

Klimat 2R: Tekniker på experimentstadiet

Hittills i den här utbildningen har jag helt avstått från att diskutera tekniker som inte redan är kommersiellt gångbara. Det beror på att tekniker som inte redan är beprövade och bevisade ofta antingen aldrig blir något, eller tar lång tid på sig att leverera.

En uppfinning som så småningom "tar över världen" uppfanns ofta minst 20 år innan den slår igenom ⁱ:

- TCP/IP (≈Internet): Uppfanns tidigt 70-tal, slog igenom på 90-talet: ca 20 år
- Mobiltelefon: Uppfanns 1973, slog igenom på 90-talet: ca 20 år
- Datormusen: Uppfanns på 60-talet, slog igenom på tidigt 90-tal: ca 30 år

Många tekniker kan ha en enorm "hype-kurva" men blir ändå inte något. Ofta på grund av oförutsedda problem som helt enkelt visade sig vara för svåra att lösa.

Låt oss titta på några tekniker som diskuteras just nu. Jag använder i första hand de bedömningar som de som arbetar med respektive teknik gör, trots att de bedömningarna oftast visar sig alltför optimistiska. (Det är naturligtvis entusiasterna som väljer att arbeta med tekniken.)

På 3 ⁱⁱ minuter hinner du (utöver att läsa texten ovan) välja ut två tekniker nedan och läsa om dem. Gör det nu. ⁱⁱⁱ)

Teknik: Vindkraft på djupt vatten

Vindkraft till havs är idag en känd teknik, men man placerar nästan alltid vindkraftverk där det är grundare än 25m. Man placerar dem aldrig där det är djupare än 60m. ^{iv} Därför får vindkraft på djupare vatten till havs räknas som en teknik på experimentstadiet.

Potential: 600 kWh/pp&d brutto om hela det svenska havet blir en vindkraftspark. ^v

Nuvarande produktion: 28 tusen kWh per dygn totalt i världen ^{vi}

Faktor till 1% ^{vii}: 100000 gånger ^{viii}

ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Oktober ? (

<http://www.energytribune.com/78172/wind-farm-takes-shape-off-fukushima-as-japan-seeks-non-nuclear-energy>)

Tänkbart pris: ?

Kända problem: Åtkomst för underhåll. Stabilitet (Ett vindkraftverk behöver stå stadigt).

Storlek: 4% av Sveriges hav för att täcka energi-gapet på 25 kWh per person och dygn ^{ix}

Teknik: Billig solenergi

Om solenergin blir billigare eller den fossila energin dyrare, så kan solenergi blir lönsamt på allvar.

Potential: Skulle kunna fylla energi-gapet

Nuvarande produktion: 0,04 kWh per person och dygn i världen ^x

Faktor till 1% ^{xi}: 14 gånger ^{xii}

Nuvarande pris per kWh: Närmar sig elpriset ^{xiii} men måste betalas upp till 25 år i förväg. ^{xiv}

ERoEI nu: 8 ^{xv}

Tänkbar framtida ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Används redan där el behövs, men där inte lönar sig att koppla sig till elnätet. T.ex. i båtar och trädgårdslampor. Det blir också allt vanligare på hustak, och några kommersiella termiska anläggningar är redan i lönsamt bruk. ^{xvi}

Tänkbart pris: Priset närmar sig priset på fossil energin ^{xvii}

Kända problem:

Storlek: 0,3% av Sveriges landyta behöver täckas med solkraftverk för att täcka energi-gapet. Det motsvarar betydligt mer än ytan av alla Sveriges tak, eller 5 gånger ytan av Sveriges alla golfbanor. ^{xviii}

Bonusinformation:

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3565414.ece

<http://www.supermiljobloggen.se/2011/10/odugilg-gruvmark-nu-varldens-storsta.html>

Teknik: Geotermisk energi för elproduktion ^{xix}

Geotermisk energi är i Sverige mest känd som bergvärme för uppvärmning av hus. På vissa ställen där de tektoniska plattorna möts kan marken bli mycket varmare. Grundvattnet kan bli ånga som är tillräckligt het för att driva en ångturbin och därigenom alstra elektricitet. Förutsättningen för nuvarande teknik är att det finns hett grundvatten som inte redan har kokat bort, men experiment pågår med att pumpa ner vatten i torrt berg.

Potential: Kan knappast ge något jättestort tillskott i Sverige eftersom det inte finns någon geologisk hotspot här. ^{xx} De globala bedömningarna varierar mycket. ^{xxi}

Nuvarande produktion: 0,03 kWh per person och dygn i världen ^{xxii}

Faktor till 1% ^{xxiii}: 22 gånger ^{xxiv}

Nuvarande pris per kWh: Konkurrenskraftig där det finns het ånga i marken

ERoEI nu: ?

Tänkbar framtida ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Elproduktion m.h.a. het ånga finns redan. Det pågår forskning för att försöka framställa het ånga genom att pumpa ner vatten i torrt berg. Ännu har man inte lyckats framställa tillräckligt mycket ånga med tillräckligt små förluster för att det ska vara kommersiellt lönsamt att pumpa ner vatten. ^{xxv}

Tänkbart pris: ?

Kända problem: Med nuvarande teknik krävs ånga med hög temperatur för att utvinna elektricitet till ett konkurrenskraftigt pris. Sådan ånga är ganska ovanlig och svår att hitta eftersom den oftast befinner sig flera km ner i marken. Ångan i en källa tar slut efter ett antal år av el-produktion, och det kan ta 100 år eller mer för den att återbildas.

Ångan / vattnet innehåller ofta lösta gaser, inklusive växthusgaser. Att ta hand om de gaserna och stoppa ner dem i underjorden igen kostar pengar och energi och görs därför ofta inte.^{xxvi}

Ångan finns ofta i jordbävnings-zoner. Därför finns en oro för att tryckförändringar i berggrunden ska utlösa jordskalv.

Storlek: 500 m²/person av geologisk hotspot för att täcka en energikonsumtion på 150 kWh per person och dygn.^{xxvii}

Bonusinformation: Island får två tredjedelar av sin energi från geotermisk energi (http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_Iceland) och har störst andel förnybar energi i världen.^{xxviii}

Teknik: Fusion

Detta är den typ av energi som får solen att lysa. Ett par stora institutioner och många mindre arbetar på att forska fram fusionsreaktorer på jorden. Ännu har de inte lyckats generera tillräckligt mycket energi för att driva processen.^{xxix}

Potential: Enorm

Nuvarande produktion: Ingen

ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: ?

Tänkbart pris: ?

Kända problem: Ingen har ännu lyckats kontrollera energiproduktionen, trots att forskarna har försökt i tiotals år.

Storlek: ?

Teknik: Salt-kraft

När salt och vatten blandas så binder vattenmolekylerna till saltjonerna och då frigörs energi. Det händer också i viss mån när saltvatten och sötvatten blandas, men med mindre energiutbyte per m³.

Potential: 0,6 kWh per person & dygn i världen.^{xxx} 14 kWh per person & dygn i Sverige om allt vatten används.^{xxxi}

Nuvarande produktion: 2-4kW totalt i världen. D.v.s. tillräckligt för att få 50 stycken 60W glödlampor att lysa.

Faktor till 1%^{xxxii}: 57 miljoner

Tänkbar framtida EROEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: 2015

Kända problem: Membranen behöver producera 5W per kvadratmeter istället för nuvarande 1 W/m² för att saltkraft ska bli lönsamt.

Storlek: En anläggning som producerar 25MW skulle vara stor som en fotbollsstadion, och kräva 25m³ sötvatten och 50m³ saltvatten per sekund. Det krävs 16 stycken 25MW anläggningar för att producera energi motsvarande 1 kWh per svensk och dygn. De skulle tillsammans använda 7% av Sveriges sötvatten när det rinner ut i havet. Om allt Sveriges sötvatten användes skulle alltså 14 kWh per person och dag kunna produceras.^{xxxiii}

Källa: De här beräkningarna bygger på artikeln (http://www.powermag.com/issues/departments/global_monitor/Norway-Inaugurates-Osmotic-Power-Plant_2425.html). All information kommer därifrån om inget annat anges.

Teknik: Vindkraft från Jet-strömmar

Generellt så blåser det mer ju högre man kommer. På mellan 500 och 15000 meters höjd förekommer så kallade jet-strömmar som är starka och stabila vindar. Ett vanligt vindkraftverk kan omöjligt nå så högt. Istället tittar man på olika typer av "drakar" och liknande som kan hålla vindkraftverket uppe.^{xxxiv}

Potential: Skulle kanske kunna fylla energi-gapet^{xxxv}

Nuvarande produktion: Ingen prototyp har testats tillräckligt under realistiska förhållanden.^{xxxvi}

EROEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: 2015 ?

Tänkbart pris: ?

Kända problem: Ingen prototyp har testats tillräckligt under realistiska förhållanden.^{xxxvii}

Storlek: En yta dubbelt så stor som den sammanlagda ytan av alla Sveriges alla golfbanor?^{xxxviii}

Källa: (https://energy.wesrch.com/User_images/Pdf/6RR_1257812270.pdf)

Bonus: (

http://www.ted.com/talks/lang/eng/saul_griffith_on_kites_as_the_future_of_renewable_energy.html)

Teknik: 4:e generationens kärn-reaktor (Gen-IV)

4:e generationens reaktor (Gen-IV) kan komma att utnyttja bränslet mycket effektivare än nuvarande kärn-reaktorer, men kommer troligen inte att finnas tillgänglig förrän tidigast om ett par decennier.^{xxxix}

Potential: Tillräckligt för att fylla gapet, och kanske hela energibehovet^{xl}

Nuvarande produktion: Ingen

ERoEI: ?

Tänkbar framtida ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: 2040?^{xli}

Storlek: Om varje kraftverk genererar lika mycket energi som Forsmark så skulle det krävas ett kraftverk var sjätte mil i hela Europa för att täcka Europas energibehov.^{xlii}

Källa: (http://en.wikipedia.org/wiki/Generation_IV_reactor)

Teknik: Solenergi från rymden

Tillgången på sol är bättre i rymden än på jorden. Dels är det nästan aldrig natt, dels så skymms inte solen av moln eller andra atmosfäriska störningar. Om man kunde placera solcellerna på satelliter istället för på jorden så skulle man kunna få ut mer energi.

Potential: Kan täcka energi-gapet

Nuvarande produktion: Ingen. Man hoppas att en prototyp ska kunna leverera en GigaWatt år 2030

Tänkbar framtida ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Om minst tiotals år

Tänkbart pris: 50 öre per kWh

Kända problem: Det är dyrt att skicka upp saker i rymden, och det är svårt att få hem energin därifrån.

Storlek: För att ge alla EU:s medborgare en energimängd som motsvarar det svenska energi-gapet, krävs mottagare med en storlek som Maltas yta. Samma storleksordning krävs hos satelliterna i rymden.^{xliii}

Källa: (<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=farming-solar-energy-in-space>)

Teknik: Havs-strömmar

Man skulle kunna utvinna energi ur havsströmma på samma sätt som man utvinner energi ur vinden med vindkraftverk.

Potential: 6,5 kWh per person & dygn (i världen) ^{xliv}

ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: ?

Tänkbart pris: ?

Kända problem: Påväxt, Korrosion, Åtkomst för underhåll

Storlek: Alla kuster, hela kontinentalsöckeln var 80:nde mil

Teknik: Kärnbränsle från haven

I haven finns upp till 4 miljarder ton Uran. Kunde man utvinna det så skulle det finnas tillräckligt med kärnbränsle för att ge alla människor på jorden 400 kWh per person och dygn i 200 år. ^{xlv} Det mesta finns förstås i djuphaven, och en havsström tar typiskt runt 10000 år på sig för ett varv. Uranet i strömmarna längs kusterna skulle man dock kunna utvinna.

Potential: 0,6 kWh per person & dygn (i världen) ^{xlvi}

Nuvarande produktion: 1 kg totalt hittills.

Tänkbart pris: Dubbla det nuvarande priset på uran. ^{xlvii}

Tänkbar framtida ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: ?

Kända problem: Adsorbenten kan vara effektivare ^{xlviii} och gå att återanvända många gånger ^{xlix}

Storlek: Alla kuster, hela kontinentalsöckeln var 80:nde mil ^l

Källa: (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html>)

Teknik: Vågenergi

Vågorna rör sig (nästan) ständigt upp och ner. De kan användas till att utvinna energi, t.ex. genom att man kopplar en generator till en boj.

Potential: 1,4 kWh per person och dygn i Sverige. ^{li} 0,5 kWh per person och dygn i Världen. ^{lii}

Nuvarande produktion: 0,000001 kWh/pp&d ^{liii}

Faktor till 1% ^{liv}: 60000000 ^{lv}

Nuvarande pris per kWh: ?

ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Nu ?

Tänkbart pris: ?

Kända problem:

Storlek: En Pelamis är 180 m lång och 4 m bred. Där det finns riktigt stora vågor, t.ex. i Skottland (inte Sverige), så skulle det krävas sammanlagt 550 mil Pelamis för att generera energi motsvarande det svenska energigapet. Det är mer än dubbelt så långt som hela Sveriges kust. ^{lvi}

Bonus: Vågenergi-bojar:

(<http://www.el.angstrom.uu.se/forskningsprojekt/WavePower/Lysekilsprojektet.html>) (<http://kartor.eniro.se/m/a1wRI>)

Teknik: Tidvatten

Tidvatten-energi framställs oftast genom att man skapar en vattenkraftdamm där skillnaden mellan hög och lågvatten är stor. Vid högvatten släpper man in vattnet och vid lågvatten släpper man ut det genom turbiner som producerar elektricitet. I Sverige är tidvattnet ca 10 cm. ^{lvii} Därför är den här tekniken knappast intressant i Sverige. Det finns platser i världen som har mycket högt tidvatten. Det gäller främst riktigt stora "vikar" där tidvattnet naturligt samlas ihop, t.ex. Severn ^{lviii} i sydvästra England.

Potential: Sverige har för lite tidvatten för storskalig energiproduktion. ^{lix} Längs världens kuster finns ca 0,3 kWh per person och dygn. ^{lx}

Nuvarande produktion: Mindre än 12 miljoner kWh per dygn totalt i världen ^{lxi}

Faktor till 1% ^{lxii}: Mer än 325 ^{lxiii}

Nuvarande pris per kWh: ?

ERoEI: 40? ^{lxiv}

Kända problem: Storleken som krävs, och bristen på lämpliga platser.

Storlek: Betydligt större än vattenkraftdammarna med samma energiproduktion, eftersom höjden är lägre.

Teknik: E-Cat

Det senaste året har en italiensk uppfinning tilldragit sig intresse. Den kallas "energi-katalysator" eller E-Cat, och påstås bygga på en "Low-Energy Nuclear Reaction" vilket är ungefär samma sak som kall fusion:

http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Catalyzer

(Forskningen kring kall fusion har fått något av ett löjets skimmer över sig sedan massmedia flera gånger har rapporterat om något som har verkat vara kall fusion men som sedan har visat sig inte vara det.)

Potential: Enorm

Nuvarande produktion: Ingen (E-Cat har dock producerat knappt en halv MW i test.^{lxv} Men inte i ett senare test av en ny modell.^{lxvi})

ERoEI: ?

Tänkbar tidpunkt för kommersiella tillämpningar: Enheter för varmvatten skulle ha börjat levereras i våras, men ingen vet var fabriken har byggts.^{lxvii}

Tänkbart pris: Mindre än 70 öre/kWh för el från E-Cat^{lxviii}

Kända problem:

Ingen utomstående har fått titta inuti E-Cat och göra en oberoende vetenskaplig utvärdering. (Möjligen därför att uppfinningen inte är patenterad ännu.)

Inga oberoende test har fått göras, och resultaten från de tester som gjorts är inte entydiga:

<http://www.nyteknik.se/tjanster/sok/?q=E-cat>

Storlek: En E-Cat kub med 40 cm sida^{lxix} ska kunna producera 10kW. Det betyder att energigapet skulle kunna täckas av mellan en och fem anläggningar med vardera en yta på ca 200 meter i kvadrat.^{lxx}

Bonus:

Uppfinnarens site: <http://www.journal-of-nuclear-physics.com/> (Denna site representerar alltså inte ett "peer reviewed paper")

En site där uppfinnaren Andrea Rossi ofta svarar på frågor: <http://www.e-catworld.com/>

Bonusuppgift: Detta är tekniker på experimentstadiet. Sådana tekniker ändrar sig förstås snabbt. Om något av det jag har skrivit ovan inte längre stämmer eller är ofullständigt, så skulle jag uppskatta om du skickar den nya informationen till mig. Glöm inte att inkludera alla källor.

Bonus: Litet men positivt: Japan har beslutat att bygga en stor flytande vindkraftspark:

<http://www.euronews.com/2013/07/12/wind-farm-takes-shape-off-fukushima-as-japan-seeks-non-nuclear-energy/>

Humor-bonus ^{lxxi}: Många tekniker kan ha en enorm "hype-kurva" men blir ändå inte något. Ofta på grund av oförutsedda problem som helt enkelt visade sig vara för svåra att lösa. En humoristisk illustration av detta är "The Aranda Ignominy Curve":

<http://catenary.wordpress.com/2006/10/22/cheap-shots-at-the-gartner-hype-curve/>

Humor-bonus ^{lxxii}: http://gerrycanavan.files.wordpress.com/2010/06/c_06182010.gif

Mer information om denna klimat-utbildning finns på:

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

Dagens uppgift är att läsa om minst 2 av teknikerna ovan

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. ^{lxxiii}

Detta mail kan även laddas ner som PDF från:

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2R_TeknikerPaExperimentstadiet.pdf

Bonus: Nästa mail kan laddas ner som PDF från:

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat3G_VarldensFattigaSkalnteBetala.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.

ⁱ Fotnot 2.2.X.19: En uppfinning som så småningom "tar över världen" uppfinns ofta minst 20 år innan den slår igenom:

TCP/IP: (<http://en.wikipedia.org/wiki/TCP/IP#History>)

Mobiltelefon: (http://en.wikipedia.org/wiki/Cell_phone#History)

Datormus: ([http://en.wikipedia.org/wiki/Mouse_\(computing\)#Early_mice](http://en.wikipedia.org/wiki/Mouse_(computing)#Early_mice))

(Hjälp mig gärna att hitta fler exempel.)

ⁱⁱ 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 eller vilka källor jag har använt.

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

ⁱⁱⁱ 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.

^{iv} Fotnot 2.2.X.27: "It is conventional to distinguish between shallow offshore wind and deep offshore wind, as illustrated in figure 10.2. Conventional wisdom seems to be that shallow offshore wind (depth less than 25–30 m), while roughly twice as costly as land-based wind, is economically feasible, given modest subsidy; and deep offshore wind is at present not economically feasible. As of 2008, there's just one deep offshore windfarm in UK waters, an experimental prototype sending all its electricity to a nearby oilrig called Beatrice." (

http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c10/page_60.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=PL1gduOjl1Ehqd53NGs0nDjcQooVhcjIG2>)

^v Fotnot 2.1.S: Sveriges territorialvatten är 80 000 km², och man kan få ut ca 3W per kvadratmeter brutto. (Fotnot LXIX:) Om man skulle göra om hela havet till en vindkraftspark så får man ut:

$80000\text{km}^2 * 3\text{W} * 24\text{timmar/dygn} / 9500000\text{människor} \approx 609 \text{ kWh/pp\&d brutto}$

Om man bygger vindkraftspark på 10% av havet så får man ut:

$10\% * 609\text{kWh/pp\&d} \approx 61 \text{ kWh/pp\&d brutto}$

Om man bygger vindkraftspark på 4,1% av havet så får man motsvarande energigapet på 25 kWh/pp&d:

$4,1\% * 609\text{kWh/pp\&d} \approx 25 \text{ kWh/pp\&d brutto}$

Ännu så länge är det inte lönsamt eftersom tekniken bara är på experimentstadiet. (Fotnot KM.2R:)

Fotnot LXIX: Vindarna till havs är starkare och stabilare än över land. Låt oss anta att man får ut hälften till per kvadratmeter jämfört med en vindkraftspark på land, d.v.s. 3W per kvadratmeter. (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c10/page_60.shtml) (Fotnot 0.3:) Då får vi ut: $3\text{W/m}^2 * 24\text{timmar} = 72000 \text{ kWh per km}^2 \text{ och dygn}$.

Man bygger oftast vindkraftverk där det är grundare än 25m. Man placerar dem i princip aldrig där det är djupare än 50m.

"Den totala arean av Sveriges omgivande hav är 447600 km², varav kustvatten utgör 35830 km²" (http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/havsomr/havsomr_s0_s11.pdf)

"Arealen på vattenområdet ut till territorialvattengränsen kan uppskattas till 80 000 km²." (http://www.scb.se/statistik/MI/MI0803/2003M00/MI03SA9801_03.pdf)

Kustvattnet utgör alltså $35830\text{km}^2 / 447600\text{km}^2 \approx 8\%$ av Sveriges omgivande hav. Om förhållandet är detsamma för Sveriges territorialvatten så har Sverige $8\% * 80000\text{km}^2 \approx 6400\text{km}^2$ kustvatten.

Jag har inte hittat någon uppgift om kustvattnens djup, men låt oss se hur mycket energi vi får om vi skulle göra om allt kustvatten till en vindkraftspark:

$72000\text{kWh/km}^2\&\text{dag} * 6400\text{km}^2 / 9500000\text{personer} = 48,7 \text{ kWh per person och dygn brutto}$

Efter korrigering för en EROEI på 51 (Fotnot 2.1.AG:) så blir det: $48,7\text{kWh/pp\&d} - 48,7\text{kWh/pp\&d} / 51 \approx 47,8 \text{ kWh per person och dygn netto}$

Vi måste lämna plats för båttrafiken. Om vi i stället täcker ...

- en tredjedel av kustvattnen så blir det:

$1/3 * 47,8\text{kWh/pp\&d} \approx 16 \text{ kWh per person och dygn brutto}$

- en femtedel av kustvattnen så blir det:

$1/5 * 47,8\text{kWh/pp\&d} \approx 9,8 \text{ kWh per person och dygn brutto}$

Fotnot KM.2R: Kurs-mail "Klimat 2R: Tekniker på experimentstadiet" (

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2R_TeknikerPaExperimentstadiet.pdf)

Fotnot 2.1.AG: EROEI för vindkraft till havs (51,3) kommer från (http://www.soest.hawaii.edu/GG/FACULTY/ITO/GG410/Wind/Kubiszewski_EROI_Wind_RenEn10.pdf Table 1)

I tabellen finns ett enda "operational", "off shore" vindkraftverk. Dess data är så här:

Year of study: 2000

Location: Denmark

Operational/conceptual:o

EROI: 51.3

CO2 Intensity(gCO2/kWh): 16.5

Power rating (kW): 500

Lifetime (yr): 20

Capacity factor (%):40

Energy payback time(yr): 0.39

Turbine information:3-blades

On/off shore: off

(Hjälp mig gärna att hitta bättre siffror för EROEI. Siffran 51,3 låter otroligt högt jämför med vindkraft på land som har EROEI 24 (Fotnot 2.1.AD:), men detta är den enda EROEI jag har hittat för vindkraft till havs.

Det gör dock ingen jättestor skillnad. I det ena fallet måste man investera 4% av energin för att kunna utvinna energin, i det andra fallet 2%. I båda fallen får man ut mer än 95% av energin som användbart överskott.)

^{vi} Fotnot 2.2.R: Jag känner bara till två flytande vindkraftverk som för närvarande är i drift:

- "Hywind – the world's first full-scale floating wind turbine" (

<http://www.statoil.com/en/TechnologyInnovation/NewEnergy/RenewablePowerProduction/Offshore/Hywind/Pages/HywindPuttingWindPowerToTheTest.aspx>)

- " The WindFloat Project " (

http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/sea_basins/atlantic_ocean/atlanticforum/events/brest/presentations/forum_brest_maciel_en.pdf)

Se även (Fotnot 2.2.R:)

Planer finns på flytande vindparker till havs:

- Japan, Fukushima: "Japan to build world's largest offshore wind farm" (

<http://www.newscientist.com/article/dn23082-japan-to-build-worlds-largest-offshore-wind-farm.html>)

- USA, Maine: "Maine offshore wind project advances" (

<http://www.pennenergy.com/articles/pennenergy/2013/04/maine-offshore-wind-project-advances.html>)

- Scotland: "Progress possible for Statoil in Scotland" (

http://www.windpoweroffshore.com/article/k55nXnAxAwc/2013/04/15/progress_possible_for_statoil_in_scotland/)

"The first large-capacity, 2.3 megawatt floating wind turbine is Hywind, which became operational in the North Sea off of Norway in September, 2009 and is still operational ... February 2011 ... Hywind delivered 7.3 GWh in 2010 ...

WindFloat was equipped with a Vestas v80 2.0 megawatt turbine and installation was completed on 22 October 2011. A year later, the turbine had produced 3 GWh."

(http://en.wikipedia.org/wiki/Floating_wind_turbine#Operational_deep-water_platforms)

De två turbinerna producerar tillsammans:

7,3GWh/år + 3GWh/år ~ 10,3 GWh per år

10,3 GWh per år motsvarar: 10,3GWh/år / 365dygn ≈ 28000 kWh per dygn totalt i världen

^{vii} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

Fotnot 2.2.BA: "Total world energy use ... 505 quadrillion British thermal units (Btu) in 2008" (<http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm>)

En Btu motsvarar 1055 Joule (<http://en.wikipedia.org/wiki/Btu>)

En kWh motsvarar 1000 * 3600 Joule (http://en.wikipedia.org/wiki/Kilowatt_hour#Conversions)

Det betyder att världens totala energiförbrukning är:

$505 \text{PBtu} * 1055 \text{Joule/Btu} / 1000 / 3600 \text{Joule/kWh} \approx 1,5 \times 10^{14} \text{ kWh/år}$

... vilket motsvarar:

$1,5 \times 10^{14} \text{ kWh/år} / 7000000000 \text{ människor} / 365 \text{ dygn} \approx 407 \text{ miljarder kWh per dygn}$

... eller:

$1,5 \times 10^{14} \text{ kWh/år} / 7000000000 \text{ människor} / 365 \text{ dygn} \approx 58 \text{ kWh per person och dygn}$

^{viii} Fotnot 2.2.X.28: Nuvarande el-produktion från vindkraft på djupt vatten är 28000 kWh per dygn. (Fotnot 2.2.R:)

Världens energiförbrukning är på totalt 407 miljarder kWh per dygn. (Fotnot 2.2.M:) För att vindkraften på djupt vatten ska motsvara 1% av energiförbrukningen så måste den öka 144000 gånger.

$144000 \text{ ggr} * 28000 \text{ kWh/dag} \approx 1\% * 407 \text{ TWh/dag}$

^{ix} Fotnot 2.2.X.29: Vi skulle behöva göra vindkraftspark av 4,2% av Sveriges hav för att täcka energigapet på 25 kWh per person och dygn:

"Arealen på vattenområdet ut till territorialvattengränsen kan uppskattas till 80 000 km²." (http://www.scb.se/statistik/MI/MI0803/2003M00/MI03SA9801_03.pdf)

Vindkraft till havs kan ge 72000 kWh per km² och dygn (Fotnot LXIX:) och har en ERoEI på 51. (Fotnot 2.1.AG:) Låt oss gissa att det stämmer ungefär även för vindkraft på djupt vatten. Då får vi ut: $4,2\% * 80000 \text{ km}^2 * 72000 \text{ kWh/km}^2 \text{ & dygn} / 9500000 \text{ människor} \approx 25,3 \text{ kWh per person och dygn brutto}$

Efter korrigering för en ERoEI på 51 så blir det:

$25,3 \text{ kWh/pp\&d} - 25,3 \text{ kWh/pp\&d} / 51 \approx 25 \text{ kWh per person och dygn netto}$

^x Fotnot 2.2.X.65: År 2011 var den installerade kapaciteten av sol-el 70 GW (http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_by_country#Photovoltaics)

Om solpanelerna skulle leverera 70 GW hela tiden dygnet runt så skulle de producera 610 TWh/år. Kapaciteten är den energi som skulle produceras om solstrålningen skulle vara 1000 W/m² hela tiden. (Standard conditions) (

http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel#Module_performance_and_aging) Standard conditions motsvarar 8760 kWh solstrålning per m² och år.

I Sverige är normal globalstrålning ungefär 1000 kWh per kvadratmeter och år (Fotnot 2.1.CB:), d.v.s. ca 11% av standard conditions.

I öknen är den normala globalstrålningen ungefär 7 kWh per kvadratmeter och dygn (

http://www.grida.no/graphicslib/detail/natural-resource-solar-power-potential_b1d5), d.v.s. ca 29% av standard conditions.

Låt oss säga att den normala globalstrålningen på världens solenergianläggningar är genomsnittet av de två, d.v.s. ungefär 20% av standard conditions. Låt oss också säga att solpanelerna i genomsnitt har förlorat 10% av sin effektivitet genom åldrande. Då produceras:
 $90\% * 20\% * 610\text{TWh/år} / 365\text{dygn} \approx 0,3$ miljarder kWh/dag
Fördelat på jordens 7 miljarder människor produceras då:
 $0,3\text{TWh/dag} / 7000000000\text{människor} \approx 0,04$ kWh/pp&d
Dessutom finns installerad kapacitet på 2,7 GW sol-värme-kraftverk. (
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_thermal_power_stations)

Fotnot 2.1.CB: I Sverige är normal globalstrålning under ett år är ca 1000 kWh/m² (
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/stralning/1.2927>)

^{xi} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

^{xii} Fotnot 2.2.X.20: Det produceras ca 0,3 miljarder kWh solenergi per dygn i världen. (Fotnot 2.2.X.65:)

Världens energiförbrukning är totalt ca 407 miljarder kWh per dygn. (Fotnot 2.2.M:)
För att solenergin ska producera 1% av världens energiförbrukning så behöver den öka 13 gånger:
 $13\text{ggr} * 0,3\text{TWh/dag} \approx 1\% * 407\text{TWh/dag}$

^{xiii} Fotnot 2.2.BR: "Solrevolution i Tyskland och Spanien. Solkraft utan bidrag möjligt i allt fler länder" (
<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5499315>)

^{xiv} Fotnot 2.2.BN: Solpaneler har en lång återbetalningstid. När man köper en solpanel så betalar man i förväg för 25 års el. Investeringskostnaden för en solpanel som producerar 1 kWh per dygn i Sverige i 25 år är ca 8760 kr osubventionerad (Fotnot 2.1.T:) Under solpanelens 25-åriga livstid producerar den ca:

$1\text{kWh} * 365\text{dygn/år} * 25\text{år} \sim 9125$ kWh
Priset per kWh blir då ca:
 $8760\text{kr} / 9125\text{kWh} \sim 0,96$ öre/kWh (utan skatt)

-
Notera att solceller kan löna sig betydligt bättre för en enskild fastighetsägare. (Fotnot 2.1.BO:) och de är snabbt på väg att bli lönsamma även utan subventioner. (Fotnot 2.2.BR:)
Varning Åsikt (Fotnot 0.5:): Fossila bränslen är ännu mer subventionerade än förnybar energi. (Fotnot 4.X.8:)

Fotnot 2.1.T: Solpanelerna på Enografiska museets tak:

Solpanel brutto: 0,37 kWh/m²&dygn *
Solpanel netto: 0,3 kWh/m²& dygn **
Solpanel effektivitet brutto: 13,9% ***
Solcellskraftverk netto: 0,2 kWh/m²& dygn ****
Solpanel investeringskostnad: 3214 kr/m² *****
Solpanel investeringskostnad: 8760 kr/(kWhBrutto/dygn) *****

-

Enografiska museets i Stockholm installerade 2011 solpaneler på sitt tak. De kostade 1,8 miljoner kronor och producerar ca 75000 kWh per år. Arealen är 560 m² och livslängden beräknas till 25 år. Då blir bruttoproduktionen från solpanelerna 0,37 kWh per m² och dygn:

$75000 \text{ kWh/år} / 560 \text{ m}^2 / 365 \text{ dygn/år} \approx 0,37 \text{ kWh/m}^2 \& \text{ dygn}$

** Låt oss räkna med en EROEI på 5,6 (Fotnot 2.1.CD:) (även om EROEI naturligtvis borde bli lägre för ett solcellkraftverk än för de enskilda solcellerna). Då blir nettoproduktionen från en solpanel 0,3 kWh per m² och dygn efter korrigeringsfaktor för EROEI:

$0,37 \text{ kWh/m}^2 / \text{dygn} - 0,37 \text{ kWh/m}^2 / \text{dygn} / 5,6 \approx 0,3 \text{ kWh/m}^2 / \text{dygn}$

*** Vid etnografiska museet i Stockholm är normal globalstrålning under ett år ca 965 kWh/m² (<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/stralning/1.2927>)

Det motsvarar $965 \text{ kWh/m}^2 / \text{år} / 365 \text{ dygn/år} = 2,64 \text{ kWh/m}^2 \& \text{ dygn}$

Solpanelerna producerar 0,37 kWh/m²&dygn* så effektiviteten är:

$0,37 \text{ kWh/m}^2 \& \text{ dygn} / 2,64 \text{ kWh/m}^2 \& \text{ dygn} \approx 13,9\%$

**** I ett stort solcellskraftverk är inte hela ytan täckt av solpaneler. Man måste lämna plats för vägar, förråd, transformatorstation, skuggor, m.m. Låt oss säga att ytan av de belysta solpanelerna motsvarar två tredjedelar av solcellskraftverkets yta. Då blir nettoproduktionen från ett stort solcellskraftverk 0,2 kWh per m² och dygn:

$2/3 * 0,3 \text{ kWh/m}^2 / \text{dygn} \approx 0,2 \text{ kWh/m}^2 / \text{dygn}$

**** Investeringskostnaden var 3214 kr per kvadratmeter:

$1800000 / 560 \text{ m}^2 \approx 3214 \text{ kr/m}^2$

... eller 8760 kr för att få ut 1 kWh brutto per dygn:

$1800000 / (75000/365) \text{ kWh/dygn} \approx 8760 \text{ kr/(kWh/ dygn)}$

-

Källa: Energivärlden Nr 3/2012 (

http://213.115.22.116/System/DownloadResource.aspx?p=Energimyndigheten&url=default:/Resources/Permanent/Static/a957d3ca204c4612ac0a642532affa91/EV3_2012.pdf sid 13 & 10) (

<http://213.115.22.116/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&id=a957d3ca204c4612ac0a642532affa91>)

Fotnot 2.1.BO: "Stöd till solceller" (<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Aktuella-bidrag-och-stod-du-kan-soka/Stod-till-solceller/>)

Om nettodebitering: (<http://www.naturskyddsforeningen.se/nyheter/lat-hushall-aga-sin-egen-elproduktion>)

Exempel på köpare av solel/överskottsel:

(<http://www.telgeenergi.se/privat/det-rena-elbolaget/om-ren-el/solkraft/producerar-solkraft/blisolkraftsproducent/>)

(<http://www.fortum.com/countries/se/sitecollectiondocuments/esm-saljoverskott-2012.pdf>) (

<http://media.fortum.se/2012/05/04/fortum-lanserar-solcellspaket/>)

(<http://bengts.blogg.viivilla.se/2011/12/19/undantag-fran-energiskatt-for-el-som-framstallts-i-en-solcellsanlaggning/>)

Ehrenberget: (http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3565414.ece)

Andra ideer: "Solceller betalar sig på sex år - utan subventioner" (

<http://cornucopia.cornubot.se/2012/10/solceller-betalar-sig-pa-sex-ar-utan.html>)

Se även (Fotnot 2.2.BR:)

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.

Fotnot 4.X.8: Varning, Åsikt (Fotnot 0.5.): Personligen anser jag att det inte är priset på förnybar energi som behöver minska utan priset på fossil energi som behöver öka. Det anser jag eftersom fossil energi inte bär sina egna kostnader.

(<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-human-cost-of-energy>)

(<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=graphic-science-health-care-burden-of-fossil-fuels>)

"Air pollution scourge underestimated, green energy can help: U.N." (

<http://www.reuters.com/article/2013/04/09/us-pollution-idUSBRE9380PZ20130409>)

(<http://www.dn.se/nyheter/vetenskap/smalta-isar-kan-bli-rekorddyrt/>)

(<http://hdl.handle.net/2262/57635>)

Dessutom får fossila bränslen 6 gånger så mycket pengar i subventioner som förnybar energi:

"Despite the growth in lowcarbon sources of energy, fossil fuels remain dominant in the global energy mix, supported by subsidies that amounted to \$523 billion in 2011, up almost 30% on 2010 and six times more than subsidies to renewables." IEA World Energy Outlook 2012 (

<http://www.iea.org/Textbase/npsum/weo2012sum.pdf>) (

<http://www.iea.org/W/bookshop/add.aspx?id=433>)

Eftersom det ännu inte är politiskt möjligt att låta fossila bränslen bära sina egna kostnader så måste vi istället försöka andra vägar. T.ex. att sänka priset på solceller och vindkraft.

Fotnot 2.1.CD: EROEI för solceller i Sverige är ca 5,6:

Det krävs 600 kWh för att producera 1 m² kilselsolceller. (

<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35489.pdf>)

Solpaneler på ett tak i Sverige producerar ca 0,37 kWh/m²&dygn brutto och har en livstid på ca 25 år. (Fotnot 2.1.T:)

Alltså är EROEI för kilselsolceller i Sverige ca 5,6:

$0,37\text{kWh/m}^2\&\text{dygn} * 365\text{dygn} * 25\text{år} / 600\text{kWh/m}^2 \sim 5,6$

Det tar ca 4,5 år innan energiinvesteringen är "återbetald":

$0,37\text{kWh/m}^2\&\text{dygn} * 365\text{dygn} * 4,5\text{år} \sim 600\text{kWh/m}^2$

(Detta är EROEI för solcellerna. Hjälp mig gärna att hitta EROEI för solpanelerna inklusive montering.)

^{xv} Fotnot 2.1.AD: När det gäller EROEI för Vattenkraft(100), Vindkraft(24) och Kärnkraft(15) så har jag valt det högsta värdet från de här två artiklarna:

- "ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES", "Issue: Ecological Economics Reviews", "Year in review—EROI or energy return on (energy) invested", Ann. N.Y. Acad. Sci. ISSN 0077-8923 (

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-6632.2009.05282.x/pdf> Table 2.)

- "Revisiting the Limits to Growth After Peak Oil" (<http://www.esf.edu/efb/hall/2009-05Hall0327.pdf> Figure 10)

För internationell solenergi har jag använt värdet från artiklarna (8). EROEI för Svensk solenergi beräknas i (Fotnot 2.1.CD:)

^{xvi} Fotnot 2.2.X.22: Användningen av solenergi för elproduktion tycks redan växa exponentiellt. :-)

(http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr_2009_neu.pdf Figure 1) (

<http://www.iea-pvps.org/>)

Det finns redan kommersiellt lönsamma termiska solkraftverk: "SEGS VIII and IX have operated continuously and have been commercially successful since the very beginning" (

http://en.wikipedia.org/wiki/SEGS#Harper_Lake)

... och mycket mer planeras. (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_photovoltaic_power_stations#Large_systems_under_construction_or_in_planning)

^{xvii} Fotnot 2.2.BR: "Solrevolution i Tyskland och Spanien. Solkraft utan bidrag möjligt i allt fler länder" (<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5499315>)

^{xviii} Fotnot 2.2.L: Ett solkraftverk i Sverige skulle kunna producera 0,2 kWh per m² och dygn netto efter korrigering för EROEI. (Fotnot 2.1.T:)

Energi-gapet är ca 25 kWh per person och dygn, så för att täcka energigapet för en person behövs solkraftverk på:

25kWh/pp&d / 0,2kWh/m²&dag ≈ 124 m²

För att täcka energigapet för alla svenskar behövs solkraftverk på:

124m² * 9500000svenskar ≈ 1170 km²

Till det kommer de 10 m² per person som vi redan har räknat med att sätta på hustaken (Fotnot KM.2H:):

1170km² + 10m² * 9500000svenskar ≈ 1300 km²

Det motsvarar:

- 0,3% av Sveriges yta (Fotnot 2.1.N:)

- 36% mer än ytan av alla Sveriges tak. (Fotnot 2.2.BL:)

- 5,5 gånger ytan av alla Sveriges golfbanor (Fotnot 2.1.N:)

Energigapet är ca 25 kWh per person och dygn. Om den energin ska produceras netto med solceller som har en EROEI på 5,6 (Fotnot 2.1.CD:) så krävs en bruttoproduktion på:

21kWh/dag / (1-1/5,6) ~ 30 kWh/pp&d

Investeringskostnaden för en yta solpanel som producerar 1 kWh brutto per dygn är ca 8760 kr.

(Fotnot 2.1.T:) Solceller för att täcka energigapet för en person skulle alltså kosta:

30kWh/dag * 8760kr/kWh/dag ~ 265000 kr

Den totala investeringen motsvarar också 1,5 gånger Sveriges stadsbudget på 1680 miljarder kronor (Fotnot 2.1.BZ:):

265000:- * 9500000personer ≈ 2500 miljarder kronor

Fotnot 2.1.N: Marktäckedata för riket som helhet omkr. år 2000. (

http://www.scb.se/Pages/PressRelease_106451.aspx)

27469,29km² Åkermark

7091,2km² Betesmark

221376,45km² Skog

12695,85km² Myr, skogsklädd

38956km² Myr, ej skogsklädd

34855,18km² Gräsmark, hedmark, busksnår, osv.

4486,19km² Berg i dagen och blockmark, ej skogsklädd

177,36km² Grus- och sandtag

147,48km² Flygplats och flygfält

229,95km² Golfbana

5210,4km² Tätortsmark

31034,1km² Inlandsvatten exkl. de fyra största sjöarna

8926km² Väner, Vättern, Mälaren och Hjälmaren

450295km² Totalareal

Fotnot 2.2.BL: Byggnadsytan och därmed ytan av alla tak i Sverige är sammanlagt 931239 tusen kvadratmeter. (

http://www.scb.se/Statistik/MI/MI0810/2010A01X/MI0810_2010A01X_SM_MI38SM1202.pdf ”1. Antal byggnader och byggnadsyta 2010 i och utanför tätort per län”) Det motsvarar 9 mil i kvadrat eller 98 m² per person.

Fotnot 2.1.BZ: Sveriges stadsbudget är på 1680 Miljarder kr. (

<http://www.regeringen.se/content/1/c6/17/55/29/dacaae9d.pdf> Tabell 1.6 Den konsoliderade offentliga sektorns finanser sid 39)

^{xix} Fotnot 2.2.X.30: Geotermisk energi för värmeproduktion tog vi upp under rubriken värmepumpar. (Fotnot KM.2F:)

Fotnot KM.2F: Kurs-mail: "Klimat 2F: Värme, Kyla, Värmepumpar" (

http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2F_VarmeKylaVarmepumpar.pdf)

^{xx} Fotnot LVIII: Jordens heta kärna läcker ca 10 mW/m² och radioaktivitet i jordens skorpa skapar ca 40 mW/m². (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c16/page_97.shtml) (Fotnot 0.3:) Det blir 0,0012 kWh per kvadratmeter och dygn.

Sverige har 3740 km² mark med bostäder. (Fotnot IIC:) Energitillförseln till den ytan blir: 0,0012kWh/m²&dag * 3740km² / 9500000svenskar = 0,5kWh per person och dygn.

Fotnot IIC: Sverige har 3740km² mark med bostäder. (

http://www.scb.se/Pages/Product_12847.aspx?produktkod=MI0803&displaypressrelease=true&pressreleaseid=254451)

^{xxi} Fotnot 2.2.X.89: Bedömningar av potentialen för geotermisk energi för elproduktion varierar mycket. Här är ett par exempel:

8 kWh per person och dygn i 200 år (Fotnot 2.2.X.59:)

109 kWh per person och dygn i 200 år (Fotnot 2.2.X.31:)

Jordens heta kärna läcker ca 10 mW/m² och radioaktivitet i jordens skorpa skapar ca 40 mW/m². (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c16/page_97.shtml) (Fotnot 0.3:) Gissningsvis kan bara läckaget från kärnan användas för elproduktion eftersom elproduktion kräver höga temperaturer. Det blir 0,00024 kWh per kvadratmeter och dygn.

Jorden har en landyta på 148940000 km² (<http://en.wikipedia.org/wiki/Earth>) och vi är 7 miljarder människor.

All den värmeenergi som läcker till markytan från jordens heta kärna är alltså: 0,00024kWh/m²&dygn * 148940000km² / 7Gmänniskor ~ 5,1 kWh/pp&d

Fotnot 2.2.X.59: "MIT geothermal energy study ... With a reasonable investment in R&D, enhanced geothermal systems could provide 100 GW(e) or more" (

http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_234.shtml) (Fotnot 0.3:)

Studien handlar om experimentella tekniker som prövas i USA.

“If we assume that the MIT authors ... were right, and if we assume that the whole world is like America, then geothermal power offers 8 kWh/d per person.” (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_237.shtml) (Fotnot 0.3:)

Fotnot 2.2.X.31: ”The report calculated the United States total EGS resources from 3–10 km of depth to be over 13,000 zettajoules, of which over 200 ZJ would be extractable, with the potential to increase this to over 2,000 ZJ with technology improvements — sufficient to provide all the world's current energy needs for several millennia.” (

http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_dry_rock_geothermal_energy#EGS_potential_in_the_United_States)
200 ZJ motsvarar:

$200 \times 10^{21} \text{ J} / 7000000000 \text{ människor} / 200 \text{ år} \approx 109 \text{ kWh per person och dygn i } 200 \text{ år}$

^{xxii} Fotnot 2.2.AP: ”The International Geothermal Association (IGA) has reported that 10,715 megawatts (MW) of geothermal power in 24 countries is online, which is expected to generate 67,246 GWh of electricity in 2010.” (http://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_energy#Electricity)
67246 GWh/år motsvarar 184 GWh per dygn:

$67246 \text{ GWh/år} / 365 \text{ dagar} \sim 184 \text{ GWh/dygn}$

184 GWh per dygn fördelat på världens 7 miljarder människor blir:

$184 \text{ GWh/dygn} / 7 \text{ miljarder människor} \sim 0,026 \text{ kWh/pp\&d}$

^{xxiii} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

^{xxiv} Fotnot 2.2.X.66: Dagens produktion av geotermisk energi för el-produktion är 184 GWh per dygn. (Fotnot 2.2.AP:)

Världens energiförbrukning är på totalt 407 miljarder kWh per dygn. (Fotnot 2.2.M:) För att den geotermiska elproduktionen ska motsvara 1% av energiförbrukningen så måste den öka 22 gånger:
 $22 \text{ ggr} * 184 \text{ GWh/dygn} \approx 1\% * 407 \text{ TWh/dygn}$

^{xxv} Fotnot 2.2.X.32: Försök för att framställa het ånga genom att pumpa ner vatten i torrt berg: (http://en.wikipedia.org/wiki/Hot_dry_rock_geothermal_energy)

^{xxvi} Fotnot 2.2.X.33: ”Den komprimerade geotermiska vätska som extraheras ur jordskorpan innehåller ofta en blandning av lösta gaser, framförallt koldioxid (CO₂) men även svavelväte (H₂S), svaveldioxid (SO₂), vätgas (H₂), metan (CH₄) och kvävgas (N₂). Då dessa gaser frigörs ut i atmosfären bidrar de till global uppvärmning, surt regn och ger ifrån sig en illaluktande lukt runt omkring den geotermiska stationen. Vissa kraftstationer är emellertid utrustade med system för att minska utsläppen av vissa av dessa gaser. Idag existerande geotermiska kraftstationer släpper i genomsnitt ut 122 kg CO₂ per MWh producerad elenergi, en liten men nämnvärd del jämfört med fossila bränslen.” (http://sv.wikipedia.org/wiki/Geotermisk_energi#Milj.C3.B6p.C3.A5verkan)
Som jämförelse släpper ett kolkraftverk ut 1000 kg CO₂ per MWh (Fotnot 2.1.AK:), och ett naturgas-kraftverk släpper ut 500 kg CO₂ per MWh. (Fotnot 2.2.T:)

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:
 $1\text{kWh} * 0,45\text{kg/lb} * 2,249\text{lbs/MWh} \approx 1,02\text{kg koldioxid}$

Fotnot 2.2.T: "The average emissions rates in the United States from natural gas-fired generation are: 1135 lbs/MWh of carbon dioxide, 0.1 lbs/MWh of sulfur dioxide, and 1.7 lbs/MWh of nitrogen oxides.1 Compared to the average air emissions from coal-fired generation, natural gas produces half as much carbon dioxide, less than a third as much nitrogen oxides, and one percent as much sulfur oxides at the power plant.2 In addition, the process of extraction, treatment, and transport of the natural gas to the power plant generates additional emissions." (

<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/natural-gas.html>)

Enheten lbs eller lb (pounds) är 0,45 kg. (

[http://en.wikipedia.org/wiki/Pound_\(mass\)#International_pound](http://en.wikipedia.org/wiki/Pound_(mass)#International_pound))

Koldioxidutsläppen från produktionen av 1kWh elektricitet är alltså: $1\text{kWh} * 0,45\text{kg/lb} * 1135\text{lbs/MWh} \approx 0,5\text{kg koldioxid}$

^{xxvii} Fotnot 2.2.X.34: Ytan är inte helt lätt att bedöma. Jag har dividerat ytan på "The Geysers" (Fotnot 2.2.AR:) som är ett av världens största geotermiska produktions-komplex med mängden el som de producerar. (955MW) Sådana fickor med torr het ånga som finns vid the Geysers är ovanliga och finns bara vid de tektoniska plattornas sprickzoner. Något liknande lär alltså inte finnas i Sverige. Samtidigt täcks inte hela ytan vid the Geysers av fabriker, så man kan hävda att den faktiskt använda ytan egentligen är mycket mindre.

Fotnot 2.2.AR: "The Geysers is a complex of 22 geothermal power plants, drawing steam from more than 350 wells, located in the Mayacamas Mountains 72 mi (116 km) north of San Francisco, California. The largest in the world, the Geysers has 1517 MW[1] of active installed capacity with an average production factor of 63 % (955 MW)." (http://en.wikipedia.org/wiki/The_Geysers)

^{xxviii} Fotnot 3.X.45: "According to the OECD factbook 2011-2012, worldwide, Iceland (85.6%) and Brazil (45.8%) exploit the greatest proportion of renewable energy to supply their total energy requirements (including electricity and other energy needs) with the world average percentage at 13.1%. Other countries in the OECD with a high total energy supply from renewable sources are - New Zealand (38.6%), Norway (37.3%), Sweden (32.7%), Austria (26%) Portugal (24%), Finland (24.9%), Chile (22.7%), Switzerland (18.8%), Denmark (18.8%), Canada (16.5%) and Estonia (14.4%).[9] Worldwide, other non-OECD nations with a higher percentage of renewable energy representing their total energy needs, than in comparison to the average from OECD countries (7.6%), are - Brazil (45.8%), Indonesia (34.4%), India (26.1%) and China (11.9%)." (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_renewable_energy_topics_by_country)

De tre länder som producerar mest förnybar el är Kina, EU och USA. (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_electricity_production_from_renewable_sources)

^{xxix} Fotnot 2.2.X.26: Om fusion i allmänhet: (http://en.wikipedia.org/wiki/Fusion_power)

Om ITER: (<http://en.wikipedia.org/wiki/Iter>) (<http://www.iter.org/>)

Om NIF: (http://en.wikipedia.org/wiki/National_Ignition_Facility) (<https://lasers.llnl.gov/>)

^{xxx} Fotnot 2.2.X.35: Den totala potentialen för saltkraft i världen bedöms vara 1600-1700TWh per år. (http://www.powermag.com/issues/departments/global_monitor/Norway-Inaugurates-Osmotic-Power-Plant_2425.html) Det motsvarar ca:
1650TWh / 7000000000människor / 365dygn \approx 0,65 kWh per person och dygn i världen

^{xxxi} Fotnot 2.2.X.67: "A full-size 25-MW osmotic power plant would require 5 million m² of membrane. That would require a plant the size of a soccer stadium. The operational scale of such a plant is stunning: To achieve an output of 1 MW, 1 cubic meter (m³) of freshwater per second must be mixed with 2 m³ of seawater at 12 bar. This means that a typical 25-MW plant would need 25 m³ of freshwater and 50 m³ of seawater per second." (http://www.powermag.com/issues/departments/global_monitor/Norway-Inaugurates-Osmotic-Power-Plant_2425.html)

Det krävs 16 stycken 25MW kraftverk i drift för att generera motsvarande 1 kWh per svensk och dygn:

$16 * 25MW * 24timmar / 9500000svenskar \approx 1 kWh/pp\&d$

Varje kraftverk kräver 25 m³ sötvatten per sekund, så tillsammans skulle de förbruka ca $16 * 25m^3/s \sim 394 m^3/s$

Det totala utflödet i havet från svenska vattendrag är ca $54+76+17+0,7+0,3+31 \sim 179 km^3/år$. (<http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenforing/1.7993>) så andelen som skulle behövas för att producera 1 kWh/pp&d är ca:

$394m^3/s / 179km^3/år \sim 6,9\%$

Allt vatten i alla Sveriges vattendrag skulle tillsammans kunna generera ca:

$179km^3/år / 394m^3/s/(kWh/pp\&d) \sim 14 kWh$ per person och dygn i Sverige

(Dessutom behövs ytterligare kraftverk för att täcka upp för EROEI, planerade stop för underhåll, filterbyten, m.m.)

^{xxxii} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

^{xxxiii} Fotnot 2.2.X.67: "A full-size 25-MW osmotic power plant would require 5 million m² of membrane. That would require a plant the size of a soccer stadium. The operational scale of such a plant is stunning: To achieve an output of 1 MW, 1 cubic meter (m³) of freshwater per second must be mixed with 2 m³ of seawater at 12 bar. This means that a typical 25-MW plant would need 25 m³ of freshwater and 50 m³ of seawater per second." (http://www.powermag.com/issues/departments/global_monitor/Norway-Inaugurates-Osmotic-Power-Plant_2425.html)

Det krävs 16 stycken 25MW kraftverk i drift för att generera motsvarande 1 kWh per svensk och dygn:

$16 * 25MW * 24timmar / 9500000svenskar \approx 1 kWh/pp\&d$

Varje kraftverk kräver 25 m³ sötvatten per sekund, så tillsammans skulle de förbruka ca $16 * 25m^3/s \sim 394 m^3/s$

Det totala utflödet i havet från svenska vattendrag är ca $54+76+17+0,7+0,3+31 \sim 179$ km³/år. (<http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenforing/1.7993>) så andelen som skulle behövas för att producera 1 kWh/pp&d är ca:

$394\text{m}^3/\text{s} / 179\text{km}^3/\text{år} \sim 6,9\%$

Allt vatten i alla Sveriges vattendrag skulle tillsammans kunna generera ca:

$179\text{km}^3/\text{år} / 394\text{m}^3/\text{s}/(\text{kWh}/\text{pp}\&\text{d}) \sim 14$ kWh per person och dygn i Sverige

(Dessutom behövs ytterligare kraftverk för att täcka upp för EROEI, planerade stop för underhåll, filterbyten, m.m.)

^{xxxiv} Fotnot 2.2.X.82: "High-altitude wind power" (http://en.wikipedia.org/wiki/High-altitude_wind_power)

^{xxxv} Fotnot 2.2.O: En anläggning på 400 km² skulle möjligen kunna fylla energi-gapet på 25 kWh per person och dygn. (Det är en yta som är nästan dubbelt så stor som den sammanlagda ytan av Sveriges alla golfbanor. (Fotnot 2.1.N:))

Låt oss anta att vi fyller luften över anläggningen med drakar i 3-dubbla lager. Låt oss anta att avståndet mellan "drakarna" är nio gånger "drakens" storlek. (D.v.s. "draken" upptar en 10:ndel av sträckan till nästa "drake".) Då får "drakarna" en sammanlagd yta på:

$3 * 400\text{km}^2 / 10 / 10 \approx 12$ km²

Vind-energin i jet-strömmarna är (med stor variation) i storleksordningen 2kW/m² vilket motsvarar 48kWh per kvadratmeter och dygn. (

https://energy.wesr.ch/User_images/Pdf/6RR_1257812270.pdf Figure 2.)

Vindkraftverk på marken kan utvinna 70-80% av den teoretiska gränsen på 59,3%. (

http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine_design#Aerodynamics) Låt oss anta att vindkraftverk i luften också skulle kunna utvinna 70%.

Då skulle den utvunna energin bli:

$12\text{km}^2 * 48\text{kWh}/\text{m}^2/\text{dag} * 70\% * 59,3\% / 9500000\text{personer} \approx 25$ kWh/pp&d

Det finns många felkällor i den här beräkningen; Jag har inte räknat med någon EROEI. Den borde bli lägre än för vanlig vindkraft eftersom en del energi går åt till att hålla draken i luften. Draken kan inte placeras vinkelrät mot vinden. Tre lager drakar ovanför varandra är förstas bara en gissning. Kanske är det bara möjligt att ha ett lager, eller så kan man fylla hela luftlagret med en drake var hundrade meter. Det får framtiden utvisa. Jet-strömmarna är på många håll starkare än 2kW/m², vilket ger mer energi. Samtidigt är det stiltje ibland även på de här höjderna, vilket måste hanteras. Kort sagt, tills dess att åtminstone en fullskalig prototyp finns i luften så är det väldigt mycket som är osäkert.

^{xxxvi} Fotnot 2.2.X.36:

^{xxxvii} Fotnot 2.2.X.36: "Several technologies have been proposed that aim at harnessing wind power at high altitudes. Most of them are still at an early stage of development, in which patents have been obtained but neither a business entity nor a commercial-scale prototype exist. No high-altitude wind power technology to date has produced a prototype that has been tested long enough to provide a solid record of electricity generation and associated costs." (

https://energy.wesr.ch/User_images/Pdf/6RR_1257812270.pdf)

Några av de som har kommit längst:

- KiteGen (<http://www.kitegen.com/en/>)
- Sky Windpower (<http://www.skywindpower.com/>)

- Makani Power (http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/vindkraft/article3290686.ece) (http://www.ted.com/talks/lang/eng/saul_griffith_on_kites_as_the_future_of_renewable_energy.html)

^{xxxviii} En anläggning på 400 km² skulle möjligen kunna fylla energi-gapet på 25 kWh per person och dygn. (Det är en yta som är nästan dubbelt så stor som den sammanlagda ytan av Sveriges alla golfbanor. (Fotnot 2.1.N:))

Låt oss anta att vi fyller luften över anläggningen med drakar i 3-dubbla lager. Låt oss anta att avståndet mellan "drakarna" är nio gånger "drakens" storlek. (D.v.s. "draken" upptar en 10:ndel av sträckan till nästa "drake".) Då får "drakarna" en sammanlagd yta på:

$$3 * 400\text{km}^2 / 10 / 10 \approx 12 \text{ km}^2$$

Vind-energin i jet-strömmarna är (med stor variation) i storleksordningen 2kW/m² vilket motsvarar 48kWh per kvadratmeter och dygn. (

https://energy.wesr.ch.com/User_images/Pdf/6RR_1257812270.pdf Figure 2.)

Vindkraftverk på marken kan utvinna 70-80% av den teoretiska gränsen på 59,3%. (

http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine_design#Aerodynamics) Låt oss anta att vindkraftverk i luften också skulle kunna utvinna 70%.

Då skulle den utvunna energin bli:

$$12\text{km}^2 * 48\text{kWh}/\text{m}^2/\text{dag} * 70\% * 59,3\% / 9500000\text{personer} \approx 25 \text{ kWh}/\text{pp}\&\text{d}$$

Det finns många felkällor i den här beräkningen; Jag har inte räknat med någon EROEI. Den borde bli lägre än för vanlig vindkraft eftersom en del energi går åt till att hålla draken i luften. Draken kan inte placeras vinkelrät mot vinden. Tre lager drakar ovanför varandra är förstas bara en gissning. Kanske är det bara möjligt att ha ett lager, eller så kan man fylla hela luftlagret med en drake var hundrade meter. Det får framtiden utvisa. Jet-strömmarna är på många håll starkare än 2kW/m², vilket ger mer energi. Samtidigt är det stiltje ibland även på de här höjderna, vilket måste hanteras. Kort sagt, tills dess att åtminstone en fullskalig prototyp finns i luften så är det väldigt mycket som är osäkert.

^{xxxix} Fotnot 2.2.P: "Generation IV reactors (Gen IV) are a set of theoretical nuclear reactor designs currently being researched. Most of these designs are generally not expected to be available for commercial construction before 2030." (http://en.wikipedia.org/wiki/Generation_IV_reactor)

^{xl} Fotnot 2.2.X.37: Dagens brid-reaktorer med uppberedningsanläggningar skulle kunna generera 160 kWh per person och dygn i 200 år. (Fotnot 2.2.H:) Fjärde generationens reaktor skulle säkert inte producera mindre.

Fotnot 2.2.H: "A once-through one-gigawatt nuclear power station uses 162 tons per year of uranium." (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c24/page_162.shtml) (Fotnot 0.3:)

Ett vanligt kärnkraftverk producerar alltså:

$$1\text{GW} * 1\text{år} / 162\text{ton} = 54000000 \text{ kWh per ton uran}$$

Låt oss anta att vi fördelar världens 27 miljarder ton uran (Fotnot 2.2.I:) mellan jordens 7 miljarder människor så att uranet räcker i 200 år. Då skulle vi få:

$$27000000\text{ton} * 54000000\text{kWh}/\text{ton} / 200\text{år} / 7000000000\text{människor} = 2,9\text{kWh per person och dygn brutto}$$

Använder man istället brid-reaktorer med uppberedningsanläggningar, så får man ut 60 gånger så mycket energi per ton uran. (Fotnot 2.2.AE:) Då skulle man få:

$$60 * 2,9\text{kWh}/\text{pp}\&\text{d} = 171 \text{ kWh per person och dygn brutto}$$

EROEI är upp till 15 gånger för kärnkraft: (<http://www.esf.edu/efb/hall/2009-05Hall0327.pdf> Figure 10)

För varje kWh man använder för att generera kärnkraft, så kan man alltså få upp till 15 kWh tillbaka. Från den energi som kärnkraften producerar, måste man alltså dra bort den energi som krävs för att utvinna kärnkraften.

Netto energin för vanlig kärnkraft blir alltså: $2,9\text{kWh/pp\&d} - 2,9\text{kWh/pp\&d} / 15 = 2,7 \text{ kWh/pp\&d}$

Netto energin för bryte-reaktorer blir alltså: $171\text{kWh/pp\&d} - 171\text{kWh/pp\&d} / 15 = 160 \text{ kWh/pp\&d}$
(I sustainable Energy –without the hot air (Fotnot 0.3:) räknar han med 1000 år och inte 200.)

Fotnot 2.2.I: "I'll add both the conventional uranium ore and the phosphates, to give a total resource of 27 million tons of uranium" (

http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c24/page_162.shtml) (Fotnot 0.3)

Detta inkluderar malmförekomster som just nu inte är lönsamma att bryta. (Därutöver finns det ytterligare 4,5 miljarder ton löst i havs-vattnet och eventuell malm som ännu inte har upptäckts.)

Fotnot 2.2.AE: "We'll consider two ways to use uranium in a reactor: (a) the widely-used once-through method gets energy mainly from the 235U (which makes up just 0.7% of uranium), and discards the remaining 238U; (b) fast breeder reactors, which are more expensive to build, convert the 238U to fissionable plutonium-239 and obtain roughly 60 times as much energy from the uranium." (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c24/page_162.shtml) (Fotnot 0.3:)

^{xli} Fotnot 2.2.X.38: Designen kan vara klar 2030. (Fotnot 2.2.P:) Sedan återstår att konstruera och bygga anläggningarna.

^{xlii} Fotnot 2.3.X.38: Hur mycket kärnkraft skulle behövas för att täcka Europas "Energi-gap" respektive för att producera all Europas energi?

Europas (Fotnot 2.3.F:) "Energi-gap" är ca 22 kWh/pp&d när all förnybar energi är utbyggd. (Fotnot KM.2X:) Det motsvarar ca 13 TWh per dygn:

$22\text{kWh/pp\&d} * 593000000 \text{ människor} \sim 13 \text{ TWh per dygn}$

År 2011 producerade Forsmark motsvarande 22000 GWh (Fotnot 2.3.AJ:)

För att producera 13 TWh per dygn skulle det alltså behövas:

$13\text{TWh/dygn} * 365\text{dygn/år} / 22000\text{GWh/år} \sim 220 \text{ st. kärnkraftverk av Forsmarks storlek}$

Europas landarea är ca 5700000 km² (Fotnot 2.2.X.4:) så det skulle bli ungefär ett kärnkraftverk var sextonde mil:

$220 * 16 * 16 \text{ mil} \sim 5700000 \text{ km}^2$

Om alla Europas 593 miljoner människor (Fotnot 2.3.G:) skulle få 150 kWh/pp&d från kärnkraft så skulle det krävas:

$150\text{kWh/pp\&d} * 593000000 \text{ människor} * 365\text{dagar/år} / 22000\text{GWh/år} \sim 1500 \text{ kärnkraftverk}$

Det skulle bli ungefär ett kärnkraftverk var sjätte mil:

$1500 \text{ kärnkraftverk} * 6,2 * 6,2 \text{ mil/kärnkraftverk} \sim 5700000 \text{ km}^2$

För att uranet ska räcka så behöver det vara bryte-reaktorer och inte konventionella kärnkraftverk. (Fotnot KM.2O:)

Fotnot 2.3.F: Jag har inte hittat tillräckligt med data för Rysslands och Turkiets Europeiska delar. Därför har jag räknat på hela Europa utom Ryssland och Turkiet. När jag här använder ordet Europa så är det Europa utom Ryssland och Turkiet jag menar. Hjälpt mig gärna att hitta befolkning, area, kustlängd, jordbruksareal, skogsareal och antal kärnkraftverk för Rysslands och Turkiets Europeiska delar. (Fotnot 0.6:)

Fotnot KM.2X: Kurs-mail "Klimat 2X: Ett alternativ för att fylla energi-gapet?" (http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2X_EttAlternativForAttFyllaEnerigapet.pdf)

Fotnot 2.3.AJ: År 2011 producerade Forsmark 23630 GWh. (<http://www.vattenfall.se/sv/produktion.htm>)
Med en korrigerig för en EROEI på 15 (Fotnot 2.1.AD:) blir det:
 $23630\text{GWh} - 23630\text{GWh} / 15 \sim 22000 \text{ GWh/år}$

Fotnot 2.2.X.4: "Hydroelectric production in Europe totals 590 TWh/y, or 67 GW; shared between 500 million, that's 3.2 kWh/d per person. ... If every country doubled its hydroelectric facilities ... then hydro would give 6.4 kWh/d per person." (http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_232.shtml) (Fotnot 0.3:)

Fotnot KM.2O: Kurs-mail "Klimat 2O: Kärnkraft" (http://klimatcbt.yolasite.com/resources/Klimat2O_Karnkraft.pdf)

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
- 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.

^{xliii} Fotnot 2.2.X.39: För att ge alla EU:s 500 miljoner medborgare (Fotnot 2.3.G:) en energimängd som motsvarar det svenska energi-gapet på 25 kWh per person och dygn krävs 33% effektiva mottagare med en storlek som Maltas yta på 316km². (http://en.wikipedia.org/wiki/Countries_by_area)
"The intensity of energy reaching Earth's surface might be about five kilowatts per square meter—about five times that of the sun at noon on a clear summer day at midlatitudes." (<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=farming-solar-energy-in-space>)
 $5\text{kWh/m}^2/\text{dag} * 33\% * 316\text{km}^2 / 500\text{miljonerEUmedborgare} \approx 25\text{kWh per person och dygn}$

Fotnot 2.3.G: Europa
Population: 593367928 människor
Land: 5699617 km²
Agricultural land: 1784517 km²
Forest: 2114680 km²
Coastal length: 104087 km

EU-27

Population: 498774956 människor

Land: 4275555 km²

Agricultural land: 1270361 km²

Forest: 1717129 km²

Coastal length: 67800 km

Sverige

Population: 9514406 människor

Land: 410335 km²

Agricultural land: 24409 km²

Forest: 307850 km²

Coastal length: 3218 km

Källor:

(http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_population) (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_and_outlying_territories_by_total_area) (

http://en.wikipedia.org/wiki/Land_use_statistics_by_country) (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_forest_area) (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_length_of_coastline)

^{xliv} Fotnot 2.2.X.40: Hur mycket energi finns det i havsströmmarna? Låt oss ta golfströmmen utanför Florida som exempel: "The relatively constant extractable energy density near the surface of the Florida Straits Current is about 1 kW/m² of flow area" (

http://ocsenergy.anl.gov/documents/docs/OCS_EIS_WhitePaper_Current.pdf)

Låt oss anta att vi fyller alla världens kontinentalsocklar med anläggningar som var och en är lika stor som tvärsnittsytan av vattnet på shelfen. Antag att anläggningarna kan ligga så tätt som 10 gånger shelfens bredd. Då blir anläggningarnas totala yta 4600km² (Fotnot 2.2.N:)

Vindkraftverk på marken kan utvinna 70-80% av den teoretiska gränsen på 59,3%. (

http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine_design#Aerodynamics) Låt oss anta vattenkraftverk som utnyttjar strömmarna också skulle kunna utvinna 70%.

Då skulle den utvunna energin bli:

$4600\text{km}^2 * 1\text{kW/m}^2 * 24\text{kWh/kW/dag} * 59,3\% * 70\% / 7000000000\text{människor} \approx 6,5\text{kWh/pp\&d}$

(Jag har inte räknat med någon EROEI eftersom vi här talar om framtida teknik.)

Fotnot 2.2.N: Runt kontinenterna finns oftast ett relativt grunt område i havet som kallas för kontinentalsockeln eller shelfen. Kontinentalsockeln är i genomsnitt 78 km bred och 130 m djup. (<http://www.answers.com/topic/ocean> Hjälp mig gärna att hitta en säkrare källa)

Jag har inte hittat någon uppgift om kontinentalsockelns längd, men den sammanlagda längden av ländernas kustlinjer är 504032 km enligt (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_length_of_coastline). Jag gör en grov

uppskattning av kontinenternas kustlängd till ca 2,5 gånger jordens omkrets. D.v.s. 200000 km. För våra beräkningar använder vi ett genomsnitt av dessa två längder: 350000 km

(Denna uppskattning är naturligtvis mycket grov. Hjälp mig gärna att göra en bättre.)

Antag att varje anläggning har en effektiv yta som är lika stor som tvärsnittsytan av vattnet ovanpå kontinentalsockeln. Antag att anläggningarna kan ligga så tätt som 10 gånger kontinentalsockelns bredd.

Då blir antalet anläggningar blir: $350000 / (10 * 78) \approx 450$ st anläggningar

Ytan per anläggning blir: $78\text{km} * 130\text{m} \approx 10\text{km}^2$
Den totala ytan blir alltså: $450\text{st} * 10\text{km}^2 \approx 4600\text{km}^2$

^{xlv} Fotnot 2.2.X.41: "Estimates of the uranium resources in sea water range up to 4×10^9 t U." (http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1104_scr.pdf)
En konventionell kärn-reaktor producerar ca 54000000 kWh per ton uran (Fotnot 2.2.H:)
Uranet i haven kan alltså räckta till:
 $4000000000\text{tUran} * 54000000\text{kWh/tUran} / 7000000000\text{människor} / 365\text{dygn/år} / 200\text{år} \approx 420$
kWh/pp&d

^{xlvi} Fotnot 2.2.Y: Antag att varje anläggning för insamling av uran har en adsorberande (=insamlade) yta som är lika stor som tvärsnittsytan av vattnet ovanpå kontinentalsockeln. Antag att anläggningarna kan ligga så tätt som 10 gånger shelfens bredd. Då blir den totala adsorberande ytan 4600 km^2 (Fotnot 2.2.N:)
Det adsorberande materialet kan på 7 dygn samla in nästan 64 mikro-gram uran per gram adsorberade material. (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 7)
Det adsorberande materialet väger 700 kg per 6000 m². (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 9) Det motsvarar: $700\text{kg} / 6000\text{m}^2 \approx 0,12 \text{ kg/m}^2$
Den totala anläggningsytan på 4600 km^2 väger alltså: $0,12\text{kg/m}^2 * 4600\text{km}^2 \approx 534000\text{ton}$
Varje dygn kan anläggningarna alltså samla in:
 $64\text{micro-gram/g} * 534000\text{ton} / 7\text{dygn} \approx 4857 \text{ kilo uran}$
En konventionell kärn-reaktor producerar ca 54000000 kWh per ton uran (Fotnot 2.2.H:)
Totalt kan anläggningarna alltså samla in:
 $54000000\text{kWh/tonUran} * 4857\text{kgUran} / 7000000000\text{människor} \approx 0,04 \text{ kWh per person och dygn}$
Man hoppas att kunna göra adsorbenten 15 gånger effektivare än den är idag. (Fotnot 2.2.Q:) Det skulle ge:
 $15 * 0,04\text{kWh/pp\&d} \approx 0,6 \text{ kWh per person och dygn}$

^{xlvii} Fotnot 2.2.X.42: "Expecting collection cost is 25,000 yen/kg-U which is twice of weekly spot price \$48/lb-U3O8 at October, 2009 spot price." (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 19)

^{xlviii} Fotnot 2.2.Q: "Radiation-induced graft polymerization cloud realize uranium adsorbent which has enough high mechanical strength for mooring and 15 times higher adsorption performance." (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 19)

^{xlix} Fotnot 2.2.X.43: "To confirm the number of repetition usage of adsorbent in adsorption and elution of uranium." (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 17 & sid 19)

^l Fotnot 2.2.Y: Antag att varje anläggning för insamling av uran har en adsorberande (=insamlade) yta som är lika stor som tvärsnittsytan av vattnet ovanpå kontinentalsockeln. Antag att

anläggningarna kan ligga så tätt som 10 gånger shelfens bredd. Då blir den totala adsorberande ytan 4600 km² (Fotnot 2.2.N:)

Det adsorberande materialet kan på 7 dygn samla in nästan 64 mikro-gram uran per gram adsorberade material. (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 7)

Det adsorberande materialet väger 700 kg per 6000 m². (<http://freedownloadb.com/pdf/2009115-tm-iaea-vienna-international-atomic-energy-5064084.html> sid 9) Det motsvarar: 700kg / 6000m² ≈ 0,12 kg/m²

Den totala anläggningsytan på 4600 km² väger alltså: 0,12kg/m² * 4600km² ≈ 534000ton

Varje dygn kan anläggningarna alltså samla in:

64micro-gram/g * 534000ton / 7dygn ≈ 4857 kilo uran

En konventionell kärn-reaktor producerar ca 54000000 kWh per ton uran (Fotnot 2.2.H:)

Totalt kan anläggningarna alltså samla in:

54000000kWh/tonUran * 4857kgUran / 7000000000människor ≈ 0,04 kWh per person och dygn

Man hoppas att kunna göra adsorbenten 15 gånger effektivare än den är idag. (Fotnot 2.2.Q:) Det skulle ge:

15 * 0,04kWh/pp&d ≈ 0,6 kWh per person och dygn

^{li} Fotnot 2.2.X.44: Vågkraft: "i Östersjön beräknas potentialen vara, 24 TWh årligen" (<http://www.el.angstrom.uu.se/forskningsprojekt/WavePower/Lysekilsprojektet.html#Varf%F6r>)

"Den totala arean ... för Östersjön är 386700 km²." (

http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/havsomr/havsomr_s0_s11.pdf)

"Arealen på vattenområdet ut till territorialvattengränsen kan uppskattas till 80 000 km²." (

http://www.scb.se/statistik/MI/MI0803/2003M00/MI03SA9801_03.pdf)

Om vi använder allt Sveriges territorialvatten till vågkraft får vi alltså ut ca:

24TWh * 80000km²/386700km² / 9500000svenskar / 365dygn ≈ 1,44 kWh per person och dygn

Från de 1,44 kWh som vågkraften producerar måste man dra bort den energi som krävs för tillverkning, installation och underhåll av vågkraftverken.

Jag vet inte EROEI för vågkraft. Låt oss räkna med samma som för vindkraft till havs, d.v.s. 50. (Fotnot 2.1.AG:)

Det är förmodligen alldeles för högt eftersom vindkraft generellt har en extremt hög EROEI för att vara en förnybar energi-källa. (Hjälp mig gärna att hitta en bättre uppskattning.)

Netto energin blir alltså: 1,44 kWh/pp&d – 1,44 kWh/pp&d / 50 = 1,41 kWh/pp&d

^{lii} Fotnot 2.2.AB: "We can estimate the total extractable power from waves by multiplying the length of exposed coastlines (roughly 300 000 km) by the typical power per unit length of coastline (10 kW per metre): the raw power is thus about 3000 GW.

Assuming 10% of this raw power is intercepted by systems that are 50%-efficient at converting power to electricity, wave power could deliver 0.5 kWh/d per person." (

http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_237.shtml) (Fotnot 0.3:)

^{liii} Fotnot 2.2.AQ: Idag finns ca 0,84 MW vågkraft installerad i världen. (

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_wave_power_stations#Wave_power_stations)

Vågkraften producerar för fullt bara när vågorna är lagom höga. Låt oss räkna med att de i genomsnitt levererar 33% av installerad kapacitet. Då produceras:

33% * 0,84MW * 24timmar ≈ 6720 kWh/dag

Fördelat på jordens 7 miljarder människor så blir det:

6720kWh/dag / 7000000000människor ≈ 0,000001 kWh/pp&d

^{liv} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

^{lv} Fotnot 2.2.X.45: Nuvarande el-produktion från vågenergi är 6720 kWh/dag (Fotnot 2.2.AQ:) Världens energiförbrukning är på totalt 407 miljarder kWh per dygn. (Fotnot 2.2.BA:) För att el-produktionen från vågenergin ska motsvara 1% av energiförbrukningen så måste den öka 57 miljoner gånger:
 $57000000 \text{ggr} * 6720 \text{kWh/dag} \approx 1\% * 407 \text{TWh/dag}$

^{lvi} Fotnot 2.2.U: En av de som har kommit längst med vågkraft är Pelamis. Det finns kanske en eller ett par Pelamis installerade idag. (<http://www.pelamiswave.com/our-projects/e-on-at-emec>) De installeras vid öppen atlantkust (t.ex. i Skottland. Inte i Sverige) eftersom det finns störst vågor där. En Pelamis P2 är 180 m lång och 4 m bred. Den väger 1350 ton. (<http://www.pelamiswave.com/development-history>) Som mest kan den leverera 750kW, men i genomsnitt levererar den 270 kW av det eftersom det är stiltje ibland. (<http://www.pelamiswave.com/our-projects/project/1/E.ON-at-EMEC>) En Pelamis levererar alltså i genomsnitt:
 $270 \text{kW} * 24 \text{h} = 6480 \text{ kWh/dag}$
Per meter levererar en Pelamis:
 $6480 \text{kWh/dag} / 180 \text{m} = 36 \text{ kWh per meter och dygn}$
För att täcka det svenska energigapet på 25 kWh/pp&d skulle det alltså krävas drygt 650 mil Pelamis om de var placerade i de stora vågorna vid den skottska atlantkusten:
 $25 \text{kWh/pp&d} * 9500000 \text{svenskar} / 36 \text{ kWh/m&dygn} \sim 650 \text{ mil}$
Sveriges kust är ca 240 mil. (<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=986&artikel=3659594>)

^{lvii} Fotnot 2.2.X.48: "På den svenska Västkusten gör skillnad i ebb och flod normalt ungefär 10 centimeter i Skagerrak och 5 centimeter i Kattegatt. Det syns knappt och låg- och högtryck som passerar påverkar havsnivån mycket mer än vad tidvattnet gör. När det blir springflod kan det dock bli så mycket som 40 centimeters skillnad i Skagerrak och 20 cm i Kattegatt. I Östersjön märks inte tidvattnet alls." (<http://grundskoleboken.se/wiki/Tidvatten#Effekter>)

^{lviii} Fotnot 2.2.X.47: "The Severn Barrage is any of a number of ideas for building a barrage from the English coast to the Welsh coast over the Severn tidal estuary." (http://en.wikipedia.org/wiki/Severn_Barrage) (http://maps.google.com/maps?f=q&source=s_q&hl=en&geocode=&q=Bristol+Channel,+UK&sl=37.0625,-95.677068&sspn=49.444078,78.662109&ie=UTF8&hq=&hnear=Bristol+Channel&ll=51.151786,-4.312134&spn=2.46718,4.916382&t=h&z=8)

^{lix} Fotnot 2.2.X.48: "På den svenska Västkusten gör skillnad i ebb och flod normalt ungefär 10 centimeter i Skagerrak och 5 centimeter i Kattegatt. Det syns knappt och låg- och högtryck som passerar påverkar havsnivån mycket mer än vad tidvattnet gör. När det blir springflod kan det dock bli så mycket som 40 centimeters skillnad i Skagerrak och 20 cm i Kattegatt. I Östersjön märks inte tidvattnet alls." (<http://grundskoleboken.se/wiki/Tidvatten#Effekter>)

^{lx} Fotnot 2.2.X.49: "There are several places in the world with tidal resources on the same scale as the Severn estuary. In Argentina there are two sites: San Jos´e and Golfo Nuevo; Australia has the Walcott Inlet; the USA & Canada share the Bay of Fundy; Canada has Cobequid; India has the Gulf of Khambat; the USA has Turnagain Arm and Knik Arm; and Russia has Tugur.

And then there is the world's tidal whopper, a place called Penzhinsk in Russia with a resource of 22 GW – ten times as big as the Severn!

Kowalik (2004) estimates that worldwide, 40–80 GW of tidal power could be generated. Shared between 6 billion people, that comes to 0.16–0.32 kWh/d per person." (

http://www.inference.phy.cam.ac.uk/withouthotair/c30/page_237.shtml) (Fotnot 0.3:)

^{lxi} Fotnot 2.2.V: Idag finns 7 tidvatten-kraftverk i drift. De har en sammanlagd kapacitet på 522 MW. (http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_tidal_power_stations#Operational)

Eftersom tidvattnet bara kommer in 2 gånger per dygn så kan kraftverken inte producera så mycket el hela tiden. Jag har inte hittat faktorn för hur stor andel de producerar, så låt oss ändå räkna med den angivna kapaciteten. Då producerar kraftverken:

$522\text{MW} * 24\text{h} = 12,5$ miljoner kWh per dygn

Den verkliga produktionen är troligen mindre än hälften.

^{lxii} Fotnot 2.2.M: Så här många gånger måste den nuvarande produktionen öka för att täcka en procent av världens energiförbrukning på totalt 407 miljarder kWh per dygn (Fotnot 2.2.BA:)

^{lxiii} Fotnot 2.2.X.50: Nuvarande el-produktion från tidvatten-kraftverk är (mycket) mindre än 12500000 kWh per dygn (Fotnot 2.2.V:)

Världens energiförbrukning är på totalt 407 miljarder kWh per dygn. (Fotnot 2.2.BA:) För att el-produktionen från tidvatten-kraftverken ska motsvara 1% av energiförbrukningen så måste den öka 325 gånger.

$325\text{ggr} * 12500000\text{kWh/dag} \approx 1\% * 407\text{TWh/dag}$

^{lxiv} Fotnot 2.2.X.51: En EroEI på 40 för tidvattenkraft nämns i den här artikeln (

<http://www.link75.org/mmb/Cybrary/chopstidal/Tidal%20Energy%20Article%20UK.doc>)

(Varning, Åsikt (Fotnot 0.5:): Personligen tycker jag att det låter högt för en teknik som inte massproduceras?) Hjälp mig gärna att hitta en bättre källa.

^{lxv} Fotnot 2.2.AV: En halv megawatt E-cat i Bologna (

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3303681.ece)

Half a megawatt E-cat in Bologna (

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3303682.ece)

^{lxvi} Fotnot 2.2.X.88: "Svensk investering i E-cat hejdad efter test" (

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3535258.ece)

^{lxvii} Fotnot 2.2.X.87: "På nätet marknadsförs redan E-cat i större och mindre skala. Leveranser sägs kunna ske inom tre månader. ... Det finns goda skäl att vara försiktig när det gäller att satsa pengar

på ny, oprövd teknik. När det gäller E-cat är frågetecknen särskilt många. ... Kritikerna pekar bland annat på ett besök som Floridas strålsäkerhetsmyndighet gjorde tidigare i år på Rossis adress i Miami. Då ska italienaren ha hävdade att produktionen av E-cat inte sker i USA, något som tycks stå i strid med hans tidigare uppgifter. Det är okänt var en eventuell fabrik finns.”
(<http://www.nyteknik.se/asikter/ledare/article3535984.ece>)

^{lxviii} Fotnot 2.2.AY: Angående priset på energi från E-Cat (Fotnot 4.S.): ”Rossi estimates that the cost of energy made with this system will be below 1 cent/kWh, in case of electric power made by means of a Carnot cycle, and below 1 cent/4,000 M J in case of thermal power production for heating purposes. That is several times cheaper than energy from fossil fuel sources such as coal or natural gas.” ([http://peswiki.com/index.php/Directory:Andrea A. Rossi Cold Fusion Generator#Costs](http://peswiki.com/index.php/Directory:Andrea_A._Rossi_Cold_Fusion_Generator#Costs))
Andrea Rossi om E-Cat: “I want to put it in commerce at a price of 500 euros per kW” (Fotnot 2.2.AZ:)

Fotnot 4.S: Andrea Rossis energi-katalysator E-cat: ([http://en.wikipedia.org/wiki/Energy Catalyzer](http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_Catalyzer))

^{lxix} Fotnot 2.2.AZ: Andrea Rossi

October 8th, 2011 at 1:43 AM

Dear Francesco Toro,

The E-Cat basic module “for the People”, that we will put in commerce within months, will be 40 cm long, 40 cm large, 40 cm high, will weight 60 kg, the shape of a cube. I need a design cheap (I want to put it in commerce at a price of 500 euros per kW) but nice, very nice. I will buy the design which I will choose and everybody has my honour word that I will not use designs not paid. I need it within two months.

Go to the report of Nyteknik (google “Nyteknik E-Cat Test October 6”) to see the pipes position: that will be it.

Please send proposals to

info@leonardocorp1996.com

I am sure that from the enthusiasm of our Readers will pop up a masterpiece.

Warm Regards,

Andrea Rossi”

(<http://www.journal-of-nuclear-physics.com/?p=510&cpage=18>)

(<http://www.e-catworld.com/2011/10/following-bologna-test-andrea-rossi-works-towards-1-mw-plant-launch-seeks-help-in-designing-an-e-cat-for-the-people/>)

^{lxx} Fotnot 2.2.X.73: OM E-Cat fungerar som utlovat så kan den fylla hela det svenska energi-gapet med ett enda kraftverk.

Drygt 100 enheter användes vid E-Cat (Fotnot 4.S:) testet som skulle ha producerat 1MW, Troligen 107 stycken. (Fotnot 2.2.AV:)

Testet producerade i genomsnitt 467 kW i stället för 1 MW. Enligt uppgift för att kunna styra processen utan att tillföra elektrisk ström. (Fotnot 2.2.AV:)

I testet producerade alltså varje enhet:

467kW / 107st ≈ 4,5 kW per enhet

De kommersiella enheterna ska producera 10kW, så låt oss räkna med det.

De kommersiella enheterna ska vara en kub med 40 cm sida. (Fotnot 2.2.AZ:)

Energigapet är på 25 kWh/pp&d. För att täcka det behövs alltså så här många m3 E-Cat:

$25\text{kWh/pp\&d} * 9500000\text{svenskar} * 0,4^3\text{m}^3/\text{enhet} / (10\text{kW} * 24\text{timmar})\text{kWh}/\text{enhet\&dygn} \approx 63000$
m³

Det motsvarar en yta på 80 m i kvadrat täckt med ett 10 meter tjockt lager E-Cat moduler.

I verkligheten så kan naturligtvis inte enheterna staplas så tätt. Låt oss säga att de skulle kunna rymmas i en stor industrilokal på 150 * 150 m i 5 våningar, plus kringbyggnader. (Kontor, turbin, transformatorstation, kylning, etc.) Låt oss säga totalt ca 200 m i kvadrat.

Om värme-energin ska omvandlas till elektricitet så går en del av energin förlorad i konverteringen. Låt oss säga att 20% blir elektricitet och resten spillvärme. Då krävs 5 sådana här anläggningar för att täcka det svenska energi-gapet.

^{lxxi} Fotnot 0.13:

^{lxxii} Fotnot 0.13: Det som inte tål att skrattas åt är väl inte heller värt att ta på allvar :-)

^{lxxiii} 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.