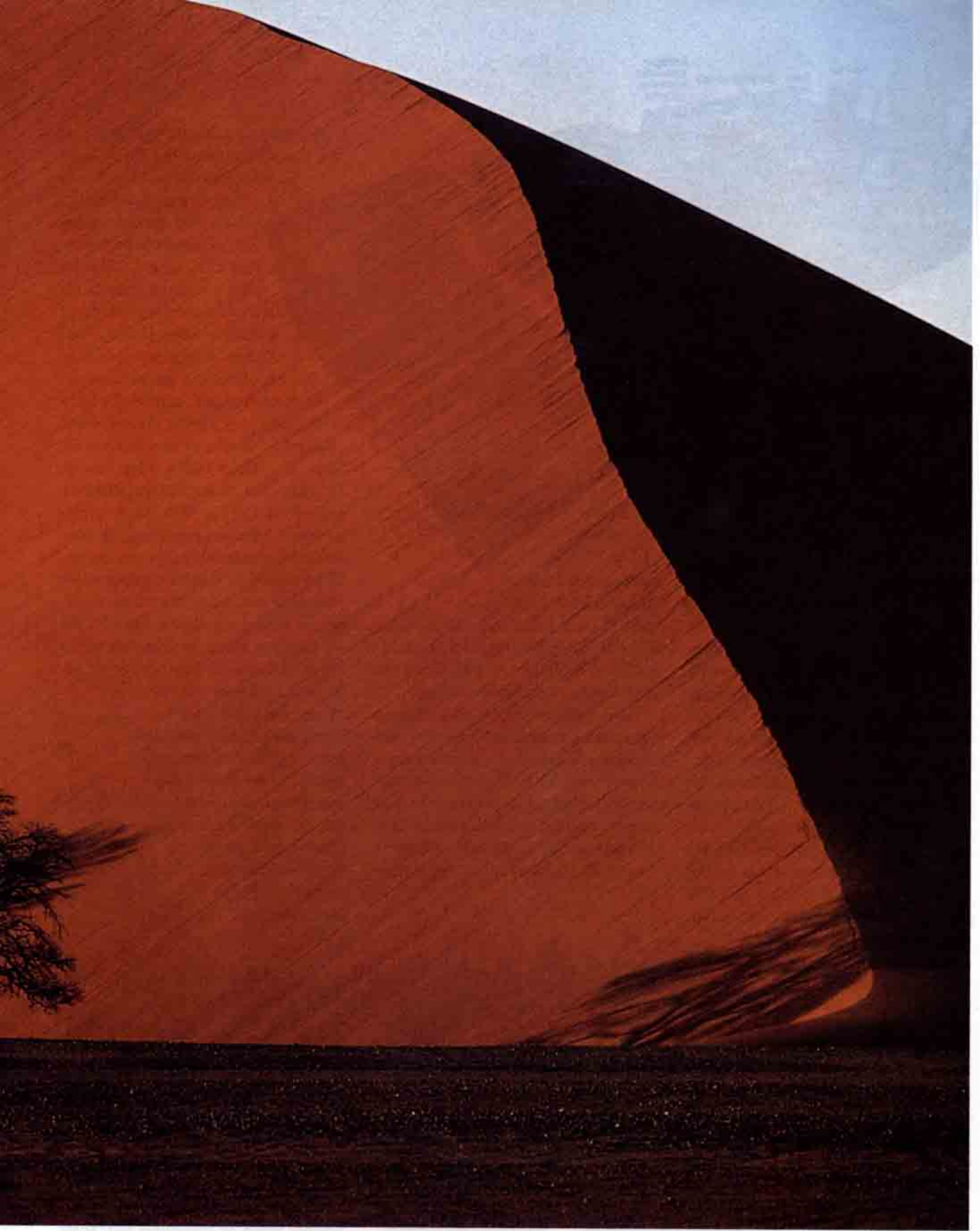


Dünyanın İklimi Değişiyor...

# Küresel Isınma



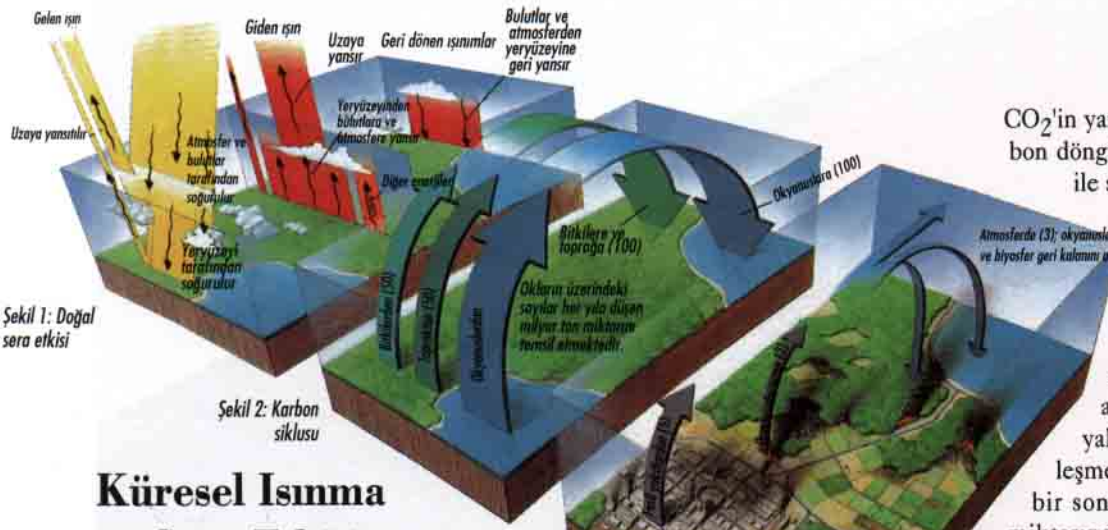
*Hava sıcaklıklarında ortaya çıkan alışılmadık ve ani değişimler, sonuçlarını günlük hayatımızda da hissettiriyor. Bunlar, insanın katkılarından bağımsız, doğal süreçlerin bir gereği mi, yoksa yegane evini bir laboratuvar gibi kullanan insanın neden olduğu bir sonuç mu? Bu değişimlere yönelik olarak bilimadamlarınca kanıtlanmış ve herkesçe kabul edilen bir gerçek var: Dünyamız ısınıyor...*



**D**ÜNYANIN ısındığına ve bu ısınmanın neden olduğu sonuçlara dair bulgular; yeryüzeyinin belli derinliklerindeki sıcaklık ölçümleri, atmosfer üzerinde yapılan gaz miktarları ve sıcaklık ölçümleri, okyanuslar üzerindeki su se-

viye ölçümleri, deniz canlılarının gözlenmesi gibi çeşitlilik kazanmış yöntemlerle ortaya çıkmaktadır. Ayrıca dünyanın milyonlarca yıl önce yaşamış olduğu iklim değişiklikleri, bugünkü değişimlerin kabul edilebilirliğinin bir ölçütü olmaları açısından önemlidir. Paleoklimatoloji bilim dalı;

buzullardaki hava kabarcıkları, bitkiler, ağaç halkaları, fosiller ve deniz kabukları gibi değişik kaynaklardan yararlanarak geçmişteki iklim değişikliklerinin saptanması ile ilgilenir. Hatta bu değişikliklerle, tarihsel olaylar arasında bağlantı da kurulabilmektedir.



Şekil 1: Doğal sera etkisi

Şekil 2: Karbon siklusu

Şekil 3: İnsan aktiviteleri

## Küresel Isınma ve Sera Etkisi

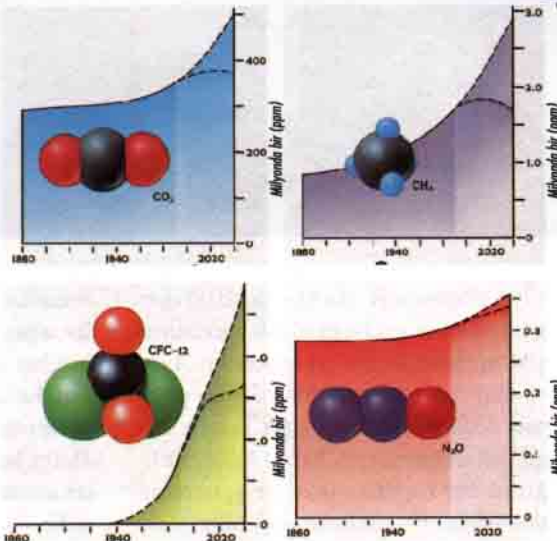
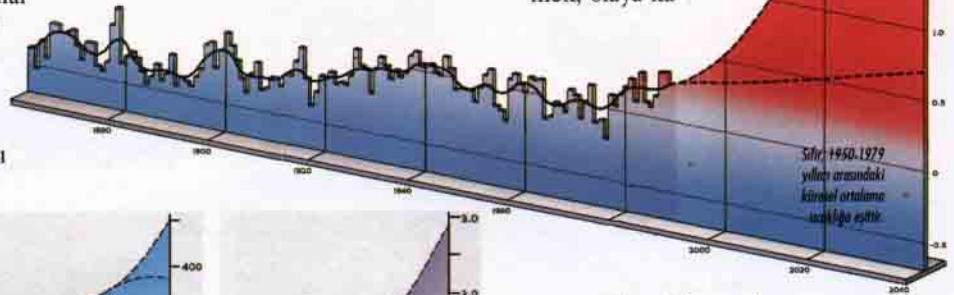
Günümüzde kendini gösteren küresel ısınmanın, büyük oranda doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine bağlı olarak gerçekleştiği kabul edilmektedir.

19. yüzyıl Fransız matematikçisi Jean Fourier, dünya atmosferini sera camına benzetmiştir. Hem atmosferik ortamda hem de serada, ışının tutulması söz konusudur. Güneşin görünür ışınlarının ortamdaki daha geç uzaklaştırılmasıyla toprağın, suyun, havanın ve bitkilerin ısınması sağlanır. Atmosferde bu etki doğal sera gazları tarafından gerçekleştirilir. Güneşten atmosfere gelen ışınların bir kısmı uzaya geri yansıtılırken, bir kısmı doğrudan atmosfer tarafından soğutulur. Yeryüzeyine ulaşan %50'lik bir kısmı, kızılötesi ışınımaya veya ısıya dönüştürülür. Uzaya geri yansıtılan ısı; bulutlar, subuharı, karbondioksit gibi sera gazları tarafından soğutulur. Bu gazlar ısıyı tekrar yansıtırlar. Diğer bir enerji şekli ise bulutların oluşumu ve ısı iletimi sırasında oluşan "latent ısı" (donmuş bir maddenin erimesi veya bir sıvının buharlaşması için gereken ısı miktarı)'dır. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O), ozon (O<sub>3</sub>) ve subuharı doğal sera gazları olarak bilinir. Bunlar, uzun dalga boylu ışınımı tutarak atmosfer sıcaklığının sağlanmasından sorumludurlar. Bu gazların atmosferde bulunmalarını durdurma durumunda dünya; Mars gibi soğuk (bugünkü sıcaklığından 33°C daha düşük sıcaklıkta) ve hiçbir canlı yaşamadığı bir gezegen olurdu ve dünyada bugünkü anlamıyla bir yaşamdan bahsedilemezdi. Bu gaz-

ların yanısıra tozlar, halokarbonlar (halojen içeren karbon bileşikler: kloroflorokarbon-CFC; hidrofloroklorokarbon-HCFC; hidroflorokarbon-HFC) da dolaylı olarak sera etkisinde rol oynar.

Sera gazlarından CO<sub>2</sub>, sera etkisinin yarısından sorumludur. CO<sub>2</sub>, bitkilerce alınarak toprağa karışır, toprakta suyla birleşir, nehirler aracılığı ile çeşitli mineraller halinde okyanusa taşınır ve sonra deniz canlıları tarafından tekrar CO<sub>2</sub> şeklinde serbest bırakılarak atmosfere döner. Bu reaksiyonlar sonucunda

CO<sub>2</sub>'in yarısı atmosfere döner; yani karbon döngüsü, atmosferik CO<sub>2</sub>'in kaybı ile sonuçlanır. Kayalar havalandırma yoluyla atmosferik CO<sub>2</sub>'i üzerlerine alırken, volkanik patlamalarla da atmosfere CO<sub>2</sub> salınır. CO<sub>2</sub>, bu doğal döngünün yanısıra insan aktiviteleri sonucunda da atmosfere salınmaktadır. Fosil yakıtların tüketilmesi, endüstrileşme, ormanların yok edilmesinin bir sonucu olarak atmosferik CO<sub>2</sub> miktarında artış görülmektedir. Fosil yakıtların kullanılması ile atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarı yılda 6 milyar tondur. 18. yüzyıldan günümüze geldiğinde atmosferik CO<sub>2</sub>'in %25 arttığı görülmektedir. 5 milyar insanın yaşadığı dünyamızda önümüzdeki yüzyılın ortalarında bu sayının 10 milyara çıkacağı düşünülecek olursa, daha fazla yerleşim merkezine ihtiyaç duyulacağı kesindir. Bu ise daha çok ağacın katli, ısınma ve diğer gereksinimlerin karşılanmasında daha fazla fosil yakıt tüketimi anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, eğer konu hakkında ciddi önlemler alınmazsa, atmosferik CO<sub>2</sub> miktarında görülen bugünkü artış hızının önümüzdeki yüzyılda daha fazla olacağını düşünmek, olaya ka-



ramsar bir yaklaşım olmayacaktır. Atmosferde sera etkisi gösteren diğer bir gaz metan (CH<sub>4</sub>)'dir. Kaynağı CO<sub>2</sub> gibi kesin olarak bilinmemekle birlikte çeltik tarlalarından, hayvansal ve ev kaynaklı atıklardan, geviş getiren hayvanların midelerinde gerçekleşen fermentasyondan ve doğal gazların salınımından kaynaklandığı görülmüştür. Günümüzde, 1750'lerdeki miktarının yaklaşık iki katına ulaşmıştır. Yine sera etkisinde rol oynayan diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O)'in naylon üretimi ve otomobillerdeki üç yollu katalitik dönüştürücü-

lerden kaynaklandığı, ayrıca tarımda azotlu gübre kullanımının da bir  $N_2O$  kaynağı olduğu bildiriliyor.  $N_2O$  miktarındaki artış, 18. yüzyılın ortalarından bugüne kadar, özellikle son 40-50 yılda oldukça hızlanmıştır. Kloroflorokarbonlar (CFC) 1930 yılında keşfedilmelerine kadar atmosferde bulunmuyorlardı; ancak o günden bugüne, atmosferdeki miktarlarında büyük artış olmuştur. CFC'lar stratosferde ozonun yıkımına katkıda bulunurlar. Stratosferik ozondaki bu azalma, soğutucu bir etki gösterir. Hidrofloroklorokarbonlar (HFCl) ve hidroflo-rokarbonlar (HFC), ozon tabakasına daha az zarar verseler de daha güçlü sera gazları oldukları bilinmektedir. Stratosferdeki ozon, güneş ışınları

yardımıyla doğal olarak meydana gelir. Atmosferin en alçak kısmında (troposferde) ise atmosferik yoğunluk sonucu ozon ( $O_3$ ) oluşur. Troposferik ozon da önemli bir sera gazıdır. Stratosferik ozonun neden olduğu soğut-

ma, sera gazı olarak etki gösteren troposferik ozonun neden olduğu ısınmayı ortadan kaldıracaktır. Ancak 1980'lerin ortalarında stratosferik ozonun azalması olduğu saptanmıştır. Bu azalma, ozonun soğumaya neden olan etkisini azaltırken küresel ısınmaya olan katkısını artırmaktadır.

Sera gazlarının ısınımı soğurma özellikleri de atmosferdeki miktarlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Örneğin  $CH_4$ ,  $CO_2$ 'in 21 katı kadar etkiliyken, CFC-11'in etkisi  $CO_2$ 'in 12 000 katıdır. Bu gazların etkinlikleri ve 1850 yılından beri atmosferik miktarlarındaki artışları gözönünde bulundurulduğunda küresel ısınmaya olan katkıları ise şu şekilde ortaya çıkar:  $CO_2$  - %60;  $CH_4$  - %20; CFC - %13;  $N_2O$  - %6.



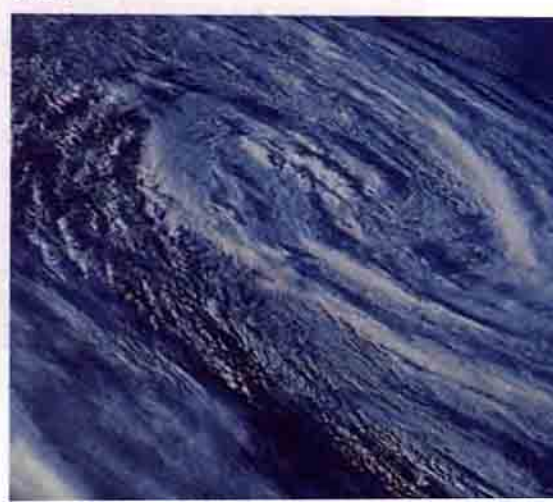
Endüstriyel salımlar, volkanik patlamalarla doğal olarak salınan tozlar, sülfatlar da iklim üzerinde etkilidir. Endüstriyel salımlar, bulutların beyazlık derecesini etkiler (bulutlar, atmosferde ısıyı soğurucu rol oynarlar; renklerdeki değişim de ısı soğurma derecelerinde farklılığa neden olur). Devlet İstatistik Enstitüsü'nün Şubat 1994 verilerine göre sülfürdioksit'in yıllık artışı Amasya'da %218, Elazığ'da %131, Bolu ve Bursa'da %80'dir. Volkanik patlamalar da, büyük miktarda toz ve sülfat aerosolünün stratosfere salınmasında etkilidir. Bunun sonucunda kısa süreli soğumalar ortaya çıkar. Örneğin Java'nın yakınlarındaki Krakatoa yanardağının 1883 yılındaki patlaması, atmosferin alçak kısımlarını onlarca santigrat derece soğutmuştur. Bu etkinin, patlamadan sonraki birkaç ay içinde başladığı, ancak yalnızca iki yıl devam ettiği saptanmıştır. 1963 yılında Bali'deki Agung yanardağının patlamasında stratosfere daha az toz salınmış olmakla birlikte stratosferde daha yüksek miktarlarda sülfürdioksit ( $SO_2$ ) görülmüş; sonuçta da daha belirgin iklimsel değişiklikler ortaya çıkmıştır. Ancak tozlar gibi volkanik aerosoller de iklim üzerinde sürekli bir etkiye sahip değildir. 1991 yılında Filipinler'deki Pinatubo yanardağının püskürmesiyle atmosfere salınan tozlar son birkaç yıldır küresel sıcaklıkta orta düzeyde bir azalmaya neden olmuştur. An-

cak bu patlamanın sonuçları da diğerleri gibi uzun olmayacaktır.

Büyük oranda sera etkisinin neden olduğu küresel ısınmada başka faktörler de rol oynamaktadır. Güneşin milyarlarca yıllık yaşamı boyunca uzaya saldığı ışık, sıcaklık ve diğer ışımlar hep aynı miktarda olmamıştır. Astrofiziksel araştırmalarla güneşin gençken -3.5 milyar yıl önce- şimdikinden %25-30 daha sönük olduğu saptanmıştır. Genç güneşin hayat verdiği dünyada yaşamın nasıl oluştuğu da bir diğer konu. O dönemde dünyada yaşamın sözkonusu olabilmesi için atmosferde  $CO_2$ 'in bugünkü miktarından çok daha fazla bulunması gerekiyordu. Aksi takdirde dünyamız fotosentezin imkansız olduğu, donmuş bir gezegen halini alırdı. Yüz yıldan uzun bir süredir "güneş sabiti"ndeki değişimi gözlemeye çalışan astronomlar son on yılda bu değişimi saptamayı başardılar. 1985 yılında güneşin parlaklığında hafif bir sapma kaydedildi. Eğer güneş ışınlarında az olmakla beraber, böylesine düzensiz değişimler sözkonusuysa, bunun uzun vadede küresel iklim üzerinde ölçülebilir bir etkisi olacağı ortadadır.

Güneş yüzeyindeki değişimler, bundan en az 2000 yıl önce geçmişin Çinli, Koreli ve Japon astronomlarınca da saptanmıştır. Bu astronomlarca güneş üzerinde kaydedilen lekeler 1610 yılında Galile tarafından, kendisine ait ilk teleskopta gözlemlendi. Günümüzde ise bu lekelerin gerçek olmadıklarını, güneşteki küresel değişimler sonucu ortaya çıktıklarını biliyoruz. Sonuçta, güneşin uzaya saldığı toplam enerji değişecek, bu enerjinin dünyaya ulaşan miktarında görülecek farklılıklar da iklim üzerinde rol oynayacaktır.

Güneş yüzeyindeki değişimler, bundan en az 2000 yıl önce geçmişin Çinli, Koreli ve Japon astronomlarınca da saptanmıştır. Bu astronomlarca güneş üzerinde kaydedilen lekeler 1610 yılında Galile tarafından, kendisine ait ilk teleskopta gözlemlendi. Günümüzde ise bu lekelerin gerçek olmadıklarını, güneşteki küresel değişimler sonucu ortaya çıktıklarını biliyoruz. Sonuçta, güneşin uzaya saldığı toplam enerji değişecek, bu enerjinin dünyaya ulaşan miktarında görülecek farklılıklar da iklim üzerinde rol oynayacaktır.



## İklim Değişimlerinin Yaratacağı Etkiler

Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Araştırmaları yöneticileri, günümüzde görülen iklim değişikliklerinde volkanik patlamalar, güneş ışınrlığının değişimi gibi doğal güçlerin de katkıla-

rının bulunduğunu bildiriyorlar. Bu iklim değişimlerinin insanın neden olduğu bir farklılaşmaya mı işaret ettiği, yoksa iklim siklusunda görülen olağan iniş çıkışlar mı olduğu kesinlik kazanmamış durumda. Birçok araştırmacı bu değişikliklerdeki insan katkısının durdurulması, hatta şimdiye kadar neden olduğu etkilerin ortadan kaldırılabilme-

si için çalışıyorlar. Diğer bir grup araştırmacı da olaya çok daha iyimser bir yönden yaklaşıyor. Onlara göre küresel ısınma ve ortaya çıkardığı etkiler, iklim koşullarındaki doğal değişme sürecinin bir sonucu. Bu araştırmacılar, paleoklimatolojik bulgulara dayanarak, bugün görülen küresel ısınmanın 125 bin yıl önce de yaşandığını ve bunun, kendini

## Paleoklimatoloji

Cemal Tunoğlu  
HU Jeoloji Müh. Bölümü

Klimatoloji, güncel iklimsel değişimler ve nedenlerini araştırıp incelerken; paleoklimatoloji, geçmiş jeolojik dönemlerdeki iklimsel değişimleri ve nedenlerini araştırıp inceleyen bir bilim dalıdır. Günümüzde olduğu gibi geçmiş jeolojik devirlerde de iklimsel değişimlere karşı en hızlı ve belirgin reaksiyonları veren, canlılar olmuştur. Bilimadamları, günümüzde bu etkileri, fosil fauna ve flora üzerinde gerçekleştirdikleri incelemelerle ortaya koymaktadırlar. Bu incelemeler, yalnızca paleontoloji (fosil bilimi) bilim dalının ilgi alanına girmemektedir. Paleoklimatoloji; paleocoğrafya, paleoosinografi, paleoekoloji, sedimantoloji, paleoakoloji, paleoantropoloji, paleobiyo kimya, paleomanyetik, paleolimnoloji, jeokimya ve mineraloji gibi bilim dallarının da yer aldığı multidisipliner çalışmalarla daha sağlam ve kesin sonuçlara ulaşabilmektedir.

"Günümüz geçmişin anahtarıdır" temel prensibinden hareketle, canlılar aleminin 600 milyon yıl öncesinden günümüze kadarki yayılım ve gelişimi, bugünün atmosferik ve fizosterik şartlarından yararlanılarak belirlenmektedir. Ancak bu çalışmalar; günümüze kadar ulaşabilen canlılar için bir ölçüde geçerliyken, belli jeolojik dönemlerde yaşamış ve tükenmiş fosil fauna ve flora için biraz daha zorlaşmaktadır. Günümüzde, birkaç on yıl gibi kısa periyotlarda incelenebilen iklimsel değişimler, jeolojide birkaç on ya da yüz milyon yıl gibi mega-zaman kavramlarıyla ifade edilebilmektedir.

Yeryüzünün oluşumundan günümüze değin iklimi etkileyen iki temel faktör olmuştur. Birincisi; litosferde plaka tektoniği hareketleriyle onbinler ve yüzbinlerce yıl boyunca görülen dağ oluşum hareketleri, okyanus ortası açılımlar ve bunlara bağlı vol-

kanik faaliyetlerdir. Bunlar, dünyamızın oluşumundan itibaren yerel ve bazı dönemlerde küresel ölçekte iklimsel değişimlere neden olmaktadır. İkinci temel etken; katastrofik veya ekstraterrestriyal olaylardır ve dünyamız dışında gelişen, ancak yerküreyle atmosferi tümüyle etkileyen küresel düzeyde olaylardır. Bunların etkileri tüm canlılar üzerinde çok ani ve kısa bir sürede görülür. Güneşteki ani ve büyük ölçekteki patlamalar, güneş sistemi içindeki gezegenlerden birinin yörüngesindeki ufak bir değişim, meteor yağmuru veya büyük bir çarpışma ile dünya litosferi ve atmosferinde gelişen büyük çapta değişimler, bu tür olaylar kapsamındadır.

Dünyamız 4.5-5 milyar yıllık yaşı ve özellikle organizmalara dayalı 600 milyon yıllık geçmiş içinde; plaka tektoniği ve katastrofik/ekstraterrestriyal olaylara bağlı pek çok iklimsel değişim ve süreç yaşamıştır. Bunların en önemlilerinden biri yaklaşık 65 milyon yıl önce küresel olarak tüm dünyayı etkileyen, bilimadamlarınca büyük çaplı katastrofik (meteorik) etkileşimlerle ve buna bağlı yoğun volkanizma faaliyetleriyle geliştiği öne sürülen olaylardır. Büyük çaplı temel iklimsel değişimlerin meydana geldiği II. Zaman (Mesozoik) ve III. Zaman (Senozoik) geçişi ile sınırlandırılan, Kretase-Terziyer (Maastrichtiyen-Daniyen) sınır olayları olarak da bilinen bu olaylarla, dinazorlar da dahil olmak üzere, paleontoloji biliminin

kapsamına giren pek çok makro-mikro fauna ve flora grubu yok olmuştur. Bu büyük olay, son 20 yıldır birçok bilim dalının ortak çalıştığı bir konu olarak bilim dünyasında yoğun bir şekilde incelenmiş ve incelenmeye devam edilmektedir.

Plaka tektoniği hareketlerinin neden olduğu en önemli olaylardan biri, bundan 6-7 milyon yıl önce III. zamanın Neojen sisteminde, Afrika plakasının kuzeye doğru ilerlemesi sonucu gelişen plaka hareketleridir. Bu hareketler, o dönemdeki Tetis Denizi (Akdeniz)'nin Atlas Okyanusu, Hint Okyanusu ve Kuzey Denizi ile ilişkilerinin kısa bir süre kesilmesine neden olmuş ve tüm Akdeniz ve çevresinde iklimsel şartların değişimi sonucu yoğun bir buharlaşma süreci yaşanmıştır. "Messiniyen Tuzluluk Krizi" olarak bilinen bu süreç, Tetis'de o dönemde yaşayan tüm canlıları etkileyen bir kuraklık dönemi şeklinde gelişmiştir.

Paleoklimatik değişimlerin en önemlilerinden ve günümüze en yakın olanlarından biri, bundan yaklaşık 35 bin yıl önce kuzey yarıkürede gelişen buzul olaylarıdır. Bu gelişim süreci ile yeryüzü ve özellikle kuzey yarıküre en soğuk iklimsel döneme girmiş ve dünya buzullarla kaplanmıştır.

Verilen örneklerden de anlaşılacağı gibi, yeryüzünde, litosferde ve atmosferde meydana gelen değişiklikler yüzbinlerce yıl sürebildiği gibi, bir anda gerçekleşebilen büyük çaplı fizikokimyasal değişikliklere de neden olabilmektedir. Bu değişiklikler ise yerel ya da küresel ölçekte büyük iklimsel değişimlere bağlı olarak, mikro ve makro canlılar başta olmak üzere, tüm maddeyi etkilemektedir.



tekrarlayan bir süreç olduğunu öne sürüyorlar. Aradaki görüş farklılıklarına rağmen, iki grubun da hemfikir olduğu nokta, günümüzde gerçekten de bir iklim değişikliğinin yaşandığı. Bu değişimlerden hangi bölgenin nasıl etkileneceği konusunda da çeşitli modeller geliştirilmiş bulunuyor. Atmosfer Okyanus Genel Sirkülasyon Modelleri (AOGSM)'nde ulaşılan sonuçlara göre yeryüzeyi sıcaklık artışının kuzey yarıkürede; güney okyanusları ve kuzeybatı Atlantik'e göre daha fazla olması bekleniyor. Kuzey yarıkürenin yüksek enlemlerindeki yağışlarda ve Asya'daki muson yağmurlarında; orta enlemlerde ise özellikle yazları yağış miktarında artma olacağı bekleniyor. Isınmakta olan dünyada deniz seviyelerinin yükseleceği tartışmasız olarak her araştırmacı tarafından kabul edilmekte. Her on yıllık dönem için beklenen 2-7 cm'lik yükselmeye etken olarak, deniz suyunun termal genişlemesi; kara ve deniz buzullarının erimesi; belki de başta tarımsal faaliyetlerin sonucu olarak toprakta depolanan suyun azalması gösteriliyor. 1900-2100 yılları arasında görülebilecek 2.5 °C'lik sıcaklık artışının ise deniz seviyesinde ortalama 48 cm'lik yükselmeye yol açacağı bildiriliyor.

Küresel ısınma, deniz seviyesinde yükselmenin yanısıra suların ısınmasına da neden oluyor. Sonuçta, bu sularda yaşayan deniz canlıları yaşam koşullarına uygun sulara doğru göç edecek; sahillerde karşılaşılacak canlı türleri, görmeye alışık olmadığımız türler olacak. Uzmanlar, artan sıcaklığa bağlı olarak tropikal türlerin Süveyş Kanalı yoluyla Akdeniz havzasının güneyini istila etmekte olduklarını bildiriyorlar. Diğerleri ise, Akdeniz'in güneyinden kuzeyine doğru çıkıyorlar. Birçok AOGSM'e göre, tropikal bölgelerde ve orta enlemlerde yağış miktarında artış beklenirken kuraklığın yaşanacağı bölgeler de olacaktır. Küresel ısınma buharlaşmayı; atmosferde su buharı miktarındaki yükselme ise sera etkisini artıracaktır. Buna bağlı olarak yağışlı kuşaklar kayacak; kimi yerler daha nemli hale gelirken kimi yerlerde nem düşüşü görülecek; kasırgalar, musonlar, kuraklıklar, seller daha sık ve şiddetli olacaktır.

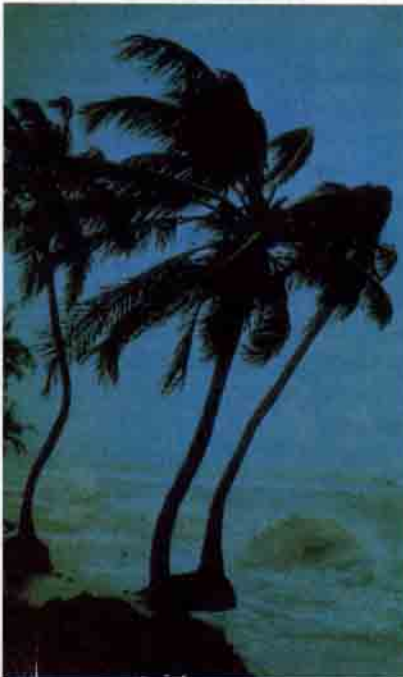


## Küresel Isınma ve Sağlık

Küresel ısınma, doğrudan veya dolaylı olarak insan sağlığını etkilemektedir. Sıcaklık yükselmesinin, sıcaklık dal-

galarının şiddet ve sıklığındaki artışla birlikte doğrudan etkilerinden biri, kalp hastalıklarına dayalı ölümlere neden olmasıdır. İklim değişikliklerinin sağlık üzerindeki dolaylı etkisi ise, hastalık etkenlerinde ve bu etkenlerin dağılımlarında kendini gösterir. Bir diğer dolaylı etki de su kaynaklarının azalması ve tahıl üretimindeki değişikliklerle ortaya çıkar.

Isınma sonucu buharlaşmanın artmasıyla hastalık etkeni taşıyıcılar ve etkenin bulaşıcılık özellikleri değişebilir. İklim değişikliği ayrıca parazitlerin gelişimini de etkiler. Dünya Sağlık Örgütü, iklim değişikliklerine bağlı olarak geliştiği düşünülen taşıyıcı kaynaklı, yeni birçok hastalık tanımlamıştır. İklim değişikliklerinin ilk olarak bu hastalıkların dağılımları üzerinde etkili olacağı bildiriliyor. Küresel ısınma kuşaklarında görülen kayma ile taşıyıcı kaynaklı hastalıklar aynı yönde seyredebilir. Örneğin kuşaklardaki kayma, 10°C'de etkili sarı ateş, 16 °C'de ve 20 °C'de etkili iki ayrı sıtma türünün etki alanlarında da kaymaya neden olur. İnsanlarda görülen viral hastalıklar da enlemlere göre çeşitlilik göstermektedir. Bunun, iklim değişikliklerinin geç görülen bir etkisi olduğu bildiriliyor. İklim değişikliklerine bağlı olarak yeni hastalıklar ortaya çıkabileceği gibi çok sıcak ve kuru koşullarda bazı taşıyıcılar ve zararlı mikroorganizmaların ortadan kalkması da söz konusu olabilir. Kırsal ekolojideki değişim de yine sağlık üzerinde etkilidir. Bu nedenle besinlerin, alglerin, mercanların, denizkabuklarının, balıkların göz-





## Küresel Isınmaya Karşı Alınabilecek Önlemler:

- Erde geleneksel ampullerin yerine kompakt floresanların kullanılması;
- Erde ( çatıda, pencerelerde, duvarlarda, kapılarda, su tankında) güneşlenmeden en yüksek düzeyde yarılatılması;
- Isıtma sistemlerinde termostat ve otokı kontrol yöntemlerinin kullanılması;
- Eskiyen ya da ekonomik ömrünü tamamlayan elektrikli ev aletlerinin enerji verimliliği en yüksek olan ürünlerle değiştirilmesi;
- Kağıdan yeniden kazanılması için önlemler alınması, fazla paketlenmiş malzemesinden ve ayrılmayan ürünlerin kullanımından kaçınılması;
- Toplu ulaşım araçlarının tercih edilmesi;
- Yapay gübrelerin kullanımına dayalı yoğun tarım (entansif ziraat) ürünleri yerine, organik olarak üretilen tarımsal ürün kullanımının benimsenmesi;
- Etkinlikleri doğal sera etkisini kuvvetlendiren ürünlerin tüketimine kısıtlanmasının bilgilendirilmesi;

lenmesi gereklidir. İklim değişikliği ile nehirler, göller ve yeraltı suları çekilme ve tükenme belirtileri göstermektedir. Deniz seviyesinin artması ise taze su kaynaklarının tuzlanmasıyla sonuçlanacaktır. Bugün 26 ülkede kişi başına düşen su miktarı 1000 m<sup>3</sup>'ün altında seyrediyor. Bu miktar, su kıtlığının ilk sinyali-dir. 2000'li yılların başında Afrika'da 300 milyon insan su kıtlığı görülen ülkelerde yaşıyor olacak. Su kaynaklarında görülen azalma, tarıma dayalı besin (toplam besin tüketiminin 1/3'ü) üretiminin azalmasına (yıllık %1'lik bir azalma) neden olurken, dünya nüfusundaki artış (iki yılda %1.7) da sorunu daha büyük boyutlara taşıyan bir konu olarak karşımıza çıkıyor.

İklim değişikliklerinin sağlık üzerindeki etkilerinin gözlenmesinde kirleticiler ve bakterilerin izlenmesi de önemlidir. Suyun yeryüzeyinde emilmeden kalan kısmının miktarındaki değişimler, kirletici ve bakterilerin sudaki derişimlerini değiştirebilir. Gübre ve pestisit (böcek öldürücü ilaç) kullanımı, endüstriyel atıklar da kirletici düzeyini belirleyici faktörlerdir.

Stratosferik ozonun tüketilmesi ile artan ultraviyole B (UV-B) ışınlarının etkileri incelendiğinde bazı enlemlerde cilt kanserleri, katarakt vakaları ve gözde UV-B kaynaklı diğer hastalıkların arttığı dikkati çekmiştir. Troposferik ozon ise sağlığı doğrudan tehdit edici bir faktördür.

## İklim Değişiklikleri Konusunda Alınan Önlemler

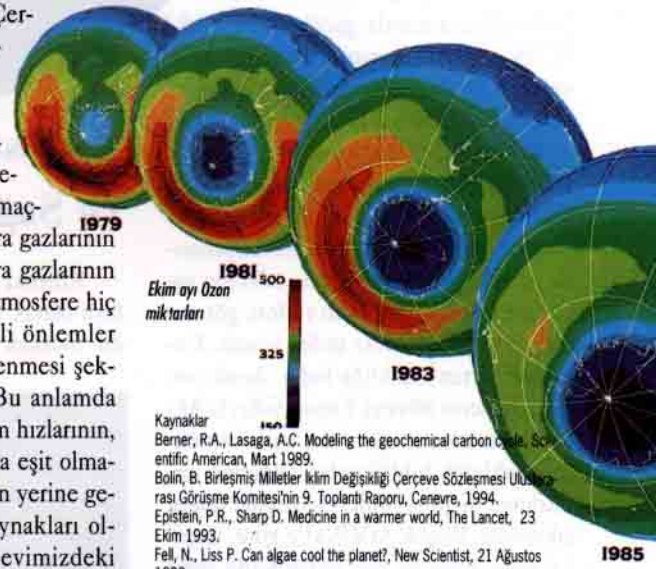
Dünyada küresel ısınmadan büyük ölçüde sorumlu olan sera gazları salımlarının kontrol altına alınması, soruna getirilen çözümlerden biridir. Ancak enerji kaynaklarının özellikle fosil yakıtlara dayanması, bunun gerçekleştirilmesini kısıtlamaktadır. Araştırmacılar bu nedenle iklimi düzenleyecek farklı yöntemlerin

arayışına girmişlerdir. Soğumada rol oynayacak bir seçenek olarak beliren algler, doğada sülfür düzeyinin sabit tutulmasında ve bulutların oluşumunda etkilidir. Ancak küresel ısınmayı kontrol etmede ne derece yeterli oldukları uzmanların cevaplamakta yetersiz kaldığı bir soru. Sülfür bileşiklerinin de küresel ısınmayı azaltıcı bir faktör olduğu bilinmekle beraber, endüstrileşme ve volkanik patlamalarla atmosfere salınan bu bileşikler, ısınmayı yalnızca kısa süreler için engelleyebilmekte, dahası hava kirliliğine yol açmaktadırlar. Uzmanların küresel soğumayı sağlayacak yöntemleri geliştirme çabaları devam ederken Birleşmiş Milletler, iklim değişiklikleri konusunda her yıl düzenlediği Uluslararası İklim Değişiklikleri Paneli (IPCC)'yle dünya ülkelerini biraraya getirmektedir. IPCC, 1990 yılında "bugünkü ve gelecek kuşaklar için küresel iklimin korunması" başlıklı kararı ile İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin hazırlıklarına başlamıştır. Bu sözleşmede atmosferdeki sera gazı birikimlerinin, iklim üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde tutulması amaçlanmaktadır. Bu düzey de sera gazlarının 1990 yılındaki miktarıdır. Sera gazlarının sabit tutulması; bu gazların atmosfere hiç salınmamasıyla değil, gerekli önlemler alınarak artırılmasının engellenmesi şeklinde gerçekleştirilmelidir. Bu anlamda sera gazlarının atmosfere salım hızlarının, atmosferdeki yıkılma hızlarına eşit olması amaçlanmaktadır. Koşulların yerine getirilmesi ise, başta enerji kaynakları olmak üzere, otomobillerden evimizdeki lambalara kadar uzanan bir zincirin denetlenmesini zorunlu kılıyor. 1993 yılına gelindiğinde 166 ülkenin sözleşmeyi imzaladığı görülmektedir. Şubat 1994 tarihine gelindiğinde de 55 ülke sözleşmenin öngördüğü koşulları yerine getirdiğine dair belgelerini Birleşmiş Milletler'e sunmuştur.

Dünyada iklim değişikliklerine ayak uydurmak zorunda kalan canlıları, ileride

bir değişimin beklediği düşünülebilir. Bazı türler ortadan kalkabileceği gibi bazı türlerin de iklim değişimleri ile bağlantılı olaylara uyum sağlayacakları bekleniyor. Sonuçta belki dünya başka bir dünya, insan başka bir insan olabilir. Sonuç ne olursa olsun değişimlerin doğal olmayan katkılarla hızlandırılması doğal dengede istenmeyen farklılıklara yol açacaktır. Bu konuda uluslararası düzeyde alınan önlemlerin yanısıra kişisel önlemlerin de böylesine hızlı olan küresel ısınmanın yavaşlatılmasına katkıda bulunacağı bir gerçek...

Didem Sanyel



- Kaynaklar  
 Berner, R.A., Lasaga, A.C. Modeling the geochemical carbon cycle. Scientific American, Mart 1989.  
 Bolin, B. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Uluslararası Görüşme Komitesi'nin 9. Toplantı Raporu, Cenevre, 1994.  
 Epstein, P.R., Sharp D. Medicine in a warmer world, The Lancet, 23 Ekim 1993.  
 Fell, N., Liss P. Can algae cool the planet?. New Scientist, 21 Ağustos 1993.  
 Haines, A., Epstein, P.R., McMichael, A.J., Global Health Watch: Monitoring impacts of environmental change, The Lancet, 11 Aralık 1993.  
 Jones, P.D., Wigley, T.M.L. Global warming trends, Scientific American, Ağustos 1990.  
 Maskell, K., Mintzer, I.M. Callander, B.A. Basic Science of climate change, The Lancet, 23 Ekim 1993.  
 Matthews, S.W. Under the Sun, National Geographic, Ekim 1990.  
 Miller, J., Denver, J., Pearce, F., Soviet climatologist predicts greenhouse "paradise", New Scientist, 26 Ağustos 1989.  
 Oeschger, H. Carbon dioxide and the greenhouse effect: present assessment and perspectives, Ciba-Found Symposium, 1993.  
 Pollack, H.N., Chapman, D.S., Underground records of changing climate, Scientific American, Haziran 1993.  
 Türkes, M., Sümer, U.M. Ormanlar ve İklim Değişikliği, 1. Ormanlık Sorunları Tebliği ve Ön Çalışma Gurubu Raporları, cilt 3, Ankara, 1993.  
 United Nations, Climate Change Bulletin, 1993.

# Artan Sera Etkisinin Türkiye Üzerindeki Etkileri

Murat Türkes  
Meteoroloji İşleri Gen. Md.

Günümüzde, doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine bağlı olarak iklim değişiklikleri görülmektedir. Küresel ortalama yüzey sıcaklıklarında geçen yüzyıl boyunca gözlenen 0.3-0.6 °C'lik artış ile yine aynı dönemde dağ buzullarının çoğunda gözlenen çekilmeler ve küresel ortalama deniz seviyesinde ortaya çıkan 10-20 cm'lik yükselme, artan sera etkisine bağlı iklim değişikliğinin en önemli belirtileri olarak kabul edilmektedir.

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'nin Bilim Grubu'na geliştirilen modelde, 21. yüzyıl boyunca küresel ortalama hava sıcaklığındaki artış oranı, her on yıl için yaklaşık 0.3 °C olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 21. yüzyılın sonuna kadar küresel ortalama deniz seviyesinin yaklaşık 65 cm kadar yükselebileceği öngörülmektedir. IPCC, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Güney Avrupa bölgesi için, ortalama sıcaklıkta 2-3 °C'lik bir artış, kış yağışında önemsiz bir artış, yaz yağışında %5-15 ve toprak neminde %15-25 arasında bir azalma olabileceğini bildirmektedir. Bütün bunlar gerçekleşse bile, tıpkı 4. Zamandaki (Kuvaterner'deki) buzul ve buzularası çağlarda olduğu gibi, iklim değişikliğinin büyüklüğü ve etkileri kıtadan kıtaya ve bölgeden bölgeye farklılık gösterebilecektir.

Türkiye, subtropikal kuşakta kıtaların batı bölümünde oluşan ve Akdeniz iklimi olarak adlandırılan büyük bir 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 polar (35-60. enlemler arası) 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. Küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından Türkiye, risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır.

Küresel ısınmanın gelecekteki boyutu ve etkileri konusunda bazı belirsizlikler vardır. Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki on yıllarda gerçekleşebilecek bir iklim değişikliğinin Türkiye'de neden olabileceği çevresel ve sosyo-ekonomik etkiler şunlardır:

- \* Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının sıklığı, 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, Yer'in jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvator dan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecektir 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 eklenecektir.
- \* İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde hava anomalilerinin yağışlarda neden olduğu rastgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden,

kuraklık riskindeki olumsuz bir değişiklik, iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir.

\* Kurak ve yarı-kurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu destekleyecektir.

\* 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 sosyo-ekonomik sorunlar doğurabilecek bazı değişiklikler olabilir.

\* Deniz seviyesinin 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.

\* Mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alan ve karla örtülü devrenin uzunluğu azalabilir; ani kar erimeleri ve kar çığları artabilir.

\* Kar erimesinden kaynaklanan akışın zamanlamasında ve hacmindeki değişiklik, su kaynaklarını, tarımı, ulaştırmayı etkileyebilir.

