

(*)*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 (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.*

KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE OLASI ETKİLERİ

Murat TÜRKEŞ, Utku M. SÜMER ve Gönül ÇETİNER
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZET

Fosil yakıtların yakılması, ormansızlaşma, arazi kullanımı değişiklikleri ve sanayi süreçleri ile atmosfere salınan sera gazlarının atmosferdeki birikimleri, sanayi devriminden beri hızla artmaktadır. Bu ise, doğal sera etkisini kuvvetlendirerek, şehirleşmenin de katkısı ile, dünyanın yüzey sıcaklıklarının artmasına neden olmaktadır. Yüzey sıcaklıklarında 19. yüzyılın sonlarında başlayan ısınma, 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşerek, hemen her yıl bir önceki yıla göre daha sıcak olmak üzere, küresel sıcaklık rekorları kırmıştır. Yüksek sıcaklık rekorunun en sonuncusu, 1998 yılında kırılmıştır. 1998, hem küresel ortalama hem de kuzey ve güney yarımkürelerin ortalamaları açısından, 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur.

Sera gazlarının ve aerosollerin etkilerini birlikte dikkate alan en duyarlı iklim modelleri, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında 2100 yılına kadar 1-3.5 C° arasında bir artış ve buna bağlı olarak deniz seviyesinde de 15-95 cm arasında bir yükselme olacağını öngörmektedir. İçerdiği tüm belirsizliklere karşın, küresel ısınmanın sürmesi durumunda, bazı bölgeler için ekstrem yüksek sıcaklıklar, taşkınlar, yaygın ve şiddetli kuraklık olayları, onların doğal bir sonucu olan çalılık ve orman yangınları ile insan sağlığını ve ekolojik sistemlerin işlevselliğini de içeren bazı ciddi potansiyel değişiklikler oldukça yüksek bir güvenilirlik düzeyinde öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sera gazları, sera etkisi, küresel ısınma, iklim değişikliği, öngörüler ve olası etkileri.

1. GİRİŞ

İklim sistemi, Yerküre'nin yaklaşık 4.5 milyar yıllık tarihi boyunca milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal olarak değişme eğilimi göstermiştir. Etkileri jeomorfolojik ve klimatolojik olarak iyi bilinen en son ve en önemli doğal iklim değişiklikleri, 4. Zaman'daki (Kuvaterner'deki) buzul ve buzularası dönemlerde oluşmuştur. Ancak 19. yüzyılın ortalarından beri, doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk kez insan etkinliklerinin de iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. Günümüzde iklim değişikliği, sera gazı birikimlerini arttıran insan etkinlikleri de dikkate alınarak tanımlanabilmektedir. Örneğin Birleşmiş Milletler **İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi**'nde (İDÇS), "Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" biçiminde tanımlanmıştır. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından ortaklaşa yürütülen **Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli**'nin (IPCC) İkinci Değerlendirme Raporu'nda (IPCC, 1996a), iklim sistemine ilişkin yeni bulgulardan yola çıkılarak, "Bulgu dengesinin, küresel iklim üzerinde belirgin bir insan etkisinin bulunduğunu gösterdiği" ve "İklimin geçen yüzyıl boyunca değiştiği" vurgulanmıştır. Bu çarpıcı bulgu, İDÇS'nin Temmuz 1996'da

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.

yapılan 2. Taraflar Konferansı’nda büyük bir ilgi görmüş ve toplantı sonunda yayınlanan **Cenevre Bakanlar Bildirgesi** aracılığıyla da dünyaya duyurulmuştur (UN/FCCC, 1996).

Bu bildiriye, iklim değişikliğine ilişkin olarak kamuoyunda sıkça gündeme gelen konuları ve bunlara ilişkin bazı soruların yanıtlarını, küresel değerlendirmeler ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nde sürdürdüğümüz iklim değişikliği ve değişebilirliği araştırmalarının sonuçlarından yararlanarak sunmak amaçlanmıştır.

2. HAVA, İKLİM VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

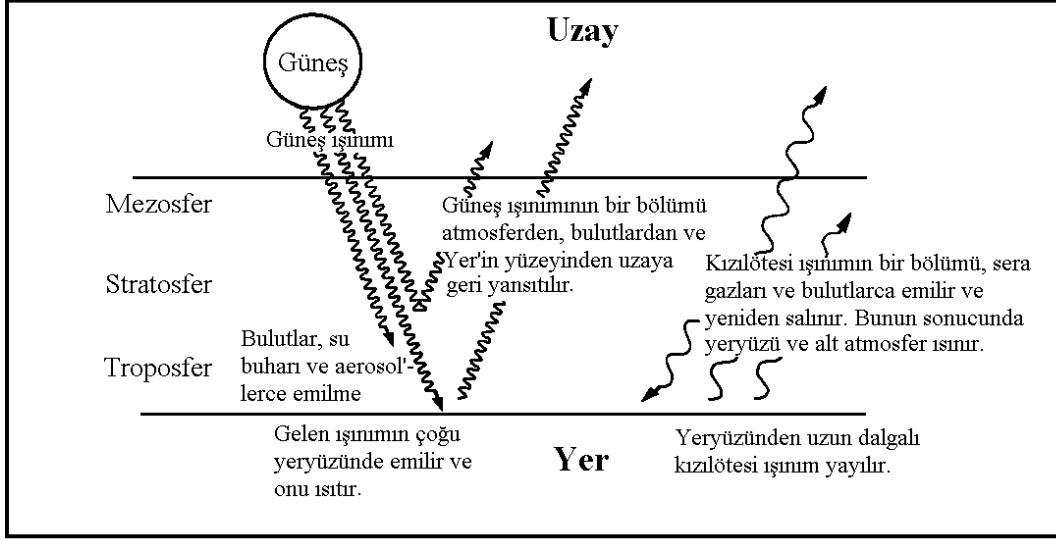
Ulusal meteoroloji kuruluşlarında, güneşlenme, bulutluluk, hava, deniz yüzeyi ve toprak sıcaklığı, yağmur, kar, dolu, şimşek ve fırtına gibi iklim elemanları ve atmosfer olayları, iklim bilimsel (klimatolojik) amaçlar için düzenli olarak kaydedilir. İklim bilimcilere göre, atmosferdeki değişebilen süreçlere bağlı olan hava, yeryüzünün herhangi bir yerindeki ve herhangi bir andaki atmosferik olayların tümüdür. İnsan etkinliklerinin çok büyük bir bölümü, hava olaylarına bağlıdır ve ondan etkilenir. Bu yüzden, hava olaylarının kısa süreli öngörülerinin yapılması, insan yaşamı için önemli kabul edilmektedir. Bu da, atmosfere (hava küreye) ilişkin bilgilerin oldukça kesin bir doğrulukla bilinmesine bağlıdır.

Tüm atmosfer olayları, süreçleri ve iklim, belirli bir zaman süresi ile tanımlanabilmektedir: Bir rüzgar hamlesi (rüzgar hızındaki ani artışlar) birkaç saniye sürebilir; bir kümülüs bulutu, birkaç saat içinde gelişip yok olabilir; alçak basınçlar (siklonlar) ve onlara bağlı kötü hava koşulları, birkaç günden on güne kadar etkili olabilir; yüksek basınçlara (antisiklonlara) bağlı iyi hava devreleri, haftalar ve kuraklık olayları aylarca sürebilir. Buzulların eriyip geri çekilmesine yol açan sıcaklık değişimleri, onlarca/yüzlerce; buzul ve buzul arası çağlar binlerce yıl sürebilir.

Hava olaylarından yalnız birini tanımlamak ve anlamak için gerekli olan gözlem süresi, bu hava durumunun ya da sürecinin kendine özgü oluşum zamanı kadar olmalıdır. Pencereden dışarıya bir bakış, bize, havanın o anda yağışlı (ya da güneşli) olup olmadığı hakkında genel bir düşünce verebilir. Buna karşılık, onun nemli (ya da kurak) bir yaz (ya da kış) olup olmadığını söylemez. Bu yüzden iklim, “Yeryüzünün herhangi bir yerinde uzun yıllar boyunca yaşanan ya da gözlenen tüm hava koşullarının ortalama durumu” olarak tanımlanmaktadır. Şüphesiz, iklim tanımı, aşırı olayları, sıklık dağılımlarını, olasılıkları ve değişkenliği de içermek zorundadır. Bu yüzden son yıllarda iklimi tanımlarken, ‘hava olaylarının ya da koşullarının ortalama durumu’ yerine “Hava olaylarının, atmosferik süreçlerin ve iklim elemanlarının değişkenlikleri, uç oluşumları ve ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen sentezi (bireşimi)” yaklaşımı seçilmektedir (Türkeş, 1997a).

Bir bölgenin iklimi, birkaç saniyeden (şimşek, gök gürültüsü, sağanak yağış, vb.) birkaç haftaya (yüksek basınç kuşakları) uzanan bir zaman ölçeğine sahip olan havadan farklıdır. Başka sözlerle, hava ve iklim arasındaki en önemli ayrım, ‘zaman’dır: Kısa süreli atmosfer koşulları ve süreçleri, hava olarak nitelendirilir. Bunların uzun süreli olanları, iklimdeki gibi dönemsel bir doğaya sahiptir.

Çok genel bir yaklaşımla, iklim değişikliği, “Nedeni ne olursa olsun iklim koşullarındaki büyük ölçekli (küresel) ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler ” biçiminde tanımlanabilir (Türkeş, 1997a). İklimdeki değişiklikler, buzul ve buzularası çağlar arasında, dünyanın çeşitli bölgelerinde ortalama sıcaklıklarda oluşan büyük değişiklikler şeklinde ortaya çıktığı gibi, yağış değişimlerini de içermektedir. Bugünkü bilgilerimize göre, Yerküre’in çok uzun jeolojik tarihi boyunca iklim sisteminde doğal yollarla birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler oluşturmuştur.



Şekil 1 . Sera etkisinin şematik gösterimi (WHO, 1996'ya göre Türkeş ve arkadaşları, 1999a).

3. KÜRESEL İKLİMDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİ YÖNLENDİREN KUVVETLER

3.1. Sera Etkisi

Yeryüzündeki tüm yaşam biçimleri için vazgeçilmez bir ortam olan atmosfer, birçok gazın karışımından oluşmaktadır. Atmosferi oluşturan ana gazlar, azot (% 78.08) ve oksijendir (% 20.95). Daha küçük bir tutara sahip olmakla birlikte, üçüncü önemli gaz karbondioksittir (% 0.93). Atmosferdeki birikimleri çok az olan çok sayıdaki öteki gazlar ise, atmosferin kalan bölümünü oluşturur.

İklim sistemi için önemli olan doğal etmenlerin başında sera etkisi gelmektedir. Bitki seraları kısa dalgalı güneş ışınımını geçirmekte, buna karşılık uzun dalgalı yer (termik) ışınımının büyük bölümünün kaçmasına engel olmaktadır. Sera içinde tutulan termik ışınım seranın ısınmasını sağlayarak, hassas ya da ticari değeri bulunan bitkiler için uygun bir yetiştirme ortamı oluşturmaktadır. Atmosfer de benzer bir davranış sergilemektedir. Sera etkisi sadeleştirilerek açıklanabilir: Bulutsuz ve açık bir havada, kısa dalgalı güneş ışınımının önemli bir bölümü atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve orada emilir. Ancak, Yerküre'nin sıcak yüzeyinden salınan uzun dalgalı yer ışınımının bir bölümü, uzaya kaçmadan önce atmosferin yukarı seviyelerinde bulunan çok sayıdaki ışınımsal olarak etkin eser gazlar (sera gazları) tarafından emilir ve sonra tekrar salınır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı (H₂O) olmak üzere, karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve troposfer ile stratosferde (troposferin üzerindeki atmosfer bölümü) bulunan ozon (O₃) gazlarıdır. Ortalama koşullarda, uzaya kaçan uzun dalgalı yer ışınımı gelen Güneş ışınımı ile dengede olduğu için, Yerküre/atmosfer birleşik sistemi, sera gazlarının bulunmadığı bir ortamda olabileceğinden daha sıcak olacaktır. Atmosferdeki gazların gelen Güneş ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az geçirgen olması nedeniyle Yerküre'nin beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç **sera etkisi** olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1).

Ortalama koşullarda, Yerküre/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınımı dengededir. Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki bu dengeyi ya

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.

da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve deniz arasındaki dağılımını değiştiren herhangi bir etmen, iklimi de etkileyebilir. Yerküre/atmosfer sisteminin enerji dengesindeki herhangi bir değişiklik **ışınımsal zorlama** olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 1. İnsan etkinliklerinden etkilenen önemli sera gazlarına ilişkin özet bilgiler. (IPCC 1992 ve 1996a'ya göre yeniden düzenlenmiştir).

Sera gazları (atmosferik birikim)	CO ₂ (ppmv)	CH ₄ (ppbv)	N ₂ O (ppbv)	CFC11 (pptv)
Sanayi öncesi(1750-1800)	~280	~700	~275	0
Günümüzde (1994)	358	1720	312	268 ⁽¹⁾
Yıllık değişim (birikim)	1.5	10	0.8	0
Yıllık değişim (yüzde) ⁽²⁾	0.4	0.6	0.25	0
Atmosferik ömrü (yıl)	50-200 ⁽³⁾	12	120	50

ppmv = hacim olarak milyonda kısım; ppbv = hacim olarak milyarda kısım; pptv = hacim olarak trilyonda kısım.

⁽¹⁾ 1992-93 verilerinden tahmini olarak;

⁽²⁾ CO₂, CH₄ ve N₂O'nun büyüme oranları, 1984'ten sonraki dönemin ortalamasına dayanmaktadır;

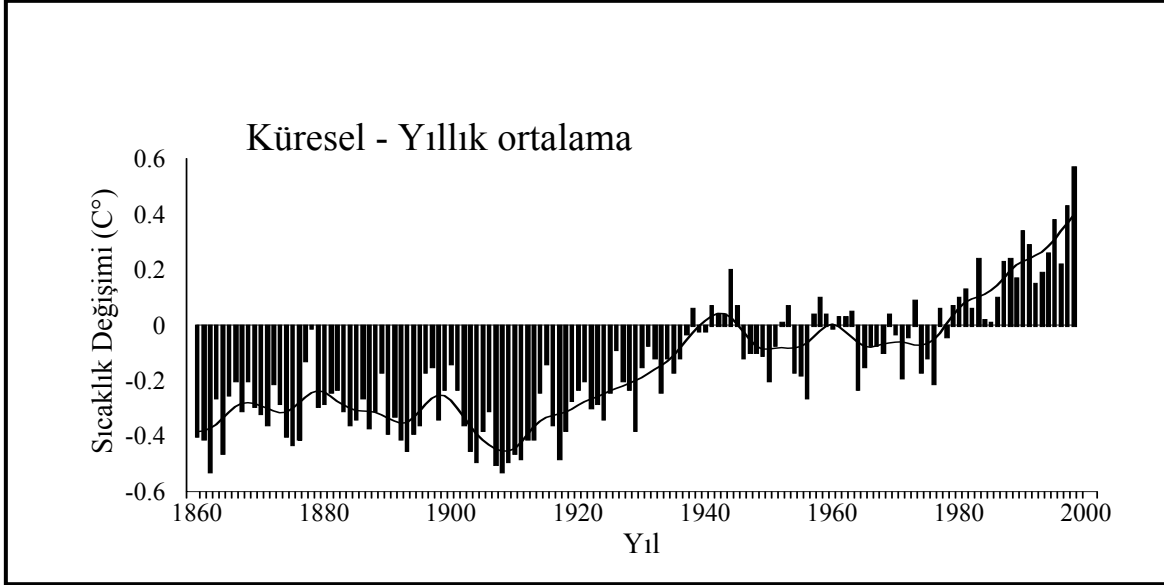
⁽³⁾ CO₂'nin okyanuslar ve biyosfer gibi yutaklarca ve çeşitli yutak süreçlerince farklı oranlarda emilmesi ve bu süreçlerin karmaşık olması nedeniyle, IPCC raporlarında CO₂'nin atmosferik ömrü için tek bir değer verilmemiştir.

3.2. Sera Gazı Birikimlerindeki Değişimlerin Boyutları

Atmosferdeki antropojen (insan kaynaklı) sera gazı birikimlerinde sanayi devriminden beri gözlenen artış sürmektedir (Çizelge 1). CO₂, CH₄ ve N₂O birikimleri, yaklaşık 1750 yılından beri, sırasıyla % 30, % 145 ve % 15 oranlarında artmıştır. CO₂ emisyonlarındaki (salımlarındaki) insan kaynaklı artışların şimdiki hızıyla sürdürülmesi durumunda, sanayi öncesi dönemde yaklaşık 280 ppmv, 1994'de 358 ppmv olan CO₂ birikiminin 21. yüzyılın sonuna kadar 500 ppmv'ye ulaşacağı öngörülmektedir (IPCC, 1996a). Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, Yerküre'nin uzun dalgalı ısınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, Yerküre'yi daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışımsal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır. Yer/atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, **artan ya da kuvvetlenen sera etkisi** olarak adlandırılır. Bu ise, Yerküre atmosferindeki doğal sera gazları (H₂O, CO₂, CH₄, N₂O ve O₃) yardımıyla yüz milyonlarca yıldan beri çalışmakta olan bir etkinin, bir başka sözle doğal sera etkisinin kuvvetlenmesi anlamını taşımaktadır. Artan sera etkisinden kaynaklanabilecek bir küresel ısınmanın büyüklüğü, her sera gazının birikimindeki artışın boyutuna, bu gazların ışımsal özelliklerine, atmosferik yaşam sürelerine ve atmosferdeki varlıkları sürmekte olan öteki sera gazlarının birikimlerine bağlıdır.

3.3. Sülfat Parçacıklarının Küresel İklim Üzerindeki Etkileri

Troposferdeki insan kaynaklı aerosoller (uçucu küçük parçacıklar) ve özellikle fosil yakıtların yanmasından çıkan kükürtdioksit (SO₂) kaynaklı sülfat parçacıkları, Güneş ışınımını yeryüzüne ulaşmadan tutar ve uzaya yansıtır. Uçucu parçacık birikimlerindeki değişiklikler, bulut tutarını ve bulutun yansıtma özelliğini değiştirebilir. Genel olarak, troposferdeki parçacıklarda gözlenen artışlar, iklimi soğutma eğilimindeki bir negatif ışımsal zorlama oluştururlar. Sera gazlarının yaşam süreleri on yıllardan yüzyıllara değişmekte (Çizelge 1), buna karşılık uçucu parçacıkların yaşam süreleri birkaç gün ile birkaç hafta arasında kalmaktadır. Bu yüzden onların atmosferdeki birikimleri, salımlardaki değişikliklere çok daha hızlı bir biçimde yanıt verebilmektedir. Öte yandan, volkanik etkinlikler sonucunda salınan kül parçacıkları da, yeryüzünün ve troposferin soğumasına neden olabilmektedir.



Şekil 2. 1961-1990 dönemi ortalamalarından farklara göre hesaplanan küresel yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerinin 1860-1998 dönemindeki değişimleri. CRU/UEA (1999)'nın aylık ortalama verileri temel alınarak yeniden çizilmiş ve yıllık sıcaklık anomalilerindeki yıldan yıla değişimler, 13 noktalı binom süzgeci ile düzgünleştirilmiştir.

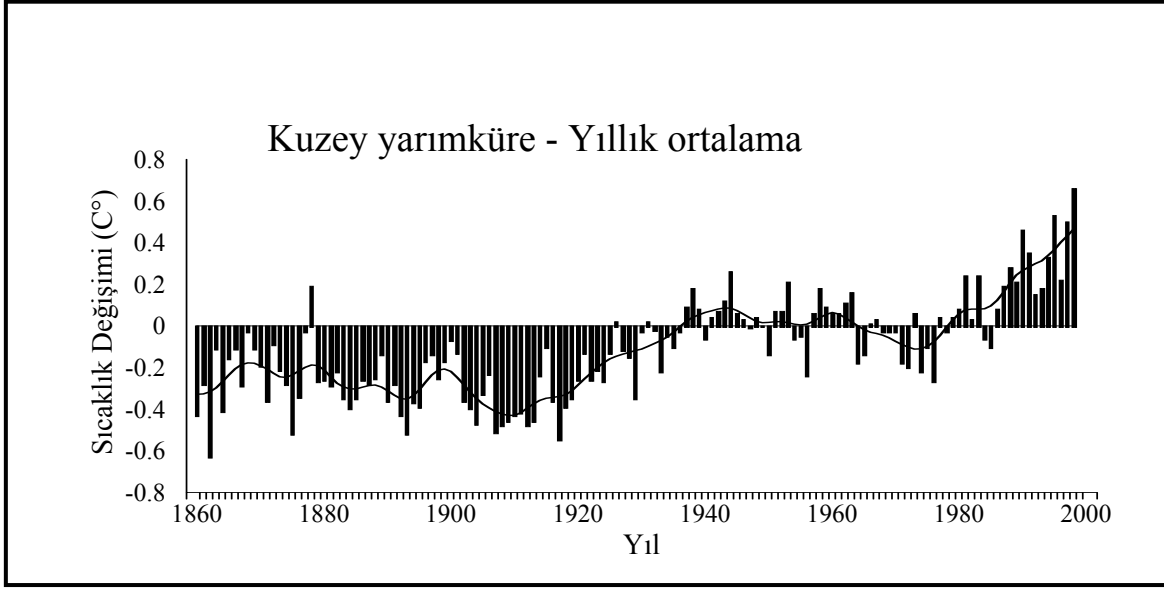
3.4. Güneş Işınımındaki Değişiklikler

Güneş enerjisindeki doğrudan değişiklikler, oldukça iyi bilinen 11 yıllık döngülerle ve daha uzun süreli değişimlerle gerçekleşmektedir. 11 yıllık güneş döngülerindeki değişimlerin katkısının, % 0.1 gibi küçük bir oranda olduğu öngörülmektedir. Yerküre'nin ekseninde on yıllardan bin yıllara değişen bir zaman ölçeğinde gerçekleşen yavaş değişim ise, Güneş ışınımının zamansal (mevsimlik) ve kuşaksal (enlemler boyunca) değişikliklerini yine uzun bir zaman ölçeğinde yönlendirir. Sözü edilen bu değişiklikler, Kuvaterner'deki buzul çağlarında olduğu gibi, Yerküre'nin jeolojik geçmişindeki iklim değişimlerinin oluşmasında ve kontrolünde önemli bir görev üstlenmiştir.

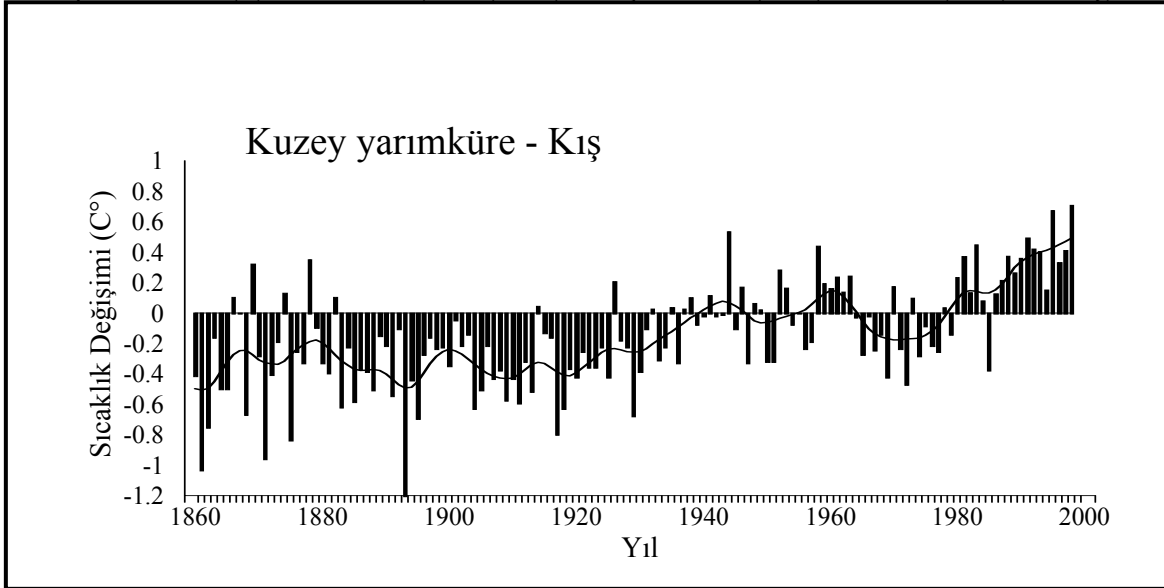
4. İKLİM SİSTEMİNDE GÖZLENEN UZUN SÜRELİ DEĞİŞİMLER

4.1. Küresel Sıcaklıklar 1998'de Nasıl Değişmiştir ?

Atmosferdeki birikimleri artmaya devam eden sera gazları nedeniyle kuvvetlenen sera etkisinin oluşturduğu küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirginleşmiş ve 1990'lı yıllarda en yüksek değerlerine ulaşmıştır (Şekil 2). 1998 yılı, hem kuzey ve güney yarımküreler için hem de küresel olarak hesaplanan yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları dikkate alındığında, güvenilir aletli gözlemlerin başladığı 1860 yılından beri yaşanan en sıcak yıl olmuştur. Başka sözlerle, küresel ısınma 1998 yılında, hem küresel hem de yarımküresel olarak yeni bir yüksek sıcaklık rekoru daha kırmıştır. 1961-1990 klimatolojik normal (ortalaması) ile karşılaştırıldığında, ki bu dönemin kendisi de sıcak bir devreye karşılık gelmektedir, 1998'de Yerküre'nin yüzeye yakın yıllık ortalama sıcaklığının normalden 0.57 C° daha sıcak olduğu hesaplanmıştır (WMO, 1999). Bundan önceki en sıcak yıl ise, 1997 idi (WMO, 1998).



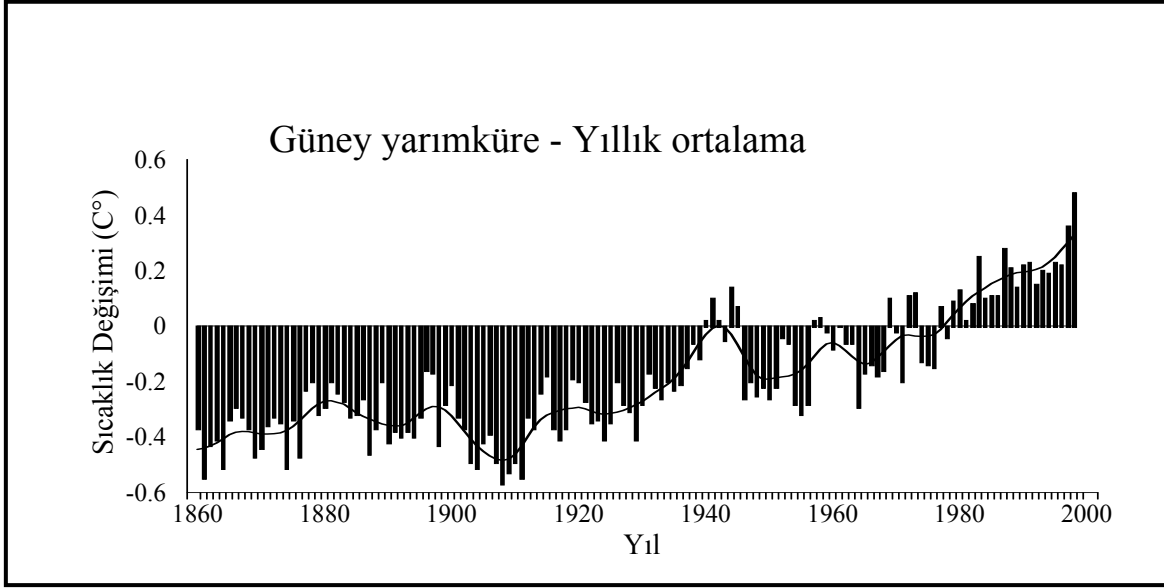
Şekil 3. Kuzey yarımkürenin yıllık (üstte) ve kış mevsimi (altta) ortalama yüzey sıcaklığı



anomalilerindeki değişimler (açıklamalar Şekil 2'deki gibidir).

4.2. Küresel Sıcaklıklardaki Değişme Eğilimleri Hangi Boyutlardadır ?

Bu bölüm Türkeş (2000)'den yararlanılarak hazırlanmıştır. Türkeş (2000), İngiltere'deki East Anglia Üniversitesi Çevre Bilimleri Fakültesi'nin İklim Araştırma Birimi'nce yayınlanan aylık ortalama verileri (CRU/UEA, 1999) çözümleyerek gerçekleştirdiği çalışmasında, tüm dizilerde önemli ısınma eğilimleri bulunduğunu göstermiştir. Küresel sıcaklıklardaki uzun süreli eğilimleri ve değişim oranlarını incelemek için, küresel ve yarımküresel yıllık ve mevsimlik ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerine (1961-1990 normalinden farklarına), en küçük kareler doğrusal regresyon yöntemi ve 13 noktalı binom süzgeci uygulanmıştır. Dizilerdeki uzun süreli ve 10³ ar yıllık (her 10 yıldaki) ısınma oranları ise, 13 yıllık binom süzgecine göre hesaplanan doğrusal olmayan eğilimler temel alınarak verilmiştir. Türkeş (2000)'e göre, 1860'dan 1998'e kadar yıl yıl ve zaman dizisi yöntemleri ile incelenen küresel sıcaklık anomalisi dizileri için aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:



Şekil 4. Güney yarımkürenin yıllık ortalama yüzey sıcaklığı anomalilerindeki değişimler (açıklamalar Şekil 2'deki gibidir).

- 1998'de normalden 0.57 C° daha sıcak olan küresel ortalama yüzey sıcaklığı, uzun süreli kayıttaki en sıcak yıldır;
- İkinci en sıcak yıl, 1997'dir ve en sıcak 10 yılın yedisi 1990'larda oluşmuştur;
- 1998 yılı, küresel yıllık ortalama sıcaklığın 1961-1990 normalinden yüksek olduğu 20'inci ardışık yıldır;
- Küresel yıllık ortalama sıcaklık, 1900'dan 1998 yılına kadar yaklaşık 0.7 C° artmıştır. Sıcaklık artış oranı, her 10 yılda yaklaşık 0.07 C° olmuştur (Şekil 2);
- Küresel yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklıklar, 1979-1998 döneminde, bundan önceki herhangi bir 20 yıllık dönemdekinden daha yüksek bir hızla artmıştır;
- 20 yüzyılın son bölümünde, birkaç ender La Niña olayı (tropikal orta ve doğu Pasifik'teki soğuk koşullar) dışında, çoğunlukla kuvvetli El Niño olayları (tropikal orta ve doğu Pasifik'teki sıcak koşullar) etkili olmuştur. Özellikle 1997 ve 1998 yıllarındaki rekor düzeydeki yüksek sıcaklıkların oluşmasında, 1997/98 kuvvetli El Niño olayının katkısının önemli olduğu kabul edilmektedir.

Kuzey ve güney yarımkürelerin ortalama yüzey sıcaklıklarındaki değişimler ise, aşağıda verilmiştir:

- 1998'de kuzey yarımkürenin yıllık ortalama yüzey sıcaklığı normalden 0.66 C° , ilkbahar sıcaklığı 0.64 C° , yaz sıcaklığı 0.55 C° , sonbahar sıcaklığı 0.49 C° ve kış sıcaklığı 0.71 C° daha sıcaktır;
- 1998'de kuzey yarımkürede sıcaklık anomalisinin en yüksek olduğu mevsim kıştır;
- 1998'in yıllık ve mevsimlik sıcaklık anomalileri, sonbahar dışında, uzun süreli kayıtlarda o yıla kadar rastlanan en yüksek (sıcak) değerlerdir. Başka sözlerle, güney yarımkürenin yüksek sıcaklık rekorları da, sonbahar dışında, 1998 yılında kırılmıştır;
- Kuzey yarımkürede ortalama sıcaklıklar, her 10 yılda yıllık sıcaklıklarda yaklaşık 0.07 C° , kış sıcaklıklarında ise 0.074 C° artış eğilimi göstermiştir (Şekil 3);
- Güney yarımkürede, uzun süreli kayıttaki en sıcak yıl, $+0.48\text{ C}^\circ$ 'lik anomali değeri ile, yine 1998'dir. Bundan önceki en sıcak yıl ise 1997 idi;
- Güney yarımkürede de yıllık ortalama sıcaklıklar, geçen yüzyılda yaklaşık 0.65 C° artmış, 10'ar yıllık artış oranı ise 0.066 C° olmuştur (Şekil 4);

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.

- (g) Küresel ortalama sıcaklıklarda olduğu gibi, kuzey ve güney yarımkürelerde de yıllık ve mevsimlik ortalama sıcaklıklar, son 20 yılda bundan önceki herhangi bir 20 yıllık dönemdekinden daha yüksek bir hızla artmıştır.

4.3. Son Yıllardaki Isınmaya El Niño'nun Katkısı Oldu mu?

Bazı yıllarda kesintiye uğramakla birlikte, 1990'larda başlayan ve 1998'in ilk yarısında da etkili olan ısrarlı El Niño (sıcak) olayı, tropikal orta ve doğu Pasifik Okyanusu'nda deniz yüzeyi sıcaklıklarının normalden 2-5 C° daha yüksek olmasına neden olmuştur. 1998'in ilk yarısında etkili olan kuvvetli El Niño olayı döneminde, tropikal orta ve doğu Pasifik'in yanı sıra, Hint Okyanusu'nun batı ve orta bölümlerinde de beklenmedik düzeyde bir ısınma kaydedilmiştir. 1998 yılının ilk yarısında ekvatorial doğu Pasifik'te normalden 2-5 C° daha sıcak olan deniz yüzeyi sıcaklığı, La Niña'nın etkili olmaya başlamasıyla yılın sonunda normaline göre 1-2 C° soğumuştur. 1998'de küresel iklim sistemi Güneyli Salınım'ın hem sıcak (El Niño) hem de soğuk (La Niña) uç olaylarından etkilenmiştir. Buna karşın, El Niño olayı, bundan önceki küresel rekor yılı olan 1997'de olduğu gibi, 1998'de de küresel rekor ısınmaya katkıda bulunan ana etmen olarak kabul edilmektedir (WMO, 1999).

4.4. Küresel Isınma Alanda ve Zamanda Farklılık Gösteriyor mu?

Gerçekte, küresel ortalama yüzey sıcaklığında gözlenen ısınma eğilimi, dünya üzerinde eşit bir coğrafi dağılım göstermemiştir; bölgesel farklılıklar belirgindir. Uzun süreli ısınma eğilimi, 40 °K ve 70 °K enlemleri arasındaki anakaralarda en fazladır. Buna karşılık, Atlas Okyanusu'nun kuzeyinde, Doğu Akdeniz ve Karadeniz havzaları ile Türkiye'de, özellikle son 20 yıllık dönemde, ortalama yüzey sıcaklıklarında bir soğuma eğilimi egemen olmuştur (Türkeş, 1995a; Türkeş ve arkadaşları, 1995; UKMO, 1995; Kadioğlu, 1997). Atlas Okyanusu'nun kuzeyi ile Doğu Akdeniz ve Karadeniz havzalarında gözlenen bu bölgesel soğumanın, genel olarak bu bölgeler üzerindeki uçucu parçacık birikimindeki artışla ilişkili olabileceği öngörülmektedir. Bu bölgeler üzerindeki parçacık yoğunluğunun 21. yüzyılda da süreceği, ancak uzun dönemde artan sera etkisinin sıcaklıklar üzerindeki pozitif katkısının sülfat parçacıklarının negatif katkısını bastıracağı öngörülmektedir (UKMO, 1995). Bu yüzden, Türkiye ile bu bölgelerin de gelecek yüzyılda ısınacağı, ama bu ısınmanın öteki bölgelere göre daha az olacağı beklenmektedir.

Bunun dışında, son 35-40 yıllık dönemde çoğunlukla dünyanın büyük kentlerinde olduğu gibi, Türkiye'de de, özellikle hava kirliliğinin, hızlı nüfus artışının ve yoğun bir yapılaşmanın yaşandığı büyük kentlerde, genel olarak gece sıcaklıklarında bir ısınma, gündüz sıcaklıklarında bir soğuma ve günlük sıcaklık genişliğinde ise bir azalma eğilimi gözlenmektedir (Türkeş ve arkadaşları, 1996; Karaca ve arkadaşları, 1995; Erhat, 1999). Bu eğilimler, özellikle bulutluluğun az olduğu sıcak ve kurak yaz mevsiminde belirgindir.

4.5. Yirminci Yüzyıldaki Isınma Olağan mı?

20. yüzyılda gözlenen ısınmanın, iklim sistemindeki doğal değişebilirliğin bir parçası ya da insan kaynaklı ısınımın zorlamaya bir yanıt olup olmadığı sorusunun yanıtı, ilgili zaman ölçekleri üzerinde iklimsel değişebilirliğin boyutlarına ilişkin bilgiler kullanılarak verilebilir. Kuzey Yarımküre'nin yaz mevsimi ortalamaları dikkate alındığında, geçtiğimiz son 20-30 yıl en azından 1400 yılından günümüze kadarki dönemde karşılaşılan en sıcak yıllar olarak gözükmektedir (IPCC, 1996a). Dünyanın çeşitli yerlerinden alınan derin buz örneklerinden derlenen veriler, 20. yüzyıldaki ısınmanın en azından son 600 yıllık dönemin herhangi bir yüzyılında oluşan ısınma kadar olduğunu ortaya koymaktadır.

İklimdeki hızlı ve geniş alanlı değişiklikler, Kuvaterner'in Würm olarak adlandırılan son buzul çağı boyunca (20 000-100 000 yıl önce) ve içinde bulunduğu kabul edilen buzularası

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.

döneme (son 10 000 yıl, Holosen) geçişte oluşmuştur. En azından Gröndland'da ve Atlas Okyanusu'nun kuzey bölümünde, yıllık ortalama sıcaklıklarda yüzlerce yılda yaklaşık 5 C°'ye ulaşan değişiklikler gerçekleşmiştir. Bu değişiklikler, olasılıkla okyanus dolaşımındaki değişikliklerle ilişkilidir. İklimdeki bu hızlı değişimler, iklimin iç ya da dış kuvvetlere ve etmenlere karşı oldukça duyarlı olabildiğini göstermektedir. Sıcaklıklar Holosen boyunca, buzul çağlarına göre daha az değişkenlik göstermiştir. Henüz tamamlanmamış verilere ve delillere göre, küresel ortalama sıcaklıkların Holosen'deki herhangi bir yüzyılda 1 C°'den daha fazla değişmiş olması olası görülmemektedir.

4.6. İklim Kuraklaştı mı?

Yağışlar, genel olarak Kuzey Yarımküre'nin yüksek enlemlerindeki kara alanlarında, özellikle de soğuk mevsimde bir artış göstermiştir. Buna karşılık, 1960'lı yıllardan sonra Afrika'dan Endonezya'ya uzanan subtropikal ve tropikal kuşaklar üzerindeki yağışlarda ani bir azalma gözlenmiştir. Bu değişiklikler, akarsularda, göl seviyelerinde ve toprak neminde de gözlemlendi. Subtropikal kuşakta ve özellikle Afrika'nın Sahel bölgesinde 1960'lı yıllarda başlayan şiddetli kuraklıklar, on binlerce insanın göç etmesine ve milyonlarca hayvanın ölümüne neden oldu. Subtropikal kuşak yağışlarındaki ani azalma, 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de de etkili olmaya başladı (Türkeş, 1996a ve 1998a). Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların ortası arasındaki yaklaşık 20-25 yıldaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir. Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1989 ve 1990 yıllarında oluşmuştur (Türkeş, 1996b). Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında, 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların ortası arasında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede etkili olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azalma ile yer ve üst atmosfer seviyelerindeki yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir (Türkeş, 1998a). Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında, yazın daha belirgin olmak üzere, bir artış eğilimi gözlenmektedir.

4.7. Deniz ve Kıta Buzullarında Değişiklik Oldu mu?

Deniz buzları, kışın kuzey kutup bölgesinde yaklaşık 15 milyon km²'lik bir alanı; erime mevsimi olan yaz sonunda ise, yaklaşık 7 milyon km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Parkinson ve arkadaşları, 2000). Bu geniş buz örtüsü, rüzgarlar, akıntılar ve dalgalarla birlikte hareket eder. Bu sırada, okyanus ve atmosfer arasındaki ısı değişimini sınırlandırır; üzerine düşen Güneş ışınımının çoğunu uzaya geri yansıtır; soğuk ve görel olarak tatlı su kütlelerini ekvatora taşır ve etkileri dünya ölçeğinde hissedilmek üzere altında bulunan okyanus sularını etkiler. Bu yüzden, buz örtüsü, iklim sistemini bütünlükten temel bileşenlerden biri olarak değerlendirilmelidir.

1978'den beri sürdürülmekte olan uydu gözlemleri, Arktik deniz buzunun alansal yayılışında her 10 yılda ortalama % 2.7 oranında bir azalma olduğunu göstermiştir (Parkinson ve arkadaşları, 2000). 1998 yılına kadar olan dönemdeki en büyük azalma oranı, Okhotsk ve Japon denizleri ile Kara ve Barents denizlerinde oluşmuştur. Aynı dönemde, Bering Denizi'nde ise, deniz buzunun kapladığı alanda bir artış gözlenmiştir. Kuzey yarımkürede Alpin dağ buzullarında da, hem alansal (buzulların geri çekilmesi) hem de hacimsel bir azalmanın varlığı, geçen yüzyılın başından beri sürmektedir.

Deniz buzunun oluşum mevsimindeki kısılma ve daha az deniz buzulu örtüsüne yönelik eğilimlerin sürmesi durumunda, bunun hem polar ve belki de küresel iklime, hem de ender ve hassas Arktik bitki ve hayvan türlerinin yaşam tarzları ve yaşamlarını sürdürebilmeleri üzerinde önemli etkileri olabilecektir. Küresel ısınma, Arktik deniz buzundaki alansal azalmaya neden olan

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.

temel etmenlerden birisi olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden, küresel ısınma sürdükçe, Arktik deniz buzu örtüsünün daha da geri çekilmesi ve daralması beklenmelidir.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Deniz Kuvvetleri nükleer deniz altılarının elde ettiği 'sonar' verilerine göre, Arktik (Kuzey Buz) Denizi'ndeki deniz buzlarının kalınlıklarında da, geçen 20-30 yıllık dönemde belirgin bir azalma olmuştur. Gözlenen inceleme yaklaşık 2 m ile 3 m arasında değişmektedir. Deniz buzu örtüsündeki inceleme, Kuzey Buz Denizi'nin Avrasya yönündeki doğu bölümünde, Alaska ve Kanada takımadaları yönündeki batı bölümünden daha fazladır.

Arktik buzul örtüsünün (deniz buzu ve buzul kalkanı) coğrafi yayılışındaki ve kalınlığındaki azalmanın, deniz seviyesinin yükselmesi, genel okyanus ve atmosfer dolaşımının değişmesi, vb. gibi insan yaşamını, ekolojik ortamı ve iklim sistemini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyebilecek başka birincil ve ikincil etmenlere de neden olabileceği beklenmelidir.

4.8. Deniz Seviyesi Yükseldi mi?

Gel-git ve deniz seviyesi ölçüm kayıtlarına göre, küresel ortalama deniz seviyesi 19. yüzyılın sonundan günümüze kadar geçen yüzyıl süresince yaklaşık 10-25 cm kadar yükselmiştir (IPCC, 1996a). Deniz seviyesi yükselmesinin belirlenmesinde karşılaşılan ana belirsizlik, düşey yönlü yerkabuğu hareketlerinin gel-git ölçerleriyle yapılan deniz seviyesi ölçümlerinin üzerindeki etkisidir. Uzun süreli düşey arazi hareketlerinin etkileri giderildiğinde, okyanus sularının hacminin artmakta olduğu ve deniz seviyesinde yukarıda verilen oranlar arasında bir artışa yol açtığı bulunmuştur.

Küresel deniz seviyesindeki bu yükselmenin önemli bir bölümünün, küresel ortalama sıcaklıkta aynı dönemde gözlenen artışla ilişkili olduğu öngörülmektedir. Yine aynı dönem boyunca, ortalama sıcaklıklardaki ısınma ve bunun sonucunda okyanuslarda oluşan termal genişleme, deniz seviyesinde gözlenen yükselmenin 2-7 cm'lik bölümüne karşılık gelirken; dağ buzullarındaki ve örtü buzullarındaki erime, yükselmenin 2-5 cm'sini oluşturmuştur (IPCC, 1996a). Öteki etmenlerin katkısını belirlemek daha zordur. Yüzey ve yeraltı suyu birikimindeki değişiklikler, deniz seviyesinde geçen yüzyıl boyunca küçük bir değişikliğe neden olmuş olabilir.

4.9. Meteorolojik ve Hidrolojik Doğal Afetlerde Değişiklik Gözlendi mi?

Küresel ısınmanın etkileri, buzulların erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklerle sınırlı değildir. Küresel ısınmanın sürmesi durumunda, aşırı hava olayları (şiddetli fırtınalar, kuvvetli yağışlar ve fırtına kabarmaları) gibi meteorolojik, bu olaylara bağlı olarak oluşan taşkımlar ve seller gibi hidrolojik ve uzun süreli kuraklık olayları ve çölleşme süreçleri gibi klimatolojik kökenli doğal afetlerin şiddetinde, sıklığında ve etkinlik alanında önemli artışların olabileceği beklenmektedir.

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.

Küresel sıcaklıklarda, özellikle 1980'lerden başlayarak belirginleşen ısınmaya koşut olarak, 1980'lerde ve özellikle 1990'lı yıllarda doğal afetlerin daha sık olduğu ve daha etkili olduğu dikkat çekmektedir. Artık günümüzde, giderek daha çok sayıda iklim bilimci, doğal afetlerdeki bu belirgin artışı, insan kaynaklı sera gazlarının atmosfere salınması sonucunda kuvvetlenen sera etkisine (küresel ısınmaya) bağlamaktadır.

1998 yılı aşırı hava olayları ve iklim ilişkili doğal afetler açısından özel bir yere sahiptir. 1998 yılı, yaklaşık 140 yıllık aletli küresel sıcaklık kaydının en sıcak yılı olmasının yanı sıra, bu yılda daha önce hiç görülmediği kadar çok sayıda ve etkili doğal afet oluşmuştur: 240 kuvvetli fırtına, 170 taşkın ve 190 orman yangını, çok sayıda şiddetli kuraklık olayı, sıcak ve soğuk hava dalgaları, bunlara örnek olarak verilebilir. Tüm bu afetler dikkate alındığında, 1998 yılında, doğal afetler açısından da (olumsuz) bir rekor kırıldığı söylenebilir.

Bu noktada, konunun bir başka ve yeni boyutunun **sigortacılık** olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Doğal afetlerde gözlenen bu dikkat çekici ve insani boyutları açısından üzücü artış ile gelecekte küresel ısınmaya bağlı artma olasılığı ya da artan risk potansiyeli, bu tip afetlere karşı sigortacılık için yeni bir hizmet alanı ve giderek artabilecek olan bir istem doğurmaktadır.

1998 Yılındaki Yıkıcı Doğal Afetlerden Seçmeler (Türkeş, 1998c; Türkeş, 1999; Rees,1999):

4-10 Ocak 1998, Kanada/ABD: Yıl, Kanada sigortacılık sektörü için rekor düzeyde bir kayıpla başlamıştır. Kanada'nın doğusunda birkaç gün etkili olan bir buz fırtınası (çok soğuk ve fırtınalı havayla birlikte donan yağmur, buzlanma, vb.), 10 cm kalınlığa ulaşan bir buz tabakasının oluşmasına neden oldu. Bu, sigortacılık açısından Kanada tarihinin en pahalı afeti olarak değerlendirilmiştir. Bu afet sırasında, ABD'de de başta enerji sistemleri gelmek üzere, önemli hasarlar oluşmuştur.

15-16 Mayıs 1998, ABD: Minneapolis yöresinde oluşan bir dolu fırtınası (çoğunlukla soğuk cephe ve kararsız kümülonimbus bulutlarıncı oluşturulur), birçok aracın zarar görmesine, yerleşim alanlarının ve sanayi kuruluşlarının çok büyük hasarlara uğramasına neden oldu. Aradan aylar geçtikten sonra bile, bu afetin oluşturduğu hasarın tam bir bilançosu doğru bir biçimde çıkarılamamıştır. Bu dolu afeti, ABD'denin sigortacılık tarihinin o güne kadarki en pahalı afet olayı olarak değerlendirilmiştir.

Mayıs (21 Mayıs) 1998, Batı Karadeniz, Türkiye: Mayıs 1998'de, Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Karadeniz Havzası'nda etkili olan, cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçları, birlikte özellikle Türkiye üzerinde şiddetli yağışlara neden oldu. Mayıs ayı boyunca, Türkiye'nin batı ve kuzey bölgelerinde hemen her gün, sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışlar kaydedildi. Özellikle Mayıs ortasında, Orta Akdeniz Havzası'nda ve Balkanlar-Karadeniz Havzası'nda iki yeni cephesel fırtına (alçak basınç) etkili oldu. Bu birleşik alçak basınç sistemi, 19 Mayıs'tan başlayarak Ege Bölgesi'nde (Aydın ve İzmir) daha şiddetli olmak üzere, Türkiye'nin büyük bir bölümünde, sağanak ve gök gürültülü sağanak yağışların oluşmasına neden oldu.

Bu şiddetli ve sürekli yağışlar sonucunda, 21 Mayıs'ta Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde çok etkili taşkın ve sel olayları oluştu. Can ve büyük mal kayıplarına neden olan taşkınlar, özellikle Zonguldak, Bartın, Karabük ve Bolu'da etkili oldu. Hükümet, Batı Karadeniz Bölümü'ndeki taşkın olaylarında, yaklaşık 20 kişinin hayatını kaybettiğini ve taşkınların neden olduğu toplam hasarın yaklaşık 1 milyar ABD \$ olduğunu açıkladı.

Mayıs ve Eylül 1998, Çin: Yang-Çe Nehri boyunca çok geniş alanlar, aylarca taşkın suları altında kaldı. 10 milyon insan afet bölgesinden uzaklaştırılmış olmasına ve etkin koruma önlemlerine karşın, bölgedeki hasarlar afet boyutlarına ulaştı. Bu taşkın afeti, sigorta şirketlerinin Çin Halk Cumhuriyeti'nde bir doğal afet hasarının maliyetini önemli ölçüde karşıladığı ilk olaydı.

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.

Taşkınlar sonucunda yaklaşık 3600 insan yaşamını yitirdi; 22 milyon ev yıkıldı ve milyonlarca insan evsiz kaldı.

9-10 Haziran 1998, Hindistan: '03A' siklonu (tropikal kuşak okyanuslarında oluşan çok yıkıcı bir tropikal alçak basınç ya da fırtına), saatte 190 kilometreye ulaşan rüzgarlarla birlikte, Hindistan'ın batı eyaletlerinden biri olan Gujarat'ta yapımı sürmekte olan iki petrol rafinerisini, altı rüzgar tarlasını ve bir tuz üretim kuruluşunu yıkıp geçti.

10 Temmuz-30 Eylül 1998, Bangladeş, Hindistan ve Nepal: Kuvvetli muson yağmurları, özellikle Bangladeş'te, son 20-30 yılın en yıkıcı taşkınlarına neden oldu. Taşkınların sonucunda, özellikle temiz içme suyu, yeterli gıda ve sağlıklı barınma koşullarının sağlanamaması yüzünden salgın hastalıklar baş gösterdi. Afetlerden etkilenen bölgelerdeki ekonomik hasarlar, bu bölgelerin yıllık gayri safi milli hasılasının yaklaşık % 10'una karşılık gelmektedir.

15 Eylül-1 Ekim 1998, Karayibler ve ABD: 'Georges' kasırgası (kendilerine verilen özel isimler dışında, Karayib Denizi, Meksika Körfezi ve orta Atlantik bölgelerindeki tropikal siklonlara ve fırtınalara kasırga adı verilmektedir), Puerto Rico, Hispaniola, Küba ve ABD'nin Florida, Mississippi, Louisiana ve Alabama eyaletlerini yıkıma uğrattı. Bu tropikal fırtına, Karayibler bölgesinde oluşturduğu hasarlar açısından bir rekor kırmıştır.

22 Ekim-5 Kasım 1998, Orta Amerika: 'Mitch' kasırgası yaklaşık 10 000 insanın ölümüne yüz binlerce insanın evsiz kalmasına neden oldu. Mitch kasırgası, 1780 yılından beri kaydedilen Atlantik kasırgalarının en kuvvetlilerinden birisi (dördüncüsü) olarak değerlendirildi. Kasırgadan etkilenen bölgeler, ekonomik kalkınma açısından çok büyük sıkıntılarla karşı karşıya kalmıştır; sosyoekonomik kayıpların karşılanması ve ekonomik kalkınmanın yeniden başlatılabilmesi için uzun bir zamana gereksinim duyulacağı öngörülmektedir.

2000 yılının da doğal afetler açısından kötü başladığı söylenebilir. 19 Şubat 2000'den başlayarak 'Eline' siklonuna bağlı aşırı yağışlar ve fırtınalı hava koşulları Afrika'nın güneydoğusunda ve özellikle **Mozambik**'te etkili oldu. 20 Şubat'tan sonra aşırı yağışlara bağlı olarak, son 30 yılda ülkede yaşanan en kötü taşkın ve sel olayları oluştu. Bu kötü hava koşulları ve taşkınlar Mart ortasına kadar etkili oldu. Mozambik'te yaşanan çok şiddetli fırtına ve yağış koşullarına bağlı olarak oluşan bu etkili ve yaygın taşkın ve sel olayları, çok sayıda insanın ölümüne, 300 000'den fazlasının evsiz kalmasına, ülkenin alt yapısının büyük bir hasara uğramasına ve ekonominin çökme noktasına gelmesine neden olmuştur. Yaklaşık bir ay süreyle etkili olan bu afetin neden olduğu hasarların ve ekonomik kayıpların giderilmesi için, yaklaşık 200 000 ABD \$ gerekmektedir. Şimdi, temiz içme suyu ile gerekli parasal ve sağlık yardımlarının ulaştırılamaması durumunda, açlık ve salgın hastalıkların (sıtma, dizanteri, bronşit, kolera, vb.) artmasından kaygı duyulmaktadır.

5. İKLİM ÖNGÖRÜLERİ

1980'li yıllardan başlayarak, çeşitli yüzey ve atmosfer değişkenlerini ve insan etkinlikleri sonucunda atmosferdeki birikimleri giderek artma eğilimine giren sera gazlarındaki ve uçucu küçük parçacıklardaki (özellikle sülfat parçacıklarındaki) değişimler ile onlara ilişkin değişik senaryoları dikkate alan birçok iklim modeli geliştirilmiştir. IPCC'nin değişik sera gazı emisyon senaryoları için çalıştırılan iklim modelleri, iklimdeki değişikliğin gelecekte de süreceğini göstermektedir.

IPCC'nin İkinci Değerlendirme Raporu'na göre (IPCC, 1996a):

- Sera gazlarının yanı sıra aerosollerdeki artışların gelecekteki etkilerini de içeren, orta vadeli emisyon senaryosu için, küresel ortalama yüzey sıcaklığında 2100 yılına kadar 1990'a oranla

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.

yaklaşık 2 C°'lik bir artış öngörülmektedir. Düşük ve yüksek kestirme değerleri de dikkate alındığında, küresel ortalama sıcaklıkta 2100 yılına kadar 1 ile 3.5 C° arasında bir artış olması beklenmektedir. Bu öngörülere göre, küresel ortalama sıcaklıklar, küresel iklim sisteminin korunması açısından en olumlu ya da en iyimser koşullar gerçekleşse bile, her 10 yılda en az yaklaşık 0.1 C° kadar artacaktır.

- En iyi kestirme değerlerine göre, küresel ortalama deniz seviyesinde 2100 yılına kadar yaklaşık 50 cm'lik bir yükselme öngörülmektedir. Deniz seviyesi yükselmesinin en iyi kestirmesi, esas olarak okyanusların termal genişlemesi ile dağ buzullarının ve örtü buzullarının (kutuplardaki deniz ve kara buzullarının) erimesinden kaynaklanan pozitif katkılara dayanılarak geliştirilmiştir. Düşük ve yüksek kestirmelere göre, deniz seviyesinde 2100 yılına kadar beklenen yükselme, 15 cm ile 95 cm arasında olacaktır.

Bunların dışında, çeşitli iklim modelleri (ECSN, 1995; UKMO, 1995), Doğu Akdeniz Havzası'nı ve Türkiye'yi de içeren subtropikal kuşağın önemli bir bölümünde, gelecekte, özellikle kış yağışlarının azalacağını öngörmektedir. Bu yüzden, Akdeniz ikliminin uzun süreli yaz kuraklığına ek olarak, geçen 20 yıldaki kuraklık olayları ve özellikle kış yağışlarındaki uzun süreli azalma eğilimleri, Türkiye'nin doğal (su kaynaklarını içerir) ve sosyoekonomik sistemlerinin, ortalama iklim ve iklimsel değişkenlik için öngörülen değişikliklere karşı daha akılcı yönetimini gerekli kılmaktadır (Türkeş, 1998b).

6. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TÜRKİYE ÜZERİNDEKİ OLASI ETKİLERİ

Küresel sıcaklıklardaki artışlara bağlı olarak, dünya ölçeğinde hidrolojik döngüde önemli değişiklikler, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi ve salgın hastalıkların artması gibi, ekolojik sistemleri ve insan yaşamını doğrudan etkileyecek önemli değişikliklerin oluşacağı beklenmektedir (IPCC, 1996b; Türkeş ve arkadaşları, 1999a).

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin etkileri yalnız küresel olmadığı gibi, bunlarla da sınırlı değildir. Geçmişteki iklim değişikliklerinde olduğu gibi, bölgesel ve zamansal farklılıklar oluşabilecektir. Örneğin, gelecekte dünyanın bazı bölgelerinde kasırgalar, kuvvetli yağışlar ile onlara bağlı seller ve taşkınlar gibi meteorolojik afetlerin şiddetlerinde ve sıklıklarında artışlar olurken, bazı bölgelerinde uzun süreli ve şiddetli kuraklıklar ve bunlarla ilişkili yaygın çölleşme olayları daha fazla etkili olabilecektir.

Türkiye, subtropikal kuşakta kıtaların batı bölümünde oluşan ve Akdeniz iklimi olarak adlandırılan bir büyük iklim bölgesinde yer almaktadır. Üç yanı denizlerle çevrili ve ortalama yüksekliği yaklaşık 1100 m olan Türkiye'de, birçok alt iklim tipi belirmiştir. İklim tiplerindeki bu çeşitlilik, Türkiye'nin yıl boyunca, orta enlem/polar ve tropikal kuşaklardan kaynaklanan çeşitli basınç sistemleri ve hava tiplerinin etki alanına giren bir geçiş bölgesi üzerinde yer almasıyla bağlantılıdır. Buna, topoğrafik özelliklerinin karmaşıklığı ve kısa mesafelerde değişme eğiliminde olması vb. fiziki coğrafya etmenleri de eklenebilir.

Türkiye, küresel ısınmanın özellikle su kaynaklarının zayıflaması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir ve küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki on yıllarda gerçekleşebilecek bir iklim değişikliğinin, Türkiye'de neden olabileceği çevresel ve sosyoekonomik etkiler şunlardır (Türkeş, 1994):

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.

- Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının frekansı, etki alanı ve süresi artabilir;
- Tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir);
- İklim kuşakları, Yerküre'nin jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvator dan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek ve bunun sonucunda da Türkiye, bugün Orta Doğu'da ve Kuzey Afrika'da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. İklim kuşaklarındaki bu kaymaya uyum gösteremeyen fauna ve flora yok olacaktır;
- Doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılardaki ve hastalıklardaki artışlardan zarar görebileceklerdir;
- Hassas dağ ve vadi-kanyon ekosistemleri üzerindeki insan baskısı artacaktır;
- Türkiye'nin kurak ve yarıkurak alanlarındaki, özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenecek; tarımsal ve içme amaçlı su gereksinimi daha da artabilecektir;
- İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, Akdeniz ikliminin olağan bir özelliği olan yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu yüksek rasgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kuraklık riskindeki bir olumsuz değişiklik, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir;
- Kurak ve yarıkurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir;
- İstatistik dağılımının yüksek değerler yönündeki ve özellikle sayılı sıcak günlerin (örneğin tropikal günlerin) frekansındaki artışlar, insan sağlığını ve biyolojik üretkenliği etkileyebilir;
- Kentsel ısı adası etkisinin de katkısıyla, özellikle büyük kentlerde, sıcak devredeki gece sıcaklıkları belirgin bir biçimde artacak; bu da, havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olabilecektir;
- Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını artırabilir;
- Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkiler bölgelere göre farklılık gösterecek olmakla birlikte, rüzgar esme sayısı ve kuvveti ile güneşlenme süresi ve şiddeti değişebilir;
- Deniz akıntılarında, denizel ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir;
- Deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak, Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki, alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları ile haliç ve ria tipi kıyıları sular altında kalabilir;
- Ormanların ve denizlerin CO₂ tutma ve salma kapasitelerindeki değişiklikler, doğal hazne ve sink'lerin (yutakların) zayıflamasına neden olabilir;
- Mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alan ve karla örtülü devrenin uzunluğu azalabilir; ani kar erimeleri ve kar çığları artabilir;

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.

- Kar erimesinden kaynaklanan akışın zamanlamasında ve hacmindeki değişiklik, su kaynaklarını, tarım, ulaştırma ve rekreasyon sektörlerini etkileyebilir.

Ayrıca iklim değişikliği, Türkiye'nin özellikle çölleşme tehdidi altındaki yarı kurak ve yarı nemli bölgelerinde (İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgelerinde), tarım, ormancılık ve su kaynakları açısından olumsuz etkilere yol açabilir (Türkeş, 1998b). Son yıllarda Türkiye ormanlarında artış kaydeden toplu ağaç kurumaları ve zararlı böcek salgınları vb. afetlerin birincil nedeninin, kuraklık, hava kirliliği ve asit yağmurları olduğuna dair kuvvetli bulgulara rastlanmıştır (OB, 1999). Yalnız 1993-94 yılları arasında yaklaşık 2 milyon m³ ağaç serveti böcek yıkımı nedeniyle kesilmiştir. Bunun yanı sıra, belki de 1970'li yıllardan başlayarak Akdeniz Havzası'nda etkili olan normalden daha kurak koşullara bağlı olarak, Ege ve Akdeniz bölgelerinde kitlesel boyutlarda olmasa da gözle görülür ağaç kurumaları gözlenmektedir. Ayrıca ağaçların zayıf düşmesi, ormanların fırtına, kar, çığ ve benzeri meteorolojik afet etkilerine karşı direncini de düşürmekte, bunun sonucunda ağaçlarda devrik ve kırık miktarı artmakta; bu da ormanın yapısını diğer zararlılara karşı dayanıksız hale getirmektedir. Bu olumsuz etkiler ormanlarımızın biyolojik çeşitliliğini, gen rezervlerini, karbon tutma kapasitelerini olumsuz yönde etkilemektedir.

7. SONUÇ

1980'li yıllarda başlayan ardışık sıcak yıllar ve son yıllardaki rekor yüksek sıcaklıklar, küresel ısınmanın beklendiği ve öngörüldüğü biçimde sürdüğünü; küresel ısınmayı önlemek için alınması gereken ulusal, bölgesel ve küresel önlemlerin ve politikaların hiç gecikmeksizin uygulanması gerektiği göstermektedir. Hükümetler ve karar organları, insan kaynaklı sera gazı salımlarının oluşturduğu tehlikeler için ivedi ve köklü önlemler almak gibi önemli bir görevle karşı karşıyadır. Bu önlemlerin başında, çeşitli insan etkinlikleri sonucu atmosfere salınan sera gazı salımlarının kontrol edilmesi ve fazla zaman yitirmeksizin belirli bir düzeyin altında tutulması gelmektedir. İklim sistemindeki zaman ölçeklerinin çok uzun süreli olması yüzünden, iklimdeki değişikliklerin oluşturduğu çevresel bozulmalar ve değişiklikler kısa zamanda giderilemez. Bugün alınması gerekli olan kararların 10-20 yıl sonraya bırakılması, atmosfere kısa bir sürede verilen sera gazı salımlarını gelecekte belirli bir düzeye indirebilmek için daha fazla azaltmak gerekeceğinden, gelecekteki olası politika seçeneklerini sınırlandırır. Sera gazı salımlarını en aza indirecek önlemlerin geciktirilmesi, ülkeleri ve dünyayı gelecekte iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle savaşımda hazırlıksız ve zayıf bırakır.

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin önlenmesi ise ancak, nihai amacı "Atmosferdeki sera gazı birikimlerini, insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmak" olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nden ve onun Kyoto Protokolü'nden kaynaklanan yükümlülüklerin etkin, gerçekçi ve adil bir biçimde yürütülmesi ile olası olacaktır (Türkeş, 1995b; Türkeş ve arkadaşları, 1999b).

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.

Küresel ısınmayı önlemeye yönelik iklim ve çevre dostu politikalar ve önlemler, özetle:

- Tüm sektörlerde enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılmasını;
- Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının (hidrolik, güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, vb.) birincil enerji kaynakları içindeki payının artırılmasını;
- Fosil yakıt yakma teknolojilerinin iyileştirilmesi ile birleşik ısı ve güç santrallerinin yaygınlaştırılmasını;
- Daha az CO₂ salan yakıtlara dönüşümü;
- Ulaştırma ve kent içi trafik sistemlerinin, motorlu taşıtların daha az yakıt tüketmelerini sağlayabilecek biçimde düzenlenmesini; ve,
- Kent içinde **raylı toplu taşımacılığın**, şehirlerarası yük ve yolcu taşımacılığında **demiryollarının ve denizyollarının** önemsenmesini ve uygulanmasını içermelidir (Türkeş, 1997b).

8. KAYNAKLAR

- CRU/UEA. 1999. <http://www.cru.uea.uk.>, Climatic Research Unit, University of East Anglia, UK.
- ECSN. 1995. Climate of Europe: Recent Variation, Present State and Future Prospects, European Climate Support Network (ECSN), Nijkerk (the Netherlands).
- Erlat, E. 1999. 'İzmir'de maksimum sıcaklıklar ve sıcak dalgaları', *Ege Coğrafya Dergisi*, **10**, 125-148, İzmir.
- IPCC. 1992. Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment, Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- IPCC. 1996a. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton J, T., *et al.*, eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- IPCC. 1996b. Climate Change 1995, Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Watson R, T., *et al.*, eds., WMO/UNEP. Cambridge University Press, New York.
- Kadioğlu, M. 1997. 'Trends in surface air temperature data over Turkey', *Int. J. Climatol*, **17**, 511-520.
- Karaca, M., Tayanç, M. and Toros, H. 1995. 'Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara,' *Atmos. Environ.*, **29**, 3411-3421.
- OB. 1999. Arazi Kullanımı Değişikliği ve Ormancılık Raporu, DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, İklim Değişikliği ÖİK Çalışmaları için hazırlanmıştır (yayınlanmamış çalışma), Orman Bakanlığı (OB), Ankara.
- Parkinson, C. L., Rothrock, D. A. and Scambos, T. 2000. Climate Change in the Arctic and Antarctic: The Latest Observational Evidence on Changes in Sea Ice and Ice Shelves, US Global Change Research Program Seminar Series, February 28, 2000, Washington DC.
- Rees, J. 1999. 'Insuring risk: a losing proposition', Climate Change, special edition General Anzeiger, 5th World Climate Summit, Bonn, 12-13.
- Türkeş, M. 1994. 'Artan sera etkisinin Türkiye üzerindeki etkileri', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **321**, 71, Ankara.
- Türkeş, M. 1995a, 'Türkiye'de yıllık ortalama hava sıcaklıklarındaki değişimlerin ve eğilimlerin iklim değişikliği açısından analizi', *Çevre ve Mühendis*, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası yayın organı, **9**, 9-15, Ankara.
- Türkeş, M. 1995b. 'Toronto 1988'den Berlin 1995'e İklim Değişikliği Sözleşmesi', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **331**, 46-49, Ankara.

- 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 Kılıç, G. 1995, 'Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability', *Int. J. Climatol.*, **15**, 557-569.
- 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. 1996a. 'Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey', *Int. J. Climatol.*, **16**, 1057-1076.
- Türkeş, M. 1996b. 'Meteorological drought in Turkey: A historical perspective, 1930-1993', *Drought Network News*, University of Nebraska, **8**, 17-21.
- Türkeş, M. 1997a. 'Hava ve iklim kavramları üzerine', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **355**, 36-37, Ankara.
- Türkeş, M. 1997b. 'Sürdürülebilir enerji, iklim değişikliği ve insan', *Çevre ve Mühendis*, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası yayın organı, **14**, 11-17, Ankara.
- Türkeş, M. 1998a. 'Influence of geopotential heights, cyclone frequency and Southern Oscillation on rainfall variations in Turkey', *Int. J. Climatol.*, **18**, 649-680.
- Türkeş, M. 1998b. 'İklimsel değişebilirlik açısından Türkiye'de çölleşmeye eğilimli alanlar', DMİ/İTÜ II. Hidrometeoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı, 45-57, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Türkeş, M. 1998c. 'A Preliminary Assessment of the Western Black Sea Floods in May 1998, Turkey', Unpublished Study, July 1998. State Meteorological Service, Ankara.
- Türkeş, M. 1999. 'İklim değişikliği ve tropikal fırtınalar', *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, **376**, 85, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 1999a. 'İklim değişikliğinin bilimsel değerlendirilmesi', Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (7 Nisan 1999, Ankara), Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 52-66, Ankara.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 1999b. 'Kyoto Protokolü'nde Esneklik Mekanizmaları: Ortak Yürütme ve Temiz Kalkınma Mekanizması', BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (7 Nisan 1999, Ankara), 30-51, Çevre Bakanlığı/ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M. 2000. 'Küresel ısınma: yeni rekorlara doğru', *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, **673**, 20-21.
- UKMO. 1995. Modelling Climate Change 1860-2050, Report published coincide with the COP-I to the UN/FCCC, Berlin, March 27 to April 7 1995, UK Meteorological Office, the Hadley Centre for Climate Prediction and Research.
- UN/FCCC. 1996. Ministerial Declaration, United Nations Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties, Second Session, 8-19 July 1996, Geneva.
- WHO. 1996. Climate Change and Human Health, McMichael, A. J., *et al.*, eds., An Assessment Prepared by a Task Group on behalf of the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO) and the United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva.
- WMO. 1998. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1997, WMO-No. **877**, World Meteorological Organization, Geneva.
- WMO. 1999. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 1998, WMO-No. **896**, World Meteorological Organization, Geneva.