

## Klimatförändringar och ekonomisk tillväxt

### NATIONAL- EKONOMISKA FÖRENINGENS FÖRHANDLINGAR

2011-03-30

Sammanfattade av  
Birgi Filppa, Karin  
Sirén och Elisabeth  
Gustafsson. Mötet  
var ett samarbete med  
IVAs avdelning IX –  
Ekonomi.

#### Ordförande:

Gabriel Urwitz

Inledare: John Hass-  
ler, Per Krusell och  
Torsten Persson,  
samtliga professorer  
vid Institutet för  
internationell eko-  
nomi, Stockholms  
universitet

#### Övriga deltagare:

Lars Bern, Lisa Blom,  
Jörgen Christensen,  
Per-Olof Eriksson,  
Hubert Fromlet,  
Andreas Hort, Assar  
Lindbeck, Nils Lund-  
gren, Jonas Nycander  
och Marian Radetzki

#### Gabriel Urwitz

Mina damer och herrar! Detta är ett samarrangemang – jag vet inte om det är det första i historien – mellan IVAs avdelning IX, som jag representerar, och Nationalekonomiska Föreningen, som Pehr Wissén är ordförande i. Vi båda hälsar er hjärtligt välkomna till dagens övning.

I alla fall för avdelning IX är detta ett stort möte; vi brukar inte vara så många. Det är trevligt att se att programmet väcker så stort intresse. Vi har tre eminenta inledare: Per Krusell, Torsten Persson och John Hassler. Per kommer att göra en kort inledning. Därefter kommer var och en av er att hålla varsitt eget kort anförande och därefter följer en allmän diskussion. Vi har ingen specifik opponent, utan i stället är formatet att det blir frågor från auditoriet. Inom IVA är detta ett ämne som har debatterats en hel del av olika skäl.

#### Per Krusell

Tack så mycket för inbjudan från IVA! Jag ska säga några övergripande saker om hela detta projekt. Jag har listat upp huvudpunkter och återkommer lite grann till andra deltagare.

Bakgrunden till detta, från vårt perspektiv, är ett allmänt intresse för klimat- och ekonomifrågan. Jag kan nog säga att det i någon mening väcktes ganska sent, dels av Bill Nordhaus forskning som satte i gång på 1990-talet, dels av Sternrapporten som alla känner till och som kom för ett antal år sedan.

Specifikt jobbar vi alla också inom ett projekt som är både tvärvetenskap-

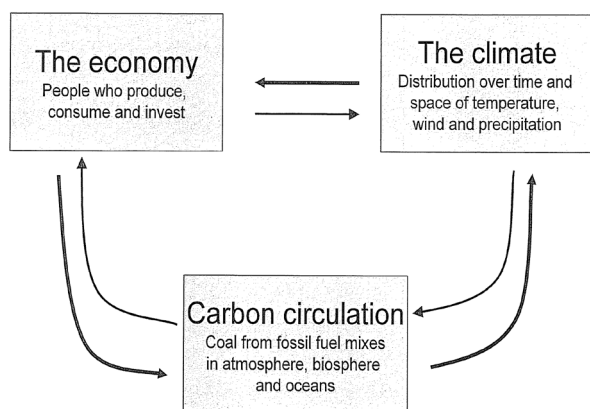
ligt och som involverar folk från olika institutioner. Det handlar om forskning om klimatförändring och dess koppling till ekonomin, innehåller både ekonomisk forskning och forskning om klimatförändringar och innefattar naturvetare och samhällsvetare. Jag kan nämna Stockholms universitet, Lunds universitet, SMHI samt ett antal forskare i andra länder. Bland de lokala deltagarna har vi Jonas Nycander, som sitter här i salen. Han är professor i oceanografi vid Stockholms universitet. Vi har Conny Olovsson, som också sitter här. Han jobbar på vårt institut IES på Stockholms universitet. Sedan har vi några doktorander som också de är här: David von Below, Jenny Hedvall och Jonas Claesson. Ett stort antal andra personer är förstås också involverade.

Våra delar i detta projekt utgörs av två slags forskning. Den ena är att vi som ekonomer vill utvärdera och förstå eventuella skador. Det kan vara fördelar eller nackdelar. Jag har formulerat det som "skador" här eftersom det är det ord som används i denna litteratur. Man ska se det som en sammanfattande nettoeffekt som kan vara antingen positiv eller negativ. I praktiken är detta ett empiriskt arbete av mikroekonomisk karaktär.

Den andra är av makroekonomisk karaktär. Det handlar om att analysera sambanden mellan den globala ekonomin och klimatförändringar på jorden.

Låt mig nu visa en schematisk bild (figur 1) av kopplingarna mellan ekonomi och klimat. Här står på engelska "the economy, the climate and the carbon circulation". Detta är klippt ur ett kompendium, eller början till en bok, som vi håller på med. Vi har också startat en masterskurs i ämnet på Stockholms universitet och detta ingår i kurslitteraturen.

Vi är experter på *the economy* i det här fallet. Denna del handlar om kon-



Figur 1  
Schematisk bild av  
kopplingarna  
ekonomi-klimat

sumtion, investeringar, teknisk utveckling osv. Klimatsidan handlar om hur temperaturer, vindhastigheter och nederbörd varierar över tiden. Den sista rutan i figuren handlar om kolcykeln, dvs hur kol fördelar sig mellan atmosfären, biosfären och oceanerna och hur det dynamiska förloppet dem emellan ser ut.

I figur 1 ser ni en mängd pilar. Jag har inte skrivit någonting vid de specifika pilarna, men i princip är det vi tittar på framför allt att det händer någonting när människor producerar, konsumerar och värmer sina hus. När man bränner fossila bränslen sker framför allt utsläpp av koldioxid. Denna koldioxid hamnar då först i atmosfären och sedan är frågan vad som händer med den över tid och hur den fördelar sig mellan de olika stockarna atmosfär, biosfär och oceaner. Koldioxiden i atmosfären påverkar klimatet på flera sätt, som sedan i sin tur påverkar människan genom de skador som uppstår vid ändrade temperaturer. Detta är alltså schematiskt. Vi tre talare här i dag är experter på det som finns upptill i figuren – ekonomin. Vi är inte experter på de andra områdena.

Jag ska säga lite mer om själva arbetet. Som ekonomer ser vi detta som ett

skolboksexempel på vad vi kallar externaliteter, eller externa effekter. Externa effekter är socioekonomiska effekter på andra som ens handlingar leder till. Dessa effekter kan vara skador, eller också någonting positivt, som följer av de klimatförändringar som orsakas av mänskligt beteende. Externa effekter är vidare, enligt definition, inte någonting man betalar för eller får betalt för. När jag kör min bil och använder bensin betalar jag visserligen för bensinen, men jag betalar inte för de eventuella skador som detta leder till. Jag får inte heller betalt för eventuella fördelar detta skulle innebära någon annanstans på jorden.

Begreppet externalitet har funnits länge inom nationalekonomin. Det finns en hel gren av nationalekonomi som handlar om detta och om hur man ska handha dessa effekter med ekonomisk politik. Det finns många slags externa effekter. Torsten ska prata om ett par stycken i ett specifikt sammanhang. Som jag sa tidigare är en del effekter positiva och andra negativa. Det är viktigt att känna till att alla regioner i världen inte påverkas på samma sätt. Vad som är känt är att alla regioner potentiellt påverkas. Externaliteten är global. Det handlar alltså inte om att man försurar

en sjö, utan att när man bränner ett fossilt bränsle sprider sig det hela över hela jorden. Det är alltså en global externalitet, men den kan slå på olika sätt beroende på geofysiska faktorer m m.

Det finns olika metoder för att mäta skador. En kallar vi reducerad form. Denna handlar om att genom att titta på historiska fluktuationer i t ex temperaturer se hur dessa verkar ha påverkat BNP, BNP-tillväxten eller andra ekonomiska variabler. Nu har vi ganska mycket sådana data. Denna sorts skademätning har vi utfört inom projektet men vi kommer inte att tala om den i dag. Poängen är att man kan se hur det ser ut historiskt när det gäller sambandet mellan fluktuationer i observerbara temperaturer, på väldigt regional nivå och produktionen och produktionsökningstakten.

En helt annan ansats kallar vi *bottom-up*. Det är alltså inte *bottoms up*, som betyder någonting annat! *Bottom-up* innebär att man går in på mikronivå på alla de olika möjliga ställen där det finns externa effekter. Återigen kommer det som Torsten ska säga att representera denna *bottom-up*-metod. Det gäller att täcka in alla möjliga effekter och det finns många. På så vis är det här ett stort område där väldigt lite är gjort. Detta var lite kort om skador.

När det gäller den globala kopplingen mellan ekonomi och klimat är detta makroekonomi. John och jag är makroekonomer, så det är denna del vi håller på med specifikt. Vi känner att vi har något att komma med här i och med vårt kunnande om makroekonomiska samband. En central aktivitet som vi håller på med och som John kommer att presentera speciellt på slutet, men som också ingår i det långsiktiga målet, är byggandet av vad som kallas en *integrated assessment model*. Det är alltså en integrering av de tre rutorna i figur 1 här där vi försöker beskriva ekonomin,

klimatet och kolcykeln på ett sätt som representerar gängse uppfattningar inom respektive vetenskapsområde. Vi sätter ihop detta för att sedan kunna göra ett antal saker. Det handlar bl a om policyanalys: Vad händer om man beskattar användande av bensin, t ex? Vad händer om man gör det i ett land men inte i ett annat? Då har vi denna IAM-model – *integrated assessment model* – för att studera hur konsumenter påverkar och påverkas av klimatet genom de pilar som beskriver alla förloppen.

Ett annat viktigt ämne är vad man på engelska kallar *adaptation*, dvs anpassningsmekanismer. Det finns olika sätt på vilka ekonomier kan reagera på klimatförändringar. Den första anpassningsmekanismen man tänker på som ekonom är kanske marknadsmekanismen – speciellt försäkringsmarknader och handel. Men migration är också en central variabel och det finns även ett antal andra möjliga anpassningsmekanismer. Anpassningsmekanismer av olika slag kan vi studera med *integrated-assessment*-modeller. Vad händer om man har respektive inte har en försäkringsmarknad? Hur kommer effekterna att slå?

Slutligen kommer vi att kunna använda *integrated-assessment*-modeller till att simulera framtida scenarier. John kommer att ge tydliga prov på detta. Jag skriver här att dessa scenarier är konsistenta. Vad jag menar då är att antagandet om energiförbrukningen eller användningen av fossila bränslen kommer från samma modell som simulerar scenariet. Den i sin tur kommer från en bild av hur ekonomin fungerar och hur denna reagerar på klimatet. Vi kan producera grafer som, givetvis under antaganden som vi noggrant måste beskriva, visar vad som händer med temperatur och med eventuella skador över tiden. Resultatet beror också på vilken policy vi anammar i olika länder i världen.

Detta är huvudtanken med en *integrated assessment model*. Den första som byggdes konstruerades av Bill Nordhaus. Vårt projekt syftar framför allt till att ta fram en mycket mer avancerad sådan modell.

Jag ska göra några generella poänger – om priors, metod etc. För det första vill jag säga att vår forskning är förut-sättningslös i den meningen att vi kommer fram till det vi kommer fram till – vi har ingen förutbestämd inställning. Vi kom själva in sent på området utan något specifikt intresse för klimat. Vi har lärt oss mycket därför att vi har startat från en låg nivå – åtminstone jag. Tanken är helt enkelt att vi känner att våra kunskaper som ekonomer kanske kunde vara värdefulla på detta område – det var därför vi satte i gång med detta. Jag tror att en del av de saker som vi har tagit fram är förvånande slutsatser. Andra kanske är mindre förvånande osv. Detta kan betraktas som grundforskning.

Som ekonomer vill vi helt enkelt göra en traditionell kostnads- och intäktsanalys på global och lokal nivå. Det är egentligen detta vi ser som vår roll. Vi tycker verkligen att ekonomer behövs av de skäl jag har nämnt. För att förstå sambandet är det jätteviktigt att vi har makroekonomer som förstår lite grann hur man ska tänka här. När det gäller att värdera skador måste vi ofta värdera dem i kronor och ören innan beslutsfattare förstår vad man eventuellt ska göra, om det är värt det och vad det i så fall är värt. Detta är någonting som ekonomer kan utföra.

Jag vill nämna här, eftersom en stor del av er är IVA-medlemmar och har naturvetenskaplig bakgrund, att vi inte har några egna naturvetenskapliga ambitioner med detta. Det finns sådana delar i projektet, men det är inte det som just *vi* håller på med. Vad vi vill göra är att använda naturvetenskapliga data och gängse naturvetenskaplig teori. Då

vänder vi oss till våra kolleger inom naturvetenskaperna, bland andra Jonas, för att förstå hur de tänker, hur man kan sammanfatta forskningsläget osv. Ambitionen är helt enkelt att använda dessa data och de teorier som finns och förenkla dem så att vi kan förstå dem och använda dem.

Jag vill till slut summera genom att ge en kort överblick av de mål och de resultat vi har. Det finns ett övergripande långsiktigt mål. Det är att ta fram en *integrated assessment model* av världens ekonomi och klimat som är regionalt oerhört detaljerad. Jag menar då att den är så detaljerad att det handlar om 1 grad gånger 1 grad på kartan. Man kan alltså med hög precision beskriva vad som händer var både när det gäller ekonomiskt utfall och klimatutfall. Detta är ett exempel på en del i projektet där vi har tillräckligt med specialistkunskap som ekonomer för att lyckas göra detta. Nordhaus hade åtta regioner när han byggde sin modell. Vi kommer att ha kanske 5 000. Det är inte uppenbart att man kan ta det språnget och detta är en av de saker som vi hoppas mycket på.

Jag har skrivit 1 grad latitud och 1 grad longitud. Man kan med denna upplösning simulera och utvärdera policy på en helt annan nivå än tidigare – det är det som är så spännande med detta. Framför allt tror jag att det är viktigt att förstå hur olika regioner påverkas på olika sätt. Vi vet ju att det är jätteviktigt att förstå just denna fråga i klimatförhandlingar. Fördelningsfrågan är central. Vi kommer inte att förorda någon direkt policyslutsats: vi kommer helt enkelt att redovisa hur olika slags *policy* påverkar olika regioner på olika sätt, detta som en input till politiker och en intresserad allmänhet inför de beslut och förhandlingar som föreligger på detta område.

Vi kommer att presentera resultaten i tre delar här i dag. Min del handlar om

hur teknikutveckling för energisparande eventuellt går till som en funktion av att det blir dyrare med fossila bränslen. Det ska jag prata mer om i detalj alldeles strax. Sedan kommer Torsten att tala om effekter av vädervariationer på barnadödlighet på kontinenten Afrika. Slutligen kommer John att tala om en global *integrated assessment model*. Han kommer då att presentera en preliminär skattning av de marginella externalitetskostnaderna eller vinsterna – dessa kan i princip vara positiva eller negativa. Därmed handlar det också om hur hårt man ska beskatta eller subventionera aktiviteten att bränna fossila bränslen.

Dessa frågor kan te sig väldigt specifika. För att förklara det hela kan jag säga att vi har varit tvungna att ställa en del frågor som vi anser vara centrala för att utveckla en robust och bra *integrated assessment model*. Fråga 1 och fråga 3 är en del i att bygga den stora modellen. De är nödvändiga första steg som vi anser att vi behöver ta. Väldigt lite av sådana frågor har ställts av ekonomer tidigare. Vi hade på sätt och vis hoppats att mycket mer redan hade gjorts, men så är inte fallet. Det har dock visat sig att vi varit tvungna att ställa några grundläggande frågor innan vi kunde gå vidare och göra någonting som vi tror vi kan bygga på. Det finns väldigt lite gjort just när det gäller mikrobiten och effekter av klimat- och väderfluktuationer på ekonomiska utfallsvariabler.

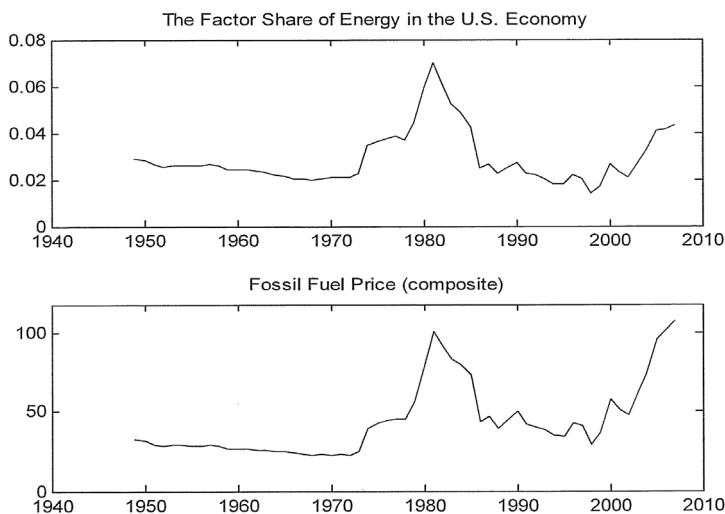
Detta var den allmänna inledningen. Nu ska jag byta ämne och jag kommer då att använda lite text och figurer på engelska. Ämnet gäller en specifik uppsats med namnet "Energy-Saving Technical Change" som vi håller på att jobba med och som är nästan helt färdig. Det är John, jag och Conny som har skrivit den. Vi har en fråga i uppsatsen som, uttryckt som en lite lång mening, är: Vad händer med energisparande, och speciellt teknologisk utveckling som ämnar

att spara på energi, när fossila bränslen blir dyrare? Detta är en relevant fråga på många sätt. Vill man beskatta fossila bränslen är detta i högsta grad relevant. Vad händer med tekniken? Ekonomer säger ofta att tekniken kommer att fixa allt. Det är en *gut reaction* de har när man diskuterar sådana frågor med dem. Det handlar om knappa naturresurser osv. Vad händer när priserna blir högre? Då kommer den tekniska utvecklingen, säger ekonomerna. Här ställer vi den typ av fråga som handlar just om energisparande och teknisk utveckling som ämnar att spara på den dyra energin.

Det finns några konkreta exempel på detta från 1970-talet. På 1970-talet blev det plötsligt mycket dyrt med olja eftersom Opec lyckades samordna sig så att oljepriset steg kraftigt, första gången 1973. Jag ska strax visa en graf över detta. Efter 1973 föll priset tillbaka en del för att 1979 gå upp oerhört mycket igen, efter vilket det gick ned igen. Från denna period finns det väldigt många konkreta exempel på att man försökte spara på energi för att det hade blivit så dyrt. Det finns t ex mikroekonomisk litteratur som bygger på en mängd specifika studier.

Faktum är dock att det inte riktigt finns någon sammanfattande kvantitativ makroekonomisk utvärdering. Det är detta vi gör ett försök att bidra med i uppsatsen. Vi tittar på historiska data – specifikt data från USA eftersom de är lättillgängliga och ganska tillförlitliga – för att få en bild av den totala betydelsen av den typ av reaktion som teknikbildning för att spara på energi hade för den amerikanska ekonomin.

I uppsatsen pratar vi inte alls om klimataspekter. Studien är dock viktig eftersom energimarknaden är en viktig del av klimatfrågan. För att förstå teknikutveckling och hur den eventuellt svarar på skatter, priser osv måste vi alltså först studera denna marknad.



Figur 2  
Fossila bränslen: pris  
och kostnadsandel  
(av USAs BNP) över  
tiden

Källa: Egna beräkningar.

Nu ska jag visa en bild (figur 2) på pris- och kostnadsandelar på fossila bränslen. Detta är två grafer. Den nedre visar utvecklingen från 1948 på realvärdet, ett sammanvägt index, för priset på kol, olja och naturgas. Vi ser att priset gick upp ganska markant 1973. Det hade faktiskt fallit i reala termer innan dess. Men då gick det alltså upp markant och blev rätt konstant. 1979 drog det i väg upp igen. Detta har haft en enorm betydelse för den nationalekonomiska forskningen eftersom en ganska långvarig produktivitetstillgång ägde rum samtidigt. Många ekonomer intresserade sig för frågan när detta hände. Det gällde även den allmänna frågan om knappa naturresurser. Sedan föll priset tillbaka för att senare gå upp. Vi har inte data hela vägen fram till i dag.

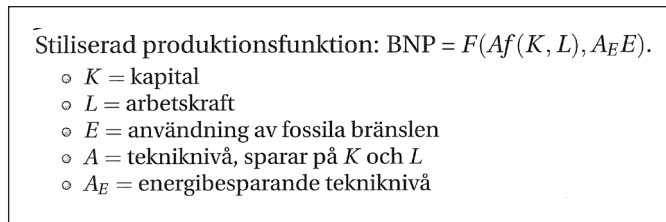
Vad vi ser här är den andel av alla kostnader för produktionen i den amerikanska ekonomin som kol, olja och naturgas står för. Vi ser här att den låg på 2 procent 1973. Sedan gick andelen upp till ungefär 7 procent. Sedan föll den tillbaka osv. Vad vi ser här är att de båda graferna liknar varandra ganska

mycket. Man skulle kunna tänka sig att det skulle vara en mer konstant andel på något sätt, men så har det alltså inte sett ut. När priset per enhet gick upp sköt den totala kostnaden upp som andel av BNP. Priset och andelen i kostnaden gick alltså hand i hand.

Nu ska jag helt kort beskriva den metod vi använder för att ta fram den totala betydelsen för teknikreaktionen på detta. Vi bygger på Robert Solows (ekonomipriset 1987) sätt att mäta aggregerad teknologitillväxt. Han skrev uppsatsen 1957; metoden är central i alla läroböcker.

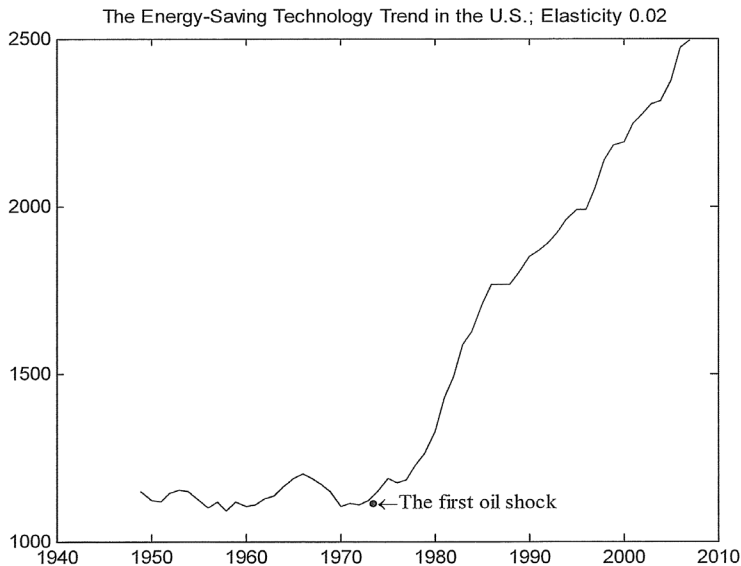
Det hela går till ungefär som jag visar här på bilden (figur 3). En enkel ekvation visar det som makroekonomer brukar bygga på – att man kan beskriva BNP som en funktion av insatsvaror. Vi har alltså BNP och denna är en funktion  $F$  av två argument. Det första handlar om  $K$  och  $L$ .  $K$  är kapital och  $L$  är arbetskraft. Jag ska återkomma till  $A$ . Det andra handlar om energi. Detta är alltså tre slags insatsvaror.  $E$  står för energi. Jag tänker då på fossila bränslen. Jag bortser från alternativa energikällor, dvs

Figur 3  
Metod



Källa: Egna beräkningar.

Figur 4  
Tekniknivå  $A_c$   
(energispårändni-  
vån)



Källa: Egna beräkningar.

kärnkraft osv. Teknik kommer in på två ställen.  $A_E$ , som vi är speciellt intresserade av, är energibesparande tekniknivå. Den kommer in här. Om denna parameter är hög kan man ha råd att minska  $E$  och ändå få samma resultat när det gäller produkten av dessa två. Man kan alltså hålla produkten konstant om  $A_E$  går upp genom att låta  $E$  gå ned. När  $A_E$  går upp är det ett uttryck för att energitekniken är avancerad och att man kan spara på  $E$ . Detta är ett aggregerat sätt att tala om energibesparingstekniknivå.

På samma sätt finns det en teknikfaktor som sparar på de andra insatsva-

rorna. Man skulle kunna ha en för vardera, men vi har lagt ihop de två andra i en som skiftar i den lilla funktionen – lilla  $f$  som beror på  $K$  och  $L$  – uppåt eller nedåt. Men tanken är att både  $A$  och  $A_E$  går upp under tiden på grund av forskningens framsteg.

Nu är frågan: Kan vi med hjälp av data läsa ut hur dessa faktorer utvecklats? Tanken är att använda ett gängse sätt att beskriva makroekonomiska data, dvs ett sätt som används i stora delar av den empiriska makroekonomiska analysen men som inte tidigare använts för att studera just insatsvaran energi. Man behöver anta några saker för att detta

ska fungera. Fördelen med Solows ansats är att man inte behöver göra speciellt starka antaganden för att det ska bli en meningsfull och insiktsfull analys. Vad vi antar är främst att priserna på de tre insatsvarorna K, L och E avspeglar det som vi ekonomer kallar deras marginella produktivitet. Om det kostar 10 kr att använda en enhet kapital kommer företagen, om de maximerar sina vinster, att köpa kapital och använda det upp till den punkt där vinstökningen av den ökade produktionen är just 10 kr. Företagen maximerar om de sätter den marginella produktiviteten lika med priset. Det är en grundläggande marknadsmekanism som jag tror att de flesta ekonomer anser vara ungefärligen uppfylld på fria marknader. Det är för övrigt också ett skäl till att den amerikanska marknaden många gånger är ett bra försöksobjekt – marknaderna anses ju vara ganska oreglerade där.

Om man antar detta kan man alltså skriva ned en ekvation där derivatan av F med avseende på K, L och E blir lika med respektive pris. Vi har sedan faktiska data på priser och kvantiteter och det är därför möjligt att formulera tillräckligt många ekvationer för att kunna lösa ut A och  $A_E$  för att förklara de data vi observerat.

Jag ska visa en sekvens av grafer (figurerna 4–6). Vi kan först titta på teknikknivån  $A_E$ : *The Energy-saving Technology Trend in the United States* (figur 4). Det står *elasticity* 0,02 vid grafen; jag glömde att säga att det förstas spelar en viss roll vad man har för slags produktionsfunktion. Där har vi prövat en mängd antaganden. *Elasticity* syftar här på hur utbytbar energin är med de andra två insatsfaktorerna. Vi har dragit slutsatsen utifrån vår statistiska analys att den är ganska outbytbar på kort sikt, dvs att det är svårt att ersätta energin med kapital och arbetskraft på kort sikt, men att man kanske kan göra det på lite längre

sikt. Detta innebär en kortsiktig elasticitet på ganska nära noll. Vårt estimat är alltså 0,02, vilket jag tror är ganska okontroversiellt.

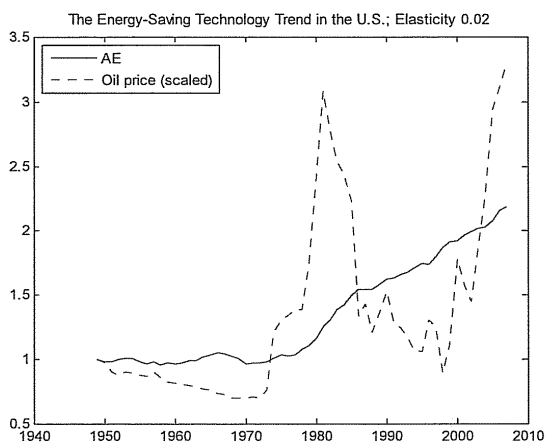
Som jag visar här har vi en teknikksparnivå – den heldragna linjen i grafen – som ligger ganska kontant fram till 1973. Sedan drar den i väg uppåt. Man ser inte tillväxttakten här i grafen, men den är ungefär 1,5 procent per år. Jag insåg i går att vi borde integrera detta och multiplicera med E. I så fall får man fram ett värde på det totala sparatet som kommit av denna utveckling. Tyvärr har jag inte de siffrorna, för vi hann inte räkna fram dem. Men siffrorna pekar på en mycket stark reaktion. Det handlar om 1,5 procent under en lång period, från 1970 fram till 2010. Det ackumulerar till stora belopp värdemässigt.

För oss var detta verkligen en upptäckt. Det är ingen som tidigare har gjort denna typ av uträkning som alltså ger en aggregerad bild av teknologisparatet. Det som finns i litteraturen är i stället exempel, dvs konkreta mikroexempel. Till exempel infördes en reglering i USA mot användandet av vissa slags bilar med hög bensinförbrukning. Bilföretagen svarar förstas på detta och ändrar utbudet av bilmodeller. Det finns många olika slags exempel på denna sorts reaktioner. Men vad är ett totalt mått på detta? I någon mening är detta det huvudsakliga resultatet i vår uppsats.

Vi hittade också ett klart samband med priset. Ni såg tydligt vilken reaktionen på teknikfaktorn blev när oljepriset gick upp 1973. Men man kan titta lite mer på delperioder (figur 5). Den heldragna linjen är densamma som den förra fast lite mer ihoppressad på grund av skalan. Den var alltså konstant fram till 1973 och sedan började den öka. Den prickade linjen är oljepriset. Tittar man noggrant ser man att det finns ett positivt samband. Där priset är ovanligt

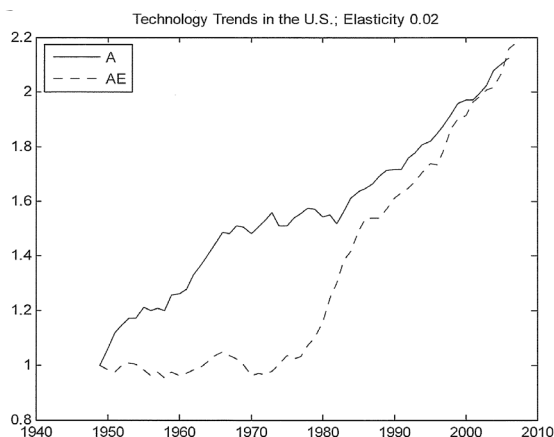


*Figur 5*  
Samvariation mellan  
priset och energispar-  
marknaden



*Källa:* Egna beräkningar.

*Figur 6*  
Samvariation mellan  
teknikfaktorerna:  
”Directed technical  
change”



*Källa:* Egna beräkningar.

högt är ökningstakten ovanligt hög. Vi har tagit några exempel på ökningstakter under delperioder. Det framkommer då tydligt att det finns ett positivt samband mellan hur högt oljepriset är och hur snabb ökningstakten är i teknikfaktorn.

Ett annat slags samband man kan se är mellan teknikfaktorn energisparande och den teknikfaktor som går ut på att spara på andra insatsvaror. Vi har bytt strukturen i den graf ni nu ser (figur 6). Den prickade linjen är nu för ener-

gisparande, alltså den som var konstant fram till 1973 och sedan börjar öka och den heldragna är den faktor som sparar på kapital och arbetskraft. Dessa är tydligt negativt korrelerade. När den ena går upp verkar den andra falla tillbaka, medan totalen är relativt konstant. Vi har gjort lite olika slags statistiska analyser, bl a tagit bort högfrekventa rörelser i dessa två serier och kört en enkel regression mellan ökningstakten i tekniksparande för energi och den för kapital och arbetskraft och vi finner då en hög och

statistiskt signifikant negativ relation.

Sammanfattningsvis är vi glada att vi i den här uppsatsen har hittat ny, och framför allt aggregerad, evidens för en variation mellan pris och teknikutveckling i fossila bränslen. Det ser dessutom ut som om den totala forskningen är förhållandevis konstant men att den faktiskt ändrar inriktning beroende på vilka insatsvaror som är dyra. Detta är förstås inte konstigt i princip – det låter tvärtom väldigt naturligt – men frågan är hur stark effekten är kvantitativt. Genom att ha lyckats med en kvantitativ aggregerad utvärdering är uppsatsen på denna punkt den första i sitt slag.

Dessutom kan man förvänta sig, tror vi, att mönstren vi har pekat på här kan fortsätta att finnas även i framtiden och att effekterna av skatter, som det här inte gällde utan här gällde effekten av prisförändringar, borde följa samma mönster. Detta är värdefull information när vi går vidare. Man kan t ex lite spekulativt använda historiska data för att försöka räkna ut hur de här serierna förväntas utvecklas framöver. Detta har vi faktiskt gjort. I denna uträkning har vi antagit att historiska mönster upprepar sig och att utvecklingen framöver blir balanserad, dvs att inkomstandelen för energi inte kommer att gå mot 0 eller 1 utan kommer att ligga kvar ganska stabilt de närmaste ca hundra åren. Utifrån dessa antaganden kan man räkna ut hur hög tillväxttakten bör bli i genomsnitt för var och en av de två teknikfaktorerna. Man kan dessutom räkna på hur hög den totala tillväxttakten borde bli. Genom att räkna ut detta kommer vi fram till att BNP kommer att växa med 1,3 procent, vilket är markant lägre än tidigare, men det är ändå en positiv tillväxttakt. Energisparandet kommer att gå upp ungefär en procentenhet i tillväxttakt på grund av knappheten. Den här uträkningen bygger förstås på att energin framför allt kommer från fos-

sila bränslen som vi inte kan återskapa, dvs vi är tvungna att använda mindre av den, vilket leder till den höga tillväxttakten i energisparande. Den återstående teknikfaktorn kommer också att växa, men detta sker i motsvarande mån till en lägre takt än tidigare, under 1 procent.

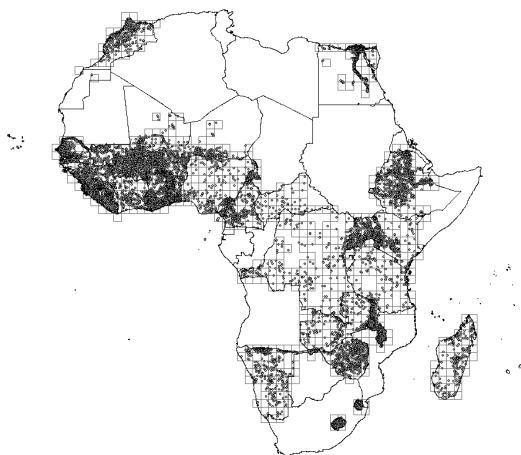
Trots att vi har begränsat med fossila bränslen säger alltså vår makroekonomiska analys att slutsatsen är att tillväxttakten i konsumtionen, även om den kommer att vara lägre än den varit historiskt, fortfarande kommer att vara positiv under en betydande tid framöver. Dessa uträkningar är förstås spekulativa eftersom de bygger på förhållandevis starka antaganden. Det är dock rimliga antaganden utifrån vår kunskap för närvarande.

#### *Torsten Persson*

Jag ska berätta lite om en helt annan del av projektet än den Per talade om. Jag utgår från en studie om väder och spädbarnsdöd i Afrika som jag gjort tillsammans med Masayuki Kudamatsu och David Strömberg från IIES.

Studien handlar om att leta efter samband mellan väderutfall och socioekonomiska utfall, som Per antydde i inledningen. Det gör vi genom att se på samband mellan utfall och historiska väderutfall. Som jag nämnde gäller det spädbarnsdöd i Afrika. Varför Afrika? Afrika har ett relativt kärvt klimat, ganska utsatta samhällen och stora väderfluktuationer som kan få stora effekter. Varför spädbarnsdöd? Jo, det är ett gigantiskt hälsoproblem kanske ett av Afrikas, och världens, två största hälsoproblem tillsammans med aids. I våra data har vi en miljon födselar. År 1970 dör 182 per 1 000 nyfödda före ett års ålder. Det sker en viss förbättring till år 2000, då samma siffra är 10 procent eller 96 av 1 000. Till skillnad från aids är det rimligt att tro att problemen med

Figur 7  
Raster för väder-  
observationer och  
punkter för hälsoob-  
servationer



Källa: Egna beräkningar.

spädbarnsdöd är väderberoende eftersom spädbarnsdöden har orsaker som malaria och undernäring, vilka i sin tur beror på nederbörd och temperatur.

Som Per antydde är det existerande vetandet om denna fråga ganska begränsat. Det finns ett antal lokala studier som medicinare och epidemiologer har gjort vid enskilda kliniker under en viss begränsad tid. Däremot finns det ingen, eller väldigt lite, forskning om storskaliga effekter. Många tror helt enkelt att sådana studier är omöjliga på grund av bristfälliga data. En stor poäng med den här studien är att kombinera data från ett antal källor.

Till att börja med har vi data på individnivå från de senaste 45 åren som kommer från sk Demography and Health Surveys. Sådana studier har gjorts i många länder med stöd från den amerikanska utvecklingsmyndigheten, USAID. Varje survey undersöker ungefär 5 000 kvinnor i fertil ålder och ställer frågor om deras demografiska bakgrund, inklusive när deras barn är födda, om de har överlevt, samt vilken månad barnen fötts och eventuellt dött. Vi har ca 250 000 kvinnor i undersök-

ningarna, ungefär 220 000 mödrar som har fått ungefär 1 miljon barn. Vi använder sammanlagt 51 undersökningar som är gjorda i 28 olika länder och därmed data på månadsbasis från sammanlagt 17–18 000 geografiska mätpunkter där vi också känner longitud och latitud.

Nu vill vi kombinera dessa data med väderdata. Man kan tro att det är lätt att få sådana från väderstationer. Det hade varit möjligt i Europa eller USA, men i Afrika finns alldeles för få väderstationer och dessutom är data från dem ofta inte kontinuerliga och inte alltid tillförlitliga. Därför använder vi någonting som meteorologerna kallar återanalys, från ett dataarkiv som finns vid det Europeiska centret för medelfristiga väderprognoser, ECMWF. Jag drar detta i väldigt korta drag, jag kan svara på frågor sedan.

Vi har alltså "historiska väderprognoser" baserade på alla tillgängliga data, inklusive satellitdata som används världen över. Ur dessa kan vi hämta observationer på nederbörd och temperatur var sjätte timme. Dessa kombinerar vi i tid och rum med våra hälsodata.

Här ser ni en stiliserad illustration

av vår databas (figur 7). Varje prick på Afrikakartan är en av de 17 500 mätpunkter där vi har observationer på de barn som fötts och om de överlevt eller inte. Vi har också väderobservationer, var sjätte timme under de senaste 45 åren, i mittpunkten av varje ruta i bilden. Sedan aggregerar vi denna information i tid och rum och får ihop data som vi kan analysera. Det är en viktig del av projektet.

Sedan försöker vi alltså hitta två kanaler varigenom väder och spädbarnsdöd hänger ihop: malaria och undernäring.

När det gäller malaria fokuserar vi på infektioner av mamman när barnet befinner sig i livmodern. Man inser intuitivt att det inte är så hälsosamt att bli malariainficerad när man är gravid. En infektion betyder stor risk för låg födslovikt eller för tidig födsel som båda är stora riskfaktorer för att barnet inte ska överleva. Konkret använder vi ett specifikt malariaindex som epidemiologer har tagit fram. Det anger helt enkelt precisa temperatur- och fuktighetsvillkor för att malariamyggan ska kunna tillväxa och överleva och för att parasiten som överför malaria från en människa till en annan ska kunna tillväxa tillräckligt fort. Sedan mäter vi hur många månader under året före varje födsel som mamman är utsatt för väder som befordrar malaria.

När det gäller undernäring kan bristande näringstillgång för modern när barnet är i livmodern vara en riskfaktor. I Afrika är det klart att näringstillgången är nära relaterad till det lokala skördeutfallet, eftersom 55 eller 60 procent av afrikanerna lever direkt av jordbruk och många andra gör det indirekt. När det gäller afrikanskt jordbruk är nederbörden helt central eftersom man inte har tillgång till konstbevattning. Vi mäter därför nederbörden under den lokala växtsäsongen, som vi i sin tur

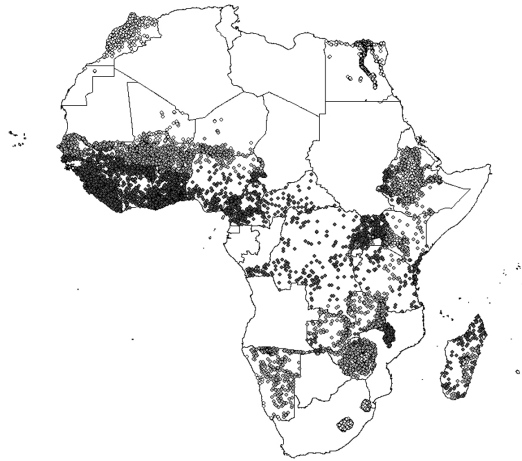
fastställer med hjälp av satellitdata. Mer specifikt har vi satellitdata för ett växtlighetsindex varannan vecka med 8 x 8 kilometers upplösning. Vi får därigenom data på den typiska skördesäsongen och växtsäsongen på varje plats där vi också mäter hälsoutfall. Sedan mäter vi nederbörd, torka och temperatur under växtsäsongen.

Uppgiften är sedan att statistiskt uppskatta effekten av väder som orsakar malaria och undernäring på spädbarnsdödligheten. Det finns många orsaker att tro att det finns icke-kausala samband mellan väder och spädbarnsdöd i data, men vi är förstas intresserade av kausala samband. Vårt angreppssätt är därför att endast använda den slumpmässiga delen av väderfluktuationer. Vi utnyttjar därför tidsvariationer på varje mätplats, relativt det månadsvisa genomsnittet på samma mätplats. Det är därmed bara den naturliga vädervariationen som används för att identifiera effekten av väder på spädbarnsdöd. Ni kan tänka på vår design som en gigantisk uppsättning naturliga experiment, som vi använder för att identifiera effekterna av väderfluktuationer.

Anta först – helt orealistiskt – att väderfluktuationer har samma genomsnittliga effekter över hela Afrika. Vad finner vi då? Jo, ett högre malariaindex ger högre spädbarnsdöd. Detsamma gäller för torka, vilken vi definierar som två standardavvikelse mindre nederbörd under den aktuella växtsäsongens tid än det lokala genomsnittet. ”Normala” linjära variationer i nederbörd ger däremot inte några effekter. Storleksordningen av effekterna på dödligheten är omkring 10 per 1 000 för en torrperiod, dvs 1 procentenhet. Har man ett halvår mer malaria än normalt dör ungefär 6 barn mer per 1 000.

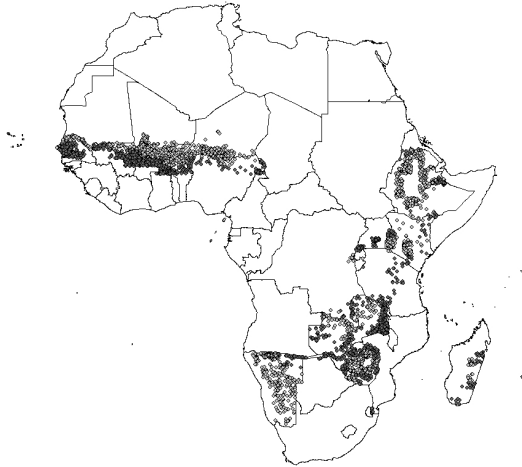
Dessa genomsnittliga effekter är robusta även om vi använder väldigt konservativa antaganden vid vår statistiska

Figur 8  
Malariaområden i  
Afrika



Källa: Egna beräkningar.

Figur 9  
Områden med låg och  
hög incidens av epi-  
demisk malaria

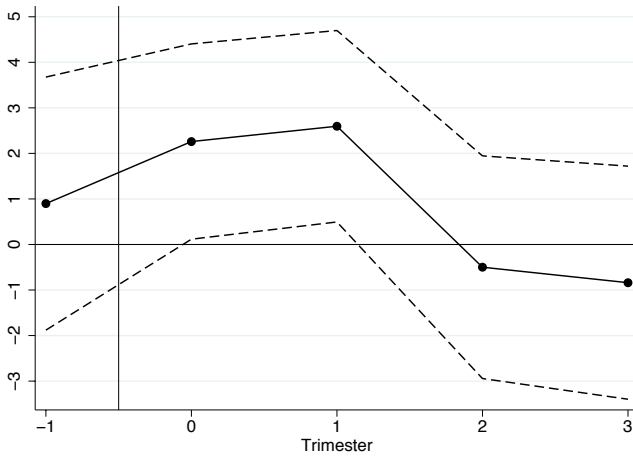


Källa: Egna beräkningar.

inferens. Men vi får mycket starkare resultat om vi – mer realistiskt – betingar effekterna på olika faktorer som geografi, tid för födelsen, familjetyp. Resultaten är olika på olika platser för olika människor med olika förhållanden.

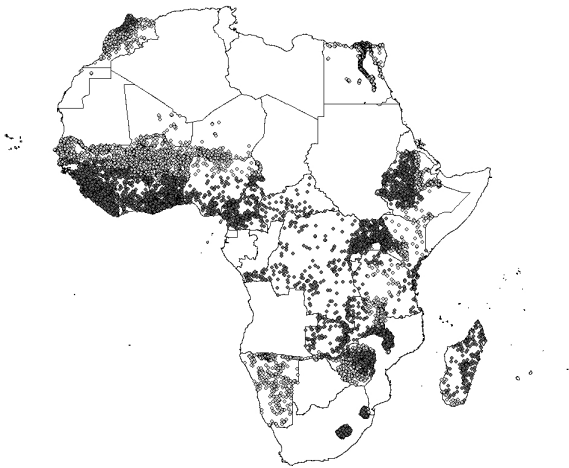
När det gäller "malariakanalen" är den viktigaste skillnaden mellan olika områden. Vi delar in den afrikanska kontinenten i olika malariazoner be-

roende på hur många månader malaria man har i genomsnitt. Det är rimligt att tänka sig att sjukdomseffekterna av en malariaepidemi blir mycket större på de platser där malaria är ovanlig. Det finns riklig evidens i den medicinska litteraturen att så är fallet (figur 8). Här är återigen en karta över Afrika. Vita mätpunkter är ställen där det inte finns malaria över huvud taget enligt våra väderdata



Figur 10  
Spädbarnsdöd vid  
malariaexponering  
under olika kvartal  
före födseln

Källa: Egna beräkningar.



Figur 11  
Torra och regniga kli-  
matområden i Afrika

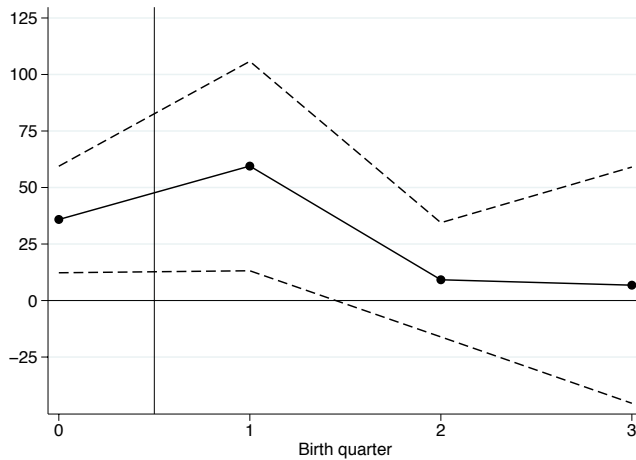
Källa: Egna beräkningar.

enligt det malariaindex vi hämtat från epidemiologerna. Ljusgrå punkter är sådana där malaria är epidemisk, dvs vädret tillåter malaria i genomsnitt bara upp till fyra månader per år. De mörkgrå punkterna slutligen markerar de ställen där malaria är endemisk, dvs vanligare än så.

Vad vi finner är att effekterna på barnadödligheten bara finns i de epidemis-

ka områdena (figur 9). På denna bild har jag brutit upp de epidemiska områdena på sådana där det väldigt sällan är malaria, de ljusgrå, en till två månader per år, och de mörkgrå områdena som har tre till fyra månader per år. Skattar man effekterna av sex månaders malariaväder, i stället för noll månader, får man en effekt på 35 fler döda barn per 1 000 födda i de förra områdena och 30 per 1 000 i de

Figur 12  
Spädbarnsdöd under  
olika födslokvartal  
relativt början av  
regntiden



Källa: Egna beräkningar.

senare. Här blir det alltså gigantiska effekter av en plötslig malariaepidemi.

Vi ser också tydliga skillnader beroende på när mamman exponeras för malariachockerna. Som nästa bild visar ger malaria alldeles i början av (eller alldeles innan) graviditeten de starkaste effekterna (figur 10). Diagrammet visar de statistiska resultaten för kvartalet innan befruktningen, första kvartalet efter befruktningen och de två sista kvartalen av en graviditet. Som synes är malaria i början av graviditeten speciellt farlig.

Det sista jag ska säga någonting om är de betingade resultaten vad gäller undernäring. Här är det rimligt att tänka sig att effekterna beror på den normala klimattypen, eftersom denna påverkar såväl vad man odlar som olika levnadsvanor. Här använder vi en klassifikation av olika områden som ni känner igen från Köppens kära gamla Atlas (figur 11). De ljusgrå prickarna är torra områden, dvs halvöken och stäpp, de mörkgrå är mer tropiska eller tempererade områden där det normalt regnar mycket. Vad vi finner är att effekterna av torka – alltså två standardavvikelser mindre nederbörd än normalt – uppträ-

der bara i de torra områdena. Nu är vi uppe på en dödlighet på kanske 20–25 per 1 000 i torra områden. När vi betingar på familjesituationen ser vi att effekten av torka i torra områden är mycket starkare i familjer som inte har någon längre utbildning och i familjer som är sysselsatta utanför jordbrukssektorn. Spädbarnen i dessa familjer drabbas alltså hårdast.

Det är också stor skillnad beroende på när barnen föds. I existerande utvecklingslitteratur talar man om tiden just kring regnperiodens start som en "hungry season" i jordbruket. Då är kaloribalansen väldigt oförmånlig. Man har lite mat kvar från förra skörden och man har mycket arbete att göra för att förbereda jorden för nästa odlingsäsong (figur 12). I min sista figur ser vi hur effekterna av torka på spädbarnsdöd fördelar sig på födselar under olika kvartal. Den visar att effekterna av en torrperiod är mycket starkare för kvartalen just innan och efter det att regnen börjar än de kvartal som ligger närmare skördetillfället. Det är nu 50 eller 60 barn per 1 000 som dör av en torrperiod om de föds just under "hungry season".

Hur kan man gå vidare med liknande studier? En möjlighet är att studera andra typer av hälsorelaterade utfall, t ex fertilitet eller dödlighet för äldre barn. En annan möjlighet är att studera effekter av moderns hälsa på barnets hälsa. Om en flicka har otur med dåligt väder under sin graviditet kan hon bli kortväxt och svag och detta kan göra att hennes egna barn kan löpa större risk att dö som spädbarn. Vi vill också vidga analysen och diskutera andra utfall än hälsa och utfall i andra områden än Afrika med liknande metoder.

Naturligtvis är syftet att så småningom också studera möjliga effekter av klimatförändringar. Om man tittar på effekterna av förändrat klimat inklusive extrema väderutfall i framtiden kräver det naturligtvis hänsyn till olika anpassningsmekanismer. De resultat vi har så här långt antyder att inte bara temperaturen spelar roll utan också variabiliteten i nederbörden. Därmed hamnar vi vid den nuvarande forskningsfronten i meteorologi. Mer konkret befinner sig folk i de torra områdena i Afrika som också har epidemisk malaria – t ex Sahel på gränsen till Sahara och ett antal områden i Östafrika – i ett besvärligt predikament. Om det regnar för mycket blir det malaria, om det regnar för lite blir det torka. I båda fallen ger detta tragiska utfall i form av ökad spädbarnsdöd. Det är denna typ av slutsatser man kan dra på det här stadiet, men uppenbart finns här mycket, mycket forskning kvar att göra.

### John Hassler

Det jag tänkte presentera är resultat från en uppsats som vi hoppas kunna se publiceringen av snart och som vi gjort tillsammans med några kolleger på Yale, Michael Golosov och Aleh Tsyvinski. Det handlar om att konstruera en enkel, stiliserad och transparent *integrated assessment model* som Per pratade om med

tre delar som hänger ihop. Per pratade också om att koldioxidutsläpp i den mån de påverkar ekonomin är en externalitet i den meningen att koldioxiden sprider sig snabbt över hela jorden. Externaliteter är ett välkänt och välstuderat problem inom nationalekonomin sedan 1920-talet. Pigou skrev banbrytande saker om detta. I någon mening kan man därför bygga på gammal existerande och väletablerad teori, men utsläppen av koldioxid är åtminstone kvantitativt lite annorlunda än traditionella externaliteter i den meningen att de verkligen är en global externalitet, vilket det inte finns så många exempel på, och dessutom kan effekterna antas vara ganska långlivade. Man måste göra mycket mer i någon mening för att beräkna hur stora de här externaliteterna är innan man kan säga någonting om dem.

Det finns förstås en stor osäkerhet om storleken på dessa externaliteter, särskilt då framtida externaliteter. Det är ganska klart att vissa kan bli vinnare och vissa kan antas bli förlorare, men åtminstone förefaller det nu som att den totala globala effekten förmodligen är negativ, en skada, även om det finns mycket osäkerhet och mycket diskussioner om storleken på dem. De flesta anser att det finns en möjlighet för effekter med båda tecknen.

Det vi först ville göra i det här projektet var att konstruera en så enkel modell att man transparent väldigt tydligt kan se vilka olika mekanismer som är centrala för den kvantitativa storleken på externaliteten i ett långt tidsperspektiv. Det är resultatet av detta jag ska försöka visa här i dag.

Pigou visade på 1920-talet att *optimal policy* är att lägga en skatt som motsvarar den externalitet som ett marginellt ton utsläppt kol skapar. Men problemet är att den utsläppta marginella kolenheten skapar en skada under lång tid i framtiden. Då är det svårt att be-



räkna externalitetens storlek.

Vår modell visar dock att det finns tre centrala faktorer som bestämmer storleken på den optimala skatten.

Den första faktorn är: Hur mycket av ett utsläppt ton kol finns kvar i framtida tidsperioder? Eller med andra ord, hur fort försvinner det kol som vi släpper ut?

Den andra centrala faktorn är: Hur stor nettoskada uttryckt i löpande konsumtionsenheter skapar ett marginellt ton kol i atmosfären vid varje tidpunkt i framtiden?

Den tredje faktorn är: Hur ska vi diskontera, dvs i dag värdera, eventuella förluster eller vinster av framtida konsumtionsmöjligheter?

De här tre faktorerna är de centrala för att bedöma hur stora externaliteterna är och därmed vilken skatt vi ska lägga på förbränning av fossilt bränsle.

Låt mig gå igenom och visa att man med någorlunda rimliga antaganden kan kvantifiera dessa tre faktorer på ett enkelt sätt som gör att vår beräkning av den optimala skatten blir väldigt tydlig och transparent, som syftet var.

Låt oss börja med kolets depreciering. Det finns väldigt avancerade och komplicerade modeller för hur kol utbyts mellan olika stockar, reservoarer. De här kolcirkulationsmodellerna är alldeles för komplicerade för att många av oss skulle kunna säga vare sig ja eller nej om dem, men vid diskussioner med dem som kan de här modellerna har vi dragit slutsatsen att det från ekonomisk synvinkel är tre saker som är viktiga, nämligen:

En icke-marginell del, en fjärdedel ungefär, av ett utsläppt ton kol stannar i atmosfären väldigt länge, i tusentals år. En betydande andel, ungefär hälften, försvinner å andra sidan snabbt, kanske inom ett par decennier. Resten sipprar långsamt ned till djuphaven med en halveringstid på några hundra år.

Vi behöver ingen komplicerad modell för att beskriva de här tre centrala aspekterna som vi tar från kolcirkulationsmodellerna. Vi kan skriva det som en enkel funktion, där  $d(s)$  visar hur mycket som finns kvar av ett utsläppt tons perioder i framtiden. För att fånga de här tre mekanismerna jag beskrivit har vi tre parametrar.  $\Phi_0$  fångar hur mycket som försvinner mer eller mindre direkt, inom något decennium eller så.  $\Phi_1$  beskriver hur mycket som stannar väldigt länge och  $\Phi$  bestämmer halveringstiden i nedsippringen till djuphaven.

Den andra frågan är: Hur stor är den löpande marginella skadan i konsumtionsenheter? Det är förstået en empirisk fråga. Vi har inte något eget svar på den frågan, men vi visar hur man bör tänka på detta i det dynamiska perspektivet. Det första vi gör är att anta att skadan eller nyttan av en given  $\text{CO}_2$ -koncentration är proportionell mot BNP. Det motsvarar att skadan påverkar produktionsapparaten. Men även i den mån skadan drabbar individernas nytta direkt kan man tänka sig att värdet av nyttoförlusten eller nyttovinsten också är proportionellt mot BNP. Detta är ett ganska rimligt antagande, åtminstone som en approximation.

Det blir en beräkningsmässig komplikation om den marginella framtida effekten av koldioxid beror på hur mycket koldioxid det finns i framtiden. Då måste vi veta och göra en exakt beräkning av banan för  $\text{CO}_2$ -koncentration för att kunna säga någonting om de här sakerna. Det är svårt att göra den typen av prognoser, så det vill vi helst undvika. Men vi visar att med rimliga antaganden kan man faktiskt komma fram till att den framtida marginella skadan inte beror på den framtida  $\text{CO}_2$ -koncentrationen. Detta beror på att det finns två effekter som balanserar varandra. Förmodligen har vi en ökande marginell skada av högre temperatur. Det

blir alltså på marginalen värre och värre ju högre temperaturen är. Å andra sidan är den marginella effekten av koldioxid på temperaturen en avtagande funktion av  $\text{CO}_2$ -koncentrationen. Temperaturen är en logaritmisk funktion av  $\text{CO}_2$ -koncentrationen, ungefärligen. Effekten på temperaturen av att släppa ut kol blir därför faktiskt mindre ju mer koldioxid vi har i atmosfären. Det visar sig att dessa effekter ungefär tar ut varandra.

Detta leder till att den löpande skadan av ett marginellt ton kol i atmosfären kan uttryckas som en konstant, som förstås är osäker och någonting som vi kan uppdatera med mer kunskap. Men den marginella skadan är ändå en andel av BNP oberoende av framtida  $\text{CO}_2$ -koncentration. Detta gör det betydligt mycket lättare att göra en beräkning av den optimala skatten.

Den tredje faktorn handlar om hur vi ska diskontera och värdera framtida förluster av konsumtionsmöjligheter. Här finns två delfaktorer som styr detta. Den ena handlar om hur vi ska diskontera framtida välfärd – egen och i det här fallet också framtida generationers. Där gör vi som de flesta; vi antar att det finns en subjektiv diskonteringsränta som egentligen är bestämd av hur folk ser på dessa saker. Antingen får man göra moraliska överväganden eller så får man gå ut och försöka mäta det hela på marknaden. Kanske behöver man göra båda.

Den andra delfaktorn är vilken välfärd förlust en given framtida konsumtionsförlust ger. Då måste man känna till relationen mellan förlust av konsumtionsmöjligheter och välfärd förluster. Detta beror på nivån på framtida konsumtion. Om man kan konsumera mycket i framtiden har det inte lika stor betydelse om man förlorar några konsumtionsenheter som om framtida konsumtion skulle vara väldigt låg.

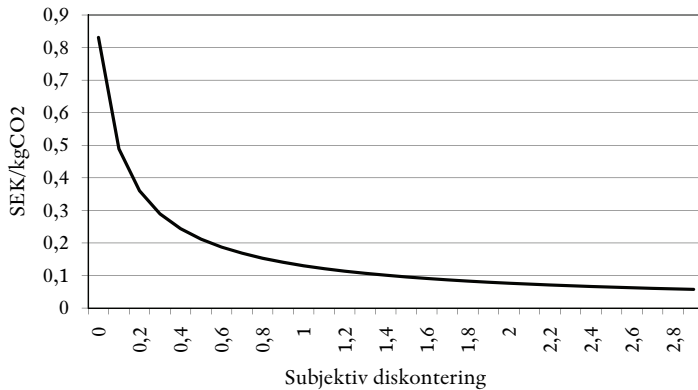
Under ganska normala antaganden, åtminstone av makroekonomer, ba-

lanserar denna andra faktor exakt mot antagandet att skadan uttryckt i konsumtionsenheter är proportionell mot produktionen. Jag kan ge ett exempel: Givet en viss framtida  $\text{CO}_2$ -koncentration ger dubbelt så hög konsumtion vid en framtida tidpunkt dubbelt så stor förlust i konsumtionsenheter. Å andra sidan är värdet av varje förlorad konsumtionsenhet hälften så stort. Dessa två effekter tar därmed ut varandra, vilket leder till att nuvärdet, som vi ser på det i dag, av en framtida marginell klimatskada är oberoende också av framtida BNP. Den styrs enbart av den subjektiva diskonteringsräntan. Jag visade tidigare att vi under detta antagande inte behöver veta  $\text{CO}_2$ -banan för att kunna uttrycka skadan. Vi behöver alltså inte heller veta BNP-banan.

Dessa tre slutsatser ger tillsammans ett viktigt resultat, tycker vi. Per tyckte att vi skulle kalla det för en upptäckt. Vi kan nämligen uttrycka klimatskadan per utsläppt ton och därmed också den optimala skatten med en enkel formel som innehåller de fem parametrar som jag talat om. Tre för kolcirkulationen, en för skadan proportionalitetsfaktorn  $\gamma$ , som vi har pratat om tidigare, och slutligen en parameter för den subjektiva diskonteringen.

När vi har satt ned foten när det gäller vad dessa parametrar är kan vi uttrycka skadan, och därmed också skatten, som en funktion av parametrarna. Det är en konstant som bestäms av parametrarna multiplicerat med dagens BNP. Optimal skatt per ton utsläppt kol och därmed nuvärdet av alla framtida skador som ett marginellt ton kol skapar är en konstant gånger BNP. Frågan är om vi ska ha en skatt eller en subvention och denna analys har ingenting att göra med tecknet på om det är en skada eller inte. När vi ändrar uppfattningen och kunskapen om parametrarna får vi förstås ändra skatten.

Figur 13  
Optimal koldioxid-  
skatt



Källa: Egna beräkningar.

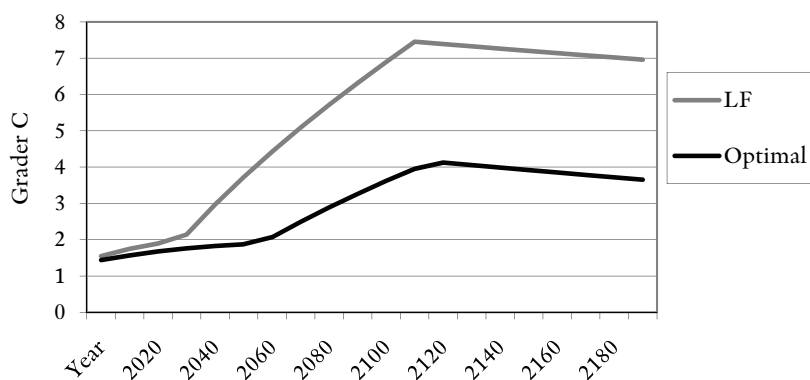
Det är viktigt att notera att vi inte behöver ha någon exakt kunskap om skadeparametern  $\gamma$ . Det räcker med att vi kan bestämma ett väntevärde för den. Om vi tror att det finns olika möjligheter kan vi räkna ut vad den förväntade skadeparametern är och använda detta värde i formeln.

Jag har här visat att skatten alltså inte beror på antaganden om framtida  $\text{CO}_2$ -banor. Jag har sagt att den inte beror på hur BNP utvecklas. Den beror inte på antaganden om framtida teknik. Det finns visserligen stora osäkerheter; det är självklart. Det gäller kanske framför allt vad parametern  $\gamma$  ska vara. Men behovet av kunskap om vi använder andra policyalternativ än skatter, t ex kvantitetsrestriktioner och utsläppsrätter, är mycket större. Vi kan inte säga någonting om vad vi ska ha för kvantitetsrestriktioner och hur mycket utsläpp vi ska tillåta utan att säga någonting om teknikutveckling, BNP-utveckling, hur mycket fossilt bränsle som finns och det ena med det andra. Det behövs däremot inte för den uträkning vi redovisat.

Låt mig avsluta med att stoppa in siffror i vår formel för den optimala skatten. Jag vill trycka på att de förstås måste ändras när ny kunskap kommer.

Vi vet fortfarande alldeles för lite om de tre faktorer jag beskrivit. Men om vi använder det vi tycker är den bästa kunskapen vi har i dag – vad får vi ut då? Vi får det jag visar här på grafen. På x-axeln har jag ritat in den subjektiva diskonteringsräntan uttryckt i procent per år från strax över noll upp till 3 procent. Jag har tagit naturvetarnas parametrar för kolcirkulationen och jag har tagit Nordhaus summering av kostnaderna för skador för att kalibrera parametern  $\gamma$ . På y-axeln har vi koldioxidskatt uttryckt i svenska kronor per kilo utsläppt koldioxid. Vi kan se att om vi sätter t ex räntan till 1,5 procent, vilket är vad Nordhaus gör, ska vi ha en skatt på 10 öre per kilo koldioxid. Om vi sätter räntan på ett lågt värde, som Stern gör i sin rapport, nämligen till 0,1 procent, ska vi ha 85 öre eller någonting sådant. Detta kan jämföras med de koldioxidskatter som vi har t ex i Sverige, där de som inte har tillgång till den reducerade skattesatsen betalar 105 öre. Vi ligger alltså en bra bit över detta. Man kan alltså säga att den svenska koldioxidskatten, även med ganska extrema antaganden om värderingen av framtida generationer, är tilltagen med råge.

Om man lägger till några antaganden till modellen, framför allt om till-



Figur 14  
Ökning i global medeltemperatur

Källa: Egna beräkningar.

gång på fossila bränslen, kan vi också använda vår modell för prognoser. Låt mig avsluta med att göra det. I princip har jag samma modell som tidigare, men jag har gjort några ytterligare antaganden, bl a om hur mycket olja och kol som finns och vad det kostar att ta upp kol. Vi visar här att om vi inte har någon policy alls – inte någon koldioxidskatt eller utsläppsbegränsningar – kommer temperaturökningen under de närmaste 200 åren att se ut ungefär som den övre kurvan på bilden. Temperaturen kommer att gå upp 7 grader om ungefär 100 år. Den optimala banan ska vi i stället ha strax över 4 graders uppvärmning om drygt 100 år. Klimatskadan växer till över 6 procent om lite drygt 100 år om vi inte gör någonting. Annars blir det ungefär 2 procent. Det är givetvis optimalt att tillåta en viss klimatskada så länge kolet och oljan har värde, vilket det har i vår modell.

BNP i den optimala banan om vi inför den optimala skatten är i början lägre än BNP om vi inte gör någonting. Men sedan går det upp och vi kommer att nå en högre BNP i framtiden.

*Gabriel Urwitz*

Tack, Per, Torsten och John! Det blir nu tid för frågor och diskussion.

*Marian Radetzki*

Min fråga riktar sig till Torsten. Du har visserligen inte sagt det, men jag har förstått att under dina resonemang ligger tanken att eftersom det dör fler barn när klimatet förändras så borde någonting göras åt klimatet. Jag antar att det är så du resonerar.

Jag vill därför nämna att en gång, för ungefär 80 år sedan, inträffade en enorm malariaepidemi i Arkhangelsk, där det råder subarktiska förhållanden. Tiotusentals människor dog under denna epidemi. Jag antar att det också var många små barn som dog. Skulle du också där rekommendera stabilisering av klimatet som lämplig åtgärd för att undvika dödsfall?

*Torsten Persson*

Jag tycker att du hårdrar min presentation, min gode vän Marian. Jag sade inte någonting om vad detta har för konsekvenser. Man kan naturligtvis inte basera konsekvenserna på *en* utfallsvariabel i *en* region, utan man måste ha en mer fullödig bild av det hela. Vad detta forskningsprojekt syftar till är pilotstudier för hur man kan tänka på att skatta effekter med hjälp av historiska data som kan tänkas vara beståndsdelar i en mer fullödig bild. Jag reserverar

mig mot din tolkning av vad jag sade. Än så länge har jag inte sagt någonting om detta.

Så småningom är jag kanske villig att skriva under på en slutsats, men då vill jag ha en bättre uppfattning om samtliga faktorer. Du vet mycket mer än jag om Arkhangelsk, så det avböjer jag att kommentera.

#### *Lars Bern*

Det jag skulle vilja anmärka på är slutsatserna av temperaturstegringen. Jag utgår från att de utgår ifrån ICCCs projektioner av tänkbara temperaturhöjningar. Om man tittar på de modeller som ligger bakom det hela känner ni till att de är beräknade utgående från ett antagande om att koldioxidutsläpp förstärker växthuseffekten av vattenångan. Dessa antaganden, som används i modellerna, har man försökt verifiera med observationer. Det finns i dag ingen vetenskaplig verifikation av att dessa antaganden skulle vara riktiga. Det finns sannolikt ingen större förstärkningseffekt, om ens någon över huvud taget. Lindzén, t ex, som är en framstående klimatforskare, har t o m pratat om att det skulle kunna vara negativt.

Vår ledande klimatforskare i Sverige, Lennart Bengtsson, som i många år var chef för Max Planck-institutet, har nyligen skrivit i en artikel att hittillsvarande koldioxidökning har haft en ringa effekt på klimatet. Det rör sig om drygt en halv grad under 1900-talet. Han gör bedömningen att det under de kommande 100 åren blir ytterligare någon grad. Med dessa temperaturförändringar kan vi, om vi går bakåt i historien, konstatera att det mänskliga samhället och ekonomin alltid har frodats när det har blivit något varmare och det har alltid varit motsatsen när det har blivit kallare. Jag tror att med de antaganden ni har gjort är det uppenbart vad ni har i bakhuvudet. Även om ni reserverar er

för positiva effekter pratar ni hela tiden om skador.

Det är bevisligen så att det växer väldigt mycket bättre när koldioxidhalten stiger och det växer bättre när temperaturen stiger. Det har nyligen kommit en vetenskaplig rapport som visar att ökenutbredningen minskar i världen. Det har pratats om stigande havsnivå på grund av smältande glaciärer. Glaciärerna har smält sedan början på 1800-talet och fortsätter att göra det. Men om man tittar på den senast publicerade rapporten om havsnivån ser man att stigningen under de senaste 80 åren har varit i avtagande och att den ser ut att asymptotiskt stanna av och inte alls gå mot några alarmerande nivåer.

Detta gör att jag för min del – och jag har skrivit en hel del om detta – är benägen att utgå från det som Lennart Bengtsson säger. Jag tror att han har en klok utgångspunkt när han säger att det kanske blir någon grad till av en ytterligare fördubbling av koldioxidhalten. Men skräckscenarierna är sannolikt stora överdrifter.

#### *Torsten Persson*

Du sade två saker. För det första trodde du inte på att det skulle bli någon vidare temperaturökning. För det andra sade du att om det blir en temperaturökning blir det inte så stora skador.

#### *Lars Bern*

Om den blir så måttlig som Lennart Bengtsson säger, ja.

#### *Torsten Persson*

Just det. Det första man ska säga är att det finns en stor osäkerhet i båda dessa delar. Som du antydde i din fråga bottenar mycket av osäkerheten i de s k *feedback*-effekter som finns. Det handlar om huruvida effekten på strålningsbalansen förstärks av olika effekter i jordsystemet, t ex molnbildning. Det gäller också

albedo, vattenånga och sådana saker.

Jag tror att många klimatforskare är osäkra på hur starka *feedback*-effekterna är. Jonas får hoppa in om han tycker att han har något att tillägga. Olika klimatmodeller kommer fram till olika resultat beroende just på att effekterna är olika starka.

Det finns framtider där det inte sker så mycket, men det finns också framtider som är mycket möjliga under dagens förutsättningar. Jag tycker att det känns lite underligt att nagla sig fast vid *en* punkt i fördelningen av möjliga framtida effekter. Det finns möjligheten med små effekter på temperaturen och det finns också möjligheten med väldigt stora effekter.

När det gäller skadeverkningar är det klart att det finns många plusposter och många minusposter. I detta projekt har vi inte utgått från det ena eller det andra. Men de som har försökt sammanställa plus- och minusposter kommer i allmänhet fram till en minuspost.

#### *Per Krusell*

Jag ska bara kort säga något om ordet skador. Vi diskuterade detta i dag inför presentationen. Skälet till att vi använder ordet skador är enkelt, nämligen att man i den litteratur som Nordhaus startade använder ett visst slags funktion som kallas *damage function*. Det är tydligt att vi använder begreppet därför att litteraturen använder det. Men detta har ingenting att göra med huruvida vi skulle föredra ett minustecken eller ett plustecken.

#### *John Hassler*

Jag vill bara göra ett klargörande. Tidigare modeller har byggt på att man spikar fast en viss klimatkänslighet och sedan gör beräkningar på denna. Den modell och den ansats vi gör tillåter en osäkerhet. Bakom denna kurva finns i det här fallet två möjligheter. En är att det

blir en liten skada och en är att det blir en betydligt större. Vi tycker att detta på något sätt måste vara den rimliga ansatsen. Vi försöker göra en bedömning av olika möjligheter, ansätta sannolikheter för dem och baka in dem. Vi ska inte, som man tidigare har gjort, låsa fast oss i en viss parameter.

Det är inte alls omöjligt att det är precis som du säger, men jag känner mig inte helt säker på detta. Det kan också bli någonting annat. Då tycker jag att den rimliga ansatsen är att baka in olika möjligheter och försöka ansätta sannolikheten för dem, så gott man kan. Det senare är ju ingenting som vi kan göra ansättande av sannolikheten för. Där får vi lita på vad våra andra kolleger säger.

#### *Lars Bern*

Nummer ett: Jag vill konstatera när det gäller förstärkningseffekterna att det inte finns några observationer som stärker antagandet om de förstärkningseffekter man normalt räknar med.

Nummer två: Jag tycker att det är lite anmärkningsvärt att ni som ekonomer, som borde kunna något om mänsklighetens historia, på något sätt utgår från att en stigande temperatur leder till skadeeffekter när det alltid tidigare har lett till motsatsen. Det har alltid blivit bättre för människor när jordens klimat har varit varmare och det har varit nöd, elände och pest när det har varit kallare. Jag får inte riktigt det där att gå ihop.

#### *Gabriel Urwitz*

Vi kanske får ha ett ytterligare seminarium om detta!

#### *Per-Olof Eriksson*

Låt mig ta de tre inläggen i tur och ordning. Det första är det lätt att vara överens om. Hur stor effekten av en prisökning sedan blir på utvecklingskraften är kanske inte så lätt att veta, men det är i alla fall inget att ha andra åsikter om.

Blir det ont om råvaror kommer det att ske en korrigerande utveckling på grund av detta och blir det ont om energi så blir det en utveckling på grund av detta.

När det gäller nästa inlägg, om Afrika, är det väl ganska enkelt att säga att om vi skulle sätta in insatser av medicinsk natur skulle vi kunna rädda fler spädbarn och då skulle förmodligen också detta kunna gå att lösa. Det här är en optimering. Jag vet många som inte vill prata om detta utan som tycker att jordens befolkning ändå ökar snabbare än den borde. Det är en intressant observation, men det är ingenting som vi behöver bekymra oss om. Jag tror att vi kan hantera den om vi vill.

Det tredje inlägget rör den svåra frågan. Det är klart att det är olyckligt att ni har använt er av ordet *damage*, skada, i stället för att tala om förändring, effekt osv. När jag tittar på kurvan för optimal koldioxidskatt, som teoretiskt skulle kunna vara en subvention, ser jag att den aldrig ligger på subventionssidan. Ni utgår ifrån att koldioxid är skadligt och därför ska straffbeskattas.

#### *John Hassler*

Det är det förväntade. Det är en sammanvägning av plus och minus.

#### *Per-Olof Eriksson*

Man tror att det är en skada; det är det jag försöker säga. Låt oss gå tillbaka 100 år och tänka oss att vi sitter här i början på 1900-talet och ska göra denna räkning. Är det någon av er som vill påstå att vi behövde lägga på skatt för att världen inte skulle bli sämre? Med andra ord: Är det bättre eller sämre i dag än för 100 år sedan i världen? Det är min fråga.

Jag hoppas att ni håller med om att det inte har blivit sämre trots att vi förmodligen har drygt en halv grad varmare än vad vi då hade i genomsnitt och 20–30 procent mer koldioxid i luften.

Uppenbarligen har ökande koldioxid och ökande temperatur enligt mitt sätt att se det HAFT en positiv påverkan. Med andra ord skulle vi ha uppmuntrat koldioxid så långt.

Nu har någon fått för sig att under de närmaste 100 åren blir det farligt. Som Lars antydde är det långt ifrån klart. Vi vet rätt säkert hur mycket enbart koldioxid påverkar temperaturen. En fördubbling ger ca 1 grad vilket fordrar en förfärligt stor förbränning av våra resurser – all olja, gas och en bra del av kolet. Ändå visar alla modeller mycket högre ökning.

#### *Per Krusell*

När det gäller Torstens inlägg är det klart att det parentetiskt inte är så lätt som man kan tro att lösa problematiken i u-länder. Men det är lite grann en annan fråga.

Det långsiktiga perspektivet om huruvida vi har fått det bättre eller sämre har egentligen inte med saken att göra heller. Vi har fått det mycket, mycket bättre. Det beror på ekonomisk tillväxt osv. Vad vi gör här är att räkna ut kostnader och intäkter. Nettokostnaderna kan i princip vara nettointäkter. Detta har vi sagt hela tiden.

Vi har tagit de estimat som finns av olika slag – och jag går nu tillbaka till min första presentation. En del är *bottom-up*. Man går alltså igenom sektor för sektor och diskuterar möjliga skador. Jag kan lova dig att om man tittar i tabellerna i Nordhaus böcker ser man massor med plus och massor med minus. De plus som dyker upp på väldigt naturliga sätt återspeglar de kommentarer som jag har hört här. Jag håller med helt och hållet; det kan vara jättebra med höga temperaturer i många sammanhang. Men det finns också många negativa faktorer. Torsten har talat om en.

En metod är alltså att titta på alla faktorer och summera dem. Det är

klart att det är omöjligt att fånga alla. Vad som förstås är jättesvårt att fånga är faktorer som t ex biodiversitet och hur mycket denna är värd. Det handlar dock inte om biodiversitet här. Vår analys tar inte hänsyn till ett separat värde för djuren eller för Moder jord utan är helt fokuserad på ekonomiska skador.

Den andra ansatsen handlar om reducerad form. Man tittar då på förändringar i både väder och klimat. Det finns studier som tittar noggrant på detta region för region. Där finner man överlag minustecken – jag lovar dig! Detta gäller på kort sikt och på längre sikt. Vi kan inte göra någonting åt detta faktum. Det är inte vi som har gjort den forskningen och vi känner inte de flesta av forskarna. Detta är dock vedertagen forskning, publicerad i topptidskrifter, vilka man förstås kan bedöma som man vill. Men vi anser att dessa tidskrifter håller mycket hög vetenskaplig kvalitet.

Det är förstås svårt att uttala sig generellt om hur stora skadorna är. Kurvorna vi studerat är genomsnitt av olika möjligheter. En del ligger under noll och en del ligger ovanför bilden. Feedbackeffekterna är stora. Torsten talade lite om detta. Det finns en specifik oro för att om feedbackeffekterna är stora nog så exploderar skadorna. Jag håller med om att det inte finns något historiskt bevis för att vi ligger där, men vi lever i en värld av osäkerhet. Jag vet inte hur olika människor betar sig, men de flesta är riskaverta, som vi kallar det. De vill ta hänsyn till de här möjligheterna, eller riskerna. Man låser då inte in sig på en punkt, där man tror stenhårt på att det kommer att bli på ett visst sätt, när det finns olika åsikter om det.

Vi har helt enkelt tagit ett sammanfattande grepp på den evidens som finns och representerat denna här. Det är så man måste fortsätta den här forskningen, tror jag. Vi vill räta ut frågetecknen och det tror jag är ett kollektivt arbete.

#### *Per-Olof Eriksson*

Det handlar väl just om förändringsrädslan. Jag tror att om vi hade suttit här för 100 år sedan hade man fortfarande ansett att det blir skador framigenom trots att världen faktiskt är lättare att leva i i dag än för 100 år sedan.

#### *Per Krusell*

En aspekt av detta är att världen är lättare att leva i nu. Detta stämmer absolut. I våra prognoser kommer framtidens generationer att vara klart rikare än vi är. I kostnadsintäktsanalysen sammanfattar vi det ändå som att det i genomsnitt är bra att ha en global skatt. Det bygger på alla de olika sammanfattningarna och det är inga enorma skatter vi talar om, anser jag. Detta är läget som vi ser det.

#### *Hubert Fromlet*

Jag har en fråga av aktuell karaktär. Man kunde nyligen läsa när kineserna presenterade sin nya femårsplan att man vill trappa ned BNP-tillväxten från trendmässigt 9–10 procent till ca 7 procent under de kommande fem åren. Detta är visserligen bara en avsiktsförklaring men kineserna hänvisar samtidigt väldigt tydligt till skarp miljösmål som man vill uppnå. Det är att spekulera lite här, men tror ni att kineserna använt sig av någon form av matematisk modell för att kunna räkna fram denna önskvärda 7-procentiga BNP-tillväxt eller handlar det mer om en rimlighetsbedömning? Mer allmänt formulerat: Finns det möjlighet att utifrån vissa antaganden komma fram till en modell och slutsatser om hur mycket BNP kan tillåtas öka för att vissa miljösmål ska kunna uppnås?

#### *Torsten Persson*

När det gäller den positiva frågan om vad som händer med Kinas utsläpp och om man har någon modell tror jag att man ska göra gällande att det kanske



inte har så mycket med de globala koldioxidutsläppen att göra, utan det har att göra med att man förbränner en massa kol i kinesiska kolkraftverk. Det har lokala effekter på hälsa som inte har med koldioxidutsläppen att göra men som är påtagliga. Jag tror att vi får lita till den mekanismen på kort sikt och att kineserna ångrar sig och ändrar sig.

Sedan var det en fråga om det finns någon utbytbarhet mellan utsläpp och BNP-tillväxt, och det finns det, men konstant energieffektivitet är viktig. Som Per sade finns det en teknisk utveckling för att spara energi och använda den mer effektivt. Det är en tiotusenkronorsfråga vad som kommer att hända med den typen av teknisk utveckling, om den kan bryta det mekaniska sambandet mellan BNP-tillväxt och utsläppen. Det är viktigt. Det är därför att vi sysslar med frågan om vilka drivkrafter och teknologiutvecklingar vi har och ställer frågan i termer av utveckling och *technical change* riktat just mot att spara energi och de drivkrafter som finns.

#### *Assar Lindbeck*

Jag har en liten fråga om modellens analytiska domän. Per talade mycket om just *carbon box*, kolets rörelse i systemet. John talade om skatt på koldioxidutsläpp i samband med förbränning av fossila bränslen. Om jag har läst litteraturen rätt finns det många andra utsläpp i systemen som påverkar klimatet och andra typer av växthusgaser. Om jag har förstått saken rätt kan summan av dem vara väl så viktig som koldioxidutsläppen. Dessutom har vi utsläpp av partiklar i samband med förbränning av öppna eldar i världen. De har också en stor effekt.

Min fråga är: Har ni funderat på att ta in i er optimering möjligheten att påverka även andra typer av växthusgaser och utsläpp av partiklar? Det kan exempelvis hända att om man kan få mindre

användning av öppna eldar i u-länder som kastar upp partiklar är det ett väldigt stort utbyte av att få ned dem därför att de faller ned med detsamma och de förblir inte lika länge i atmosfären som koldioxiden. Det kan kanske vara optimalt att i stället köpa Primuskök till fattiga människor i u-länderna som alternativ till skatt på koldioxid.

#### *John Hassler*

Andra växthusgaser och partiklar är någonting som vi håller på med i projektet. Vi har flera doktorander som skriver just om detta. Kanske Jonas, som är lite mer av expert på projektet i fråga om eldning och partiklar, kan säga några ord.

#### *Jonas Nycander*

Jag är nära involverad i det här projektet och samarbetar med John och Per om IAM.

Lennart Bengtsson nämndes, som säger att det har varit en temperaturhöjning på drygt en halv grad upp hittills och att man kanske kan förvänta sig upp till en grad mer. Jag känner väl till detta och hans sätt att resonera. Jag ser det som ett fullt rimligt sätt att tänka på, men det behöver inte alls vara så. Ditt sätt att resonera bygger på att den uppvärmning som vi har sett hittills enbart beror på koldioxidutsläpp framåt i tiden. Den prognos man gör då hamnar så att säga inom eller i en undre kant av det som man anser vara rimligt. Det finns inget fel i detta. Men det kan också vara såsom många andra tror, att en del av koldioxiden maskeras av en nedkylning av aerosolen. Om man gör det antagandet får man mycket högre prognoser för hur mycket temperaturen kommer att stiga. Däremellan finns det en genuin osäkerhet, vi vet inte vad en sådan faktors effekt är.

Detta osäkerhetsintervall är någonting vi kommer att bygga in i den ekonomiska modellen. Vi är inte riktigt där

än, men vi är helt medvetna om detta. Det är inga problem med att bygga in detta i modellen.

Partiklarna: Frågan är hur man ska koppla det till ekonomin. Det är jag inte riktigt rätt person att svara på. Jag tycker att den centrala frågan här är de partiklar som finns och deras roll i den historiska temperaturförändring som vi har sett de senaste 100–150 åren. Där finns en osäkerhet som ger upphov till en osäkerhet om framtiden. I princip är det möjligt att bygga in en osäkerhet i IAM-modellen.

### *Nils Lundgren*

När man har denna infallsvinkel så staplar man upp värden som ser ut på ett visst sätt, det har valts olika tekniska lösningar och det finns sådana som lever under extremt fattiga förhållanden. Ni hade Afrika som exempel. Jag slås alltid av att det är jordens rikaste kontinent, såvitt jag förstår, med en ganska liten befolkning för denna enorma kontinent, fylld av naturrikedomar, men det är fel på institutionella lösningar. Det är så det historiskt har blivit.

Om vi nu för ut koldioxid i atmosfären gör det – vi har sett mängder med specialstudier och artiklar om detta – att majs inte kommer att växa riktigt lika bra, produktiviteten går ned på jorden, vi blir si och så mycket fattigare osv. Men erfarenheten är väl att sådant är väldigt kortsiktiga saker. När man tittar på framtiden skulle väl malarian – ni var inne på malarian – i Afrika nästan plötsligt kunna blåsa bort genom att man började vidta vissa åtgärder. Det finns exempel på detta. Det finns mängder med exempel på detta, genmanipulering av grödor och annat.

Skulle det påverka ert sätt att hantera frågan om det visar sig att det ni använt förändrar sin karaktär genom institutionella förändringar och teknologiska förändringar?

### *Johan Hassler*

Svaret är egentligen självklart. Givetvis skulle de här parametrarna ändras om det visade sig att vi får ny kunskap som visar att detta är någonting som är hanterbart med teknikrevolutioner och liknande. Rent konkret: Det som skulle hända med vår modell är att gammalparametrarna ändrades.

### *Nils Lundgren*

Men metodiken står sig alltså?

### *John Hassler*

Ja, metodiken står sig.

### *Per-Olof Eriksson*

Jag håller med om att det är bra att den här modellen i varje fall inte visar något behov av en hög skatt. Varför är jag så intresserad av att få den här diskussionen? Leif Johansson och jag brukar diskutera varför vi ska ha effektivare Volvomotorer. Han säger att P-O vill det därför att han är snål och jag säger att Leif vill det därför att hans barn säger att koldioxid är farlig. Det spelar ingen roll, där är vi överens.

Det är när koldioxidskräcken leder till slöseri med resurser som jag blir upprörd. Tänk om ni kunde hjälpa mig att förklara för politiker att nuvarande utveckling inte självklart är farlig! Det kan finnas de som är väldigt rädda, men det finns de som är väldigt optimistiska om framtiden. Om jag får ta ett av de dyraste felstegen som man håller på med. Det är att försöka gräva ned koldioxid i backen. Jag har varit nere i Tyskland och sett på Vattenfalls experiment där. Jag vet att de grundtankar de har innebär att för tre kolkraftverk får man bygga en fjärde för att ersätta den energi som förslösas. Man bygger nämligen en "AGA-fabrik": kylar ned luft, separerar ut syret, stoppar in det i kolkraftverken, kylar ned koldioxiden flytande, fraktar den någonstans och pumpar ned. Det

kostar en väldig massa energi.

Det är bara ett exempel på att vi tar beslut som är kontraproduktiva, som gör att världen blir mycket sämre i stället för bättre. Därför har ni som ekonomer ett otroligt ansvar att hjälpa till och verkligen få fram de här upplysningarna. Det är klart att skulle ni tala om för politikerna att det räcker med 10 öre i skatt i stället för 1 krona, skulle jag vara mer än tacksam. Jag tror inte att de skulle bli glada för budskapet, för de gillar att få ta ut mer skatt.

*Per Krusell*

Hela tanken med våra uträkningar är att man får ett pris på detta. Vi har försökt säga många gånger att osäkerhet finns det väldigt mycket av, det finns det för mycket av, och det är jätteviktigt. Vi måste hela tiden fortsätta att utvärdera. Men ger man de här siffrorna till politiker kan de göra sin egen kostnadsintäktsanalys. Jag har inte varit där du har varit och inte sett det med egna ögon, men låt oss anta att det stämmer att det är härresande. Det skulle bli enormt tydligt om man gör en kostnadsintäktsanalys utifrån dessa siffror. Det är just därför vi är här. Vi producerar siffror som man kan använda.

Återigen tycker jag att den här formeln är väldigt bra därför att den säger någonting om den marginella kostnaden. Det är väldigt mycket oberoende, som John förklarade, av en massa antaganden. Detaljerade studier måste ta hänsyn till detaljerna i antaganden, men vi tror faktiskt att det här fungerar ganska bra som en approximation. Jag håller helt med om att det är det vi måste göra. Alla måste förstå osäkerheten och begränsningarna. Det underlättar den här typen av beslut: Ska vi göra något tokigt eller inte göra något tokigt?

*John Hassler*

Kan man komma fram till ett hyfsat tro-

värdigt värde på  $T_t$ , om man introducerar en sådan skatt finns det inga direkta argument för att staten i övrigt ska göra någonting som att subventionera koldioxidsänkningar eller dylikt. Då kan man gå på marknaden och låta marknaden lösa det. Är det värt att ta ut 1 krona per kilo koldioxid? Är det värt det, då är det förmodligen rimligt att göra det. Är det inte värt att göra det då ska man inte heller göra det. Det finns inga direkta ytterligare argument för att subventionera någon särskild teknik.

*Per Krusell*

Om det visar sig att Lennart Bengtsson har rätt och att aerosolresonemangen leder till att hans uträkning är korrekt är vi direkt där och sänker vårt gamma och säger: Okej, vi är väldigt nära noll, kanske så nära noll att vi kan glömma bort hela den här historien.

*Per-Olof Eriksson*

Varför gör ni inte det då?

*Per Krusell*

Det är som Jonas sade. Vad skulle du göra om du var i min situation? Jag kan ingenting om naturvetenskapen. Vi läser det vi tycker vi kan förstå. Vi frågar våra vänner naturvetarna. Jag litar mycket på det Jonas säger och han säger att det finns de som räknar så här, men man kan också räkna på annat sätt. Det finns ingen evidens som säger att den ena har rätt och den andra har fel. Vi är tvungna att redovisa det. Det är så vår forskning går till.

*Torsten Persson*

En kort kommentar om de åtgärder som vidtas i klimatförändringars namn: Det finns de som säger att man t ex ska rädda Norrlands inland genom att odla energiskog för etanol osv. Det finns alla möjliga idéer. Det är som vanligt så att i det politiska samhället finns det intres-

segrupper som vill sko sig på en möjlighets bekostnad och göra olika saker, men det kan bli en ineffektiv lösning. Då blir koldioxidskatten en framgång om den blir global. I den första approximationen tar alla aktörer det i beaktande i sin prissättning. Det behövs inga andra fiffiga lösningar som kan användas för att skära guld på skattebetalarnas bekostnad. Poängen med en skatt är att den, om den infördes, skulle göra mycket av det andra onödigt.

#### *Andreas Hort*

Jag har en fråga till Per. Enligt din BNP-uträkning skulle BNP fortsätta att öka med 1,3 procent, och det beror på energieffektivare teknik. Men från 1980 fram tills nu har ekonomisk aktivitet per dollar gått från ett ton koldioxid per dollar till 0,77 ton koldioxid per dollar. Detta har inte gett ett minskat utsläpp, utan i stället har det ökat på grund av den ekonomiska tillväxten. Om den ekonomiska tillväxten fortsätter samtidigt som oljan sinar – kommer det att fortsätta att vara så att BNP ökar på grund av det?

#### *Per Krusell*

Beräkningen bygger på att – och det tror jag är en samstämmig analys från alla håll – BNP i världen ökar över en längre period på grund av teknikutveckling. Det är inte bara större volymer, t ex fler bilar, utan det är högre kvalitet på alla håll och kanter. BNP-utvecklingen över huvud taget kommer från teknikutvecklingen. I det här fallet handlar det om att den teknikfaktor som gör kapitalet och arbetskraften mer produktiva kommer att fortsätta att öka, om än lite mindre än historiskt. Det som gör energiinsatsvaran mer effektiv kommer att öka lite snabbare. Energiinsatsvaran kommer att tvingas minska, för den har vi av begränsad mängd och tillsammans blir det en liten ökning av BNP.

#### *Andreas Hort*

Det innebär alltså att energiåtgången har ökat och fortsätter att öka fast tekniken går framåt. Har du räknat med oljan som snabbt reduceras, som det ser ut?

#### *Per Krusell*

Ja, absolut. Det ingår i våra beräkningar. Det kanske fortsätter lite till.

#### *Jörgen Christensen*

Jag är bl a ständig ledamot av National-ekonomiska Föreningen. Jag fjärrar mig litet från ämnet, men vill som hastigast påpeka en sak, nämligen existensen av en tidskrift som är tämligen förbisedd och som heter *Elbranschen*. Däri har det under åtskilliga år förts ganska artikulerade och intressanta debatter om klimatet. I nummer 6 förra året konkluderar naturgeografen professor Lars Franzén i Göteborg: "Jorden närmar sig ett stadium av ständig istid".

#### *Lisa Blom*

Jag har mer en kommentar till debatten än en konkret fråga. Det har pratats mycket om den osäkerhet som finns i klimatberäkningarna och eventuella kostnader och skador av en temperaturförändring. Det har även pratats om att vi har fått det bättre de senaste 100 åren trots en viss temperaturökning. Den typen av argument bygger på att man har fastslagit ett kausalt samband mellan den ökade temperaturen de senaste 100 åren och vårt ökade välbefinnande. Såvitt jag vet finns det ingen statistikforskning som fastslagit ett kausalt samband där, utan det är mer en samvariation av kausala samband.

Vad jag förstår är det också så att den här modellen, så mycket som jag förstår den efter den här föredragningen, tar hänsyn till den extrema osäkerhet vi har i klimatprognoserna. Bara för att det finns prognoser som med en viss sannolikhet säger att det kommer att vara

en mycket svag temperaturökning är det inte skäl nog för att bortse från alla prognoser som ger andra temperaturökningar, utan det är en sannolikhetsavvägning mellan dem som någonstans måste vara den rationella vägen att gå. Vi har en ganska allmänt adopterad princip, som kallas försiktighetsprincipen, som går ut på att det finns vissa prognoser som säger en sak, men det finns också andra prognoser. Då måste vi göra någon typ av avvägning och hellre ta det osäkra före det säkra. Sedan kan man ansluta sig till den principen eller inte.

*Lars Bern*

Det här är den bästa diskussion av detta slag vi har haft hittills på IVA. Det har

varit bra, och olika synpunkter har fått komma fram. Det tackar jag Gabriel Urwitz för.

Mitt slutord är ändå detta märkliga att vi lägger miljard på miljard på en väldigt osäker miljöfråga. Precis som ni sade är osäkerheten väldigt stor och man ska ha försiktighetsprincipen. Men världen har betydligt allvarligare miljöproblem än klimatfrågan – betydligt allvarligare och flera stycken. Dem ägnar vi, på grund av klimatdebatten, alldeles för lite uppmärksamhet.

*Gabriel Urwitz*

Vi tar det vid nästa seminarium. Det har visats stort engagemang och det har varit en stimulerande debatt. Stort tack!