeleri üzerindeki etkilerinin ekonomi ve tarım politikaları açısından analizi; trakya bölgesi örneği. Yüksek Lisans Tez Çalışması. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İZMİR.
- Korkmaz, K. 2007. Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. Alatarım 2007, 6 (2): 43- 49.
- Koyuncu, M., 2017. Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences. 31 (2), 98-106.
- Köstner B., Wenkel K.-O., Berg M., Bernhofer Ch., Gömann H., Weigel H.-J. 2014. Integrating regional climatology, ecology, and agronomy for impact analysis and climate change adaptation of German agriculture: An introduction to the LandCaRe2020 project. Europ. J. Agronomy 52; 1–10
- Lewandrowski, J., Schimmelpfening, D. 1999. Economic Implications of Climate Change for U.S. Agriculture: Assessing Recent Evidence. Land Economics, Vol. 75, No. 1. (Feb., 1999), pp. 39-57.

- Loaiciga, H. A., 2003. Climate Change and Ground Water. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 93, No. 1 (Mar., 2003), pp.30-41
- Mall, R.K., Gupta, A., Sonkar, G. 2017. 2 - Effect of Climate Change on Agricultural Crops, Editor(s): Suresh Kumar Dubey, Ashok Pandey, Rajender Singh Sangwan, *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, Elsevier, Pages 23-46,
- Mcclean, C. J., Lovett, J. C., Küper, W., Hannah, L. Ç, Henning, J., 2005. African Plant Diversity and Climate Change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 92, No. 2 (Jul., 2005), pp. 139-152
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D. and Shaw, D., 1994. The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*. 84(4):753-771
- Özcan, E. R. ve Kayman, S., 2008. Enerji Tüketimindeki Dergisinin Küresel Isınmaya Etkisi ve ABD, AB ülkeleri, Japonya, Çin ve Türkiye Karşılaştırması: 1980-2004. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Özçağ, M. Yılmaz, B. Sofuoğlu, E., 2017., Türkiye’de Sanayi ve Tarım Sektörlerinde Sera Gazı Emisyonlarının Belirleyicileri: İndeks Ayırıştırma Analizi. *Uluslararası İlişkiler Dergisi* 14(54), 175-195.
- Öztürk, A. ve Akkaya A., 1996. Erzurum Yöresinde Silaj Amacıyla Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitleri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 27(4):490-506.
- Öztürk, A., 1999. Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişimi ve Verimine Etkisi. *TÜBİTAK Türk Tarım ve Ormanlık Derg.* 23 (5):531-540.
- Öztürk, K. 2002 Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65.*
- Öztürk, K. 2009. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri, *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi*, 22 (1): 47–65.
- Parry, L. M., 1975. Secular Climatic Change and Marginal Agriculture. *Transactions of the Institute of British Geographers*, No. 64 (Mar., 1975), pp. 1-13.
- Reilly, J. 1995. Climate Change and Global Agriculture: Recent Findings and Issues *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, No. 3. (Aug., 1995), pp. 727-733.
- Rosenzweig, C., Parry, M.L., 1994. Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature Publishing Group Nature Publishing Group* vol 367.
- Sağlam, N. E., Düzgüneş, E., Balık, İ., 2008. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi Cilt 25, Sayı (1): 89–94.*
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N. W., Prentice, C. 2006. A Climate-Change Risk Analysis for World Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 103, No. 35 (Aug. 29, 2006), pp. 13116-13120.
- Shih, J. S., Burtraw, D., Palmer, K., Sıkamaki, J., 2006. Air Emissions of Ammonia and Methane from Livestock. *Journal of Air & Waste Management Association*, Vol. 58, pp. 1117-1129.
- Silkin, H., 2014. İklim değişikliğine uyum özelinde bazı uygulamaların Türkiye açısından değerlendirilmesi. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi*, 2014 Ankara.

- Soylu, S.ve Sade, B., 2012. İklim değişikliğinin tarımsal ürünlere etkisi üzerine bir araştırma projesi. Mevlana Kalkınma Ajansı, Proje No: TR51/12/TD/01/020, Konya.
- Sözen, A. ve Alp, İ. 2009. Comparison of Turkey's Performance of Greenhouse Gas Emissions and Local/ Regional Pollutants with EU Countries, *Energy Policy*, 37: 5007–5018.
- St.Louis V.L., Kelly C.A., Duchemin E., Rudd J.W.M. and Rosenberg D.M. 2000. Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases to the atmosphere: a global estimate. *BioScience* 50 (9): 766–775.
- Stokes, C. J., Ash, A., Howden, S. M., 2009. Climate Change Impacts on Australia Rangelands. *Rangeland Journal*. 31(1): 1-29.
- Sutherst, R. W., 1995. The Potential Advance of Pest In Natural Ecosystems Under Climate Change: Implications for Planning and Management. In 'Impacts of Climate Change on Ecosystems and Species: Terrestrial Ecosystems.IUCN. Gland, Switzerland,pp. 99.
- Tatlı, H. ve Türkeş, M. 2008. Türkiye'deki 2006/2007 kuraklığı ile geniş ölçekli atmosferik değişkenler arasındaki bağlantının lojistik regresyonla belirlenmesi. İçinde: IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı: 516-527. İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, 25-28 Mart 2008: İstanbul.
- Tol, R. S. J., 2002. Estimates of the Damage Costs of Climate Change. *Environmental and Resource Economics* 21: 47–73. 2002.
- Topal ve ark., 2016. Küresel Isınma ve Arıcılığın Geleceği. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1):112-120.
- Türkeş, M., Sümer U.M. and Kılıç, G., 1996. Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *Int J Climatol* 16: 463–477
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. and Demir, I., 2002. Re-evaluation of trends and changes in mean, maximum and minimum temperatures of Turkey for the period 1929-1999. *International Journal of Climatology* 22:947-977.
- Türkeş, M., 2003. Küresel İklim Değişikliği ve Gelecekteki İklimimiz. M. Türkeş, (ed.): 23 Mart Dünya Meteoroloji Günü Kutlaması Gelecekteki İklimimiz Paneli, Bildiriler Kitabı, 12-37, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 23 Mart 2003, Ankara.
- Türkeş, M. and Sümer, U.M. 2004. Spatial and temporal patterns of trends and variability in diurnal temperature ranges of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 77: 195-227.
- Türkeş, M., 2012. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2), 1-32 (2012), Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme.
- Üstün, H. G., 2008. İklim Değişikliğinin Su Kaynakları Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Warrick, R. and Farmer, G., 1989. The Greenhouse Effect, Climatic Change Sea Level: Implications For Development. Senior Research Associates, Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ.

- Vörosmary,C.J.,Green,P.,Salisbury,J.,Lammers,R.B., 2000. Global Water Resources Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science* 289, 284
- Yalçın, H. A., 2006. Nükleer Enerji İle Hidrojen Üretimi Ve Küresel Isınmaya Etkileri.Yüksek Lisans Tezi,Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yaldız, G. ve Şekeroğlu, N., 2012. Küresel İklim Değişikliğinde Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Önemi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (1): 85-88, 2013.
- Yashoğlu, E., E. Şimşek, İ. Kılıç ve İ. Arıcı, 2008. Hayvan Barınaklarında Sera Gazlarının Oluşumu ve Önleme Stratejileri, I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 27-29 Mayıs 2010 Kahramanmaraş, s. 542-555.
- Yıldız, C. 2018., Bal Arıları Üzerinde İklim Değişikliğinin Etkilerinin Termodinamik Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yunling, H. and Yiping, Z., 2005. Climate Change from 1960 to 2000 in the Lancang River Valley, China. *Mountain Research and Development*, Vol. 25, No. 4 (Nov., 2005), pp. 341-348.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Ankara’da doğan Taner ERDOĞAN ilk ve ortaöğrenimini tamamladıktan sonra 1991 – 1995 yılları arasında Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesini bitirdi. 1995 yılında Erzurum Meteoroloji Bölge Müdürlüğüne teknisyen olarak atandı ve 1996 – 2000 yılları arası Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümünü okudu. 2000 – 2010 yılları arası aynı kurumda mühendis olarak çalışan Erdoğan 2010-2017 yılları arası Erzurum Meteoroloji Bölge Müdür Yardımcısı ve 2017 yılı Şubat ayından itibaren ise Elazığ Meteoroloji Bölge Müdürü görevini yürütmektedir. Evli ve 3 çocuk babasıdır.