

Vårt läge är ytterst prekärt. Steg för steg har vi de senaste 150 åren, utan närmare analys, manövrerat oss in i ett hörn. Klämda mellan resursuttömningens Scylla och den globala uppvärmningens Charybdis, står vi där i hörnet med huvudet i sanden och foten i en rävsax. Dessvärre saknar vi det mest väsentliga av allt i denna situation: *krismedvetande*.

Sant är förvisso att vi ständigt kan läsa och höra om stigande havsnivåer, extrema väderförhållanden, värmeböljor, svält, uttömning av haven och kamp om olja, vatten och mineraler, men av någon märklig anledning tycks det gå in genom det ena örat (eller ögat) och ut genom det andra. Vi lyckas inte internalisera informationen; det förefaller som om vi fastnat i Elisabeth Kübler-Ross första fas: förnekelse.

Världens ledare samlas till möten, där man högtidligt lovar varandra att ta krafttag, men bläcket hinner knappt torka på utfästelserna innan man är tillbaka i Business-As-Usual. I Sverige ser vi exempel efter exempel:

- Regeringen säljer, genom Vattenfall, det tyska kolet.
- Trafikverket bygger "Förbifarten", arbetar idogt för Österleden/Östlig förbindelse och hemlighåller utredningsmaterial som går emot Verkets planer
- Arlanda och Skavsta byggs ut för många miljarder, för att stimulera flygandet
- Starka krafter arbetar för att få etablera en konkurrent till inrikesflyget: hh-tåg. Samtidigt missköts befintliga banor, både lokalt och nationellt
- Miljömålsberedningen presenterar sitt betänkande – med bantade ambitioner. Och snart har betänkandet i alla fall drunknat i bruset från EM i fotboll.
- Politiker av alla kulörer må käbbla om åtskilligt, men om ett kan de alltid enas: tillväxt är av godo – ju högre, desto bättre. Inställningen stöds av de flesta ekonomer.

Okunniga ekonomer bidrar dessutom medelst CBA (Cost-Benefit-Analysis, ä.k.s. samhällsekonomiska kalkyler) till att förvärra situationen. CBA utgår nämligen från den klassiska nyttoteorin (vilken f.ö. delvis bygger på bevisligen felaktiga antaganden om preferensers transitivitet), där olika utfall åsätts sannolikheter och kostnader (eller intäkter). Problemet är, att global uppvärmning i kombination med övriga hot (bl.a. energibrist) kan leda till en total systemkollaps – ett apokalyptiskt scenario. Vilken kostnad bör rätteligen associeras med ett sådant utfall?

Rimligare är, något som bl.a. Nassim Nicholas Taleb (förmodligen mest känd som författare till boken **The Black Swan**) förespråkar, nämligen att använda någon variant av klassisk ruinteori (Cramér–Lundberg-modellen), ursprungligen framtagen för att hantera försäkringsbolagens risk för ruin.

Men det är inte bara politiker och myndigheter – vilka borde föregå med gott exempel – som agerar helt på tvärs mot vad som krävs. Även medborgarna motarbetar idogt sina egna – eller i vart fall sina barns och barnbarns och övriga efterkommandes intressen:

- Bilförsäljningen slår nya rekord – i Sverige såldes 345.000 personbilar 2015. Av dessa var blott några hundra rena elbilar. Utvecklingen är likartad i hela Europa.
- Antalet långväga flygresor ökar oavbrutet
- Vårt behov av kött är omätligt – och stadigt växande

Delvis kan detta förmodligen tillskrivas socialpsykologiska faktorer – det gäller att ”keep up with the Joneses”, d.v.s. bräcka grannen – men denna förklaring friskriver inte de enskilda medborgarna från ansvar.

Allt det föregående visar på en fullständig avsaknad av krismedvetande på alla nivåer. Och utan krismedvetande finns givetvis ingen motivation att ändra beteende.

Att vi skjuter ifrån oss information om klimatförändringarna har säkerligen åtminstone två orsaker: ”De inträffar någon gång i framtiden” och ”De inträffar någon annanstans”. Ingetdera är i o f s sant; vi ser redan effekterna även i Europa: stormar, översvämningar och värmeböljor. Men människans förmåga till förträngning och förnekelse är imponerande.

Då det gäller myntets andra sida – energifrågan – handlar det troligen främst om okunnighet. För att illustrera detta kan vi ställa oss några enkla inledande frågor:

1. Hur många kWh finns i en liter bensin (eller diesel)?
2. Hur många kWh finns i vårt dagliga bröd?

Men kanske bör vi allra först ställa oss frågan:

3. Hur stor är egentligen en kWh?

Svaret på den sista frågan är mycket talande: 1 kWh är ungefär vad en normal vuxen man kan leverera genom kroppsarbete under en (lång) arbetsdag, ty effekten 100 W under 10 timmar ger energin $100 \cdot 10 \text{ Wh} = 1.000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$.

Vi kan nu besvara de två första frågorna:

Bensin:	c:a 9 kWh
Diesel:	c:a 10 kWh
Olja:	c:a 10 kWh

Normalt kaloriintag ligger, beroende på kroppsstorlek och typ av arbete, mellan 2.000 och drygt 3.000 kcal/dygn. $1 \text{ kcal} = 4.184 \text{ J} = 4.184 \text{ Ws}$, varav man raskt finner 2,35 – 3,5 kWh

En fråga till:

Oljepriset var den 15:e juni 2016 knappt 50 USD per fat (1 fat = 159 liter). 1 USD kostade denna dag 8,33 SEK. Priset för en liter olja var således ungefär 2,60 SEK, varav följer att priset på 1 kWh olja alltså låg på drygt 25 öre.

4. Var detta även priset på (och värdet av) arbetsmyrans insats i svaret på fråga 3?

Nu dags för ett par skojiga och nyttiga laborationer, för att illustrera det sanna värdet av en kWh:

- Tanka din bil (eller annat fossileldat fordon) med en liter soppa.
- Kör tills tanken är tom.
- Rulla hem fordonet med muskelkraft.
- Nu har du förtjänat en stor öl!

Tag 4 000 ton döda växter och djur. Sjud stilla i 150 miljoner år.

Grattis! Du är nu lycklig ägare till 1 fat olja, värt knappt 420 kronor på marknaden, och med ett energiinnehåll motsvarande arbetet från 5 slavar, som arbetar 12 timmar om dygnet – i ett år.

Dags att bli personlig: Hur många kilowattimmar gör *du själv* av med varje dag på

- boende
 - resor
 - föda
 - grunkor, grejor och prylar
 - underhållning och slikt
- ?

Annorlunda uttryckt:

Hur många slavar behöver *du* för att ersätta din förbrukning av icke förnybar energi?

Ett försök att besvara frågan:

Sveriges befolkning uppgick vid årsskiftet 2012/2013 till 9.555.893 invånare
Sveriges totala slutliga energianvändning under 2010 var 411 TWh (1 TWh = 1.000.000.000 kWh).

411 miljarder kWh/9,6 miljoner människor = 42.800 kWh per person och år.

Alternativt:

42.800 kWh/365 dagar = 117 kWh per person och dag (även pensionärer och spädbarn är personer och därmed inräknade).

Till detta kommer utrikes flyg och sjötransporter samt importvaror – allt som allt minst 150 kWh.

Således: **omkring 150 slavar per person!**

Anm: siffran inkluderar industrins förbrukning, utslagen på samtliga medborgare.

Det kan vara av visst intresse att betrakta den globala fördelningen av konsumtionen:

Genomsnittlig <i>energiförbrukning</i> :	20 MWh per person och år
Ekvivalent:	54 kWh per person och dygn
Genomsnittlig <i>effektförbrukning</i> :	2.3 kW per person

Konsumtionen är mycket ojämnt fördelad över världen:

USA:	~12 kW (290 kWh/dygn)
Industrialiserade länder:	~6.5 kW (155 kWh/dygn)
Utvecklingsländer:	~1.2 kW (30 kWh/dygn)

Vi har således, under lång tid, vant oss vid att energi är i det närmaste gratis. Dessutom finns den alltid tillgänglig, på macken eller med en tryckning på strömbrytaren. Att lämna de fossila bränslena innebär även att överge dessa föreställningar.

Med den nyförvärvade känslan för kilowattimmar och energislavar kan vi nu ge oss i kast med den egentliga frågeställningen: hur göra Sverige fossilfritt till 2045? Först måste vi dock göra klart vad vi menar med "fossilfritt". Exempelvis definierar ju FFF och TRV en "fossiloberoende fordonsflotta 2030" som en bilpark som till 80 procent klarar sig på förnybara bränslen. Hellre än att låsa oss vid en definition konstaterar vi följande:

Sluttiden 2045 innebär att vi har ungefär 29 år till vårt förfogande. Om vi minskar fossilberoendet med 7 procent om året, kommer det att halveras på 10 år. Tre halveringar innebär att vi 2045 kommer att ligga på ungefär 12 procent av dagens konsumtion, d.v.s. på runt 1,4 ton fossil koldioxid per person och år. (Idag ligger vi på ungefär 6 ton då det gäller utsläpp inom landet och ungefär lika mycket till då vi räknar in utrikes resor och importvaror.) Om vi i stället minskar med 10 procent om året blir halveringstiden 7 år varför vi hinner med fyra halveringar till 2045 och hamnar på ungefär 0,7 ton per person och år.

Miljömålsberedningen har fastnat för en minskning med 70 procent på 20 år. Detta svarar mot 6 procent per år. Helt otillräckligt. En företrädare för Transportföretagen meddelar i P1 att de möjligen kan uppnå 43 procent reduktion till 2030. Möjligen. Knappt 3 procent per år. Hon förbereder förmodligen en förhandling med naturen. Men, tyvärr: *Nature bats last.*

Anm: Varför en konstant minskningstakt i stället för konstant minskning *per år*?
Tre skäl:

1. Konstant minskningstakt (förslagsvis någonstans mellan 7 och 10 procent per år) innebär att de största minskningarna (i ton räknat) sker i början av perioden. De initiala minskningarna är enklast att genomföra, eftersom det då finns lågt hängande frukter att plocka.
2. Huvudbördan bör – enligt Polluter Pays Principle – drabba dem som orsakat problemen och dragit nytta av fossilmisbruket.
3. Konstant minskning från 12 till 1 ton på 29 år innebär $11/29$ ton = 380 kilo per år. Första året blir den procentuella minskningen ungefär 3 %; sista året 100 %. Inte så rättvist!

Vi är nu redo för utmaningen. Denna kan betraktas ur två olika perspektiv: konsumentens eller producentens. Om vi anlägger konsumentperspektivet är Stefan Edmans **Bilen, Biffen och Bostaden** en god grund att stå på, men den behöver kompletteras med Prylar, grejor och grunkor ("Stuff") och (Process)industri.

Betraktat ur produktionsperspektivet handlar det främst om tillverkning, lagring och distribution av fossila bränslen och av elektricitet respektive av förädlingsprodukter ur biomassa (biodiesel, biogas, metanol).

Vi inleder med konsumtionen, men i annan ordning:

Bostaden.

Omsättningstakten i bostadsbeståndet är låg – ett hus har en livslängd av storleksordningen 100 år – och det samlade värdet är enormt. Förtida rivning och nybygge är därför inte att tänka på; i stället handlar det om modernisering: energieffektivisering. Potentialen är betydande: tilläggsisolering, lågemissionsglas, installation av värmepump (alternativt anslutning till fjärrvärmenätet), värmeåtervinning ur frånluft och ur avloppsvatten kan ge stora energivinster. (Se Sigbritts rapport.) Vitvaror i bästa energiklass och LED-lampor borde vara självklarheter för de boende.

Nya hus bör givetvis uppföras som passiv- eller, helst, plushus. Även byggmaterialet måste väljas med omsorg: idag uppförs den absoluta majoriteten av flerfamiljshus i (armerad) betong. Både stål- och cementproduktion är energikrävande processer med höga temperaturer och stora utsläpp av koldioxid (cementindustrin svarar, globalt, för omkring 5 procent av utsläppen). Se <http://blogs.ei.columbia.edu/2012/05/09/emissions-from-the-cement-industry/> för intressanta detaljer. Det skogrika Sverige måste lämna betongen och satsa på trähus. Sådana kan numera byggas med ett stort antal våningar – se t.ex. Limnologen i Växjö (8 våningar) och världens f.n. högsta trähus, Treet, i Bergen (14 våningar och 51 meter). I London finns planer på ett trähus med höjden 300 meter.

En icke föraktlig bieffekt av att bygga i trä är de estetiska möjligheterna – se t.ex. tidningen **trä!** (f.d. **Träinformation**) för inspiration.

Biffen.

Livsmedelssektorn är en energimässig katastrof: bakom varje kalori som slinker in i våra munnar ligger tio kalorier i framställningskostnad. Det handlar om diesel till fiskeflottor, diesel, gödningsämnen, herbicider och pesticider i jordbruket, skörd och efterbearbetning, förpackning, transporter inom landet, långväga transporter, bl.a. av fisk och skaldjur i kylfartyg för rensning i Kina f.v.b. till Europa, färska grönsaker som flygs från Afrika och odling av sojaböner i Sydamerika för utfodring av nötkreatur i bl.a. Sverige. I stort sett allt detta baseras ytterst på fossila bränslen. Härtill kommer utsläpp av metan (23 ggr starkare växthusgas än koldioxid) och lustgas från djurhållningen och av koldioxid från avskogningen i bl.a. Amazonas. (Avverkning av 13 miljoner hektar skog (30 procent av Sveriges yta!) i tropikerna varje år bidrar med 6,5 miljarder ton koldioxid årligen.)

Det är välkänt att energiåtgången för framställning av olika livsmedel varierar stort. Värst är nötkött, följt av gris och kyckling, medan grönsaker genomgående kräver långt mindre energi. Dessvärre är köttkonsumtionen i Sverige stadigt växande.

Det mesta talar för att våra matvanor måste ändras i mer vegetarisk riktning. En sådan omställning torde dock inte kunna genomföras i en handvändning. Ett svårhanterligt problem är att åratals "förädling" av frukt och grönsaker resulterat i snabbväxande, stora och transporttåliga men smaklösa produkter med lågt näringsinnehåll.

Vi rekommenderar gärna den färska intervjun med Michael Pollan:

<http://www.svd.se/michael-pollan-hela-varlden-har-en-atstorning>

Bilen.

Eller för att vara mer precis: transporter. Enligt IEA, International Energy Agency, konsumerade mänskligheten år 2013 drygt 108.000 Twh (Sverige: drygt 400 Twh) energi. Av detta svarade transportsektorn för 28 procent. (Our Renewable Future, <http://ourrenewablefuture.org/the-present/>, kapitlet om transporter).

Vi måste här skilja mellan transporter i luften, på vattnet och på land:

Flyget expanderar i en takt av minst 5 procent om året – en fördubbling på 14 år. Detta är möjligt tack vare (eller på grund av) Chicagokonventionen från 1947, enligt vilken flygbränsle är befriat från skatt. Syftet bakom konventionen var gott: efter kriget skulle folken förbrödras genom intensifierade kontakter. Mycket luft har dock strömmat under vingarna under de 70 år som gått sedan undertecknandet och idag handlar det om en ohållbar massturism, vilken upprätthålls medelst fossilbaserat jetbränsle. Sant är, att flyget i princip skulle kunna drivas med biobaserat bränsle, men de arealer som skulle krävas är enorma – kanske tre gånger Indiens yta. Ett minskat flygande är nödvändigt, men krav på detta kommer att möta hårt motstånd: stora summor är investerade i dagens flygplansflotta. Arlanda och Skavsta byggs ut för många miljarder – för att möta en förväntad ökande efterfrågan på flygresor ...

Den ojämförligt mest betydelsefulla delen av *sjöfarten* är förstås olje- och godstransporterna. Containerhanteringen växer oavbrutet, främst beroende på Västs import från Kina. Walleniusrederierna fraktar bilar över världshaven i specialbyggda jättestyrt. Sveriges import sker till omkring 90 procent med fartyg.

Sjöfart har förhållandevis liten energiförbrukning per tonkilometer, men för att hålla nere drivmedelskostnaderna har fartygen under många år drivits med s.k. bunkerolja, med en svavelhalt på 4 à 5 procent. Miljöhänsyn har länge stått långt ner på rederiernas prioriteringslistor. Nya regler för bränslekvalitet från IMO (International Maritime Organisation) har emellertid tvingat fram användning av renare bränslen, åtminstone i vissa delar av havet. En konsekvens är att nya Finlandsfärjor kommer att drivas med LNG (Liquefied Natural Gas, d.v.s. fossilgas nerkyld till -162 grader Celsius). Även LNG är ett fossilt (och ändligt) bränsle och kommer att fasas ut. Vad kommer sedan? Möjligen biodiesel. Vissa rederier experimenterar med hjälpsegel – kanske får vi en dag åter se segelfartyg på oceanerna?

Landtransporterna kan vara räls- eller vägburna. De rälsburna (tåg, pendeltåg, tunnelbana, duospårväg eller spårvagn) har utomordentligt låg energiåtgång (tack vare stål mot stål i stället för gummi mot asfalt); dessutom är de med få undantag eldrivna och därmed (i Sverige) i stort sett fria från koldioxidutsläpp.

De vägburna transporterna skiljer sig, vad gäller energiförbrukning och fossila koldioxidutsläpp, på ett synnerligen ofördelaktigt sätt från de rälsburna: omkring en tredjedel av Sveriges koldioxidutsläpp härrör från vägtrafiken, vilken till över 95 procent drivs av fossila bränslen. Enligt Trafikverkets initialt hemlighållna underlag till regeringens infrastrukturplanering måste vägtrafiken minska med 12 procent till 2030; för storstäderna krävs enligt rapporten en minskning om 30 procent.

Det bör observeras att dessa siffror togs fram före Parisöverenskommelsen, d.v.s. medan målet fortfarande var att hålla den globala temperaturökningen under 2 grader Celsius. Den högre ambitionen efter COP 21, d.v.s. att sträva mot maximalt 1,5 graders höjning, kräver förstås en kraftigare minskning. Miljömålsberedningen stannade för en minskning med 70 procent från 2010 till 2030. Detta svarar mot 6 procent årlig minskning, något som troligen är långt ifrån tillräckligt för att uppnå målet. Ett par enkla åtgärder skulle troligen leda långt – men hur många politiker är redo för så drastiska ingripanden ...?

1. En nationell hastighetsbegränsning till 70 km/tim för att spara bränsle - moderna bilar är optimerade för ungefär denna fart. (I tätort kan 20 km/tim vara lämpligt, men detta av säkerhetsskäl). Eftersom energiförbrukningen (per km) är ungefärligen proportionell mot kvadraten på hastigheten, skulle en sänkning från 100 km/tim till 70 km/tim innebära en halvering av bränsleförbrukningen till gagn för såväl riket som de enskilda bilisterna.

2. Ökad drivmedelsskatt med 1 procent per månad fram till 2045. För konsumenterna skulle en så blygsam ökning försvinna i bruset av bensinbolagens ständiga prisändringar, men det skulle betyda en fördubbling av skatten på knappt sex år. En kraftfull signal!

Låt oss försöka i tur och ordning dissekera följande komponenter: persontransporter, godstransporter och infrastruktur:

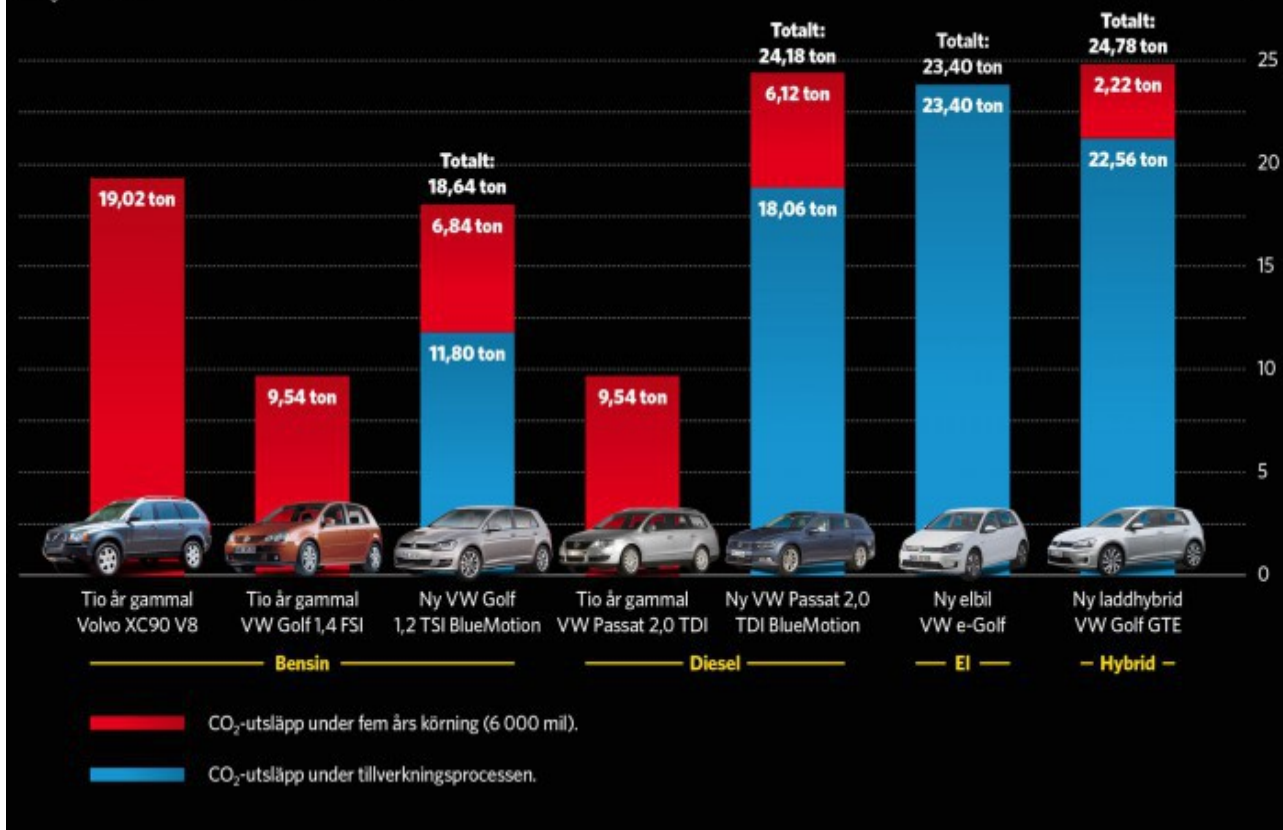
Dagens fossileldade personbilar med motorer med låg verkningsgrad kan i princip bytas mot bilar drivna med el eller biobränslen, men det finns ett antal problem: endast rena elbilar (batterbilar) kan komma i fråga; elhybrider drivs ju med fossila bränslen. Rena elbilar är f.n. dyra eftersom batterierna är dyra. Vid en livscykelanalys visar sig dessutom elbilarna jämförbara med fossileldade bilar; se nästa sida. I stället för att skattebetalarna, som nu, skall subventionera elbilar med 40.000 kronor per bil, kan man tänka sig ett bonus-malus-system där fossildrivna bilar får stå för finansieringen. Elbilar är dessutom tunga och utrymmeskrävande, om man kräver en rejäl aktionsradie. Anledningen är förstås batteriernas förhållandevis låga energitäthet. Ett annat bekymmer är att batterier bara klarar ett begränsat antal laddcykler innan de måste bytas. Till dessa nackdelar kommer att en stor del av jordens litiumtillgångar är samlade i Bolivia. Tillgången på litium kan visa sig vara otillräcklig för att förverkliga IEA:s scenario för elektrifiering av fordonsflottan; se **Lithium availability and future production outlooks** av Vikström, Davidsson och Höök. En uppenbar fördel är att elbilar vid drift är tysta och rena; de är dessutom långt mer energieffektiva än förbränningsmotordrivna fordon. I ett framtida elnät kan elbilar tänkas ingå som energilagrare.

Etanolbilar hade en kort glansperiod, men försäljningen är nu mycket liten. Detta är knappast att beklaga, eftersom nästan all etanol har mycket låg EROEI (Energy Returned on Energy Invested). Det i stort sett enda undantaget är brasiliansk sprit, men den konsumeras i stor utsträckning i Brasilien. Möjligen skulle, i Sverige, metanol från skogsavfall vara ett bättre alternativ, men metanol är giftig och i viss mån korroderande. Vi bör nog även förbereda oss för en hårdnande kamp om skogsråvaran, vilken har många andra användningsområden.

De fossildrivna bilar som idag rullar på våra vägar har i många fall åtskilliga år kvar till skrotning. Det är oklart hur många som realistiskt kan fasa ut till år 2030. Vi får inte heller glömma ineffektiviteten i systemet: i varje bil sitter ungefär 1,3 personer. Över 1.500 kilo metall, plast och glas används för att frakta 100 kilo kött!

Oberoende av drivmedel finns alltid frågan om fordonens inbäddade energi, d.v.s. den energi som åtgår för att tillverka dem. Denna är på intet sätt försumbar. I själva verket kan den motsvara åtskilliga års körning. Bilden nedan visar några exempel (se <http://teknikensvarld.se/ny-elbil-smutsigare-an-gammal-bensinbil-303747/> för hela artikeln).

FAKTA: Uppskattat CO₂-utsläpp Enligt Mike Berners-Lees teori.



Enligt Heinberg och Fridley innehåller en genomsnittlig bil 48 Mwh inbäddad energi (energin i c:a 4,8 kubikmeter olja). Detta innebär att tillverkningen av de 90 miljoner fordon som producerades 2014 krävde mer energi (4.300 Twh) än all den förnybara elektricitet som producerades detta år (3.685 Twh)!

Energiinnehållet i ett enda däck är enligt uppgift ungefär samma som i ett fat olja.

Hur ser det ut då det gäller tunga lastbilar och långtradare? Alice Fridemann refererar (<http://energyskeptic.com/2016/diesel-finite-where-are-electric-trucks/>) till resultat av den Boer m-fl.: för att frakta 27 ton och last 100 mil skulle en långtradare behöva batterier med en vikt av 25 ton; nyttolasten skulle alltså bli 2 ton. Dessutom skulle batterierna kräva 12 timmars laddning. Sämre prestanda än t.o.m. dagens persontransporter!

En möjlighet som f.n. studeras är, att mata långtradare med el från en kontaktledning, men det är oklart om detta skulle ha några fördelar jämfört med en kombination av (eldrivna) tåg för långa transporter och biodieseldrivna lastbilar för kortare transporter.

Oberoende av hur fordonen drivs har de ett gemensamt: de behöver vägar. Byggandet av en kilometer enfilig asfaltväg kräver enligt Heinberg och Fridley motsvarande 86 kubikmeter olja. (Till detta kommer rimligtvis all den asfalt som behövs för bygget.)

Sammanfattningsvis (<http://ourrenewablefuture.org/the-present/>):

”All this is to say that, even if we were able to substitute vehicles that run on petroleum—planes, trains, automobiles, and ships—with ones that ran on renewable electricity, we’d still have the challenge of substituting all the fossil fuels that go into their manufacture, maintenance, and disposal, along with the infrastructure (the roads, bridges, parking, etc.) that supports them. ”

Sveriges satsning på ”Förbifarten” och Östlig förbindelse (Österleden) är uppenbart orimlig.

Prylar, grejor och grunkor (ä.k.s. ”stuff”)

Professor David J C MacKay skriver i sin bok **Sustainable Energy – Without the Hot Air** (<http://www.inference.eng.cam.ac.uk/sustainable/book/tex/sewtha.pdf>)

One of the main sinks of energy in the “developed” world is the creation of stuff. In its natural life cycle, stuff passes through three stages. First, a new-born stuff is displayed in shiny packaging on a shelf in a shop. At this stage, stuff is called “goods.” As soon as the stuff is taken home and sheds its packaging, it undergoes a transformation from “goods” to its second form, “clutter.” The clutter lives with its owner for a period of months or years. During this period, the clutter is largely ignored by its owner, who is off at the shops buying more goods. Eventually, by a miracle of modern alchemy, the clutter is transformed into its final form, rubbish. To the untrained eye, it can be difficult to distinguish this “rubbish” from the highly desirable “good” that it used to be. Nonetheless, at this stage the discerning owner pays the dustman to transport the stuff away.

Vi kan här inte gå in på detaljerna, men MacKay uppskattar för Storbritanniens del konsumtionen av ”stuff” till 48 kWh per dag och person; till detta kommer 12 kWh per dag och person för transport och lagring av ”stuff”. MacKay är möjligen överdrivet generös i sin definition av ”stuff”, så totalt 60 kWh per dag och person är kanske litet i överkant, men torde likväl vara av rätt storleksordning – även för Sveriges vidkommande.

Industrin.

Delar av den svenska industrin är mycket energiintensiva. En sådan sektor är pappersbruken, men de är i stor utsträckning självförsörjande på energi, tack vare svartluten. Värre är det med stålindustrin; SSAB är med sina omkring 7 miljoner ton per år Sveriges största enskilda (inhemska) utsläppskälla för koldioxid. Här några andra exempel (tyvärr med omkring fem år på nacken):

- VATTENFALL: 100 MILJONER TON i Europa!!!
- SSAB: 7,1 MILJONER TON
- PREEM: 2,5 MILJONER TON
- CEMENTA: 2,0 MILJONER TON
- LKAB, SCA, SAS, Swedish Meats .. och många andra.

Här finns förvisso stora utmaningar för framtiden.

Sveriges energisituation för tio år sedan sammanfattades av Energimyndigheten på ett mycket tydligt vis i följande figur (för en färskare, mer detaljerad redovisning: se sankeydiagram i bilaga):

Figur 7: Energitillförsel och energianvändning i Sverige år 2006, TWh



Vi är, som synes, mer fossilberoende än vi älskar att inbilla oss – mer än 40 procent av den slutliga användningen är fossil. Transporterna är givetvis det stora problemet – de är till mer än 95 procent fossildrivna.

Här en bild av utsläppssituationen för 10 år sedan:

Tabell 1. Utsläpp av koldioxid inom Sverige år 2005 uppdelat på samhällssektorer

	Mton CO ₂ e
Industri	25,0
Vägtransporter	18,8
Fjärrvärmeproduktion	4,4
Bostäder/service	3,4
Elproduktion	1,5
Flyg, inrikes	0,7
Sjöfart, inrikes	0,7
Militär	0,3
Jordbruk	10,0
Avfall	2,2
Totalt	67,0

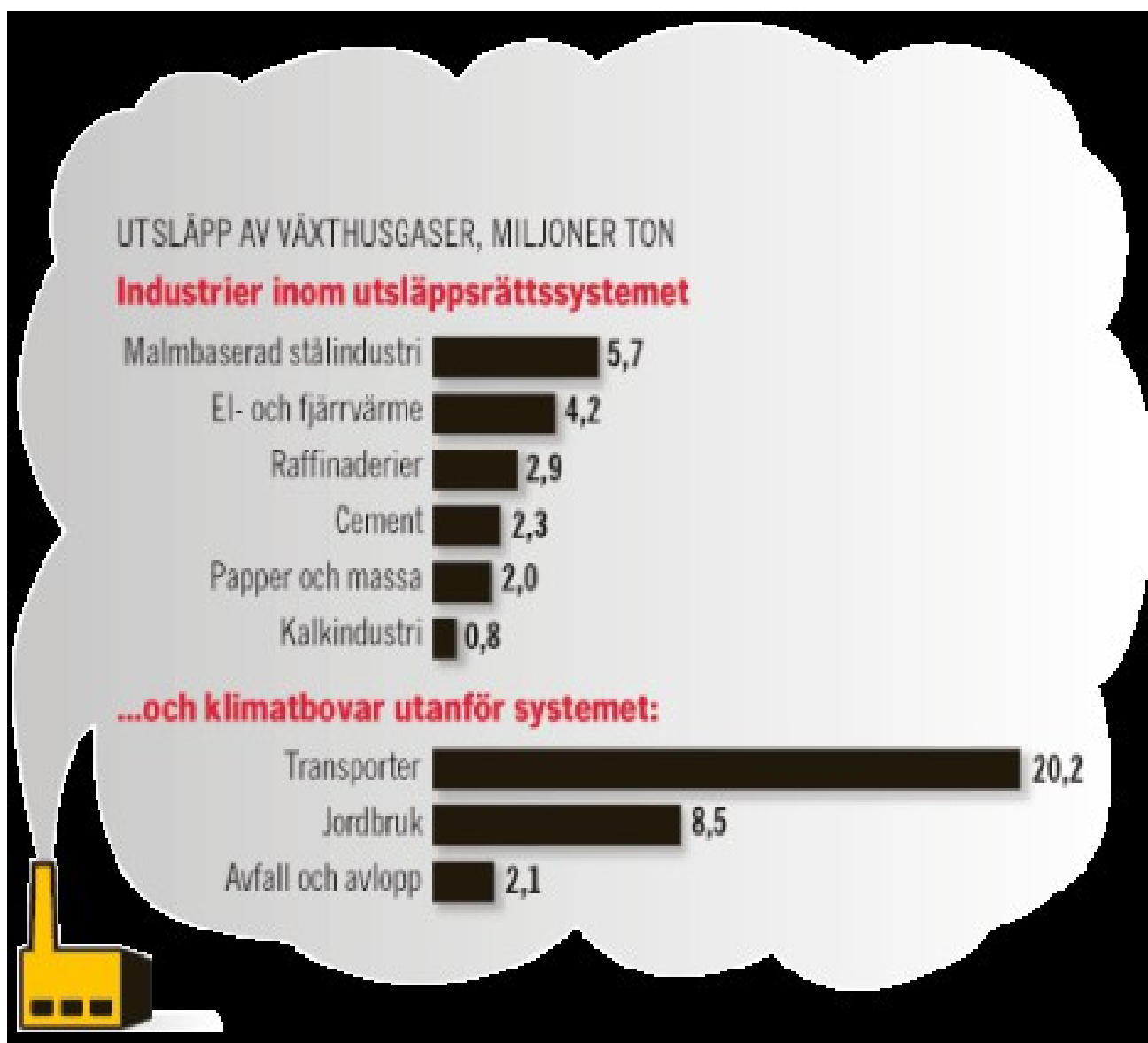
Källa: Svenskt Näringsliv, Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige (2008)

Tabell 2. Utsläpp och nettoupptag av koldioxid som inte inkluderas i officiell statistik

	Mton CO ₂ e
Organogena jordar	3,5
Skogens nettoupptag	
bruttoupptag 60 Mton CO ₂ e	-6,0
bruttoutsläpp 54 Mton CO ₂ e	
Utrikesflyg	2,0
Utrikes sjöfart	7,2
Import av varor och tjänster	35,0–50,0
Totalt	42,0–57,0

Källa IVL, Naturvårdsverket, Jordbruksverket.

Här ytterligare en figur för att dels visa på osäkerheten i data, dels tydligt visa transportsektorns dominerande roll som koldioxidkälla;



Härmed raskt över till några ord om tillförseln av energi:

Det finns ingen anledning att ytterligare orda om kol, olja och fossilgas (samt torv). Dessa måste fasas ut nästan helt. Lagring av koldioxid i marken (CCS – Carbon Capture and Sequestration (eller Storage)) måste nog av flera skäl (bl.a kostnaden och ineffektiviteten) anses vara en återvändsgränd.

Elektriciteten, vilken utgör c:a 35 procent av den tillförda energin i den svenska mixen, produceras huvudsakligen medelst vattenkraft och kärnkraft med en viss övervikt för vattenkraft (kärnkraftens andel är något lägre idag än i tabellen nedan):

Elförsörjningen 2007, Gwh

Vattenkraft	65 658
Vindkraft	1 430
Kärnkraft	64 279
Konventionell värmekraft	13 763
– kraftvärme industri	5 763
– kraftvärme värmeverk	7 471
- kondensprod	505
Summa konsumerad produktion	145 130

Sverige, som tidigare berömt sig av att vara ett framtidsorienterat samhälle, har, i och med energiöverenskommelsen (se t.ex. www.svd.se/uppgifter-energiuppgoresen-klar), sällat sig till sådana länder som Kina och Indien: konventionell kärnkraft skall fortsatt subventioneras för att leva kvar under obestämd tid. Det är bara att hoppas att den konkurreras ut av sol, vind och vatten innan den drabbas av en allvarlig olycka.

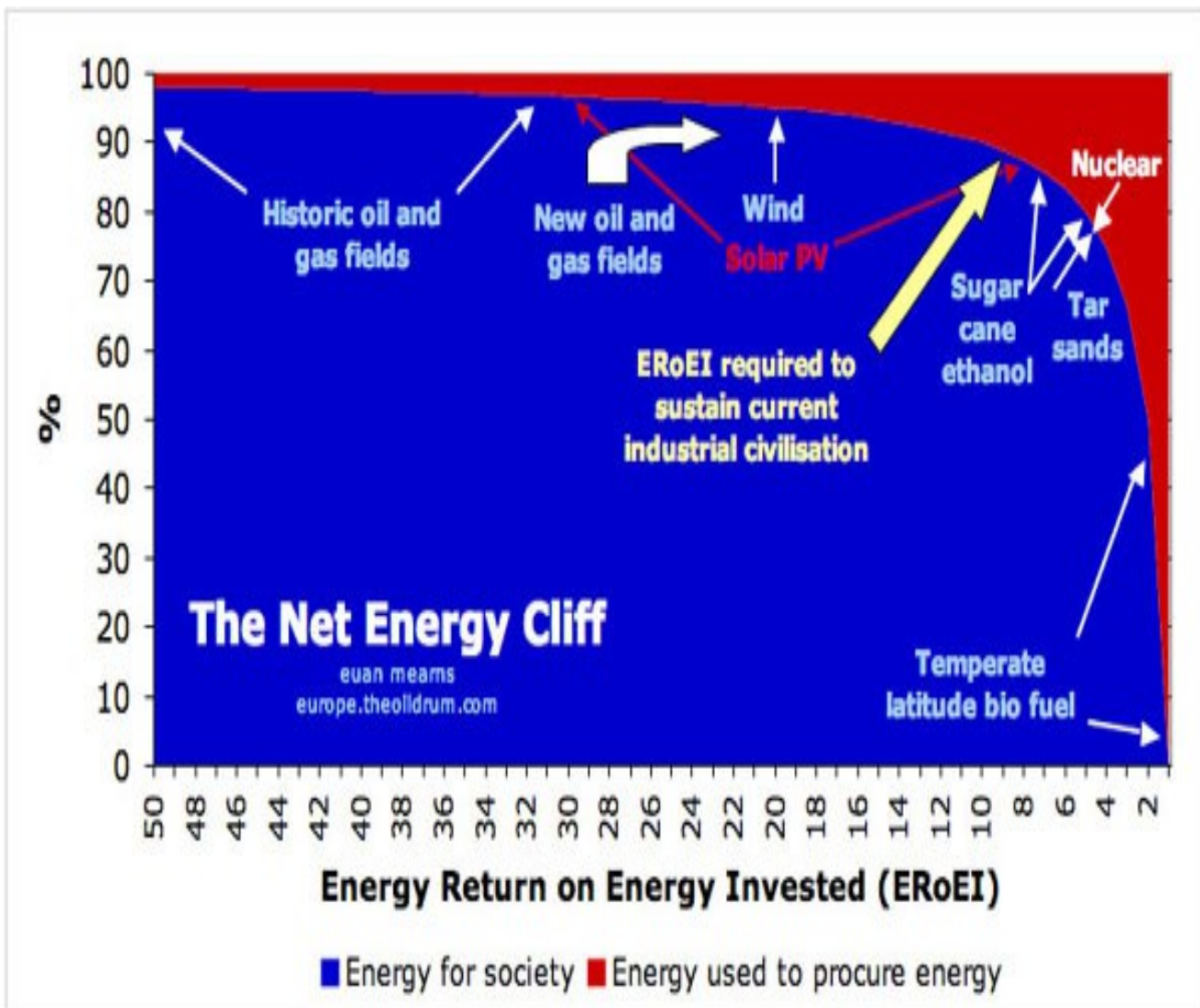
Det är tänkbart att smältsaltreaktorer, exempelvis LFTR (Liquid Fluoride Thorium Reactor), skulle kunnat vara en lösning – om man i god tid satsat på forskning kring dem, i stället för att framhärda med reaktorer vilkas främsta förtjänst är att de kan producera vapenmaterial (plutonium). Nu torde det vara för sent att tänka om.

Vattenkraften måste anses väsentligen utbyggd; de orörda älvarna måste få förbli orörda. (Möjligen finns utrymme för viss effektivisering då gamla generatorer byts ut.) Tillskott till elproduktionen måste därför komma från solpaneler, vindkraftverk och kärnkraft. (Även import kan förstås komma i fråga.) Potentialen för de bägge förstnämnda är betydande, men det finns även problem: solen kan gå i moln och vinden sluta blåsa under en längre period. Ett sätt att angripa detta problem är lagring av energi, exempelvis medelst pumpkraft, svänghjul eller batterier (tänk på Teslas hemmabatteri!). En möjlighet som brukar nämas här är att nyttja batterierna i den tänkta framtida flottan av elbilar för lagring av el. Ett annat sätt är genom utbyggnad av ”smarta” elnät, vilka bl.a. skulle kunna styra kundernas konsumtion över dygnet, för att flytta belastningstopparna till tider med idag låg elanvändning. Forskning pågår på många håll i världen, bl.a. vid KTH (se t.ex. prof Lennart Söders rapport **På väg mot en elförsörjning baserad på enbart förnybar el i Sverige; 2013-10-21**)

Biobränslen svarar idag för en stor del av Sveriges energiförsörjning. Detta förhållande kan förväntas bestå; troligen kommer uttaget ur skogen för olika ändamål i själva verket att växa. Det är viktigt att skogen sköts så att den biologiska mångfalden inte ytterligare utarmas. Angelägna – men inte direkt energirelaterade åtgärder – är blädning i stället för kalhyggen och askåterföring från kraft- och värmeverken.

Efter denna korta genomgång av konsumtions- och produktionsaspekterna är det dags att vi ställer frågorna ”Kan vi, i det hållbara samhället, fortsätta att leva som idag eller t.o.m. med ökande konsumtion – och är detta önskvärt?” och ”Om svaret på föregående fråga är nekande: vilket samhälle kan vi se fram emot?”

Grundläggande är det av professor Charles Hall introducerade begreppet EROEI: Energy Returned on Energy Invested, d.v.s. hur mycket nyttig energi vi får ut av en enhet energi som används för utvinningen. I oljeutvinningens barndom hade man en EROEI på ungefär 100. För dagens utvinning av konventionell olja är EROEI nere på ungefär 20; olja från s.k. fracking ligger på omkring 6. Nedanstående figur sammanfattar utvecklingen:



Beräkning av EROEI är inte problemfri; mycket hänger på hur systemgränsen väljs (d.v.s. vilka komponenter av infrastrukturen på vägen från källan till sänkan (konsumenten) man väljer att inkludera), men två observationer torde vara okontroversiella: EROEI är i genomsnitt stadigt minskande och EROEI för så gott som alla biobränslen är alltför låg för att de skall utgöra meningsfulla alternativ.

Som en illustration till det sistnämnda vill vi här erinra om rapporten **Efter oljetoppen** av Hillevi Helmfrid och Andrew Haden vid SLU, ur vilken vi citerar från sidan 23:

Uppskattningen visar att 6,3 miljoner hektar skulle behövas för att framställa ersättning till dagens svenska konsumtion av diesel och bensin med drivmedel från åkern. Även om arealbehovet i absoluta tal är mindre på åkern än i skogen (15,1 miljoner hektar) så betyder 6,3 miljoner hektar nästan dubbelt så mycket åker som odlades under toppåret 1927 (3,7 miljoner hektar), vilket visar att detta alternativ står utom all realism.

Låter vi istället skogen stå för hela drivmedelsproduktionen skulle nästan 80% av de årliga avverkningarna åtgå till drivmedelsproduktion, om vi vill ersätta hela dagens svenska drivmedelskonsumtion med DME och etanol från skogen, med känd teknik. I ett sådant scenario blir det inte mycket skog kvar för att täcka vårt behov av uppvärmning, papper och byggnadsmaterial vilket 99% av skogsråvaran idag används till.

Vindkraftverk och solpaneler har betydligt bättre värden, men även här finns stora problem, vilket framgår av nedanstående citat från den tidigare omnämnde David J C MacKay:

”To make a difference, **renewable facilities have to be country-sized**, because all renewables are so diffuse.”

I de fossila bränslena har solenergin under miljontals år koncentrerats på ett sätt vi inte kan efterlikna. Detta är skälet till att vi under bortåt etthundra år kunnat slösa hämningslöst med energi och öka jordens befolkning till över 7 miljarder – liksom till att vi snart kommer att tvingas upphöra med detta slöseri. Omställningen kommer inte att bli smärtfri, något som understryks av professorn i fysik vid UCSD, Tom Murphy:

”When I first approached the subject of energy in our society, I expected to develop a picture in my mind of our grandiose future, full of alternative energy sources like solar, wind, nuclear, biofuels, geothermal, tidal, etc. What I got instead was something like this matrix: full of inadequacies, difficulties, and show-stoppers. **Our success at managing the transition away from fossil fuels while maintaining our current standard of living is far from guaranteed. If such success is our goal, we should realize the scale of the challenge and buckle down now while we still have the resources to develop a costly new infrastructure.** Otherwise we get behind the curve, possibly facing unfamiliar chaos, loss of economic confidence, resource wars, and the unforgiving Energy Trap.

The other controlled option is to deliberately adjust our lives to require fewer resources, preferably abandoning the growth paradigm at the same time. Can we manage a calm, orderly exit from the building? In either case, the first step is to agree that the building is in trouble. Techno-optimism keeps us from even agreeing on that.”

(Se Murphys blogg Do-the-Math.)

Det börjar bli dags att runda av. Vi konstaterar först att en omställning till förnybar energi är nödvändig, men varken ensam eller i förening med kärnkraft kan den under överskådlig tid låta oss upprätthålla dagens livsstil och än mindre kan den höja resten av världen till vår nuvarande materiella standard. Se t.ex. **Can Renewable Energy Power the Future?** av Patrick Moriarty och Damon Honnery.

Så här skriver Therese Uddenfeldt i boken **Gratislunchen**:

Dilemma # 1. Att vi behöver ett flytande bränsle.

Dilemma # 2. Att ny energi kostar mycket pengar.

Dilemma # 3. Att vi har bråttom.

Dilemma # 4. Att biosfären inte räcker.

Dilemma # 5. Att biomassa ofta har ett lågt energinetto.

Dilemma # 6. Att effektiviseringen bara räcker en bit.

Dilemma # 7. Att grön energi inte nödvändigtvis är grön.

Dilemma # 8. Att direkt sol inte är lika koncentrerad som fossil sol.

Dilemma # 9. Oljans moment 22.

Dilemma # 10. Att ny teknik ändå inte kan hjälpa oss om energikonsumtionen ska fortsätt stiga.

Planeringen för framtiden måste utgå från ovanstående fakta, och enligt vår uppfattning innebär detta att en hållbar framtid måste utmärkas av

- sparsamhet med resurser
- effektivitet i användandet av resurserna
(men se upp med rekyleffekten, ä.k.s. Jevons paradox!)
- övergång till förnybara energikällor
- elektricitet som huvudsaklig energibärare

Sannolikt krävs även - åtminstone på kort och medellång sikt - urbanisering. (På längre sikt kan det nog snarare handla om ett återvändande till landsbygden - en deurbanisering.)

Är uppgiften oöverstiglig? Vi tror inte det, men vi ser många hinder - långt större än de teknologiska - som måste övervinnas: politiska, ekonomiska, psykologiska och sociologiska.

Dennis Meadows, en av författarna till den välkända **Limits to Growth** (1:a upplagan 1974; uppdaterade upplagor vart tionde år t.o.m. 2004) hade följande att säga om detta i en intervju 2012:

"We began to experiment with a variety of different changes to see what could avert decline. We started with technological changes that increased agricultural productivity, reduced pollution, increased the available supply of natural resources and so forth. What we found was that **technological changes alone don't avert the collapse. It requires cultural and social changes as well. You need to stabilize the population, and you need to shift consumption preferences away from material goods to the nonmaterial part** — love, freedom, friendship, self-understanding and things like that."

Men viktigast av allt, för att få igång en omställning: medborgarna får inte invaggas i en falsk trygghet att allt kommer att ordna sig om vi bara pumpar däcken och drar ut mobilladdaren ur väggen då den inte behövs. Vi måste inse att vi står inför en existentiell kris av enorma dimensioner. Eller, för att citera Heinberg och Fridley (**Our Renewable Future**, kap 9, sista styckena):

"Beyond the realm of legislation and regulation, policy makers must recognize and accept their necessary role in helping reshape public attitudes about energy. Climate change and the renewable energy transition should not merely constitute one small subset of a blinding variety of media obsessions ranging from local murders to the affairs of pop stars. Instead, *the energy transition needs to become the organizing context within which we see and understand everything else that is happening in the world. It needs to be the next great global project, akin to mobilization efforts in the United States for World War II* (vår kurs.)—when Americans were asked to conserve, recycle, and grow their own food.

We all must come to share the common understanding that climate change and our response to it constitute a wartime level of emergency, and that we all must cooperate toward a common goal. This shift in mass awareness is unlikely to occur unless and until opinion leaders and policy makers themselves fully understand what is at stake. (vår kurs.) And that will require pressure from citizens and nongovernmental organizations—as well as the business sector, which is profoundly vulnerable to climate disruption."

Ett allmänt krismedvetande är ett nödvändigt (men inte tillräckligt) rekvisit för en framgångsrik omställning. Vi bör inte lämna problemlösningen till Naturen - *red in tooth and claw*, för att tala med Alfred, Lord Tennyson.

Några lästips:

John Michael Greer: The Wealth of Nature. Economics as if Survival Mattered

David J C MacKay: Sustainable Energy – Without the hot Air

Donella & Dennis Meadows & Jörgen Randers: Limits to Growth. The 30-Year Update

Richard Heinberg och David Fridley: Our Renewable Future

Energimyndighetens hemsida (www.energimyndigheten.se)

SNF: Energieffektivisering på riktigt (www.snf.se)

Wuppertalinstitutet (wupperinst.org/FactorFour)

Rocky Mountains Institute/Amory Lovins (www.rmi.org)

Factor 10 Institute (www.factor10-institute.org)

Greenpeace: Energy [R]evolution (www.greenpeace.org/energyrevolution)

George Mobus blogg Question Everything, t.ex. sidan

questioneverything.typepad.com/question_everything/2014/07/systems-science-and-the-political-economy.html

Cornucopia (Lars Wilderäng)

Livet efter oljan (Daniel Pargman)

The Archdruid Report (John Michael Greer)

Question Everything (George Mobus)

Climate Code Red (D Spratt & P Sutton)

Post Carbon Institute (Richard Heinberg m.fl.)

realclimate.org

resilience.org (f.d. energybulletin.net)

and so on and so forth. *Sök, och I skolen finna!*

Bilaga 1. Vad kan vi göra själva?

Hur svårt kan det vara, egentligen? MacKay har ett illustrativt exempel. Betrakta en någorlunda välbärgad europé, en man (det handlar typiskt om en man!) i något av de övre inkomstskikten. Hans dagliga energibudget ser (i genomsnitt, förstås!) ut p.f.s.:

Arbetsresor med bil:	50 kWh
Flygresor till Thailand m.m.:	30 kWh
Bostaden (uppvärmning, belysning, matlagning ...):	30 kWh
Mat (jmf sidorna 2 och 6):	30 kWh
"Stuff":	60 kWh

Summa: 200 kWh

Vår man grips nu av ruelle - hur övergå till ett hållbart leverne? Han börjar så här (förkortad lista från **Sustainable Energy Without the Hot Air**):

Turn down your thermostats:	20 kWh/d
Read your meters every week:	4 kWh/d
Stop flying:	35 kWh/d
Drive less and more gently:	20 kWh/d
Don't replace gadgets too early:	4 kWh/d
Change lights to fluorescent or LED	4 kWh/d
Don't buy clutter:	20 kWh/d
Eat vegetarian six days a week:	10 kWh/d
Nu har han sparat	117 kWh/d

Men vår botfärdige europé är fortfarande inte riktigt nöjd, så han kör vidare:

Eliminate draughts:	5 kWh/d
Double glazing:	10 kWh/d
Improve insulation:	10 kWh/d
Solar hot water panels:	8 kWh/d
Photovoltaic panels:	5 kWh/d
Knock down old building and replace by new:	35 kWh/d
Replace fossil-fuel heating by heat pumps:	10 kWh/d

De här, inte riktigt lika lågt hängande frukterna, sänkte vår hjältes energikonsumtion med ytterligare 83 kWh/d.

$117 + 83 = 200!$ Nettokonsumtionen är nu nere på noll! Inte så svårt - alla kan göra om tricket. Det är bara att sätta igång. ***JUST DO IT!***

Bilaga 2. Vad borde vi kunna förvänta oss av ansvarskännande politiker?

Hur skall en rimlig tillgång till energi (och därmed sammanhängande utsläpp av växthusgaser) kunna ges till hela jordens befolkning?

IPCC:s siffror för totalt tillåtliga utsläpp av växthusgaser fördelad på jordens befolkning ger mycket små ransoner av CO₂e-utsläpp per capita. För en genomsnittlig västerlänning överskrids ransonen kraftigt. Men även mellan individer i västvärlden är skillnaderna stora och ökar sannolikt från år till år. Därtill ersätts en äldre generation, som kanske inte är van vid att ha tillgång till bil och att göra långväga charterresor, successivt med en ny generation med helt andra vanor.

Kan ökad kunskap om klimathotets allvar få de mest privilegierade att minska sin konsumtion till att rymmas inom ransonen? Mycket litet tyder på det; sedan 2006, då diskussionen om klimatet tog fart, har situationen förvärrats. Mer handfasta metoder måste börja diskuteras.

Att höja CO₂-skatten är en tänkbar väg, förespråkad av Citizens Climate Lobby, CCL (<http://citizensclimatelobby.org/carbon-fee-and-dividend/> och https://sv.wikipedia.org/wiki/Pigouviansk_skatt) men en nackdel är att det knappast berör de mest välbeställda alls, medan andra drabbas hårt. Dessutom sätter det inget tak för de totala utsläppen.

Alternativet till pigouskatt är någon form av reglering. Ransoneringsystem användes under andra världskriget, då tillgången på det mesta var begränsad (d.v.s det fanns ett tak på tillgången). Förvissningen om att "alla" måste underkasta sig systemet gjorde det trots allt accepterat. Utan ransoneringsystemet skulle stora grupper saknat tillgång till livsnödvändiga varor, vilket kunde leda till social oro.

Ett ransoneringsystem för växthusgaser skulle göra det nödvändigt för individen att väga olika CO₂-genererande varor och tjänster mot varandra, inte olikt hur man idag väger vilka inköp man skall göra mot en given budget. Med dagens IT-teknik borde en uppföljning av individers köp av varor och tjänster som genererar stora CO₂-utsläpp inte vara tekniskt svår att genomföra. Det borde räcka med de tyngsta posterna som flygresor, köp av fossila bränslen och vissa livsmedel som kött av nöt och gris. Avräkning skulle ske mot den ranson som tilldelas individen. Den som inte utnyttjar sin kvot kan sälja överskottet.

Invändningar är naturligtvis lätta att göra men bör åtföljas med förslag på ett bättre system som uppfyller samma mål.

Det finns flera förslag och förstudier av ransoneringsystem; se https://en.wikipedia.org/wiki/Personal_carbon_trading

Både CO₂-skatt och ransoneringsystem kräver ett omfattande arbete med att beräkna vilken belastning en given produkt medför. En sådan beräkning måste grunda sig på livscykelanalyser. Även utan sådana system bör dylika analyser göras som konsumentinformation och underlag för politiska beslut.