

Tillväxt och klimatmål - ett räkneexempel

Detta dokument är ett räkneexempel som har tagits fram som stöd i argumentationen för en motion till Naturskyddsföreningens riksstämma år 2012. Motionen går under benämningen **Alternativ till tillväxtekonomin**. För alla beräkningar nedan står Simon Grenholm.

Sammanfattning

Är det möjligt att klara miljömål och samtidigt ha en fortsatt ekonomisk tillväxt? Vi använder klimatmål som exempel vilket ger följande resultat:

Globalt sett har koldioxidintensiteten minskat med i genomsnitt 1,3 % per år sedan 1970, alltså mindre utsläpp för samma ekonomiska aktivitet. Dessa förbättringar har dessvärre med bred marginal ätit upp av ett ökat konsumtionstryck via ekonomisk tillväxt (1,7 %) och befolkningsökning (1,6 %), med följden att utsläppen globalt ökat med 2,0 % per år.

Vi vet att koldioxidutsläppen istället måste minska med åtskilliga procent årligen. I ett framtidsscenario låter vi utsläppen från idag minska med 4,9 % årligen (för att totalt minska med 80 % från 2000 till 2050), samtidigt som befolkningsökningen mattas en aning men den ekonomiska tillväxten får fortsätta precis som förut. Det visar sig att koldioxidintensiteten i ekonomin i så fall måste förmås minska med mer än 7 % årligen – en mer än 5 ggr snabbare teknikutveckling och än de 1,3 % som världen hittills lyckats med!

Vad krävs?

Frågan som ska belysas gäller det rimliga i att både kunna klara nödvändiga miljömål och samtidigt ha en fortsatt ekonomisk tillväxt. Global uppvärmning används som exempel. Hur skulle en fortsatt ekonomisk tillväxt påverka våra förutsättningar att klara klimatmål?

Vi kommer att fokusera på samhällets förmåga att, genom tekniska och strukturella omvandlingar, minska sin *koldioxidintensitet*. Det betyder mindre utsläpp per ekonomisk enhet. Hur snabb teknikutveckling och strukturomvandling skulle krävas i framtiden jämfört med vad vi presterar idag? Som hjälp studerar vi den faktiska historiska prestationen under föregående fyra årtionden, från 1970 till idag, och gör med ledning av detta ett framtidsexempel fyra årtionden framåt i tiden, till år 2050.

Grunddata för den historiska utvecklingen är hämtade från *Världsbanken* för åren 1970 till 2007. Uppgifterna gäller koldioxid från förbränning av fossila bränslen men inkluderar ej avskogning och andra växthusgaser. Alltså inget komplett klimatexempel, men för sammanhanget tillräckligt. Klarar vi inte denna del av växthusgaserna så klarar vi inte helheten, och klarar vi inte klimatmålet så klarar vi inte andra miljömål. Utförligare referenser och utförligare beskrivning av använd beräkningsmetodik finns som sista avsnitt för den intresserade.

Grundformel

Mänsklighetens totala utsläpp av fossil koldioxid kan beskrivas som en produkt av antalet människor gånger den ekonomiska aktiviteten gånger koldioxidintensiteten i ekonomin.

$$\begin{aligned} \text{Totala CO}_2\text{-utsläpp} &= \text{Folkmängd} * \text{BNP per capita} * \text{CO}_2\text{-intensitet} \\ [\text{GT CO}_2] &= [\text{personer}] * [\text{USD/person}] * [\text{GT CO}_2/\text{USD}] \end{aligned}$$

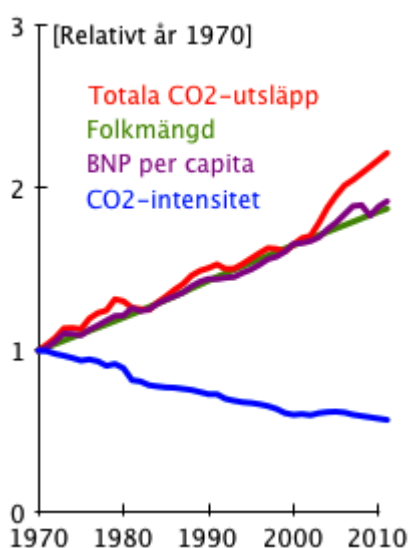
Historisk utveckling 1970 - 2007

Hur har den historiska utvecklingen sett ut för ekvationens fyra komponenter? Nedan presenteras hur situationen såg ut för ca 40 år sedan, år 1970, och vad som hänt fram till år 2007.

	<u>Totala CO₂-utsläpp</u> [GT CO ₂]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO₂-intensitet</u> [GT CO ₂ /USD]
1970	14,93	3,68	3200	1,27 E-12
2007	30,65	6,61	6050	0,77 E-12
Förändring hela perioden	+105 %	+79 %	+89 %	-39 %
Årlig förändring	+2,0 %	+1,6 %	+1,7 %	-1,3 %

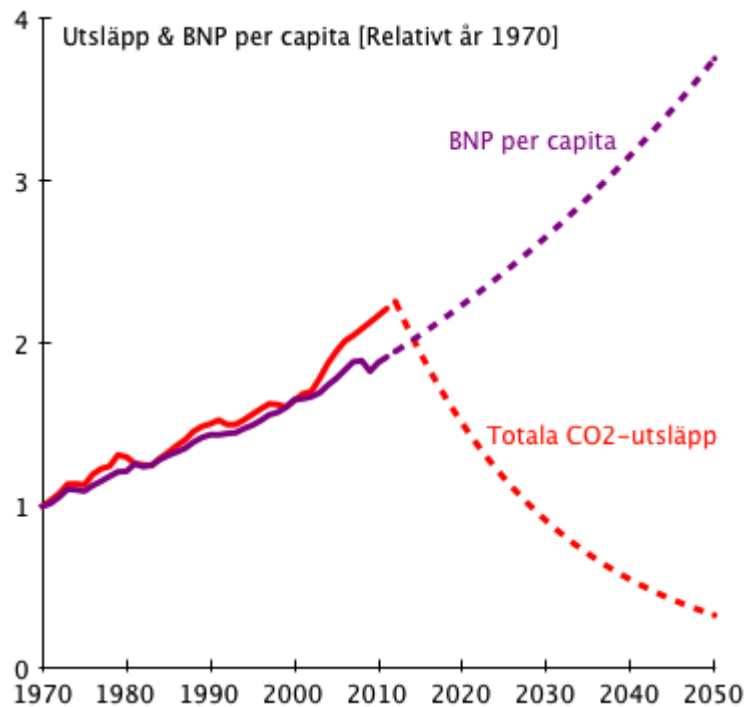
Vi börjar med sista kolumnen och ser där att det, tack vare bland annat tekniska framsteg, skett en kontinuerlig förbättring (minskning) av koldioxidintensiteten under perioden. Samhällets förmåga att leva klimatsmart i förhållande till inkomstnivå har hela tiden förbättrats. Men parallellt med detta har konsumtionstrycket ökat genom både ökad folkmängd och ekonomisk tillväxt (ökad produktion och konsumtion per person), där både folkökning och tillväxt var för sig överstiger alla teknikutvecklingens vinster.

En god överblick över förloppet fås genom att lägga in de fyra komponenterna i samma bild, där startvärdet 1 motsvarar respektive mängd år 1970.



Drömmen om frikoppling

En förhoppning som finns är att så kallad grön tillväxt ska möjliggöra för kurvan med *BNP-per-capita* att fortsätta uppåt i samma exponentiella ökningstakt som tidigare samtidigt som *utsläppen* ska vända åt rakt motsatt håll. De två kurvorna, som historisk har följts åt som ler och långhalm, ska kopplas fria från varandra för klara både klimatmål och fortsatt tillväxt.



Om detta drömscenario är möjligt eller ej beror av de två andra storheterna, förändring av *folkmängd* och förändring av *koldioxidintensitet*. När det gäller koldioxidintensiteten finns många tänkbara åtgärder för att förbättra den, exempelvis: tekniska besparingar via ny energisnål teknik; ökad tjänstekonsumtion istället för materiell konsumtion; övergång från fossila bränslen till förnyelsebara energislag. I korta ordalag handlar det om klimatsmarta sätt att fortsätta producera och konsumera mer och mer. Men om denna dröm ska bli verklighet, hur snabbt måste omställningsarbetet ske jämfört med vad som historiskt presterats?

Framtidsscenario 2012 - 2050

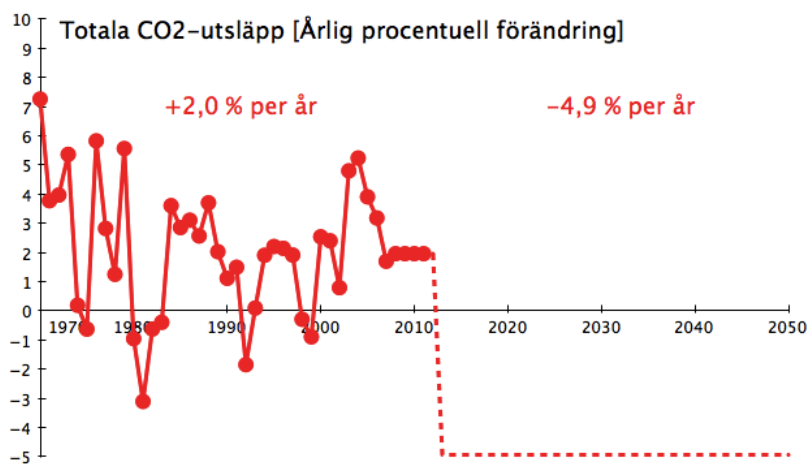
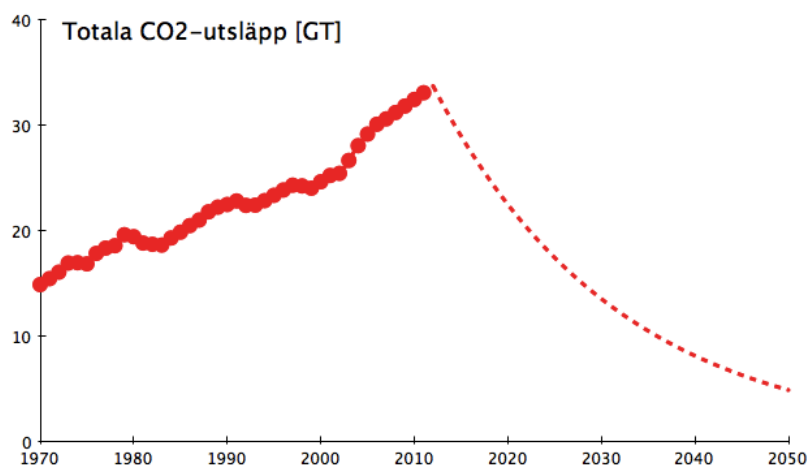
Vi gör ett framtidsscenario kring ekvationens fyra faktorer från idag och fram till år 2050. Vi studerar vad vi *måste* uppnå (minskade utsläpp), vad vi *önskar* uppnå (fortsatt tillväxt), vad vi med god noggrannhet kan *förutspå* (befolkningsökning), och som *resultat* av dessa tre fås den arbetstakt som kommer att krävas på teknikutveckling och strukturomvandling (minskad CO2-intensitet).

Utsläpp

Hur snabbt måste utsläppen minska? Vi använder ett medelambitiöst klimatmål som exempel: att klara temperaturmålet 1,5 grader med en sannolikhet på 50 %. (Temperaturmålet är relativt ambitiöst samtidigt som sannolikheten att uppnå målet är relativt låg satt, alltså totalt sett ett medelambitiöst klimatmål.) För att klara detta behöver de globala utsläppen av växthusgaser minska med över 80 % från år 2000 till år 2050. (SMHI Klimatologi Nr 4, 2011.) Denna minskning av de fossila CO₂-utsläppen ger följande framtidsscenario:

	<u>Totala CO₂-utsläpp</u> [GT CO ₂]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO₂-intensitet</u> [GT CO ₂ /USD]
2012	33,78	-	-	?
2050	4,94	-	-	?
Förändring hela perioden	-85 %	-	-	?
Årlig förändring	-4,9 %	-	-	?

Koldioxidutsläppen kommer att behöva minska med omkring 5 % årligen. Nedan visas en grafisk presentation av de verkliga historiska utsläppen följt av de framtida enligt scenariot. Den första grafen visar totalvärden och den andra årliga procentuella förändringar.

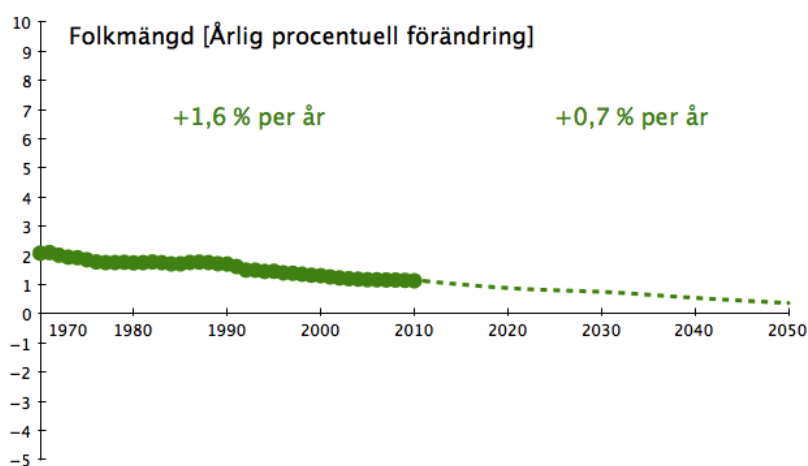
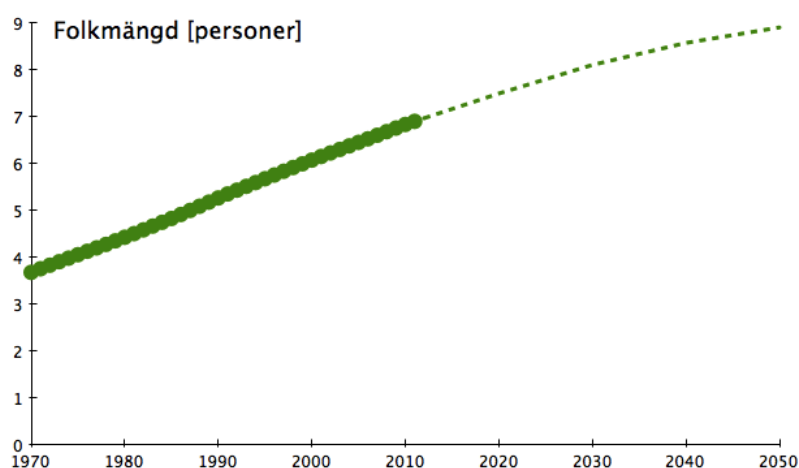


Folkmängd

En prognos från FN förutspår en global folkmängd på närmare 9 miljarder personer till år 2050.

	<u>Totala CO2-utsläpp</u> [GT CO2]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO2-intensitet</u> [GT CO2/USD]
2012	33,78	6,93	-	?
2050	4,94	8,91	-	?
Förändring hela perioden	-85 %	+29 %	-	?
Årlig förändring	-4,9 %	+0,7%	-	?

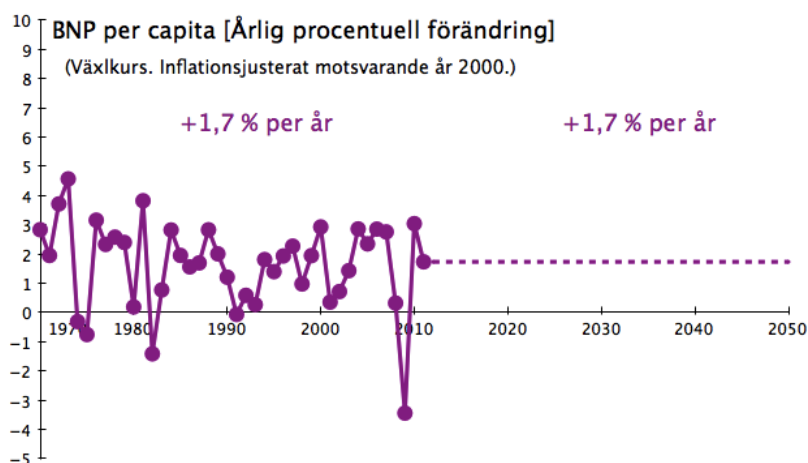
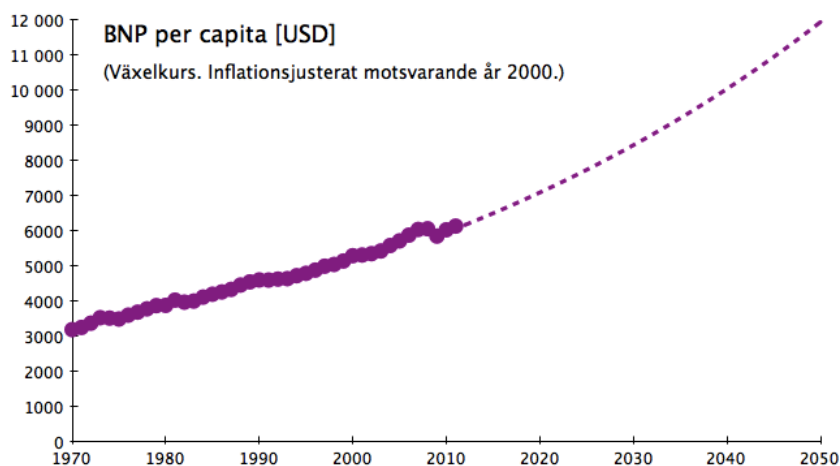
Utslaget över perioden ger detta en folkökning på omkring 0,7 % per år. (Ökningstakten under perioden tros vara avtagande enligt figurerna nedan. I kommande intensitetsberäkning har vi dock förenklat genom att använda medelförändringen, +0,7 % per år, för hela perioden.)



BNP per capita

Takten på den ekonomiska tillväxten som vi presenterar här är ingen prognos utan den förhoppning som inryms under begreppet grön tillväxt, dvs att tillväxten ska kunna fortsätta som tidigare. Vi låter alltså den årliga ökningen av BNP-per-capita fortsätta med samma hastighet som tidigare, +1,7 % per år.

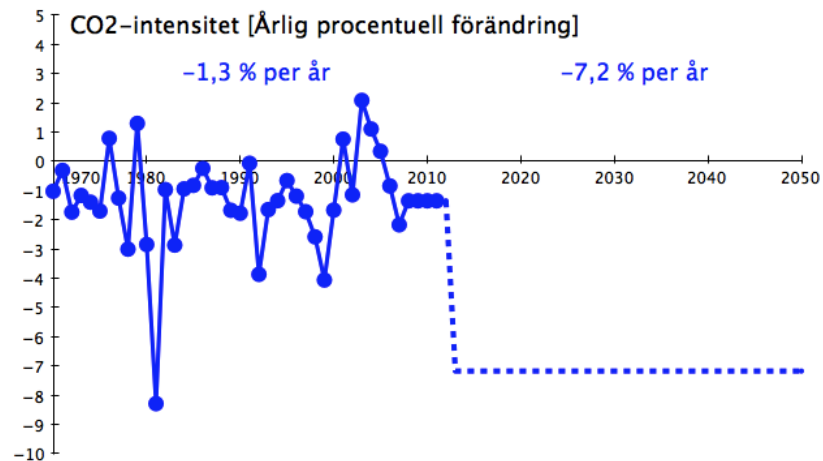
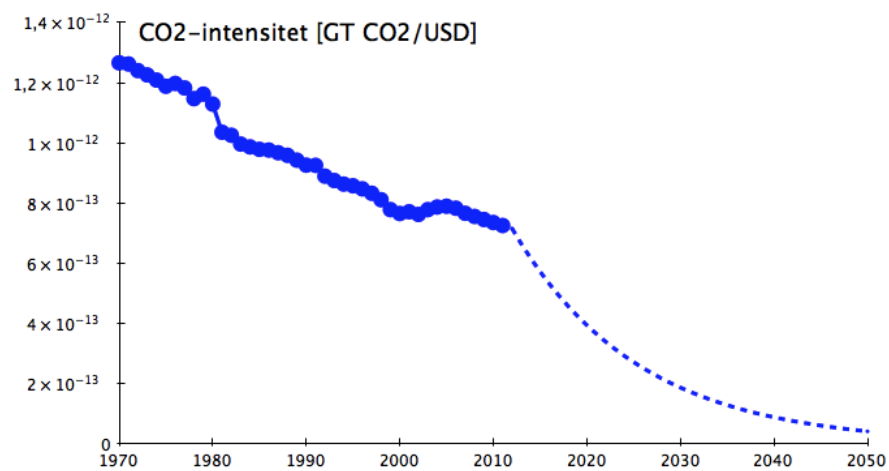
	<u>Totala CO2-utsläpp</u> [GT CO2]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO2-intensitet</u> [GT CO2/USD]
2012	33,78	6,93	6250	?
2050	4,94	8,91	12000	?
Förändring hela perioden	-85 %	+29 %	+92 %	?
Årlig förändring	-4,9 %	+0,7%	+1,7 %	?



CO2-intensitet

Med tre av storheterna i ekvationen går det att beräkna den fjärde. (Exakta formler för beräkningarna finns i sista avsnittet.) Resultatet blir följande:

	<u>Totala CO2-utsläpp</u> [GT CO2]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO2-intensitet</u> [GT CO2/USD]
2012	33,78	6,93	6250	0,78 E-12
2050	4,94	8,91	12000	0,05 E-12
Förändring hela perioden	-85 %	+29 %	+92 %	-94 %
Årlig förändring	-4,9 %	+0,7 %	+1,7 %	-7,2 %



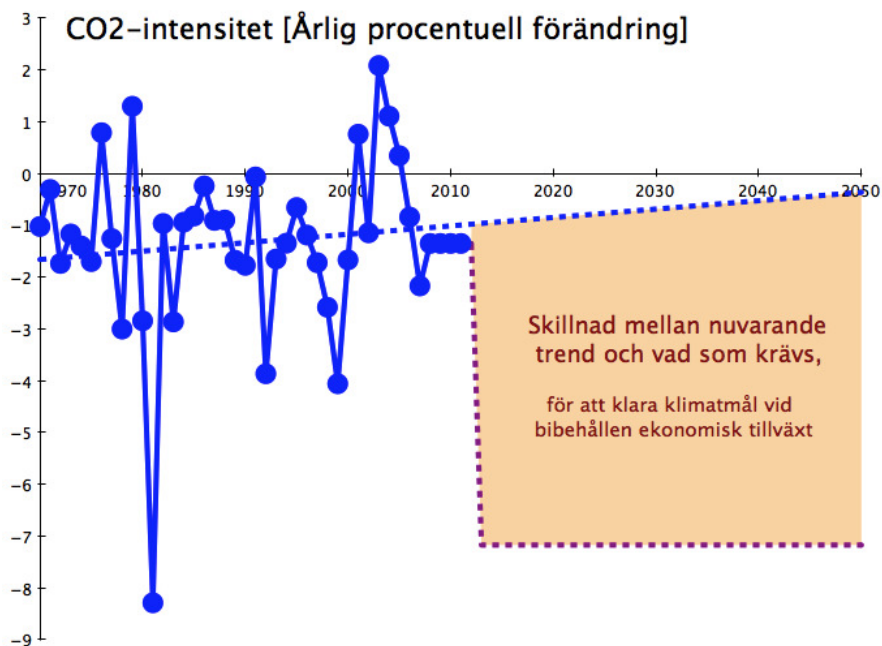
Historisk utveckling jämfört med framtidsscenario

Vi jämför nu den historiska utvecklingen med framtidsscenario och koncentrerar oss på de årliga förändringarna:

	<u>Totala CO2-utsläpp</u> [GT CO2]	<u>Folkmängd</u> [miljarder personer]	<u>BNP per capita</u> [USD/person]	<u>CO2-intensitet</u> [GT CO2/USD]
Årlig förändring (1970 – 2007)	+2,0 %	+1,6 %	+1,7 %	-1,3 %
Årlig förändring (2012 – 2050)	-4,9 %	+0,7 %	+1,7 %	-7,2 %

Det viktigaste resultatet är förändringen av CO2-intensitet. För att klara både klimatmål och ekonomisk tillväxt skulle samhället behöva förbättra (minska) sin CO2-intensitet med mer än 7 % varje år. Jämfört med den historiska prestationen på 1,3 % är det en oerhörd skillnad, mer än **fem gånger** snabbare arbetstakt skulle krävas.

För att ytterligare förtydliga skillnaden mellan historisk prestation och framtida låter vi datorn beräkna en trendlinje på den historiska utvecklingen. Har förbättringsarbetet gått snabbare eller långsammare under senare år?



Vi ser att förbättringstrenden, tvärt emot förhoppningarna, varit avtagande. När trendlinjen extrapoleras blir skillnaden mellan historisk prestation och vad som skulle krävas i framtiden ännu större. Klart är att historiska data inte ger några belegg för att en grön frikoppling skulle vara nära förestående, trenden går åt motsatt håll.

Slutdiskussion

Skillnaden mellan den historiska prestationen och vad som skulle krävas av framtiden talar sitt eget språk: Det blir en svår ekvation att få ihop fortsatt ekonomisk tillväxt med klarade klimatmål. Om det, mot vad som verkar logiskt rimligt, skulle vara möjligt att kombinera de båda – med vilka medel skulle det i så fall kunna ske? Vi nämnde tidigare tre möjliga sätt att minska koldioxidintensiteten och ska nu diskutera potentialen för dessa:

Tekniska besparingar via ny energisnål teknik? Som jämförelse av besparingspotential tar vi två dagsaktuella exempel från Sveriges ledande tekniktidning, *Ny Teknik*. Båda exemplen presenteras som att de kan lämna viktiga bidrag till att minska bränsleåtgång och kostnader. Exempel ett (NT 14 dec 2011) är en teknik med svenskt patent för att leda flygplan rakare i lufterummet från start till landning. En exaktare flygledning skulle globalt kunna spara omkring 8 % av utsläppen. Men flygbranschen är trögrörlig och har diskuterat införandet av tekniken i snart 20 år, vilket skulle ge detta tekniksprång ett årligt bidrag till branschens förbättring på blygsamma 0,4 %, långt ifrån de 7,2 % som krävs. Exempel två (NT 18 jan 2012) är en finsk studie av möjligheter att minska bilars bränsleåtgång via en rad åtgärder för minskad friktion. Studien hoppas på en besparing på upp till 61 % på 25 års sikt, vilket ger en årlig besparing på 3,7 %. Bra, men bara halvvägs till de 7,2 % som behöver presteras. Ändå är dessa exempel tagna från företeelser där det fortfarande finns en stor teoretisk besparingspotential kvar. Dock är det inte endast den tekniska potentialen som är intressant i sammanhanget. Dilemmat ligger i att kunna ha en mycket snabb teknikutveckling *utan* att detta skulle medföra högre tillväxt. I ett oreglerat scenario skulle en snabb teknikutveckling driva upp tillväxten och genom ökad konsumtion äta upp hela eller delar av besparingen. För att få ett positivt netto måste teknikutveckling åtföljas av politisk reglering.

Ökad tjänstekonsumtion istället för materiell konsumtion? Detta är tänkbart till viss grad. Men tjänstekonsumtion har en tydlig begränsning eftersom konsumenternas tid är begränsad, max 24 timmar per person och dygn. För materiell konsumtion finns däremot ingen motsvarande begränsning vilket gör att det förväntade förloppet vid ökade inkomster bör vara ökande andel materiel konsumtion. Alltså krävs även här hårda regleringar för att tvinga fram önskvärda konsumtionsmönster.

Övergång från fossila bränslen till förnyelsebara energislag?

Här finns en stor potential. Utbyggnaden av svensk vindkraft har, procentuellt räknat, med bred marginal klarat arbetstakten de gånga fem åren. Vindkraftsproduktionen har under åren 2006 - 2011 ökat från 1,0 TWh till 6,1 TWh (NT 18 jan 2012) vilket ger en ökning med 44 % per år. Men detta är från en mycket låg nivå då vindkraft fortfarande bara bidrar med 4,4 % av svensk el, vilket gör att vindkraften under perioden bidragit till elbranschens totala omställning med endast 0,8 % per år. Fortfarande långt från de 7,2 % vi försöker nå. Till utmaningarna hör också att ny förnyelsebar energiproduktion inte får påverka andra miljömål. Till exempel är det svårt att utöka nyttjandet av bioenergi utan att äventyra biologisk mångfald. En kanske ännu större utmaning är att den tillkommande förnyelsebara energin måste nyttjas för att växlas mot annan energiproduktion, d v s stänga ner befintlig fossil energiproduktion. Så är inte fallet idag då tillkommande förnyelsebar energi istället omsätts i ökad total energikonsumtion. Även här skulle regleringar krävas.

För att summera: De finns möjligheter, men det är svårt att räkna hem tillräckliga potentialer. En gemensam nämnare för alla åtgärder är också att de skulle kräva mycket regleringar för att uppnå önskvärd effekt. Vi kan från vårt exempel inte se rimligheten i att lyckas kombinera fortsatt ekonomisk tillväxt och samtidigt klara livsavgörande miljömål. Framtiden behöver en annan väg!

Beräkningsmetodik

Detta avsnitt är till för den matematiskt intresserade och beskriver de formler som använts i beräkningarna. Alla tillgängliga värdesiffror från grunddata har nyttjats och avrundning skett först i resultatet.

Årliga förändringar, givet start och slutmängd

Beräkning av årlig förändring, om förändringstakten procentuellt sett varit lika stor under hela tidsperioden, kan härledas enligt följande:

$$\begin{aligned} \text{Total förändring} &= \text{Årlig förändring} ^ \text{Antal år} \\ \text{Årlig förändring} &= \text{Total förändring} ^ (1/\text{Antal år}) \end{aligned}$$

$$\text{Årlig förändring} = (\text{Mängd slutår}/\text{Mängd startår}) ^ (1/\text{Antal år})$$

Årliga förändringar, givet tre av ekvationens fyra variabler

Om vi känner till årliga procentuella förändringar för tre av de fyra variablerna i ekvationen kan den fjärde härledas enligt följande:

Grundformeln gäller läget vid en viss tidpunkt, låt säga år 0. Vi vill istället använda formeln till att beräkna procentuella förändringar från ett år till ett annat, till exempel från år 0 till år 1.

År 0:

$$\text{Totala utsläpp} = \text{Folkmängd} * \text{BNP per capita} * \text{Intensitet}$$

År 1:

$$\begin{aligned} &\text{Totala utsläpp} * (1 + \text{Utsläppsförändring}) \\ &= \\ &\quad \text{Folkmängd} * (1 + \text{Folkförändring}) \\ &\quad * \\ &\quad \text{BNP-c} * (1 + \text{BNP-c-förändring}) \\ &\quad * \\ &\quad \text{Intensitet} * (1 + \text{Intensitetsförändring}) \end{aligned}$$

Stryk på båda sidor i ekvationen motsvarande "År 0"-ekvationen:

$$\begin{aligned} &\text{Totala utsläpp} * (1 + \text{Utsläppsförändring}) \\ &= \\ &\quad \text{Folkmängd} * (1 + \text{Folkförändring}) \\ &\quad * \\ &\quad \text{BNP-c} * (1 + \text{BNP-c-förändring}) \\ &\quad * \\ &\quad \text{Intensitet} * (1 + \text{Intensitetsförändring}) \end{aligned}$$

Kvar blir de årliga förändringarna:

$$(1 + \text{Utsläppsförändring}) = (1 + \text{Folkförändring}) * (1 + \text{BNP-c-förändring}) * (1 + \text{Intensitetsförändring})$$

Beroende på vilken som är den okända variabeln ser de formler vi söker ut så här:

$$\begin{aligned} \text{Utsläppsförändring} &= ((1 + \text{Folkeförändring}) * (1 + \text{BNP-c-förändring}) * (1 + \text{Intensitetsförändring})) - 1 \\ \text{Folkeförändring} &= ((1 + \text{Utsläppsförändring}) / ((1 + \text{BNP-c-förändring}) * (1 + \text{Intensitetsförändring}))) - 1 \\ \text{BNP-c-förändring} &= ((1 + \text{Utsläppsförändring}) / ((1 + \text{Folkeförändring}) * (1 + \text{Intensitetsförändring}))) - 1 \\ \text{Intensitetsförändring} &= ((1 + \text{Utsläppsförändring}) / ((1 + \text{Folkeförändring}) * (1 + \text{BNP-c-förändring}))) - 1 \end{aligned}$$

Exempel, utsläppsförändring mellan år 1970 och år 2007:

Folkeförändring:	+1,6 % per år
BNP-c-förändring:	+1,7 % per år
Intensitetsförändring	-1,3 % per år

$$\text{Utsläppsförändring} = ((1 + 0,016) * (1 + 0,017) * (1 - 0,013)) - 1 = 0,01984 \approx 0,02 \rightarrow +2,0 \% \text{ per år}$$

För överslagsräkning kan en approximativ formel användas:

$$\text{Utsläppsförändring} \approx \text{Folkeförändring} + \text{BNP-c-förändring} + \text{Intensitetsförändring}$$

Referenser

Historiska data

Samtliga historiska data uppgifter kommer från Världsbanken för att få god jämförbarhet.

<http://data.worldbank.org/indicator>

Plocka fram "All indicators".

<http://data.worldbank.org/indicator/all>

Använd "DOWNLOAD DATA" för att få informationen i ett Excel-ark och för att få med summering för hela världen (World", "WLD").

Folkmängd. "Population, total":

<http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

BNP totalt. "GDP (constant 2000 US\$)":

<http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>

Fossil CO2 totalt. "CO2 emissions (kt)":

<http://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>

Framtidsprognoser

Folkmängd. FN-prognos:

http://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%A4rldens_befolkning&oldid=10846958

Utsläpp för att klara klimatmål. SMHI Klimatologi Nr 4, 2011:

http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.17826!RAPPORT_klimatologi%20nr%204.pdf