

James E. Hansen

Küresel Isınmanın **KIRILMA NOKTASI**

Derleyen ve Çeviren: Abdullah Yılmaz

AYRINTI

Küresel Isınmanın
KIRILMA NOKTASI

James E. Hansen

AYRINTI

Ayrıntı: 525
Dünya Sorunları Dizisi: 1

Küresel Isınmanın Kırılma Noktası

Derleyen ve Çeviren:
Abdullah Yılmaz

Yayına Hazırlayan
Gökçe Çiçek Çetin

Bu kitabın Türkçe yayın hakları
Ayrıntı Yayınları'na aittir.

Kapak Tasarımı
Gökçe Kahraman

Dizgi
Esin Tapan

Baskı ve Cilt
MART MATBAACILIK SANATLARI TİC. ve SAN. LTD. ŞTİ.
Mart Plaza, Merkez Mh. Ceylan Sk. No: 24 80360 Nurtepe/Kâğıthane/İST.
Tel.: (0212) 321 23 00 Fax: (0212) 295 11 07

Birinci Basım *Ocak 2009*
Baskı Adedi *2000*

ISBN 978-975-539-522-7
SERTİFİKA NO 10704

AYRINTI YAYINLARI
Hobyar Mah. Cemal Nadir Sok. No: 3 Eminönü - İstanbul
Tel.: (0212) 512 15 00 - 01 - 05 Fax: (0212) 512 15 11
www.ayrintiyayinlari.com.tr & info@ayrintiyayinlari.com.tr

İçindekiler

Sunuş VII

Önsöz XI

Yirmi Yıl Sonra Küresel Isınma:
Kırılma Noktası Yakın 1

Hükümetin İklim Değişikliği
Bilimine Politik Müdahalesi 9

Japonya Başbakanı Fukuda'ya Mektup 27

Tehlikeli İnsan Kaynaklı Müdahale 39

Kırılma Noktası 83

James Hansen'in Bildirisi 101

Tehlikeli İklim Değişikliğini Nasıl Önleyebiliriz? ...169

Gezi Notları 205

Obama'ya Gerçeği Anlatın... Tüm Gerçeği 235

Sunuş

Dünya Sorunları Dizisi başlığı altında, küresel ısınma, kuraklık, göçler, açlık gibi bir dizi soruna ilişkin kitaplar yayımlamayı kararlaştırdığımızda ve baş sıraya da küresel ısınmayı koyduğumuzda, elbette aklımıza ilk gelen isim, neredeyse tüm enerjisini bu konuya harcayan Sayın Ömer Madra oldu. Büyük bir incelikle, o da bize James E. Hansen'i işaret etti. Evet, küresel ısınma denince, Türkiye'de nasıl bizim aklımıza Ömer Madra gelmişse, dünyada da ilk James Hansen ismi geliyordu. Gelgelelim, onun yayımlanmış hiçbir kitabı yoktu.

Dolayısıyla iş başa düştü ve gerek James Hansen'in kendi yazdığı gerek başkalarının onun hakkında yazdığı, ulaşabildiğim kitap, dergi ve web sayfalarını taradıktan sonra, hem ya-

zarın kişiliğini hem de görüşlerini en iyi sergileyen yazı, sunum, tanıklık ve makalelerden bir seçme yaptım.

Bundan yaklaşık 20 yıl önce, 23 Haziran 1988 tarihinde, NASA'nın iklimbilimcisi James E. Hansen, bir Senato komisyonunda, yeryüzü atmosferinde sera gazı etkisi tespit ettiğini, bunun da dünyanın iklimini değiştirdiğini, yani insanların dünyayı ısıttığını söyledi. Aynı James Hansen, bu tarihten tam yirmi yıl sonra, yine Senato komisyonunun karşısına geçti ve kendi ifadesiyle, "küresel ısınma saatli bombasını" etkisiz hale getirmek için artık çok geç olduğunu ilan etti. Elinizdeki kitapta, bu son tanıklığın yanı sıra, bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmaları da bulabileceksiniz.

Bu kitapta yalnızca küresel ısınmanın dehşet verici bilimsel hikâyesini değil, bir bilim insanının vicdanının sesini dinleyerek, bütün güç odaklarını karşısına alma pahasına nasıl gerçeğin peşini bırakmadığını da okuyacaksınız. Dolayısıyla, bu kitap sadece dünyaya ne yaptığımızı değil, kendimize ne yaptığımızı, gelecek kuşakların kaderiyle nasıl oynadığımızı da anlatıyor.

Derlemeyi yaparken, bir insanın hikâyesiyle küresel bir olgunun nasıl iç içe geçtiğini gördüm ve mümkün olduğu kadar bu bütünleşmeyi gösteren örnekleri seçtim. Konunun uzmanlarının anlayabileceği nitelikteki teknik makaleleri kitaba almamayı tercih ettim ve ilgili genel okurun anlayabileceği bir kitap olmasına gayret ettim.

Bu kitabın ortaya çıkışında, hiç kuşkusuz, herkesten çok Sayın Ömer Madra'nın payı vardır. Bize James Hansen'i işaret etmekle kalmamış, kitabımıza hayli uzun bir önsöz de yazarak bizi onurlandırmıştır. Ayrıntı Yayınları olarak kendisine çok teşekkür ediyoruz.

Elbette, bu kitabın asıl kahramanı, kişisel hiçbir çıkar gözetmeksizin, tam tersine kendi devlet başkanından ve büyük

sermaye gruplarından kaynaklanan birçok zorluğu göze alarak, dünyamıza sahip çıkan, gecesini gündüzüne katarak bütün dünya liderlerinin kapısını aşındıran, kamuoyunu hareketa geçirmek için hiçbir fırsatı kaçırmayan, gerçek bir bilim insanı olan James E. Hansen'dir. Hiçbir karşılık beklemeksizin bütün yazılarını kullanmamıza izin verdiği için kendisine müteşekkiriz.

Kainatla insan bir ve bütündür. Dünyaya zarar verdiğimizde, kendimize de zarar vermiş oluruz. Ve bugün dünyanın karşı karşıya olduğu tehlike, herkese ama herkese sorumluluk yüklüyor. Bizi var eden dünya şimdi bizden kendisine ve üzerinde yaşayan tüm canlılara karşı borcumuzu ödememizi, sorumluluğumuzu yerine getirmemizi bekliyor.

Abdullah Yılmaz
29 Aralık 2008

Önsöz

Bilimsel Dürüstlük, Gençliğin Cesareti ve James E. Hansen

Elinizdeki kitap dünyanın önde gelen iklimbilimcilerinden biri, hatta bilim camiasındaki yaygın kanıya bakılırsa birincisi olan, NASA Goddard Yerbilimleri Enstitüsü Başkanı ve Kolombiya Üniversitesi öğretim üyesi Dr. James Hansen'in yakın geçmişteki makale, tebliğ, konuşma ve mektuplarından oluşan bir derleme. Bu yazıların temel bir ortak özelliği var. O da şu: Uluslararası saygınlık taşıyan üst düzey hakemli dergilerde vb. yayımlanan makalelerin, ABD Kongresi önünde yapılan tanıklıkların, saygın bilim kuruluşlarının yıllık kongrelerinde yapılmış konuşmaların metinlerinin, mahkemelerde çevre aktivistleri adına yapılmış savunma tanıklıklarının deşifre edilmiş hallerinden oluşan ya da dünyanın önde gelen siyasi liderlerine gönderilmiş açık mektuplardan meydana

gelen bu metinlerin tümü –ortalama insanın kolaylıkla anlayabileceği, hayranlık verici basitlikte ve kimi zaman çok da lirik olabilen bir dil ve üslupla yazılmış/dile getirilmiş olmalarına rağmen– katıksız birer bilim risalesi aslında.

Peki nedir bilim? "Bilgi" ya da "bilmek" kökünden gelen bir kelime bu. Fiziksel dünyanın nasıl "işlediğini" keşfetme ya da bu konuda insanın kavrayışını artırma yolunda girişilmiş çaba diye tanımlanabilir. Bilim insanları kontrollü yöntemler kullanarak sürekli gözlemler yapmak ve doğal olayların fiziksel kanıtlarının tarihî kayıtlarını incelemek suretiyle veri toplarlar. Sonra da, edindikleri bu bilgiyi analiz ederek, gözlenen değişimleri yorumlamaya yardımcı olacak teorik modellerden yararlanırlar. Yani bilimsel araştırmada esas olarak üç unsurdan, tarih, gözlem ve modelleme unsurlarından, söz edebiliriz.

Araştırma, evet. Bilim dünyasında bilgi, yalnızca araştırma yoluyla elde edilebilir. Dolayısıyla, "vahiy", "içe doğma" ya da "inanç" gibi yollarla elde edilen şeye –bu şey bizim için ne kadar "aydınlatıcı" olursa olsun– bilimsel bilgi diyemeyiz. Öte yandan, inanç sistemlerini değilse de, sosyal bilimleri veya davranış bilimlerini de bilimin belli başlı alt dalları olarak ele almak suretiyle bu kavramı daha geniş tutmak mümkün elbette. Ne var ki –çoğumuz için kabullenmesi zor olsa da– insan doğasına veya davranışına ilişkin konularda bilimin söyleyecek hiçbir şeyi bulunmadığı da bir gerçek. Bu yüzden, aslında fiziksel dünyanın olgularına çok yakından bağlı olan doğa bilimleri, günümüzde çoğunlukla, bilimsel bilginin yegâne gerçek taşıyıcıları olarak görülmektedir.

Bilimsel başarıya ulaşmanın yolu nedir? Elinizdeki kitabın 45. sayfasında dünyanın önde gelen bilim adamlarından Richard Feynman'ın bu konudaki "basit ama derin" önermesi yer alıyor:

"Bilimde gerçek başarıya ulaşmanın tek yolu... varılması gereken amacı düşünmeden, büyük bir dikkatle kanıtları açıklamaktır. Eğer bir teoriniz varsa, o teoriye neyin uygun olduğunu belirlemek kadar, neyin uygunsuz olduğunu da belirlemeye gayret etmelisiniz. Bilimden öğreneceğiniz şey, bir tür standart ***güvenilirlik ve dürüstlüktür***." (Vurgular benim – öm)

Yani, iklimbilimci Jim Hansen, fizikçi Feynman'ın ağzından, bilim dünyası için en temel önermeyi dile getirmiş, bu

bilgiyi bize aktarmış oluyor: Bilimin –ve aslında her şeyin– temelinde etik ilkeler yatar. Saygınlığın biricik koşulu dürüstlüktür. Hansen, bu önermeye bir kere olsun sapmaksızın şaşmaz bir şekilde bağlı kalınmaması halinde, insanın kendisini kolaylıkla kandırma yoluna sapacağı, bu "hüsn-ü kuruntu" halinin ise hem insanı, hem bilimi, hem de demokrasiyi ve tüm toplumu tehlikeli bir mecraya sokabileceği konusunda önemli uyarılar getiriyor bize.

Dr. Hansen'in bu kitapta yer alan makale, mektup ve konuşmalarının yanı sıra, pek çok başka yerde de ısrarla vurguladığı konulardan biri tam da bu işte: Belki de gezegen ve üzerindeki bütün canlıların önündeki gelmiş geçmiş en büyük tehdidi oluşturan küresel ısınma hakkındaki temel bilimsel gerçekler hakkında vahim bir tür "kandırma" durumu var. Yani:

"NASA'nın bilimsel açıklıktan yana kararlı tutumu iklim değişikliği konusunda kamuoyunun aldatılması sonucunu hiçbir biçimde etkilemiş değildir. İlgili bilim insanları topluluğunun küresel ısınmadan anladığı şeyle bilmesi gerekenlerin, kamuoyunun ve politik çevrelerin küresel ısınma hakkında –bildikleri şey, arasında dağlar kadar fark var." (s.14)

Dünyanın nereye gittiği ya da daha doğru bir deyişle nereye doğru götürülmek istendiği sorusu, demokrasi için can alıcı bir sorudur: Kamu vatandaşlığı dersinin temel sorusu, tahtaya kalktığımız zaman cevap veremediğimizde bütünlemesiz, doğrudan sınıfta kalacağımız soru, budur. Gerçek dünyanın bilgisini bize veren bilimle aramıza bizzat kendi seçtiğimiz yönetimlerin girmesi ve bizi bir cehalet uçurumuna sürüklemesi, kendimizin olduğu kadar çocuklarımızın da kaderini derinlemesine etkileyecek olan muazzam bir kopukluktur. Demokrasinin temelinden dinamitlenmesiyle eşanlamlıdır bu. Hansen'in kendi ülkesindeki demokrasiyle ilgili şu gözlemleri üzerinde dikkatle durmak, belki kendi ülkemiz ve demokrasimizin gidişatıyla ilgili bazı düşünceleri bize esinleyebilir:

"Amerikan devrimi, sıradan bir insanın oyunun en zengin, en güçlü yurttaşın oyuyla eşit olması gerektiği yolundaki radikal önermeyi hayata geçirdi. Atalarımız ("kurucu babalar"), despotik yönetime dönülmesi ve *özel çıkarlar* peşindeki güçlü bir azınlık hatırma demokratik ilkelerden sapılması karşısında önlem olarak kuvvetler ayrımı ve denetim mekanizma-

ları öngören saygın bir anayasa yaptılar. Bununla birlikte, onlar umutlarını eğitimli ve bilgili bir yurttaşa, ***dürüstçe bilgilendirilmiş*** bir halka bağlamanın beraberinde getireceği zorlukların da bilincindeydiler." (agy, vurgular benim – öm)

Burada 2 çift anahtar kelime var: Birincisi "özel çıkarlar"; ikincisi ise "dürüst bilgi". İnsanlar, yani kamuoyu, iklim değişikliği ve küresel ısınma tehdidine ilişkin kanıtlara ulaşamıyor; tehlikenin korkunç boyutlarını kavramakta güçlük çekiyor. Çünkü özel çıkar çevreleri, özellikle kömür, petrol, doğalgaz, elektrik ve benzeri fosil yakıtlardan olağanüstü kârlar sağlayan şirketler tüm toplumun hayatını kendi kârları doğrultusunda üç ayrı kanaldan büyük bir ustalıkla kontrol edebiliyor. Birincisi, büyük paralarla dönen olağanüstü etkili lobilerle iktidarı ve muhalefetiyle siyaseti istedikleri doğrultuda yönlendiriyor, politikacıları meclise seçtirdikten sonra da katmerli olarak karşılığını alıyorlar. İkincisi, kendi kurdukları olağanüstü güçlü propaganda mekanizmaları (halkla ilişkiler şirketleri), insan kaynaklı küresel ısınma meselesini tamamen bulandırıp –tıpkı sigara gibi– bambaşka bir mecraya yönlendiriyorlar. Ve nihayet, aldıkları reklam karşılığında hizmette kusur etmeyen olağanüstü uysal ve kâra uyum sağlamış bir medyanın tam desteğiyle kamuoyunu manipüle ederek üçgeni tamamlıyorlar...

James Hansen, ofisinde, bilgisayarlarının başında yürütüp durduğu bilimsel araştırmaların yanı sıra, gerektiğinde sokağa çıkıp bütün bunlarla da dişe diş mücadele etmekten bir an olsun kaçınmayan biri. Dünyada sayılarının daha fazla olmasını herkesin arzu edeceği bir hayat tarzına sahip olan sahici bilim insanlarından biri. Yani, hem gayet saygın, üst düzeyde bir bilim adamı, hem de sözü ile eylemini mütemadiyen birleştiren, yüksek ahlâki cesarete sahip, sıradan bir vatandaş. Kendisi, 40 yıllık müthiş kariyerini hiç çekinmeden tehlikeye atıp kendi ülkesinin devlet başkanına karşı ayağa kalkıyor ve onun bilimi sansürlemesini milyonlarca kişinin önünde sözlü ve yazılı olarak protesto ediyor. Yönetimin kendisini susturmasını kabul etmeyeceğini, bu tarz müdahalelerin olsa olsa Hitler Almanya'sında ya da Stalin Rusya'sında görülebileceğini ama günümüz Amerika'sında asla kabul edilemeyeceğini, hiç bağırıp çağırmadan, sesini bir kez bile yükseltmeden, o düşük tonlu sakin üslubuyla ama çelik gibi bir azmin

tınısıyla söyleyiveriyor.

Başkaldırısını dillendiriyor ve sonra yola çıkıyor: Okyanusun öbür ucunda Kent'te, Kingsnorth'ta kömür yakıtlı dev termik santralin 200 metrelik bacasına tırmanıp yazı yazan Kingsnorth Altılısı'nın davasına destek olmak üzere İngiltere'ye gidiyor. Jüri önünde bu aktivistlerin dünyayı küresel ısınmadan korumak için kendilerini tehlikeye attıklarını anlatan güçlü bir tanık oluyor, binlerce yıllık evlerinin bulunduğu kıyıları küresel ısınmanın yok ettiğini anlatan Inuit tanığın yanı başında. Hükümetin, enerji şirketinin ve tüm fosil yakıt endüstrisinin, küresel ısınma konusundaki bilimsel gerçeklerin pekâlâ farkında olduklarını, bunları dünyanın zararına ve kendi özel çıkarları uğruna görmezden geldiklerini anlatıyor jüri üyelerine ve jüriyi ikna edenlerden biri de o oluyor! Asıl sanık sandalyesine fosil yakıt şirketlerinin yöneticilerinin oturtulması, yani asıl onların yargılanması gerektiğini hiç çekinmeden yazıyor ve söylüyor düpedüz.

Ülkesine döndüyor sonra. Hemen ardından, bu kez kendi ülkesinde, Virgina'da, Appalachia'da yeni kömür santralleri yapımını durdurmak için eylem yapan, "adaleti engelledikleri" gerekçesiyle 14 yıla kadar hapis cezasıyla yargılanması istenen ve Dominion 11 diye adlandırılan gencecik aktivistlerin davasına koşuyor tanık olarak. "Adaleti engellemek" teriminin aslında George Orwell'in o ünlü "çiftkonuş"unu hatırlattığını, asıl kömür santrallerini yapmaya devam etmenin nesiller arası adalet ve hakkaniyeti engellediğini söylüyor Hansen. Kömür ve öteki fosil yakıt endüstrilerinin CEO'larının kömür yakmayı sürdürmekle gezegende bugünkü ve yarınki hayatı nasıl büyük bir zarara uğrattıklarının pekâlâ farkında olduklarını ama özel çıkarları, kısa vadeli kâr beklentileri uğruna bunu bile isteye sürdürdüklerini, hatta kimi durumlarda kamuoyunun zihninde kasten karışıklık yaratan bazı insanları maddeten desteklediklerini belirtiyor. İşte bu yüzden de, söz konusu şirket yöneticilerinin hem gençlere, hem de henüz doğmamış kuşaklara karşı bir etik sorumlulukları olduğunu, dahası hukuki sorumlulukları doğması gerektiğini düşünüyor.

Kısacası, Doktor James Hansen "standart güvenilirlik ve dürüstlüğü" iyice öğrenmiş ve özümsemiş biri olarak çıkıyor karşımıza. Kendisi, ifade özgürlüğünü baskı altına almak için müthiş bir efor sarf eden bilim ve çevre düşmanı politikaların

başmimarı olan kendi devlet başkanına karşı dişe diş mücadeleden çekinmeyen, hem başında bulunduğu bilim kurumunun yöneticiliğini, hem de araştırmalarını örnek bir enerjiyle sürdüren önemli bir bilim adamı olmanın yanı sıra, özü sözü bir "kâmil" insan, gerçek bir dünya vatandaşı ve dünyayı koruma peşinde şirketlerin, polisin takibinde ve mahkeme kapılarında koşturan genç aktivistlerin sürekli yanında bulunmaya can atan bir "ağabey".

Onun neleri öğrenmiş ya da özümsemiş olduğu apaçık da, bizlerin ondan neler öğrenmesi gerektiği konusunda bazı tereddütler yok değil. Türkiye'de enerji yasasına usulca yerleştirilen "geçici madde"ler aracılığıyla sayısız kömür yakıtlı yeni termik santral kurma planları... bitmek tükenmek bilmeyen, tam bir yılan hikâyesine döndürülen ve artık insanın "içini şişiren" Kyoto macerası... dünyadaki tek uluslararası iklim koruma antlaşmasına anti-emperyalist gerekçelerle karşı çıkan çevre odaları... sera gazı emisyonları artış hızında üst üste dünya rekorları kıran ülkenin sera gazı emisyonlarının son derece masum olduğunu açıklayan bakan ve yetkilileri... kentlerde korkunç boyutlara varan hava kirliliğinin aslında hava kirliliği olmayıp bozuk ölçüm aletlerinden kaynaklandığını ilan eden kent yetkilileri... kimi yerlerde felaket boyutlarına varan susuzluk ve kuraklığı "Ayşe teyze"ye havale eden bakanlar... enerji verimliliğini teşvik için "Enver", su tasarrufu için "Suver", genel olarak çevreyi korumak için "Çevrebey" karakterlerine bel bağlayan politikacılar... katıldığı televizyon tartışma programında "Hansen de kimmiş? Neciymiş" diye sual eden iklimbilimciler... Kyoto'ya "inanmadığını" beyan eden iklim"bilim"ciler... katıldıkları üniversite panelinde, "Hansen'in çalışmaları şaibeli zaten" diyebilecek cüreti kendilerinde bulabilen ama bu konuda herhangi bir kaynak bulamayan meteoroloji ve iklim uzmanı profesörler... elektrik değil, rant üretme amacıyla inşa edilen barajlar... çevre ve doğaya etkisi zerrece hesaba katılmadan girişilen dev baraj projeleri... yerin altının altınla dolu olduğunu söyleyip tüm vatandaşları "altına hücum"a çağıran yetkililer... efsanevi bor kaynaklarımızı nanobor adıyla kullanarak ilk Türk çimentosunu dünyaya gururla ilan eden yetkililer... kuraklıktan kırılma raddesine gelen bölgelerde dahi turizm gelirini artıracağı gerekçesiyle yeni golf sahaları açılmasını canla başla savunan

şirketler ve bütün bunların hem medyada, hem de yönetimdeki akıl durdurucu olağanüstü yansımaları...

Bunlara ilave edilmesi gereken başka şeyler de var: Ekran başında her gün ortalama 5 saatten fazla oturarak dünya tv seyretme rekorlarını kıran, ortalama on yılda 1 kitap okuyarak dünyada en az kitap okuma rekorlarını kırmaya aday olan geniş kitleler... kendi şeceresi hakkındaki sonu gelmez tartışmaların sisli ortamında kulaç atan büyük insan toplulukları... enerjiyi yoktan var eden dönergeçleri bularak, tekerleğin icadından bu yana insanlığın en büyük buluşunu gerçekleştirenler... Bu icadın basın duyurusunu ve tam sayfa reklamını yapan asker-sivil yetkililer... bu açıklamayı ciddiye alıp icada sayfalarında defaatle yer veren gazete ve televizyonlar...

Bilim dünyasına ve hatta gerçek dünyaya yabancılaşma tehlikesi gösteren bir sosyolojik ortam bu. İnsana biraz endişe vermiyor değil doğrusu.

Ama öte yandan, hızlı bir bilinç yükselmesine de tanık oluyoruz: Özellikle gençler her yerde başlarını kaldırıyor, seslerini yükseltiyor, her yaştan aktivistler toplumda giderek ve bence hızla artan bir saygınlık kazanıyor. Tabandan yükselen sayısız hareket var: Küresel Eylem Grubu'nun, Yeşiller'in, TEMA'nın, Doğa Derneği'nin, Munzurluların, Gemliklilerin, Yatağanlıların, Aliağalıların, Gerzelilerin, Sinoplulların, Pazarcıklıların, Kaz Dağlıların, Efemçukuru sakinlerinin, Hasankeyflilerin, Aliağalıların, İzmirlilerin, Sinoplulların, Adapazarlıların, Doğu Karadenizlilerin, Antalyalıların, Bodrumluların, pek çok yerde üniversite öğrencilerinin kendi geleceklerine giderek daha büyük bir kuvvetle sahip çıkmaya başladıkları ayan beyan görülüyor – her şeye rağmen! Bu insanlar, hem kendi küçük çevrelerinde, hem de ülke çapında ve hatta uluslararası boyutta hareketler içinde boy gösteriyorlar. Küresel ısınmaya, kömür yakan termik santrallere, nükleer santrallere, ufak barajlara, büyük barajlara, siyanürle altın çıkarmalara, golf sahalarına, kuraklığa, göllerin kuruyup gitmesine, ormanların yanmasına, taşocaklarına, çimento fabrikalarına, sahillerin doldurulmasına, 2 B'ye ve daha nice özel çıkar kumkumasına karşı doğayı savunan bu insanlar canlılar âleminin, gerçek dünyanın ve bilimsel doğruların yanında yer alıyor ve hiç de azımsanmayacak bir umut cephesini oluşturuyor.

Ayrıntı Yayınları işte böylesine paradokslarla dolu karma-

karışık bir ortamda, Dr. Hansen'in o benzersiz berraklıktaki metinlerinden hatırı sayılır bir seçmeyi hayatımıza sokarak bence yayıncılıkta önemli bir sorumluluk anlayışını yerine getiriyor. Öyleyse, ben de kendi payıma, sorumluluğun küçük bir parçasına ortak olayım ve James Hansen'in bu kitapta yer almayan küçük bir "mahkeme beyanı"nı, Kingston 11'i diye anılan genç aktivistleri desteklemek üzere kaleme aldığı duru bir metnin final paragrafını çevirerek bitireyim bu önsözü:

James E. Hansen'in Beyanı

"Eğer bu dava mahkeme önüne gitmiş olsaydı, doğa ve insanlık uğruna o güçlü 'otorite'ye başkaldırma cesaretini gösteren bu genç insanlar adına tanıklık etmek için mahkemenin bana izin vermesi talebinde bulunacaktım. Aslına bakılırsa, bu genç insanlar, sürdürülen kömür madenciliğinin yalnızca yerel çevre için değil, 'doğa'nın kendisinin, canlılar âleminin ve daha önceki kuşaklardan bize miras kalmış olan gezegenin iyiliği bakımından ne gibi sonuçlar doğuracağını en büyük otoriteden çok daha iyi anlıyor ve yetkinlikle dile getiriyorlar.

İklim değişikliği bilimi son yıllarda çok netleşti: eğer karbon salımlarının atmosfere boca edilmesine son verilmezse gezegen üzerindeki türlerin büyük bir bölümünü yok olmaya mahkûm etmiş olacağız. Kuzey Kutbu (Arktik) bölgesinde yaz buzlarının neredeyse yarısı gitti, mercan resifleri büyük baskı altında, dünyanın her yerinde dağlardaki buzullar eriyor ve önümüzdeki birkaç on yıl içinde yüz milyonlarca insanın temiz su kaynakları bunun sonuçlarından etkilenecek ve aşırı iklim olayları, yani daha büyük seller, daha şiddetli sıcak dalgaları, daha kuvvetli orman yangınları ve daha güçlü fırtınalar olacak... ve bunların tümü belgelenmiş durumda.

Annelerimizle babalarımız fosil yakıt kullanımının uzun vadede nasıl bir etkisi olacağını fark etmediler. Bizimse artık böyle bir mazeretimiz kalmadı. Umalım ki, bu gençlerin cesareti iklim ve çevre konularında kamusal eğitimin ateşlenmesine yol açsın; çocuklarımız ve torunlarımız adına doğayı korumakta da bize yardımcı olsun."

Evet, umalım böyle olsun. Zaten, gençliğin cesaretinden başka umut bağlayacağımız bir "merci" de pek yok aslında. Ama, varsın olmasın. O cesaret bize yetecektir.

Ömer Madra
İstanbul, 23 Aralık 2008

YİRMİ YIL SONRA KÜRESEL ISINMA: KIRILMA NOKTASI YAKIN[1]

Küresel ısınmanın geçerli olduğu konusunda insanların dikkatini çektiğim, 23 Haziran 1988 tarihli Kongre'deki konuşmamın üzerinden tam 20 yıl geçti. O günle bugün arasında çarpıcı benzerlikler var; ancak tek bir kocaman fark söz konusu.

Konuyla ilgili bilimsel topluluğun küresel ısınmadan anladığı şeyle politikacıların ve kamuoyunun anladığı şey arasında yine büyük bir uçurum bulunuyor. O zaman olduğu gibi

1. Dr. James E. Hansen, birçok görevin ve unvanın sahibi olmakla birlikte, 23 Haziran 2008'de, National Press Club'ta ve House Select Committee on Energy Independence & Global Warming brifinginde sıradan bir yurttaş olarak konuşuyor.

bugün de, bilimsel verilerin yansız değerlendirmesi politik çevreleri şaşkınlığa uğratan sonuçlar veriyor. Ve yine, o zaman olduğu gibi bugün de, ben bu sonuçların kesinlik oranının % 99'un üzerine çıktığını iddia ediyorum.

Fark, artık küresel ısınma saatli bombasını etkisiz hale getirmemiz için alınması gereken önlemlerin zamanlamasında bütün mazeret izinlerimizi kullanmış olmamızda yatıyor. Yeni Başkan ve Kongre gelecek yıl, ABD'nin mevcut tehlikeli durumdaki sorumluluğunun gereklerini yerine getirip liderliği ele alacağı bir yol belirlemek zorundadır.

Aksi halde, karbondioksiti (CO_2), fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan sera gazını (GHG), iklim sisteminin çarpıcı bir biçimde insanlığın kontrolünden çıkan feci iklim değişikliklerine yol açacak kırılma noktasını geçmesini engelleyecek bir düzeyde tutmak pratik olarak imkânsız hale gelecektir.

Canlı hayatı, diğer bir deyişle, üzerinde medeniyetin geliştiği gezegeni, korumak için yapılması gereken değişiklikler gayet açıktır. Ancak değişiklikler, Washington ve öteki başkentlerde öncelik verilen, kısa dönemli kâr hesaplarına odaklı özel çıkar çevreleri tarafından engelleniyor.

Ben iddia ediyorum ki, enerji bağımsızlığı ve daha sağlıklı çevreye açılan bir yol, zor da olsa, hâlâ mümkündür. Bunun için gelecek yıl Washington'da dönüştürücü bir yön değişikliği şarttır.

23 Temmuz 1988'de, Colorado'dan Senatör Jim Wirth'in başkanlık ettiği bir oturumda tanıklık yaparak, dünyanın uzun dönemli bir ısınma eğilimine girdiğini ve insan kaynaklı sera gazlarının hemen hemen kesinlikle bunun sorumlusu olduğunu anlattım. Küresel ısınmanın, hidrolojik döngünün iki ucunu da azami etkili hale getireceğini, diğer bir deyişle, bir yanda kuraklıklar ve orman yangınları olurken, öte yandan şiddetli yağışların ve sellerin görüleceğini söyledim.

Yirmi yıl önceki bu tanıklığım kuşkuyla karşılandı. Ancak, kuşkuculuk bilimin can suyu olmakla birlikte, kamuoyunda şaşkınlık da yaratabilir. Öte yandan, bir konu tüm yönleriyle irdelenirken, hiçbir şeyin kesin olarak bilinmediği izlenimi yaratılabilir. Bu durumda, ancak bütün verilerin önyargısız ve kapsamlı ele alınıp değerlendirilmesi sonucunda geçerli sonuçlara ulaşılabilir.

1988'de benim vardığım sonuçlar temel fizikten, gezegen çalışmalarından, süregelen değişikliklerin gözlemlenmesinden ve iklim modellerinden elde edilen kapsamlı girdiler üzerine inşa edilmişti. Kanıtlar, "eveleyip gevelemeyi kesme" vaktinin çoktan geldiğini söyleyebileceğim kadar güçlüydü. Zamanın, bilimsel çevreleri benzer sonuçlara ulaştıracağından emindim ve yanılmadığım ortaya çıktı.

Küresel ısınmanın uluslararası kabulü ne kadar hızlı olduysa, bu konuda birtakım önlemlerin alınması o oranda yavaş ilerliyor. ABD, salımlara bir sınır getirmeyi kabul etmedi; Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkeler salımlarını hızla artırdılar.

Bu noktada şu soruyu sormak gerekiyor: Nedir hayati önem taşıyan konu? Şimdiye kadar ısınma, kara sahası üzerinde yaklaşık 2°F'dir; bu, iklimdeki gündelik dalgalanmalardan daha az, neredeyse zararsız, kabul edilmiştir. Ancak daha fazla ısınma halihazırda "ardışık süreçler" içinde, dünya okyanuslarının büyük ataletinde bekletiliyor sadece. Ve iklim, tehlikeli kırılma noktasına yaklaşıyor. "Mükemmel fırtına"yı oluşturacak, küresel felaketi yaratacak unsurlar birikiyor.

İklim değişikliği, etkileri büyütücü geribeslemelerin hızlı ve büyük değişiklikleri tetikleyeceği bir noktaya kadar erişebilir. Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzu buna bir örnektir. Küresel ısınma buzların erimesini ve okyanusa akışını artırdı; okyanusun da daha fazla güneş ışığı emmesine, daha fazla buzu eritmesine neden oldu. Sonuç olarak, ek herhangi bir sera gazının dahil olmasına gerek kalmaksızın, Kuzey Kutbu yakında yaz aylarında buzdan yoksun kalacak.

Daha birçok uğursuz kırılma noktası oluşuyor. Batı Antarktika ve Grönland buz tabakaları küçük bir ısı artışına bile tahammül edemeyecek hale gelmiştir. Bu iki mil kalınlığındaki dev kütle şu anda yavaşça tepki veriyor; ancak çözülme belli bir noktaya ulaşır ulaşmaz artık durdurulamaz hale gelecektir. Bilim insanları yalnızca, hangi tarihte deniz seviyesinin ne kadar yükseleceğini tartışıyor. Bana kalırsa, eğer salımlar bugünün rakamlarından hareketle oluşturulan senaryoyu izleyecek olursa, en azından iki metrelik su seviyesi artışı muhtemelen bu yüzyıl içinde gerçekleşecek. Bunun neticesinde de, yüz milyonlarca insan mülteci durumuna düşecek. Dolayısıyla, insanlığın aklının alabileceği bir zaman dili-

minde hiçbir istikrarlı kara sınırı çizilemez.

Hayvan ve bitki türleri daha şimdiden iklim değişikliğinden mustarip. Kutup ve dağlık bölge türleri, eğer ısınma sürerse, gezegenin dışına itilecektir. Öteki türler göç etmeye yeltenecek; ancak içlerinden bazıları yol almaya başlayınca, birbirlerine bağlı olma durumu, ekosistemin çöküşüne neden olabilecektir. Türlerin yarısından fazlasının gezegen üzerinden kitlesel olarak silinmesi birkaç kez, sera gazlarının artışı sonucunda dünya beklenen oranda ısındığı zamanlarda, yaşanmıştır. Biyolojik çeşitlilik yeniden oluşabilir; ancak bunun için yüz binlerce yıl gerekir.

Dünyanın önde gelen iklim uzmanlarıyla birlikte yazdığım bir makalede[2] belgeleriyle sunduğum rahatsız edici sonuç, atmosferdeki karbondioksitin güvenli düzeyinin 350 ppm'den (milyonda bir parçacık) daha fazla olmadığı yönündedir; daha az olabilir. Şu anda karbondioksit miktarı 385 ppm'dir ve her yıl 2 ppm artmaktadır. Küresel ısınmayı 2°C'den (3.6°F) daha az tutma yönündeki sıklıkla dile getirilen amaç, kurtuluş değildir; aksine, küresel felakete davetiye çıkarmak anlamına gelmektedir.

Bu sonuçlar, dünyanın geçmişte sera gazlarındaki artışa nasıl tepki verdiğini gösteren jeolojik çağlardaki iklim verilerine ve dünyanın günümüzdeki karbondioksit miktarına nasıl tepki verdiğini ortaya koyan gözlemlere dayanıyor. Sera gazlarının süregelen artışının sonuçları, türlerin yok oluşu ve gelecekteki deniz seviyesi artışını artık çok geride bırakmıştır.

Çorak alt-tropik iklim bölgeleri kutup yönünde genişliyor. Şimdiden, yaklaşık olarak, ortalama 250 millik bir genişleme gerçekleşmiş durumda ve bu ABD'nin güneyini, Akdeniz bölgesini, Avustralya ve Afrika'nın güneyini etkiliyor. Orman yangınları ve göllerin kuruması, karbondioksit artışı durdurulmadığı ve tersine çevrilmediği müddetçe, artarak sürecektir.

Dağ buzulları yüz milyonlarca insanın temiz su kaynağıdır. Bu buzullar dünya çapında, Himalayalar'da, And Dağları'nda ve Kayalık Dağları'nda günbegün daha yukarlara doğru çekiliyorlar. Karbondioksit artışı tersine çevrilmedikçe, bunlar kaybolacak ve geride, nehirlerin yerini almış, yaz sonları ve

2. Target atmospheric CO_2: where should humanity aim? J. Hansen, M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Raymo, D.L. Royer, J.C. Zachos:
http://arxiv.org/abs/0804.1126 ve http://arxiv.org/abs/0804.1135.

güz aylarında görülen küçük akıntılar bırakacaktır.

Mercan resifleri, diğer bir deyişle, okyanusun yağmur ormanları, denizlerde yaşayan türlerin üçte birine yuva hizmeti görmektedir. Mercan resifleri, okyanusların ısınması da dahil birçok nedenle ama özellikle de ek karbondioksitin doğrudan etkisiyle okyanusların asidifikasyonu yüzünden zor durumdadır. Karbon bileşimli deniz kabuklarına ve iskeletlere bağımlı okyanus yaşamı, okyanus daha çok asitli hale geldikçe çözülme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır.

Günümüzdeki karbondioksit miktarına göre, Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzulları ve büyük buz tabakalarının istikrarsızlığı da dahil olmak üzere, bu ve benzeri veriler daha şimdiden çok ileri gittiğimizi gösteriyor. Yaşadığımız gezegeni muhafaza etmek için atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak zorundayız. Orman alanlarının genişletilmesi ve iyileştirilmiş tarımsal uygulamalar yardımıyla, 350 ppm'den daha fazla olmayan bir düzey hâlâ uygulanabilir bir şeydir; ama elimizi çabuk tutarsak... çünkü zaman tükeniyor.

Karbondioksit artışını durdurma gereği, fosil karbon rezervlerinin hacminden kaynaklanıyor. Kömür petrol ve gazdan çok daha bol bulunmaktadır. Karbonun hapsedildiği ve yeraltında depolandığı yerler dışında kömür kullanımına son vermek, küresel ısınma sorununu çözmenin birincil koşuludur.

Petrol, karbonu hapsetmenin mümkün olmadığı taşıtlarda kullanılıyor. Öte yandan, petrol tükeniyor. Gezegenimizi korumak için, gelecekteki mobil enerji kaynağının kömürün sıkıştırılması sonucunda ya da katranyağı veya öteki fosil yakıtlardan elde edilen enerji olmamasını garanti altına almalıyız.

Fosil yakıt rezervleri sınırsız değildir ve bu, fiyatların artmasının ana nedenidir. Önünde sonunda fosil yakıtları mazide bırakmak zorundayız. İklim sorununun çözümü vakit geçirmeden karbonsuz enerjiye geçmemizi gerektiriyor.

Özel çıkar çevreleri, yenilenebilir enerjiye geçişimizi engellemektedir. Bütün dikkatimizi yenilenebilir enerjiye vermek yerine, fosil şirketleri, nasıl tütün şirketleri sigara ile kanser hastalığı arasındaki ilişkiyi yok saymaya çalışıyorlarsa, aynı şekilde, küresel ısınma hakkında kafalarda soru işaretleri oluşturma yolunu seçiyorlar. Yöntemleri de, okul kitaplarındaki küresel ısınma tartışmalarına şekil vermek ama-

cıyla bütçeler ayırmak dahil olmak üzere, son derece karmaşık.

Fosil şirketlerinin üst düzey yöneticileri ne yaptıklarını biliyorlar ve işlerin şimdiki gibi sürmesinin uzun dönemli sonuçlarının da bilincindeler. Bana göre, bu yöneticiler insanlığa ve doğaya karşı ağır suçlar işlemekten yargılanabilirler.

Eğer kontrolden çıkmış bir iklimi çocuklarımıza devredecek olursak, Exxon Mobil ve Peabody Coal CEO'larının sonradan mahkûm edilecek olması bizleri teselli etmeyecektir. İnsanlık o zaman, sürekli değişen kıyı şeritleri ve yoğun bir biçimde en aşırı uçlarda dolaşan bölgesel iklim olayları sonucunda perişan olacak, yoksullaşacaktır. Sayısız türün kaybı geride daha çorak bir gezegen bırakacaktır.

Eğer politikacılar bu denli kalın kafalı olmaya devam edecek olursa, liderliği yurttaşlar ele almalıdır. Kömür yakıtlı yeni santraller konusunda bir moratoryum talebinde bulunmalıyız. Açık denizlerden, kara parçalarından ve vahşi doğadan son petrol damlasını da sıkıp çıkarmayı amaçlayan fosil yakıttan nemalanan çıkar çevrelerinin karşısına dikilmeliyiz. Bu son damlalar çözüm değildir. Bunlar, dar görüşlü, bencil bir endüstri için fahiş kârların sürmesi anlamına gelebilir; ancak alışkanlığımızı ortadan kaldırmaz ya da uzun dönemli enerji kaynağı sağlamaz.

Fosil yakıtlardan temiz enerjiye geçmek zorlu bir iştir; ancak hayırlı sonuçlar doğuracak bir biçimde dönüştürücüdür de. Ucuz, sübvanse edilmiş fosil yakıtlar kötü alışkanlıkları besliyor. Örneğin, yanı başımızdaki tarla ve bahçelerden daha sağlıklı ürünler elde edilebildiği halde, dünyanın bir ucundan yiyecek maddeleri ithal ediyoruz. Eğer fosil yakıt sübvanse edilmezse, yerel üretim rekabet edebilir hale gelecektir. Ayrıca, fosil yakıtlar yüzünden iklim değişikliğinin zararlara yol açtığı ve maliyetleri yükselttiği de artık insanların malumu olmuştur.

Zarara neden olan salımlara bir bedel biçilmesi şarttır. Evet, bir karbon vergisi konmalıdır. Bizi fosil yakıt kullanımından caydırmak için %100 geri ödemeli özel karbon vergisi gerekiyor.[3] Vergi ve geri ödeme, politikacıları değil, piyasa-

3. Önerilen "vergi ve %100 geri ödeme" büyük oranda Peter Barnes'ın *Who Owns the Sky: Our Common Assets and the Future of Capitalism*, Island Press, Washington, D.C., 2001 adlı çalışmasına dayanıyor: (http://www.ppionline.org/ppi_ci. cfm?knlgAreaID=116&subsecID=149&contentID=3867).

yı yatırım kararları almaya zorlayacaktır.

Kömür, petrol ve gaz üzerinden karbon vergisi almak son derece basit bir iştir; ilk satış noktasında ya da giriş limanında uygulanabilir. Bütün vergi geliri kamuya, her bir yetişkine eşit miktarda ve çocuklar için bunun yarısı oranında, gelir olarak döner. Bu pay aylık olarak hak sahibi bireylerin banka hesabına yatırılabilir.

%100 geri ödemeli özel karbon vergisi azalan oranlı değildir. Aksine, düşük ve orta gelirli insanların kendi karbon vergilerini azaltmanın yollarını bulacağına ve bu hareketin başını çekeceğine iddiaya girebilirsiniz. Müsrifçe enerji kullananlar bunun bedellerini ödemek zorunda kalacaklardır.

Düşük-karbonlu yüksek-verimli ürünlere olan talep yenilikleri kışkırtacak, bu da ürünlerimizi uluslararası piyasalarda daha rekabete dayanıklı hale getirecektir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiler hızla artarken, karbon salımları da düşecektir. Kara kurum, civa ve öteki fosil yakıt salımları azalacaktır. Enerji bağımsızlığıyla birlikte, daha aydınlık, daha temiz bir gelecek mümkündür.

Washington, ödediğimiz vergileri kuruşu kuruşuna harcamaktan hoşlanır. Timsah derisinden ayakkabılar giymiş, dolgun ücretli lobiciler ordusu Kongre'ye paraları nereye harcayacağı konusunda yardımcı olur ve karşılığında da lobicilerin müşterileri "kampanya" paralarını karşılar.

Halk, Washington'a bir mesaj yollamalıdır: Çocuklarımız ve torunlarımız için, gezegenimizi, canlıları koruyun ama bunu daha fazla vergi-ve-harcama için bir bahane olarak kullanmayın. Düsturumuz şu olsun: "%100 pay ya da savaş!"

Seçilecek yeni Başkan ulusal bir az-kayıplı elektrik şebekesini zorunluluk haline getirmelidir. Bu, dağınık halde bulunan yenilenebilir enerjilerin, enerji üretiminde fosil yakıtların yerini almasını sağlayacaktır. Toprak altından giden, yüksek voltajlı doğru-akım taşıma hatları için teknoloji mevcuttur. Eyaletler arası otoyollarda benzer bir biçimde on yıldan daha az bir sürede kamyon hatları tamamlanabilir ve yaygınlaştırılabilir.

Hükümet, kârların daha çok enerji satışından değil, verimliliğin artırılmasından elde edilmesini sağlayacak şekilde kamusal hizmet düzenlemeleri de yapmalıdır. İnşaat yapı yönetmelikleri ve taşıt verimliliği koşulları iyileştirilmeli; kar-

bonu sıfırlamaya yönelik bir yol izlenmelidir.

Fosil endüstrisi, Çin ve öteki gelişmekte olan ülkeleri önlem almadan beklemeyi haklı çıkarmak için günah keçisi olarak kullanarak, demagoji yoluyla Washington'da köşe başlarını tutmuş bulunuyor. Aslında, bugün havaya en fazla karbon salan biziz ve biz bunu bir avantaja dönüştürüp, salımları azaltmak için yollar geliştirme hususunda akıllı hamleler yapan bir ülke konumuna gelebiliriz. Ozon sorununda olduğu gibi, gelişmekte olan ülkelere salımlarını düşürmek için ek bir süre tanınabilir. Onlar işbirliği yapacaklardır; onların iklim değişikliğiyle kaybedecekleri çok şey olduğu gibi, temiz hava ve fosil yakıtlara daha az bağımlılıkla da kazanacakları çok şey vardır.

Diğer ülkelerle adil anlaşmalar yapmalıyız. Ama diğer yandan, kendi karbon vergimizi ve pay uygulamamızı vakit geçirmeden devreye sokmalıyız. Bir ulus olarak bundan çok şey kazanacağız ve diğer ülkeler muhtemelen peşimizden gelecektir. Eğer gerekirse, işbirliğine yanaşmayan ülkelerin ürünlerinden alınan ithalat vergileri artırılabilir ve alınacak bu ek vergiler bir havuzda toplanabilir.

Demokrasi işler; ama bazen ağır işler. Vaktimiz yok! 2008 yılında gerçekleştirilecek seçim gezegen için hayati önem taşıyor. Eğer Amerikalılar en geri kafalı kongre üyelerini beslemekten vazgeçerse, eğer Washington iklim değişikliği sorununu ciddiyetle ele almayı kabul ederse, çocuklarımız ve torunlarımız hâlâ büyük ümitler besleyebilecektir.

❄

HÜKÜMETİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BİLİMİNE POLİTİK MÜDAHALESİ*

Sunumun Gerekçesi

Böyle bir tanıklık yapmayı gerekli gördüm; çünkü yaşadıklarımın demokrasimizin işleyişinde ortaya çıkan kusurları gözler önüne serdiğine inanıyorum. Ve konuşmamın bir kısmını, iklim krizini çözmek için erken önlem almanın getirileriyle, sürmekte olan mutat fosil yakıt salımlarının tehlikelerini kıyaslamaya ayıracağım.

Hukuk ya da politikayla ilgili meselelerde uzmanlık iddiam yok. Benim yaklaşımım, atalarımızın şimdiki durumumuza nasıl bakacağını ve iklim değişikliği meselesini nasıl ele alacağını hayal etmeye çalışmaktır. İyi bilgilendirilmiş bir

* 19 Mart 2007 tarihinde ABD Temsilciler Meclisi Denetim ve Hükümet Reformu Komitesi'nde yapılan konuşma. (ç.n.)

kamu, demokrasimizin olmazsa olmaz bir koşuluydu ve bugün de öyledir; benim için, iklim değişikliğine ilişkin objektif bir tartışma açan Benjamin Franklin'in gayet makul karşılanacağını hayal etmek zor değildir. Demokrasimizin diğer bir temel özelliği, denge ve fren mekanizmasıyla işleyen, yönetimde güçler ayrılığı da, iklim krizi sayesinde tartışılır hale gelmiştir.

Benim Deneyimim

A. Kongre'deki Tanıklığıma Beyaz Saray Onayı ve Konuşmamın Gözden Geçirilmesi

Geçen 25 yıl boyunca, Kongre'deki bilimsel tanıklıklara politik müdahale oranında bir artış olduğu dikkatimi çekti. Benim ABD Temsilciler Meclisi oturumundaki ilk tanıklığım 1982 yılı başında Temsilci Al Gore tarafından örgütlenmişti. Bu tanıklık için Beyaz Saray'ın onayının gerekip gerekmediğini hatırlamıyorum; ama her halükârda, tanıklığımın içeriğine herhangi bir itiraz olmamıştı.

1984-1988 yılları arasında en az üç kez ABD Senatosu'nda iklim değişikliğine ilişkin tanıklık yaptım. Bu tanıklıklara White House Office of Management and Budget'ın (OMB) [Beyaz Saray İdare ve Bütçe Ofisi] onay vermesi gerekiyordu. Benim OMB'deki görevlilerle doğrudan temasım olmadı; NASA yöneticileri (genellikle NASA Hukuk Bürosu) bilim insanıyla (bu ben oluyorum) OMB arasında aracılık yapıyordu. Bir keresinde, OMB'nin konuşma metnimde yaptığı değişikliklere şiddetle itiraz ettim; çünkü değişikliklerin araştırmaların sonuçlarını büyük oranda değiştirdiğini ve insan kaynaklı iklim değişikliğinden duyulan kaygının azalmasına hizmet ettiğini düşünüyordum.

Bu olayda, Hukuk Bürosu'ndan bir NASA görevlisi bana sıradan bir yurttaş olarak tanıklık yapma hakkının olduğunu ve böyle bir tanıklık durumunda ne istersem söyleyebileceğimi bildirdi. Ben de sıradan bir yurttaş olarak tanıklık yaparak bu hakkı kullandım ve bunu yaptığım için de hiçbir tepki almadım.

1989'dan, yani iklim değişikliği büyük bir kamusal ve politik mesele halini aldıktan sonra, Kongre'de tanıklık yoluyla yapılan açıklamalar üzerinde kısıtlamalar daha da arttı; en azından benim deneyimim bu yönde oldu. Senatör Gore'un başkanlık ettiği Senato Komitesi'ne sunulmak üzere 1989'da NASA yetkili kurullarına yazılı metni verdiğimde, sorumlu müdürümden, Beyaz Saray OMB'sinin gerekli gördüğü bazı değişiklikleri metne eklemesi için orijinal metnimi NASA yetkili kurullarına göndermesi istendi. Bunu bana bildirdiklerinde çok öfkelendim, metni geri çektim ve öngörülen değişikliklerin bizim ofis tarafından yapılması konusunda ısrar ettim. Birkaç kabul edilebilir ifade değişikliği üzerinde anlaştık (NASA yetkili kurulları benimle OMB arasında aracılık yapıyordu); ancak, OMB'nin gerekli gördüğü üç değişiklik benim için kabul edilemezdi. 1980'lerdeki uygulamadan farklı olarak, NASA yetkilileri değişiklikleri kabul etmek gerektiğini, aksi halde tanıklık yapamayacağımı söylediler. Değişiklikleri kabul ettim; ancak, Senatör Gore'a bir faks çekerek ondan oturum devam ederken bu önermeler hakkındaki fikrimi sormasını istedim; çünkü herkesin bunların benim değil, Beyaz Saray OMB'sinin görüşleri olduğunu bilmesini istiyordum. (Bu diyalog "Uygunsuz Gerçek" adlı belgeselde kısaca gösterilmiştir.)

Beyaz Saray OMB'sinin bilimsel tanıklıkları gözden geçirmesi ve düzeltmeler yapması şimdiye kadar kabul edilmiş bir uygulama gibi görünüyor. Bütçeden sorunlu insanların bilimsel tanıklıkları gözden ve elden geçirmesine neden izin verildiği konusunda bana yapılan açıklama, NASA planlarının Yönetim'in bütçesiyle tutarlı olması gerektiği şeklindeydi. NASA'nın Hukuk Bürosu ve Bilim Programı ofislerinden insanlarla yaptığım tartışmalardan, NASA yetkili kurullarındaki insanların, NASA'nın yıllık bütçesinden iyi bir pay almak istiyorlarsa OMB ile iyi geçinmeleri gerektiğine inandıkları sonucunu çıkardım. Bana öyle geliyor ki, bu birtakım anayasal sorunlar ortaya çıkarıyor; çünkü benim anlayışıma göre, Anayasa cüzdanı Kongre'ye emanet etmiştir, hükümetin yürütme organlarına değil. Bu meseleye, iklim bilimine politik müdahalenin etkilerini tartıştıktan sonra, yeniden değineceğim.

B: NASA Halkla İlişkiler Ofisi'nin İletişim Kısıtlamaları

NASA gibi bilimsel kurumlardaki Halkla İlişkiler Ofisi, bilimsel sonuçların kamuoyuna iletilmesine yardım etmek için vardır. Meslek hayatım boyunca, Halkla İlişkiler'in yetkili üst kurullar düzeyinde giderek politikleştiğine tanık oldum; bu da, bilim insanlarının kamuoyuyla iletişimine azımsanmayacak oranda etki ediyor. NASA bilim merkezlerindeki Halkla İlişkiler ofislerinde çalışan meslektaşları değil, genellikle her şeyden sorumlu olan ve politik gerekçelerle atanmış bulunan NASA üst kurullarındaki Halkla İlişkiler mensuplarını kastediyorum. Meslek hayatım boyunca, bilimsel bilgilerin halka aktarılmasına yapılan müdahalenin mevcut yönetim dönemindeki kadar büyük olduğu başka bir dönem hatırlamıyorum. Freedom Forum'un [Özgürlük Forumu] 2006 yılı takviminde belirttiğim gibi: "Görevde bulunduğum otuz yıldan daha uzun süre zarfında, bilim insanlarından kamuya bilgi akışının bugünküne benzer biçimde elekten geçirilip denetlendiği bir başka dönem görmedim."

Mevcut yönetimin iklim değişikliği bilimini denetlemesi yüzünden iklim değişikliği gerçeği olguların gösterdiğinden daha az kesin bir şey olarak anlaşılmış ve iklim değişikliğiyle insan kaynaklı sera gazı salımları arasındaki ilişkiden ötürü duyulan kaygılar azalmıştır. Örneğin, benimle aynı birimde çalışan meslektaşlarımdan biri, okyanusun insan kaynaklı CO_2'yi yok etmede daha önce tahmin edilenden daha az etkili olduğunu iddia ettiği çalışmasından hareketle bir hikâye yazdı. Halkla İlişkiler bu hikâyenin medyaya aktarılması gerektiğine karar verdi. Bir başka çalışan, bir basın toplantısında nasıl davranılması gerektiğine ilişkin pratik yaparken, "Deniz buzu kaybındaki hızlanmayı durdurmak için bir şey yapılabilir mi?" sorusu yöneltilirse neler söyleyeceğinin de provasını yapmak zorunda kaldı. Arkadaşımız bu soruya, "Sera gazları salımlarını azaltabiliriz" yanıtını verebileceğini söyleyince, sert bir dille kendisine, "Bu kabul edilemez!" dendi ve bilim insanlarının politikayla ilgili bir şey söylemeye yetkili olmadıkları açıklandı.

Kamuoyunun bilgi alma hakkına politik müdahalenin önemli bir örneği de, NASA yetkili kurullarından gözden geçirilmesi, onaylanması ya da onaylanmaması ve gerekli değiş-

şikliklerin yapılması için Beyaz Saray'a gönderilen, küresel ısınma bilimine ilişkin basın açıklamalarıdır. Bu uygulamanın, yasalara aykırı olmasa da, uygunsuzluğu, halka açık bir toplantıda bu uygulamadan bahsetmem üzerine NASA Halkla İlişkiler'den bana verilen yanıtta da görülebilir (Kaynakça 3). NASA'nın Halkla İlişkiler Müdür Yardımcısı, Başkanlık Ofisi'nden Goddard Space Flight Center'a (GSFC) [Goddard Uzay Uçuş Merkezi], bu uygulama hakkında beni bilgilendiren Goddard Halkla İlişkiler'den, mesleği yazarlık olan birine sözlü olarak ağzının payını vermek üzere şahsen geldi. Yazar arkadaşı, "Herkes kendi işine baksın!" denilerek azarlandı. Yazarın ağzının payı, sorumlusunun huzurunda verildi hem de. Böylesi talimatların verilmesi ve had bildirmeler genellikle şifahi olarak yapılır. Eğer NASA Merkez Halkla İlişkiler medya tarafından böylesi suiistimallerden ötürü sorgulanacak olursa, hemen, "Bu bir iftira!" yanıtı yapıştırılır: Medyayı korkutacağı düşünülen, resmi bir terimdir bu. Gerçeği öğrenmek istiyorsanız, size, Beyaz Saray'da iklim değişikliğiyle ilgili basın açıklamalarını kabul eden ve denetleyen kişinin kim olduğunu kesinlikle bilen, o tarihteki NASA Yerbilimleri Başkan Yardımcısı da dahil, ilgili kişinin yeminli ifadesine başvurmanızı öneririm.

NASA Merkez Halkla İlişkiler'in iletişim alanındaki kısıtlamaları 2005'in Aralık ayında, Merkez Halkla İlişkiler bazı direktiflerini e-postalar ya da yazılı notlar yoluyla bildirdikten sonra, gün yüzüne çıktı. Bu, benim San Francisco'da, Amerikan Jeofizikçiler Birliği'ndeki "Keeling" konuşmamdan ve bundan bir hafta sonra 2005'teki rekor küresel sıcaklığı gösteren, NASA Goddard Institute for Space Studies'te (GISS) [Uzay Araştırmaları Goddard Enstitüsü] yaptığımız küresel sıcaklık analizlerimizin yayımlanmasından kısa bir süre sonra gerçekleşti. NASA Merkez Halkla İlişkiler, medyanın konuya ilgisi yüzünden küplere binmişti; küresel ısınmaya ilişkin bilgilerin kamuoyuna sızmasına karşı çıkan Beyaz Saray'dan bir çağrı alınması tetiklemişti bu öfkeyi. Merkez-GSFC/Greenbelt-GISS/New York arasında üçlü telekonferanslar süresince dile getirilen dehşetle karışık şaşkınlık katılımcılardan biri tarafından "bok fırtınası" olarak betimlenmişti. Neticede, medyayla yapılacak her tür görüşmemin izne bağlanması, NASA Merkez'in bütün mülakatları "ilk elden

ret hakkı"na sahip olması, bütün konuşmalar ve toplantılar takvimimin bildirilmesi ve GISS'in web sitesi üzerinden yapacağım her türlü haberleşme için önceden izin almam koşulları da dahil olmak üzere, daha açık ve kesin yeni bir dizi kısıtlamaya maruz kaldım.

Bu direktifler, her zamanki gibi, eğer uymazsam "istenmeyen sonuçları" göze almam gerektiği tehdidi eşliğinde, ağızdan bildirildi bana. Ancak Halkla İlişkiler'den işe yeni başlamış genç bir işgüzar, belli ki kurallar konusunda dersini yeteri kadar almamış olduğundan, içinde Halkla İlişkiler'in National Public Radio'ya (NPR) konuşmamı yasakladığını, konuşacaksa Başkan Yardımcısı'nın konuşmasının yerinde olacağını bildiren özgül bir olayın anlatımı bulunan bir belge bıraktı geride. Belki de NASA'dan ayrılmasının birincil nedeni, CV'sinde iddia ettiği gibi üniversite mezunu olmamasından ziyade bu dikkatsizliğiydi. Ne olursa olsun, bu genç adam başına buyruk hareket etmiyordu ya da kamuoyuyla iletişimi patronlarının arzuları hilafına etkilemeye çalışmıyordu. Onun bıraktığı yazılı belge, sorunun tepeden başladığını ortaya koyuyordu; NPR'ye konuşmamı yasaklama kararı Merkez'in "dokuzuncu katında" alınmıştı.

Web sayfamızdan rutin olarak yaptığımız güncel küresel sıcaklık analizlerini postalamayı durdurmak zorunda bırakılmamla anlaşıldı ki, iletişimime getirilen yeni kısıtlamalar gerçek bir engellemenin habercisiydi. O zaman, üzerimdeki baskıları yazmaya ve bunları basınla paylaşmaya karar verdim. *New York Times*'ta Andy Revkin imzalı bir makale yayımlandı. Revkin, arkasında gayet az destekleyici yazılı belge olan bir hikâyenin üzerine gitmeye cesaret etti. NASA adına Başkan, bilimsel açıklığı desteklediğini bildiren net bir açıklama yayımladı hemen.

Bununla birlikte, ifade edildiği üzere NASA'nın bilimsel açıklıktan yana bu kararlı tutumu, iklim değişikliği konusunda kamuoyunun aldatılması sonucunu hiçbir biçimde etkilemiş değildir. İlgili bilim insanları topluluğunun küresel ısınmadan anladığı şeyle asıl bilmesi gerekenlerin, kamuoyunun ve politik çevrelerin küresel ısınma hakkında bildikleri şey arasında dağlar kadar fark var. Bu fark Committee on Oversight and Goverment Reform'u [Hükümet Denetleme ve Reform Komitesi] kaygılandırmalıdır; çünkü bu kısmen, yöneti-

mimizin işleyişinin nasıl atalarımızın niyetlerinden saptığıyla yakından alakalıdır. Yürütme organları tarafından, özellikle artan mali kontroller yoluyla, Kongre'nin ayrıcalıklarının kötüye kullanılması özel bir ilgiyi hak ediyor bence.

Yürütme'nin Cüzdanlarımızı Kontrolü

Amerikan Devrimi, sıradan bir insanın oyunun en zengin, en güçlü yurttaşın oyuyla eşit olması gerektiği yolundaki radikal önermeyi hayata geçirdi. Atalarımız, despotik yönetime dönülmesi ve özel çıkarlar peşindeki güçlü bir azınlık hatırına demokratik ilkelerden sapılması karşısında önlem olarak güçler ayrımı ve denetim mekanizmaları öngören saygın bir anayasa yaptı. Bununla birlikte, onlar umutlarını eğitimli ve bilgili bir yurttaşa, dürüst olarak bilgilendirilmiş bir halka bağlamanın beraberinde getireceği zorlukların da bilincindeydiler.

Bazen merak ediyorum; atalarımız bugünkü halimizi görse acaba ne derdi? Olumlu tarafından bakarsak, bir bilim insanı olarak, Benjamin Franklin'in kendi ellerimizle yarattığımız, bilimsel araştırma kapasitemizin büyüklüğü karşısında ne söyleyeceğini tahmin edebiliyorum. Franklin, büyük bir volkanın üretmiş olduğu bir atmosferik "kuru sisin" güneşin dünyayı ısıtma gücünü azalttığı, bunun da 1780'lerin başında olağandışı bir soğuk hava dalgasına neden olduğu tahmininde bulunmuştu; bir "büyüteç"in odağında toplandığında zayıflamış güneş ışınlarının "kahverengi kağıdı nadiren tutuşturabileceği" notunu düşmüştü. Franklin'in tahminleri, ne kadar parlak olurlarsa olsunlar, araştırma araçlarına sahip olmadığından, spekülasyonun ötesine geçmiyordu. Aklının alamayacağı kapasitelere sahip, dünya yörüngesindeki uydular ve süper-bilgisayarlar olsaydı elinde, Franklin ne mucizeler yaratırdı, kim bilir?

Ne var ki, Franklin, Jefferson ve öteki devrimci atalarımız Amerika'daki son dönem eğilimleri, özellikle de hükümetimiz üzerinde özel çıkar çevrelerinin artan gücünü, kamuoyunu aldatmak için yürütülen ortak çabaları, Anayasa'mızda çerçevesi çizilen amaçların hilafına, otoritenin giderek daha fazla tek elde toplanmasından doğan yürütme gücünün keyfi

eylemlerini görseler, mutlaka hayal kırıklığına uğrarlardı. Sözünü ettiğim bu eğilimlerin küresel ısınma hikâyesine etkisi çarpıcıdır.

Geçen yıl, medyanın NASA Halkla İlişkiler'in bilime sansür uyguladığını manşetlere taşımasından yaklaşık bir ay sonra, NASA'nın misyonu, Yürütme'nin aldığı bir önlemle aniden değişikliğe uğramış ve Earth Science Research and Analysis'in [Yerbilimleri Araştırma ve Çözümleme] bütçesi yeni mali yılın başından itibaren, geriye dönük olarak budanmıştır. Böylelikle anayasal güçler ayrımı da ihlal edilmiştir. Birçok kişi geçen yıl NASA Earth Science'ın bütçesinin başına çok kötü şeylerin geldiğini biliyordu; ama genelde, kesintinin büyüklüğü ve bunun uzun dönemli etkileri hakkında kimsenin bir fikri yoktu. Bu kısmen, Kongre'deki çoğu üyenin farkında olmadığını düşündüğüm, bütçe manevrasının şimşek hızıyla oldu bittiye getirilmesi yüzündendi.

Gelecek mali yılın bütçesi açıklandığında, bir önceki yıla göre, birimler ve bölümler bazındaki farklılık her zamanki gibi %1-2 civarındaydı. %3'lük bir büyüme gösteren bir birim, %1'lik bir birimle kıyaslandığında, gayet mutlu bir şekilde kendisiyle övünebilir. Küçük farklılıklar önemlidir çünkü her birimin sabit giderleri (memur ücretleri, bina giderleri ve öteki altyapı masrafları) vardır; bu yüzden yeni programlar ya da hamleler herhangi bir bütçe artışına ve bu artışın enflasyon oranı üzerindeki dilimine göbekten bağlıdır.

Yönetim, 2007 mali yılı bütçesini açıkladığında, NASA'nın bilimsel araştırmalar biriminin payında her zamanki gibi %1 civarında bir değişiklik görülürken, Earth Science Research and Analysis'in bütçesinde, fiili olarak Kongre'den geçen 2006 yılı bütçesine göre, yaklaşık %20'lik boğucu bir kesintiye gidildi. Bunu nasıl başarabildiler? Gayet basit: 2006 araştırma bütçesini geriye dönük olarak %20 civarında keserek! 2006 mali yılının üçte birini geride bırakmış NASA Earth Science'a, yılın geri kalanında %20'lik bir kesintiyle nasıl yaşayacağınızı siz bulun dendi.

Earth Science bütçesi 2007'de daha da kırpıldı ve neredeyse birimi iş yapamayacak bir hale getirecek bir miktara çekildi. Vergi verenler açısından bunun bir anlamı yoktur. Bütçenin %80'lik bir bölümü esas olarak altyapının korunmasına ayrılmak zorundadır (pratik olarak ifade edecek olursak, memur-

ların işine son veremezsiniz; Goddard Space Flight Center gibi büyük bir alana yayılmış, çok sayıda teçhizatla donatılmış binaları yıkıp yerle bir edemezsiniz ve merkezin çimleri biçilmek zorundadır). Ama bütçe kesintileri en çok kitapları, planlanan yeni uydu araştırmalarını (bazıları şimdilik kitaplarda kalabilir; ancak elimizde şimdi ihtiyacımız olmayan paranın kalacağı gelecekteki bir tarihte bunları yapabileceğiz), bizimle çalışan çeşitli branşlardan insanlara, genç bilim insanlarına vereceğimiz destekleri kurutmuş, öğrencimiz kalmamıştır ve bunların gelecekte vahim sonuçlar doğuracağı da açıktır.

İşin garibi, bunun tam da NASA verilerinin çarpıcı ve şaşırtıcı sonuçlar ortaya koyduğu bir zamanda olmasıdır. Dünyanın yerçekimi alanını büyük bir hassasiyetle ölçen iki küçük uydu, Grönland kütlesinin artık yılda 150 kilometre küp azaldığını ve Batı Antarktika'nın da benzer bir kayba uğradığını tespit etmiştir. Yaz aylarındaki eriyen buz tabakaları alanı dikkate değer bir oranda azalmıştır; büyük buz akıntılarının (çok büyük bir hızla okyanuslara kayan buz tabakaları ve ana kütleden kopan buzdağları) hızı iki kat artmıştır ve yaz deniz buzu barındıran Kuzey Buz Denizi'ndeki alan geçen 25 yılda %20 daralmıştır.

Kötü haberlerin önüne geçmenin bir yolu, ölçümleri durdurmaktır! Tek engel, NASA'nın görevlerini sıralayan metnin ilk maddesinde, "yuvamız gezegeni anlamak ve korumak" diye yazıyor olmasıdır. Belki bu değiştirilip yerine, "özel çıkar çevrelerinin arkasını kollamak" ibaresi konabilir.

Belirtmem gerekir ki, görev maddesi eskiden "yuvamız gezegeni anlamak ve korumak" olarak okunuyordu. Bu madde şimdi iptal edildi; benim için şaşırtıcı bir kayıp çünkü küresel ısınmanın tehlikelerinden bahsederken haklılık gerekçemi bu maddeye dayandırıyordum. Alıntı yaptığım görev maddesi, 2001 ve 2002'de, NASA merkezlerinden temsilcilerin ve NASA çalışanlarıyla yapılan e-posta yazışmalarının dahil edildiği bir süreçte oluşturulmuştu. Buna karşılık, "yuvamız gezegen" ibaresinin kaldırılması, 2006'da Kongre'ye verilen bir harcama raporunda sessiz sedasız gerçekleşti; Earth Science araştırma bütçesinin geriye dönük olarak kesilmesi de aynı raporla olmuştu. 2006'da, bir düzine NASA çalışanına ve idarecisine (kendi patronum da dahil) değişikliğin farkında olup olmadıklarını sordum. Hiçbiri farkında değildi. Birkaçı, böy-

lesi tepeden inme idari değişikliklerin örgütün morali üzerinde kötü etki yapabileceği yönünde kaygılarını dile getirmişti.

Washington'daki, bütçeyle ilgili bu gelişmeler *Boston Globe*'un "Earth to NASA: Help!" [Yeryüzünden NASA'ya: İmdat!] ve "Don't ask; don't ask" [Sorma; sorma] adlı başmakalelerinde işlenmiş, yerküredeki değişimleri ölçme işinin durma noktasına geldiği bildirilmişti. Elbette, *Globe,* "liberal basın" sınıfına sokulabilir. Ancak en çok kahrolması gerekenler muhafazakârlarla ılımlılardır ve ben kendimi ılımlı bir muhafazakâr olarak görüyorum. Okula giderken hazinenin anahtarının Kongre'nin elinde olduğunu öğrenmiştim; Anayasa da böyle yazıyor. Ama gerçekte işler bu şekilde yürümüyor; yoksa Yönetim yolun yarısında bilim bütçesini kesemezdi. Öyle görünüyor ki, David Baltimore'un "Üniter Yürütme Teorisi" (başkanın hemen hemen ne isterse yapabileceğini savunan hukuk teorisi) hayata geçiriliyor. Benim edindiğim izlenime göre, muhafazakârlar ve ılımlılar, yönetimin Anayasa'da belirtilen ilkeler çerçevesinde işlemesini ve dünyanın ne durumda olduğunu bilim kurgudan değil, somut gözlemlerden elde edilen verilere göre değerlendirmeyi tercih ederler (bkz., Kaynakça 5).

İklim Değişikliği Bilimine Politik Müdahalenin Pratik Etkisi

A. İklim Değişikliği Tehdidinin Dile Getirilmesi

Yönetimin küresel ısınmaya ilişkin kanıtları hasıraltı edişinin kamuoyunun iklim değişikliği meselesini algılayışı üzerinde belli bir etkisinin olacağı aşikârdır. Sonuçta, kamuoyunun küresel ısınma gerçekliği ve ısınmanın gerçekten de insanların saldığı sera gazlarından mı kaynaklandığı konusunda aklı karışıktır.

Bununla birlikte, iklim değişikliğine ilişkin bilimsel anlayışla bu anlayışın statüsüne dair kamuoyunun bilgisi arasındaki uçurumun, büyük bir ihtimalle, iklim değişikliği bilimine politik müdahaleden ziyade kamuoyuna yönelik söylemlerde özel çıkar çevrelerinin, özellikle de fosil yakıt çevrelerinin, etkisinden kaynaklandığına inanıyorum.

Özel çıkar çevrelerinin iklim değişikliği bilimine politik müdahalede bir rolü olup olmadığı konusunda bilgi sahibi değilim. Ancak, bana soracak olursanız, iklim değişikliğine ve genelde hükümetin kamu denetimine çözüm olarak düşünülebilecek en temel hükümet reformu, kampanyayı etkili yürütmek için bir finans reformu olacaktır.

B. Önlemlerin Geciktirilmesi: Potansiyel Ekonomik Faydalar Maliyetler Haline Geliyor

İnsan kaynaklı iklim değişikliği konusunda kamuoyunun aklının karışık oluşu, ülkeyi ve dünyayı, canlı hayatı ve uygarlığın geliştiği gezegeni koruyacak bir enerji yoluna sokmak için gerekli önlemlerin alınmasını geciktirmek gibi önemli bir sonuç doğuruyor. Eğer bu önlemler erken alınırsa, değişiklikler zaman içinde ülkeye büyük ekonomik faydalar sağlayabilir.

Öte yandan, geciktirme, değişikliklerin hızla ve dolayısıyla etkisiz bir biçimde yapılacağı anlamına da geliyor. Yeteri kadar elverişli olmayan teknolojiler, aslında, "yıpranmayı" beklemeden "sökülüp atılmalıdır". Zira, endüstrimiz kendiliğinden daha elverişli bir hale gelip hazır olmayacaktır. Erken harekete geçmek uzun vadede endüstrimize rekabet avantajı sağlayacaktır.

Bu konuda, taşıt verimliliği alanından bir örnek verilebilir. Kaliforniya'nın önerdiği, otomobil ve hafif ticari araçlardaki %30'luk verimlilik artışı teklifi ülke çapında benimsenirse, yıllık petrol ithal gereksinimi 100 milyar dolar daha az olacaktır; bu da varil başına 50 dolarlık tasarruf demektir (Kaynakça 6). Bu öneriye, bana göre, ülkenin, gezegenin ve gelecek kuşakların uzun dönemli en iyi çıkarlarından ziyade kısa dönemli kârlarını düşünen otomobil üreticileri ve petrol şirketleri karşı çıktılar.

C. Ahlaki ve Yasal Yükümlülükler

İklim değişikliği bilimine politik müdahalenin en feci etkisi, çocuklarımıza ve torunlarımıza bırakacağımız potansiyel

yüktür. Yönetim, ABD'nin sera gazı salımları meselesinde asgari önleme başvurmasının bir nedeni olarak, yakında en büyük CO_2 salımı gerçekleştiren ülke olarak ABD'yi geride bırakacak olan Çin'i gösteriyor her zaman.

Bununla birlikte, bilim hiçbir tereddüde yer bırakmaksızın iklim değişikliğine mevcut salımların değil, geçmişten gelen birikmiş salımların yol açtığını gösteriyor. ABD'nin birikmiş salımları öteki ülkelerin her birinden üç misli fazladır (Kaynakça 7) ve daha onlarca yıl başı çekmeyi sürdürecektir. Dahası, gelişmiş ülkelerde salımları azaltmayı, gelişmekte olan ülkelerde ise salım artışını yavaşlatmayı düzenleyen uluslararası uzlaşmanın koşullarını müzakere etmek yerine, ABD yürüyüp gitmiş ve böylelikle etkili önlemler alınmasının önüne geçmiştir.

Bunun bir sonucu olarak, yerli halklar topraklarını yükselen denizlere ya da kayan iklim bölgelerine terk etmek zorunda kalırken, bu sorunun ana kaynağını teşhis etmek konusunda hiçbir tereddüt yaşamayacaklardır. Dolayısıyla, eğer bu yolda yürümeyi sürdürür, iklim değişikliğine yönelik etkili önlemler almayı ihmal edersek, çocuklarımıza ağır bir ahlaki, belki de hukuki bir yük bırakmış olacağız.

Eğer bilime ve bilimin iletilmesine müdahale edilmemiş ve çocuklarımızın bir tercih yapmasına imkân verilmiş olsaydı, onlar hükümetimizin bugünkü enerji ve iklim politikasını mı tercih ederlerdi acaba? Hiç sanmıyorum. Farklı bir enerji politikası izlemek için köklü değişiklik yapmak gerektiğini bilseler bile, eminim ki, onlar ABD'nin bu konuda liderliği ele almasını isterlerdi.

Ortaya Çıkan Konular ve Sorular

A. Kongre'deki Tanıklığın Denetlenmesinin Adabı

Kongre'nin yönetime, hükümet çalışanı bilim insanlarının Kongre'ye ilettiği bilimsel tanıklıkları denetleme, düzeltme ve değiştirme yetkisi vermesinin nedeni, mantığı nedir? Bu, Anayasa'nın Yürütme'ye tanıdığı bir hak mıdır; yoksa hükümet diğer resmi araçlara dayanarak mı böyle bir yetkiyi kullanıyor?

Muhtemelen bu uygulamanın bir dayanağı vardır; aksi halde, hoş görülemezdi. Ancak, tecrübelerime dayanarak söylüyorum, yukarıda kısmen tartışıldığı üzere, öyle görünüyor ki, bu uygulama demokrasimizin işleyişine ölümcül zararlar veriyor. Vergi ödeyenler, hükümete ya da akademiye bağlı bilim insanlarının yaptığı çoğu araştırmanın maliyetini karşılıyor. O halde, onları bu araştırmalar sonucunda elde edilen bilgilerin tamamından mahrum etmeye hakkımız yoktur.

B. Halkla İlişkiler Bürosunun Politikleşmesi

Sorun, bilim kuruluşlarının merkezi Halkla İlişkiler bürolarının başında politik kaygılarla atanmış insanların bulunmasından kaynaklanıyor. Bunun kaçınılmaz sonucu, bilim üzerinde, iktidardaki partinin kendi duymak isteyeceği yanıtları söyletme baskısıdır. Bu, hangi partinin iktidarı elinde tuttuğundan bağımsız olarak doğrudur. Böylesi tüm baskılar, bütün alternatiflerin önyargısız değerlendirilmesini şart koşan bilimsel araştırmanın doğasına terstir.

Bu sorunun en iyi çözümü, Halkla İlişkiler bürolarındaki atamalarda liyakatın esas alınması, politik tayinlere son verilmesidir. Eğer bu mümkün değilse, bu büroların adı Propaganda Ofisleri olarak değiştirilmelidir.

C. Ödeneklerin İdari Kontrolü

Kırk yıl önce, doktorasını yapmış, 25 yaşında bir genç olarak NASA'ya geldiğimde, görebildiğim kadarıyla, NASA'nın yaklaşımı bilimde ve mühendislikte mükemmel olana odaklanmaktı. Kongre ve Beyaz Saray'dan beklenen de, liyakata bağlı olarak mali destek sağlanmasıydı. Belki saftım, bilmiyorum. Ama NASA'nın Beyaz Saray için çalıştığı duygusuna hiçbir zaman kapılmamıştım. O günle bugün arasında muazzam bir fark söz konusu.

Bizim yönetimimizin işleyişinde yürütmenin, atalarımızın muhtemelen aklının ucundan geçirmediği ve neredeyse kesinlikle onaylamayacağı kadar büyük bir oranda ağırlığı olduğu görülüyor. Buna, Beyaz Saray'ın Kongre'de yapılacak ta-

nıklıklar üzerindeki kontrolü, Beyaz Saray'ın bilim insanlarının Halkla İlişkiler yoluyla kamuoyuna verecekleri bilgi üzerindeki kontrolü ve en önemlisi de, kesenin ağzını açma ya da kapama yoluyla yapılan kontrol dahildir.

Kesenin ağzını kontrol etmek yürütmenin elindeki en güçlü silahtır. Bunun Kongre'ye ve kamuoyuna sağlanacak bilgi üzerinde muazzam bir etkisi vardır. Diyebilirsiniz ki, hükümet çalışanı bir bilim insanı konuşma özgürlüğü hakkını kolayca kullanabilir ve bugün benim sıradan bir yurttaş olarak yaptığımı gibi kamuoyuna bilgi aktarabilir. Ancak soruyorum size; eğer kesenin ağzını yürütme tutuyorsa, kaç kişi bunu yapabilir? Başka bir yerde iş bulma hususunda yeteneğine güvenen ya da alıp başını gidebilecek olan birçok hükümet çalışanı bilim insanı olduğunu düşünebilirsiniz. Ama iş o kadar basit değil. Kesenin ağzını tuttuğu müddetçe yürütme çocuklarınızı, bilim programlarınızı ve meslektaşlarınızın geçim kaynaklarını da rehin tutar. Geçim kaynaklarını sizin kuruttuğunuzu düşünen meslektaşlarınızla yüz yüze gelmek öyle kolay bir şey değildir.

İklim Değişikliği Biliminin Özet Olarak Etkileri

A. Bilimin Statüsü

Geçen yıllarda, iklim bilimindeki gelişmeler, dünya ikliminin, örneğin insanların fosil yakıtları tüketerek atmosfere gazlar salması gibi, zorlayıcılara ne kadar duyarlı olduğunu daha iyi anlamamızı sağladı. Bu anlayış özellikle dünyanın geçmişte, değişen zorlayıcılara nasıl tepki verdiğini gösteren, dünyanın gelişim seyrinden kaynaklanıyor (Kaynakça 7).

Veriler, dünya ikliminin, muazzam büyüklükteki okyanuslar ve buz tabakaları yüzünden, büyük oranda atalet halinde olduğunu gösteriyor. Buna rağmen iklim, yüzyıllık zaman dilimlerinde, hatta on yıllık ve daha da kısa zaman dilimlerinde, çarpıcı değişiklikler gösterebilir.

Kanıtlar, kısa zaman dilimlerinde iklim tepkisini büyülten pozitif geribeslemelerin ağırlığını onaylıyor. Atmosferik su buharını ve gezegen ısındıkça azalan deniz buzu alanını bu

geribeslemeler içinde sayabiliriz. Bununla birlikte, veriler aynı zamanda on yıllık, yüz yıllık, hatta daha uzun zaman diliminde kendini gösteren geribeslemelerin varlığına da işaret ediyor. Bu geribeslemelerden bazıları şunlardır: İklim ısınırken ormanların ve bitki örtüsünün kutup yönünde hareket etmesi, okyanus ve biyosferden net sera gazları salımlarının artması buz tabakalarının alanının ve parlaklığının azalması.

Okyanusların ve buz tabakalarının ataletiyle birlikte, pozitif geribeslemelerin ağırlığının muazzam pratik uzantıları vardır. Bu, şu anlama gelir: Eğer iklim sistemini ivme kazanabileceği bir noktaya kadar itersek, kırılma noktasını geçebilir ve böylece, iklim değişiklikleri kontrolümüz dışına çıkar. İnsan kaynaklı iklim zorlayıcıların hızını kesmezsek, farklı bir gezegen, insanlık tarihinin yaşandığı sınırların tamamen dışına çıkmış bir gezegen yaratma gibi bir tehlike söz konusudur (Kaynakça 7, 8, 9).

Gerek bu iklim geribeslemeleri gerek okyanusların ve buz tabakalarının ataleti yüzünden, küresel ısınma sorunu bildiğimiz hava kirliliği sorunundan temelde farklıdır (Kaynakça 12). Kamuoyunun iklim değişikliğinin varlığını açıkça görebileceği zaman zarfında, sistem büyük bir ek değişiklik için ivme kazanmış olacaktır. Sonuç olarak, diyebilirim ki, atmosferin bileşimine müdahalede belki tehlikeli bir noktaya çok yakınız, belki de o noktanın ötesine geçtik. Enerji santrallerinde biyoyakıt kullanarak ya da CO_2'yi hapsederek ve yalıtarak atmosferik CO_2'yi aşağı çekme ihtimalini müzakere ettim (Kaynakça 13). Bununla birlikte, şimdilik en etkili önlem, daha iyi anlayış ve yeni teknolojiler geliştirilene kadar, atmosfere CO_2 salımlarını azaltmak olacaktır.

B. Alınan Kararların İçeriğine Politik Müdahalenin Etkisi

İklim değişikliği bilimi hakkındaki bilginin kamuoyuna aktarılmasına politik müdahalenin alınan kararların niteliği üzerinde zararlı etkileri olacaktır. Bilim, kamu için kararlar alamaz. Kamuoyu ve politikacılar kararlar alırken ve politikalar oluştururken bütün unsurları hesaba katmalıdır. Ancak bu unsurlar bilimi ya da bilimin kamuoyuna sunulmasını etkilememelidir.

Politik müdahalenin bir sonucu da, iklim değişikliğine çözüm bulmak için gerekli olacak önlemlerin doğası ve boyutları hakkında kamuoyunun henüz yeterince bilgilendirilmemiş olmasıdır. Bu çok önemlidir; çünkü kamuoyunun ve politikacıların bu meseleleri enine boyuna düşünmeleri belli bir zaman alacaktır. Bana göre, iklim değişikliğine çözüm bulmak için alınması gereken önlemlerin doğasına ve boyutuna ilişkin bir örnek olması itibariyle, Washington'da yakın tarihte yaptığım bir sunumda müzakere ettiğim bazı özgün tavsiyeleri liste halinde sıralayacağım (Kaynakça 13).

C. Politikacılara Tavsiyeler

CO_2'yi hapsetme ve yalıtma imkânı sağlayacak teknolojiler devreye sokulana kadar, kömür yakıtlı enerji santrallerine yenilerinin eklenmesi konusunda bir moratoryum mevcuttur. Bu moratoryumun varlık nedeni, CO_2 salımlarının yaklaşık dörtte birinin "sonsuza dek", yani 500 yıldan uzun bir süre, havada kalacak oluşudur. Sonuçta, umuyorum ki, on yıl içinde, CO_2 yalıtımı olmayan bütün enerji santrallerinin yüzyılın yarısına gelmeden "yerle bir edilmesi" gerektiği fark edilecektir. Böylece, yakın dönemde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye büyük öncelik verilmesi yönündeki anlayış bir anlam kazanmış olur.

Enerji verimliliği sağlayacak yenilikleri ve yeni teknolojileri teşvik etmek için karbon salımları üzerinden kademeli ama kesinlikle artan oranda vergi alınması gerekir. Neticede, yüksek-teknolojili, yüksek maaşlı işlerden söz ediyor olacağız. Bunun yanı sıra, ihracatımızı artıracak ve ödemeler dengemizi iyileştirecek teknolojiler, artan enerji bağımsızlığını ve ulusal güvenliği beraberinde getirecektir. Karbon salımları üzerinden bir vergi alınması gerektiğini kamuoyuna anlatacak, güçlü bir lidere ihtiyacımız var. Eğer teknolojik yatırımlarla birlikte gündeme getirilecek olursa, kamuoyuna karbon salımlarını azaltacak ve vergilerini sınırlayacak seçenekler sunulabilecektir. Hükümet, teknoloji "kazananları"nı tayin etmeye çalışmaktan kaçınmalıdır.

Karbon salımlarını vergiye bağlamaya ek olarak enerji verimliliği standartları da getirilmelidir. Mimar ve mühendis-

ler, mevcut binalara oranla %50 daha az CO_2 üretecek yeni ve yenilenmiş binaların artık var olduğu ve salımların gelecekte daha da düşürülebileceği hususunda hemfikir. Kaliforniya için önerilen taşıt verimliliği standartlarının ülke çapında benimsenmesi, yukarıda tartışıldığı üzere, petrol ve enerji ihtiyacımızın miktarında muazzam düşüşler sağlayacaktır. Verimliliği teşvik etmek yerine, daha çok enerji satmaları halinde elektrik ve gaz şirketlerinin daha çok kâr edeceği gerçeği gibi, verimlilik önündeki engeller kaldırılmalıdır.

Kongre, Ulusal Bilimler Akademisi'nden, buz tabakalarının istikrarı konusunda, büyük bir ihtimalle hangi düzey küresel ısınmanın iklim sistemine "tehlikeli" müdahale oluşturacağını belirlemede bir yol gösterici olacak, bir araştırma yapmasını istemelidir (Kaynakça 11). Intergovernment Panel on Climate Change (IPCC) [Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli] artık altı ayda bir, düzenli bilimsel raporlar yayımlıyor; ancak sorun, ülkenin sadece böylesi değerlendirmelere güvenemeyeceği kadar acil ve önemli hale geldi. Ulusal Bilimler Akademisi, Abraham Lincoln tarafından, kısmen, tam da aklındaki "Ulusa Hizmet" davası için kuruldu.

Kongre, Amerikan demokrasisinin yüz yüze olduğu şu tehditlere çözüm bulmalıdır: (1) kamuoyunun sansürsüz bilgilenme hakkı; buna, politik müdahaleye maruz kalmadan Kongre'de tanıklık yapabilme ve politik tayinler sonucu atanmış değil de, mesleki yeterliliği olan kişilerin doldurulacağı Halkla İlişkiler (kamuoyunu bilgilendirme) de dahildir; (2) kampanyanın etkili yürütülmesi için bir finans reformunun yokluğu.

Demokrasi karşısındaki bu tehditler ortadan kaldırılmadıkça, insan kaynaklı iklim değişikliğiyle başarılı bir biçimde mücadele etmek zor olacaktır. Committee on Oversight and Goverment Reform bu meseleleri ele almak için uygun bir yer gibi görünüyor.

❄

Kaynakça

1. Hansen, J., D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Rind, G. Russell, Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide, *Science* 213, 957-966, 1981.

2. Kerr, R A., Hansen vs. the world on the greenhouse threat; *Science* 244 1041-1043, 1989.

3. Hansen, J., Iowa Konuşması (Tehlikeli İnsan Kaynaklı Müdahale: İnsanlığın Faustvari iklim pazarlığı ve ödeyeceği bedeller konusunda bir tartışma), 2004, www.columbia.edu/~jeh1/dai_complete.pdf.

4. Hansen, J., Keeling Konuşması (İklim değişikliğine "tehlikeli insan kaynaklı müdahale"nin önlenmesi için vaktimiz kaldı mı? Charles David Keeling), 2005, www.columbia.edu/~jeh1/keeling_talk_and_slides.pdf.

5. Hansen, J., Swift boating, stealth budgeting, & unitary executives, *World Watch* 19 (Kas./Ara.), 25-31, 2006.

6. Hansen, J., D. Cain, R. Schmunk, On the road to climate stability: the parable of the secretary, 2005, www.columbia.edu/~jeh1/ateampaper_14nov2005.pdf.

7. Hansen, J., M. Sato, P. Kharecha, G. Russell, D. Lea, M. Siddall, Trace gases and climate change, Philosophical Transactions of the Royal Society A, 2007.

8. Hansen, J, ve 46 yazarın ortak makalesi, Dangerous human-made interference with climate: a GISS modelE study, Atmos. Chem. Phys. Discuss. 6, 12549-12610, 2006, www.copernicus.org/EGU/acp/acpd/6/12549/acpd-6-12549.pdf.

9. Hansen, J., The threat to the planet, 13 Temmuz 2006, *New York Review of Books*, pubs.giss.nasa.gov/docs/2006/2006_Hansen.pdf (ayrıca bkz., ubs.giss.nasa.gov/docs/2006/2006_Hansen_supplement.pdf).

10. Hansen, J., Küresel Isınma: Nedenlerle çözümler arasındaki noktaları birleştirme; Ulusal Basın Kulübü'nde yapılan konuşma, 2007, www.columbia.edu/~jeh1/dots_feb2007.pdf.

11. Hansen, J. Bilimsel ketumluk ve deniz seviyesi yüksekliği; *Environ. Res. Lett.*, 2007, www.giss.nasa.gov/~jhansen/preprints/ScientificReticence.pdf.

12. Hansen, J. Special interests are the big obstacle, *The Times* (Londra), s. 53, 12 Mart, 2007.

13. Hansen, J. 14 Aralık 2006'da AGU Güz Toplantısı'na sunulan, "küresel ısınmada tehlikeleri ve fırsatları halka açıklamalı" adlı tebliğ. www.columbia.edu/~jeh1/agu_communicating.pdf.

JAPONYA BAŞBAKANI FUKUDA'YA MEKTUP

3 Temmuz 2008

Başbakan Yasuo Fukuda
1-6-1 Nagata-cho, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8968, Japonya

Sayın Başbakan,

Bütün canlı türleriyle gezegenimizdeki hayatı ilgilendiren bir mesele olan iklim değişikliği konusunda liderliğinize, Japonya adına sürdürdüğünüz liderliğinize ihtiyacımız var. Günümüz çocuklarının, özellikle de dünyanın yoksul kesimlerinin, geleceği iklim istikrarının sağlanmasına bağlıdır.

Önce kendimi tanıtayım: Ben bir ABD yurttaşı, NASA Uzay Araştırmaları Goddard Enstitüsü'nün Başkanı ve Kolombiya Üniversitesi Yeryüzü Enstitüsü'nde yardımcı profesörüm. Ayrıca Ulusal Bilimler Akademisi'nin bir üyesiyim. Birçok kez

Senato ve Temsilciler Meclisi önünde tanıklık yaptım; Başkan Yardımcı'mız ve Kabine üyelerimize iklim değişikliği ve onun enerji gereksinimiyle ilişkisi üzerine tavsiyelerde bulundum. Prens Philip'in elinden aldığım, Dünya Vahşi Hayat Fonu'nun Edinburgh Dükü Koruma Madalyası da dahil olmak üzere sayısız ödüle layık görüldüm. Ancak bugün size, ABD'de, Pennsylvania, Kintnersville'de oturan sıradan bir yurttaş olarak yazıyorum.

Japonya, Kyoto Protokolü de dahil, tehlikeli iklim değişikliğinin etkisini hafifletmeye yönelik önlemlerin güçlü bir destekçisi olarak öne çıkıyor. Şimdiye kadar, tehlikeli gazların salımlarının azaltılması yönünde uluslararası hareketin başarısız olması Japonya'nın hatası değildir. Ancak, yaklaşan G8 zirvesinin ev sahibi olarak, insanlığın karşılaştığı bu meydan okumaya yanıt verebilecek bir yaklaşımın tartışılmasına öncülük edebilirsiniz.

Geçmiş yaklaşım ve bugün tartışılmakta olan uzantıları ölümcül derecede kusurludur; çocuklarımızı ve torunlarımızı daha çorak bir gezegende, giderek yoksullaşacak bir hayata mahkûm edecektir. Açık fikirler ve uluslararası toplumun cesaretle yönlendirilmesi, insanlık tarihinin bu gidişatını gelecek 1-2 yıl içersinde değiştirme hususunda vazgeçilmez önem kazanmıştır.

İklimin Durumu

Küresel iklim, Kuzey Kutbu'ndaki bütün yaz deniz buzullarının yok olmasına yol açabilecek kritik bir kırılma noktasına doğru yaklaşıyor; bu, kademeli olarak Batı Antarktika ve Grönland'ta buzulların çözülmesini, deniz seviyesinin küresel çapta durdurulamaz yükselişi, birçok hayvan ve bitki türünün yok oluşu anlamına gelen, iklim bölgelerinin değişmesini, yüz milyonlarca insanın temiz su kaynaklarının kurumasını beraberinde getirecek; dağlardaki buzulların erimesi, aşırı kuraklık ve orman yangınlarıyla birlikte şiddetli yağmurlara ve sellere, tropik fırtınalar, tornadolar, şimşek ve yıldırımlarıyla gizil ısının harekete geçireceği güçlü kasırgalara neden olacak çok keskin hidrolojik döngüleri tetikleyerek, yerli halklara ve vahşi yaşama ölümcül etkilerde bulunacaktır.

Benim yarın[1] Birleşmiş Milletler Üniversitesi, G8 Sempozyumu'nda yapacağım konuşmam bilimsel verileri özetliyor: Buna göre, atmosferdeki karbondioksitin güvenli düzeyi 350 ppm'nin üzerinde değildir; muhtemelen altında olmalıdır. Bunun, enerji politikası açısından büyük önemi vardır; çünkü atmosferdeki CO_2 şu anda 385 ppm seviyesindedir. İklim değişikliğinin etkisini asgariye indirecek geçerli bir yol hâlâ bulunabilir.[2,3] Ancak bu yolu belirlemek için, temel fosil yakıt gerçeği kabul edilmelidir.

Fosil Yakıt Gerçekleri

Petrol, günümüzde CO_2 salımlarının bir kaynağı olarak kömürü küçük bir farkla geride bırakıyor (Şekil 1a). Ancak, geçmişteki salımların uzun atmosferik ömürleri yüzünden, bugün havadaki (fosil yakıt kaynaklı) fazla CO_2'nin yarıdan fazlası, endüstri çağı öncesine göre, kömür kaynaklıdır[4] (Şekil 1b). Dahası, günümüzde petrol üretiminde tıkanmalar yaşanırken, kömür kullanımı artıyor. Petrol üretimi bir zirveye ulaşacak ve kömür üretimine göre daha erken bir tarihte, eldeki kaynakların tükenmesi yüzünden sınırlanacaktır.

Kömür, iklim sorunun çözümünde kilit noktadır. Bugün, havadaki fazla miktarda CO_2'nin ana nedeni olmakla kalmıyor, gelecekteki salımların da en büyük potansiyel kaynağı olarak duruyor (Şekil 2a). Kömürün hâkimiyetinden dolayı, küresel ısınmanın çözümü, CO_2'nin hapsedildiği ve yalıtıldığı yerler dışında kömür kullanımının terk edilmesini kapsamalıdır. Eğer kömür, hapsedildiği yerler dışında, 2010-2030 yılları arasında tümden terk edilmezse, atmosferik CO_2 400-425 ppm seviyesine tırmanacak ve sonra düşmeye başlayacaktır (Şekil 2b). Maksimum CO_2, Energy Information Admi-

1. Climate Threat to the Planet: Implications for Energy Policy, J Hansen: www.columbia.edu/~jeh1
2.Target atmospheric CO2: where should humanity aim? J Hansen, M Sato, P Kharecha, D Beerling, R Berner, V Masson-Delmotte, M Raymo, D Royer, J Zachos:
http://arxiv.org/abs/0804.1126 and http://arxiv.org/abs/0804.1135
3. Global Warming Twenty Years Later: Tipping Points Near, J Hansen:
http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TwentyYearsLater_20080623.pdf
4. Dangerous human-made interference with climate: a GISS modelE study, J Hansen vd.: http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2007/2007_Hansen_etal_1.pdf

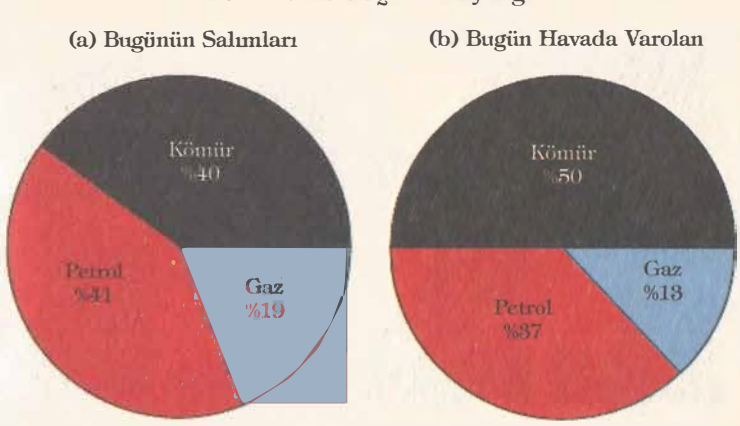
nistration (EIA) [Enerji Enformasyonu Yönetimi] ya da Intergovernment Panel on Climate Change'in petrol ve gaz rezervleri hesabının ne kadar gerçekçi olduğuna bağlıdır.

Kömür ile petrol arasında temel bir fark vardır. Petrol asıl olarak, CO_2'nin hapsedilemediği taşıtlarda kullanılır. Çıkarılabilir petrolün neredeyse yarısı tükenmiş durumdadır. Çoğu Ortadoğu'da bulunan kalan petrolün çok büyük bir miktarı, hiç kuşkusuz, havaya CO_2 salınarak kullanılacaktır. Kuzey Kutbu'ndaki, açık denizlerdeki ve kamu alanlarındaki sondaj zorlukları yüzünden, işletmeye açılan rezervler daha büyük olan EIA tahminleri yerine ancak IPCC tahminleri seviyesine erişebilir; ama halihazırda mevcut petrolün çoğu havaya CO_2 salmayı sürdürecektir. Buna karşılık, kömürü olduğu yerde bırakmak ya da ancak hapsedilebildikleri yerlerde kullanmak temelindeki senaryolar geçerlidir ve uygulanabilir.

Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz ki, yukarıda tartışılan sonuçlarıyla birlikte büyük çaplı iklim değişikliği ancak kömür salımlarına (ama zorunlu olarak kömür kullanımına değil) hiç vakit kaybetmeden son verilirse engellenebilecektir. Dolayısıyla, %20'lik, %50'lik ya da %80'lik salım azaltma temelindeki bir strateji başarısızlığa mahkûmdur; çünkü bu, azımsanmayacak miktarda kömür salımlarının ilelebet sürmesine imkân verecektir. CO_2 salımları bir kere havaya karışınca, artık geri alınamaz. Tek pratik çözüm, kömür salımlarının engellenmesidir.

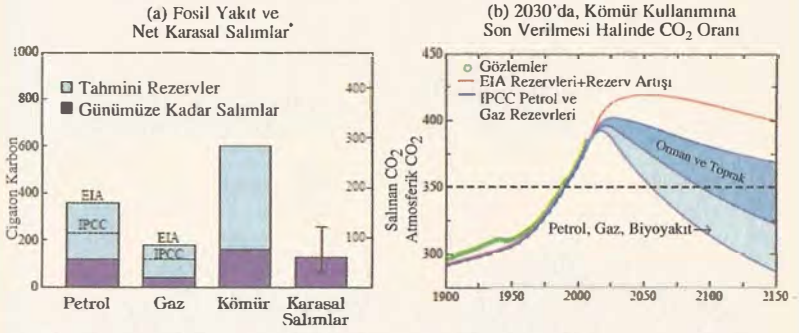
Yaşadığımız dünyanın eğilimleri iç karartıcı bir manzara sunuyor. Yakın tarihli CO_2 salımları içinde kömürün göreli payı, CO_2 salan ülkelerin en büyük sekizinin Şekil 3'teki performanslarından da anlaşılacağı üzere, neredeyse bütün dünyada artıyor. Mutlak CO_2 salımları da, Şekil 4'teki Japonya, ABD, Almanya ve İngiltere rakamlarında görüldüğü üzere, artıyor. Dahası, birçok ülke, 50 yıl ya da daha uzun ömürlü, kömür kullanan yeni enerji santralleri kurma planları yapıyor.

Çocuklarımızı artık kontrol altına alamayacakları bir sorunla baş başa bırakmak istemiyorsak, bu planlara engel olma hususunda liderliği ele almak şarttır. Yenilenebilir enerjiler, enerji verimliliği, nükleer güç, karbon hapseden fosil yakıtlar gibi, alternatif enerji kaynakları arasından hangilerinin tercih edileceği birer ulusal meseledir. Ne var ki, CO_2 hapse dilmediği müddetçe kömür kullanımına son verilmesi kararı,



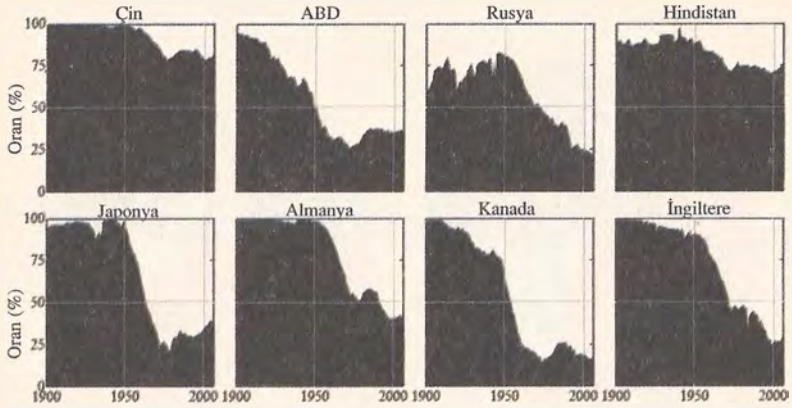
Şekil 1: Her bir fosil yakıtın 2007 CO_2 salımlarına yaptığı katkı: (a) Günümüzde havadaki fazla CO_2 oranı ve (b) endüstri çağı öncesi CO_2 oranıyla karşılaştırma.

doğanın harikalarını, kıyı şeritlerimizi, sosyal ve ekonomik refahımızı korumak istiyorsak, küresel bir zorunluluktur.



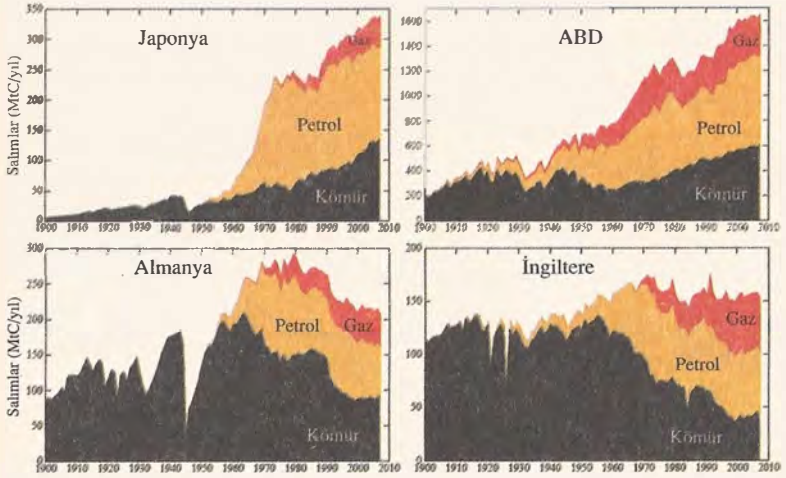
Şekil 2: Fosil yakıtların ve karasal salımların geçmişteki CO_2 salımlarına katkısı ve kalan rezervler; (a) kömür salımlarının 2030'a kadar ortadan kaldırılması halinde gelecekteki tahmini CO_2 miktarı (b) kırmızı çizgiler EIA'nın petrol ve gaz rezervi tahminlerini, mavi çizgiler ise IPCC'nin rezerv tahminlerini gösteriyor.
* Sera gazları, ozon kimyasıyla ilgili gaz türleri, aerosoller ve çeşitli asitler gibi gaz özellikli kirleticilerin salımı.

Fosil Yakıt CO_2 Salımları İçinde Kömürün Oranı

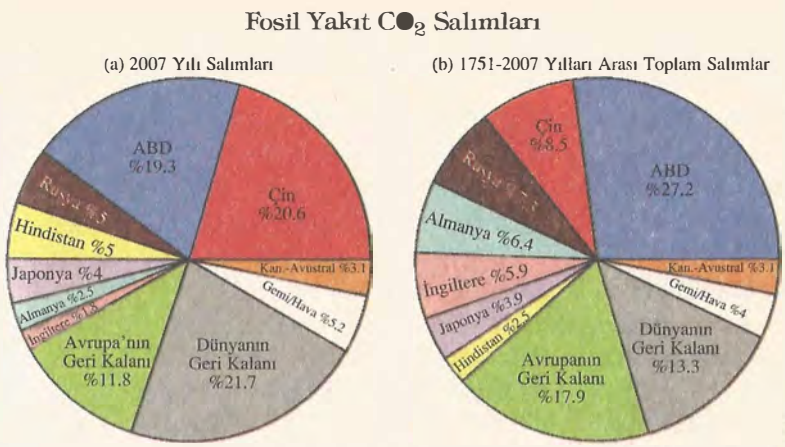


Şekil 3: 2007 yılında, fosil yakıt CO_2 salımlarında en büyük sekiz ülke içinde CO_2 salımlarının kömür oranı. Karbondioksit Enformasyon Analiz Merkezi ile British Petrol arasındaki fosil yakıt salımı verilerinin karşılıklı bağlantıları başka yerde açıklanmıştır.

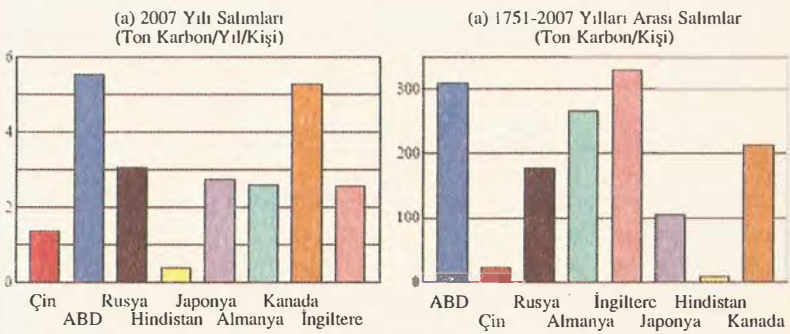
Fosil Yakıt Türlerinin CO_2 Salımları



Şekil 4: Dört ülkede fosil yakıt türlerinde CO_2 salımları. ABD'nin öteki ülkelere kıyasla yedi kat daha fazla salım oranına sahip olduğuna dikkat ediniz.



Şekil 5: Ülkelere göre yıllık (a) ve toplam (b) fosil yakıt CO_2 salımları.



Şekil 6: Ulusal toplam salımlar sıralamasına göre günümüzde kişi başına fosil yakıt salımları.

Sorumluluk

Küresel ısınmanın sorumluluğu, mevcut salım oranlarıyla (Şekil 5a) değil, biriken CO_2 salımlarıyla[4] (Şekil 5b) orantılıdır. Bu etik bir önerme değil, fiziksel bir olgudur. Bu, atmosferik CO_2'nin uzun ömrü yüzünden böyledir. ABD'nin sorumluluğu bütün diğer ülkelerin her birinden üç kat daha

fazladır (Şekil 5b). ABD, Avrupa, Japonya, Kanada ve Avustralya günümüzdeki fosil yakıt CO_2'nin çoğundan sorumludur.

Kişi başına fosil yakıt CO_2 salımı yararlı bir ölçüdür. Kişi başına mevcut salım, en büyük salım düzeyine sahip sekiz ülke için, azalan toplam salım sırasına göre, Şekil 6a'da gösterilmiştir. ABD ve Kanada en büyük kişi başına salım oranına sahipken, Japonya, Almanya ve İngiltere'nin kişi başına salımları bu oranın yaklaşık yarısı kadardır.

İklim değişikliğinden kişi başına sorumluluk toplam ulusal salımlar temelinde saptanmıştır. (Şekil 6b). İngiltere en yüksek kişi başı (2007 nüfusu) toplam salım oranına sahipken, ABD ikinci ve Almanya üçüncü sırayı işgal etmektedir. İngiltere ve Almanya'nın kişi başına sorumlulukta ilk sıralarda yer alması, endüstri çağına erken girmiş olmalarının bir sonucudur. Bu olgular birilerini suçlama çabasının bir sonucu değildir. Erken dönem CO_2 salımları, iklim sorunu diye bırakın kanıtlanmış, kabul edilmiş bir sorun yokken meydana gelmiştir. Bu yine de akılda tutulmaya değer bir olgudur.

Stratejik Yaklaşım

Eğer gelişmiş ülkeler kömür yakan enerji santralleri konusunda ortak bir karar metnine imza atar ve ardından 2020'ye kadar, CO_2'nin hapsedildiği yerler dışında, kömür kullanımına son verirse ve eğer gelişmekte olan ülkeler hapsedilemeyen kömür kullanımına 2030'a kadar son vererek benzer bir yol izlerse, atmosferik CO_2 Şekil 2b'de gözler önüne serilen senaryoya uygun bir seyir izleyebilir. O zaman, petrol ve gaz rezervlerine ve fosil yakıtların kamusal alanlardan ve açık denizlerden çıkarılma oranına bağlı olarak, azami CO_2 400-425 ppm olacaktır.

Bu düşük (yaklaşık 400 ppm) sınır, acil bir kömür moratoryumuna ve kömür salımlarına son vermeye ek olarak, çok önemli bir koşula bağlıdır: Petrol şisti ya da katran kumları gibi alışılmadık fosil yakıtlardan salımlar da, ya bir karbon vergisi ya da CO_2 yalıtımı şartı getirilerek en düşük seviyede tutulmalıdır.

Uygun bir karbon vergisi, petrol şistinden petrol sızdırmak için Kayalık Dağları'nı pişirmek gibi tuhaf önerilere engel olabilir. Artan oranlı makul bir karbon vergisi, daha verimli enerji kullanımı ve karbonsuz enerjiler gibi temiz, fosil-yakıt-sonrası çağ için gerekli köklü dönüşüm çabalarını hızlandıracaktır. Karbon vergisi beraberinde, aydınlatmada, taşıtlarda, binalar ve araç gereçlerde verimliliğin artırılmasını sağlayan standartları ve kamu hizmetlerindeki kâr dürtüsünün değişmesini getirecektir.

G8 liderleri "yeşil" vergiler konusundaki deneyimden yararlanmalılar. Ekonomik kriz zamanlarında yüksek yakıt maliyetleri insanların karbon vergisi karşısında isyan etmesine neden olacaktır; ancak verginin tamamının, gecikmeksizin, her ay herkese eşit oranda geri ödenmesiyle, bu tepki önlenebilir.[3, 5] İnsanlar, timsah derisinden ayakkabılar giyen, kaplumbağa yiyen (şaka yapıyorum) lobicilerin keyfine göre kamu parası harcayan politikacılardan bıktılar. Karbon vergileri enerji yenileme yatırımlarını teşvik edecek ve geri ödeme payı ekonomiyi canlandıracaktır. Vergiler ulusal bir temelde verimli olacak bir biçimde kabul edilebilir; tamamı kişi başına düşen paya göre dağıtılacak miktara eklenme koşuluyla, kıyaslanabilir bir karbon vergisi koymamış öteki ülkelerde üretilen ürünlere konacak bir ithalat vergisi yoluyla herhangi bir ticari haksızlık önlenebilir.

Yeniden ağaçlandırma ve toprak verimliliğini artırmak için biyolojik gübre kullanımı ve karbon yalıtımı gibi yöntemlerden yararlanmak suretiyle (bu yöntemlerin gerçekçi bir biçimde kullanılmasıyla yaklaşık 50 ppm'lik bir CO_2 düşüşü sağlanabilir), ormancılığı ve tarımı geliştirerek bu yüzyıl içinde kömürsüz senaryoyla (Şekil 2b) CO_2 oranını yeniden 350 ppm düzeyine çekebiliriz. 350 ppm'nin altına hızlı bir gerileme ise gaz yakıtlı enerji santrallerinden çıkan CO_2'nin hapsedilmesi ve biyolojik atıkları yakıt olarak kullanan santraller yoluyla sağlanabilir. İklim istikrarı için muhtemelen metan (CH_4), troposferik ozon ve kara kurum gibi CO_2'siz iklim zorlayıcıların oranlarının düşürülmesi gerekecektir.[4]

5. Önerilen "vergi ve %100 geri ödeme" büyük oranda Peter Barnes'ın *Who Owns the Sky: Our Common Assets and the Future of Capitalism*, Island Press, Washington, D.C., 2001 adlı çalışmasına dayanıyor: (http://www.ppi-online.org/ppi_ci. cfm?knlgAreaID=116&subsecID=149&contentID=3867).

Özet

İklim değişikliğinin önüne geçmek için tez zamanda önlem almaya ihtiyaç vardır. Dünyanın iklim tarihi ve süregelen iklim değişiklikleri, günümüz ikliminin, geçilmesi halinde feci sonuçlar doğurabilecek bir kırılma noktasına yaklaşıyor.

Fosil yakıt karbon rezervleri hakkındaki temel bilgiler bir zorunluluğa işaret ediyor: CO_2'nin hapsedilebildiği ve yalıtılabildiği yerler dışında, kömür kullanımına hiç vakit geçirmeden son verilmelidir. Ne var ki, kömür yakıtlı enerji santrallerinin inşası hiç ara vermeden sürüyor.

Liderlik, fosil yakıt gerçeklerini göz ardı etmemelidir. Zorunlu ya da gönüllülük esasına dayanan, CO_2 indirimi hedeflerini benimseyen bir strateji, kömür salımlarını yasaklamadığı müddetçe, başarısızlığa mahkûmdur. Şekil 4, petrolün bolca bulunduğu çağda bile kömürün ne kadar önemli olduğunu gösteriyor. Japonya ve ABD, büyük oranda artan kömür kullanımı yüzünden, salımı düşürme hususunda başarılı olamadı. Gelecekte, petrol kullanımı zirve yaparken, kömür atmosferik CO_2 değişimini belirlemede giderek başat bir rol oynayacak.

Liderlik, geçen çeyrek yüzyılda enerji/iklim sorununa karbon vergisiyle karşılık vermeyi başaramadı. Şimdi bu liderlik zaafının bedelini ödüyoruz. Ucuz fosil yakıtların israfı bağımlılık yaratmış, arzı düşürmüş ve talebi artırmıştır. Yüksek fiyatlar sonucunda elde edilen kazançlar artık Ortadoğu ve öteki petrol ithal eden ülkelerin kasalarına gidiyor. Şimdi dökülen sütler ya da israf edilen petrolden ötürü feryat etmek için çok geç; ama hâlâ, az da olsa, fosil yakıtlardan vazgeçmek, dolayısıyla küresel ısınma ve artan enerji bağımlılığı sorununu çözmek için vakit var.

Gezegeni kurtarmak için acil arayı kapatma eylemi, yukarıda açıklanan meselenin doğası gereği, yeni kömür kullanımına ilişkin bir moratoryumdur. Kendi başına bu önlem, enerji darboğazına neden olabilir. Bu yüzden, böyle bir kararla birlikte enerji verimliliğini, yenilenebilir enerjileri ve öteki karbonsuz enerji kaynaklarını teşvik edecek önlemler de alınmalıdır. Teknoloji tercihleri ağırlıklı olarak piyasa tarafından belirlenmelidir; ancak hükümetler de, düşük maliyetli elek-

trik şebekesi ve (nükleer atığı yakan) dördüncü kuşak nükleer enerji gibi uzun erimli araştırmalar benzeri altyapı yatırımları yapmalıdır.

Sayın Başbakan Fukuda, gözlerimizi fosil yakıt gerçeklerinden ayıramayız; aksi halde, bu gerçekleri göz ardı etmemizin bedelini gezegenimizdeki canlılar ödeyecek. Karbon hapsedilmeden kömür yakıtlı enerji santralleri kurmaya devam edersek, çocuklarımıza kendi yaratacakları değil, tamamen kontrolden çıkmış bir durum, iklimin kırılma noktasını geçmesiyle artan iklim felaketlerinin yaşandığı sefil bir gelecek bırakacağız.

Bu, acil liderlik gerektiren bir durumdur. Sekizler Grubu Hokkaido'da toplanırken, liderlerin yapması gereken en önemli şey, ülkelerinde kesinlikle, kömür yakıtlı yeni enerji santrali kurulmaması hususunda bir moratoryum ihtiyacını kabul etmek ve tartışmaktır. Günümüzde havadaki fazla oranda CO_2'den en üst düzeyde sorumlu olan bu ülkeler şayet bu adımı atarlarsa, insanlık ve doğa için muazzam bir hamle yapmış olacaklardır.

Gerçekten de, tek bir ülke bile başı çekip bu yönde bir adım atarsa, bu bir dönüm noktası olabilir. Kişi başına yüksek düzeyde tarihsel salımlara sahip İngiltere ve Almanya'nın liderleri bu konuda iyi birer aday olabilir; ama onlar "yeşil" yandaşı olarak tanınmalarına rağmen tereddüt ediyorlar.

ABD'de, göründüğü kadarıyla, kamuoyu, mahkemeler ve bazı eyalet ve yerel yönetimler harekete geçilmesi yönünde baskılar yapıyor ve önerilen çok sayıdaki kömür santralinin yapımı engellenmiş durumda. Ancak ABD liderliği ulus çapında eksiksiz bir moratoryum noktasından hayli uzak görünüyor.

Şekil 3 ve 4'te de belirtildiği üzere, Japonya'nın yakın tarihteki sicili de iyi değildir; geçen otuz yılda kömür salımlarında oransal ya da mutlak rakamlar yaklaşık iki kat oranında bir artışa işaret ediyor. Kömür kullanımındaki artış Japonya'nın toplam CO_2 salımlarındaki tırmanışın temel nedenidir.

Sayın Başbakan Fukuda, umuyorum, yukarıda bilginize sunduğum fosil yakıt gerçeklerini dikkate alacak ve gerek çocuklarımız gerek gezegenimizin bütün sakinleri için hayati

önem taşıyan bu konuda liderliği ele alma ihtimalini göz önünde bulunduracaksınız.

Son olarak, Sayın Başbakan Fukuda, diğer sekiz ülkenin liderlerine iklim değişikliği sorununu çözmek için çok acil önlemler alma ihtiyacını duyurmam konusunda bana yardımcı olma nezaketi gösterirseniz, size minnettar kalacağım. Onların dikkatini çekmek için kullanabileceğiniz bir yaklaşım önerisinde bulunabilir miyim? Eğer liderler bütün kömür salımlarına son verme ve alışılmadık fosil yakıtları bulundukları yerde bırakma ya da yalnızca sıfır karbon salımıyla kullanılmasını temin edecek önlemler alma anlayışını çok uygunsuz bulacak olurlarsa, bu durumda, gelecek kuşaklara bırakmak üzere bir mektup kaleme almak için fazla zaman ayırma ihtiyacı duymayacaklardır.

Bu mektup, liderlerin, bu önlemleri alma konusundaki başarısızlıklarının gelecek kuşaklara ısınan bir okyanus, çözülen buzullar, yükselen denizler, artan iklim aşırılıkları ve tükenen türleriyle bir gezegen bırakmalarına neden olduğunu; öte yandan onların, enerji sistemlerimizde değişiklikler yapmanın ve fosil yakıtları son damlasına kadar kullanmakta ısrar eden iş dünyasının çıkarlarına karşı gelmenin başlarına çok fazla bela açacağının tamamen bilincinde olduklarını anlatmalıdır. Bu mektubu kaleme alarak, liderler en azından tarihteki yerleri hakkında doğru bir tespit yapmayı başarmış olacaklardır.

En iyi dileklerimle...
Saygılar sunarım.

James E. Hansen
Kinthersville, Pennsylvania
Amerika Birleşik Devletleri

❄

TEHLIKELİ İNSAN KAYNAKLI MÜDAHALE
İnsanlığın Faustvari İklim Pazarlığı ve Ödenecek Bedeller Üzerine Bir Tartışma[1]

Kintnerville, Pennsylvania
26 Ekim 2004

Üst düzey bir hükümet yetkilisi bana, iklimle ilgili "tehlikeli insan kaynaklı müdahale"den söz etmemem gerektiğini; çünkü insanların dünyanın iklimini ne kadar değiştirdiğini ve bu değişikliğin ne kadar "tehlikeli" olup olmadığını bilmediğimizi söyledi. Aslında, gereğinden çok şey biliyoruz. Doğa kaynaklı bölgesel iklim dalgalanmaları bugün için küresel ısınma gibi insan kaynaklı etkilerden daha büyük; ancak veriler gösteriyor ki, insan etkilerinin doğayla başabaş geldiği

1. Iowa Üniversitesi, Fizik ve Astronomi Bölümü'ndeki Distinguished Public Lecture Dizisi çerçevesinde, 26 Ekim 2006 tarihli sunum.

ve dengenin değiştiği bir noktaya ulaşmış bulunuyoruz.

Veriler, uğursuz bir biçimde, insan etkilerinin Faustvari bir pazarlıkla asgariye indirildiğini gösteriyor: Küresel ısınmanın etkileri, yeryüzüne ulaşan güneş ışığı miktarını azaltan hava kirleticiler tarafından hafifletilmektedir. Bu Faustvari pazarlıkta bir zaman sınırı söz konusudur ve artık ödeme günü yaklaşıyor.

İnsanın doğada yaptığı tahribatı azaltacak önlemler uygulanabilir olmanın ötesinde, ekonomik refah ve güvenlik de dahil olmak üzere, başka sebeplerden ötürü anlamlıdır da. Bununla birlikte, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki mevcut planımız, iklim değişikliği meselesini yeniden gözden geçirmek üzere bir on yıl daha beklemekten ibarettir. Bir on yıl daha gecikmek ise, muazzam bir risktir.

Prof. James Van Allen'ın Fizik ve Astronomi Bölümü'nde eğitim görürken öğrendiğim kadarıyla, bilimsel yöntem, küresel ısınma meselesine çevresel ve ekonomik refahımıza çeşitli katkılar sağlayacak biçimde yaklaşmaları açısından, kamuoyuna ve karar mercilerine yardımcı olabilir. Şimdiye kadar bu süreç hep engellendi; halbuki küresel ısınma hikâyesi, bilimsel sürece yapılan çeşit çeşit tehlikeli müdahalelere işaret ediyor.

Bugün burada dile getireceğim kanaatler ve yorumlar kendi kişisel görüşlerimdir. Ben bir hükümet çalışanıyım ama bugün çalışmıyorum; buraya tüm masraflarımı kendim karşılayarak geldim ve burada, şu sıralar Pennsylvania, Kintnersville'de ikamet eden, sıradan bir yurttaş olarak konuşuyorum. Umarım, iklim değişikliği konusunda bilgili biri olduğum ve verdiğim bilgilerin dikkate değer olduğu konularında sizleri ikna edebilirim; ancak bilmenizi isterim ki, burada sunduğum görüşlerin hiçbir resmi bağlayıcılığı yoktur.

Konuşmam iki bölümden oluşuyor. İlk olarak, küresel ısınma sorununu, bir gezegen olarak Yerküre'ye bakarak, kendi açımdan, kısmen burada, Fizik ve Astronomi Bölümü'nde, aldığım eğitimle kazandığım bir bakış açısından anlatacağım. Pratik nedenlerle, kendi çalışmalarım için hazırladığım grafikleri kullanacağım; ancak tartışacağım bazı ayrıntılar dışında, ulaştığım sonuçlar binlerce bilim insanının katılımıyla varılan IPCC sonuçlarıyla tutarlılık gösteriyor. İklim üzerinde insan etkileri ve süregelen iklim değişikliğinin geleceği hak-

kındaki çıkarımlar konusunda, bu alandaki bilimsel topluluğun büyük çoğunluğu hemfikirdir.

Konuşmamın ikinci kısmı iklim değişikliğinin pratik uzantılarıyla ilgili olacak ve bu uzantıları yorumlamaya çalışacağım. İki kez, Başkan'ın bu konuyu irdelemesi için tayin ettiği, iki kabine üyesi, Environmental Protection Agency (EPA) [Çevre Koruma Ajansı] yöneticisi, Ulusal Güvenlik Danışmanı ve oturuma başkanlık eden Başkan Yardımcısı'ndan oluşan gruba hitap ettim. Bu gruba, ülkenin enerji politikasının oluşmasına yardımcı olan grup diyebiliriz.

Bütün bunlardan hareketle benim vardığım sonuç şudur: Biz, Amerika Birleşik Devletleri, iklim ve enerji politikalarında tehlikeli bir yolda ilerliyoruz. Öğrencilerimden oluşan bir ekiple birlikte bir yazı kaleme aldık ve bu çalışmada durumu bütün açıklığıyla ortaya koymaya ve başka şeylerin yanı sıra, iklim değişikliği tehlikesini bertaraf etme zorunluluğumuzu anlatmaya çalıştık. Konuşmamın ikinci bölümünde bu çalışmayı özetleyeceğim size. Gerek konuşmamı gerek bahsettiğim o çalışmayı, Kolombiya Üniversitesi, Yerküre Enstitüsü'nün web sitesinde bulabilirsiniz:

http://www.Columbia.edu/~jeh1/

Prof. Van Allen'ın Fizik ve Astronomi Bölümü

Öncelikle, bana cömertçe sundukları fırsatlar için, Iowa Eyaleti ve Üniversitesi'ne ve özellikle de Prof. Van Allen ve onun Fizik ve Astronomi Bölümü'ne şükranlarımı sunmak isterim. Bana bahş edilen olağanüstü fırsatlardan ötürü daima minnettar kalacağım.

Iowa'da doğduğum ve 25 yıldır burada yaşadığım için gerçekten şanslıyım. (Korkmayın, bu konuyla ilgili yalnızca bir fotoğrafım var. Ama konuşmam iki bölümden oluştuğu için, belki annemle babamınkini de gösteririm size.) Ben Batı Iowa'da, Charter Oak kasabasında, gerçek anlamda bir çiftlikte doğdum. Çok iyi bakılıyordu bana, en azından bir süre için; çünkü ailenin ilk oğlan çocuğuydum (çok iyi beslendiğimi fotoğrafa baktığınızda da görebilirsiniz). Babam 8 yıllık bir ilkokul öğrenimi görmüştü sadece; ama o günlerde Iowa'da, ken-



Şekil 1: (a) Annem, babam ve ablalarım (b) Dört ablam ve arkadaşım.

di çabalarınızla yüksek öğrenim görmek o kadar zor değildi. Umarım hâlâ öyledir. Benim şansım bu üniversiteye gelmek ve bilimsel sürecin nasıl işlediğini öğrendiğim Prof. Van Allen'ın bölümünde, heyecan verici keşif havasını solumak oldu.

Bu etki bana rağmen kendiliğinden oldu. O kadar utangaç ve güvensizdim ki, Prof. Van Allen'ın bir dersine katılma fırsatı yakaladığımda, benim ne kadar cahil olduğumu fark etmesini istemediğimden, almadım dersi. Öte yandan, sınıflarda en arkalarda oturmama rağmen, her şeyi gayet iyi kavrayabiliyordum ve inanıyorum ki, üniversitede hiç fizik dersi görmeden fizik bitirme sınavına girip, bu sınavdan geçer not alan ilk iki öğrenciden biri bendim.

Prof. Van Allen benim resmi danışmanım olmadığı halde, bana Venüs'ün, gezegenin çok sıcak olduğunu akla getiren mikro-dalga ve radyo-dalgası gözlemlerine bakmamı önermişti. O günlerde, doktoraya hak kazanabilmek için, başka şeyler yanında, bir öğrencinin "orijinal bir tez" ortaya çıkarması ve bilimsel yöntemleri anladığını göstermek üzere, bunu bir profesörler komitesi önünde savunması gerekiyordu. Sonuçta, Carl Sagan, Jim Pollack ve başka bilim insanları tarafından belirtildiği üzere, Venüs'ün yüzeyinin, sera gazlarından oluşan kalın bir atmosferle kaplandığından, sıcak olduğu olağan yorumunun aksine, ben Venüs'ün muhtemelen, atmos-

ferini doldurduğu anlaşılan toz katmanı yüzünden sıcak kaldığı ancak yüksek sıcaklığının asıl nedeninin karbondioksit olduğu tezini ortaya koymuştum.

Goldilocks Gezegenleri

Tamam, bu iyi bir önermeydi; ne var ki, uzay aracı Venüs'e vardığında onlar da, Sagan ve Pollack'ın iddia ettiği gibi, Venüs'ü bu kadar sıcak tutan şeyin kalın bir karbondioksit tabakası olduğunu kabul ettiler. Venüs'ün pusunun, gezegenin sıcaklığına katkıda bulunan sülfirik asit olduğu ortaya çıktı; ancak yüksek sıcaklığın birincil nedeni yine de karbondioksittir.



Sıcaklık	-50°C	+15°C	+450°C
Sera gazı etkisi	Birkaç derece	~30°C	~470°C

Şekil 2: Goldilocks Gezegenleri.

Bu, dünya iklimiyle de ilgilidir. Eğer Venüs, Dünya ve Mars'ı karşılaştırırsak, Goldilocks durumuyla karşılaşırız. Birisi aşırı sıcak, diğeri aşırı soğuk ve diğeri de tam olması gerektiği gibi. Mars'ın soğuk olmasının nedeni, yalnızca çok ince bir CO_2 atmosferine sahip olmasıdır ki, bu atmosfer onu, aldığı güneş ışığı miktarı düşünüldüğünde, normalde sahip olduğu sıcaklık derecesinden sadece birkaç derece ısıtır. Venüs, kendisini birkaç yüz derece ısıtacak kadar kalın bir atmosfere sahiptir. Dünya kendisini, yaşam için elverişli bir yer yapmaya yetecek kadar, yani yirmi otuz derece ısıtmaya yete-

cek kadar sera gazlarına sahiptir. Süreç şöyle işler: Sera gazları güneş ışığını geçirecek kadar saydamdır. Güneş ışığı atmosferi geçer ve gezegenin yüzeyini ısıtır; ama gazlar ısı yansımasını kısmen engelleyerek sıcaklık kaçışını zorlaştırır. Bu gazlar, bir battaniye gibi, yüzeyi sıcak tutar.

Öteki gezegenler heyecanlı bir konudur; ama yıllar sonra, 1970'lerde, Dünya'nın atmosferinde, oranının yükselmesine insanların neden olduğu çok sayıda farklı sera gazının olduğunu ilk fark ettiğimde, Dünya'nın sera gazı sorunu beni cezbetti. Gözlerimizin önünde değişmekte olan bir gezegen çok daha ilginç bir yerdir. Ve Dünya'da olup bitenler milyarlarca insan için, doğal hayat için ve genelde çevre için önemlidir.

Bilimin İşleyiş Biçimi

İklimden söz etmeye başlamadan önce, Fizik ve Astronomi Bölümü hakkında bir şeyler daha anlatayım. Bilimsel yöntem yolda öğrenilmez; ders kitaplarından da. Sınıfa girip, bir huniyle kafanızın içine sıvı doldurur gibi hocanızın sizi bilgiyle doyurmasıyla da öğrenilmez. Bilimsel yöntem geçişim yoluyla, bilimsel bir çevrede çalışma yoluyla öğrenilir daha çok. Bir keresinde Prof. Van Allen'ın gayri resmi bir seminer verdiğini hatırlıyorum; karatahtaya bazı rakamlar yazıyordu. Tam olarak ne olduğunu anlayamadım; hareket halindeki bir uzay aracı deneyinde parçacık enerjileriyle ilgili bir şeydi. "Şu"nu keşfettiğimizi ve bunun "şu" anlama geldiğini söylemedi.

"Bilimde gerçek başarıya ulaşmanın tek yolu... varılması gereken amacı düşünmeden büyük bir dikkatle kanıtları açıklamaktır. Eğer bir teoriniz varsa, o teoriye neyin uygun olduğunu belirlemek kadar neyin uygunsuz olduğunu da belirlemeye gayret etmelisiniz. Bilimden öğreneceğiniz şey bir tür standart güvenilirlik ve dürüstlüktür."

Richard Feynman

Şekil 3: Feynman'dan alıntı. (bkz., http://www.giss.nasa.gov/edu/gwdebate).

Onun yerine, karşısındaki ve yanındaki, olası yorumlardan ve verilerin sınırlarının neler olduğundan bahsetti. Bu bana araştırmanın nasıl yürüdüğü hakkında hiç unutamayacağım bir ders oldu.

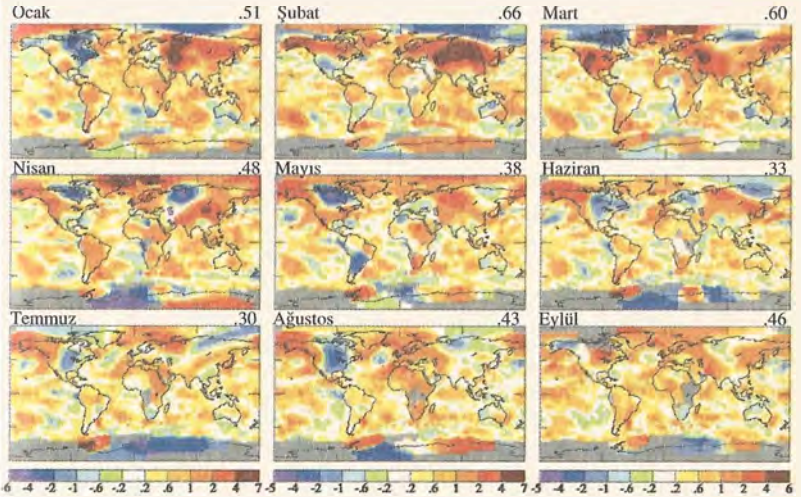
Benim, "bilimin nasıl işlediğine" ilişkin Richard Feynman'ın en sevdiğim sözleri şunlardır: "Bilimde gerçek başarıya ulaşmanın tek yolu... varılması gereken amacı düşünmeden büyük bir dikkatle kanıtları açıklamaktır. Eğer bir teoriniz varsa, o teoriye neyin uygun olduğunu belirlemek kadar neyin uygunsuz olduğunu da belirlemeye gayret etmelisiniz. Bilimden öğreneceğiniz şey bir tür standart güvenilirlik ve dürüstlüktür."

Bu basit ancak derin bir önermedir. Eğer bunu şaşmaz bir biçimde izlemezseniz, kolaylıkla kendinizi kandırabilirsiniz. Bu önermeye daha sonra tekrar döneceğim.

İklim Değişkenliği: Tanrı Zar Atar mı?

İklimi ve iklim değişikliğini düşünelim. Hava ve ortalama hava durumu anlamına gelen iklim her zaman değişir. Atmosfer ve okyanus sürekli devinim halindeki akışların yurdudur.

2004 Yüzey Sıcaklık Derecesi Anormallikleri (°C) [1951-80 Dönemi]



Şekil 4: 1951-1980 ortalamasına göre 2004'teki sıcaklık anormallikleri (Kaynakça 1).

Örneğin, Şekil 4, 2004 yılında gözlemlenen sıcaklık derecelerindeki anormallikleri gösteriyor. Anormallikler her ay için normal sıcaklık değerlerinden sapmalardır. Normal, 1951-1980 arasındaki 30 yıllık dönemin ortalaması olarak tanımlanmış. Bu, küresel ısınmanın kamuoyunda bir mesele olarak ele alındığı 1980'li yıllarda, normal iklimi tanımlamak için National Weather Service'in [Ulusal Hava Durumu Servisi] kullandığı zaman dilimidir.

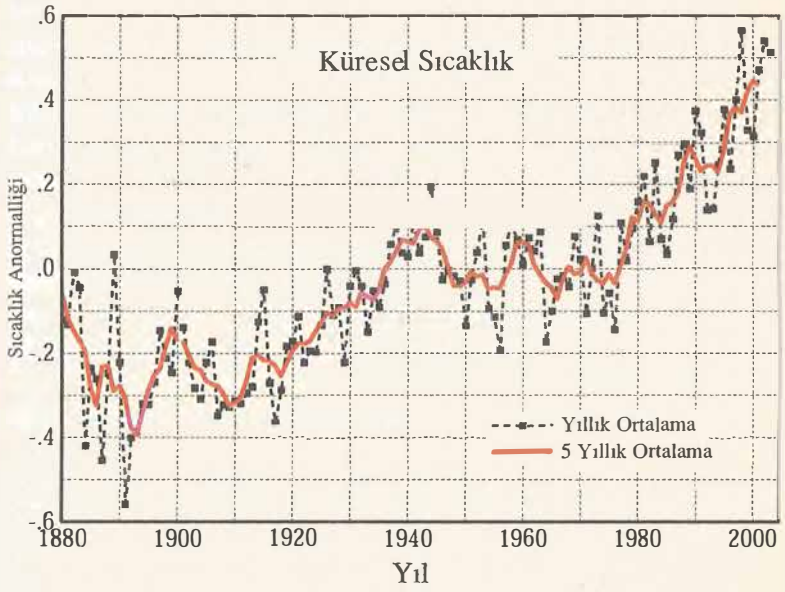
Sarı ve kırmızılar 30 yılın normal sıcaklığından daha sıcak, maviler de daha soğuk zaman dilimlerini gösteriyor. Değişimleri aydan aya gözlemek mümkün. Bu bölgesel anormalliklerin 5-6°C (10°F) kadar bir büyüklüğe eriştiğine dikkat edin.

Her bir grafiğin sağ üst köşesindeki rakam küresel ortalama anormalliği gösteriyor. Her ayın normalden daha sıcak, yani 1951-1980 ortalamasından o ay için tipik olarak 0.5°C (yaklaşık 1°F) daha sıcak olduğunu görüyoruz. Bu "küresel ısınma", ay-ay yerel sıcaklık dalgalanmalarından daha küçüktür. Ancak küresel ortalama ısınma dikkat çekici bir noktaya ulaşmıştır ve pratik uzantılarını hissettirmeye başlıyor.

15 yıl önce yazdığım bir makalede, 21. yüzyılın başlarında mevsimsel ortalama sıcaklık derecesinin, sıcak kategorisine gireceği; 1951-1980 döneminde mevsimlerin en sıcak %33'lük diliminin %60-70'lik bir orana yükseleceği tahmininde bulunmuştum. Diğer bir ifadeyle, iklim zarının hileli olma ihtimali vardı. Zar yuvarlandığında, hâlâ normalden daha soğuk düştüğü de olabilecekti; ancak eskisi kadar sıklıkta değil. Bu ihtimaller, mevsimsel (3 aylık dilim) ortalama sıcaklık derecesini verir, ki bu, aylık düzensizliği düşük değerde gösterir. Ancak zarların hileli olup olmadığına ilişkin herhangi bir sonuca varmadan önce, en azından birkaç kez zarı yuvarlamanız gerekir.

2004 yılının Haziran ayına bakalım. Ortabatı'da normalden daha soğuk. Temmuz olağandışı serin geçiyor yine. Ve Ağustos normalden daha da soğuk. Ve Haziran-Temmuz-Ağustos yaz ortalaması olağandışı; muhtemelen Iowa'daki birçok insanı küresel ısınmanın palavra olduğuna inandırmaya yetecek kadar serin görünüyor. Ancak geçmiş birkaç yılın küresel çizelgelerine bakacak olursanız, göreceksiniz ki, zarlar sanki hilelidir.

Hileli zar, her el kazanacağınız anlamına gelmez. Geçen yaz olduğu gibi, hâlâ hepyek atabilirsiniz; ancak artık daha zayıf bir olasılık söz konusudur. Tahmin ediyorum ki, önümüzdeki on mevsimden muhtemelen 6 ya da 7 mevsim normalden daha sıcak, 1 ya da 2 mevsim normalden daha soğuk ve 2 ya da 3 mevsim normal sıcaklık sınırları içinde olacak. Belki de önümüzdeki iki buçuk yıl, bu deneyin nasıl bir sonuç vereceğini görmek için, sizinle birlikte çalışacağım.



Şekil 5: 1900 öncesi meteoroloji istasyonları ve deniz yüzeyi sıcaklık dereceleri de katılarak, 1900 sonrası istasyonların verilerine dayanarak, küresel ortalama sıcaklık değişikliği (Kaynakça 1).

Eğer bütün dünyada ortalamanın üzerinde bir sıcaklık değeri tespit edersek, küresel ısınma gayet açık olarak görülür. Isınma geçen yüzyılda onda 6 ya da 7°C'dir; bu 1°F'nin biraz üzerindedir. Isınmanın çoğu da geçen 30 yılda olmuştur.

Bu noktada bana şöyle bir soru yöneltebilirsiniz: Yerel doğal dalgalanmalarla kıyaslandığında küçük bir miktarsa, küresel ısınma konusunda neden böyle endişe ediyoruz ki? Bu iyi bir soru. Bu soruya yanıt vermek için, iklim değişikliğinin

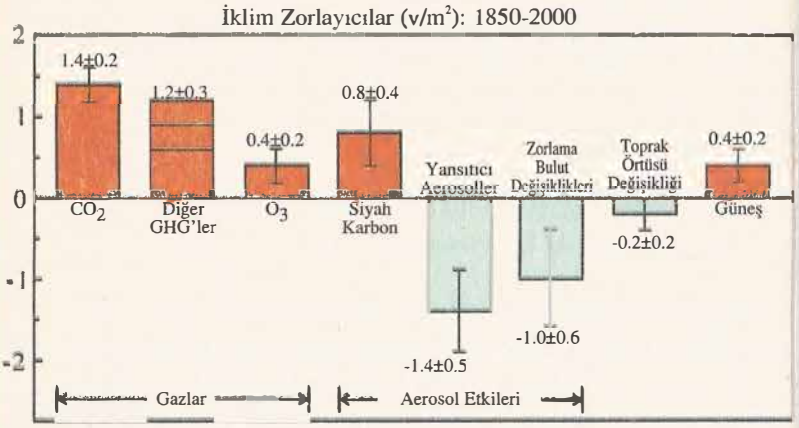
ne olduğunu, iklim değişikliğinin pratik etkilerini anlamamız ve gelecekteki insan kaynaklı iklim değişikliğinin büyüklüğünü kestirmek için bir araç gerekiyor. Bu yüzden, iklim değişikliğinin nedenlerini ele aldıktan sonra bu soruyu yanıtlamaya çalışacağım.

Zorlamalar ve Kaos: İklim Değişikliğini Ne Belirler?

İklim kaotiktir; hiçbir zorlama olmaksızın, hava durumu gibi akışkandır. Ancak, ek olarak, uzun dönemli ortalama iklim, zorlamalara karşılık gelecek şekilde sistematik olarak değişim de gösterir. Örneğin, dünyayı güneşe yaklaştırırsak, dünyanın daha sıcak bir yer haline gelmesi kesindir. Güneşin yaydığı ısı, iklimi etkileyen zorlayıcı etmenlerden biridir.

İklim değişikliğini analiz etmek için şunları bilmeliyiz: (1) Belli başlı iklim zorlayıcı etmenler hangileridir? (2) Dünya iklimi bir zorlayıcı karşısında ne kadar duyarlıdır? (3) Zorlamalarla gelen bir değişikliğe dünyanın tepki vermesi ne kadar zaman alır?

Metre kare başına zorlamaları Vat'la ölçeriz. Dünyanın gü-



Şekil 6: Endüstriyel çağda iklim zorlayıcı etmenler (Kaynakça 2). Bir iklim zorlayıcısı küresel enerji dengesini değiştiren bir mekanizmadır. Bir zorlayıcı doğal -güneşin parlaklığındaki oynamalar gibi- ya da insan kaynaklı -aerosoller ve sera gazları gibi- olabilir. İnsan kaynaklı iklim zorlayıcıları artık doğal zorlayıcıların önüne geçmiştir.

neşten absorbe ettiği güneş ışığı ortalama olarak 240 v/m²'dir (metre kareye düşen vat). Dolayısıyla, güneş %1 daha parlak olursa, bu 2.4 v/m² pozitif zorlanıa anlamına gelir.

Önemli iklim zorlayıcılar nelerdir? Bunlar, güneş ışığındaki, atmosferdeki ya da gezegenin yüzeyindeki değişiklikler gibi, sisteme dış girdilerdir. Geçen yirmi otuz yıllık bir süreyi kapsayacak şekilde, güneş ışığını, atmosferi ve yerin yüzeyini ölçmekteyiz ve geçen yüzyıl için bu niceliklerin bazılarını ölçmekteyiz. Şekil 6, endüstriyel çağda, 1850'den günümüze, iklim zorlamalarındaki tahmini değişiklikleri gösteriyor.

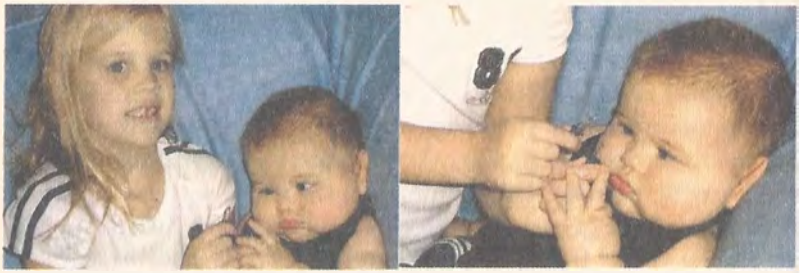
Toplam 3 vat'lık, güçlü pozitif zorlayıcılar insan kaynaklı sera gazları, karbondioksit, metan ve kloroflorokarbonlardır (CFC). En önde gelen negatif zorlayıcı, insan yapısı aerosollerdir; bunlar genellikle sülfatlı fosil yakıtların yanması sonucu oluşan havadaki küçük parçacıklardır ve özellikle sülfirik asit ya da sülfatlar (Venüs'te olduğu gibi) bunlara örnek verilebilir. Aerosoller güneş ışığını yansıtır, dolayısıyla soğumaya neden olur; bir aerosol, güneş ışığını soğuran ve ısınmaya neden olan siyah karbon ya da kurum bunun dışındadır. Aerosoller ayrıca bulut kümelerinin toplaşıp yoğuşmasını sağlar ve bulutların güneş ışığını daha çok yansıtmasına neden olur; dolayısıyla soğutucu bir etki yapar.

Güneşin ısı yayması kesintisiz olarak 25 yıldır ölçülüyor ve bu ölçümler bir güneş çevrimi üzerinde %0.1 civarında bir değişikliğe işaret ediyor; bu da uzun dönemli değişiklik için zayıf bir kanıttır. Bu verilerden ve güneş üzerindeki oluşumların uzun dönemli gözleminden, güneşin belki de geçen iki yüzyıl boyunca az da olsa daha parlaklaştığı sonucuna varıyoruz; bu da 1 vat'ın (metre kare başına) onda bir ya da ikisi kadar bir zorlamaya neden olur.

Metre Kareye 2 Vat: Bu Önemli midir?

Görünen o ki, insan kaynaklı zorlayıcılar en önemli zorlayıcılardır. Bir an için, bu ölçümleri ve hesapları itibari değerleriyle kabul edelim. Net zorlayıcı metre kareye 2 vat'tan biraz azdır.

(A) Torunum Sophie gürbüz kardeşi Connor'a 1 vat'lık Noel ağacı ampulünü kullanarak iklim zorlayıcıları kavramını

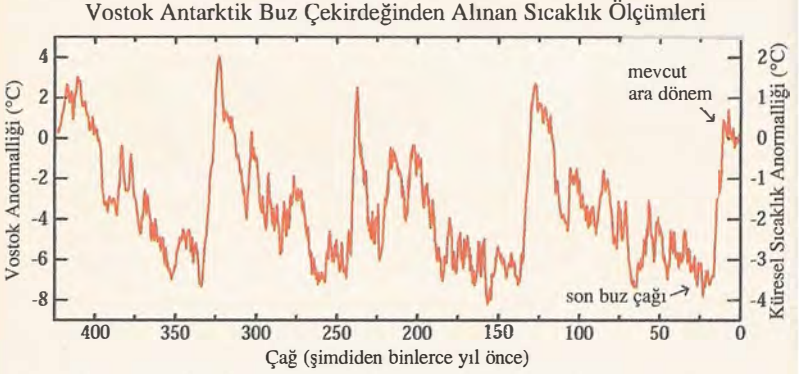


Şekil 7a ve 7b: Sophie, Connor'a sera ısınmasını açıklıyor. Connor henüz beş aylık olmasına rağmen anlıyor: Bu, 2 vat'lık zorlayıcıdır.

açıklıyor. (B) Connor henüz 5 aylık olmasına rağmen, gözlerine bakıp, durumu nasıl da kavradığını görebilirsiniz: Evet, bu 2 vat! İnsan kaynaklı iklim zorlayıcısı, yeryüzünde her metre kareye böylesi küçük ampullerden iki tane koyduğumuzda ortaya çıkan durum anlamına geliyor. O halde, bu noktada şu soruyu sorabiliriz: Bu miktar enerji önemli midir?

Bu soruyu yanıtlamak için, iklimin bir zorlayıcıya ne kadar duyarlı olduğunu bilmemiz gerekir. İklim modelleri bu soruya yanıt verebilir; ama sahip olduğumuz en güvenilir veriler, yine dünyanın gelişim seyrinden edindiklerimizdir.

Şekil 8, geçen 400.000 yıl boyunca dünyanın hesaplanan sıcaklığını gösteriyor. Bu veriler, Antarktika'nın üzerinde buz

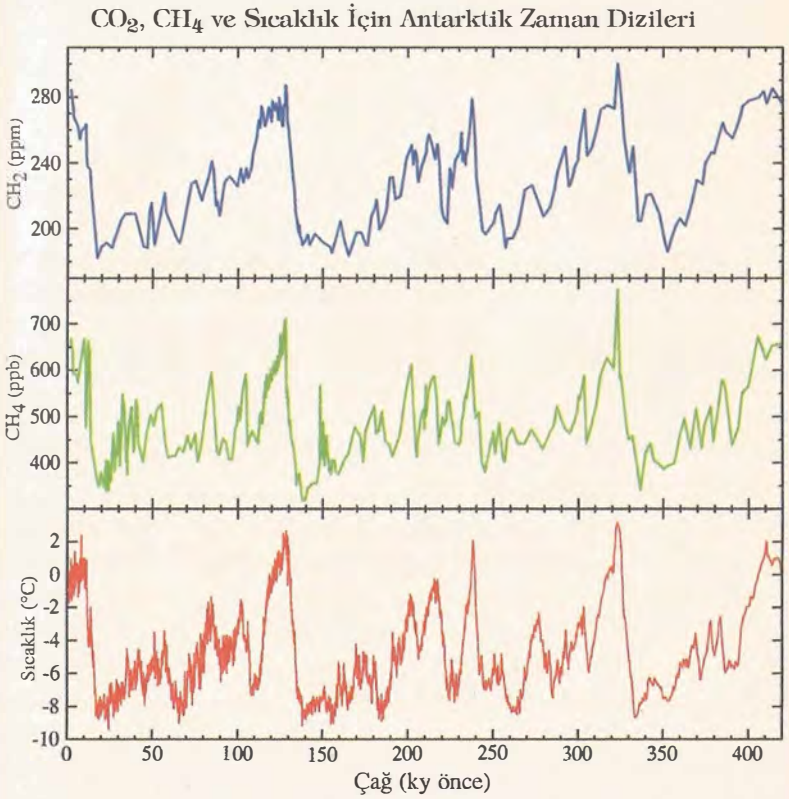


Şekil 8: Geçen 400.000 yıl için Vostok (Orta Antarktika'daki Rus üssü) sıcaklık ölçümleri.

içine sıkışmış, yıldan yıla düşen karlarla oluşmuş buz tabakaları bozulmadan kesilip çıkarılarak elde edilmiştir. Kar tabakasının izotopik bileşimi karın düştüğü zamandaki yerel sıcaklık derecesini gösterir bize. Antarktika'daki uzun erimli sıcaklık değişimleri tipik olarak yerkürenin ortalama sıcaklık değişikliğinden iki kat daha büyüktür. Küresel sıcaklık göstergeleri grafiğin sağ tarafında görülüyor.

Dünya, buzul çağının ardından, 12.000 yıldır sıcak bir dönem yaşıyor. Bu sıcak dönemi, 20.000 yıl önce zirve noktasına erişmiş, en son yaşanan büyük buz çağındaki sıcaklıkla karşılaştırabiliriz.

Şekil 9, iklim değiştikçe, yıldan yıla oluşan buz tabakala-



Şekil 9: Geçen 400.000 yıl için Vostok'un CO_2, CH_4 ve sıcaklık kayıtları (Kaynakça 3).

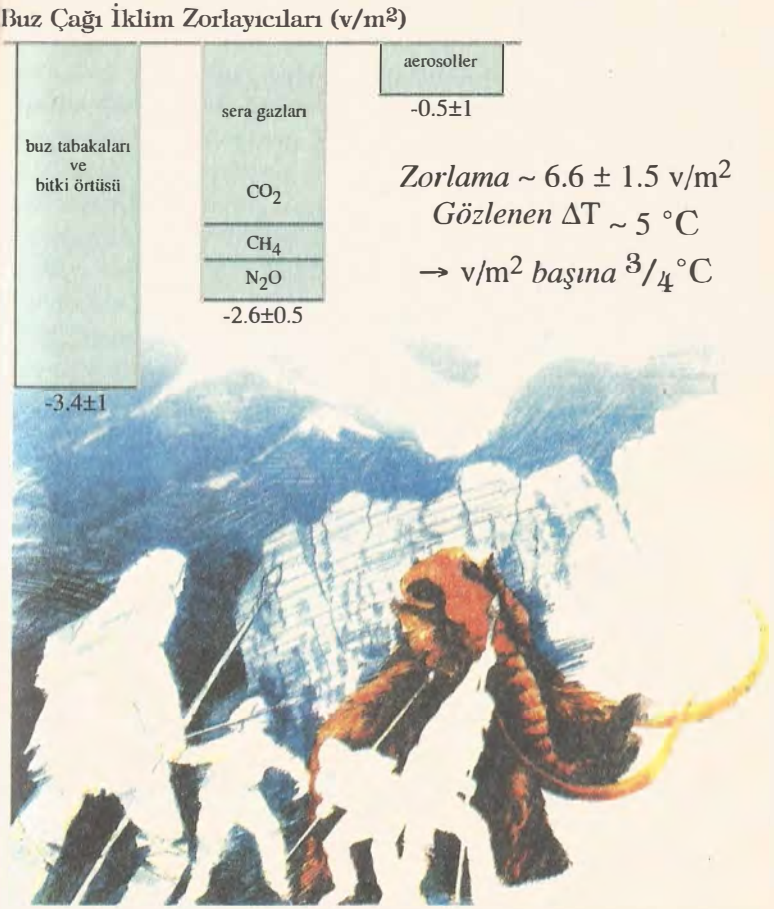
rında hapsedilmiş hava kabarcıklarından elde edilen veriler ışığında, atmosferin bileşiminin de değiştiğini gösteriyor. Bu, zamana bağlı olarak, karbondioksit, metan ve sıcaklık ölçümleridir. Buzul çağından bu sıcak ara döneme geçişler, asıl olarak, devasa kütleler olduklarından Jüpiter, Satürn ve yaklaştığı için de Venüs etkisiyle, Dünya'nın yörüngesindeki sapmalar yüzünden meydana gelir. Bunun sonucunda güneş ışığının mevsimsel değişimleri, buz tabakalarının oluşumu ve çözülmesi kadar okyanus ve bitki tabakası nedeniyle sera gazlarının yükselmesini ve yayılmasını da beraberinde getirir. Son buz çağı boyunca bir buz tabakası, Iowa'ya kadar uzanacak şekilde Kanada'yı kaplamış ve bu arada da bir armağan olarak, siyah toprağı Minnesota'dan Iowa'ya itmiştir.

Son Buz Çağından Bir Mesaj

Şekil 10'da da görüldüğü üzere, buz çağını günümüzden daha soğuk kılan mekanizmaları tam olarak biliyoruz. Düşen CO_2, CH_4 ve N_2O, metre kare başına $2^{1/2}$ vat'lık bir zorlayıcı oluşturmuştur. Yer yüzeyindeki durum daha farklıydı. Kuzey Amerika, Avrupa ve Asya'nın belli bölgelerini kaplayan buz tabakaları daha fazla güneş ışığını yansıtıyordu ve bitki örtüsü dağılımı farklıydı; ayrıca deniz seviyesi de 135 metre daha azdı. Bu etkenler de hesaba katılınca, toplam zorlayıcı metre kare başına $6^{1/2}$ vat'ı buluyordu. Bu zorlayıcı, bir gezegeni 5°C daha soğuk tutuyordu ki; bu da metre kare başına $^3/_4$°C'lik bir iklim duyarlılığı anlamına gelir.

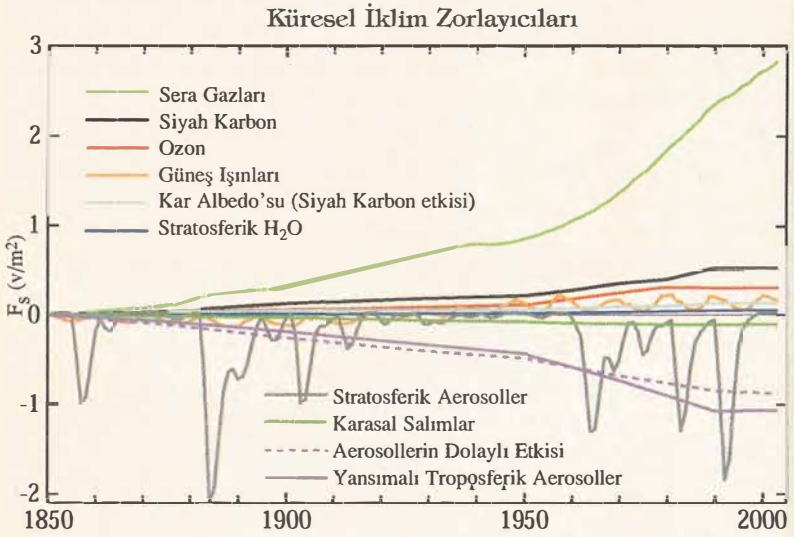
Küresel iklim modelleri, tekrarlayacak olursak, uzun bir döneme yayılan iklim duyarlılığı hesaplarını verir bize. Yakın tarihte bu modeller, v/m^2 başına yaklaşık $^3/_4$°C'lik bir duyarlılığa odaklanmış görünüyor, ki bu, ampirik değerle aynıdır ve rahatlatıcı bir şeydir. Ne var ki, dünyanın gelişim seyrinden elde edilen ampirik kanıtlar daha eksiksiz ve daha güvenilirdir; çünkü biz gerçek dünya verilerinde bütün önemli süreçlerin ve geribeslemelerin mevcut olduğundan emin olabiliriz.

Geçen yüzyılda iklim zorlayıcı değişikliğini, büyük bir belirsizlikle, 1.6 v/m^2 olarak hesapladığımızı hatırlayalım. Dolayısıyla, eğer duyarlılık vat başına $^3/_4$°C ise, sonuçtaki ısın-

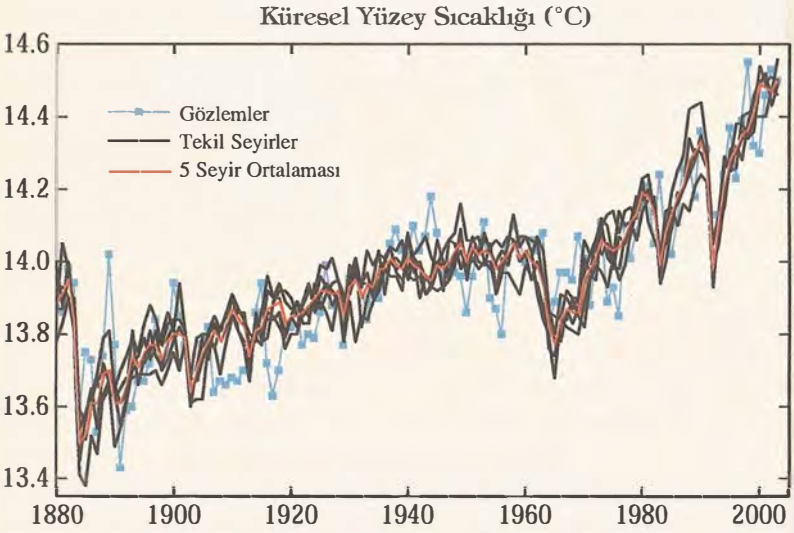


Şekil 10: Buz çağı iklim zorlayıcıları v/m² başına $^3/_4$°C'lik bir iklim duyarlılığına işaret eder. (Kaynakça 4).

ma 1.2°C olmalıdır. Gözlemlenen küresel ısınma ise 0.7°C'dir. Bir uyumsuzluk var mıdır ya da bu fark, iklim sisteminin yavaş tepki verme süresinden mi kaynaklanıyor? İşte küresel bir atmosfer-okyanus iklim modelinin çok faydalı hale geldiği yer de burasıdır; çünkü böyle bir model bizim okyanus sıcaklık artışını ve sonucunda da iklimin zorlayıcı etmenlere zamansal tepkisini gerçekçi olarak öngörebilmemizi sağlar.

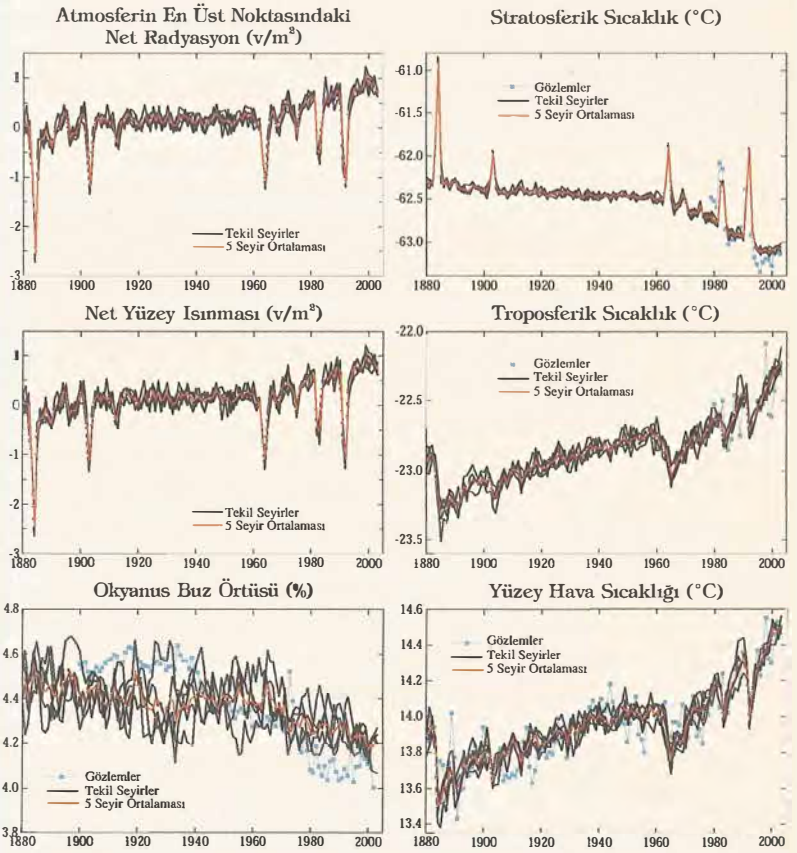


Şekil 11: Geçen 150 yıl süresince tahmini iklim zorlayıcıları (Kaynakça 5).



Şekil 12: Şekil 11'deki zorlayıcılar temelinde, gözlemlenen ve simüle edilen küresel yüzey sıcaklık değişikliği. Beşli model seyirler başlangıçta okyanus ve atmosfer koşullarında farklıdır ve bu yüzden kendi kaotik yollarını izlerler (Kaynakça 5).

Şekil 11, geçen yüzyılda ölçümlenen iklim zorlayıcılarını gösteriyor. Sera gazı eğrisi tamı olarak biliniyor çünkü çoğu sera gazı atmosfere çok iyi karışmış durumdadır; dolayısıyla ölçüm için bir yer tayin etmek yeterlidir. Volkanlardan çıkan stratosferik aerosoller, soğutucu bir etki yapan, düzensiz negatif zorlayıcıya neden olur. Bu da, en azından son elli yıl için, tam olarak biliniyor. En büyük belirsizlik troposferik aerosoller ve onların bulutlara dolaylı etkileridir. Troposferik aerosol zorlayıcılar kısmen, kayıp gözlemlerden doğan boşlukları doldurmakta kullanılan aerosol taşınma modellerine dayanıyor. Bazı daha küçük zorlayıcılar gayet iyi bilinirken, bazıları da bilinmiyor.



Şekil 13: Şekil 11'deki zorlayıcılara göre hazırlanan küresel iklim simülasyonları (Kaynakça 5).

Eğer bu iklim zorlayıcılarını göründükleri itibari değerleriyle alıp bir küresel iklim modeli çıkarmak için kullanırsak, ne elde ederiz? Sonuçlar Şekil 12'de gösterilmiştir. Bu model, geçen yüzyıl boyunca küresel sıcaklık değişikliğini yeniden izlememiz açısından gayet iyi işler. Bu bize verileri yorumlamanın eşsiz bir yolunu verir. Eğer bir modeli daha küçük bir iklim duyarlılığı ve daha büyük bir iklim zorlayıcısıyla birlikte kullanırsak ya da tam tersini yaparak büyük bir duyarlılık ve küçük bir zorlayıcıyla, yine herkesin üzerinde hemfikir olacağı bir sonuç elde ederiz. Ancak iklim duyarlılığının paleoiklim* verilerle sınırlı olduğunu unutmayın. İklim duyarlılığında büyük bir esneklik yoktur.

Küresel ısınma yaklaşık olarak bir 1°C'nin onda yedisidir. Peki o zaman, daha önce tartıştığımız 1.2°C'lik beklenen ısınmanın öteki yarısı nereye uçmuştur? Eğer modele daha yakından bakacak olursak yanıtı görebiliriz. Şekil 13, modelin küresel troposferik ve stratosferik ısı değişikliğine uygun olduğunu gösteriyor; ancak bu yüksek hava katmanlarındaki gözlemler daha kısa bir dönem için yapılmıştır.

Kritik Veriler: Gezegen Çapında Enerji Dengesizliği

Verilerin kritik dediğimiz kısmı gezegenin enerji dengesizliğine ilişkindir. Eğer hikâyemiz doğruysa, eğer dünya pozitif zorlayıcılar yüzünden daha sıcak bir iklime doğru sürüklenmekteyse, sisteme giren enerjiye kıyasla gezegenden daha az bir enerji çıkıyor olmalıdır. Zaten sera etkisi de böyle kendini gösterir; gazlar dışarıya çıkan enerjiyi engeller. Elbette, gezegen ısınırken enerji dengesi sağlar. Ancak, okyanus en azından yirmi otuz yıldır ısınıyor ve bu zaman zarfında daha çok gaz eklendi atmosfere, dolayısıyla sürekli bir dengesizlik mevcuttur. Gezegen çapındaki bu enerji dengesizliği, dünyanın henüz tepki vermediği iklim zorlayıcısının doğrudan bir ölçüsüdür.

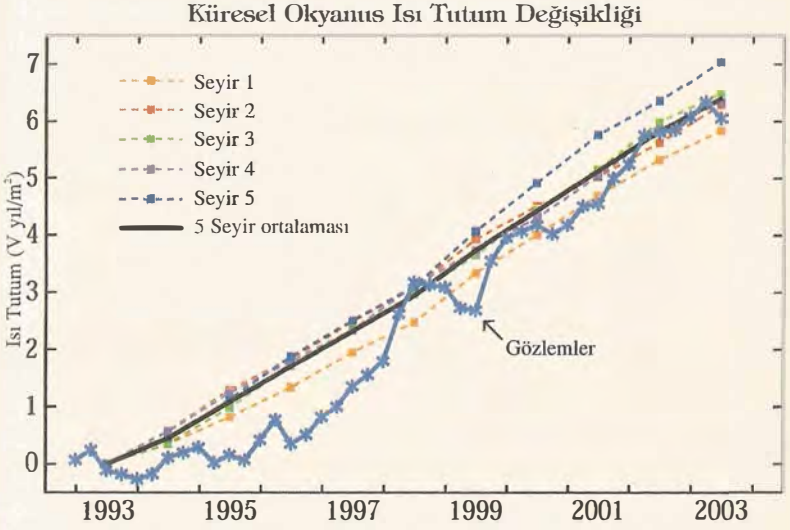
Modelimize göre, bizim varsaydığımız zorlayıcılar doğruysa şayet, dünya şimdi yaklaşık $^3/_4 \pm ^1/_4$ v/m² dengesiz olmalıdır. Bu, Şekil 13'ün sol üst köşesindeki eğriyle gösterilmiştir.

* Dünyanın gelişim seyri içinde iklim değişiklikleri. (ç.n.)

Ve atmosferin ısı kapasitesi ihmal edilebilir olduğundan, okyanusa giden sıcaklık yine yaklaşık $^3/_4 \pm ^1/_4$ v/m^2 olmalıdır; bu da soldaki ikinci grafiktir. Bu dengesizlik, ardışık süreçler içinde ek küresel ısınma olduğu anlamına gelir. $^3/_4$ vat, sera gazlarında fazladan herhangi bir artış olmaksızın, yaklaşık $^1/_2$°C ek ısınmanın ardışık süreçler içinde olması demektir.

Birkaç yıl önce, birileri bana, "Küresel ısınmayı kavramamızı sağlayacak en önemli üç gösterge hangisidir?" diye sormuştu. Onlara, "Okyanus ısı deposu, okyanus ısı deposu ve okyanus ısı deposu" demiştim; çünkü okyanusun muhafaza ettiği ısının artış oranı böylesine temel önemde bir niceliktir. Bu, şimdi dünya üzerinde faal olan net iklim zorlayıcısının doğrudan bir göstergesidir.

Şimdi artık bu tür verileri elde etmeye başladık. Birkaç yıl önce, Syd Levitus ve National Oceanic and Atmospheric Administration'dan (NOAA) [Ulusal Okyanus ve Atmosfer Yönetimi] meslektaşları 1950-1990 yılları arasındaki döneme ait milyonlarca okyanus sıcaklık ölçümünün analizlerini yayınla-



Şekil 14: Dünya okyanusunun üst 750 metrelik kesitinde 1993-2003 döneminde okyanus ısı tutum değişikliği. Kaynakça 11'den hareketle gözlemler. İklim modeli bundan önceki iki şekilde olduğu gibidir; Şekil 11'deki iklim zorlayıcılarından çıkarılmıştır.

dılar. Çıkardıkları sonuç, okyanusun bu dönemde buradaki iklim modelinde gösterilen bir oranda ısındığıdır. Bununla birlikte, söz konusu dönem son 10 yılı, yani enerji dengesizliğinin daha büyük olduğuna ve çok daha doğru biçimde ölçülebileceğine inandığımız dönemi kapsamıyor.

En değerli veriler, okyanusun muhafaza ettiği ısıdaki değişikliğin mevcut oranına ilişkin kesin ölçümler olacaktır. Bu bize gezegenin gerçekten enerji dengesini kaybedip kaybetmediğini gösterir. Böylesi bir sınamayı şimdi 1993-2003 dönemi için, o dönem için yeni elde edilmiş kapsamlı veriler temelinde (Willis vd., 2004, kaynakça 11), yapabilecek durumdayız.

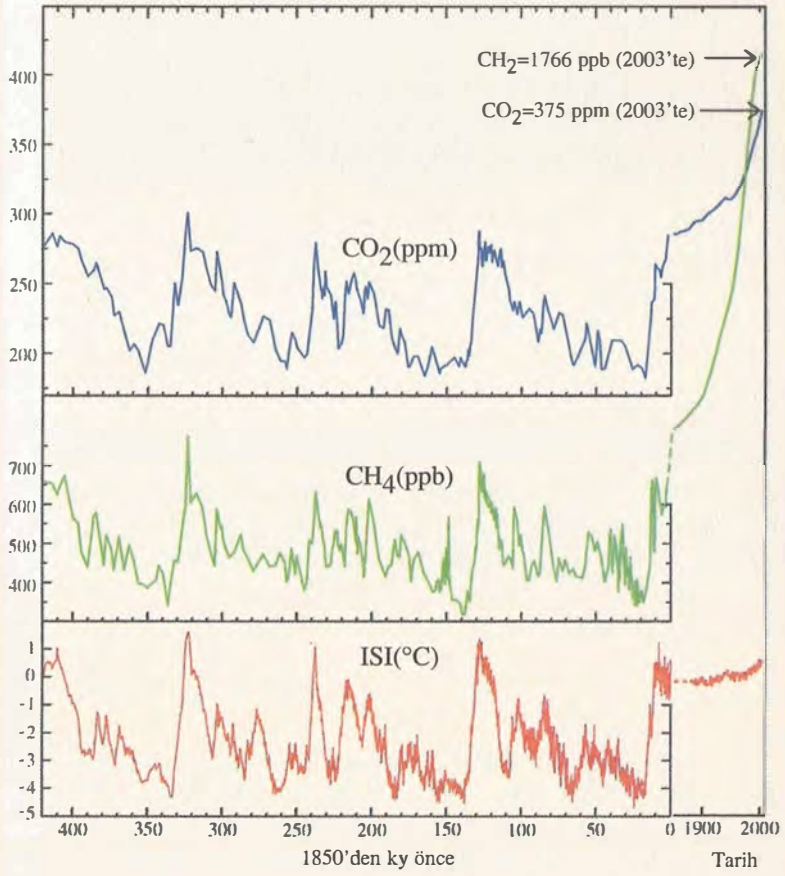
Yayımlanmış araştırma yazısında Willis ve diğerleri (Kaynakça 11), 1993-2003 yılları arasında, okyanusun üst 750 metrelik diliminin muhafaza ettiği ısının, 0.60 ± 0.10 v/m^2'lik bir ortalama küresel ısınmaya eşit bir oranda yükseldiğini gösteriyor. 1993-2003 dönemi için bizim iklim modeli simülasyonlarımızdaki ortalama gezegensel enerji dengesizliği (Şekil 12) 0.80 ± 0.06 v/m^2'dir; buradaki standart sapma beş model simülasyonlarına gönderme yapıyor. Bununla birlikte, beş çift atmosfer-okyanus iklim simülasyonlarında, artan okyanus ısı muhafazasının %82±10'u (standart sapma) 1993-2003 arası dönemde okyanusun 750 metrelik üst diliminde depolanmıştır; kalan %18 ise okyanusun derinliklerinde muhafaza edilmiştir. Biz gezegenin temelde uzayda enerji dengesini kaybetmiş olduğu sonucunu çıkarmakla kalmıyor, modelin de kesinlikle doğru olduğunu savunuyoruz.

Bununla birlikte, böylesi on yıllık bir enerji dengesizliğinin tesadüf eseri, yani okyanus deveranındaki ani bir değişimden kaynaklanmış olması düşünülemez ve ihtimal dahilinde de değildir. Şahsen ben, böylesi bir okyanus akışkanlığını destekleyen hiçbir kanıt bilmiyorum.

Dünyanın enerji dengesini yitirdiğini kabul etmek birçok başka şeyi de beraberinde getirir. İlk önce, bu bizim net iklim zorlayıcısı hesabımızın doğru olduğunu gösterir. İkinci olarak da, ek küresel ısınmanın da ardışık süreçlerde saklı olduğunu onaylar. Gezegen, uzayla arasındaki enerji dengesini sağlamak için, $^1/_2$°C daha ısınmalıdır.

Tehlikeli İnsan Kaynaklı Müdahale

İklime tehlikeli insan kaynaklı müdahale nedir? Kimse emin değil. Öyleyse, dünyanın gelişim seyriyle kıyaslayarak, geçen yüzyılda bizim neden olduğumuz değişimlerin neler olduğuna bakalım. Şekil 15, geçen 150 yılda atmosferik CO_2 ile daha önceki 400.000 yıldaki CO_2 miktarlarını karşılaştırıyor. CO_2 şimdi, geçen yüz binlerce yıl içindeki bütün değerlerden çok daha yüksek bir düzeydedir. Metan değişimi çok daha



Şekil 15: Antarktik buz tabakalarından ve yakın tarihli yerinde ölçümlerden elde edilen CO_2, CH_4 ve sıcaklık kayıtları (Kaynakça 6). 1850 sonrası zaman dilimi, geçen yüzyıldaki değişikliklerin görülebilmesi için genişletilmiştir. Gösterilen küresel sıcaklık derecesi anormalliği, 1880-1899 ortalamasına göre, Antarktik sıcaklık derecesi anormalliğinin yarısı olarak hesaplanmıştır.

çarpıcıdır. Başlı başına bu grafik bile bize tehlikeli insan kaynaklı müdahalenin olabilirliği hakkında çok şey anlatıyor.

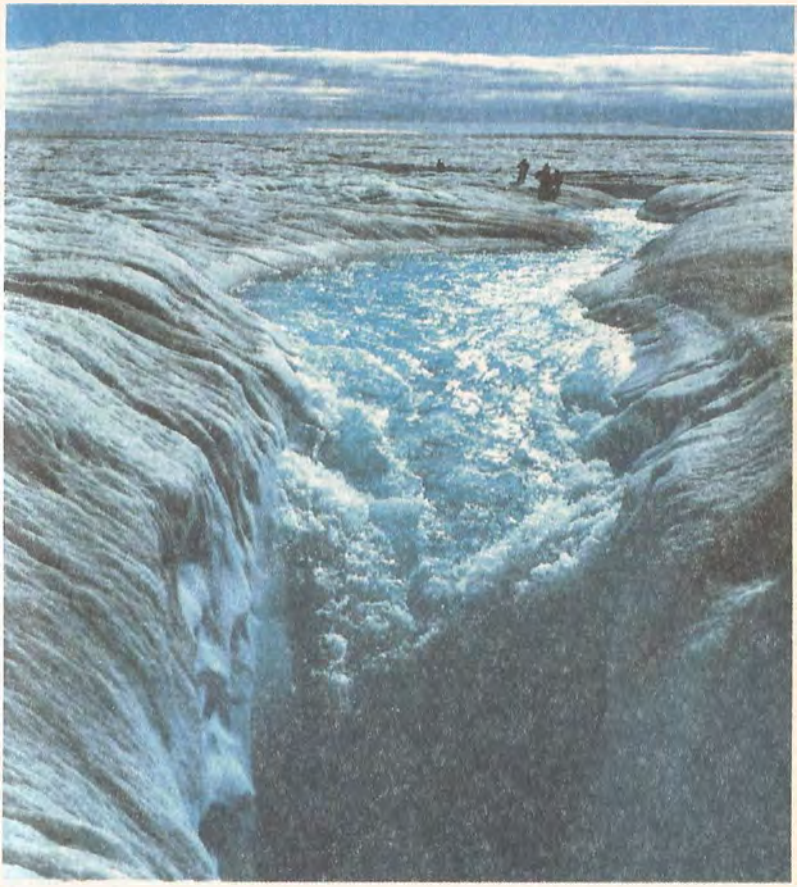
İklim, bu sera gazı zorlayıcılarına karşı tam olarak tepki vermiş değildir; bunun nedeni kısmen okyanusların termal ataletidir, kısmen de sera zorlayıcısının belli bir oranda aerosol soğutucusu tarafından dengelenmiş olmasıdır.

Alttaki eğri sıcaklık derecesini gösteriyor. Yeryüzü geçen yüzyılda ısınmıştır. Hesaplayabildiğimiz kadarıyla, mevcut küresel sıcaklık buzul çağı sonrası dönemin zirve noktasına doğru yükseliyor; daha önce bu dereceye 10.000 yıl önce erişmişti. Daha önceki buzul çağları arası dönemler şimdikinden çok az, belki küresel olarak 1°C, Güney Kutbu için söylersek 2-3°C kadar, daha sıcak olmuştu. Daha sıcak buzul çağları arası bu dönemde, deniz seviyesi tahminen 5-6 metre daha yüksekti; ancak bu miktardaki değişiklikleri tahmin etmek zordur.

Eğer daha eskiye, yaklaşık 3 milyon yıl öncesi Orta Pliocene dönemine gidecek olursak, durum daha belirginleşir. O zaman küresel sıcaklık derecesi bugünkünden 2 ila $2^{1/2}$°C daha fazlaydı ve deniz seviyesi de 25 metre daha yüksekti. Şimdi üzerinde yaşadığımız gezegenden çok farklı bir yer söz konusuydu. Grönland ve Antarktika üzerindeki buz tabakaları çok daha az olmalı o dönemde.

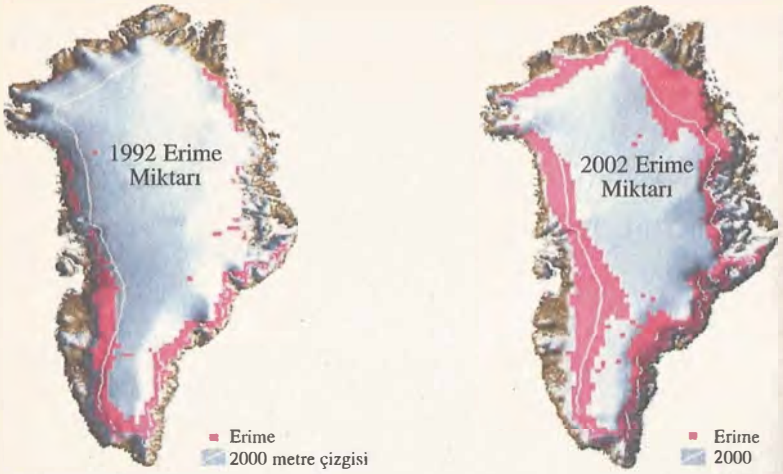
Bence, küresel ısınmanın buz tabakaları, dolayısıyla da deniz seviyesi üzerindeki etkisi, tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi oluşturan küresel ısınma düzeyini belirleyecektir. Bu ifade, 1991'deki Framework Convention on Climate Change'den (FCCC) [İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması] çıkıyor; bu uzlaşma metninde, ABD ve pratik olarak bütün öteki ülkeler atmosferik bileşimi, iklime "tehlikeli insan kaynaklı müdahale"den kaçınacak bir düzeyde sabit tutmaya çalışma konusunda anlaştılar.

IPCC ile üzerinde fikir ayrılığına düştüğüm konulardan biridir bu (Kaynakça 12); ayrıca, eğer küresel ısınma 2-3°C'lik bir değere erişirse, işte o zaman endişe duymamız gerekirmiş gibi bir izlenim uyandırıyor bende. Onlar bu değerlendirmelerini sınırlı süreçleri kapsayan modellere dayandırıyorlar. Buz tabakaları örneğinde, ortak bir varsayıma göre, buz tabakalarının bir iklim değişikliğine tepki vermesi binlerce yıl alır.



Şekil 16: Grönland'ta yüzey erimesi sonucu meydana gelen ve buz tabakasının tabanına kadar uzanan dikey bir yarık olan *mulin*'in fotoğrafı (Roger Braithwaite, Kaynakça 2).

Dünyanın gelişim seyri, aslında, buz tabakalarının oluşması için binlerce yılın gerektiğini göstermiştir. Bir buz tabakasının oluşması kuru bir süreçtir. Buz tabakasının büyüme oranı yıllık azami kar oranıyla sınırlıdır. Ancak bir buz tabakasının çözülmesi sulu bir süreçtir ve yıkıcı sonuçlar doğurabilecek kadar hızlıdır. Şekil 16, Grönland buz tabakası üzerinde dikey bir yarığı, yazın eriyen suyun aktığı buz tabakasının tabanına giden bir millik bir *mulin*'i gösteriyor.



Şekil 17: 1992 ve 2002'de Grönland'ta yazın karların eridiği alan.

Grönland'ın kıyı şeridi boyunca yaz aylarındaki erime normal bir olaydır. Ancak küresel ısınmayla birlikte, yazları eriyen Grönland alanı genişliyor. Şekil 17, 1992'deki erime alanıyla, hatırı sayılır oranda genişlemiş olan 2002'deki erime alanını kıyaslıyor. Genişleme oranı burada bir parça abartılmış olabilir; çünkü 1992 yılı, Pinatubo volkanik aerosolleri yüzünden kısmen soğuk bir yıldı. Yine de, Grönland'ta yazın erimeye maruz kalan karlı alanların her geçen gün büyüme eğiliminde olduğu açık ve kesindir.

Bu, buz tabakası üzerine baskı yapıyor. Belli bir sayıda buz akıntısı, çok hızlı hareket eden buz tabakası parçaları, hızla artıyor ve okyanusa daha fazla buzdağı veriliyor. Bu önemlidir; çünkü buzu eriten enerji okyanusun muazzam büyüklükteki ısı deposundan çekiliyor. Ve buzu eritmekte kullanılan enerji yeniden sağlanıyor; çünkü okyanus yüzeyinin soğuması gezegenin enerji dengesizliğini artırıyor, dolayısıyla okyanusa sıcaklık akışını da artırmış oluyor.

Bu yüzden, buz tabakaları, süreç bir kere işlemeye başladığında, hızla çözülebilir. Yaklaşık 14.000 yıl önce, son buz çağından şimdiki buz çağları arasındaki bir döneme geçiş sürecinde, deniz seviyesinin 20 metre yükseldiği 400 yıllık bir

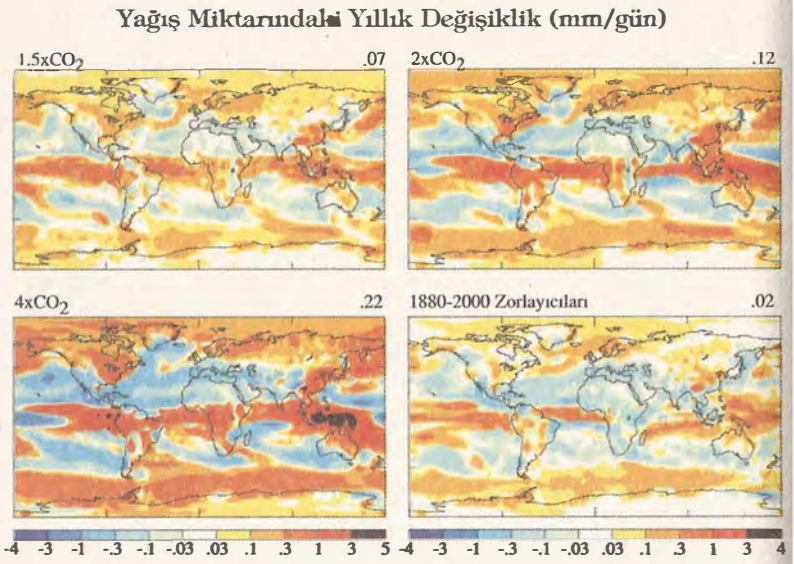
Grönland'tan Buz İhracı



Şekil 18: Jacobshavn buz akıntısının şiddeti geçen üç yılda yaklaşık %40 artmıştır. (Waleed Abdalati, AGU sunumu; bu fotoğrafı Konrad Steffen'e borçluyum.)

dönem yaşandı. Bu her 20 yılda deniz seviyesinin 1 metre yükselmesi demektir. Deniz seviyesindeki değişiklik ve bunun "tehlikeli insan kaynaklı müdahale"yi oluşturan küresel ısınma düzeyini belirlemede nasıl bir rol oynadığı, Climatic Change (Kaynakça 6) içindeki bir sunuş yazısında etraflıca tartışıldı. Orada, bazı ada ülkelerini, Bangladeş'in büyük bölümünü, Nil Deltası'nı, Louisiana ve Florida'nın bazı bölgelerini sular altında bırakmaya yetecek, iki metre ve üzeri bir deniz seviyesi yükselmesinin tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi oluşturduğunu ileri sürüyorum. Ardından, dünyanın gelişim seyrinden hareketle, deniz seviyesi değişikliğine ge-

tirilecek makul bir sınırın, gelecekteki küresel ısınmanın yaklaşık 1°C'nin üzerine çıkmamasını sağlamamız gerektiği anlamına geldiğini savunuyorum.



Şekil 19: 2000 yılında CO_2 ve "bütün zorlayıcılar"ın artışıyla yağış miktarındaki değişiklikler (Kaynakça 7).

Bölgesel İklim: Kuraklıklar ve Seller

Elbette, siz Iowa'da deniz seviyesi hakkında çok endişe duymuyor olabilirsiniz. Keşke size küresel ısınmanın bölgesel iklim etkilerini söyleyebilseydim; ama modeller bu konuda çok güven verici değil henüz. Yine de, gözümü karartıp bir tahminde bulunacağım. İklim modelimizde sera gazı artışı olarak gördüğümüz yağış değişikliklerine şekilde yer veriliyor. CO_2, 1.5 katlık endüstriyel çağ öncesi miktardan 2 kata ve 4 kata çıkarken, yağış tropik alanlarda artıyor, alt-tropik alanlarda ise düşüyor. Hadley sirkülasyonu artarken, yani tropik bölgelerde hava yükselir, alt-tropik bölgelerde alçalırken, bu anlamlıdır. Bugün sera gazları 1.5 kat CO_2'ye eşit bir miktardadır ve son grafikte görüyoruz ki, öteki dokuz zorlayıcı eklendiğinde bile, tropikteki artış ve alt-tropikteki düşüş eğilimi varlığını sürdürecektir.

Bunun pratik etkisi, göründüğü kadarıyla şöyle olabilir: Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısı, Akdeniz ve Ortadoğu daha kurak bir yere dönüşürken, Amerika Birleşik Devletleri'nin doğusu daha sulak olacaktır. Bu, paleoiklim tarihte, gezegen ısınırken ABD'nin batısının eğilim olarak çok kurak olacağı tespitinde bulunan Cook ve çalışma arkadaşlarının yakın tarihli makaleleriyle de (12) tutarlılık gösteriyor. Iowa, görünüşe göre, kuruyan batıyla, suya boğulan doğunun sınırında kalacak. İşte şimdi, beni asıl korkutan noktaya geldik... Bundan sonra, daha fazla bilgi olmaksızın, küresel ısınmanın Iowa'daki yağış için ne anlama geldiğine ilişkin bir tahmin yapmayı göze alamam.

Faustvari Pazarlık

Bilimsel yaklaşımı bu noktada özetlemem gerekiyor.

Sera gazları, iklim değişikliği hikâyesinin ancak bir parçasını oluşturuyor. Başka iklim zorlayıcıları da mevcut. En önemli "öteki" iklim zorlayıcısı, aerosollere bağlı olarak, havadaki küçük parçacıklardır. Daha önceki iki grafikte (Şekil 6 ve 11), aerosol kaynaklı iklim zorlayıcısı, sera gazları kaynaklı olanın yarısı kadardır; ancak aerosol kaynaklı zorlayıcı negatiftir ve soğumaya neden olur.

Endüstri devrimi yalnızca gaz üretmekle kalmıyor, toz çıkartıp, pek çok asit ve kara kurum parçacıkları da salıyor havaya. Bu küçük parçacıklar, küresel ısınmayı aksi halde olabileceğinden en az %50 azaltmıştır. Bunlar, endüstrileşmenin meyvelerinden sadece makul bir küresel ısınma bedeli ödeyerek faydalanmamıza imkân veriyor. Ancak bu aerosollerin de bir bedeli var ve yakında, talep ettikleri o büyük bedeli ödemek durumunda kalacağız.

1990'da, kendisi de Fizik ve Astronomi Bölümü'nden mezun olan Andy Lacis'le birlikte *Nature* için yazdığımız bir makalede, aerosol soğutmasıyla sera ısınmasının maskelenmesini Faustvari bir pazarlık olarak tanımlamıştık; çünkü bu ancak söz konusu parçacıklardan havaya her geçen gün daha fazla salınmasıyla sürdürülebilecek bir durumdur. Ve insanlar bu kirli, küçük aerosolleri sevmediklerini fark ediyorlar. Bir yılda bir milyondan fazla insanı öldürüyor onlar. Her yıl



Şekil 20: Faustvari pazarlık. Aerosol soğutması sera ısınmasını azalttıkça, insanlar Endüstri Devrimi'nin meyvelerini yemiş ve iklim değişikliği için büyük bir bedel ödemekten kurtulmuştur. Ne zaman ki insanoğlu, küresel ısınmanın süregelen etkisinin azaltılması için gerekli olacak hava kirlenmesinin daha fazla katlanarak büyümesine göz yumamayacağını fark eder, bedel o zaman ödenir.

ABD'de yaklaşık 50.000 insan bu yüzden ölüyor ve bu rakam Hindistan ile Çin'de daha da yüksek. Bu küçük parçacıklar ciğerlere giriyor, insan dokularının derinlerine işliyor ve hatta kan dolaşımına karışıyor. Bunlar artan astım sorununun ve diğer solunum ve kalp-damar hastalıklarının ana nedenidir.

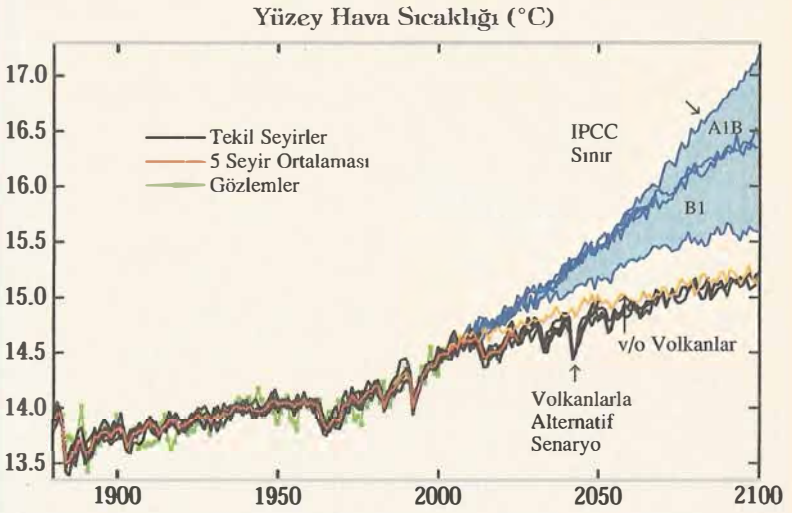
Aerosol kirliliği artık ABD ve Avrupa'da önemseniyor ve kuşkusuz, Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerde de önemli bir konu haline gelecektir. İklim sorununu bu yolla halletmek gibi yanlış bir strateji izlemediğimiz sürece, aerosoller azalırken, küresel ısınma gözle görülür bir biçimde artacaktır.

Bu konudaki tüm tartışmaları burada tekrarlamanın bir anlamı yok. Ancak, ödenecek bedeli asgariye indirmenin ve sonuçları optimize etmenin yolları olduğuna işaret etmek is-

tiyorum; yeter ki biz, siyah karbon, ozon ve öncülleri, özellikle de metan gibi, belli hava kirleticileri azaltma konusunun üzerinde duralım. Aslında, bu kirleticiler azaltılırsa insan sağlığında ve verimlilik açısından tarımda dikkate değer iyileşmeler görülecek.

Karbondioksit Senaryoları

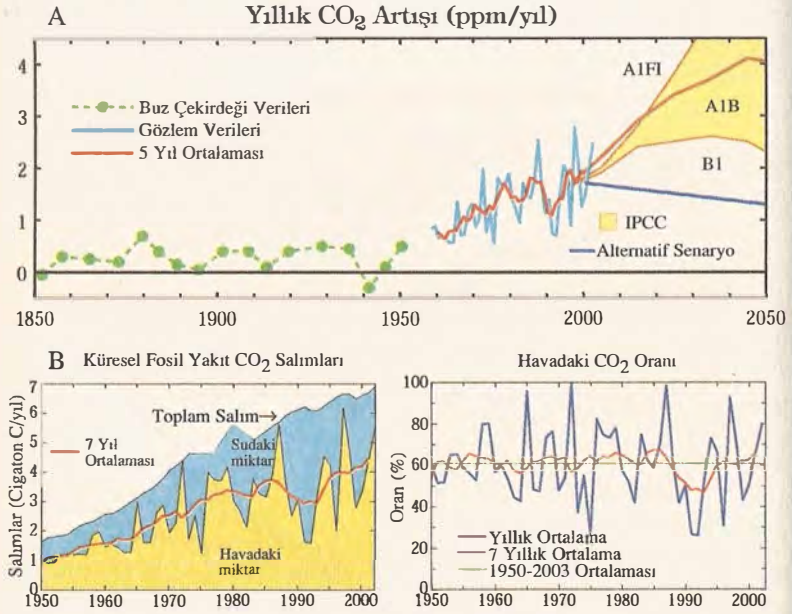
En zorlu ve artık erteleme lüksümüz olmayan görev, karbondioksit salımını yavaşlatmaktır. Şekil 21, IPCC'nin ekonomik büyüme ve yakıt seçenekleri hakkında uzun vadeli yaklaşımları kapsayan, içinde bulunulan yılın verilerini sabit bir oranla çarparak elde ettiği Mutat Senaryolarına dayanarak, 21. yüzyıldaki küresel sıcaklık tahminlerini gösteriyor; ancak, iklim değişikliğini yavaşlatmak için salımların bilinçli olarak düşürülme ihtimalini içermiyor. Alternatif Senaryo, CO_2 salımları oranının yüzyılın ilk on yılında yatay bir seyir izleyeceğini ve yüzyıl ortasına varmadan önemli oranda düşeceğini tahmin eden bir senaryodur.



Şekil 21: 21. yüzyılı içine alacak şekilde genişletilmiş küresel yüzey sıcaklığı simülasyonları (Kaynakça 5).

Alternatif Senaryo'ya göre, ek küresel ısınma 1°C'nin altında kalacaktır. Mutat Senaryoların her biri küresel ısınmayı 1°C'nin çok üstünde gösteriyor ve gezegenimizde yüz binlerce, belki de milyonlarca yıldır yaşanmamış sıcaklık seviyeleri tahmininde bulunuyor. Mutat Senaryoları izlediğimiz takdirde tehlikeli insan kaynaklı müdahaleden kaçınabileceğimizi varsaymak akla yatkın değildir.

Şimdi, CO_2 meselesine nasıl yaklaştığımıza bakalım. Şekil 22'nin üst grafiğindeki mavi çizgi havadaki gözlemlenen yıllık CO_2 artışını gösteriyor. Yıldan yıla görülen büyük değişkenlik yüzünden, hemen ilk bakışta dünyanın IPCC'nin Mutat Senaryo'suna mı yoksa Alternatif Senaryo'ya mı uygun bir seyir izlediğini anlamak mümkün değildir. Ancak sol alt kısımda yer alan grafikteki küresel fosil yakıt CO_2 salımlarına bakacak olursak, salımların hızlı yükselişlerini sürdürdüğünü görürüz. Sağ alttaki grafik ise, havada kalan salımların



Şekil 22: (A) 2003 yılı boyunca yapılan ölçümlere ve IPCC (Kaynakça 8) ile Hansen ve Sato (Kaynakça 9) senaryolarına dayanan yıllık atmosferik CO_2 artışı. Fosil yakıt salımları (B)'deki üst eğride görüldüğü gibi artmaya devam ediyor. Havada kalan salımların ortalama büyüklüğü (C) yaklaşık %60 seviyesini koruyor ve bu da temeldeki CO_2 büyüme oranının şimdi 1.9 ppm/yıl, yani "Alternatif Senaryo"dan çok (Kaynakça 10) IPCC senaryolarına (2001; kaynakça 10) yakın olduğu anlamına geliyor.

%60 seviyesinde dalgalanmayı sürdürdüğünü gösteriyor bize.

%60'lık netice ve mevcut CO_2 salımları, mevcut asmosferik CO_2 büyüme oranı olarak yıllık 1.9 ppm CO_2 rakamını vermektedir. Bundan dolayı, temeldeki CO_2 büyüme oranı Alternatif Senaryo'dan çok IPCC senaryolarına yakındır. 21. yüzyılı kapsayan Alternatif Senaryo 1990 sonlarında yıllık 1.7 ppm ile başlar, yüzyıl ortalarında 1.3 ppm değerine düşer; dolayısıyla ortalaması yıllık 1.5 ppm'dir, ki bu 1 v/m²'lik bir zorlayıcı demektir. Mevcut CO_2 salımları bu oranın çok üstündedir. Yıllık CO_2 artışı hızla tırmanmayı sürdürüyor; yatay bir seyir izlemiyor ya da düşmüyor.

Eğer bir on yıl daha iklim sorununu ihmal edip daha çok CO_2 salımları üretecek altyapı inşaatını sürdürecek olursak, bir on yılda CO_2 yıllık artışı yine 1.9 ppm düzeyinden yüksek olacaktır. Artan CO_2 üreten altyapıyı olduğu gibi bırakırsak, artık atmosferik CO_2 artış oranlarını bu yarın yüzyılda Alternatif Senaryo'daki düzeye çekmenin hiçbir işe yaramayacağı noktaya erişmiş olacağız. Alternatif Senaryo'nun, yaklaşık olarak ek küresel ısınmayı 1°C'nin altında tutacak şekilde, maksimum CO_2 artış oranına göre oluşturulduğunu hatırlatırım.

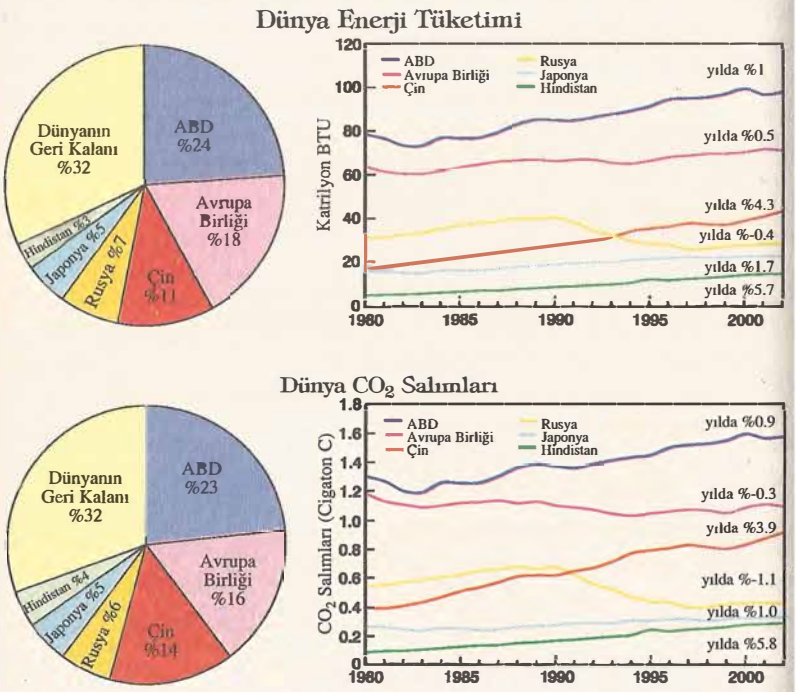
İklim İstikrarına Giden Yolda: Bakan'ın İbret Öyküsü

Bilimsel verilerin üzerinden bu kadar çabucak geçtiğim için özür dilerim. Bu malzeme üzerine daha açık bir tartışmayı belki *Scientific Amerikan*'ın Mart sayısında bulabilirsiniz; dergiyi burada verdiğim aynı web sitesinden de okuyabilirsiniz.

Şimdi politik çevrelerle yaşadıklarıma geri dönüyorum. Daha önce sözünü ettiğim gibi, iklim değişikliği meselesine eğilen, Başkan Yardımcısı'nın başkanlık ettiği, bakanlar düzeyindeki bir gruba iki kere sunum yaptım. İlk toplantıda, Hazine Bakanı Paul O'Neill, toplantıdan bir gün önce Başkan'la konuştuğunu ve Başkan'ın, ABD'nin iklim değişikliği meselesini gündeme taşıma konusunda liderlik rolü üstlenmeyi ve konuyu en etkin bir biçimde çözmenin yollarını bulmak istediğini kendisine söylediğini dile getirdi.

O tarihten bu yana üç buçuk yıl geçti ve birçok şey daha açık hale geldi. Dilimin döndüğü kadarıyla en iyi şekilde anlatmaya çalıştığım bu hikâye, adını verdiğim web adresinde bulabileceğiniz, "İklim İstikrarı Yolunda" adlı makalede okura aktarılıyor. Buna ben "Bakan'ın İbret Öyküsü" de diyorum. Bu hikâyedeki başlıca karakter olarak benim aklımda, iklim değişikliği meselesiyle ilgilenmiş görünen Paul O'Neill ile işi konuyla ilgili olan Colin Powell'ın karışımı bir tip var. O'Neill artık kabinede yer almıyor; bu yüzden hikâyenin gerçekçiliğini onunla sınamamız mümkün olabilir.

On yıl önce, eski bir lise öğretmeni olan Carolyn Harris'le birlikte, lise öğrencileriyle öğretmenlerinin yanı sıra, yüksek okulların öğrenci ve hocaları için, İklim ve Gezegenler Enstitüsü adını verdiğimiz, bir lisansüstü program başlattık. Prof. Van Allen'ın bölümünde edindiğim deneyimlerimden, yani bilimi en iyi bilim insanlarının araştırma gündemlerinin en üst



Şekil 23: EIA verilerine (13) dayanarak, dünya enerji tüketimi (üstte) ve dünya CO_2 salımı (altta). Dilimli grafik, 2002 yılında ülkeler arasında enerji kullanımı ve CO_2 salımı oranlarını gösteriyor. Çizgisel grafikler, yıllık büyüme oranlarıyla, 1980'den beri izlenen seyri gösteriyor.

sırasındaki sorunları onlarla çalışarak öğrenebileceğimiz anlayışından esinlenerek böyle bir çalışma başlattık. Öğrencileri ve öğretmenleri, her birine laboratuvarımızdan araştırmacıların başkanlık ettiği, çeşitli ekiplere ayırdık.

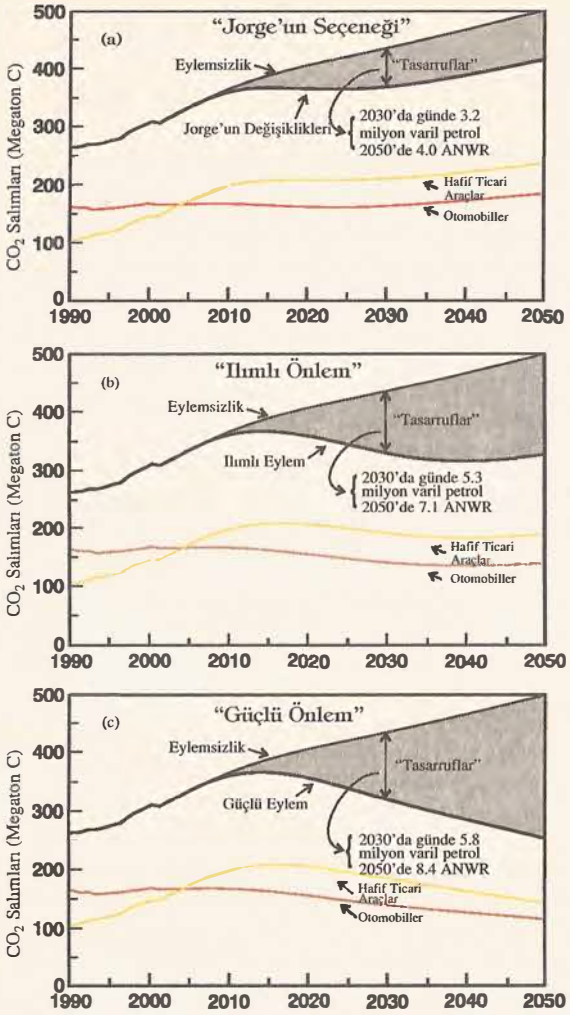
Benimkine, Alternatif Senaryo'dan dolayı, A-Takımı adını verdik. A-Takımı'ndan, Başkan'ın özel olarak görevlendirdiği, enerji ve iklim komisyonundan sorumlu hayali bir bakanın yazmış olabileceği bir rapor kaleme almasını istedim. Bu bakanın, Enerji Bakanı ABD'nin yıllık CO_2 salımının gelecekte hızla artmayı sürdüreceği tahmininde bulunurken, Başkan'ın kendisinin ABD'nin enerji etkinliğini iyileştirmek ve yenilenebilir enerjiler geliştirmek için saldırgan programlar izleyeceğini söylemesi karşısında aklı karışmış durumda.

Makale resmi olmayan bir dille yazıldı; hayali bakan, iki öğrenci, yaşı geçkin bir profesör ve araştırmacı arasındaki konuşmalardan oluşuyor. Bana göre, bu makale iklim ve enerji sorunlarını ve bu sorunlarla baş etmek için yapılması gerekenleri gayet iyi anlatıyor. Gelin makalede yer alan iki grafiğe birlikte bakalım.

Şekil 23'teki birinci grafikte, üstte dünya enerji bölüşümü, altta da CO_2 salımı görülüyor. ABD, tek başına en büyük CO_2 salımından, yaklaşık dünya toplamının dörtte birinden sorumlu. Dolayısıyla ABD, eğrisini yatay hale getirebilir ve salımlarını azaltmaya başlayabilir; bu kendi başına önemli bir adımdır. Dahası, dünyanın bir teknoloji lideri olarak, ABD daha etkili yakıt kullanımı yolları bulursa, yakıt tasarrufu yapmak ve rekabet gücünü korumak için çok daha istekli olacak öteki ülkeleri de çok büyük bir ihtimalle peşinden sürükleyecektir.

Sağdaki grafik, geçen yirmi otuz yılda ABD salımlarındaki artışın, 1990'lardaki çok hızlı gelişmenin yaşandığı yıllar da dahil, yıllık %1 civarında olduğunu gösteriyor. O halde, verimli enerji kullanımının yollarını bulma konusunda samimi ve atılgan bir çaba gösterilecek olsaydı, salım artışım %1'den %0'a düşürmek mümkün olamaz mıydı? Ayrıca enerjinin bir kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılandığını hatırlarsak, Alternatif Senaryo'nun şart koştuğu üzere, CO_2 salımlarını %0 oranına düşürmek için enerji artış oranını %0'a çekmek gerekmez.

A-Takımı, CO_2 salım oranımızı %0'da sabitlemenizin



Şekil 24: ABD'de otomobil ve hafif ticari araçlardan CO_2 salımları. Taşıt satış rakamlarına göre, bu dönemde yıllık 140.000'lik bir artış öngörülüyor; yeni hafif ticari araç ve otomobil oranı 2003'teki oranla, taşıt ömürleri de 1990 göstergeleriyle aynıdır. "Önlem Yok" seçeneği ya da en kötü durum yeni araçlar için MPG'nin 2003 düzeyinde olacağını gösteriyor. "Jorge'un Seçeneği" 2015'e kadar hafif ticari araçlar için 4.8 MPG, otomobiller için ise 2.8 MPG temelinde yeni araçlar geliştirmeyi öngörüyor. "Ilımlı Önlem", 2015'e kadar NRC'nin (14) "Path 1.5" ve 2030'a kadar "Path 2.5" salım azalması yaratan yeni araçlarını öngörüyor. "Güçlü Önlem" ayrıca 2015'ten başlayarak 2030'da toplam miktarın %20'sini, 2050'ye kadar %40'ını oluşturacak ileri melez-elektrikli taşıtlar ve 2030'dan başlayarak, 2050'de toplamın %30'unu oluşturacak şekilde hidrojen yakıtlı taşıtlar öngörüyor.

önündeki birincil engelin taşıtlardan CO_2 salımının hızlı artışı olduğunu öğrenmiş ve bunu bir makalede rakamlarla belirtmiştir. Buna dayanarak A-Takımı, internet üzerinden erişebileceğiniz, bir Auto CO_2 Tool [Oto CO_2 Aracı] geliştirmiştir. Bu araç, kullanıcılara otomobil teknolojisiyle ilgili farklı varsayımların salım oranlarını nasıl değiştirdiğini gösteriyor.

Bir sonraki şekil bir örnektir. En üstteki eğri, ABD otomobil ve hafif ticari araçlarının, mevcut enerji kullanımlarında bir değişiklik olmaması durumunda, fiili ve tahmini CO_2 salımlarını gösteriyor. Öğrencilerden biri, Jorge, otomobil endüstrisi, National Resource Council (Ulusal Kaynak Konseyi) ve California Air Resources Board'un (Kaliforniya Hava Kaynakları Dairesi) çeşitli raporlarını inceledi ve verimli tüketim yolları geliştirerek, petrolün galonunun (3.78 litre) 2 dolar olması halinde, petrol tasarrufu yoluyla ek bir taşıt bedelinin karşılanabileceğini hesapladı. Etkililik iyileştirmeleri otomobiller için 2.8 MPG (Miles Per Galon) [Galon başına mil] ve SUV'ları [Sport-Utility-Vehicles], pikapları ve karavanları kapsayan hafif ticari araçlar için 4.8 MPG değerlerini veriyordu. İyileştirmeler zaman içinde eski otomobilleri de içine almalı ve onların yerine yenileri konmalıdır. Ama 2030'a kadar bu ılımlı 2.8 ve 4.8 MPG değerleriyle bile sağlanacak tasarruf günde 3.200.000 varil petroldür. Toplam tasarruf 2050 yılına kadar, ABD Jeolojik Araştırma'nın hesaplarına göre, Arctic National Wildlife Reserve'ün (ANWR)* bünyesindeki mevcut petrolün tam dört katı kadardır.

Bu "ılımlı önlem" seçeneği, ki bu 7 ANWR'den daha geniş bir alanın kurtarılması demektir, National Research Council'ın (NRC) [Ulusal Araştırma Konseyi] ciddi bir çabayla elde edilebileceğini söylediği miktarla kıyaslandığında oldukça mütevazı kalan etkililik iyileşmeleri getirecektir beraberinde. Gerçekten de, daha iki hafta önce Ford Motor, 2030'a kadar CO_2 salımlarını %80 azaltacaklarını söyleyerek, NRC'den rol çalıyordu.

Elbette, eğer biri 2030 için bir vaatte bulunuyorsa, onun işi yokuşa sürdüğünü düşünebiliriz; çünkü o kişi, şayet ölmemişse, 2030'da çoktan emekli olmuş olacaktır. Acaba yalnızca, şimdi ciddi bir şey yapmaktan kaçmaya mı çalışıyorlar? Aynı

* Kuzey Kutbu Ulusal Vahşi Hayat Rezervi: Alaska'daki 19 milyon dönümlük doğal yaşam alanı. (ç.n.)

şekilde, "hidrojen'in bir kurtarıcı olacağı varsayımına dayanarak kısa dönemli bir etkinlik için pek bir şey yapmaya yanaşmayan bir ulusal strateji de aldatıcıdır. Hidrojen üretmek için de enerji gerekir; dolayısıyla, eğer böyle bir çağ olacaksa, hidrojen çağında da verimlilik değerini sürdürecektir.

Jorge'un, varil başına 40 dolarlık bir tasarruf sağlayacak, çok mütevazı etkinlik iyileştirmelerinin bile ABD'de yılda 50 milyar dolarlık bir tasarruf sağlayacağına dikkatinizi çekerim. Ilımlı önlem durumunda ise tasarruf 80 milyar dolardır. Petrol fiyatının varil başına 50 dolar olması durumunda, tasarruf 100 milyar doları bulacaktır. Böylesi düşük petrol gerekliliği kesinlikle ulusal güvenlikle ilgili bir mesele olduğu kadar, kişisel ekonomik refahla da ilgilidir.

"Bakan'ın İbret Öyküsü", Bakan'ın öğrencilere ve hocalara raporlarının Enerji Görev Birimi tarafından takdirle karşılandığını söylemesiyle sona eriyor. Rapordaki önermeler resmi belgelere geçecek ama hiçbir önlem alınmayacaktır. Bu kadar hevesle çalışan öğrenciler hayal kırıklığına uğrayacak ve çok saf oldukları kuşkusuna kapılacaklardır. Ama ibret öyküsü, son bölümün kayalar üzerine oyularak yazılmayabileceği umudunu canlı tutar.

Özet

Şimdi, küresel iklim değişikliğinden ne anladığımı ve bunun önemini, kendi açımdan özetleyeceğim. Bu konudaki görüşlerim, son yirmi otuz yılda geliştirilmiş, ne işe yarıyorsa, atmosfer ve iklim hakkındaki bilgilerime ve öngörülerime dayanıyor ve kendim özel birtakım iddialarda da bulunmuyorum. Bununla birlikte, güvenle söyleyebilirim ki, bu görüşlerim, örneğin IPCC gibi, konunun uzmanı bilimsel topluluğa mensup çoğu kişinin görüşleriyle genel olarak uyuşuyor.

Eleştirel bir tutum takınmaksızın bu konuda açık ve dürüst bir şekilde nasıl konuşabileceğimi bilmiyorum; bu beraberinde kendi zaaflarının da eleştirilmesini getirir. Hatırlıyorum, gençlik yıllarımda, en nihayet siyah beyaz bir televizyonumuz olmuştu ve bir kovboy filmi izliyordum; filmde bir at arabası sürücüsü felsefi laflar ediyor ve durmaksızın büyüklerinden duyduğu bir tekerlemeyi tekrarlıyordu: "En iyilerimiz

arasında o kadar çok kötü, en kötülerimiz arasında o kadar iyi var ki, hiçbirimizin başkalarını eleştirmesinin yararı yok." Son satırı bir yerlerden aldım; o kadar eski bir sözü aklımda tutacak kadar mükemmel bir hafıza yok bende. Bu uyarıya rağmen, konuyla ilgili mümkün olduğunca açık konuşacağım.

Tehlikeli İnsan Kaynaklı Müdahale

Enerji kullanımı ve CO_2 salımlarına ilişkin "Mutat" Senaryo, ister dünyanın gelişim seyrinden elde edilen ampirik verilerle tutarlı herhangi bir iklim duyarlılığına ister en ileri küresel iklim modellerine dayansın, en az 2-3 derecelik bir küresel ısınmaya işaret ediyor. Böylesi bir ısınma dünyayı Orta Pliocene döneminde olduğu kadar sıcak bir yer yapacaktır ki, o, dünya deniz seviyesinin bugünkünden 25 metre daha yüksek olduğu farklı bir dünyaydı. Ben deniz seviyesinin bu yüzyıl içinde 25 metre yükseleceğini söylemiyorum; ama deniz oldukça yükselecek ve daha da fazlası ardışık süreçlerde bekliyor olacak.

Bunun doğaya tehlikeli bir insan kaynaklı müdahale olup olmayacağı sorusunu sormaksızın dünyayı böyle bir sürece teslim etmek doğru mudur? Tam bir yıl önce, NASA Başkanı Sean O'Keefe'ye bir sunum yaptım; bu, Haziran 2003'te Çevre Kalitesi Konseyi'ne verdiğim "Küresel Saatli Bombayı Etkisiz Hale Getirebilir miyiz?" başlıklı sunumun bir özetiydi. "Tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi belirleyen nedir?" başlıklı, Grönland'taki *mulin*'i gösteren slaytı perdeye yansıtıp, tehlikeli müdahaleye genelde farkında olunandan daha yakın olabileceğimizi öne sürdüğümde, Başkan sözümü kesti. Başkan bana tehlikeli insan kaynaklı müdahaleden söz etmemem gerektiğini çünkü yeterli bilgiye sahip olmadığımızı ve tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi oluşturan unsurlara ilişkin yeterli kanıtımızın bulunmadığını söyledi.

Bu, NASA uzay mekiği trajedileriyle benzerlik gölgesinin üzerime düşürülmesinden birkaç ay önceydi. Bazı mühendisler soğuk mekik fırlatmanın "O-ring" tehlikeleri olduğundan kuşku duyuyordu; bazılarıysa mekiğin sekmesi sonucu köpük yalıtımının zarar görebileceğiyle ilgileniyordu. Ama onlar bu

düşüncelerini, belki de o trajedileri engelleyebilecek olan en üst mevkilere iletmeleri için cesaretlendirilmediler.

İklim değişikliği hususunda bilgi talep eden en yüksek mevki, bana kalırsa, kamuoyudur. İklim değişikliğinden etkilenen onlardır ve konuyu ne kadar ciddiye alacağına da onlar karar vermelidir. Benim başvurduğum birincil yöntem konuya olabildiğince açıklık getiren makaleler kaleme almaktır. Şimdiki örnek, "Bakan'ın İbret Öyküsü" de dediğim, "İklim İstikrarı Yolunda" adlı makaledir.

Bilimsel Bilginin İletilmesi

Ayrıca burada bilimsel bilginin iletilmesi üzerine de bir şeyler söylemek istiyorum. Küresel iklim değişikliği konusunda kamuoyuna bilgi aktarımı NASA, NOAA ve EPA gibi hükümet birimlerinin yetkilileri tarafından birkaç yıldır ciddi olarak engellenmeye başladı. İletişimi etkileme gayretlerini görmezden gelebilirsiniz; ancak bu gayretlerin nihai etkisi azımsanacak gibi değildir. Kamuoyuna en çok bilimsel enformasyon kamuoyunu bilgilendirme kanallarından akıyor.

Dün NASA Goddard Earth Science News Team'den (NASA Goddard Yerbilimleri Haber Ekibi) arkadaşlara bu konuda işbirliğine yanaşıp yanaşamayacaklarını sordum. Bana bu konuda "işbirliğine gitmelerini onlardan bekleyemeyeceğimi", "bu konuda zaten görüşlerini bildirdiklerini" ve "işten atılabileceklerini" söylediler. İklim değişikliği üzerine bilimsel sonuçların Beyaz Saray'ın onayından geçmesi gerektiğine ilişkin talimatlar, sözel talimatlar elbette, NASA Associate Administrator for Public Affairs'den (NASA Halkla İlişkiler Üst Yönetimi) Goddard Public Information Officer for Earth Sciences'a (Goddard Yerbilimleri Halkla İlişkiler Sözcüsü) ve buradan da alt düzey halkla ilişkiler yetkililerine iletilmiş. Bu arada belirtmeliyim ki, Associate Administrator [Genel Müdür] böylesi bir Beyaz Saray onay sürecinin söz konusu olmadığını söyledi. Aynı zamanda, Başkan'ın Bilim Danışmanı, seçkin bir bilim adamı ve tartışmasız, kişiliği mükemmel bir yönetici olan Dr. Marburger geçen hafta *New York Times*'a şöyle bir açıklama yaptı: "Bu yönetimin iklim değişikliği ve iklim bilimi konusundaki tavrı açıktır ve bir önceki yönetim-

den çok daha dikkatlidir. Yönetim ayrıca iklim biliminin mesajlarına uygun davranmaya da gayret etmektedir. Bunun kaçınılmaz bir sonucu olarak da, dilinizi bu tür meselelere göre ayarlayacaksınız."

İnanıyorum ki, bu, makul insanların temel bir meselede farklı görüşlere sahip olabileceğini savunan bir tez niteliğindedir. Saygıda kusur etmeden, Dr. Marburger'in bilimsel sonuçların ciddi anlamda yanlış bir yorumu denen şeyi hafife aldığını savunuyorum. Hükümetle çalıştığını otuz yıldan uzun zaman dilimi içinde, bilim insanlarından kamuoyuna bilgi akışının bugünkü kadar süzgeçten geçirildiği, kontrol edildiği ikinci bir döneme yaklaşıldığını dahi görmedim. Burada özel olarak, çok büyük bir ihtimalle iklim değişikliği konusundaki politikalarla ilgili olarak yorumlanacak sonuçları kamuoyunun ilgisini çekecek olan, iklim değişikliği araştırmasını kastediyorum. Bu süreç şöyle işliyor:

İlk önce, kamuoyuna duyurulacak sonuçlar seçilip ayıklanıyor. Doğal iklim değişikliğine ilişkin kanıtlar ortaya koyan ya da insan kaynaklı müdahaleye ilişkin yorumlar hakkında kuşku uyandıracak sonuçlar mutlulukla karşılanıyor ve hemen halka açıklanıyor. İklim değişikliği konusumda kaygı uyandıran sonuçlar söz konusu olduğunda ise ağırdan alınıyor ve bazı durumlarda halka duyurulacak kadar ilginç bulunmayarak göz ardı ediliyor.

İkinci aşamada, bilimsel mesajlar içeren metinleri genelde bir yumuşatma eğilimi söz konusu oluyor. İklim değişikliğine ilişkin mesajların daha az ciddi görünmesini sağlamak için sözcüklerle oynanıyor ya da bir yazıdaki farklı sonuçlar içinden, iklim değişikliğine ilişkin kaygılı ifadeler içermeyen kısımlar ön plana çıkarılıyor.

Bu süreç, bilimin en temel ilkeleriyle doğrudan bir karşıtlık içindedir. Size yine Richard Feynman'ın sözlerini aktarıyorum: "Bilimde gerçek başarıya ulaşmanın tek yolu... varılması gereken amacı düşünmeden büyük bir dikkatle kanıtları açıklamaktır. Eğer bir teoriniz varsa, o teoriye neyin uygun olduğunu belirlemek kadar neyin uygunsuz olduğunu da belirlemeye gayret etmelisiniz. Bilimden öğreneceğiz şey bir tür standart güvenilirlik ve dürüstlüktür."

Çevre Açısından Önemi

Bu noktada sorulması gereken soru şudur: Bilimin çalışma biçimine ilişkin bu anlayışın çevre ya da çevreyle ilgili politikalar açısından bir önemi var mıdır? Bence vardır. Eğer bilimden elde edilen sonuçlar çarpıtılırsa, eğer önceden belirlenmiş bir seyri destekleyen bilimsel sonuçlar tercih edilip diğerleri elenirse, bu, bilimsel sürece tehlikeli bir insan kaynaklı müdahaledir ve bilimsel sürecin kötüye kullanılmasıdır. Bilimin en temel ilkelerini ciddiye almayan bir yöntemle elde edilen sonuçlar için nasıl olur da "sağlam bilimsel kanıt" deriz?

Biliyorum ki, bilimsel sürece, meslek hayatım boyunca hiç görmediğim boyutlarda, böylesi müdahalelerde ve suiistimallerde bulunuluyor artık. Mevcut yönetimle iklim değişikliği konusunda sıkı çalışmalar yürütmüş ve onlara birçok tavsiyede bulunmuş biri olarak konuşuyorum. Yalnızca, önceden belirlenmiş, katı tutumlara uygun bilimsel sonuçları dinleme yönünde bir arzu olduğunu gördüm. Bu, bence, çevre felaketlerine çıkarılmış bir davetiyedir.

En başta da, burada, karbondioksit salımlarını azaltacak önlemlerin arzu edilirliği ve uygulanabilirliğiyle ilgili kanıtlara değindim. Bunun iklim istikrarı yaratmak ve tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi önlemek açısından zorunlu olduğuna ilişkin kanıtlar şüpheye yer vermeyecek bir biçimde mevcuttur ve biliniyor; ancak buna rağmen hâlâ göz ardı ediliyor ve yukarıda sözünü ettiğim bilimsel süreç çarpıtmaları yoluyla alt sıralarda tutuluyor.

Üstüne basa basa söylemek istiyorum ki, bana göre, karbondioksit salımlarımızı azaltmak için gerekli önlemleri almak zorundayız; ancak unutmamalıyız ki, bunlar aynı zamanda bizim ekonomik refahımız, enerji güvenliğimiz, dolayısıyla ulusal güvenliğimiz için faydalar da sağlayacaktır. Bu son cümledeki gibi bir önerme kişisel değerlendirmeler de gerektirir ve böylesi temel meseleler hakkında farklı görüşler de olabilir. Umuyorum, "İklim İstikrarı Yolunda" adlı bu makaleyi okuyacak ve kendi değerlendirmelerinizi yapacaksınız.

Kapanış

Ulusal politika ve yaklaşan seçimler açısından iklimin, enerjinin ve çevrenin önemi düşünülürse, sözlerimi konuyla ilgili olabilecek kişisel bilgilerimi sunarak bitirmek istiyorum. Ben kendimi ılımlı bir muhafazakâr, diğer bir deyişle, orta yolcu olarak görüyorum. Pennsylvania'da oy kullanacağım. Başkanlık için favori adayım John McCain; ama o da aday değil.

1980'lerde küresel ısınma etrafında koparılan onca gürültü yüzünden, Washington'da birçok yetkiliyle toplantılar yapma ayrıcalığına sahip oldum. Bana göre, en ideali, bu işi en iyi şekilde yapabilecek kişiyi, Pennsylvania'dan Cumhuriyetçi Senatör John Heinz'i başkan seçmekti (anlaşılır bir nedenle ben önyargılıyım; çünkü beni bir zamanlar John Sununu'nun hışmından koruduğunu söyledi). John Heinz hem ekonomik büyümeye hem de çevreye eşit oranda ağırlık veren birisiydi; ikincisi ise onun tutkusuydu.

Birkaç yıl önce Heinz Çevre Ödülü'nü aldım. Bu ödül için beni kim aday gösterdi ve eserlerimi kim seçti bilmiyorum. Bunun benim iklim sorununa ilişkin görüşlerimi ve politik duruşumu değiştirmeyeceği konusunda kendime güveniyorum.

Gelecek seçimlerde John Kerry'ye oy vereceğim. Çekincelerim de yok değil. Nevadalı seçmenlere o bölgede nükleer atık boşaltılmayacağı sözü vermesinden hoşlanmadım. Nükleer atık sorunu henüz üstesinden gelinememiş önemli bir teknik sorundur; ancak bu meseleyi ne kadar politikleştirirsek çözümünü de o kadar zorlaştırırız. Ne var ki, bir bütün olarak bakıldığında, John Kerry, karşı karşıya kaldığımız önemli sorunları Başkan Bush'tan çok daha iyi kavramış durumdadır.

Benim uzmanlık alanım olan iklim değişikliği ve enerji kullanımıyla ilişkisine gelince, edindiğim izlenim, John Kerry'nin endüstri liderlerine bir çağrı yapacağı ve onlara iklim değişikliğinin "hemen şimdi" üstesinden gelinmesi gereken bir sorun olduğunu söyleyeceği ve birlikte çalışma önerisinde bulunacağı yönündedir. İklim değişikliği sorununun varlığını inkâr eden bir tutum içinde olmadığını kesinlikle söyleyebilirim.

Profesör Van Allen

Iowa, Prof. Van Allen'ın 90. doğum gününün kutlandığı bu ay, yalnızca öğrencilerinin değil, bir biçimde hayatları Prof. Van Allen'la kesişmiş çok sayıdaki insanın varlığına tanıklık ediyor. Geçen hafta sonu karım Anniek'e, eğer Van'dan bir mektup almamış olsaydım, tanıştığımız yer olan Leiden'de çalışmak için NSF Fellowship'i almayacak olduğumu anlatıyordum. Onun yanıtı hiç de romantik değildi: "O zaman başka biriyle karşılaşırdın." Eski yazılarıma bakıyordum, 1960'larda Prof. Van Allen'la mektuplaşmış mıyım diye. Şöyle böyle bir şeyler hatırladım; örneğin mezunlar için hazırlanan albüm için fotoğraf göndermediğimden ötürü beni paylayan bir not. Kim bilir, belki içinizden bazıları da bu nedenle azarlanmıştır?... Mektup bulamadık ama Anniek o fotoğrafı saklıyor; muhtemelen gür saçlarımın olduğu o lise dönemden kaldığı içindir.

Ama geçen hafta bir şey buldum; 1980'lerde Prof. Van Allen'la karşılıklı yazışmalarımızı. Ona, NASA'da, Jüpiter'e gönderilecek bir araç yapma önerisinin insanlı uzay uçuş programına yönelik eleştirisi yüzünden kabul edilmeyebileceği yolunda bir şeyler duyduğum için yazmıştım. Yanıtında, sanki bu meseleyi layık olduğu yere koyarmışçasına, konuya yalnızca dipnotta değinmişti: "P.S. NASA'nın mekiktekı, insanlı uzay uçuşlarındaki, ısrarına ve uzay istasyonuna yönelik eleştirimin NASA yönetimi tarafından sıcak karşılanmayışını anlıyorum; ancak ben bu temel konularda farklı görüşlerin olabileceğini kabul eden saygın bireylerle ilişkiler içinde olacağım bir tutum takınıyorum. Açık bir serzeniş hissetmedim tavırlarından; ancak belki de nazik bir durum vardır ortada, kim bilir." Mektup ve alıntı böyle bitiyordu.

Prof. Van Allen'ınki, bilim alanında öğrencilerinin yalnızca düşlerinde görebilecekleri bir başarı öyküsü değildi. O gerçekten büyük bir adamdı.

❄

Kaynakça

1. Hansen, J., R. Ruedy, M. Sato, M. Imhoff, W. Lawrence, D. Easterling, T. Peterson ve T. Karl. ABD'deki sıcaklık değişikliği ve küresel yüzey sıcaklık değişikliğine daha yakından bakmak için, bkz., *J. Geophys. Res.*, 106, 23,947-23,963, 2001.

2. Hansen, J., Defusing the global warming time bomb, *Scientific American*, 290, 68-77, Mart, 2004.

3. Petit, J.R., J. Jouzel, D. Raymond, N.I. Barkov, J.M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delaygue, vd., Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica, *Nature*, 399, 429-436, 1999.

4. Hansen, J., A. Lacis, R. Ruedy, M. Sato ve H. Wilson, How sensitive is the world's climate?, *Natl. Geogr. Res. & Explor.*, 9, 141-158, 1993.

5. Hansen, J. vd., Forcing and chaos in interannual to centennial climate change (hazırlık aşamasında).

6. Hansen, J.E., A slippery slope: how much global warming constitutes "dangerous anthropogenic interference"?, *Climatic Change*, 2004.

7. Hansen, J. vd., Efficacy of climate forcings, 2004.

8. IPCC (2001) Intergovernmental Panel on Climate Change (2001) *Climate Change* 2001: The Scientific Basis, der. Houghton J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K.).

9. Hansen, J. ve M. Sato, Greenhouse gas growth rates, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2004.

10. Hansen, J.E., M. Sato, R. Ruedy, A. Lacis ve V. Oinas, Global warming in the 21st century: an alternative scenario, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 97, 9875-9880, 2000.

11. Willis, J.K., D. Roemmich ve B. Cornuelle, Interannual variability in upper-ocean heat content, temperature and thermosteric expansion on global scales, *J. Geophys. Res.*, 2004.

12. Cook, E.R., C. Woodhouse, C.M. Eakin, D.M. Meko ve D.W. Stahle, Long-term aridity changes in the western United States, *Science Express*, 306, www.scienceexpress.org, 2004.

13. Energy Information Administration (EIA), 2003a: Annual Energy Review 2003 <http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/contents.html>

14. National Research Council (NRC), 2002: Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards, National Academy Press, Washington, DC, s. 166.

KIRILMA NOKTASI
Bir İklimbilimcinin Gözünden



Hayvanlar kaçışıyor. Bitkiler de göç ediyor.[1] Bunları 2006 yılında, iklim değişikliğinin zaten başlamış olduğuna dikkat çekmek için yazmıştım. İnsanlar iklim değişikliğine önem vermiyor; çünkü bu olgu gündelik hava durumundaki dalgalanmalarla maskeleniyor ve bizler rahat evlerimizde oturuyoruz. Öte yandan, hayvanlar ve bitkiler, şimdi artık değişmekte olan belli iklim koşullarında hayatlarını sürdürebilirler ancak. National Arbor Day Foundation* ağaç türlerinin yaşayabileceği bölgeleri gösteren haritalarını yeniden düzen-

1. J. Hansen, "The Threat to the Planet," *New York Review of Books*, 13 Temmuz 2006.

* ABD'de, 1872'de kurulmuş ve ağaç dikmeyi, ormanlara sahip çıkmayı amaç edinmiş bir vakıf. (ç.n.)

lemek zorunda ve bu arada hayvanlar da yeni yaşam alanlarına kayıyor hızla. Peki, vahşi hayattaki bu tecrici değişiklikler, gezegen çapında bir acil durumla ilişkin çarpıcı bilimsel tespitlerle tutarlılık gösteriyor mu? Maalesef, evet. Mevcut örnekler, iklim çalışmalarının günbegün daha bir açıklıkla gözler önüne serdiği, gezegen çapında bir acil durumun boyutuna ilişkin ancak küçük bir ipucu sunuyor.

Yaşadığımız gezegen, tehlikeli bir biçimde, bir kırılma noktasına doğru ilerlemektedir; bu noktada insan kaynaklı sera gazları öyle bir seviyeye erişir ki, büyük iklim değişiklikleri çoğu kez kendi kazandıkları ivmeyle gerçekleşebilir. Isınma, hidrolojik döngüleri yoğunlaştırarak, temiz su kaynaklarını ve insan sağlığını etkileyerek, iklim bölgelerini de değiştirecektir. Fırtınalar ve deniz seviyelerindeki sürekli yükselişle birlikte, gelecekte kıyılarda ardı arkası kesilmeyen trajediler yaşayacağız. Derin etkileri olacak bu durumdan tek çıkış yolu, insanlığın on yıl içinde temelden farklı bir enerji politikası benimseyip bunu uygulamaya geçmesidir. Aksi halde, kendi türümüzün en savunmasız üyelerinden milyonlarcasının yanı sıra, dünyanın hayvan ve bitki türlerinin üçte biri için çok geç olacaktır.

Üzerinde uygarlığın geliştiği bu hayranlık verici gezegeni koruyabiliriz; ama bu kolay olmayacak: Özel çıkar çevreleri değişime karşı direniyor ve hükümetlerimiz içinde, özellikle de ABD'de, güçleriyle orantısız bir nüfuza sahipler. Doğayı ve iklim değişikliğinin nedenlerini anlamak, içinde bulunduğumuz mevcut krizden çıkmamız için vazgeçilmez önem taşıyor.

Kırılma Noktası

Dünya güneş tarafından ısıtılıyor ve denge halinde, öyle bir sıcaklığa erişiyor ki, emilen güneş enerjisine eşit bir miktarda ısı uzaya geri yansıtılıyor. İklim zorlayıcılarının devreye girmesiyle, dünyanın ortalama sıcaklık değerini değiştiren enerji dengesinde geçici değişiklikler meydana geliyor. Zorlayıcılara güneşin parlaklığındaki değişmeler, güneş ışığı yansıtan parçacıkları stratosfere boşaltan volkanik patlamalar ve sıcaklığı hapseden uzun ömürlü insan kaynaklı sera gazları dahildir.

Bir kırılma noktasındayız; çünkü iklim durumu, Kuzey Kutbu deniz buzu, Batı Antarktika buz tabakası ve Grönland buz kütlesinin çoğu tarafından sağlanan büyük, hazır pozitif geribeslemeler içeriyor.

Zorlayıcılar, geribeslemeler olarak bilinen, iklim sistemindeki ötekı değişikliklere bağlı olarak büyür ya da küçülür. Hızlı geribeslemeler –iklim değişikliğine tepki olarak hemen ortaya çıkan değişmeler- başlangıçtaki sıcaklık değişikliğini büyütür ve böylece ek ısınma yaratır. Gezegen ısındıkça, hızlı geribeslemelere ek ısı hapseden daha çok su buharı ve daha çok güneş ışığı soğuran karanlık yüzeylerin açılmasına neden olacak daha az kar ve deniz buzu dahil olur.

Daha yavaş geribeslemeler de vardır. Isınmaya bağlı olarak, ormanlar ve bitki örtüsü kutuplara yönelerek çoraklaşmaya başlar. Koyulaşarak daha da genişleyen bitki örtüsü güneş ışığını soğurur ve çevreyi ısıtır. Diğer bir yavaş geribesleme, sıcak mevsimlerde Grönland ve Batı Antarktika'daki buz tabakalarının giderek sulanmasıdır (yani, renginin koyulaşmasıdır). Sonuçta, kutup bozkırları eridikçe, güçlü bir sera gazı olan metan fokurdayarak havaya karışır. Paleoiklim kayıtlar, uzun ömürlü sera gazlarının –metan, karbondioksit ve azot protoksit (N_2O)– okyanusların ve kara parçalarının ısınmasıyla arttığını göstermektedir. Bu pozitif geribeslemeler on yıllar, yüz yıllar ve daha da uzun süreler boyunca iklim değişikliğini körükler.

Pozitif geribeslemelerin hâkimiyeti bize dünya ikliminin tarihsel olarak neden büyük salınımlara maruz kaldığını açıklar; geribeslemeler, soğutucu zorlayıcılar kadar ısıtıcı zorlayıcıları da büyüterek, iki yönde de etki yapar. Geçmişte, dünya eksenindeki küçük kaymalar gibi zayıf zorlayıcılara[2] tepki söz

2. J. Hansen vd., "Climate Change and Trace Gases," *Philosophical Transaction of the Royal Society* A 365 (2007): 1925–1954.

konusu olduğunda bile, geribeslemeler dünyanın soğuk ve sıcak iklimler arasında zikzaklar çizmesine sebebiyet vermiştir.

Dünya iklim sisteminin geribeslemelerle ortaklık eden, ikinci temel özelliği, okyanusların ve buz tabakalarının büyük ataletidir. Okyanusların ısıyı soğurma kapasitesi düşünülürse, artan sera gazları gibi bir iklim zorlayıcısı küresel sıcaklık üzerinde etkisini ancak yirmi ya da otuz yıl sonra, beklenen yüzey ısınmasının yalnızca yaklaşık yarısı gerçekleştiğinde gösterir. Her ne kadar eldeki kanıtlar yüzyıllar içinde, hatta belki de daha az bir zamanda çözüldüklerini gösteriyor olsa da, buz tabakaları da yavaş değişir.

Atalet ve geribeslemeler, birlikte, ek iklim değişikliğinin halihazırda "ardışık süreçler içinde" olduğu sonucunu verir; bugün sera gazı artışını durdursak bile, daha fazla ısınma meydana gelecek. Dünya ikliminin bugünkü halini düşünürsek, bu ciddi bir durumdur. Uygarlık, Holocene (geçen 12.000 yıl) süresince gelişti. Bu dönem Kuzey Amerika ve Avrupa'yı buz tabakalarından uzak tutacak kadar sıcak, buz tabakalarının Grönland ve Antarktika'da kalmasını sağlayacak kadar da soğuktu. Geçen otuz yıldaki 0.6°C'lik hızlı ısınmayla, küresel sıcaklık, Holocene dönemi boyunca görülmüş en sıcak değere ulaşmış oldu.[3]

Halihazırda gerçekleşmiş olan ısınma, harekete geçirilmiş olan pozitif geribeslemeler ve ardışık süreçlerdeki ek ısınma, hep birlikte, bizi bir uçurumun kıyısına, gezegen çapında bir kırılma noktasına getirmiştir. Kırılma noktasına geldik; çünkü iklim durumu Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzu, Batı Antarktika deniz buzu ve Grönland buzunun çoğu tarafından sağlanan büyük, hazır pozitif geribeslemeleri barındırıyor. Bu geribeslemeleri tetiklemek ve küresel ısınmayı büyütmek için küçük bir ek zorlayıcı yetecektir. Eğer sınırı aşacak olursak, insanlığın bu zamana kadar yaşamadığı bir çevreye gireceğiz ve öngörülebilir bir gelecekte de geri dönüş imkânı olmayacak. Ne yazık ki, sadece, Kuzey Kutbu ve sular altında kalacak kıyı kentlerinde bilinen yerleşik yaşam tarzlarının yok olmasıyla bu işten paçayı kurtaramayacağız. Şiddetini artıracak bir hidrolojik döngü hem daha büyük su baskınlarını hem de daha şiddetli kuraklıkları beraberinde getirecektir.

3. J. Hansen vd., "Global Temperature Change," *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 103 (2006): 14288–93.

ABD'de, Teksas'ın ortalarından Oklahoma ve iki Dakota'yı da içine alacak şekilde, yarı çorak eyaletler daha da fazla kuruyacak ve gerek tarım gerek şimdiki vahşi hayat için daha az elverişli hale gelecektir. Afrika'daki kurak alanlar, özellikle güneyindekiler, daha da genişleyecektir. Buzullar yitirildikçe, Asya ve Güney Amerika'da çok sayıdaki insan, kuru mevsimler başta olmak üzere taze su kaynaklarından mahrum kalacaktır. Bu durumda en büyük zararı da vahşi hayat görecektir.

Vahşi Yaşamın Durumu

İklim değişirken, vahşi hayat da başka baskılara –yaşam alanlarının kaybı, aşırı avlanma, kirlilik ve işgalci türler- maruz kalıyor ve iklim bu sıkıntıları daha da büyütüyor.

Türler, ekolojik etkileşimler ağı yoluyla başka birçok şeyi de etkileyerek, küresel ısınmaya farklı zamanlarda tepki verecektir. Genellikle mevsimlere bağlı yaşam döngüsünün zamanlı olayları olan fenolojik olaylar belki de kesintiye uğrayacaktır. Bu fenolojik olaylara yapraklanmayı, çiçeklenmeyi, hayvanların göç etmesini, döllenmesini ya da kış uykusuna yatmasını örnek olarak gösterebiliriz. Eğer türlerin yaşamı –çiçek tozlarının havada uçuşması ya da beslenme– zamanı geldiğinde bu olayların her birine bağlıysa, daha sıcak havaya ya da yağmur düzeninin değişmesine tepki verme süresi ekosistemler içinde çözücü, dağıtıcı etkilerde bulunabilir.

Hayvanlar ve bitkiler yaşam alanlarını genişleterek, daraltarak ya da kaydırarak iklim değişikliğine tepki verirler. Ortalama sıcaklık derecelerini gösteren izotermler on yılda yaklaşık 35 mil (56 km) kutup yönünde hareket ediyor; bu da birçok türün yaşam alanlarının aynı hızla kayabileceği anlamına gelir.[4] Bazıları zaten kayıyor: Kızıl tilki Kuzey Kutbu tilki yaşam alanına göç ediyor ve ekolojistler her sınıf ve her ekosistemden 943 türün geçen yirmi otuz yıl içinde, fenolojilerinde ve/veya dağılımlarında gözle görülebilir değişiklikler sergilediğini gözlemlemiş durumda.[5] Bununla birlikte, bu türlerin

4. C. Parmesan, "Ecological and Evolutionary Response to Recent Climate Change," *Annual Review of Ecology and Evolution of Systems* 37 (2006): 637-69.
5. C. Parmesan, "Ecological and Evolutionary Response," 2006.



Kuzey Kutbu'nda bir kuş türü olan Brünnich martısı (*Uria lomvia*) yumurtlamak için artık kuzey sınırına ilerliyor; bu, küresel ısınmadan kaynaklanan çok önemli bir değişikliktir.

potansiyel rotaları ve yaşam alanları coğrafi ya da insan kaynaklı engeller ve öteki türlerin alanları tarafından sınırlandırılacaktır.

Süregelen mutat sera gazı salımları, birlikte dünyadaki yaşam örgüsünü oluşturan ve insanlığa çok büyük hizmetler sunan birçok ekosistemi tehdit ediyor. Bazı türler yok olma tehlikesiyle karşı karşıya. Aşağıdaki örnekleri çoğaltmak mümkündür. Kutup bölgesindeki türlere özel önem veriliyor; çünkü onlar gezegenin dışına itiliyorlar. Antarktika'da, Adelie ve imparator penguenler sayıca azalıyor çünkü deniz buzunun çekilmesi bu hayvanların besin kaynağı olan zengin ***krill*** [tek hücreli canlı] yataklarını azaltıyor.[6] Kutup ayılarının başı ise, soğuk aylarda fok balıklarını avlarken üzerinde durdukları deniz buzlarının erimesiyle derttedir. Deniz buzu her sene daha erken çekildiğinden, Kanada'daki kutup ayısı popülasyonu %20 azalırken, dişi ayılar daha da zayıflamış ve hayatta kalan yavruların sayısı da benzer bir biçimde düşmüştür. Tıpkı bu makale gibi, US Fish and Wildlife Service [ABD Balık ve Vahşi Yaşam Servisi] de, hâlâ kutup ayılarını korumayı düşünüyor; ama ancak kutup ayılarının büyük oranda küresel

6. L. Gross, "As the Antarctic Ice Pack Recedes, a Fragile Ecosystem Hangs in the Balance," *PLoS Biol 3,* no. 4 (2005): e127.

ısınma yüzünden sıkıntı çektiğine ilişkin biriken kanıtlara rağmen önlem almakta başarısız kalındığı için dava edildikten sonra.[7]

Biyolojik olarak birbirinden çok farklı, dağlık bölgelerdeki hayat, aynı şekilde gezegenin dışına itilme tehlikesiyle karşı karşıya. Veri sıcaklık aralığı bir dağı içine aldığında, dağlara özgü iklim koşullarındaki alan daralır ve kayalık hale gelir; ayrıca havadaki oksijen azalır ve sonuçta bazı dağ türlerinin hayatta kalma mücadelesi başlar.

Güneybatı ABD'deki Graham Dağı Kızıl Sincabı artık tek bir Arizona dağında, "gökyüzünde bir ada"da, çölün ortasındaki yalıtılmış bir yeşil alanda, hayatta kalma mücadelesi veriyor. Tehlike altında bir tür olarak korunmaya alınan bu sincaplar toparlanıp 500 sayılık bir popülasyona erişmişlerdi; ancak yine gerileyerek, 100 ila 200 arasında bir sayıya indiler.[8] Kızıl Sincap'ın yok oluşu ormanı da değiştirecek; çünkü



Graham Dağı Kızıl Sincabı (*Tamiasciurus hudsonicus grahamensis*) artık tek bir Arizona dağında hayatta kalma mücadelesi veriyor. Dağlardaki "yeşil adacıklar" ve buralarda yaşayan türler sıcaklık arttıkça daha yükseklere itiliyorlar ve eğer kürsel ısınma sürerse gezegenin dışına kovulacaklar.

7. E. Pennisi, "U.S. Weighs Protection for Polar Bears," *Science* 315 (2007): 25.

8. C. Jordan, "Computers May Help Save Mount Graham Red Squirrel," *Univ. Arizona News*, 27 Nisan 2006; T. Egan, "Heat Invades Cool Heights over Arizona Desert," *New York Times*, 27 Mart 2007.

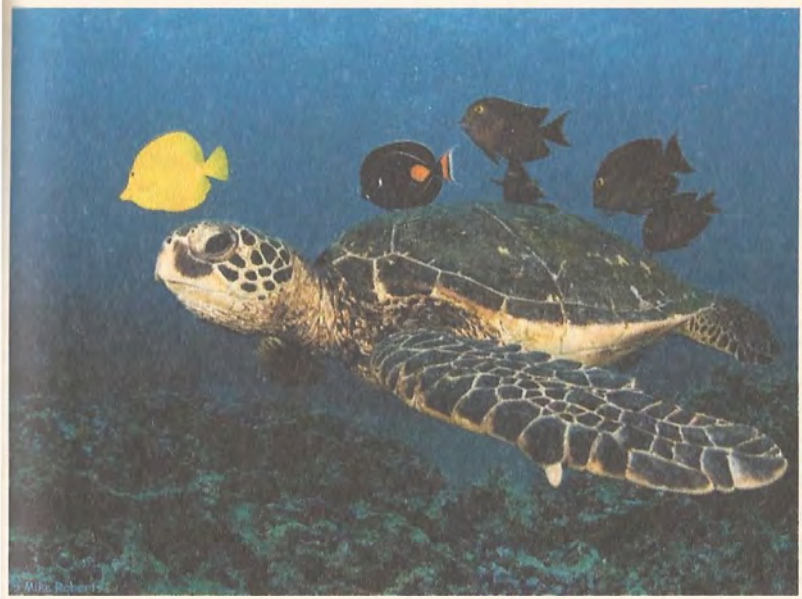
En yakın tarihli olanı 55 milyon yıl önce gerçekleşen, dünyanın gelişim seyrindeki büyük ısınmalar... gezegen üzerindeki türlerin yarısının ya da daha fazlasının yok oluşuyla sonuçlanmıştır.

onların yiyecek depoları aynı zamanda kemelerin, köstebeklerin ve başka kemirgenlerin de yiyecek ve yaşam alanıydı.

Graham Kızıl Sincaplarını sıkıntıya düşüren bir diğer durum da, iklimdir; diğer bir deyişle, yükselen sıcaklıklara bağlı olarak ortaya çıkan kuraklık ve orman yangınlarıdır. Sıcağın baskısı altına giren ormanlar ardı arkası kesilmeyen çekirge istilasına ve felaketler getiren orman yangınlarına karşı savunmasızdır. Yağmur yine yağıyor ama bu defa düzensiz ve şiddetli. Kurak dönemler daha da sıklaşıyor. Sonuçta çıkan orman yangınları ortamı daha da sıcak hale getiriyor ve dağların eteklerindeki ağaçlar ve yeşil alan eski canlılığına kavuşamıyor.

Denizlerde ise caretta caretta'lar hayatta kalma mücadelesi veriyor. Bu dev hayvanlar iki üç yılda bir, yumurtalarını gömmek için kumsallara dönerler. İki ay sonra yavrular başlarını çıkarırlar ve kendilerini avlamak için bekleşen çok çeşitli hayvanların arasından geçerek denize ulaşmaya çalışırlar. ABD'deki en büyük yumurtlama alanları olan 20 millik Florida kumsalında yıllara yayılan, caretta caretta'ları koruma çabaları belli bir başarıya ulaşmış ve Güney Florida'daki sayılarında bir istikrar sağlanmıştır.[9] Şimdi, iklim değişikliği yüzünden bu kaplumbağalar yepyeni sorunlarla karşı karşıya kalıyorlar. Florida kumsalları deniz seviyesinin yükselmesi ve fırtınaların artması sebebiyle giderek daha fazla duvarla çev-

9. Fish and Wildlife Service, Loggerhead Sea Turtle, www.fws.gov/northflorida/SeaTurtles%Factsheets/loggerheadsea-turtle.htm.



Caretta caretta. Bu kaplumbağaların sayısının azalması Florida kumsallarındaki yumurtlama alanlarının koruma altına alınmasıyla ve diğer önlemlerle durdurulmuştur. Ancak bu alanlar yükselen deniz suyunun tehdidi altındadır.

riliyor. Kumsallarla deniz arasında, duvarsız serbest geçiş alanları giderek daralıyor ve eğer deniz seviyesindeki yükselme bu şekilde devam edecek olursa bu alan tümden yok olabilir.

Görünüşe bakılırsa, bazı canlılar iklim değişikliğine daha kolay uyum sağlıyor. 50 milyon yıldır varolan ve tarih-öncesi bir hayvan olan armadillo ABD'deki yaşam alanını kuzey yönünde değiştirecek gibi görünüyor. Gerek Graham Kızıl Sincabı'nın gerek öteki türlerin –bahar aylarındaki besin kaynakları muhtemelen yer değiştirecek olan boz ayılardan İspanya'nın güneyindeki dağlarda yaşayan kar köstebeklerine kadar- karşı karşıya kaldığı iklim tehdidinin temeldeki nedeni "mutat" fosil yakıt kullanımıdır. Birkaç derece olacağı tahmin edilen ısınma kesinlikle kitlesel yok oluşları da beraberinde getirecektir. Dünyanın gelişim seyrinde, en son Kuzey Kutbu'ndaki metan hidratların büyük miktarlarda salımıyla

55 milyon yıl önce ortaya çıkan,[10] daha önceki büyük ısınmalarda gezegen üzerindeki türlerin yarısı ya da yarıdan fazlası yok olmuştu.

Eğer onları daha yüksek dağlara taşırsak, Graham Kızıl Sincapları ve kar köstebekleri "kurtulmuş" olacaklar mı? Bu hayvanlar yeni yerleri için de mücadele vermek zorunda kalacaklar; çünkü türler ve ekosistemler arasında, evrim içinde gelişmiş, karmaşık etkileşim ağları vardır. Ekolojik istikrarı yaratan bu karmaşık etkileşim ağlarını bırakın yeniden üretmeyi, anlayabilme ihtimalimiz nedir ki? "Yardımlı göç" bu yüzden gelecek vaat etmiyor.[11] Bütün türler açısından en iyi şans insanların bilinçli bir tercih yaparak, iklim istikrarını sağlamak için alternatif bir enerji senaryosunu hayata geçirmeye çalışmasıdır.

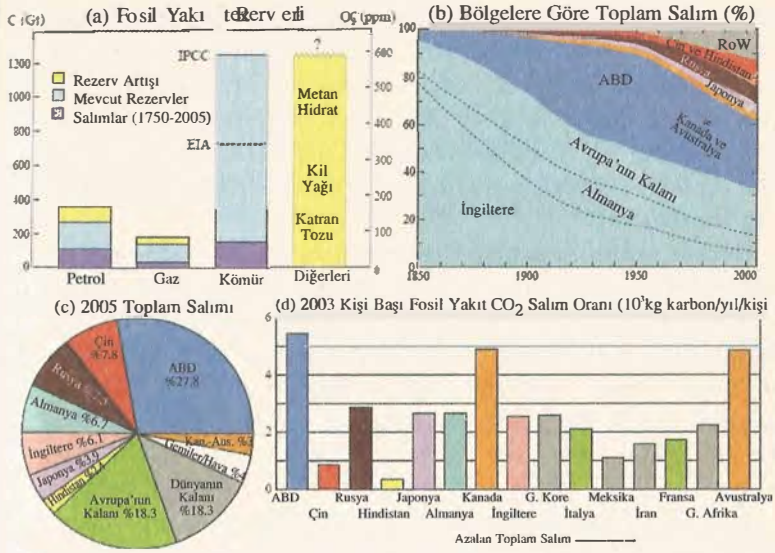
Gezegenin Durumu

Küresel ısınmadan -bilimsel çevreler tarafından- anlaşılan şeyle küresel ısınma hakkında -bilmesi gerekenler, yani kamuoyu ve politikacılar tarafından- bilinen şey arasında muazzam bir uçurum vardır.

Konuya ışık tutan bilim, tüm gezegeni kapsayan çok yakın bir acil duruma işaret ediyor. Harekete geçirdiğimiz durdurulamaz değişikliklerle erişecek olduğumuz tehlikeli karbondioksit düzeyinin üst sınırı 450 ppm'dir; belki biraz daha az olabilir.[12] Karbondioksit halihazırda endüstri öncesi dönemdeki 280 ppm'lik değerden 2007 yılındaki 383 ppm'lik değere yükselmiştir ve artık yılda yaklaşık 2 ppm'lik bir hızla artışını sürdürüyor. Durdurulamaz iklim değişikliğine ivme kazandırmak istemiyorsak, on yıl içinde önemli değişiklikler yapmalıyız.

Karbondioksit salımlarına hemen çözüm bulmamız gerekiyor. Enerjisini önce kömürden, sonra da petrol ve doğal gazdan sağlayan küresel endüstrileşme, Londra'yı dumana bo-

10. D. Archer, "Methane Hydrates and Anthropogenic Climate Change," *Biogeosciences Discussion* 4 (2007): 521–44.
11. C. Zimmer, "A Radical Step to Preserve a Species: Assisted Migration," *New York Times*, Ocak, 2007.
12. J. Hansen vd., "Dangerous Human-Made Interference with Climate: A GISS model Study," *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion* 7 (2007): 2287-312. 258.



(a) Fosil yakıt rezervlerinde tutulan CO_2; koyu bölge halihazırda kullanılmış dilimi gösteriyor; (b, c) dünya toplamının bir yüzdesi olarak farklı ülkelerin toplam fosil yakıt CO_2 salımları; (d) fosil yakıt CO_2 salımının en büyük faili on ülkede kişi başına salımlar (Marland 2006).

ğan, ABD'de bir nehrin alev alıp yanmasına neden olan ve asit yağmurlarıyla ormanlara zarar veren fosil yakıt kirleticilerini ortaya çıkarmıştır. Bugün bu kirleticiler sorununu çözüyoruz;

Bana göre, hükümetlerimiz özel çıkar çevrelerinin aşırı etkisi altındadır ve bu çevreler zorunlu büyük yatırımları göze almak yerine gerekli önlemlerin asgarisinin alınmasını ve fosil yakıtların artışını destekliyorlar.

lakin, tüm güçleriyle bize çarpana kadar dönüp bakmamıştık onlara da. Bu yaklaşım, bekle ve gör ve her şey olup bittikten sonra ortalığı toparla anlayışı, atalete bağlı sonuçlar, ısınmanın halen ardışık süreçlerde yatması ve kırılma noktaları yüzünden, karbondioksit salımları ve iklim değişiklikleri örneğinde hiçbir işe yaramayacaktır. Tam tersine, salımları göz ardı etmek felaketle sonuçlanacak iklim değişikliğini kaçınılmaz kılacaktır.

Bunun yerine, endüstri devriminin bir sonraki aşamasına –atmosferi, sonuç olarak doğal dünyanın harikalarını korumak için ileri teknolojinin nimetlerinden mümkün olduğunca faydalanma aşamasına- hızla geçmek için kararlı olmak zorundayız. Temel fosil yakıt gerçeklerine bakacak olursak, değişimin neden hiç vakit geçirmeden yapılması gerektiğini de anlarız. Kalan her fosil yakıt rezervinde –gaz, petrol, kömür ve alışılmadık fosil yakıtlar (katran kumları, petrol şisti, ağır petrol, metan hidratlar) dahil[13]– bulunan karbondioksit miktarı tahminine dayanarak, diyebiliriz ki, yalnızca halihazırda kullanılabilecek durumdaki petrol ve gaz kaynaklarının yakılması bile atmosferik karbondioksiti 450 ppm düzeyine taşıyacaktır. Buna ilave olarak, kömürün ve enerji şirketlerinin keşfetmekte olduğu alışılmadık fosil yakıtların yakılması atmosferik karbondioksiti çok daha büyük değerlere ulaştıracaktır.

Fosil yakıtların gelecekteki kullanımının sınırlarını anlamak için, karbon döngüsünü bilmek gerekir. Bu döngüde, okyanuslar karbondioksit salımlarının bir bölümünü hemen tutar; ancak bu tutuş, okyanuslara eklenen karbondioksit bir "karşı basınç" uyguladıkça yavaşlar. Daha fazla tutuş, derin okyanusa karışan ve okyanus suyundan karbonat çökeltileri yoluyla ayrışan karbondioksite bağlıdır. Demek ki, karbondioksit salımlarının üçte biri 100 yıl ve kalan üçte bir de 500 yıl daha atmosferde kalır. Aslında, bugün havadaki Endüstri Devrimi'nden kalan karbondioksit Avrupa ve ABD'nin ağır sorumluluğunu ortaya koyuyor.

Karbon rezervleri ve okyanusların karbondioksiti yok etme hızı iklim krizine çözümler bulmada önemli sınır koşulları belirliyor. Ancak gezegenin enerji dengesi kabul edilebilir bir

13. Kesin ve tahmini rezervler, Energy Information Administration tahminlerine dayanıyor. Diğer uzmanlar daha az ya da daha çok rezerv tahmininde bulunuyor; ancak bu belirsizlik oranı bizim sonucumuz açısından önemli değildir.

küresel sıcaklık derecesinde yeniden tesis edilebilirse, gezegen çapında bir dönüşüme –buz tabakalarının çözülmesine ve türlerin büyük oranda yok oluşuna– engel olabiliriz. Sıcaklıklar yıldan yıla dalgalanmalar gösteriyor ama on yılda 0.2°C'lik bir artış kesin olarak gerçekleşiyor. İzin verilebilir ısınma tahminleri, bilgiler arttıkça yeniden belirleniyor olsa da, bilimin ışığında varılan sonuca göre, "güvenli" küresel sıcaklık derecesi, olsa olsa, 2000 yılındaki küresel sıcaklıktan 1°C fazladır.

Ek küresel ısınmaya ilişkin bu 1°C'lik sınır, yukarıda sözünü ettiğimiz 450 ppm'lik karbondioksit tavanıyla ilgilidir.[14] Bu karbondioksit tavanını tam olarak saptamak, öteki insan kaynaklı zorlayıcılar, özellikle metan, nitro oksit ve "kara kurum" yüzünden, hiç de kolay değildir. Örneğin, Alternatif Senaryo karbondioksitin en üst düzeyini 475 ppm olarak alır; çünkü büyük miktarlarda metan azaltılması varsayar.[15] Bununla birlikte, insan kaynaklı (soğutucu etki yapan parçacıkları yansıtan) sülfat aerosolleri büyük bir ihtimalle azalacak ve metandaki muhtemel düşüşlerin etkisini dengeleyecektir. Bu yüzden, 450 ppm izin verilebilir en yüksek karbondioksit için iyi bir tahmindir. Aslında, son zamanlarda Antarktika'da saptanan buz kaybı bir işaretse, 450 ppm bile aşırı yüksek olabilir.

450 ppm'ye yirmi otuz yılda ulaşabileceğimizden, şu anda yapılacak en iyi şey, enerji sistemlerimizi değiştirmek için harekete geçmek olacaktır. Bahsi geçen sınır koşullar temelinde, tehlikeli iklim değişikliğini engellemek için aşağıdaki dört nokta stratejisi çizilebilir:

1. Kömür ve alışılmadık fosil yakıtlar engellenmeli ve ancak karbondioksitin yeraltında hapsedilip yalıtılması halinde kullanılmalıdır. Mevcut kömür yakıtlı enerji santralleri yirmi otuz yıl içinde devre dışı bırakılmalıdır.

2. Karbon bedeli ve verimlilik standartları getirilmelidir. Olağandışı enerji yoğunlaşması ve rekabet edilmesi çok zor fosil yakıtların taşınabilirliği dikkate alındığında, petrol-sonrası bir çağa geçebilmenin pratik yolu, makul ancak sürekli artan bir karbon bedeli saptamak olacaktır. Bu bedel, fosil ya-

14. J. Hansen, "Dangerous Human-Made Interference with Climate," 2007.
15. J. Hansen vd., "Global Warming in the Twenty-First Century: An Alternative Scenario," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97 (2000): 9875–80.

kıtlar üzerinden alınacak bir vergi olabilir ve bu vergi, enerji vergisine gücü yetmeyen insanlara ek bir yük getirmeyecek şekilde tüketim oranlı ya da karma usulde düzenlenebilir. Bu beraberinde fosil yakıtların neden olduğu çevre zararının tazmin edilmesini getirirken, kalan petrol ve gazın sürdürülebilir ekonomik büyümeyle uyumlu kullanılmasını zorunlu hale getirecektir. Yükselen petrol fiyatları endüstri kollarını kesinlikle yeniliklere teşvik edecek ve petrol şisti gibi yüksek salımlı karbondioksit ihtiva eden alışılmadık fosil yakıtların kullanımını cazip olmaktan çıkaracaktır.

Ayrıca, taşıtlar, binalar ve ışıklandırma için gerçek verimlilik standartlarına gerek vardır. Enerji verimliliğinin önündeki, kamu hizmeti veren şirketlerin tasarruf yerine enerji tüketimini teşvik politikaları gibi, engeller kaldırılmalıdır.

3. Atmosferik karbondioksiti aşağıya çekmek için önlemler alınmalıdır. Karbonu toprakta ve biyosferde tutacak tarım ve ormancılık uygulamaları desteklenmelidir.[16] Karbon yalıtmalı, biyoyakıtlı enerji santralleri insan kaynaklı karbondioksiti toprağa geri vererek, atmosferik karbondioksiti aşağı çekebilir. Karbondioksit, okyanus çökeltilerinde[17] ve başka güvenli jeolojik alanlarda yalıtılabilir.

4. Özellikle kara kurum, metan ve yer seviyesindeki ozon gibi karbondioksit içermeyen öteki zorlayıcıları azaltmak için, daha sıkı kurallar getirerek, önlemler almalıyız.

Bu önlemlerin uluslararası düzeyde uygulanması, sorumlulukların kabul edilmesini gerektirir. Halihazırda atmosferde bulunan karbondioksitin uzun ömrü nedeniyle, Avrupa büyük bir sorumluluk taşıyor. Ancak ABD'nin sorumluluğu öteki her bir ulustan üç kat daha fazla ve birkaç yıl içinde Çin'in ABD'yi yeni salımlarda geride bırakacak olmasına rağmen, en azından yirmi otuz yıl daha en büyük sorumlu olarak kalacak da.

Üzülerek söylemeliyim ki, küresel felaketleri önlemek için gerekli önlemler henüz dünyanın genelinde kabul görmüş de-

16. J. Hansen, Political Interference with Government Climate Change Science. ABD Temsilciler Meclisi'nin Denetleme ve Hükümet Reformu Komitesi'nin "Bilime Politik Müdahale: Küresel Isınma, Kısım II" oturumunda, 19 Mart 2007 tarihinde okunan rapor.
www.columbia.edu/~jeh1/20070319105800-43018.pdf;
http://oversight.house.gov/story.asp?ID=1214

17. K. Z. House vd., "Permanent Carbon Dioxide Storage in Deep-Sea Sediments," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103 (2006): 12291–95.



Yeşil karınlı dağ sıçanı (*Marmota flaviventris*), muhtemelen küresel ısınma yüzünden Kayalık Dağları'ndaki kış uykusundan 23 günde uyanıyor.

ğil: Almanya nükleer santraller yerine kömür yakıtlı santraller kurmayı düşünüyor. Halbuki Avrupa, ABD ve öteki gelişmiş ülkeler karbon hapsetme ve yalıtma teknikleri uygulanıncaya kadar kömür yakıtlı yeni enerji santralleri kurmama konusunda bir moratoryum yürürlüğe koymalıdırlar. Benzer kısıtlamalar Çin'de ve Hindistan'da da geçerli olana kadar ertelenebilecek bir şey değildir bu. İklim değişikliği ve kişi başına salım açısından ulusal sorumluluklar sıralamasında ABD, Kanada ve Avustralya, Çin ve Hindistan'dan çok önce geliyor ve bu konuda onlar daha büyük bir ahlaki sorumluluk taşıyorlar.

Aynı zamanda, Çin ve gelişmekte olan ülkeler eski teknolojiye dayalı kömür yakıtlı santralleri yıkmalı ve *ancak* en son teknolojiyi kullanma koşuluyla kömür yakıtlı yeni santraller kurmalıdır. İklim değişikliğinin neden olduğu fırtınalar ve seller gelişmekte olan ülkelerde daha büyük zararlara neden oluyor; çünkü deniz seviyesinde en fazla sayıda büyük kent bu ülkelerde bulunuyor. Bu durum, Çin ve Hindistan'ı iklim değişikliğine duyarlı olmaya iten güçlü bir etken olmalıdır.

Gelecekte taşıtlarda kullanılacak enerjinin verimliliği hayati bir önem taşıyor. Kaliforniya'nın %30 verimlilik düzenle-

mesi bu bakımdan son derece önemlidir. Buna karşın, ulusal enerji planında önerilen, taşıtlarda kullanılan yakıtlardaki %20'lik etanol –büyük oranda mısırdan elde edilen– faydadan çok zarar getirecektir. Salımlarda az bir düşüş sağlayacaktır bu uygulama; çünkü etanol üretmenin kendisi de oldukça fazla enerji gerektirir ve ayrıca, toprakta muhafaza edilen karbon miktarını da azaltacaktır. Yenilenebilir ya da karbondioksit içermeyen diğer enerji kaynaklarının taşıtlara enerji sağlayabilmesinin yolları vardır ve sanayileşmiş tarım işletmelerinin çıkarlarını dengelemeye yetecek kadar bilimsel girdi olmaksızın yarım yamalak önlemler dayatılmamalıdır.

Biyoyakıtların gelecekteki enerji kaynaklarımız içinde önemli bir yer tutabileceği söyleniyor. Doğma büyüme bir Iowa'lı olarak, Ortabatı'nın, yükselen denizin tehdidi altındaki hemşerilerini kurtaracağını hayal etmek isterim. Usulüne uygun olarak ekilip dikilen ve belki de çeşitlendirilmiş olan yerel bitki örtüsü atmosferik karbondioksiti geriye çekebilir. Eğer korkunç bir kuraklık onları vurmadan iklim sorununa bir çözüm bulabilirsek, geniş çayırların bu konuda katkısı olacaktır. Biyoyakıt yatırımı bilim insanlarından ve çevrecilerden gelen katkılarla geliştirilmelidir; çünkü endüstrilerin ve hükümetin bazı biyoyakıt üretim planları, yağlı palmiye ve soya fasulyesine ekim alanları açmak için vahşi hayata ve doğal örtüye zararlı sonuçları olacak şekilde ormanlık alanların temizlenmesini öngörüyor.

Nihai Manzara

Dünyanın paleoiklimsel kayıtları bize, sera gazlarının artık kırılma noktalarının kaçınılmaz hale geleceği tehlikeli düzeye yakın olduğunu gösteriyor. Sera gazı artışını tersine çevirecek bir yol seçebilir ve hiç vakit geçirmeden enerji stratejimizi değiştirebiliriz. Bu konuda atılmış en doğru adımlardan biri, Nisan 2007'de ABD Yüksek Mahkemesi'nin aldığı, Çevre Koruma Ajansı'nın sera gazı salımlarını düzenleyebileceği ve düzenlemesi gerektiği yolundaki kararıdır. Ancak çok daha fazlasını yapmamız gerekiyor.

Bana göre, özel çıkar çevreleri hükümetlerimiz üzerinde orantısız bir nüfuza sahip ve bu çevreler zorunlu yatırımları

yapmak yerine, asgari önlemleri gündeme getirip fosil yakıt kullanımında artışa neden oluyorlar.

ABD hükümetinin özel çıkar çevreleriyle suçortaklığı, NASA'nın Kuzey Kutbu deniz buzu üzerine yaptığı bir basın konferansında, benim grubumdan biri sera gazı salımlarında bir indirime gidilmesinin deniz buzu kaybını durdurabileceğini ileri sürdüğünde, kendini iyice gösterdi. Grubumuzdan üyenin önerisi, hükümetten bir "akil" adamın hemen, politik bir önerme olduğundan bunun "kabul edilemeyeceğini" iddia etmesine neden oldu; halbuki önerme aslında bilimsel temelliydi. Politika üretmek bizim seçilmiş temsilcilerimizin hakkıdır; ancak bilim insanları da iklim araştırmalarının verilerine sahipti ve bu bilgiyi kamuyla paylaşmaları engellenmişti. Bu örnekte, özel çıkar çevrelerinin yaşadığımız gezegen ve üzerindeki yaşam için nasıl bir tehdit oluşturduğu görülmektedir.

Torunlarımızın bize hangi gözle bakacağını hayal etmeye çalışalım. Korkarım, manzara şöyle: Kirleticiler, hizmet üreten işletmeler ve otomobil üreticileri kısa dönemli kârlarını yitirmemek adına karbondioksit salımlarını sürdürme hakkı için mahkemede hâkim karşısına dikilmiş bekliyor. İşin kötü tarafı, bizler de, ulusal hükümetimiz aracılığıyla, resmi sıfata haiz, koca cüsseli bir bilirkişi olarak, salım kısıtlamalarına karşı görüşler ileri sürerek kirleticilerin yanında yer alıyoruz. Biz, gerçekten, böyle mi hatırlanmak istiyoruz?

Biz demokratik bir ülkede yaşıyoruz ve politikalar bizim kolektif irademizi temsil ediyor. Eğer gezegenin kırılma noktalarını geçmesine imkân verecek olursak, kendi rolümüzü savunmamız hiç de kolay olmayacaktır. Vahşi hayatın geleceği ellerimizde; hâlâ canlı hayatı koruyabilir ve bütün dünyanın insanlarına yardım edebiliriz. Enerji verimliliğine ve temiz enerji kaynaklarına yönelim ileri teknolojiyi kullanan iş alanları yaratacaktır. Yeniden temiz havaya kavuşmak herkes için faydalı olacaktır. Kırsal hayat ve gezegenin tamamı, biyoyakıtların ve yenilenebilir enerjinin akıllı bir biçimde geliştirilmesinden büyük yararlar sağlayacaktır.

Cephe hattında, vahşi yaşamdaki değişiklikleri gözlemleyen çevreciler daha şimdiden havanın ısınmasına tepki vermeye başlayan bitki ve hayvanların sesi olarak savaşıyor. Biyolojik çeşitliliği olabildiğince korumak için çevreciler birçok

başka grupla birleşip, karbondioksit salımlarında şimdiye kadar pratik olarak benimsenen düzeyden çok daha fazla radikal indirimler sağlamak için harekete geçmelidir. Aksi takdirde, dağlık bölgelerdeki ve kutuplardaki türler, mercan resifleri ve çoraklaşan alanlarda yaşayan türler gelecek yüzyılda yok olup gidecektir.

❄

JAMES HANSEN'İN BİLDİRİSİ

BİRLEŞİK DEVLETLER BÖLGE MAHKEMESİ
DOĞU KALİFORNİYA-FRESNO

DAVA NO: 1:04-CV-06663 REC LJO
DAVA KONUSU: Otomobil üreticilerine karşı California Air Resources Board'un açtığı Kaliforniya eyaletinde iklim değişikliğini azaltmak için önlem alınması davası.
DAVACI: Catherine E. Witherspoon (vekil)
DAVALI: Central Valley Chrysler-Jeep, Inc. vd.
MÜDAHİL: James E. Hansen
4273 Durham Road, Kintnersville, PA 18930

5 Mayıs 2006

James Hansen bu raporu bir yurttaş olarak kişisel görüşlerini açıklamak üzere mahkemeye sunmaktadır. Kimlik bilgileri: Kolombiya Üniversitesi, Yeryüzü Enstitüsü'nde kıdemli bilim adamıdır; Kolombiya Üniversitesi Yeryüzü ve Çevre Bilimleri'nde Profesör'dür; NASA Uzay Araştırmaları Goddard Enstitüsü'nün Başkanı'dır. Dr. Hansen, Iowa Üniversitesi'nde Fizik, Astronomi ve Matematik öğrenimi görmüş; Dr. James Van Allen'ın Fizik ve Astronomi Bölümü'nden 1967 yılında doktorasını almıştır. Dr. Hansen Kyoto Üniversitesi'nde, Tokyo Üniversitesi'nde ve Hollanda'da Lieden Gözlem Evi'nde ça-

lışmıştır. Neredeyse 40 yıldan bu yana gezegenin atmosferi ve iklim bilimi konularında aktif olarak araştırmalar yapmaktadır; bunun otuz yılını iklim araştırmalarına ayırmış ve bu konuda 100'ün üzerinde bilimsel makale yazmıştır. Dr. Hansen 1995 yılında Ulusal Bilimler Akademisi üyeliğine seçilmiş, Amerikan Jeofizik Birliği'nin Roger Revelle Madalyası'nı ve Heinz Çevre Ödülü'nü almıştır. Defalarca Birleşik Devletler Senatosu ve Temsilciler Meclisi'nde tanıklık yapmış, iki kere de George W. Bush Yönetimi'nin kabine düzeyindeki, başkanlığını Başkan Yardımcısı Richard Cheney'nin yaptığı İklim ve Enerji Görev Gücü'nde uzman olarak konuşmuştur.

Mevcut raporda, Dr. Hansen'in 23 Nisan 2006 tarihinde Ulusal Bilimler Akademisi'ndeki bir sunumunda kullandığı grafiklere yer verilmektedir. Bu grafikler ve onlara ilişkin müzakereler herkesin kullanımına açık bir biçimde, www.Columbia.edu/~jeh1 adresinde yer almaktadır.

Sunuş

Küresel ısınma neredeyse kesin olarak, Kaliforniya'nın şimdiye kadar karşılaştığı en büyük çevre ve ekonomik refah tehdididir. Küresel ısınmanın somut etkileri, Amerika'nın güneybatısındaki artan kuraklık, belli dağ zirvelerinde azalan karlı alan, tropik fırtınalar da dahil, buharlaşmanın gizil sıcaklığından doğan fırtınaların şiddetini artırması, aşırı yağmur ve sel olaylarının sıkça görülür olması, kutuplardaki buz tabakalarının azalması ve bütün dünyada dağ buzullarındaki erime gibi örnekleriyle, Kaliforniya'da ve dünyanın diğer yörelerinde görülmeye başlamıştır. Bu iklim trendlerinin bugün bile önemli pratik sonuçları ortaya çıkmıştır.

İklim ve enerji sistemi ataletleri, okyanusun ısınma kapasitesi nedeniyle, daha başka, daha büyük iklim değişiklikleri meydana gelecektir; yani yeryüzü, havada halihazırda bulunan insan kaynaklı salımlara henüz tam olarak karşılık vermemiştir.

Sonuç olarak, dünyanın kırılma noktasını geçmesine ramak kalmıştır; bu noktadan sonra feci iklimsel etkiler kaçınılmaz hale gelecektir. Bu tehlikeyi gözler önüne sermek için, iki senaryoyu karşılaştırdım: Sera gazı salımlarının bu

artışını sürdürmesi durumunda olacaklar için Mutat Senaryo ve tedrici olarak azalan salımlar için Alternatif Senaryo. Mutat Senaryo'da, deniz suyu seviyesinin 15-35 metre yükseleceğini kanıtlarıyla ortaya koydum; bu, gezegenimizdeki hayvan ve bitki türlerinin yarısının ya da daha fazlasının muhtemel yok oluşu ve bölgesel ani iklim değişiklikleri anlamına gelmektedir. Salımlardan iklim değişikliğine ve oradan da toplumsal etkilere uzanan neden-sonuç zinciri belirgin hale gelmiştir. Başlı başına, Kaliforniya'daki iklim değişikliğinin sonuçları bile büyük olacaktır; ancak, deniz seviyesinin yükselmesi gibi bazı etkiler dünyanın başka bölgelerinde çok daha tahrip edici bir biçimde kendini gösterecektir. ABD iklim-ısıtıcısı sera gazlarının en büyük oranda salındığı ülkedir ve muhtemelen, süregelen yüksek salımlar ABD yurttaşlarına ahlaki ve yasal yükümlülükler getirecek, faturayı ödemek de asıl olarak bugünün genç insanlarına düşecektir; ancak bu konu, bu uzman raporunun dışında kalıyor.

Alternatif Senaryo'yu hayata geçirecek ve iklim değişikliğini asgariye indirecek önlemler almak, eğer on yıl içinde somut adımlar atılırsa, mümkündür. Kısa dönemli en etkili önlemlerden ikisi, CO_2 salımlarını aşağı çekmek ve düşük salımlı ileri teknolojiler geliştirilip uygulamaya sokuluncaya kadar geçecek ara dönemde iklim için zararlı altyapı kurulmasını önlemek için, enerji verimliliğinin artırılıp iyileştirilmesine ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına hız verilmesidir. Ayrıca, özellikle metan, troposferik ozon, karbonmonoksit ve kara kurum gibi CO_2'siz iklim zorlayıcı etkenlerin kullanımının azaltılmasına yönelik önlemler alınmalıdır.

CO_2 salımlarının ve CO_2'siz iklim zorlayıcılarının azaltılmasına yönelik bu amaçlara ulaşılması Kaliforniya'da iklim değişikliğini asgariye indirecek, ABD ve dünya çapında gerekli olan teknolojilerin geliştirilmesini teşvik edecektir. Böylelikle, uzun dönemde, iklim değişikliğinin azaltılması için alınan önlemler, çevrenin korunması ve kamu sağlığının iyileştirilmesine yapılan katkıların yanı sıra, ekonomik olarak da Kaliforniya'ya fayda sağlayabilecektir.

Taşıtlar ve enerji santralleri en önemli salım kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan yapılan salımlar, iki adımda, iklim değişikliğini makul hale getiren bir senaryoyla uyumlu hale getirilebilir: (1) özellikle iyileştirilmiş enerji verimliliği ve

CO_2'siz sera gazları ile kara kurum kaynaklı salımların azaltılması yoluyla kısa vadede CO_2 salımlarının artışını durdurmak; (2) önümüzdeki yirmi otuz yıl içinde düşük salımlı teknolojilerin geliştirilip kullanılması. Kısa vadeli verimlilik düzenlemeleri birinci aşama için olduğu kadar, ikinci aşamanın başarısı için de hayati öneme sahiptir. California Air Resources Board tarafından önerilen taşıt salım kuralları, gelecekteki iklim değişikliğini asgariye indirecek bu senaryonun gerekliliklerivle büyük uyumluluk gösteriyor.

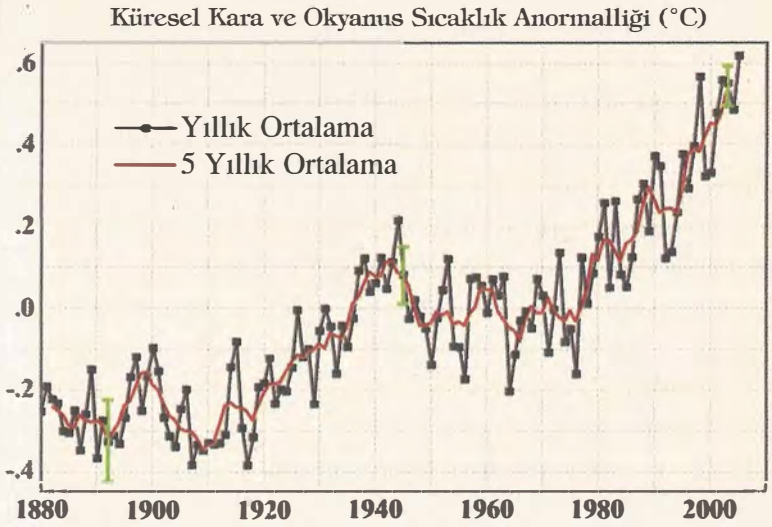
Konu Başlıkları

1. Mevcut Küresel Isınma
2. İklim Zorlayıcıları ve İklim Duyarlılığı
3. Dünyanın Uzun Dönemli İklim Tarihi: Buz Çağları ve Sıcak Dönemler
4. İnsan Etkinliği Çağında İklim Değişikliği
5. Tehlikeli İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği
   5.A. Deniz Seviyesinin Yükselmesi
   5.B. Türlerin Yok Oluşu
   5.C. Bölgesel İklim Değişikliği
6. Gerçek Dünya Trendleri: Mutat Senaryo mu Alternatif Senaryo mu?
7. Stratosferik Ozan Hikâyesinin Küresel Isınmayla Bağlantısı
8. Daha Parlak bir Gelecek: Salım Şartları
9. İklimin Kırılma Noktasına Doğru İlerlemesini Önlemek
10. Özet: Önerilen Verimlilik Standartlarının İklim Açısından Değeri

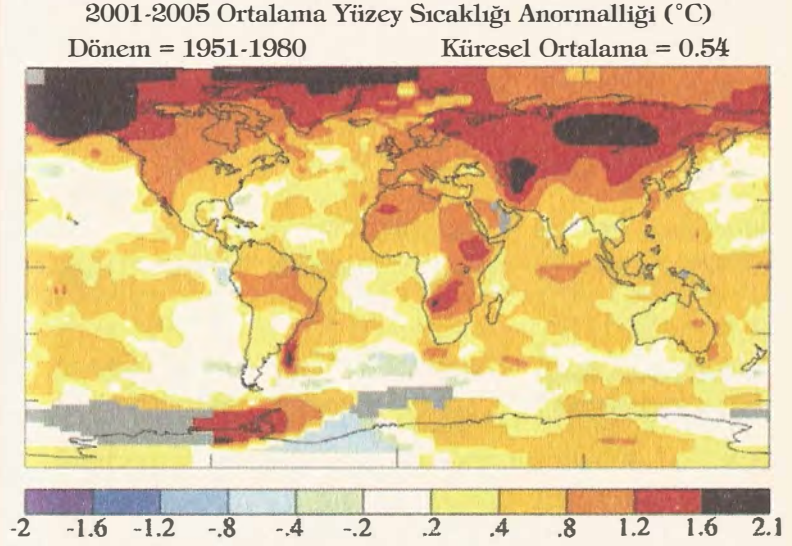
1. Mevcut Küresel Isınma

Dünyanın küresel ortalama yüzey sıcaklığı 1800'lerin sonuyla 2000 yılları arasında yaklaşık 0.7°C artmıştır (Şekil 1). Bu ısınmanın büyük bir kısmı, dünyanın yaklaşık 0.2°C/on yıl ısındığı, son otuz yıl içinde gerçekleşti.

Kara üzerindeki sıcaklık ölçümleri meteoroloji istasyonlarında yapılırken, okyanus verileri, son 25 yıldır uyduların ya-



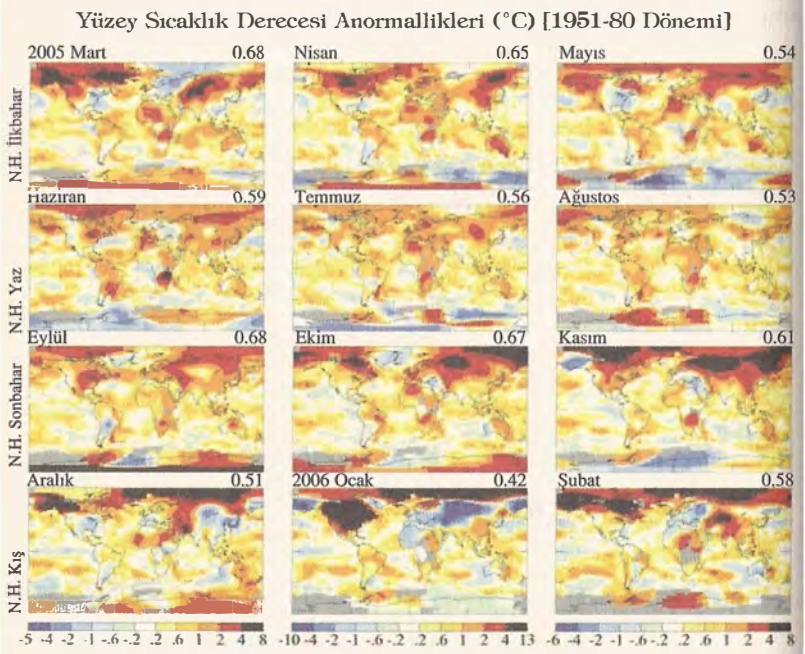
Şekil 1: Okyanus ve kara üzerindeki yüzey hava sıcaklığı ölçümleri temelinde küresel ortalama yüzey sıcaklığı değişimi. Kaynak: Hansen vd.'nin güncelleştirmesiyle, *JGR*, 106, 23947, 2001; Reynolds ve Smith, J. Climate, 7, 1994; Rayner vd., *JGR*, 108, 2003.



Şekil 2: 1951-1980 değerlerine kıyasla, 21. yüzyılın ilk beş yılında küresel yüzey sıcaklığı anormalliği. Kaynak: Hansen vd., *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2006.

nı sıra, gemiler ve şamandıralar aracılığıyla elde edilen verilere dayanmaktadır. Şekil 2, 1951-1980 dönemi iklim bilgilerine göre, 21. yüzyılın ilk beş yılındaki yüzey sıcaklık anormalliklerini gösteriyor. Isınma, kara üzerinde okyanustan, özellikle Kuzey Yarınküre'de, yüksek enlemlerde alçak enlemlerden daha üst derecelerde olmak üzere, hemen hemen kesindir. İklim değişikliği kalıbının bu karakteristikleri, sayısız küresel iklim modelleme çalışmalarında görüldüğü gibi, artan atmosferik sera gazları (GHG'ler) gibi, (daha sonra tartışılacak olan) pozitif küresel iklim zorlayıcılarına karşılık gelir.

Son yirmi otuz yılda meydana gelen kürsel ısınma 1°F'dir ve bu, görünüşte, iklim dalgalanmaları ya da aylık sıcaklık anormallikleri düşünüldüğünde, küçük bir miktardır (Şekil 3). Gündelik sıcaklık dalgalanmaları genelde 10°F ya da daha fazladır ve aylık ortalama anormallikler birkaç °F'dir. Ocak 2006'da görülen (Şekil 3), Kuzey Amerika'da yaklaşık ± 10°F'lik anormallik nadir bir durumdur; aynı oranda anormal bir soğuma da Avrasya'da görülmüştür. Avrasya'daki so-



Şekil 3: Şekil 1'de açıklanan veriler temelinde, geçen 12 ay boyunca aylık yüzey sıcaklık anormallikleri.

Bu sürprizin nedeni, yavaşlamış bir okyanus "taşıyıcı" sirkülasyonu değildir; aslında, Kuzey Atlantik Okyanusu normalde sıcak olurdu. Kuzey Amerika'daki ısınma güneyli rüzgârların hâkimiyeti yüzündendi; aynı şekilde, bekleneceği gibi, Avrasya rüzgârları daha çok kuzeyliydi. Kamuoyunun, böylesi geçici soğuk sürprizlerin bundan sonra da meydana gelecek olan normal iklim dalgalanmaları olduğunu görmesi önemlidir. Bununla birlikte, Şekil 3 aynı zamanda, "iklim zarı"nın artık "hileli" olduğunu da gösteriyor. Mavi alanlar üzerindeki kırmızı alanların hâkimiyeti, normalden-sıcak anormalliklerin normalden-soğuk sapmalardan daha yaygın olduğunu gösteriyor; burada "normal", 1951-1980 iklim verilerine göre belirlenmiştir.

Küresel ısınmanın gündelik iklim dalgalanmalarından daha küçük olduğu açığa çıktığına göre, niye endişe duymalıyız ki? Yanıt kısmen, iklim değişikliğinin bölgesel etkilerinin küresel ortalama ısınmayı büyük oranda aşabilecek olmasıdır. Yine, iklim sistemi ve enerji sistemi ataletleri nedeniyle, daha fazla ısınma "ardışık süreçler içinde" yer almaktadır. Ve en önemli sera gazı, CO_2, salımları hâlâ tüm hızla devam ederken, fosil yakıt kullanımı da yıldan yıla artmaktadır. Bu eğilimin sürmesi, etraflıca üzerinde duracağım, dünyayı "farklı bir gezegen" haline getirecek olan en az 5°F'lik bir küresel ısınmaya neden olacaktır.

2. İklim Zorlayıcıları ve İklim Duyarlılığı

Artan sera gazlarının beklenen iklim etkisini hesaplamanın bir yolu, atmosfer ile okyanus yapısını ve bunların devinimlerini simüle etmek için temel denklemleri kullanan bir bilgisayar programı olan küresel iklim modelidir. Böylesi bir model sayesinde, iklim "zorlayıcısı failleri"ni (ya da sadece "zorlayıcı" diyebiliriz) değiştirebilir ve simüle edilen ikliminin ne kadar tepki verdiğini hesaplayabiliriz.

Bir iklim zorlayıcısı, gezegenin sıcaklık derecesini değiştirebilecek şekilde gezegenin enerji dengesine dışarıdan dayatılan bir değişikliktir. Örneğin, eğer güneşin parlaklığı %2 artarsa, dünya tarafından soğurulan güneş enerjisi miktarı, yeryüzünün yüzey ortalamasına göre, metre kare başına 4 vat

(4v/m^2) artacaktır. Havadaki CO_2 miktarının ikiye katlanması da yaklaşık ± 4 v/m^2'lik bir zorlayıcı üretir; çünkü dünyanın bu miktarda termal (ısı) radyasyonu, atmosferin kızılötesi dalga boylarında artan geçirimsizliği tarafından tutulur.

Veri bir iklim zorlayıcısına karşılık iklim ne kadar değişecektir? "İklim duyarlılığı" yirmi otuz yıldan beri iklim modelleriyle birlikte araştırılmaktadır. Standart deneylerde, zorlayıcının bir "denge" ya da uzun vadeli tepki yaratmasına yetecek kadar etkin olması sağlanır. İklim modelleri tipik olarak, ikiye katlanmış CO_2'ye yaklaşık 3°C küresel ısınmayla, yani her v/m^2 zorlayıcı için $^3/_4$°C'yle, karşılık verir. Ancak bu model-hesaplamalı iklim duyarlılığı, belki de iki faktörden biri yüzünden kesin değildir; çünkü birçok fiziksel süreç iklim modellerine dahil edildiği halde, bunlardan bazıları iyi anlaşılmamıştır ve bu süreçler tam olarak simüle edilmiş ya da bunların "parametreleri hesaplanmış" değildir. Bu yüzden, model türevli iklim duyarlılıklarının ne kadar belirsizlik içerdiğini hesaplamak doğası gereği zordur.

Bu "iklim duyarlılığı"nın, hangi iklim parametrelerinin değiştirilebileceği ve hangilerinin sabit "sınır koşullar" olarak korunacağına ilişkin özgün bir varsayımlar dizisine işaret ettiği unutulmamalıdır. Genellikle kullanılan bu özgün tahminlere "Charney" iklim duyarlılığı tanımı diyebiliriz; çünkü bu varsayımlar Prof. Jule Charney tarafından, 1979 yılında, Ulusal Bilimler Akademisi'nin bir panelinde kullanılmıştır. Bu arada, Charney panelinin, ikiye katlanmış CO_2 için iklim duyarlılığını, 1.5°C belirsizlikle, 3°C olarak hesapladığını da belirtelim.

Charney'in iklim duyarlılığı tanımında, gezegen üzerindeki buz tabakaları alanı sabittir; ancak, deniz buzları alanının iklim modeli tarafından hesaplandığı kadar değişmesine izin verilir. Aynı şekilde, atmosferik su buharı ve bulut tabakası, modelin hesaplarına göre değişebilir. Böyle bir seçim yapılmıştır; çünkü Charney paneli, ağırlıklı olarak, gelecek yirmi otuz yılda ya da yüzyılda olabilecek iklim değişikliğini hesap etmekle ilgiliydi. O tarihte, Grönland ve Antarktika'yı kaplayan büyük buz tabakalarının çok fazla değişeceği tahmin edilmiyordu. Öte yandan, deniz buzunu, su buharını ve bulutları serbest değişkenler olarak almak uygundur; çünkü bu nicelikler dünyanın sıcaklığı değiştikçe hızlı bir biçimde değişebilir.

İkiye katlanmış CO_2 için 3°C'lik bir iklim duyarlılığı, yani v/m^2 başına $^3/_4$°C'lik zorlayıcı, iklim sisteminde bazı pozitif "geribeslemeler"in var olduğuna işaret eder. Sıcaklık derecesi dışında bütün nicelikler sabit tutulmuş olsaydı, ikiye katlanmış CO_2 sadece yaklaşık 1.2°C'lik bir sıcaklık artışına sebebiyet verecekti. Diğer bir deyişle, iklim duyarlılığı v/m^2 başına yaklaşık $^1/_3$°C olacaktı. İklim modellerinde bulunan daha büyük duyarlılık, ağırlıklı olarak su buharı ve deniz buzu kaynaklı pozitif geribeslemelerin bir sonucudur. Hava ısındıkça daha fazla su buharı tutar; su buharı da CO_2 yoluyla doğrudan ısınmaya katkıda bulunan güçlü bir sera gazıdır. Aynı şekilde, okyanus yüzeyi ısındıkça, bazı deniz buzulları erir; bu da pozitif bir geribeslemedir çünkü kara, okyanus deniz buzuna kıyasla çok daha fazla güneş ışığını soğurur.

Bütün iklim modelleri, su buharı ve deniz buzunu bu pozitif geribeslemeler sınıfına sokar. Bulutlar da muhtemelen diğer bir önemli geribesleme olabilirlikleri dizgesidir. Bulut geribeslemeleri karmaşıktır ve bir modelden diğerine farklılık gösterir. Bulutlar hem dünya tarafından yansıtılan ya da soğurulan güneş ışığı miktarını hem de uzaya yayılan kızılötesi enerji miktarını etkiler. Artan ya da azalan bulut alanının etkisi de sıcaklığa, dolayısıyla bulutun yüksekliğine bağlıdır. Bulutları eksiksiz bir biçimde modellendirme zorluğu, model türevli iklim duyarlılığının oldukça belirsiz kalmasının ve modelden modele değişiklik göstermesinin bir nedenidir.

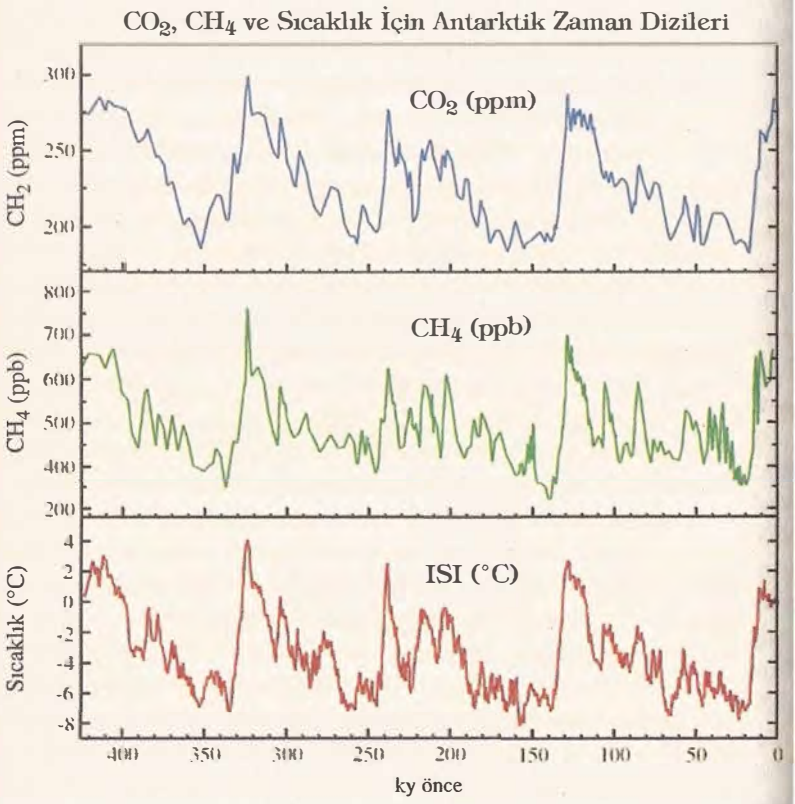
İklim duyarlılığı tanımına dahil edilecek geribeslemeler konusundaki Charney seçimi asıl olarak kıyaslamalı modellerin standartlaştırılması saikiyle yapılmıştır ve bu seçim kişinin amacına uygun olarak kolaylıkla değiştirilebilir. Uzun zaman dilimlerinde, buz tabakalarının ısınmaya karşılık erimesi beklenir; bu da iklim sistemini bin yıllık zaman dilimlerinde zorlayıcılara daha duyarlı kılar. Yüz yıllık zaman dilimlerinde bile önemli ek zorlayıcılar etkili olabilirler; örneğin, gezegen ısınırken, ormanlar kutuplara doğru kayabilir ve kutuplardaki donmuş toprak tabakası GHG'ler salarak eriyebilir. Bu ek geribeslemeler modellere eklenebilir ve aslında, şu sıralar birçok iklim modelinde zaten bunlar irdeleniyor.

Büyük belirsizlikler muhtemelen her zaman beraberinde, salt model temelli bir iklim duyarlılığı tahminini de getirecektir. Ama şansımıza, dünyanın gelişim seyri bize bilinen ik-

lim zorlayıcılarına karşı küresel iklim tepkisi hakkında oldukça kesin bilgiler sağlıyor. Bu ampirik enformasyon bize iklim duyarlılığının en iyi ölçüsünü verir. Dünyanın gelişim seyrinden elde edilen ampirik verilerle, iklim modeli oluşturma çalışmaları, birlikte, tarihsel iklim değişikliklerini daha iyi kavramamıza olanak sağlar ve geleceğin ikliminde insan kaynaklı iklim zorlayıcılarının etkisine güvenilir bir biçimde ışık tutmak için gerekli olan araştırma gereçlerini sağlar.

3. Dünyanın Uzun Dönemli İklim Tarihi: Buz Çağları ve Sıcak Dönemler

Yüz binlerce yıldır dünyanın iklimi sürekli olarak buz çağ-



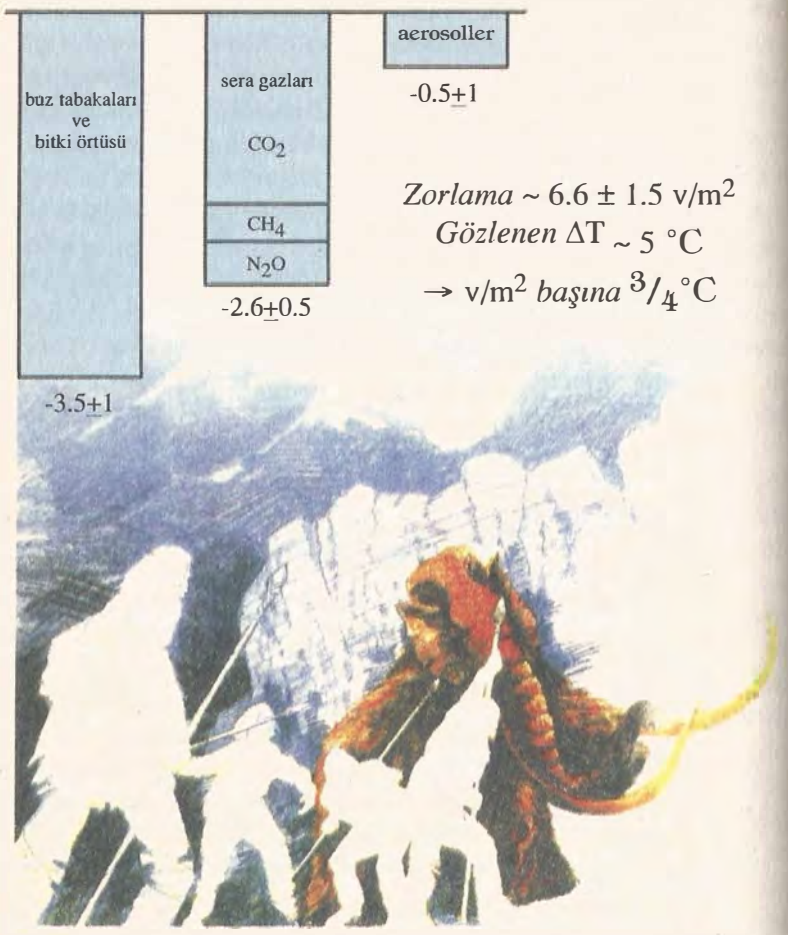
Şekil 4: Antarktik buz çekirdeğinden elde edilen veriler ışığında CO_2, CH_4 ve sıcaklık kayıtları. Kaynak: Vimeux vd., Earth Plan. *Sci. Lett.*, 203, 829, 2002.

ları ile ılıman ara dönemler arasında gidip gelmektedir. Şekil 4'te yer alan aşağıdaki eğri, geçen 400.000 yıldır Antarktika'da bulunan Vostok istasyonundaki iklim değişikliğini gösteriyor; zaman eğrisi soldan sağa doğrudur. Sıcaklık kayıtları, zamanın bir fonksiyonu olarak atmosferik karbondioksit (CO_2) ve metan (CH_4) miktarı (üstteki eğriler) gibi, Antarktika buz tabakasından sondajla çıkarılan bu dönemlere ait buz çekirdeklerinden çıkarsanır. Buz tabakası yağan karlarla oluşur; yıldan yıla biriken ve kendi ağırlığı altında ezilen kar, buz olur ve bu buz, içinde hapsettiği hava kabarcıklarıyla bize atmosfer bileşiminin bir tarihini verir. Sıcaklık derecesi buzun izotopik bileşiminden çıkarılır; buzdaki ^{18}O ve ^{16}O oranı kar taneciklerinin oluştuğu yerdeki havanın sıcaklığına bağlıdır.

Bugünkü (Şekil 4'te en sağdaki nokta) Antarktika'nın göreli sıcak olduğuna dikkat edin. Dünya, 14.000 yıldır, Holocene denen bu sıcak (buz çağları arasındaki) dönemden geçiyor. 400.000 yıldan beri birkaç kez, yaklaşık 100.000 yılda bir, bazıları Holocene'den daha sıcak olan birkaç ara dönem yaşanmıştır. Şekil 4, CO_2, CH_4 ve sıcaklık kayıtları arasında güçlü bir pozitif ilintiye işaret ediyor. Eğriler dikkatlice kıyaslanırsa, sıcaklığın genellikle gaz oranında değişikliklere yol açtığı fark edilecektir. Dolayısıyla, ısınan bir gezegen CO_2 ve CH_4'ü okyanus ya da kara yüzeyinden atmosfere çıkarma yönünde etkide bulunacaktır. Ancak bu gazlar süreç içinde sıcaklık değişikliğine katkıda bulunur; çünkü bunlar, dünyanın kızılötesi (ısı) yaymasını engelleyen sera gazlarıdır. Aslında, daha sonra izah edeceğimiz üzere, GHG'ler bu uzun zaman dilimlerinde sıcaklık değişikliklerinin yaklaşık yarısının nedenidir.

Ampirik İklim Duyarlılığı

İklim sisteminin değişen GHG'ler gibi zorlayıcılar karşısındaki duyarlılığı, yaklaşık 20.000 yıl önce zirve noktasına ulaşan son buz çağıyla Holocene arasındaki değişiklikler kıyaslanarak çıkarılabilir. Jeolojik bulgular sayesinde, dünyanın yüzeyinde meydana gelen değişiklikleri biliyoruz. Buz çağı boyunca, bir milden kalın bir tabakası Kanada'nın büyük bir kısmını ve ABD'nin Seattle, Minneapolis ve New York City gibi kuzey bölgelerini kaplıyordu. Avrupa ve Asya'da daha ince buz tabakaları vardı. Bu buz tabakalarında o kadar çok buz sıkışıp kalmıştı ki, deniz seviyesi bugün olduğundan 100 met-



Şekil 5: Buz çağı iklim zorlayıcıları, v/m² başına yaklaşık $^3/_4$°C küresel iklim duyarlılığına işaret eder. Kaynak: Hansen vd., *Natl. Geogr. Res. & Explor.*, 9, 141, 1993.

re daha alçaktı; dolayısıyla geniş kıta sahanlıkları görmek mümkündü.

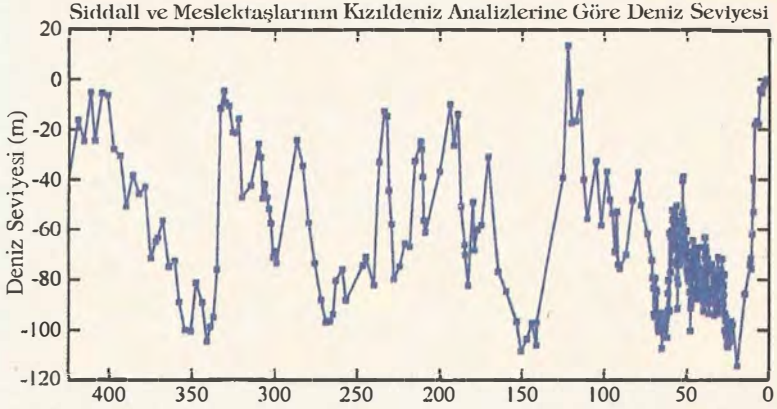
Hem atmosferin bileşimi hem de gezegenin yüzey koşulları buz çağında olduğu kadar Holocene'de de gayet iyi bilindiğinden, bu dönemler arasında sıcaklık farklılıklarına neden olan zorlayıcıları hesaplayabiliriz. Şekil 5'te özetlendiği üze-

re, yüzey (ağırlıklı olarak buz tabakaları alanı) değişimi 3.5± 1v/m^2'lik bir zorlayıcıya neden olur. GHG'ler de dahil, yaklaşık $6^{1/2}$ v/m^2'lik toplam zorlayıcı 5± 1°C'lik bir küresel sıcaklık değişikliği demektir; bu da $^3/_4 \pm {}^1/_4$ v/m^2'lik bir iklim duyarlılığı anlamına gelir.

Bu ampirik iklim duyarlılığının, salt model sonuçlarından daha küçük belirsizlik içerdiği hesaplanmıştır. Ampirik ölçümün bir üstünlüğü de, bütün gerçek dünya iklim süreçlerinin ve geribeslemelerin serbestçe işlev gördüklerini bilmemizden gelir; bu salt model kaynaklı iklim verileriyle hiçbir zaman edinilemeyecek bir niteliktir. Her ne olursa olsun, ampirik ve model kaynaklı iklim duyarlılıklarının aynı şeyi söylediğini unutmamalıyız.

400.000 Yıllık Kayıtlar

İklim duyarlılığını, tek bir zamanı, 20.000 yıl önceki son buz çağının zirve noktasını, şimdiki ara dönemle kıyaslayarak elde ederiz. Bu iklim duyarlılığının ve ek enformasyonun doğruluğunu test etmenin elverişli bir yolu, buz çekirdeğine ilişkin sayfalarca kaydı incelemektir. Tamı tamına 400.000 yıllık bir zaman dilimi için iyi denilebilecek deniz seviyesi kayıtlarına sahip olduğumuzdan, uzun dönem incelemesi günümüzde özellikle aydınlatıcıdır. Deniz seviyesi değişikliğine asıl olarak kara parçaları üzerindeki buz tabakalarının büyümesi



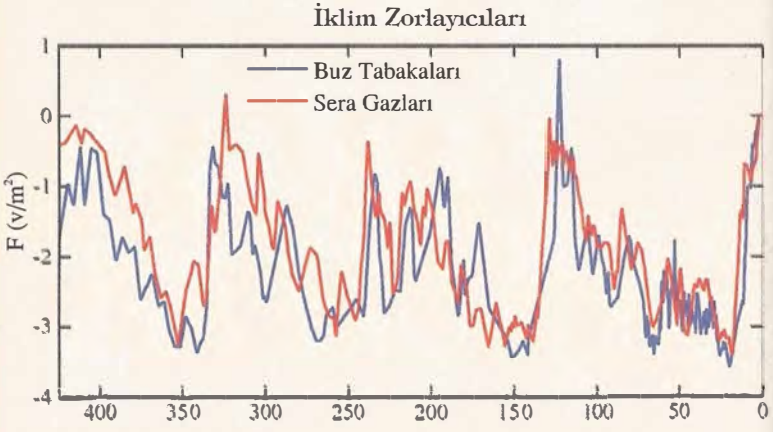
Şekil 6: Kızıldeniz'den alınan bir oksijen izotopuna dayanan, geçen 470 ky boyunca bir hidrolik model yoluyla oluşturulmuş küresel deniz seviyesi. Kaynak: Siddall vd., *Nature*, 423, 853, 2003.

ve çözülmesi neden olur; bu kara parçalarının büyüklüğü de deniz seviyesindeki değişikliklere bakılarak çıkarılabilir.

Şekil 6, Mark Siddall ve meslektaşları tarafından Kızıldeniz'de oksijen izotopu kayıtlarının analizinden elde edilen küresel deniz seviyesi değişim seyrini gösteriyor; burada elde edilen deniz seviyesi değişiklikleri, deniz suyunun Kızıldeniz'le açık okyanus arasında onları birleştiren dar bir boğaz yoluyla gidip gelebilme sınırlılığı nedeniyle daha net bir şekilde görülebilir. Şekil 6'daki deniz seviyesi hesaplarındaki standart sapma 12 metredir; bu da buz çağından ara döneme deniz seviyesi değişikliklerinin yaklaşık %10'unu oluşturur.

Buz tabakası alanındaki değişikliği, buz tabakalarının basit bir şekli olduğunu varsayarak, deniz seviyesi değişikliklerine bakıp hesaplayabiliriz; bu da bize deniz seviyesinin $^2/_3$ gücüyle orantılı bir buz tabakası zorlayıcısı verir. Böylelikle, deniz seviyesinin her değeri için buz tabakası iklim zorlayıcısı, son buz çağıyla şimdiki ara dönem arasında yaklaşık 110 metre deniz seviyesi değişikliği için zorlayıcının 3.5 v/m^2 olduğundan hareketle tespit edilir.

Sera gazı iklim zorlayıcısı da, sera gazlarının tarih içindeki seyrine ilişkin bilgiden hareketle, geçen 400.000 yıllık za-

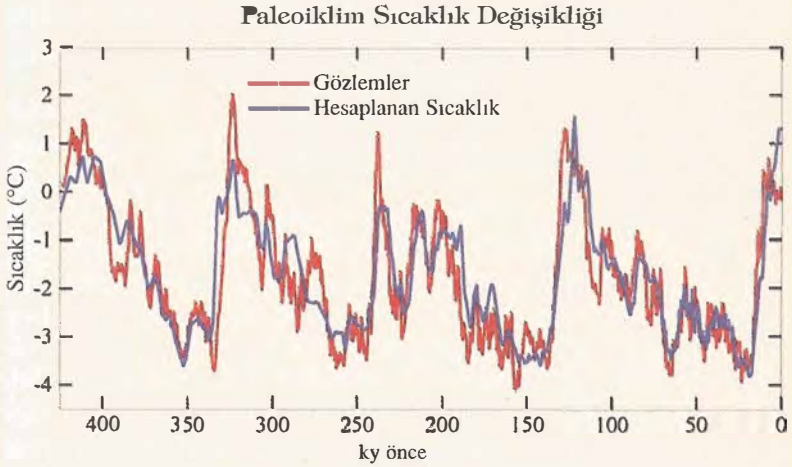


Şekil 7: Hesaplanan iklim zorlayıcıları. Buz tabakası zorlayıcısı deniz seviyesine göre değişir ve şimdiden 20.000 yıl öncesine dayanan 3.5 v/m^2'ye eşittir. GHG zorlayıcısı Vostok CO_2 ve CH_4 değerlerine dayanır; CO_2 ve CH_4 toplam zorlayıcılarının %15'i kadar N_2O zorlayıcısı vardır. Kaynak: *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

manın bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. CO_2 ve CH_4'e ek olarak, üçüncü bir sera gazının, N_2O'nun etkisine ilişkin tahmini bir değeri de hesaba katabiliriz; her ne kadar, N_2O değişikliklerine ilişkin güvenilir veriler ancak 400.000 yıllık dönemle sınırlı zaman dilimleri için elde edilmiş olsa da. Buz çağlarıyla ara dönemler arasında ölçülen N_2O değişikliğinden ve bu gazın zaman değişkenliğinin genel olarak hem CO_2 hem de CH_4 değişkenlikleriyle benzerlik taşıdığına ilişkin kanıtlardan, N_2O zorlayıcısının CO_2 ve CH_4 zorlayıcılarının %15'i kadar olduğu sonucuna varıyoruz.

Geçen 400.000 yılı kapsayan ve Şekil 7'de gösterilen, buz tabakaları ve sera gazı zorlayıcısı değerleri, tüm 400.000 yıllık dönem için "öngörülen" bir küresel sıcaklık değeri elde etmek amacıyla, v/m^2 başına $^3/_4$°C'lik bir iklim duyarlılığıyla çarpılabilir. Sonuçta hesaplanan küresel sıcaklık Şekil 8'deki mavi eğriyle gösterilmiştir.

Doğru küresel ortalama sıcaklık değişikliğini tayin etmek için, yerkürenin birçok noktasındaki sıcaklık değişikliklerinin doğru kayıtları gerekli olacaktır. Böyle kapsamlı verilerin yokluğunda, bin yıllık zaman dilimlerinde ortalama sıcaklık değişikliğinin yaklaşık olarak Orta Antarktika sıcaklık değiş-



Şekil 8: Geçen 400.000 yıl için hesaplanan ve gözlemlenen sıcaklık dereceleri. Hesaplanan sıcaklık v/m^2 başına $^3/_4$°C iklim duyarlılığı çarpılarak elde edilen bir zorlayıcıdır. Gözlem ise, ikiye bölünmüş Vostok Antarktika sıcaklık değeridir. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

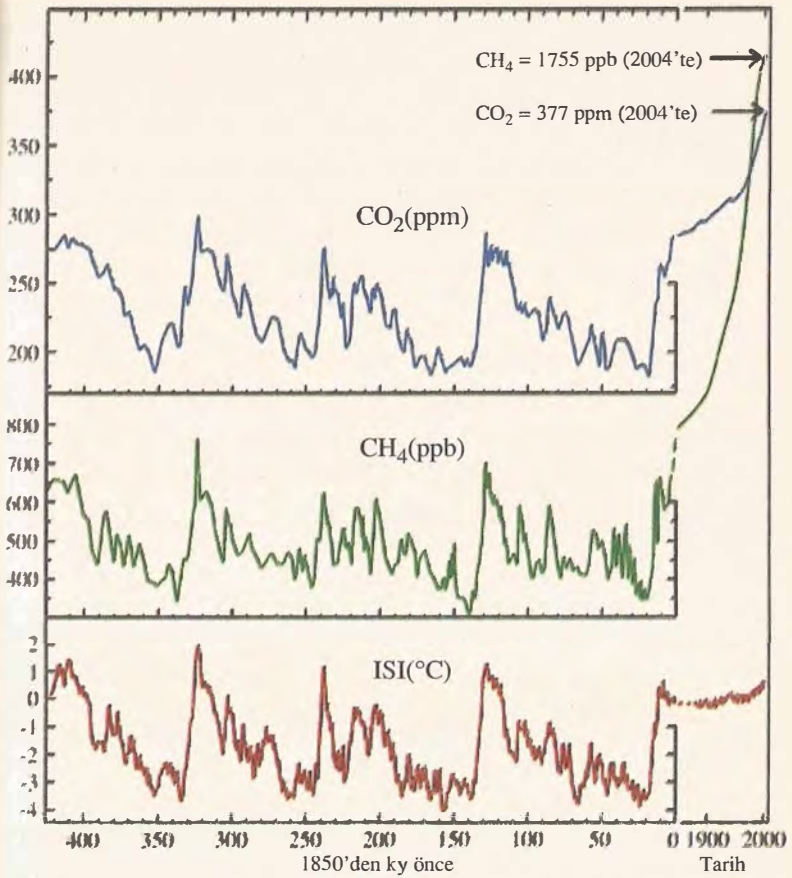
şikliğinin yarısı olduğuna ilişkin bir tahmini değerden hareketle belli sonuçlara erişebiliriz. Şekil 8'deki kırmızı "gözlemler" eğrisi de, Vostok sıcaklık değişikliği verilerinin yarısı alınarak elde edilmiştir. Gözlemlenen küresel sıcaklığa ilişkin bu tahmini değer, son buz çağı boyunca koşulların ayrıntılı bir biçimde yeniden kurgulanması sonucunda elde edilen bilgiyle tutarlılık gösteriyor; bu bilgiye göre, küresel buz çağı ve ara dönem sıcaklık değişikliği, alçak enlemlerde 3-4°C, kutuplarda yaklaşık 10°C ve ortalama olarak 5°C'dir.

Şekil 8, 400.000 yıl boyunca, gözlemlenen sıcaklıkla hesaplanan sıcaklık dereceleri arasında dikkate değer bir uyumun varlığını gösteriyor. İki eğrinin tarihlendirme hatası (belirsizliği) birkaç bin yıl kadardır.

Şekil 8 bir şeye daha işaret ediyor: GHG ve buz tabakası değişiklikleri küresel sıcaklık değişikliğinin çoğunu açıklar. GHG'ler ve buz tabakaları bu uzun zaman dilimlerinde geribeslemelerdir; yani, iklim bu uzun zaman dilimlerinde aşırı duyarlıdır. Düzenli iklim değişkenlerine hız kazandıran küçük ateşleyici zorlayıcılar, on binlerce yıllık zaman diliminde dünya yörüngesindeki eksantrikliklerin (eksenin eğriliği, yörüngenin sapması ve güneşe en yakın olunan mevsim) bir sonucudur. Bununla birlikte, yüksek iklim duyarlılığı, her bir başka küçük zorlayıcının ve kaotik değişkenlerin büyük iklim değişikliklerine yol açabileceği anlamına gelir.

Geçen Yüzyıl

Şekil 8'in işaret ettiği bir diğer önemli uzantı da, Şekil 9'daki gibi, geçen yüzyıldan elde ettiğimiz CO_2 ve CH_4 verilerini de işin içine kattığımızda ortaya çıkar. Dünyanın atmosferindeki CO_2 ve CH_4 değerleri, yüz binlerce yıldan beri varolan sınırların çok ötesine geçmiş durumdadır. Ayrıca, buz ve kar kaplı alanlar küresel çapta hızlı bir gerileme içindedir; aşağıda göreceğimiz üzere, Grönland ve Batı Antarktika buz tabakalarında da aynı gerileme söz konusudur. İnsanlar olmasaydı, dünyanın normal olarak önünde sonunda soğuyacak ve yeni bir buz çağına doğru evrilecek oluşunu bilmemize rağmen, atmosferik GHG miktarlarının doğal olarak azalışlarına bağlı olan doğal döngü, insan kaynaklı GHG'ler tarafından tümden sekteye uğratılmaktadır. İnsan kaynaklı CO_2 salımlarının önemli bir bölümü binlerce yıl daha atmosferde kalacaktır. Demek ki, insanlar yok olmadıkça, bir sonraki buz ça-



Şekil 9: Şekil 4'teki CO_2, CH_4 ve sıcaklık değerlerinin 2004 yılına uyarlanması. 1880'den beri sıcaklık değişikliği kara-okyanus sıcaklık indeksidir (Şekil 1); 1880-1899 ortalaması sıfır kabul edilmiştir ve daha önceki sıcaklık dereceleri ikiye bölünmüş Vostok Antarktika sıcaklık derecesidir. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

ğı da olmayacaktır ve insanlar yok olsa bile, bir sonraki buz çağının gelmesi binlerce yılı bulacaktır. Şekil 10'da özetlendiği üzere, eğrisiyle doğrusuyla, küresel iklimi artık insan kontrol etmektedir.

Şekil 9 üzerine birkaç yorum daha yapmak gerekiyor. 1850 sonrası rakamların fazlalığına bağlı olarak zaman dilimi büyük oranda genişletildi. Bundan önceki 400.000 yılda, eğrilerin zaman kararlılığına bakarak (1000 yıl ya da daha uzun),

Paleo Zorlayıcıları ve Tepkilerinin İçerimi

1. "Geribeslemeler" (GHG'ler ve buz alanı) hemen hemen tüm paleo sıcaklık değişikliğine neden olur.
2. Bu zaman dilimlerindeki iklim küçük zorlamalar karşısında bile çok duyarlıdır.
3. İklim değişikliği kışkırtıcıları şunları kapsamalıdır: yörüngesel değişiklikler, öteki küçük zorlayıcılar ve gürültü.
4. Yeni bir buz çağı, insanlık yok olmadan mümkün değildir. Bunun için bile binlerce yılın geçmesi gerekir. İnsanlar bugün, eğrisiyle doğrusuyla, kürüsel iklimi kontrol ediyor.

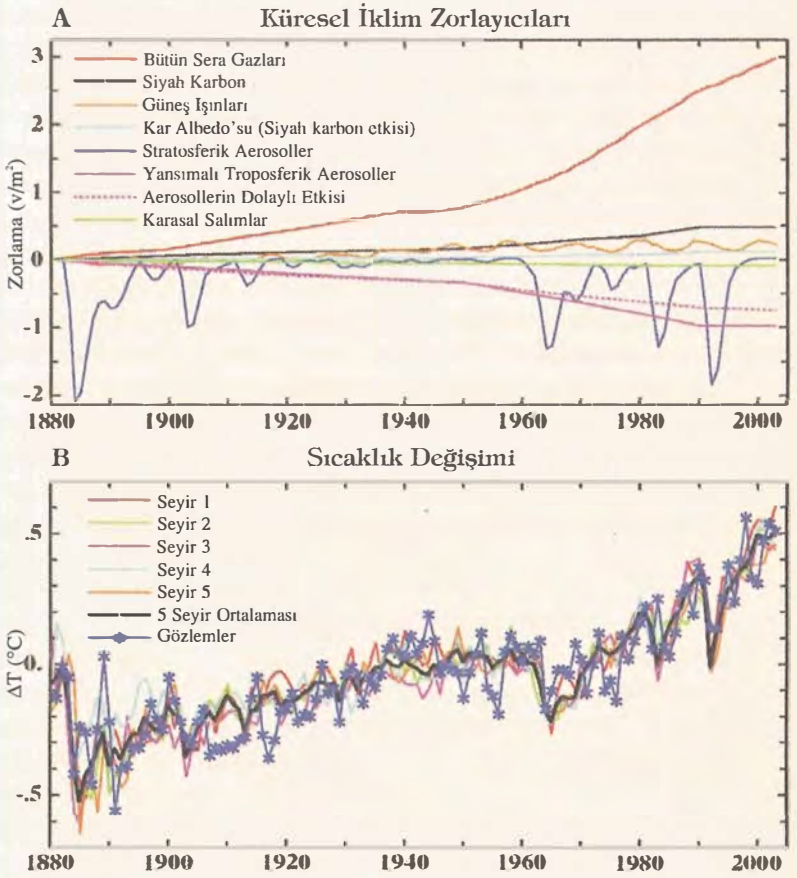
Şekil 10: Metinde tartışıldığı üzere, simüle edilen ya da gözlenen paleoiklim değişiklikler ile paleoiklim zorlayıcıların kıyaslanmasından çıkan birkaç sonuç. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

dünyanın uzayla büyük oranda bir enerji dengesi içinde bulunduğunu varsayabiliriz. Dolayısıyla, hesaplanan sıcaklık değişikliği basitçe, zorlayıcının ve denge (uzun dönemde) iklim duyarlılığının bir ürünüdür. Modern zamanlarda bu varsayım artık geçerli değildir; çünkü iklim zorlayıcıları, özellikle geçen yirmi otuz yılda, öyle hızlı değişiyorlar ki, iklim sistemi günümüz iklim zorlayıcısıyla denge kuramıyor. Böylelikle, geçen yüzyılda gözlemlenen sıcaklık yükselişi atmosfer bileşiminin mevcut düzeyinde beklenen artışın yalnızca bir parçasıdır. Daha sonra tartışacağımız üzere, "ardışık süreçler"de beklemekte olan ek küresel ısınma miktarı muhtemelen yaklaşık 0.5°C ya da yaklaşık 1°F'dir.

Geçen yüzyıldaki ısınma, GHG'lere ek olarak, özellikle negatif (soğutucu) bir zorlayıcı etkisi olan insan kaynaklı aerosoller (havadaki ince parçacıklar) gibi, birçok başka iklim zorlayıcıların da mevcudiyeti nedeniyle, daha az olmuştur. İleride, bildiğimiz bütün zorlayıcıları ele alıp, beklenen küresel sıcaklık değişikliğini hesaplayacağız.

4. İnsan Etkinliği Çağında İklim Değişikliği

İnsanların belirleyici bir unsur haline geldiği çağ boyunca iklim değişikliğinin analizi birkaç zorlayıcı faili ve onların zaman içinde gösterdiği değişikliği de açıklamalıdır. Şekil 11, geçen yüzyılda bilinen iklim zorlayıcılarının kestirilen değişikliklerini gösteriyor. Hâlâ daha başka önemli zorlayıcıların bulunması mümkün olmakla birlikte, bilinen en büyük zorlayıcılarla kıyaslanabilecek başka zorlayıcı olma ihtimali son

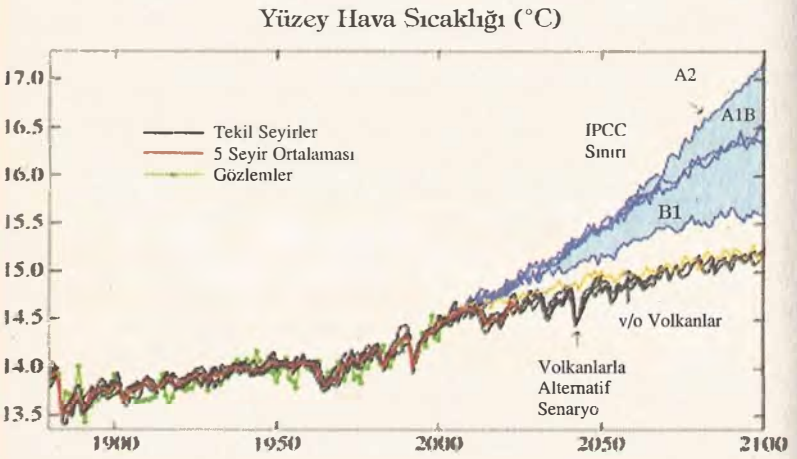


Şekil 11: (A) GISS küresel iklim modelini oluşturmak için kullanılan iklim zorlayıcıları ve (B) modelin gözlemlerin sonuçlarıyla kıyaslanması neticesinde oluşturulan küresel iklim değişikliği. Kaynak: Hansen vd., *Science*, 308, 1431, 2005.

derece düşüktür. GHG ve aerosol (doğrudan ya da dolaylı) zorlayıcıları, kara üzerinde kullanımları sınırlı bölgelerde baskın olmakla birlikte, en büyük insan kaynaklı küresel zorlayıcılardır. Volkanik aerosoller ve güneş ışıması değişmeleri belli başlı doğal zorlayıcılardır.

Sera gazı zorlayıcısı her yönüyle biliniyor (tahmini hata yaklaşık %10-15). Volkanik aerosol zorlayıcısı ise, yirmi otuz yıldır yaklaşık %25 hatayla, daha eski püskürmelerde ise %50 hatayla biliniyor. Güneş zorlayıcısı 1970'li yılların sonlarından beri tam olarak ölçülmektedir; ancak daha önceki tarihlere ait değerler büyük oranda belirsizdir. En büyük belirsizlik troposferik aerosollerde (ince parçacıklar) göze çarpar. Aerosol miktarının gelişim seyri belli değildir ve bulutlar üzerinde aerosollerin dolaylı etkisi hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Aerosol zorlayıcılarının iki faktörden biriyle ilgili olarak belirsizliğini koruyacağı hesap ediliyor.

Şekil 11A'nın zorlayıcıları, ikiye katlanmış CO_2 için 2.7°C'lik bir duyarlılığa sahip olan, (GISS) küresel iklim modeline uygulandığında, simüle edilen küresel sıcaklık değişikliği gözlemlerle büyük bir uyum gösteriyor (Şekil 11B). Büyük uyum, zorlayıcı belirsizlikleri göz önünde bulundurulduğunda, kısmen tesadüf eseri tezahür etmiş olmalıdır. Eşit



Şekil 12: IPCC senaryoları (A2 ve A1B, "mutat" senaryolardır) ve Alternatif Senaryo için hesaplanan önceki rakamların 21. yüzyılı kapsayacak şekilde oluşturulan iklim simülasyonları. Kaynak: Hansen vd., *J. Geophys. Res.*, 2006.

oranda bir uyumluluk muhtemelen daha büyük bir net zorlayıcı ve daha küçük iklim duyarlılığı ya da tersi söz konusu olduğunda da elde edilebilecektir. Yine de, GISS modelinin iklim duyarlılığı, paleoiklim verilerle tutarlı olan sınırın orta noktasına yakındır.

21. yüzyılın tamamına ilişkin iklim simülasyonlarının projeksiyonları, GHG iklim zorlayıcısının artan hâkimiyeti yüzünden daha küçük iklim zorlayıcılarıyla ilgili birçok belirsizliğin üstesinden gelir. En önde gelen belirsizlik sera gazlarının gelecekteki artışına ilişkin senaryoda görülür. Şekil 12, Alternatif Senaryo kadar IPCC sera gazı senaryoları için de simüle edilen küresel ısınmayı gösteriyor.

IPCC A2 ve A1B senaryoları, Mutat Senaryolar olarak tanımlanabilir. Bunlar, 21. yüzyılın ilk yarısı boyunca, yıllık yaklaşık %2 CO_2 salımı artışı yanında CO_2'siz zorlayıcıların da (CH_4, N_2O, O_3 ve kara kurum) belli oranda süregelen artışına göre tasarlanmıştır.

Alternatif Senaryo'da ise, 2050'den önceki CO_2 salımlarında makul oranda bir gerileme, ondan sonra da daha ani bir gerileme söz konusudur; öyle ki, atmosferik CO_2, 2100 yılında 475 ppm zirvesini görür ve ondan sonra çok yavaş bir biçimde düşer. Alternatif Senaryo, 2000 yılından sonra net zorlayıcı büyümesini, (ikiye katlanmış CO_2 oranı için denge iklim duyarlılığının yaklaşık 3°C olduğunu varsayarak) ek küresel ısınmayı (2000 yılında bu sınır aşıldı) 1°C'nin altında bir değerde görmek ne icap ettiriyorsa aynı şekilde, yaklaşık 1.5 v/m^2 düzeyinde tutmak üzere tasarlanmıştır. Alternatif Senaryo, N_2O'nun öngörülen büyümesi ve sülfatlı aerosollerin öngörülen azalmasına rağmen, 21. yüzyılda CO_2'siz zorlayıcılarda sıfır net değişikliğe ulaşmak için, CH_4, karbonmonoksit, troposferik O_3 ve kara kurum azalmaları varsayıyor. Eğer pozitif CO_2'siz zorlayıcılarda varsayılan düşüşler sağlanamazsa, ısınmayı 1°C'nin altında tutmak için CO_2 sınırı 475 ppm'den daha düşük olur.

Mutat, yani her şeyin normal seyrinde sürmesi halinde olacaklara ilişkin senaryo, (2000 yılından sonra) yaklaşık 2°C ya da daha büyük küresel ısınma öngürür; ayrıca 2100 yılında da hızlı sıcaklık artışı sürmektedir. Bu sonuçlar ikiye katlanmış CO_2 için 2.7°C'lik iklim duyarlılığı gösteren bir modele göre hesaplanmıştır; ancak sonuçlar, paleoiklim verilerle tutarlı

olan başka bir duyarlılık sınırı içinde de (2-4°C) büyük bir değişiklik göstermez.

Alternatif Senaryo 21. yüzyılda 1°C'den daha az bir küresel ısınma öngörür. İklim zorlayıcıların gelecekteki artışının Alternatif Senaryo'daki düzeyde sınırlandırılması, zaman içinde, Mutat Senaryo'da tahmin edilen büyümeye göre gelecekteki iklim zorlayıcılarında büyük bir indirim gerektirir. 21. yüzyılın ilk beş yılında CO_2 salımları yılda yaklaşık %2'lik artış oranını sürdürmüştür. Eğer bu artış bir on yıl daha sürecek olursa, CO_2 salımlarının (2000 ile 2015 arasında) %35 artışı, Alternatif Senaryo'nun başarılı olma ihtimalini ortadan kaldıracaktır.

Özet olarak, geçen yüzyılda bazı iklim zorlayıcıları yeteri kadar tanınmamış olsa bile, geçmiş zorlayıcılar hakkındaki belirsizliğin 21. yüzyıl için Alternatif ve Mutat Senaryolar arasındaki farklılık üzerinde hatırı sayılır bir etkisi yoktur. Eğer GHG salımları Mutat Senaryo'daki artışa uygun olarak sürerse, en az 2°C'lik bir ısınma kesin görünüyor; aslında geçen otuz yıldaki ısınma yüzyıl için 2°C'lik bir orandadır. 21. yüzyılda küresel ısınmayı 1°C'nin altına düşürmek için GHG salımlarını mevcut düzeylerinin çok altına çekmek şarttır.

İnsan kaynaklı aerosollerin gelecekte makul düzeyde değişikliği bu sonuçları önemli bir oranda değiştirmez. Aerosoller, şimdiki halde sülfatlı aerosollerde odaklanmış temiz hava gerekliliğine yanıt vermek üzere azaltılabilir; bu da IPCC senaryolarında 1°C'nin onda iki veya üçü kadar küresel ısınma artışına denk düşer. Alternatif Senaryo'da, bu ısınma eğilimi kara kurun aerosollerinin ve öteki pozitif CO_2'siz zorlayıcıların azaltılması yoluyla dengelenir.

5. Tehlikeli İnsan Kaynaklı İklim Değişikliği

ABD de dahil, bütün ülkeler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması üzerinde uzlaştılar. Sorun şu ki, amacı GHG salımlarını tehlikeli insan kaynaklı iklim değişikliğini önleyecek bir düzeyde istikrara kavuşturmak olan Çerçeve Anlaşma'da (Şekil 13) hangi iklim değişikliğinin tehlike oluşturduğuna ilişkin bir tanım yapılmamıştır.

Birleşmiş Milletler
İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması

Amaç sera gazı salımlarını...

"... iklim sistemine tehlikeli insan kaynaklı müdahaleyi engelleyebilecek bir düzeyde tutmaktır."

Şekil 13: İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması, 1990'lı yılların başında, ABD de dahil, bütün ülkeler tarafından kabul edilmiştir. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

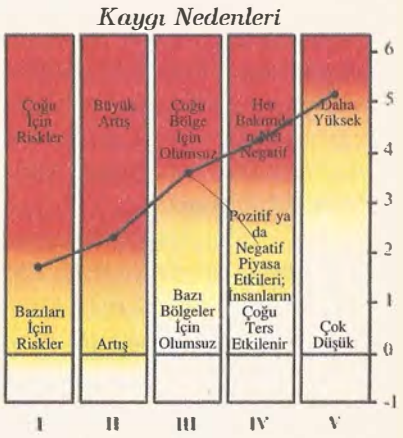
IPCC Yanan Korlar

Beyaz: Nötr ya da pozitif veya negatif küçük etkiler

Sarı: Bazı sistemler için negatif etkiler ya da küçük riskler

Kırmızı: Daha yaygın ve/veya daha büyük riskler ya da negatif etkiler

I Tek ve Tehdit Altındaki Sistemler İçin Riskler
II Aşırı İklim Olaylarından Doğan Riskler
III Etkilerin Dağılımı
IV Toplam Etkiler
V Gelecekteki Büyük Boyutlu Süreksizliklerden Doğan Riskler



Şekil 14: Hesaplanarak bulunan iklim etkisi değişikliklerinden kaygı duymamızın nedenleri. Kaynak: IPCC iklim değişikliği 2001; S. Schneider & M. Mastrandrea, *PNAS*, 102, 15728, 2005.

Yanan Korlar

IPCC, "tehlikeli" tanımına "yanan korlar" diyagramıyla gönderme yapıyor (Şekil 14). İklim değişikliğine ilişkin kapsamlı ve derin "kaygı nedenleri"ni ele almak uygun olur ve olasılık dağılımı hesaplamalarını kullanmak, iklim duyarlılığının gerçek değeri gibi belirsizlikleri işin içine katmak iyi bir yoldur. Yine de, kaygıyı artıran küresel ısınmanın ne büyüklükte olacağını seçmek keyfî olmaktan kurtulamıyor; dolayısıyla, "tehlike" teşkil eden ortalama ısınma neredeyse 3°C olabilirmiş izlenimi bırakıyor.

Böyle bir sonuç tam anlamıyla saçmalık. Dünya son kez, bundan en az üç milyon yıl önce, Orta Pliocene döneminde, 2000 yılında olduğundan 3°C daha sıcaktı ve dünya o zaman, kolay anlaşılsın diye söylüyorum, "farklı bir gezegen"di. Kuzey kutup bölgesinde sıcak mevsimlerde buz yoktu ve deniz bugününkünden en az 25 metre daha yüksekti. Yurttaşlardan, tehlike çanları çalmaya gerek bile duymadan, böylesi bir duruma yaklaşana kadar beklemesini istemek anlaşılır bir şey değildir.

"Tehlikeli" Ölçümler

"Tehlike" oluşturan küresel ısınma için daha gerçekçi bir değerlendirme, gezegenin fiziksel ve biyolojik bileşenleri için tehdit oluşturan belli başlı unsurları belirleyerek yapılabilir. Kilit ölçüler için benim adaylarım Şekil 15'te gösteriliyor: (1) deniz seviyesinin yüksekliği; (2) hayvan ve bitki türlerinin yok olma derecesi (bazen, iyimserlik olsun diye, biyolojik çeşitliliğin azalması olarak betimlenebilir); (3) feci sonuçlar doğuran bölgesel iklim değişikliği; örneğin fırtınaların şiddetinin artması, daha sık ve şiddetli kuraklıklar, sıcak hava dalgaları, daha şiddetli yağışlar, sıklaşan seller ve temiz su kaynaklarının yok oluşu.

Deniz seviyesinin yükselmesi ve türlerin yok oluşu, geriye dönüşü olmayan bir noktayı işaret etmeleri nedeniyle önceliği hak ediyor. Eğer bir buz tabakası, çözülmesi kesin ve durdurulamaz bir noktaya gelinceye kadar yumuşarsa, ebediyete intikalin 50 yıl mı yoksa 150 yıl mı süreceğini tartışmanın pek anlamı kalmaz. Ve öngörülebilir gelecekte neslimizin hiçbir bireyi o buz tabakasının yeniden oluşup eski halini aldığını göremeyecektir. Benzer bir biçimde, bir bitki ya da hayvan bir kere dünya yüzünden silinirse, artık yoktur, geri gelmez.

"Tehlikeli" Değişiklik İçin Ölçüler

Küresel Deniz Seviyesi

1. Uzun Dönemli Değişiklik: Paleoiklim Veriler
2. Buz Tabakası Tepkime Zamanı

Hayvanların ve Canlı Türlerinin Yok Oluşu

1. Kutup ve Yüksek Dağ Türlerinin Yok Oluşu
2. Baş Edilemez Göç Oranları

Bölgesel İklim Değişikliği

1. Genel Durum
2. Kutuplarda ve Tropik Bölgelerde Fırtınalar, Kuraklıklar/Seller

Şekil 15: "Tehlikeli" değişikliği oluşturan iklim değişikliği düzeyini belirleyen temel ölçütler. Kaynak: Hansen, 23 Nisan, *Natl. Acad Sci.*, www.columbia.edu/~jehl, 2006.

Hatta denebilir ki, bir hayvanın doğal yaşama alanının tahribatı çoğu insanın gözleri önünde gerçekleştirilen bir "yok etme" eylemidir. Kuşkusuz, kutup ayısı gibi sembol haline gelmiş bir tür, hayvanat bahçelerinde ve belki de insanoğlunun yardımıyla "vahşi" ortamında, "kurtarılarak" hayatta tutulacaktır. Ancak böylesi bir durumda ayılar "kurtarılmış" mı olacaktır ve insanlara bizi böyle bir kaderin beklediği hususunda ikaz yapılacak mıdır?

Vukuu yakın olan, insan kaynaklı iklim zorlayıcısı, özellikle iklim zorlayıcısı değişikliklerinin büyüklüğü ve hızı, o kadar olağandışı ki, gelecek "iklim etkileri"nin boyutlarını tahmin etmek zordur. Üzerinde çalışabileceğimiz benzer hiçbir paleoiklim örnek yok. Mevcut modeller, buz tabakası istikrarı ve türlerin hayatta kalması gibi mühim meselelerde pek işe yaramıyor. Bununla birlikte, eğer tartışma, beklenen ortalama deniz seviyesi değişikliği, buz tabakasının tepki süresi ve türlerin göç oranları gibi özgün alt başlıklarda yoğunlaşır-

sa, değişikliğin "tehlikeli" düzeylerini kestirmek hususunda belli bazı ilerlemeler kaydedilebilir.

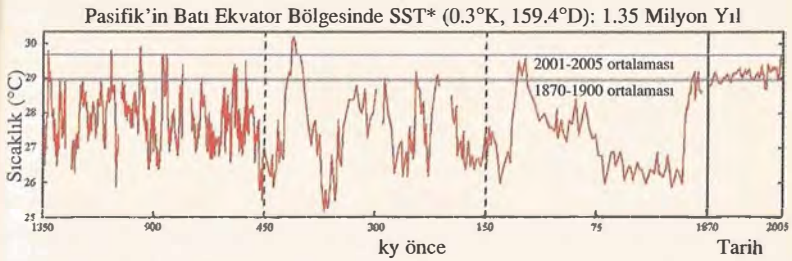
Dünyanın Gelişim Seyrindeki Emsaller

Bazı yerel paleoiklim sıcaklık değişikliklerinin, özellikle daha soğuk iklimler yönündeki değişikliklerin, büyüklüğü insanları yanıltıp yanlış sonuçlar çıkarmaya sevk edebilir. Sonuçta, 2000 yılı sıcaklık değerindeki 1°C'lik bir ısı artışının büyük bir iklim değişikliği ve 3°C'lik ısı artışının da "farklı bir gezegen" anlamına geldiği henüz evrensel olarak kabul edilmiş değildir.

Yakın zamana kadar, dünyanın yüz binlerce yıllık sıcaklık değişikliğinin en iyi göstergesi, Antarktik ve Grönland buz çekirdekleriydi. Grönland sıcaklık derecesi bölgedeki deniz buzunun kapladığı alana ve rüzgâr yönündeki küçük değişikliklere sıkı sıkıya bağlıdır ve bu yüzden de küresel değişikliğin temsili bir ölçüsü olamaz. Orta Antarktika küresel ısınma yönünden daha iyi bir kanıttır; en azından büyük küresel iklim değişiklikleri söz konusu olduğunda. Buz çağıyla ara dönemler arasındaki kural olarak kabul edilen 5°C'lik küresel ortalama ısınma, yaklaşık 10°C'lik bir Orta Antarktika sıcaklık değişikliği ve yaklaşık 3-4°C'lik bir tropik değişikliği de kapsar. Bununla birlikte, Güney Kutbu'nun sıcaklığı, buz tabakası yüzeyinin yüksekliğindeki değişiklikler ve dünyanın yörüngesel değişikliklerine göre güneşe maruz kalma derecesindeki bölgesel değişiklikler gibi yerel değişken faktörlere de tabidir.

Tropik okyanus sıcaklıkları özellikle önemlidir; çünkü okyanus çoğu iklim zorlayıcısının etkisini bünyesinde toplar ve dünyanın geri kalan kısmına o etkiyi aktarır. Bu yüzdendir ki, dünya, çoğu iklim zorlayıcısına oldukça yumuşak bir tepki verir. Son derece yerel zorlayıcılar, yerelleşmiş bir iklim tepkisi doğurabilir; ancak ikisi de, ki Kuzey Yarımküre'de yoğunlaşmış büyük buz tabakaları ve insan yapımı aerosolleri de içine alan, oldukça kapsamlı zorlayıcıdır, alçak enlemlerdeki okyanus sıcaklığını, dolayısıyla, diğer yarımkürede daha küçük derecede olsa da, iki yarımkürenin de sıcaklığını etkiler.

Yakın tarihlerde, örneğin foraminifera kabuklarında magnezyumun kalsiyuma oranını kullanarak, deniz yüzey sıcaklık



Şekil 16: Geçen bin yılda Pasifik Sıcak Okyanus Havuzu; günümüze kadar genişletilmiş, 1880 sonrası veriler 5 yıllık ortalamalardır. Kaynak: Medina-Elizade ve Lea, *Science Express*, 13 Kasım 2005; 1880-1981 verileri, Rayner vd., *JGR*, 108, 2003; 1981 sonrası verileri, Reynolds ve Smith, *J. Climate*, 7, 1994.

* Sea Surface Temperature: Deniz Suyu Yüzey Sıcaklığı.

kayıtlarım tam olarak çıkarmak için geliştirilmiş paleoiklim "termometreler" geliştirilmiştir. Söz konusu foraminifera organizmaları deniz yüzeyine yakın yaşarlar ve kabukları binlerce yıldır deniz dibinde kalıntılar oluşturmaktadır. Okyanus çekirdekleri, tıpkı Antarktik buz çekirdekleri gibi, uzun zaman dilimlerinde deniz yüzeyi sıcaklığının nasıl değiştiğinin araştırılmasına imkân verir.

Şekil 16, bir milyon yıldan daha uzun bir zamanı kapsayan, Pasifik Okyanusu'nun "Sıcak Havuz" bölgesinde deniz yüzeyi sıcaklığının bir kaydını gösteriyor. Batı Pasifik'teki Sıcak Havuz, sıcaklığını bilmemiz açısından, belki de gezegenin en önemli bölgesidir; çünkü atmosferin sıcaklığı, nem oranı ve dolayısıyla her iki yarımkürede de nem ve ısının yüksek enlemlere taşınması üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Bu bölgedeki, El Nino Güney Salınımları süresince görülen sıcaklık değişiklikleri yerkürenin tamamına taşınır.

Şekil 16'da gördüğümüz gibi, zaman içersinde bir kararlılık göze çarpmaktadır; ancak, dikey çizgiler alt ve üst sınırlar arasında sürekli gidip gelir; bununla birlikte, yakın tarihlerde dikey oynamalar hep üst sınırlarda olmuştur. Beklendiği üzere, geçen 400.000 yılda buz çağından ara döneme Sıcak Havuz sıcaklığının değişimleriyle Antarktika'daki sıcaklık değişiklikleri (Şekil 4) arasında büyük oranda bir benzeşme görülmektedir.

Sıcak Havuz bölgesinde 1870 yılından beri ölçülen deniz yüzeyi sıcaklıkları (Şekil 16'nın sağ tarafı) gösteriyor ki, yakın dönemdeki ısınma, içinde bulunduğumuz ara dönemde sıcaklığın en yüksek düzeye çıkmasına neden olmuştur. Yakın dönemli ve paleoiklim sıcaklıkları farklı ölçme yöntemlerinin iki kayıt arasında bir denkleştirme sağlayabileceğini iddia etmek mümkün olsa da, modern termometre ölçümlerinin, foraminifera tarafından kaydedilmiş Holocene sıcaklık sınırları içinde bir yerlerden başlaması gerektiğini biliyoruz. Buradan hareketle diyebiliriz ki, bugün Sıcak Havuz'un sıcaklığı Holocene'de görülen en yüksek seviyededir ve geçen 1.3 milyon yılın en yüksek sıcaklık değeriyle farkı 1°C'den daha azdır.

Geçen bir milyon yıl içinde dünya sıcaklığının alt ve üst değerleri, özellikle de üst sınır, küresel ısınmanın ne zaman "tehlikeli" hale geleceğini hesaplamak açısından kritik bir öneme sahiptir. Alternatif Senaryo'nun mantığına göre, eğer küresel ısınma geçen birkaç yüz bin yıl içindeki mevcut sınırlar içerisinde tutulabilirse, çok aşırı iklim etkilerinin ortaya çıkma ihtimali pek yok. Örneğin, paleoiklim kayıtlar (Şekil 4), sıcaklıkla GHG'ler arasında bir pozitif korelasyon olduğunu gösteriyor; bu da, ısınan bir iklimin atmosfere GHG'ler yayma yönünde bir pozitif geribesleme etkisi olduğunu akla getiriyor; söz konusu geribesleme, insan kaynaklı GHG salımlarının büyüklüğü yanında cılız kalır. Bu sonuca bakarak diyebiliriz ki, sıcaklık birkaç bin yıldır dünyada mevcut olan sınırlar içinde kaldığı müddetçe, şu an tundralardaki kristal oluşumlarda ya da okyanuslarda, kıta sahanlıklarındaki kalıntılarda donmuş halde bulunanlar kadar büyük miktarlarda CH_4 ve CO_2 bırakılması potansiyel olarak mümkün görünmüyor.

Buradan, eğer küresel ısınma (2000 yılına göre) 1°C'nin altında tutulursa, iklim etkilerinin ihmal edilebilir bir boyutta olacağı anlamı çıkmaz; ama diyebiliriz ki, gezegen koşulları belli bir aralıkta sürecektir ve biz bu aralıkta iklimin geçmişte ciddi sapmalar göstermediğini biliriz. Buna karşılık, eğer ısınma 2-3°C aralığına yaklaşırsa, metnin ilerleyen bölümlerinde tartışacağımız gibi, hem insanlar hem de gezegendeki diğer canlılar için, büyük oranda feci sonuçlar doğuracak iklim etkilerinin görüleceği neredeyse kesindir.

Unutmamamız gereken önemli bir nokta da şudur: Küresel ısınmayı 2-3°C aralığına yaklaşan bir değerde tutmakla 1°C'nin altında tutmak arasındaki gerilim hattı insan kaynaklı doğrudan zorlayıcılarda görece küçük bir farklılığa bağlı olabilir. Bunun nedeni, küresel ısınmayı 1°C'nin altında tutmanın hem CO_2 salımına ortalama bir sınır konulmasına hem de CO_2'siz zorlayıcıların azaltılmasına bağlı olmasıdır. Bununla birlikte, eğer ısınma 1°C'nin üzerine çıkarsa, CO_2'siz zorlayıcılarda varsayılan azalmayı mümkün kılmanın ve sürdürmenin pek anlamı kalmaz; çünkü tundralardan ya da öteki karasal kaynaklardan pozitif GHG geribeslemeleri sıcak iklimde önemli bir hale gelebilir.

5.A. Deniz Seviyesinin Yükselmesi

Deniz seviyesi bugün makul bir oranda yükselmeyi sürdürüyor. Geçen on yılda, deniz seviyesi yaklaşık 3 cm, yani yüzyılda 30 cm yükseldi. Bu daha önceki yüzyıla kıyasla deniz seviyesinde iki katı bir artışa işaret eder. Buna karşılık, 20. yüzyıl boyunca deniz seviyesindeki yükselme oranı muhtemelen daha önceki binyılda belirlenen yükselme oranından daha büyüktür; çoğu analiz gösteriyor ki, son buz çağından sonra deniz seviyesindeki artış ağırlıklı olarak normal seyrinde sürmüş ve deniz seviyesi geçen 125 yıldaki küresel ısınma öncesinde neredeyse sabit kalmıştır.

Yakın tarihte gözlemlenen deniz seviyesindeki yükselme en azından kısmen insan kaynaklıdır. Yükselmenin yaklaşık yarısı küresel ısınmaya bağlı olarak okyanus suyunun termal genleşmesi yüzünden olmuştur. Ayrıca, dünya çapında eriyen dağ buzulları da denizlerde gözlemlenen yükselmenin en azından birkaç santimetresinden sorumludur. Birkaç yıldan beri kullanılmakta olan ileri teknoloji ürünü ölçüm aletleri devreye girinceye kadar, Grönland ve Antarktika'nın bu yükselişe olası katkılarını belirlemek çok güçtü. Belki de en dikkate değer ölçüm, GRACE uydusu tarafından yapılan hassas yerçekimi alan ölçümleridir; bunlar, Grönland ve Batı Antarktika'nın 2005'te ayrı ayrı yaklaşık 200 kilometre küplük (yaklaşık 50 mil küplük) bir kütle kaybına uğradığını göstermektedir. Dünya okyanuslarına yayıldığında, bu başlı başına, de-

niz seviyesinde 1 mm'lik ya da yüzyılda 10 cm'lik bir yükselme anlamına gelir.

Mevcut makul deniz seviyesi değişiklik oranının, farklı uzmanlar tarafından tartışılacağı üzere, pratik sonuçlar üretmediğini söyleyemeyiz. Eğer GHG artış oranı büyük olursa, deniz seviyesi değişikliği de büyük olur; örneğin, Alternatif Senaryo'daki 1°C'den az bir ısınma yerine, mutat 2-3°C'lik bir küresel ısınma söz konusu olduğunda, termal genleşme kesinlikle daha büyük olacaktır.

Bununla birlikte, deniz seviyesine ilişkin kaygıların temelinde yatan şey şudur: Küresel ısınma öyle bir noktaya gelecektir ki, Grönland ya da Batı Antarktika'da ya da ikisinde birden, buz çözülmesi doğrusal olmayan bir biçimde hızla ilerlemeye başlayacaktır. Bir kere böyle bir süreç başladığında, deniz seviyesi yükselmesinin denizlerdeki buz tabakaları üzerindeki etkisi de dahil olmak üzere, çoklu pozitif geribes-



Şekil 17: Sıyı buz tabakası tabanına taşıyan dikey bir yarık olan *mulin*'i oluşturan erime.

lemeler yüzünden, buz tabakası çözülmesinin önüne geçmek mümkün olmayabilir. Bu durumda, deniz seviyesinde en az birkaç metrelik bir yükseliş beklenebilir. Bu çalışmanın yazarına göre, eğer 2-3°C'lik mutat küresel ısınma gerçekleşecek olursa, deniz seviyesinde muazzam bir yükseliş kaçınılmazdır ve bu yükselişin önemli bir dilimi bu yüzyıl içinde gerçekleşecektir. Buz tabakası uzmanlarının bazıları buz tabakalarının çok istikrarlı olduğuna inansa da, bence onların yorumları kısmen, daha önceki ara dönemlerde dünyanın 2°C'lik ısınma değerlerini gördüğü yolundaki yanlış bir varsayıma dayanıyor. Bu belgenin başka bir bölümünde tartışıldığı üzere, dünyanın geçen bir milyon yıl içinde 1°C'lik en yüksek ısınma sınırı aralığında kaldığına ilişkin güçlü kanıtlar vardır ve sonuç olarak, mutat küresel ısınma gezegeni kesinlikle kırılma noktasının ötesine itecek ve feci sonuçlar doğuracak bir deniz seviyesi yükselişini kesinleştirecektir.

Buz Tabakası İstikrarı

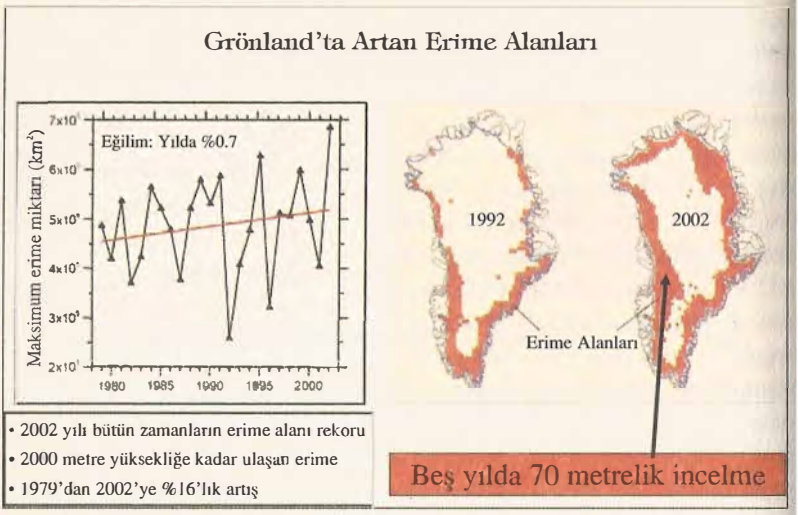
Grönland ve Antarktika üzerindeki büyük buz tabakalarının oluşması için bin yıl gerekir; çünkü büyüme oranları soğuk, görece kuru bir alana düşen kar oranına bağlıdır. Öte yandan, buz tabakası çözülmesi hızla gerçekleşen sulu bir süreçtir.

Şekil 17, Grönland üzerindeki bir *mulin*'e akan kar sularını gösteriyor. Bir *mulin*, yaz aylarında buz tabakasının tabanına kadar işleyecek şekilde bir boşluktan akan suların oluşturduğu buz tabakası içindeki dikey yarıktır.

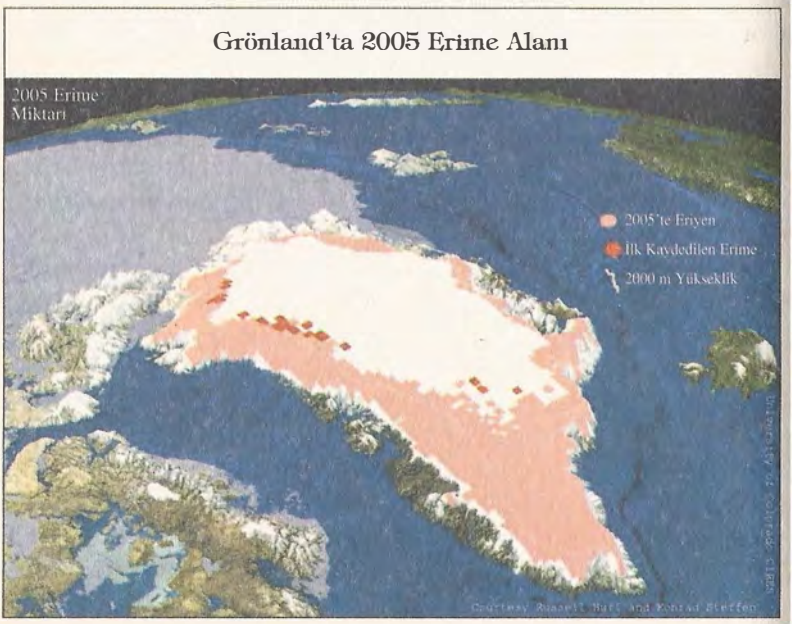
Yaz erimesi Grönland'ın bazı kısımlarında normal olmakla birlikte, erimenin gerçekleştiği alan, Şekil 18'de görüldüğü üzere, son yıllarda büyümektedir. 2005'te, erime alanları, verilerin toplandığı dönem içindeki (1970'lerden günümüze) en yüksek düzeye erişecek kadar genişlemiştir (Şekil 19).

Erime suyundaki artışın ağırlıklı bir etkisi, buzdağlarını okyanuslara taşırken buz akıntılarının daha hızlı hareket etmelerine neden olarak, buz tabakasının zeminini kayganlaştırmak biçiminde kendini gösterir. Şekil 20, son birkaç yıldır hızını ikiye katlayan Grönland'taki en büyük buz akıntısını gösteriyor. Grönland'taki öteki büyük buz akıntıları, aynı şekilde, buzdağlarının da okyanusa akışını artırmakta ve hızlandırmaktadır.

Buz akıntılarındaki bu hızlanışın net etkisi, dünyanın yer-



Şekil 18: Grönland'ta yaz erimesiyle genişleyen alan. 2002'nin rekor erime miktarı 2005 yılını kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. Kaynak: Waleed Abdalati, Goddard Space Flight Center.



Şekil 19: Grönland'ta 2005 yaz erime alanı; uydudan kaydedilen ilk erimeler koyu kırmızıyla gösterilmiştir. Kaynak: Russell Huff ve Konrad Steffen, Colorado Üniversitesi.

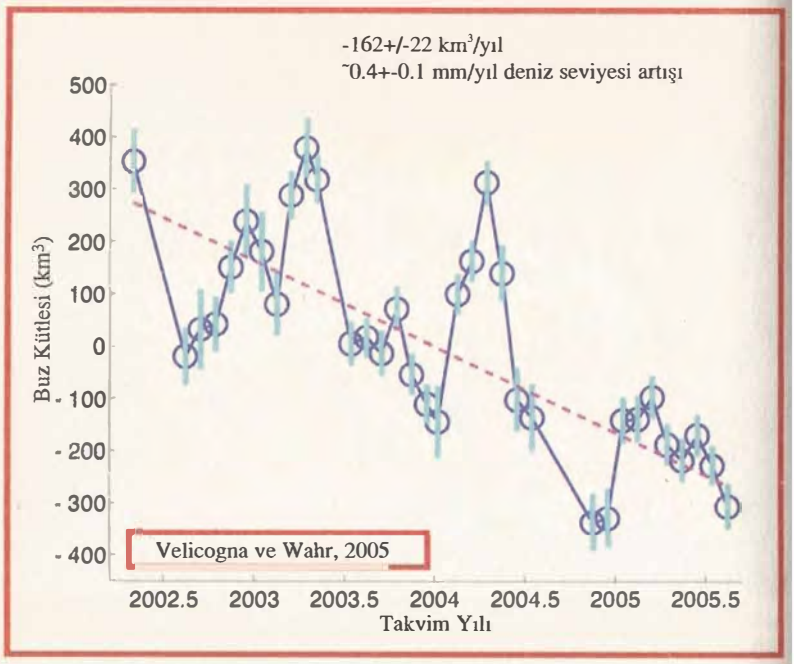


Şekil 20: Grönland'ın en büyük buz akıntısı yoluyla buz dağlarının bölge dışına taşınması. Grönland buz akıntıları geçen 10 yılda en az iki kat artmıştır.

çekimi alanını büyük bir hassasiyetle ölçen GRACE uydusu tarafından yakın tarihlerde ölçülmüştür. GRACE, Grönland buz tabakası kütlesinin uydunun veri toplama dönemi boyunca (2002'den sonrası) kayda değer bir oranda azaldığını keşfetmiştir (Şekil 21). 2005'te, Grönland kütlesi yaklaşık 200 kilometre küplük, yani 50 mil küplük, bir buz kaybına uğramıştır. Aynı şekilde GRACE, Grönland'takine benzer bir kütle kaybını tespit ederek, Batı Antarktika kütlesindeki değişikliği de ölçmüştür.

Grönland ve Batı Antarktika'daki 2005 buz kayıpları dünya okyanuslarına yayıldığında, deniz seviyesi 1 mm yükselecektir; bu da yüzyıl başına 10 cm'lik bir yükselme demektir. Bu değişim oranı makuldür; ancak bu, buz tabakalarındaki kütlesel kayıpların 21. yüzyılda deniz seviyesindeki yükselişe kayda değer bir katkıda bulunmayacağı yolundaki IPCC varsayımını tartışılır hale getirir.

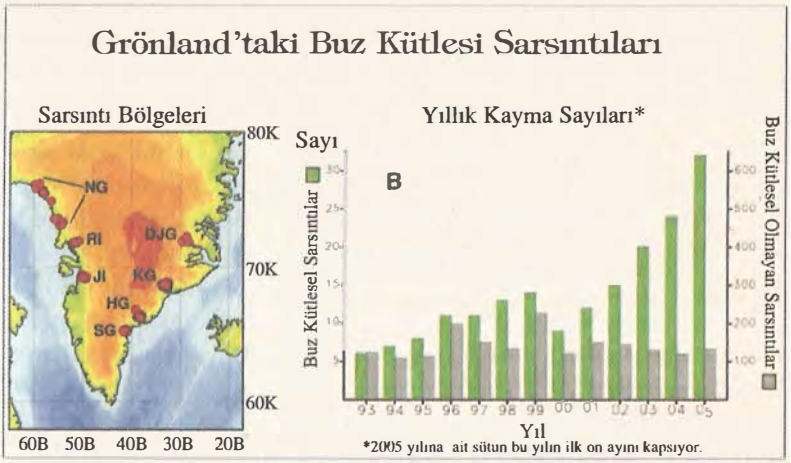
Grace Uydusu Verilerine Göre Grönland'ın Kütle Kaybı



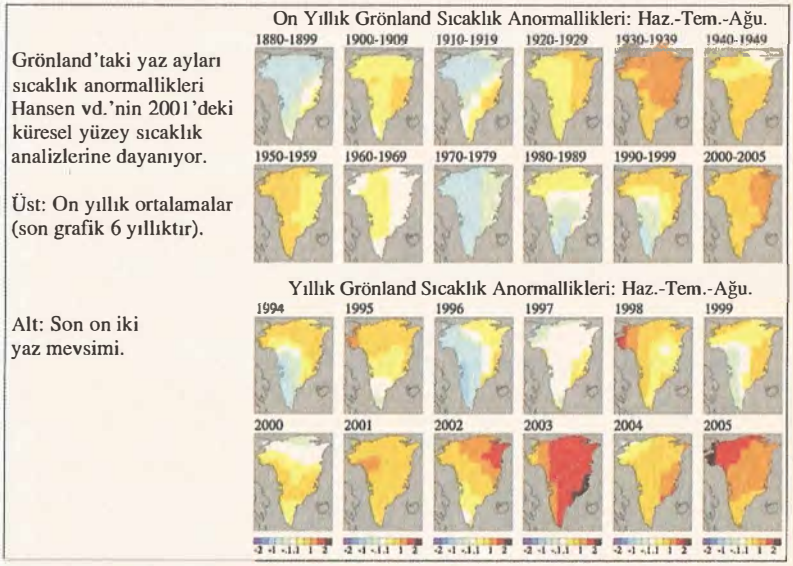
Şekil 21: Grace uydusunun ölçtüğü yerçekimi değişikliklerine göre belirlenen, Grönland'ın kütle kaybı. Kaynak: Velicogna ve Wahr, *Geophys. Res. Lett.*, 2005.

Ancak temel soru, erime oranının hızlı, doğrusal olmayan bir biçimde ivme kazandırma potansiyeli taşıyıp taşımadığıdır. Bu olasılık yönündeki bazı işaretlere son dönemde Grönland'taki deprem verilerinde rastlanmıştır. Dünyanın her tarafına yerleştirilmiş sismograflar, Şekil 22'deki yeşil sütunda gösterildiği üzere, Grönland'ta 1993-2005 yılları arasında depremlerin sayısında bir artış tespit etmiştir. Şekil 22'deki kırmızı halkalar, bu depremlerin Grönland üzerindeki büyük buz akıntılarının güzergâhlarına yakın olduğunu gösteriyor. Büyüklükleri 4.6 ila 5.1 arasında değişen depremler, büyük buz tabakası parçalarının ileriye hamle yaptıklarını ve sonra zeminle sürtünme sonucu sıkışarak durduklarını ortaya koyuyor.

1993-1999 yılları arasında, bu Grönland yersarsıntısı ya da buz sarsıntısı sayısı ikiye katlanmış, o tarihten günümüze



Şekil 22: Grönland'taki yer sarsıntılarının yeri ve sıklığı. Sarsıntıların büyüklüğü 4.6 ila 5.1 arasındadır. Kaynak: Ekstrom, Nettles and Tsai, *Science*, 311, 1756, 2006.



Şekil 23: Grönland'ta sınırlı istasyon ölçümleri yardımıyla hesaplanan on yıllık (üst) ve yıllık yaz sıcaklık anormallikleri. Kaynak: Hansen vd., *JGR*, 106, 23974, 2001.

kadar da yine aynı şekilde ikiye katlanarak gelmiştir. Grönland kütle kaybına ilişkin GRACE kayıtları, kütle kayıplarının deprem sayısıyla orantılı olup olmadığını belirleme açısından yeterli olamayacak kadar kısa bir zaman dilimine aittir.

Şekil 23, Grönland'taki on yıllık ortalama yüzey sıcaklık anormallikleri tahminlerini (şeklin üst yarısı) ve 1994'ten 2005'e kadar gözlenen anormallikleri (şeklin alt yarısı) gösteriyor. Bu yüzyılın ilk birkaç yılı için tahmini ortalama sıcaklık anormalliği, 1951-1980 iklim verilerine göre, yaklaşık 1°C'dir.

Buna karşılık, işlerin normal seyrinde devamını öngören Mutat Senaryo'daki 2-3°C'lik ek bir küresel ısınmanın, Grönland'ta yaklaşık 5°C'lik bir ek ısınma yaratacağı tahmin edilmektedir. Böylesine yüksek bir ek ısınma yaz erimesini pratikte bütün buz tabakası üzerine yayacak ve erime mevsimini azımsanmayacak bir oranda uzatacaktır. Buz tabakasının böylesi artan erime suyuna uzun süre dayanıp hızlı çözülme sürecinden kurtulabilmesi düşünülemez; ancak böylesine büyük çapta hızlı bir değişimin ne zaman başlayacağını kestirmek zordur yine de.

Paleoiklim Deniz Seviyesi Verileri

1. Deniz Seviyesi Artış Oranı
   - Veriler artışın yüzyıl başına birkaç metreyi bulduğu sayısız örneğe işaret ediyor.
2. "Sub-orbital" Deniz Seviyesi Değişiklikleri
   - Veriler buzul çağlarla ara dönemlerde yaklaşık 10 metrelik hızlı değişiklikler olduğunu gösteriyor.

Buz Tabakası Modelleriyle Bu Sonuçlara Erişemiyoruz

Şekil 24: Paleoiklim deniz seviyesi verilerine ilişkin yorumlar. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

Paleoiklim Buz Tabakasının Öğrettikleri ve Özet

Buz tabakası modelleri, 100.000 yıllık zaman diliminde küresel iklim değişikliğini analiz etmeye yardımcı olmak üzere oluşturulmuştur. Bu modeller, doğaları gereği, bin yıllık zaman dilimlerine yanıt verir. Gerçeğe yakın buz akıntıları, kara buzullarına destek olan buz katmanlarının erimesinin okyanus ısınmasına etkisi ve buz katmanının yok oluşunun etkisiyle kara parçalarının genişlemesi gibi, hızlı buz tabakası değişikliği olasılığını gündeme getiren bütün süreçleri hesaba katmaz.

Yeterli buz tabakası modellerinin yokluğunda, buz tabakalarının geçmişte iklim değişikliğine nasıl tepki verdiğini gösteren paleoiklim verileri (Şekil 24) irdelemek önemlidir. Dünyanın gelişim seyri boyunca, deniz seviyesinin yüzyıllık zaman diliminde birkaç metre yükseldiği sayısız dönem olmuştur. Örneğin, su erime hamlesi 1A süresince, yaklaşık 14.000 yıl önce, su seviyesi 400 yılda yaklaşık 20 metre ya da 20 yılda yaklaşık 1 metre yükselmiştir. Yüzyıl başına birkaç metrelik deniz seviyesi yükselmesi en az birkaç kez meydana

Özet: Buz Tabakaları

1. Paleo Zorlayıcı, İnsan Kaynaklı Zorlayıcının Yanında Cüce Kalıyor.

2. Dahili Buz Tabakası Büyümesi Geçici Olarak Kenarlarda Buz Kaybına Yol Açarken, Deniz Seviyesi Yükselmeye Başlar.

3. Yaklaşık 3°C Isınma İçin Denge Deniz Seviyesi Tepkisi (25±10m=80 feet) Sistemin Kontrolümüz Dışına Çıkması Tehlikesi Taşır.

Şekil 25: Buz tabakaları ve deniz seviyesine ilişkin özet yorumlar. Kaynak: Hansen, *Amer. Geo. Union*, U23D-01, 6 Aralık, http://www.columbia.edu/~jehl, 2005.

gelmiş bir durumdur.

Uzun dönemli paleoiklim değişikliklere, dünyanın yörüngesel unsurlarında değişikliklere de neden olan güneş ışığının mevsimsel ve coğrafik değişikliklerine yol açan birincil zorlayıcılar binlerce yılda yavaş yavaş değişir. Bununla birlikte, iklim değişiklikleri çok hızlı gerçekleşir; çünkü önemli değişiklik bir kere başladığında, çok sayıda pozitif geribesleme etkin hale gelebilecektir. Gezegen ölçeğinde, bu geribeslemeler, atmosferik GHG miktarındaki değişikliği ve buz tabakaları alanını da kapsar. Ne var ki, bizatihi buz tabakaları, sulandıkça buz tabakası albedo'sunun değişikliği, buz tabakası yüzeyinin yüksekliğindeki değişiklik ve buzun sulu çözülmesiyle ilgili doğrusal olmayan dinamik süreçler gibi çoklu geribeslemeleri de içermektedir.

Böylesi pozitif geribeslemelerin olduğu bir sistem içinde buz tabakalarının hızlı çözülme potansiyeli vardır; çünkü buz tabakası değişiklikleri, yeni bir buz tabakası değişikliğine yol açan yeni bir enerji dengesizliğinin bir kaynağı haline gelir. Doğal sistem içinde, tetikleyici enerji dengesizliği küçüktür ve bin yıl içinde yavaşça değişir. Ancak mevcut sistemde, insan kaynaklı GHG zorlayıcısı yanında jeolojik geçmişin zorlayıcısı devede kulak kalır (Şekiller 9 ve 25) ve insan kaynaklı GHG'lerin sisteme eklenme hızı gezegen çapında bir enerji dengesizliği doğurur ve bu da buz tabakası değişikliğine yol açabilir.

Sonuç olarak diyebiliriz ki, eğer insan kaynaklı küresel ısınma, uzun dönemde deniz seviyesinde büyük bir artış ihtimali doğuracak kadar büyükse, buz tabakası değişikliğinin başlayacağı ve giderek kontrolden çıkacağı bir sistem yaratma potansiyeli vardır; aslında çok büyük bir ihtimalle de yaratacaktır.

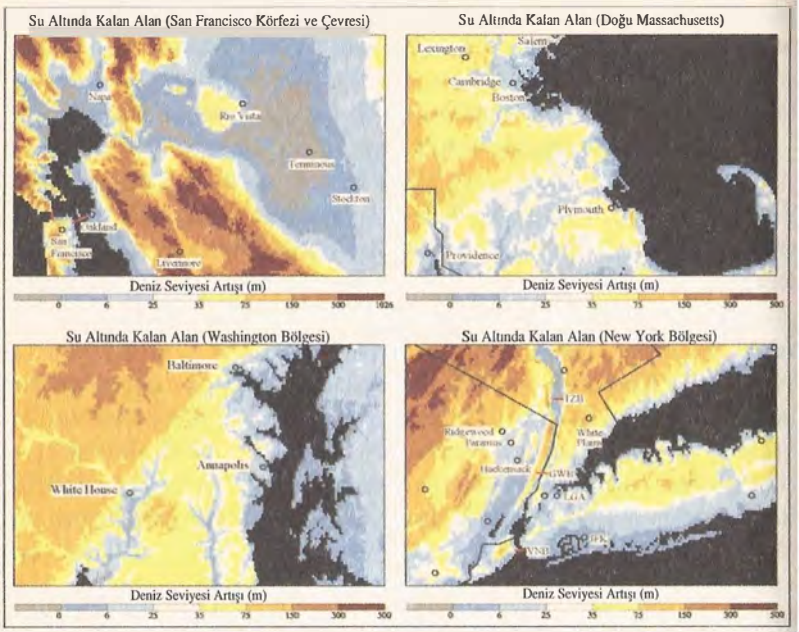
Eğer (2000 yılında olduğundan daha yüksek) ek insan kaynaklı küresel ısınma, beklenen (uzun dönemli) deniz seviyesi artışını 25 metrelik düzen seviyesinde oluşturacak kadar, örneğin 2-3°C, yüksek olursa, gezegen çapındaki felaketin sürekli olarak çok daha vahim hale gelme ihtimali belirecektir. Eğer ek ısınma 1°C'nin altında tutulursa, hâlâ, kontrolden çıkmaya başlayan bir buz tabakası tepkimesinin tetiklenme ihtimali olacaktır. Ancak, sistemin yöneleceği uzun vadeli değişiklik taş çatlasa "sadece" birkaç metreyi bulacaktır ve

enerji dengesizliği çok daha az olacağından, söz konusu deniz seviyesi değişikliğine erişmek daha uzun bir zaman alacaktır ve bu da hem uyum sağlama hem de etkisini azaltma hususunda daha iyi fırsatların doğacağı bir durum yaratacaktır.

Tanımlayıcı Deniz Seviyesi Yüksekliği

Eğer insanlık, en az 2-3°C'lik küresel ısınma öngören Mutat Senaryo'yu izleyecek olursa, sonunda büyük bir ihtimalle deniz seviyesinde 25±10 metrelik bir yükselmeyi de hesaba katmak zorunda kalacaktır. Geribeslemeler doğrusal olmayan dehşetli bir tufanı yaratacak kadar güçlü hale gelene dek buz tabakası çözülmesi gayet yavaş seyrettiği için, deniz seviyesinin değişmeye başlamasının ne kadar zaman alacağını söylemek de mümkün değildir. 2-3°C'lik küresel ısınma daha yüksek kutup ısınmalarına neden olacak, bu da beraberinde çok büyük bir ihtimalle iki unsurdan en az birinin kutuplarda artışını getirecek, sonunda da hem Grönland hem de Batı Antarktika yaz erimelerine teslim olacaktır. Böylesi aşırı koşulların etkisini tahmin etmek son derece zordur. Buz tabakası modellerinde sözü edilmeyen, hızlı buz akıntılarının ve "buz sarsıntısı" sıklığının artışına ilişkin kanıtlar ışığında, ben böylesi güçlü küresel ısınmanın bu yüzyıl içinde güçlü bir doğrusal olmayan buz tabakası tepkimesi başlatacağına inanıyorum.

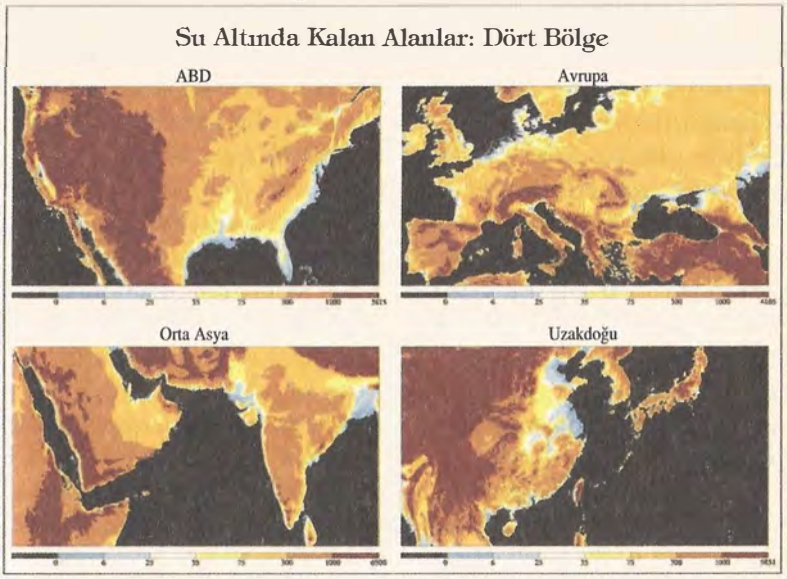
Azalan buz albedo'sunun, buz tabakasının taban kayganlığının ve buz katmanlarının destek kaybının yarattığı pozitif geribeslemeler daha şimdiden etkili olmaya başlıyor. Buz kaybı ve deniz seviyesindeki yükselme önemli oranda arttıkça, buz tabakası yüzeyinin alçalması (ve dolayısıyla ısınması) ve deniz seviyesindeki yükselme (dolayısıyla ayrım noktalarından yırtılarak kopan buz katmanlarının yükselmesi) sonucunda oluşan ek pozitif geribeslemeler etkili olmaya başlar. Benim düşünceme göre, 2-3°C'lik küresel ısınma düzeyine erişildiği zaman, deniz seviyesinde her 20 yılda 1 metrelik yükselme çok büyük bir olasılıktır ve aslında bu olmazsa şaşarım. Dolayısıyla, mutat ısınma halinde büyük bir ihtimalle gerçekleşecek olan, hızlı, doğrusal olmayan çözülme bu yüzyıl içinde başlarsa, 2100 dolaylarında deniz seviyesinde birkaç metrelik bir artış mümkündür ve bu da daha fazla artışın yolda olduğu ve pratik olarak da engellenemeyeceği anlamına gelir.



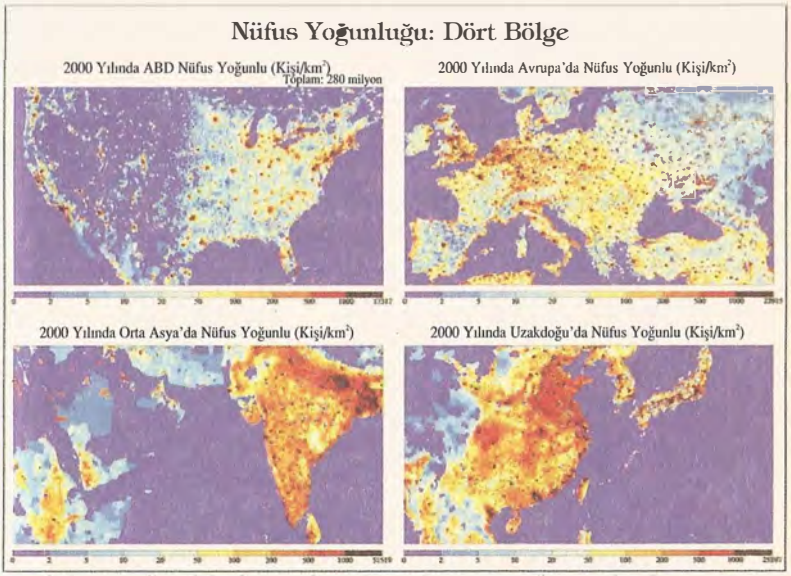
Şekil 26: San Francisco, Boston, Washington ve New York bölgeleri için 6 metrelik (koyu mavi), 25 metrelik (açık mavi), 35 metrelik (beyaz) ve 75 metrelik (sarı) deniz seviyesi artışıyla su altında kalacak alanlar.

Buz tabakası ataleti yirmi otuz yıl için büyük değişiklikleri engelleyebilir; ama kanımca, Mutat Senaryo koşullarında bu yüzyıl içinde hızlı değişme süreci muhtemelen başlayacaktır. Dünyanın gelişim seyrine bakıldığında, deniz seviyesinin yüzyıl başına birkaç metre arttığı sayısız örnek göze çarpar. Paleoiklim örnekler buz tabakaları çözülmesinin alçak enlemlerde yavaş bir seyir izleyebileceğini gösteriyor olabilir; ancak etken güçler, geçmişte, bu yüzyılın sonlarındaki mutat insan kaynaklı zorlayıcılardan çok daha zayıftı. 2-3°C'lik küresel ısınmayla, Grönland ve Batı Antarktika buz tabakaları en az paleoiklim buz tabakaları kadar zayıf olacaktır.

Mutat küresel ısınmaya bağlı olarak tahmin edilen, 25±10 metrelik uzun dönemli deniz seviyesi değişikliği için birkaç yüzyıl ya da daha fazla zaman gerekebilir; ancak tepki zamanını kestirmek zordur çünkü dünyanın gelişim seyrinde böy-



Şekil 27: ABD, Avrupa, Hindistan ve Çin odaklı bölgelerde 6 metrelik (koyu mavi), 25 metrelik (açık mavi), 35 metrelik (beyaz) ve 75 metrelik (sarı) deniz seviyesi artışıyla su altında kalacak alanlar.



Şekil 28: Bir önceki deniz seviyesi haritasında gösterilen dört bölgedeki nüfus yoğunluğu.

lesi hızlı ve büyük bir zorlayıcıya rastlanmamıştır. Şekil 26'daki mavi bölgeler deniz seviyesinin 25 metre yükselmesi halinde suyun altında kalacaktır. New York'ta, örneğin Manhattan'ın neredeyse tamamı suyun altında kalacaktır. Beyaz Saray'ın denizden yüksekliği yaklaşık 17 metredir; dolayısıyla 8 metre su altında kalacaktır.

Şekil 27, dünyanın çeşitli bölgelerinde verili deniz seviyesi değişikliğine bağlı olarak suyun altında kalacak alanları gösteriyor. Birçok büyük şehir de içlerinde olmak üzere, ABD'nin Doğu Yakası özellikle savunmasız bir durumdadır ve Florida'nın çoğu 25 metrelik bir yükselme durumunda suyun altında kalacaktır. Bangladeş'in büyük bir bölümüyle Çin ve Hindistan'da geniş bölgeler de yine aynı kaderi paylaşacaktır.

Şekil 28, aynı bölgelerdeki nüfus yoğunluğunu gösteriyor. Şekil 29'da özetlendiği üzere, 2000 yılı baz alınarak, deniz seviyesindeki 25 metrelik yükselme neticesinde yerinden olacak insan sayısı ABD'nin Doğu Yakası'nda yaklaşık 40 milyon, Batı Yakası'nda ise 6 milyondur. Çin'de 200 milyon insan 25 metrelik bir yükselişle suyun altında kalacak bölgelerde yaşıyor. Bu rakam Hindistan'da yaklaşık 150 milyondur,

2000 Yılında Nüfus (milyon kişi)

Bölge (toplam nüfus)	Su Altında Kalan Nüfus (verili deniz seviyesi artışı için)			
	6m	*25m*	*35m*	*75m*
ABD (283)				
Doğu Kıyısı	9	41	51	70
Batı Kıyısı	2	6	9	19
Çin+Tayvan (1275+23)	93	224	298	484
Hindistan+Sri Lanka (1009+19)	46	146	183	340
Bangladeş (137)	24	109	117	130
Endonezya+Malezya (212+22)	23	72	85	117
Japonya (127)	12	39	50	73
Batı Avrupa (454)	26	66	88	161

Şekil 29: 2000 yılı nüfus verilerine göre, belli deniz seviyesi artışları için belli bölgelerde su altında kalacak olan nüfus.

Bangladeş'te ise 100 milyondan fazladır.

Yükselen bir denizin etkileri aşamalı bir biçimde ortaya çıkmayacaktır; tam tersine, bu etkiler ağırlıklı olarak fırtınaların patladığı zamanlarda hissedilecektir. Dolayısıyla, düşünecek olursak, bir ya da iki yüzyıla yayılacak bu deniz seviyesindeki yükseliş baş edilmesi zor bir süreç olacaktır. Çok büyük bir ihtimalle, böyle bir süreç sürekli değişen bir kıyı şeridinde sürekli yeniden yapılaşma gerekliliğini de beraberinde getirecektir.

5.B. Türlerin Yok Oluşu

Hayvan ve bitki türlerinin yok oluşu iyimser bir ifadeyle biyolojik çeşitlilikte bir azalma olarak adlandırılabilir (Şekil 30). Dünya yüzeyindeki bitki ve hayvan dağılımı iklim modellerinin bir yansımasıdır. Geçmişte, doğal iklim değişiklikleri yaşanırken, türler de göç etmiş ve yeni çevrelerine uyum sağlamıştır. Günümüzde birçok tür, çoğu insan kaynaklı, çeşitli nedenlerle sıkıntıya düşmüştür ve iklim değiştikçe onların da göç kabiliyetleri sıklıkla, kıyı şeritleri ve kent yerleşimleri gi-

Türlerin Yok Oluşu
(biyolojik çeşitliliğin ölümü)

1. Bitkilerin ve hayvanların dağılımı iklime yansır.
2. Çeşitli gerilimlere bağlı olarak yok oluşlar meydana gelir.
3. İklim değişikliğinin ek gerilimleri göçleri tetikler.
4. Bazı göç yolları doğal ve insan kaynaklı engellerle tıkanır.
5. Gözlenen oranlar (~5km ve 6m/on yıl) izotermlerden küçüktür.
6. Türlerin birbirlerine bağımlılıkları nedeniyle doğrusal olmayan hareketlerdir bunlar.

→Mutat Senaryo ile Alternatif Senaryo arasındaki büyük farkı hatırlayın!

Şekil 30: İklim değişikliğinin türlerin yok oluşuna etkisiyle ilgili tartışma noktaları.

Armadillolar Arkansas'ta

19 Mart 2006 Tarihli E-Posta

Sayın Bay,

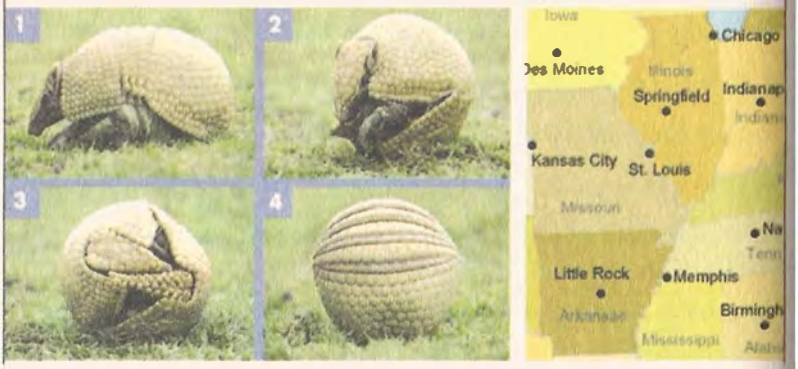
60 Dakika Raporu'nuzu çok sevdiğimi size söylemek istedim.

Eğer vaktiniz varsa size son on yılda yaptığım bir gözlemi aktarmak istiyorum. Ben Arkansas'ın bir parçası olan Northeastern'da yaşıyorum ve birkaç yıl dışında hayatımın 53 yılını bu bölgede geçirdim.

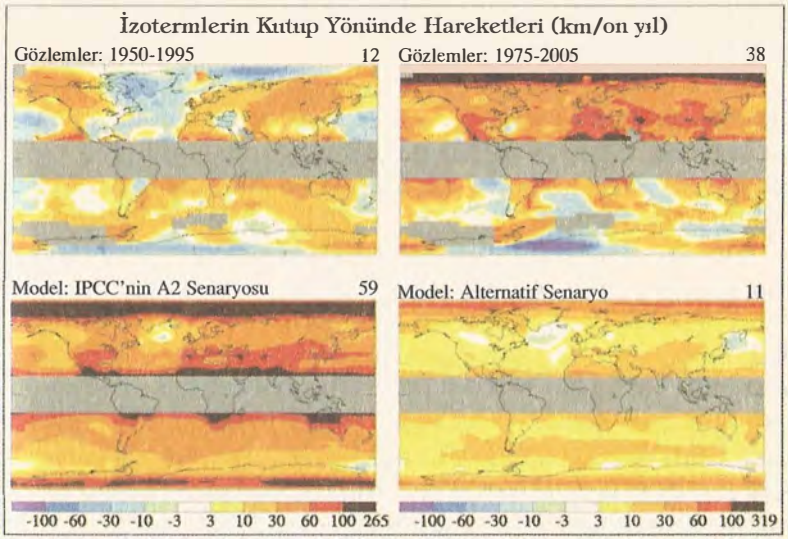
Gözlemim armadillolarla ilgili. 10 yıl öncesine kadar ben bu hayvanları hiç görmemiştim. Her gün, 40 millik aynı yolu katediyorum ve sessizce gözlemlediğim bu hayvanların 10 yıldır daha kuzeye doğru hiç durmadan ilerlediklerini görüyorum. Her yıl, 10 ila 20 mil ilerliyorlar. Siz ne derseniz deyin, ben bu hayvancıkların soğuk havadan pek hoşlanmadıklarını biliyorum.

Şekil 31: 19 Mart 2006 tarihinde J. Hansen'e gelen, "armadillo"lara ilişkin e-posta.

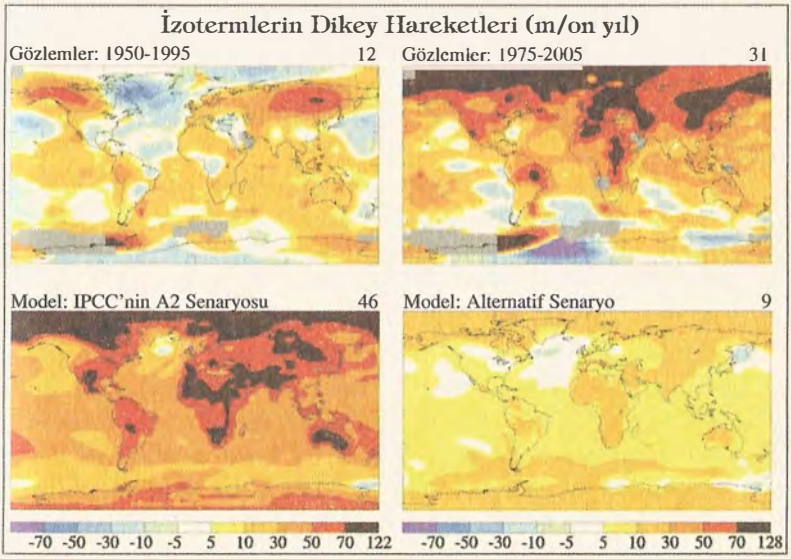
Armadillolar: Hayatta Kalan Türlerden Biri mi?



Şekil 32: Armadillo fotoğrafları ve armadillo göçünü gösteren harita.



Şekil 33: İki dönem için gözlenen yüzey sıcaklıkları temelinde izotermlerin kutup yönündeki hareketleri ve IPCC'nin A2 Senaryosu'yla Alternatif Senaryo için 21. yüzyıl simülasyonları.



Şekil 34: İki dönemlik gözlemler temelinde izotermlerin dikey hareketleri ve IPCC'nin A2 Senaryosu'yla Alternatif Senaryo için 21. yüzyıl simülasyonları.

bi insan kaynaklı, aynı zamanda doğal engeller tarafından sekteye uğratılacaktır.

Armadillolar belirgin olarak göç halinde olan türlere bir örnek teşkil eder (Şekil 31 ve 32). Sert bir kabukları olmasına rağmen, kuzey bölgelerde uygun yaşam alanı bulup bulamayacakları ve oralarda iyi karşılanıp karşılanmayacakları henüz belli değildir.

Hayvan ve bitki türlerinin içinde bulundukları sıkıntıyı anlamak için yararlı bir ölçü, izotermlerin yer değiştirme oranıdır. Diğer bir ifadeyle, dünya ısındıkça, verili bir türün uyum sağladığı iklim, mevcut etki alanını ne kadar hızlı terk eder, gelecekte ne kadar hızlı değişecektir ve bu hareket, türlerin yok olmasına sebebiyet verecek kadar hızlı ya da yakın mıdır? Şekil 33 ve 34, hem Mutat hem de Alternatif Senaryolar için yapılmış gözlemlere göre, sırasıyla, kutup yönünde ve dikey izoterm göç oranlarını gösteriyor.

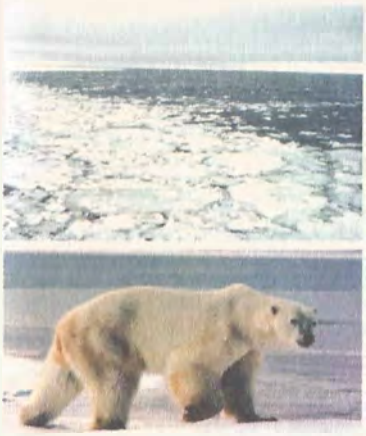
1950-1995 yılları arasında gözlemlenen, izotermlerin yer değiştirme oranı, on yılda, ortalama 12 km kutup yönünde ve 12 m dikey doğrultuda olmuştur. Türlerin hareketlerine ilişkin gözlemlerin kayıtlı olduğu bir dönem olduğundan bu zaman aralığı tercih edilmiştir. Yaklaşık 1700 tür üzerine yaptıkları çalışmalardan, Parmesan ve Yohe (*Nature* 421, 37, 2003) aynı doğrultulardaki büyüklükleri ortalama olarak on yılda 6 km ve 6 m olarak bulmuştur; bu da 1950-1995 döneminde izotermlerin ortalama hareketinin yaklaşık yarısına denk düşer.

IPCC'nin A2 senaryosu, ortalama olarak on yılda 60 km'lik bir 21 yüzyıl izoterm yer değişimi oranı veriyor; Alternatif Senaryo'da bu değer yaklaşık 10 km'dir (Şekil 34). A2 senaryosu, günümüzde zaten gerçekleşmekte olan ısınmayla birlikte, 1000 km'ye yaklaşan bir toplam göç uzaklığını ima ediyor.

Mutat göç oranları ve mesafeleri birçok tür açısından yaşanacak zorlukları akla getiriyor. Bazı türler diğerlerine göre daha hareketlidir; ama birçok durumda farklı türler arasında karşılıklı bağımlılık ilişkisi mevcuttur. Göç mesafeleri o kadar uzundur ki, çoğu canlı kendini koruyarak yeni yerine yerleşemeyecektir ve ayrıca çoğu da kıyı şeridi gibi engellere takılıp kalacaktır.

Aslında, mutat iklim zorlayıcısının eşliğinde gelecek büyük iklim değişikliği birçok kutup türünü gezegenin dışına

Kuzey Kutbu'na İlişkin İklim Değerlendirmesi



- Kasım 2004'te yayımlanmış 140 sayfalık rapor.
- Yakında yayımlanacak asıl rapor (bölümler elektronik olarak www.acia.uaf.edu adresinden edinilebilir).
- Kuzey Kutbu'nda olası uzun vadeli değişiklikler.
  - — Yükselen sıcaklıklar
  - — Yükselen nehirler
  - — Azalan kar kalınlığı
  - — Artan yağış
  - — Kutuplardaki donmuş toprağın çözülmesi
  - — Göl ve nehir buzlarının azalması
  - — Buzulların erimesi
  - — Grönland buz tabakasının erimesi
  - — Yaz deniz buzlarının çekilmesi
  - — Yükselen deniz seviyesi
  - — Okyanus tuzluluk oranının değişmesi
- Kutup ayısı, fok balığı, deniz aygırı, kutup tilkisi, kar baykuşu, birçok deniz ve kara yosunu türü risk altındadır.

Kaynak: Claire Parkinson ve Robert Taylor

Şekil 35: Kuzey Kutbu'na ilişkin iklim değerlendirmesi (www.acia.uaf.edu).

itecektir (Şekil 35); çünkü onların göç edebilecekleri daha soğuk bir yer yoktur. Elbette, kutup ayıları gibi bilinen türler hayvanat bahçelerinde yaşatılarak "kurtarılacaktır"; ancak onların doğal yaşam alanlarının yok oluşu böylesi bir hayata tutunmayı içi boş bir teselli haline getirecektir.

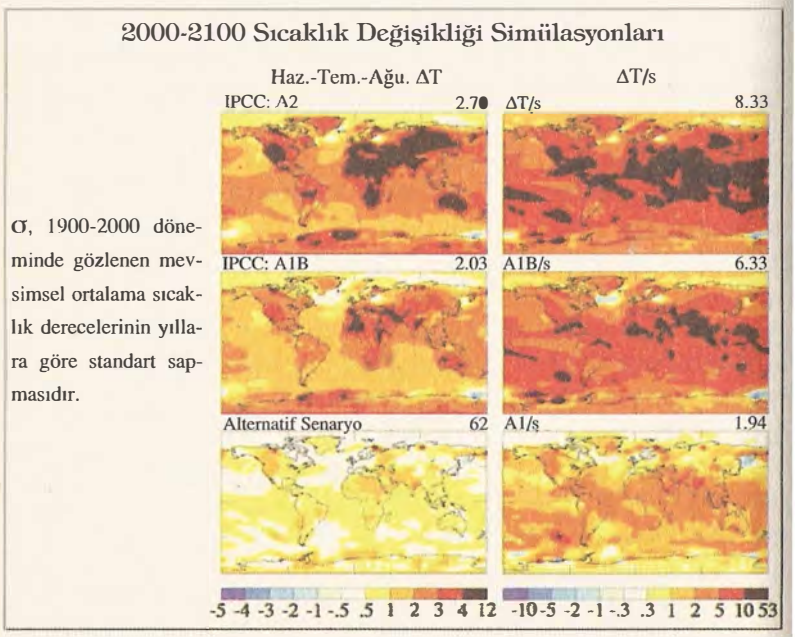
Sonuç olarak, Mutat Senaryo'ya bakarak türlerin telef olma oranı hakkında kesin bir şey söylemek imkânsızdır. Ortalama algı, yani birkaç derecelik bir ısınmanın kolaylıkla uyum sağlanabilecek bir şey olduğu anlayışı, son derece yanlıştır. 3°C'lik bir küresel ısınma, 2000 yılına kadar gerçekleşmiş 0.7°C ile birlikte, dünyanın gelişim seyrinde birkaç topyekûn tahribatı da beraberinde getirecek olan tahmini küresel ısınma (yaklaşık 5°C) büyüklüğüne yaklaştığımız anlamına gelmektedir. Böylesi topyekûn tahribatlar türlerin %50-90 oranında yok olmasına sebebiyet verecektir.

Topyekûn tahribatın ardından yeni türler gelişecek ve olgunlaşacaktır; ancak bunun için milyonlarca yıl gerekir. Şu çok açık ki, topyekûn tahribatlara yol açacak derecede bir kü-

resel ısınma, insan türünün var olacağı tüm zamanlar için çorak bir gezegen bırakacaktır geriye.

5.C. Bölgesel İklim Değişikliği

Şekil 36'da, 21. yüzyılda beklenen iklim değişikliğinin büyüklüğüne ilişkin iki senaryoyu görüyoruz: IPCC Mutat GHG senaryoları (A2 ve A1B) ve Alternatif Senaryo. Şeklin sol tarafı 21. yüzyılda mevsimsel (Haziran-Temmuz-Ağustos) ortalama sıcaklık derecesi değişimlerini ve sağ taraf da bu sıcaklık değişiminin 20. yüzyılda mevsimsel ortalama sıcaklığın gözlemlenen standart sapmasına oranını gösteriyor. Mutat Senaryolardaki ısınmanın standart sapması 5-10 aralığındayken, Alternatif Senaryo'daki standart sapmanın ortalaması 2'nin altındadır.



Şekil 36: Mutat ve Alternatif GHG Senaryoları için mevsimsel (Haz.-Tem.-Ağu.) sıcaklık değişikliklerinin 21. yüzyıl simülasyonları ve bir önceki yüzyıldaki sıcaklığın gözlenen standart sapmasına göre sıcaklık değişikliği oranı. Kaynak: Hansen vd., *J. Geophys. Res.*, 2006.

Mevsimsel ortalama sıcaklık artışının 5-10 aralığında bir standart sapmaya sahip olması, yüzyılın sonundaki ortalama sıcaklığın bile bir önceki yüzyılda yaşanmamış bir aralıkta olacağı anlamına gelir. Çevresel koşullarda böylesine muazzam bir değişiklik, bana göre, tehlikeli değişiklik için daha ilk bakışta bir kanıt oluşturur.

Bölgesel iklim çeşitlilikleri ve değişikliği büyük pratik sonuçlar yaratabilir. Bilimsel çevrelerde, yayımlanacak (2007) IPCC raporunda özetlendiği üzere, küresel ısınmanın getireceği bazı bölgesel iklim etkileri hususunda yaygın bir görüş birliği vardır. Sunduğum bu uzman raporunun amaçları açısından, Kaliforniya'da beklenen bölgesel iklim etkilerinin başkaları tarafından giderileceği varsayılmıştır. Bu yüzden, burada iklim gözlemlerinde daha şimdiden dikkat çekmeye başlayan birkaç bölgesel etkiden söz edeceğim.

Küresel ısınmanın hidrolojik döngülerde aşırı durumların artmasına sebebiyet vermesi, dolayısıyla bir yandan şiddetli kuraklıklar yaşanırken, diğer yandan yoğun yağmurlar yağması, hatta seller olması beklenmektedir. Özgün olarak, troposferik devirdaim döngüsündeki bir yavaşlama nedeniyle, Amerika'nın güneybatısı da dahil olmak üzere, alt-tropik bölgelerde kuraklığın artması ve tropik fırtınalar da dahil, gizil buharlaşma ısısından doğan fırtınaların gücünde bir artış beklenmektedir. Ayrıca, dağ buzullarında erime ve sonuçta, çoğu dağın zirvelerindeki karlarda azalma.

Bu bölgesel etkilerin bazılarının daha şimdiden görülmeye başladığı düşünülürse, GHG salımlarının oranını düşürerek böylesi iklim etkilerini tamamen önlemeyi bekleyemeyiz. Bununla birlikte, bütün bu örneklerde, etkilerin tekdüze olacağı, diğer bir deyişle, zorlayıcı büyüdükçe etkilerin de büyüyeceği düşünülmüştür. Böylelikle, en büyük ve en zararlı sonuçlar iklim zorlayıcısını azaltarak önlenebilir. Bazı durumlarda, bu azalma muhtemelen çok büyük bir farklılık yaratacaktır. Örneğin, şimdiye kadar iklim değişikliği, Kaliforniya'da bulunan dağların tepelerindeki kar miktarı üzerinde karışık bir etkide bulunmuştur; çünkü ısınma atmosferik nem oranını artırır, dolayısıyla bazı durumlarda kar yağışında artışa sebebiyet verir. Öte yandan, eğer ısınma kar mevsimini büyük oranda kısaltacak kadar fazlaysa, kar miktarına etkisi kesin ve son derece negatif olacaktır. Sonuç olarak, di-

yebiliriz ki, insan kaynaklı etkileri bütünüyle önlemek imkânsız olmakla birlikte, iklim zorlayıcısını sınırlandırmak büyük yararlar sağlayabilir.

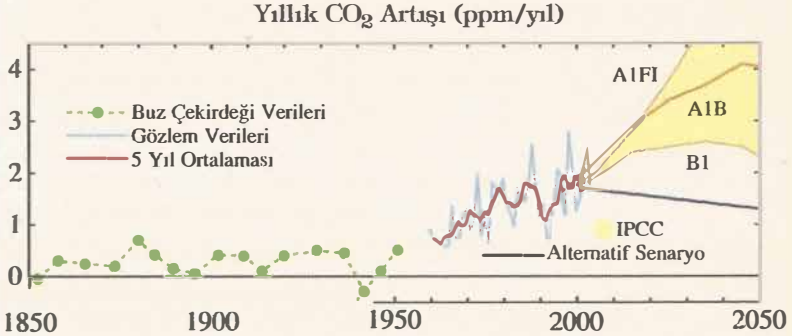
6. Gerçek Dünya Trendleri: Mutat Senaryo mu Alternatif Senaryo mu?

Alternatif Senaryo, en gelişmiş ülkelerin CO_2 ve GHG salımlarını makul bir düzeyde azaltmak için anlaşmak üzere oldukları bir zamanda, 2000 yılında önerildi (*PNAS*, 97, 9875, 2000). Dolayısıyla, Alternatif Senaryo, yirmi yıl önce ortaya çıkan ozon deliği sorununun başarılı bir biçimde ele alınmasıyla benzerlik kurularak tasarlanmıştır. Bu örnekte, gelişmiş ülkeler, bir yandan alternatif teknolojiler üzerinde çalışırken, konuyla ilgili kimyasalların üretimi ve salımlarının belli bir düzeye çekilmesi hususunda anlaşmıştı. Gelişmekte olan ülkelerin bir on yıl daha bu kimyasalları kullanmasına izin verilmiş; ancak sonra onların da gelişmiş ülkelerin teknolojik yardımıyla bu kimyasalları kullanmaya son vermesi hususunda anlaşmaya varılmıştır. Gelişmekte olan ülkelerin bu on yıllık geriden gelişi salınlarda muazzam bir farklılık yaratmamıştır; çünkü gelişmekte olan ülkeler henüz eski teknolojiye dayalı büyük bir altyapı kurmadan, salımlar sorunu ele alınmış oluyordu.

GHG'ler için Alternatif Senaryo'nun da benzer bir biçimde işleme şansı vardı. Çoğu gelişmiş ülke Kyoto Protokolü'nü benimserken, ABD'nin bu anlaşmayı imzalamaya yanaşmadığı görülüyordu. Ancak bununla birlikte, CO_2'nin, salımları azaltılacak bir kirletici olarak muamele göreceğine ilişkin yaygın bir uzlaşı söz konusuydu. Ne var ki, bu yol izlenmedi ve CO_2 salımları, çoğu da gelişmiş ülkelerde olmak üzere, artışını sürdürdü ve aynı zamanda gelişmekte olan ülkeler de, çoğu kez eski, verimsiz teknoloji kullanarak, salımlarını hızla artırdılar. Dolayısıyla, bu noktada sorulması gereken soru şudur: Küresel ısınma sorununa kapsamlı bir çözüm getirme hususundaki bu gecikme Alternatif Senaryo'ya benzer bir senaryoyu işletme olasılığını tümden geçersiz mi kılmıştır? Alternatif ve Mutat Senaryolarla, yaşadığımız dünyanın salımları nasıl kıyaslanır?

CO_2

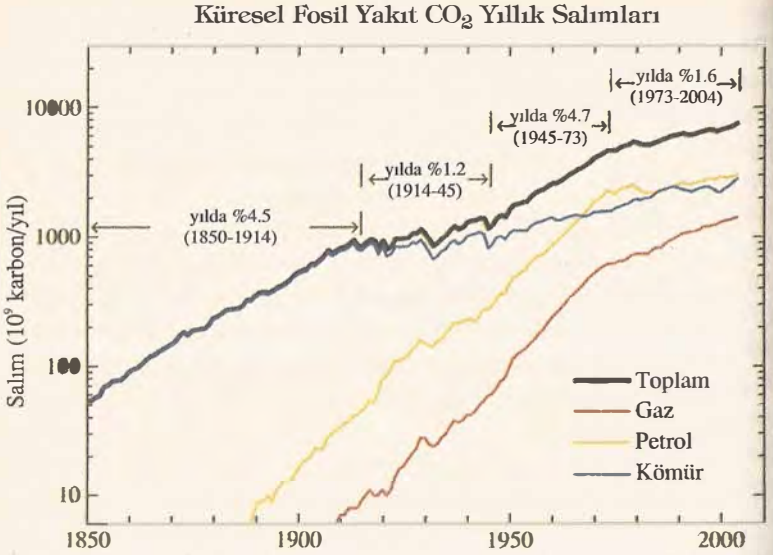
Atmosferdeki yıllık CO_2, hassas ölçümlerin yapılmaya başlandığı 1958'deki 1 ppm/yıl değerinden, yakın tarihlerde, yaklaşık 2 ppm/yıla yükseldi (Şekil 37). Mutat Senaryolarda, tipik olarak yıllık %2'lik artış sürüyor; bu da yüzyıl ortalarında yaklaşık 4 ppm/yıllık bir büyüme yaratır. Buna karşılık, Alternatif Senaryo, yüzyıl ortasına kadar CO_2'nin yıllık artışında ılımlı bir düşüşü gerekli görürken, yüzyılın ikinci yarısında şiddetli bir düşüşü, yani 2100'de yıllık artışın sıfıra indirilmesini, diğer ifadeyle, atmosferik CO_2'nin 2100 yılında yaklaşık 475 ppm değeriyle zirve noktasına erişmesini gerekli görüyor.



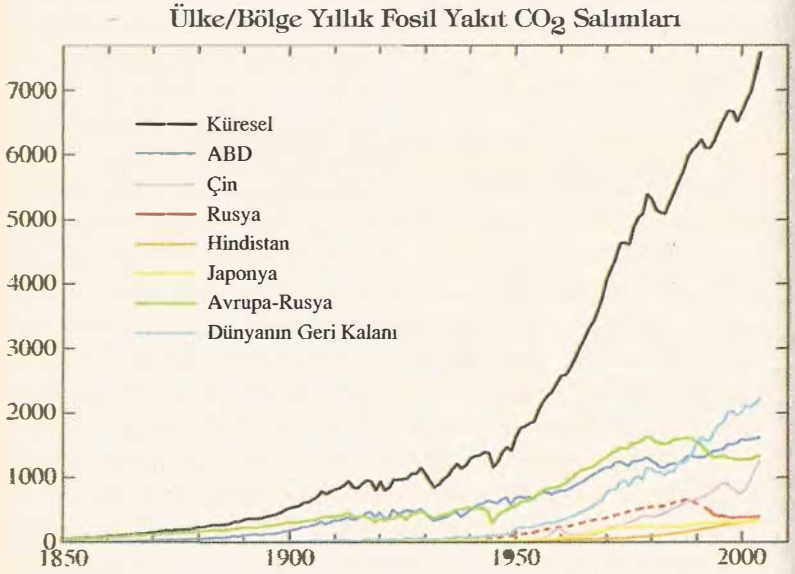
Şekil 37: Gözlemlerde ve senaryolarda yıllık atmosferik CO_2 artışı (ppm/yıl). Kaynak: Hansen ve Sato, *PNAS*, 101, 16109, 2004.

CO_2 fosil yakıt salımları, Alternatif Senaryo'nun başarılı olması için düşürülmek zorundadır. II. Dünya Savaşı'ndan petrol ambargosunun yaşandığı ve fiyatların arttığı 1973 yılına kadar geçen dönem içinde, fosil yakıt yıllık CO_2 salımları oranındaki artış yaklaşık olarak yıllık %4.5'ti. 1973'ten beri enerji verimliliği konusuna büyük önem verilmektedir ve bunun sonucunda fosil yakıtlar ve ekonomik büyüme oranları kısmen birbirinden ayrılmıştır; öyle ki, CO_2 yıllık salımlarının büyüme oranı, yaklaşık olarak, yıllık %1.5 düzeyine çekilmiştir (Şekil 38 ve 39). Nakliyat sektörü ve enerji santralleri, 1973'ten beri süren büyümeye en büyük katkıyı yapmaktadır; bunların büyüme oranları sırasıyla %2.6 ve %2.2'dir.

Alternatif Senaryo'nun başarılı olması için fosil yakıt salımlarında başka bir temel değişiklik de zorunludur. Özel



Şekil 38: Marland ve Boden'in verilerine dayanarak küresel fosil yakıt CO_2 yıllık salımları; bu grafikte ayrıca Marland ve Boden'in verileriyle örtüştüğü yıl normalleştirilmiş British Petrol verilerinden de yararlanılmıştır. Kaynak: Hansen ve Sato, *PNAS*, 98, 14778, 2001.



Şekil 39: Bir önceki grafikteki gibi burada da, fosil yakıt salımları gösteriliyor. Ama burada doğrusal ölçekte ve kaynak olan bölgelere bölünmüş şekilde. Kaynak: Hansen vd., *J. Geophys. Res.*, 2006.

olarak, yakın dönemde salım artışını durdurmak ve yüzyıl ortasına gelmeden önce salımları önemli oranda azaltmak gerekecektir. Bu senaryonun uygulanabilirliğini ve teknik gerekliliklerini daha sonra tartışacağız.

CO_2'siz Zorlayıcılar

Alternatif Senaryo'daki CO_2'siz zorlayıcı oranı, iklim yönetiminin başarılı olması için vazgeçilmez bir öneme sahiptir. 475 ppm'lik bir büyüklüğe erişmiş CO_2 miktarı, ancak bazı CO_2'siz zorlayıcılar hiç tartışmasız bir miktarda azaltılırsa, 1°C'den az bir küresel ısınmayı sonuçlayabilir. 2000-2005 arasındaki fiili CO_2'siz zorlayıcılar Alternatif Senaryo'dakine denk bir değere yaklaşmıştı ve onların büyümeleri IPCC'nin Mutat Senaryolarında belirtilenden azımsanmayacak bir oranda yavaştı. Bu zorlayıcı faillerden en önemlisi olan metan (CH_4), çok da anlaşılmayan nedenlerle, birkaç yıldır neredeyse durağan bir seyir izlemektedir. Bu yavaşlamanın muhtemel nedenlerinden biri, fosil yakıtların çıkarılması sürecinde metan kaybının (atmosfere yayılmasının) azaltılmasıdır. Metanın depolarda ve atık arıtma tesislerinde hapsedilmesi de metan artışının azalmasına katkıda bulunmuş olabilir; ayrıca depoların sayısı da artmaya devam ediyor.

Alternatif Senaryo'nun CO_2'siz diliminde denklik sağlama başarısının sürdürülmesi zor olacaktır ve eşgüdümlü çabalar olmaksızın gerçekleştirilme ihtimali çok azdır; çünkü senaryo, CH_4 miktarında uzun dönemde mutlak bir indirim varsayıyor. Öteki CO_2'siz zorlayıcı faillerin mevcut durumu belirsizdir; çünkü O_3, kara kurum ve öteki aerosoller konusunda yeterli doğru küresel ölçümler yoktur elimizde.

7. Stratosferik Ozon Hikâyesinin Küresel Isınmayla Bağlantısı

Ozon deliğiyle küresel ısınma hikâyeleri arasında yakın benzerlikler vardır. Ozon örneğinde, potansiyel bir küresel felaket başarılı bir biçimde duyurulmuş olduğundan, bu sorunu çözmek için alınması gereken önlemleri özetlemek daha anlamlı olacaktır. Aslında, Alternatif Senaryo kısmen ozon sorununu çözme hususunda izlenen yaklaşımla benzerlik temelinde tasarlanmıştır.

Ozon sorununu gözden geçirmek küresel ısınma sorunu açısından anlamlıdır. Özellikle, Özet Bölümü'nde tartıştığımız üzere, önerilen otomobil verimlilik standartlarının meziyetleri üzerinde durmak yararlı olacaktır. Bununla birlikte, otomobillerde zorunlu sigorta yükümlülükleri gibi bazı konuların yeri burası olmayabilir ve burada bunlardan bahsedilmeyebilir.

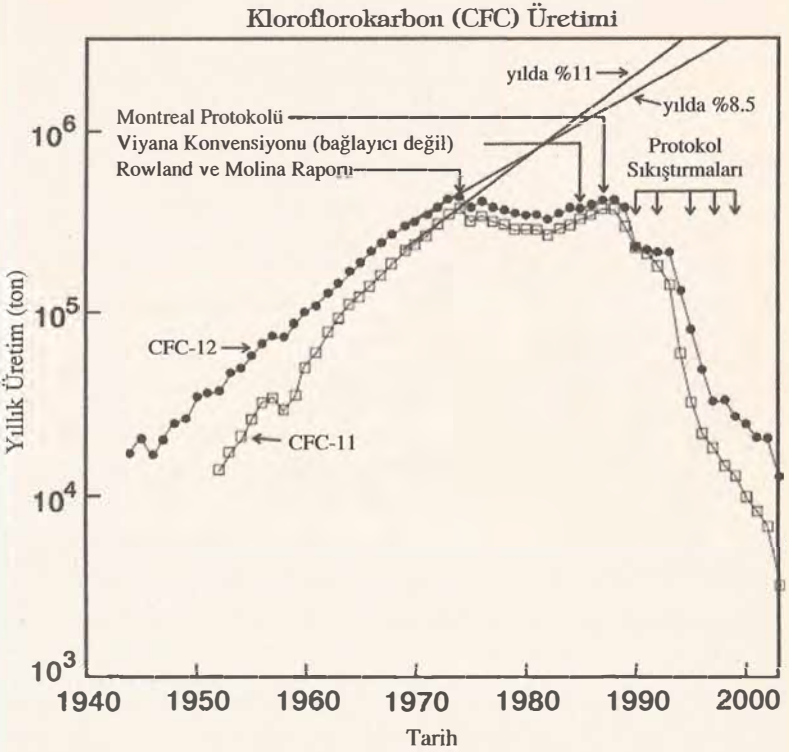
Elbette, belli kimyasalların kullanımına son verilmesini gerektiren ozon sorununun çözümü küresel ısınmanın çözümüne göre çok daha kolaydı. Öte yandan, küresel ısınma çözümlerinin beraberinde getireceği muazzam ek faydalar söz konusudur. Yine de, bizim temel amacımız çözümü beraberinde getirecek farklı oyuncuların rolünü irdelemek ve gerek güçlüklerin kaynağı gerek onların üstesinden gelme yolları hususunda kılavuz hizmeti görecek şekilde, her iki örnekteki oyuncuların davranışlarını karşılaştırmaktır.

Ozon

1974'te, Rowland ve Molina, kloroflorokarbonların (CFC) büyük bir ihtimalle stratosferik ozonu tahrip edeceğini ortaya koydu. Daha sonra takdire değer, başarılı bir çevreyi koruma hikâyesine, bütün önemli oyuncuların, bilim insanlarının, medyanın, özel çıkar çevrelerinin, kamuoyunun ve hükümetlerin olumlu ve önemli roller üstlendikleri bir hikâyeye, dönüşecek olan şeyin ilk bölümüydü bu. Daha az bilinen ise, dünyanın tamir edilemez zararlara neden olabilecek bir kırılma noktasına, küresel ısınmanın mevcut durumuna benzer bir kırılma noktasına ne kadar yakın olduğuydu.

1974 yılına gelene kadar onlarca yıl, CFC'ler yılda %10'luk bir artış gösteriyordu (Şekil 40). Eğer bu artış bir on yıl daha sürmüş olsaydı, CFC'lerin sera etkisi şimdi CO_2'nin etkisini büyük oranda aşacak ve feci sonuçlar doğuracak küresel ozon kaybı yaşanacaktı.

Gerçekte, bilim insanları açık bir uyarıda bulundular. Medya mesajı kamuoyuna duyurma görevini iyi bir şekilde yerine getirdi. İlk kuşkuların dağılmasının ardından, kimyasalların imalatçıları enerjilerini hızla alternatif teknolojiler geliştirmeye harcadılar. Çevreci grupların cesaretlendirdiği kamuoyu CFC'li spreyleri boykot etti; bu da CFC üretiminde bir duraklamaya (Şekil 40) ve CFC üretim altyapısı inşasının tamamen durmasına yol açtı. ABD ve Avrupa'nın önderliğinde



Şekil 40: Zaman içinde kloroflorokarbon (CFC-11 ve CFC-12) üretimi. Kaynak: Hansen vd. tarafından güncelleştirilmiş, *JGR*, 94, 16417, 1989.

hükümetler önlemler aldı. Örneğin, 1980'lerde Antarktik ozon deliğinin keşfedilmesi ve CFC üretiminin buzdolabı sayısındaki hızlı artış yüzünden tırmanmaya başlamasının ardından, herhangi bir bağlayıcılığı olmayan Viyana Konvansiyonu benimsendi.

Bağlayıcılığı olmayan Viyana Konvansiyonu CFC üretiminin artışını önlemedi; ancak kısa bir süre sonra bağlayıcı Montreal Protokolü benimsendi ve CFC üretimi azalmaya başladı. Gelişmekte olan ülkeler de Protokol'e taraftı; ancak onlara CFC üretiminden vazgeçmeleri için on yıl süre verildi ve buzdolapları için alternatif teknolojiler üretmeleri için Dünya Bankası aracılığıyla finansal destek sağlandı.

Ozon Başarısının Öyküsü

↑1. Bilim İnsanları: Açık uyarı

↑2. Medya: Mesajların iyi iletilmesi

↑3. Özel Çıkar Çevreleri: Önce kuşkucu; ama yanlış bilgilendirmeye karşı uyanık. İleri teknolojileri devreye sokma

↑↑4. Kamuoyu: Hızlı tepki; spreylerin terk edilmesi ve yeni CFC tesisinin kurulmaması

↑5. Hükümet: ABD/AB liderliği; gelişmekte olan ülkelere süre tanınması ve teknik yardım

Şekil 41: Ozon başarı öyküsüne ilişkin tartışma noktaları.

Kamuoyu (Şekil 41) ozon hikâyesindeki oyuncular arasında özel ilgiyi hak ediyor; çünkü CFC'lerin tehlikeli olduğu fark edildikten sonra, CFC üreten daha başka altyapı inşası ihtiyacına hızla son veren, kamuoyunun eylemleriydi.

Küresel Isınma

Bugün, dünyanın tehlikeli bir şekilde kırılma noktasına yaklaşmasıyla, küresel ısınma hikâyesinde de benzer bir durum söz konusudur (Şekil 42). Kamuoyunun sorunun çözümünde yine kilit rol oynaması gerekeceğine inanıyorum ben. Çıkar çevrelerinin etkisi düşünüldüğünde, kamuoyu yeteri kadar enerjik olmadıkça ve demokratik yollarla baskı uygulamadıkça sorunun çözümü için gereken önlemler büyük bir ihtimalle alınmayacaktır.

Gelecekteki iklim değişikliğinin maliyeti, özellikle de Mutat Senaryo gerçekleşirse, çok büyük olacaktır. Eğer deniz seviyesi yüz milyonlarca insanı yerinden yurdundan ederek birkaç metre yükselirse, sosyal ve ekonomik maliyetler inanılmaz boyutlara erişecektir. Türlerin yok oluşunun getirdiği maliyetin ekonomik boyutunu hesap etmek zordur; ancak po-

Küresel Isınma Öyküsü

↓1. Bilim İnsanları: İklim değişikliğinin ve Mutat Senaryo'nun farklı bir gezegen anlamına geldiğinin kesin ayrımına varamamak

↓2. Medya: Sahte "denge" ve hızla umutsuzluğun kucağına düşme

↓3. Özel Çıkar Çevreleri: Yanlış bilgilendirme kampanyaları ve kısa dönemli çıkarların vurgulanması

↓4. Kamuoyu: Anlaşılabileceği gibi, şaşkın ve ilgisiz

↓5. Hükümet: Özel çıkar çevrelerinin etkisi altında görünüyor; liderlik etmekten uzak ve bir Winston Churchill daha yok günümüzde!

Şekil 42: Küresel ısınma öyküsüne ilişkin tartışma noktaları.

tansiyel olarak çok büyük olacağını söyleyebiliriz. Bölgesel iklim etkileri, buzulların eriyip yok olmasına bağlı olarak temiz su kaynaklarının kaybı gibi bazı durumlarda, doğrudan küresel ısınmaya bağlı olacaktır.

İklim değişirken ve etkileri kendini gösterirken (Şekil 43) gelecekte yasal sorumluluğu kimin üstleneceği sorusu bu uzman raporunun ilgi alanına girmiyor. Ancak ABD, açık ara, toplam fosil yakıt CO_2 salımlarının en büyük kaynağıdır (Şekil 44) ve her ne kadar Çin'in salımları günümüzde çok büyük bir hızla artıyor olsa da, ABD yakın bir tarihte bu birinciliği kaptıracak gibi görünmüyor.

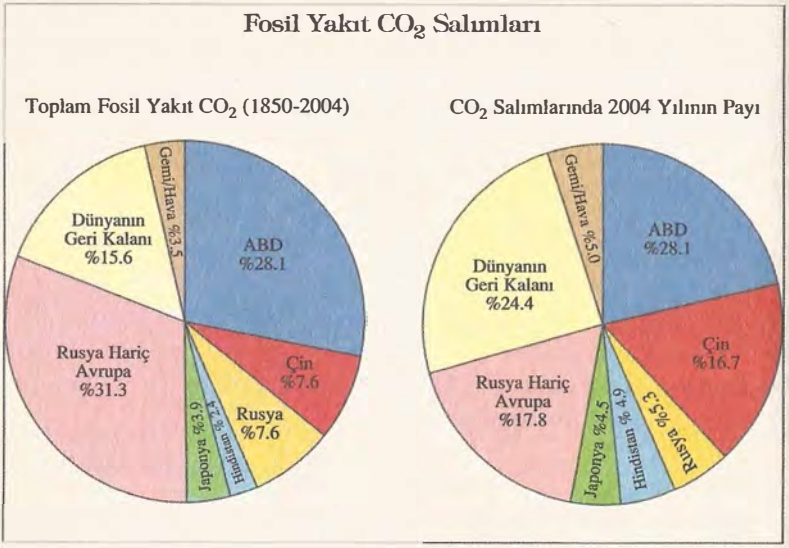
Öyle görünüyor ki, dünya yakın bir gelecekte bir kırılma noktasına erişebilir; bu noktayı geçtikten sonra gezegen üzerinde insanların ve diğer tüm canlıların maruz kalacağı, muazzam etkileri ortadan kaldırmak mümkün olmayacaktır.

Bedeli Kim Ödeyecek?

1. Bilim İnsanları mı?
2. Medya mı?
3. Özel Çıkar Çevreleri mi?
4. ABD'li Politikacılar mı?
5a. Günümüz ABD Kamuoyu mu?
5b. ABD'li Çocuklar/Torunlar mı?

Sahi Kim Ödeyecek?

Şekil 43: İklim etkilerinin sorumluluğunu kimin paylaşacağına ilişkin tartışma noktaları.



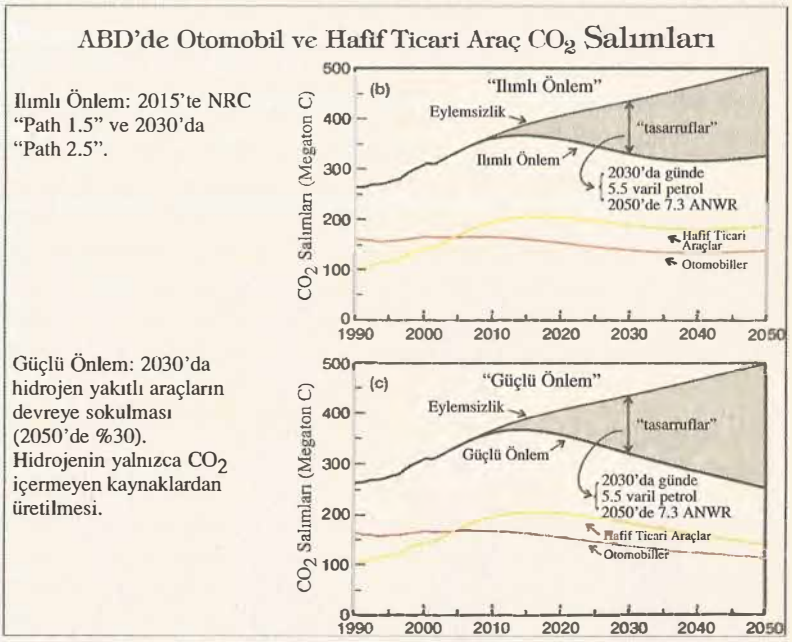
Şekil 44: Toplam (1850-2004) ve bugünkü (2004) fosil yakıt CO_2 salımları.

8. Daha Parlak Bir Gelecek: Salım Şartları

Farklı enerji sektörlerine ait salım trendlerinin miktar analizi gösteriyor ki, salımların en büyük ve en hızla büyüyen iki kaynağı taşıtlar ve enerji santralleridir. Bu salım kaynakları, salım trendlerini Mutat yoldan çıkarıp Alternatif Senaryo'ya yaklaştırmak üzere, bir sorun olarak masaya yatırılmalıdır.

Taşıt Salımları

Taşıt salımları CO_2 salımlarının tek başına en hızla büyüyen kaynağını oluşturuyor. Taşıt salımlarındaki bu artışı durdurmak, trafikteki taşıt sayısının hızla arttığı dikkate alınırsa, iki koşula bağlıdır: (1) gelecek birkaç yıl içinde taşıtların



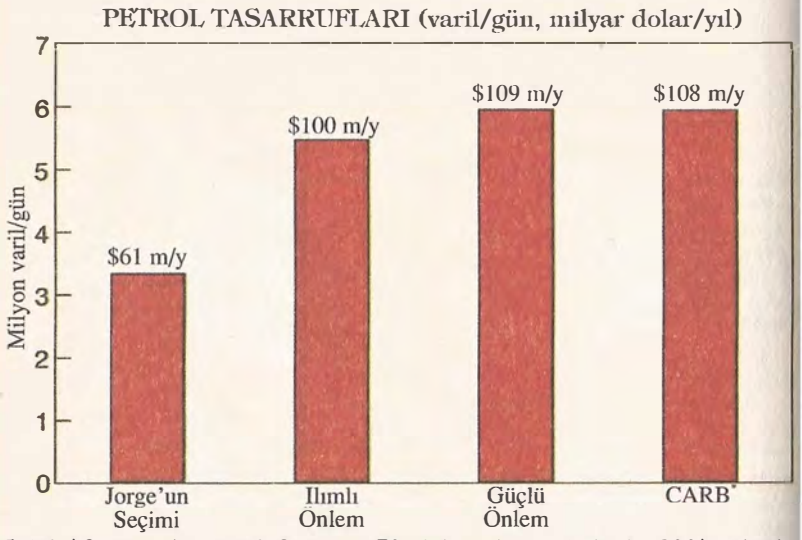
Şekil 45: Yaşadığımız dünyaya ilişkin geçmiş döneme ait veriler ve alternatif senaryolar temelinde ABD'deki otomobillerin ve hafif ticari araçların CO_2 salımları, ANWR, USGS'nin* ANWR alanında var olduğunu tahmin ettiği petrol miktarına gönderme yapıyor. Kaynak: Hansen vd., yayımlanmamış makale, 2005.

* United States Geological Survey: Amerikan Yerbilimsel Araştırma Kurumu.

yakıt verimliliği önemli oranda artırılmalı ve (2) çok az CO_2 üreten ya da hiç üretmeyen bir enerji kaynağından elde edilecek hidrojenin kullanıldığı hidrojen yakıtlı taşıtlar ya da kapasiteleri artırılan pillerin kullanıldığı elektrikli melez taşıtlar gibi, CO_2 salımlarını köklü bir biçimde azaltacak uzun dönemli teknolojik ilerlemeler kaydedilmeli.

Taşıtlarda yakıt verimliliğinin iyileştirilmesi yalnızca, yakın dönemde Mutat Senaryo'daki salım artış eğrisini Alternatif Senaryo'da öngörülen çizgiye çekmek için gerekli değildir; bu aynı zamanda uzun dönem için de önemlidir çünkü ileri teknolojiler de kullanılsa, enerji daima rağbet görecektir. Örneğin, elektrikli melez taşıtlarda tek başına pille katedilecek mesafenin oranı verimliliğe bağlıdır ve hidrojen üretimi de enerji yoğun bir süreçtir.

Şekil 45'te, "ılımlı önlem" örneğinde gösterildiği biçimiyle, otomobillerden ve kamyonlardan kaynaklanan CO_2 salımlarındaki azalışlar California Air Resources Board tarafından önerilmekte olan standartlara göre biraz daha az iddialıdır; ancak yine de bunlar, yeni taşıt standartları oluşturulup alt-



Şekil 46: Petrolün varil fiyatının 50 dolar olması halinde 2004 yılında yapılabilecek tasarruf (varil/gün ve milyor dolar/gün). Kaynak: Hansen vd., yayımlanmamış makale, 2005.
* Californio Air Resources Board.

yapı tedrici bir biçimde yenilenirken, sürekli artan taşıt sayısına rağmen, yirmi yıldan daha uzun bir süre için taşıt kaynaklı CO_2 salımlarının sürekli azalmasını sağlamak için yeterlidir. Gerçekte, teknolojik yenilikler devreye girdikçe standartlarda da yeni iyileştirmeler olması kuvvetle muhtemeldir ve tahmin edilenden daha iyi sonuçlar bile alınabilir. Gösterilen örnekteki tahmini verimlilik iyileştirmeleri, eldeki teknolojileri kullanan National Resource Council'ın tavsiyelerine dayanmaktadır.

Taşıt verimliliğini belirleyen koşullar hususunda Kaliforniya'nın başı çektiği yolda ilerlemek suretiyle, birkaç başka eyaletin yaptığı planlara bakarak diyebiliriz ki, büyük bir ihtimalle, benzer iyileştirmeler zaman içinde ABD'nin geri kalanına da sirayet edecektir. Sonuçta yıllık ulusal petrol tasarrufu, varil başına 50 dolar hesabıyla 108 milyar dolar olacaktır (Şekil 46). Son dönemlerdeki yüksek petrol fiyatlarına bağlı olarak, tasarruf daha da artacaktır.

Enerji Santrali Salımları

Elektrik kullanımı giderek artıyor; bu çevre için iyi bir şeydir çünkü elektrik temiz bir enerji kaynağıdır. Ancak taşıtlar örneğinde olduğu gibi, iklim değişikliğinin etkilerini minimuma çekmek için, enerji santrallerinden kaynaklanan CO_2 salımlarının azaltılması gerekecektir. Enerji santrali meselesi şu anki tartışmanın dışında kalıyor; sadece belirtmek gerekir ki, enerji santrali salımlarının uzun vadede azaltılması uygulanabilir bir şeydir ve böylelikle enerji santralleri Alternatif Senaryo'yla uyumlu salımlara erişilmesine engel teşkil etmez.

Gerçekten de, bazı yollarla enerji santrali salımlarının azaltılması, kaynağın bir yere bağlı oluşu nedeniyle, taşıt salımlarına göre daha doğrudan ele alınabilir bir meseledir. Uzun vadede, enerji santrallerinin CO_2 salımları ya CO_2'nin hapsedilmesi ve jeolojik olarak yalıtılması ya da fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerjiler veya yeni kuşak nükleer santraller gibi alternatiflerin konulması yoluyla pratik olarak ortadan kaldırılabilir. Taşıtlar örneğinde olduğu gibi, alternatif teknolojiler geliştirilirken, CO_2'yi yalıtmayan fosil yakıt enerji santrallerinin yenilerinin kurulmasının önüne geçmek için enerji verimliliğinde yakın dönemde iyileştirmelere gidilmesi gerekmektedir.

9. İklimin Kırılma Noktasına Doğru İlerlemesini Önlemek

Dünya iklimi özgün süreçlere bağlı olarak birkaç kırılma noktasına sahiptir; ayrıca gezegenin kaderi açısından kritik olan tek bir kırılma noktası daha vardır. Genelde bir kırılma noktası, bir kere harekete geçtiğinde görece küçük yeni bir zorlayıcıyla bile sistemi büyük değişikliklere uğratabilen güçlü pozitif geribeslemelere sahip bir sistem mevcutsa söz konusudur.

Deniz Buzu

Kırılma noktasının bir örneği, Kuzey Buz Denizi'ni kaplayan deniz buzudur. Eğer gezegen biraz ısınırsa, başka şeylerin eşit kalması koşuluyla, deniz buzu da biraz çekilir ve buzdan daha koyu renkli olduğundan, okyanus daha fazla güneş ışığını soğurur ve daha fazla buz erir. Bu, kontrolsüz bir geribesleme değildir (hatta sadece çok kuvvetli, örneğin %50, bir geribesleme tepkiyi ikiye katlar: $1+{}^1/_2+{}^1/_4...= 2$); ancak bu, kutuptaki deniz buzu örtüsünü küresel ısınmaya karşı normalde olacağından daha duyarlı kılar. Küresel ısınma, halihazırda yaz sonlarında yaklaşık %25'lik bir deniz buzu kaybıyla, artık öyle bir düzeye erişmiştir ki, Kuzey Kutbu bir kırılma noktasına yakındır. Yazları tüm deniz buzunun kaybına yol açmak için artık çok fazla küresel ısınma gerekmeyecektir. Aslında, "ardışık süreçlerde" saklı ek küresel ısınmayı düşünürsek, yaz aylarında Kuzey Kutbu'ndaki bütün deniz buzunun kaybını önlemenin tek pratik yolu, özellikle Kuzey Kutbu'nda etkili olan iklim zorlayıcılarının (metan, ozon ve siyah karbon) azaltılmasıdır; bu azalışın getireceği negatif zorlayıcı, bazı kaçınılmaz ek CO_2 artışlarının getireceği pozitif zorlayıcının önemli bir miktarını dengelemek için yeterli olacaktır. Yine de, eğer ek CO_2 miktarı çok büyük olursa, CO_2'siz zorlayıcılar sorunu tartışmalı hale gelir ve Kuzey Kutbu'ndaki deniz buzu da tarihe karışır.

Buz Tabakaları/Deniz Seviyesi

Buz tabakasının çözülmesi, deniz seviyesinin yükselmesi akabetiyle birlikte, iklim sistemindeki belki de en önemli kırılma noktası sürecidir. Buz çağından ara döneme uzanan zaman diliminde küresel sıcaklık eğrisinin testere dişleri gibi

şekli, buz tabakası kırılma noktasından geliyor. Hep birlikte buz tabakası kırılma noktasına neden olan çoklu pozitif geribesleme süreçleri (yüzey albedo'su, zemin kayganlaşması, destek buz katmanlarının yok oluşu, buz tabakası yüzeyinin alçalması, deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle buz tabakalarının kalkması) o kadar güçlüdür ki, sera gazı geribeslemesi yardımıyla bunlar iklimi bir buz çağının derinliklerinden alıp ara dönem sıcaklığının zirvesine taşıyabilir. Buz tabakası kırılma noktası süreci, devasa buz tabakası ataleti yüzünden deniz buzu sürecinden daha ağır işler; ancak aynı oranda daha ölümcüldür.

Paleoiklim veriler, buz tabakası çözülmelerinin ısınmalarından daha hızlı olduğunu ortaya koysa da, yok oluşları yine de bin yılı bulabilir. Bununla beraber, paleo tepkime zamanı, en azından, kısmen buz tabakası değişikliğine yön veren paleo zorlayıcıların yavaş değişmesinin ve küçüklüğünün bir yansımasıdır. İnsan kaynaklı zorlayıcı çok daha hızlı değişiyor ve daha da güçlüdür. 2-3°C'lik mutat küresel ısınmayla, dolayısıyla buz tabakaları üzerinde belki de 4-6°C'lik bir yerel ısınmayla, Grönland ve Batı Antarktika buz tabakaları yaz erimesine maruz kalacaktır. Sonuç olarak, bu buz tabakalarının anlamlı bir bölümünün çözülmesine bağlı olarak, tepkime zamanının bir yüzyıldan daha uzun olması ihtimali çok fazla değildir.

Gezegenin Kırılma Noktası

Bütün kırılma noktası meselesi için sorulması gereken soru şudur: İnsan kaynaklı iklim zorlayıcılar, küresel çapta feci sonuçlar doğuracak çarpıcı iklim değişikliklerinin kaçınılmaz hale gelecekleri bir noktaya erişecek midir? Yukarıda sözü edilen özgün kırılma noktası süreçleri, özellikle buz tabakaları ve bunların küresel çapta deniz seviyesine etkileri, küresel kırılma noktasını tanımlamak açısından kilit bir unsurdur; ancak başka unsurlar da vardır. Ek geribeslemeler gezegen söz konusu olduğunda dikkate alınmalıdır. Örneğin, ısınan bir gezegen yüksek enlemli karasal alanlardaki bitki örtüsü ve toprak üzerinde önemli etkiler yapar; gerçekten de, geçen 30 yıldaki 0.6°C'lik küresel ısınmayla, bitki örtüsünün kutba doğru hareketi daha şimdiden başlamıştır ve geniş, donmuş toprak tabakaları eriyip çözülmektedir ve bu alanların sera gazları kaynakları haline gelmesi beklenmektedir.

Bu yüksek enlem bitki örtüsü-tundra geribeslemeleri, gezegenin tamamı için bir kırılma noktasına ne zaman gelineceği sorusuyla alakalıdır. Hangi küresel ısınma düzeyinin buz tabakası istikrarı için bir "tehlikeli" düzey olarak tahmin edildiğine bakılmaksızın, yüksek enlemlerdeki bitki örtüsü-tundra değişikliklerinin dikkate alınması gerekir. Alternatif Senaryo'daki 1°C maksimum ısınmanın mantığı, paleoiklim verilerin, bu karasal geribeslemelerin küresel ısınma o aralıkta tutulduğunda ancak makul bir büyüklükte olduğunu göstermesidir. Öte yandan, eğer ısınma daha büyük olursa, pozitif geribeslemelere ilişkin kaygılar artar. Aslında, CO_2'siz zorlayıcının, özellikle de CH_4'ün azaltılmasına bağlı olan Alternatif Senaryo'nun bir anlamı kalmayabilir, diğer bir deyişle, CH_4'ü varsayılan oranda azaltmayı başarmak pratikte anlamsız ya da imkânsız olabilir.

Demek oluyor ki, eğer iklim zorlayıcıları, özellikle de CO_2, ek ısınmanın (2000 yılından sonra) 1°C'den az olması için belli bir noktada durdurulmazsa, ısınmanın bu geribeslemeler yüzünden 1°C'nin oldukça üzerine fırlaması ihtimali çok yüksektir. Alternatif Senaryo'nun tahmini, CH_4'ün önemli oranda azalacağı yönündedir; ancak 1°C'yi aşan bir küresel ısınmayla bu düşüşün başarılma ihtimali pek kalınaz. Küresel ısınmanın 1°C'nın üzerine çıkmasına izin verilirse, küresel ısınmanın 2°C'yi bulması için fazla bir ek insan kaynaklı zorlayıcıya gerek kalmayabilir.

Sonuç olarak, eğer küresel ısınma (2000 yılına göre) +1°C düzeyini geçerse, küresel ısınmanın 2°C seviyesine yükselmesi için çok fazla ek insan kaynaklı zorlayıcıya gerek kalmayabilir. Diğer bir ifadeyle, CO_2 artışını kontrol altına alma yönündeki başarı CH_4'ü azaltmayı daha da kolaylaştırır; ancak CO_2'yi sınırlama yönündeki bir başarısızlık, CO_2'siz zorlayıcıların planlanan düzeyde azaltılması yönünde başarıya ulaşılmasını muhtemelen imkânsız hale getirecektir ve dolayısıyla, küresel ısınma belki de en az +2°C (2000 yılına göre) olacaktır.

Tartışma

"Kırılma noktası" meselesi küresel ısınma meselesinin temel bir özelliğidir ve bu, küresel ısınma sorununu analiz ederken, iki ayrı senaryoyu karşılaştırmak ve değerlendirmek zorunda oluşumuza inanmamın da nedenidir: Alternatif Se-

naryo dediğimiz senaryoda, küresel ısınmayı yaklaşık olarak bundan bir milyon yıl önce varolan sınırlar içinde tutmak için insan kaynaklı zorlayıcılar sınırlanmıştır. İkincisinde, Mutat Senaryo'da, insan kaynaklı iklim zorlayıcıları gezegenin sıcaklığını bu sınırın üzerine çıkaracaktır.

İkinci (Mutat) senaryoda, insan kaynaklı sera gazı salımları, gezegeni ne kadar büyük geribesleme etkileri olacağını bilmediğimiz ve ampirik değerlendirme yapmak için dünyanın gelişim seyrinden yeterli ve anlamlı kanıtlar bulamadığımız bir iklim rejimine doğru itecektir. Bu iklim rejiminde meydana gelebilecek, yüksek enlemlerdeki bitki örtüsü-tundra geribeslemeleri olmaksızın bile, yirmi otuz yıl daha, Mutat Senaryo'da öngörülen salımlar küresel ısınmanın (2000 yılına göre) +2°C seviyesine yaklaşmasına neden olacaktır.

Benim kanaatim odur ki, böylesi 2°C'lik bir ek küresel ısınma, kuşkusuz, dünyayı kırılma noktası ötesine taşıyacak, deniz seviyesinin en az birkaç metre yükselmesi, gezegen üzerindeki hayvan ve bitki türlerinin önemli bir bölümünün yok olması ve büyük bölgesel iklim düzensizlikleri de dahil, çarpıcı iklim etkilerine neden olacaktır (olasılık %99'dan büyük). Bu etkileri ayrıntılarıyla tanımlayabilmek için çok daha başka şeyleri bilmemiz gerekiyor; ancak bu sonuçlar artık spekülatif iklim modeli sonuçları değildir. Beklenen iklim etkilerine ilişkin bizim en iyi tahminlerimiz dünyanın gelişim seyrinde görülen önceki iklim değişikliklerinden elde ettiğimiz kanıtlara ve yakın tarihli, gözlemlenen iklim trendlerine dayanıyor. Mevcut kanıtlar ışığında, bana göre, muhtemelen feci etkileri olacak iklim kırılma noktalarını geçmemek için atılması gereken asgari adımlar, az çok Alternatif Senaryo'ya denk düşen bir iklim senaryosunu gerçekleştirmek için gerekli adımlardır. Yukarıda ortaya koyduğum gibi, California Air Resources Board tarafından önerilen salım standartları Alternatif Senaryo'da taşıtlara düşen payın gerçekleştirilmesiyle tutarlılık gösteriyor.

10. Özet: Önerilen Verimlilik Standartlarının İklim Açısından Değeri

Dünyanın herhangi bir noktasına bırakılan CO_2 molekülleri küresel ısınmaya neden olma bakımından eşit oranda etkilidir. Dolayısıyla, Kaliforniya salımlarının azaltılması, küresel ısınmayı ancak küresel salımlar içinde Kaliforniya salımlarının payı kadar azaltacaktır. Bununla birlikte, küresel ısınmanın, küresel deniz seviyesi, türlerin yok oluşu ve bölgesel iklimler üzerinde ölümcül etkisi olabilecek iklim sistemi kırılma noktasına yakın bir noktaya eriştiği düşünülürse, salımların azaltılması yönündeki önerilerin doğrudan etkisi bile iklim değişikliğinin arzu edilmeyen darbelerini asgariye indirmek açısından faydalıdır.

Bununla birlikte, önerilen Kaliforniya salım standartlarının değeri asıl olarak, (1) başka yerlerde de aynı ya da benzer standartların muhtemel benimsenmesi sayesinde Kaliforniya "indiriminin" öneminin büyüklüğünden ve (2) iklim zorlayıcıları için Alternatif Senaryo'nun en zor kısmını başarmanın pratikte mümkün olduğunu göstermesinden geliyor. Daha önceki bölümlerde tartışılmış olan Alternatif Senaryo, feci iklim değişikliğine yol açacak iklim kırılma noktasını geçmemek için zorunlu olarak tahmin edilen salım indiriminin düzeyini belirler.

Taşıtlarda önerilen salım indirimi, şayet büyük iklim değişiklikleri arzulanmıyorsa, yalnızca ilk adımdır. Yirmi otuz yıl içinde taşıt salımlarının daha da fazla düşürülmesi zorunludur. Yine de, bu zaman zarfında daha fazla indirim için uygun teknolojilerin geliştirileceği tahmininde bulunmak gerçekçidir. Daha önce tartışıldığı üzere, taşıt verimliliğine ilişkin önerilen yakın dönemli iyileştirmeler daha acil uzun dönemli gereklilikleri yerine getirme açısından vazgeçilmez öneme sahiptir.

Büyük iklim değişikliklerini engelleyecek bir sera gazı senaryosunu başarıyla uygulamak için enerji santrali salımlarını da azaltmak ve salımları sınırlandırma önlemine ötekilerini de dahil etmek zorunlu olacaktır. Bu görevlerin büyüklüğü kabul edilmekle birlikte, teknik olarak, salımlar meselesine, enerji santrallerinde olduğu gibi, kaynağın kendisinde çözüm üretmenin daha doğru olduğunu ve ötekilerini ülkele-

ri de salımları sınırlandırma işine dahil etmenin, eğer ABD kendi salımlarını azaltmak için önlemler alırsa, daha gerçekçi olacağını düşünüyorum.

Özet: Hâlâ Zaman Var mı? Evet; Ama:

- Alternatif Senaryo uygulanabilir; ancak dikkate alınmıyor
- Şimdi harekete geçmek gerekiyor; on yıllık bir Mutat Senaryo, Alternatif Senaryo'yu imkânsız hale getirir.
- Umudumuz: Kamuoyu bilgilendirilmeli ve ateşlenmeli.

Şekil 47: "Tehlikeli insan kaynaklı iklim değişikliğini önlemek için hâlâ zaman var mı?" sorusuna ilişkin tartışma noktaları.

❄

TEHLİKELİ İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİ NASIL ÖNLEYEBİLİRİZ?

Yakın tarihli analizler, tehlikeli iklim değişikliğine neden olabilecek atmosferik CO_2 miktarının 450 ppm ve muhtemelen bundan daha da az olduğunu gösteriyor. CO_2'siz iklim zorlayıcılarındaki düşüşler CO_2 sınırına ilişkin düzenlemelere, önemli olmakla birlikte, ancak cüzzi bir katkı sağlayabilir. Gezegenin, özellikle insanlığın kontrol edemeyeceği boyutta deniz seviyesinin yükselmesine yol açacak, buzulların erimesi gibi kabul edilemez sonuçlarıyla birlikte "kırılma noktası"na ne kadar yakın olduğunun bilincine varılması çok iyi bir şeydir. Bu bir zorunluluğu da beraberinde getirir: CO_2 miktarını, okyanus asidifikasyonu, çoğu dağ buzullarının kaybı ve peşi sıra, milyonlarca insanın temiz su kaynaklarının

tükenmesi ve ayrıca türlerin yok oluşuna sebebiyet veren iklim bölgelerindeki kaymalar gibi, kaçınılmaz olacağı görülmeye başlanan öteki feci sonuçları da önleyecek düzeyde tutmanın bir yolunu bulmak zorundayız.

Burada, CO_2 ve küresel ısınmanın asgari sınırlarını yaratmak için alınması gereken önlemleri bilimsel bir açıdan özetliyorum. Bu değişiklikler teknik bakımdan uygulanabilir olmakla kalmaz, başka faydalar da sağlar. Gerekli değişikliklerin başarılması için, yanlışlığı ayan beyan ortada olan, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin eşit oranda sorumluluk sahibi olduğu tezini bir kenara bırakmalı ve aynı zamanda da, çeşitli tahıl türlerinden etanol ve kömürden sıvı yakıt elde etme programları gibi göstermelik ya da aksi tesirli önlemleri savunan özel çıkar çevrelerini alt etmeliyiz.

Bu makale, sıradan bir yurttaş olarak, ABD Temsilciler Meclisi'nin Enerji Bağımsızlığı ve Küresel Isınma Özel Komitesi'ne 26 Nisan 2007 tarihinde vermiş olduğum yazılı tanıklıktan ibarettir. Bu tanıklık metnine, yazdığım Sunuş kısmını, tanıklıktaki çeşitli önermelerin kaynakçalarını ve sonuçlar üzerine son bölümdeki bazı özel gözlemleri ekledim.

Özet

Belirginleşen bilimsel veriler ve analizler, dünyanın, geriye dönüşü imkânsız, feci sonuçlar doğurma potansiyeli taşıyan tehlikeli iklim değişikliğine, sistemin kırılma noktasına, yakın olduğunu gösteriyor. Bu enformasyon kısmen paleoiklim verilerden, yani geçmişteki iklim değişikliklerinin kayıtlarından ve aynı zamanda şimdi uydular kanalıyla uzayda ve ayrıca yer istasyonlarında yapılan ölçümlerden elde edilmiştir.

Dünyanın gelişim seyrinden, iklimin küresel zorlayıcılara son derece duyarlı olduğunu biliyoruz. Pozitif geribeslemelerin etkinliği artarak sürmektedir. Bu, bütün gezegenin, iklim evreleri arasında gidip gelmesine de imkân vermiştir. Buzul çağdan buzul çağlar arası dönemlere, muazzam doğal iklim değişikliklerine çok zayıf, çok yavaş zorlayıcılar ve pozitif geribeslemeler yol açmıştır.

Bugün bizler çok daha güçlü bir zorlayıcıyı, milyonlarca yılda birikmiş fosil yakıtları, çok daha büyük bir hızla, jeolojik bir kalp atışı kadar bir zamanda, atmosfere geri bırakıyoruz. Pozitif geribeslemeler öngörülebilir bir zaman dilimi içinde meydana gelmeye başlıyor.

İklim sisteminin bir ataleti vardır. Bir iklim zorlayıcısının yaklaşık olarak tam karşılığını bulması için onlarca, hatta yüzlerce yıllık bir zaman dilimi gerekir. Ama bu atalet bizim dostumuz değildir. Bunun anlamı şudur: Ardışık süreçler içinde, önümüzdeki yıllarda, ek sera gazları bile olmaksızın meydana gelecek ek iklim değişiklikleri söz konusudur.

Sonuç olarak diyebiliriz ki, feci sonuçların ortaya çıkması için çok küçük bir ek zorlayıcı yeterlidir. Bu, vahşi hayat ve yerli halklar açısından felaket anlamına da gelen, bütün yaz ayları boyunca kutup buzullarının kaybı anlamına gelmektedir. Bu, dünyanın birçok başka bölgesiyle birlikte Amerika'nın batısında su sıkıntısının en üst seviyeye erişmesi ve Teksas'ın batısından ve orta bölgelerinden başlayarak Oklahoma, Kansas, Nebraska ve gerek Kuzey gerek Güney Dakota'nın giderek daha fazla kuraklığın ve tarım için elverişsiz koşulların pençesine düşmesi demektir. Bu, bitki ve hayvan türlerinin azımsanmayacak bir bölümünün yok olması demektir ve bir anlamda, insanlığın hayatı koruma hususunda başarısızlığının tescilidir.

İnsanlık açısından başlı başına en büyük tehlike belki de, aşağıdan okyanusun ısınması ve yukarıdan yüzey erimesinin bir sonucu olarak Güney Kutbu'nun batısındaki buzul kütlesinin yok oluşudur. İnsanlar artık, eğer mutat fosil yakıt salımlarını sürdürecek olursak, bu yüzyıl içinde deniz seviyesindeki yükselmenin metrelerle ölçülebileceğini fark ediyorlar.

Gezegen çapında bir acil durum anlayışının iyi bir tarafı vardır. Bu acil durama ancak iklimi bugünkü durumuna yakın bir seviyede tutabilirsek başarıyla yanıt vermiş olacağız; deniz seviyesinin sürekli yükselmesine uyum sağlamanın hiç de pratik olmadığı koşullarda başka bir geçerli seçenek de zaten yok. Bu yüzden, eğer sorunla baş edebilirsek, öteki ölümcül sonuçların yanı sıra, okyanusların asidifikasyonu gibi, yukarıda belirtilen son derece tehlikeli bölgesel iklim değişikliklerine uyum sağlama zorunluluğumuz da olmayacaktır. İklimi istikrara kavuşturmak için gerekli önlemler hayatı koruyacak

ve daha temiz, daha sağlıklı bir atmosferle bizi yeniden buluşturacaktır.

Tehlikeli CO_2 seviyesi en çok 450 ppm ya da muhtemelen daha da azdır. CO_2'nin bu düşük sınırı bizi endüstriyel devrimin bir sonraki aşamasına hızla geçmeye zorluyor. Elektrik ampullerini değiştirmek ve mısırdan etanol üretmek, yararlı olsalar bile, sorunu çözmeyecektir. Bilim önümüze ne yapmamız gerektiğine dair açık bir yol, dört maddelik bir strateji koyuyor:

Birincisi, CO_2'nin hapsedildiği ve yalıtıldığı yerler dışında kömür ve alışılmadık fosil yakıtların kullanımına son verilmelidir. Eski teknolojiye dayanan kömür yakıtlı enerji santralleri konusunda bir moratoryum olmalıdır.

İkincisi, etkili enerji verimliliği standartları getirilmesi ve verimlilik önündeki engellerin kaldırılması yanında, karbon salımlarının artan bir bedeli (vergisi) olmalıdır. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiler alanındaki yenilikleri teşvik etmek ve böylelikle bir sonraki "petrol ötesi" endüstriyel devrim aşamasına geçişte mobil yakıt ihtiyacını karşılayacak petrol ve gaz kaynaklarını genişletmek için bu önlemler gereklidir.

Üçüncüsü, özellikle metan, ozon ve siyah karbon gibi CO_2 içermeyen insan kaynaklı iklim zorlayıcılarını azaltma yönündeki çabalara hız verilmelidir.

Dördüncüsü, CO_2 yalıtımına sahip enerji santrallerinde biyoyakıtların kullanılması da dahil olmak üzere, yeni tarım ve ormancılık uygulamaları yoluyla atmosferik CO_2 düzeyinin "geriye çekilmesi" için adımlar atılmalıdır.

Dikkat edilirse, 2050'ye ya da başka bir tarihe kadar CO_2 salımlarının indirilmesi gereken düzeye ilişkin net bir rakam belirtmedim. Aslında, bilim bugün net bir zorunluluk düzeyi belirleyemiyor; ancak salımların bugünkü düzeylerinden daha aşağıya çekilmesi gerektiğini söyleyebiliyoruz. Halihazırda elde bulunan petrolün çeşitli kaynaklar için kullanılacağı ve farklı fosil yakıt rezervlerinin büyüklüğü de veri olarak alınırsa, yukarıda belirttiğim dört maddelik strateji ve buna ek olarak, bilgiler arttıkça özgün hedeflerde ve politikalarda da düzeltmeler yapılması en iyi çözüm gibi görünüyor.

Çin bugün ABD'yi mevcut salım oranlarıyla geride bırakmış olsa bile, ABD'nin küresel iklim değişikliğindeki sorum-

luluğu başka herhangi bir ülkeden ortalama üç kat daha fazladır. Ve ABD önümüzdeki yirmi otuz yıl iklim değişikliğinin baş sorumlusu olmayı sürdürecektir.

Bunlar bilimin sonuçlarıdır. Ben burada daha da ileri giderek, bu araştırmanın demokratik ülkemizde yaşayan yurttaşlar için ne anlama geldiğine ilişkin kendi görüşlerimi ifade edeceğim. Bilimsel sonuçların özel çıkar çevreleri söz konusu olduğunda karşılaştığı dirençler ve bilim hakkında yayılmakta olan yanlış enformasyon yüzünden böyle bir şeyin yerinde olduğuna inanıyorum. Benim görüşlerimin herhangi bir yurttaşınkilerden daha fazla bir ağırlığı yoktur; ancak kabul edileceği üzere, bu araştırmayı farklı çevrelerde sunma deneyimim bana konuyu daha derinlemesine düşünme fırsatı verdi. Her halükârda, özel çıkar çevrelerine de fikirlerimi açıklama hakkım olduğunu düşünüyorum.

Bana göre, ABD insan kaynaklı iklim değişikliğinde asli rolü olduğunu açıkça kabul etmeli ve hiç vakit geçirmeden, meseleyi çözme yolunda liderliği ele almalıdır. Bunu yapmak bizim ahlaki bir sorumluluğumuzdur.

Ayrıca, bu önlemleri şimdi almak bizim çıkarımızadır. Yüksek teknolojiden faydalanılan, ücretli iş sağlayacak böylesi geniş kapsamlı bir teknolojik gelişmeden ekonomik olarak kârlı çıkabiliriz. Elbette, endüstriyel devrimde bir sonraki aşamaya geçmek birtakım değişiklikler yapmayı, yer değiştirmeyi, bedeller ödemeyi ve sıkı çalışmayı gerektirecektir. Ama bunlar eylemsizliğin gerekçesi olamaz.

Bahanelerin ve kısa vadeli kârlarından başka bir şeyi düşünmeyen özel çıkar çevrelerinden kaynaklanan yanlış bilgilendirmelerin atacağımız adımları belirlemesine izin vermemeliyiz. Unutmayalım ki, kişisel sorumluluklarımızdan da öylece sıyrılıp kurtulamayız. Ne yazık ki, artık bizler de, hükümetlerimiz eliyle resmen, salımlara sınırlama getirilmesine karşı görüş bildiren kelli felli bir "bilirkişi" gibi, kirleticilerin safında yer alıyoruz.

Çocuklarımıza devredeceğimiz kuşağımıza ilişkin bu tablo bir cehalet, bir açgözlülük tablosu değil midir sizce? Demokratik bir ülkede yaşıyoruz. Politikalar kolektif irademizi temsil ediyor. Başkalarını suçlayamayız. Eğer gezegenin kırılma noktasını geçmesine, doğa ve insanlık için ölümcül, geri dönüşü olmayan değişikliklerin meydana gelmesine imkân ve-

rirsek, kendi rolümüzü çocuklarımıza ve torunlarımıza açıklamamız çok zor olacaktır.

Meşru bir biçimde, "bilmiyorduk" bahanesinin arkasına sığınamayız. Bana göre, kamuoyunun hükümetten ve endüstri çevrelerinden gezegeni ve gelecek kuşakları korumak adına gerekli önlemlere öncelik vermesini talep etme vakti geldi de geçiyor.

Tanıklığımın Dayanakları

Tanıklığıma temel olarak aşağıda sıraladığım altı yayın kaynaklık ediyor. Bu tanıklığı hazırladığım kısıtlı saatler içinde belgelere dökülmesi pratik olmayan, bilimsel topluluğun geniş bilgi birikimine dayanıyor benim tanıklığım.

Aşağıda adı geçen ilk dört inceleme yazısı, her biri konunun en az iki ya da üç uzmanı tarafından gözden geçirilen "hakemli" bilimsel dergilerde yayımlandı ya da yayımlanacağı duyuruldu. Beşinci makale, daha geniş okur kitlesine hitap edecek bir dille, bu araştırmanın sonuçlarını anlattığım bir çalışmadır. Altıncı makale de bir "hakemli" bilimsel dergiye sunulacaktır.

A. Dangerous human-made interference with climate: a GISS modelE study Hansen ve 46 diğer araştırmacı-yazar (2007), *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 2287-2312. PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2007/Hansen_etal_1.html

B. Climate change and trace gases
Hansen ve 5 diğer araştırmacı-yazar (2007), *Phil. Trans. Royal Soc. A*, 365, 1925-1954, doi:10.1098/rsta.2007.2052. PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2007/Hansen_etal_2.html

C. Climate simulations for 1880-2003 with GISS modelE
Hansen ve 46 diğer araştırmacı-yazar, basında *Climate Dynamics*, doi:10.1007/s00382-007-0255-8. PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/inpress/Hansen_etal_1.html

D. Scientific reticence and sea level rise
Hansen (2007), *Environ. Res. Lett.*, 2, 024002, doi:10.1088/1748-9326/2/2/024002. PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2007/Hansen.html

E. State of the Wild: Perspective of a Climatologist
(kabul edildi, gözden geçirilecek). PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://www.giss.nasa.gov/~jhansen/preprints/Wild.070410.pdf

F. Implications of "peak oil" for atmospheric CO_2 and climate
Kharecha and Hansen, submitted to *Environ. Res. Lett.* PDF dosyası olarak ulaşabileceğiniz adres:
http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/submitted/Kharecha_Hansen.html

Bilimin Işığında

Geçen birkaç yılda, dünyanın tehlikeli iklim değişikliğine, dönüşü olmayan zararlı etkiler potansiyeli taşıyan sistemin kırılma noktalarına yaklaştığı açıklığa kavuştu. Paleoiklim veriler, iklimin küresel zorlayıcılara karşı son derece duyarlı olduğunu gösteriyor. Pozitif geribeslemeler bütün gezegenin çok zayıf iklim zorlayıcılarının neden olduğu iklim durumları arasında gidip gelmesine neden oluyor.

Buzul çağından ara döneme tam bir geçiş bin yıllık bir dönemi kapsar. Yine de bu bin yıllık zaman dilimi, iç[illegible]in bir iklim tepkisi zamanını değil, dünyanın yörünge değişikliklerine bağlı olarak ağır ilerleyen zayıf iklim zorlayıcısının zaman dilimini yansıtır. Aslında, iklim sisteminin insan kaynaklı sera gazları gibi hızlı zorlayıcılara tepki verme zamanı, okyanusun devirdaim süresi ve iklim geribeslemelerinin bir fonksiyonu olarak, onlarca yılla yüzlerce yıl arasında değişir.

Bu onlarca yıldan yüzlerce yıla değişen iklim tepkime süresi insanlık için bir talihsizliktir. Bu süre, iklim değişikliğinin büyük bir kısmı hâlâ "ardışık süreçlerde" beklediğinden, insanların insan kaynaklı iklim zorlayıcılarının doğrudan sonuçlarını görmesine mani olacak kadar uzundur. Ancak yine bu süre, çok büyük iklim şoklarını bu yüzyılda görecek oluşumuz anlamında da kısadır.

"Ardışık süreçler"deki ek küresel ısınma kavramı yeni değildir; ancak kağıt üzerinde "yavaş" birkaç iklim geribeslemesinin onlarca yıllık bir zaman diliminde önemli etkileri olabileceğinin fark edilmesiyle bu kavram daha uğursuz bir hale gelmiştir. Bitki örtüsünün kutuplara doğru hareke-

ti, buz tabakalarının kararması, çözülmesi ve sera gazı geribeslemeleri bu kavramın içeriğindeki olgulardır. Standart IPCC simülasyonlarında bir bütün olarak değerlendirmediğimiz bu "yavaş" geribeslemeler pozitiftir ve böylelikle beklenen insan kaynaklı iklim değişikliğine büyük katkıda bulunur.

Belirginleşen bilimsel kavrayış şunu göstermektedir: Gezegen çarpıcı iklim değişikliğinin eşiğine gelmiştir. En ölümcül sonuçlardan kaçınmak hâlâ mümkündür; tabii, küresel sıcaklığı bugünkü değerine yakın bir düzeyde tutacak önlemleri hemen almak şartıyla. Köklü uzantıları yüzünden, bu sonuçların dayanağını açıklığa kavuşturmak uygun olacaktır.

Önce iklim sisteminin temel özelliklerini, yani iklim zorlayıcılarını, geribeslemeleri ve tepkime sürelerini tartışacağız. Ardından, geçen birkaç milyon yılda dünyamızın iklim zorlayıcılarına nasıl tepki verdiğine bakacağız. Son olarak da, günümüz ikliminin kritik kırılma noktasının eşiğine geldiği vargısının dayanaklarını özetleyeceğiz.

A. İklim Sistemi

İklim belli bir zaman dilimi boyunca, bu zaman içindeki değişkenlikler ve aşırı uçlar da dahil olmak üzere, ortalama hava durumudur. Günü birlik hava durumu dalgalanmaları çok büyük olduğundan, ortalama hava durumundaki ya da iklimdeki küçük değişiklikleri fark etmek kolay değildir. Yine de, iklimdeki cüzzi değişiklikler bile, örneğin, belli bir bölgede bitkilerin ve hayvanların hayatta kalma becerileri ve büyük buz kütlelerinin, dolayısıyla deniz seviyesinin istikrarı üzerinde önemli etkiler yapabilir.

İklim, insanın herhangi bir yardımı olmaksızın kendiliğinden çok değişir. Bu değişimler kısmen sadece, atmosfer ve okyanus her zaman çalkalandığından, karmaşık ve dinamik bir sistemin kaotik dalgalanmalarıdır. İklim aynı şekilde, güneşin parlaklığındaki değişmeler ya da küçük parçacıkları güneş ışığını yansıtan ve dünyanın soğumasına katkıda bulunan üst atmosfere saçan büyük volkanların püskürmeleri gibi, doğal zorlayıcılara da tepki gösterir.

İklim Zorlayıcısı

Bir iklim zorlayıcısı, genelde dünyanın sıcaklığını değiştiren, dünyanın enerji dengesini altüst eden bir etkidir (Hansen vd., 2005a). Örneğin, eğer güneşin parlaklığı %2 artarsa, bu 4.5 v/m^2'lik bir pozitif zorlayıcı demektir; diğer bir deyişle, sonuçta yeryüzünün soğurduğu enerjide o miktarda bir artış olmuştur. Dünya bu zorlayıcıya, uzaya yaydığı sıcaklık güneşten soğurduğu enerjiye eşit olana kadar ısınarak karşılık verir.

Atmosferdeki CO_2 miktarının iki katına çıkması, güneşin yaydığı ısının %2 artışına denk düşen bir büyüklükte bir küresel iklim zorlayıcısına neden olur. CO_2 zorlayıcısı, atmosferi kızılötesi ışın yayılımına, dünyanın sıcaklık yaymasına karşı daha geçirimsiz kılarak etkili olur. Bu artan geçirimsizliğin bir sonucu olarak, uzaya ısı yayılımı atmosferin daha üst tabakalarından olur. Atmosferin üst tabakalarında sıcaklığın düşük olması yüzünden, iki katına çıkan CO_2'yle birlikte uzaya salınan enerji, ışınım fiziğinin halihazırda 4 v/m^2 olarak hesapladığı bir miktarda azalır. Dolayısıyla, gezegenin enerji dengesizliği yaklaşık olarak güneşin parlaklığında %2'lik bir artışa denk düşer. Her iki durumda da, dünya, enerji dengesini yeniden sağlayacak kadar ısınarak tepki verir.

İklim modelleri, beklenebileceği gibi, benzer büyüklükteki bu iki zorlayıcının benzer küresel sıcaklık değişikliği doğurduğunu gösteriyor; bununla birlikte, %20'lik özgün zorlayıcıların "etkiliği"ndeki varyasyonlar görülmedik bir şey değildir ve birkaç daha aşırı örneğe de rastlanmıştır (Hansen vd., 2005a). Etkililikteki varyasyonlar asıl olarak, ileride tartışacağımız, zorlayıcıların ne oranda iklim geribeslemeleri yaratabileceğini belirleyen, zorlayıcıların fiziksel mekânlarındaki (enlem ya da boylam) farklılıklarının bir sonucudur.

İklim Duyarlılığı ve İklim Geribeslemeleri

Küresel iklim duyarlılığı, genel olarak, "denge" halindeyken, yani iklim sistemi düzenli hale geldikten uzun bir süre sonra, özel bir zorlayıcıya tepki olarak vuku bulan küresel sıcaklık değişikliğidir. Özgün zorlayıcı genelde ikiye katlanmış CO_2, dolayısıyla 4 v/m^2'lik bir zorlayıcı olarak kabul edilir.

İklim duyarlılığı ya iklim modellerinin yardımıyla teorik olarak ya da dünyanın iklim tarihine bakarak ampirik olarak değerlendirilebilir. Her iki durumda da, kabul edilmelidir ki,

bu şekilde tanımlanmış iklim duyarlılığı, iklim zorlayıcısına tepki verirken değişmiş olanların aksine, hangi iklim değişkenlerinin sabit kaldığına bağlıdır.

Artık meşhur olmuş, iklim duyarlılığı konusundaki 1979 tarihli Ulusal Bilimler Akademisi çalışması (Charney 1979), atmosferik su buharının, bulutların ve deniz buzlarının iklimle değişmeleri olgusuna odaklanmış; ancak buz kütleleri ve küresel bitki dağılımı gibi diğer faktörler değişmeyen sınır koşullarda sabit olarak kabul edilmiştir. Karbondioksit, metan ve azot protoksit gibi uzun ömürlü sera gazları da özgün sınır koşullar ya da zorlayıcılar olarak alınmıştır.

Gerçekte, bütün bu sınır koşullar iklim değişikliğine bağlı olarak değişebilirler; ya (iklim değişikliğini artıran) pozitif iklim geribeslemeleri ya da (iklim değişikliğini azaltan) negatif geribeslemeleri haline gelirler. Charney'in (1979) çalışmasındaki etkin geribeslemelerin seçimi (su buharı, bulutlar, denizdeki buzlar) kısmen bu değişkenlerin hızla değişmesi, yani bunların "hızlı geribeslemeler" oluşları bilgisine dayanır. Dolayısıyla, eğer on yıllık ya da daha uzun süreli bir zaman diliminde iklim değişikliğiyle ilgileniyorsanız, bu geribeslemelerin etkili olacağı açıktır. Öte yandan, buz tabakaları ve orman örtüsü "yavaş geribeslemeler" olarak kabul edilebilirler; bir zaman diliminde değişmeleri beklenmez. Ayrıca, iklim modelleri, Charney'in çalışmasının yapıldığı tarihte, bu daha yavaş süreçlerin modelini çıkarına kapasitesine erişmemişti.

Charney'in (1979) çalışması, denge iklim duyarlılığının ikiye katlanmış CO_2 için, en azından %50 (1.5°C) belirsizlikle, yaklaşık 3°C (5.4°F) olacağını ileri sürüyor. Yenilenmiş iklim modelleri iki katına çıkmış CO_2 oranı için iklim duyarlılığının yine yaklaşık 3°C olduğunu gösteriyor; ancak bulutları kesin olarak kestirmek güç olduğundan, belirsizlik olduğu gibi duruyor.

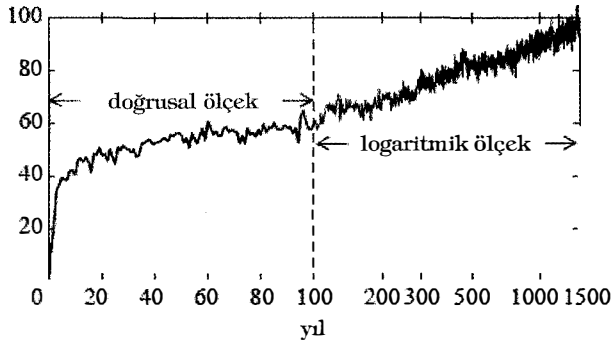
İklim duyarlılığının daha kesin bir değerlendirmesini dünyanın gelişim seyrine bakarak yapabiliriz. Zorlayıcı olarak belirlenen değişkenler bakımından aynı tercihleri yaptığımızda, geçen 700.000 yıllık zaman diliminde iklim değişikliğine ilişkin ampirik veriler, her bir v/m^2'lik zorlayıcı için $^3/_4$°C'lik ya da 4v/m^2'lik bir zorlayıcı için 3°C'lik bir iklim duyarlılığı sonucunu veriyor (bkz., Referans B'deki Şekil 2). İklim du-

yarlılığının bu ampirik değerlendirmesi iklim modellerine ilişkin, bulut süreçlerini gerçekçi bir biçimde kestiremedikleri ve öteki önemli süreçleri geriye dönüşü mümkün olmayan bir biçimde dışladıkları yolundaki kaygıları gideriyor. Gerçek dünyadaki iklim değişikliği, mevcut bütün bulut geribeslemeleri de dahil olmak üzere, bütün bu süreçleri bünyesinde barındırır.

İklim Tepkime Süresi

İklim değişikliği konusundaki pratik bir zorluk, iklim sisteminin iklim zorlayıcılarına hemen birebir tepki vermemesinden doğar. Şekil 1, t=0 zamanında ortaya çıkan bir zorlayıcıya karşı iklim tepkimesini gösteriyor. Sonuçtaki (denge) küresel ısınmanın %50'sinin yaratılması için 30 yıl, tepkimenin %75'i için 250 yıl ve yüzey tepkimesinin %90'ı için muhtemelen bin yıl gerekir.

Bu tepkime fonksiyonu tam olarak, okyanusta devirdaim oranına, dolayısıyla da hesaplanmasında kullanılan okyanus modelinin gerçekçiliğine bağlı olarak biçimlenir. Tepkime zamanı da iklim duyarlılığına bağlıdır; yüksek duyarlılıkta, tepki daha yavaş olur. Bu yavaş tepkimenin nedeni, iklim geribeslemelerinin, kendi başına zorlayıcıya tepkide değil de, iklim değişikliğine tepkide faal rol oynamasıdır. Bundan dola-



Şekil 1: Russell okyanus modeliyle (Referans B) birleştirilmiş haliyle GISS modelE'nin küresel yüzey hava sıcaklığına dayanan iklim tepki fonksiyonu (denge tepkimesinin yüzdesi).

yı, daha kuvvetli geribeslemeler ve daha yüksek iklim duyarlılığı söz konusu olduğunda tepkime zamanı daha uzundur; aslında, iklim duyarlılığının karesi kadar değişir (Hansen vd., 1985) Şekil 1'deki eğri, ikiye katlanmış CO_2'nin 3°C'lik duyarlılığına göre çizilmiştir.

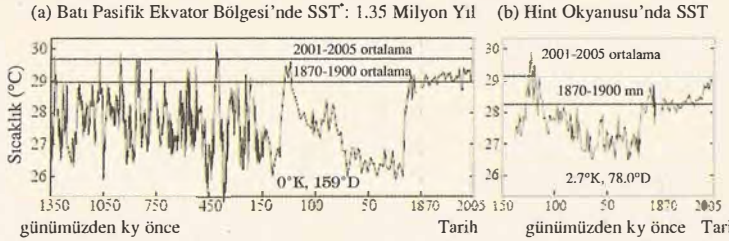
Bu uzun tepkime zamanı, GHG'ler artmaya devam etmediğinde bile, "ardışık süreç" içinde ek bir ısınmanın olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla, biz halihazırda atmosfere salınmış gazların iklim üzerindeki etkilerinin tamamını hissetmiş değiliz. Bu, geriden gelen etki yatıştırma stratejilerinin işini zorlaştırıyor.

Yavaş İklim Geribeslemeleri

"Charney" –ya da hızlı geribesleme– iklim duyarlılığı, onlarca yılı bulan zaman dilimlerinde açıklayıcı olarak düşünülmüştür. Ancak öteki geribeslemelerin, "yavaş" ve baş edilmesi zor oldukları için göz ardı edilen geribeslemelerin de, önemli olabileceği gayet açıktır.

Küresel ısınma etkisiyle ormanların kutuplara doğru kayması, bir "yavaş" geribeslemedir. Eğer dört mevsim yeşilliğini koruyan ormanlar yerlerini tundra ve çalı türü bitkilere bırakacak olursa, yüzey daha da kararacak demektir. Ağaçlar fotosenteze uygun olarak ışınları etkili bir biçimde hapsetmek üzere "tasarlanmıştır", dolayısıyla güçlü bir pozitif iklim geribeslemesi sağlayabilirler. Orman örtüsü Kuzey Yarımküre'nin yüksek enlemlerinde güçlü bir pozitif geribeslemedir ve önemli değişiklikler daha şimdiden görülmektedir (Zhou vd., 2001; Piao vd., 2006). Bu pozitif geribesleme küresel olarak çölleşmenin artmasından dolayı alt-tropik yüzey albedo'su tarafından kısmen dengelenebilir olsa da, pozitif geribesleme, olası deniz buzulları ve buz tabakaları kırılma noktalarının bulunduğu bölgelerde hâkimdir.

Bir başka "yavaş" geribesleme, buz tabakalarıyla ilgilidir. Bir buz tabakasının önemli bir geribesleme olsun diye ortadan kaybolması gerekmez: Artan erime alanı ve erime süresiyle ortaya çıkan buzun yüzey albedo'ndaki (yansıtma gücü) değişiklik büyük bir yerel iklim geribeslemesi oluşturur. Bu geribesleme, ısınmanın buz tabakalarının çözülmesine ve deniz seviyesinin yükselmesine etkisi yüzünden, ısınmanın özellikle önemli olduğu bir bölgede meydana gelir. Artan erime alanları ve erime süresinin uzaması hem Grönland'ta (Steffen



Şekil 2: Batı Pasifik Ekvator Bölgesi (Medina-Elizade ve Lea 2005) ve Hint Okyanusu (Saraswat vd., 2005) SST'si.
* Sea Surface Temperature. Deniz Yüzeyi Sıcaklığı.

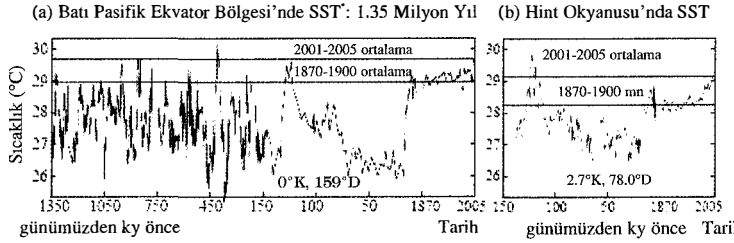
vd., 2004; Fettweis vd., 2007; Tedesco 2007) hem de Batı Antarktika'da (Nghiem vd., 2007) gözlemlenmiştir.

Diğer bir "yavaş" geribesleme, ısınmanın, kara parçalarından ya da okyanustan uzun ömürlü GHG'lerin salımlarına etkisidir. Kuzey Amerika ve Avrasya'da tundraların erimesinin, giderek daha fazla metanın kaynama sonucunda metan hidrattan buharlaşmasına neden olduğu gözlemlenmektedir. (Archer 2007; Zimov vd., 2006). Ek olarak, salımlar arttıkça okyanusun insan kaynaklı CO_2'yi soğurma yetisi azalır (Archer 2005) ve karasal biyosferin bile bir CO_2 kaynağı haline gelebilme olasılığı vardır (Cox vd., 2000; Jones vd., 2006).

Belli ki, paleoiklim zaman dilimlerinde çok yüksek iklim duyarlılığının birincil nedenleri olan bu "yavaş geribeslemelerin en azından bazıları, daha sonra tartışacağımız üzere, geçen otuz yılın güçlü küresel ısınma eğilimine bir tepki olarak şimdiden işlevsellik kazanmaya başlamıştır.

B. Dünyanın Gelişim Seyri

Uygarlık, içinde yaşadığımız buzul çağlar arası dönemde, neredeyse 12.000 yıllık kesintisiz bir zaman dilimini kapsayan, göreli istikrarlı bir iklim dönemi olan Holocene'de gelişti. Bu dönemde yerküre Kuzey Amerika ve Avrasya'da buz tabakalarının oluşmasını önleyecek kadar sıcak; ancak Grönland ve Antarktika'da buz tabakalarını istikrarlı tutacak kadar soğuktur. Deniz seviyesi, 20.000 yıl önce son buz çağının



Şekil 2: Batı Pasifik Ekvator Bölgesi (Medina-Elizade ve Lea 2005) ve Hint Okyanusu (Saraswat vd., 2005) SST'si.
* Sea Surface Temperature. Deniz Yüzeyi Sıcaklığı.

vd., 2004; Fettweis vd., 2007; Tedesco 2007) hem de Batı Antarktika'da (Nghiem vd., 2007) gözlemlenmiştir.

Diğer bir "yavaş" geribesleme, ısınmanın, kara parçalarından ya da okyanustan uzun ömürlü GHG'lerin salımlarına etkisidir. Kuzey Amerika ve Avrasya'da tundraların erimesinin, giderek daha fazla metanın kaynama sonucunda metan hidrattan buharlaşmasına neden olduğu gözlemlenmektedir. (Archer 2007; Zimov vd., 2006). Ek olarak, salımlar arttıkça okyanusun insan kaynaklı CO_2'yi soğurma yetisi azalır (Archer 2005) ve karasal biyosferin bile bir CO_2 kaynağı haline gelebilme olasılığı vardır (Cox vd., 2000; Jones vd., 2006).

Belli ki, paleoiklim zaman dilimlerinde çok yüksek iklim duyarlılığının birincil nedenleri olan bu "yavaş geribeslemelerin en azından bazıları, daha sonra tartışacağımız üzere, geçen otuz yılın güçlü küresel ısınma eğilimine bir tepki olarak şimdiden işlevsellik kazanmaya başlamıştır.

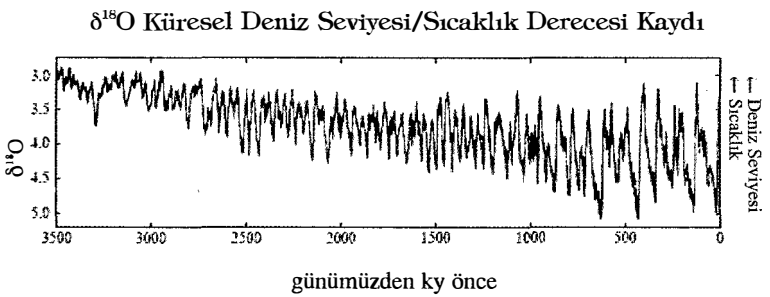
B. Dünyanın Gelişim Seyri

Uygarlık, içinde yaşadığımız buzul çağlar arası dönemde, neredeyse 12.000 yıllık kesintisiz bir zaman dilimini kapsayan, göreli istikrarlı bir iklim dönemi olan Holocene'de gelişti. Bu dönemde yerküre Kuzey Amerika ve Avrasya'da buz tabakalarının oluşmasını önleyecek kadar sıcak; ancak Grönland ve Antarktika'da buz tabakalarını istikrarlı tutacak kadar soğuktur. Deniz seviyesi, 20.000 yıl önce son buz çağının

zirvesiyle Holocene arasında 100 metreden fazla yükselmiştir. Yaklaşık 7.000 yıl önce, deniz seviyesi nihayet istikrara eriştiğinde, yerkürenin birçok noktasında ilk kentsel merkezler gelişti; bunun nedeni belki de, deniz seviyesi istikrara kavuşunca kıyı şeridinde verimliliğin artması, dolayısıyla kentsel gelişim için gerekli yüksek kalitede yiyeceğin daha çok bulunmasıydı (Day vd., 2007).

Dünyanın, buz tabakalarındaki istikrarın bozulması ve sonucunda deniz seviyesinin birkaç metre ya da daha fazla yükselmeye başlaması için ne kadar ısınması gerekiyor? Şekil 2 ve 3 bize yararlı ipuçları veriyor. Geçen 30 yıllık ısınmayla, önemli tropik bölgeler geçmiş milyonlarca yıl içinde, 1°C ya da daha az bir farkla, en sıcak buzul çağlar arası dönemde bulunuyor (Şekil 2). Daha önceki buzul çağlar arası dönemde (yaklaşık 130.000 yıl önce), küresel ortalama sıcaklık bugünkünden yaklaşık 1°C daha fazla değilken, deniz seviyesinin bugün olduğundan 4±2 metre daha yüksek olduğu tahmin ediliyor (Rostami vd., 2000; Muhs vd., 2002).

Şekil 2'de gösterilen büyük küresel iklim değişikliklerinden tamamen iki mekanizmanın sorumlu olduğunu belirtmek önemlidir: Bunlar, gezegenin (buz tabakası alanı, bitki örtüsü dağılımı ve kıtasal kayalıkların açıkta kalması yüzünden) yüzey albedo'sundaki ve atmosferdeki uzun ömürlü sera gazlarının (CO_2, CH_4, N_2O) miktarlarındaki değişikliklerdir. Hem albedo hem de GHG değişiklikleri bu uzun zaman dilimlerinde geribeslemeler olarak meydana gelirler; bunlar, Jüpiter, Satürn ve Venüs'ün Dünya'yı çekmeleri yüzünden yeryüzünün



Şekil 3: Okyanusların derinliklerinde yaşayan foraminifera'ların kabuk kalıntılarında korunmuş oksijen izotopuna dayanarak Plio-Pleistocene dönemindeki sıcaklığın ve buz kalınlığının temsili kaydı (Lisiecki ve Raymo 2005).

yörüngesel unsurlarının (dünyanın ekseninin eğikliği, yörüngenin eksantrikliği ve dünyanın güneşe en yakın olduğu mevsimin değişmesi) değişmesi olmak anlamında iklim değişikliklerinin başlıca göstergeleridir.

Albedo ve GHG değişiklikleri, geribeslemeler olarak, iklim değişikliğini genelde birkaç yüz yıl geciktirebilir. Bu geciktirme süresinin okyanusun devirdaim süresi olan yaklaşık 500 yılla kıyaslanabilir oluşu belki de tesadüf değildir. "Yavaş" geribeslemelere (sera gazlarındaki, bitki örtüsündeki, buz albedo'sundaki ve buz kaplı alanlardaki değişiklikler) tepki sürelerinin yörüngesel zorlayıcı değişikliklerinin zamanından çok daha hızlı olduğunu unutmamak önemlidir.

Başlıca yörüngesel zorlayıcı, dünyanın dönüş eksenindeki eğikliktir; yaklaşık 41.000 yıllık (41 ky [1 ky = 1000 yıl]) bir frekansta $22^{1/2}°$ ila $24^{1/2}°$ arasında değişir. Eğim büyük olduğunda, kutuplar yaz aylarında buz tabakalarının erimesini beraberinde getiren artan bir güneş ışığına maruz kalır; küçük olduğunda ise, kutuplardaki buz tabakaları büyür. Bu en önemli yörüngesel zorlayıcıdır; çünkü iki yarımkürede de aynı anlamı taşır. Ve bu zorlayıcı, dünya yörüngesinin eksantrikliğinden bağımsız olarak, her zaman mevcuttur.

Dünya yörüngesinin eksantrikliği (dairesel olmama hali) yaklaşık 0'dan (dairesel yörünge) yaklaşık 0.06'ya kadar değişir. Dünya çeşitli gezegenler tarafından itilip çekildiği için, eksantriklik değişikliğinin zaman dilimleri eğiklik değişiklikleri kadar düzenli değildir; ama en büyük değişiklikler yaklaşık 100 ky zaman diliminde olur. Eksantriklik sıfırdan anlamlı bir büyüklükte farklıysa, üçüncü yörüngesel parametre işlevsellik kazanır: dünya güneşe en yakın olduğunda mevsim ya da farklı bir ifadeyle, ekinokstan kayma (ing.: precesion). Bu kayma yörüngesel zorlayıcıların en hızlısıdır; yaklaşık 23 ky içinde tam bir daire çizer.

Eksantriklik ve kayma, birlikte işlev görerek, yaklaşık 23 ky ile 100 ky arasında bir zaman diliminde iklim değişikliğine neden olur; ama iklim zorlayıcısı iki yarımküre için zıt değerdedir; dolayısıyla toplam küresel etki, aşağıda belirtilen özel durumlar dışında, genelde küçük olur. Eksantriklik/kayma zorlayıcısı mevsimsel güneşlenme etkisi yoluyla işlev görür. Günümüzde, örneğin, dünyanın güneşe en yakın olduğu zaman ocak ayıdır, en uzak olduğu zaman ise temmuz ayıdır.

Bu durum, görece ılık kış ayları atmosferdeki nem ve karı artırırken, serin yaz aylarında da yeni oluşan bir buz tabakasının durumunu korumasına yardım ederek, Kuzey Yarımküre'nin yüksek enlemlerinde buz tabakalarının artışına hizmet eder.

Böylelikle, günümüzdeki doğal eğilim, insanlar sayılmazsa, bir sonraki buz çağına doğrudur; yine de bu eğilim çok güçlü olmayacaktır çünkü dünyanın yörüngesindeki eksantriklik çok küçük bir değerdedir (yaklaşık 0.017). Bununla birlikte, insan soyu tükenmedikçe, bir sonraki buz çağı asla gelmeyecektir. Yörüngesel değişiklikler buzul çağlarının "hız ayarlayıcısı" olsalar da, bir buz çağında dünyanın daha soğuk olmasını sağlayan iki mekanizma vardır. Bunlar, uzun ömürlü GHG'lerin salımının azalması ve buz tabakası alanının artmasıdır. Ancak bu doğal mekanizmalar artık insan kaynaklı salımların hükmüne girmiştir; bu yüzden GHG jet hızıyla artıyor ve bütün gezegen ölçeğinde, tüm buzlar eriyor. İnsanlar artık, iyisiyle kötüsüyle, küresel iklimin kontrolünü eline geçirmiş durumdadır. İnsanlar var oldukça, bir buz çağına asla imkân verilmeyecektir; çünkü kolaylıkla üretilebilen CFC'lerin az bir miktarı bile bir buz çağına engel olabilir.

Ancak yaşadığımız dünyaya gelecek olursak: Buz çağlarının temel dönemselliği bir milyon yıl önce 41 ky'den 100 ky'ye neden değişti? Şekil 3 bu değişikliği gösteriyor. Oksijen izotop ^{18}O barındıran H_2O molekülleri ağırdır ve bu yüzden bol miktarda ^{16}O barındıran H_2O moleküllerinden daha yavaş hareket eder. Bu yüzden de, ^{18}O barındıran H_2O molekülleri okyanuslarda hemen kolayca buharlaşır. Sonuçta, buz tabakaları ^{18}O'ları tüketir ve buz tabakaları büyürken okyanus suyunda ^{18}O oranı artar. Bu değişiklikler, günümüzde okyanus çökeltilerinde korunmuş mikroskobik deniz hayvanlarının kabuklarındaki ^{18}O'larda kayıt altındadır.

Şekil 3, dünyadaki bütün deniz çökeltilerinde bulunan ^{18}O'nun kaydını gösteriyor (Lisieki ve Raymo 2005). Şekil 3'teki $\delta^{18}O$ (δ, bir standart duruma göre "değişme" demektir), küresel sıcaklığın yaklaşık 100 ky'ye bir frekansta değiştiği yaklaşık bir milyon yıl öncesine kadar varolan küresel sıcaklığın 41 ky'lik frekansını gösteriyor. Bu dönüşümün çok basit olan açıklamasına geçmeden önce, $\delta^{18}O$'yu asıl olarak etkileyen iki unsurun olduğunu belirtmem gerekir: Bunlardan biri,

daha önce de değindiğimiz, buz tabakalarında hapsedilmiş buzun miktarıdır (yani, deniz seviyesi); diğeri de, mikroskobik yaratıkların (kabuklarında $\delta^{18}O$ kayıtları taşıyan, bentik, yani derin deniz sakini olan foraminiferalar) yaşadığı yerdeki okyanus sıcaklığıdır.

Şekil 3'teki uzun erimli trend, hem bu süreçte daha soğuk hale gelen okyanusun hem de kara parçalarındaki buz tabakalarında sıkışmış (izotop olarak hafif) daha fazla suyun bir sonucudur. Bu dönemin başlangıcında (3.5 milyon yıl önce, Pliocene döneminin ortası) dünya bugün olduğundan 2-3°C daha sıcaktı ve deniz seviyesi 25± 10 metre daha yüksekti (Barret vd., 1992; Dowsett vd., 1994).

Şekil 3 yine, dünya soğudukça buzul çağı ve iki buzul çağı arasındaki ara dönemde iklim dalgalanmalarındaki artışın çokluğunu gösteriyor. Bunun nedeni, gezegen soğuyup buz ve kar kaplı alanlar büyüdükçe, buz/kar albedo geribeslemesinin daha büyük hale gelmesidir.

Bir milyon yıl öncesine kadar buzul çağla iki buzul çağ arasındaki ara dönem döngüsü 41 ky'ydi çünkü iki yarımküredeki buz ve kar alanları kıyaslanabilir miktardaydı ve bu yüzden iki yarımkürede zıt olan eksantriklik ve kayma etkileri küresel çapta, büyük oranda birbirlerini etsiz hale getiriyordu. Ancak yaklaşık bir milyon yıl önce dünya soğumuş ve bu soğumaya bağlı olarak kocaman bir buz kütlesi (Laurentide buz tabakası denir buna) Kanada'nın çoğunu kaplamış ve şimdiki ABD'nin bazı bölgelerine erişmişti. Buz/kar kaplı buna benzer bir alan Güney Yarımküre'de oluşamaz; çünkü Güney Yarımküre'de, bu paralellerde (yaklaşık 60) kara parçası yoktur; onun yerine doğu batı yönünde kabarıp çekilen okyanus akıntıları vardır. Yarımküreler arasındaki bu muazzam asimetri, eksantriklik/kayma etkilerinin önemli olmasına imkân verir ve bu yüzden küresel sıcaklıklar yaklaşık 23, 41 ve 100 ky'lik periyodik dönemlerin damgasını taşır (Referans B).

Dikkatli okur belki de şu soruyu soracaktır: Geçen birkaç milyon yıl süresince, bir bütün olarak, dünya neden aşamalı olarak soğuyor, buz tabakaları büyüyor ve deniz seviyesi alçalıyor. Bunun nedeni, hemen hemen kesin olarak, geçen 10-20 milyon yıl boyunca güçlü orogenidir (dağ oluşması). Güney Amerika kıtası henüz oturmamış bir alana çarpmakta ve böylece And Dağları'nı hızla yukarıya doğru itmektedir. Kesin

oranı belirlemek zordur; ancak eldeki kanıtlar, örneğin, geçen 11 ve 7 ky arasında And Dağları yılda 1 mm, yani bir milyon yılda 1 km yükselmiştir (Ghosh vd.). Son 40 milyon yıldır Himalayalar da aynı şekilde yükselirken (Raymo ve Ruddiman 1992), Hindistan platosu Asya içlerine doğru sokulmaktadır.

Yükselen dağlar, kayaların havayla temasını, dolayısıyla okyanus tabanındaki karbonlu bileşiklerin çökmesini ve böylece atmosferik CO_2 miktarının aşağıya çekilmesini artırır. Atmosferik CO_2 miktarının kesin buz kayıtları ancak 700.000 yıl gerilere gitmektedir; dolayısıyla biz atmosferik CO_2 içeriğinin daha kaba tahminlerini kullanmak durumunda kalıyoruz; örneğin, atmosferik CO_2 değişirken, yaprakların gözenekleri de değişir. Böyle bir kanıttan hareketle, 3.5 milyon yıl önce CO_2 miktarının muhtemelen 350-450 ppm aralığında olduğunu hesaplayabiliriz.

Belli ki, dünyanın gelişim seyri "tehlike" teşkil edecek atmosferik değişiklik oranı hakkında bize çok şey anlatır. Ben burada iklim duyarlılığı ve iklim geribeslemeleriyle ilgili ampirik enformasyonun bazılarını izah etmeye çalıştım. Özel ilgiyi hak eden, hayati önem arz eden başka paleoiklim verilerden sağlanan enformasyon da vardır; ki bu enformasyon, iklim değişikliğiyle birlikte insanlığın karşısına çıkan en büyük tehlikeye, deniz seviyesindeki yükselmeye işaret eder.

Paleoiklim kayıtlar bize şunu gösteriyor: Buz tabakası çözülmesi ve deniz seviyesinin yükselmesi genellikle buz tabakası büyümesi ve deniz seviyesinin alçalması zıt süreçlerinden çok daha hızlıdır. Bu anlaşılır bir şeydir; çünkü buz çözülmesi birçok pozitif geribeslemeyle sulu bir süreçtir ve bu yüzden soğuk, genellikle kuru yerlerdeki kar yağışı oranıyla sınırlanmış olan buz tabakası büyümesine göre daha hızlı gelişir. Son buz çağının sonunda deniz seviyesi 10.000 yıldan daha az bir süre önce olduğundan 100 m daha fazla yükselmiştir; bu da bir yüzyılda ortalama 1 m demektir. Bu buz çözülmesi döneminde, deniz seviyesi yüzyılda 4-5 m gibi büyük bir hızla yükselmiştir.

Eğer biz bu yüzyılda birkaç °C'lik küresel ısınma yaratacak "mutat" GHG salımlarını sürdürecek olursak, Batı Antarktika ve Grönland çözülmeye kaç yıl sonra başlayacaktır? Geçmişte, bu soruya, deniz seviyesi değişikliğini paleoiklim

kayıtlarla karşılaştırmaya çalışmak amacıyla yapılmış buz tabakası modellerine dayanarak bir yanıt verilmiştir. Bu modeller genellikle, buz tabakalarının büyük miktarda değişikliğe uğraması için binlerce yıla gerek duyar. Artık, bu modellerin yanlış bir öncüle ve eksik fizik bilgisine dayandığı büyük oranda anlaşılmıştır.

Buzul çağlarla ara dönemler arasındaki büyük deniz seviyesi değişiklikleri tipik olarak birkaç bin yıl gerektirir. Ancak bu, buz tabakalarının doğasından gelen bir tepkime zamanı değil, değişen zorlayıcının zaman dilimidir. Halbuki, zorlayıcıyla buz tabakası tepkisi arasında önemli bir gecikme olduğuna dair kanıt yoktur. En hızlı değişen paleoiklim zorlayıcı, asgari zorlayıcıdan azami zorlayıcıya 11-12 ky'lik bir zaman dilimine sahiptir ve deniz seviyesindeki değişiklikler, pratikte, zorlayıcı değişiklikleriyle uyumludur; bu da buz tabakasının, zorlayıcılara dikkate değer bir tepki vermesinin yüzlerce yıl alabileceğini akla getirir (yukarıdaki B ve D referansları).

Mevcut Durum

İnsanlar iklimin değişmekte olduğunu yeni yeni görmeye başlıyor. Geçen 30 yılda 1°F olan küresel ısınma, günü birlik hava durumu dalgalanmalarından, hatta aylık ortalama yerel sıcaklık düzensizliklerinden çok daha küçük bir değeri işaret eder. Ancak ısınma kara üzerinde okyanus üzerinde olduğundan daha yüksektir ve geçen yirmi otuz yılda meydana gelen değişiklikler keskin bir gözlemcinin dikkatinden kaçmayacaktır. İzotermler (ortalama sıcaklık değerlerini gösteren çizgiler) artık tipik kara parçalarında, on yılda yaklaşık 50 km kadar kutup yönüne doğru kayıyor. Bu ısınma sürerken ya da "mutat" GHG salımlarıyla hızlanırken, ileride tartışıldığı üzere, dramatik etkiler ortaya çıkmaya başlayacaktır.

Küresel ısınma sorununa çözüm getirme meselesinin ne kadar acil olduğunu anlamak için, fosil yakıta dayalı endüstriyel devrimde ortaya çıkan kirlenme sorunlarıyla arasındaki kritik bir farkı görmek zorunludur. Endüstri Devrimi'nin ilk adımı Britanya'da atılırken, öncelikle başvurulan enerji kaynağı, en bol fosil yakıt olan kömürdü. Daha taşınabilir ve alı-

şılmış fosil yakıtlar olan petrol ve gazın keşfi, gelişmiş dünyaya daha çok verimlilik ve iyi yaşam koşulları getirecek enerji kaynağını sağlamıştı.

Endüstri devriminin karanlık yanını gözümüze sokuluncaya kadar fark etmedik. Londra dumandan boğuldu. ABD'de bir nehir yandı. Ormanlar asit yağmurundan zarar gördü. Birçok gölde balıklar öldü. Bu sorunların izi sürülünce, fosil yakıt kaynaklı kirleticiler çıktı karşımıza.

Bu kirlenme sorunlarını, en azından gelişmiş ülkelerde, çözdük ya da çözüyoruz. Ancak bu sorunlara bütün şiddetiyle yüzümüze çarpılana kadar çözüm aramadık. Bu, bekle ve gör ve iş işten geçtikten sonra sorunları tespit et yaklaşımı, ne yazık ki, küresel iklim değişikliği sorununda işe yaramayacaktır. Tam tersine, iklim sisteminin ataleti, havadaki gazlara bağlı iklim değişikliğinin büyük bir kısmının hâlâ "ardışık süreçlerde" beklediği gerçeği, ekonomik bakımdan duyarlı mevcut teknolojilerin yerlerine yenilerinin konması için gerekli olan zamanla birlikte düşünülürse, konunun önemi ortaya çıkar. Demek ki, bu kez de, bir sonraki on yıl için bile, iklim sorununun ihmali felaketleri beraberinde getirecek bir iklim değişikliğini kaçınılmaz kılacaktır ve bunun, içinde yaşadığımız yüzyılın geri kalanında ve gelecek yüzyıllarda kendini gösterecek etkileri olacaktır (A ve B referansları).

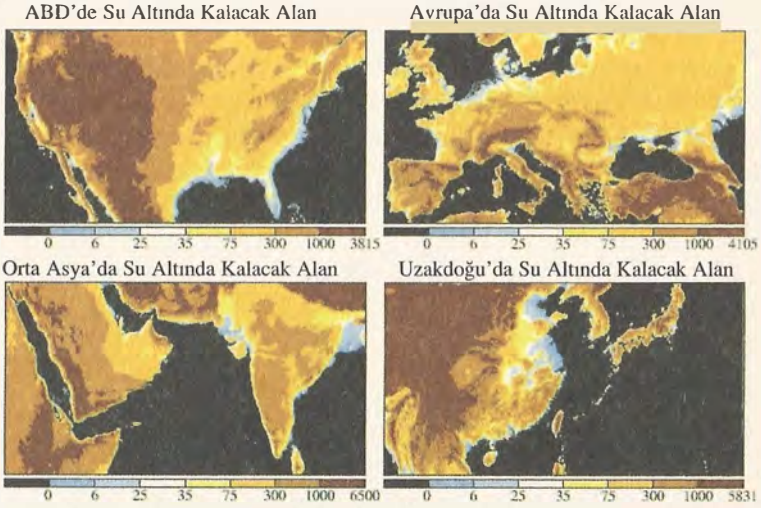
Ancak bu, kötü kaderimize lanet okuyup hüzne kapılma nedeni olmamalıdır. Tam tersine, CO_2'nin "tehlikeli" seviyesinin 450 ppm'den yüksek olmadığı, hatta muhtemelen bunun altında olduğu yönündeki vargının birçok sevindirici yanı vardır. Demek ki, biz, insanoğlu, atmosferik CO_2 miktarını genelde sanılandan çok daha kesin bir biçimde sınırlandırmanın bir yolunu bulmaya mecburuz. Bunu yaparsak, yüksek CO_2 oranının kaçınılmaz görünen birçok sonucundan sakınabiliriz. Bizler mercan resiflerinin ve okyanuslardaki diğer hayat kaynaklarının yok olmasına sebebiyet veren okyanusların asidifikasyonunu engelleyebilecek, Arktik buz kütlesini muhafaza edebilecek, türlerin yok oluşunu sınırlayabilecek, ABD'nin batısının tahammül edilemeyecek kadar sıcak hale gelmesini önleyebilecek ve kapsamlı bir küresel ısınmanın istenmeyen öteki sonuçlarına engel olabilecek beceriye sahibiz.

Bir seçim yapmak zorunda olduğumuz artık netlik kazanmış durumdadır. Hızlı bir biçimde, endüstriyel devrimin bir

sonraki aşamasına geçişi başlatabiliriz ve bunu yaparak, bir yandan gerek ileri teknolojiden faydalanıp gerek onu daha da geliştirirken, diğer yandan doğal dünyanın, evrenin harikalarının yaralarını sarıp iyileşmesine yardımcı olabiliriz. Ya da sorunu görmezden gelir, gezegendeki ötekı yaratıklar kadar insanlığın büyük bir kısmı için de felaketten başka bir şey getirmeyecek farklı bir gezegen yaratabiliriz.

Tehlikeli İklim Değişikliğinin Ölçüleri

Daha önce, (Hansen 2006), buz tabakası çözülmesinin ve türlerin yok olmasının tehlikeli iklim değişikliğinin göstergeleri olarak çok büyük bir önceliği hak ettiğini belirtmiştim; çünkü her şey bir yana, bunlar tersinmez sonuçlardır. Bölgesel iklim değişikliğinin de insanlık üzerinde büyük etkileri vardır.



Şekil 4: Belirtilen deniz seviyesi artışlarında su altında kalacak alanlar. Mavi bölgelerin, Orta Pliocene dönemindeki kadar büyük (2-3°C) bir küresel ısınmayla su altında kalması bekleniyor.

A. Deniz Seviyesinin Yükselmesi

Tehlikeli iklim değişikliğini belirlemede en kesin kriter belki de deniz suyu seviyesinin bugünkü düzeyde tutulmasıdır (Referans A); çünkü bir milyar insan bugün deniz seviyesinden 25 metre yükseklikte yaşıyor. Bu alanlar (Şekil 4) ABD'nin doğu sahilindeki kentleri, Bangladeş'in hemen hemen tamamını ve Çin'de 250 milyondan fazla insanın yaşadığı alanları kapsıyor.

Deniz seviyesi değişikliği, buz tabakası ataletinin bin yıldan daha kısa zaman dilimlerinde belirgin değişiklikleri engellediğine dair ortak varsayım nedeniyle, geçmişte hak ettiği ilgiyi görmedi. Paleoiklim verilerin daha yakından incelenmesi bu varsayımın sorgulanmasına neden olmuş, Batı Antarktika ve Grönland'ta, geçen birkaç yıl içinde uydudan ve yer istasyonlarından yapılan gözlemlere göre, giderek ivme kazanan hızlı değişimler korkutucu bir hal almıştır. Batı Antarktika özellikle kaygı vericidir; çünkü deniz tabanlı bir buz tabakası olduğundan, küresel ısınma buraya hem aşağıdan hem de yukarıdan saldırmaktadır.

Deniz seviyesi daha şimdiden on yılda bir 3.5 cm yükseliyor ve oran giderek artıyor. Ne düzeyde küresel ısınmanın deniz seviyesini bir yüzyılda kaç metre yükselteceğini kesin olarak söylemek mümkün değildir çünkü buz tabakası çözülmesi doğrusal olmayan bir süreçtir; bu süreçte değişiklikler beklenmedik bir biçimde aniden gerçekleşir. Ancak paleoiklim veriler bu düzeydeki bir küresel ısınmanın çok da uzağında olmadığımızı gösteriyor.

B. Türlerin Yok Oluşu

İklim değişikliği yavaş yavaş yüzünü gösterirken, vahşi hayat başka faktörler tarafından sıkıntıya sokuluyor. Bu faktörlerden bazıları şunlardır: yaşam alanlarının tahribatı, avlanma ve kaynak kullanımı, kirlenme ve egzotik rakip türlerin ortaya çıkması. İklimin etkileri, insan kaynaklı ekosistem parçalanması gibi başka faktörler tarafından da ağırlaştırılıyor. Sonuçta, süregelen mutat sera gazı salımları, birlikte yeryüzün-

de hayatın dokusunu oluşturan ve insanlığa sayısız fayda sağlayan birçok ekosistemi ve içindeki türleri tehdit ediyor.

İklim değiştikçe hayvanlar ve bitkiler göç ediyor; ancak onların potansiyel kaçış yolları belki de coğrafi ya da insan elinden çıkma engeller tarafından kesilecektir. Kutup bölgesindeki türler gezegenin dışına itilecektir çünkü onların gideceği yer kalmamıştır. Antarktika'da, çekilen deniz buzu nedeniyle penguenler eskiden bolca buldukları besin kaynakları olan karides benzeri çok küçük deniz kabuklularını artık bulamadıklarından, orta boy, Adelie türü ve imparator penguenlerin sayısı gün geçtikçe azalıyor (Gross 2005).

Kuzey Kutbu'ndaki ayılar da deniz buzlarının erimesi yüzünden sıkıntıya düşüyor. Kutup ayıları deniz buzlarında yaşayan fok balıklarını avlar; ancak buz kıyıdan çekilince bu hayvanları avlamaları zorlaşmıştır. Buz daha erken çekildiğinden, Kanada'daki ayı sayısı %20 oranında azalmış; bu arada dişi ayıların kilo kaybına bağlı olarak, hayatta kalan yavru sayısında da bir azalma olmuştur.

Görünüşe bakılırsa, iyi bir haber, US Fish and Wildlife Service'ten geliyor; bu kurum kutup ayılarını Tehlike Altında-



Şekil 5: Kutup ayısı küresel ısınmanın tehdidi altında. Dişilerin ağırlıkları ve yavruların sayıları bazı ayı topluluklarında yaklaşık %20 azalmıştır. (Fotoğraf: Paul Burke, *First People*).



Şekil 6: Graham Dağı'ndaki Kızıl Sincaplar, etrafı çöllerle kaplı yeşil bir adacıkta hayatta kalmış. (Fotoğraflar: Claire Zugmeyer ve Bruce Walsh, Arizona Üniversitesi.)

ki Türler Yasası hükümlerine göre koruyup koruyamayacağını görüşüyor (Penisi 2007). Görünüşe bakılırsa diyorum; çünkü kurum bu duyuruyu ancak, harekete geçmediği için mahkemeye verildikten sonra yaptı. Ve kutup ayısı felaketinin sera gazı salımlarıyla bağlantısına hükümet değil, sadece dava açanlar değindi.

Dağ eteklerindeki biyolojik bakımdan çeşitlilik sergileyen alanlar da dahil, dağlık bölgelerdeki yaşam benzer bir biçimde gezegenin dışına itilme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Verili bir sıcaklık aralığı dağların daha yüksek kesimlerine çekilirken, bu iklim koşullarındaki alan küçülüyor, kayalık hale geliyor ve havadaki oksijen miktarı da azalıyor. Sonuçta ortaya çıkan yaşam savaşı ABD'nin güneybatısında daha şimdiden görülebilir; ayrıca artan kuraklık ve orman yangınları bu etkilerin katlanarak şiddetlenmesine neden oluyor.

Graham Dağı Kızıl Sincabı bugün tek bir Arizona dağında, Amerika'nın güneybatısında, koca okyanus içinde bir adacık haline gelmiş bir dağda, yaşama tutunmaya çalışıyor. Bu "adacıklar" çölün ortasındaki dağlarda yer yer görülen yeşil alanlardır. Bu türlerin karşılaştığı baskıların bir sonucu olarak, Kızıl Sincaplar tarafından oluşturulan yiyecek yığınaklarını talan eden bir gri sincap türemiştir. Türü tehlikede bir hayvan olarak sınıflandırılan Graham Kızıl Sincabı'nın sayısı alınan tedbirlerle 1999'da 500'ün üzerine çıkartılmış (Jordan 2006); ancak o tarihten sonra 100 ila 200 arasında bir sayıya kadar gerilemiştir (Egan 2007). Kızıl Sincap'ın yok olması ormanın yapısını değiştirecektir; çünkü onun yiyecek yığınağı aynı zamanda çizgili sincapların, tarla farelerinin ve sıçanla-

rın da besin kaynağıdır.

Graham Kızıl Sincaplarının sayısının azalmasına neden olan ve belki de onları yok oluşa sürükleyen yeni odak, iklimseldir: artan sıcaklık, kuraklık ve orman yangınları. Sıcaktan kavrulan ormanlar sürekli böcek istilasına ve felaketle sonuçlanan yangınlara gebedir. Yağmur hâlâ yağıyor ve yağdığında, daha sıcak hava daha çok su tuttuğundan, çok büyük fark yaratıyor. Ancak kurak dönemler daha şiddetli ve sonuçta ortaya çıkan orman yangınları arkalarında neredeyse hiçbir canlının yaşamadığı "kavrulmuş bir toprak" bırakarak havayı daha da ısıtıyor; öyle ki, ormanın etekleri kendini yenileyemiyor ve kıyısına kadar sokulmuş çölün bir parçası haline geliyor.

Graham Kızıl Sincabı, daha iyi bir koşulda hayat mücadelesini sürdürebileceği yüksek bir dağa taşınarak "kurtarılabilir" mi acaba? Bir zorluk, türler arasında gelişmiş olan "karmaşık bütünlük" etkileşimleri olacaktır (Montoya vd., 2006). Ekolojik istikrarı yaratan bütün bu karmaşık etkileşimleri insanlar, bırakın yeniden üretmeyi, anlayabilir mi; anlarlarsa ne olur? "Yardımlı göç", bu yüzden, taşınan için belirsizliğin sürmesi bir yana, başka türleri tehlikeye sokar (Zimmer 2007).

Graham Kızıl Sincabı ve milyonlarca başka türlerin karşı karşıya kaldığı iklim tehdidinin altında yatan neden fosil yakıt kullanımının "mutat" yükselişini sürdürmesidir. İnsanoğlu da dahil, bütün türler için en iyi şans, geriye kalan türlerin bilinçli olarak alternatif bir enerji senaryosu, iklime istikrar getirecek bir senaryo, tercih etmesidir.

C. Bölgesel İklim Değişikliği

Küresel ısınma yüzünden bölgesel iklim değişiklikleri kısa vadede insanlar üzerinde en büyük etkiyi yapacaktır. Hidrolojik döngüdeki değişiklikler özel bir kaygı nedenidir. Alttropik kuraklık koşullarının genişlemesi ve şiddetini artırması, küresel ısınmanın iklim modeli simülasyonlarında her zaman görülen bir olgu haline geldi. Pratikte ise bu, ABD'nin batısı, Akdeniz, Avustralya ve Afrika'nın belli parçaları gibi bölgelerde kuraklık ve orman yangınlarının artmasıyla kendi-

ni gösteriyor. Paleoiklim veriler, daha sıcak bir iklimle birlikte ABD'nin batısında kuraklığın daha da artacağına işaret ediyor.

"Tehlikeli" bölgesel etkiler için bir eşik tespit etmek zordur. Mutat sera gazı senaryoları, bölgesel sıcaklık değişikliklerinin geçen yüzyıldaki bölgesel değişkenlerin standart sapmasının 5-10 olduğu sonucunu veriyor; bu da tehlikeli değişikliğin olmazsa olmaz bir kanıtıdır (bkz., Referans A). Küresel ısınmayı mevcut düzeyine yakın bir noktada istikrara kavuşturursak, deniz seviyesi ve türler kadar, bölgesel iklim değişikliğini de kontrol altına almış olacağız.

İklim İstikrarını Sağlamak İçin Dört Adımlı Strateji

Dünya atmosferinde daha şimdiden sera gazlarının tehlikeli bir düzeye eriştiğinin kanıtlanmış olması bizi umutsuzluğa sevk etmemelidir. Bu sadece endüstriyel devrimin bir sonraki safhasına hızla geçmek zorunda olduğumuz anlamına gelir. Böyle yaparak, ileri teknolojinin nimetlerinden yararlanır ve onları geliştirirken, yaşadığımız dünyanın, evrenin harikalarının da eski sağlığına kavuşmasına yardımcı olabiliriz.

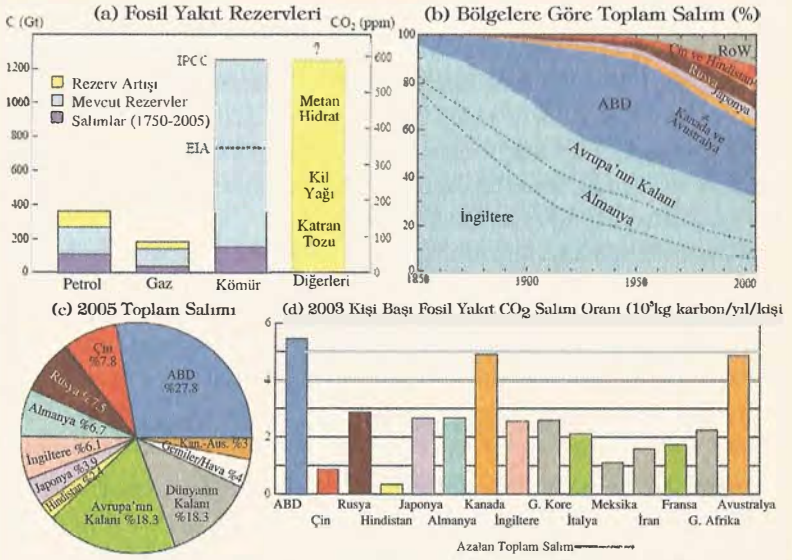
Temel fosil yakıt gerçeklerini gözden geçirdikten sonra, gerekli önlemler için bir çerçeve belirmiş olur. Şekil 7a, her bir fosil yakıt rezervindeki –petrol, gaz, kömür ve alışılmadık fosil yakıtlar (katran kumları, katran kömürü, ağır petrol, metan hidratlar)– tahmini CO_2 miktarını gösteriyor. Petrol ve gazın önemli bir dilimi halihazırda kullanılmıştır (grafikteki koyu bölge). Bilinen ve tahmin edilen rezervler Enerji Enformasyon Yönetimi tahminlerine dayanıyor. Öteki uzmanlardan daha yüksek ya da daha düşük tahmin yapanlar da var; ama belirsizlikler bizim sonuçlarımızı değiştirmiyor.

Fosil yakıt rezervlerine ilişkin veriler "karbon döngüsü" hakkındaki bilgiyle birleştirilmedir. Okyanus, fosil yakıt CO_2 salımlarının bir bölümünü çabucak tutar; ama okyanusa katılan CO_2, atmosfer üzerine bir "karşı basınç" uyguladıkça bu tutuş yavaşlar. Daha fazla alış, bu yüzden, CO_2'nin derin okyanusa karışmasına ve son tahlilde karbonlu çökeltilerin olu-

şumu yoluyla okyanustan CO_2'nin atılmasına bağlıdır. Sonuç olarak, fosil yakıt CO_2 salımının üçte ikisi 100 yıl, kalan üçte biri de 500 yıl havada kalır (Referans A'daki Şekil 9).

Bu fosil yakıt verilerinden şöyle bir sonuç çıkarabiliriz: Şu anda halihazırdaki petrol ve gaz kaynakları tek başına atmosferik CO_2'yi 450 ppm düzeyine yaklaştıracaktır. Kömür ve alışılmadık fosil yakıtlar atmosferik CO_2'yi çok daha yüksek düzeylere taşıyabilir. Bu karbon depoları, iklim krizinin çözümlerini tespit etmede önemli bir sınır koşuldur.

İkinci bir sınır koşul, iklim sisteminin "momentumunu" tanımlayan dünyanın enerji dengesizliğidir. Buzsuz bir Kuzey Kutbu ve sonunda bütün buz tabakalarının çözülmesiyle, "farklı bir gezegen" yaratılması ancak gezegen çapında enerji dengesinin, yani bu feci sonuçları önleyecek dengenin, kabul edilebilir bir küresel sıcaklıkta yeniden kurulmasıyla önlenebilir. İzin verilebilir ek ısınma tahminleri, bilgi çoğaldıkça ve teknoloji geliştikçe daha da kesinlik kazanacaktır; ancak bilimin ışığında varılan sonuca göre, "güvenli" küresel sıcaklık düzeyi, en çok, 2000 yılı sıcaklığından 1°C daha yük-



Şekil 7: (a) Fosil yakıt rezervlerinde tutulan CO_2; koyu bölge halihazırda kullanılmış dilimi gösteriyor; (b, c) dünya toplamının bir yüzdesi olarak farklı ülkelerin toplam fosil yakıt CO_2 salımının; (d) fosil yakıt CO_2 salımının en büyük faili on ülkede kişi başına salımlar (Marland 2006).

sektir. Daha da az olabilir ve ben aslında daha az olduğunu düşünüyorum; ama bu gerekli önlemlerin doğasını değiştirmez.

Ek küresel ısınmaya 1°C sınırlaması getirmek, yaklaşık 450 ppm'lik bir CO_2 tabanını akla getiriyor (Referans A). Isınmaya neden olan, özellikle de CH_4, N_2O ve "kara kurum" gibi, ötekı insan kaynaklı iklim zorlayıcılarına bağlı olarak CO_2 tabanında belli bir "oynama" söz konusudur. Ek ısınmayı 1°C'nin altında tutmayı tasarlayan "Alternatif Senaryo"da (Hansen vd., 2000), CH_4 oranında varsayılan büyük bir düşüş yoluyla 475 ppm zirvesine çıkan CO_2 vardır. Bununla birlikte, soğutucu bir etki yapan insan yapımı sülfat aerosolleri muhtemelen azalacak ve pozitif CO_2'siz zorlayıcıların düşüşlerini dengeleyecektir. Bu yüzden, 450 ppm, azami izin verilebilir CO_2 üzerine en iyi ilk tahmindir. Ancak eğer Antarktika'daki yakın tarihli kütlesel kayıp yeni bir trendin başlangıcı olursa, 450 ppm bile aşırı ve tehlikeli bir düzey olabilir.

İzin verilebilir CO_2'nin düşük sınırının iyi bir tarafı vardır. Böylesi bir sınırlama, enerji sistemlerimizde değişikliğe gidilmesini gerektirir; ki bu, deniz seviyesi sorununu çözmekten daha öte bir anlam ifade edecektir. Bunlar Güney Kutbu'nda buzu koruyacak ve dramatik bölgesel iklim değişikliklerine engel olacaktır. Fosil yakıtların ürettiği hava kirleticiler de, özellikle kurum ve düşük düzey ozon, azaltılacak ve böylece daha sağlıklı, bozulmamış bir gezegen oluşacaktır. Bugün olduğundan az daha farklı iklim koşullarında çoğu türün hayatta kalması sağlanabilecektir.

Tehlikeli iklim değişikliğinden sakınmak için insanlığın izlemesi gerekli stratejinin bir özeti yukarıdaki sınır koşullardan çıkar. Bu dört adımlı bir stratejidir.

Kömür ve Alışılmadık Fosil Yakıtlar

Birincisi, kömür ve alışılmadık fosil yakıtlar ancak karbonu hapsetme ve yalıtma mümkün olduğunda kullanılmalıdır. Mevcut kömür yakıtlı enerji santralleri önümüzdeki birkaç yıl içinde tasfiye edilmelidir. "Farklı bir gezegen" haline gelmenin önüne geçmenin birinci koşulu budur.

Kolaylıkla çıkarılabilir petrolün büyük bir kısmının kulla-

CO_2 Salımlarını Düşürme Yöntemleri	Çözüm Özeti
1. Enerji Verimliliği ve Korunması	1. Kömürün yalnızca enerji santrallerinde, yalıtılarak kullanılması.
Daha Etkili Teknoloji	Eski teknolojinin terk edilmesi. Belirlenecek bir zaman içinde.
Hayat Tarzı Değişiklikleri	2. Bilinen petrol ve gaz kullanımını zorlaştırmak.
2. Yenilenebilir ve CO_2'siz Enerji	Teşvikler (karbon vergisi) ve standartlar.
Hidro	Alışılmadık fosil yakıtlara (katran kömürü vb) izin vermemek.
Güneş, Rüzgâr, Jeotermal	3. CO_2'siz iklim zorlayıcılarını azaltmak.
Nükleer	Metan, kara kurum, nikrat/azot protoksit.
3. CO_2'nin Hapsedilmesi ve Yalıtılması	4. Atmosferik CO_2'yi aşağıya çekmek.
Mucize bir çözüm yok	Biyoyakıtlı enerji santralleri.
Üç koşul da önemlidir	

nılmasına ve bunun bir sonucu olarak, küçük, hareketli kaynaklardan CO_2 salımına engel olmak pek mümkün görünmüyor. Bu, muazzam miktardaki kömür kaynağının kömürü hapsedebilecek bir şekilde kullanılmasını ve aslında, kömürün mantıki olarak enerji santrallerinde kullanılmasını zorunlu kılar. Bu zorunluluk, kabul edilebilir atmosferik CO_2 miktarının düşük oluşunun, fosil yakıt yataklarının büyüklüğünün ve havaya salınmış CO_2'nin önemli bir bölümünün, şayet hapsedilmemişse, "ilelebet", 500 yıldan daha fazla süre, havada kalacağı gerçeğinin bir sonucudur.

Bu durumda, bana göre, en etkili önlem, CO_2 hapsetme kapasitesi olmayan yeni hiçbir kömür yakıtlı enerji santrali kurulmamasıdır. Sadece ABD, Çin ve Hindistan'ın değil, dünyanın birçok ülkesinin bu durumu kabul etmeye yanaşmadığı dikkate alınacak olursa, yurttaşların bu konuya dikkat çekmesi önemlidir. Küresel ısınmayı durdurmak için alınabilecek en etkili önlem, korkarım, yalıtma teknolojisi hazır olana kadar kömür yakıtlı enerji santralleri kurulmasını önlemektir. Bu süre zarfında, artan enerji ihtiyacını karşılamak için enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjilerde yeterli potansiyel vardır.

Karbon Vergisi Alınması Yoluyla Petrol ve Gaz Kullanımını Zorlaştırmak

Bir sonraki aşama olan "petrol ötesi" endüstriyel çağa geçiş aşamasında taşınabilir yakıt ihtiyacını karşılamak istiyorsak, petrol ve gaz kullanımı zora sokulmalıdır. Bu "zora sokma" neredeyse kesin olarak karbon salımları üzerinden sürekli artan bir bedel alınmasını gerektirir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji alanlarındaki yenileşmeler, ancak endüstri bu artan bedelin kesin olduğunu fark ederse, hız kazanacaktır. Karbon bedeli kadar önemli bir diğer konu da, otomobiller, binalar, araç gereçler ve aydınlatma için verimlilik standartları getirilmesidir. Artan oranlı karbon vergisi de, katran kömürü gibi alışılmadık fosil yakıtlardan kaynaklanan salım tehdidini ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır.

Gelecekte, taşıtlarda ancak çok cüzzi bir karbon salımına izin verileceği kabul edilmelidir. Eldeki toprağın sınırlı oluşu, taşıtlarda, en azından asıl yakıt olarak, kullanım açısından biyoyakıtların uzun dönemli bir çözüm olamayacağını gösteriyor. Elektrikle hareket eden taşıtlar giderek seçenekler arasında öne çıkıyor ve hava kirliliğini asgariye indirmek gibi, başka istenen özellikleri de bünyesinde barındırıyor. Pil teknolojileri ve araç verimliliği iyileştikçe, elektrik ve melez-elektrik itişli taşıtların büyük potansiyeli ortaya çıkacaktır. Bununla birlikte, hükümetlerin teknolojileri belirlemesi iyi olmaz; en iyisi "kazananların" piyasa mekanizmaları ve karbon salımları üzerinden alınacak artan vergiler aracılığıyla seçilmesidir. Vergi oranları, tüm hayat döngüsü göz önüne alınarak tayin edilmelidir; bu da, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılabilecek potansiyel etonol katkılarının doğasını ve geçerliliğini etkileyecektir.

CO_2'siz İklim Zorlayıcıları

CO_2'siz zorlayıcıların azaltılması, iklim değişikliğini verili sınırlar içinde (Hansen vd., 2000) tutmak için gerekli iklim zorlayıcılarının yaratılmasında çok faydalı olabilir. CH_4, N_2O, O_3 ve CFC gibi insan kaynaklı iklim zorlayıcılarının toplamı

CO_2 zorlayıcısıyla kıyaslanabilir durumdadır. CO_2'siz zorlayıcılara, belki de artış oranlarında bir yavaşlama söz konusu olduğu için, pek dikkat edilmiyor. Ancak bu onların salımlarının daha aşağıya çekilmesinin ne kadar önemli olduğu gerçeğini değiştirmiyor. Hatta belki bu gazların atmosferdeki oranlarını mutlak olarak azaltmak, böylelikle de artan CO_2'nin sera etkisini kısmen dengelemek de mümkündür. Aslında, tehlikeli iklim değişikliğinden sakınmanın hem yavaş CO_2 salımlarına "tam saha baskı" uygulamamız hem de CO_2'siz zorlayıcıların mutlak azaltılmasını sağlamamız durumunda mümkün olabileceğini ileri sürmüştük (Referans A).

Siyah karbon aerosoller ya da "kara kurum" da, alt atmosferi ısıtarak ve gerek karın gerek buzun erimesini hızlandırarak küresel ısınmaya katkıda bulunur (Hansen 2000; Hansen vd., 2005; Flanner vd., 2007). Kısmen siyah karbon yüzünden, CO_2'siz zorlayıcılar Güney Kutbu'nda özellikle etkilidir (Referans A). Bu yüzden, yeni CO_2 artışını asgariye indirmeye yönelik önlemin yanı sıra, CO_2'siz zorlayıcıların da kesin olarak azaltılması yoluyla Güney Kutbu'ndaki buzu korunanın bugün bile mümkün olduğunu ileri sürdük (Referans A).

CO_2'siz zorlayıcıların azaltılması, iklim için olduğu kadar, insan sağlığı ve tarım için de faydalıdır (Hansen 2002; West vd., 2005). Gelişmekte olan dünyada hava kirliliği sorunlarının büyüklüğü yüzünden, bu ülkelere yapılacak teknolojik yardımla birlikte, CO_2'li ve CO_2'siz zorlayıcıların tümden azaltılması gerekliliğinin vurgulanması, iklim değişikliğinin önüne geçme hususunda küresel çapta işbirliğine gidilmesine yardımcı olabilir.

Atmosferik CO_2'yi Aşağı Çekmek

CO_2 halihazırda tehlikeli düzeye yakın olduğundan, atmosferik CO_2 seviyesini "aşağıya çekmek" için önlemler almak gerekecektir. Toprakta ve biyosferde karbon tutulması ve depolanmasına katkı sağlayacak tarım ve ormancılık uygulamaları desteklenmelidir (McCarl vd., 2007).

Ayrıca, karbon hapsetme ve yalıtma özelliğine sahip enerji santrallerinde biyoyakıtların kullanılması da atmosferik CO_2'yi aşağıya çekecek (Hansen 2007), aslında insan-kaynak-

lı CO_2'yi başladığı noktanın daha da altına düşürecektir. Okyanus çökeltilerinin altında bulunan yalıtılmış haldeki CO_2 içkin olarak durağandır (House vd., 2006). Başka güvenli jeolojik mekânlar da bulunabilir.

Atmosferik CO_2'yi aşağıya çekecek olan enerji santralinde biyoyakıtların bu kullanımı, taşıtlarda mısır-kaynaklı etanol kullanımıyla aynı şey değildir. İkincisi hâlâ atmosferik CO_2'de büyük artışları, dünya çapında yiyecek fiyatlarında yükselişleri beraberinde getirecek ve sonunda daha geniş alanlar tarımın hizmetine açıldıkça, ormanların tahrip edilmesine ve verimsiz tarımsal uygulamalara neden olacaktır. Buna karşılık, sürdürülebilir bir uygulamayla, enerji santralleri için biyoyakıt üretiminde ana kaynak olarak, toprağı sürmeden elde edilebilen yabani bitkiler ve diğer selülozlu lifler kullanılacaktır.

Tarım alanlarının sınırlı oluşu, biyoyakıtların taşıtlarda kullanılacak yakıt, en azından asli yakıt olma, dolayısıyla iklim soruna uzun vadeli bir çözüm getirme ihtimalini azaltıyor. Yukarıda belirtildiği üzere, elektrikli motorlar asli enerji olarak giderek öne çıkıyor ve hava kirliliğini asgariye indirmek gibi, başka arzulanır özellikleri de var. Pil teknolojileri ve araç verimliliği iyileştikçe, elektrikli ve melez-elektrik motorlu taşıtların büyük potansiyeli ortaya çıkacaktır. Yine de, hükümetler "kazanan" teknolojileri belirlemeye kalkışmamalıdır.

❄

Kaynakça

Archer, D. 2005 Fate of fossil fuel CO_2 in geologic time. *J. Geophys. Res.* 110, C09S05. (doi:10.1029/2004JC002625)

Archer, D. 2007 Methane hydrates and anthropogenic climate change. *Biosci. Discuss.* 4, 993-1057.

Barrett, P.J. vd., 1992 Geochronological evidence supporting Antarctic deglaciation three million years ago, *Nature* 359, 816-818.

Charney, J. 1979 *Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences Press.

Cox, P.M., Betts, R.A., Jones, C.D., Spall, S.A. & Totterdel, I.J. 2000 Acceleration of global warming due to carbon cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408, 184-187.

Day J.W. vd., Emergence of complex societies after sea level stabilized, *EOS Trans. Amer. Geophys. Union* 88, 10 Nisan 2007

Dowsett, H.J. vd., 1994 Joint investigations of the Middle Pliocene climate, *Global Planet Change* 9, 169-195.

Egan, T. 2007 Heat invades cool heights over Arizona desert, *New York Times*, 27 Mart.

Fettweis, X. vd., 2007, The 1979-2005 Greenland ice sheet melt extent from passive microwave data using an improved version of the melt retrieved XPGR algorithm, *Geophys. Res. Lett.* 34, L05502, doi:10.1029/2006GL028787.

Flanner M. G., C. S. Zender, J. T. Randerson, P. J. Rasch 2007 Present-day climate forcing and response from black carbon in snow, *J. Geophys. Res.*, 112, D11202, doi:10.1029/2006JD008003.

Ghosh P., C.N. Garzione & J.M. Eiler 2006 Rapid uplift of the Altiplano revealed through 13C-18O bonds in paleosol carbonates, *Science*, 311, 511-515.

Gross, L. 2005 As the Antarctic ice pack recedes, a fragile ecosystem hangs in the balance, *PLoS Biol.* 3(4):e127.

Hansen, J. vd., Climate response times: dependence on climate sensitivity and ocean mixing, *Science* 229, 857-859, 1985.

Hansen, J. vd., Global warming in the twenty-first century: an alternative scenario, *Proc. Natl. Acad. Sci.* 97, 9875-9880, 2000.

Hansen, J. 2002 Conference proceedings: Air Pollution as a Climate Forcing (NASA Goddard Institute for Space Studies, New York; http://www.giss.nasa.gov/meetings/pollution2002/).

Hansen, J. ve Sato, M. 2004 Greenhouse gas growth rates. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 101, 16109-16114.

Hansen, J. ve 44 yazarın ortak çalışması, 2005a Efficacy of climate forcings. *J. Geophys. Res.* 110, D18104. (doi:10.1029/2005JD005776)

Hansen, J. 2006 The threat to the planet. *New York Review of Books*, LIII no. 12, 13 Temmuz.

Hansen, J. Political interference with government climate change science, 19 Mart 2007 testimony to Committee on Oversight and Government Reform of the U.S. House of Representatives, <http://www.columbia.edu/~jeh1

House, K.Z., Schrag, D.P., Harvey, C.F. & Lackner, K.S. 2006 Permanent carbon dioxide storage in deep-sea sediments. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 12291-12296.

IPCC 2007 *Climate Change 2007: The Physical Basis – Summary for Policymakers*. (http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf)

Jones, C.D., Cox, P.M. & Huntingford, C. 2006 Climate-carbon cycle feedbacks under stabilization: uncertainty and observational constraints. *Tellus* 58B, 603-613. (doi:10.1111/j.1600-0889.2006.00215.x)

Jordan C. 2006 Computers may help save Mount Graham red squirrel, *Univ. Arizona News*, 27 Nisan.

Lisiecki, L.E. & Raymo, M. E. 2005 A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\sigma^{18}O$ records. *Paleoceanogr.* 20, PA1003. (doi:10.1029/2004PA001071)

Marland, G. 2006 *A Compendium of Data on Global Change*, Oak Ridge Natl. Lab.

McCarl, B.A., Metting, F.B. & Rice, C. 2007 Soil carbon sequestration. *Clim. Change* 80, 1-3.

Medina-Elizade, M. & Lea, D.W. 2005 The mid-Pleistocene transition in the Tropical Pacific. *Science* 310, 1009-1012.

Montoya, J.M., Pimm, S.L. & Sole, R.V. 2006 Ecological networks and their fragility, *Nature* 442, 259-264.

Muhs, D.R., Simmons, K.R. & Steinke, B. 2002 Timing and warmth of the last interglacial period: new U-series evidence from Hawaii and Bermuda and a new fossil compilation for North America. *Quat. Sci. Rev.* 21, 1355-1383.

Nghiem, S.V., Steffen, K., Neumann, G. & Huff, R. 2007 Snow accumulation and snowmelt monitoring in Greenland and Antarctica. *Dynamic planet: monitoring and understanding a dynamic planet with geodetic and oceanographic tools*, 130 (der. C. Rizos & P. Tregoning), s. 31-38, Springer, New York, NY.

Piao, S. vd., 2006 Effect of climate and CO_2 changes on the greening of the Northern Hemisphere over the past two decades, *Ge-*

ophys. Res. Lett. 33, L23402, doi:10.1029/2006GL028205.

Pennisi, E. 2007 U.S. weighs protection for polar bears, *Science* 315, 25.

Raymo, M.E. & Ruddiman, W.F. 1992 Tectonic forcing of the late Cenozoic climate, *Nature*, 359, 117-122.

Rostami, K., Peltier, W.R. & Mangini, A. 2000 Quaternary marine terraces, sea-level changes and uplift history of Patagonia, Argentina, *Quat. Sci. Rev.* 19, 1495-1525.

Saraswat, R., Nigam, R., Weldeab, S., Mackensen, A. & Naidu, P.D. 2005 A first look at past sea surface temperatures in the equatorial Indian Ocean from Mg/Ca in foraminifera. *Geophys. Res. Lett.* 32, L24605. (doi:10.1029/2005GL024093)

Steffen, K., Nghiem, S.V., Huff, R. & Neumann, G. 2004 The melt anomaly of 2002 on the Greenland Ice Sheet from active and passive microwave satellite obsrvations. *Geophys. Res. Lett.* 31(20), L20402. doi:10.1029/2004GL020444.

Tedesco, M. 2007 Snowmelt detection over the Greenland ice sheet from SSM/I brightness temperature daily variations, *Geophys. Res. Lett.* 34, zl02504, doi:10.1029/2006GL028466.

West, J.J. vd., 2005; Air Pollution Workshop:
www.giss.nasa.gov/meetings/pollution2005

Zhou, L.M. vd., 2001 Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999, *J. Geophys. Res.* 106, 20069-20083.

Zimmer, C. 2007 A radical step to preserve a species: assisted migration, *New York Times*, 23 Ocak.

Zimov, S.A., Schuur, E.A.G. & Chapin, F.S. 2006 Permafrost and the global carbon budget. *Science* 312, 1612-1613.

GEZİ NOTLARI*

Uzun notlar için özür diliyorum. Küresel bir iklim stratejisi belirlemek için jeofizik sınır koşullar dikkate alınmalıdır. Kyoto Protokolü ve önerilen uzatmalar kendini kandırma denemesi ve küresel bir felakete çıkarılmış bir davetiyedir. Lütfen Almanya, İngiltere, Japonya bölümlerini okuyunuz!

Almanya

Benim "Sayın Şansölye" diye başlayan mektubum Almanca'ya çevrilmişti ve bir Alman gazetesinde yayımlanmak üze-

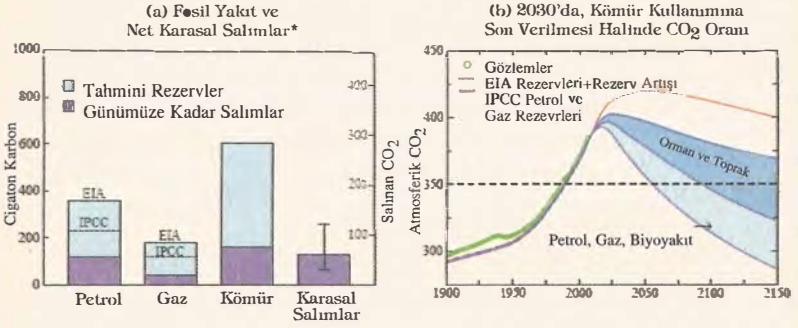
* 4 Ağustos 2008. (ç.n.)

reydi; ancak Alman hükümetinin bilim danışmanı John Schellnhuber'in tavsiyesi üzerine, Çevre Bakanı Sigmar Gabriel'in yaptığı görüşme davetini kabul ederek, mektubu web sayfamdan çektim ve yayımlanmasını askıya aldım. Toplantı, Schellnhuber ve Stefan Rahmstorf'un katılımıyla, Haziran ayında gerçekleşti.

Bakan Gabriel'e bana vakit ayırdığı için teşekkür ediyorum ve iklim değişikliğine gösterdiği samimi ilgiden hiçbir kuşku duymadığımı belirtmek istiyorum. Ancak fosil yakıtlardaki jeofizik sınır koşulların ne anlama geldiğine ilişkin ortak bir anlayış geliştiremedik. Verilerim şaşmaz bir biçimde, bence, kömür yakıtlı enerji santralleri konusunda bir moratoryumun acil olarak kabul edilmesi gerekliliğine işaret ediyor.

Bu sınır koşulların kabulü muazzam bir öneme sahiptir. Kyoto Protokolü başarısızlığa mahkûmdur çünkü fosil yakıt sınır koşulları dikkate alınmamıştır (bkz., Japonya Bölümü). Burada ele alınmakta olan Kyoto sonrası yaklaşımlar da aynı nedenle geçersizdir.

Bakan Gabriel'le tartışırken, birkaç kez Şekil 1'e dikkat çektim. Bu haliyle, grafikteki hiçbir şey hususunda bir fikir ayrılığımız olmadı. Şekil 1'deki mor alanlar günümüze kadar olan salımları gösteriyor; rezervler (mavi) belirsizdir. Uzman görüşü, "petrol çıkarımının zirve noktası"na yakın olduğu-



Şekil 1: (a) Karbon kaynakları ve (b) kömür salımlarının 2010-2030 döneminde doğrusal bir çizgide devre dışı bırakılması durumunda CO_2 senaryoları; tekrar 350 ppm'nin altına düşüş, yeniden ormanlaştırma ve topraktaki karbon ayrıştırması yoluyla hızlandırılabilir ve ayrıca gaz yakıtlı enerji santrallerinde CO_2'nin hapsedilmesi de bu süreci hızlandıracaktır. Ayrıntılar için, bkz., Kaynakça 1 ve 2.

muz, yani kalan petrolün bugüne kadar kullanılmış olan miktara yakın olduğu yönündedir. IPCC kaynaklı rezerv tahminleri muhtemelen EIA tahminlerine göre daha gerçekçidir; ikincisi, keşfedilmemiş rezervlere yönelik büyük tahminleri de içeriyor.

Fiili rezervlerin durumu bir yana, Şekil 1b'de gösterildiği üzere, kömür kaynaklı CO_2 salımları 2010-2030 döneminde sıfırlanıp, alışılmadık fosil yakıtların (petrol şisti, katran kumları) kullanımı ihmal edilebilir bir miktarda kalırsa, atmosferik CO_2 400-425 ppm'yle zirve noktasına erişecektir. Bu durumda, özellikle ağaçlandırma yoluyla yenilenen ormanlar ve yeni tarımsal uygulamalar bir yüzyıl ya da daha az bir süre içinde CO_2 zirve noktasını 350 ppm'nin altına çekebilecektir. Atmosferik CO_2'nin yükseklerde seyrettiği dönem boyunca, okyanus ve buz tabakası ataletinin, en feci sonuçları önleyerek, iklim etkilerini tahammül edilebilir bir düzeyde tutmasını umut edebiliriz.

Ancak eğer kömür kullanımı sürer ya da artarsa (aşağıdaki kısımda göreceğiniz gibi, şimdilerde eğilim budur), CO_2 500-600 ppm aralığına tırmanacaktır; hatta katran gibi alışılmadık fosil yakıtlar da kullanılmaya başlarsa, bu seviye de aşılacaktır. Bu, "Sonuçların canı cehenneme! Bütün fosil yakıtları tüketerek tam gaz ileri!" (başka bir ifadeyle, mutat gidişat) durumunda, dünyamız karşı konulmaz bir biçimde buzsuz bir siluete bürünürken, kontrolden çıkmış bir iklim değişikliğiyle uzun bir kaotik geçiş sürecine girmiş bir gezegen bırakacağız çocuklarımıza.

Bu noktada göze çarpan kritik olgu, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan CO_2'nin uzun ömürlü olmasıdır. Bir birim fosil yakıt CO_2 salımının yarısı 20-30 yıl içinde kaybolur; çoğu okyanusa karışır. Ancak CO_2'nin önemli bir kısmı, yaklaşık beşte biri, 1000 yıl sonra bile havada kalacaktır. CO_2'nin böylesine uzun bir ömrü olduğundan, salımları %20 ya da %50, hatta %80 azaltarak iklim sorununu çözemeyiz. CO_2'nin bu yıl, gelecek yıl ya da birkaç yıl sonra salınıp salınmayacağının pek fazla önemi yoktur. Bu yüzden, salım oranlarında %1'lik azaltmaya gitmek yerine, toprakta bırakılacak ya da salındıktan sonra hapsedilecek ve yerine konulacak fosil yakıtların oranını tayin etmek zorundayız.

Bay Gabriel ve ben, CO_2'nin tehlikeli düzeyinin çok düşük olduğu, aslında bugün için 385 ppm CO_2'nin hemen hemen kesin olarak zaten tehlikeli bölgede olduğumuzu gösterdiği hususunda fikir birliğine varamadık. Asıl mesele şudur: Azami CO_2 miktarını 400 ppm'ye yakın bir noktada nasıl tutacağız ve böylelikle makul bir zaman diliminde CO_2'yi 350 ppm düzeyine çekme olasılığını nasıl koruyacağız. Ben, halihazırda elde bulunan petrolün (halihazırda açılmış geniş havzalar) kaçınılmaz olarak kullanılacağını ve bu petrol-CO_2'nin havaya karışacağını; çünkü CO_2'nin hapsedilemediği taşıtlarda kullanıldığını savunuyorum. Başka türlüsü, Rusya, Ortadoğu ülkeleri ve diğerlerinin petrolü toprakta bırakmaya istekli olacaklarını iddia etmek anlamına gelecektir.

Bay Gabriel'e göre ise (metnin ilerleyen bölümünde görüleceği gibi, Başbakan Brown da benzer bir görüştedir), CO_2 salımına bir hedef koymak ve "cap and trade*" programı sorunu çözecektir; karbon sınırı arzulanan azami atmosferik CO_2 seviyesini tutturmak için aşağı çekilebilir. Ben de tekrar tekrar, böyle bir yaklaşımın petrol üreten ülkelerin petrollerini toprakta bırakmaya ikna edilebilecekleri anlamına geldiğini söyledim. İkimiz de samimi olmaya çalışırken, aslında anlaşamadığımız konusunda anlaştık. Ayrılırken, Bay Gabriel, Başbakan Merkel'i görmeye gidip gitmeyeceğimi sordu. Randevum yoktu; ama ben, onun bu meseleye analitik bakmasının önemli olduğunu düşünüyorum.

Temel mesele, hükümetlerin sürekli salımları %20, %50, %80 vs. gibi indirme hedeflerinden bahsetmesinden de anlaşılacağı üzere, henüz tam olarak kavranmış değil. Hangi hedefin seçileceğinin hiçbir önemi yoktur; bu yaklaşımla başarısızlık garantidir. Böyle bir şey kömür salımlarının sürmesi, yeni kömür santrallerinin açılması ve alışılmadık fosil yakıtların kullanılmaya başlanması anlamına gelmektedir. Karbon salımları hedefine ulaşma yönünde bir "başarı", halihazırda elde bulunan petrolün kullanımını engellemeyecektir; bir salım sınırı ancak petrol kullanım oranını yavaşlatır; bunun da, CO_2 uzun ömürlü olduğundan, bizi bekleyen iklim değişikliği üzerinde neredeyse hiçbir etkisi olmaz.

* Yönetimlerin, kirleticilerin salımında azaltma sağlanması için ekonomik teşvikler verilmesi yoluyla kirleticileri kontrol etme yöntemi. (ç.n.)

Geleceğe yönelik, CO_2 salımını azaltma hedefinin iklim sorununu çözeceğini düşünerek hareket edemeyiz. Fosil yakıt rezervlerinin büyüklüğü hakkındaki bariz, jeofiziğe ilişkin gerçeklere gözlerimizi kapamayı sürdürürsek, çocuklarımız ve torunlarımız bizim aptalca hatamızı affetmek için bir neden bulmakta zorluk çekecektir. İklim değişikliğini tahammül edilebilir sınırlar içinde tutmanın tek pratik yolu kömür salımlarına son vermek ve alışılmadık fosil yakıt kullanma hevesini kıracak şekilde karbon salımlarına bir bedel biçmektir.

Dikkat edilirse, ben bir karbon sınırı konulmasına karşı çıkmıyorum. Bir karbon sınırı faydalıdır ancak yeterli değildir. Karbon sınırlarının ve salımı bir yüzdeyle azaltma hedeflerinin tehlikesi, iklim sorunu çözülüyormuş görüntüsü yaratarak, kendimizi kandırmamıza imkân verecek olmasıdır. Karbon salımlarını sonlandırmadıkça, bu önlemlerin iklim değişikliği üzerinde pratikte hiçbir etkisi olmayacaktır. Bu arada, karbon vergisi (http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/20080604 TaxAndDividend.pdf), bana göre, daha dolaysız ve etkili bir yoldur; ancak bir üst sınır konulmalı ya da vergi mutlaka tamamıyla halka geri ödenmelidir; böylelikle insanlar enerji verimliliği yüksek ve karbonsuz teknolojileri satın almak için kaynak sıkıntısı çekmeyecek ve enerji/iklim sorununun çözümünde doğru dürüst bir yol benimseyecektir.

Karbonu hapsederek kömür kullanımına öteki enerjilerle rekabet etmek üzere izin verilmeli; ancak kömür sübvanse edilmemelidir. Aynı şekilde, işletmelerin, CO_2'yi hapsetmek gibi bir niyet taşımaksızın kullanılan "hapsetmeye hazır" hilesine başvurmasına da müsaade edilmemelidir. Kömürün halk sağlığına ve çevreye verdiği diğer zararlar (http://www.burningthefuture.org/) ve fosil yakıtların sonlu ve yenilenemez olduğu kaçınılmaz gerçeğiyle yüzleşildiğinde, en iyi yol, çok büyük bir ihtimalle, çok geçmeden fosil yakıtlardan vazgeçmek ve kömürün çoğunu toprakta bırakmaktır.

İngiltere

İngiltere'deki yaklaşım birkaç kişiyle ilgili. George Polk tarafından organize edilen, önemli şahsiyetlerin katıldığı bir

akşam yemeğinde, ben yeni kömür davamı, yani kömür yakıtlı yeni enerji santrallerinin kurulmasını engellemenin en temel önlem olduğu yönünde bir uzlaşıya varılması gerektiğini, savundum. Matt Philips'in yaptığı çok sayıdaki çalışmanın, akşam yemeklerinin ve benim Başbakan'a yazdığım mektubun medyada yayımlanmasının ardından, nihayet İngiltere hükümetinden bir yanıt geldi: (http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/20080730_UKResponse.pdf)

Bu yanıttaki kilit ifadeler şunlardır: "İngiltere için, başlangıç noktası... özellikle de AB'nin 'cap and trade' yaklaşımının küresel iklim değişikliği meselesinin ayrılmaz bir parçasını oluşturması gerektiğine ilişkin kararlı tutumu düşünüldüğünde, EU Emissions Trading Scheme'in (EU ETS) merkezi rolünü kabul etmektir." "Bizim bütün önceliğimiz bu tasarının hayata geçirildiğini görmektir..." Mektup, himaye edilen bir "carbon-capture-ready"* formülünün kömür sorununu çözeceğine ilişkin ölçülü bir kendini kandırma ifadesiyle sürüp gidiyor.

Bu mantık neredeyse Alman Bakan Gabriel'in mantığıyla tıpatıp aynı. Böylece, jeofizik sınır koşulların, anlatıldığında, politik çevreler üzerinde etkisinin hızlı olacağına dair en ufak bir umudun gerçekçi olmadığı ortaya çıkmış oldu.

Japonya'nın durumu meseleye daha da açıklık getiriyor. Başarılı olma yönünde herhangi bir umut beslemek istiyorsak, Kyoto Protokolü'nün peşini bırakmamalı ve jeofiziksel gerçekleri dikkate almalıyız.

Cesaret verici bir dipnot: İngiltere'de muhalefet lideri (Cameron) kömür yakıtlı yeni enerji santralleri kurulmasını engelleme konusunda bir moratoryum uygulayacağını söylüyor.

Japonya, Kyoto Protokolü ve Ötesi

Başbakan Fukuda'ya yazdığım mektubu, 4 Temmuz tarihinde, G8 öncesi BM Üniversitesi'ndeki konuşmaya giderken, uçakta tamamladım; (G8 liderlerinin kendi torunlarına

* Sürecin belli bir aşamasında işletmenin, sera gazı salımlarını hapsedip yeraltına gömecek karbon tutma ve depolama teknolojisine sahip olduğu anlamına gelir. (ç.n.)

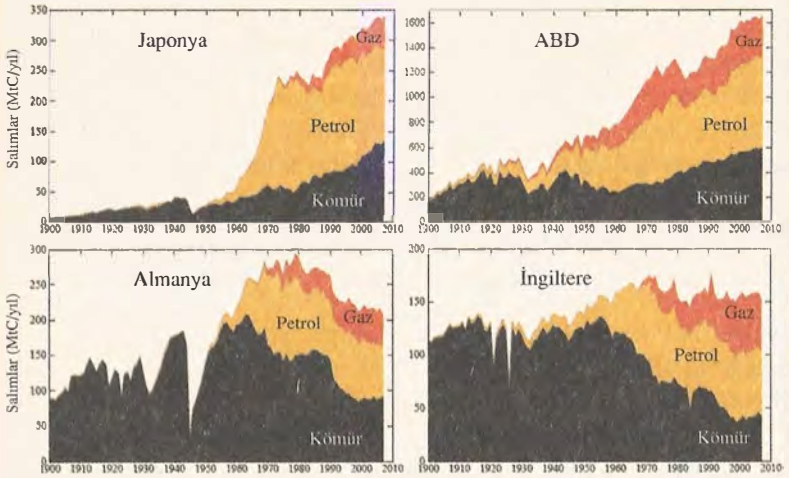
bir mektup yazmalarını önerdiğim) son iki paragrafı Narita Havaalanı'ndan otobüsle kente giderken ekledim. Mektup Başbakan'ın ofisine elden verilmek üzere ulaştırıldığında, önce almayı kabul etmediler; ancak mektubun önemli Japon gazete ve dergilerinde zaten tartışıldığını öğrendiklerinde almak zorunda kaldılar. Bu arada, medya görüşmelerini ayarladığı için BM Üniversitesi'ne de ayrıca teşekkür ediyorum.

Başbakan Fukuda'ya mektupta, jeofiziksel olgulardan bahsediyordum; halbuki bu konuya, İngiltere ve Almanya başbakanlarına verilen mektupların kendilerinde değil, eklerinde değinmiştim. Böyle bir değişikliğe gittim; çünkü daha önceki mektupların ekleri ya okunmamış ya da anlaşılmamıştı. Jeofizik veriler açıkça gösteriyor ki, ne EU Emissions Trading Scheme ne de salımları azaltına yönünde daha kapsamlı bir yaklaşım etkili olacaktır. (Kyoto Protokolü ve daha sonra önerilen benzerleri gibi).

Başkan Fukuda'ya verilen mektupta da yer alan Şekil 2, gelişmiş ülkelerde bile, CO_2 salımları içinde kömürün ne denli önemli bir yer tuttuğunu gösteriyor. Japonya, Kyoto Protokolü'nün ateşli bir taraftarıydı ve öteki ülkelere göre daha büyük salım indirimlerine gidilmesi gerekliliğini kabul ediyordu. Ancak Şekil 2, Japonya'nın CO_2 salımlarının aslında hızla arttığını, bu artışın da tamamen kömür kullanımındaki artıştan kaynaklandığını göstermektedir.

Japonya'nın toplam CO_2 salımları, bu ülke enerji verimliliği alanında bir model olarak alınıyor olmasına rağmen artıyor. Japonya kısmen Kyoto Protokolü'ndeki Clean Development Mechanism (CDM) [Temiz Gelişme Mekanizması] yoluyla kirletme hakkı satın aldığından, dikkatlerden kaçıyor. Ancak CDM tam bir aldatmaca ve bir talihsizlik; bu mekanizma, güya Çin ve öteki gelişmekte olan ülkelerdeki salımları azaltırken, en kötü kirleticilerin, kömür CO_2'nin, salımını artırıyor. İşin gerçeği, Çin'in CO_2 salımları hiçbir etkili denetime tabi değildir.

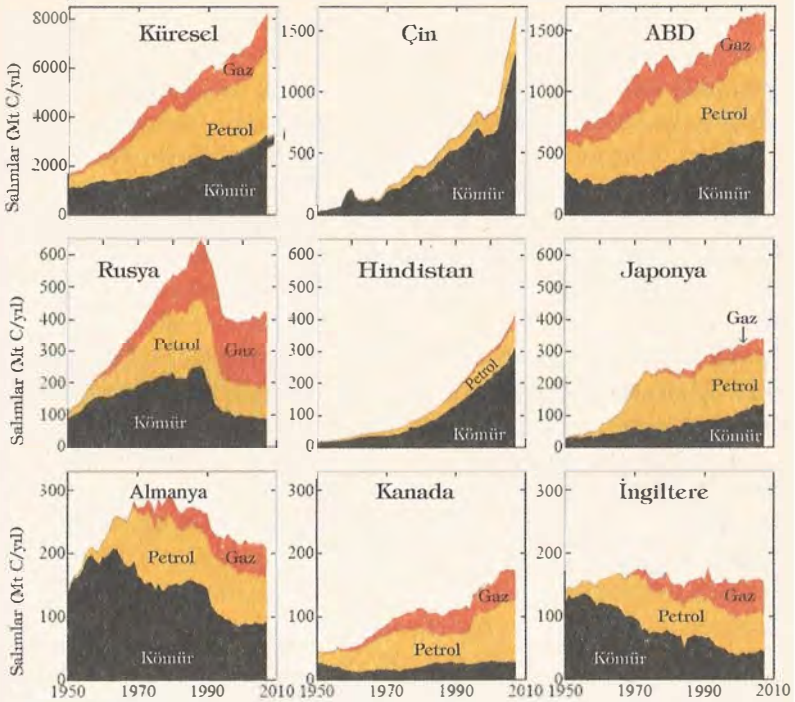
Almanya ve İngiltere son yirmi beş yılda, ikisinde de kömür üretimini azaltarak (Almanya, Doğu Almanya'daki kirlilik yaratan verimsiz kömür kullanımını durdurmuş; İngiltere de kömürün yerini Kuzey Denizi gazıyla doldurmuştur) CO_2 salımlarını azalttı. Bugün soluduğumuz havadaki aşırı



Şekil 2: Dört yüzyıl içinde fosil yakıt kaynaklı CO_2 salımları. Miktarlardaki farka dikkat ediniz; ABD salımları öteki ülkelerinkine göre birkaç misli fazladır.

CO_2'nin, kişi başına düşen miktar hesabıyla, en büyük sorumlusu olan İngiltere, ABD ve Almanya[1,3] kömür salımlarına son verecek olsa bile, petrol kullanımları yüksek değerlerde seyrettiği müddetçe, CO_2 salımlarında büyük bir değişiklik olmayacaktır. Elbette, alternatif enerjiler ve enerji verimliliğini geliştirme yönünde bir hayli çaba sarf etmek lazımdır; ancak bu yaklaşımın başka üstünlükleri de vardır. Ayrıca, bu yaklaşımın işe yarayacağı, temiz hava ve su sağlayacağı ve iyi iş imkânları yaratacağı belirtilerek, dünyanın geri kalanını da bu yola sevketmek mümkün olacaktır. Ama bahsettiğimiz ülkeler bu yolu tercih etmek yerine, 50-75 yıllık ömürleri olan, kömür yakıtlı yeni enerji santralleri kurmayı tercih ediyorlar.

Bu ülkelerin liderlik yapma hususundaki başarısızlıklarının dünya çapındaki etkisi Şekil 3'te kendini gösteriyor. Küresel CO_2 salımlarındaki hızlı artış asıl olarak kömür kullanımındaki hızlı artıştan kaynaklanıyor. Artış asıl olarak Doğu'da, özellikle de Çin'de görülüyor; ancak Batı bu süreci denetleyemiyor çünkü Batı kendisi kömür yakıtlı işletmeler kuruyor, kurmayı planlıyor ve etkili alternatifler geliştiremiyor. Ayrıca Batı bugün havadaki aşırı CO_2'nin çoğundan sorumludur.[1,3]



Şekil 3: Dünya çapında ve bazı ülkelerde fosil yakıt kaynaklı CO_2 salımları. Dört farklı miktara dikkat ediniz.

Şekil 3 ayrıca, Rusya'daki kömür kullanımının mütevazı bir düzeyde olduğunu ve artmadığını da gösteriyor. Böylelikle, Rusya'nın başarılı küresel ısınma kontrolünü engelleyecek bir denetimsiz güç olduğu iddiası, birincil koşulun kömür salımlarının sona erdirilmesi olduğunun fark edilmesiyle, anlamını yitirecektir.

Özet olarak, jeofizik sınır koşulların politik uzantıları şunlardır:

Yıllık CO_2 salımlarının, dolayısıyla yıllık salımların yüzde olarak azaltılması iklim değişikliğini kontrol altına almak için uygun ölçü değildir. CO_2 o kadar uzun ömürlüdür ki, CO_2 salımlarını azaltmanın iklim değişikliği üzerinde büyük bir etkisi olmayacaktır. Yapmamız gereken, toplam fosil yakıt

CO_2 salımlarını sınırlamaktır.

Kömür salımlarının sona erdirilmesi iklim istikrarının olmazsa olmaz koşuludur. Petrol ve gaz, yani en bildik taşınabilir fosil yakıtlar, dünyayı tehlikeli CO_2 bölgesine sokacak kadar bol miktarda bulunmaktadır; ancak bu bir kader değildir. Eğer kömür salımları (zorunlu olarak kömür kullanımı değil) hiç vakit geçirmeden sona erdirilirse (yaklaşık 20 yıl içinde, Batı'da belki bu sona erdirme süresi yaklaşık 10 yıl olabilir), CO_2 seviyelerini günümüzde olduğundan daha aşağılara çekmek mümkün olacaktır. Kömür, alışıldık fosil yakıtlar içinde en kirlisidir; bu da kullanımının sona erdirilmesi için bize bir neden daha veriyor. Büyük petrol ve gaz yataklarının kullanılacak oluşu ve gerek petrol gerek gaz rezervlerinin kömür rezervlerine göre daha az oluşu, petrol ve gazı son damlasına kadar çıkarmanın doğru olacağı anlamına gelmez. Her halükârda fosil yakıtların ötesine geçmenin ve güvenli bir atmosferik CO_2 düzeyine geri dönmenin şart olduğu düşünüldüğünde, politikacılar mümkün olduğu kadar hızlı bir biçimde fosil yakıtların terk edilmesini sağlayacak önlemleri gündemlerine almalıdır; çıkarılması daha zor olan ya da çevre açısından duyarlı bölgelerde olan petrol ve gazı oldukları haliyle toprakta bırakmak göz önünde bulundurulması gereken iyi bir yoldur.

Ülkelerin kömürü terk etmeleri için, onlarla ağaçlandırma ya da CO_2'siz zorlayıcıları azaltma pazarlığına yeniden girişilemez. Daha fazla ağaçlandırma ve tarımsal uygulamalar yoluyla CO_2'nin hapsedilmesi atmosferik düzeylerin günümüzdeki değerlerin altına çekilmesi için gereklidir. Eğer ağaçlandırma yoluyla CO_2'yi azaltma kömür salımları karşılığında yapılacak olursa, CO_2 seviyelerini bugünkü düzeyin altına çekmek, imkânsız değilse bile, zor olacaktır. Benzer bir biçimde, CO_2'siz zorlayıcıların azaltılması potansiyelinin sınırlı oluşunu, öteki CO_2'siz etkileri olan pozitif (ısınma) iklim zorlayıcılarıyla, özellikle de yansıtmalı* aerosollerin beklenen azaltılmasıyla, dengelemek gerekir.

Kömür ve öteki alışıldık rezervlere göre daha fazla karbon içeren, petron şisti, katran kumları ve metan hidratlar gibi alışılmadık fosil yakıtlar yaygın olarak kullanıma açılmamalıdır.

* Görsel efektler için eğlence sektöründe kullanılan, lazer gösterileriyle üç boyutlu görüntü imkânı veren aerosoller. (ç.n.)

Nükleer Güç

Gezilerimden birinde, Tom Blees'in yazdığı, sevinerek tavsiye edebileceğim "Gezegen İçin Reçete" başlıklı bir öneri taslağı okudum. Bu yazıdaki, özellikle küresel ısınmayla ilgili olan iki noktaya değinmek istiyorum.

Blees, 4. nesil nükleer enerjiyi, Integral Fast Reactor'ü (IFR) [İntegral Hızlı Reaktör] güçlü bir şekilde savunuyor. IFR reaktörleri (diğer bir deyişle, hızlı ya da üretken reaktör), nötronların daha hızlı hareket etmesini sağlayarak, termal reaktörlerde kullanılan moderatörü ortadan kaldırıyor. Çekirdeğin daha enerjik parçalanması daha fazla nötron salar. Cevherde parçalanabilir materyalin %1'den daha azını kullanmak yerine, hızlı bir reaktör, pratikte uranyumun tamamını kullanır. İddia edilen asli avantajlar şunlardır:

Radyoaktif elementler yeni yakıt yataklarına dahil edilerek, yakıt yerinde dönüşüm işlemine tabi tutulur. Ortaya çıkan "küller", yakıt ya da silah olarak kullanılamaz. Bu küllerin radyoaktif yarı ömürleri kısadır; radyoaktiviteleri birkaç yüz yıl içinde doğal cevherin radyoaktivitesinden daha az hale gelir. Bu atığın kütlesi görece küçüktür ve kolaylıkla yerinde ya da dışarıda başka bir yerde depolanabilir.

IFR mevcut termal reaktörlerin nükleer "atıklarını" yakabilir. Böylelikle, bedava olduğu kadar faydalı da bir yakıtımız olur; yıllardır "atıklarla" ne yapacağınızı bulmaya çalışıyoruz. IFR reaktörleri için, yeni uranyum çıkarmadan yüzlerce yıl yetecek kadar yakıta sahibiz. Böylece, nükleer santrallerde uranyum çıkarırken büyük miktarlarda fosil yakıt kullanıldığı tezi de çürütülmüş oluyor.

IFR tasarımı, reaktörler büyük aksilikler yaşandığında bile kendi kendini kapatacak fiziksel özelliklere sahip olacağından, Çernobil ve Three Mile Island'taki soğutucu sorunları yanında deprem sorunlarını da bertaraf ederek, pratikte başarısızlık ihtimalini ortadan kaldırabilir. Reaktörü yer altında kurarak ve üzerini beton ve toprakla örterek terörist tehdit asgariye indirilebilir.

Durun bir dakika! Eğer bu iyi bir şeyse, yapmak için hâlâ ne bekliyoruz? Blees'e göre, bunun nedeni şu: 1994'te, tam biz bir deneme santrali kurmaya hazır olduğumuz bir anda, Clinton yönetimi IFR programını iptal etmiş. Blees, Clin-

ton'ın kampanya sırasında rakiplerini karalamak için, "Siz nükleer dostusunuz!" ifadesini kullandığını hatırlatarak ve Clinton'ın nükleer karşıtı insanlara bir borcunun olduğunu söyleyerek bu duruma belli bir oranda açıklama getiriyor. Demek öyle... Bu meseleyi biraz daha araştırmak ve tartışmak gerekiyor. 1994'te küresel ısınma hakkında hiçbir şey bilmiyorduk diyemeyiz.

Asıl ilginç olan ise, iptal nedeniyle sinirleri tepelerine çıkmış Argone'deki bilim insanlarına bu konu hakkında konuşmamaları söylendiği iddiasıdır. (Sizce neden bu iddiayı hemen inandırıcı buldum acaba?) Blees her ne kadar Enerji Bakanı Hazel O. Leary'nin daha önce fosil yakıt şirketlerinin bir lobicisi olduğunu belirtmiş olsa da (bak şu işe, Washington'daki herkes eski lobiciymiş meğer; timsahların hiç şansı yok!) bu konuda inandırıcı bir açıklama yapılmamış.

Ben nükleer enerji konusunda her zaman bilinemezci olmuşumdur. Eğer bir sonraki başkanımız düşük kayıplı bir ulusal enerji şebekesine öncelikli konular listesinde ilk sırayı verirse, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretim yükünün çoğunu üstlenebileceğini umut etmek istiyorum.[4] Rüzgâr ve güneş-termal, büyük oyuncular haline gelmeye adaydır. IEA'nın yenilenebilir enerjilerin (2030'lara kadar!) yalnızca %1-2 büyüyeceği tahmini, bu kurumun fosil yakıt endüstrileriyle içli dışlı oluşu nedeniyle göz ardı edilebilir; bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının bütün sektöre egemen olup olamayacağından haklı olarak kuşku duymalıyız. Ne bileyim, belki de biraz karamsarım...

Blees, 4. nesil nükleer santralleri geliştirme ve araştırma faaliyetlerine son vermenin anlamsız olduğunu savunuyor. Nükleer teknolojinin dünyadan silineceği mi düşünülüyor? Yoksa, böylelikle dünya daha güvenli bir yer mi olacak? Pek inandırıcı görünmüyor!... Blees'in işaret ettiği üzere, birçok ülke hızlı reaktörler yapıyor ya da yapmayı planlıyor. Bu teknolojiyi gündeminden çıkararak, ABD, IFR standartlarını ve kontrollerini etkileme yeteneğini kaybettiği gibi, dünyanın geri kalanının da üretken reaktörler geliştirmesine engel olma umudu da taşımıyor. Blees, muhtemelen haklı olarak, bunun ülke içi politik hesapların sonucu olduğunu, tehlikeli bir kendini kandırma örneği teşkil ettiğini öne sürüyor.

Özet olarak: Ne nükleer karşıtlarının ne de Blees'in görüş-

lerinin tamamına katılıyorum. Bazı nükleer karşıtı arkadaşlarım, küresel ısınmaya ilişkin kaygı duyuyorlar ve açıkça iyi insanlar. Ancak onların "başarısının" (nükleer R ve D'yi engelemesinin) aslında işleri hem bizim hem de gezegenin tamamı için daha tehlikeli bir hale sokacağı kuşkusu taşıyorum. Öyle görünüyor ki, nükleer olan her şeye düşünmeden tepki vermek yerine, "Uzun ömürlü nükleer atıklarla nasıl başa çıkarız, nükleer silahların yayılmasını nasıl engelleyebiliriz ve nükleer kazaların nasıl önüne geçebiliriz?" sorularına yanıt bulmak için kafa patlatmalıyız. Dördüncü kuşak nükleer santraller, görünüşe bakılırsa, atık sorununu çözüyor ve öteki sorunları da asgariye indiriyor. Her halükârda, hızlı reaktörleri araştırmaktan vazgeçmemeliyiz. (Bu arada, Blees'in işaret ettiği üzere, kömür yakıtlı enerji santralleri insanları nükleer santrallerden yüz kat daha fazla radyoaktif maddeye maruz bırakıyor; bunların bazıları duman olarak havadan geliyor ama çoğu da kömür külü olarak toz halinde yayılıyor. Bkz., http://www.inthesetimes.com/article/3614/dirty smoke signals/)

Blees, "gümüş mermi", yani her derde deva bir panzehir olmadığı sonucuna varan çoğu enerji uzmanını dikkate almıyor ve ben ona katılmıyorum; bu insanlar, teknolojilerin bir karışımına ihtiyaç olduğunu savunuyor. Blees, yüzlerce yıllık elektrik enerjisi ihtiyacımızın tamamını kolaylıkla karşılayacak kaynak olarak, "boşaltılmış uranyum merminisi"ni görüyor. Blees'in tezi, mevcut nükleer malzemenin muazzam miktarda bir enerjiyi barındırdığını (%99'dan büyük bir kısmını uzun ömürlü bir nükleer atık olarak geriye bırakmak yerine, tamamını enerjiye çevirebilsek) işaret ederek iyi bir şey yapıyor; ancak ben hâlâ bir dizi enerji kaynağına ihtiyaç duyduğumuzu düşünüyorum. Yenilenebilir enerjiler ve nükleer enerji bir arada olabilir: Bunların ikisi de az kayıplı bir şebekeye ihtiyaç duyuyor; nükleer santralleri meskun mahallerden uzak yerlerde kurmak daha doğrudur ve nükleer enerji sabit zeminli enerji sağlayarak, yenilenebilir kaynakların süreksizliğinin yarattığı açığı kapatır.

Bu arada, ABD'de bugün kurulması önerilen nükleer santraller 3. kuşaktır; işletilmekte olanlar da çoğunlukla 2. kuşaktır. 3. kuşak reaktörler basitleştirilmiştir (daha az subap, pompa ve tank); ancak hâlâ (çoklu) acil soğutma sistemlerine gerek duyan termal basınçlı reaktörlerdir bunlar. Fransa yaşlı

2. kuşak reaktörlerinin yerine European Pressurized Reactor (EPR) [Avrupa Basınçlı Reaktör] koymak üzere; bir prototip şu an Finlandiya'da üretiliyor. Blees'e göre, OECD, EPR'nin en ucuz, toz kömürden daha ucuz, elektrik enerjisi kaynağı olduğunu duyurmuştur; bu değerlendirme kuşkusuz standart bir tasarımın, 2. kuşak reaktörler için Fransız tarzı uygulamaların, kullanılmasını varsayıyor. Alınan bilgilere göre, Finlandiya'daki prototip öngörülen programın gerisinde kalmış ve bütçesini aşmış bir durumdadır. Bu ilk kuşak için de doğruydu; ama sonuçta ortaya çıkan Fransız reaktörler ekonomikti. ABD'de, şu güne kadar, 3. kuşak nükleer santral kurma yönündeki mevcut çabalar, göründüğü kadarıyla, standart bir tasarım yaratmayı ya da maliyetleri yükselten (kısmen kamuoyunun muhalefeti nedeniyle) proje gecikmelerini önlemeyi başarmış değildir.

Blees'e göre, 4. kuşak teknoloji temel olarak mevcuttur; özellikle acil soğutma sistemlerinin bulunmaması nedeniyle tasarım basitleşecektir. Bu haliyle, öncekilerden daha küçük, fabrikada kurulabilen, yerine taşınabilen ve hazırlanmış yerine yerleştirilebilen standart bir modüler reaktör inşasını öngörüyor Blees. Onun maliyet tahminlerine göre, bu reaktör tüm rakiplerinden çok daha ucuza elektrik üretebilecektir. Sistem uzun ömürlü nükleer "atık" sorununu ortadan kaldırmak ve nükleer silahların yaygınlaşması tehlikesini asgariye indirmek için tasarlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının karşılayacağı ihtiyaç ne düzeyde olursa olsun, birkaç yüz yıllık elektrik ihtiyacını karşılayacak miktarda uranyum halihazırda çıkartılmış olarak mevcuttur. Eğer bu iddiaların bir kısmı bile doğruysa, gelecek yirmi otuz yıl içinde, elektrik üretimi için fosil yakıt kullanma devrini kapatabiliriz.

Maliyetleri ve teknolojinin yeterliliğini ölçebilecek uzmanlığım ya da bilgim yok. Ağırlıklı olarak edindiğim, aşağıdaki "bor" konusuyla da pekişen izlenimim Blees'in büyük bir optimist olduğu yönündedir. Ama bizim de belli bazı iyi fikirlere ve optimizme ihtiyacımız var. Söz konusu kitap birçok ilginç görüş ve tahmin içeriyor; örneğin, kömür santrallerinde atık olarak gözden çıkarılan nükleer materyalde yanan kömürden elde edilen enerji miktarından daha çok enerji bulunduğu gibi. Bu kitap yaklaşık bir ay içinde piyasada olacak; bkz., yazarın web sayfası: www.prescriptionforthcplanet.com

Bor Yakıtlı Taşıtlar ve Yeşile Boyama

Blees gayet haklı olarak FutureGen* projesiyle alay etmiş ve genelde, kömür endüstrisinin bunu sanki çevreye verdikleri korkunç zararı temizlemeye çalıştıkları havası yaratmak amacıyla kullandığını, dolayısıyla bir yeşile boyama kurgusu olduğunu düşünerek ona NeverGen adını takmıştır.

Blees'e göre, hidrojen yakıtlı taşıtlar, bizi gaz pompalarına mahkûm etmeyi sürdürdükleri sürece, petrol ve otomobil endüstrilerinin bir yeşile boyama operasyonudur. Bu itham çok ağır olabilir belki; ancak onların, sahip oldukları kadar hızlı ve kuvvetli alternatif pek çok taşıt arayışında olduklarını söylersek, haksızlık etmiş sayılmayız. Ayrıca muhtemelen kişisel önyargımı dile getiriyorum burada; çünkü ben iki haftadır hidrojen yakıtlı bir araç kullanıyorum (bir BMW yöneticisi uçakta beni tanıdı ve deneme kabilinden ücretsiz bir araç vermeyi önerdi bana. Deneme kabilinden olsa da, ilk kez, Mercedes süren avukat arkadaşlarıma aynı seviyeden bakma fırsatı bulduun. Heyecanlanmayın hemen; hidrojen yakıtlı araçlar henüz satılık değil. Satılsalar çok pahalı olurlardı ve Jersey City'de depomu doldurabileceğim tek bir yer var]. Blees'e göre, hidrojenin daha üstün bir alternatifi var). Bu fikrin dayanağı ise şu: Eğer metal yeteri kadar toz haline, nanoparçacıklar haline, getirilebilirse, yakılabilir de. Otomobillerimizde demir-tozlarını yakabilir, kalan pas-tozlarını hapsedip eve getirebilir ve içindeki oksijeni açığa çıkarmak için yakabilir, böylelikle baştaki demir-tozunu yeniden elde edebilir ve böylece bir sonraki yolculuğumuz için gerekli enerjiyi elde edebiliriz. Pişirme süresinde enerji ihtiyacımızı karşılarız. Demir sadece bir enerji taşıyıcısıdır.

Dolayısıyla, fosil yakıt sonrası dönemde otomobillerimize güç verecek bir enerji kaynağı olarak demir tozu, hidrojenin bir alternatifidir. Demir tozunun (hidrojenin aksine) patlayıcı olmamak gibi bir üstünlüğü daha var; ancak (başka şeyler yanında) ağır ve paslanınca daha da ağırlaşıyor. Daha iyi bir fikir mi? Var: Bor. Demirden çok daha yoğun bir enerji depo-

* Türünün ilk örneği olacak şekilde, kömür yakıtlı, sıfıra yakın salımlı enerji santrali kurmak için oluşturulan kamu ve özel ortaklığının adıdır. Maliyet 1.5 milyar dolar olarak tahmin edilmiştir. (ç.n.)

sudur bor; bir galon benzinin sağladığı enerjiyi bir çeyrek bordan elde edersiniz. Bir depo (kutu) bor birkaç yüz dolar tutar; ama otomobilinizi alırken yanında sadece bir depoluk bor almanız yeterli. Daha sonra, yapmanız gereken tek şey, bor oksiti bir dükkâna götürmek; herhangi biri, elinizdeki bor oksit karşılığında size bir kutu bor vererek size memnuniyetle hizmet edecektir; çünkü bu maddeyi herkes bulundurabilir. Blees'in hesabına göre, bor oksiti yeniden bora dönüştürmenin maliyeti 1 doların hayli altındadır. Blees çok optimist olsa bile (ya da diğer işyerleriyle rekabete girmekten pek hoşnut kalmayacağı belli olan Exxon/Mobil çok attığını söylese bile), her halükârda petrolden çok ucuz bir kaynakla karşı karşıyayız. Eğer bor oksitten (B_2O_3) bora (B) dönüştürme işlemi karbonsuz elektrik enerjisiyle yapılabilirse, karbon salımı sorunu da çözülmüş olur. Blees, tahmin edeceğiniz gibi, IFR nükleer santrallerden gelen enerjiyi öngörüyor.

Pekâlâ, şimdi bir adım geri atalım. Yaygın olarak benimsenen bir görüşe göre, elektrikli otomobiller taşıt ihtiyacının bir kısmı için çözüm olabilir ve elektrikli melez araçlar da kalan diğer kısım için kısmi bir çözümdür. Bu teknolojilerle başlamalıyız; çünkü hazır olan bunlar ve yavaş ilerlese de, piller geliştirilecektir. Ancak, elektrikle çalışan bölümü tamamlamak için petrol dışında bir kaynak bulmamız gerekiyor. İçten patlamalı bir motorda yanmak yerine bir yakıt pilinde kullanılan hidrojen atık ürün olarak yalnızca su buharı çıkarmak gibi bir üstünlüğe sahiptir. Hidrojen rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerjinin bolca bulunduğu uzak mekânlarda (ya da IFR'ler tarafından) üretilebilir. Ancak birkaç yıl önce *Science*'ta belirtildiği ve Joe Romm'un *The Hype About Hydrogen* adlı kitabında etraflıca anlattığı üzere, bu konuda teknolojik engeller vardır.

Otomobil üreticileri yıllardır hidrojene ilişkin sıkı çalışmalar yapıyorlar. Teknolojik sorunların bazıları çözülmüş olmalı. Benim bütün söyleyebileceğim, hidrojenli BMW şahane, bu zamana kadar sahip olduğum bütün otomobillerden daha iyi ve bir Teksas kovboyu için bile yeterince havalı (bu arada, ben Teksas kovboyu değilim). Otomobilin, hidrojensiz kalma durumunda, petrol tankı da var ve bir düğmeye basarak, hiç teklifsiz, hidrojenden petrole, petrolden hidrojene geçebilirsiniz.

Hidrojeni göz ardı ederken, Blees kısmen Tromp vd.'nin (*Science*, 2003) hidrojen sızıntılarının stratosferik ozon tabakası için tehlike oluşturabileceği görüşünü referans alıyor. Ancak Michael Prather (*Science* 302, 581, 2003) bu görüşe pek katılmamış ve gerçekçi hidrojen sızıntısı oranlarının çok büyük bir ihtimalle bir sorun oluşturmayacağını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, hidrojenin bizi uğraştıracak daha büyük handikapları var.

Hidrojenli taşıtların fiyatını makul bir düzeye çekmek bunların başında geliyor. Ayrıca, petrol istasyonlarına benzer, belki de onların yerini alacak bir dağıtım sistemine ihtiyaç olacaktır. Borun da handikapları var; ama onunkiler daha az görünüyor. Blees, borun saf oksijen yakması gerektiğini söylüyor; bu da otomobil için bir oksijen tedarik sisteminin minyatürünü gerektirir. Merak ediyorum; acaba bor oksiti toplayıp yeniden saf bor haline dönüştürmek iddia edildiği kadar basit bir işlem midir? Yine, hidrojenin (bir yakıt pilinde) ürünü su buharıdır; ki burada endişe edilecek bir durum yoktur. Yani ne kadar hidrojen kullanırsanız kullanın, sıfır kirlenme yaratırsınız. Acaba boru da çevreyi kirletmeden yakabilir miyiz?

Son olarak: Blees insanı heyecanlandırıyor; devrimci fikirleri var. Juri hâlâ hidrojen mi, bor mu ya da başka bir şey mi diye tartışıyor. Ama ben fosil yakıtlardan daha iyi alternatiflerin olduğundan eminim. Vakit, inatla böylesi alternatifler üzerinde çalışmaya başlama vaktidir.

Küresel Yönetişim ve Endüstrinin Kaptanları

Blees, iklim sistemi ataleti ve kırılma noktalarından kaynaklanan tehdidin ve bugüne kadar bu tehdide, küresel tepkiye benzer, yeterli oranda hiçbir karşılığın verilmediğinin de farkında. Lafını da esirgemiyor doğrusu. Burada, kitabından şu ya da bu biçimde doğrudan alıntılar yaparak, Blees'in (Kyoto ve önerilen Kyoto-sonrası yaklaşımlardaki) salımların idaresi hakkındaki görüşlerini bir paragrafta özetlemeye çalışacağım.

Salımların idaresi öylesine sahte bir kavram ki, hiç duraksamadan onu alıp çöp kutusuna atmalıyız. Bu, büyük şirketlerin kirletme hakkı satın almasına izin veren bir dalavereden başka bir şey değildir. Karbon idaresinin nafile bir iş olduğu, bunun hem politikacıların hem de sanayicilerin benimsedikleri bir iklim değişikliği düzenleme tasarısı olmasından bellidir. Örnek mi? Birçok ağaca sahip, gelişmemiş bir ülke ve diyelim Dallas, Teksas'ta bir işletme söz konusu. İşletme gayet mutlu bir biçimde, yoksul ama ağaç zengini ülkeden kirletme hakkını satın alarak, kömür yakıtlı enerji santrallerinden muazzam miktarlarda kirlilik kusacaktır dünyamıza. Doğal olarak işletmenin müşterileri hem faturayı ödeyecek hem de onun uğursuz sonuçlarına katlanacaktır. Karbon idaresi denen şey, hiçbir biçimde gerçek bir çözüm değil, bildik fosil yakıt işinin daha vicdansız bir biçimde kitabına uydurularak yürütülmesinden başka bir şey değildir.

Blees'in, burada özetleyerek yer verdiğim, bağlayıcı vargısı şudur: Büyük şirketlerin açgözlülüğü ve hükümetlerin (doğrudan ellerinde değillerse şayet) bu şirketlerden kuvvetle etkilendikleri gerçeği ancak ve ancak, en azından enerji söz konusu olduğunda, küresel yönetişimde bir değişiklikle alt edilebilir. Blees'in önerisi GREAT'tir (Global Rescue Energy Alliance Trust) [Küresel Enerji Kurtarma Ortaklığı]. Bu konudaki görüşlerini okumanızı tavsiye ederim.

Sorun şu ki, bunun için vaktimiz yok, bence. Uluslararası teknoloji standartlarına, nükleer materyalin kontrol edilmesine ihtiyacımız var ve aynı anda daha iyi küresel yönetişim için çaba gösterebiliriz; ama iklim konusunda ilerleme kaydedemeyiz. Acil bir durum söz konusu! Eğer iklim felaketlerinden kaçınmak istiyorsak, mevcut hükümetler ve endüstriler içinden liderler bulmalıyız. İktidarların (ben onlara "endüstrinin kaptanları" diyorum) iktidarlarından vazgeçeceklerine inanmak için bir neden göremiyorum. Ama bu insanların da çocukları ve torunları var ve bu da onları etkilemenin bir yolunu bulabileceğimiz umudunu veriyor bana.

Blees'in, salım idaresinin "vicdansız bir dalavere" olduğu vargısı biraz aşırı bir yaklaşım. Ancak, "salımların idaresi" ile ilgili yaklaşımın "hedefleri" de son derece yetersiz. Bu konuyu açıkça ortaya koymak zorundayız.

İletişimde olduğum ülkelerdeki (örneğin, İngiltere, Al-

manya, Avustralya; sonuncu ülke daha sonra tartışılacak) politik liderler konuyu ciddiye alıyor, kırılma noktalarına yaklaşmakta olabileceğimizi kabul ediyor ve inandıkları şeyin "politik olarak uygulanabilir" bir şey olduğunu anlatmaya çalışıyorlar. Ne yazık ki, kabul etmeye yanaştıkları şey politik olarak uygulanabilir olan şeyler ve en azından şimdiye kadar, bu çok yetersiz.

"Endüstrinin kaptanları" bugün sorunun çözümü önündeki en büyük engeldir; ancak onlar aynı zamanda çözüm için de en büyük umuttur. Kaptanlar, temiz enerji için teknolojik yenilikleri ve gelişmeleri destekleyen kuralları ve teşvikleri belirlemekte politik liderlerle işbirliği yapmalıdır. Bana göre, özellikle kötü aktörler olan bu kaptanlar bütün dikkatleri üzerlerine çekecektir. Sorun şu: Onlar iklim konusundaki stratejilerini yeniden gözden geçirecekler mi; yoksa hiçbir şekilde iflah olmazlar mı? Scrooge* bile sonunda pes etmişti... O, romandaydı ama.

Samimi Eleştiri

Washington'da 23 Haziran'da yaptığım konuşmadan sonra, adeta eleştirel e-posta bombardımanına tutuldum. Günde birkaç eleştiri almak alışılmadık bir şey değil; ama bu iki kat bir artış anlamına geliyordu. Sanki en çok okunanlar listesine konmuştum. Kaynağı ne olursa olsun ve birçok kaba saba yakıştırmaya rağmen, eleştiriler samimiydi; genelde tekrar tekrar yazılmış olsalar da, mutlak bir inançla kaleme alınmışlardı.

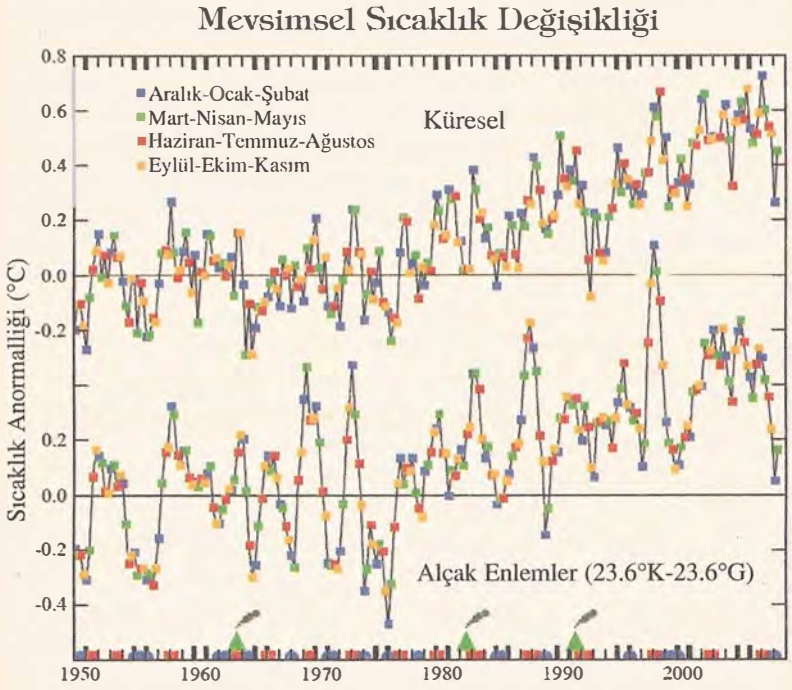
E-postaların çoğu güneşin iklim değişikliğinin birincil nedeni olduğunda ısrarlıydı ve birçoğu da, geçen yirmi otuz yıldaki bütün ısınmayı şimdiden kaybetmiş görünen 2008'deki sıcaklık derecelerine bakarak, bir buz çağına doğru ilerlediğimizi iddia ediyordu. Bu kesin iddialar ışığında ve hem sıcaklık derecelerinin hem de güneşe ilişkin verilerin elimizde olması nedeniyle, durumu aydınlığa kavuşturmak iyi olacak.

* Charles Dickens'ın *A Christmas Carol* adlı romanındaki bencil kahraman Ebenezer'ın soyadı. (ç.n.)

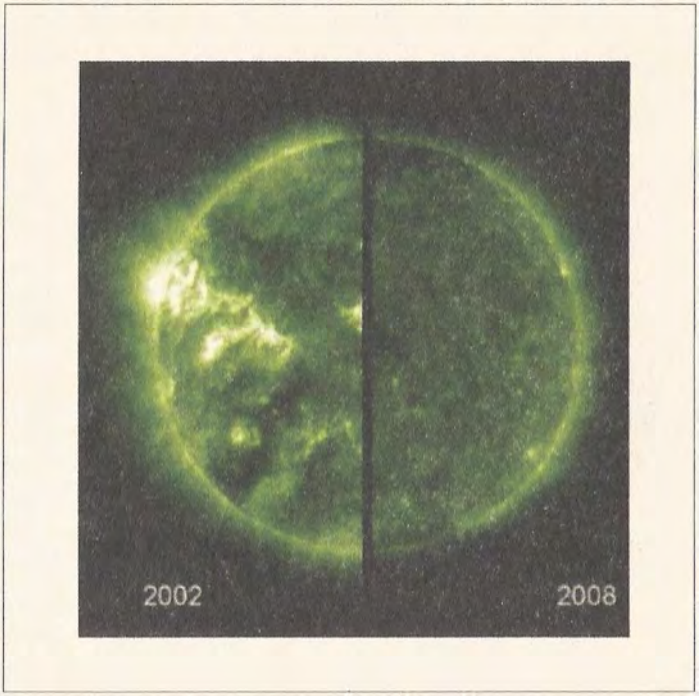
Sıcaklık Derecesi ve Güneşe İlişkin Veriler

Şekil 4, mevsimsel kararlılık temelinde küresel ve alçak enlemlerdeki sıcaklık derecelerini güncelliyor. Kırmızı üçgenler, mavi yarı daireler ve alttaki yeşil üçgenler El Nino, El Nina ve büyük volkanik patlama zamanlarını gösteriyor. El Nino'dan El Nina'ya salınımlar, alçak enlemlerin sıcaklıklarındaki büyük dalgalanmaların temel nedenidir. Bu dalgalanmalar küresel ortalama sıcaklık değişikliğinde de, bastırılmış olsa da, belirgindir.

Geçen birkaç mevsim (Şekil 4), son beş yıla bakıldığında görece serin ve ısı ortalama olarak yaklaşık 0.25°C daha düşük olmuştur. Eğer yakın tarihli zirveyi (2007 başları) ve yine yakın tarihli taban değeri (2008 başları) alacak olursak, değişiklik yaklaşık -0.5°C'dir. Bu düşüş, geçen yüzyılda küresel



Şekil 4: Hansen vd.'nin analizlerinin güncelleştirilmesi temelinde mevsimsel ortalama küresel ve alçak enlemlerde yüzey sıcaklık dereceleri. (*J. Geophys. Res.* 106, 23947, 2001).



Şekil 5: SOHO'dan (Solar Heliospheric Observatory) aşırı ultraviyole ışıkta göründüğü biçimiyle solar asgarideki güneşle (sağ taraf, Temmuz 2008) solar azamideki güneşin (solda, Ağustos 2002) karşılaştırılması. Solar azami süresince aktif bölgeler bir dizi solar fırtınalar üretiyor. 2008'de, kısmen normal 11 yıllık güneş döngüsüne bağlı olarak, güneş sakindir, aktif bölgeler yoktur.

ısınmadaki artışın tersine döndüğü ve dünyanın artık bir buz çağına doğru ilerlediği yolundaki karşıt iddiaların kaynağını oluşturuyor. Şekil 4, zirve ve taban değeri, trendin bir göstergesi olarak alınanın ne kadar aptalca olduğunu gösteriyor. Mevsimsel ortalama sıcaklık anormalliklerinde 0.3-0.5°C'lik zirve ve taban aralığı, özellikle ENSO (El Nino Güney Salınımları) ile ilgili olduğunda, normaldir (Şekil 4).

Son El Nina güçlüydü; ancak 2008 ortasında tropik sıcaklık dereceleri neredeyse ENSO nötr koşullarına dönmüştü ve

küresel ısınma son birkaç yılın yüksek seviyesine geri dönüyor. 2008'in ilk yarısındaki düşük sıcaklıklara baktığımızda, görüyoruz ki, 2008 yılı, ortalama küresel sıcaklık değeriyle belki de en sıcak yıllara ilişkin kayıtlarımızda 10. ile 15. en sıcak yıl aralığında bir yerde olacak.

Eleştirel e-postaların çoğu gayet ateşli bir biçimde küresel sıcaklık değişikliğinin insan kaynaklı etkilerden değil, asıl olarak güneşteki değişikliklerden kaynaklandığını savunuyor. Bu insanlar aynı zamanda, güneşteki bu süregelen değişikliklerden ötürü, dünyanın uzun dönemli bir soğuk sürece (geçen 30 yıllık ısınmayı izleyen bir soğuma; bu da onlara göre güneş enerjisi artışlarına bağlıdır) girdiğini söylüyorlar ya da ima ediyorlar. Bir e-postada, sanki haykırırcasına, şöyle bir cümle yer alıyordu: "GÜNEŞ GİDİYOR!"

SOHO'dan elde edilen görüntüler (Şekil 5) bu sonuca zemin hazırlamış olabilir. Güneş şu günlerde aktif değil; yaklaşık 11 yıllık normal güneş döngüsünün asgari noktasındayız. Güneş döngüsü dünyanın aldığı güneş enerjisi miktarı üzerinde ölçülebilir bir etkiye sahiptir (Şekil 6). Güneş döngüsündeki değişikliklerin büyüklüğü dünyanın güneşten uzaklık mesafesinde yaklaşık 1 v/m^2'dir; bu dünya-güneş doğrultusunu dikey kesen bir alandan geçen yaklaşık 1365 v/m^2'lik enerjinin %0.1'inden biraz daha azdır.

Dünya güneş enerjisinin yaklaşık 235 v/m^2'sini özümser; bu gezegen yüzeyinin ortalamasıdır. Dolayısıyla, solar asgariden solar azamiye geçişteki değişikliğe bağlı olan iklim zorlayıcısı yaklaşık $^1/_4$v/m^2 civarındadır. İkiye katlanmış CO_2 için denge iklim duyarlılığı 3°C ise (v/m^2 başına $^3/_4$°C), bu güneş zorlayıcısına beklenen denge tepkisi yaklaşık 0.2°C'dir. Bununla birlikte, okyanusun termal ataleti yüzünden, yaklaşık 11 yıllık bir döngüsel zorlayıcı için denge tepkinin yarıdan azı beklenmektedir. Dolayısıyla, güneş döngüsüne tahmini küresel kısa süreli tepki 0.1°C ya da daha azdır.

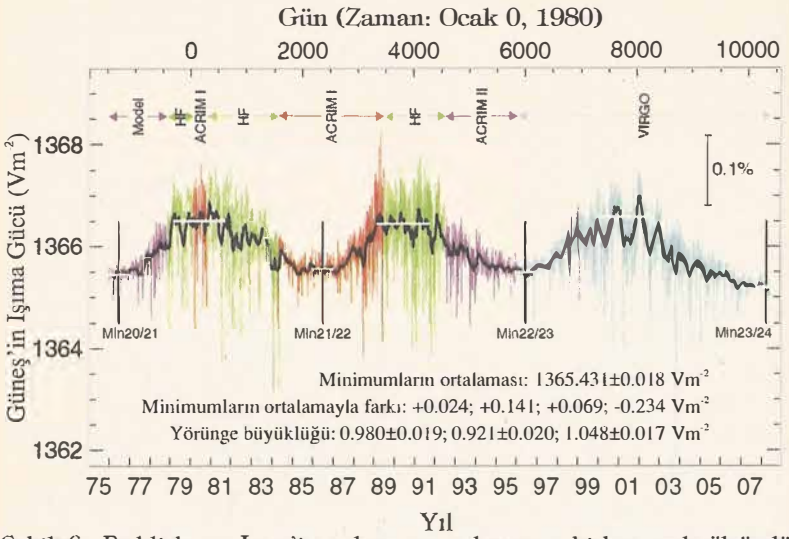
"Güneşe ilişkin katsayılar"ın doğru olduğunu ve güneşin iklim değişikliklerine sebebiyet verdiğini kabul edersek, güneşten gelen enerjideki küçük oynamalar bir biçimde büyütülmüş olabilir mi? Güneşteki değişimlerin dolaylı etkileri vardır; yani, güneşin parlaklığı en çok, ozonu etkileyen ultraviyole dalga boylarında değişir. Aslında ozonun güneş döngüleriyle değişmesi üzerine ampirik veriler ve iklim modeli ça-

lışmaları, sebep olunan ozon değişikliklerinin doğrudan güneş zorlayıcısını büyüttüğünü gösteriyor (*J. Geophys.* 102, 6831, 1997; agy. 106, 77193, 2001); ama bu büyütme üçte birlik ya da daha az bir faktördür.

Güneş zorlayıcısını büyüten öteki mekanizmalar varsayımdır; örneğin, atmosferik yoğunlaşma çekirdeğinde neden olunan değişiklikler ve sonuçta bulut tabakasında meydana gelen değişmeler. Ne var ki, böylesi mekanizmalar etkin olsalar bile, 11 yıllık bir döngünün işareti, sıcaklık derecesi gözlemlerinde kendini göstermelidir (Şekil 4). Aslında, birçok araştırmacı küresel sıcaklıkta çok zayıf bir güneş döngüsü işareti bulmuştur; ancak bu sadece doğrudan güneş zorlayıcısından beklenen büyüklüktedir (yaklaşık 0.1°C ya da daha az). Dolayısıyla, Şekil 4'te göründüğü gibi, güneş, sıcaklık dalgalanmalarına sadece çok küçük bir katkı yapar.

Geriye, güneşin uzun zaman dilimlerinde iklim değişikliğinin önemli bir nedeni olabileceği ihtimali kalıyor. (Güneşin merkezindeki nükleer enerji kaynağı öz olarak süreklidir; aslında 100 milyon yılda %1 artmaktadır; bu da amacımız açısından ihmal edilebilir bir değişiklik oranıdır. Ancak fotosfer, yani güneşin üst tabakaları, manyetik alanın gücündeki değişimlere bağlı olarak enerji salımını az da olsa engeller ya da hızlandırır.) Şekil 6'da gösterilen, normal güneş döngüsü belki de kesintiye uğramak üzeredir. 17. yüzyılda güneş lekeleri uzun bir süre neredeyse kaybolmuş görünüyordu; bu da (volkanik patlamalarla birlikte) "küçük buz çağı"na katkıda bulunmuş olabilir. Ve güneş döngüsünün mevcut asgarisi şimdiden önceki iki döngüye göre daha uzun sürmüştür (Şekil 6). Belki de "GÜNEŞ GİDİYOR!" diye yaygarayı basan e-posta sahibi doğru söylüyor!

Şansımıza, güneş kaynaklı (eğer parlaklığı mevcut asgaride kalacak olursa) iklim zorlayıcısıyla insan kaynaklı sera gazlarına bağlı zorlayıcıyı nicel olarak kıyaslayabiliyoruz. Güneşin yansıma gücü eski asgarilere kıyasla mevcut asgaride biraz düşük görünüyor (Şekil 6); ancak bu olsa olsa, geçen yirmi otuz yılın ortalama parlama gücünden yaklaşık %0.1 daha düşük olabilir; bu da -0.2°C'lik bir iklim zorlayıcısı üretir. Mevcut atmosferik CO_2 artış oranı yaklaşık 2 ppm/yıldır; bu da yılda yaklaşık +0.03 v/m²'lik bir iklim zorlayıcısı artışı demektir.



Şekil 6: Frohlich ve Lean'in çalışmasına dayanan, birkaç uydu-ölçümlü zaman dizisi karışımından güneşin ışıma gücü: (1988; http://www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/ composite/SolarConstant)

Dolayısıyla, eğer güneş "gitmiş" olursa, yani mevcut güneş döngüsünün asgarisinde uzun bir süre çakılıp kalırsa, bu durum CO_2 artışının ancak 7 yıllık bir dilimini karşılayabilir. İnsan kaynaklı sera gazı iklim zorlayıcısı artık öylesine tekdüze, öylesine iflah olmaz bir düzeyde artıyor ki, doğal iklim zorlayıcılarının değişkenliklerini etkisiz hale getiriyor. Küresel sıcaklığın zorlamasız değişkenliği, Şekil 4'te görüldüğü gibi, büyüktür; ancak yirmi otuz yıldır ve hatta daha uzun zamandır küresel sıcaklık trendi insan kaynaklı büyük iklim zorlayıcısı tarafından belirleniyor. Artık güneş kaynaklı uzun bir soğuma sürecine giriyor olabileceğiniz yolundaki tahminler boş hayaller olmanın ötesine geçemez; itibar edilmemelidir.

Bilim Nasıl Çalışır?

Richard Feynman'ın (şimdi bulamayacağınız) kitaplarından birinde –hatırladığım kadarıyla aktarıyorum– şöyle bir hikâye anlatılır: Los Alamos'ta, Manhattan Projesi için çalış-

maya başladıklarında, Feynman henüz doktorasını yeni yapmış bir araştırmacıdır. Yüzyılın ilk yarısının fizik dehalarından birinin başkanlığında yapılan ilk toplantıların birinde, belli bazı verilere ilişkin olası yorumlar tartışılmaktadır. Olasılıklardan biri anlatılır ve bu, görünen o ki, açıkça doğrudur; ancak birçok alternatif öneri üzerine tartışma uzadıkça uzar ve Feynman gittikçe daha çok sabırsızlanır: Başkan mantıklı yorumdan yana kanıtları sıralayıp neden bu işi bitirmiyordu? Sonunda toplantının başkanı ayağa kalkar ve şuna benzer bir şey söyler: "Tamam, görünen o ki, şu ve şunun açıklaması hâlâ mevcutlar içinde en iyisidir. Hadi görelim bakalım işe yarayacak mı?"

Karmaşık sorunların analizi, birçok kusurlu enformasyon kaynağını özümseyebilmeye bağlıdır. Yeni bir fikir ya da veriyle ve açık fikirli olmaya çalışarak, bilim insanları yorumları yeniden yorumlamalıdır. Bazen bu, anlayışın gözden geçirilmesini ve bazen de (çok ama çok nadir olarak) çarpıcı bir değişikliği beraberinde getirecektir (Einstein medyadan nefret ediyordu; ona göre medya bilimi küçük Güney Avrupa ülkeleri gibi sürekli devrimlere gebe bir şey olarak tasvir ediyordu).

Objektif olmak, özellikle küresel ısınma gibi karmaşık ve ayrıksı bir konuda, bilimsel başarı için yeterli değildir. Fizik, matematik gibi temel bilimlerde de eğitim almayı, gerçek dünyanın nasıl hareket ettiğini irdeleme deneyimini ve bunları bir araya getirme kapasitesine sahip bir zihni de gerektirir. Bilimin "yasaları" yalnızca gözlemlendiği haliyle gerçekliğe ilişkin açıklamalardır; bu açıklamalar daha iyi veriler ve bilgi elde edildikçe değiştirilecek ya da sadeleştirilecektir.

Bizim dünya iklimine ilişkin anlayışımız, özelde, en başta dünyanın gelişim seyrine, geçmişte iklimin değişen sınır koşullara tepki vererek nasıl değiştiğine bağlıdır. Bugün süregelen iklim değişikliğini ve süreçleri –buz tabakası ve okyanusa ilişkin olanları– iklim değişikliği konusundaki ikinci en önemli bilgi kaynakları olarak görüyorum ben. Bana göre, iklim modelleri ancak üçüncü sırayı alabilir. Modeller öteki ikisini, yani iklim tarihini ve süregelen iklim olgularını anlamakta yardımcı olan birer araçtır. Modeller gerçekliğin birer temsilidir; bize farklı unsurları bir araya getirmekte, görece önemi değerlendirmekte ve etkileşimleri anlamakta yardımcı olan bi-

rer temsildir. İlerleme kaydettikçe modellerimize yeni süreçleri katarız ve ötekilerin temsillerini geliştiririz.

Şu durum gerçekten çok garip: 23 Haziran'daki konuşmamdan sonra aldığım, öfke fışkıran e-postaların ortak bir özelliği var. Yazanlar her kimseler, açıkça, iklim modelimizdeki kusurları göstererek benim sahtekârlığımı kanıtlayacaklarını ilan ediyorlar (bu tema o kadar sık tekrarlanıyor ki, merak ediyorum; acaba böylesi bir lütuf kime nasmet olmuştur?). Şimdi de, 1980'lerde iklim değişikliği konusunda yanlış tahminlerde bulunmuş olduğumu itiraf etmemi talep eden mesajlar alıyorum. Ne gariptir ki, işaret ettikleri "yanlışlar" benim en ilginç ve faydalı gördüğüm sonuçlardır. Buradaki mesele, anlaşıldığı kadarıyla, bilimin nasıl işlediğini anlayamamaktan kaynaklanıyor.

Eleştiriler (1) geçen 20-30 yıldır küresel ortalama ısınmanın büyüklüğüne ve (2) Kuzey Yarımküre'nin, özellikle de Antarktika etrafındaki okyanusun ısınma miktarına vurgu yapıyor. Gözlemlenen iklim değişikliğinden ve simülasyonların kıyaslanmasından neler öğrenebileceğimizi görmek için, modellerin neler içerdiğini anlamamız gerekir.

Bizim 1980'lerdeki iklim modelimiz ikiye katlanmış CO_2 için 4°C'lik duyarlılığa sahipti. Yaşadığımız dünyanın iklim duyarlılığı 3 ± 1.5°C olarak hesaplanmıştı; dolayısıyla, fark ettik ki, bizim modelimiz muhtemel aralığın yüksek tarafında kalmıştı. Bu iyidir –pratik yaklaşım, "fizik bilimini" almak ve bunu, duyarlılığının bilincinde olarak, sonuçta ortaya çıkan modelde kullanmaktır– ve genel olarak alternatif bir duyarlılık için sonuçların ne kadar farklı çıkacağını tahmin etmek mümkündür.

Bizim o zamanki modelimizin (*J. Geophys*, 93, 9341, 1988) şöyle bir orijinal özelliği vardı: Biz ilk defa "geçici" simülasyonları yaptık, yani geçmiş için ölçülmüş ya da tahmini sera gazı değişikliklerini ya da gelecek için birkaç senaryoyu kullanarak zamana bağlı sera gazı miktarlarını işin içine kattık. Bizim simülasyonlarımız 1958-2030 dönemini kapsıyordu; elimizde nüfus sayım bürosunun elden çıkardığı tek bir eski bilgisayar olduğu düşünülürse, bu iş kolay değildi o zamanlar.

Okyanusun kabaca çözünürlüğü ve basit bir temsiliyle –bu ikincisine okyanus araştırmacılarının gözlemlerinden elde

edilen karma sonuçlara göre sıcaklık artışları dahildir– bir atmosferik model kullanarak uzun dönemli simülasyonlar yapmayı başardık. Bu modelin, sıcaklık yükselmesini simüle ederek iyi bir iş çıkarmasını ve eğer modelin duyarlılığı doğruysa, ortalama yüzey ısısını da göstermesini bekliyorduk; ama okyanusun dinamik geribeslemeleri işin içine katılmamıştı.

Geçen yirmi otuz yıldaki fiili küresel ısınma, bir oranda, bizim 1988'deki fiili iklim zorlayıcılarına en yakın senaryo olan B senaryosu için yazdığımız rapordaki değerlere yakındır. Modeldeki biraz daha büyük görünen ısınma (Şekil 2, *Natl. Acad. Sci.* 103, 14288, 2006), modelin duyarlılığının (ikiye katlanmış CO_2 için 4°C) bir biçimde paleoiklim veriler ve daha yakın tarihli modellerden elde edilen gerçek dünya duyarlılığından (ikiye katlanmış CO_2 için yaklaşık 3°C) yüksek olduğu düşünülürse, anlaşılır bir şeydir ve ortada bir tutarsızlık yoktur.

Geçen yirmi otuz yılda Güney Okyanusu'ndaki gözlemlenen görece küçük ısınmaya gelince, bu özellik okyanus dinamiklerini de işin içine katan yakın tarihli modellerimizde (*Clim. Dyn.* 29, 661, 2007) görülebilir. Gözlemler yüzyıllık zaman diliminde Güney Okyanusu'nun ne kadar ısındığını kesin olarak söyleyebileceğimiz kadar iyi değildir. Bununla birlikte, bana eleştiri e-postaları yollayan insanların iddialarının aksine, gözlemlenen sıcaklık değişiklikleri Kuzey Yarımküre kadar Güney Yarımküre'de de ısınmanın kutupsal büyütme etkisi olacağından kuşku duymak için hiçbir neden sunmaz; paleoiklim veriler bu büyütmeyi tüm çıplaklığıyla gözler önüne sermektedir. Ve Güney Okyanusu'nun dinamik tepkisinin açığa çıkacağını anlama ve simüle etme yetisi kazanmış olmamız önemlidir; çünkü bu, Antarktika etrafındaki buz katmanlarının istikrarını ve sonunda da gelecekteki deniz seviyesi değişikliğini belirleyen buz tabakalarını etkileyecektir.

Ancak kamuoyuna, bilimin böylesi meselelerde nasıl işlediğine ilişkin gerçekçi bir tablo sunulmuş değildir. Tam tersine, kamuoyunun küresel ısınmaya ilişkin tartışması, görüşleri kamuoyunu aydınlatmak yerine şaşkın ve çaresiz bırakmaktan fayda uman özel çıkar çevrelerinin megafonuyla duyurulan muhaliflerin yaydığı puslu havada sürüyor. Karşıtların bazıları bir zamanlar bilim insanıydı ama artık, en azından

küresel ısınma konusunda, bir müşteriyi savunan avukatlar gibi davranıyorlar. Onların amacı, yalnızca müşterilerini destekleyen görüşlerden bahsederek ve hikâyeyi müşterileri için en avantajlı hale sokarak, bir davayı mümkün olan en etkili bir biçimde savunmaktır. Özel çıkar çevreleri ve hatta medyanın büyük bir bölümü en iyinin, en detaylı anlatımın peşindedir; çünkü medya çoğu konuyu -özellikle de bu konuyu; çünkü özel çıkar çevreleri medya üzerinde etkilidir- sayfalarına taşırken "denge" kurmayı sever.

Kamuoyundan aldığım e-postaların sayısının çokluğu küresel ısınma hikâyesinin başka bir boyutunu da gün ışığına çıkarıyor: bu artık çok politik bir mesele! Bu mesajları gönderen insanlar, her ne kadar birçok örnekte karşıtların "bilimsel" önermelerini papağan gibi tekrarlıyor olsalar da, genel olarak bilimsel çevrelerden gelmiyorlar. Onların görüşüne göre, bu meseleler bilim insanlarıyla karşıtlar arasında you-tube "tartışmaları" çerçevesinde ele alınmalıdır. Benim tahminime göre, bilim insanlarının böylesi bir format içinde kıymeti kalmayabilir.

Küresel ısınmanın bilim çevrelerince nasıl anlaşıldığıyla küresel ısınma hakkında bilgi sahibi olması gerekenlerin, yani halkın ve politikacıların bildikleri arasındaki fark, benim büyük uçurum dediğim durumu yaratıyor. Kimse "ilgili bilimsel çevre" ile neyi kastettiğimi sormadı bana. Eğer sormuş olsalardı, "ne hakkında konuştuklarını bilen insanlar" derdim (bu yanıt belki biraz şaşkınlık yaratabilir; ancak lafları eveleyip geveleme zamanı değil şimdi).

Bu durumdan kurtulmanın yolu var mıdır? Süregelen iklim değişikliği ve bilimsel yöntem, sonunda her şeyi gayet açık ortaya koyacaktır. Ne yazık ki, iklim sisteminin ataleti ve iklim kırılma noktaları yüzünden, gerçek dünya olaylarını beklemek son derece tehlikelidir; çünkü bu olayların çapı o kadar büyük ki, özel çıkar çevreleri gibi onların avukatlarını da pençesine alacaktır.

İşte benim önerim: Seçilecek yeni Başkan, Ulusal Bilimler Akademisi'nden kendisine mevcut durum hakkında hemen bir rapor sunmasını istesin. Nihayetinde, Abraham Lincoln, Akademi'mizi bu iş için kurmadı mı? İlginçtir, mevcut yönetim iktidara geldiğinde, 2001 yılında, Başkan, Akademi'den küresel ısınma hakkında bir değerlendirme istemişti; muhte-

melen Akademi'nin IPCC'nin en yeni raporuna eleştirel yaklaşacağına inanıyordu. Doğrusu, Akademi'nin raporunda bazı eleştiriler de vardı; en azından, açık olarak ve yetkinlikle, raporda küresel ısınmanın gerçekliğini, ısınmada insanların nasıl büyük bir rol oynadığını ve iklim sorunlarını asgariye indirmek için bir politikanın belirlenmesi ihtiyacını yinelemişlerdi. Yönetim belirgin bir biçimde öyle bir geri çekildi ki, Akademi'ye bir daha bu konuda hiçbir soru sormadı, ondan hiçbir tavsiye istemedi. Bu trajediden ötürü gözyaşı dökmenin alemi yok; şimdi bu noktadan ileriye gitmek için en iyi yolu bulma vaktidir.

❄

Kaynakça

1. Başbakan Fukuda'ya mektup:
http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/20080703_DearPrimeMinisterFukuda.pdf
2. 4 Temmuz 2008, UN Üniversitesi'ndeki konuşma:
http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/Tokyo_20080704.pdf
3. Global warming: The East-West Connection, J. Hansen ve M. Sato, hazırlık aşamasında.
4. Boone Pickens, Teksas'ta yeterli şebekenin yokluğu nedeniyle kendi yel değirmeni işletmesinde ürettiği enerjiyi taşımak için kendi özel hattını kurmak zorundaydı (şu sıralar Teksas'ta yeldeğirmenleri kapatılıyor; çünkü elektriği kullanıcılara ulaştırmanın bir yolunu bulamıyorlar).

OBAMA'YA GERÇEĞİ ANLATIN... TÜM GERÇEĞİ

Seçim gecesi tutuşturulan şenlik ateşinin korları başka hiçbir seçimde olmadığı kadar uzun yanacak gibi görünüyor. Hatta bu coşkuya dünyanın başka ülkeleri de haklı olarak ortak oluyor. Bundan hoşlansak da hoşlanmasak da, her zamankinden daha çok birbirimize bağlıyız artık.

Seçim gecesi Barak Obama'nın, 106 yaşındaki bir kadının gözünden, yaşanan tarihsel ilerlemeyi çarpıcı bir biçimde anlattığı konuşması da bu ateşi canlandırıyordu. Ama bir yandan da, Obama kutlama havasına kendini fazla kaptırmadan, daha şimdiden önündeki görevlere odaklanıyordu.

İyi de yapıyor. Eşi benzeri görülmemiş zorlu görevler üstlendi. Bunu söylerken, miras aldığı, alabildiğine tehditkâr

ekonomik darboğazı kastetmiyorum. Geçmişteki başarısızlıklar ve aşırılıklar için insanların ödediği bedel büyük olabilir; lakin ekonomik zorluklar, hatta büyük bunalımlar gelip geçerler.

Şimdi asıl felaketin eşiğinde olan, gezegenin kendisi. Yalnızca dünya değil, insan da dahil üzerinde yaşayan tüm canlı türlerinin kaderi söz konusu. Durum eli kolu bağlı oturmayı değil, bilinçli bir biçimde harekete geçmeyi gerektiriyor.

Kararların alınmasında ideolojinin değil, aklın ve kanıtların izleneceği beklentisi iyimser bir hava doğuruyor. Tehlike, özel çıkar çevrelerinin hükümet politikalarını sulandırıp çarpıtarak, iklimin gezegendeki canlı yaşamın tamamı için feci sonuçlar doğuracak şekilde kırılma noktasını geçmesine neden olmasıdır.

Seçilmiş Başkan, iklim sorunu ve bunun enerji ihtiyacı ve ekonomik politikalarla bağlantısı hususunda çok iyi bilgilendirilmelidir. Çözümler için mevcut politik sisteme, özel çıkar çevrelerine sayısız fırsat sunan politik sisteme, güvenemez.

Burada, Barack Obama'ya verilmesi gerektiğini düşündüğüm mesajı bulacaksınız. Eleştirilere de açığım elbette.

İklim Tehdidi

Dünyanın sıcaklığı, geçen yirmi otuz yılda 1°F artmıştır; bu artış kara üzerinde 2°F'dir. Havada (iklim sistemi ataleti yüzünden) halihazırda bulunan gazlara ve (enerji sistemi ataleti yüzünden) kaçınılmaz ek fosil yakıt salımlarına bağlı olarak daha fazla ısınma "ardışık düzenler" içindedir.

Günümüze kadar görülen küresel ısınma günlük hava sıcaklığı dalgalanmalarından daha küçük olmakla birlikte, küresel sıcaklık yaklaşık olarak insan uygarlığının geliştiği son 10.000 yıllık Holocene döneminin en yüksek seviyesine erişmiş durumdadır. Bunun şimdiden kendini gösteren etkilerini şöyle özetleyebiliriz:

1. Dağ buzulları dünya genelinde azalıyor ve CO_2 salımları artışını sürdürürse 50 yıl içinde eriyip yok olacaklar. Bu bir yandan milyarlarca insanın temiz su kaynaklarını tehdit ederken, diğer yandan, Himalayalar, And Dağları ve Kayalık Dağları'ndan çıkan nehirleri yaz ve güz aylarında kuruma tehlike-

siyle karşı karşıya bırakıyor.

2. Okyanuslarda biyolojik türlerin dörtte birini barındıran mercan resifleri artan sıcaklıklar ve CO_2 artışına bağlı okyanus asidifikasyonu yüzünden yok olma tehlikesi yaşıyor.

3. Çorak alt-tropik bölgeler kutup yönünde genişliyor; bu durum, artan kuraklık ve orman yangınlarıyla birlikte, ABD'nin kuzeyini, Akdeniz bölgesini ve Avustralya'yı etkiliyor.

4. Kuzey Kutbu deniz buzu, eğer CO_2 artışı sürerse, yaz aylarında tümden kaybolacak ve bunun gerek vahşi yaşam gerek yerli halklar üzerinde ölümcül etkileri olacaktır.

5. Bir yandan şiddetli yağmurlar, fırtınalar ve su baskınları, öte yandan kuraklık ve orman yangınları gibi hidrolojik aşırı durumların şiddeti artıyor.

Bazı insanlar bu sonuçlara razı olup bunlarla yaşamayı öğrenmemiz gerektiğini söylüyor; çünkü bütün fosil yakıt kaynaklarını tüketmemizin neredeyse ilahi bir buyruk olduğuna inanıyorlar. Ama şimdi biz, dünyanın gelişim seyrinden, bütün petrolü, gazı ve kömürü tüketip havaya CO_2 salmamızın iki muazzam sonuç doğuracağını ve bunların kabul edilemez büyüklükte olduğunu görüyoruz.

Bunlardan biri, gezegen üzerindeki türlerin büyük bir kısmının ortadan kalkmasıdır. Öteki ise, insanın kontrolü dışında, buz tabakalarının erimeye başlaması ve deniz seviyesinin yükselmesidir; ki bu sonunda, sahil şeritleri boyunca yerleşim bölgelerini ve tarihi yerleri haritadan silecek, milyonlarca insanın göç etmesine, ulusların yoksullaşmasına neden olacak tam bir felakete yol açacaktır.

Hem türlerin yok olması hem de buz tabakasının çözülmesi, "kırılma noktaları" olan "doğrusal olmayan" sorunlardır. Eğer süreç fazla ilerlerse, etkileri büyütücü geribeslemeler sistem dinamiklerini tetikleyerek sistemin artık insan kaynaklı zorlayıcıya gerek olmadan işlemesine neden olacaktır. Örneğin, türler birbirlerine bağımlıdır; eğer yetecek sayıda tür ortadan kalkarsa, ekosistem çöker. Fiziksel iklim sisteminde, büyütücü geribeslemeler arasında, deniz ve kara buz alanlarının azalmasına bağlı olarak güneş ışığının daha fazla soğurulmasını ve kutuplardaki donmuş toprağın çözülmesine bağlı olarak güçlü bir sera gazı olan metan salımını sayabiliriz.

Dünya tarihinde böylesi doğrusal olmayan çöküşün örnekleri vardır. Son tahlilde, onlarca ya da yüzlerce bin yıl içinde, yeni türler evrilir ve buz tabakaları yeniden oluşur. Ama eğer iklimin kırılma noktasını aptal bir şekilde geçecek olursak, hayal edebileceğimiz bütün gelecek kuşaklara mahvolmuş, sefil bir gezegen bırakacağız.

Aciliyet

Yakın tarihte elde edilen kanıtlar, konuya karşı en duyarlı kesimlerin bile beklediğinden çok daha acil bir duruma işaret ediyor. Kanıtlar, dünyanın gelişim seyrine ilişkin elde edilen, iklimin geçmişte atmosferin bileşimindeki değişikliklere nasıl tepki verdiğini açıklayan yeni bilgilere ve dünyanın şimdi insan kaynaklı atmosferik değişikliklere nasıl tepki verdiğini öğrenmek için yapılan gözlemlere dayanıyor.

İlk bakışta şaşırtıcı ancak geçmişe bakarsak açık olan sonuç, endüstri öncesi dönemdeki 280 ppm'den günümüzdeki 385 ppm'ye varan, insan kaynaklı atmosferik CO_2 artışının daha şimdiden tehlikeli bir seviyeye eriştiğidir. Eğer türümüz ve diğer türler üzerindeki tehlikeli baskıları ve büyük deniz seviyesi artışını engellemek istiyorsak, CO_2 oranının 350 ppm'ye, belki daha da azına, döndürülmesini sağlayacak önlemler almak zorunlu olacaktır.

İyi haber, eğer önlemleri vakit geçirmeden alırsak, bu sonuçları önlememizin hâlâ mümkün olmasıdır. Hemen önlem alıp harekete geçmek tersinmez yıkımları ve buz tabakası çözülmesini önlemekten daha fazlasını yapacaktır; acil önlem, Kuzey Kutbu buz tabakasının kaybı, okyanusun asidifikasyonu, alt-tropik alanın yayılması, kuraklık, sel ve fırtınaların şiddetinin artması gibi kaçınılmaz görünen sonuçları önleyebilir, hatta tersine bile çevirebilir.

İlk Sonuç

CO_2, küresel ısınmaya katkıda bulunan insan kaynaklı tek gaz değildir ama etkililik süresinin uzunluğu bakımından belli başlı bütün diğer gazları fersah fersah geride bırakan

önemli bir gazdır. Yanan fosil yakıtların neden olduğu CO_2 artışının çoğu havada 1.000 yıldan daha uzun kalır. Dolayısıyla, insan kaynaklı iklim değişikliğini durdurma çabalarının odağında CO_2 olmalıdır.

Buradan hemen, küresel ısınmanın çözümünün toplam fosil yakıt salımlarını belli bir orana çekmek olduğu sonucunu çıkarıvermek işin kolayına kaçmak olur. Bu yaklaşım işe yarar bir stratejinin parçası olamaz. Bu sonuca varma nedeni ve daha iyi bir stratejik yaklaşım kaba hatlarıyla doğrudan jeofizik sınır koşullarına dayanır.

206. sayfadaki Şekil 1 petrol, gaz ve kömür rezervlerini gösteriyor; koyu kısım halihazırda yakılmış ve atmosfere salınmış miktardır. Henüz keşfedilmemiş kaynakların büyüklüğü bilinmiyor olsa da, eldeki miktar atmosferik CO_2'nin kesinlikle 500 ppm'nin üzerine çıkmasına yetecektir. Bu düzeydeki CO_2 de, istikrarsız buz tabakalarını, deniz suyunun insanlığın kontrolü dışında yükselmesini, yeryüzündeki türlerin büyük bir bölümünün yok olmasını ve yukarıda sayılan iklim etkilerinin aşırı şiddetlenmesini kaçınılmaz hale getirecektir.

Petrol asıl olarak egzoz borusundan CO_2 salımını engellemenin pratikte mümkün olmadığı taşıtlarda kullanılır. Birçok ülke bugün geniş petrol yataklarına sahiptir. Bir zamanlar çok geniş yatakların bulunduğu ABD bugüne kadar keşfettiği rezervlerin büyük bir kısmını daha şimdiden tüketmiştir. Bu veriler ışığında, Rusya ve Ortadoğu ülkelerinin kendi petrollerini çıkarmadan toprak altında bırakacaklarını düşünmek gerçekçi olmayacaktır.

Atmosferik CO_2'nin uzun etkililik süresi yüzünden, CO_2 salımlarını yavaşlatacak bir karbon üst sınırı koymak da bir işe yaramaz. Aslında bir üst sınır, kömür kaynaklı salımların sürmesine izin verilirse, sorunu daha da içinden çıkılmaz hale getirir. Tek çözüm, fosil yakıt rezervlerinin bir (büyük bir) bölümünü çıkarmadan toprakta bırakmak ya da söz konusu rezervleri sadece CO_2'nin hapsedildiği ve güvenli bir biçimde yalıtıldığı durumlarda kullanmaktır.

Hedeflenmesi gereken kaynak kömürdür. Şekil 1b, yeni kömür santralleri konusunda hemen bir moratoryumun kabul edilmesi ve mevcut işletmelerin de aşamalı olarak 2010-2030 yılları arasında devre dışı bırakılması halinde, atmosferik CO_2'nin gelecek yirmi otuz yılda 400 ila 425 ppm arası bir

yerde zirve noktasına erişeceğini gösteriyor. Zirve değeri, bir yandan keşfedilmemiş rezervlere ilişkin kimin tahmininin daha doğru olduğuna, öte yandan en olmadık yerlerdeki petrol rezervlerinin de işletmeye açılıp açılmayacağına, dolayısıyla karbon vergisine bağlıdır.

Kömürün devre dışı bırakılmasına ilişkin bu senaryo bize iklimi istikrara kavuşturma imkânı sunuyor. Güvenli CO_2 düzeyinin şu andaki aşılma oranı, işlenmemiş toprakların ağaçlandırılması da dahil, iyileştirilmiş tarım ve ormancılık uygulamalarıyla, muhtemelen yüzyılın ortalarında, CO_2 seviyesinin 350 ppm'ye gerilemesini sağlayacak kadar küçüktür. Ancak, eğer yeni kömür işletmeleri kurmaya bir on yıl daha devam edilecek olursa, CO_2 seviyesini 350 ppm'ye geri çekmenin pratik, doğal bir yolunu bulmak zor olacaktır.

Politik Seçenekler

Kömür salımlarının (ama zorunlu olarak kömür kullanımının değil) yakın dönemde sona erdirilmesi yönündeki zorunluluk, enerji teknolojilerinde kayda değer gelişmeleri gerektirir. Fosil yakıt rezervleri kurumaya yüz tuttuğundan bu türden gelişmeler zaten gereklidir; ne var ki, iklim sorunları ne yapılacaksa hızla yapılmasını talep ediyor. Şansımıza, iklim sorununu çözecek önlemler aynı zamanda enerji güvenliğini de artıracak ve ekonomik refaha katkıda bulunacak şekilde tasarlanabilir.

3 Kasım 2008'de Washington'da düzenlenen bir atölye çalışmasında seçenekler masaya yatırıldı (sunumları http://www.mediafire.com/no3workshop adresinde bulabilirsiniz). Çalışma elektrik enerjisi üzerinde yoğunlaştı; çünkü kömürün ana kullanım mecrası burasıdır. Elektrik aynı zamanda diğerlerine göre açık ara önde giden bir sicile sahiptir; çünkü bir kere temizdir ve bu yüzden, gelişmiş ülkelerin daha çok tercih ettiği bir enerjidir. Ayrıca, taşımacılıkta da petrolün olası ikamesi ya da kısmı ikamesidir.

Atölye çalışmasının konuları öncelik sırasına göre şöyle sıralanıyordu: (1) enerji verimliliği, (2) yenilenebilir enerjiler, (3) elektrik şebekesinde iyileştirmeler, (4) nükleer enerji, (5) karbonun hapsedilmesi ve yalıtılması.

Enerji verimliliğinde iyileştirmeler, gelecek yirmi otuz yıl süresince ülkenin tamamında ek elektrik enerjisi ihtiyacını ortadan kaldırma ve mevcut bazı kömür santrallerini devre dışı bırakma potansiyeli taşıyor. Verimlilik potansiyelinin hayata geçirilmesi hem birtakım düzenlemeleri hem de bir karbon vergisini gerektirir. Bina yönetmeliklerinin ulusal çapta değiştirilmesi ve özellikle bekleme halindeyken büyük bir enerji kaybına yol açan elektronik araç gereçlerin standartlarının yükseltilmesi gerekiyor. Kamu hizmetleri için verilen ekonomik teşvikler, işletmelerin sattıkları enerji miktarına göre değil, yaptıkları enerji tasarrufuna göre kâr etmelerini sağlayacak şekilde değiştirilmelidir.

Yenilenebilir enerjiler artık fosil yakıtlarla ekonomik olarak rekabet edebiliyor; ancak, akıllı politikaların yokluğunda, fosil yakıtların fiyatlarının düşmesinin ve fosil yakıtlara desteğin sürmesinin önemli bir engel oluşturma tehlikesi vardır. Yenilenebilir enerjileri desteklemenin en etkili ve verimli yolu karbon vergisidir.

Ulusal elektrik şebekesi çeşitli biçimlerde daha güvenilir ve "akıllı" hale getirilebilir. Eğer kömürün yerine yenilenebilir enerjiler konacaksa, bol miktarda yenilenebilir enerjiye sahip bölgelerden ülkenin diğer bölgelerine uzanan, düşük maliyette enerji nakil şebekesi kurulmasına öncelik verilmesi gerekir.

Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve yenileştirilmiş bir şebeke önceliği hak ediyor ve bu unsurların elektrik enerjisi ihtiyacımızın tamamını karşılayabileceği yönünde bir umut vardır. Bununla birlikte, gezegen için en büyük tehlike, *öngörü* (%100 "yumuşak" enerji) ile gerçeklik arasında potansiyel bir uçurumun, kömür yakıtlı santrallerin kullanımına devam edilmesi suretiyle doldurulacak bir uçurumun var olması ihtimalidir.

Bundan dolayı, hem gelecek kuşak nükleer enerji hem de karbon hapsetme ve yalıtma amaçlı araştırma ve geliştirme programları öncelikle ele alınıp hayata geçirilmelidir. Bu programlar en etkili ve hızlı şekilde ancak Çin ve/veya Hindistan ve diğer ülkelerle kapsamlı işbirliği içinde yürütülebilir.

Öncelik tanınması ve gerekli kaynakların sağlanması durumunda, güvenli, düşük atıklı 4. kuşak nükleer enerji seçene-

ği yaklaşık on yıl içinde hayata geçirilebilecektir. Eğer, o zamana kadar, rüzgâr, güneş, öteki yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenmiş bir şebeke bütün elektrik enerjisi ihtiyacımızı karşılayabilirse, ABD'de nükleer enerji santrali kurma zorunluluğu da ortadan kalkar. Birçok enerji uzmanı, kömür salımlarının ortadan kaldırılmasının gerekli olduğu bir zaman diliminde, her şeyi yenilenebilir enerjiye bağlayan bir senaryonun akla yatkın olmadığını düşünüyor; ama şimdi bu meseleyi tartışmak zorunda değiliz.

Bununla birlikte, yakın gelecekte bütünüyle yenilenebilir elektrik enerjisine sahip olacağımız varsayımına göre hareket etmemiz de tehlikeli olacaktır. Çin ve Hindistan'a da benzer bir varsayım dayatmak doğru olmayacaktır. Bu iki ülke de kendi enerji ihtiyaçlarında büyük artışların olacağı tahmininde bulunuyor; iki ülke de ağırlıklı olarak aşırı kömür kullanımına bağlı yüksek atmosfer kirliliğine sahiptir ve iki ülke de, eğer küresel iklim değişikliği sürecek olursa, orantısız sonuçlara katlanmak zorunda kalacak.

Eğer Çin'in ve Hindistan'ın kendi CO_2 salımlarını ve hava kirliliğini azaltma seçeneği olursa, bundan bütün dünya kazançlı çıkacaktır. Örneğin, bu ülkelerin kömür santrallerinden cıva salımları hem atmosferi hem okyanusları kirletiyor ve neredeyse bütün dünyadaki besin kaynaklarını, özellikle de balıkları tehdit ediyor. Ayrıca, Çin'in ve Hindistan'ın düşük CO_2'li ya da CO_2'siz enerji seçeneği olmazsa, iklim istikrarını sağlama umudu yok denecek kadar azdır.

Yine, karbon hapsetme ve yalıtma amaçlı araştırma geliştirme çalışmalarını acil olarak başlatmalıyız. Burada da en verimli ve umutlu çalışmalar muhtemelen Çin ve Hindistan'ın işbirliğiyle yürütülebilir. Unutmamamız gerekir ki, kömürün toprakta bırakılmasına karar verilmesi durumunda bile, havadaki mevcut CO_2 miktarını aşağıya çekmek için öteki yakıtların saldığı karbonun da hapsedilmesi ve yalıtılması ihtiyacı kendini gösterebilecektir. CO_2 miktarını azaltmakta başarılı olmanın etkili bir yolu, enerji santrallerinde biyoyakıtları kullanmak ve CO_2'yi hapsetmek olacaktır; gerekli biyoyakıt, tarımsal ya da kentsel artıklardan elde edilebileceği gibi, fosil yakıt kullanılarak ya da hiç kullanılmadan, niteliğini yitirmiş topraklarda üretilebilir.

Nükleer enerji ve karbon hapsetme karşıtları bu projeleri

yavaşlatmamalıdır. Ne 4. kuşak nükleer santraller ne de karbon hapsetmek için bugünden büyük çaplı bir seferberliğe girişmeye gerek vardır. Eğer enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiler enerji ihtiyacını karşılamada yeterli olursa, bazı ülkelerin ne nükleer enerji ne de kömür kullanmasına gerek kalır. Bununla birlikte, şundan emin olmalıyız ki, kömür salımlarının tümden ortadan kaldırılması için elimizde geçerliliği kanıtlanmış seçenekler vardır.

Vergi ve %100 Temettü

Atmosferik CO_2 artışını tersine çevirmek için "%100 temettülü bir karbon vergisi" gereklidir. Salımları azaltmanın ve fosil yakıt çağını mazide bırakmanın en adil ve etkili yolu petrol, gaz ve madendeki ya da ihraç limanındaki kömür üzerinden alınacak bir vergidir. Böyle bir vergi, petrol şisti ve katran kumları gibi alışılmadık fosil yakıtların, CO_2'yi hapsetmenin ekonomik bir yöntemi geliştirilmedikçe, toprakta bırakılmasını temin edecektir.

Toplanan verginin tamamı, her ay banka hesaplarına yatırılarak, kişi başı hesabıyla (aile başına iki çocuğa kadar çocuklar için yarım pay) halka geri verilmelidir. Bu iş için bürokrasiye de gerek yoktur.

Bu bir vergiyse, vergi denmelidir buna. Kamuoyu bunu anlayabilir; dahası, açıkça anlatılırsa ve toplanan paranın tamamı halka geri ödenirse, böyle bir vergiyi kabul edebilir. Politikacılar yandaş toplasın diye Washington'a tek bir sent bile gitmemelidir. Bu iş için lobiciler istihdam etmeye de hiç gerek yoktur.

İnsanlar karbon salımlarını azaltmak için önlemler alacaktır; çünkü aylık dağıtılan temettüler ve artan fosil yakıt maliyetleri sürekli olarak onlara konunun ciddiyetini hatırlatacaktır. Halka bu verginin gelecekte artarak süreceği açık açık anlatılmalıdır.

Fosil yakıt fiyatları düştükçe, fosil yakıtları geride bırakan bir çağa geçişi teşvik etmeyi sürdürmek için vergi artırılmalıdır. Azalan fosil yakıt talebinin sonucu fosil yakıt fiyatlarının düşmesi olacaktır; böylelikle vergi, enerji maliyetinin (yalnızca fosil yakıtlar için) giderek artan bir kısmını oluşturacaktır.

Böylelikle ülke, servetini petrol üreticisi ülkelere akıtmaktan da kurtulacaktır.

Vergi ve temettü artan oranlı olacaktır. Çok sayıda büyük arabası ve büyük evi olan biri temettüyü fersah fersah aşan bir vergi ödeyecektir. Karbon tüketimini ortalamanın altına düşüren bir aile ek kazanç elde edecektir; ayrıca herkes karbon tüketim ortalamasını düşürmek için teşvik edilmiş olacaktır. Temettü ekonomiyi canlandıracak, yenilikleri teşvik edecek ve insanların düşük karbonlu ürünler tüketmesi ve düşük karbonlu bir hayat tarzını benimsemesi için gerekli parayı sağlayacaktır.

Karbon vergisi adil, açık ve etkilidir. Enerji fiyatlarını artıracağı ortadadır; neyse ki, özellikle düşük ve orta gelirli insanlar kazançlı çıkmak için karbon salımlarını azaltmanın yollarını bulacaktır. Altyapının yenilenme hızı, dolayısıyla ekonomik etkinlik, karbon vergisinin artış hızına bağlı olarak ayarlanabilecektir. Etkileri toplumun tüm tabakalarına nüfuz edecektir. Üretilmesi ve taşınması için fazla karbon salımı gerektiren yiyecekler daha pahalı satılacaktır; tersi de doğru olacaktır elbette. Bu durum da, dünyanın öbür ucundan yiyecek ithal etmek yerine ihtiyacın yakındaki çiftliklerden karşılanmasını teşvik edecektir.

"Belli bir yüzdeyle salım azaltma" ve "cap and trade" gibi alternatif yaklaşımlara karşı dikkatli olmalıyız. Bunlar, önlem alma bahanesiyle, yeşile boyayarak, mevcut durumun sürmesine imkân sağlayan manevralardır. Sürüyle lobici, kendi ekmek kapılarının ilelebet açık kalmasını sağlayan bu yaklaşımları destekleyen tezler ileri sürecektir. Bu tür hedeflerin ve sınırlama gayretlerinin ne kadar nafile olduğu, bu tezleri ileri süren ülkelerin yeni kömür yakıtlı enerji santralleri kurmayı planlamalarıyla, kendini hemen belli ediyor.

Eğer ABD, Kyoto Protokolü yaklaşımının bir devamı olan bu etkisiz manevralara girişecek olursa, feci sonuçlar doğuracak bir iklim değişikliğini pratik olarak kaçınılmaz hale getirmiş olacaktır. Bunun yerine, inandırıcı bir biçimde, öteki ülkelerin de vergi ve temettü yaklaşımını benimsemesi savunulmalıdır. Bu yaklaşımı benimseyen ülkeler, kıyaslanabilir bir karbon vergisi uygulamayan bir ülkeden ithal edilen malların giriş limanlarında vergilendirilmesi konusunda da anlaşacaktır. Bu ithalat vergisi bütün ülkelerin vergi uygulaması-

na katılması yönünde güçlü bir teşvik olacaktır.

Karbon vergisi gereklidir ama yeterli değildir. Tek başına karbon vergisi enerji sorununu çözemeyeceği gibi, kömür kullanımının hızla sona erdirilmesini de sağlayamaz. Bina yönetmeliklerinde, taşıtlarda, her türlü alet edevatta daha iyi verimlilik standartları da hayata geçirilmelidir. Kamu hizmetlerinde, mümkün olduğu kadar fazla enerji satışına karşıt bir verimlilik anlayışı benimsenip teşvik edilmelidir. Bunlar yapılması gereken birçok şey içinde yalnızca birkaç örnek. Ama bütün bunlar bir karbon vergisinin uygulanması halinde daha kolay ve daha etkili olacak şeyler.

Gerçekten de, bir karbon vergisi vazgeçilmezdir. Böyle bir vergi, insanların kısa dönem, orta dönem ve uzun dönemde kararlarını ve hayat tarzı tercihlerini etkileyerek, dünyanın şükran duygularıyla fosil yakıtları geçmişte bıraktığı bir çağa geçmesini sağlayacaktır. Bu şekilde, çıkarılması en zor fosil yakıtları toprakta bırakarak, hızla geleceğin temiz enerji kaynaklarına doğru yol alacağız.

Nükleer Güç

Nükleer güç tartışılması gereken bir konudur. 4. nesil nükleer enerji, ihmal edilebilir CO_2 salımlarıyla güvenli, düzenli elektrik enerjisi sağlama potansiyeline sahiptir.

Fosil yakıt yanmasında işleme giren moleküllerin kimyasal enerjisine kıyasla, çekirdekte bir milyon kere daha fazla enerji vardır. Günümüz nükleer (fizyon) reaktörlerinde, nötronlar bir çekirdeğin parçalanmasına neden olurken, enerjiyle birlikte reaksiyonun sürmesini sağlayan ek nötronları da açığa çıkarır. Bu ek nötronlar büyük miktarda bir enerjiyle birlikte "doğar" ve bunlara "hızlı" nötronlar denir. Eğer bu nötronlar, soğurmayan materyallerle çarpıştırılıp yavaşlatılırsa, daha fazla reaksiyona girecek, böylelikle "termal" ya da yavaş nötronlar haline geleceklerdir.

Bugün ABD'deki bütün nükleer santraller, nötronları yavaşlatmak ve reaktörü soğutmak için ("ağır su" değil) normal su kullanan Hafif Su Reaktörleri'dir (LWR). Bu enerji santrallerinin tamamında kullanılan yakıt uranyumdur. Bu yaklaşımın temel bir sorunu, uranyum yakıtının %99'undan daha faz-

lasının süreçten "yanmadan" (fizyona girmeden) çıkmasıdır. Potansiyel enerjinin çoğunun "atılması" yetmezmiş gibi, (plütonyum, amerikyum, küriyum vb. gibi) bu uzun ömürlü nükleer atıklar Yucca Dağı'ndaki depolar gibi jeolojik yalıtımı gerektirir.

Bu sorunu çözmek için, ikisine de gelecekte ihtiyaç duyacağımız, iki inandırıcı alternatif vardır. Birincisi, nötronları fizyon reaksiyonları boyunca "hızlı" tutacak reaktörler inşa etmektir. Bu hızlı reaktörler uranyumu tamamen "yakabilir". Dahası, bu reaktörler mevcut uzun ömürlü nükleer atıkları da yakabilir ve böylelikle az miktarda, on yıllarla ölçülen yarı-ömürlü atık üretmek suretiyle uzun ömürlü nükleer atık sorununu da büyük oranda çözer.

İkinci inandırıcı alternatif ise, termal reaktörlerde yakıt olarak toryum kullanmaktır. Toryum, uzun ömürlü nükleer atık sorununu pratik olarak ortadan kaldıran bir biçimde kullanılabilir.

ABD, sivil nükleer güç için 1950'lerde LWR gelişme yolunu tercih etti; çünkü Donanma zaten o tarihe kadar araştırma ve geliştirme çalışmalarını yapmıştı, yani bunlar o tarihte en çabuk ve en kolay piyasaya sürülebilecek reaktör anlayışını getirdiler. Nükleer atık meselesi üzerinde pek durulmadı. Bugün durum çok farklıdır. Eğer kömür yerine, ABD'de ve/veya gelişen dünyada, geniş çaplı olarak nükleer enerji kullanılacaksa, atık, güvenlik ve verimlilik sorunları büyük önem taşıyacaktır.

Bugün ABD'de, Avrupa'da, Çin'de ve öteki ülkelerde, kurulmakta olan ya da planlama aşamasında hayli ilerlemiş olan nükleer enerji santralleri geliştirilmiş LWR'lerdir. Bunlarda işlemler basitleştirilmiş ve ek güvenlik önlemleri alınmıştır; ama hepsi hâlâ temel olarak aynı tip, bol nükleer atık üreten ve maliyeti yüksek reaktörlerdir. Öyle görünüyor ki, nükleer enerji bugün olduğu gibi gelecekte de önemli bir rol oynayacaktır.

Hem hızlı reaktörler hem de toryum reaktörleri 3 Kasım'da gerçekleştirilen atölye çalışmasında tartışıldı. İntegral Hızlı Reaktör (IFR) kavramı Argonne National Laboratory'de geliştirildi ve Idaho National Laboratory'de kurulup test edildi. IFR'ler, soğutucu olarak su yerine sıvı sodyum metalini kullanarak, nötronları "hızlı" tutarlar. Ayrıca meta-

lik bir katı yakıt biçimi kullanarak yakıt işlemeyi kolaylaştırırlar. IFR'ler mevcut nükleer atığı ve silahlarda kullanılan uranyum ve plütonyum artıklarını da yakarak, süreçte elektrik enerjisi üretebilirler. Yakıtın bütün yeniden işlenmesi süreçleri de reaktör mekanizması içinde yapılır (bu yüzden "integral" adını almıştır) ve büyük kazalarda bile güvenli bir biçimde sistemi kapatma yeteneği gibi, birçok gelişmiş güvenlik mekanizması oluşturulmuş ve test edilmiştir.

Sıvı-Florür Toryum Reaktörü (LFTR), içinde nükleer reaktörün yer alacağı aracı mekanizma yerine kimyasal olarak istikrarlı florür tuzu kullanan bir yaklaşımdır. Bu yakıt biçimi işleme esneklik kazandırır ve sisteme yakıt unsuru ilave etme gereğini ortadan kaldırır. Bu özellik, toryumun katı yakıtlı reaktörlerde kullanılmasının önüne geçerek çoğu sorunu çözer. LFTR'deki sıvı yakıt da kolay işleme girer ve radyoaktif olsun olmasın, yararlı fizyon ürünlerini kolayca ayrıştırır. Yine LFTR'ler de, IFR gibi hızlı bir reaktöre göre daha az verimli olsa da, mevcut nükleer atıkları yok etme gücüne sahiptir.

Hem IFR hem de LFTR, günümüz LWR'lerin aksine, düşük basınçta ve yüksek sıcaklıklarda çalışır. Düşük basınçta çalışma LWR'lerde rastlanan kazaların çoğundan kurtarır bizi. Yüksek sıcaklık da elektrik enerjisine dönüştürülecek daha fazla reaktör ısısı demektir (IFR'de %40, LFTR'de %50 ve LWR'de %35). Hem IFR hem de LFTR hava soğutmalı da çalışabilir ve artık ısıyı sudaki tuzu ayrıştırmakta kullanabilir.

Hem IFR hem de LFTR, LWR'lere kıyasla 100 ila 300 kez daha yakıt verimlidir. Nükleer atık sorununu çözmeye ek olarak, halihazırda zaten çıkarılmış olan uranyum ve toryumu kullanarak birkaç yüzyıl çalıştırılabilirler. Böylelikle nükleer yakıt elde etmek için fosil yakıt kullanılacağı ve bunun da sera gazı etkisi olacağı yönündeki eleştiriler de havada kalmış olur.

Obama, bana göre gayet yerinde olarak, Yucca Dağı nükleer deposuna karşı kampanya yürüttü. Gerçekten de, geçen 40 yıl süresince atık sorununun çözümü için toplanan 25 milyar doları çok daha verimli bir biçimde kullanabiliriz. Bu fon, nükleer atığı tüketen hızlı reaktörler ve yeni uzun ömürlü nükleer atık yaratmayan toryum reaktörleri geliştirmekte kullanılmalıdır. Yasa gereği, federal hükümet mevcut nükleer yakıt kullanımının sorumluluğunu üstlenmelidir; dolayısıy-

la, eylemsizlik bir seçenek değildir. Artan bir tempoyla hızlı reaktörlerin ve toryum reaktörlerinin geliştirilmesi ABD'nin nükleer atıklarını elden çıkarma yükümlülüğünü yerine getirmesini sağlayacak ve yüzlerce, hatta binlerce yıl sürecek karbonsuz bir enerji kaynağının önünü açacaktır.

Genel olarak 4. kuşak nükleer enerjinin 2030'a kadar hazır olmayacağı varsayılıyor. Bu, "mutat" koşullardaki güvenli bir varsayımdır. Bununla birlikte, büyük bir öncelikle ele alındığında, daha erken bir tarihte hazır olmaması için hiçbir neden yoktur. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjilerin bütün ABD elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabileceğini düşünerek 4. kuşak nükleer enerji konusunda araştırma ve geliştirme çalışmalarına gerek olmadığını savunmak yanıltıcıdır. Çin ve Hindistan'ın enerji ihtiyacını tümüyle verimlilik ve yenilenebilir enerjilerle karşılayabileceğini kim garanti edebilir ki?

Hindistan ve Çin'in temiz havaya kavuşmak kadar tehlikeli iklim değişikliğini önlemek gibi de güçlü teşvik unsurları var. ABD, verimlilik ve yenilenebilir enerjiyle enerji ihtiyacını karşılayacak olsa bile (birçok enerji uzmanı bunun imkânsız olduğunu düşünüyor), 10.000 yılı aşan ömrü olan büyük nükleer atık yığınağıyla başa çıkmak zorundadır.

İlk 4. kuşak nükleer santrallerin geliştirilmesi, ABD ve/veya Avrupa'nın tam teknik işbirliğiyle, Çin ya da Hindistan'da (ya da önemli bir araştırma geliştirme programı olan Kuzey Kore'de) uygulamaya geçirilecek olursa, çok daha hızlı ilerleyebilecektir. Böylesi bir işbirliği, sera gazlarını azaltmak için anlaşmalar sağlamayı çok daha kolaylaştıracaktır.

Sonuç

Güvenli sera gazı seviyelerini çoktan geride bıraktık. İşler çığırından çıkmaya başlıyor: Kuzey Kutbu buzları eriyor; donmuş kutup topraklarından metan kaynıyor; dağ buzulları çözülüyor. Gelecek birkaç yıl içinde, hızlanan iklim değişikliğinin kontrol dışına çıkmasını önlemek için, farklı bir yola girmek zorundayız. Hedefler belirlemek, yarım yamalak önlemler almak, yeşile boyamak ve özel çıkar çevreleriyle uzlaşma yolları aramak için artık çok geç.

Jeofizik sınırlar gayet açık ve net: Kömür salımlarına son verilmelidir ve alışılmadık fosil yakıtlardan (petrol şisti, katran kumu vb.) salımlar yasaklanmalıdır.

Ekonomiyi canlandırırken, iklim ve enerji sorunlarına çözüm getirmek için önceliklerimiz, sırasıyla şöyle olmalıdır: (1) enerji verimliliğini artırmak, (2) yenilenebilir enerjiler geliştirmek ve kullanmak, (3) "akıllı" bir elektrik şebekesi kurmak, (4) 4. kuşak nükleer enerji geliştirmek, (5) karbon hapsetme ve yalıtma kapasitesi yaratmak.

4. kuşak nükleer enerjinin vakit geçirmeden geliştirilmesi, Çin, Hindistan gibi ülkelerin ve enerji verimliliği ile yenilenebilir enerjilerin enerji ihtiyacını tamamen karşılayamaması durumunda Batılı ülkelerin bir enerji seçeneği olması açısından gereklidir.

4. kuşak nükleer enerjinin üretilmesi Çin, Hindistan ve diğer ülkelerin işbirliğiyle hızlandırılabilir. Her türlü nükleer enerjiye karşı olan bağnaz "çevreciler"in 4. kuşak nükleer enerji araştırma ve geliştirme faaliyetlerine engel olmalarına izin verilmemelidir. Bu yüzden, enerjiyle ilgili önemli görevlere nükleer enerji karşıtı bir geçmişe sahip kişilerin getirilmemesi arzu edilir. Elbette, nükleer enerji tesislerinin kurulması bir seçenektir ve bazı ülkeler ya da bölgeler tamamıyla başka enerji kaynaklarını tercih edebilirler ama nükleer enerji karşıtlarının bu seçeneğin önünü herkes için tümden kapatmalarına izin verilmemelidir.

Kömür en kirli yakıttır. Yakılan kömür, dünyadaki bütün nükleer enerji santrallerinin saldığından 100 misli daha fazla radyoaktif materyali havaya salar ve dünyaya yayar. Yakılan kömürle salınan cıva nehirlerimizi, göllerimizi, toprağımızı olduğu kadar dünya okyanuslarını da kirletir. Kömür kaynaklı hava kirliliği her yıl yüz binlerce insanı öldürür. Eğer nükleer santraller de böyle sonuçlar doğurmuş olsaydı, hepsi çoktan kapatılırdı. Kömür çıkarılması, özellikle de dağların tepelerindeki madenlerden, ek çevre tahribatına ve insan zayiatına neden olur. Aslında bütün kömür madenlerinin kapatılmasının zamanı gelmiştir; iklim felaketlerinden kaçınmak istiyorsak bütün kömür salımlarına son verilmelidir. En iyisi, kömürü toprak altında bırakmaktır.

Ne olursa olsun, karbon hapsetme ve yalıtma konusundaki araştırma ve geliştirme faaliyetleri güçlü bir desteği hak edi-

yor. Kömür kaynaklarını işletmekte ısrar eden ülkeler için bütün enerji seçeneklerinin açık tutulması gerekir. Dahası, kömür hapsetme ve yalıtma bir başka bakımdan da çok önemli bir rol oynayabilir: Tarımsal artıklar gibi biyoyakıtlar yakan enerji santrallerinde bu teknolojiden yararlanılabilir. Atmosferik CO_2'yi güvenli bir seviyeye indirmek için, fazla CO_2'yi havadan çekip onu geldiği yere, toprağa koyan bu tür mühendislik becerileri gerekebilir.

Temiz bir atmosferi ve okyanusları olan fosil yakıt sonrası bir çağa geçiş için karbon vergisi gereklidir. Bu vergi, alışılmadık fosil yakıtlar kadar, kömürün ve uzak bölgelerdeki bir miktar petrol ve gazın da toprakta kalmasını sağlayacaktır. Eğer fonlar tümüyle halka geri dönerse, kaderlerini belirleyecek kapitalistlerin ve politikacıların ceplerine akıtılmak üzere Washington'a ve öteki başkentlere hiçbir fon kaçmazsa, halk böyle bir vergiyi kabul edecektir. Vergi ve toplanan parayı %100 geri ödeme kendi başına yeterli değildir. Birçok başka önlemin de alınması gerekir; ancak yine de bu zorunludur. Etkili olmayan yarım yamalak önlemlerle durumu atlatmanın imkânı kalmamıştır.

Halka her şeyi açık açık anlatmak temel önem taşıyor. Bugün, dünyanın her yerinde, birçok hükümet CO_2 artışını yavaşlatmaktan uzak bir tavır içinde ve yeşile boyama, inandırıcı olmayan hedefler koyma ve sözde önlemler alma yoluyla bir nevi suç işliyor. Gerekli olan şey, sadece ABD'nin değil, bütün dünyanın açık ve samimi bir biçimde sorunları masaya yatırıp tartışmasıdır. Seçilmiş Başkan'ın omuzlarında muazzam bir yük bulunuyor. Tek şansımız, görünen o ki, gerçeği... ama bütün gerçeği anlamasıdır.

Gençler, kendilerinin, çocuklarının ve doğmamış kuşakların yaptıklarımızın ve yapmadıklarımızın sonuçlarına katlanacağını fark ediyor. Onlar, haklı olarak nereden başlayacaklarını "bilemeyen" anne ve babalarını suçlamıyor ve demokratik süreçleri etkilemek için ellerinden geleni yapıyor. Ve şimdi onlar gerekli adımların atılmasını bekliyor...

❄

Ayrıntı Yayınları
Ocak 2009

Lewis Mumford
Tarih Boyunca Kent
KÖKENLERİ, GEÇİRDİĞİ DÖNÜŞÜMLER VE GELECEĞİ

"Ağır" Kitaplar-İnceleme/Çev.: Gürol Koca & Tamer Tosun/800 sayfa/ISBN 975-539-276-9

Ütopyaların merkezinde hep bir kent tasarımı bulunmasına şaşırmalı mıyız? Kentin aracılık ettiği süreçler, yerine getirdiği işlevler ve insan hayatı üzerindeki etkileri düşünüldüğünde bu hiç şaşırtıcı değil. Elbette kent sadece maddi yapılardan ibaret değildir. Fiziksel bir bütünlüğe ve somutluğa sahip en büyük toplumsal birim olmasının yanı sıra, kent geniş bir toplumsal ilişkiler ağının hem yaratıcısı hem de düğüm noktasıdır. Göçebenin kışlağından ve köyden farklı olarak, insanın "kendisi gibi olmayan" ile, "yabancı" ile karşı karşıya geldiği, ilişki kurduğu ve birlikte yaşadığı yerdir. Rousseau'nun deyişiyle, "köyü, kasabayı evler oluşturur, kenti ise yurttaşlar."

Öyleyse, Platon'dan Thomas More'a, Fourier'den bugüne, daha iyi bir dünya düşlemeye girişenlerin, hayallerini somutlaştırıp ayrıntılandırırken bir kent çizmeye başlamalarına şaşırmamalı. Belki de, asıl kent üzerine kuramsal araştırmaların göreceli olarak azlığına şaşmak gerekiyor.

Kent planlamasından, kültür ve sanat tarihine, teknolojiden, toplumsal eleştiriye uzanan geniş bir alanda çalışmış olan Amerikalı düşünür Lewis Mumford'ın başyapıtı, *Tarih Boyunca Kent*, işte bu ihtiyacı karşılama doğrultusunda atılmış ilk ve dev bir adım.

Bu kitapta Mumford hem kentlerin evriminin tarihini hem de odak noktasında kent olan bir uygarlık tarihi yazıyor. Kentin yaratıcı ve yıkıcı imkânlarının izini tarih öncesine kadar sürerek okuru Mezopotamya ve Mısır'dan yola çıkarıp, Yunan, Roma ve ortaçağdan, Avrupa monarşilerinin başkentlerinden ve sanayi kentlerinden geçirerek, günümüz dünyasındaki yol ayrımının başına getiriyor.

İnsanın "başkası" ile bir arada bir düzen kurması ve bir hukuk oluşturması, işbirliği ve iş bölümü sayesinde müthiş bir yaratıcı enerjiyi açığa çıkarması bu tarihin bir yüzü ise; iktidar, savaş, hiyerarşi ve aşırı mesleki uzmanlaşma aynı tarihin diğer, karanlık yüzünü oluşturuyor. Tapınağı, kalesi ve surlarıyla neolitik kent de, merkezi izdiham yüzünden tıkanmış, dört bir tarafa banliyöleriyle yayılan ve bugünün şekilsiz kenti de bu iki yüze sahip. Ancak yaratıcı ve yıkıcı güçlerini kat kat artırmış bugünün kenti, organik bir sınır tanımayan yayılmasıyla, hem toplumsal bir çözülmenin eşiğinde hem de bütün bir gezegenin ekolojik sistemini altüst etme riskini taşıyor.

Tarih Boyunca Kent, imkânların ve risklerin devasa boyutlar kazandığı bu yol ayrımında insanları düşünmeye, tartışmaya ve tavır almaya çağıran bir kitap.

Tarih Boyunca Kent yalnızca kent tarihi değil; aynı zamanda üst düzey bir ahlâk felsefesi ve bir tür tragedya.

The New York Times Book Review

Bir nesil boyunca Lewis Mumford, daha önce hiç yapılmamış bir kültür eleştirisi toplamı üretti. Mumford'ın bakış açısı geniş, ama derindi; yazar teknolojinin, sanatın ve ulusal politikanın dinamikleri kadar kökenlerini de inceledi, ancak genel fikirlere hep sadık kaldı; dikkatini Amerika'ya yoğunlaştırdı, ama eserlerinin her bir sayfası bir dünya vatandaşının sağduyulu ve tutkulu kaygılarını dillendiriyordu.

Waldo Frank, *Saturday Review*

Johan Huizinga
Homo Ludens
OYUNUN TOPLUMSAL İŞLEVİ ÜZERİNE BİR DENEME

İnceleme/Çev.: Mehmet Ali Kılıçbay/272 sayfa/ISBN 975-539-099-5

Biz insanların *Homo Sapiens* nitelemesini hak edecek kadar akıllı olmadığımız anlaşıldı... Birçok hayvanın da alet yapabildiği, dolayısıyla insana *Homo Faber* demenin de anlamsız olduğu görüldü... Peki biz kimiz? İnsana özgü üçüncü bir özellik olarak *Homo Ludens*'i, *oyun oynayan insanı* bu nitelemeler arasına katamaz mıyız?

Johan Huizinga, Homo Ludens adlı bu temel eserinde yeryüzünde insana ait her şeyin başlangıcının oyun olduğunu gösteriyor. Önce oyun vardı!

Oyun kurgusal olduğu bilinen ve gündelik hayatın dışında yer alan, bununla birlikte oyuncuyu da tamamen içine çeken, gönüllü, özgür bir eylemdir. Sınırları özellikle belirlenmiş zaman ve mekân içinde gerçekleşen, her türlü maddi çıkardan ve yarardan uzak bu eylem, verili kurallara göre, belli bir düzen içinde yerine getirilir. Oyuncu ve kimi zaman da seyirci kendinden geçer, coşar... Bu şekilde tanımlanan oyun, tarih boyunca, hayatın her alanında kültürün temel öğesi olarak varlığını sürdürmüştür.

Huizinga, kolektif hayatın bütün önemli biçimlerinin –ibadet, şiir, müzik, dans, bilgelik, bilim, hukuk, mücadele ve savaş– ortaya çıkışında oyunun son derece etkin bir rol oynadığını, Doğu ve Batı dünyasına ilişkin zengin tarihsel bilgi ve belgelere dayanarak gösteriyor.

Fakat modern çağlarla birlikte oyun, hayatı zenginleştiren bir unsur olmaktan çıkıp bugünkü dar anlamına kapanınca, katlanılması daha güç, renksiz ve tekdüze hayatlar yaşamaya başladığımızı da Hu-izinga'dan öğreniyoruz: Ekonomik güç ve çıkarların dünyanın gidişatını belirleyeceğine utanç verici biçimde inanıyoruz; ibadet eder gibi çalışıyor ve üretiyoruz; yavan ve kuru yarar duygusu, burjuva rahatlığı ideali zihniyetlerimizi etkiliyor. Oyuna toplumlarımızda artık yer yok; hayatın bütünlüğünden dışlanıp, sanayiye malzeme olsun diye bir köşeye atıldı...

Yeniden *oyun oynayan insan* olmayı isteyenler için...

"Pek çok insanın yaşamında dönüm noktası olan kitapların bulunduğunu, kendi özyaşam çizgimde de iki kitabın önemli yeri olduğunu belirtmek isterim. Bunlardan birincisi, bu kitabın esinlendiği Hollandalı tarihçi J. Huizinga'nın *Homo Ludens*'idir. (...) 1950'lerde bu kitabı okuduktan sonra bütün bir yaşam boyu ne yapacağımın da kararını vermiştim."

Metin And, *Oyun ve Bügü*

Peter Singer
Hayvan Özgürleşmesi

İnceleme/Hayrullah Doğan/363 sayfa/ISBN 975-539-451-6

XIX. yüzyıldan bu yana tekrarlanan çok sayıda deneyde sayısız hayvanın ısıya tabi tutulduğunu ve bu deneyler sonucunda hayvanların sıcaktan fenalaşıp öldüğü dışında bir bilgiye ulaşılamadığını biliyor muydunuz? Dünyada her yıl milyonlarca hayvan, hiçbir somut fayda beklentisi olmadan, buna benzer deneylerde ısıtılıyor, donduruluyor, zehirleniyor, aç bırakılıyor, parçalanıyor, depresyona sokuluyor, ruh hastası yapılıyor. Her yıl yaklaşık 50 milyar hayvan, eti için öldürülüyor. Bunların büyük bir kısmı "sınai hayvancılık" teknikleriyle yetiştiriliyor, hayatlarının her saniyesinde acı çekip bazen hiç güneş ışığı görmeden ya da toprağa ayak basmadan öldürülüyorlar. Dünyanın her yerinde milyonlarca vejetaryen bunun bir zorunluluk olduğu iddiasını giderek daha az ikna edici hale getiriyor. "Spor" amaçlı avcılıkta, kürk sanayinde, eğlence sektöründe ise hayvanlara acı çektirmek için herhangi bir gerekçe göstermeye bile gerek duyulmuyor. Sürekli ahlâk, adalet ve eşitlik gibi kavramlardan söz ediyor, ama sıra hayvanlara gelince birdenbire apayrı bir ahlâk anlayışına geçiyoruz. Bu anlayışın özeti şu: Güçlü olan haklıdır ve kendisini savunacak gücü olma-yan bir varlığa canımızın istediği gibi davranabiliriz.

1970'lerde bu anlayış ilk kez güçlü bir protestoyla karşılaşmaya başladı. İlk baskısı 1975'te yayımlanan *Hayvan Özgürleşmesi* bu sürecin en önemli kilometre taşlarından biriydi. Singer bu kitapta hem hayvanların ahlâksal statülerine ilişkin bir kuram geliştiriyor, hem onlara yaklaşımımızın gerisindeki ideolojiyi irdeliyor, hem de hayvan deneyleri ve hayvancılık sanayilerini inceleyerek bu ideolojinin uygulamada yol açtığı zulmü ortaya koyuyor. Yayımlandığı günden bu yana çok büyük bir ilgi gören, dünyanın her yerinde çok sayıda hayvan hakları derneğinin kurulmasını sağlayan, milyonlarca insanın vejetaryenliği seçmesine yol açan, birçok kişi tarafından "modern hayvan hakları hareketinin kutsal kitabı" olarak nitelendirilen Hayvan Özgürleşmesi bugün hâlâ bütün dünyada bu konudaki tartışmaların merkezinde yer alıyor. Artık bütün dünyada felsefecilerin ve hukukçuların başlıca tartışma konularından biri haline gelen hayvan hakları, hayvanların günlük hayatımızın her alanında ne kadar yoğun biçimde kullanıldığı düşünüldüğünde, aslında bugün dünya üzerinde yaşayan hiç kimsenin göz ardı edemeyeceği bir meseledir. Bu alandaki en temel kitabı yayımlayarak Türkiye'de de bu konunun ciddi biçimde tartışmaya açılmasına önemli bir katkıda bulunacağımızı umuyoruz.



"Güvenli sera gazı seviyelerini çoktan geride bıraktık. İşler çığırından çıkmaya başlıyor: Kuzey Kutbu buzları eriyor; donmuş kutup topraklarından metan kaynıyor; dağ buzulları çözülüyor. Gelecek birkaç yıl içinde, hızlanan iklim değişikliğinin kontrol dışına çıkmasını önlemek için, farklı bir yola girmek zorundayız."

Küresel ısınma hakkında bildiklerimiz, genel olarak, havalara bakıp, "Yaz çok sıcak geçti, kış ise ılık. İşte küresel ısınma!" düzeyinde kalıyor. Bilimsel verilere ise, maalesef bize ulaştırıldığı kadarıyla sahibiz. Bu konudaki çalışmaların çoğu ya büyük petrol ve otomobil şirketlerinin güdümünde yürütülüyor ya da sonradan manipüle edilip öyle yayımlanıyor; dolayısıyla, bu alanda çalışmak bilgi kadar cesaret de istiyor. İşte James Hansen bu az sayıdaki cesur insanlardan biri.

Bundan yaklaşık 20 yıl önce, 23 Haziran 1988'de, NASA'nın iklimbilimcisi James Hansen, bir Senato komisyonunda, yeryüzü atmosferinde sera gazı etkisi tespit ettiğini, bunun da dünyanın iklimini değiştirdiğini, yani insanların dünyayı ısıttığını söyler. Aynı James Hansen, bu tarihten tam yirmi yıl sonra, yine Senato komisyonunun karşına geçer ve kendi ifadesiyle, "küresel ısınma bombasını" etkisiz hale getirmek için artık çok geç olduğunu ilan eder.

Dünya Sorunları Dizisi'nin bu ilk kitabında, yukarıdaki son tanıklığın yanı sıra, bugüne kadar yapılan bilimsel çalışmaları da bulabileceksiniz. Ayrıca, yalnızca küresel ısınmanın dehşet verici hikâyesini değil, bir bilim insanının, vicdanının sesini dinleyerek bütün güç odaklarını karşına alma pahasına nasıl gerçeğin peşini bırakmadığını da okuyacaksınız. Dolayısıyla, bu kitap sadece dünyaya ne yaptığımızı değil, kendimize ne yaptığımızı, gelecek kuşakların kaderiyle nasıl oynadığımızı da anlatıyor; üstelik son derece açık ve anlaşılır bir dille.

Kitapta ayrıca James Hansen'in Amerika'nın yeni başkanı Obama'ya yazdığı açık mektup da yer alıyor ve bu mektupta, "acil önlem planı" altı çizilerek bir kere daha dile getiriliyor.

Küresel ısınma hakkındaki bütün gerçekleri öğrendikten ve Obama'ya yazılan açık mektubu okuduktan sonra, umuyoruz ki, dünyamız ve özellikle gelecek kuşaklar adına, bizler de alınacak önlemleri artık merakla bekleye bizzat talep edecek ve sessiz kalmayacağız.

AYRINTI-DÜNYA SORUNLARI
ISBN 975-539-522-7
9 789755 395227