

Dünyada İklim Değişikliği Üzerine Yapılan Çalışmalar ve Türkiye'de Mevcut Durum

Zeynep KANAT¹

Atilla KESKİN²

¹Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, 06171 Ankara

²Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü 25240 Erzurum

(Sorumlu yazar e-mail: akeskin.25@gmail.com)

*Bu çalışma Zeynep Kanat'ın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Geliş Tarihi :12.10.2017

Kabul Tarihi :26.11.2017

ÖZET : Bu çalışmada iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmaların değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme iklim değişikliğinin hem genel etkilerini hem de tarım sektörü üzerine etkilerini içermektedir. Bu amaçla konu ile ilgili araştırmalar ele alınmış, izlenen süreç ve elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu araştırmalardan elde edilen bulgularda tutarsızlıklar olduğu ve bir görüş birliğine varılamadığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda doğru ve yeterli veri temininde de ciddi sıkıntılar yaşandığı belirlenmiştir. Daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, çalışmalarda kullanılan modellerin çözünürlüklerini yükseltecek araştırmaların artırılması ve güvenilir veri tabanlarının oluşturulmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: İklim Değişikliği, Tarım, Türkiye

Studies on Climate Change in the World and Current Situation in Turkey

ABSTRACT : In this study, the evaluation of studies based on climatic changes has been done. This evaluation includes climatic changes' effects both on agricultural sector and its general effects. For this purpose, the researches connected to the subject have been examined, process and results are evaluated comparatively. Consequently, findings obtained from these researches show that there are incoherences and no consensus. Also these studies show that there is a severe lack of data availability. In order to acquire more reliable results, there is a necessity of increasing solubility of models used in these studies and making of studies on forming reliable data bases.

Keywords: Climate Change, Agriculture, Türkiye

GİRİŞ

Fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma, tarımsal faaliyet vb. doğa üzerine etki eden insan aktiviteleri, özellikle sanayi devrimiyle birlikte, metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), diazotmonoksit (N₂O) gibi doğal sera gazları emisyonlarında önemli ölçüde artışa neden olmuştur. Atmosferde sera gazları emisyonlarında meydana gelen bu artış, doğal sera etkisinin bozulmasına ve atmosferin ısınmasına neden olmuş ve olmaya da devam etmektedir. Bu ısınmanın potansiyel etkisi ise iklim değişikliğidir. Çizelge 1'de sera gazları ve küresel ısınmaya etkileri verilmektedir. Buna göre küresel ısınmaya en fazla karbondioksit (%50), kloroflorokarbon (%22) ve metan (%13) etki etmektedir (Demir 2009).

Bu gazlar atmosferde çoğunlukla insanların çeşitli faaliyetleri sonucu artış göstermektedir. Bu faaliyetler ise tropikal ormanların yakılması (%15), enerji tüketimi (%50), kloroflorokarbonların (CFC) üretilmesi ve kullanılması (%20) ve tarımsal faaliyetlerdir (%15) (Bayar and Bahrend 1994).

Çizelge 1. Sera gazları ve küresel ısınmaya etkileri

Sera Gazları	Küresel Isınmaya Etkileri(%)
Karbondioksit (CO ₂)	50
Kloroflorokarbon (CFC)	22
Metan (CH ₄)	13
Azot Oksitleri (NO _x)	5
Ozon (O ₃)	7
Su Buharı (H ₂ O)	3
Toplam	100

Kaynak: (Zoray ve Pır 2007).

Sera gazlarının çeşitli nedenlerle atmosferdeki artışının devam etmesi, Dünya'nın gereğinden fazla ısınmasına neden olmaktadır. Nitekim 1860 yılından günümüze kadar tutulan kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0,5-0,8°C kadar arttığını göstermektedir (Andrady *et al.* 2008). Söz konusu ısınma Dünya üzerinde; kutup bölgelerinde sıcaklık artışına bağlı olarak buzulların erimesi, deniz suyu seviyesinin yükselmesi, taşkınlar, kıyı kesimlerde toprak kaybı,

temiz su kaynaklarının denize karışması, aşırı buharlaşma ve kuraklığa bağlı olarak yangınlar, göl ve ırmak sularının azalması, bitki ve hayvan türlerinin yok olması ya da azalması gibi birçok olumsuz gelişme meydana getirmektedir (Zoray ve Pır 2007).

Dünya'nın her yerinde henüz tam anlamıyla yaşanmamış olsa da, küresel ısınmanın ekonomik, ekolojik ve sosyolojik sorunları da beraberinde getireceği düşünülmektedir. Küresel ısınma ile birlikte, Dünya'nın belirli bir bölgesinde yoğun bir kuraklık, diğer bir bölgesinde ise, şiddetli kasırga ve fırtınaların ardından gelen seller yaşanırken, bir diğer bölgede aşırı sıcaklıklar ve yangınların meydana gelebileceği ileri sürülmektedir (Demir 2009). Ekosistemlerin değişmesi ile birlikte, biyoçeşitliliğin yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalacağı ve gıdaların üretiminde küresel anlamda yaşanan problemler sonucunda daha fazla yoksulluk ve hastalık ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir (Peden *et al.* 2008). Küresel ısınmanın sonucunda ortaya çıkan, yüksek yaz sıcaklıkları, orman yangınları, yağışların ve su kaynaklarının azalması, kuraklık ve çölleşme vb. olumsuz değişmelerden, birçok ülkenin olduğu gibi Türkiye'nin de etkilenmesi kaçınılmaz görülmektedir. Özellikle hem küresel ısınmaya katkıda bulunan hem de bundan etkilenen tarım sektöründe bu etkilerin daha da derin olacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla bu etkilerin Türkiye için önemli bir problem olacağı da ifade edilmektedir (Doğan 2005).

Küresel ısınmanın neden olacağı sonuçlar oldukça karmaşık gibi görünse de genel bir görüşe göre pek çok ekosistemin, içinde barındırdığı canlı popülasyonları ile birlikte değişikliğe uğrayacağı ve sıcaklık nedeniyle hem hayvan hem de bitki popülasyonlarının yaşam ortamlarının değişim göstereceği tahmin edilmektedir. Milyonlarca insanın sulak alanlarla iç içe yoksulluk içerisinde yaşayacağı ve 2020 yılında su sıkıntısı çeken kişi sayısının 1,2 milyar kişiye kadar yükselebileceği öngörülmektedir. Dünya yüzeyinde buzulların küçük olanlarının tamamen eriyeceği, büyüklerinin 2050 itibarıyla %30-70 arasında eriyeceği, nehir yatağı havzalarının, şiddetli ve tehlikeli akıntılara sahip kısımlarının %19'dan, 2070 yılında %34-36'ya çıkacağı ve 2100 yılına kadar deniz seviyesindeki yükselmenin 18-59 santimetre arasında olabileceği tahmin edilmektedir (Anonim 2007a). Buna bağlı olarak da hayvan ve bitki popülasyonlarının yaşayabilecekleri alanların daralacağından söz edilmektedir. Bu durumun, ekosistemlerin küresel ısınma nedeniyle değişmesini, yaşam bölgelerinin kuzeye doğru kaymasını ve hatta bazı türlerin yaşam alanı bulamayarak yok olmasını beraberinde getireceği tahmin edilmektedir. Çünkü dağların üst kısımları eteklerine göre daha dardır ve bu coğrafik durumun, hayvan ve bitki

popülasyonlarının daha da küçülmesine, dolayısıyla hem genetik hem de çevre baskılarına karşı daha duyarlı hale gelmelerine neden olacağı düşünülmektedir (Rubenstein 1992).

Küresel ısınmanın etkilerinin yaygın olarak hissedileceği alanlardan biri de tarım sektörüdür. Bilindiği gibi tarımda yıllık yağış ve sıcaklık dağılımı hangi ürünün yetiştirileceği konusunda büyük önem arz etmektedir. Küresel ısınma ile birlikte gerek yıllık yağış gerekse sıcaklık dağılımı bütün Dünya'da değişebilecektir. Dolayısıyla hangi ürünün yetiştirileceği de buna göre değişecektir (Pittock 2005). İklim değişikliğinin tarım ve besin üretimine etkisinde üç faktör önemli rol oynamaktadır. Birincisi suyun elde edilebilir olmasıdır. Su stoklarının iklim değişikliğine karşı savunmasız olması, ürünlerin büyümesini ve gıda üretimini de savunmasız kılmaktadır. Daha çok gelişmekte olan ülkelerdeki kurak veya yarı kurak alanlar en fazla risk altında olan alanlardır. İkincisi atmosferik karbondioksitin artmasıyla birlikte özellikle bazı ürünlerin büyümesinde olumlu değişime neden olmasıdır. Üçüncüsü ise sıcaklığın değişmesinin etkisidir. Özellikle çok yüksek sıcaklıklarda bazı ürünlerin veriminin düşeceği bildirilmektedir (Öztürk 2009).

Tarım iklim değişikliğinden etkilenen taraf olmasının yanında aynı zamanda iklim değişikliğine etki eden bir sektördür. Çünkü tarım, sera gazlarının küresel akışını etkilemektedir. Tarım alanına dönüştürmek amacıyla orman arazilerinin yok edilmesi gibi tarıma yönelik gerçekleştirilen faaliyetler de sera gazı salınımını oldukça artırmaktadır. Öyle ki orman arazilerinin yok edilmesi atmosfere salınan karbondioksitin %10 ile %30'undan sorumlu tutulmaktadır. Bu nedenle atmosfere sera gazı salınımının fosil yakıt yakımından sonra ikinci büyük kaynağını oluşturmaktadır (Harvey *et al.* 2010).

Tarımsal faaliyetlerden ikinci önemli sera gazı olan metan oluşmaktadır. Küresel metan yayılımının %40'ından pirinç yetiştiriciliği sorumlu tutulmaktadır. Sulak pirinç arazisinde düşük oksijenli ortamda yüksek organik sulu tortunun mikrobiyal çürümesi atmosfere metan gazı yaymaktadır. Çiftlik hayvanları ise küresel metan salınımının %15'ini meydana getirmektedir. Geviş getiren hayvanlar (sığır, koyun, keçi, deve ve bufalo) otu ve selülozü sindirmektedirler ve bu yolla havaya metan salmaktadırlar. Sığır, toplam çiftlik hayvanlarının metan yayılım miktarının yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır (Anonim 2007b).

Bir başka sera gazı olan N₂O, tarımla yakından bağlantılıdır. Bitkilerdeki ve topraktaki karbon ve azot atmosfere topraktan karışmaktadır. Daha iyi büyüme için yetiştirilen ürüne azotlu gübreler uygulanmaktadır. Bu sırada gübredeki fazla azot toprağa karışır ve mikrobiyal çürüme olur, azot

N_2O 'ya dönüşür ve atmosfere salınır. Tarım gübrelerinden N_2O 'nun atmosfere salınım oranının %0,1 ile %1,5 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Tarımda geleneksel tarım ve endüstriyel tarım uygulamaları, sera gazı yayılımında farklı sonuçlar doğurmaktadır. Ancak hem geleneksel hem de endüstriyel tarım uygulamalarıyla elde edilen yıllık ürün, net bir sera gazı salınım tehdidi oluşturmaktadır. Geleneksel toprak kullanımından kaynaklanan sera gazı salınımı, ürün tarlalarını nadasa bırakarak büyük oranda yok edilebilmektedir. Endüstriyel tarımda ise hasat ve ekim yaparken yüksek oranda fosil yakıt kullanılmakta ve geleneksel yöntemlere göre daha fazla sera gazı salınımı gerçekleşmektedir. Az ekim yaparak ya da toprağı nadasa bırakarak daha az enerji kullanılmakta ve toprak rezervuarında daha fazla karbon korunmaktadır. Dönüşümlü ekim ya da başta azot fiksleyen ürünlerin ekimi azot çürümesini azaltmaktadır (Öztürk 2009).

İklim değişikliği nedeniyle tarımın sektöre uğraması Dünya yiyecek talebini, özellikle az gelişmiş ülkeleri ciddi şekilde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Küresel ısınmayla yükselen $1^{\circ}C$ sıcaklık başına bir kaç yüz kilometre ekim yapılan alan değişeceği; bazı yerlerde tarım üretimi artarken, diğerlerinde düşeceği ileri sürülmektedir. Orta alandaki gelişmiş ülkelerin tarımının, iklim değişikliğinden daha az etkileneceği ifade edilmektedir. Hatta orta alanda birçok ülkede ısınan iklimin yararlı olacağı ileri sürülmektedir. Küresel birçok alanda tarım alanlarına yapılan gittikçe artan insan kaynaklı etkiler, tarım üretimini olumsuz etkilemektedir. Genel olarak çalışmalar sonucunda ekvator bölgesinde tarım ekonomisinin zarar göreceği, yüksek enlemlerde yararlı olacağı, orta enlemlerde ise bölgelere göre değişik özellikler göstereceği ileri sürülmektedir. Modelleme sonuçlarına göre $1-2^{\circ}C$ artış küresel tarımı olumlu etkilerken, $3^{\circ}C$ ya da üstü artış üretimi düşürmektedir (Altinsoy 2009).

Bu tahminler iklim değişikliğinin tarım üzerine ciddi olumsuzluklar oluşturabileceğini göstermektedir. İklim değişikliği uzun dönemli bir olgu ve süreçtir. Bu süreçte iklim değişikliğinin genel etkileri ve tarım sektörü üzerine etkileri konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmaların tarihsel gelişimleri dikkate alınarak, karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu değerlendirme bu alandaki araştırmaların gelişim sürecini ve gelinen noktayı ortaya koymak açısından anlamlıdır ve bundan sonraki çalışmalara da katkıda bulunacaktır.

Çalışmanın amacı, iklim değişikliğini ve tarım sektörü üzerine etkilerini inceleyen araştırmalarda gelinen sürecin değerlendirilmesidir. Çalışmada küresel ölçekte iklim değişikliğinin genel etkisi ve

özellikle de tarıma etkisi ele alınmıştır. Bu amaçla Dünya ve Türkiye'de belirtilen konuyla ilgili yapılan araştırmalar incelenmiş ve elde edilen sonuçlar kronolojik bir yapıyla sunulmuştur. Daha sonra bu sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmeler yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Çalışmada kullanılan veriler ikincil veriler olup, temel olarak iklim değişikliği ile ilgili yerli ve yabancı literatürlerden yararlanılmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen istatistikler Türkiye'de sıcaklık değişimini ve sektörlere göre sera gazı salınımını belirlemede kullanılmıştır. Bu kapsamda Türkiye İstatistik Kurumu'nun Çevre ve Enerji istatistiklerinden sera gazı emisyon verileri kullanılmıştır.

Yöntem

Çalışmada iklim değişikliğine ilişkin Dünya ve Türkiye'de yapılmış olan araştırmalar kronolojik bir yapıyla sunulmuş ve ilgili kuramsal temeller açıklanmıştır. Söz konusu çalışmalar, kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar itibarıyla karşılaştırılmış ve bu konudaki araştırma süreçleri değerlendirilmiştir.

BULGULAR

İklim değişikliğinin genel etkileri

Dünya'nın varoluşundan bugüne iklim, farklı nedenlerle ısınma-soğuma gibi etkiler yaratarak dünya yüzeyinin bugünkü halini almasına neden olmuştur. Son bin yıl içerisinde iklim koşulları aşağıdaki şekillerde değişiklik göstermiştir;

- ✓ 1200'lü yıllarda ılıman ama değişken bir iklim tipi etkili olmuştur. Birkaç yüzyıl fırtına, sel, şiddetli yağış ve kuraklık gibi doğal afetler yaşanmıştır (Ahrens 1994).
- ✓ 1400-1550 yılları arasında kararlı iklim koşulları etkili olmuştur. 1550'li yılların ortalarından itibaren 300 yıl süren ve "Küçük Buz Çağı" olarak adlandırılan dönem yaşanmıştır. Bu dönemde dağ buzulları gelişerek vadilere doğru sarkmış, sert ve uzun kışlar kısa ve yağışlı yazlar görülmüştür. Bu dönem içinde 1816 yılında görülen normal olmayan iklim koşulları sonucunda Avrupa çok büyük kıtlık yaşamış, açlıktan çok sayıda insan ve hayvan yaşamını kaybetmiştir. ABD ve Kanada'da Mayıs-Eylül ayları arasında önemli soğuklar yaşanmış, bu yaz döneminde 1800 kişi donarak ölmüştür. Dolayısıyla bu dönem "Yazsız Yıl" olarak adlandırılmaktadır (Ahrens 1994).

- ✓ 1860-2000 yılları arasındaki dönemde, küresel sıcaklıkta önemli dalgalanmalar olmuştur. Nitekim 1900-1940 yılları arasında ortalama küresel sıcaklık $0,5^{\circ}\text{C}$ kadar artmıştır. Ancak 1920 ile 1940 yılları arasında ortalama küresel sıcaklıkta hızlı bir artış gözlenmiştir. 1940-1980 yılları arasında bir önceki 20 yılın aksine ortalama küresel sıcaklıkta düşüş gözlenmiştir. 1970, 1980, 1990'larda ise ortalama küresel sıcaklıklarda artış eğilimi gözlenmiş, 1990'lı yıllarda 1978 yılından sonra en sıcak 8 yıl yaşanmıştır (Öztürk 2002).

1970-1980 yılları arasında iklim değişikliği değerlendirildiğinde, oluşan değişimin 5 yıldan 50 yıla kadar etkisini kaybetmeyen ve troposferi ısıtıp stratosferi soğutan sera gazlarının ortaya çıktığı fark edilmiştir. Bu sera gazlarının İklim değişikliğine etkisinin hızlı bir şekilde artabileceği ve ciddi coğrafi değişiklikler yaratabileceği öngörülmüştür (Wetherald and Manabe 1999). Bununla birlikte gelecekte gerçekleşecek iklim değişikliği üzerine doğal süreçlerin ve insan yapımı durumların etkili olacağı da öngörüler arasında olmuştur. Nitekim yapılan çalışmaların sonucunda 1900-1980 yılları arasında olduğu tahmin edilen ısınmanın $0,2^{\circ}\text{C}$ 'sinin insanlar tarafından meydana getirildiği ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte 1990 ile 2000 yılları arasında $0,4^{\circ}\text{C}$ - $0,5^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artış olacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca bu dönemde atmosfer ve deniz seviyesindeki etkileşimin buz tabakasını eritebileceği de tartışılmıştır (Flohn 1980).

1980 ile 1990 yılları arasındaki dönemde insanların özellikle ormanlık alanları yok etmeleri ve fosil yakıt yakmalarından dolayı atmosferdeki CO_2 miktarının %25 oranında artış gösterdiği belirtilmiştir. Artan CO_2 ile birlikte diğer sera gazları da bu dönemde artış göstermiştir. Bu artışın sonuçlarını ortaya koymak amacıyla oluşturulan iklimsel modellerin sonuçlarına göre gelecek yüzyılda Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının 2°C 'den 6°C 'ye çıkacağı ve aynı zamanda deniz seviyesinin de $0,5$ m'den $1,5$ m'ye çıkacağı tahmin edilmiştir. Ancak bu modellerde gelecekteki sera gazı değişimi ve geçmiş birikimleri tam olarak hesaba katılmadığından bu değişimlerin daha küçük veya daha büyük olarak ortaya çıkabileceği de belirtilmiştir. Bu nedenle sera gazı etkisi ile ilgili olarak 1980'li yıllar ve gelecek için yapılan bu tahminlerin ciddi bir belirsizlik taşıdığı da bu dönemde ileri sürülmüştür (Schneider 1989).

Sera gazlarının atmosfere salınımı 2000 yılına kadar sürekli olarak artış göstermiştir. Bu artışa bağlı olarak 1980'li yıllarda başlayan ardışık sıcak yılların ardından 1990 ve 2000 yılları arasında yüksek sıcaklıklar rekor seviyelere ulaşmıştır. Bu rekor

yüksek sıcaklıklar ise küresel ısınmanın beklendiği ve öngörüldüğü biçimde sürdüğünü göstermiştir (Türkeş vd. 2000).

Isınmanın hızla devam etmesinin önüne geçmek amacıyla hükümetlerin ve karar organlarının, insan kaynaklı sera gazı salınımlarının oluşturduğu tehlikeler için acil ve köklü önlemler almaları gerektiği bu dönemde ortaya koyulmuştur. Alınması gereken önlemlerin başında, çeşitli insan etkinlikleri sonucu atmosfere salınan sera gazı salınımlarının kontrol edilmesi ve fazla zaman yitirmeksizin belirli bir düzeyin altında tutulmasının gerektiği savunulmaktadır. Sera gazı salınımlarını en aza indirecek önlemlerin geciktirilmesi, ülkeleri ve Dünya'yı gelecekte iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle savaşmada hazırlıksız ve zayıf bırakacağı da öne sürülmektedir. Ayrıca iklim sistemindeki zaman ölçeklerinin çok uzun süreli olması nedeniyle, iklim değişikliğinin oluşturduğu çevresel bozulmaların ve değişikliğin kısa zamanda giderilemeyeceği de bu dönemde önemle vurgulanmıştır (Flohn 1980).

2000-2010 yılları arasındaki dönemde yeryüzündeki karbondioksitin yaklaşık %97'sinin doğal yolla, %3'ünün ise insan faaliyetleri sonucu atmosfere yayıldığı ifade edilmiştir. Özellikle son 20-30 yıl içinde çok yönlü insan faaliyetleri sonucu karbondioksitin atmosferdeki konsantrasyonlarında sürekli bir artış meydana geldiği ortaya koyulmuştur. Karbondioksitin yanı sıra diğer sera gazlarında da sürekli bir artış olduğu ifade edilmiştir. Atmosfer sıcaklığında artışa neden olan bu gazlar 19. yüzyıldan bu yana ortalama küresel sıcaklığın $0,76^{\circ}\text{C}$ artmasına neden olmuştur. Bu yüzyılda ise sıcaklığın en az $1,1^{\circ}\text{C}$ ve en çok ise $6,4^{\circ}\text{C}$ yükseleceği ileri sürülmüştür (Anonim 2007b). Nitekim Dünya yüzeyindeki ısınmanın 2100'lü yıllarda diğer iklim etkilerinin sabit kalması durumunda ortalama $1-2^{\circ}\text{C}$ artış göstereceği ve bu artışın 1000 yıl önceki modern medeniyetten beri Dünya'da görülen en hızlı artış olacağı tahmin edilmiştir (Saunders 1999). Küresel ısınmanın bu denli artmasının Dünya'nın birçok bölgesinde yaşamı tehdit ettiği de bu dönemde öne sürülmüştür. Özellikle sera gazlarının en yoğun olduğu (yaklaşık %70-80'inin üretildiği) kentsel alanlar ve çevresinin en çok tehdit altında olan yaşam alanları olduğu ileri sürülmüştür (Gül vd. 2009). Dünya genelindeki ortalama sıcaklığın $1,5^{\circ}\text{C}$ artıp $15,5^{\circ}\text{C}$ seviyesine çıkması durumunda ise insanlığı tam bir felaketin beklediği düşünülmektedir (Anonim 2007b). Bu artışın ormanlar, tarım, insan ömrü, ekosistem, enerji tüketimi gibi var olan sistemlere olan birtakım etkileri mali olarak değerlendirilmiş ve tahminlerde bulunulmuştur. Yapılan bu tahminlerde Dünya yüzeyindeki 1°C 'lik artışın, Avrupa Birliği Kalkınma Teşkilatında bulunan Çin ve Orta Doğu'da olumlu etkileri varken, diğer ülkeler üzerine olumsuz

etkileri olduğu belirtilmiştir (Tol 2001). Ayrıca bu dönemde iklim değişikliğinin son 30 yılda türlerin dağılımında ve miktarlarında da birçok değişiklik yarattığı ifade edilmiştir. Tür dağılım projeksiyonları kullanılarak Dünya'nın karasal yüzeyinin %20'sini kapsayan örnek bölgeler için nesil tükenme riskinin değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Örnek alanlardaki türlerin neslinin tükenme ihtimalinin %15 ile %37 arasında olduğu tahmin edilmiştir (Thomas *et al.* 2004). Dünya genelinde ise 100 yıl içinde tüm bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık %30'unun yok olacağı düşünülmektedir (Anonim 2007b). Tüm bu tahminlerin yanı sıra sayısal deneylerle birleşen iklim model çıktıları gelecekteki su kaynakları hakkında da bazı fikirler öne sürmektedir. Bu model çıktılarında küresel ısınmanın su kaynaklarını olumsuz etkileyeceği ortaya çıkmıştır. Küresel ısınma yüzünden 100 yıl içinde 1,2 milyar kişinin susuz kalacağı ve ani sel baskınlarının her yıl 2,5 milyon kişinin ölümüne yol açacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca 1°C'lik artışa karşılık tarımsal sulama ihtiyacının %10 artacağı ve 2020 yılında su sıkıntısı çeken kişi sayısının 1,2 milyara yükseleceği ileri sürülmüştür. Bunların yanı sıra su temini ve kullanımının hızla değişen coğrafyası ve karışıklığı nedeniyle gelecekteki su kaynaklarının yeterliliğini değerlendirmenin zor olduğu da ifade edilmiştir (Vörösmarty *et al.* 2000; Anonim 2007b).

İklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri

Tarım sektörü bir yandan sera gazı salınımları yaparken, bir yandan da atmosferde yoğunluğu giderek artan bu gazlardan etkilenmektedir. Ortalama küresel sıcaklıktaki artışların, ormanlar, su kaynakları, topraklar, bitkisel ve hayvansal üretim başta olmak üzere tüm tarım sektörünü etkileyeceği tartışılmaktadır.

1970 ile 1980 yılları arasındaki dönemde iklim değişikliğini tarım ve su kaynakları kullanımı gibi insan aktivitelerinin etkilediği ileri sürülmüştür. Kesin bir sebep olmasa dahi uzun süreli incelemeler sonucu tarım veya ekolojinin iklim değişikliğini karakterize ettikleri veya tarım üzerine iklim değişikliğinin çevresel bir kısıtlama olarak düşünülebileceği söylenmiştir. Ancak iklim değişikliğinin şiddetini artırması kuraklığın önlenemez duruma geleceğinin bir göstergesi olduğu ve teknoloji kullanımının gelecekte bunun önüne geçemeyeceği de ifade edilmektedir (Ausubel and Biswas 1980).

1988 yılında atmosferin kimyasındaki değişimin Dünya'nın iklimini değiştirdiği ve bu değişikliğin tarım ve diğer ekonomik aktiviteler için ciddi yaptırımları olduğu açıklanmıştır. Birçok araştırma yapılmasına rağmen gelecekte oluşacak küresel ısınmanın, tarıma olan etkisini tam olarak ortaya

çıkarmanın zor olacağı, ancak kuru tarım uygulamaları ve ürün veriminin çevredeki CO₂ oranını artıracığı bildirilmektedir. Artan CO₂'in meydana getirdiği iklim değişikliğinin ülkeler arasında farklılık gösterdiği ve değişen iklim nedeniyle bazı ülkeler fayda görürken bazı ülkelerin de zarar gördüğü vurgulanmıştır. Eğer iklim değişikliği süreci bu şekilde artarak devam ederse bütün ülkelerin iklim değişikliğinden zarar göreceği ortaya koyulmuştur. Bu dönemde nüfus artışı, ekonomik gelişme, teknolojik değişimler ve karbondioksit oranının artmasından dolayı iklim değişikliği ciddi etkiler yaratmaya başlamıştır. Ancak bu durumun Dünya tarım kapasitesinin büyümesini ciddi anlamda kısıtlayacağı anlamına gelmediği de belirtilmiştir (Corosson 1989).

1990-2000 yılları arasında iklim değişikliğinin toprak ve biyosfer (canlı kürenin) üzerine etkilerinin karmaşıklığının modelleme yaparken zorluk çıkardığı belirtilmiştir. Bu dönemde yapılan çalışmalarda yağış miktarındaki ve buharlaşma rejimindeki değişikliklerin, toprakta nemin depolanmasını azalttığı ifade edilmiştir. Buna karşılık yükselen karbondioksitin bitkisel terlemede azalmaya sebep olmasının kısmen bu durumu dengeleyebildiği belirtilmiştir. Ayrıca karbondioksit miktarındaki artışın, birim yaprak alanı başına %50'ye kadar bir oranla terleme kaybını azaltma potansiyeli göstererek bitkilerdeki bekçi hücrelerin dayanıklılığını artırdığı ifade edilmiştir. Ancak daha yüksek buharlaşma oranlarının toprak nemini ve toprak üstünde kalan yağış miktarını azaltacağı tahmin edilmiştir (Parson 1991). Ayrıca yeryüzünde karbondioksit dağılımının değişmesiyle saman niteliğinin de değişeceği ve tropik bölgedeki iklim değişikliğinin az miktarda olacağı ileri sürülmüştür. Yılın belli bir kısmında yaşanacak su sıkıntısının saman niteliğinde ve tropik bölgelerde yaklaşık %10 oranında değişiklik yaratacağı tespit edilmiştir (Tinker *et al.* 1996). Gelişmekte olan ülkelerde bu değişikliğin, üretim alanlarına etkisinin hem ülkedeki nüfusun refahını hem de ülkelerin ekonomik gelişimini tehdit ettiği kanısına varılmıştır. Bu gelişmekte olan Dünya'da tropik alanların, çevresel faktörlerin zararına uğramaya yatkın oldukları ifade edilmiştir (Mendelsohn *et al.* 1999).

1999 yılına kadar yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinin tarım üzerine olan potansiyel ekonomik etkilerini tahmin etmiştir ve bu sonuçlar direkt olarak benzerlik taşımasa da genel bir tablo çizilebilmiştir. Tarım ve ekonomi üzerine tahmin edilen etkiler tam olarak doğrulanmazken bazı bölgesel ve çevresel etkilerin biraz daha ciddi olabileceği savunulmuştur. Ayrıca bu dönemde sera gazı etkisini kısıtlamak için gelecek hakkında verilen kararların kısmen tarım uygulamalarına uyum

sağladığı ifade edilmiştir (Lewandrowski and Schimmelpfenning 1999).

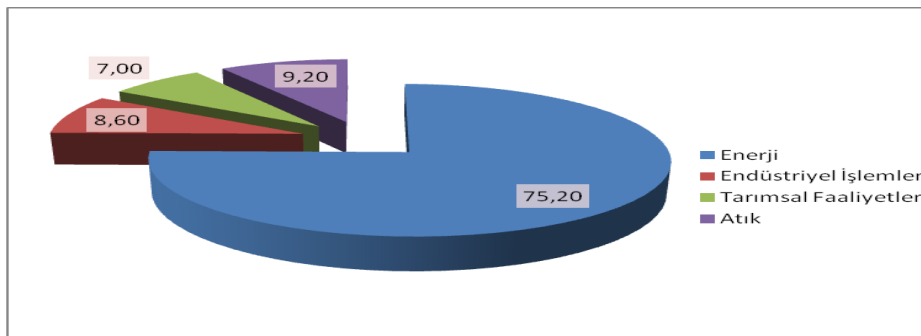
2000-2010 yılları arasında tarımsal faaliyetlerin atmosfere önemli miktarlarda CO₂, CH₄ ve N₂O gazları saldığı ifade edilmiştir. CO₂ salımının büyük ölçüde katı organik maddelerden, samanların yakılmasından veya mikrobiyal bozulmalardan kaynaklandığı, CH₄ salımının, oksijenden yoksun olunan durumlarda organik maddelerin ayrışmasıyla özellikle su altında pirinç yetiştirmek, gübre depolamak ve geviş getiren hayvanlar tarafından yapılan fermentatif sindirim nedeniyle meydana geldiği ve atmosfere salındığı ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte N₂O, topraktan ve gübreden nitrojenin mikrobiyal dönüşümü vasıtasıyla üretildiği belirtilmiştir (Anonim 2007b). Yanlış arazi kullanımı ve bilinçsiz ve aşırı gübreleme gibi tarımsal faaliyetler sonucunda karbon kaynağı olan topraklardan sera gazı salınımlarının arttığı ileri sürülmüştür (Lal 2006). Bu gibi tarımsal faaliyetlerin Dünya üzerinde artan sera gazlarının yaklaşık %20'sinden sorumlu olduğu tahmin edilmiştir (Pathak and Wassman 2007; Houghton 2003). Buna karşılık tarımsal uygulamalar ve üretiminin, küresel ısınmaya olan olumsuz etkilerinin yanı sıra artan Dünya nüfusunun sağlıklı bir biçimde yaşamını sürdürebilmesi açısından son derece önemli olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca tarım sektörünün de iklim değişikliğinden olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. İklim değişikliğinin erozyonun artması, tarımsal işlemlerde (toprak işleme, sulama, ilaçlama vb.) güçlükler, hastalıkların artması ve kontrollerinin zorluğu gibi etkilere yol açarak tarım ürünlerinin verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir. Ayrıca bu dönemde önemli oranlarda yiyecek sıkıntısının ve açlığın baş göstereceği de tahmin edilmiştir. Bir taraftan da diğer koşullar optimum olduğu durumlarda atmosferde artan CO₂ konsantrasyonunun bitkilerin su kullanım etkinliklerini ve fotosentetik aktivitelerini teşvik edeceğinden dolayı ürün verimlerinin %10-50 oranında artacağı tahmin edilmiştir (Siqueira *et al.* 2001). Ancak artan sıcaklığın genel olarak tarım

ürünleri üzerine olumsuz yönde etki edeceği ve bitkilerde görülen hastalıklarda sıcaklıkla birlikte bir artış meydana geleceği de öne sürülmüştür. Bu yüzden kurak bölgelerdeki çiftçilerin hem daha çok sulama yapacakları hem de daha fazla tarım ilacı kullanacakları öngörülmüştür. Örneğin artan sıcaklık çeltik bitkisi için artan terleme oranı, vegetatif gelişim eksikliği ve dane dolm dönemine olumsuz etkilerde bulanacak ve çeltik gelişimini olumsuz yönde etkileyerek verim kayıplarına neden olacağı tahmin edilmiştir (Pathak and Wassmann 2007). Ayrıca, artan sıcaklık ile beraber Dünya üzerinde su sıkıntısının da yaşanacağı ileri sürülmüştür (Goyal 2004).

Türkiye'de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerine etkileri

1990 yılında 148 milyon ton olan karbondioksit salınımı, 2007'de son 30 yıldaki en yüksek seviye olan 310 milyon tona ulaşmıştır. Ancak 2007 yılına göre 2008 ve 2009 yıllarında azalma gözlemlenmiş ve karbondioksit salınımı 2009 yılında 300 milyon tona gerilemiştir. Metan salınımı 1990 yılında 35 milyon ton iken, karbondioksit salınımlarında olduğu gibi 2007 yılında son 30 yıldaki en yüksek seviyesi olan 55 milyon tona çıkmıştır ve 2008 yılında metan salınımı 53 milyon tona gerilemiştir. Diazotmonoksit salınımı 1990 yılında 11 milyon ton iken 1999 yılında son 30 yıldaki en yüksek seviyesi olan 17 milyon tona ulaşmıştır. Ancak bundan sonra diazotmonoksit salınımları azalmaya başlamış ve 2009 yılında 13 milyon tona düşmüştür. 1990 yılında 0,6 milyon ton olan kloroflorokarbon salınımları ise 1990 yılından sonra hızla artmıştır ve 2007 yılında 4 milyon tona kadar ulaşmıştır. Ancak 2007 yılından sonra gerilemeye başlamış ve 2009 yılında kloroflorokarbon salınımları 3,6 milyon tona gerilemiştir (Anonim 2011).

Şekil 1'de Türkiye'de sektörlere göre sera gazı salınımları gösterilmektedir. Sera gazı salınımlarının %75,30'u enerjiden, %9,20'si atıklardan, %8,60'ı endüstriyel işlemlerden, %7'si ise tarımsal faaliyetlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. Türkiye'de sektörlere göre sera gazı salınımları (Anonim 2011).

Küresel ısınma nedeniyle Türkiye'nin yaşayacağı en önemli felaket kuraklıktır. Büyük bir kısmı yarı-kurak bir iklimin etkisi altında olan Türkiye, küresel ısınmadan en fazla etkilenecek ülkelerin başında gelmektedir. Bunun en önemli sebebi Türkiye'nin hemen güneyinde bir çöl kuşağının bulunması ve ısınmayla birlikte bu kuşağın kuzeye doğru ilerlemesidir. Sıcaklıkta meydana gelecek 1-3,5°C arasında ısınma, orta enlemlerin 150-550 km kutuplara doğru hareket etmesine neden olacaktır. Bu durumda ekosistemlerin coğrafik dağılımı ve kompozisyonunun yeni şartlara cevabı değişecektir. Türlerin pek çoğu yeni şartlara yeterince hızlı uyum sağlayamayıp yok olacaktır. Bu da Türkiye'yi çölleşme ile karşı karşıya bırakacaktır. Türkiye'nin içinde bulunduğu bölgenin su kıtlığı, kuraklık ve toprak erozyonu sorunları ile karşı karşıya olması da, Türkiye'yi küresel ısınmanın zararlı ve şiddetli etkilerini en önce yaşayacak ülkeler arasına sokmaktadır (Doğan 2005). 1960'lı yıllarda Konya-Karapınarda meydana gelen çölleşme Türkiye'nin ekolojik olarak ne kadar hassas olduğunu göstermiştir. Küresel ısınma tehdidi birçok ürünün yetişememesi, zaten zor durumda olan tarım sektörünün bir başka darboğaza gireceği anlamına da gelmektedir. Özellikle topraktaki nem oranının düşmesi, %29 oranında bulunan ekilebilen topraklarımızı daha da azaltacaktır (Aksay vd. 2005). Kar ve yağmur (özellikle de kar) yağışının azalması yeraltı sularının seviyesinin düşmesine, dolayısıyla akarsu ve göllerin kurummasına neden olmaktadır. Bu da, Türkiye'nin kalkınması ve geçimi için son derece önemli olan tarıma büyük darbe vuracak ve Türkiye büyük bir açlık ve kuraklık tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır. Sulu tarım yapılan Çukurova ve benzeri yöreler kuraklık nedeniyle verim kaybına uğrayacaktır (Şahin 2007). Örneğin Çukurova yöresinde sulama suyunun kısıtlı olması durumunda mısır veriminde %58 ve %43,4 oranlarında azalma öngörülmektedir (Şen 2009). Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde toprağın tarımsal üretkenliğinin azalması tarım, mera, orman vb alanların amacı dışında kullanılarak sürdürülebilirliğin ve verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla devam eden bozunma süreci toprak kalitesini de azaltmaktadır. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, aylık ortalama sıcaklıkların 2070'li yıllarda, 2-3°C dolaylarında artacağı, Adana-Samsun hattının batısında kalan yörelerde her 10 yılda bir yoğun kuraklıkların yaşanacağı kestirilmiştir. Yağışın %25 azalacağı, kar erimeleri sonucu oluşan yüzey akışının şimdiye göre 2-3 ay önce meydana geleceği öngörülmektedir. İklim değişikliği nedeniyle birçok tarım ürününün üretim alanı, ekim/dikim zamanları değişecektir. İklim değişikliği yüzünden, bölgenin temel bitki dokusunda önemli değişiklikler meydana gelecek, orman sınırı daha yukarılara

çekilecektir. Mera alanları daralacak, sürü yetiştiriciliği kalkacak, ahır-ağıl yetiştiriciliğine dönecektir. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklıkların artması, su kaynaklarının azalması, suya olan istemi önemli ölçüde artıracaktır. Bu durum aynı zamanda, nüfus artışı ve endüstriyel gelişme nedeniyle, çok önemli su stresine neden olacaktır. Dolayısıyla, Türkiye'de tarımdaki su kullanımının azaltılmasını zorunlu kılacaktır. Ayrıca, küresel ısınma nedeniyle topraklarda tuzluluk-alkalilik gibi sorunlar da ortaya çıkacak ve sürekli artacaktır (Kanber vd. 2008).

IPCC'nin salınım senaryosuna dayalı bölgesel iklim modeli kullanılarak gerçekleştirilen geleceğe yönelik kestirimler, Türkiye'de 2071-2100 dönemleri için kış aylarında tahmin edilen sıcaklık artışının ülkenin doğu kesiminde daha yüksek olacağını göstermektedir. Yaz mevsiminde bu durumun tersine dönerek, özellikle Ege bölgesi olmak üzere ülkenin batı kesiminde 6°C, ortalama sıcaklığın ise 2-3°C daha yüksek seyredeceği tahmin edilmektedir (Önol and Semazzi 2006).

Bir diğer senaryoya göre, küresel dolaşım modelleriyle elde edilen sonuçlar, halen 100 yılda bir oluşan kuraklığın 2070'li yıllarda Adana-Samsun hattının batısında kalan bölgelerde 40 yıldan daha az bir sürede hatta bazı yerlerde 10 yılda bir gerçekleşeceğini göstermektedir (Kundzewicz *et al.* 2007). IPCC'nde Küresel İklim Modelleri ile yapılan projeksiyonlara göre, 2030 yılında Türkiye büyük bir kısmı oldukça kuru ve sıcak bir iklimin etkisine girecektir. Türkiye'deki sıcaklıklar kışın 2°C, yazın ise 2-3°C arasında bir değerde artacaktır. Yağışlar kışın %10'luk bir artış gösterirken yaz mevsiminde %5 ile %15 azalacaktır. Ayrıca yazın toprak neminin de %15 ile %25 arasında bir değerde azalacağı tahmin edilmektedir. Akdeniz havzasındaki su seviyesinde 2030 yılına kadar 18 cm-12 cm'lik, 2050 yılına kadar 38 cm-14 cm'lik ve 2100 yılına kadar 65-35 cm'lik bir yükselme görüleceği tahmin edilmektedir (Anonim 2007a).

İklim Değişikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi de, yağış özelliklerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Yağışlarda iklim nedeniyle meydana gelen değişimler, hidroloji ve su kaynakları için çok önemli sonuçlar doğurabilir niteliktedir. Genel olarak, yağış Türkiye'nin Ege ve Akdeniz kıyılarında azalmakta, Karadeniz kıyılarında ise artmaktadır. İç Anadolu'da yağış açısından çok az veya hiçbir değişiklik görülmemektedir. En şiddetli (mutlak) azalma güney batı kıyılarında gözlemlenirken, Kafkasya kıyı bölgelerinin ise oldukça fazla yağış alması beklenmektedir. Bu gözlemler, hem kış hem de ilkbahar toplamı için geçerlidir (Önol and Semazzi 2006). Uluslararası İklim Değişikliği Paneli'nin araştırmaları, biyolojik çeşitlilik zenginliği nedeniyle Türkiye'ye özel önem verilmesini ve iklim değişikliğinin Türkiye'deki

etkilerinin özenle araştırılması gerektiğini vurgulamaktadır (Anonim 2007a).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Doğal sera gazları Dünya sıcaklığının yaşanabilir seviyede kalmasını sağlamaktadır. Bu gazların miktarındaki artış Dünya yüzeyinin gereğinden fazla ısınmasına neden olmaktadır ve bu ısınma küresel ısınma olarak adlandırılmaktadır. Küresel ısınmanın potansiyel sonucu ise normal olmayan iklimlerin yaşanması yani iklim değişikliğidir. Aslında Dünya 4,5 milyar yıllık tarihi boyunca defalarca ısınma ve soğuma evreleri geçirerek çok büyük iklim değişimlerine sahne olmuştur. Ancak insanlık tarihinin başlamasıyla birlikte ve özellikle de 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren insanların çeşitli etkinliklerinin de iklimi etkilediği bir döneme girilmiştir.

1900-1940 yılları arasında artan ortalama küresel sıcaklığın ardından 25 yıllık bir soğuma sürecine girilmiştir. Bu sürecin ardından Dünya insan faaliyetlerinin de etkisiyle ısınma periyodu yaşamaktadır ve 1970'li yıllardan itibaren ortalama küresel sıcaklıklarda artış eğilimi gözlenmiştir. Ancak sıcaklık artışının miktarı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Örneğin Aksay vd. (2005) yaptıkları çalışmada 1900 yılından bu yana ortalama küresel sıcaklıkta 0,5°C'lik bir artış gözlemlenmiştir. Buna karşın Sağlam vd. (2008) yaptıkları çalışmada bu artışın 0,7-0,8°C olduğunu ileri sürmektedirler. IPCC'nin 2007'de yayınladığı raporda ise ortalama küresel sıcaklık son yüzyılda tam olarak 0,76°C arttığı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalara göre gelecek yıllarda ortalama küresel sıcaklığın artmaya devam edeceği öne sürülmektedir. 2100'lü yıllarda diğer iklim etkilerinin sabit kalması durumunda Saunders (1999) küresel ortalama sıcaklığın 1-2°C artacağını tahmin etmektedir. Bir başka görüş olarak Aksay vd. (2005) ortalama küresel sıcaklığın 3°C'lik artış göstereceğini ve deniz seviyesinde ise 70 cm yükselme meydana geleceğini ileri sürerken, Schneider (1989) sıcaklığın 4°C artacağını ve deniz seviyesinde 150 cm yükselme meydana geleceğini ileri sürmektedir. 2100 yılına kadar ortalama sıcaklıkta en az 1,1°C ve en fazla 6,4°C yükselme beklenmektedir. Ayrıca deniz seviyesinde 15-59 cm arasında yükselme olacağı da tahmin edilmektedir (Anonim 2007a; Anonim 2007b).

Gelecekteki sıcaklık değişimi tahmin edilirken sera gazı değişimi ve geçmiş birikimleri tam olarak hesaba katılmadığından dolayı tahmin edilen sıcaklık değişimleri gerçekte meydana gelenden daha küçük veya daha büyük olabilmektedir. Farklı araştırmalarda farklı tahminlerin ortaya çıkma nedeni ise gelecekteki sera gazı emisyonlarıyla ilgili olarak farklı senaryolar üretilmesinden ve farklı iklim

hassasiyet modelleri kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

Yeryüzündeki 1°C'lik sıcaklık artışının, yalnızca Çin ve Orta Doğu'da olumlu etkiler yaratabileceği tahmin edilmektedir. 2000-2010 dönemi arasında, oluşan iklim değişikliğinin Dünya üzerindeki türlerin dağılımı ve miktarında birçok değişiklik yarattığı ifade edilmektedir. Bununla birlikte 2006'da Avusturya Alpleri Derneği'nin buzullar üzerine yaptığı araştırmada Alplerdeki buzulların senede ortalama 10-15 metre incelendiği ve bunun bir on yıl öncesinin iki katı olduğu belirtilmektedir. Ortalama küresel sıcaklığın 15,5°C'ye çıkması durumunda ise insanlığı tam bir felaketin beklediği öngörülmektedir. Isınma bu hızla devam ederse 100 yıl içerisinde Dünya genelinde tüm bitki ve hayvan türlerinin yaklaşık %30'unun yok olacağı, 1,2 milyar kişinin susuz kalacağı ve ani sel baskınlarının her yıl 2,5 milyon kişinin ölümüne yol açacağı tahmin edilmektedir.

İklim değişikliği 1970-1980 yılları arasında etkilerini fark edilir düzeyde hissettirmemiştir. Ancak 1900-1980 yılları arasında meydana gelen ısınmanın 0,2 °C'sinin insanlar tarafından meydana getirildiği bu dönemde tahmin edilmiştir. Ayrıca 1970 ile 1980 yılları arasında henüz erimeye başlamamış olan buzulların gelecek yıllarda erimeye başlayacağı tahmin edilmiş ve ayrıca iklim değişikliğinin Dünya coğrafyasını ve tarımını ciddi bir biçimde değiştireceği öngörülmüştür. 1981 ile 1990 yılları arasındaki dönemde Dünya nüfusunun hızla artması, sanayinin gelişmesi, ormanlık alanların yok edilmesi ve fosil yakıtların yakılması gibi faktörler atmosferde biriken sera gazlarının miktarını ciddi boyutlara taşımıştır. Nitekim 1990 yılında atmosferdeki CO₂'in %25 arttığı gözlenmiştir. Bu durumun ekonomisi ağırlıklı olarak tarıma bağlı gelişmekte olan ülkelerin birçoğunun ekonomik gelişmesini ve ülke refahını etkilediği belirtilmiştir. Yine bu dönemde birçok araştırmada gelecekteki iklim değişikliğinin tarıma etkisinin tam olarak nasıl olacağını belirlemek zor olmaktadır. Ancak buna rağmen kuru tarım uygulamaları ve ürün veriminin çevredeki CO₂ oranını artıracığı belirtilmektedir. Crosson (1989) iklim değişikliğinin Dünya ve orta enlem tarımının çok daha farklı görünmesine yol açtığı ancak bu durumda Dünya tarım kapasitesinin büyümesini ciddi anlamda kısıtlamayacağı görüşündedir. Aynı şekilde Siqueira *et al.* (2001) diğer koşullar optimum olduğu durumlarda atmosferde artan CO₂ konsantrasyonunu bitkilerin su kullanım etkinliklerini ve fotosentetik aktivitelerini teşvik edeceğinden dolayı ürün verimlerini %10-50 arasında artıracığı görüşündedirler. Ancak Reilly (1995) bitki varyetelerinde ekim zamanının gübre ve sulama dozunun değişeceğini ve verimde %50 ile %80 arasında azalma meydana geleceğini ifade

etmektedir. Aynı şekilde Pathak and Wassmann (2007) yaptıkları çalışmada artan sıcaklıkla beraber bitkilerde görülen hastalıklarda artış meydana geleceğini ortaya koymuş ve kurak bölgelerde çiftçilerin daha fazla sulama ve tarım ilacı kullanacağını öne sürmüşlerdir. Sutherst (1995) vektörler ve kenelerin yaşama sürelerinin uzayıp, dirençlerinin yükseleceği ve bunun sonucunda hayvan hastalıklarının da artacağını ifade etmektedir. Bununla birlikte Klinedinst *et al.* (1993) hayvanlardaki biyolojik yanıt fonksiyonlarının gelişimini incelemiş ve sıcaklık artışının süt ineklerinin performansını büyük ölçüde azalttığını öne sürmüşlerdir. Aynı şekilde Hahn *et al.* (1992) süt ineklerinin süt veriminde, besi hayvanlarının ise canlı ağırlık artışında azalma olduğunu ve süt ineklerinin yaz mevsimi boyunca gebelik oranında %36'lık bir azalma olduğunu belirtmektedirler.

1990 ile 2000 yılları arasında sera gazlarının atmosfere salınması sürekli olarak artmıştır ve bu durum sıcaklık artışı ile sonuçlanmıştır. Dünya'da gerçekleşen bu sıcaklık artışı Türkiye'yi de etkisi altına almaktadır. Hatta Türkiye'nin, Dünya'nın oluşumundan bugüne kadar görülen iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkeler arasında olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bundan sonra da iklimde meydana gelebilecek birçok değişiklikten de en fazla etkilenen ve büyük sorunlar yaşayabilecek bir ülke konumunda olduğu tahmin edilmektedir. 2030 yılında Türkiye'de sıcaklıkların kışın 2° C, yazın ise 2-3 °C artacağı ve yağışların kışın %10'luk bir artış gösterirken yaz mevsiminde %5 ile %15 azalacağı öngörülmektedir. Ayrıca yaz mevsiminde yağışların azalmasının, sıcaklıkların artmasının tüm Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de bitkisel ve hayvansal üretimi çok ciddi boyutlarda etkileyeceği tahmin edilmektedir. Bitkisel üretim deseninin değişiklik göstereceği de tahminler arasındadır. Ancak Türkiye'nin, gelecekte küresel ısınmanın artmaya devam etmesi durumunda bitkisel ve hayvansal üretimin nasıl değişeceği konusunda yapılacak çalışmalara ihtiyacı vardır. Türk tarımının durumu ülke bazında sayısal verilerle çok net olarak ifade edilememektedir. Ülkesel düzeyde verilerin yeterli ve sağlıklı olmaması da çalışmalarda farklı tahminlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Aynı şekilde özellikle Türkiye'de yeterli ve sağlıklı veri elde etmekte ve gelecekteki tarımsal üretimin özelliklerinin kestirilmesinde güçlük yaşanmaktadır. Bu nedenle Türkiye'de tarımsal üretimin iklim değişikliğinden dolayı geldiği noktayı ve geleceğini belirlemek de güçleşmektedir. Yapılan çalışmaların aralarında daha tutarlı olabilmesi ve güvenilir sonuçlar ortaya koyabilmesi açısından güvenilir veriler elde edilebilecek altyapının hazırlanması gerekmektedir. Bununla birlikte tarımdan özellikle de hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonunu da

bölgesel ve ülkesel düzeyde belirlemeye yönelik çalışmaların yaygınlaştırılmalıdır. Bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlara göre de sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik barınak tasarımından gübre yönetimine kadar bir dizi stratejinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'de olduğu gibi ülkesel ve bölgesel düzeyde yapılan araştırmaların sonuçlarının tutarlı olmamasının bir nedeni de araştırmalarda kullanılan Küresel Dolaşım Modellerinden (GCM) elde edilen iklim sonuçlarının dinamik indirgeme yapılarak bölgesel iklim modellerinde kullanılmasıdır. GCM ile elde edilen sonuçların yüksek çözünürlükte ve yeterli doğrulukta olmamaları bölgesel modellerin kestiriminde sorun yaratmaktadır. GCM bölgesel ve ülkesel ölçekte yeterli yaklaşıklıkta sonuç vermemektedir. Bu nedenle GCM'nin bölgesel düzeyde güvenilir şekilde uygulanabilmesi için model çözünürlüğünün artırılması gerekmektedir. Ayrıca iklim değişikliği senaryolarında daha geliştirilmiş yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

İklim değişikliğiyle ilgili olarak yapılan tahminler, atmosfere sera gazı salınımının artmasıyla paralel olarak ortalama küresel sıcaklığın bugünkü hızıyla artmaya devam etmesi varsayımına dayanmaktadır. Küresel iklim değişikliği ile ilgili temel olarak iki teori bulunmaktadır. Her iki teori de sera etkisindeki artışın bir süre daha böyle devam edeceğini, atmosferin gittikçe daha fazla ısınacağını, buzulların eriyeceğini ve suların yükseleceğini savunmaktadır. Bu çalışmada ele alınan ve gerçekleştirilecek tahmin edilen tüm bu senaryoları her iki teori de kabul etmektedir. Ancak varoluşundan bu yana defalarca ısınma ve soğuma evreleri geçirerek kendi dengesini bulan Dünya'nın, belli bir süre sonra tekrar kendi dengesini bulup bulamayacağı konusunda görüşler ayrılmaktadır. Bu aşamada pozitif ve negatif feedback (geribesleme) teorileri ortaya çıkmaktadır. Negatif feedback kendi kendini düzenleyici (self regulating) olup, ısınmaya karşı tepki olarak küresel soğumaya neden olmaktadır. Pozitif feedback ise kendi kendini arttırıcı (self enhancing) olup, bu düzensiz durum sıcaklığın daha fazla artmasına neden olmaktadır. Bilim çevrelerince pozitif feedback teorisi büyük oranda kabul görmektedir. Bu nedenle iklim değişikliği fark edildiğinden bu yana uluslararası düzeyde önlemler alınmaya çalışılmıştır. Bilim insanları ilk olarak iklim değişikliğinin neden olduğu küresel ısınmanın olumsuz etkilerini tartışmak amacıyla 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü'nün (WMO) öncülüğünde düzenlenen Birinci Dünya İklim Konferansı'nda konunun önemini Dünya ülkelerine duyurmuşlardır. Daha sonra sera gazı salınımlarını azaltmak, araştırma ve teknoloji üzerinde işbirliği yapmak ve sera gazı yutaklarını korumaya teşvik etmek üzere Birleşmiş Milletler

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1994 yılında, içinde Türkiye'nin de bulunduğu 190 ülke tarafından imzalanmıştır. Sözleşme, sera gazı salınımlarının azaltılması için, ülkelere kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları göz önüne alınarak 'ortak fakat farklı sorumluluklar' yüklemiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) iklim değişikliği ile mücadelede temel bir basamak olmuştur. Ancak sera gazı salınımlarının tüm Dünya'da artmaya devam etmesi üzerine BMİDÇS'ne taraf ülkeler mevcut anlaşma ile ilintili, ancak ayrı bir belge niteliğindeki Protokolü 2,5 yıl süreyle müzakere etmişlerdir. Protokol, sözleşmenin 1997 yılında Kyoto'da yapılan 3. Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir.

Uluslararası düzeyde alınan kararlara ülkelerin ne kadar uyum göstereceği ve dolayısıyla sera gazlarının atmosferdeki artışının daha ne kadar devam edeceği bilinmemektedir. Yapılan çalışmaların küresel ısınmanın uzun yıllar devam edeceğini göstermesine rağmen, negatif feedback ve pozitif feedback teorilerinden hangisinin gerçekleşeceği de henüz tam olarak bilinmemektedir. Dünya, ısınmaya devam ederek öngörülen felaketleri yaşayabileceği gibi, negatif feedback mekanizmasıyla kendi dengesini yeniden bularak küresel sıcaklığı kontrol edebilir.

İklim değişikliği konusunda yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde küresel ölçekli kestirimlerde kullanılan Küresel Dolaşım Modelleri ile elde edilen sonuçların yeterli doğruluk düzeyinde olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle çalışmalarda elde edilen kestirimler farklılık göstermektedir. Ayrıca Küresel Dolaşım Modellerinin çözünürlükleri düşüktür ve bölgesel düzeydeki çalışmalar için yeterli değildir. Bu nedenle ülkesel veya bölgesel düzeydeki çalışmalarda RegCM gibi bölgesel modeller kullanılmıştır. Ancak bu bölgesel modellerde de GCM çıktıları girdi olarak kullanıldığı için tutarsız sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu bilgilerle modellerdeki aksaklıkların giderilmesi adına yapılacak çalışmalar doğru kestirimler yapabilmek için büyük önem arz etmektedir. Öte yandan modellerdeki aksaklıkların temel nedenini oluşturan veri temin etmede ve doğru veriye ulaşmadaki aksaklıklar giderilmeye çalışılmalıdır. Bu amaçla güvenilir verilere ulaşılabilen veri tabanlarının oluşturulması öncelikli ihtiyacıdır. Bu önlemlerin alınması doğrultusunda ise özellikle Türkiye'de çeşitli alanlarda iklim değişikliğinin etkilerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Ahrens, D. C., 1994. Meteorology Today, An Introduction to Weather, Climate and the Environment, Fifth Edition, West Publishing Company, USA.

- Aksay, C. S., Ketenöglü, O. ve Kurt, L., 2005. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi Sayı 25 29- 41.
- Altınsoy, H., 2009. Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği Çalışma Grubu. <http://www.climatechange.boun.edu.tr/hamza.html> (13.04.2011).
- Andrady, A., Aucamp, P. J. and Bais, A., 2008. Environmental Effects of Ozone Depletion and Its Interactions with Climate Change: Progress Report, 2008. Photochem Photobiol Sci 8: 13-22.
- Anonim 2007a. IPCC, Fourth Assessment Report, Working Group I report, Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Chapter 2: The Physical Science .
- Anonim 2007b. IPCC, Fourth Assessment Report, Working Group III report " Mitigation of climate change ". Chapter 8: Agriculture.
- Anonim, 2011. Türkiye İstatistik Kurumu, [http://www.tuik.gov.tr/ VeriBilgi.do?tb_id=10& ust_id=3](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=10&ust_id=3) (12.04.2011).
- Ausubel, J. and Biswas, A. K., 1980. Climatic constraints and Human Activities. IIASA proceedings Series, USA.
- Bayar, A. B. and Bahrend, H., 1994. Küresel Çevre Problemleri, Özkan matbaası, Ankara.
- Corosson, P., 1989. Climate Change and Mid-Latitudes Agriculture: Perspectives On Consequences and Policy Responses. Climatic Change, 15: 51-73.
- 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.
- 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.
- Flohn, H., 1980. Possible Climatic Consequences of a Man-Made Global Warming. International Institute For Applied Systems Analysis, pp. 35- 45, Austria.
- Goyal, R. K., 2004. Sensitivity of Evapotranspiration to Global Warming: A Case Study of Arid Zone of Rajasthan (India). Agricultural Water Management 69: 1-11.
- Gül, A., Topay, M. ve Özalın, O., 2009. Küresel Isınma Tehdidine Karşı Kent Ormanlarının Önemi. Ege Coğrafya Dergisi, 18/ (1- 2) , 31-47.
- Hahn, G. L., Klindinst P. L., and Wilhite, D. A., 1992. Climate Change Impacts on Livestock Production and Management. American Society of Agricultural Engineers, 14462, Agric. Res. Div., University of Nebraska.
- Harvey A., E. Matthews and D. Sarma 2010. The Global Methane Cycle. NASA Goddard Institute for Space Studies. <http://icp.giss.nasa.gov/education/methane/intro/cycle.html> (31.03.2011).
- Houghton, R. A., 2003. Why Are Estimates of The Terrestrial Carbon Balance So Different? Global Change Biology, v. 9, p. 500- 509.
- Kanber, R., Kapur, B., Ünlü, M., Tekin, S. ve Koç, D. L., 2008. İklim Değişiminin Tarımsal Üretim Sistemleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesine Yönelik Yeni Bir Yaklaşım: ICCAP Projesi. Ölçü Dergisi: Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada, TMMOB İstanbul İl Koordinasyon Kurulu, İstanbul, s. 44-49.
- Klindinst, 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.
- Kundzewicz, Z. W., Mata, L. J., Arnell, N. W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K. A., Oki, T., Sen, Z. and Shiklomanov, I. A., 2007. Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173- 210.

- Lal, R., 2006. Enhancing Crop Yields in The Developing Countries Through Restoration of The Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands. *Land Degradation and Development*, v. 17, p. 197- 209.
- Lewandowski, J. and Schimmelpfening, D. 1999. Economic Implications of Climate Change for U.S. Agriculture: Assessing Recent Evidence. *Land Economics*, Vol. 75, No. 1. pp. 39- 57.
- Mendelsohn, R., 1999. Climate Change, Agriculture, and Developing Countries: Does Adaptation Matter? *The World Bank Research Observer*. vol 14, no. 2, pp. 277- 93.
- Önol, B. ve Semazzi, F., 2006. " Regional Impact on Climate Change on Water Resources over Eastern Mediterranean: Euphrates-Tigris Basin", 18th Conference on Climate Variability and Change, The 86th AMS Meeting, USA.
- Öztürk, K. 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *G. Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1* 47- 65.
- Öztürk, T., 2009. Boğaziçi Üniversitesi İklim Değişikliği Çalışma Grubu. <http://www.climatechange.boun.edu.tr/tugba.html> (13.04.2011).
- Parsons, A., 1991. Biodiversity Conservation Under Global Climatic Change: The Insect *Drosophila* as a Biological Indicator? *Global Ecology and Biogeography Letters*, Vol. 1, No. 3 pp. 77- 83.
- Pathak, H. and Wassmann, R., 2007. Introducing Greenhouse Gas Mitigation as a Development Objective in Rice- Based Agriculture: I. Generation of Technical Coefficients. *Agricultural Systems* 94: 807– 825.
- Peden, D. B., Weber, R. B., Truckner, T. R. and Shea, K. M. 2008 *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* Volume 122, Issue 3, Pages 443-453.
- Pittock, A. B., 2005. *Climate Change Turning Up The Heat*, CSIRO Publishing, 63, Australia.
- Reilly, J. 1995. Climate Change and Global Agriculture: Recent Findings and Issues *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, No. 3. pp. 727- 733.
- Rubenstein, D. I. 1992. The Greenhouse Effect and Changes in Animal Behavior: Effects on Social Structure and Life-History Strategies. In *Global warming and Biological Diversity*. Yale University Press, Chapter 14, pp. 180- 192.
- Sağlam, N. E., Düzgüneş, E. ve Balık, İ., 2008. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi Cilt 25, Sayı (1):* 89– 94.
- Saunders, M. A., 1999. *Eart's Future Climate*. The Royal Society Astronomy and Earth Sciences pp. 3459- 3480.
- Schneider, S. H. 1989. The greenhouse effect: Science and policy. *Science* 243: 771- 81.
- Siqueira, O. J. F., Steinmetz, W.S., Salles, L. A. B. and Fernandes, J. M. 2001. Efeitos Potenciais das Mudanças Climáticas na Agricultura Brasileira e Estratégias Adaptativas Para Algumas Culturas. In: *Mudanças Climáticas Globais Agropecuaria Brasileira*, I., Jaguariuna, Proceedings. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente,. p. 33- 64.
- 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.
- Şahin, Ü., 2007. Türkiye İçin Geliştirilen Bir Örnek Acil Eylem Planı. *Yeşiller İklim Değişikliği Acil Eylem Planı*. www.yesiller.org.(03.02.2011).
- Şen, B., 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresi'nde İklim Değişikliğinin 1. Ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi*.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E, Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Yvonne, C., Barend, F., Erasmus, N., Siqueira, M. F., A., L., Hughes, L., Huntley, B., Jaarsveld, S. V., Midgley, G., F., Miles, L., Ortega-Huerta, M., A., Peterson, T., A., Phillips, O., L. and Williams, S., E., 2004. Extinction risk from climate change *Nature*, Vol 427 .
- Tinker, B. P., Ingram, J. S. I. and Sten, S., 1996. Effects of Slash-and-Burn Agriculture and Deforestation on Climate Change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 58(1996) 13- 22.
- Tol, R. S. J., 2001. Estimates of The Damage Costs of Climate Change. *Environmental and Resource Economics* 21: 47– 73, 2002.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G., 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, İstanbul Sanayi Odası, 7- 24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Vörosmary, C. J., Green, P., Salisbury, J. and Lammers, R. B., 2000. Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science* 289, 284.
- Wetherald, R. T. and Manabe, S., 1999. Detectability of Summer Dryness Caused by Greenhouse Warming. *Climatic Change*, 1999, Vol. 43, no. 3, pp. 459- 511
- Zoray, F. ve Pır, A., 2007. Küresel Isınma Problemi: Sebepleri, Sonuçlar, Çözüm Yolları. *Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul*.