

## 4

---

### *Allt högre temperaturer och havsnivåer*

År 2004 rapporterade Sir David King, den brittiska regeringens främsta vetenskapliga rådgivare, en del avslöjande nya forskningsrön som bekräftade sambandet mellan koldioxidnivåerna och temperaturerna under de senaste 740 000 åren. En borrhärd från isen i Antarktis, borrad ner till ett djup av 3 kilometer, analyserades av brittiska vetenskapsmän, vilket visade att koldioxid-koncentrationen i atmosfären pendlade mellan 200 ppm (ppm=parts per million= miljondelar) under istiderna och 270 ppm under de varmare intervallerna. Denna växling mellan istider och värmeperioder uppträdde många gånger och alltid inom detta spann för koldioxiden. (1)

När den industriella revolutionen började var den atmosfäriska koldioxidnivån ungefär 270 ppm. De 377 ppm som uppmätts för år 2004 är inte bara mycket högre än någon nivå under de senaste 740 000 åren, den närmar sig en nivå som inte förekommit de senaste 55 miljoner åren. På den tiden var jorden en tropisk planet. Det fanns ingen is vid polerna och havsnivåerna var 80 meter högre än de är idag. (2)

De destruktiva följderna av högre temperaturer blir tydliga på många fronter. Värmeböljor som bränner upp skördarna har de senaste åren sänkt spannmåls-skördarna i de viktigaste matproducerande regionerna. År 2002 minskade rekordhög temperaturer och påföljande torra spannmålsskördarna i Indien, USA och Kanada, vilket sänkte världens sammanlagda skörd med 90 miljoner ton, så att den hamnade 5 procent under konsumtionsnivån. Den europeiska värmeböljan, som satte nya rekord år 2003, bidrog till ett underskott i världens

spannmålsskörd på 90 miljoner ton. Intensiv värme och torra i USAs majsbälte år 2005 bidrog till ett globalt skördeunderskott på 34 miljoner ton. (3)

Sådana intensiva värmeböljor kostar också omedelbart människoliv. År 1995 dog 700 invånare i Chicago i en värmebölja. I maj 2002 blev det 50 grader varmt i en värmebölja i Indien och då dog över 1000 människor bara i delstaten Andhra Pradesh. (4)

År 2003 dog sammanlagt 49 000 människor i åtta länder i den intensiva värmebölja som sprängde värmerekorden på alla håll i Europa. Bara i Italien förlorade man 18 000 liv, medan 14 800 dog i Frankrike. Mera än 15 gånger så många människor dog i Europa i denna värmebölja, som under terroristattackerna på *World Trade Center* och Pentagon den 11 september 2001. (5)

Bland de olika yttringarna av förhöjda temperaturer uppmärksammar forskare i synnerhet ismältningen och den effekt det har på havsytans nivå. När havsytan stiger, blir det de låglänta länderna på öar, t.ex. Tuvalu och Maldiverna, och de kustnära städerna – London, New York och Shanghai – som först kommer att märka konsekvenserna. (6)

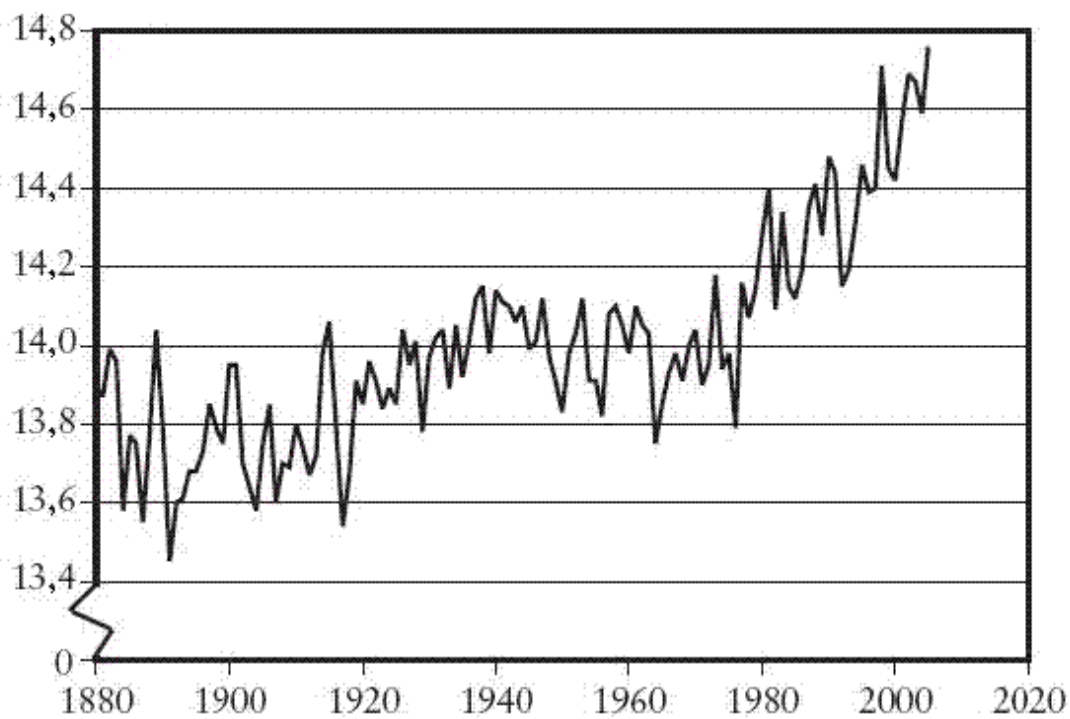
Försäkringsbranschen är smärtsamt medveten om förhållandet mellan högre temperaturer och stormars häftighet. I takt med att ersättningskraven för skador har skjutit i höjden, har de senaste åren medfört en nedgång i vinsterna och en stark oro för sänkta kreditvärdighetstal för både försäkringsbolagen och de återförsäkringsbolag som försäkrar dem. Företagen har använt historiska data som grund för sina beräkningar av försäkringspremier mot framtida stormskador och inser nu att det som varit, inte längre är en pålitlig vägledning inför framtiden. (7)

Detta är ett problem inte bara för försäkringsbranschen utan för oss alla. Vi förändrar jordens klimat och sätter igång processer som vi inte alltid förstår, med följder som vi inte kan förutsäga.

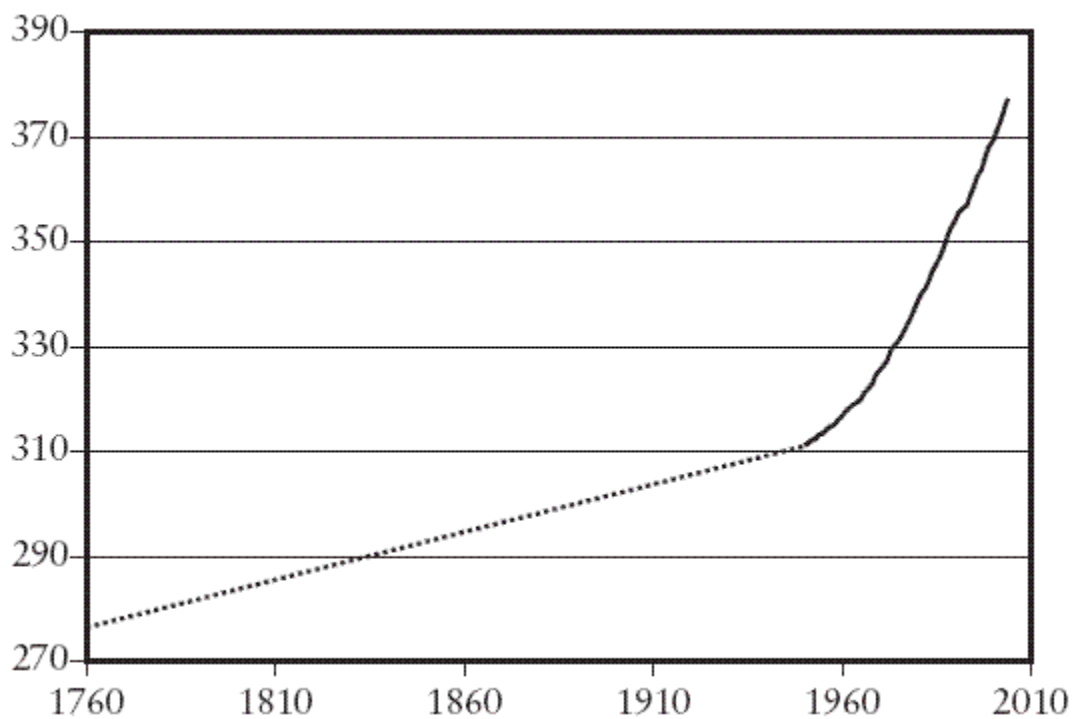
## **Stigande temperatur – med allvarliga konsekvenser**

Forskare vid NASAs (*National Aeronautics and Space Administration*) *Goddard Institute for Space Studies* samlar data från ett globalt nätverk av ungefär 800 klimatövervakande stationer för att mäta förändringar i jordens medeltemperatur. Deras register omfattar de senaste 125 åren, från och med 1880. (8)

Sedan år 1970 har jordens medeltemperatur stigit med 0,8 grader. Under denna tidsperiod har temperaturökningarna under varje årtionde varit större än under det föregående. (Se figur 4-1.) Meteorologerna kan konstatera att de 22 varmaste åren i detta register har infallit efter 1980. Och de sex varmaste åren sedan insamlandet av dessa uppgifter började år 1880, har infallit under de senaste åtta åren. Tre av dessa sex – åren 2002, 2003 och 2005 – var år då viktiga matproducerande regioner drabbades av att skördarna slog fel p.g.a. den rekordhöga värmen. (9)



Figur 4-1. *Genomsnittlig global temperatur, 1885 - 2005.(Grader Celsius)*



Figur 4-2. *Globala koldioxidkoncentrationer i atmosfären 1760 - 2004. (PPM)*

Mängden koldioxid i atmosfären har ökat väsentligt sedan den industriella revolutionen, och det mesta av ökningen har skett efter att man började denna registrering år 1959. Sedan dess har koldioxidhalten ökat varje år, och därmed gjort den till ett av världens mest förutsägbara skeenden. Så som framgår av figur 4-2 vände koldioxidnivåerna skarpt uppåt kring 1960. Ungefär tio år senare, kring år 1970, började också temperaturerna att stiga. (10)

Mot bakgrunden av dessa rekordhöjningar ser prognoserna från IPCC (*The International Panel on Climate Change*) bara alltför sannolika ut, då de förutsäger att jordens medeltemperatur kommer att stiga med mellan 1,4 och 5,8 grader Celsius under detta århundrade.

Senaste uppgifterna om temperaturökning i en del nordliga områden – som Alaska, västra Kanada och Sibirien – tillsammans med den accelererande avsmältningen av Grönlands istäcke, avsmältningen av glaciärer på höga berg över hela världen och sannolikheten att år 2005 (när denna bok kom till) också blir ett nytt rekordvarmt år – allt tyder på att den globala uppvärmningen kommer att nå den övre marginalen av det spann som IPCC förutsäger. En sådan höjning – på 5,8 grader före år 2100, en höjning jämförbar med den från den senaste istiden, fram till idag – kommer att åstadkomma en värld som är mycket, mycket olik den vi känner till. (11)

IPCCs prognos om temperaturhöjningen är egentligen ett globalt medeltal. I verkligheten kommer höjningen att bli mycket ojämnt fördelad. Det kommer att bli mycket varmare på land än på haven, och närmare polerna än vid ekvatorn, samt i kontinenternas inland än vid kustområdena. (12)

Högre temperaturer minskar skördarna, smälter bergstrakternas snö- och isreservoarer (som är många floders källor på vår jord), förorsakar mera destruktiva stormar, ökar områdena som drabbas av torka, samt orsakar bränder som blir allt vanligare och mera förödande. (13)

I en redovisning som i januari 2005 lades fram på det årliga mötet för *The American Meteorological Society* i San Diego i Kalifornien, rapporterade ett forskarteam från *The National Center for Atmospheric Research* en dramatisk ökning av den landyta på jorden som drabbats av torka de senaste decennierna. De rapporterade att den mark som var utsatt för mycket torra förhållanden hade brett ut sig från mindre än 15 procent av jordens totala landyta på 1970-talet till ungefär 30 procent redan år 2002. De menade att uppvärmningen förorsakade en del av denna förändring och de minskade regnmängderna en annan del av den, och att de höga temperaturerna spelade en allt större roll under den senare delen av denna period. Huvudförfattaren Aiguo Dai rapporterade att merparten av uttorkningen koncentrerades till Europa och Asien, Kanada, västra och södra Afrika samt östra Australien. (14)

Forskare vid USAs *Department of Agriculture's Forest Service* rapporterar att t.o.m. en 1,6 graders ökning av sommartemperaturerna skulle kunna fördubbla de spontana brändernas yta i 11 västliga delstater i USA. Undersökningen som publicerades i augusti-numret år 2004 av tidskriften *Conservation Biology*, byggde på registrering av bränder och temperaturer under 85 år. (15)

*The National Wildlife Federation (NWF)* rapporterar att om temperaturerna fortsätter att stiga, kommer före år 2040 var femte flod, som rinner ut i Stilla havet från nordvästra USA, att vara för varm för att lax, regnbågsöring och forell ska kunna överleva. Paula Del Giudice, chef för NWFs resurscentrum konstaterar att ”den globala uppvärmningen kommer att öka trycket enormt på vad som finns kvar av regionens främsta livsrum för kallvattensfisk”. (16)

Överallt kommer ekosystem att påverkas av de högre temperaturerna, ibland på sätt som vi inte kan förutsäga. *The Pew Center for Global Climate Change* beviljade anslag till en mycket stor undersökning, som analyserade 40 vetenskapliga forskningsrapporter, som sätter temperaturen i samband med förändringar i ekologiska system. Bland de många förändringar som rapporterades återfinns att våren anländer nästan två veckor tidigare i USA, att trädsvälorna bygger bo och lägger ägg nio dagar tidigare än de gjorde för 40 år sedan, och att rävens utbredningsområde har flyttat så långt norrut att den trängt in på fjällrävens territorium. Inuiter har blivit överraskade av att rödhakar har dykt upp, en art som de aldrig observerat förut. Faktiskt finns det inget namn på rödhake på inuiternas språk. (17)

Hector Galbraith vid *University of Colorado-Boulder*, en av medförfattarna till Pew-undersökningen, påpekade att ”effekterna av denna förändring uppträder mycket snabbare än... förväntat.” Han sade också ”att ekosystem är mycket känsligare för klimatförändringen än man ansåg för tio år sedan.” En undersökning med anslag från *Conservation International* har förutsagt att en fortsatt klimatförändring kan göra att en fjärdedel av alla djur och växter utrotas. (18)

Douglas Inkley, NWFs vetenskapliga expert och framstående författare till en rapport för *The Wildlife Society*, konstaterar: ”Vi står inför hotet att den naturvärld vi idag känner till – och många av de platser som vi har investerat årtionden av arbete i för att skydda som reservat och livsrum för flora och fauna – kommer att upphöra att finnas till i sitt nuvarande tillstånd, ifall vi inte lyckas avvärja detta hot.” (19)

## **Följderna för skördarna**

En av de mest känsliga ekonomiska tendenserna för högre temperaturer är skördarna. I många länder odlas grödorna vid eller nära deras optimala temperaturer, vilket gör dem sårbara för minsta temperaturökning. Också en relativt liten höjning under tillväxtperioden på 1 eller 2 grader kan minska spannmålsskörden i de större matproducerande regionerna, så som Nordkinesiska slätten, Gangesslätten i Indien och majsbältet i USA. (20)

Högre temperaturer kan minska och rentav förhindra fotosyntes och pollinering, samt leda till uttorkning av skörden. Även om förhöjda koncentrationer av koldioxid i atmosfären, som höjer temperaturerna, också kan höja avkastningen på grödorna, så är de högre temperaturernas skadliga effekter för skördarna större än den gödslande effekt som koldioxid har. Detta gäller för alla viktigare gröders del.

I en undersökning av lokala ekosystems uthållighet, kunde Mohan Wali och hans kolleger vid *Ohio State University* slå fast att när temperaturerna stiger ökar fotosyntesen i växter tills temperaturen når 20 grader. Fotosyntesens nivå förblir sedan densamma tills temperaturen går upp till 35 grader, varpå den börjar sjunka, så att fotosyntesen upphör helt och hållet när temperaturen når 40 grader. (21)

Den mest sårbara perioden i en växts livscykel är tiden för pollinering. Bland världens tre stapellivsmedel – ris, vete och majs – är majsen särskilt sårbar. För att majsen ska kunna föröka sig, måste pollen falla från vipporna ner på de trådformade märkena, som framträder i spetsen av varje blivande majscolv. Var och en av dessa trådar är fäst vid var sitt ställe på kolven där ett korn kan bildas. Om ett majs-korn ska utvecklas, måste ett pollen-korn falla ner på en tråd och sedan ta sig fram till majs-kornets plats. Om temperaturen är ovanligt hög, blir trådarna snabbt förtorkade och bruna, och kan därför inte fylla sin funktion i befruktningen.

Också effekten av temperaturen på rispollineringen har studerats, i en detaljstudie på Filippinerna. Forskare där rapporterar att pollineringen av ris minskar från 100 procent vid 34 grader till nästan noll vid 40 grader, vilket leder till att skörden slår fel. (22)

Höga temperaturer kan också torka ut växter. Medan det kanske krävs ett team av vetenskapsmän för att förstå hur temperaturen påverkar pollineringen av ris, så kan vem som helst avgöra när ett majs-fält lider av värmestress. När en majsplanta rullar ihop sina blad för att minska ytan som är utsatt för solen, minskar också fotosyntesen. Och när klyvöppningarna på undre sidan av bladen stänger sig för att minska vätskeförlusten, minskar också upptagningen av koldioxid, och därmed begränsas fotosyntesen. Vid förhöjda temperaturer försätts majsplantan, som under idealiska förhållanden är så osedvanligt produktiv, i ett chocktillstånd p.g.a. värmen.

Under de senaste åren har ekologer specialiserade på nyttoväxter, riktat sin uppmärksamhet på den exakta kopplingen mellan temperatur och grödornas avkastning. I en situation då temperaturerna stiger är deras forskningsresultat oroväckande. En av de mest omfattande av dessa undersökningar genomfördes vid *The International Rice Research Institute (IRRI)* på Filippinerna, världens främsta risforskningsorganisation. Gruppen av framstående vetenskapsmän, som är specialister på grödor, konstaterade att mellan år 1979 och 2003 steg den årliga medeltemperaturen på forskningsstationen med i stort sett 0,75 grader. (23)

Genom att använda skördedata från experimentfält för bevattnat ris under optimala odlingsmetoder under åren 1992-2003, visade det sig att teamets resultat bekräftade tumregeln som vuxit fram bland nyttoväxtekologer – nämligen att en förhöjd temperatur på en grad Celsius (i förhållande till normen) minskar avkastningen på vete, ris och majs med tio procent. IRRI-undersökningens resultat stämde överens med data från andra forskningsprojekt på senare tid. Forskarna drog slutsatsen att ”högre temperaturer förorsakade av den globala

uppvärmningen kommer att göra det allt svårare att livnära jordens växande befolkning.” (24)

Samtidigt som denna undersökning som analyserade avkastningen från ris var på gång, utförde man en empirisk historisk analys av temperaturens inverkan på majs- och sojabönsavkastningen i USA. Där drog David Lobell och Gregory Asner slutsatsen att högre temperaturer hade en ännu större inverkan på dessa grödor. De använde data från åren 1982 till 1998, insamlade i 618 distrikt för majsens och 444 distrikt för sojabönornas del, och kom fram till att för varje grad som temperaturen steg, minskade avkastningen med 17 procent. Med tanke på de förutsagda temperaturhöjningarna i USAs majsbälte, där en stor del av världens majs och sojaböner odlas, borde dessa forskningsresultat få dem som ansvarar för världens livsmedelssäkerhet att reagera kraftfullt. (25)

Två indiska forskare, K.S. Kavi Kumar och Jyoti Parikh utvärderade följderna av högre temperaturer på vete- och risskördar. De baserade sin modell på data från tio olika platser och fann att i norra Indien minskades inte veteavkastningen nämnvärt mycket av en medeltemperaturhöjning på en grad, men att en två-graders höjning minskade skördarna på nästan alla platser. När de granskade temperaturförändringen för sig, ledde en tvågraders höjning till en nedgång i avkastningen av bevattnat vete med mellan 37 och 58 procent. När de räknade samman de negativa effekterna av högre temperaturer med den positiva effekten av koldioxidgödsling, visade sig avkastningen minska med mellan 8 och 38 procent på de olika platserna. För ett land som förväntas öka sin folkmängd med 500 miljoner människor före mitten av århundradet, är detta en mycket bekymmersam utsikt. (26)

## **Himlens reservoarer**

Snö- och ismassor i bergen är naturens sötvattensreserver – naturens eget sätt att lagra vatten för att fylla på floderna under sommarens torrperiod. Nu är dessa reserver hotade p.g.a. temperaturökningen. T.o.m. en grad varmare temperatur i bergstrakter kan minska andelen nederbörd som faller i form av snö betydligt och kraftigt höja andelen som faller i form av regn. Detta gör i sin tur att översvämningarna under regnperioden ökar och att snösmältningen som fyller på vattendragen minskar under torrperioden.

I vissa jordbruksområden är dessa ”himlens reservoarer” den främsta källan till bevattning och dricksvatten. I sydvästra USA är exempelvis Coloradofloden, som är den främsta källan till bevattningsvatten, beroende av snötäcket i Klippiga bergen för en stor del av sitt flöde. Kalifornien, som är starkt beroende av Coloradofloden, är dessutom beroende av snösmältningen på Sierra Nevada i östra delen av denna delstat. Både Sierra Nevada och den kustnära bergsryggen ger bevattningsvatten till Kaliforniens Central Valley, världens stora odlingsområde för frukt- och grönsaker.

Preliminära resultat från en analys av stigande temperaturers inverkan på tre större flodsystem i västra USA – floderna Columbia, Sacramento och Colorado – visar att snön i bergen som förser floderna med vatten kommer att minska

dramatiskt och att vinterregnen och översvämningarna kommer att öka i samma mån. (27)

Globala klimatmodeller förutsäger att en energipolitik som rullar på i gamla hjulspår kommer att leda till en 70-procentig minskning av snötäcket i västra USA före mitten av århundradet. *The U.S. Department of Energy's Pacific Northwest National Laboratory* detaljgranskade Yakimaflodens dal, ett vidsträckt fruktodlingsområde i delstaten Washington, och fann att skördarna minskar i takt med att snötäcket krymper och minskar flödet av bevattningsvatten. En tvågraders höjning av temperaturen skulle minska odlarnas inkomster i denna del med 92 miljoner dollar; en höjning med fyra grader skulle sänka odlarnas inkomster med 163 miljoner dollar, nästan en fjärdedel av den nuvarande skörden. (28)

I flera länder i centrala Asien – Uzbekistan, Turkmenistan, Kirgizistan, Kazakstan, Tadzjikistan och Afghanistan – är jordbruket starkt beroende av snösmältningen från bergskedjorna i Hindukush, Pamir, och Tian Shan för sitt bevattningsvatten. Iran som inte ligger långt därifrån får mycket av sitt vatten från smältande snö i de 5700 meter höga Elburz-bergen mellan Teheran och Kaspiska havet. (29)

Störst av alla, ur jordbrukarnas synvinkel, är den enorma snö- och ismassan på Himalaya-bergskedjan. Varje större flod i Asien där hälften av världens befolkning bo, börjar i Himalaya, bl.a. Indus, Ganges, Mekong, Chang Jiang och Gula floden. Om varmare temperaturer höjer regnmängden och minskar snösmältningen i Himalaya, kommer det att leda till mera översvämningar under regnperioden och mindre snösmältning som kan fylla på floderna under torrperioden. (30)

Ett minskat snötäcke som underhåller Gula flodens flöde kommer att minska den kinesiska veteskörden, den största i världen. Förändringar i Chang Jiangs flöde kommer att ha en direkt påverkan på Kinas risskörd – också den världens största. Och Indiens veteskörd, som bara överträffas av den kinesiska, kommer att påverkas av flödena både i Indus och Ganges. Allt som minskar sommarflödet i Mekongfloden kommer att drabba risskörden i Vietnam, som hör till de främsta exportländerna. (31)

De krympande glaciärerna i Himalaya skulle kunna få följder för vattentillgången för hundratals miljoner människor. I länder som Indien och Kina skulle vattnet, som lagras under regnperioden i form av snö och is för att sedan frigöras under den torra perioden, minska – eller, på vissa håll, ta slut helt och hållet. Resultatet skulle bli mera destruktiva översvämningar som årligen växlade med allt allvarligare vattenbrist tidigt på sommaren. (32)

Det finns många bergskedjor där snö- och isförhållandena förändras, bl.a. Alperna och Anderna. Snö- och ismassorna i världens största bergskedjor och det vatten de lagrar som snö och is, har tagits för givet, helt enkelt för att det fanns där redan innan jordbruket uppfanns. Nu förändras allt detta. Om vi fortsätter att höja jordens temperatur, riskerar vi att förlora dessa ”himlens reservoarer” som både städer och jordbrukare är beroende av. (33)



## Smältande is och stigande hav

IPCCs tredje rapport, som blev en milstolpe då den gavs ut i början av år 2001, förutspådde att havsnivån skulle stiga med mellan 9 och 88 cm till följd av att värmen expanderar vattnet och av issmältning. En stor mängd nya undersökningar under de fyra åren sedan dess visar att jordens istäcken smälter ännu snabbare än forskarna vid IPCC förutsåg. (34)

En undersökning från år 2002 gjord av forskare vid Coloradouniversitetets *Institute of Arctic and Alpine Research* kom fram till att avsmältningen accelererar i de stora glaciärerna på Alaskas västkust och i norra Kanada. Tidigare data hade påvisat att denna avsmältning höjde havsnivån med 0,14 millimeter om året, men nya data för 1990-talet visar att den snabbare avsmältningen nu höjer havsnivån med 0,32 millimeter om året – mer än dubbelt så snabbt. (35)

Denna undersökning får stöd av en undersökning från *U.S. Geological Survey (USGS)* som visade att glaciärerna nu krymper i Alaskas alla elva bergskedjor med glaciärer. En tidigare USGS-undersökning rapporterade att antalet glaciärer i *Glacier National Park* i USA har minskat från 150 år 1850 till färre än 50 idag. De återstående glaciärerna förutsägs nu försvinna inom 30 år, så att framtida generationer av besökare kommer att bli förbryllade över parkens namn. (36)

Ett annat forskarteam från USGS använde satellitdata för att mäta förändringar i den yta som täcks av glaciärer över hela världen. De har beskrivit en accelererande avsmältning av glaciärer i ett flertal bergsområden, bl.a. de sydamerikanska Anderna, de schweiziska Alpena och de franska och spanska Pyrenéerna. (37)

Glaciärerna smälter i allt snabbare takt över hela Anderna. Glaciologen Lonnie Thompson från *Ohio State University* rapporterar att glaciären Qori Kalis på västra sidan av ishättan Quelccaya i de peruanska Anderna, krympte tre gånger så snabbt varje år från 1998 till 2000 som vad den gjorde mellan år 1995 och 1998. Och den tidigare takten var i sin tur dubbelt så snabb som den årliga minskningstakten från 1993 till 1995. Thompson förutsäger att ishättan på Quelccaya kommer att försvinna helt och hållet mellan 2010 och 2020. Inte långt därifrån i Ecuador har Antisanaglaciären, som förser Quito med hälften av stadens vatten, tillbakabildats med nästan 100 meter på de senaste åtta åren. (38)

Bernard Francou, forskningschef på franska regeringens *Institute of Research and Development* tror att 80 procent av Sydamerikas glaciärer kommer att utplånas inom de närmaste 15 åren. För länder som Bolivia, Peru och Ecuador som är beroende av glaciärerna för vatten till hushåll och bevattning är detta inte goda nyheter. (39)

Avsmältning drabbar också de europeiska Alpena. Forskare vid Zürichs universitet rapporterar att glaciärerna i Schweiz krympte med 1 procent mellan 1973 och 1985, men att ytan som täcktes av dem krympte med 18 procent mellan 1985 och 2000. De konstaterade att ”förändringarna också kunde påverka turismen, en avgörande stöttepelare för den schweiziska ekonomin, när landets anslående landskap med dalar och glaciärer blir kalt och stenigt.” När glaciä-

terna försvinner och snögränsen drar sig uppåt, kommer också vinterns skidsäsong att krympa. (40)

Lonnie Thompsons undersökningar av Kilimanjaro visar att mellan 1989 och 2000 förlorade Afrikas högsta berg 33 procent av sitt istäcke. Han förutsade att ishättan på berget skulle kunna vara helt och hållet borta före 2015. I mars 2005 rapporterade *The Guardian* i London: ”Afrikas högsta berg, med sin vita topp, är ett av de ställen i världen som man allra lättast känner igen. Men som detta flygfoto visar, är nu Kilimanjaros främsta kännetecken, den vita toppen på 5895 meters höjd, nästan helt borta – 15 år tidigare än forskarna förutsåg.” (41)

Den utbredda snö- och ismassan i Himalaya håller också på att försvinna. Organisationen *Union Internationale des Associations d'Alpinisme* rapporterar att glaciären, som slutade vid baslägret där Edmund Hillary och Tenzing Norgay startade sin historiska bestigning av Everest år 1953, nu har dragit sig 5 kilometer längre upp. Geologen Jeffrey Kargel, som studerar Himalaya är inte förvånad över detta. ”Det stämmer väl överens med den generella bilden av vad som händer idag i Nepal, Indien, Bhutan och, i mindre utsträckning, i Tibet,” säger han. (42)

En nyligen avslutad undersökning gjord av ett team på mer än 50 vetenskapsmän från USA och Kina mätte under mer än 26 år den accelererande avsmältningen av glaciärer i västra Kina. Undersökningen kom fram till att volymen av Kinas 46 298 glaciärer hade krympt med 5,5 procent de senaste 24 åren. Avsmältningen av glaciärer i denna del av världen är som på många andra håll starkt accelererande alltsedan det tidiga 1990-talet. (43)

Yao Tandong, en av de främsta kinesiska glaciologerna och en av deltagarna i undersökningen, förutspådde att två tredjedelar av Kinas glaciärer skulle kunna vara försvunna före år 2060. Att de enorma isområdena i Himalaya smälter skulle kunna höja havsnivån drastiskt, eftersom det finns mer is där än i någon annan region bortsett från polerna. Yao Tandong sammanfattade situationen: ”Att glaciärerna minskar överallt på plåtområdet kommer så småningom att leda till en ekologisk katastrof.” (44)

En annan färsk undersökning, *Impacts of a Warming Arctic*, drog slutsatsen att de arktiska områdena värms upp dubbelt så snabbt som resten av planeten. Den genomfördes av *The Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)*, en internationell grupp på 300 forskare, och man upptäckte att i regionerna som omger Arktis, bl.a. Alaska, västra Kanada och östra Ryssland, har vintertemperaturerna redan stigit med 3-4 grader på det senaste halvsekle. Robert Corell, ordförande för ACIA konstaterar: ”Följderna av den globala uppvärmningen drabbar nu människorna i Arktis.” Denna region är, påpekar han, ”mitt uppe i en av de allra snabbaste och allvarligaste klimatförändringarna på jorden.” (45)

I ett vittnesmål inför *U.S. Senate Commerce Committee* beskrev Sheila Watt-Cloutier, en inuit som talade på 155 000 inuiters vägnar, bosatta i Alaska, Kanada, Ryssland och på Grönland, inuiternas kamp för att överleva i det arktiska klimatet, som nu förändras så snabbt, ”som en ögonblicksbild av vad som händer med hela planeten.” Hon kallade uppvärmningen av Arktis ”en allt

avgörande händelse i denna planets historia.” Och hon lade till att ”jorden nu smälter, bokstavligen.” (46)

ACIA-rapporten redogör för hur havsisen drar sig undan och de ”förödande följderna av detta för isbjörnarna”, då deras överlevnad kan stå på spel. Också de sälar som lever på isen är hotade och de är grundläggande för inuiternas uppehälle. (47)

Högre temperaturer i Arktis tinar också upp de marker i området som har varit ständigt frusna. När denna tundra tinar upp, blir den instabil och skadar byggnader, rör och vägar. Att tundran smälter har följder långt utöver de lokala strukturproblemen. En rapport i *Science* framför att ”ingen vet exakt hur mycket kol som finns inlåst i den boreala och alpina permafrosten, men beräkningarna rör sig mellan 350 och 450 miljarder ton – kanske mellan en fjärdedel och en tredjedel av allt kol i jordtäcket. Den stora frågan är vad som kommer att hända om ens en bråkdel av detta massiva kollager frigörs.” Man kan jämföra med de 7 miljarder ton kol som släpps ut varje år från förbränningen av fossila bränslen. (48)

Vetenskapsmännen som registrerar uppvärmningen av Arktis är nog mest oroade över följderna för Grönland. Om all is i Norra ishavet smälter, kommer det inte att påverka havsnivån, eftersom den isen redan befinner sig i vattnet. Men om uppvärmningen av Arktis smälter Grönlands istäcke, som är några kilometer tjockt på vissa ställen, skulle havsnivån stiga med 7 meter. En sådan smältning av Grönlands istäcke skulle ta några århundraden i anspråk, inte några år. Med trots det visar färiska kartor, att en snabb smältning pågår vid istäckets yttre kanter, i synnerhet på öns östkust. (49)

Forskarna är oroade över att istäcket på Grönland smälter, inte bara för den uppenbara följden av detta för havsvattnets nivå, utan också för att det skulle kunna störa cirkulationen i haven, i synnerhet flödet i Golfströmmen. Under de nuvarande förhållandena bidrar Golfströmmen till ett mildare klimat i västra Europa, då den för med sig varmt ytvatten från södra Atlanten norrut. När det varma vattnet med hög salthalt rör sig mot norr, kyls det av till följd av värmeförlust och avdunstning, och då ökar tätheten och salthalten stiger. Detta gör att det så småningom sjunker och sedan flyter söderut igen på mycket djupt vatten. Om det rinner ner sött vatten från det smältande istäcket på Grönland eller från havsisen runt nordpolen, så kan det rubba detta cirkulationsmönster och resultera i något lägre temperaturer i nordöstra USA och östra Kanada och kraftigt temperaturfall i Europa. Historiska belägg tyder på att sådana omslag ibland kommer snabbt – på några få år eller decennier. (50)

När Norra ishavet smälter blir det möjligt att använda ishavet som fartygsrutt mellan Atlanten och Stilla havet. Försöken att finna nordvästpassagen, en dröm för de första upptäcktsresandena, som annars var tvungna att segla runt Godahoppssudden, skulle kunna bli vårt samhälles mardröm under detta tidiga tjugohundratals. Rederierna börjar redan hålla utkik efter eventuella genvägar. Vägen från Europa till Asien via Panamakanalen är vanligen ungefär 12 600 sjömil lång enligt en artikel i den kanadensiska tidskriften *Globe and Mail* medan vägen över ishavet skulle bli så kort som 7900 sjömil. Riskerna är att skadorna på

miljön om en olycka skulle inträffa, såsom ett oljeläckage i Norra ishavet, skulle kunna sträcka sig över tiotals år eller mer, i denna kyliga omgivning. (51)

På andra sidan jordklotet täcker det två kilometer tjocka istäcket över Antarktis en världsdel som är dubbelt så stor som Australien och innehåller 70 procent av världens sötvatten. Istäcket, som sträcker sig från landområdet ut över det omgivande havet, börjar brytas upp i en alarmerande takt. (52)

Ishyllorna som omger Antarktis har byggts upp av de glaciärer som glidit ut från det underliggande landområdet till lägre nivåer i havet utanför. Denna långsamma isrörelse, som hålls igång av den ständiga nybildningen av is på land och som kulminerar i sönderbrytningen av istäcket i de yttre kanterna, den så kallade kalvningen av isberg, är inte ett nytt fenomen. Det som är nytt är hur snabbt denna process går idag. När den enorma ismassan, Larsen A, på östra kusten av den antarktiska halvön, bröts upp år 1995, var det en signal att allt inte stod väl till i området. Och senare, år 2000, bröt sig ett enormt isberg – lika stort som Skåne, d.v.s. 11 000 kvadratkilometer – loss från *Ross Ice Shelf*. (53)

Efter att Larsen A bröts loss var det bara en tidsfråga – med tanke på den förhöjda temperaturen – innan Larsen B också skulle göra det. I november 2001 gick ett alarm ut till alla vetenskapsmän från en forskare vid *Instituto Antártico Argentino*, som framhävde den ovanligt varma vårtemperaturen och den 20 procentiga accelerationen i ismassans rörelse. Så när den norra delen av Larsen B-ishyllan rasade ner i havet i mars 2002 var det inte någon fullständig överraskning. Ungefär vid samma tidpunkt bröt sig ett enormt isstycke loss från Thwaiteglaciären. Detta 5500 kvadratkilometer stora isberg hade en yta ungefär lika stor som halva Skåne. (54)

Även veteranerna bland isobservatörerna är förvånade över hur snabbt upplösningen nu fortsätter. ”Farten är svindlande”, säger dr David Vaughan, som är glaciolog vid *British Antarctic Survey*, som har övervakat Larsen-istäcket minutiöst. Längs den antarktiska halvön, i närheten av Larsen-ishyllan har medeltemperaturen stigit 2,5 grader de senaste 50 åren. Högre temperaturer leder till att isen smälter på istäckets yta. Forskarna har framlagt en teori om att smältvattnet från ytan tränger ner i sprickor och gör isen svagare och därmed sårbar för ytterligare sönderbrytning. (55)

När ishyllorna som redan finns i vattnet bryts loss från den ismassa som ligger på land, har det inte någon större inverkan på havsnivån i sig. Men utan den förra isen, som bromsade glaciärens rörelse, som vanligen rör sig 400-900 meter om året, skulle isens rörelse ut från land kunna accelerera, vilket i sin tur skulle tunna ut istäcket i ytterkanterna av kontinenten Antarktis. Om detta skulle hända skulle havsnivån stiga. Dr Neal Young på *Antarctic Cooperative Research Centre* vid *University of Tasmania* i Australien påpekar att efter det att Larsen A bröts loss, har hastigheten i glaciärens rörelse åtminstone fördubblats. (56)

Den accelererade avsmältningen av isen, som har samband med den accelererade temperaturhöjningen som har uppträtt sedan 1980 är ett stort bekymmer i låglänta regioner i länder vid kusten och låglänta länder på öar. Den kanske lättast mätbara följderna av förhöjd havsvattennivå är att kustområden läggs under vatten. Donald F. Boesch, på *Center for Environmental Sciences* vid universi-

tetet i Maryland, berättar att för varje meter havsnivån stiger, kommer kustlinjen att förskjutas inåt land med i medeltal 1500 meter. (57)

År 2000 publicerade Världsbanken en karta som visade att en höjning av havsnivån med en meter skulle dränka hälften av risfälten i Bangladesh. Med en höjning av havsnivån på upp till en meter, som prognoserna förutsäger för detta århundrade, skulle tiotals miljoner människor i Bangladesh bli tvungna att utvandra. I ett land med 142 miljoner invånare – och redan ett av de mest tätbefolkade på jorden – skulle detta bli en traumatisk erfarenhet. Flodslätter med risodling i andra asiatiska länder skulle också drabbas, bl.a. Indien, Thailand, Vietnam, Indonesien och Kina. Med en 1-meters havsnivåhöjning, skulle mer än en tredjedel av Shanghai, en stad på 13 miljoner människor, översvämmas. (58)

En så stor höjning av havsnivån skulle kosta USA 36 000 kvadratkilometer mark, till största delen i delstaterna vid mellersta Atlantkusten och Mississippibukten. Med en stormflod av det slag som man kan räkna med en gång på femti år skulle stora delar av nedre Manhattan och National Mall i centrum av Washington DC översvämmas av havsvatten. (59)

Allmänhetens uppmärksamhet inriktas på att havsnivån höjs av smältande is, men havsnivån höjs också av att uppvärmningen utvidgar havsvattnet. För närvarande uppskattar forskarna att det relativa bidraget till havsvattennivåns höjning från isens avsmältning respektive vattnets värmeexpansion är ungefär lika stora. Tillsammans höjer dessa två processer havsnivån så mycket att det går att mäta det. Det har blivit en indikator som man bör bevaka – en negativ utveckling som kan tvinga fram en folkvandring av oföreställbar omfattning. Det väcker också frågor om ansvar för kommande generationer på ett sätt som mänskligheten aldrig tidigare ställts inför. (60)

## **Mera destruktiva stormar**

Stigande havsvattennivåer är inte de enda hoten som kommer med den tilltagande värmen. När oceanerna i tropikerna blir varmare vid ytan innebär det att mera energi strålar upp i atmosfären, vilket är drivkraften bakom de tropiska stormsystemen, vilket i sin tur leder till att stormarna blir fler och mer destruktiva. Kombinationen av stigande havsnivåer, kraftigare stormar och starkare stormfloder kan bli förödande. (61)

Hösten 1998 slog orkanen Mitch – en av de kraftigaste stormarna som någonsin har uppstått på Atlanten, med vindstyrkor på upp till 300 km/h – till mot Centralamerikas östra kust. Eftersom förhållandena i atmosfären förhindrade stormens normala nordliga framfart föll ungefär två meter regn i skyfall över delar av Honduras och Nicaragua på bara några dygn. Denna ”syndafloed” fick hem, fabriker och skolor att störta samman, så att bara ruiner återstod. Den förstörde vägar och broar. Sjuttio procent av skördarna och mycket av matjorden i Honduras sköljdes bort – matjord som hade bildats under mycket lång tid. Enorma slamströmmar förstörde byar och begravningsplatser på flera ställen människorna i mindre samhällen. (62)

Stormen dödade 11 000 människor. Ytterligare tusentals återfanns aldrig. Den livsnödvändiga infrastrukturen – vägarna och broarna i Honduras och Nicaragua – förstördes till stora delar. Honduras president Flores sammanfattade det så här: ”Totalt sett, förstördes inom loppet av några dagar vad som tagit oss femtio år att bygga upp.” Skadorna som denna storm förorsakade översteg den årliga BNP i dessa två länder tillsammans och kastade deras ekonomiska utveckling tjugo år bakåt i tiden. (63)

Japan drabbades år 2004 av rekordet tio orkaner, som tillsammans ställde till med skador för tio miljarder dollar. Under samma säsong slog fyra av de tio dyraste orkanerna i USAs historia till mot delstaten Florida. Dessa fyra orkaner skapade tillsammans försäkringsanspråk på 22 miljarder dollar. (64)

Ett år senare, verkade dessa orkaner små i bredd med orkanen Katrina, när den drabbade nordkusten vid den Mexikanska golfen, och gjorde det med en stormflod som var mer än 6 meter hög och som totalförstörde många av USAs städer vid kusten. Orkanen drabbade också New Orleans med översvämning, så att stora delar av staden blev obeboelig. Totalt gav orkanen upphov till tusentals flyktingar från Alabama, Mississippi och Louisiana. Denna kraftiga orkan, som fick ytterligare energi från de förhöjda temperaturerna i buktens ytvatten, lämnade efter sig en räkning som i ett första skede beräknades gå på 200 miljarder dollar. Eftersom det kommer att ta årtal för området att helt återhämta sig, kan kostnaderna bli ännu större. (65)

Mot denna bakgrund har försäkringsbolag och återförsäkringsbolag svårt att beräkna en säker nivå för premierna, eftersom de historiska data som traditionellt har använts för att kalkylera försäkringsavgifterna inte längre ger oss vägledning om framtiden. Till exempel har sedan en lång tid antalet större översvämningkatastrofer i världen vuxit under varje årtionde, med sex större översvämningar på 50-talet och 60-talet, 8 på 70-talet, 18 på 80-talet och 26 på 90-talet. (66)

Försäkringsbolagen är övertygade om att när temperaturerna stiger och mer energi driver på stormsystemen, kommer de framtida förlusterna att bli ännu större. De är bekymrade över frågan om branschen kan förbli solvent under belastningen från de växande anspråken på skadeersättningar. Bekymrad är man också på *Moody's Investors Service*, som år 2002 skrev ner kreditvärdigheten för ett flertal av världens ledande återförsäkringsbolag. Sedan dess har en av dessa firmor – *Munich Re* – rapporterat att 2004 var ett rekordår för ersättningskrav inom försäkringsbranschen i världen, t.o.m. om man tog hänsyn till inflationen. (67)

Thomas Loster, som är klimatexpert på *Munich Re*, påpekade i slutet av 2004: ”På samma sätt som åren 2002 och 2003 är slutresultatet att naturkatastroferna igen klart domineras av väder-förorsakad förödelse, i många fall ovanliga och extrema händelser... Vi måste stoppa detta farliga experiment som mänskligheten utsätter jordens atmosfär för.” Försäkringsbranschen är särskilt oroad över de nya risker med samband till klimatet som växer fram, så som orkanen Catarina, som utvecklades år 2004 i södra Atlanten, där vattentemperaturerna vanligen inte är tillräckligt höga för att skapa orkaner. Om Catarina, som

träffade kusten i södra Brasilien, är en störning av engångskaraktär, eller början på en ny oroväckande trend återstår att se. (68)

*Munich Re* har publicerat en lista över stormar med försäkrade förluster på 1 miljard dollar eller mer. Den första naturkatastrofen av det slaget kom 1983, när orkanen Alicia drabbade USA, och orsakade skador för 1,5 miljarder dollar i försäkrade förluster. Av de 49 naturkatastroferna med en miljard dollar eller mera i försäkrade förluster som registrerades innan året 2004 gått ut, var tre jordbävningar, bl.a. den förödande tsunamin år 2004 i Asien; de övriga 46 hade vädersamband – stormar, översvämningar, orkaner och bränder i skog och mark. Under 1980-talet uppträdde tre sådana händelser; under 1990-talet uppträdde 26; och under den första halvan av detta årtionde, åren 2000-2004 har redan 17 sådana händelser inträffat. (69)

Före orkanen Katarina var två av de största händelserna, sett till den totala förödelsen, orkanen Andrew år 1992, som förstörde 60 000 hem och orsakade skador för 30 miljarder dollar, samt översvämningen av den kinesiska floden Chang Jiangs bäcken år 1998, som också enligt beräkningarna kostade 30 miljarder dollar, en summa som kan jämföras med värdet av Kinas risskörd. Delvis beror de ökade utgifterna för skador på att stadsbebyggelse och industri har utvecklats i allt högre grad vid kuster och på flodslätter. Men delvis beror de också på att allt mera förödande stormar uppträder allt oftare. (70)

Regionerna som är mest sårbara för kraftigare stormar är för närvarande kusterna vid Atlanten och Mexikanska golfen i USA och de karibiska länderna. I Asien är det östra och sydöstra Asien, bl.a. Filippinerna, Taiwan, Japan, Kina och Vietnam, vilka sannolikt får ta stöten när de kraftiga stormarna tar fart över Stilla havet. Längre västerut, i Bengaliska viken är Bangladesh och Indiens östra kust synnerligen sårbara.

Västra Europa, där man traditionellt sett bara har fått uppleva kraftigt förödande vinterstormar kanske en gång på hundra år, drabbades av den första vinterstormen som översteg 1 miljard dollar år 1987 – den förstörde för 3,7 miljarder dollar, men försäkringarna täckte bara 3,1 miljarder dollar. Sedan dess har Europa haft åtta vinterstormar till försäkrade förluster som rört sig mellan 1,3 och 5,9 miljarder dollar. (71)

Andrew Dlugolecki, en högre tjänsteman vid *CGNU Insurance Group*, det största försäkringsbolaget i Storbritannien, konstaterar att skadeersättningarna från händelser som har koppling till vädret har ökat med ungefär tio procent om året. ”Om en sådan höjning skulle fortsätta”, påpekar han, ”skulle skadeersättningarna för stormar år 2065 överstiga världens bruttonationalprodukt. Det är ju självklart att världen skulle ha gått i konkurs långt innan dess.” I verklighetens värld fortsätter få tillväxtkurvor i en rät linje uppåt i tiotal år, men Dlugoleckis främsta poäng är att klimatförändringen kan bli mycket destruktiv, omvälvande, och mycket dyr. (72)

## Subventioner till klimatförändringen

Samtidigt som allmänheten idag blir allt mera oroad över den klimatförändring som förorsakas av förbränningen av fossila bränslen, subventioneras fortfarande världens fossila bränslebransch med skattebetalarnas pengar för mer än 210 miljarder dollar om året. Subventioner till de fossila bränslena är förlegade, de hör ju till en tid då utvecklingen av olje- och kolindustrin betraktades som nyckeln till ekonomiska framsteg – och inte som ett hot mot vår civilisation på 20-hundratalet. När subventionerna väl är med i spelet, leder de till lobbygrupper med särintressen, som strider beväpnade till tänderna emot att de skulle avskaffas, och detta gäller även subventioner som var orimliga redan från början. (73)

I USA är olje- och gasbolagen de kanske mäktigaste lobbyisterna i Washington. Under åren 1990 och 2004, gav de ut 181 miljoner dollar till kampanjer i ett försök att skydda särskilda skatteavdrag som var värda miljarder. I ett vittnesmål inför ”*Ways and Means*”- kommittén i representanthuset år 1999 sade Donald Lubick, USAs vice finansminister för skattepolitiken, om olje- och gasindustrin: ”Detta är en industri som troligen har en större skattelättnad i förhållande till sin storlek än någon annan industri i vårt land.” Att sådana lönsamma investeringar är möjliga, är ett mått på den korruption som råder i det politiska systemet i USA, och i synnerhet på hur mycket de som har pengar kan forma ekonomin till sin egen fördel. (74)

Subventioner genomsyrar och förvränger varje del av den globala ekonomin. Tysklands subvention av kolindustrin rättfärdigades till exempel i början delvis som en åtgärd för att skydda jobben. När subventionerna var som störst, gav regeringen gladeligen denna industri nästan 90 000 dollar om året per anställd. I rent ekonomiska termer hade det varit mera förnuftigt att stänga gruvorna och betala arbetarna för att låta bli att jobba. (75)

Många subventioner är på det hela taget dolda för skattebetalarna. Detta gäller i synnerhet för den fossila bränslebranschen, som får subventioner bl.a. för sådana saker som ersättning för tömningen av oljekällor i USA. Ännu mera dramatiska är de rutinmässiga amerikanska skattemedlen till militären för att säkra tillgången på olja från Mellanöstern, vilket av analytiker vid Rand Corporation beräknades uppgå till mellan 30 och 60 miljarder dollar om året före det senaste kriget mot Irak, medan oljan som importerades från denna region endast var värd 20 miljarder dollar. (76)

En undersökning från år 2001 gjord av *Redefining Progress* visar att USAs skattebetalare subventionerar bilanvändningen med 257 miljarder dollar om året, eller i stort sett 2000 dollar per skattebetalare. Detta innebär inte bara en subvention till koldioxidutsläpp, utan dessutom att skattebetalare som inte äger bilar, bl.a. de som är för fattiga för att ha råd med bil, också subventionerar andras bilägande. (77)

En av ljuspunkterna med denna subventionering av fossila bränslen är att dessa skattemedel utgör en reserv för skattelättnader som kan riktas in på klimatvänliga, förnybara energikällor i stället, så som energi från vind, sol och geovärme. För man över dessa subventioner från de fossila bränslena, så att de i



stället bidrar till att utveckla förnybara källor, får man en situation med dubbel vinst, så som beskrivs närmare i kapitel 12. Att subventionera användningen av fossila bränslen är att ge subventioner till värmeböljor, som förbränner skördarna, till isavsmältning, stigande havsnivåer och stormar som är allt mer förödande. Kanske är det dags att världens skattebetalare frågar sig om detta är vad de vill att deras med möda ihoptjänade pengar ska spenderas på?

#### Noter till kapitel 4

1. Sir David King, "Global Warming: The Science of Climate Change—the Imperatives for Action," presented as the 3rd Greenpeace Business Lecture (London: 12 October 2004); Paul Brown, "Melting Ice: The Threat to London's Future," *The Guardian* (London), 14 July 2004; ice core study in EPICA Community Members, "Eight Glacial Cycles from an Antarctic Ice Core," *Nature*, vol. 429 (10 June 2004), pp. 623–28; Jerry F. McManus, "A Great Grand-Daddy of Ice Cores," *Nature*, vol. 429 (10 June 2004), pp. 611–12; Gabrielle Walker, "Frozen Time," *Nature*, vol. 429 (10 June 2004), pp. 596–97.
2. EPICA Community Members, op. cit. note 1; current carbon dioxide level from C. D. Keeling and T. P. Whorf, "Atmospheric CO<sub>2</sub> Records from Sites in the SIO Air Sampling Network," in *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, May 2005); Brown, op. cit. note 1; Quirin Schiermeier, "A Rising Tide," *Nature*, vol. 428 (11 March 2004), pp. 114–15.
3. U.S. Department of Agriculture (USDA), Production, Supply, & Distribution, electronic database, at [www.fas.usda.gov/psd](http://www.fas.usda.gov/psd), updated 13 September 2005; Janet Larsen, "Record Heat Wave in Europe Takes 35,000 Lives," *Eco-Economy Update* (Washington, DC: Earth Policy Institute, 9 October 2003); USDA National Agricultural Statistics Service (NASS), "Crop Production," news release (Washington, DC: 12 August 2005).
4. Cindy Schreuder and Sharman Stein, "Heat's Toll Worse Than Believed, Study Says at Least 200 More Died," *Chicago Tribune*, 21 September 1995; "India Heat Wave Toll Tops 1,000," *CNN*, 22 May 2002; "India's Heatwave Toll 1,200, No Respite in Sight," *Agence France-Presse*, 23 May 2002.
5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), "Heat-Related Deaths—Chicago, Illinois, 1996–2001, and United States, 1979–1999,"

- Morbidity and Mortality Weekly Report, 4 July, 2003; estimate of deaths across Europe compiled in Larsen, *op. cit.* note 3, updated with Istituto Nazionale di Statistica, Bilancio Demografico Nazionale: Anno 2003 (Rome: 15 July 2004); death toll from the 11 September 2001 attacks from National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States, The 9/11 Commission Report (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2004).
6. Andrew Simms, "Farewell Tuvalu," *The Guardian* (London), 29 October 2001; Jacopo Pasotti, "Maldives Experience That Sinking Feeling," *Science Now*, 17 June 2005; Brown, *op. cit.* note 1; Stuart R. Gaffin, *High Water Blues: Impacts of Sea Level Rise on Selected Coasts and Islands* (Washington, DC: Environmental Defense Fund, 1997), p. 27.
  7. "Awful Weather We're Having," *The Economist*, 2 October 2004; Richard Milne, "Hurricanes Cost Munich Re Reinsurance," *Financial Times*, 6 November 2004.
  8. J. Hansen, NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS), "Global Temperature Anomalies in 0.1 C," at <http://data.giss.nasa.gov/gis-temp/tabledata/GLB.Ts.txt>, updated September 2005; climate monitoring stations from Reto A. Ruedy, GISS, e-mail to Janet Larsen, Earth Policy Institute, 14 May 2003.
  9. Figure 4–1 from Hansen, *op. cit.* note 8; crops from USDA, *op. cit.* note 3; USDA, *Grain: World Markets and Trade* (Washington, DC: various months).
  10. Figure 4–2 from Keeling and Whorf, *op. cit.* note 2, with historical carbon dioxide estimate in data from Seth Dunn, "Carbon Emissions Dip," in Worldwatch Institute, *Vital Signs 1999* (New York: W.W. Norton & Company, 1999), pp. 60–61; update from Hansen, *op. cit.* note 8.
  11. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (New York: Cambridge University Press, 2001); Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), *Impacts of a Warming Arctic* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2004); National Snow and Ice Data Center (NSIDC), "Arctic Sea Ice Shrinking, Greenland Ice Sheet Melting, According to Study," press release, 7 December 2002; Frank Paul et al., "Rapid Disintegration of Alpine Glaciers Observed with Satellite Data," *Geophysical Research Letters*, vol. 31, L21402 (12 November 2004); Hansen, *op. cit.* note 8; comparison to time since Ice Age from Warren Washington, cited in Stephen Phillips, "Ignoring Climate

Will Land Us in Hot Water,” *Times Higher Education Supplement*, 7 February 2003.

12. IPCC, *op. cit.* note 11.
13. Shaobing Peng et al., “Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 6 July 2004, pp. 9971–75; John Krist, “Water Issues Will Dominate California’s Agenda This Year,” *Environmental News Network*, 21 February 2003; Thomas R. Knutson and Robert E. Tuleya, “Impact of CO<sub>2</sub>-Induced Warming on Simulated Hurricane Intensity and Precipitation: Sensitivity to the Choice of Climate Model and Convective Parameterization,” *Journal of Climate*, vol. 17, no. 18 (15 September 2004), pp. 3477–95; Aiguo Dai, Kevin E. Trenberth, and Taotao Qian, “A Global Dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with Soil Moisture and Effects of Surface Warming,” *Journal of Hydrometeorology*, vol. 5 (December 2004), pp. 1117–30; “Even Modest Climate Change Means More and Larger Fires,” *Environment News Service*, 31 August 2004.
14. National Center for Atmospheric Research and UCAR Office of Programs, “Drought’s Growing Reach: NCAR Study Points to Global Warming as Key Factor,” press release (Boulder, CO: 10 January 2005); Dai, Trenberth, and Qian, *op. cit.* note 13.
15. Donald McKenzie et al., “Climatic Change, Wildfire, and Conservation,” *Conservation Biology*, vol. 18, no. 4 (August 2004), pp. 890–902.
16. Elizabeth Gillespie, “Global Warming May Be Making Rivers Too Hot: Cold-Water Fish Will Struggle, Report Says,” *Seattle Post-Intelligencer*, 24 March 2005.
17. Camille Parmesan and Hector Galbraith, *Observed Impacts of Global Climate Change in the U.S.* (Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2004); DeNeed L. Brown, “Signs of Thaw in a Desert of Snow,” *Washington Post*, 28 May 2002.
18. Parmesan and Galbraith, *op. cit.* note 17; J. R. Pegg, “Global Warming Disrupting North American Wildlife,” *Environment News Service*, 16 December 2004.
19. Douglas B. Inkley et al., *Global Climate Change and Wildlife in North America* (Bethesda, MD: The Wildlife Society, December 2004).
20. John E. Sheehy, International Rice Research Institute, Philippines, e-mail to Janet Larsen, Earth Policy Institute, 1 October 2002; Pedro Sanchez, “The Climate Change–Soil Fertility–Food Security Nexus,” speech, Sustainable Food Security for All by 2020, Bonn, Germany, 4–6 September 2002; USDA, *op. cit.* note 3.

21. Mohan K. Wali et al., "Assessing Terrestrial Ecosystem Sustainability," *Nature & Resources*, October-December 1999, pp. 21–33.
22. Sheehy, *op. cit.* note 20; Sanchez, *op. cit.* note 20.
23. Peng et al., *op. cit.* note 13.
24. *Ibid.*; Proceedings of the National Academy of Sciences, "Warmer Evening Temperatures Lower Rice Yields," press release (Washington, DC: 29 June 2004).
25. David B. Lobell and Gregory P. Asner, "Climate and Management Contributions to Recent Trends in U.S. Agricultural Yields," *Science*, vol. 299 (14 February 2003), p. 1032.
26. K. S. Kavi Kumar and Jyoti Parikh, "Socio-Economic Impacts of Climate Change on Indian Agriculture," *International Review for Environmental Strategies*, vol. 2, no. 2 (2001), pp. 277–93; United Nations, *World Population Prospects: The 2004 Revision* (New York: February 2005).
27. Krist, *op. cit.* note 13.
28. Michael J. Scott et al., "Climate Change and Adaptation in Irrigated Agriculture—A Case Study of the Yakima River," in UCOWR/NIWR Conference, *Water Allocation: Economics and the Environment* (Carbondale, IL: Universities Council on Water Resources, 2004); Pacific Northwest National Laboratory, "Global Warming to Squeeze Western Mountains Dry by 2050," press release (Richland, WA: 16 February 2004); Pacific Northwest National Laboratory, "We're Here, We're Warming, Can We Get Used to It?" press release (Richland, WA: 17 February 2005).
29. Bhawani S. Dongol et al., "Low Flows in the Middle Mountain Watersheds of the Hindu-Kush Himalayas (HKH)," paper presented at the International Conference on the Great Himalayas: Climate, Health, Ecology, Management and Conservation, Kathmandu, Nepal, January 2004; *Mountain Agenda, Mountains of the World: Water Towers for the 21st Century* (Bern: 1998); Mehrdad Khalili, "The Climate of Iran: North, South, Kavir (Desert), Mountains," *San'ate Hamlo Naql*, March 1997, pp. 48–53.
30. For more information see Evelyne Yohe, "Sizing Up the Earth's Glaciers," NASA Earth Observatory, at [earthobservatory.nasa.gov/Study/GLIMS](http://earthobservatory.nasa.gov/Study/GLIMS), 22 June 2004.
31. Crop harvests from USDA, *op. cit.* note 3.
32. Robert Marquand, "Glaciers in the Himalayas Melting at Rapid Rate," *Christian Science Monitor*, 5 November 1999.
33. Paul et al., *op. cit.* note 11; Lonnie G. Thompson, "Disappearing

- Glaciers Evidence of a Rapidly Changing Earth,” American Association for the Advancement of Science Annual Meeting, San Francisco, CA, February 2001; Juan Forero, “As Andean Glaciers Shrink, Water Worries Grow,” *New York Times*, 24 November 2002; Monica Vargas, “Peru’s Snowy Peaks May Vanish as Planet Heats Up,” *Reuters*, 23 July 2004.
34. IPCC, *op. cit.* note 11.
  35. University of Colorado at Boulder, “Global Sea Levels Likely to Rise Higher in 21st Century than Previous Predictions,” press release (Boulder, CO: 16 February 2002).
  36. “Alaska Examines Impacts of Global Warming,” *National Geographic News*, 21 December 2001; Myrna H. P. Hall and Daniel B. Fagre, “Modeled Climate-Induced Glacier Change in Glacier National Park, 1850–2100,” *BioScience*, February 2003, pp. 131–40.
  37. American Institute of Physics, “New Research Shows Mountain Glaciers Shrinking Worldwide,” press release (Boston: 30 May 2001).
  38. Thompson, *op. cit.* note 33; Eric Hansen, “Hot Peaks,” *OnEarth*, fall 2002, p. 8.
  39. Hansen, *op. cit.* note 38.
  40. Paul et al., *op. cit.* note 11; Ceri Radford, “Melting Swiss Glaciers Threaten Alps,” *Reuters*, 16 November 2004.
  41. Thompson, *op. cit.* note 11; “The Peak of Mt Kilimanjaro As It Has Not Been Seen for 11,000 Years,” *The Guardian* (London), 14 March 2005.
  42. Kargel quoted in Hansen, *op. cit.* note 38.
  43. Jonathan Watts, “Highest Icefields Will Not Last 100 Years, Study Finds: China’s Glacier Research Warns of Deserts and Floods Due to Warming,” *The Guardian* (London), 24 September 2004; “China Warns of ‘Ecological Catastrophe’ from Tibet’s Melting Glaciers,” *Agence France-Presse*, 5 October 2004; “Glacier Study Reveals Chilling Prediction,” *China Daily*, 23 September 2004.
  44. Watts, *op. cit.* note 43; “China Warns of ‘Ecological Catastrophe’ from Tibet’s Melting Glaciers,” *op. cit.* note 43; “Glacier Study Reveals Chilling Prediction,” *op. cit.* note 43.
  45. ACIA *op. cit.* note 11; ACIA Web site, [www.acia.uaf.edu](http://www.acia.uaf.edu), updated 13 July 2005; “Rapid Arctic Warming Brings Sea Level Rise, Extinctions,” *Environment News Service*, 8 November 2004.
  46. J. R. Pegg, “The Earth is Melting, Arctic Native Leader Warns,” *Environment News Service*, 16 September 2004.
  47. ACIA, *op. cit.* note 11.
  48. Erik Stokstad, “Defrosting the Carbon Freezer of the North,” *Science*,

- vol. 304 (11 June 2004), pp. 1618–20; carbon emissions in G. Marland, T. A. Boden, and R. J. Andres, “Global, Regional, and National CO<sub>2</sub> Emissions,” in Oak Ridge National Laboratory, *op. cit.* note 2.
49. R. Warrick et al., “Changes in Sea-Level,” in J.T. Houghton et al., eds., *Climate Change, 1995: The Science of Climate Change* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1995), pp. 359–405, cited in Dorthe Dahl-Jensen, “The Greenland Ice Sheet Reacts,” *Science*, vol. 289 (21 July 2000), pp. 404–05.
50. IPCC, *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (New York: Cambridge University Press, 2001), pp. 948–51; Committee of Abrupt Climate Change, *Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises* (Washington, DC: National Research Council, 2002).
51. Joe Friesen, “Arctic Melt May Open Up Northwest Passage: Portal Could Cut Nearly 5,000 Nautical Miles From Asia-Europe Trip Via Panama Canal,” *Globe and Mail* (Toronto), 9 November 2004.
52. U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, “Antarctica: Fact Sheet,” at [www.eia.doe.gov/emeu/cabs/antarctica.html](http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/antarctica.html), September 2000.
53. Andrew Shepherd, “Larsen Ice Sheet Has Progressively Thinned,” *Science*, vol. 302 (31 October 2003), pp. 856–59; “Breakaway Bergs Disrupt Antarctic Ecosystem,” *Environment News Service*, 9 May 2002; “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” *Environment News Service*, 19 March 2002.
54. NSIDC, “Antarctic Ice Shelf Collapses,” at [nsidc.org/iceshelves/larsenb2002](http://nsidc.org/iceshelves/larsenb2002), 19 March 2002; “Breakaway Bergs Disrupt Antarctic Ecosystem,” *op. cit.* note 53; “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” *op. cit.* note 53.
55. NSIDC, *op. cit.* note 54; “Breakaway Bergs Disrupt Antarctic Ecosystem,” *op. cit.* note 53; “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” *op. cit.* note 53; Vaughan quoted in Andrew Revkin, “Large Ice Shelf in Antarctica Disintegrates at Great Speed,” *New York Times*, 20 March 2002.
56. Michael Byrnes, “New Antarctic Iceberg Split No Threat,” *Reuters*, 20 May 2002; Young quoted in “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” *op. cit.* note 53.
57. Boesch cited in Bette Hileman, “Consequences of Climate Change,” *Chemical & Engineering News*, 27 March 2000, pp. 18–19.
58. World Bank, *World Development Report 1999/2000* (New York:

- Oxford University Press, 2000), p. 100; population from United Nations, *op. cit.* note 26; Shanghai population from United Nations, *World Urbanization Prospects: The 2003 Revision* (New York: 2004); Shanghai from Stuart R. Gaffin, *High Water Blues: Impacts of Sea Level Rise on Selected Coasts and Islands* (Washington, DC: Environmental Defense Fund, 1997), p. 27.
59. James E. Neumann et al., *Sea-level Rise & Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Coasts* (Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2000); Gaffin, *op. cit.* note 58.
  60. IPCC, *op. cit.* note 11, p. 665.
  61. Knutson and Tuleya, *op. cit.* note 13.
  62. Janet N. Abramovitz, "Averting Unnatural Disasters," in Lester R. Brown et al., *State of the World 2001* (New York: W.W. Norton & Company, 2001) pp. 123–42.
  63. Storm death toll from National Climatic Data Center, National Oceanic & Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, "Mitch: The Deadliest Atlantic Hurricane Since 1780," [www.ncdc.noaa.gov/oa/reports/mitch/mitch.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/reports/mitch/mitch.html), updated 1 July 2004; Flores quoted in Arturo Chavez et al., "After the Hurricane: Forest Sector Reconstruction in Honduras," *Forest Products Journal*, November/December 2001, pp. 18–24; gross domestic product from International Monetary Fund (IMF), *World Economic Outlook Database*, at [www.imf.org/external/pubs/ft/weo](http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo), updated April 2003.
  64. Michael Smith, "Bad Weather, Climate Change Cost World Record \$90 Billion," *Bloomberg*, 15 December 2004; "Insurers See Hurricane Costs as High as \$23 Billion," *Reuters*, 4 October 2004.
  65. Lisa Rein and Dan Balz, "240,000 Evacuees Strain Capacity," *Washington Post*, 4 September 2005; National Climatic Data Center, "Climate of 2005: Summary of Hurricane Katrina," fact sheet, [www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2005/katrina.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/2005/katrina.html), updated 1 September 2005; P.J. Webster et al., "Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment," *Science*, vol. 309 (16 September 2005), pp. 1844–46; "Katrina May Cost as Much as Four Years of War: Government Certain to Pay More than \$200 Billion Following Hurricane," *Associated Press*, 10 September 2005.
  66. "Awful Weather We're Having," *op. cit.* note 7; Munich Re, *Topics Geo Annual Review: Natural Catastrophes 2004* (Munich, Germany: 2005), p. 15.
  67. "Disaster and Its Shadow," *The Economist*, 14 September 2002, p. 71;

- “Moody’s Downgrades Munich Re’s Ratings to ‘Aa1,’” *Insurance Journal*, 20 September 2002; Hilary Burke, “Insurers to Pay Record Disaster Damages in 2004,” *Reuters*, 16 December 2004; Richard Milne, “Hurricanes Cost Munich Re Reinsurance,” *Financial Times*, 6 November 2004.
68. Tim Hirsch, “Climate Change Hits Bottom Line,” *BBC News*, 15 December 2004.
69. Munich Re, “Natural Disasters: Billion-\$ Insurance Losses,” in Louis Perroy, “Impacts of Climate Change on Financial Institutions’ Medium to Long Term Assets and Liabilities,” paper presented to the Staple Inn Actuarial Society, 14 June 2005.
70. Munich Re, *Topics Annual Review: Natural Catastrophes 2001* (Munich, Germany: 2002), pp. 16–17; value of China’s wheat and rice harvests from USDA, *op. cit.* note 3, using prices from IMF, *International Financial Statistics*, electronic database, at [ifs.apdi.net/imf](http://ifs.apdi.net/imf).
71. Munich Re, *op. cit.* note 69.
72. Andrew Dlugolecki, “Climate Change and the Financial Services Industry,” speech delivered at the opening of the UNEP Financial Services Roundtable, Frankfurt, Germany, 16 November 2000; “Climate Change Could Bankrupt Us by 2065,” *Environment News Service*, 24 November 2000.
73. Bjorn Larsen, *World Fossil Fuel Subsidies and Global Carbon Emissions in a Model with Interfuel Substitution*, Policy Research Working Paper 1256 (Washington, DC: World Bank, February 1994), p. 7.
74. Contributions from the Center for Responsive Politics, “Oil and Gas: Long Term Contribution Trends,” at [www.opensecrets.org/industries/indus.asp?Ind=E01](http://www.opensecrets.org/industries/indus.asp?Ind=E01), updated 10 May 2005; Committee on Ways and Means, *Incentives for Domestic Oil and Gas Production and Status of the Industry*, Hearing Before the Subcommittee on Oversight of the Committee on Ways and Means, House of Representatives (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, February 1999), p. 16.
75. Kym Anderson and Warwick J. McKibbin, “Reducing Coal Subsidies and Trade Barriers: Their Contribution to Greenhouse Gas Abatement,” *Environment and Development Economics*, October 2000, pp. 457–81.
76. Military expenditures from Graham E. Fuller and Ian O. Lesser, “Persian Gulf Myths,” *Foreign Affairs*, May–June 1997, pp. 42–53; value of Persian Gulf oil imports from U.S. Department of Energy, *Energy Information Administration, Annual Energy Review* (Washington, DC: 2001), p. 165.



77. Mark M. Glickman, *Beyond Gas Taxes: Linking Driving Fees to Externalities* (Oakland, CA: Redefining Progress, 2001), p. 1; number of taxpayers from Internal Revenue Service, "Number of Returns Filed, by Type of Return and State, Fiscal Year 2000," in *2000 IRS Data Book* (Washington, DC: 2001).