



LUND UNIVERSITY

Planeten jordens energiresurser

Nilsson, Sven Gösta

Published in:
Sådd och skörd

1971

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Nilsson, S. G. (1971). Planeten jordens energiresurser. *Sådd och skörd*, 11(6), 206-211.

Total number of authors:
1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Planeten jordens energiresurser

Genom den pågående rovdriften med jordens energiresurser beräknas mänskligheten på 100 år förbruka det energikapital jorden sparat ihop under 200 miljoner år, konstaterar här professorn i matematisk fysik vid Lunds Tekniska Högskola Sven Gösta Nilsson. Med energikrisen följer kriser för tillgången på födoämnen och vatten och i samband med dessa problem behandlar prof. Nilsson också den förstöring av energikällor som "asfalteringen" av förstklassig åkerjord innebär.

Tre faktorer är av betydelse för jordens energitillgång under de närmaste decennierna. Den första är befolkningsutvecklingen. Den andra är ökningen i energibehovet per individ. Den tredje är energiproduktionen, som dels har att göra med den naturliga energiproduktionen, dels med tillgången på energikapital.

Befolkningsutvecklingen

Om vi börjar med det första problemet, befolkningsutvecklingen, så vet vi att prognosen där är oroväckande. Man talar numera om befolkningsexplosionen. Det innebär följande: I början av 1940-talet hade vi cirka två miljarder människor på jorden. Under 60-talet passerade vi antalet tre miljarder.

Jordens befolkning ökar med nära 2 % per år. Vi kan räkna med att år 2000 jordens befolkning är fördubblad, dvs. det finns cirka 6 miljarder människor. Sedan räknar man med att ökningen skall stagnera. En optimistisk beräkning sätter befolkningen till 9 miljarder år 2050. Det är alldeles uppenbart att denna befolkningsutveckling inte kan fortsätta. Frågan är alltså inte så mycket om utvecklingen skall vända utan hur och när.

Energikonsumtionen

Även om vi är optimistiska och tror att befolkningsexplosionen dämpas, så har vi i alla fall att räkna med en ökad energiåtgång, därför att energiåtgången har visat sig öka ännu snabbare än befolkningstalet. I hög grad är den en mätare av den stigan-

de "levnadsstandarden". I stort sett gäller att energiåtgången fördubblas nästan vart 10:e år. Den utvecklingen leder till en energikris.

Låt oss göra lite överslagsberäkningar över energiåtgången. För att bara fungera kräver kroppen en energitillförsel i form av föda av cirka 2000 kcal/dygn. Räknar man om detta i Joule (J) får man siffran 10 000 000 J per dygn. Räknat per år är detta ca 3 miljarder J. Med en världsbefolkning av 3 miljarder människor behövs det i form av föda en energimängd av 9 miljarder miljarder J/år. För att slippa räkna med så där stora tal har man infört en energienhet

$$Q = 1000 \text{ miljarder miljarder joule.}$$

Uttryckt i denna jätteenhet går det alltså åt 0,01 Q/år i form av mat åt människosläktet. Numera förbrukas emellertid mer energi av andra slag än föda. Vi kan göra en liten tabell och jämföra situationen vid Kristi födelse, år 1970 och år 2000.

	Kr. f.	1970	2000
befolkning, milj.	100	3 000	6 000
föda, Q	0,0003	0,01	0,02
annan			
konsumtion, Q	0,0001	0,19	0,98
totalt, Q	0,0004	0,20	1

Tillgängliga kontinuerliga energiresurser

Vi har nu tagit reda på vad vi konsumerar och vill konsumera i framtiden om trenden består. Nästa fråga är: vad kan vi producera? Vi gör då följande tabell i Q över bränsleförbrukningen:

Energiresurser

Energiresurser beräknas
 att jorden sparar ihop
 i matematisk fysik vid
 med energikrisen följer
 i samband
 den förstöring
 åkerjord innebär.

levnadsstandarden". I stort sett gäller
 energiåtgången fördubblas nästan vart
 år. Den utvecklingen leder till en ener-

st oss göra lite överslagsberäkningar
 energiåtgången. För att bara fungera
 kroppen en energitillförsel i form av
 av cirka 2000 kcal/dygn. Räknar man
 detta i Joule (J) får man siffran
 00 000 J per dygn. Räknat per år är
 ca 3 miljarder J. Med en världsbefolk-
 av 3 miljarder människor behövs det
 m av föda en energimängd av 9 mil-
 r miljarder J/år. För att slippa räkna
 så där stora tal har man infört en
 enhet

$Q = 1000$ miljarder miljarder joule.
 rckat i denna jätteenhet går det alltså
 01 Q /år i form av mat åt människo-
 et. Numera förbrukas emellertid mer
 i av andra slag än föda. Vi kan göra
 ten tabell och jämföra situationen vid
 i födelse, år 1970 och år 2000.

	Kr. f.	1970	2000
konsumtion, milj. Q	100	3 000	6 000
Q	0,0003	0,01	0,02
konsumtion, Q	0,0001	0,19	0,98
Q	0,0004	0,20	1

Ängliga kontinuerliga energiresurser

ar nu tagit reda på vad vi konsumerar
 vill konsumera i framtiden om trenden
 r. Nästa fråga är: vad kan vi produ-
 Vi gör då följande tabell i Q över
 elförbrukningen:

Sådd och Skörd nr 6 1971

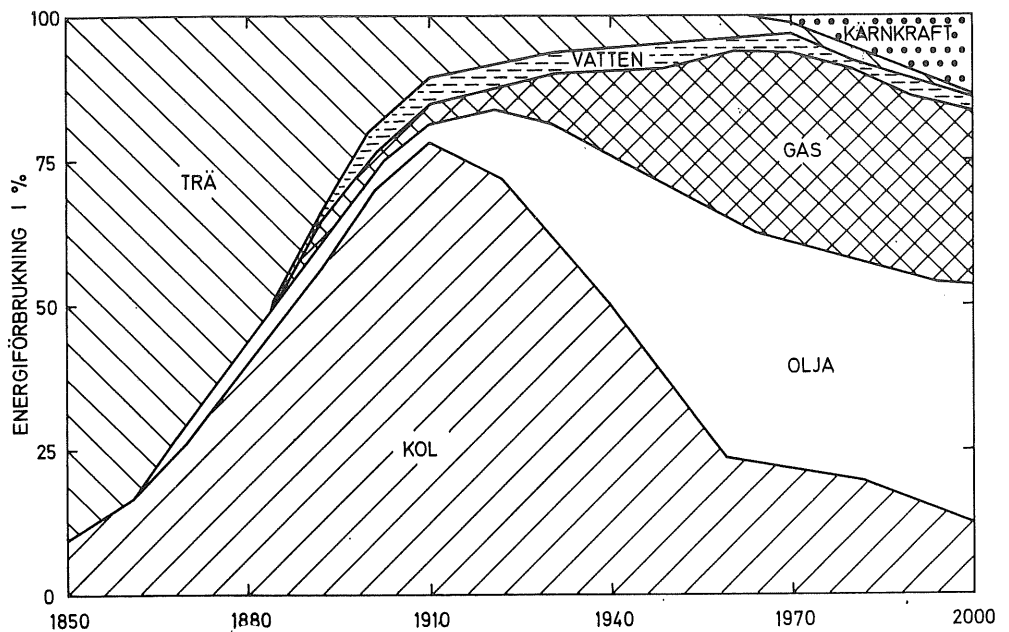


Fig. 1. Förbrukning av energi i procent med avseende på olika kraftkällor. Förhållandena avser närmast Förenta Staterna men är relativt representativa för världen i stort. Dock är tillgången på naturgas särskilt stor i USA. (Fritt efter Scientific American.)

Bränsleförbrukningen från kontinuerliga resurser (i Q)

	f. n.	kan ökas till
vattenkraft	0,003	0,05
(150 miljoner kW)		
fotosyntes		
föda	0,007	
bränsle	0,010	0,05
timmer o. d.	0,005	
vind, vågor		0,05
geo-termisk värme		0,05
totalt	0,025	0,20

Fossila bränslen (i Q)

Kol	100
Olja	10—20
(därav större delen i oljeskiffer)	
Naturgas	2—3
Totalt	100—150 Q

kas kanske ytterligare 15 Q . Därefter ökar
 konsumtionen ytterligare och på 100 år
 beräknas hela detta förråd vara slut och vi
 har därmed på dessa 100 år förslösat ett
 energikapital som naturen sparar ihop un-
 der 200 miljoner år. En urskilningslös för-
 skingring, som vi hittills bokfört under den
 stolta rubriken tekniska framsteg! Ännu
 mer betänkligt är kanske det sätt på vilket
 vi just nu driver förskingringen av olja.
 Om vi först bortser från oljeskifferreser-
 ven, där utvinningen är besvärlig, har vi
 reserver på cirka 2 Q upptäckta. Man upp-

Vi konsumerar alltså 8 gånger mer än
 vi producerar. Detta betyder att vi tär på
 hopsamlat energikapital. Detta kapital är
 fossilt bränsle fördelat enligt följande ta-
 bell, enligt uppskattningar som är synner-
 ligen ungefärliga.

Från urminnes tid till nu har det för-
 brukats 15 Q . Fram till år 2000 förbru-

Sådd och Skörd nr 6 1971

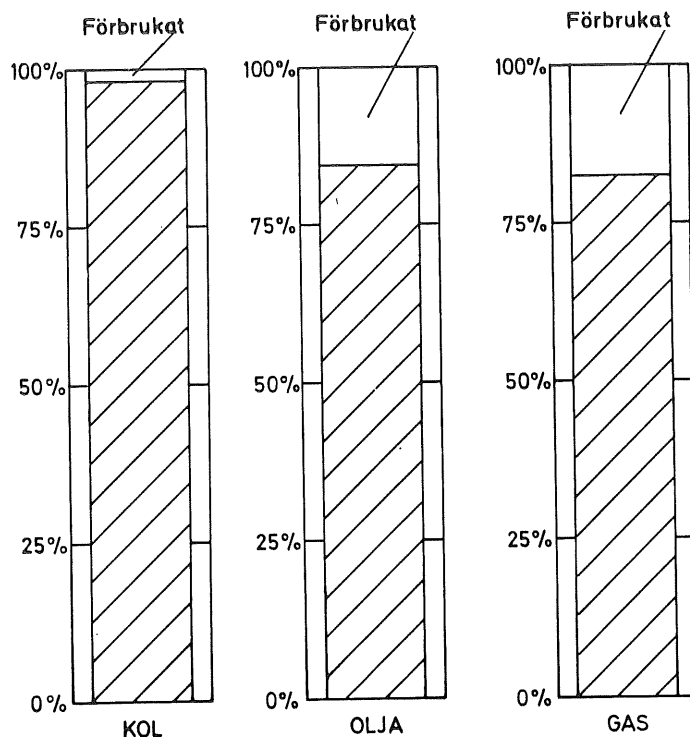


Fig. 2. Den hittillsvarande förbrukningen av nu kända reserver av tre energikällor i USA. (Fritt efter Scientific American.)

skattar därutöver reserverna till ytterligare 2 Q. För närvarande förbrukar vi av olja cirka 0,08 Q per år (se fig. 1 och 2). Oljan räcker alltså bara 30 år i denna konsumtionstakt. Sen har vi gjort slut på inte bara en lättillgänglig energireserv. Det är dessutom fråga om en reserv som är kemiskt ännu mera värdefull än kolreserven. Oljan skulle ha kunnat utgöra en viktig reserv i världsförsörjningen av äggviteämnen. Proteinförsörjningen är nämligen ännu mycket mera kritisk än energiförsörjningen.

Hur som helst, oljan tar under alla omständigheter slut. Därefter kommer vi med all sannolikhet på nytt att vända oss till kolreserverna. Detta kan man tryggt förutse fastän världens kolgruvor just nu läggs ner på löpande band som olönsamma.

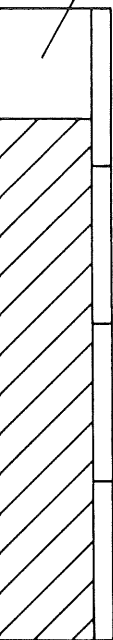
Men det har sina sidor att förbruka

100 Q i kol på hundra år. Vi måste räkna med att vi på ett allvarigt sätt åstadkommer bestående förändringar i jordatmosfären. Den uppskattade reserven på 100 Q av kol svarar mot ett 1 cm tjockt kollager över hela landmassan. Hela detta kolskal skulle alltså förbrännas under 100 år. Allt förnuft säger att vi här bör gå försiktigt fram. Vad återstår då mer än att spara på strömmen och vänta på det energetiska fatighuset?

Kärnenergi

Som en reserv har vi till att börja med kärnenergin eller atomenergin. Vi har reserver av uran (U) och thorium (Th) och fr. o. m. 60-talets slut är atomenergin konkurrenskraftig. Amerikas och Sveriges energiinvesteringar för 70-talet är väsentligt inriktade

förbrukat



GAS

reserver av tre

Q i kol på hundra år. Vi måste räkna ut vad vi på ett allvarigt sätt åstadkommer genom förändringar i jordatmosfären. En uppskattade reserven på 100 Q av kol mot ett 1 cm tjockt kollager över landmassan. Hela detta kolskal skulle förbrännas under 100 år. Allt försägar att vi här bör gå försiktigt fram. Vi återstår då mer än att spara på kolmen och vänta på det energetiska fat-

energi

en reserv har vi till att börja med kärnkraft eller atomenergin. Vi har reserver av uran (U) och thorium (Th) och fr. o. m. Vår satsning på atomenergin konkurrensförmågan. Amerikas och Sveriges energiinvesteringar för 70-talet är väsentligt inriktade

på atomenergi. Till 1980 planeras 100 miljarder kilowatt i USA och lika mycket i Europa. Detta svarar mot hela den nu utbyggda vattenkraftproduktionen. Vi börjar emellertid just nu drabbas av en viss tveksamhet, även om den troligen bara är temporär.

Marviken-kraftstationens nedläggande vittnar om att kärnkraftens barnsjukdomar ingalunda är övervunna ännu. Men också i USA har man under det senaste året haft fall där planerade atomkraftverk avbeställts och ersatts med konventionella värmekraftverk. De problem, som man ännu anser vara bekymmersamma, har att göra med strålningsrisk, explosionsrisk; vidare är där problem med radioaktivt avfall och kylvatten.

För atomkraftverk, för arbetare och omgivning, har man hittills satt en mycket låg säkerhetsdos av radioaktiv strålning om 0,5 rem/år. Man skall då märka att från solen och på grund av naturlig radioaktivitet i mark, byggnadsmaterial etc. mottar vi redan vid havsytan 0,1 rem/år. Den större dosen, 0,5 rem/år, av radioaktiv bestrålning drabbas man emellertid ofrånkomligen av utav helt naturliga orsaker, om man bor på 1000 m höjd och följaktligen har ett mindre skyddande luftlager mellan sig och solen än vad man har vid havsytans nivå. Eftersom cancerfallen inte är märkbart högre för människor som bor på denna höjd, har man ansett 0,5 rem som en garanterat ofarlig dos.

Låt oss också beröra kylvattenproblemet, som har fått viss uppmärksamhet på sistone genom diskussionen om det planerade Barsebäcks-verket. Egentligen är problemet om depositionen av kylvattnet också relevant för de kraftverk som är baserade

på kol och olja. Skillnaden är den, att kärnkraften har lägre effektivitet och därför förbrukar relativt sett något mer kylvatten. Utsläpp av varmvatten resulterar i att syrehalten i vattnet reduceras. En del ogynnsamma ekologiska förändringar är möjliga om inte det varma kylvattnet före utsläppet kan kylas ner avsevärt.

Energikombinatprincipen

Ett bekymmer med atomkraftverket utformat enbart till kraftproduktionen är sålunda låg verkningsgrad och samtidigt problem med kylvattendepositionen. I denna typ av kraftverk ligger lågtemperaturpunkten vid 30° C medan högtemperaturpunkten kanske ligger något under 300° C. Genom att i stället ta ut varmvatten redan vid 85—125° C, skulle man kunna utnyttja en del av värmeförlusterna för nyttiga ändamål. För ett kraftverk med 600 000 kW nyttigt effekt (kraft) och 1,1 milj. kW värmeförluster skulle man kunna ta ut 100 000 kW värme för bostadsuppvärmning till en kostnad av 10 000—15 000 kW i kraftförluster.

Atombränslereserver

Vare sig vi finner atomkraft riskfylld eller mindre riskfylld, bra eller mindre bra, så har vi tills vidare synbarligen inte så mycket mer att välja på. Det är bara det att den tillgängliga bränslereserven inte är så överväldigande. Med den typ av reaktorer vi nu har, som bara använder 1 % av uranbränslet, beräknas urantillgångarna endast räcka fram till möjligen år 1990—2000. Vi ställs nu inför uppgiften att inom 20 år konstruera nästa generation av reaktorer, som utnyttjar i stort sett hela uranbränslet, de s. k. brid-reaktorerna. Vi visar i nedanstående tabell tillgängligt bränsle för

Tillgång på kärnbränsle i enheten Q

Bränsle \ Pris	Tillgång på kärnbränsle i enheten Q			Reaktortyp	
	< 140 kr/kg	140—210	< 520		< 1500
235 U	0,6	0,6	2	20	lättvattenreaktor
238 U	60	50	240	2000	brid-reaktor
232 Th			80	3000	brid-reaktor

nu använda lättvattenreaktorer och för framtida bryd-reaktorer. Uppskattningen av våra tillgångar är givetvis i hög grad beroende av hur mycket vi vill betala för vårt kärnbränsle.

Efter hand får man räkna med att man på grund av bränslebrist övergår till att använda dyrare bränsle än man nu accepterar — 110 kr/kg kostar U nu — och när man når priser kring 200 kr/kg, så blir de låghaltiga svenska uranskiffrarna av stor betydelse. Vi har där en reserv uppskattad till 270 Q, dvs. större än världens samlade kolreserver och mer än 10 gånger de samlade oljereserverna.

Andra energikällor

Finns det inga andra möjligheter att skaffa fram energi än i form av fissionsenergi? Svaret är att det finns väsentligen en typ av projekt, som definitivt skulle lösa energiproblemet och som har ett visst mått av sannolikhet för sig.

Jag syftar här på möjligheten att tämja den s. k. vätekraften och få kontroll över fusionsprocessen på samma sätt som vi fått kontroll över fissionprocessen. Fusionsprocessen är en energiavgivande process, som vi vet fungerar i vätebomben och där leder till utveckling av stora energimängder. I vätebomben är det emellertid fråga om en ostyrd energiutveckling i form av en explosion. För att energin skall vara nyttig måste den kunna styras i tiden. De med den processen förbundna olösta tekniska problemen är ännu mångfaldiga. Men skulle de gå att lösa, blir utomordentligt stora energireserver tillgängliga. Från att leva på den energetiska svältgränsen skulle vi plötsligt flyttas över i energetiskt överflöd. Råvaran, tungt vatten, finns i stora mängder i havsvattnet. Och de reserverna skulle svara mot inte mindre än 10 miljarder Q, dvs. en ur praktiska synpunkter outtömlig källa för energi. Låt oss emellertid utgå ifrån att tillgången till denna energikälla ännu 20 år framåt i tiden (enligt den amerikanska atomenergikommissionens uppfattning) är spärrad av svårforcerade tekniska hinder.

Energi — mat — vatten — miljö

De dominerande problem som vi har dragit upp har varit befolkningsexplosionen och energikrisen. En direkt följd av dessa är tömningen av de fossila bränsleresurserna.

Ännu mer kritiskt är läget för vår värld beträffande födoämnestillgången och vattentillgången. Givetvis är dessa tre kriser intimt kopplade till varandra: vatten, mat och energi. Till de andra kriserna kommer så också miljökrisen. Med tillräcklig energi är emellertid utsikterna också bättre att skaffa fram mat och vatten. Med god tillgång på energi kan man t. ex. avsalta havsvatten. Med obegränsad tillgång till vatten kan man tänka sig att odla upp stora och bördiga arealer av öknar och halvöknar, som upptar områden på jorden större än den produktiva marken. Men att sikta mot att bygga upp åkerbruk i Sahara medan man i rask takt lägger ner åkerbruk på Lundaslätten är, sett från den globala ekonomiska synpunkten, ett kvalificerat vansinne. Att över huvud taget lägga ner lantbruk medan den största delen av mänskligheten balanserar vid och ofta under svältgränsen är en moraliskt belastande tanklöshet, som jag inte kan tänka mig annat än att vi mycket snart kommer att ångra.

USA är visserligen ett land, där man gått mycket långt i fråga om tanklös miljö- och resursförstöring, men 1970 och -71 års amerikanska budget visar ett kraftigt accelererat intresse för miljövard och resursvard.

Liksom i fråga om energi är den rika världens belastning av miljö och resurser oproportionerligt stor. Varje amerikan förslösar 50 gånger så mycket av resurserna som varje indier, har amerikanska forskare beräknat. Och svensken förslösar resurserna ungefär i samma takt som amerikanen. Detta gäller sådana tillgångar som vatten, mineraler, äggviteämnen. Om varje världsborgare skulle kräva en vattenkonsumtion som en amerikan eller svensk skulle vi med *alla* våra vattentillgångar helt utnyttjade inte kunna försörja mer än 2 resp. 3 miljarder människor, enbart av den an-

dominerande problem som vi har drabbats av har varit befolkningsexplosionen och energikrisen. En direkt följd av denna ökning av de fossila bränsleresurserna

Ännu mer kritiskt är läget för vår värld vid tillgången av vatten. Givetvis är dessa tre kriser kopplade till varandra: vatten, mat och energi. Till de andra kriserna kommer också miljöproblemen. Med tillräcklig energi emellertid utsikterna också bättre att få fram mat och vatten. Med god tillgång på energi kan man t. ex. avsalta havsvatten. Med obegränsad tillgång till vatten kan man tänka sig att odla upp stora och produktiva arealer av öknar och halvöknar, uppstår områden på jorden större än produktiva markerna. Men att sikta mot att bygga upp åkerbruk i Sahara medan vi i rask takt lägger ner åkerbruk på den lantliga arealen är, sett från den globala ekologiska synpunkten, ett kvalificerat vanligt. Att över huvud taget lägga ner lantbruk medan den största delen av mänsklig produktion balanseras vid och ofta under svältens är en moraliskt belastande tanklöshet som jag inte kan tänka mig annat än att vi mycket snart kommer att ångra.

USA är visserligen ett land, där man gått långt i fråga om tanklös miljö- och naturförstörelse, men 1970 och -71 års amerikanska budget visar ett kraftigt accelererat intresse för miljö- och resurser. Även i fråga om energi är den rika försörjningen av fisket, vars avkastning fördubblats sedan 1950. Tillsammans är det fråga om mer än halva mänskligheten, som fått sin matförsörjning tryggad genom dessa åtgärder. Denna ökning av världen livsmedelsproduktion kan, av skäl som jag inte hinner beröra, inte stegras nämnvärt ytterligare. Den viktigaste gränsen är de begränsade vattenresurserna. Vi måste räkna med en krissituation i fråga om våra grundläggande resurser. I dem får vi förutom jordmineraler och vatten också räkna in luft. I Ame-

rika beräknas det kosta 30 miljarder dollar att stoppa och vända vattenförstörelsen och 60 miljarder dollar att stoppa och vända luftförstörelsen under de närmaste 5 åren. Detta svarar mot 10 % av den årliga amerikanska nationalprodukten.

Det som behövs är inga revolutioner. Detta blodsbesudlade ord har på de yttersta av dessa dagar blivit ett honnörsord, som stora grupper uppfattar som ett ideologiskt penicillin mot alla samhällsåkommor. Revolutioner, det tror jag är uppenbart för de flesta, skulle på ett allvarligt och kanske ohjälpligt sätt splittra världens resurser, som behövs för att under de nästa 30 åren möta den situation vi försatt oss i. Samhället som firar sina revolutioner har visat sig lika undermåliga naturvårdare som rent kapitalistiska och dessutom mycket långsammare, när det gäller att vidta motåtgärder. Främst troligen därför att de är oförmögna att erkänna att de begått några misstag. Vad vi behöver i västerlandet är en omvärdering av kostnaderna för de olika varor vi saluför. Detta gäller både köpare och säljare. I omvärderingen av kostnaderna ingår att vi i dessa inbegriper hur mycket de gemensamma resurserna brandskattar t. ex. de fossila resurserna, eller t. ex. hur mycket vatten som åtgått för varans produktion eller användning. I varje varus pris måste också ingå den motsvarande kostnaden för bekämpningen av den naturförstörelse vilken varans brukande förorsakar.

Till slut, till energin, vattnets, miljöns och födas kris kommer också en värdenas kris. För en av mina kolleger visade jag en dag ut över Lundaslätten och pekade på den växande graden av asfaltering: Se här en flertusenårig livsmedelsproduktionsapparat som tanklöst förstörs, ett landskap som skövlas under sken av den mest sofistikerade planering. Ja, genmålde han, det är illa, men vida allvarligare är att gamla värden och lojaliteter eroderas. Dem förutan är det frågan huruvida vi kan använda de kriser, som vi delvis redan står uppe i. □

Olika typer av jordförstörelse fortgår oavbrutet. Redan upptar enligt Borgström vägar, städer, flygfält, industrier en lika stor areal (1,5 miljarder ha) som åkerjorden, och fortgående ökar denna, i fråga om direkt produktion av föda, avkastningslösa areal med 1 % per år. Trots detta, dvs. trots att en mängd god åkermark blivit ifråga om matproduktionen väsentligen improduktiv bostads- och industrimark, har åkerarealen ökat med lite mer än 10 % på 90 år. På dessa 90 år har emellertid världens befolkning ungefär tredubblats.

Handelsgödsling, konstbevattning och jordbruksmekanisering är de faktorer som ökat jordbruksavkastningen i en sådan utsträckning att den trots befolkningsökningen f. n. något så när räcker till för mat till oss alla. Man kan göra upp följande tabell över vilka faktorer som framför allt medverkat till en ökad livsmedelsproduktion. Det blir sålunda mat till:

600 miljoner människor genom handelsgödslingen
600 miljoner människor genom konstbevattningen
250 miljoner människor genom användning av mineralolja istället för dragdjur.

Därtill kommer att:

600 miljoner människor ytterligare försörjes genom fisket, vars avkastning fördubblats sedan 1950.

Tillsammans är det fråga om mer än halva mänskligheten, som fått sin matförsörjning tryggad genom dessa åtgärder.

Denna ökning av världen livsmedelsproduktion kan, av skäl som jag inte hinner beröra, inte stegras nämnvärt ytterligare. Den viktigaste gränsen är de begränsade vattenresurserna. Vi måste räkna med en krissituation i fråga om våra grundläggande resurser. I dem får vi förutom jordmineraler och vatten också räkna in luft. I Ame-