

## Klimat 2Q: Kan vi spara ihop gapet?

(På 3<sup>i</sup> minuter hinner du läsa det som står med fetstil och fundera över inom vilket av områdena nedan DU skulle kunna göra din största besparing. Gör det nu. <sup>ii</sup>)

Naturligtvis kan vi spara ihop till gapet! Det är ju vi som väljer att släppa ut, då kan vi också välja att inte släppa ut.

Det betyder inte att det behöver vara enkelt, eller att det inte behövs uppoffringar. Det betyder bara att **valet är vårt**.

I sektion fyra av denna mail-kurs kommer vi att titta på och genomföra, eller driva på, en hel del olika energibesparingar.

Syftet med besparingarna är att stoppa växthuseffekten genom att spara in "gapet" mellan tillgång och efterfrågan. **Gapet är på 25 kWh per person och dygn när all förnybar energi är utbyggd. För att spara in gapet så måste besparingarna vara i samma storleksordning. Man kan inte spara mer än man förbrukar, så låt oss titta på de områden inom vilka vi förbrukar mer än 10 kWh/pp&d:**

Flyg: **4,9** eller **25 kWh/pp&d** <sup>iii</sup>

Grejer+Frakt: **22+19≈41 kWh/pp&d** <sup>iv</sup>

Värme och kyla: **33 kWh/pp&d** <sup>v</sup>

Offentlig sektor: **22 kWh/pp&d** <sup>vi</sup>

Bil: **14 kWh/pp&d** <sup>vii</sup>

Mat+Jordbruk: **12+2,9≈15 kWh/pp&d** <sup>viii</sup>

CO2 minskning: **10 kWh/pp&d** <sup>ix</sup>

### Avstå Flyg:

En interkontinental flygresor för en person förbrukar 25 kWh/pp&d utslaget över hela året. <sup>x</sup> (Dessutom är den totala klimatpåverkan nästan dubbelt så stor. <sup>xi</sup>) Att avstå från en interkontinental flygresor sparar alltså **25 kWh** per dygn under hela det året.

### Färre Grejer

De flesta av oss behöver inte fler grejer. Åtminstone inte särskilt många. Om vi halverade vår konsumtion av nya grejer skulle vi spara ca 11 kWh/pp&d. Samtidigt skulle vår konsumtion av frakt minska så kanske kunde vi totalt spara **20 kWh/pp&d**

### **Värmepump:**

Vi räknade med att vi använder 27 kWh per person och dygn för att värma upp hus och varmvatten. Om man har t.ex. oljepanna eller direktverkande el och byter till värmepump kan man spara mer än hälften av den energin. Låt oss säga **18 kWh/pp&d.** <sup>xii</sup>

### **Offentlig sektor:**

Jag vet inte hur mycket man skulle kunna spara in på offentlig sektor eller hur det bäst skulle göras. Kom gärna med förslag. <sup>xiii</sup>

### **El-Bil:**

En bil som drivs av elektrisk motor är 5 gånger effektivare än en bensin-bil. <sup>xiv</sup> Låt oss räkna med lite förluster i el-nätet och batteriet, och säga att den i praktiken är 3 ggr så effektiv. I så fall kan vi om alla biltransporter sker med elbilar spara **9 kWh/pp&d.**

### **Mat:**

Nötkött orsakar 8 gånger så mycket växthusgaser som kycklingkött gör. <sup>xv</sup>

Kycklingkött orsakar 5 gånger så mycket växthusgaser som potatis gör. <sup>xvi</sup>

Låt oss säga att man genom att välja andra råvaror kan halvera utsläppen från maten. I så fall kan vi i genomsnitt spara **7 kWh/pp&d.**

Bonus: Kanske kan nötkött som producerats med "Holistic Management Planned Grazing" faktiskt kan göra mer nytta än skada för klimatet. (

<http://www.youtube.com/watch?v=vpTHi7O66pl&list=PLyIpHAcPQgZrQlvAybaWRcgykivKJuoC1> <sup>xvii</sup>)

### **CO2 minskning:**

Bästa sättet att inte behöva lägga energi på att ta bort koldioxid ur luften är naturligtvis att inte släppa ut koldioxid i luften. <sup>xviii xix</sup>

Enbart inom ovanstående områden kan det alltså finnas utrymme för besparingar på mer än halva den genomsnittliga energiförbrukningen. <sup>xx</sup>

Bonus: Det här är exempel på några mindre besparingar. De här sakerna kan vara viktiga för att ta oss de sista millimetrarna över ribban, men de är för små för att ge oss det stora avstamp vi behöver.

- Sopsortering (4 kWh/pp&dygn <sup>xxi</sup>)

- Belysning (1,4 kWh per dygn om en 60W glödlampa är tänd hela dygnet <sup>xxii</sup>)

- Batterier (1,4 kWh per AA batteri <sup>xxiii</sup>)

- Duscha kallt (<1 kWh/dusch <sup>xxiv</sup>)

- Kallvatten <sup>xxv</sup> (0,4 kWh/pp&d <sup>xxvi</sup>) <sup>xxvii</sup>

- Laddare som sitter kvar i eluttaget när de inte används (0,01-0,07 kWh per dygn <sup>xxviii</sup>)

**OBS! Om man sparar pengar när man sparar energi, så får inte de pengarna spenderas på något annat som förbrukar energi eller på annat sätt släpper ut växthusgaser!** Då upphävs ju besparingen. Det borde vara uppenbart, men är det tyvärr inte alltid. Istället kan man t.ex. använda pengarna till att ...

- ... klimatkompensera de utsläpp man ändå orsakar
- ... arbeta deltid
- ... tilläggsisolera huset
- ... betala av lån
- ... installera en värmepump
- ... köpa tjänster

Eller gör som jag. Använd pengarna till att stoppa klimatförändringarna (Hittills har jag givit bort mer än 340 exemplar av boken *Sex Grader*<sup>xxxix</sup> till alla som lovar att läsa den.)

#### **Det är viktigt att alla hjälps åt:**

- Antag att en person slänger 100 gram nötkött och att någon som i vanliga fall äter kyckling vill kompensera för det genom att byta ut sitt kycklingkött mot potatis eller morötter. Då måste den som vill kompensera avstå 1,2 *kilo* kyckling till förmån för potatis eller morötter, för att få samma utsläpp som nötköttet aldrig hade producerats.<sup>xxx</sup>
- Om en person åker flyg i stället för tåg (inom Sverige), så måste 34 personer avstå från att resa, för att få samma utsläpp som om alla hade åkt tåg.<sup>xxxix</sup>
- Om en person åker 10 mil med bil i onödan, så måste någon åka 26 *nödvändiga* mil med buss istället för med bil, för att få samma utsläpp som om man inte hade kört bil 10 mil i onödan.<sup>xxxii</sup>
- Om en person har dörrar och fönster öppna i 5 timmar utan att stänga av elementen, så måste någon sänka temperaturen två grader (t.ex. från 19°C till 17°C) i mer än ett dygn för att få samma utsläpp som om den som vädrade hade haft elementen avstängda.<sup>xxxiii</sup>

Bonus: Vad gör det för skillnad om vi sparar 5 kWh? Om energin skulle ha producerats i ett kolkraftverk, så skulle det kolkraftverket ha släppt ut 5,1 kg koldioxid.<sup>xxxiv</sup> Det är lika mycket som världens sammanlagda utsläpp under 0,005 millisekunder.<sup>xxxv</sup> Det betyder att framtida tipping-points har fördröjts med 0,005 millisekunder, förutsatt att besparingen används till att inte bygga ut kolkraften i världen.

Om du sparar 5 kWh per dygn i ett år, så har du personligen fördröjt framtida tipping-points med 1,8 millisekunder.

Om alla som deltog i Earth Hour 2010<sup>xxxvi</sup> sparar 25 kWh per dygn i ett år, så har vi tillsammans fördröjt framtida tipping-points med 137 dygn. Det är mer än en tredjedel av hela året.<sup>xxxvii</sup>

Bonus: Den här sammanställningen kan ge en uppfattning om hur mycket 5 kWh är.

5 kWh motsvarar något av dessa:

- Att koka upp 45 liter vatten. <sup>xxxviii</sup>
- Att frysa in 15 kg till -18°C och därefter tina och koka det. <sup>xxxix</sup>
- Att tina 22 kg i mikron istället för i kylskåpet. <sup>xl</sup>
- Att värma 130 liter badvatten till 37°C <sup>xli</sup>
- Att låta 6 kg kram-snö smälta och avdunsta inomhus <sup>xlii</sup>
- 0,71 kg papper <sup>xliii</sup> (~7 kWh/kg)
- Att ha på tre och en halv 60W glödlampor i ett dygn <sup>xliv</sup>
- Att köra en köksfläkt på max i en halvtimme när det är 20 grader kallt ute <sup>xlv</sup>
- Biogas från 5 kg Matrester <sup>xlvi</sup> (~1 kWh/kg)

Ett kolkraftverk som producerar 5 kWh släpper ut ca 5,1 kg koldioxid. <sup>xlvii</sup>

Var och en av dessa motsvarar också 5,1 kg koldioxid-ekvivalenter:

- 100 mil med järnväg i Sverige <sup>xlviii</sup> (0,05 kg koldioxid per passagerar-mil)
- 8,5 mil med järnväg i England <sup>xlix</sup> (0,6 kg koldioxid per passagerar-mil)
- 3,5 mil med bil <sup>l</sup> (1,5 kg koldioxidekvivalenter per mil)
- 2,2 mil för en passagerare med flyg <sup>li</sup> (0,5 mil med affärsjet) (2 kg koldioxidekvivalenter per passagerar-mil)
- 0,2 kg metan <sup>lii</sup> (som är en 25 gånger kraftigare växthusgas än koldioxid)
- 1,6 kg uppeldad plast <sup>liii</sup> (~3,1 kgCO<sub>2</sub>/kgPlast)
- 4,4 kg återvunnet stål <sup>liv</sup> (1,15 kgCO<sub>2</sub>e/kgStål)
- 0,5 kg återvunnen aluminium <sup>lv</sup> (10 kgCO<sub>2</sub>/kgAluminium)
- Produktion av 0,27 kg Nötkött <sup>lvi</sup> (~20 kgCO<sub>2</sub>-eq/kilo)
- Produktion av 2,6 kg Kycklingkött <sup>lvii</sup> (~2 kgCO<sub>2</sub>-eq/kilo)
- Produktion av 14 kg Potatis <sup>lviii</sup> (~0,4 kgCO<sub>2</sub>-eq/kilo)
- 9 kg Trä <sup>lix lx</sup> (0,55 kgCO<sub>2</sub>/kgTrä)

Bonusinformation: När ett plastlock från en dricka på McDonalds eldas upp så blir det till ungefär lagom mycket koldioxid för att fylla en McDonalds ballong. <sup>lxi</sup> Fundera på hur stor en ballong skulle bli om man fyllde den med avgaserna från en bil. (Avgaserna består till ungefär hälften av koldioxid och hälften vattenånga. <sup>lxii</sup>)

Bonus: Litet men positivt:

[http://www.ted.com/talks/amory\\_lovins\\_a\\_50\\_year\\_plan\\_for\\_energy.html](http://www.ted.com/talks/amory_lovins_a_50_year_plan_for_energy.html)

Humor-bonus <sup>lxiii</sup>: <http://www.cartoonstock.com/animation/cartoonview.asp?catref=drdv8>

-----  
Mer information om denna klimat-utbildning finns på:

<http://klimatcbt.yolasite.com/>

Dagens uppgift är att i det här mailet läsa det som står med fetstil och att fundera över inom vilket område *du* skulle kunna göra *din* största besparing.

Skriv gärna till kurskamraterna och mig och berätta vad du gjorde. <sup>lxiv</sup> Att peppa andra är nästan lika viktigt som att agera själv. :-)

Försök att alltid utföra dagens uppgift direkt när du får mailet. Om du bara har 3 minuter, så slutför uppgiften så bra som den hinner bli på 3 minuter. <sup>lxv</sup>

Detta mail kan även laddas ner som PDF från:

[http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2Q\\_Spara.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2Q_Spara.pdf)

Bonus: Nästa mail kan laddas ner som PDF från:

[http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat3F\\_IllanderOchUlander.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat3F_IllanderOchUlander.pdf)

Om du vill gå kursen så kontakta mig på <http://klimatcbt.yolasite.com/kontakt.php>

(Du har väl lagt till <http://klimatcbt.yolasite.com/kontakt.php> antingen i din adressbok, eller bland betrodda avsändare i ditt spamfilter? Annars kan vissa kursmail fastna i ditt spamfilter. Skriv till mig på <http://klimatcbt.yolasite.com/kontakt.php> om du vill ha hjälp med det, eller om du saknar något kursmail.)

Det som står i fotnoterna är alltid bonusmaterial.

---

<sup>i</sup> Fotnot 0.14: Tre minuter per mail räcker för att följa kursen Klimat-CBT. (Fotnot 0.20:)

På tre minuter per mail får man en översiktlig helhetsbild. För den som önskar en djupare förståelse finns möjligheten att läsa resten av mailet. De flesta mail innehåller följande typer av information:

- 3-minuters: På 3 minuter hinner man läsa de viktigaste rubrikerna och slutsatserna så att man kan följa kursen.

- Brödtext: Den löpande texten ger en fördjupad beskrivning av ämnet i mailet.

- Bonus: Intressant information som berör ämnet men inte egentligen hör till kursen.

- Footer: Nedanför brödtexten finns lite information om kursen. Den är i princip likadan i alla mail.

- Fotnoter: I fotnoterna finns alla beräkningar och källor. Läs i fotnoterna (bara) om du vill veta hur jag har räknat, tänkt och resonerat.

Mer information om kursen finns på <http://klimatcbt.yolasite.com/>

<sup>ii</sup> Fotnot 0.20: Detta är det rekommenderade upplägget: Ägna 3 minuter åt att göra den obligatoriska delen direkt när du får e-målet. Avsluta den obligatoriska delen då även om du inte är säker på att du gör den på det bästa sättet. Om du har tid och lust (det kan vara omedelbart, senare, eller en annan dag) så kan du göra bonusdelen, eller göra om den obligatoriska delen på ett bättre sätt.

<sup>iii</sup> Fotnot KM.2D: Kurs-mail "Klimat 2D: Persontransporter, Energigröda, Skogsavfall och Torv" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2D\\_PersontransporterEnergigrodaSkogsavfallTorv.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2D_PersontransporterEnergigrodaSkogsavfallTorv.pdf) )

<sup>iv</sup> Fotnot KM.2G: Kurs-mail: "Klimat 2G: Grejer, Frakt och Vindkraft" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2G\\_GrejerFraktVindkraft.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2G_GrejerFraktVindkraft.pdf) )

<sup>v</sup> Fotnot KM.2F: Kurs-mail: "Klimat 2F: Värme, Kyla, Värmepumpar" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2F\\_VarmeKylaVarmepumpar.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2F_VarmeKylaVarmepumpar.pdf) )

<sup>vi</sup> Fotnot KM.2H: Kurs-mail: "Klimat 2H: Offentlig sektor och Solenergi" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2H\\_OffentligsektorSolenergi.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2H_OffentligsektorSolenergi.pdf) )

<sup>vii</sup> Fotnot KM.2D: Kurs-mail "Klimat 2D: Persontransporter, Energigröda, Skogsavfall och Torv" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2D\\_PersontransporterEnergigrodaSkogsavfallTorv.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2D_PersontransporterEnergigrodaSkogsavfallTorv.pdf) )

<sup>viii</sup> Fotnot KM.2E: Kurs-mail "Klimat 2E: Mat, Vatten, Jordbruk, Biogas och Sopförbränning" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2E\\_MatJordbrukBiogasSopforbranning.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2E_MatJordbrukBiogasSopforbranning.pdf) )

<sup>ix</sup> Fotnot KM.2K: Kurs-mail "Klimat 2K: 350 ppm, eller kan vi ta bort koldioxid ur luften?" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2K\\_350ppm.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2K_350ppm.pdf) )

---

<sup>x</sup> Fotnot 2.1.CK: Fågelvägen Göteborg-Phuket är det 900 mil. Fågelvägen Stockholm-San Fransisco är också nästan 900 mil.

Ett flygplan förbrukar ca 5 kWh per resenär och mil. (Fotnot 2.1.CJ:)

En interkontinental flygresa ToR förbrukar alltså ca 9 tusen kWh:

$2 * 900\text{mil} * 5\text{kWh/pp\&mil} \sim 9000 \text{ kWh}$

Utslaget över hela året blir det ca 25 kWh per dag:

$9000\text{kWh} / 360\text{dagar/år} \sim 25 \text{ kWh/dag}$

Fotnot 2.1.CJ: En svensk flyger i genomsnitt ca 32 mil per år inrikes:

$2,98\text{Gpkm} / 9500000\text{svenskar} \sim 32 \text{ mil per person och år}$

En svensk flyger i genomsnitt ca 328 mil per år utrikes:

$31\text{Gpkm} / 9500000\text{svenskar} \sim 328 \text{ mil per person och år}$

En svensk flyger i genomsnitt ca 360 mil per år sammanlagt:

$32\text{mil/pp\&år} + 328\text{mil/pp\&år} \sim 360\text{mil/pp\&år}$

... varav 91% utrikes:

$32\text{mil/pp\&år} / 360\text{mil/pp\&år} \sim 91\%$

Utsläppen av växthusgaser vid utrikesresor är ca :

$7,3\text{MtonCO}_2\text{e} / 31\text{Gpkm} \sim 2,4 \text{ kg CO}_2\text{e per personmil}$

$4,1\text{MtonCO}_2 / 31\text{Gpkm} \sim 1,3 \text{ kg CO}_2 \text{ per personmil}$

Varje kg CO<sub>2</sub> motsvarar ca 3,8 kWh förbrukat bränsle (Fotnot 2.1.BG:) så energiförbrukningen per mil är ca:

$1,3\text{kgCO}_2/\text{pp\&mil} * 3,8\text{kWh/kgCO}_2 \sim 5 \text{ kWh per personmil}$

Energiförbrukningen i genomsnitt är ca 4,9 kWh per person och dag:

$360\text{mil/pp\&år} * 5\text{kWh/personmil} / 365\text{dagar/år} \sim 4,9 \text{ kWh/pp\&d}$

... varav 4,5 kWh per person och dag utrikes:

$328\text{mil/pp\&år} * 5\text{kWh/personmil} / 365\text{dagar/år} \sim 4,5 \text{ kWh/pp\&d}$

En tur och retur resa till Thailand för en person motsvarar ensam ca 25 kWh per dag i ett helt år.

(Fotnot 2.1.CK:)

Källor:

"Inrikes passagerarkilometer ... Antalet passagerarkilometer uppgick under 2010 till 2,98 miljarder" ( [http://trafa.se/PageDocuments/Luftfart\\_2010.pdf](http://trafa.se/PageDocuments/Luftfart_2010.pdf) ) ( <http://www.trafa.se/sv/Statistik/Luftfart/> )

"Den svenska befolkningens utrikesresande under ett år ... Flyg ... Resande 31 mdr p-km ... Utsläpp av koldioxid 4,1 Mton CO<sub>2</sub> ... Utsläpp totalt av växthusgaser 7,3 Mton CO<sub>2</sub>e" (

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5903-3.pdf> Tabell 4:)

Fotnot 2.1.BG: "Petroleum diesel ... carbon chains that typically contain between 8 and 21 carbon atoms per molecule." ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel\\_fuel#Refining](http://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_fuel#Refining) )

Låt oss räkna med att diesel i genomsnitt är en enkel kolvätekedja med 15 kolatomer och 32 väteatomer, och att den förbränns fullständigt.

Atomvikten är 12 för kol och 1 för väte.

Andelen som är kol av dieselnas vikt är alltså:  $(15 * 12) / (15 * 12 + 32 * 1) \approx 85\%$

Densiteten för diesel är ca 0,9 kg per liter (Fotnot 2.1.CH:) så en liter diesel innehåller:

$85\% * 0,9\text{kg/liter} \approx 0,76 \text{ kg kol per liter diesel}$

Ett kg kol förbränns till 3,7 kg koldioxid (Fotnot 1.C:)

En liter diesel förbränns alltså till:  $0,76\text{kg/liter} * 3,7 \approx 2,8 \text{ kg CO}_2$

Det motsvarar 0,36 l diesel per kg CO<sub>2</sub>:

Diesel innehåller drygt 10 kWh/l (Fotnot 2.1.AB:) så 1 kg CO<sub>2</sub> motsvarar också:

---

10,5kWh/l \* 0,36ldiesel/kgCO<sub>2</sub> ~ 3,8 kWh/kgCO<sub>2</sub>

Fotnot 2.1.CH: "Petrol's density is 0.737. Diesel's is 0.820–0.950" kg per litre ( [http://www.withouthotair.com/c3/page\\_31.shtml](http://www.withouthotair.com/c3/page_31.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

Fotnot 1.C: När kol förbränns till koldioxid så binder varje kol-atom två syre-atomer. Atomvikten är 12 för kol och 16 för syre. 12 kg kol förbränns alltså till:  $12 + 2 * 16 = 44$  kg koldioxid  
Det betyder alltså att varje kg kol blir  $44/12 \approx 3,7$  kg koldioxid

Fotnot 2.1.AB: Flytande bränsle innehåller en kemisk energi motsvarande ca 10 kWh per liter. "the actual value of 10 kWh per litre. ORNL [2hcgdh] provide the following calorific values: diesel: 10.7 kWh/l; jet fuel: 10.4 kWh/l; petrol: 9.7 kWh/l" ( [http://www.withouthotair.com/c3/page\\_31.shtml](http://www.withouthotair.com/c3/page_31.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

Fotnot 0.3: Boken "Sustainable Energy – without the hot air" beskrivs under Källor. ( <http://klimatcbt.yolasite.com/kallor.php> )  
Det här är en föreläsning på engelska där professor David MacKay som har författat boken sammanfattar mycket av de slutsatser vi kommer att komma fram till. ( <http://www.youtube.com/watch?v=GFosQtEqzSE> ) Filmen är drygt en timme lång. Föredraget är 47 minuter, och resten av tiden är en frågestund efter filmen.  
I föredraget nämner han den här kalkylatorn: ( <http://2050-calculator-tool.decc.gov.uk/> )  
Detta är ett annat föredrag av professor David MacKay som också är väl värt att titta på. Det är knappt 20 minuter långt ( <http://www.youtube.com/watch?v=-5bVbfWuq-Q> ) och detta är de slides han visar under presentationen ( <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/mackay/presentations/ted/> )  
Det finns även en föreläsningsserie som bygger på boken ( <http://www.youtube.com/watch?v=sHJyH7j2n4w&list=PL1gduOj1Ehq53NGs0nDjcQooVhcjIG2> )

<sup>xi</sup> Fotnot 2.1.X.10: "Is flying extra-bad for climate change in some way?"

Yes, that's the experts' view, though uncertainty remains about this topic. Flying creates other greenhouse gases in addition to CO<sub>2</sub>, such as water and ozone, and indirect greenhouse gases, such as nitrous oxides. If you want to estimate your carbon footprint in tons of CO<sub>2</sub>-equivalent, then you should take the actual CO<sub>2</sub> emissions of your flights and bump them up two- or three-fold."

( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c5/page\\_36.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c5/page_36.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

"Kondensslingor från flyg värre än utsläppen" (

<http://www.idg.se/2.1085/1.377061/kondensslingor-fran-flyg-varre-an-utslappen> )

"Sveriges klimatmål oförenligt med ökat flygande" ( <http://www.newsmill.se/node/18386> )

"Planes unavoidably have to use energy for two reasons: they have to throw air down in order to stay up, and they need energy to overcome air resistance. No redesign of a plane is going to radically improve its efficiency. A 10% improvement? Yes, possible. A doubling of efficiency? I'd eat my complimentary socks." ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c5/page\\_35.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c5/page_35.shtml) )

(Fotnot 0.3:)

En interkontinental resa ToR motsvarar ca 25 kWh/dygn i ett helt år. (Fotnot 2.1.CK:)



---

<sup>xii</sup> Fotnot KM.2F: Kurs-mail: "Klimat 2F: Värme, Kyla, Värmepumpar" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2F\\_VarmeKylaVarmepumpar.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2F_VarmeKylaVarmepumpar.pdf) )

<sup>xiii</sup> Fotnot 0.6: Klicka på "Svara" eller "Reply" från det här mailet, för att skicka ett svar till kursens diskussionsgrupp (och mig).

Kontrollera att mailet skickas till: [klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com](mailto:klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com)

- Om du vill skriva bara till dem som har fått samma mail som du (och mig), så klicka på "Svara alla" eller "Reply to all". Ta bort mottagaren klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com och skicka därefter mailet som vanligt.

- Vill du skicka ett mail bara till mig som ger kursen så skickar du det istället till:

<http://klimatcbt.yolasite.com/kontakt.php>

(Även om diskussionen oftast kommer att vara mellan er kurskamrater, så är jag alltid intresserad av vad ni har att säga. Särskilt nu när kursen fortfarande är under utveckling.)

Bonusuppgift: Diskussionsforumet är fortfarande ganska nytt. Hjälp mig gärna genom att berätta för mig hur det fungerar och vad som är bra och dåligt.

<sup>xiv</sup> Fotnot T.X.2: "performance figures for lots of electric vehicles ... they seem to be consistent with this summary: electric vehicles can deliver transport at an energy cost of roughly 15 kWh per 100 km. That's five times better than our baseline fossil-car, and significantly better than any hybrid cars" ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c20/page\\_127.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c20/page_127.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

(Jag gissar att förluster i elnätet mer än väl kompenseras av att man inte behöver köra tankbilar och – båtar. Hjälp mig gärna att göra en bättre uppskattning och/eller att hitta en bättre källa.)

<sup>xv</sup> Fotnot 2.2.F:

<sup>xvi</sup> Fotnot 2.2.F: Ungefär så här stora utsläpp orsakar vår matproduktion:

0,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Morot, Palsternacka, Lök, Svenska äpplen (≈ 0,3 kg potatis)

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Potatis (≈ 1,0 kg potatis)

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Jordgubbar (≈ 1,0 kg potatis)

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Vete (≈ 1,0 kg potatis)

0,8 kg koldioxidekvivalenter per kilo Rapsolja (≈ 2,0 kg potatis)

1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Bröd (≈ 2,5 kg potatis)

1,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Mjök (≈ 2,8 kg potatis)

1,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Ris (osäker siffra) (≈ 3,5 kg potatis)

1,5 kg koldioxidekvivalenter per kilo Svenska ägg (≈ 3,8 kg potatis)

2 kg koldioxidekvivalenter per kilo Kyckling (≈ 5,0 kg potatis)

3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Glass (≈ 7,5 kg potatis)

4,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Griskött (≈ 10,3 kg potatis)

4,9 kg koldioxidekvivalenter per kilo Tomater eko växthus danska (≈ 12,3 kg potatis)

5,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Lax odlad Kanada (≈ 13,3 kg potatis)

6 kg koldioxidekvivalenter per kilo Äpple från södra halvklotet (Nya Zeeland, Argentina, etc.) 3,1-7,3 kg/kg (≈ 15,0 kg potatis)

7 kg koldioxidekvivalenter per kilo Smör (≈ 17,5 kg potatis)

7,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Torskfile vildfångad (≈ 18,3 kg potatis)

10,8 kg koldioxidekvivalenter per kilo Ost (≈ 27,0 kg potatis)

17 kg koldioxidekvivalenter per kilo Svenskt nötkött (≈ 42,5 kg potatis)

21,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Brasilianskt nötkött importerat till Sverige (≈ 53,3 kg potatis)

---

28,3 kg koldioxidkvivalenter per kilo Lamm ( $\approx 70,8$  kg potatis)  
Informationen om utsläpp per kg mat kommer huvudsakligen från SIK ( <http://www.sik.se/> ) (Fotnot 2.3.X.23:)

Fotnot 2.3.X.23: Värdena är hämtade från följande sammanställningar:  
( <http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR776.pdf> ) ( <http://www.cul.slu.se/forskning/Ramprogram/Dokumentation/ChristelCederberg.pdf> ) ( <http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR794.pdf> ) ( <http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR796.pdf> )

Där det förekommer olika värden för samma produkt har jag tagit medelvärdet.

<sup>xvii</sup> Fotnot 1.V: Varning Åsikt (Fotnot 0.5:): Detta är inte vetenskaplig konsensus, men jag tycker att det är intressant:

"How to green the world's deserts and reverse climate change" ( <http://www.youtube.com/watch?v=vpTHi7O66pl&list=PLyIpHAcPQgZrQIvAybaWRcgykivKJuoC1> )

Fotnot 0.5: Det är viktigt att skilja mellan åsikter och vetenskapliga fakta. Avsikten är att alla påståenden i den här kursen ska vara verifierbara vetenskapliga fakta. Det är därför jag är så noga med att inkludera alla källor i fotnoterna. När jag skriver något som är min egen personliga åsikt så markerar jag det så här.

Mina åsikter är naturligtvis alltid bonusmaterial och inte en obligatorisk del av kursen.

<sup>xviii</sup> Fotnot KM.2K: Kurs-mail "Klimat 2K: 350 ppm, eller kan vi ta bort koldioxid ur luften?" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2K\\_350ppm.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2K_350ppm.pdf) )

<sup>xix</sup> Fotnot KM.2P: Kurs-mail "Klimat 2P: Fossilt kol med Koldioxidinfångning = CCS = Carbon Capture & Storage" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2P\\_CCS.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2P_CCS.pdf) )

<sup>xx</sup> Fotnot 2.2.X.93: Så här mycket utrymme finns för besparingar inom följande områden:

- Flyg: 25 kWh/pp&d ( Avstå en interkontinental flygresa per person och år. (Fotnot KM.2D:) Fungerar bara de år man annars skulle ha gjort en interkontinental flygresa )
  - Grejer & Frakt: 20 kWh/pp&d ( Halvera konsumtionen av grejer (Fotnot KM.2G:))
  - Värme: 18 kWh/pp&d (Fotnot KM.2F:) ( Jämfört med direktverkande uppvärmning som t.ex. värmepanna eller direktverkande el. )
  - Bil: 9 kWh/pp&d ( Om elbilar är 3 gånger så effektiva som bensinbilar inklusive förluster i elnät, batteri, tankbilar, etc. (Fotnot T.X.2:))
  - Mat: Låt oss säga att man genom att välja andra råvaror kan halvera utsläppen från maten och jordbruket. (Fotnot 2.2.F:) I så fall kan vi i genomsnitt spara 7 kWh/pp&d. (Fotnot KM.2E:) ( Bonus: Kanske kan nötkött som producerats med "Holistic Management Planned Grazing" faktiskt kan göra mer nytta än skada för klimatet. (Fotnot 1.V:))
- Sammanlagd besparingspotential:  $25 + 20 + 18 + 9 + 7 \sim 80$  kWh/pp&d

<sup>xxi</sup> Fotnot 4.X.23: Vår Svenska återvinning sparar ca 1,8 kg CO<sub>2</sub> per person och år. Potentialen på kort sikt är ca 2 kg CO<sub>2</sub> per person och år.\* Det motsvarar ca 4,2 respektive 4,4 kWh/pp&d.

---

- papper

1,5 kg CO<sub>2</sub> sparas per kg återvunnet Papper\*  
7 kWh/kg "kostar" nyttillverkat Papper (Fotnot 2.1.AN:)

- stål

1,15 kg CO<sub>2</sub>e sparas per kg återvunnet Stål\*  
0,44 kWh elförbrukning per kg nyttillverkat Stål (Fotnot LXXX:)

- aluminium

10 kg CO<sub>2</sub> sparas per kg återvunnen Aluminium\*  
8 kWh elförbrukning per kg nyttillverkad Aluminium (Fotnot LXXXI:)

- koppar

20 kg CO<sub>2</sub> sparas per kg återvunnen Koppar\*

- glas

0,6 kg CO<sub>2</sub> sparas per kg återvunnet Glas\*  
7 kWh per kg tillverkat Glas (

[http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page\\_88.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page_88.shtml) )

- plast

1,75 kg CO<sub>2</sub> sparas per kg återvunnen Plast\*  
~3,1 kg CO<sub>2</sub> släpps ut per kg uppeldad Plast (Fotnot VIC:)

- Matrester

~1 kWh kan produceras från ett kg matavfall (Fotnot 2.2.C:)

Matrester är ett rent energislöseri eftersom det alltid går åt mer energi för att producera, transportera och förpacka mat än man får ut av att återvinna den. Mat som inte äts upp bör över huvud taget inte produceras. ( Se även (Fotnot 2.2.BB:) )

---

Från den energin som återvinningen sparar brutto dras den energi återvinningen kostar. D.v.s. all energi för transport, förvaring och omsmältning m.m. av det återvunna materialet.

---

\* Källa: ( [http://www.recycling.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive\\_FileID=8c3d632b-bc38-4794-8f0c-d2a5d26f5771&FileName=%C3%85tervunnen+r%C3%A5vara+-+en+god+aff%C3%A4r+f%C3%B6r+klimatet.pdf](http://www.recycling.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=8c3d632b-bc38-4794-8f0c-d2a5d26f5771&FileName=%C3%85tervunnen+r%C3%A5vara+-+en+god+aff%C3%A4r+f%C3%B6r+klimatet.pdf) ) ( <http://www.recycling.se/branschfragor/rapporter> )

Fotnot 2.1.AN: Att tillverka papper kräver 10kWh per kilo papper enligt "Sustainable Energy - Without the hot air". ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page\\_88.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page_88.shtml) )

(Fotnot 0.3:). Enligt en internsida på Karlstads universitet kräver "Tillverkningen av 1 kg papper kräver 4 kWh" ( [http://www1.kau.se/corral/intra.lasso?page\\_id=450](http://www1.kau.se/corral/intra.lasso?page_id=450) )

Vi räknar med genomsnittet av de två värdena, d.v.s. 7 kWh per kg. (Hjälp mig gärna att göra en bättre uppskattning.)

Fotnot LXXX: "To produce a ton of steel in an electric arc furnace requires approximately ... 440kWh per metric tone"( [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_arc\\_furnace#Construction](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_arc_furnace#Construction) )

Att producera 11 kg stål kostar alltså: 11kg \* 440/1000kWh/kg ≈ 5kWh

(Jag är inte säker på om detta bara är elektriciteten. Förmodligen tillkommer ytterligare energi för brytning och transport av malm m.m. Hjälp mig gärna att hitta bättre värden.)

Fotnot LXXXI: Energiåtgången för att framställa och raffinera aluminium är:

---

14713 MJ/ton "Primary Aluminium Smelting Energy Intensity" ( <http://world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-smelting-energy-intensity/> )

14060 MJ/ton "Metallurgical Alumina Refining (Bayer Process) Energy Intensity" ( <http://world-aluminium.org/statistics/metallurgical-alumina-refining-bayer-process-energy-intensity/> )

14713MJ/ton + 14060MJ/ton = 28773 MJ/ton ~ 8 kWh/kg aluminium

Att producera 0,63kg aluminium kostar alltså: 0,63kg \* 8kWh/kg ≈ 5kWh

(Detta är alltså bara elektriciteten. Ytterligare energi tillkommer för brytning och transport av malm m.m. Hjälp mig gärna att hitta bättre värden.)

Fotnot 2.2.BB: Det är viktigt att alla hjälps åt:

- Antag att en person slänger 100 gram nötkött och att någon som i vanliga fall äter kyckling vill kompensera för det genom att byta ut sitt kycklingkött mot potatis eller morötter. Då måste den som vill kompensera avstå 1,2 **kilo** kyckling till förmån för potatis eller morötter, för att få samma utsläpp som nötköttet aldrig hade producerats. (Fotnot 2.2.G:)

- Om en person åker flyg i stället för tåg (inom Sverige), så måste 34 personer avstå från att resa, för att få samma utsläpp som om alla hade åkt tåg. (Fotnot VC:)

- Om en person åker 10 mil med bil i onödan, så måste någon åka 26 *nödvändiga* mil med buss istället för med bil, för att få samma utsläpp som om man inte hade kört bil 10 mil i onödan. (Fotnot CXI:)

- Om en person har dörrar och fönster öppna i 5 timmar utan att stänga av elementen, så måste någon sänka temperaturen två grader (t.ex. från 19°C till 17°C) i mer än ett dygn för att få samma utsläpp som om den som vädrade hade haft elementen avstängda. (Fotnot CX:)

<sup>xxii</sup> Fotnot LXXXII: En 60W glödlampor förbrukar: 60/1000kW \* 24timmar ≈ 1,44 kWh/dygn  
3,5 st 60W glödlampor förbrukar: 3,5 \* 1,44kWh/dygn ≈ 5kWh/dygn  
(Dagens låg-energi lampor förbrukar ungefär en tiondel)

<sup>xxiii</sup> Fotnot 4.X.1: "The energy cost of making a rechargeable nickel-cadmium AA battery, storing 0.001 kWh of electrical energy and having a mass of 25 g, is 1.4 kWh (phases R and P). If the energy cost of disposable batteries is similar, throwing away two AA batteries per month uses about 0.1 kWh/d." ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page\\_89.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page_89.shtml) ) (Fotnot0.3:)

<sup>xxiv</sup> Fotnot 4.X.22: Att värma 130 liter badvatten från 4°C till 37°C kostar 5kWh. (Fotnot 2.2.X.70:) En kWh räcker alltså för att värma vattnet mer än sex grader. Att duscha kräver troligen mindre än 130 liter vatten, och att "duscha kallt" innebär troligen en temperaturminskning på mindre än 6°C. Följaktligen sparar man troligen avsevärt mindre än 1 kWh på att duscha kallt.

<sup>xxv</sup> Fotnot 4.X.36: Det finns många platser på jorden där det är väldigt ont om sötvatten. ( <http://www.ctvnews.ca/world/nearly-half-the-world-could-face-water-scarcity-by-2030-un-chief-warns-1.1207996> ) ( <http://www.independent.co.uk/environment/rivers-a-drying-shame-469598.html> )

Sverige är inte en sådan plats. Förutom på öar i skärgården där man kan få problem med saltvattensinträngning så hotas så vitt jag vet inga av Sveriges vattentäckter av ett alltför stort vattenuttag. (Rätta mig gärna om jag har fel. Inkludera länkar eller liknande som visar vilka vattentäckter det gäller. )

---

"The cost of pumping water around the country and treating our sewage is about 0.4 kWh per day per person." ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page\\_92.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page_92.shtml) ) (Fotnot 0.3:) (Fotnot KM.2E:)

Även om vi skulle spara på uppvärmt vatten tills vi inte förbrukar en enda droppe, så skulle vi alltså inte spara mer än 0,4 kWh/pp&d. (Notera dock att även kallvatten har blivit uppvärmt om det har stått inomhus i t.ex. ledningar eller i en hydrofor. Vatten som har värmts från 4°C till en rumstemperatur på 20°C innehåller en energi motsvarande 0,02 kWh per liter.)

<sup>xxvi</sup> Fotnot 2.1.CA: "Water's not a very glamorous stuff, but we use a lot of it – about 160 litres per day per person. In turn, we provide about 160 litres per day per person of sewage to the water companies. The cost of pumping water around the country and treating our sewage is about 0.4 kWh per day per person." ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page\\_91.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c15/page_91.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

<sup>xxvii</sup> Fotnot KM.2E: Kurs-mail "Klimat 2E: Mat, Vatten, Jordbruk, Biogas och Söföbränning" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2E\\_MatJordbrukBiogasSopforbranning.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2E_MatJordbrukBiogasSopforbranning.pdf) )

<sup>xxviii</sup> Fotnot 4.X.2: "Modern phone chargers, when left plugged in with no phone attached, use about half a watt. In our preferred units, this is a power consumption of about 0.01 kWh per day ... some older chargers ... uses 0.07 kWh per day " ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c11/page\\_68.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c11/page_68.shtml) ) (Fotnot 0.3:)

<sup>xxix</sup> Fotnot 0.1: Boken "Sex grader, vår framtid på en varmare jord" av Mark Lynas beskrivs under Källor. ( <http://klimatcbt.yolasite.com/kallor.php> ) Om du vill ha en grundligare förståelse för vad som kommer att hända om vi inte stoppar klimatförändringarna, så rekommenderar jag varmt att du läser boken. Den finns på biblioteket, den finns att köpa på t.ex. ( <http://www.adlibris.com/se/product.aspx?isbn=9170373612> ), eller du kan få ett exemplar av mig.

<sup>xxx</sup> Fotnot 2.2.G: Att producera nötkött "kostar" ca 19 kg koldioxidekvivalenter per kilo nötkött.

(Fotnot 2.2.F:) Att producera 100g nötkött "kostar" alltså:

$0,1\text{kg} * 19\text{CO}_2\text{eq}/\text{kg} \approx 1,9\text{kgCO}_2\text{eq}$

Att producera kyckling "kostar" 2 koldioxidekvivalenter per kilo kycklingkött. (Fotnot 2.2.F:)

Att producera potatis (eller morötter) "kostar" 0,4 koldioxidekvivalenter per kilo. (Fotnot 2.2.F:)

Att byta ut 1,2 kilo kyckling mot 1,2 kilo potatis "sparar" alltså:

$1,2 * (1,9\text{CO}_2\text{eq} - 0,4\text{CO}_2\text{eq}) \approx 1,9\text{kgCO}_2\text{eq}$

<sup>xxxi</sup> Fotnot VC: Om en person åker flyg i stället för X2000 tåg inom Sverige, så måste 34 personer avstå från att resa, för att få samma utsläpp som om alla hade åkt tåg:

En person som flyger 100 mil släpper ut ca 240 kg koldioxidekvivalenter. (Fotnot 2.1.CJ:)

En person som åker 100 mil med X2000 tåg i Sverige släpper ut 6,8 kg koldioxidekvivalenter. (

<http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/energiforbrukning-och-avgasemission-for-olika-transporttyper.pdf> Tabell 2)

35 personer som åker 100 mil med tåg släpper ut ungefär lika mycket som en som flyger:

$35\text{personer} * 6,8\text{kgCO}_2\text{eq} \approx 240\text{ kg koldioxidekvivalenter}$

---

D.v.s. Av de 35 som kunde ha rest med tåg i Sverige, kan bara en flyga för samma klimatkostnad. De övriga 34 måste avstå.

El till Svenska tåg produceras huvudsakligen med vattenkraft och kärnkraft. I andra länder produceras el i större utsträckning från fossila bränslen. Enligt brittiska BBC släpper tåg ut 60 g CO<sub>2</sub> per person-kilometer. ( <http://www.bbc.co.uk/bloom/guides/transportemissions.shtml#quickjump1> )

Då måste i stället 3 personer avstå om en ska flyga:

4personer \* 60kgCO<sub>2</sub>eq ≈ 240 kg koldioxidekvivalenter

<sup>xxxii</sup> Fotnot CXI: Om en person åker 10 mil med bil i onödan, så måsten någon åka 26 *nödvändiga* mil med buss istället för med bil, för att få samma utsläpp som om man inte hade kört bil 10 mil i onödan:

En bil som åker 10 mil, släpper ut ca 14,5 kg CO<sub>2</sub>eq:

2personer \* ((52+93)/2)g/km ≈ 145g/km

En bil som åker 26 mil, släpper ut ca 37,5 kg CO<sub>2</sub>eq

Att resa 26 mil med buss, släpper ut 23 kg CO<sub>2</sub>eq

( <http://www.bbc.co.uk/bloom/guides/transportemissions.shtml#quickjump1> )

Om man åker 26 *nödvändiga* mil med buss i stället för bil, så har man alltså släppt ut 37,5 - 23 ≈ 14,5kg mindre CO<sub>2</sub> ekvivalenter

Notera dock att om man samåker hela sträckan i bil, så ger det ungefär samma utsläpp som om man hade åkt buss.

<sup>xxxiii</sup> Fotnot CX: Vi antar att vädringen gör att det blir avsevärt kallare än vad elementen är inställda för. Om elementen har en inbyggd termostat, så kommer de att gå på max för att försöka bibehålla den temperatur som de är inställda på. Låt oss anta att element som går på max kan hålla en inomhustemperatur på 29°C under normala förhållanden, men att de är inställda för 19°C. Det är en temperaturskillnad på 10°C som vädras ut.

Om man vill kompensera en temperaturskillnad på 10 grader med en temperaturskillnad på 2 grader så måste man hålla på:

10 / 2 = 5 gånger så länge

För att kompensera för 5 timmars vädring med elementen på, så behöver man alltså sänka temperaturen 2°C i ungefär:

5 \* 5timmar ≈ 25 timmar

(Jag räknar inte in temperatursänkningen som vädringen orsakar eftersom den uppstår oavsett om elementen är på eller ej.)

<sup>xxxiv</sup> Fotnot LXXXIII: Att producera 1 kWh i ett kolkraftverk orsakar utsläpp på ca 1,02 kg CO<sub>2</sub> (Fotnot 2.1.AK:)

Koldioxidutsläppen från produktionen av 5kWh elektricitet i ett kolkraftverk är alltså:

5kWh \* 1,02kgCO<sub>2</sub>/kWh ≈ 5,1kg koldioxid

Fotnot 2.1.AK: "The average emission rates in the United States from coal-fired generation are: 2,249 lbs/MWh of carbon dioxide, 13 lbs/MWh of sulfur dioxide, and 6 lbs/MWh of nitrogen oxides." ( <http://www.epa.gov/cleanrgy/energy-and-you/affect/coal.html> )

Enheten lbs eller lb (pounds) är 0,45 kg. ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Pound\\_\(mass\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Pound_(mass)) )

Koldioxidutsläppen från produktionen av 1kWh elektricitet producerad i kolkraftverk är alltså ca:

1kWh \* 0,45kg/lb \* 2,249lbs/MWh ≈ 1,02kg koldioxid

---

<sup>xxxv</sup> Fotnot 2.2.AT: Vad gör det för skillnad om vi sparar 5 kWh? En kWh orsakar utsläpp av ungefär 1 kg CO<sub>2</sub>. (Fotnot 2.1.BJ:)

Vi människor släpper ut i storleksordningen 32 miljarder ton koldioxid per år. (Fotnot 3.A:) Det motsvarar 1033 kg CO<sub>2</sub> per milli-sekund, så 1 kg koldioxid motsvarar de totala utsläppen under: 1kgCO<sub>2</sub> / 1033kgCO<sub>2</sub>/ms ≈ 0,001 milli-sekunder

Det betyder att en besparing på 5 kWh kan fördröja framtida tipping-points med 0,005 millisekunder. Om du sparar 5 kWh per dygn i ett år, så har du personligen fördröjt framtida tipping-points med 1,8 millisekunder.

Om alla som deltog i Earth Hour 2010 (Fotnot 2.2.AG:) sparar 25 kWh per dygn i ett år, så har vi tillsammans fördröjt framtida tipping-points med 137 dygn. Det är mer än en tredjedel av hela året. (Fotnot 2.2.X.17:)

Fotnot 2.1.BJ: En kWh producerad i ett kolkraftverk (Fotnot 2.1.AK:) eller i en bil (Fotnot 2.1.BI:) släpper ut ca 1 kg CO<sub>2</sub>. Flyg släpper ut mer växthusgaser per kWh (Fotnot 2.1.X.10:) och förnybar energiproduktion mindre. Låt oss gissa att genomsnittet ligger på ca 1 kg koldioxidekvivalenter per kWh. ( Ca 80% av världens energi kommer idag från fossila bränslen (

[http://en.wikipedia.org/wiki/World\\_energy\\_consumption#Primary\\_energy](http://en.wikipedia.org/wiki/World_energy_consumption#Primary_energy) ) )

(Detta är en MYCKET grov uppskattning. T.ex. har vi en inrikes energikonsumtion per person och dygn på 112 kWh/pp&d (Fotnot 2.2.BQ:) medan våra utsläpp här i Sverige kanske bara ligger på 27 kg CO<sub>2</sub>eq per person och dygn. (Fotnot 2.2.AJ:)

Fotnot 3.A: De totala utsläppen av fossilt kol år 2008 var 8749 miljoner ton. (

[http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751\\_2008.ems](http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2008.ems) ) (

[http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.html) )

8,749 Giga-ton kol motsvarar 32 Giga-ton koldioxid per år

(Dessutom släpper vi ut andra växthusgaser än koldioxid. (Fotnot 2.1.BE:))

Fotnot 2.1.BI: Hur mycket koldioxid släpper en bil ut per producerad kWh?

Bensin innehåller ca 10 kWh per liter. (Fotnot 2.1.AB:) Av det blir 75% till värme och bara 25% till nyttigt arbete. ( [http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/cA/page\\_254.shtml](http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/cA/page_254.shtml) ) (Fotnot 0.3:) D.v.s. bilen skapar 2,5 kWh rörelseenergi per liter bensin.

En liter bensin förbränns till ca 2,3 kg CO<sub>2</sub> (Fotnot 2.1.BF:) Det innebär att en bil släpper ut: 2,3kgCO<sub>2</sub>/l / 2,5kWh/l ≈ 0,9 kg CO<sub>2</sub> per kWh rörelseenergi

Fotnot 2.2.BQ: Enligt SCB så är Sveriges inrikes bruttotillförsel av energi 139 kWh/pp&d och Sveriges inrikes nettotillförsel av energi är 112 kWh/pp&d. (Fotnot 2.1.CG:)

Till det ska läggas ca 25 kWh/pp&d för utrikes resor och transporter samt utrikes producerade varor. (Fotnot 2.1.CI:) Ytterligare 10 kWh/pp&d tillkommer för att ta bort koldioxid som vi redan har släppt ut i atmosfären. (Fotnot KM.2K:)

Den svenska energikonsumtionen är då ca 147kWh/pp&d netto och ca 173 kWh/pp&d brutto.

Se även sammanställning på: (

[http://klimatcbt.yolasite.com/resources/KlimatSammanst\\_Energibalans.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/KlimatSammanst_Energibalans.pdf) )

Fotnot 2.2.AJ: Utsläppen inom Sveriges gränser var 11,5 ton per person 1970 och 5,7 ton per person 2005. ( [http://www.google.com/publicdata?ds=wb-wdi&met=en\\_atm\\_co2e\\_pc&tidim=true&tstart=-](http://www.google.com/publicdata?ds=wb-wdi&met=en_atm_co2e_pc&tidim=true&tstart=-)

[31561920000&tunit=Y&tlen=45#ctype=I&strail=false&nslm=h&met\\_v=en\\_atm\\_co2e\\_pc&scale\\_v=lin&ind\\_v=false&rdim=country&idim=country:SWE&ifdim=country&tdim=true&tstart=31561920000&tunit=Y&tlen=45&hl=en&dl=en](http://www.naturvardsverket.se/31561920000&tunit=Y&tlen=45#ctype=I&strail=false&nslm=h&met_v=en_atm_co2e_pc&scale_v=lin&ind_v=false&rdim=country&idim=country:SWE&ifdim=country&tdim=true&tstart=31561920000&tunit=Y&tlen=45&hl=en&dl=en) ) Det motsvarar en minskning med 2% per år.

Ett skäl till den här minskningen är att Sverige satsade på kärnkraft i stället för fossila bränslen, bl.a. just för att minska utsläppen av växthusgaser. Idag producerar Sverige ingen elektricitet från fossila bränslen källa utom när vi startar upp "nödkraftverk" för att täcka extrema toppar. (Som t.ex. vintern 2010-2011 när det var extremt kallt samtidigt som ett kärnkraftverk stod stilla.)

---

Svenskarnas utsläpp:

Naturvårdsverkets rapport 5903 "Konsumtionens klimatpåverkan":

"i Sverige motsvarar utsläppen i ett konsumtionsperspektiv drygt 10 ton CO<sub>2</sub>e per capita" ( <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5903-3.pdf> )

Det motsvarar:

10tonCO<sub>2</sub>e/pp&år / 365dygn/år ≈ 27 kg koldioxid-ekvivalenter per person och dygn

Våra konsumtionsbaserade utsläpp har ökat och fortsätter att öka:

( <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6503-4.pdf> Figur 24.)

Fotnot 2.1.BE: Gör så här för att se att världens samlade utsläpp av koldioxid-ekvivalenter (Fotnot 2.1.BS:) var 47620000 tusen ton år 2007:

Gå till ( <http://climateinteractive.org/scoreboard/press/copenhagen-cop15-analysis-and-press-releases/COP-15%20Summary%20Backup%20Data.xls/view> )

Öppna "COP-15 Summary Backup Data 121909.xls"

Öppna flik "BAU"

Leta reda på kolumn "Global CO<sub>2</sub> Equivalent Emissions (GtonsCO<sub>2</sub>/year)" (Kolumn C)

Bläddra ner till år 2007 (Rad 118)

Läs 47,62 i kolumn "Global CO<sub>2</sub> Equivalent Emissions (GtonsCO<sub>2</sub>/year)" (Kolumn C)

---

Av dessa ca 48 Giga-ton koldioxidekvivalenter var ca 32 Giga-ton koldioxid. (Fotnot 3.A:) Resterande ca 16 Giga-ton koldioxidekvivalenter var bidrag från andra växthusgaser. (Fotnot 2.1.BS:)

Fotnot 2.1.BF: "The bulk of a typical gasoline consists of hydrocarbons with between 4 and 12 carbon atoms per molecule" ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Gasoline#Chemical\\_analysis\\_and\\_production](http://en.wikipedia.org/wiki/Gasoline#Chemical_analysis_and_production) )

Låt oss räkna med att bensin i genomsnitt är en enkel kolvätekedja med 8 kolatomer och 18 väteatomer, och att den förbränns fullständigt.

Atomvikten är 12 för kol och 1 för väte.

Andelen som är kol av bensinens vikt är alltså:  $(8 \cdot 12) / (8 \cdot 12 + 18 \cdot 1) \approx 84\%$

Bensin väger ca 0,737 kg/liter (Fotnot 2.1.CH:)

En liter bensin innehåller alltså:  $84\% \cdot 0,737 \text{ kg/liter} \approx 0,62 \text{ kg kol per liter bensin}$

Ett kg kol förbränns till 3,7 kg koldioxid (Fotnot 1.C:)

En liter bensin förbränns alltså till:  $0,62 \text{ kg/liter} \cdot 3,7 \approx 2,3 \text{ kg CO}_2$

Det motsvarar 0,44 l bensin per kg CO<sub>2</sub>:

$1 / 2,3 \text{ kgCO}_2/\text{lbensin} \sim 0,44 \text{ lbensin/kgCO}_2$

Bensin innehåller knappt 10 kWh/l (Fotnot 2.1.AB:) så 1 kg CO<sub>2</sub> motsvarar också:

$9,7 \text{ kWh/l} \cdot 0,44 \text{ lbensin/kgCO}_2 \sim 4,3 \text{ kWh/kgCO}_2$

Fotnot 2.1.CG: Bruttotillförseln av energi i Sverige var 1721,8 PJ 2011 enligt SCB. (

[http://www.scb.se/Pages/TableAndChart\\_24656.aspx](http://www.scb.se/Pages/TableAndChart_24656.aspx) ) Det motsvarar ca 139 kWh/pp&d:

$1721,8 \text{ PJ} / 9500000 \text{ svenskar} / 365 \text{ dygn} \sim 499 \text{ MJ/pp\&d} \sim 139 \text{ kWh/pp\&d}$



---

Nettotillförseln av energi i Sverige var 1394,2 PJ 2011 enligt SCB. ( [http://www.scb.se/Pages/TableAndChart\\_24662.aspx](http://www.scb.se/Pages/TableAndChart_24662.aspx) ) Det motsvarar ca 112 kWh/pp&d: 1394,2PJ / 9500000svenskar / 365dygn ~ 404MJ/pp&d ~ 112 kWh/pp&d (Mellanskillnaden är energiförluster, t.ex. till följd av EROEI, förluster i elnätet etc.) Dessutom medför vår konsumtion en del energiförbrukning utomlands och vår export medför att en del av vår inrikes energi konsumeras utomlands. Se sammanställning på: ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/KlimatSammanst\\_Energibalans.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/KlimatSammanst_Energibalans.pdf) )

Fotnot 2.1.CI: Utrikes energikonsumtion:

- 91% av flygresorna är utrikes ~ 4,5 kWh/pp&d (Fotnot 2.1.CJ:)
- Importerade Grejer ~ 11 kWh/pp&d (Fotnot KM.2G:)
- Hälften av frakten? ~ 9,5 kWh/pp&d (Fotnot KM.2G:)

Summa ca 25 kWh/pp&d

Fotnot 2.1.BS: Om Koldioxidekvivalenter: Det finns fler växthusgaser än koldioxid och metan. Man kan beskriva den värmande effekten som var och en av de här gaserna har, men man vill också gärna kunna beskriva den totala sammanlagda effekten. Det gör man genom att räkna ut hur mycket koldioxid som skulle ha samma effekt som de andra gaserna och sedan addera de uträkningarna till den faktiska koldioxidhalten. Summan kallas koldioxidekvivalenter.

*Koldioxidekvivalenterna anges för att ge ett snabbt och enkelt mått på den totala växthuseffekten som jorden utsätts för.*

Olika växthusgaser är inte direkt jämförbara, eftersom de bryts ner olika snabbt. När man räknar ut koldioxidekvivalenten för en viss mängd växthusgas så anger man "den mängd koldioxid som skulle behöva släppas ut för att ha samma effekt under hundra års tid". Om en växthusgas skulle brytas ner på exakt ett år så skulle den alltså behöva ha 100 gånger så stor effekt molekyl för molekyl, för att anses lika kraftfull räknat i ppm koldioxidekvivalenter, jämfört med en gas som bryts ner på 100 år eller mer.

<sup>xxxvi</sup> Fotnot 2.2.AG: "Earth Hour är världens kanske största volontära handling med över 1,3 miljarder deltagare 2010. Samtidigt som manifestationen är mycket fysisk och lokal med olika konserter och byggnader som släcks, så är det en kampanj som sprids otroligt snabbt via sociala medier. Dagen innan, under och efter Earth Hour så är detta det mest ombloggade, twittrade och sökta ämnet på hela jorden. En kraftfull signal om mänskligt engagemang sänds därmed till våra styrande." ( [http://www.wwf.se/nyhetsbrev/wwf-nyhetsbrev/1343091-inbjudan-privatpersoner?utm\\_source=MailingList&utm\\_medium=email&utm\\_campaign=Inbjudan+privatpersoner+2011](http://www.wwf.se/nyhetsbrev/wwf-nyhetsbrev/1343091-inbjudan-privatpersoner?utm_source=MailingList&utm_medium=email&utm_campaign=Inbjudan+privatpersoner+2011) )

<sup>xxxvii</sup> Fotnot 2.2.X.17: En sparad kWh kan fördröja framtida tipping-points med 0,001 millisekunder. (Fotnot 2.2.AT:)

Om alla 1,3 miljarder människor som deltog i Earth Hour 2010 (Fotnot 2.2.AG:) sparar 25 kWh per dygn i ett år, så har vi tillsammans fördröjt framtida tipping-points med 137 dygn, eller mer än en tredjedel av hela året:

$1300000000 \text{ människor} * 25 \text{ kWh/pp\&d} * 0,001 \text{ ms/kWh} \approx 137 \text{ dygn}$

<sup>xxxviii</sup> Fotnot 2.2.X.68: Att värma 45 kg vatten från 4°C till 100°C kostar:

$45 \text{ kg} * (100-4)^\circ\text{C} * 0,0012 \text{ kWh/kg/}^\circ\text{C} \approx 5 \text{ kWh}$

---

Se (Fotnot 2.2.AU:) för bakgrundsdata.

Fotnot 2.2.AU: Energi som krävs för att förändra vattens temperatur:

Vattnet förutsätts vara 4°C från början

Kylskåpet förutsätts vara 8°C

Frysaren förutsätts vara -18°C

Att värma (eller kyla) vatten kostar 0,0012 kWh per kg vatten och grad.

Att tina is (eller frysa vatten) kostar 0,093 kWh per kg vatten.

Att värma (eller kyla) is kostar 0,00057 kWh per kg is och grad.

( [http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_heat\\_capacity#Table\\_of\\_specific\\_heat\\_capacities](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat_capacity#Table_of_specific_heat_capacities) ) ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_melting\\_heat#Reference\\_values\\_of\\_common\\_substances](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_melting_heat#Reference_values_of_common_substances) )

Att avdunsta vatten kostar 0,63 kWh per kg vatten. (

[http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_heat\\_of\\_vaporization#Other\\_common\\_substances](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat_of_vaporization#Other_common_substances) )

<sup>xxxix</sup> Fotnot 2.2.X.72: Att frysa in 15 kg till -18°C och därefter tina och koka det

Energien som är förknippad med förändra ett kilo vattens temperatur fördelar sig på energin för ändra isens temperatur, att smälta isen, och att ändra vattnets temperatur.

Att frysa ett kilo 20-gradigt vattent "kostar":

$20^{\circ}\text{C} * 0,0012\text{kWh}/^{\circ}\text{C} + 0,093\text{kWh}/\text{kg} + 18^{\circ}\text{C} * 0,00057\text{kWh}/^{\circ}\text{C} \approx 0,13\text{ kWh}/\text{kg}$

Att tina och koka upp vattent "kostar":

$18^{\circ}\text{C} * 0,00057\text{kWh}/^{\circ}\text{C} + 0,093\text{kWh}/\text{kg} + 100^{\circ}\text{C} * 0,0012\text{kWh}/^{\circ}\text{C} \approx 0,22\text{ kWh}/\text{kg}$

Om man först fryser och därefter tinar och kokar upp 15 kg vatten så förbrukar man alltså:

$15\text{kg} * ( 0,13\text{kWh}/\text{kg} + 0,22\text{ kWh}/\text{kg} ) \approx 5\text{kWh}$

Se (Fotnot 2.2.AU:) för bakgrundsdata.

<sup>xi</sup> Fotnot 2.2.X.69: Att tina 22 kg i mikron istället för i kylskåpet

Energien som är förknippad med förändra ett kilo vattens temperatur mellan -18°C och +8°C fördelar sig på energin för ändra isens temperatur, att smälta isen, och att ändra vattnets temperatur:

$18^{\circ}\text{C} * 0,00057\text{kWh}/^{\circ}\text{C} + 0,093\text{kWh}/\text{kg} + 8^{\circ}\text{C} * 0,0012\text{kWh}/^{\circ}\text{C} \approx 0,11\text{ kWh}/\text{kg}$

Om man tinar 22 kg vatten så förbrukar man alltså:

$22\text{kg} * 0,11\text{kWh}/\text{kg} \approx 2,5\text{ kWh}$

Om man istället tinar dessa 22 kg i kylskåpet, så kommer både kylskåpet och mikron att vardera förbruka 2,5 kWh mindre, d.v.s. man sparar totalt 5 kWh.

Se (Fotnot 2.2.AU:) för bakgrundsdata.

<sup>xli</sup> Fotnot 2.2.X.70: Att värma 130 liter badvatten från 4°C till 37°C kostar:

$130\text{kg} * (37-4)^{\circ}\text{C} * 0,0012\text{kWh}/\text{kg}/^{\circ}\text{C} \approx 5\text{kWh}$

Se (Fotnot 2.2.AU:) för bakgrundsdata.

<sup>xlii</sup> Fotnot 2.2.X.71: Att låta 6 kg kram-snö smälta och avdunsta inomhus

Att tina 6 kg kramsnö och därefter värma upp vattent så att det avdunstar kostar:

$6\text{kg} * ( 0,093\text{kWh}/\text{kg} + 100^{\circ}\text{C} * 0,00057\text{kWh}/\text{kg}/^{\circ}\text{C} + 0,63\text{kWh}/\text{kg} ) \approx 5\text{kWh}$

Se (Fotnot 2.2.AU:) för bakgrundsdata.

(Energien tas från uppvärmningen av huset.

Vattnet blir förstas aldrig 100°C, men varje molekyl har den hastigheten  $\approx$  temperaturen i det ögonblicket när den avdunstar)

---

<sup>xliii</sup> Fotnot LXXIX: Det kostar ca 7 kWh att tillverka 1 kg papper. (Fotnot 2.1.AN:)  
Att producera 0,71 kg papper kostar alltså:  $0,71\text{kg} * 7\text{kWh/kg} \approx 5\text{kWh}$

<sup>xliv</sup> Fotnot LXXXII: En 60W glödlampor förbrukar:  $60/1000\text{kW} * 24\text{timmar} \approx 1,44\text{ kWh/dygn}$   
3,5 st 60W glödlampor förbrukar:  $3,5 * 1,44\text{kWh/dygn} \approx 5\text{kWh/dygn}$   
(Dagens låg-energi lampor förbrukar ungefär en tiondel)

<sup>xlv</sup> Fotnot 2.2.B: Värmekapaciteten för luft är  $0.001297\text{ J}/(\text{cm}^3 \cdot \text{K})$  ([http://en.wikipedia.org/wiki/Specific\\_heat\\_capacity#Table\\_of\\_specific\\_heat\\_capacities](http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat_capacity#Table_of_specific_heat_capacities))  
Att värma upp 345 m<sup>3</sup> luft från -20°C till +20°C kostar alltså:  
 $345\text{m}^3 * (20+20)^\circ\text{C} * 0,001297\text{J}/\text{cm}^3/^\circ\text{C} \approx 5\text{kWh}$   
(Ett hus på 100m<sup>2</sup> innehåller ca 240m<sup>3</sup> luft som ska bytas ut var tredje timme.  
En vanlig köksfläkt blåser ut 650 m<sup>3</sup> per timme (<http://www.prisjakt.nu/kategori.php?k=539>))

<sup>xlvi</sup> Fotnot 2.2.C: "Ett ton rötat matavfall ger 972 kWh biogasenergi. Det kan driva en biogasbil 1 250 km" (<http://www.upplands-bro.se/bo-och-bygga/avfall/kallsortering/ditt-matavfall-kan-bli-biogas/fragor-och-svar-om-matavfallsinsamling.html>)  
Jag har antagit att matresterna väger ungefär lika mycket som "rötat matavfall". Jag vet inte säkert om det är ett korrekt antagande. Meddela gärna mig om du vet mer eller om du har en bättre källa.  
 $5,1\text{kg} * 972\text{kWh/ton} \approx 5\text{kWh}$   
Notera att matrester egentligen är ett rent energislöseri eftersom det alltid går åt mer energi för att producera, transportera och förpacka mat än man får ut av att återvinna den. Mat som inte äts upp bör över huvud taget inte produceras.

<sup>xlvii</sup> Fotnot LXXXIII: Att producera 1 kWh i ett kolkraftverk orsakar utsläpp på ca 1,02 kg CO<sub>2</sub> (Fotnot 2.1.AK:)  
Koldioxidutsläppen från produktionen av 5kWh elektricitet i ett kolkraftverk är alltså:  
 $5\text{kWh} * 1,02\text{kgCO}_2/\text{kWh} \approx 5,1\text{kg koldioxid}$

<sup>xlviii</sup> Fotnot 2.3.X.34: Persontransporter med järnväg i Sverige släpper ut ca 0,05 kg koldioxid per mil. (<http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/energiforbrukning-och-avgasemission-for-olika-transporttyper.pdf>)  
Att svensk järnväg släpper ut så lite beror på att elektricitet i Sverige i princip inte produceras från fossila bränslen.  
För varje 100 passagerar-mil släpper järnvägen alltså ut:  $100\text{mil} * 0,05\text{kgCO}_2/\text{mil} \approx 5,1\text{ kg koldioxid}$  per person  
(Jämför gärna med (Fotnot 2.3.X.35:))

<sup>xlix</sup> Fotnot 2.3.X.35: Persontransporter med järnväg släpper ut ca 0,6 kg koldioxid per mil enligt brittiska BBC. (<http://www.bbc.co.uk/bloom/guides/transportemissions.shtml#quickjump1>)  
Att brittisk järnväg släpper ut så mycket mer koldioxid än svensk järnväg (Fotnot 2.3.X.34:) beror på att elektricitet i Storbritannien ofta produceras från fossila bränslen.

---

För varje 8,5 passagerar-mil släpper järnvägen alltså ut:  $8,5\text{mil} * 0,6\text{kgCO}_2\text{eq/mil} \approx 5,1 \text{ kg koldioxid-ekvivalenter per person}$

<sup>i</sup> Fotnot 2.3.X.36: En bil släpper ut ca 1,5 kg koldioxid-ekvivalenter per mil ( <http://www.bbc.co.uk/bloom/guides/transportemissions.shtml#quickjump1> )

För varje 3,5 mil släpper en bil alltså ut:  $3,5\text{mil} * 1,5\text{kgCO}_2\text{eq/mil} \approx 5,1 \text{ kg koldioxid-ekvivalenter}$

<sup>ii</sup> Fotnot XC: Ett passagerarflygplan släpper ut ca 2,4 kg CO<sub>2</sub>e per passagerare och mil. (Fotnot 2.1.CJ:) För varje 2,2 mil släpper flygplanet alltså ut:  $2,2\text{mil} * 2,4\text{kg/pp\&mil} \approx 5,1 \text{ kg koldioxid-ekvivalenter per person}$

<sup>iii</sup> Fotnot IIIXC: Metan är en 25 gånger kraftigare växthusgas räknat över 100 år. (Mer om man räknar över kortare tid.) (Fotnot 2.1.AA:)  $5,1\text{kg koldioxid-ekvivalenter motsvarar alltså: } 5,1\text{kgCO}_2\text{eq} / 25 \approx 0,2 \text{ kg metan}$

Fotnot 2.1.AA: Metans livstid och effekt som växthusgas: ( <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf> Table 2.14, sid 212)

Räknar man effekten under de 100 åren närmast efter utsläppet, så har metan en 25 gånger så stor effekt som koldioxid. Räknar man på kortare tid så är metanet ännu mycket kraftfullare eftersom metanet har sin största effekt åren efter att det släpptes ut, medan koldioxiden finns kvar i atmosfären i hundra(tals) år och i kolcykeln ( <http://sv.wikipedia.org/wiki/Kolcykeln> ) i tiotusentals år.

Räknar man effekten under de 20 åren närmast efter utsläppet, så har metan en 72 gånger så stor effekt som koldioxid.

Metan bryts ner till koldioxid. Hälften av metanet bryts ner på ca 8-12 år. Eftersom metanet bryts ner till koldioxid igen, så innebär konstanta utsläppsnivåer en konstant metanhalt i atmosfären.

Varning åsikt (Fotnot 0.5): Metanhalten skulle alltså knappast ha varit ett problem om inte koldioxidhalten hade höjts så mycket så att vi riskerar att passera oåterkalleliga tipping-points.

(Fotnot 2.1.AU:) Som det nu är så behöver vi minska på alla typer av utsläpp, inklusive metan, tills dess att metanhalten ryms inom 350 ppm koldioxidekvivalenter igen.

Se även (Fotnot KM.2J:)

Fotnot 2.1.AU: Vilken som helst av dessa tipping-points kan omintetgöra våra möjligheter att stoppa klimatförändringarna genom att minska koldioxidhalten i atmosfären:

- Tundran smälter och frigör 0,9% av det frusna kolet per år. \*
- Skogar brinner upp, eller dör och förmultnar, på en yta motsvarande 14% av Brasiliens yta per år \*\*
- Haven värms upp så att 0,9 promille av metanhydraten (och metan-bubblor) frigörs per år i form av koldioxid \*\*\*
- Haven värms upp så att 0,04 promille av metanhydraten (och metan-bubblor) frigörs per år i form av metan \*\*\*
- Vi lagrar 53 års koldioxid-utsläpp i lager som varje år läcker 1% av den lagrade koldioxiden. (Fotnot 2.1.Y:)

(Givetvis kan dessa koldioxid-källor kompenseras av motsvarande stora sänkor, men det ger ändå en uppfattning om hur nära tipping-points vi är.)

-

Vi kan ta bort upp till 2 ppm om året till en kostnad av 10 kWh/pp&d (Fotnot KM.2K:)

---

En ppm motsvarar 7,8 miljarder ton CO<sub>2</sub>. (Fotnot 2.1.K:) 2 ppm motsvarar alltså  $2 * 7,8 \approx 16$  miljarder ton CO<sub>2</sub>

Ett kilo kol motsvarar 3,7 kg CO<sub>2</sub>. (Fotnot 1.C:) 16 miljarder ton CO<sub>2</sub> motsvarar alltså  $16 / 3,7 \approx 4,4$  miljarder ton kol

\* Tundran

I tundran finns 500 miljarder ton kol. (Fotnot 1.D:) 4,4 miljarder ton kol motsvarar alltså ungefär 0,9% av det kol som finns bundet i tundran.

\*\* Skogarna

37 ton kol frigörs per hektar när regnskog brinner. (Fotnot 1.E:) 4,4 miljarder ton kol motsvarar alltså:  $4,4\text{GtC} / 37\text{tC/ha} \approx 1,2$ miljoner km<sup>2</sup> skogsbrand

Brasiliens yta är ca 8,5 miljoner km<sup>2</sup>. ( <http://en.wikipedia.org/wiki/Brazil> ) 2 ppm motsvarar alltså en skogsbrand på 1000000km<sup>2</sup> / 8500000km<sup>2</sup>  $\approx 14\%$  av Brasiliens yta.

( Bonus: Se även (Fotnot 2.3.C:) )

\*\*\* Metanhydrat i haven

I haven finns ungefär 5000 Giga-ton kol i form av metanhydrat m.m.. ( <http://geosci.uchicago.edu/~archer/reprints/buffett.2004.clathrates.pdf> ): 4,4 miljarder ton kol motsvarar alltså:  $4,4\text{GtC} / 5000\text{GtC} \approx 0,9$  promille av metanhydraten

Metan en 25 gånger kraftfullare växthusgas än koldioxid. (Fotnot 2.1.AA:) 4,4 miljarder ton kol motsvarar alltså:

$0,9\text{‰} / 25\text{ggr} \approx 0,036$  promille av metanhydraten

( Idag läcker redan mer än 6 miljoner ton per år (Fotnot 2.1.BP:) )

----

( Se även (Fotnot KM.1G:) och (Fotnot 3.J:) )

Fotnot KM.2J: Kurs-mail "Klimat 2J: Kol, Koldioxid och Metan" ( [http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2J\\_KolKoldioxidMetan.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2J_KolKoldioxidMetan.pdf) )

Fotnot 2.1.Y: Låt oss säga att vi som en övergångslösning väljer att lagra koldioxid motsvarande den mängd koldioxid vi producerar idag. Låt oss säga att 1% av den lagade koldioxiden kommer tillbaka ut i atmosfären genom läckor varje år. Då skulle vi kunna lagra 51 års utsläpp innan läckorna blir större än vad vi kan ta bort:

Vi människor släpper idag ut ungefär 32 miljarder ton koldioxid per år. (Fotnot 3.A:)

Efter 51 år skulle det alltså varje år läcka ut ca:

$1\% * 51\text{år} * 32\text{GtCO}_2/\text{år} \approx 16$  miljarder ton CO<sub>2</sub>

16 miljarder ton CO<sub>2</sub> per år kan vi ta bort ur atmosfären till en kostnad av 10 kWh/pp&d. (Fotnot KM.2K:)

Fotnot 2.1.K: Hur många ton CO<sub>2</sub> motsvarar en ppm i atmosfären?

Atmosfären väger ca  $5 * 10^{18}$  kg (en femma följd av 18 nollor ) ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere\\_of\\_Earth#Density\\_and\\_mass](http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth#Density_and_mass) )

Atmosfären består huvudsakligen av 21% syre och 79% kväve.

Molekylvikten för O<sub>2</sub> är:  $2 * 16\text{g/mol} \approx 32\text{g/mol}$  ( <http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen> )

Molekylvikten för N<sub>2</sub> är:  $2 * 14\text{g/mol} \approx 28\text{g/mol}$  ( <http://en.wikipedia.org/wiki/Nitrogen> )

En mol atmosfär väger alltså:  $21\% * 32\text{g/mol} + 79\% * 28\text{g/mol} \approx 29\text{g/mol}$

I atmosfären finns det då totalt:  $5 * 10^{18}\text{kg} / 29\text{g/mol} \approx 1,8 * 10^{20}\text{mol}$

ppm betyder "Parts Per Million", d.v.s. miljondelar. (Fotnot 2.1.AQ:) En ppm koldioxid är följaktligen:  $1,8 * 10^{20}\text{mol} / 1000000 \approx 178000$  miljarder mol

Molekylvikten för CO<sub>2</sub> är 44 g/mol ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide) )

---

Vikten av en ppm CO<sub>2</sub> är alltså: 178000Gmol \* 44g/mol ≈ 7,8 miljarder ton CO<sub>2</sub>

Fotnot 1.D: "Permafrost areas hold 500 billion tonnes of carbon, which can fast turn into greenhouse gases" ( <http://www.reuters.com/article/2007/09/18/environment-arctic-russia-permafrost-env-idUSL1076886120070918> )

Människan släpper ut 8,7 miljarder ton kol per år i form av koldioxid. (Fotnot 3.A:)

(I artikeln står det att människan släpper ut ca 7 miljarder ton kol per år, men mängden vi släpper ut ökar för varje år. (Fotnot 4.X.17:))

500 miljarder ton kol i tundran delat med 8,7 miljarder ton kol som människan släpper ut per år, betyder att kolet i tundran motsvarar:

500Gton / 8,7Gton/år ≈ 57 års utsläpp

Fotnot 1.E: 265 ton torr biomassa (ovan jord) per hektar består till 50% av kol som till 28% frigörs som koldioxid då regnskogen brinner (Fotnot 1.B:)

Det betyder att 37 ton kol (eller 134 ton koldioxid) frigörs per hektar:

265t/ha \* 50%kol \* 28%frigörs ≈ 37 ton kol per ha frigörs

D.v.s. att 239 miljoner hektar behöver brinna för att komma upp i motsvarande människans utsläpp på 8,7 miljarder ton kol (Fotnot 3.A:)

(Skulle det som blir kvar efter branden också brytas ner och förmultna så skulle det bara behövas motsvarande 57 miljoner ha eftersom även resten av biomassan ovan och under marken skulle dö och bli till koldioxid.)

Fotnot 2.3.C: Wildfires and Climate Change: ( <http://youtu.be/tlgDbxlaZIE> )

( Bonus: Se även (Fotnot 2.3.X.3: )

Fotnot 2.1.BP: "The frozen cap trapping billions of tonnes of methane under the cold waters of the Arctic Ocean is leaking and venting the powerful greenhouse gas into the atmosphere, new research shows. ... Researchers estimate that eight million tonnes in annual methane emissions are being released from the shallow East Siberian Arctic Shelf" ( <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=50565> Hjälp mig gärna att hitta en bättre källa för hur mycket metan som läcker och som når atomosfären. )

8 miljoner ton metan motsvarar 6 miljoner ton kol

Ny forskning visar att utsläppen dessutom ökar år för år: (

<http://www.independent.co.uk/environment/climate-change/shock-as-retreat-of-arctic-sea-ice-releases-deadly-greenhouse-gas-6276134.html> )

Fotnot KM.1G: Kurs-mail "Klimat 1G: Tipping-points" (

[http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat1G\\_Tippingpoints.pdf](http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat1G_Tippingpoints.pdf) )

Fotnot 3.J: Knappt tre minuter in i den här filmen visas ett isberg som välter:

( [http://www.ted.com/talks/camille\\_seaman\\_haunting\\_photos\\_of\\_ice.html](http://www.ted.com/talks/camille_seaman_haunting_photos_of_ice.html) )

Det har i sig ingenting med klimatförändringarna att göra. Ändå är det här för mig på något sätt sinnebilderna av en tipping-point. Isen smälter och smälter och det syns ingen större skillnad. När tillräckligt mycket is har smält så att isberget har ändrat form, då når det sin tipping-point. Isberget tippar över och ingenting i värden kan hindra det från att rulla hela vägen runt.

---

Fotnot 2.1.AQ: Förkortningen ppm står för Parts Per Million, alltså miljondelar. Om koldioxidhalten i atmosfären vore 390 ppm så skulle 390 stycken av varje 1000000 molekyler i luften vara koldioxid-molekyler.

(Jämför med % som betyder 100-delar. Om koldioxidhalten i atmosfären vore 1% så skulle 1 stycken av varje 100 molekyler i luften ha varit koldioxid-molekyler.)

Fotnot 4.X.17: 2012: "Despite positive developments in some countries global energy-related CO<sub>2</sub> emissions increased by 1.4% to reach 31.6 gigatonnes (Gt) in 2012 a historic high" ( <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2013/energyclimatemap/RedrawingEnergyClimateMap.pdf> ) ( <http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5560522> )

2012: 400 ppm CO<sub>2</sub> i atmosfären ( [http://www.svd.se/nyheter/utrikes/rekordhalter-av-koldioxid-oroar-forskare\\_8163072.svd](http://www.svd.se/nyheter/utrikes/rekordhalter-av-koldioxid-oroar-forskare_8163072.svd) )

2011: "Global CO<sub>2</sub> emissions hit record in 2011 led by China: IEA" ( <http://www.reuters.com/article/2012/05/24/us-co2-iea-idUSBRE84N0MJ20120524> )

2010: "Carbon Emissions Show Biggest Jump Ever Recorded" ( <http://www.nytimes.com/2011/12/05/science/earth/record-jump-in-emissions-in-2010-study-finds.html> )

Fotnot 1.B: "burning was measured in forest cleared for pasture in a cattle ranch ... Aboveground dry weight biomass loading averaged 265 t ha<sup>-1</sup> ... 311 t ha<sup>-1</sup> total dry weight biomass ... Using carbon contents measured for different biomass components (all ~50% carbon) ... 27.6% reduction of aboveground carbon pools" ( <http://adsabs.harvard.edu/abs/1993JGR...9816733F> )

Fotnot 2.3.X.3: Fram tills tusenårs-skiftet fick den ökade mängden koldioxid skogarna att i genomsnitt växa till, men sedan dess har biomassan (Fotnot 1.H:) i stället minskat:

( <http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/jordens-vaxter-tappar-kraft/> )

( <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100820101504.htm> )

( <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45380> )

( <http://www.usatoday.com/story/news/nation/2013/02/26/nasa-climate-change-forests-eastern-us/1949133/> )

( <http://www.nytimes.com/2012/12/25/science/los-alamos-national-laboratory-studies-tree-deaths.html> )

Vid 4 graders uppvärmning kan jorden se ut så här:

( <http://www.newscientist.com/data/images/archive/2697/26971701.jpg> )

... och på en femtedel av jordytan är nuvarande ekosystem då inte längre möjliga: (

<http://sverigesradio.se/sida/gruppsida.aspx?programid=406&grupp=12718&artikel=5510899> )

( Bonus: Se även (Fotnot 2.3.C:) )

Fotnot 1.H: Biomassa betyder ungefär "vikten av allt som är levande eller nyligen har dött". När man säger att växande skogar tar upp kol så menar man att biomassan ökar. Kolet är dock bara bundet så länge skogen finns kvar. När skogen bränns eller förmultnar så frigörs kolet som koldioxid igen. Så länge den totala mängden biomassa på jorden är konstant, så är också mängden kol som är bundet i den konstant.

<sup>liii</sup> Fotnot VIC: Hur mycket koldioxid bildas då man eldar upp ett kilo plast?

---

Låt oss anta att plasten består av långa enkla kolvätekedjor. Då innehåller den två väteatomer per kolatomb. (Hjälp mig gärna att hitta en bra källhänvisning.)

Atomvikten är 12 för kol och 1 för väte.

Andelen av vikten som är kol är alltså:  $12 / (12 + 2 \cdot 1) \approx 86\%$

Ett kg kol förbränns till 3,7 kg koldioxid (Fotnot 1.C:)

Varje kg uppeldad plast blir alltså:  $1\text{kg} \cdot 86\% \cdot 3,7\text{kg/kg} \approx 3,14\text{kg CO}_2$

1,6 kg uppeldad plast blir alltså:  $1,6\text{kg} \cdot 3,14\text{kg/kg} \approx 5,1\text{kg CO}_2$

<sup>liv</sup> Fotnot 2.2.X.108: För varje kilo återvunnet stål sparas 1,15 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter. (Fotnot 4.X.23:)  
Att återvinna 4,4 kg stål sparar alltså:  $4,4\text{kg} \cdot 1,15\text{kgCO}_2\text{eq/kgStål} \approx 5,1\text{ kg CO}_2\text{-eq}$

<sup>lv</sup> Fotnot 2.2.X.109: För varje kilo återvunnen aluminium sparas 10 kg CO<sub>2</sub>. (Fotnot 4.X.23:)  
Att återvinna 0,51 kg aluminium sparar alltså:  $0,51\text{kg} \cdot 10\text{kgCO}_2/\text{kgAluminium} \approx 5,1\text{ kg CO}_2$

<sup>lvi</sup> Fotnot 2.2.F:

<sup>lvii</sup> Fotnot 2.2.F:

<sup>lviii</sup> Fotnot 2.2.F: Ungefär så här stora utsläpp orsakar vår matproduktion:

0,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Morot, Palsternacka, Lök, Svenska äpplen ( $\approx 0,3\text{ kg potatis}$ )

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Potatis ( $\approx 1,0\text{ kg potatis}$ )

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Jordgubbar ( $\approx 1,0\text{ kg potatis}$ )

0,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Vete ( $\approx 1,0\text{ kg potatis}$ )

0,8 kg koldioxidekvivalenter per kilo Rapsolja ( $\approx 2,0\text{ kg potatis}$ )

1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Bröd ( $\approx 2,5\text{ kg potatis}$ )

1,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Mjölke ( $\approx 2,8\text{ kg potatis}$ )

1,4 kg koldioxidekvivalenter per kilo Ris (osäker siffra) ( $\approx 3,5\text{ kg potatis}$ )

1,5 kg koldioxidekvivalenter per kilo Svenska ägg ( $\approx 3,8\text{ kg potatis}$ )

2 kg koldioxidekvivalenter per kilo Kyckling ( $\approx 5,0\text{ kg potatis}$ )

3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Glass ( $\approx 7,5\text{ kg potatis}$ )

4,1 kg koldioxidekvivalenter per kilo Griskött ( $\approx 10,3\text{ kg potatis}$ )

4,9 kg koldioxidekvivalenter per kilo Tomater eko växthus danska ( $\approx 12,3\text{ kg potatis}$ )

5,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Lax odlad Kanada ( $\approx 13,3\text{ kg potatis}$ )

6 kg koldioxidekvivalenter per kilo Äpple från södra halvklotet (Nya Zeeland, Argentina, etc.)  $3,1\text{-}7,3\text{ kg/kg}$  ( $\approx 15,0\text{ kg potatis}$ )

7 kg koldioxidekvivalenter per kilo Smör ( $\approx 17,5\text{ kg potatis}$ )

7,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Torskfile vildfångad ( $\approx 18,3\text{ kg potatis}$ )

10,8 kg koldioxidekvivalenter per kilo Ost ( $\approx 27,0\text{ kg potatis}$ )

17 kg koldioxidekvivalenter per kilo Svenskt nötkött ( $\approx 42,5\text{ kg potatis}$ )

21,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Brasilianskt nötkött importerat till Sverige ( $\approx 53,3\text{ kg potatis}$ )

28,3 kg koldioxidekvivalenter per kilo Lamm ( $\approx 70,8\text{ kg potatis}$ )

Informationen om utsläpp per kg mat kommer huvudsakligen från SIK ( <http://www.sik.se/> ) (Fotnot 2.3.X.23:)

<sup>lix</sup> Fotnot 2.2.D: Levande trä innehåller ca 15% kol. (Fotnot 1.A:) Det är den mängden kol som binds när en skog växer upp, och det är den mängden kol som frigörs när ett träd bränns eller förmultnar.



---

Fotnot 1.A: Ca 70% av biomassan är vatten. ( [http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass\\_\(ecology\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass_(ecology)) ) Av de återstående 30% så är ungefär hälften kol. (Fotnot 1.B:) Alltså är ca 15% av biomassan kol. När kolet bildar koldioxid så ökar massan ca 3,7 gånger. (Fotnot 1.C:) Resultatet blir att koldioxiden väger lite mer än hälften av biomassan som band den.

$30\% \text{ torrsvikt} * 50\% \text{ kol} * 3,7 \text{ ggr} \approx 55\%$

<sup>lx</sup> Fotnot 2.2.E: Ett kilo levande trä motsvarar ca 0,55 kg koldioxid. (Fotnot 1.A:)

9 kg trä innehåller motsvarande:  $9 \text{ kg} * 0,55 \text{ kg/kg} \approx 5,1 \text{ kg koldioxid}$

( Se även (Fotnot 2.2.D:) )

<sup>lxi</sup> Fotnot 2.2.X.60: Ett plastlock till en sådan pappmugg som man får på McDonalds väger 1.728 g.

Varje gram uppeldad plast blir ca 3,14 g koldioxid (Fotnot VIC:)

Vid normalt tryck på en atmosfär väger koldioxid 1,977 g per liter. (

[http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide) )

Volymen av koldioxiden från ett uppeldat plastlock blir alltså:

$1.728 \text{ g} * 3,14 \text{ gCO}_2/\text{gPlast} / 1,977 \text{ g/l} \approx 2,7 \text{ liter CO}_2$

(Har du möjlighet att väga ett McDonalds sugrör på en analysvåg så maila gärna vikten till mig.)

<sup>lxii</sup> Fotnot 2.2.X.61: Två väteatomer förbränns till en vattenmolekyl, och en kolatom förbränns till en

koldioxidmolekyl. Bensin innehåller 18 väteatomer per 8 kolatomer. (Fotnot 2.1.BF:) Det betyder att när bensin förbränns så bildas 8 koldioxidmolekyler för varje 9 vattenmolekyler.

Varje molekyl i en gas upptar lika stor volym som alla andra sorters molekyler.

<sup>lxiii</sup> Fotnot 0.13: Det som inte tål att skrattas åt är väl inte heller värt att ta på allvar :-)

<sup>lxiv</sup> Fotnot 0.6: Klicka på "Svara" eller "Reply" från det här mailet, för att skicka ett svar till kursens diskussionsgrupp (och mig).

Kontrollera att mailet skickas till: [klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com](mailto:klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com)

- Om du vill skriva bara till dem som har fått samma mail som du (och mig), så klicka på "Svara alla" eller "Reply to all". Ta bort mottagaren [klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com](mailto:klimatcbt-diskussionsgrupp@googlegroups.com) och skicka därefter mailet som vanligt.

- Vill du skicka ett mail bara till mig som ger kursen så skickar du det istället till:

<http://klimatcbt.yolasite.com/kontakt.php>

(Även om diskussionen oftast kommer att vara mellan er kurskamrater, så är jag alltid intresserad av vad ni har att säga. Särskilt nu när kursen fortfarande är under utveckling.)

Bonusuppgift: Diskussionsforumet är fortfarande ganska nytt. Hjälp mig gärna genom att berätta för mig hur det fungerar och vad som är bra och dåligt.

<sup>lxv</sup> Fotnot 0.20: Detta är det rekommenderade upplägget: Ägna 3 minuter åt att göra den obligatoriska delen direkt när du får e-mailet. Avsluta den obligatoriska delen då även om du inte är säker på att du gör den på det bästa sättet. Om du har tid och lust (det kan vara omedelbart, senare, eller en annan dag) så kan du göra bonusdelen, eller göra om den obligatoriska delen på ett bättre sätt.