

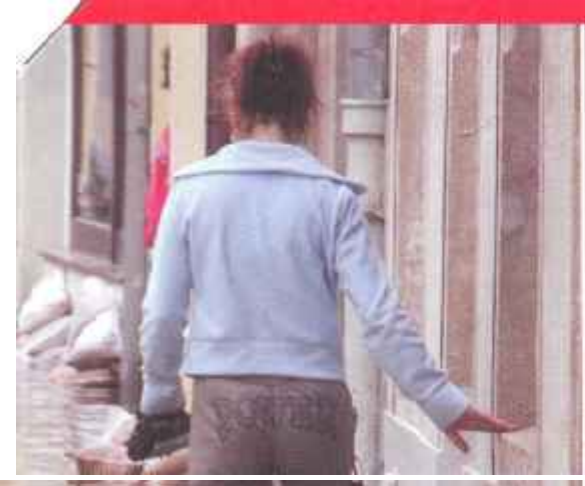
Kıyamet hesabı

Süper bilgisayarlar iklim değişikliklerini eskiye kıyasla daha kesin tahmin edebiliyor. Ne var ki ortaya koydukları tablo dehşet verici.

şubat ortasında şehir sıcaklığı 16,7 derece ve ağaçlar çi- çeklenmiş. Kayak sezonu ağır bir darbe almış. 2006 / 2007 kışı, hava sıcaklıklarının kaydedilmeye başlanmasından bu yana geçen en sıcak kıştı. Avrupa'da kışın ilk geçmesi elbette iklimsel bir değişikliğin göstergesi değil. Zira iklim dediğimiz şey, dünya atmosferinin birkaç on yıl içinde istatistiklerle belirlenen koşullarına verilen ad. Bu süre genelde 30 yıl. İklim değişikliğini kaydedip gelecekteki gelişmeleri kestirmek için araştırmacıların tek bir şeye ihtiyacı var: Veri, veri ve daha fazla veri ve Hamburg'taki DKRZ (Deutsche Klimarechenzentrum - Alman İklim Hesaplama Merkezi) Google'dan daha fazla veriye sahip. DKRZ'nin süper bilgisayarının sabit diskinde doğrudan erişilebilen 130 Terabyte veri var. Kurumda jeofizikçi olarak çalışan Michael Böttinger, "Burada yaptığımız şey için bu veri hâlâ çok az," diyor. Disk-

ler, toplanan verinin sadece iki buçuk haftalık kısmını depo- layabiliyor. Buna rağmen, DKRZ çalışanları UNO IPCC (Hükümetler arası iklim değişikliği paneli) tarafından hazırlanan Küresel İklim Raporu'na katkıda bulunmak için tam bir yıllık hesaplama yapmış. Verileri saklama gücünden ötürü, haricî manyetik bantlar kullanmak zorunda kalınmış ve bu bantlar daire tabanlı altı kulede saklanmış. Bu siloların her biri 6.000 kaset alıyor. Bantlar 2 ila 500 GB veri içeriyor; yani kuramsal olarak burada 18 Petabyte (Bir petabyte, bir milyon gigabyte ediyor) veri depolamak mümkün. Eğer herhangi bir teypteki veriye ihtiyaç duyulursa, robot kollar istenen kaseti süper bilgisayarın 45 sürücüsünden birine, bir saniyeden kısa zamanda takabiliyor.

Küresel İklim Konseyi'nde DKRZ'nin oynadığı hayati rolü sağlayan da bu muazzam kapasite. 130 ülkeden gelen 450 uz-



SELLER

İklim değışikliklerinin sonucunda nehirler daha sık taşıyor. 2006 baharında MeiBen'deki gibi rekor su seviyesi artık istisna olmaktan çıkacak.

Ya ilerde?

Yüzyılın sonunda küresel ısınma artışının 2,5 ya da 4 derece olması, insanların atmosfere ne kadar sera gazı salacağına bağlı. Bu yüzden de bilim adamları farklı senaryolar geliştiriyor.

■ Gözlemlenen iklim

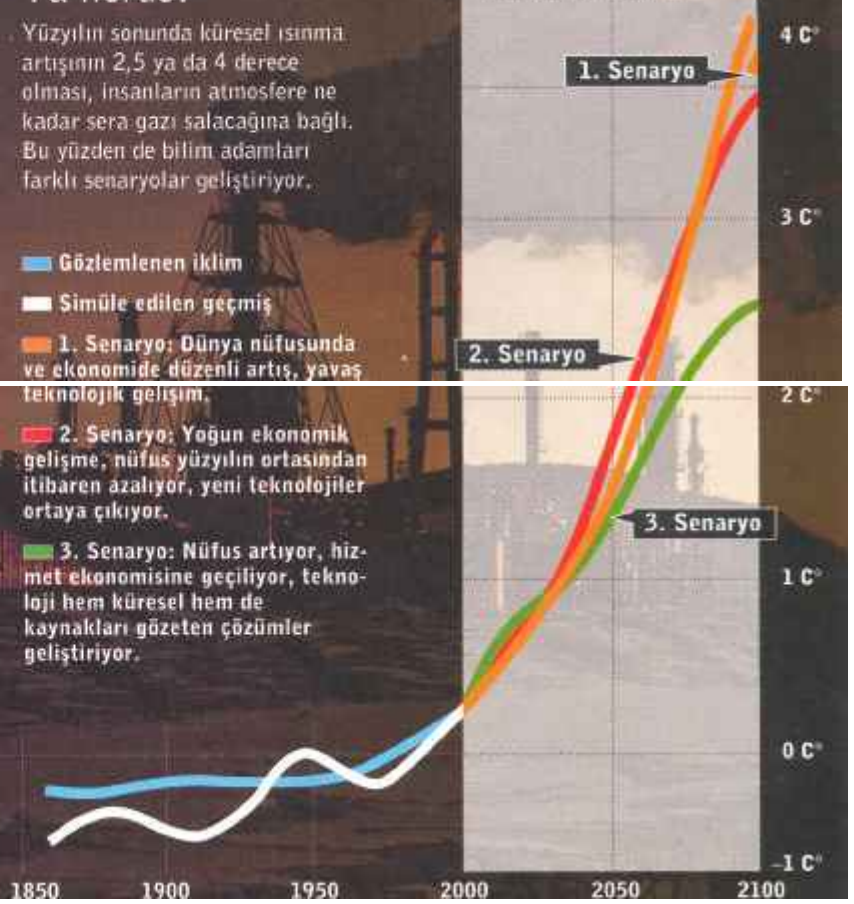
■ Simüle edilen geçmiş

■ 1. Senaryo: Dünya nüfusunda ve ekonomide düzenli artış, yavaş teknolojik gelişim.

■ 2. Senaryo: Yoğun ekonomik gelişme; nüfus yüzyılın ortasından itibaren azalıyor, yeni teknolojiler ortaya çıkıyor.

■ 3. Senaryo: Nüfus artıyor, hizmet ekonomisine geçiliyor, teknoloji hem küresel hem de kaynakları gözetim çözümler geliştiriyor.

Günümüzle C° cinsinden sıcaklık kıyaslaması



man, IPCC'nin iklimsel değışikliklerin kapsamını ve etkisini tahmin etmeye yönelik en son raporunun yazarları. Tüm sonuçlar Hamburg'da birleştiriliyor.

DKRZ bir başka bakımdan daha dünya çapında bir rol oynuyor: Tümöyle iklim araştırmasına adanmış tek süper bilgisayarı sahibi bu kuruluş. Dünyanın en hızlı bilgisayarlarından biri olan, Japon yapımı Earth Simulator bile başka işlerle de uğraşılıyor. Komşu sayılan Hamburg Max Plank meteoroloji enstitüsünün iklim modelleri burada test edilmiş ve enstitü DKRZ'nin olanaklarından yararlanmış.



"Başımıza geldiğinde tam olarak öğreneceğiz. Ama o kadar beklemeyi göze alamayız."

Micheal Böttinger, DKRZ

Almanların IPCC raporuna katkısı, farklı senaryoları inceleyen bir dizi model hesabından oluşuyor. 5.000 simülasyon yılı boyunca, Hamburg'daki araştırmacılar süper bilgisayarda 400.000 işlemci saati harcamışlar. Senaryolar 21. yüzyılın sonuna kadar iklimsel gelişmeleri hesaplıyor ve her şeyden önce, karbondioksit yayılımına dair farklı varsayımları hesaba katıyor.

Michael Böttinger, iklim modellerinin doğasını basit bir

dille şöyle betimliyor:

"180 kilometrelik bir kutunun içine toprak koyup, formüller yardımıyla bu kutunun içinde gazların ve sıvıların davranışını inceliyoruz." Formüller kütlenin ve ivmenin korunumu gibi fizik kanunlarına uyuyor ve bunun yanı sıra toprak, okyanus ve atmosfer modellerinin eşleştirilmesine izin veriyor. Örneğin, yüzeydeki rüzgâr okyanus akıntularına yol açıyor ve buharlaşma ile yoğunlaşma ısının emilmesi ya da dışarı salınması anlamına geliyor.

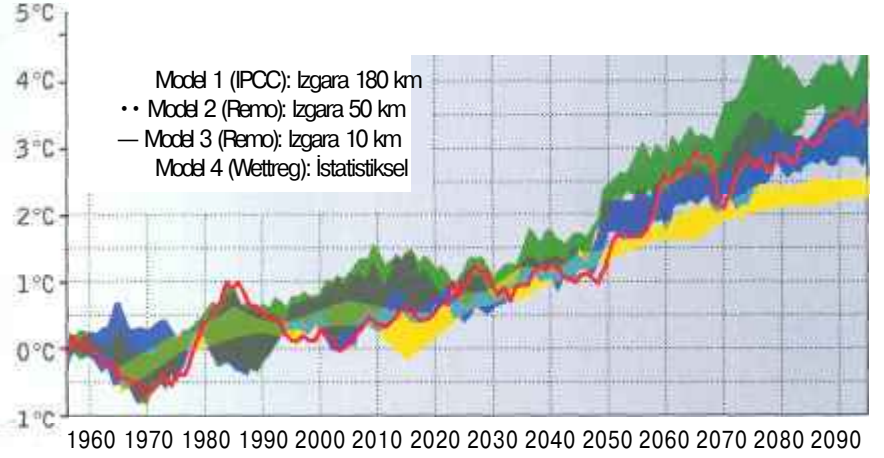
Geleceği tahmin etmek ne kadar mümkün?

Karmaşık denklemlerle kesin sonuçlar bulunduğu çok nadir. O yüzden gerçeğe yakın tahmin yöntemine başvuruluyor. Kodu 100.000'den fazla satırdan oluşan programlar, tercihen Fortran'la işleniyor. Süper bilgisayar en hızlı bu eski programlama dilini çalıştırabiliyor.

Gelecek senaryolarına bakmadan önce, bir modelin ilk olarak geçmişini doğru hesaplayabilmesi gerekiyor. Bunun için, Hamburg'daki iklim araştırmacıları endüstri öncesi karbondioksit birikimini ve son beş yüz yılda açığa çıkan diğer sera gazlarını hesaplayıp 20. ve 21. yüzyıllardaki iklim simülasyonlarında kullanılacak başlangıç değerlerini elde etmişler. "Eğer böyle bir modelin sonuçlarında El Nino gibi bir doğal felaket gözüküyorsa, hiçbir işe yaramıyor demektir," diyor Böttinger.

Farklı istatistikler sonucu değiştirmiyor: Havalar giderek ısınıyor

DKRZ'nin süper bilgisayarını (solda) küresel IPCC senaryoları için modelleri ve sık ızgaralı yöresel Remo simülasyonlarını hesapladı. İstatistiksel Wettreg modeliye PC üzerinde geliştirildi. Ancak hepsi de aynı gerçeği işaret ediyor: Gelecek, bugüne kıyasla çok daha sıcak olacak.



Dünya çapında geliştirilen modeller genellikle bunu başarıyor ve beklenen küresel ısınmayı doğrulayan rakamlar ortaya koyuyor.

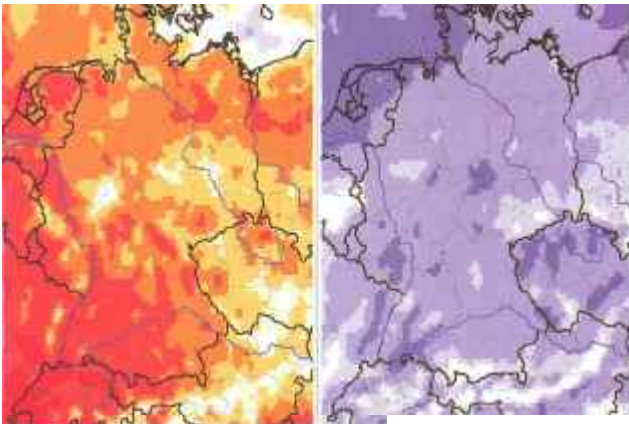
Bununla beraber, hiç şüphesiz her modelin bir belirsizlik payı var. Bunların başta geleni insan davranışı, diğeriye sera gazlarının oluşumu. Şu an salman karbondioksitin hacmi, doğal yollardan üretilebilenden daha fazla ve yoğunluğu artıyor. "Eğer tahmin ettiğimiz değişimi gözlemleyebilirsek bunu

tam olarak anlayabiliriz," diyerek fikrini belirtiyor Böttinger. "Ama bunun olmasını beklemek de aptallık olur," diye hemen ekliyor.

Modellerin kendileri bile bir derece belirsizlik içeriyor. Mevcut bilgisayarları kullanarak iklim hesaplamaları yapmak için, modellerin her şeye rağmen basit olması gerekiyor; çünkü süper bilgisayarların hesaplama kapasitelerinin de bir sınırı var. Hamburg'daki süper bilgisayar, 192 vektör işlemci ve 1,5 Terabyte bellek içeren 24 adet NEC SX 6 bilgisayar düğümü sayesinde maksimum 1,5 Teraflops işlem gücüne ulaşarak ki, bu bile artık yetersiz. Zira gelecekte hesaplamalara daha çok parametre eklemesi gerekecek. Örneğin, alan yüzölçümündeki değişiklik. Bunun için kaybolan büyük ormanlık alanları hesaba katmak gerekiyor. Sülfat veya karbon gibi havadaki aerosoller ya da anaförlenen çöl kumları da modellere eklenebilir. Aynıısı, karbon dolaşımı için aynı derecede önemli olan, denizlerdeki algler için de geçerli. "Şu anda teknik imkânsızlıklardan ötürü göz önünde bulunduramadığımız etkileri sonuçlara yansıtmanın güç," diye durumu açıklıyor Böttinger.

Hava her geçen gün daha uçlara kayıyor

Küresel ısınma, buharlaşma oranını artırarak dünyada ortalama yağış miktarını yükseltiyor. Ancak yöre bazında bakıldığında, manzara değişebilir. Örneğin, Almanya'da kışları yağmurlar artarken, yazlar giderek kuraklaşıyor. Dahası, Remo'nun 10 km çaplı modeli, Almanya'nın kendi içinde de ciddi farklılıklara işaret ediyor.



+50 +30 +20 +10 +

Yağmur yüzdesinde değişme
-5 -10 -20 -30 -50

Yaz: Özellikle güney ve batı Almanya'da yazlar daha kurak geçecek.

Kış: Isınmanın sonucunda Almanya'ya düşen yağış artıyor, sahil kesiminde.

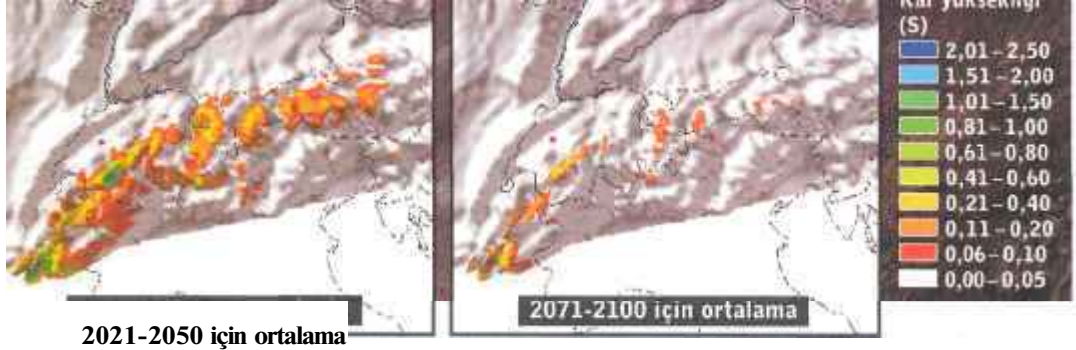
Etkiler küresel değil yerel

Bir diğer sorun da ızgaraların kabalığı. Küresel modellerdeki gelişim, ekvator üzerinde 200'e 200 kilometre, Avrupa üzerindeyse 180 kilometrelik ızgaralarla hesaplanıyor. İklim, 31 farklı seviyede simülasyona tabi tutuluyor. Bu düzeyler arasındaki fark, birkaç yüz metreden başlayıp yukarı gidiyor. IPCC'nin Alman koordinasyon komitesinden Paula Midgley de ızgarayı oluşturan noktaların birbirinden fazlasıyla uzak olduğunun farkında. "İklim değişikliğinin etkileri küresel değil, yöresel ya da yerel," diyor. Almanya için yöresel modeller hesaplanmış, böylece Harz ve Erz dağları önemlerini yitirmiyor ve Alpler de iklimsel olaylarda kendilerine düşen rolü oynuyor.



Önceden kestirmesi zor: Karlar erirse ne olacak?

Alplerdeki kar örtüsü bu yüzyıl içinde ciddi oranda küçülüyor. Buzulların gerilemesi ve doruklarda kar kalmaması, öngörülenden daha güçlü bir yöresel ısınmaya yol açabilir.



2021-2050 için ortalama

2071-2100 için ortalama

Federal Çevre Ajansı bunun için iki çalışma başlatmış. Hamburg'daki Max Planck Enstitüsü'nde Remo ve Potsdam'daki İklim - Çevre Danışmanlığından (CEC) Wettreg. IPCC senaryolarından hareketle Max Planck Enstitüsü Avrupa'yı 50 kilometrelik dörtgenlere, Almanya'yı ise 10 kilometrelik kutulara bölüp yeniden hesaplamış. Almanya'nın çeşitli yörelerinde ne kadar farklı sonuçlar çıktığına bilim adamları bile inanmamış. Bu farklılıklar küresel modelde kaybolup gidiyor.

"Formülleri nasıl optimize edeceğimizi bilirsek simülasyonlar PC'de yapılabilir."

I Dr. Frank Kreienkamp, CEC

Yöresel iklim çalışmalarının ikincisi olan Wettreg de şaşırtıcı. Ama sonuçlardan çok, iklim hesaplamalarında PC'leri kullandığı için. CEC'nin müdürü olan Dr. Frank Kreienkamp "İklim araştırmacılarının Aidi kullanan kesimini oluşturuyoruz," diyor. Fakat yaklaşımları farklı: Hamburg'da iklim değişimini fizik formülleriyle hesaplayan bir dinamik model kullanılırken, Potsdam'daki bilim adamları istatistiksel yöntemlere başvuruyor.

Bunun altındaki ilke nispeten basit: Kreienkamp şöyle açıklıyor: "Eğer Almanya'nın üzerindeki yüksek ve alçak basınç alanları belirli konumlardaysa, bunlar genel hava durumlarına işaret eder ve bunun da iklim üzerinde belli bazı etkileri vardır. Dahası, istatistiksel modeller büyük hesaplar gerektirmiyor." Süper bilgisayar kullanarak uzun süre hesap yapmaktansa, bu sistemde, mevcut hava durumu verileri arasından işe yarayanlar seçilebiliyor.

Hava sıcaklığı, güneş, rüzgâr ölçümü ve daha birçok değe-

rin ölçümünü yapan 1.695 Alman yağmur istasyonu ve 282 iklim istasyonu, istatistikler için gereken verileri sağlıyor. Bu veriler, küresel iklim simülasyonunun sonuçlarıyla bağlantılı.

Sıcak geçen ya? simülasyonları zorluyor

"Formülleri nasıl optimize edeceğimizi bilirsek, PC hesapları bir haftada yapabilir," diyor Kreienkamp. Hesaplar sadece bu yüzyılın son otuz yılında sınıra erişti; bu da sadece yaz aylarında. "Görünen o ki bu kadar yüksek sıcaklıklara alışık olmadığımızdan ısınmayı küçümsüyoruz," diyor bilim adamı. İstatistiksel ve dinamik simülasyonlar arasındaki uçurum 2070 yılından itibaren açılıyor. Bu tarihten sonra dinamik modeller daha iyi sonuçlar sunabilir.

Tüm bunlar hesaba katıldığında PC çözümü kazanıyor. Bu sonucu girdi olarak küresel senaryoları kullanmadan elde etmek mümkün değil. Küresel senaryolar ne kadar iyiye, yerel modelleri de o kadar teşvik edecek. Önümüzdeki beş yıl içinde hazırlanıp sunulacak olan iklim raporunun temelinde, çok daha yüksek bir hesap gücü bulunacak. Almanya'nın yeni iklim bilgisayarı için ihaleye çıkıldı bile. Bununla birlikte, iklim koruması için istenen işlem gücü ne kadar artarsa, enerji ihtiyacı da o kadar artıyor. Bu yüzden, gelecekte bilgisayar merkezleri de küresel ısınmada rol oynayabilir. Günümüzde, 14 büyük güç santrali, sırf bilgisayar merkezlerinin kullanması için elektrik üretiyor. ABD'de bu büyük kapasiteli bilgisayarlar tüm TV'lerin toplamı kadar elektrik harcıyor. •

MF/ Barış Emre Alkim, balkim@chip.com.tr

BAĞLANTILAR

www.ipcc.ch: UNO'nun iklim önerileri

www.bmbf.de/en/index.php: IPCC raporunun özeti

www.umweltbundesamt.de/index-e.htm: Wettreg

www.mpimet.mpg.de/en/home.html: 21. yüzyıl için iklim tahminleri