

Det är svårt att sia – i synnerhet om framtiden.

[Yogi Berra]

Synpunkter från Djurgården-Lilla Värtans Miljöskyddsförening på Färdplan 2050**Inledning och sammanfattning**

Framtiden kommer aldrig mer att bli vad den varit. Ju snabbare vi frigör oss från föreställningen att vi kan fortsätta som hittills, om vi bara ser till att ersätta fossil energi med förnybar energi, desto raskare kan vi slå in på en ny, förhoppningsvis hållbar, väg. *Business-As-Usual* är en återvändsgränd, även om kol, olja, gas och uran byts mot sol, vind och vatten (plus geotermisk energi). Skälen kan sammanfattas kort: klimatstörningar *och* energibrist. Även om CO₂ eller t.o.m. CO₂e inte vore en ödesfråga, finns det inga som helst möjligheter att under längre tid fortsätta som hittills. En konsumtionsökning på två procent om året svarar mot en konsumtionsfördubbling på 35 år, ett fyrfaldigande på 70 år, ett åttafaldigande på drygt 100 år o.s.v. Sådan är den exponentiella tillväxtens natur (först illustrerad i myten om schackbrädets upphovsman). (Under perioden 2009 – 2010 ökade koldioxidutsläppen med hela *5,9 procent per år – en fördubbling på 12 år!*) Inte bara fossila bränslen (och uran) utgör ändliga resurser (i fallen kol och olja av allt lägre kvalitet och sjunkande EROEI), detsamma gäller de mineral som krävs för att upprätthålla vår nuvarande livsstil.

Men givetvis kan vi inte bortse från klimatutsläppen. Därför måste de fossila bränslena avvecklas i mycket snabb takt. Att i stor skala fasa in nya fossila bränslen i systemet är fullständigt oacceptabelt. Detta gäller såväl s.k. okonventionell olja (*tight oil*, ä.k.s. skifferolja, tjärsand, tungolja, djuphavsolja och olja från Arktis) som fossilgas utvunnen medelst *fracking*, och – framför allt – metanhydrat (*clathrate*). I synnerhet den sistnämnda resursen – vilken finns i enorma mängder på havsbotten – måste förbli orörd; eljest torde vi stå inför en oundviklig katastrof.

Mycket kan göras då det gäller teknisk utveckling, men naturen sätter obönhörliga gränser för vilken effektivisering som är möjlig. De förnybara energislagens stora nackdel, jämfört med den skatt naturen samlat i ett par hundra miljoner år, och vilken vi tanklöst förslösar i allt snabbare takt, är deras låga energitäthet. Att ersätta dagens globala fossilförbrukning (omkring 87 procent av energitillförseln) med förnybar energi skulle kräva enorma arealer. Inte heller Sverige, med dess stora yta, förhållandevis lilla befolkning och väldiga skogar torde kunna ersätta dagens energimix (med bortåt 40 % fossilt och 15 % kärnkraft) med ”grön energi” utan betydande livsstilsändringar.

Våra studier, bedrivna under många år, har övertygat oss om att vi i framtiden måste resa långt mindre och mer effektivt, att köttkonsumtionen (vilken skenat under lång tid) måste reduceras högst avsevärt, att ”urban sprawl” (illustrerad av sådant som kommande bebyggelse kring den planerade ”Förbifarten”) måste undvikas och bebyggelsen i stället måste koncentreras mer och göras långt mer energieffektiv. Allt detta måste genomföras medan vi fortfarande har det handlingsutrymme som ges av dagens fortfarande stora (och synnerligen billiga) energitillgångar.

Vi är mycket oroad över den, enligt vårt förmenande, lättsinniga attityd som intas av flera ledande aktörer. Exempelvis sätter IVA och KVA stort hopp till CCS-teknik och fortsatt kärnkrafts-användning. I likhet med WWF tror man i dessa organisationer även att skogen skall kunna leverera långt mer energi och material än idag. Vår bedömning är, att denna optimism är obefogad. Troligen blir den allra största utmaningen att övergå från ett ekonomiskt system baserat på evig tillväxt, till ett system i jämvikt. Den mentala omställning detta kommer att kräva är svår att föreställa sig; ändå är en dylik övergång absolut nödvändig. IVA är här inne på rätt spår:

Förutsättningen för att lyckas med en nollvision är ett nytt sätt att tänka och agera i hela samhället. Att hushålla med resurser och eliminera växthusgasutsläpp måste bli en självklarhet. En systematisk information måste ske där allt från dagliga konsumentval till större investeringar görs med full kunskap om vilka utsläpp varje beslut medför.

Vi avslutar denna inledning med några citat. Det första kommer från Tom Murphy, professor i fysik vid UCSD (se hans blogg **Do The Math**):

*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.*

Dennis Meadows, en av författarna till **Limits to Growth** (1972), kommenterar bokens scenarier:

*Scenario 9 (the one everyone seems to forget) assumes pollution control technology, increasing efficiency of resource utilisation, increased agricultural yields, stable population (growth easing down to replacement rate) and stable industrial output per capita. **This scenario ends with all indicators stable and above present levels at the end of the century.***

Vår anm: Detta är det enda av bokens tio scenarier som slutar lyckligt år 2100 – men det borde helst börjat implementeras för flera decennier sedan.

I **Der Spiegel** 7 december 2012 säger Meadows:

The problem that faces our societies is that we have developed industries and policies that were appropriate at a certain moment, but now start to reduce human welfare, like for example the oil and car industry. Their political and financial power is so great and they can prevent change. It is my expectation that they will succeed. This means that we are going to evolve through crisis, not through proactive change.

I en annan intervju (också 2012) säger han om arbetet med **Limits to Growth**:

*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.*

Därmed är tiden inne att motivera våra slutsatser:

A. Systemteoretiska grunder (kort sammanfattning)

Om ett (deterministiskt) system skall överföras från ett givet begynnelsestillstånd till ett sluttillstånd krävs kännedom om ett antal faktorer:

- Tillståndsvariablerna
- Begynnelse- och sluttillstånden
- Överföringstiden (given eller systembestämd)
- Systemdynamiken
- Eventuella tillståndsrestriktioner
- Styrvariablerna (ä.k.s. beslutsvariablerna) och de möjliga styråtgärderna (styrvariabelmängden)
- Systemets styrbarhet (d.v.s. om överföringen över huvud taget är möjlig)
- Systemets observerbarhet (ger observationer tillräcklig information om tillståndet?)

Till detta kan understundom fogas ytterligare två aspekter

- Är systemet stabilt (i frånvaro av styrning)?
- Skall överföringen göras så att någon slags kostnad minimeras?

För ett stokastiskt system (ett system med slumpmässiga inslag, d.v.s. normalsituationen) måste det ovanstående i viss utsträckning modifieras.

Vidare måste vi bestämma oss för vilken typ av lösning vi söker: *styrfunktion* (ä.k.s. *strategi* eller *policy*) eller *styrslag*. Mer härom nedan.

Den läsare, som önskar ett åskådningsexempel kan lämpligen föreställa sig ett flygplan, vilket skall flygas från en punkt A till en punkt B. Punkterna ovan kan då konkretiseras p.f.s.:

- Tillstånden utgörs av planets läge och hastighet, attackvinkel och bränslemängd
- Begynnelse- och sluttillstånden är flygplatsernas geografiska lägen, planets begynnelse- och sluthastigheter samt dess start- och slutvikter
- Restriktioner på tillståndet: bl.a. måste flyghöjden vara positiv – planet skall ju inte störta!
- Flygtiden kan vara fixerad alternativt hållas öppen
- Dynamiken beskrivs av ett (betydande) antal (differential)ekvationer
- Styråtgärderna utgörs av gasspakets läge (d.v.s. motors dragkraft) och av roderrörelserna (höjd- och sidroder, klaffar)
- Styrbarhet: planet måste orka lämna marken, bränslet måste räcka o.s.v.
- Observerbarhet: instrumenten måste ge rätt uppgifter om höjd, fart, bränslemängd etc.
- Stabilitet: vad händer om bränsletillförseln stryps?
- Kostnadsminimering (exempel): hur skall flygbanan väljas för att minimera bränsleåtgången?

Man inser lätt att det föregående är ett långt ifrån trivialt problem att hantera. Ett betydande mått av ödmjukhet kan därför vara på sin plats, då man begrundar hur samhället (vilket f.ö. är ett stokastiskt, inte deterministiskt, system) på knappt fyrtio år skall överföras från dagens situation med hög konsumtion av energi och tillhörande höga utsläpp av diverse avfallsprodukter till ett tillstånd med låg energiförbrukning och låga utsläpp – om möjligt med en någorlunda bibehållen levnadsnivå. En rimlig utgångspunkt kan vara att försöka identifiera så många av faktorerna ovan som möjligt. För att uppgiften inte skall framstå som övermäktig inskränker vi oss väsentligen till en betraktelse över det delsystem som beskrivs av energiflöden och därtill relaterade (klimat)utsläpp.

B. Sverige ur ett energi- och klimatperspekt: verbal modellansats

1. Tillståndsvariabler

Att identifiera tillståndsvariablerna är långt ifrån trivialt; vissa variabler kan dessutom ses som antingen tillstånds- eller beslutsvariabler. Vad som är vad, kan bestämmas av perspektivet: en enskild konsument kan (någorlunda) fritt fatta sina beslut om köp av matvaror, vitvaror och transporttjänster; för en beslutsfattare på läns- eller riksnivå – som betraktar befolkningens samlade inköp - framstår totaliteten av kött-, kylskåps- och månadskortsinköp snarare som en (svårpåverkad) tillståndsvariabel. Några uppenbara variabler är befolkningens storlek och inkomster, bebyggelsen (mer eller mindre aggregerad), bilparken, vägnätet och spårnätet. Andra kan vara konsumtionen av varor och tjänster och produktionen av avfall. En fullständig analys skulle börja med att identifiera minsta möjliga – men tillräckliga - uppsättning variabler. Här måste vi av naturliga skäl nöja oss med en långt mindre ambitiös betraktelse.

2. Utgångstillståndet (eller snarare vissa komponenter av utgångstillståndet)

Truism: Dagens västerländska samhälle är extremt energiintensivt. Majoriteten torde dock inte ha klart för sig vidden av vårt beroende. En liten överslagsberäkning är därför på sin plats:

Den årliga nettotillförseln av energi i Sverige uppgår till omkring 400 TWh. Om detta fördelas jämnt på de omkring 9,5 miljonerna invånare (barn, vuxna och åldringar) finner man en förbrukning på 115 kWh/dygn. Till detta kommer – det inte helt lätt uppskattade – energiinnehållet i utrikes transporter (flyg och sjöfart) och i importerade varor. En uppskattning (bland många) anger totalsiffran 168 kWh/dygn för en genomsnittlig europé. Professorn i fysik vid Cambridge, David MacKay, anger i sin mycket läsvärda bok **Sustainable Energy – Without the Hot Air** [1] förbrukningen för en medelbritt till 125 kWh/d (exklusive importen) och för en någorlunda välbärgad britt till c:a 195 kWh/d (inklusive importen). Låt oss, för att inte riskera överdrifter, ta 150 kWh/dygn (inklusive import) som en acceptabel kompromiss; den verkliga siffran är troligen betydligt högre. (Ett fel på 10 – 15 procent saknar dock betydelse; det intressanta är storleksordningen.) En människa klarar, vid längre tids arbete, att utveckla en effekt av c:a 100 W; under en tio timmars arbetsdag ger detta energin 1 kWh. Annorlunda uttryckt:

Varje svensk konsumerar energi svarande mot arbetet från åtminstone 150 slavar.

Hur fördelar sig konsumtionen på olika energislag? Approximativt gäller för Sverige följande (siffrorna, vilka är avrundade och inte summerar sig till exakt 100, varierar något mellan olika källor):

Fossilt (olja, kol, gas, torv):	40 %
Etanol:	4 %
Biobränslen:	15 %
Kärnkraftsel:	15 %
Vattenkraftsel:	17 %
Vindel:	1 %

En jämförelse med den globala situationen visar att Sverige bytt en del av sitt fossilberoende mot ett beroende av uran (*per capita* är Sverige världens mest kärnkraftsberoende land):

Fossilt:	87 %
Kärnkraft:	2 %
Vattenkraft:	6 %
Biomassa:	4 %
Sol och vind:	1 %

Tack vare låg befolkningstäthet och god tillgång till biomassa har Sverige långt bättre förutsättningar än många andra länder då det gäller en övergång till hållbar energitillförsel. Det bör dock noteras att vattenkraften redan är fullt utbyggd (de orörda älvarna måste förbli orörda) och att en utbyggnad av kärnkraften av många skäl framstår som ytterligt osannolik. Betydligt troligare är, att nästa kärnkraftskatastrof kommer att framtvinga en avveckling – särskilt om olyckan inträffar i Europa. Den ojämförligt största utmaningen torde komma från transporterna: mer än 96 % av drivmedelsförbrukningen utgörs av bensin och diesel.

Konsumtionen av fossila bränslen ger upphov till utsläpp av växthusgaser:

**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)

Till de inhemska utsläppen kommer utsläpp från utrikes flyg och sjöfart och – framför allt – import av varor tillverkade i utlandet (koldioxidinnehållet i exporten är borträknat i tabellen nedan):

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

	Mton CO ₂ e
Organogena jordar	3,5
Skogens nettoupptag	-6,0
bruttoupptag 60 Mton CO ₂ e	
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.

Sammanlagt rör det sig alltså om 110 – 125 Mton per år, d.v.s. c:a 12 ton per person och år.

Det finns två tungt vägande skäl till varför den svenska konsumtionen av fossila bränslen måste minska radikalt:

- 1. Klimatet (AGW – Anthropogenic Global *Weirding*)**
- 2. Tillgången på petroleum/energisäkerhet**

1. Det första skälet är numera välkänt. OECD-länderna måste till 2050 minska sina koldioxidutsläpp med närmare 90 procent jämfört med 1990 – detta under förutsättning att det räcker att begränsa halten växthusgaser i atmosfären till 450 ppm. Målet framstår emellertid som alltmer otillräckligt. Exempelvis skriver regeringens vetenskapliga råd att

Vid en stabilisering på 450 ppm CO₂e är det en betydande risk för att vi inte klarar tvågradersmålet.

Mot den bakgrunden drar rådet slutsatsen att målet bör vara att stabilisera halten växthusgaser på 400 ppm.

En kort historisk tillbakablick på frågan kan vara av intresse:

Sternrapporten (**The Stern Review on the Economics of Climate Change**) publicerades den 30 oktober 2006 . I denna antages att en maximal koldioxidkoncentration av 550 ppm är klimatomått acceptabel. Rapporten diskuterar åtgärder och kostnader för att innehålla detta värde. Utvecklingen går emellertid hastigt. Stern har f.ö. själv tänkt om; se intervju i **Guardian 26 januari 2013**:

In an interview at the World Economic Forum in [Davos](#), Stern, who is now a crossbench peer, said: "Looking back, I underestimated the risks. The planet and the atmosphere seem to be absorbing less carbon than we expected, and emissions are rising pretty strongly. Some of the effects are coming through more quickly than we thought then."

The Stern review, published in 2006, pointed to a 75% chance that global temperatures would rise by between two and three degrees above the long-term average; he now believes we are "on track for something like four". Had he known the way the situation would evolve, he says, "I think I would have been a bit more blunt. I would have been much more strong about the risks of a four- or five-degree rise."

I början av februari 2007 publicerades IPCC:s fjärde rapport (AR4). Här sätts gränsen vid 450 ppm koldioxid, med målet att begränsa den genomsnittliga globala uppvärmningen till 2 grader C.

Den 23 juni 2008 vittnade föreståndaren för NASA:s Goddard Institute for Spaces Studies och en av världens ledande klimatforskare, dr James Hansen, inför den amerikanska kongressen. Hansen inledde sin sammanfattning med följande ord:

Today I testified to Congress about global warming, 20 years after my June 23, 1988 testimony, which alerted the public that global warming was underway. There are striking similarities between then and now, but one big difference.

Again a wide gap has developed between what is understood about global warming by the relevant scientific community and what is known by policymakers and the public. Now, as then, frank assessment of scientific data yields conclusions that are shocking to the body politic. Now, as then, I can assert that these conclusions have a certainty exceeding 99 percent.

The difference is that now we have used up all slack in the schedule for actions needed to defuse the global warming time bomb. The next president and Congress must define a course next year in which the United States exerts leadership commensurate with our responsibility for the present dangerous situation.

Otherwise it will become impractical to constrain atmospheric carbon dioxide, the greenhouse gas produced in burning fossil fuels, to a level that prevents the climate system from passing tipping points that lead to disastrous climate changes that spiral dynamically out of humanity's control.

Längre fram säger Hansen:

*The disturbing conclusion, documented in a paper [**Target atmospheric CO₂: where should humanity aim?** J. Hansen, M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Raymo, D.L. Royer, J.C. Zachos, <http://arxiv.org/abs/0804.1126> and <http://arxiv.org/abs/0804.1135>] I have written with several of the world's leading climate experts, is that the safe level of atmospheric carbon dioxide is no more than 350 ppm (parts per million) and it may be less. Carbon dioxide amount is already 385 ppm and rising about 2 ppm per year. Stunning corollary: the oft-stated goal to keep global warming less than two degrees Celsius (3.6 degrees Fahrenheit) is a recipe for global disaster, not salvation.*

Den fullständiga texten finns på <http://www.columbia.edu/~jeh1/2008/TwentyYearsLater-20080623.pdf>

En annan ledande klimatforskare, Malte Meinshausen, menar att även 350 ppm innebär en betydande risk – över 25 procent - för att temperaturen skall stiga mer än 2 grader. För att vi skall vara helt trygga krävs förmodligen att atmosfären återfår den koldioxidhalt den hade före den industriella revolutionen, d.v.s. omkring 280 ppm.

The door may already be closing on the opportunity to prevent average global temperatures from rising by more than two degrees Celsius, sade IEA's chefsekonomt, Fatih Birol, vid ett möte mellan energiministrar och företagsledare i Paris den 18:e oktober i år. Unless much stronger action is taken...energy related CO₂ emissions would rise to a level consistent with a long-term global temperature increase of more than 3.5 Celsius, with dangerous consequences for the global environment and human welfare. The scale and breadth of the energy challenge is enormous.

[se <http://www.foxbusiness.com/markets/2011/10/19/iea-sees-dire-future-for-climate-energy-without-new-technology/print>]

Vad en global temperaturhöjning om 3,5 grader innebär kan inhämtas i Mark Lynas **Sex grader** [2]

Kevin Anderson, biträdande föreståndare för Tyndall Centre, sade så här i sin Cabotföreläsning, hösten 2012 (se <http://www.ecoshock.info/2012/11/kevin-anderson-what-they-wont-tell-you.html>):

In a devastating speech at Bristol University Tuesday November 6th, 2012, [Dr. Kevin Anderson](#) accused too many climate scientists of keeping quiet about the unrealistic assessments put out by governments, and our awful odds of reaching global warming far above the proposed 2 degree safe point.

In fact, says Anderson, we are almost guaranteed to reach 4 degrees of warming, as early as 2050, and may soar far beyond that - beyond the point which agriculture, the ecosystem, and industrial civilization can survive.

Dagens koldioxidnivå (april 2012) är 396 ppm och ökningstakten är mer än 2 ppm per år. Till detta kommer övriga växthusgaser. Situationen är således mycket allvarlig. Tiden håller på att rinna ut.

Värt att beakta är även följande: en så snabb övergång från fossila drivmedel som möjligt, gör landet mindre känsligt och mindre beroende av oljans politiska makt vid sviktande försörjning. *Den som är satt i fossilberoende är inte fri.*

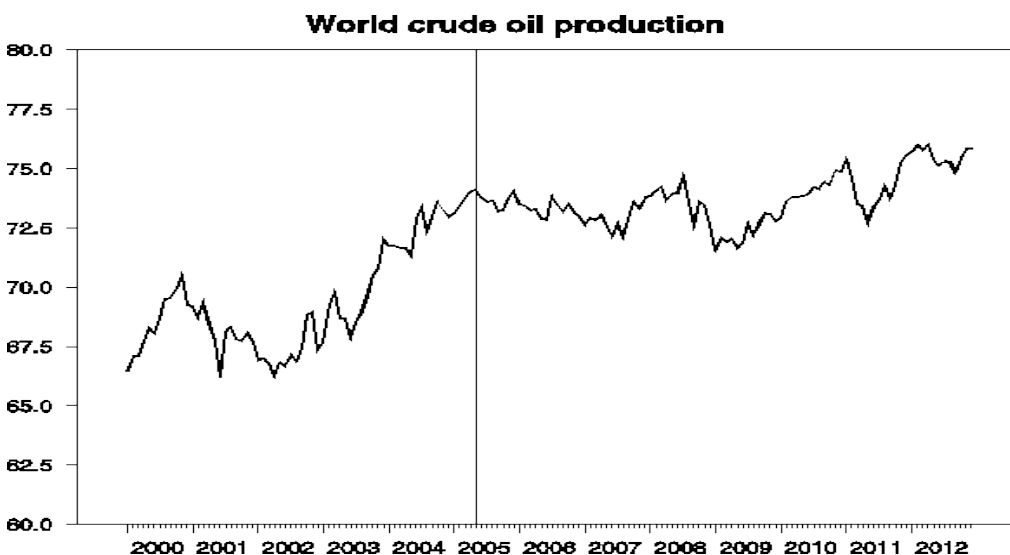
2. Det andra skälet är möjligen ännu mer akut: utvinningen av konventionell olja har upphört att öka. I ett yttrande av den 14 oktober 2005 över planerna på den s.k. Förbifarten skrev vi följande

Världens oljeutvinning kommer att nå maximum inom några år eller har rentav passerat det. Därefter väntar några decennier med avtagande produktion, ökande efterfrågan och kraftigt stigande priser. Detta innebär att den planering som skett de senaste hundra åren och som förutsatt obegränsad tillgång till billig olja för första gången i historien saknar materiell grund. Inga i dag kända energikällor kan nämligen ersätta dagens oljekonsumtion, vare sig i pris eller volym.

Vi har idag facit: de senaste sex åren har oljeutvinningen varit konstant - trots tidvis mycket höga oljepriser (Ett exempel: 147 dollar per fat i juli 2008!). Så här säger Chris Nelder i en intervju i **Washington Post** den 13 april 2013:

In 2005, we reached 73 million barrels per day. Then, to increase production beyond that, the world had to double spending on oil production. In 2012, we're now spending \$600 billion. The price of oil has tripled. And yet, for all that additional expenditure, we've only raised production 3 percent to 75 million barrels per day [since 2005].

Nedanstående figur, från James Hamilton (Econbrowser, 3 april 2013), illustrerar det ovanstående:



Vi tvingas konstatera att Sveriges regering och berörda myndigheter fortfarande tycks ta mycket lätt på problemet med framtida energitillgångar ("peak oil"). Det kan därför vara av intresse att betrakta frågans status i vår omvärld:

I **WEO 2005 (World Energy Outlook, IEA:s årliga rapport)** förutsågs oljekonsumtionen (vilken 2005 låg på c:a 85 miljoner fat om dagen (mbl/d)) år 2010 ligga på 92 mbl/d, för att 2030 ha stigit till 115 mbl/d. IEA skriver i rapporten:

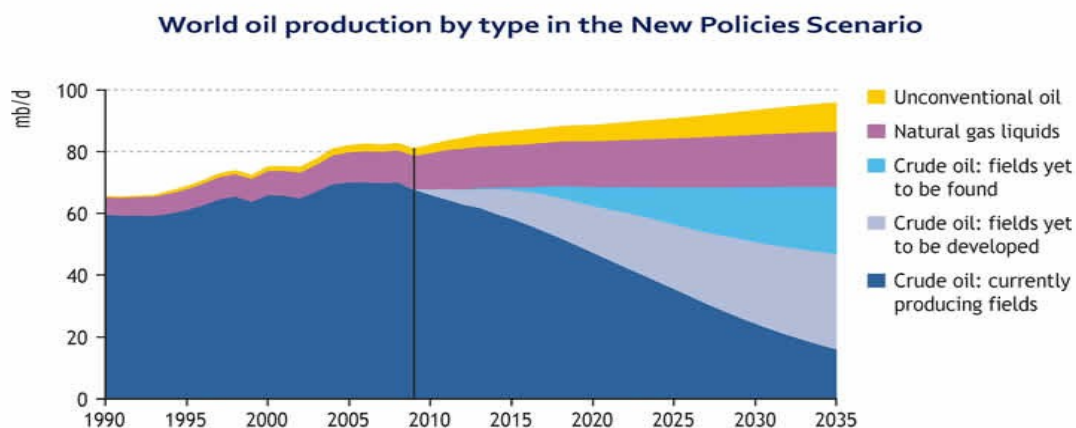
The world's energy resources are adequate to meet the projected growth in energy demand in the Reference Scenario.

Vidare säger man i denna rapport:

Cumulative energy-sector investment needs are estimated at about \$17 trillion [d.v.s. 17.000 miljarder dollar; vår anm.] (in year-2004 dollars) over 2004-2030, about half in developing countries.

Tre år senare, i **WEO 2008** – skriven före 2008 års nedgång i världsekonomin – hade tillgångsprognosen skrivits ner till 106 mbl/d år 2030. Av dessa beräknades ungefär 30 mbl/d komma från fält som är i produktion idag, c.a 25 miljoner från idag upptäckta men oexploaterade fält och ungefär lika mycket från ännu inte upptäckta fält (i havet; inte minst i Arktis) tillsammans med s.k. EOR (Enhanced Oil Recovery, d.v.s. metoder för att förbättra utvinningsgraden). Resterande drygt 30 mbl/d tänks komma från kondensat och s.k. icke-konventionell olja, d.v.s. den miljömässigt katastrofala tjärsanden i Alberta (Kanada) och tungolja från Venezuela samt s.k. *tight oil*, ofta kallad skifferolja, utvunnen medelst hydraulic fracturing, s.k. *fracking* (sand, vatten och omkring 600 kemikalier av varierande giftighetsgrad pumpas ner i horisontella borrhål); kanske kan även halvkokt olja, s.k. kerogen, från bl.a. Colorado bli aktuell då desperationen vuxit sig tillräckligt stark.

I WEO 2010 har tillgången räknats ner ytterligare. Nu uttrycker man sig så här (anm: notera att tidshorisonten nu har förlängts till 2035. Prognosen för 2030 ligger på 94 – 95 miljoner fat/dag.):



Global oil production reaches 96 mb/d in 2035 on the back of rising output of natural gas liquids & unconventional oil, as crude oil production plateaus

Bedömare inom oljeindustrin, exempelvis Total Oils VD Christophe de Margerie, tror inte att den totala utvinningen någonsin kommer att överstiga drygt 90 mb/d. Oljebolaget Chevron har länge drivit en upplysningskampanj: *Spara på oljan*.

Det finns uppenbarligen många problem med det föregående. Några frågor och kommentarer, som genast inställer sig, är

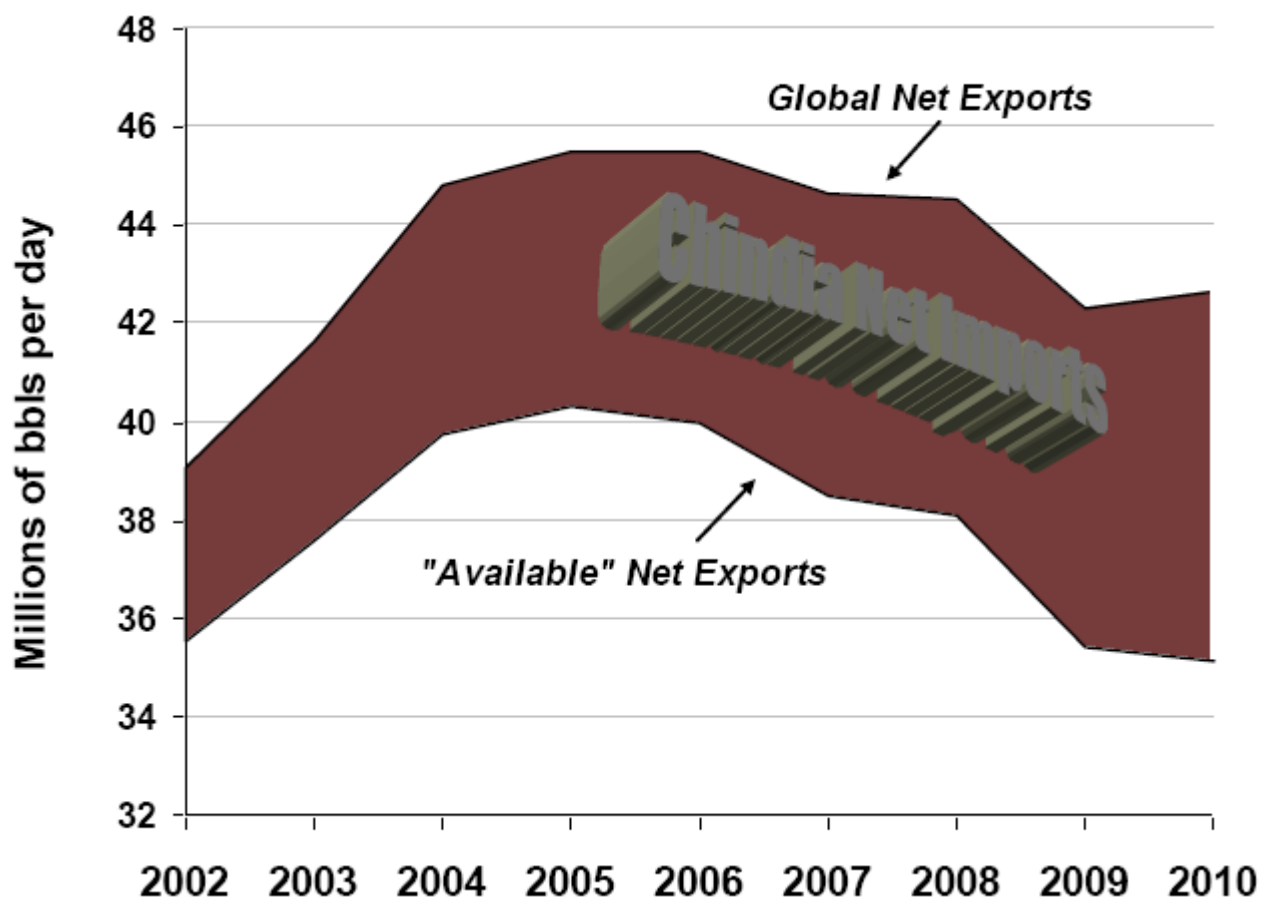
a. Finns det ens teoretiskt någon möjlighet att kompensera för den prognosticerade nedgången i produktionen av konventionell olja (från dagens c:a 72 mb/d till mellan 15 och 20 mb/d; se den understa kurvan i figuren ovan.)? Vad som behövs till 2035 är ju sex nya Saudiarabien!

b. Tre akronymer är värda att lägga på minnet: ELM, GNE och ANE – Export Land Model, Global Net Exports respektive Available Net Exports. Vad det rör sig om kan kortfattat beskrivas på följande sätt:

ELM: Debatten kring Peak Oil sätter fokus på den globala oljeproduktionen. För oljeimporterande länder är det dock inte produktionen utan nettoexporten av olja som är av avgörande betydelse. Allt pekar mot att nettoexporten kommer falla betydligt snabbare än produktionen p.g.a. ökad inhemsk konsumtion bland de oljeproducerande länderna. [Läs mer på <http://oljepris.se/elm.html>]

GNE: Namnet torde vara självförklarande.

ANE: Det som återstår av den globala nettoexporten då "Kindien" ("Chindia", d.v.s. Kina och Indien) fått sitt. Den hittillsvarande utvecklingen framgår av nedanstående diagram:



För ytterligare förklaringar och resonemang, se t.ex. <http://www.asposverige.se/2011/03/exportland-modellen-utvecklad/>

c. För att det skall löna sig att exploatera tjärsand, tungolja och fyndigheter på djupt vatten krävs ett högt oljepris. På WEF i Davos 2011 förklarade OPEC:s generalsekreterare att organisationen vill ha US\$ 75 – 100 per fat för råoljan; om detta inte uppfylls kommer produktionen att dras ner ytterligare. (Dagens notering på Brentolja är knappt USD 100 per fat. Volatiliteten är f.n. hög p.g.a. den ekonomiska turbulensen i världen; helt nyligen stod oljan i över USD 125/fat.

d. IEA förutser nu ett investeringsbehov under tiden fram till 2030 på 26.000 miljarder dollar (en ökning med 4.000 miljarder jämfört med **WEO 2007** och med 9.000 miljarder jämfört med **WEO 2005!**) – ungefär 175.000 miljarder kronor med dagens dollarkurs. Finns villiga investerare?

e. Utvinningen av okonventionell olja från bl.a. tjärsand är synnerligen miljöskadlig och energimässigt ineffektiv och möter växande protester från befolkningen. Hur länge kommer den att tillåtas fortsätta? Kommer president Obama att, trots de omfattande protesterna, ge klartecken för rörledningen Keystone XL från Kanada till Texas – enligt James Hansen dödsstöten för klimatet?

f. Naturgaskondensaten i **WEO**:s figur ovan (näst översta fältet) kommer i stor utsträckning från den f.n. synnerligen omfattande utvinningen av fossilgas (oftast något missvisande kallad naturgas) medelst **fracking**. Den gasbärande skiffen spräcks på detta sätt och släpper ifrån sig fossilgasen. Miljö- och hälsokonsekvenserna av verksamheten är mycket allvarliga; se t.ex. dokumentären **Gasland**.

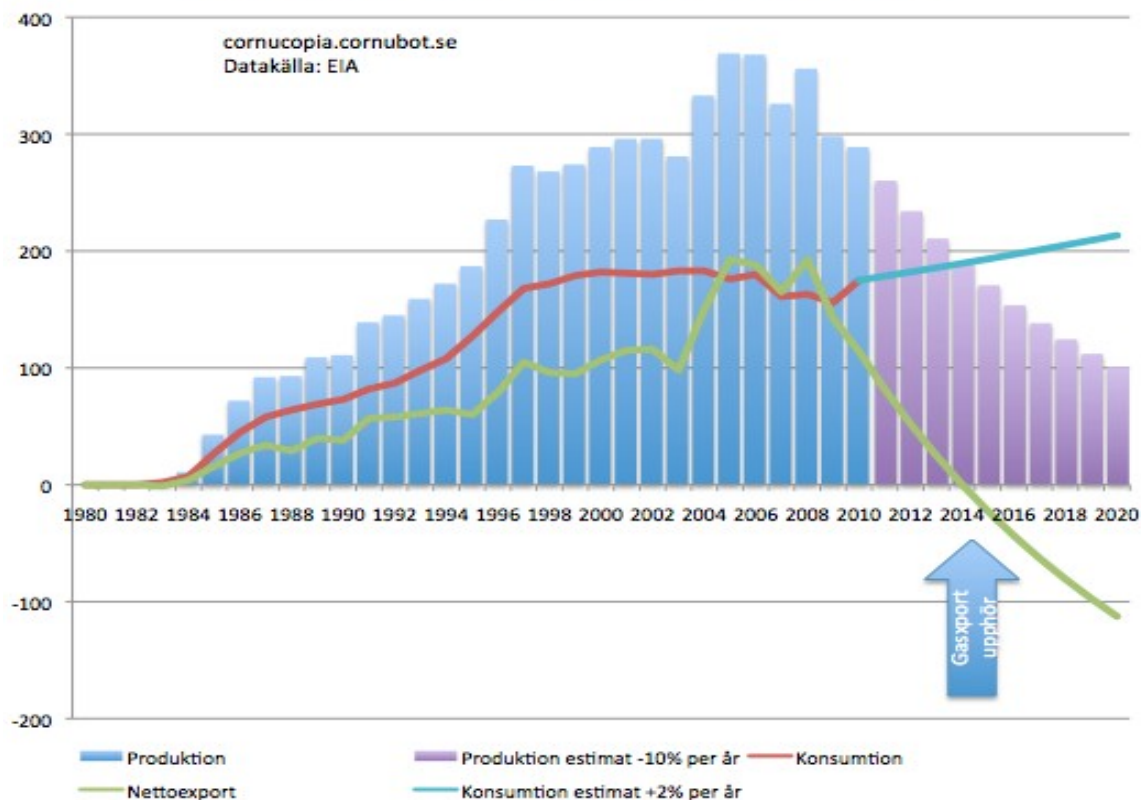
g. Kina framträder som en allt större spelare på oljemarknaden. Konstant utbud och växande efterfrågan kommer oundvikligen att leda till högre priser (förutsatt att världsekonomin inte hamnar i en ren depression).

h. En ofta försummad faktor i diskussionerna om olja är begreppet EROEI – Energy Return On Energy Invested: hur mycket energi måste sättas in i en process för att ge en enhet energi ut? De tidigaste oljekällorna hade en EROEI på omkring 100: för varje insatt fat fick man hundra fat tillbaka. EROEI har stadigt sjunkit ("de lågt hängande frukterna har plockats") och är nu nere på 15 – 20 för konventionell olja; för tjärsanden ligger EROEI mellan 3 och 5. EROEI på 8 – 10 anses nödvändigt för att upprätthålla den nuvarande industriella civilisationen.

j. Ett tämligen snart akut problem rör vår energisäkerhet: Sverige är till omkring 40 procent fossilberoende. Största delen av oljan går till transporter. Över 50 procent kommer f.n. från Ryssland; resten huvudsakligen från Danmark och Norge. Om ett par år beräknas importen från Danmark bortfalla; från Norge beräknas den kunna fortsätta i ytterligare något femtontal år. Kan och vill Ryssland och Mellanöstern täcka upp? Varifrån skall vi eljest få olja? Kommer Sverige att stanna ...?

Figuren nedan, från Energy Information Administration, visar den danska utvecklingen:

Danmark 1980 - 2010 och estimat 2011+ Fossilgasproduktion, - konsumtion och -export



Det kan här vara lämpligt att nämna den nyligen timade konferensen Peak Oil: Challenges and Opportunities for the Gulf Cooperation Council (GCC) Countries (Doha, Qatar, 2-4 april 2013), refererad av Robert Hirsch i artikeln **Peak Oil as seen through the eyes of Arab oil producers** på bloggen **Fabius Maximus** (<http://fabiusmaximus.com/2013/04/11/hirsch-peak-oil-49874/>) den 11 april 2013. Vi citerar:

The going-in assumption was that "peak oil" will occur in the near future. The timing of the impending onset of world oil decline was not an issue at the conference, rather the main focus was what the GCC countries should do soon to ensure a prosperous, long-term future. To many of us who have long suffered the vociferous denial of PO by Gulf Cooperation Council (GCC) and OPEC countries, this conference represented a major change. In the words of Kjell Aleklett (Professor of Physics at Uppsala University, Sweden), who summarized highlights of the conference, the meeting was "an historic event."

Även IEA – tidigare synnerligen optimistiskt – är nu bekymrat. Vi citerar ur **Executive Summary i WEO 2008** [vår övers.]:

Världens energisystem befinner sig vid ett vägskäl. Nuvarande globala tendenser då det gäller tillförsel och förbrukning av energi är uppenbart ohållbara – miljömässigt, ekonomiskt, socialt.

... Vad som krävs är inget mindre än en energirevolution.

... För att förhindra en katastrofal och oåterkallelig skada på det globala klimatet fordras en massiv minskning av koldioxidutsläppen från världens energikällor. Om nuvarande utveckling fortsätter, kommer de energirelaterade utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser att stiga obönhörligt och på sikt öka den globala medeltemperaturen med så mycket som sex grader.

... Tiden rinner ut och det är nu dags att handla.

Fatih Birol, IEA:s chefsekonom, skrev i **The Independent**, 2:a mars 2008, att

*We should not cling to crude down to the last drop – we should leave oil before it leaves us.
That means new approaches must be found soon.*

Robert Hirsch, huvudansvarig för rapporten **Peaking of World Oil Production** (2005) säger följande:

The world has never faced a problem like this. Without massive mitigation more than a decade before the fact, the problem will be pervasive and will not be temporary. Previous energy transitions (wood to coal and coal to oil) were gradual and evolutionary; oil peaking will be abrupt and revolutionary.

Dominic Waughray, chef för miljöfrågor vid World Economic Forum, skrev på **Dagens Industris** debattsida 2008-01-19 under rubriken **Kriserna är varningsklockor**:

Vi står inför ett miljösäkerhetsproblem som är djupare, mer fundamentalt och komplext och mycket mer systematiskt än den finansiella krisen. 2008 var bara en andeviskning jämfört med den perfekta ekonomiska stormen – olik allt som vi har sett förut – som vi annars riskerar att drabbas av.

De senaste 50 åren har vi skapat ett aldrig tidigare skådat finansiellt välstånd. Men vi har också kroniskt undervärderat riskerna i det sätt som vi har utnyttjat världens naturtillgångar på.

Förbättringarna i vår levnadsstandard har finansierats genom en systematisk underprissättning av varor och tjänster baserade på jordens naturtillgångar.

Waughray avslutade sin artikel med orden

I december ska en uppföljning till Kyotoprotokollet förhandlas fram. För att klimatförändringarna ska bemötas framgångsrikt måste världsekonomens återhämtning kopplas ihop med det jobbskapande, den kompetens och de investeringar och teknologiska framsteg som står i samklang med ett lågenergisamhälle. 2008 gav oss tydliga varningssignaler om att allt inte kan fortsätta som vanligt. 2009 måste vi hitta de kreativa lösningarna för en värld efter krisen.

3. Sluttillståndet

Vi känner således (en del av) det svenska begynnelsestillståndet (omkring 150 energislavar och 11,5 – 13 ton CO₂ per person) och (delvis) sluttillståndet (omkring 1 ton koldioxid och ett f.n. okänt antal slavar år 2050). Andra komponenter av begynnelsestillståndet är dagens befolkning, bebyggelsen, vägnätet och spårnätet. Många av dessa komponenter är helt fria (d.v.s. *a priori* obestämda) alternativt mycket osäkert kända vid sluttiden.

4. Överföringstiden

Sluttidpunkten är föreskriven: år 2050. Återstående tid är alltså knappt 37 år.

5. Systemets dynamik

Exakt hur beror systemets tillstånd vid en viss tidpunkt på tillståndet vid en tidigare tidpunkt? Hur beror tillståndets tidsutveckling av styrvariablerna?

Dessa frågor är omöjliga att besvara med dagens kunskap. Här tvingas vi famla i mörkret, förlitande oss på diverse ofullständigt kända ekonomiska samband, exempelvis drivmedelsefterfrågans kort- och långsiktiga priselasticitet. Vi kan bara *hoppas* att bristen på kunskap inte omöjliggör meningsfulla slutsatser.

6. Begränsningar

Det är vanligt att man i betraktelser över övergången till ett (nästan) fossilfritt samhälle i stort sett endast beaktar de *teknologiska* begränsningarna. Detta är t.ex. fallet i **WWF:s *The Energy Report. 100 % renewable energy by 2050*** (i praktiken 95 %, eftersom man i rapporten tillåter fortsatt kolanvändning i stålindustrin) liksom i rapporterna av **Mark Z Jacobson och Mark Delucchi: *A Plan to Power 100 Percent of the Planet with Renewables*** (100 % förnybart), **Greenpeace: *Battle of the Grids*** och **[r]enewables 24/7. *Infrastructure needed to save the climate*** (95 – 100 %), **SNF: *Ett hållbart energisystem*** (90 %) och rapporten från brittiska **Department of Energy and Climate Change (DECC): *2050 Pathways Analysis*** (80 %). Även den tidigare nämnde MacKay inleder med betraktelser över vad som är förenligt med fysikens lagar. Detta är emellertid de i viss mening mest lätthanterliga och förlåtande restriktionerna. Utöver naturens lagar har vi att ta hänsyn till

- ekonomiska villkor (konkurrens mellan olika metoder för energiproduktion; vinstmaximering alternativt förlustminimering; vissa (exempelvis CASSE, Center for the Advancement of a Steady State Economy, NEF, New Economics Foundation liksom även WWF) anser t.o.m. att hela det ekonomiska systemet måste revideras)
- politikens krav ("Politik är det möjligas konst")
- miljöaspekter
- psykologiska begränsningar (oförmåga/ovilja att tänka om och anpassa sig till nya förutsättningar)
- sociala och kulturella begränsningar (t.ex. "Keeping up with the Joneses")
- juridikens lagar

Som exempel kan nämnas att MacKay (med synnerligen generösa antaganden om de fysiska möjligheterna) finner att förnybar energi skulle kunna svara för 90 procent (177 kWh/dygn och person) av den brittiska tillförseln, men då han tar hänsyn även till några av de övriga faktorerna krymper siffran raskt till en tiondel av detta: 18 kWh/dygn. Andra (oberoende) bedömare ger uppskattningar mellan 12 och 56 kWh per dygn och person – långt under dagens förbrukning!

7. Styrvariabler

Marknadspriset på olja kommer att fortsätta uppåt (givetvis med vissa tillfälliga nedgångar), allt eftersom tillgången minskar. Detta är dock inte att se som en styrvariabel utan som en (opåverkbar) exogen variabel. Däremot kan skatter med fördel användas som en piska i styrande i stället för i fiskalt syfte. Önskad utveckling kan uppmuntras medelst morötter: stimulanser och subventioner. Även investeringskapital kan ses som en styrvariabel. Ett problem är givetvis att de ekvationer som beskriver systemets temporala utveckling inte är kända; följden av en viss procentuell ändring av en skatt är därför inte känd till sin storlek.

8. Styrbarhet, observerbarhet och stabilitet

Eftersom systemekvationerna är okända går det inte att göra några säkra uttalanden i dessa frågor. Observationer av det reellt existerande ekonomiska systemet pekar dock mot att ingen av dessa egenskaper föreligger. Exempelvis synes ekonomin uppvisa tendenser till exponentiell tillväxt (till dess de fysiska begränsningarna blir bindande).

9. Målfunktion (ä.k.s. kostnadsfunktion eller objektfunktion)

Med tanke på de ovan redovisade bristerna i vår kunskap om det betraktade systemet vore det oklokt (för att inte säga meningslöst) att söka formulera en målfunktion.

C. Strategiförslag med konsekvenser - beslutsfattarperspektivet

Som framgår av det föregående har vi fullständig kunskap om planeringsintervallet, en god (kvantitativ) bild av begynnelse- och sluttillstånden, en någorlunda god (men kvalitativ) överblick över tillståndsrestriktionerna men dålig eller obefintlig kunskap om problemets övriga systemteoretiska aspekter. Kan vi utgående från dessa omständigheter formulera meningsfulla krav på en strategi?

Den primära uppgiften är – precis som för Oljekommissionen, salig i åminnelse – att minska fossilanvändningen med omkring 90 procent (mellan åren 1990 och 2050). Steget därefter handlar om att – så långt som möjligt – ersätta energibortfallet med förnybar energi.

Inledningsvis observerar vi att vi nu har facit för perioden 1990 – 2011. Hur har det gått? Dessvärre ganska dåligt – minskningen under de gångna 21 åren uppgår till blygsamma 10 procent:

Betinget för den återstående tiden blir därmed desto tyngre. Mest rättvist torde vara att föreskriva likformighet över tiden, d.v.s. samma minskningsintensitet, p , vid varje tidpunkt i intervallet [2013, 2050], och över alla sektorer. Eftersom minskningen mellan 1990 och 2011 legat på 10 procent, innebär detta att

$$0,9 * \exp(-p * 37) = 0,1 \text{ varav följer att } p = 0,058$$

Under perioden 2012 – 2050 måste således den svenska fossilkonsumtionen minska med åtminstone 5,8 procent om året. Eftersom våra kalkyler är av överslagskaraktär rundar vi av detta till 6 procent. (Alternativt kan vi resonera p.f.s.: om förbrukningen om 36 år skall vara nere på 1/8 (12,5 %) av dagens nivå krävs tre halveringar, d.v.s. en halvering vart tolfte år. Eftersom $p \cdot T = 70$, där T är halveringstiden och p är minskningstakten, finner vi $p = 70/T =$ (knappt) 6 procent.) Speciellt innebär resultatet att minskningen under perioden 2013 – 2020 måste vara $1 - \exp(-0,06 \cdot 7) = 0,35$, d.v.s 35 procent. Analogt finner vi för tiden 2013 – 2030 minskningen 65 procent. För att förenkla kalkylerna och få litet säkerhetsmarginal rundar vi av till 40 respektive 70 procent. Är detta genomförbart och i så fall på vilket sätt?

Energimyndigheten betraktar de tre kategorierna **Industri**, **Transporter** och **Bostäder&Service**. För dessa gällde år 2006 följande data:

	Industri 157 TWh	Transporter 101 TWh	Bostäder och service 145 TWh
El	56	3	72
Fjärrvärme	6		42
Olja och oljeprodukter	20	96	15
Fossilgas	6		
Kol och koks	17		
Biobränslen och torv	53		14
Etanol		2	

(Dessutom 2 TWh av något oidentifierbart under rubriken *Bostäder och service*.) Vi antar för enkelhets skull (överslagskalkyler!!) att siffrorna gäller även för 2013. I så fall kan tabellen sammanfattas p.f.s.:

	Industri	Transporter	Bostäder och service
Fossilt, TWh (procent)	43 (27)	96 (95)	15 (10)
Icke-fossilt, TWh (procent)	115 (73)	5 (5)	128 (90) (och 2 TWh oidentifierat)

Vi har här antagit att inslaget av torv är försumbart, så att hela kategorin *Biobränslen och torv* kan anses förnybar. Vidare har vi antagit att all el, fjärrvärme och etanol tillverkas utan användning av fossila bränslen. (Dessa antaganden är inte helt realistiska och vad gäller etanol är de helt fel: nästan all etanol innebär att kol eller fossilgas på ett mycket *energiineffektivt* sätt omvandlats till sprit.)

Vi vill även påminna om att utrikes flygtrafik och sjöfart samt import saknas i statistiken ovan. Vi återkommer till denna fråga.

1. Eftersom **industrin** tillhör kategorin *handlande sektor* bortser vi fortsättningsvis från denna. Vi vill dock varna för en alltför stor tilltro till CCS (*Carbon Capture and Sequestration*; kolinfångning och lagring). Exempelvis ökar energiåtgången med bortåt 40 % vid CCS och kostnaden är hög – USD 50 – 100 per ton enligt **Guardian** den 10:e maj 2012; dessutom måste det finnas tillgång till lämpliga lagringsutrymmen på rimligt avstånd från källan. Vidare måste det säkerställas att risken för läckage är försumbar.

Hittills uppnådda resultat är inte uppmuntrande för förespråkarna av CCS. Vi ger ett par citat.

Så här skriver James Smith, chairman of the Carbon Trust and former chairman of Shell UK i **Guardian** 17 dec 2012:

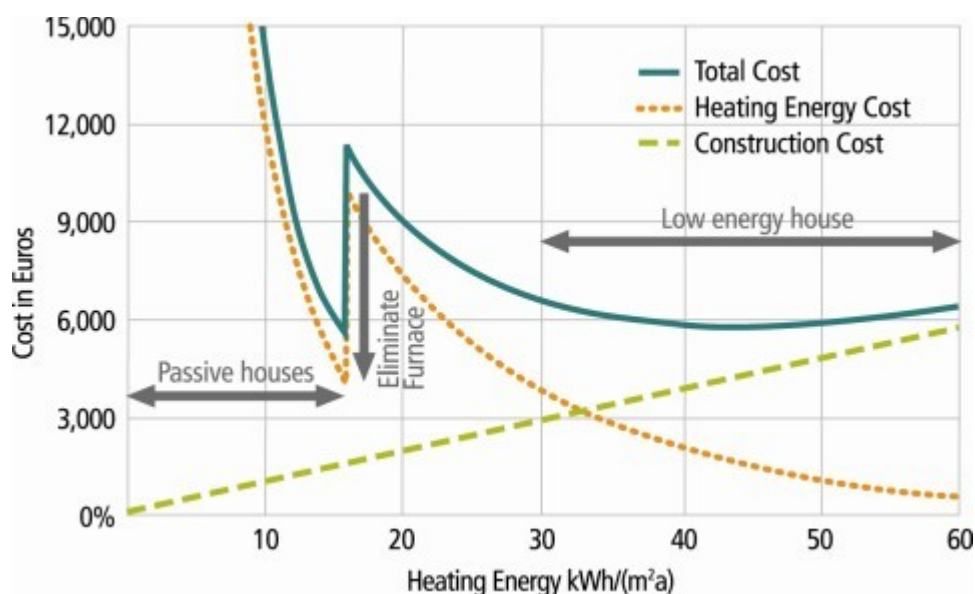
Yet despite the words and reports the technology has made disappointing progress over the past ten years. Not one integrated, large-scale electricity-plus-CCS project has yet been implemented anywhere in the world.

Smith 19 feb 2013 i **Guardian**:

It adds about 50% to the all-in unit cost of gas-based electricity. CCS perpetuates fossil fuel use and leaves us open to gas price fluctuations in the long run.

Vi vill se ett ökat systemtänkande: energin måste utnyttjas långt mer effektivt än idag, d.v.s. *systemverkningsgraden* måste höjas betydligt.

2. Att reducera fossilanvändningen inom bostadssektorn framstår som föga betungande; det handlar ju bara om 6 TWh till 2020 och knappt 11 TWh till 2030. För städer med väl utbyggd fjärrvärme bör saken vara tämligen enkel. Inte heller framstår rejäla reduktioner av sektorns *totala* energianvändning som oöverstigliga: i **SOU 2008:110 Vägen till ett energieffektivare Sverige** görs en bedömning av lönsamma energieffektiviseringspotentialer för perioden 2005 – 2016 : 24 - 40 TWh/år. Tekniskt enkla åtgärder i det befintliga beståndet kan vara sådant som solfångare för värmeproduktion, isolerglasfönster, individuell mätning av el, gas och vatten, värmeåtervinning ur frånluft och avloppsvatten samt en något sänkt inomhustemperatur (för några decennier sedan var faktiskt 18°C den normala temperaturen). I många lägen kan berg-, jord- eller luftvärmepumpar erbjuda en effektiv lösning. Vad gäller nybyggnation bör Boverkets normer för energiförbrukning per kvm och år skärpas betydligt (något som även byggbolagen stödjer). Dessutom bör inriktningen vara att alla nya hus byggs som passivhus eller t.o.m. plusenergihus; följande figur (från <http://www.energybulletin.net/stories/2011-10-21/next-step-sustainable-building-passive-house>) ger en aning om möjligheterna:



Mycket handlar här om att energieffektivisering inte får bestraffas genom höjda skatter.

Vi får dock inte glömma att driften bara är *en* aspekt: i en livscykelanalys (LCA) måste även den inbäddade energin ("emergy" - embedded (eller embodied) energy; se förslagsvis en.wikipedia.org/wiki/Embodied_energy) ingå. Valet av byggmaterial, liksom byggnadens förväntade livslängd, kommer här att spela stor roll. Det är väl känt att tillverkning av cement är den, globalt sett, fjärde största källan till utsläpp av koldioxid (efter olja, kol och fossilgas). Med tanke på Sveriges goda tillgång till skogsråvara bör därför en betydligt större del av de nya husen – även flervåningshusen – uppföras i trä. Att detta är fullt möjligt visar t.ex. kvarteret Linnologen i Växjö.

Inte heller får vi bortse från den *indirekta* påverkan av god stadsplanering: på papperet och i högtidstalen är alla överens: staden måste förtätas, inte glesas ut. Ändå är det just en utglesning som **RUFS – Regional utvecklingsplan för Stockholm** - syftar till. Redan för många år sedan tillstod RTK att "Förbifartens" främsta syfte var att möjliggöra exploatering av Mäläröarna. Betraktar man en karta över Stockholms utveckling ser man strax logiken: det är endast här och utåt Värmdö det ännu finns stora orörda markområden. Problemet är energin och klimatet: vi kan inte fortsätta att bygga stora villamattor på långa avstånd från arbetsplatserna. Den amerikanska femtiotaldrömmen, där familjefadern pendlar (gärna med en flygande bil) mellan kontoret i stadscentrum och det lantligt belägna McMansion, väl utrustat med vitvaror, en leende hemmafru och två välartade barn (Tommy och Annika?), är ett passerat kapitel. I stället måste vi ta lärdom av den senaste – men långt ifrån sista! - oljeprischocken: i juli 2008 kostade ett fat olja 147 dollar, vilket drog med sig (med amerikanska mått mätt) höga bensinpriser i USA. Villapriserna i *Suburbia* och *Exurbia* sjönk som stenar och många tvingades lämna sina hem. Historien kommer att upprepas – troligen inom kort. Somliga ekonomer, t.ex. James Hamilton, menar f.ö. att dagens ekonomiska kris delvis beror på höga energipriser.

Inte heller kan vi fortsätta att anlägga externa köpcentra dit man inte kan ta sig utan bil, något som bland andra Christer Ljungberg, VD för trafikanalytiska företaget Trivector Traffic AB, länge framhållit.

Stadsplaneringen måste därför inriktas mot förtätning av befintliga områden. För Stockholms del gäller att det halvcentrala bandet (området närmast utanför tullarna) bör göras mer "stadsmässigt", eftersom detta är vad som efterfrågas av medborgarna. I stället för att förvandla staden innanför tullarna till oigenkännlighet medelst vanprydande och människofientliga höghusbyggen, bör närområdet ges innerstadskaraktär. Då bortfaller behovet av att exploatera Mäläröarna medelst "Förbifarten", ä.k.s. Exploateringsled Väst. Stockholm måste ta varning av Bryssel, med dess myllrande motorvägar och i stället lära av framtidsorienterade städer på andra håll: Paris, Strasbourg, Portland, Curitiba m.fl. Situationen är förmodligen analog i andra större svenska städer.

Förtätningen måste dock ske med omdöme. Byggande av höga hus, såsom exempelvis det tilltänkta tornet i Hjorthagen eller Tors Torn vid Norra Station, är inte förenligt med god miljö och energisparande – detta av minst tre skäl:

- Skillnaden mellan att bygga, säg, 50 våningar i st f 20 ligger i installationskostnaderna. Det handlar om hissar, brandsäkerhet och klimatskal samt vattenpumpar. Installationskostnaderna i höga hus blir ungefär dubbelt så stora som i hus av normal höjd; se t.ex. rapporten **Shapley Cost Allocation Coincides With Relative Status: The Case Of Scyscrapers** av Ben-Shahar, Deng och Sulganik (2006). Givetvis blir även den inbäddade energin betydligt högre än normalt.

- För att undvika mörka gårdar, höga vindhastigheter m.m., måste avståndet mellan huskropparna göras så stort att ytvinsterna i stor utsträckning går förlorade

- Höga hus är ofta arkitektoniska ”prestigeprojekt” (tänk gärna Turning Torso i Malmö eller Vattenståndet (Lilla Bommen) i Göteborg!), något som knappast borgar för god energihushållning.

Kanske har Sveriges städer rent av åtskilligt att lära av Köpenhamn? I **Yale Environment 360**, den 11:e april 2013, skriver energijournalisten Justin Gerdes i artikeln **Copenhagen’s Ambitious Push To Be Carbon Neutral by 2025** att

The Danish capital is moving rapidly toward a zero-carbon future, as it erects wind farms, transforms its citywide heating systems, promotes energy efficiency, and lures more people out of their cars and onto public transportation and bikes.

För detaljer, se **Guide to Copenhagen 2025. Exploring the sustainable capital of tomorrow.**

Vi vill även påminna om skriften **Implementation of the Energy Performance of Buildings in Denmark** av Sören Aggerholm, Kirsten Engelund Thomsen och Kim B. Wittchen. Det är uppenbart att Danmark i många avseenden ligger långt för Sverige då det gäller energieffektivisering av byggnader.

3. Energimyndighetens uppdelning av slutanvändningen tar inte explicit upp **livsmedelssektorn**. Det är dock välkänt att denna är en storproducent av växthusgaser. Djurgården-Lilla Värtans Miljöskyddsförening anser sig inte sakkunnig i jordbruksfrågor, varför vi nöjer oss med ett fåtal synpunkter här:

Livsmedelsproduktion är energiintensiv (ofta hävdas det att en kWh på matbordet kräver insats av tio kWh inom jordbrukssektorn) och energin är mestadels fossil. Särskilt energikrävande är viss animalieproduktion, i synnerhet produktion av nötkött. Att köttkonsumtionen *per capita* på tämligen kort tid stigit från cirka 60 kilo per år till omkring 85 kilo går helt stick i stäv med hållbarhetsmålet. En del av förklaringen till ökningen torde ligga i EU-medlemskapet: kött har blivit relativt sett billigare. En mer vegetarisk livsstil skulle stimuleras av höjda relativpriser på kött. Den naturliga lösningen torde – som så ofta – vara koldioxidskatt alternativt handel med utsläppsrätter.

Jordbruket svarar för stora utsläpp av metan, CH₄, och lustgas, N₂O. Metan från idisslande djur ger 28 % av de svenska utsläppen av växthusgaser; lustgasutsläppen uppgår till 4,8 Mton CO₂e, svarande mot 48 procent av jordbrukets totala utsläpp av klimatgaser. Mycket står således att vinna på en omläggning av jordbruket.

Det moderna jordbrukets stora beroende av fossil olja för jordbearbetning, sådd, skörd och transporter samt produktion av herbicider och pesticider och av fossil gas för tillverkning av konstgödning är mycket bekymmersamt. Planering för en framtid med sjunkande tillgång till olja och gas bör ges hög prioritet. Kanske kommer ransonering att bli nödvändig för att säkerställa livsmedelsproduktionen?

4. Den stora knäckfrågan är naturligtvis transporterna. I bortåt 60 år har all samhällsplanering utgått från bilen och skett på bilens villkor. Liksom vapenfetischismen utmärker det amerikanska samhället karakteriseras det svenska av en bilfetischism. USA:s vapenlobby NRA – National Rifle Association – har sina svenska motsvarigheter i Motormännen och Bil Sweden. Varje ingrepp i bilistens rätt att i valfri fart framföra sitt fordon, överallt och vid alla tidpunkter, har mötts med ramaskrin. Den politiska uppgiften att, i ljuset av energi- och klimatutmaningarna, begränsa bilismen är formidabel. Ändå är den helt nödvändig.

Vi inleder med personbilsfrågan:

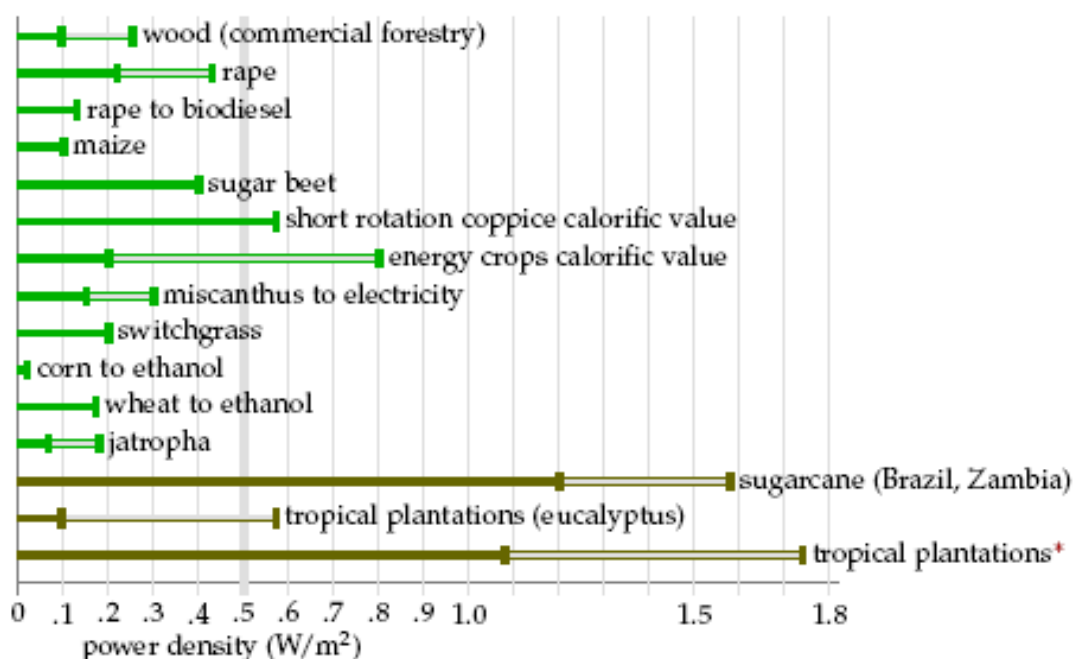
Om vi kunde inskränka oss till *tekniska* villkor vore uppgiften trivial: skrota 6 % av bilparken varje år, utan att ersätta den med nya bilar. Det kan på goda grunder förmodas att en dylik lösning skulle stöta på patrull ...

Ett alternativ skulle kunna vara att öka skrotningen av den extremt bränsletörstiga svenska bilparken, men att varje utskrotat fordon ersattes av en småbil med förbrukning på 0,3 à 0,4 liter per mil. För att undvika Jevons paradox ("rebound effect") måste samtidigt bränsle- och/eller koldioxidskatten höjas rejält; annars blir åtgärden verkningslös. En annan möjlighet – förmodligen med större förutsättningar för politisk acceptans – vore ett bonus/malus-system: fordon med dåliga miljöprestanda beläggs med höga kostnader; mer miljövänliga bilar får subventioner. Finansieringen kan ske utan extra pålagor på bilistkollektivet. Dessutom bör en större andel av bilismens kostnader göras rörlig, så att kostnaden blir tydligare. En mer radikal – och möjligen mer effektiv – åtgärd vore generellt sänkta hastighetsgränser, lämpligen till 70 km/tim utanför tätbebyggt område och 30 eller 40 km/tim i tätort. Åtgärden bör lämpligen kombineras med kraftigt utbyggd kollektivtrafik, särskilt spårburen.

Den tekniska utvecklingen rymmer vissa möjligheter, förutsatt att vi är beredda att dra ner på kraven. Exempelvis har Volkswagen en fungerande prototyp, den tvåsitsiga XL 1 (http://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_1-litre_car), vilken helt blygsamt nöjer sig med 0,09 liter per mil och 21 g CO₂ per km (ungefär som en halv moped). P.s.s. har Audi sin modell A3, även denna med förhållandevis goda miljöprestanda.

Eftersom den genomsnittliga bilen innehåller 1,2 personer, torde VW XL 1 (och liknande) vara tillfyllest i de flesta situationer. Bilen är lätt, eftersom den delvis är byggd av kompositmaterial. (Dessvärre torde detta, vid en eventuell serieproduktion, komma att avspeglas i priset.)

För några år sedan fantiserades det mycket kring etanoldrivna bilar. Verkligheten har dock hunnit i fatt etanollobbyn (främst företrädd av den amerikanska majsproducenten Archer Daniels Midlands); de flesta spritförespråkarna har nu nyktrat till. Det finns ingen anledning att här fördjupa sig i etanolfrågan; vi nöjer oss med två figurer som klart visar biobränslenas underlägsenhet gentemot petroleumbaserade bränslen med energitätheten 10 kWh/l:



Det enda bibränsle som energimässigt kan tävla med petroleum är sockerrör med EROEI runt 8. Majsetanol är energimässigt en klar förlustaffär.

Fotosyntesens (in)effektivitet i förhållande till den totala solinstrålningen:

Totalinstrålning	100 %
varav strålningsenergi i fotosyntesens våglängder ($\lambda = 360\text{--}720\text{ nm}$)	43 %
varav 80 % uppfångas av landväxter vid gynnsammaste bladställning	34 %
Fotosyntesens verkningsgrad är 23 %, vilket ger utnyttjandet	7,9 %
33 % förlust p.g.a. fotorespiration, alltså 67 % nettoutbyte	5,3 %
Den faktiska effektiviteten i marken är dock av olika orsaker lägre, bl.a. på grund av en CO ₂ -koncentration under den optimala: Kortsiktigt och i förhållande till den enskilda växten finner man (biomasseproduktion 11 till 54 g per kvm och dag)	1,4 till 4,3 %
Över ett helt år och med hänsyn även till det geografiska läget	0,1 till 2,4 %

Oljans oöverträffat höga energitäthet kommer sig av att den stilla puttrat i ett par hundra miljoner år; detta är skälet till att en liter olja innehåller ungefär 10 kWh energi.

Utredningar visar att Sveriges odlade areal skulle behöva tas i anspråk flera gånger om, ifall den nuvarande bilflottans energiefterfrågan skulle tillfredsställas med etanol. (Se t.ex. **Efter Oljetoppen** av Hillevi Helmfrid och Andrew. Haden från SLU och Kungliga Skogs och Lantbruksakademien.) Etanoldrift kan således avskrivas som seriöst alternativ.

Bil Sweden, som känt vartåt det blåst, har satsat på en annan lösning: elbilen. Lösningen är elegant och tanken är vacker:

- Elmotorns verkningsgrad är flera gånger högre än förbränningsmotorns; därför skulle 60 à 65 TWh fossilbränsle vid en fullständig övergång till eldrift kunna ersättas med 15 – 20 TWh el.
- Elproduktionen kan ske miljöanpassat, medelst vind- eller vattenkraftverk. Föroreningar från spetsproduktion alstras på ett fåtal platser och kan därför hanteras enklare än fossildriftens utspridda föreningskällor.
- Elmotor är tyst.
- Laddning kan ske nattetid, då annan elkonsumention är låg.
- Elbilen kan t.o.m. användas som en portabel energikälla.

Dessvärre finns det ett antal problem:

a. En bilpark på över 4 miljoner fordon kan inte ersättas över en natt. En omställning kommer, som visats i bl.a. den tidigare nämnda s.k. Hirschrapporten **Peaking of World Oil Production**, att ta åtminstone ett par decennier. Andra uppskattningar ger vid handen att kanske hälften av de svenska bilarna skulle kunna vara ersatta av elfordon vid mitten av århundradet. Enligt ett mejl från Riggert Andersson, den tidigare projektledaren för "Förfarten", räknar Trafikverket med att andelen elfordon (detta avser endast personbilar; elektrifiering av tyngre fordon synes ligga långt fram i tiden) år 2030 kommer att ligga i intervallet 8 – 38 procent, med troligaste värdet 21 procent. Mer precis skriver Riggert Andersson så här i brev av den 17:e augusti 2011:

Eldrivna fordon kan delas upp i rena elfordon som enbart drivs med el och laddhybrider som utöver elmotor även har en förbränningsmotor som kan erbjuda en väsentligt längre räckvidd. Även för laddhybriderna bedöms största delen av körningen kunna göras på el. I Trafikverkets planeringsunderlag för begränsad klimatpåverkan¹ bedömer vi att eldrivna fordon kan stå för närmare 50 procent av nybilsförsäljningen till 2030 och att detta då skulle motsvara att 21 procent av personbilarnas körsträcka (inklusive gamla fordon) kan genomföras med eldrift. Detta stöds också av den rapport som EU Kommissionen kom med nyligen². I denna har man bedömt antalet elfordon i Europa till mellan 20 och 90 miljoner till 2030 där det mest troliga scenariot är 50 miljoner. 2009 fanns det 236 miljoner personbilar i EU-27. Om antalet bilar skulle vara detsamma 2030 (som räkneexempel) skulle det innebära procentandelar på mellan 8 och 38 procent med mest troligt 21 procent alltså detsamma som Trafikverkets bedömning.

Litet perspektiv på svaret får man kanske genom att betrakta försäljningssiffrorna för elbilar under 2011: första halvåret såldes, trots stora (i vissa länder helt bisarra) subventioner, inte fler än 5.222 elbilar i Europa; i Sverige var antalet 111.

[<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=83&artikel=4716487> ger detaljer]

Yale Environment 360 (5 mars 2013) ger ett rykande färskt exempel från Israel:

Better Place was touted as one of the world's most innovative electric vehicle start-ups when it launched six years ago. But after selling fewer than 750 cars in a major initiative in Israel and losing more than \$500 million, the company's experience shows that EVs are still not ready for primetime.

Bilpooler och bättre utnyttjande av bilar i rörelse borde vara en självklarhet. Det är orimligt att 1.500 kg metall, plast och glas skall användas för att frakta 75 à 100 kg kött – givetvis måste fyllnadsgraden i personbilar ökas rejält från dagens omkring 30 procent. Likaså måste distributionstrafiken samordnas mycket bättre än idag: halv- eller kvartsfyllda bilar är en styggelse..

b. El är inte en energiråvara, utan en energibärare. Den måste alstras på något sätt. Att bygga ut de orörda älvorna är inte att tänka på. Sol, vind och vatten (d.v.s. vågkraft) är självklara kandidater, men en storskalig utbyggnad kommer att ta lång tid. Den återstående möjligheten – om vi inte avser att i stor skala importera brunkolsgenererad elektricitet från Tyskland eller Polen – synes vara kärnkraften med alla dess problem och kontroverser. Till de välkända problemen med kärnkraftens brist på lönsamhet (hittills har inget kärnkraftverk varit lönsamt utan betydande subventioner), säkerhet (tänk Harrisburg, Chernobyl och Fukushima men även Forsmark, Olkiluoto och åtskilliga incidenter jorden runt på olika nivåer av INES-skalan) och avfall (f.n. finns ingen godkänd metod för förvaringen) kommer en avgörande svårighet: redan med dagens blygsamma användning (c:a 300 GW globalt efter stängningen av de japanska verken, att jämföra med världens totala effektanvändning på över 13.000 GW, biobränslen oräknade), beräknas de brytvärda uranreserverna inte räcka i mer än 60 – 80 år. För svenskt vidkommande bör vi även notera att dagens reaktorägare inte förefaller intresserade av att bygga nya anläggningar.

Somliga menar att 4:e generationens reaktorer skulle kunna utgöra en del av en långsiktig lösning – men kan de utvecklas och byggas inom den erforderliga tiden? Efterdyningarna av katastrofen i Fukushima tyder snarast på att kärnkraften kommer att få en minskande roll i världen – kanske även i Sverige. Vi får inte heller glömma att kärnkraften inte är fri från koldioxidutsläpp: såväl byggande som rivning genererar utsläpp. Samma sak gäller utvinning och förädling av bränslet.

Den tidigare nämnde ordföranden för bl.a. Shell UK, James Smith, skriver så här i **Guardian** den 19 februari 2013:

On paper, nuclear seems to offer the cheapest low-carbon carbon electricity. But [new plants being built in Finland and France](#) are taking far longer to build and costing far more than budgeted. It looks too that the cost estimates for new nuclear plants in the UK are soaring.

c. Problemen med batteritekniken för elbilar är fortfarande inte löst, vare sig tekniskt (livslängd, köldtålighet) eller prismässigt (f.n. är elbilar långt dyrare än konventionella bilar (endast Tesla Roadster, med ett pris på bortåt en miljon, har f.ö. en aktionsradie som accepteras av bilköpare)), något som ju fått förre miljöministern att förespråka mycket stora subventioner (med diskutabel effekt)) eller vad gäller tillgång till råvaror. Kommer t.ex. litiumtillgångarna att räcka – och på vilka villkor kommer Bolivia att vara villigt att skiljas från dem? Effektiva motorer kräver effektiva magneter och därmed den sällsynta jordartsmetallen neodym. Kina, där mycket av världens tillgångar finns, införde nyligen exportstopp; man anser sig behöva dessa råvaror inom landet.

Det kan här även vara tillfälle att erinra sig Volvos saligen insomnade hybridbil ECC från 1992 och den misslyckade introduktionen av GM:s EV1 Electric Sports Coupe för snart 15 år sedan.

d. Alltför ofta bortses i diskussioner om bilar med alternativa bränslen från den fasta kostnaden: hur stor är en normal personbils inbäddade energi? Det finns inget entydigt svar – delvis beror det på hur man drar systemgränsen och i vilken utsträckning bilens material återanvänds – men enligt Treloar, Love & Crawford [**Hybrid life-cycle inventory for road construction and use**, 2004] handlar det om 76.000 kWh. Siffran bör relateras till energikostnaden för driften: 1.200 liter bensin om året innehåller 12.000 kWh. Bilens energiinnehåll motsvarar alltså ungefär 6,5 års drift. För en elbil, med dess högre verkningsgrad, rör det sig snarare om 25 år – kanske t.o.m. mer, eftersom en elbil helst bör göras av lättmetall och aluminiumtillverkning är synnerligen energikrävande. Att bortse från den inbäddade energin ger således en helt felaktig bild av läget.

Sammanfattningsvis finner vi oss föranlåtna att instämma i ett antal kloka och förutseende uttalanden från det gångna seklet:

Den fortsatta satsningen på bilismen, som trafiköverenskommelsen [d.v.s. Dennisöverenskommelsen; vår anm] innebär, är inte förenlig med ett långsiktigt hållbart trafiksystem.

[**Miljö 2000, miljöprogram för Stockholm**. Antaget av Stockholms kommunfullmäktige 18.9.95]

Att minska biltransportbehovet är en av de mest angelägna åtgärderna för att komma närmare målet om ett långsiktigt hållbart samhälle. Det kan ske om fler människor bor och arbetar nära kollektivtrafikens stationer och knutpunkter.

[**Översiktsplan Stockholm**. Stadsbyggnadskontoret, 1997]

*Det är uppenbart att en avsevärd volymtillväxt [av bilismen] inte är förenlig med ett bärkraftigt samhälle. [...] Om en bärkraftig utveckling eftersträvas, måste med andra ord transportvolymerna på något sätt begränsas. [...] Den övergripande slutsatsen i denna studie är att ett bärkraftigt transportsystem för Sverige, med ett något ökat fritidsresande jämfört med idag, förefaller möjligt att förverkliga till omkring år 2040. För att möjliggöra detta krävs emellertid en kraftig satsning på förbättrad teknik, samt att dagens trender med ökande transportvolymerna för godstransporter, arbets-, tjänste- och inköpsresor vänds. [**FÄRDER I FRAMTIDEN. Transporter i ett bärkraftigt samhälle**. KFB-rapport 1997:7]*

Till och med Vägverket hade sina ljusa stunder:

Dagens bilism, som vi känner den, är ett "icke hållbart" system. Även med andra bränslen kan inte alla länder ha en bilism som västvärldens. Lösningen ligger delvis i teknikutveckling, men också i att resa förnuftigare, effektivare och kanske mindre.

[**Vart leder vägen.** Vägverket, sept. 1997]

Det kan även vara av intresse att ta del av vad Per Gillbrand, tidigare motorutvecklingschef vid Saab, hade att säga hösten 1997 om bilen som transportmedel i tätort:

Vi i branschen måste tala om vad bilen är bra på och vad den inte är bra på. Det finns områden där den inte passar och områden där den är det klart bästa alternativet. Vi på Saab anser att vi inte ska tillverka stadsbilar, av det enkla skälet att bilar inte passar i innerstäderna. Där är det trängseln, snarare än avgaserna, som är problemet. Det måste vi vara ärliga nog att säga.

Kanske visar det växande intresset för bilpooler och ungdomens minskande intresse för att ta körkort vart utvecklingen – till billobbys fasa – är på väg?

Sammanfattning: Den nuvarande, bränsletörstiga bilparken måste avvecklas i en takt av minst 6 % om året. Om avvecklingstakten är tillräckligt mycket högre än så, kan (en del av) de skrotade bilarna ersättas med små, snåla dieslbilar och i någon ringa mån med elbilar. Rejåla skrotningspremier och kraftigt höjda bränslekostnader (energiskatt och koldioxidskatt), alternativt ett ransoneringssystem för bensin och diesel, exempelvis i form av utsläppsrätter, samt högre trängselavgifter, torde bli nödvändiga åtgärder i kombination med rejält sänkta – och ordentligt övervakade! - hastighetsgränser. Det politiska systemet måste antligen börja leva upp till de krav som minskande energitillgångar och växande utsläpp av växthusgaser ställer. Det måste klargöras att *business-as-usual* inte är ett alternativ: omständigheterna kräver en ändrad livsstil. Eftersom vägtrafiken är en av våra största utsläppskällor krävs här en mycket betydande omställning – en omställning som borde påbörjats för länge sedan (jmf **Hirschrapporten**). Eftersom frågan förhålls så länge kommer omställningen att bli plågsam. (Kanske var Göran Perssons oljekommission ett seriöst försök, kanske var den blott ett spel för gallerierna. Den har i vart fall, liksom andra goda ansatser såsom Storstadstrafikkommittén (STORK), Kommunikationskommittén (KomKom), Kommunikationsforskningsberedningen (KFB) och Statens Institut för Kommunikationsanalys (SIKA), runnit ut i sanden.) Vi måste räkna med allvarliga störningar i samhällsstrukturen då de krympande tillgångarna i kombination med snabbt växande efterfrågan från Kina och Indien driver upp oljepriset till oanade höjder.

Vad kan göras för att lindra de kommande problemen?

- En självklar början är att skrota planerna på nya, trafikgenererande och bebyggelsestrukturerande motorvägar. Som SIKA konstaterade i **Storstaden och dess transporter**:

Att lösa trängselproblemen i Stockholm genom utbyggnader av vägsystemet framstår alltså som orealistiskt.

De tiotals miljarder – till ojämförligt största delen pengar som inte finns, utan som i bästa fall kommer att inflyta i systemet som följd av förhoppningar om fortsatt hög, energislukande och utsläppsgenererande trafik (i stort sett samma misslyckade konstruktion som i Dennispaketet – **varför är det enda vi lär av historien att vi ingenting lär av historien??**) - som skall plöjas ner i den s.k. Förbifarten måste i stället användas till en utbyggnad av kollektivtrafiken, främst den spårburna. Detta skulle innebära en mycket kraftig ökning av persontrafiksystemets kapacitet. I stället för hopplöst otidsenliga

motorvägar – en rest från femtio- och sextiotalen – behövs välfungerande kollektivtrafik. Vi har inte råd att kasta bort tiotals miljarder på ett projekt som är föråldrat redan innan byggandet börjat!

Viktigt är även att kollektivtrafiken är pålitlig och attraktiv – den skall upplevas som ett positivt alternativ (jmf Zürich)! Dessutom gäller att energiförbrukningen per personkilometer är ungefär sex gånger högre i bil än i buss och tio gånger högre i bil än i pendeltåg eller tunnelbana.

- Samåkning och bilpooler måste uppmuntras. Det är absurt att bilens lastkapacitet bara utnyttjas till 25 %. Likaså är det absurt att ha en dyr kapitalvara stående outnyttjad 90 – 95 % av dygnet. I linje med detta ligger även en utbyggd taxiflotta, helst eldriven.

- Möjligheten till distansarbete och videokonferenser har hittills utnyttjats i mycket blygsam omfattning. Kanske finns här en trafikminskningspotential..

- Cykelbanenätet måste rustas och byggas ut rejält. Cykelbanorna måste breddas. Bilisterna måste fås att inse att cykelboxarna vid trafikljusen inte är uppställningsplatser för bilar med stressade förare, utan en livförsäkring för oskyddade cyklister. Det måste också bli slut på ofoget att nalla av cykelbaneanslagen för att reparera bilvägar.

För nyttotrafiken inom staden och länet (varudistribution, hantverkare, polis, ambulans, brandkår) ter sig situationen ljusare:

Trängseln minskar, tillgången till bränsle säkras (åtminstone för en tid) och utgifter i form av trängselavgifter m.m. kommer – som alltid - att kunna föras vidare till konsumenterna. Idel ljuspunkter i tillvaron!

Ett allvarligt problem kvarstår dock: den tunga trafiken. Batteridrift förefaller utesluten; effekt- och energibehoven är alltför stora. Förhoppningsvis kan biodiesel ur inhemsk skogsråvara i kombination med sänkta hastigheter och högre lastfaktor genom bättre samordning av logistiken hantera frågan. På sikt måste vi räkna med minskade transporter: evig fysisk tillväxt i en ändlig värld är en omöjlighet. För några intressanta illustrationer av denna triviala observation rekommenderas ånyo fysikprofessorn Tom Murphys blogg **Do the Math**: <http://physics.ucsd.edu/do-the-math/>

Transporter sker emellertid inte endast med bil. Vi menar att flygets tillväxt – f.n. omkring 7 procent per år, svarande mot en fördubbling på 10 år - måste bromsas. Föreställningen att flyget skall kunna göras oberoende av fossila bränslen och helt övergå till biobränsle är orealistisk. I stället krävs omfattande utbyggnader av spårburen trafik. Vi är dock tveksamma till extrema höghastighetsbanor; energiförbrukningen hos dylika torde bli oacceptabelt hög.

D. Ett medborgarperspektiv

Vi har ovan sökt att främst betrakta verkligheten från den upphöjde Planerarens position. Även medborgaren - ”den lille mannen” (kanske även ”den lilla kvinnan”?) - bör dock få vara med på ett hörn. En rimlig fråga är: vilka uppoffringar kan och vill *han och hon* göra?

Enligt MacKay uppvisar en tämligen välbeställd brittisk medborgare nedanstående energikonsumtionsmönster:

- Bilresor (till arbetet)	50 kWh/d
- Flygresor (till Thailand/motsvarande)	30 kWh/d
- Hemmet (uppvärmning, ljus)	30 kWh/d
- Mat	30 kWh/d
- Grejor, prylar och grunkor	60 kWh/d

Det är inte alltför långsökt att föreställa sig att en motsvarande svensk konsument har ungefär samma livsstil. Envar bör begrundna siffrorna och ställa sig frågan:

Om 80 eller 90 procent av denna konsumtion måste bort, hur skall jag då välja för att jag och mina barn och barnbarn skall få ett så gott liv som möjligt?

Hope for the best – but prepare for the worst!

Claes Trygger
Tekn Dr, v ordf DLV
Artillerigatan 78
115 30 STHLM

[1] David J C MacKay, **Sustainable Energy – Without the Hot Air**, UIT Cambridge Ltd, 2009.

Finns även som pdf för gratis nedladdning på adressen <http://www.withouthotair.com/> och på <http://www.e-booksdirectory.com/details.php?ebook=2649>

[2] Mark Lynas, **Sex grader. Vår framtid på en varmare jord**, Ordfront, Stockholm 2007

