

# Hållbara energisystem



-Överblick  
-Fossila bränslen

24 april, 2017

Liv Lundberg  
Fysisk resursteori  
livl@chalmers.se

<https://www.youtube.com/watch?v=INRWxN7jKII&feature=youtu.be&list=WL&t=2164>

## Efter föreläsningen ska ni kunna svara på

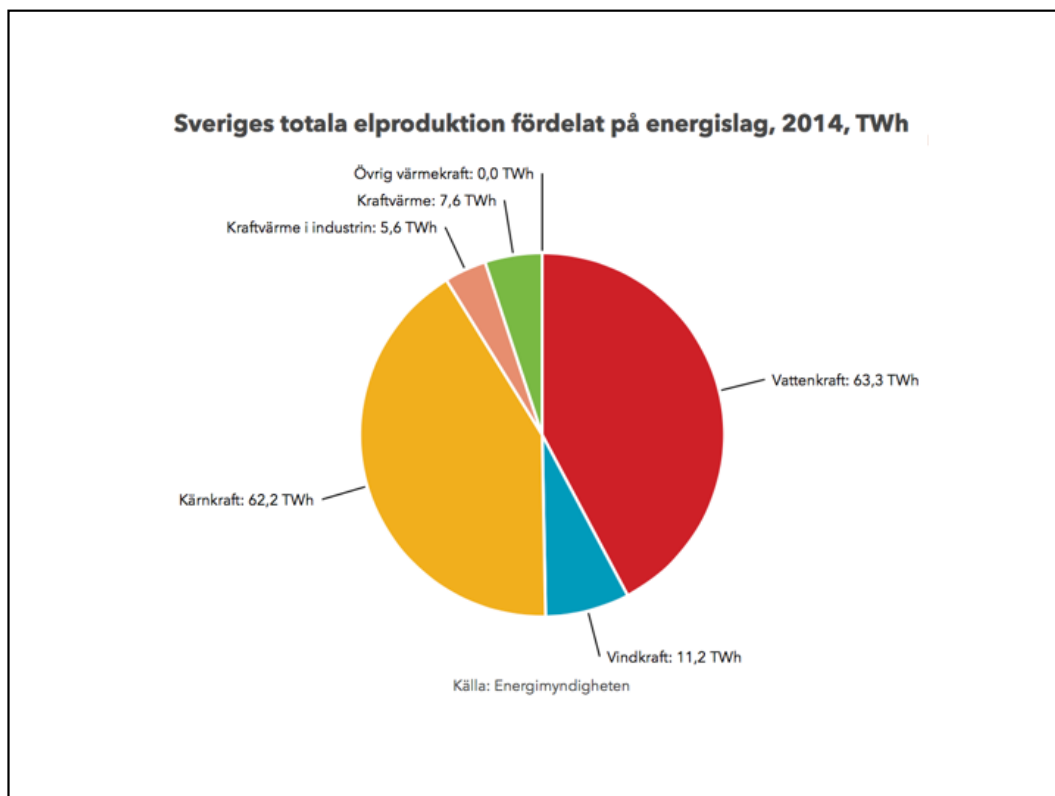
- Ungefär hur mycket energi som används idag och hur utvecklingen varit över tid
- Vilka energislag som dominerar energitillförseln globalt
- Vilka de tre utmaningarna som energisystemet står inför är
- Skillnaderna mellan reserver och resurser
- Huvuddragen för olika typer av fossil energi

## Upplägg

- Energisystemet – en överblick
- Tre utmaningar som energisystemet står inför
- Fossil energi
  - Kol
  - Olja
  - Naturgas
  - CCS

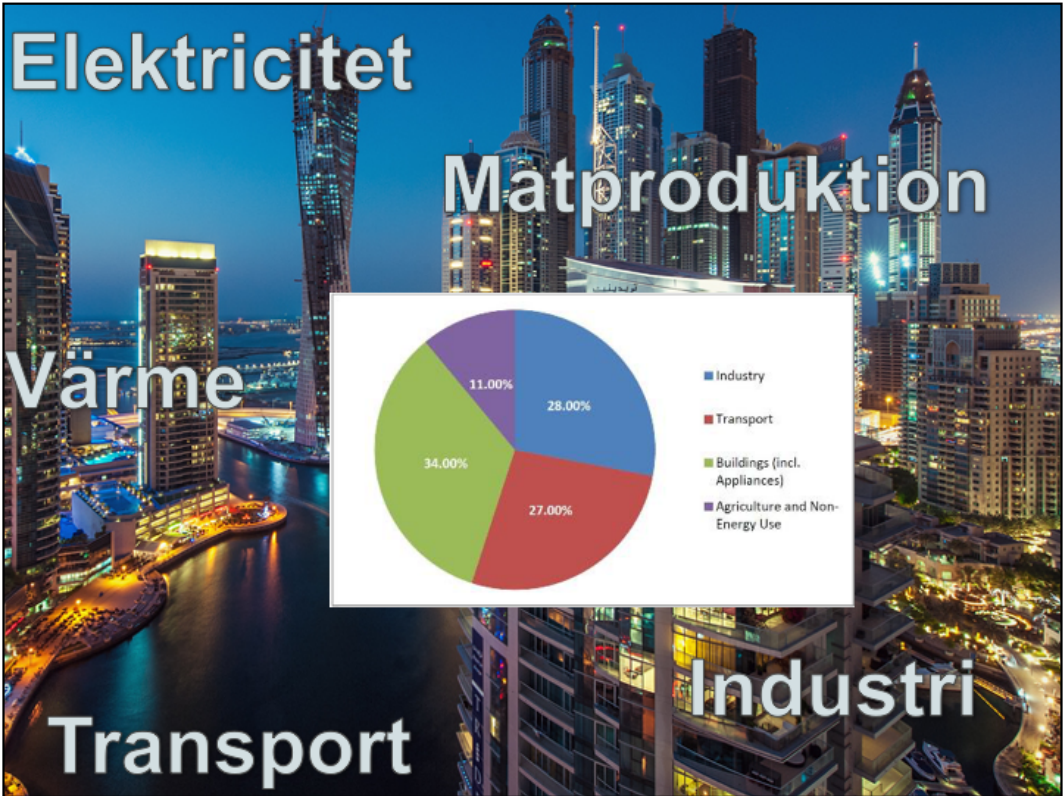
Hur mycket el används i Sverige idag?  
Vilka energikällor använder vi elproduktion?

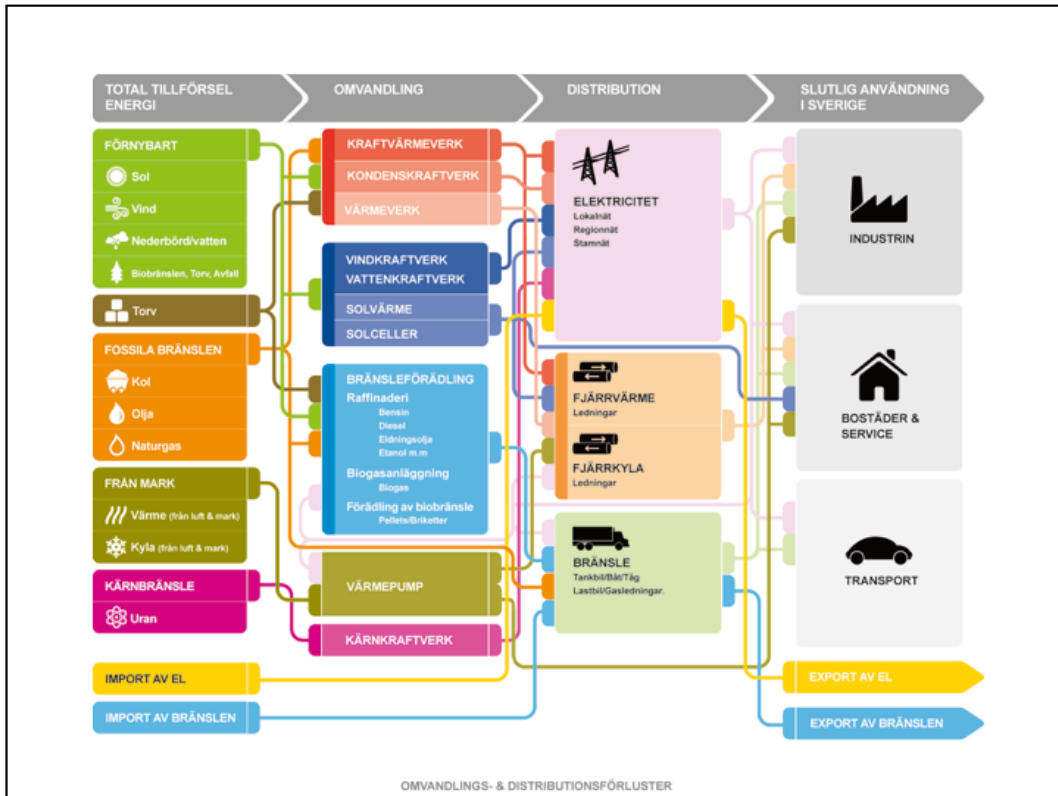
Diskutera i par, 2 minuter



Total el: ca 140TWh

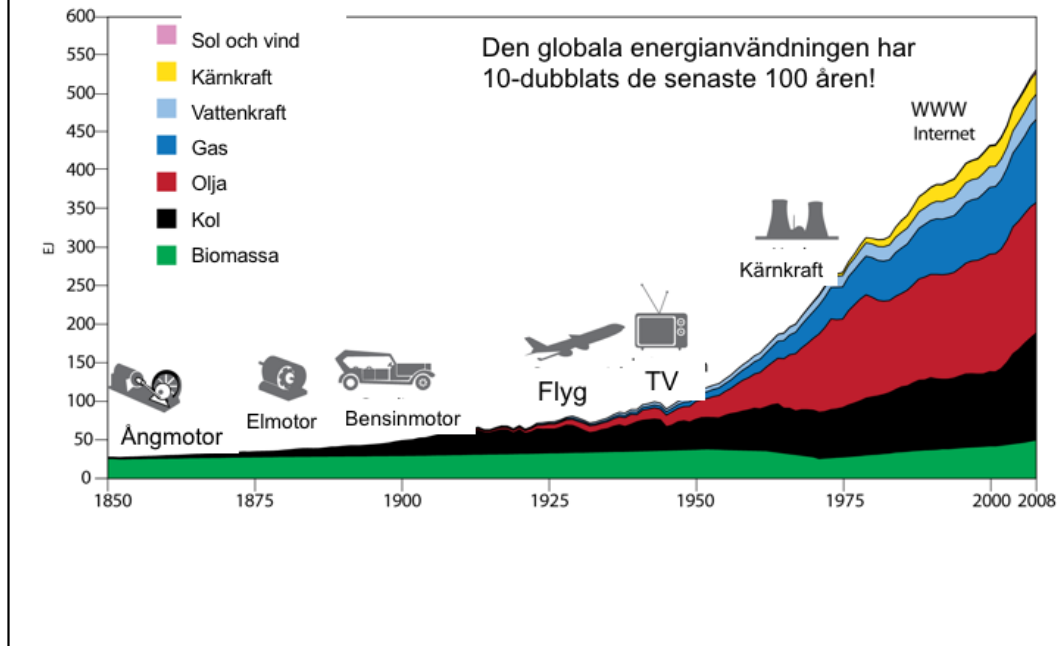
Vind: ca 8%.





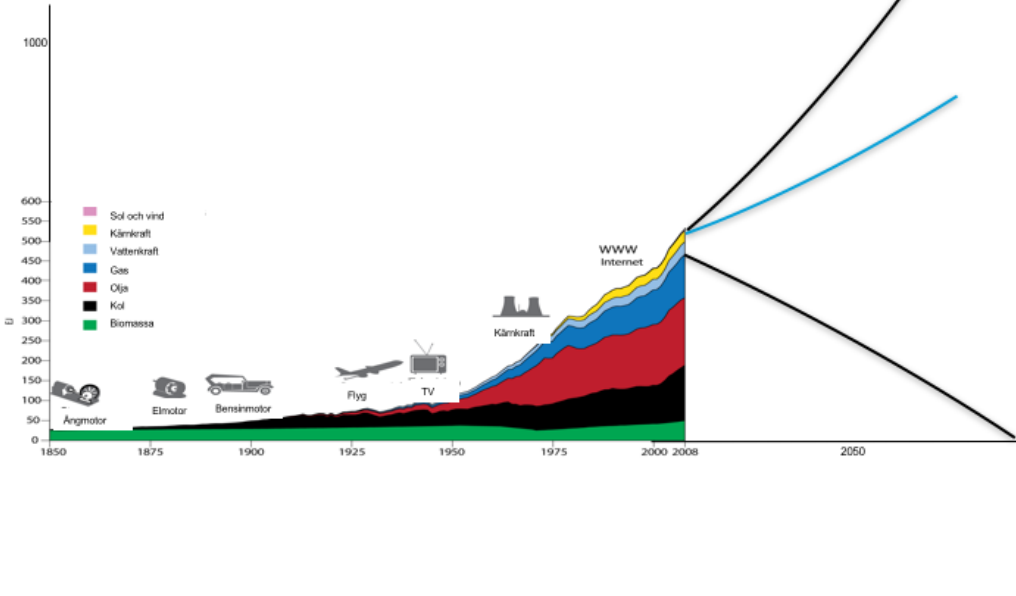


## Global primärenergi användning



Kan jämföras med all el i Sverige som är ca 0.5 EJ.

# Energi



## Energisystemet står inför 3 stora utmaningar



- Miljöutmaningen

- Minska miljöpåverkan av energianvändning, framförallt klimatpåverkan



- Utvecklingsutmaningen

- 2,4 Mdr människor är fortfarande beroende av traditionell bioenergi



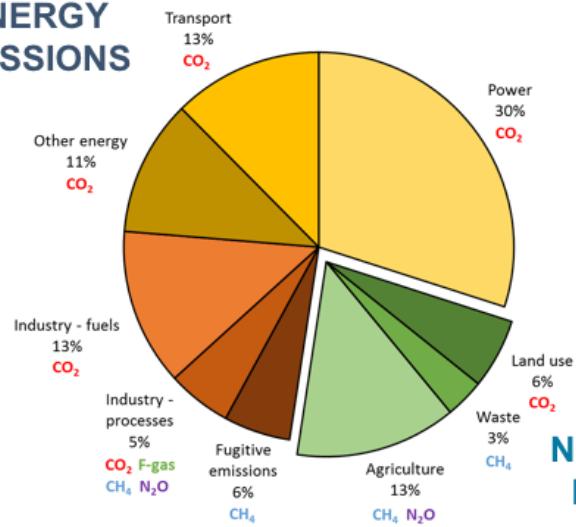
- Resurs- & säkerhetsutmaningen

- Ställa om från ändliga till förnybara energikällor, samt minska beroendet av energiimport

# Globala CO<sub>2</sub> utsläpp 2010

Totala utsläpp: 47 GtCO<sub>2</sub> (eq) / år

## ENERGY EMISSIONS



Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) 2.0  
World Resources Institute, <http://cait.wri.org>

## Lokal miljöpåverkan



Tysk ambassadpersonal i New Dehli ska bara vara där 3 år istället för 4 på grund av luft föroreningar, infördes 2015. Flera barn hade fått problem med andning (1 av 3 barn).

2030 siktar Indien på att ha 100% elektriska bilar.

Kina första "Red alert" om luftföroreningar i December 2015. Staden "stängde ner".

"red alert is issued when the air quality index is forecast to exceed 200, a level the US deems "very unhealthy", for at least three days". Nu har de ändrat det till 500. Folk åker till shoppingcenter för att kunna vara ute i friskluft.

## Energisystemet står inför 3 stora utmaningar



- Miljöutmaningen

- Minska miljöpåverkan av energianvändning, framförallt klimatpåverkan



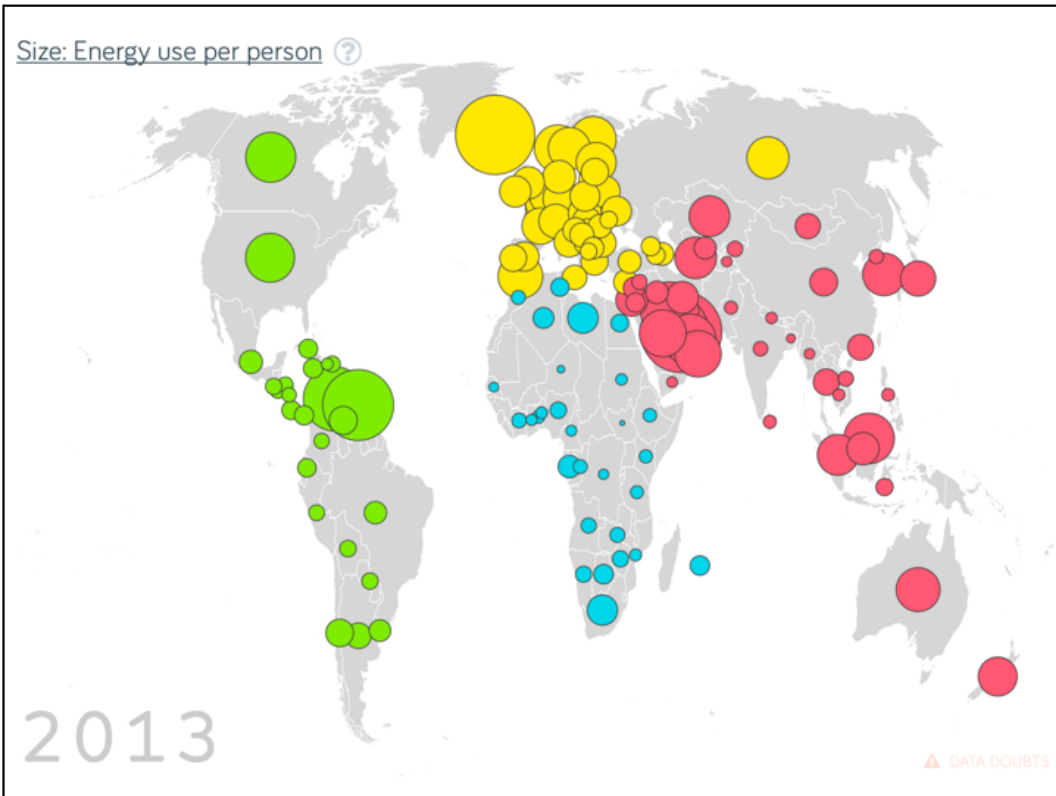
- Utvecklingsutmaningen

- 2,4 Mdr människor är fortfarande beroende av traditionell bioenergi

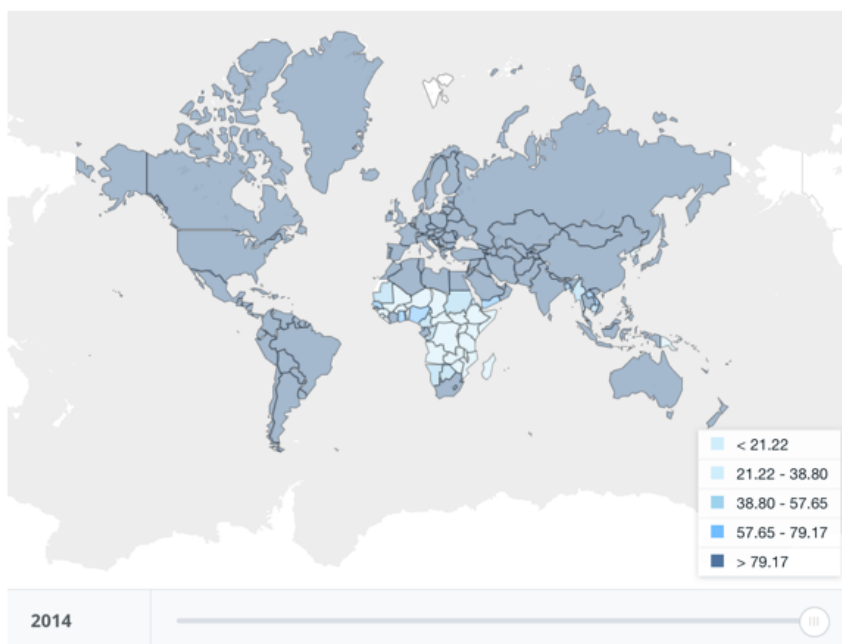


- Resurs- & säkerhetsutmaningen

- Ställa om från ändliga till förnybara energikällor, samt minska beroendet av energiimport



## % av befolkningen som har tillgång till el



<http://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?view=map&year=2014>





Baba Evelina i Tanzania som förlorade båda sina armar när han trillade in i en eld och blev svårt brännskadad. Ett exempel på problemen med att använda eldar till att laga mat istället för att använda el. Det allvarligaste problemet är dock luftföroreningar inomhus.





Barn som leker vid en eld som används för matlagning i Tanzania

## Varför är det så viktigt att stödja övergången till moderna energibärare i Syd?

- Minskade hälsoeffekter
  - Varje år dör uppemot fyra miljoner människor, mest kvinnor och barn, av lokala luftföroreningar från ineffektiva spisar



<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/en/>

## Varför är det så viktigt att stödja övergången till moderna energibärare i Syd?

- Att samla ved tar mycket tid.
  - Tar tid från utbildning och annan produktion



## Varför är det så viktigt att stödja övergången till moderna energibärare i Syd?

- Avsaknad av moderna energibärare (bensin, diesel, elektricitet) kan vara ett stort hinder för utveckling
  - Tillgång till belysning förlänger dygnets produktiva tid





Solceller på barnhem i Tanzania





Med el kan man ladda mobiltelefoner



Ha en lokal pub, med en liten tv och lampa



Ha skola också när det är mörkt



Ha datorer

Varför är det så viktigt att stödja övergången till moderna energibärare i Syd?



<http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/nature/inside-north-koreas-environmental-collapse/>

## Varför är det så viktigt att stödja övergången till moderna energibärare i Syd?

- Minskar lokal och global miljöpåverkan



<http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/nature/inside-north-koreas-environmental-collapse/>

## Energisystemet står inför 3 stora utmaningar



- **Miljöutmaningen**

- Minska miljöpåverkan av energianvändning, framförallt klimatpåverkan



- **Utvecklingsutmaningen**

- 2,4 Mdr människor är fortfarande beroende av traditionell bioenergi



- **Resurs- & säkerhetsutmaningen**

- Ställa om från ändliga till förnybara energikällor, samt minska beroendet av energiimport

<https://www.youtube.com/watch?v=qOZXLW81sBU>

3.31

## Vad är energisäkerhet?

Definition av trygg energiförsörjning:

*"Energisystemets kapacitet, flexibilitet och robusthet att leverera energi i önskad omfattning i tid och rum enligt användarnas behov till en accepterad kostnad samt marknadens, offentlig sektors och användarnas samlade krishanteringsförmåga."*

- Energimyndigheten, 2009



## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)

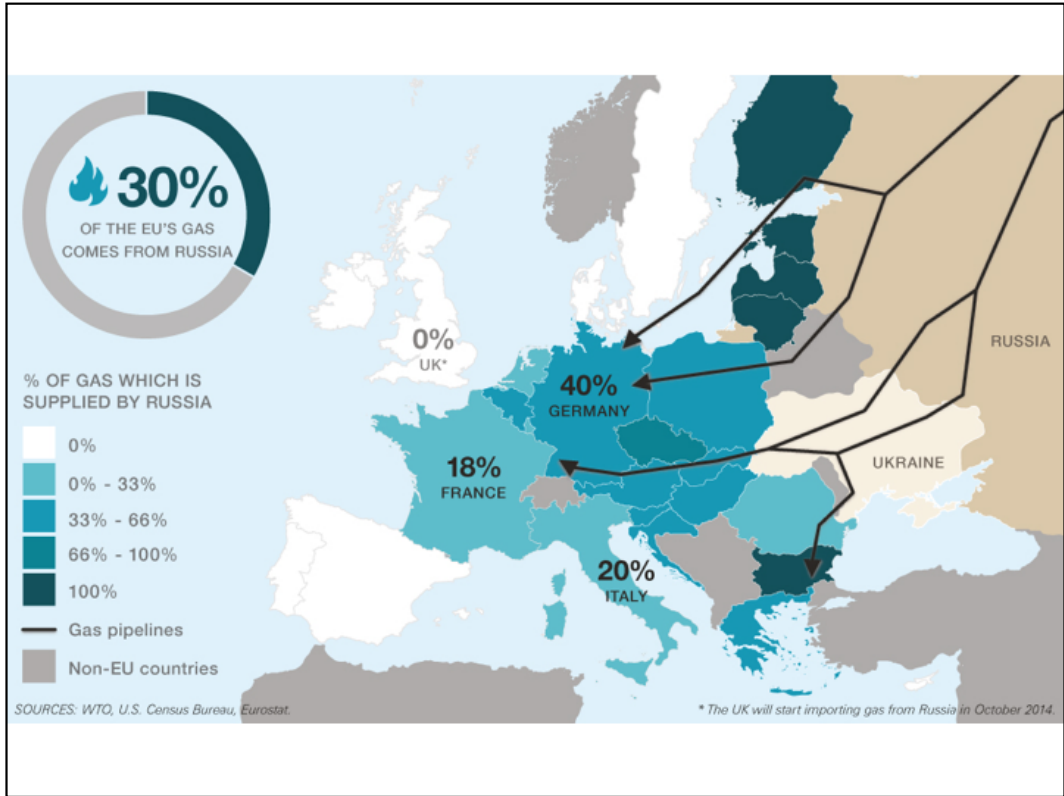


I Sverige är allt dimensionerat för att vilken enhet som helst ska kunna gå ner (ledning, kraftverk). Tex Oskarshamn 3 ska kunna gå ner, vilket är stora kraftverket. Ca 1400 MW.

Avtal Sverige: stora industrier stänger ner/minskar elanvändning vid brist.

## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende



<http://edition.cnn.com/2014/06/16/business/eu-gas-russia/>

# Marknader

Volym som handlas internationellt jämfört med  
produktion:

- Olja  $\approx$  65 % (BP, 2009)
- Naturgas  $\approx$  30 % (BP, 2009)
- Kol  $\approx$  15 %



<http://www.theguardian.com/commentisfree/2012/mar/29/petrol-panic-wartime-spirit-symbolism>

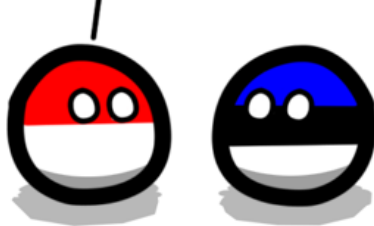
## Årligt exportvärde globalt, medel för 2003-2005

- Olja ~ US\$ 700 billion
- Naturgas ~ US\$ 120 billion
- Kol ~ US\$ 33 billion
- Som jämförelse,
  - Järn och stål~ US\$ 250 billion
  - Aluminium ~ US\$ 30 billion
  - Vete ~ US\$ 18 billion

Let us first take a look at the export value of these fuels. The economic value of export of oil is estimated to about US\$ 700 billion for the yearly average of the export between 2003 and 2005. While the export value for natural gas 120 US\$ billion and hard coal is about US\$ 33 billion. These fuel are all important commodities in world trade. For example, the export value of iron and steel for the same period of time was US\$ 250, while other important commodities such as aluminium and wheat was 30 and 18 US\$ billion respectively.

It is important to realize that the energy commodities are in many aspects very important for the current global economy.

So I heard that New Zealand found some oi-



Did somebody say oil?



## Vad påverkar energisäkerheten?

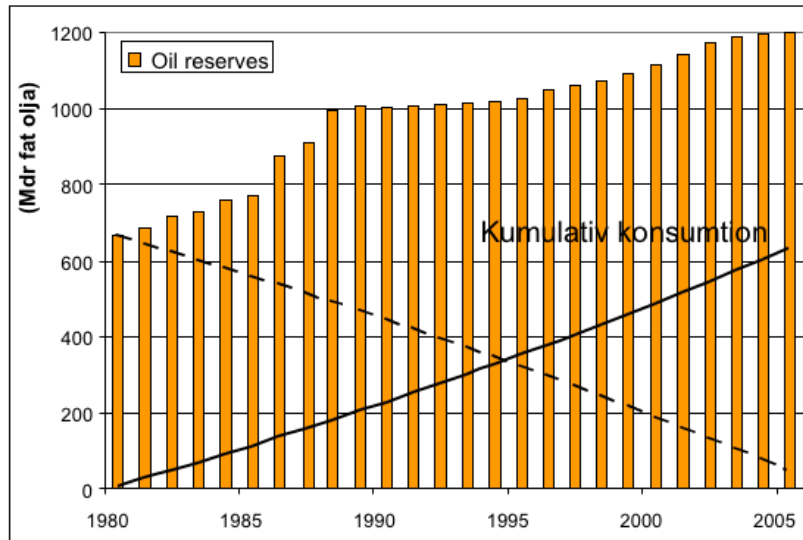
- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende



## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende
- Tillgång
  - Fosila resurser är ändliga

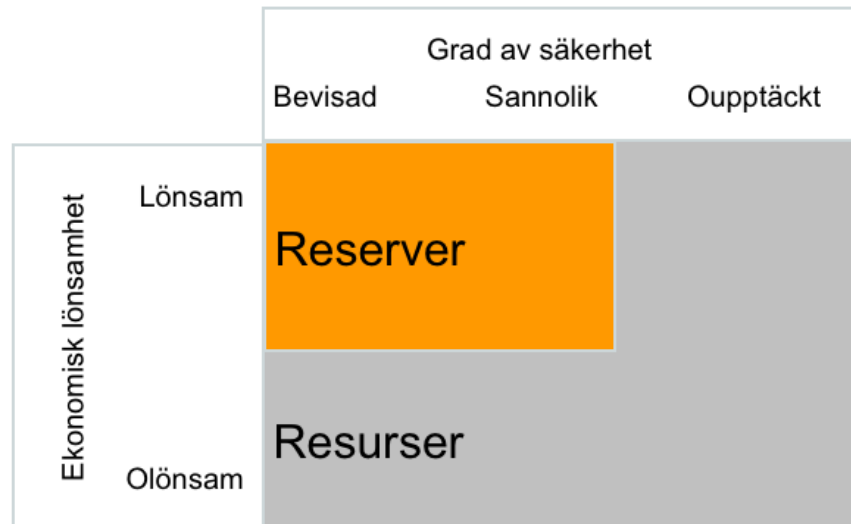
## Oljereservernas utveckling



"Reserver" och "resurser"

# Reserver och resurser

Reserver är en delmängd av totala resurser.

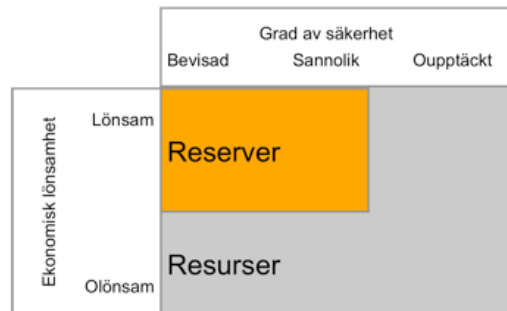


Resurser är den totala tillgången som finns i världen (av tex kol eller olja). Det inkluderar även fyndigheter som vi inte har upptäckt än och fyndigheter som vi vet finns men som vi inte kan utvinna med dagens teknik. Reserver är den delen av resurserna som är hittade och som är lönsamma att utvinna med dagens teknik.

# Två och två

Vad händer med grafen om:

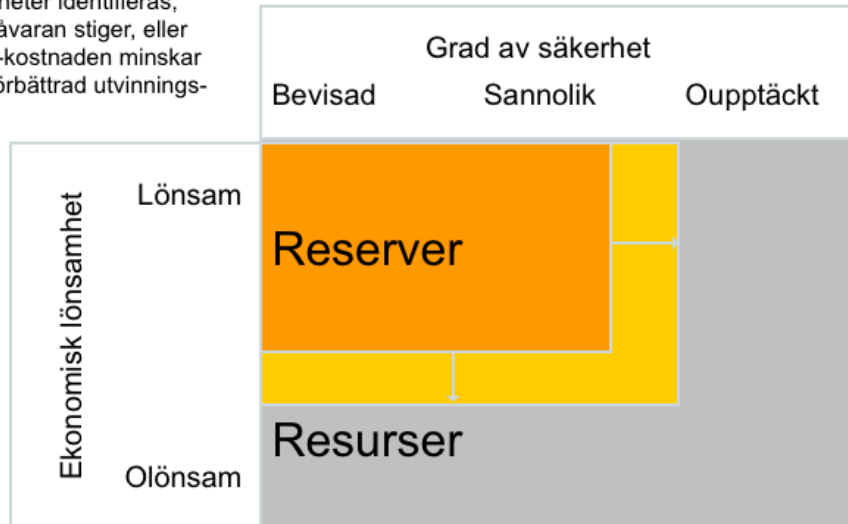
- 1) Ny teknik utvecklas?
- 2) Nya fyndigheter hittas?
- 3) Hur påverkar marknadspriset figuren?



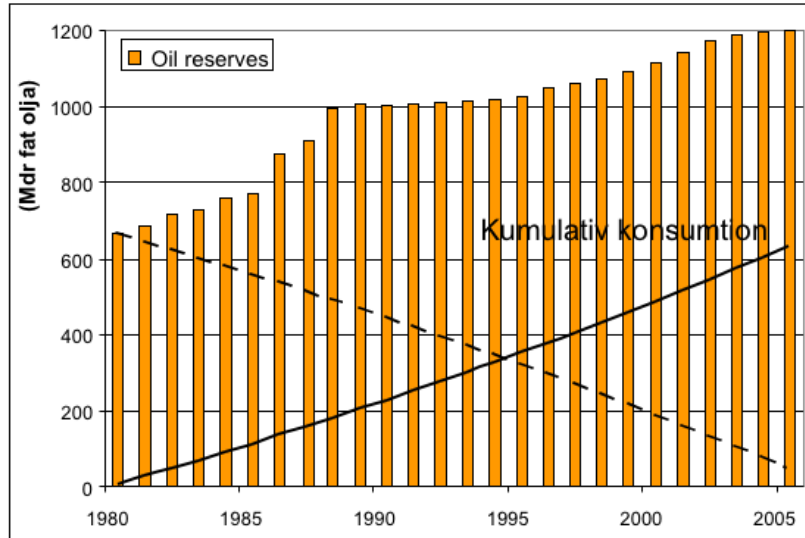
# Reserver och resurser

Reserver är en delmängd av totala resurser.

Reserverna ökar i storlek om  
1) nya fyndigheter identifieras,  
2) priset på råvaran stiger, eller  
3) utvinnings-kostnaden minskar  
genom t ex förbättrad utvinnings-  
teknik.



## Oljereservernas utveckling



## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende
- Tillgång
  - Fosila resurser är ändliga
  - På kort sikt: intermittens (sol och vind)



## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende
- Tillgång
  - Fosila resurser är ändliga
  - På kort sikt: intermittens (sol och vind)

Intermittens är fluktationer i tillgång som vi inte kan påverka (tex det blåser inte alltid). Mer om det kommer i föreläsningen om sol och vind.

## Vad påverkar energisäkerheten?

- Infrastruktur (tex elnät)
- Importberoende
- Tillgång
  - Fosila resurser är ändliga
  - På kort sikt: intermittens (sol och vind)
- Pris

## Vilka faktorer formar elsystemet?

- Politik – vad är politiskt acceptabelt (tex vill folk ha kärnkraft?)
- Geografi – vilka naturtillgångar finns i landet (tex: kolfyndigheter, floder för vattenkraft etc).
- Teknik – vilka tekniker finns för att producera el
- Ekonomi – vad kostar det att producera el med de olika kraftverkstyperna.

Ekonomi

## Kostnad för elproduktion

- Kostnad per producerad kWh.

Denna del är viktig för inlämningsuppgiften, men det kommer inte komma detaljfrågor om det på duggan.

Vilka faktorer påverkar kostnaden för  
elproduktion?

## Vilka faktorer påverkar kostnaden för elproduktion?

- Investeringskostnad - engångskostnad
- Ev underhållskostnad
- Bränslekostnad- kostnad för produktion
- Skatt



## Investeringskostnad



- Bygger kolkraftverk för 20 miljarder SEK ( $20 \cdot 10^9$  SEK).
- Kolkraftverket har kapaciteten 1 GW.



## Investeringskostnad per år

- Vi tar ett lån på 20 miljarder SEK för att kunna täcka investeringskostnaden (IK).
- Lånet ska återbetalas under kraftverkets livstid (T) som är 30 år.
- Räntan på lånet (r) är 5%.
- Vi betalar tillbaka på årsbasis (1 betalning per år)
- Lånet är ett annuitetslån (dvs vi betalar lika mycket varje år)
- Vad blir den årliga betalningen?

## Investeringskostnad per år

- Årlig betalning med annuitet =  $IK \cdot AF$

$$AF = \frac{r}{1 - \frac{1}{(1+r)^T}}$$

- $r=0.05$ ,  $T=30$
- $AF=0.065$
- Årlig betalning =  $20 \cdot 10^9 \cdot 0.065 = 1.3$  miljarder SEK/år

## Kapacitet/effekt

- Vad innebär 1GW?
- $W = J/s$  (effekt=energi per tidsenhet)
- 1GW effekt betyder att när kraftverket fungerar optimalt så producerar det 1GJ energi per sekund.
- På ett år:  $1GW * 24h/dag * 365 \text{ dagar/år} = 8760 \text{ GWh/år}$

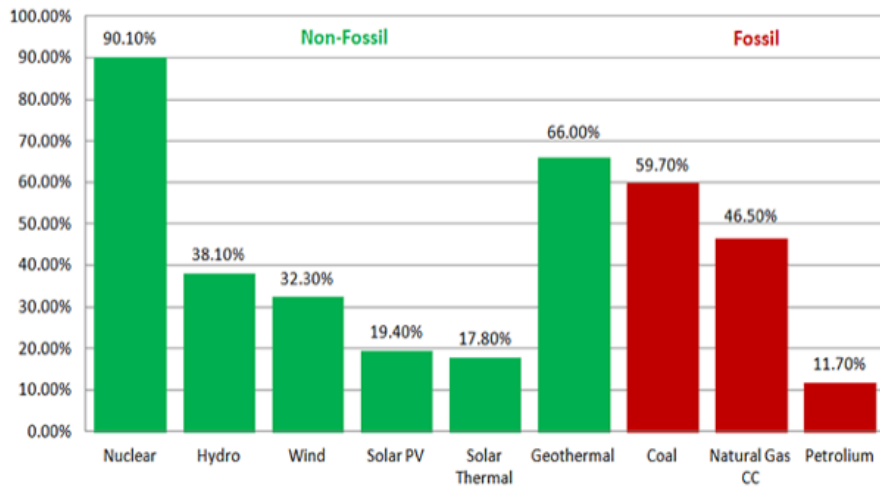
## Kapacitetsfaktor

- Kraftverket producerar inte hela tiden (eller i alla fall inte på full effekt).
- Kapacitetsfaktor=Faktiskt produktion/Maximal teoretisk produktion
- Faktiskt produktion under ett år = maximal teoretisk produktion \* kapacitetsfaktorn.
- Kapacitetsfaktorn i vårt exempel: 75%
- =  $8760 \text{ GWh/år} * 0.75 \Rightarrow 6570 \text{ GWh/år}$

# Kapacitetsfaktor

## 2013 Capacity Factors by Energy Source

(Source: U.S. Energy Information Administration)

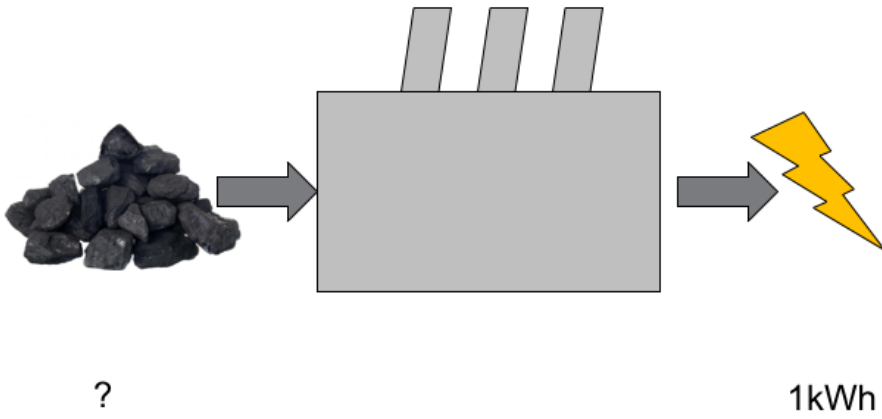


## Investeringskostnad per kWh

=(årlig investeringskostnad + eventuellt drift och underhåll)/total produktion per år

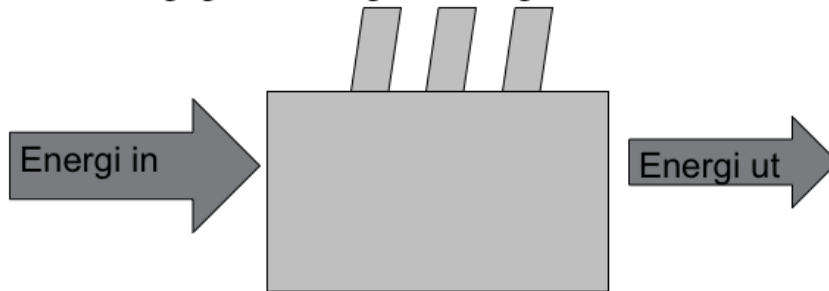
= $1.3 \cdot 10^9$  SEK/år /  $6570 \cdot 10^6$  kWh/år = 0.2 SEK/kWh

## Kostnad för bränsle



## Verkningsgrad

- Verkningsgrad=Energi ut/Energi in



Verkningsgrad i vårt exempel=35%

$$\text{Energi in} = \text{energi ut} / \text{verkningsgrad} = 1 \text{ kWh}_{\text{el}} / 0.35 (\text{kWh}_{\text{el}} / \text{kWh}_{\text{bränsle}}) \\ = 2.86 \text{ kWh}_{\text{bränsle}}$$

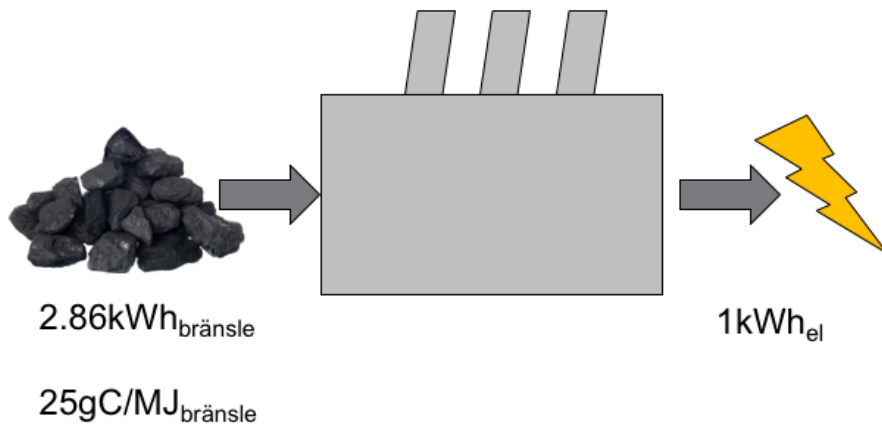


## Bränslekostnad per kWh el

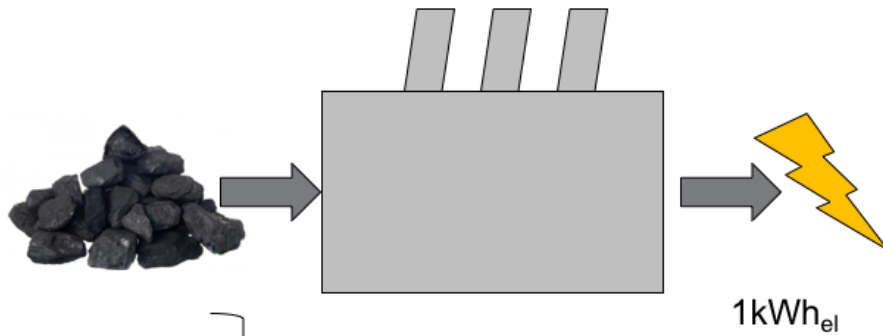
- Kostanden för kol i vårt exempel 30 SEK/GJ<sub>bränsle</sub>
- Behöver 2.86 kWh bränsle för att producera 1kWh el.
- 1 kWh= 1k(J/s)h
- 1k(J/s)h\*60\*60s/h=3600kJ
- 1kWh=3.6\*10<sup>6</sup>J
- 2.86kWh\*3.6\*10<sup>6</sup>J/kWh=10.3\*10<sup>6</sup>J
- 10.3\*10<sup>-3</sup> GJ bränsle för att producera 1kWh el.
- 10.3\*10<sup>-3</sup> GJ\*30SEK/GJ=0.31SEK/kWh<sub>el</sub>

## Skatt -koldioxidskatt

- SEK/ton CO<sub>2</sub>
- Hur mycket CO<sub>2</sub> släpps ut för att producera 1kWh el?



## Skatt -koldioxid



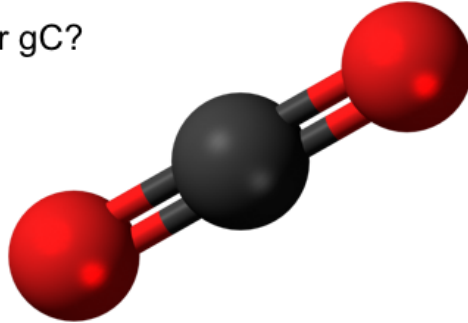
$$2.86\text{kWh}_{\text{bränsle}} \\ = 10.3 \cdot 10^6 \text{J}_{\text{bränsle}}$$

$$25\text{gC/MJ}_{\text{bränsle}}$$

$$10.3\text{MJ}_{\text{bränsle}}/\text{kWh}_{\text{el}} \cdot 25\text{gC/MJ} = 257\text{gC/kWh}_{\text{el}}$$

## Skatt -koldioxidskatt

gCO<sub>2</sub> per gC?



C: 12g/mol

CO<sub>2</sub>: 44g/mol

} 44gCO<sub>2</sub> per 12gC

$$257\text{gC/kWh}_{\text{el}} \cdot (44/12)(\text{gCO}_2/\text{gC}) = 942\text{gCO}_2/\text{kWh}_{\text{el}}$$

## Kostnad per kWh för koldioxidskatt

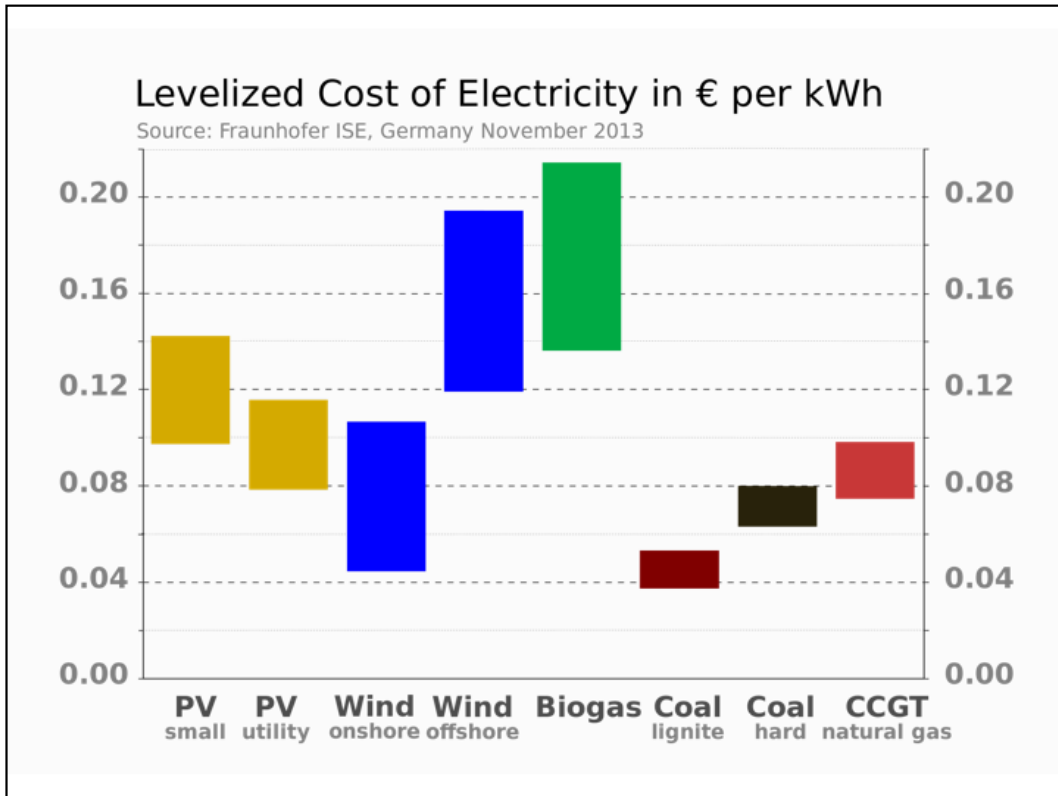
$$= \text{gCO}_2/\text{kWh}_{\text{el}} * \text{CO}_2 \text{ skatt (SEK/ton CO}_2)$$

$$= 942 \text{ gCO}_2/\text{kWh}_{\text{el}} * X \text{ CO}_2 \text{ skatt (SEK/ton CO}_2) = \text{SEK/kWh}$$

## Levelized cost of electricity

Levelized cost of electricity=  
investeringskostnad/kWh + bränslekostnad/kWh + skatt/kWh



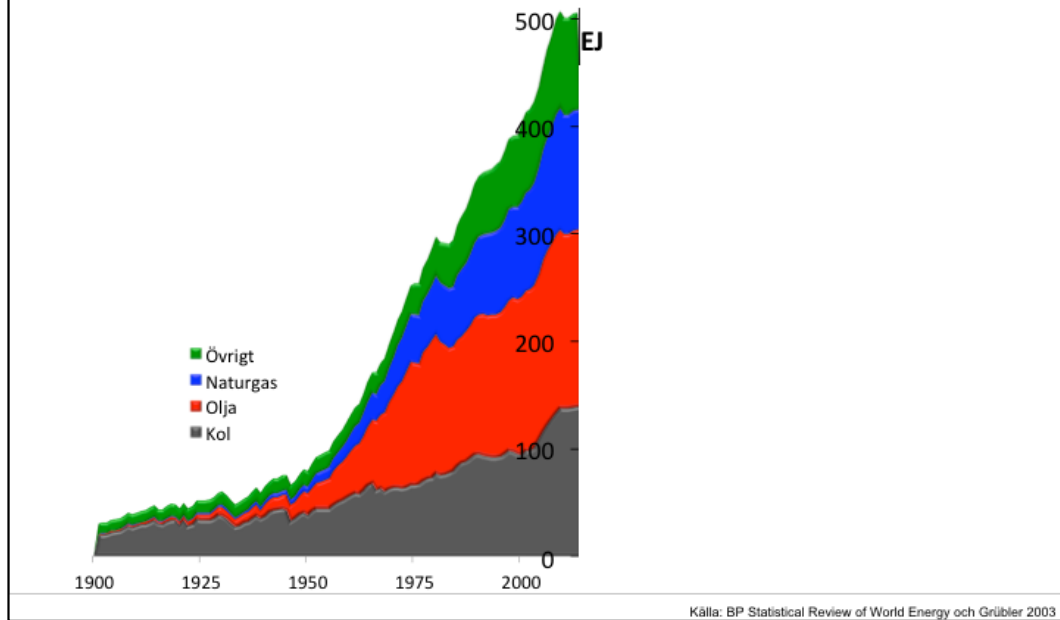


[http://en.wikipedia.org/wiki/Cost\\_of\\_electricity\\_by\\_source#/media/File:LCOE\\_comparison\\_fraunhofer\\_november2013.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Cost_of_electricity_by_source#/media/File:LCOE_comparison_fraunhofer_november2013.svg)

Fossil energi



## Global primärenergitillförsel



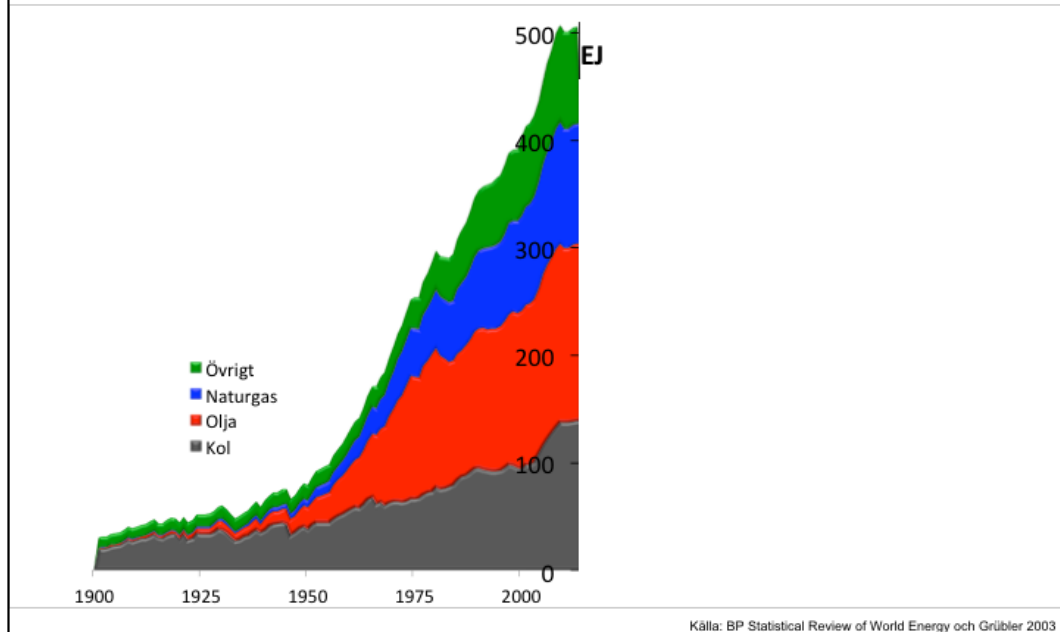
Varför använder vi fossila bränslen?  
Vad är bra med fossila bränslen?

Diskutera i par, 2 minuter

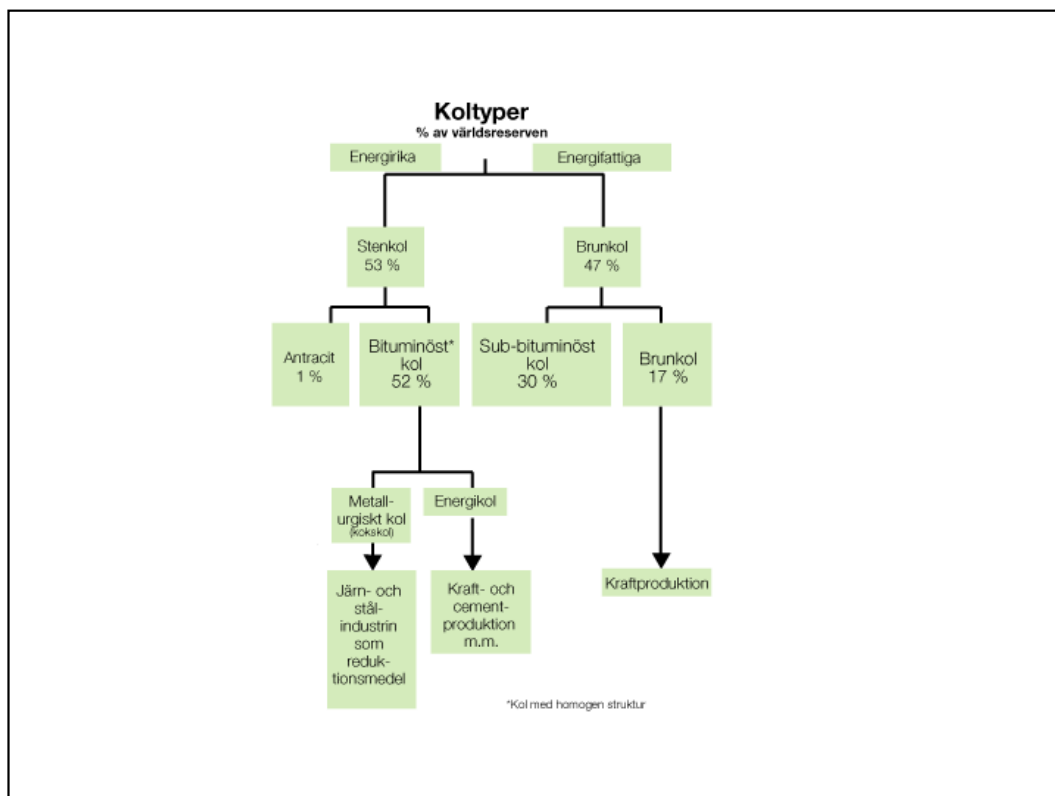
## Fossila bränslen – karaktäristik

- **Kol** – Fast form, skrymmande, höga utsläpp av lokala luftföroreningar, 95 gCO<sub>2</sub>/MJ.
- **Olja** – Flytande form, hög energitäthet, enkelt att transportera och lagra, 75 gCO<sub>2</sub>/MJ.
- **Naturgas** – Gasform, skrymmande, låga utsläpp av lokala luftföroreningar, kräver kostsam infrastruktur (rör, trycksatta behållare eller kyld/komprimerad till flytande), 55 gCO<sub>2</sub>/MJ.

## Global primärenergitillförsel



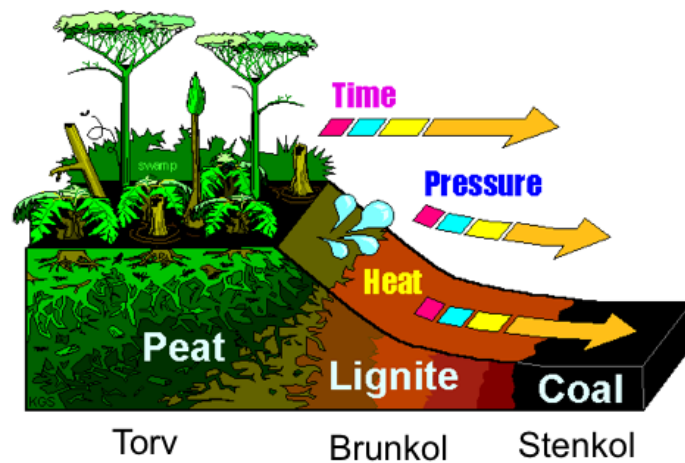
**“Kol står för drygt en fjärdedel av världens energitillförsel och är den näst största energikällan efter olja.”**



Källa: <http://www.kolinstitutet.se/naturresursen.htm>

Engelska: <http://www.worldcoal.org/coal/what-is-coal/>

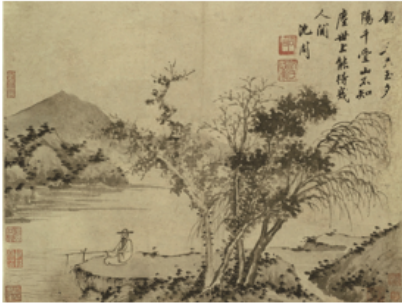
## Geologi: Hur kol bildas



Källa: Kentucky Geological Survey

Coal is, in general divided into lignite, Bituminous and anthracite. Where lignite is also called brown coal and Bituminous and anthracite or hard coal or sometime only coal as in the figure presented in this slide. Lignite originates from peat and is formed under certain temperature and pressure and after a certain amount of time. On the longer time scale this lignite may be transformed into hard coal.

## När började kol användas?



Kina -3490 f.kr



Grekland – ca 300 f.kr

Among the materials that are dug because they are useful, those known as coals are made of earth, and, once set on fire, they burn like charcoal. Ur "On stones" av Theophrastus



Romariket – runt år 0.

Coal - "The best stone in Britain"

## När var det här?

“Det var sommar och biskopar, baroner och riddare från hela England reste till London, för att delta i det nya påfundet som kallades för parlament.

Väl i London möttes de dock av en fruktansvärd stank som dom inte kände igen. Det var lukten av kol som eldades av till exempel smeder.

Adeln ledde protester mot det nya bränslet och Kund Edward I förbjöd det. Om man eldade kol och åkte fast för andra gången fick man sin ugn söndeslagen.”

-1306





1600-talet => skog tog slut i England=> kolanvändande tog fart



Djupare kolgruvor=> problem med grundvatten.

1712 uppfinninf av ångmaskin. Pumpa ut vatten ur gruvor. => kan gräva djupare och komma åt mer kol

# Två och två

Vilken effekt hade uppfinnandet av ångmaskinen  
på kolreserverna?  
Och på resurserna?

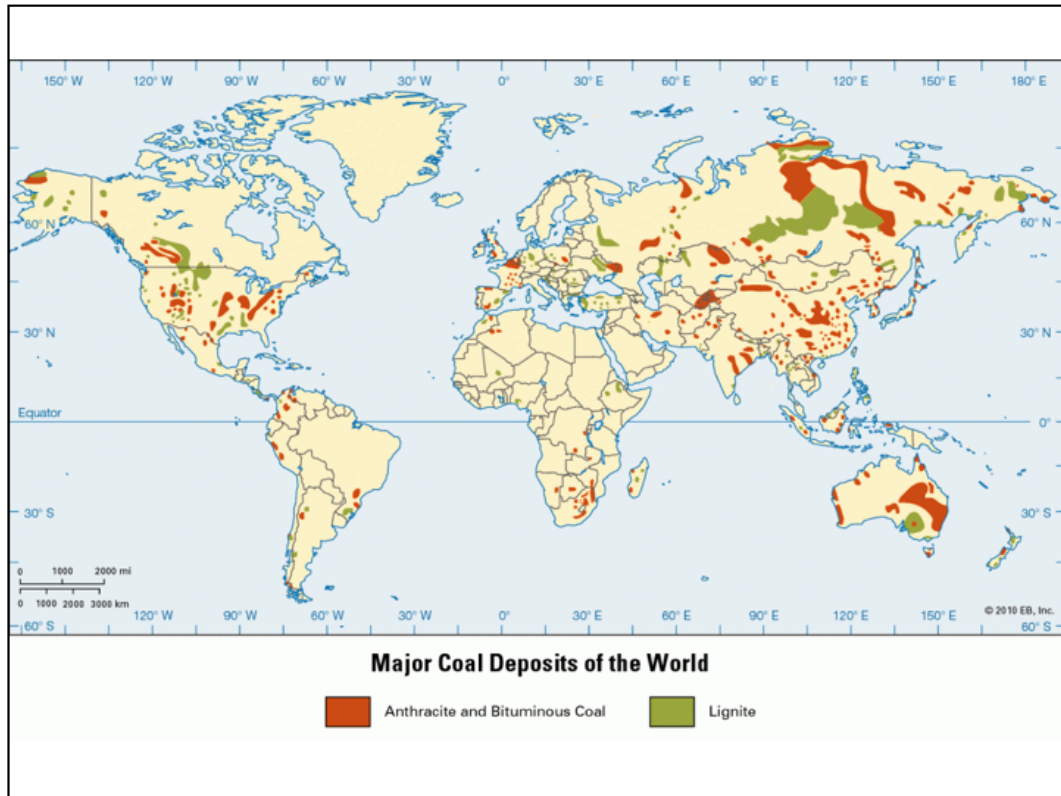
		Grad av säkerhet		
		Bevisad	Sannolik	Oupptäckt
Ekonomisk lönsamhet	Lönsam	Reserver		
	Olönsam	Resurser		

Early English industrial town, Staffordshire.



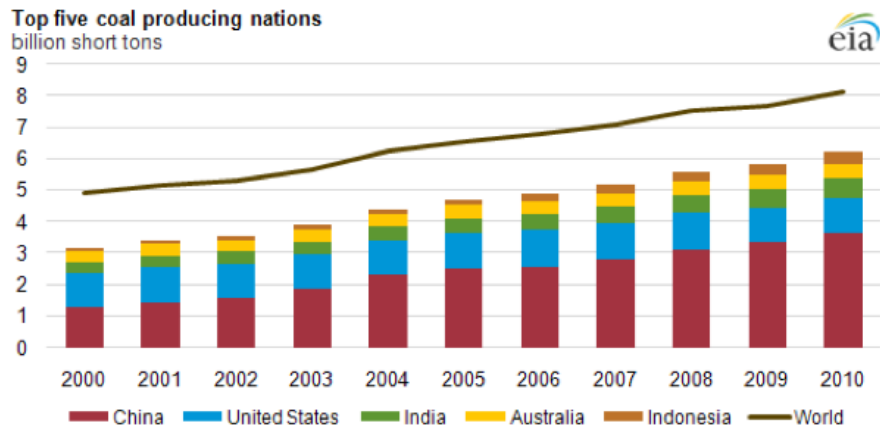
Slutet av 1700 talet, industriella revolutionen. Ångmaskinen börjar användas till mer saker. -> behövs mer kol.

Ångfartyg=> behöver kol => behöver kol från andra ställen. => kolanvändandet ökar



Stenkol=Röd, Brunkol=Grön

## Kolproducenter



<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=3350>

Short ton är en enhet för massa motsvarande 2000 pund, vilket är 907,18474 kg

## Ekonomi för kol

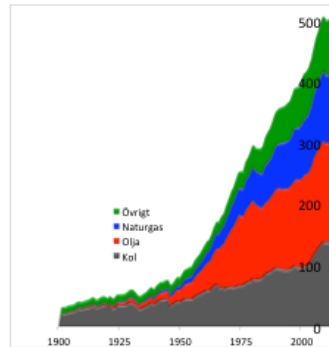
- Bränslet är billigare än olja och gas (se figuren nedan)
- Dyrare investeringskostnad för att bygga kolkraftverk
- Kol handlas oftast inte på en internationell marknad.

Energy Price Trends (US\$ per tonne of oil equivalent)



## Hur länge kommer kolet att räcka?

- Räkna med att det finns kol motsvarande ca 19 000 [EJ] kvar, samt att vi kommer fortsätta använda lika mycket energi från kol som vi gör idag.





## Hur länge kommer kolet att räcka?

- Räkna med att det finns kol motsvarande ca 19 000 [EJ] kvar, samt att vi kommer fortsätta använda lika mycket energi från kol som vi gör idag.

$$19\,000 \text{ [EJ]} / 130 \text{ [EJ/år]} \approx 146 \text{ år}$$



Miljöproblem med kolbrytning:

- Vattenföroreningar
- Försurningar
- Tar plats



Punjab provinsen I Pakistan - 2014

Employed by private contractors, a team of four workers can dig about a ton of coal a day, for which they earn around \$10 to be split between them

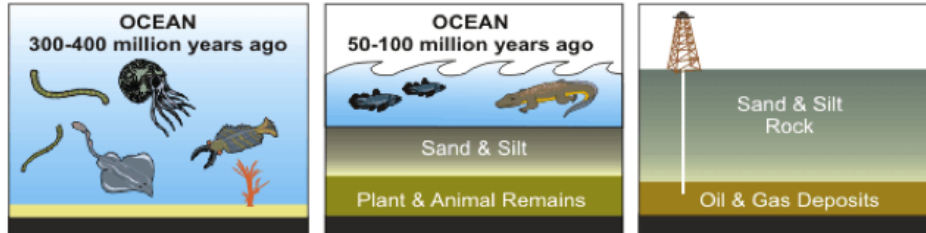
<https://avaxnews.net/tags/Coal>

A miner with a donkey makes his way through the low and narrow tunnel leading out of a coal mine in Choa Saidan Shah in Punjab province, April 29, 2014. Workers at this mine in Choa Saidan Shah dig coal with pick axes, break it up and load it onto donkeys to be transported to the surface. Employed by private contractors, a team of four workers can dig about a ton of coal a day, for which they earn around \$10 to be split between them. The coalmine is in the heart of Punjab, Pakistan's most populous and richest province, but the labourers mostly come from the poorer neighbouring region of Khyber Pakhtunkhwa. (Photo by Sara Farid/Reuters)

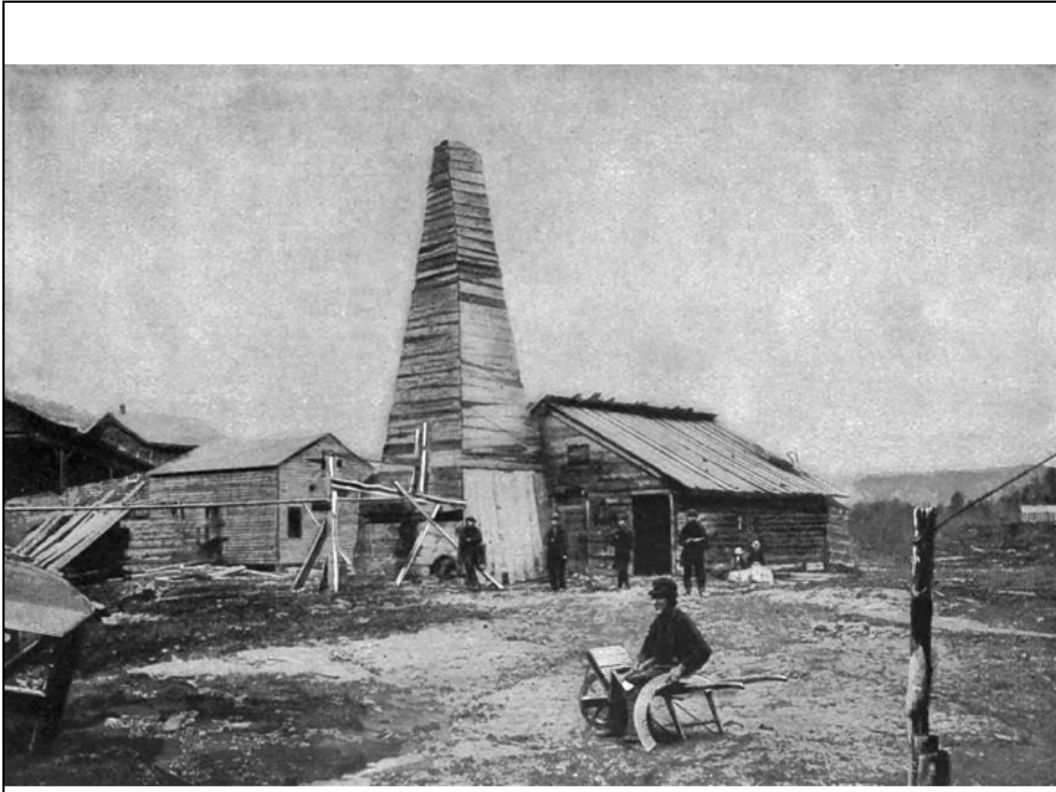
## Fossila bränslen – karaktäristik

- **Kol** – Fast form, skrymmande, höga utsläpp av lokala luftföroreningar, 95 gCO<sub>2</sub>/MJ.
- **Olja** – Flytande form, hög energitäthet, enkelt att transportera och lagra, 75 gCO<sub>2</sub>/MJ.
- **Naturgas** – Gasform, skrymmande, låga utsläpp av lokala luftföroreningar, kräver kostsam infrastruktur (rör, trycksatta behållare eller kyld/komprimerad till flytande), 55 gCO<sub>2</sub>/MJ.

## Geologi: hur olja bildas



Silt - slamm



Människor har känt till olja länge, men då vid tex flodbanker eller grunda brunnar, använts till byggnader, medicinska syften, lampor.

Drake Well, Pennsylvania, 1859, första kommersiella borrhningen för olja i USA. Ledde till en oljebom i USA. Olja användes till lampolja. USA blev världsledande, gjorde många väldigt rika, tex Rokerfeller (Rokerfeller center NY).



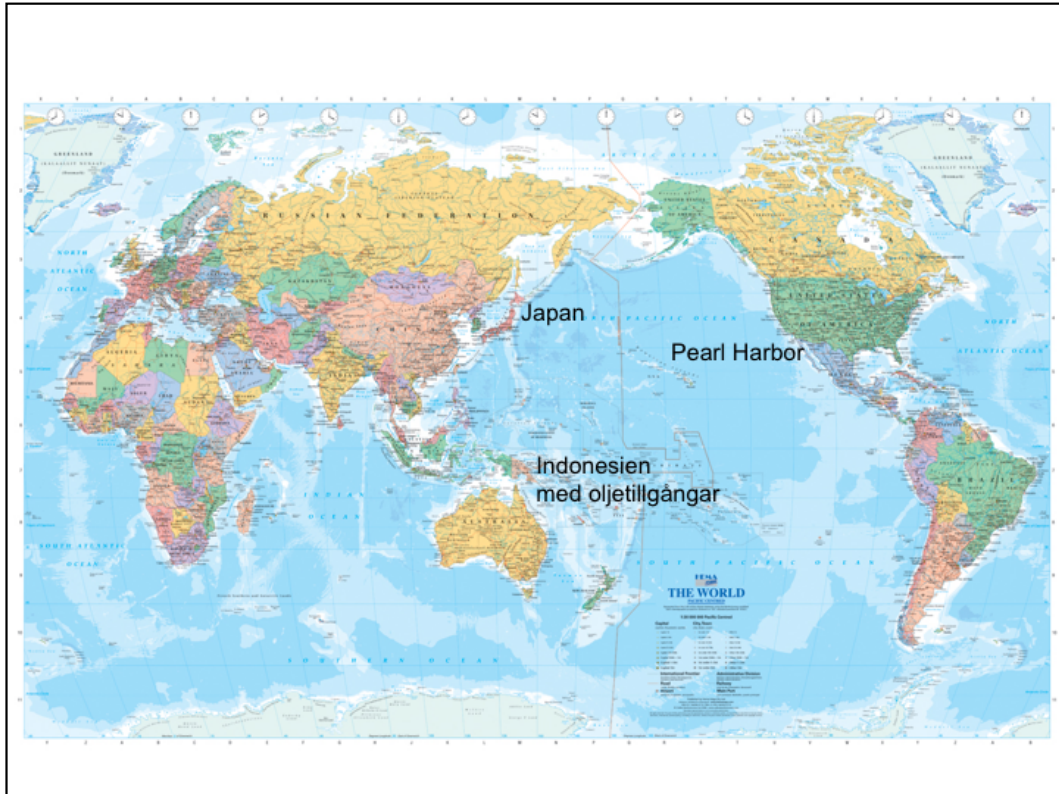
Oljeboom, exempel från Alabama 1920. Oljeproduktion spred sig till Ryssland (Baku), Indonesien (då Holländs kolloni). Första 40 åren -> olja användes som lampolja. Elektricitet-> lampolja behövdes inte.



Ungefär samtidigt, utveckling av bilen. Början av 1900-talet. Första världskriget, mekaniserat, olja behövdes för truppförflyttning. Stridsvagnar introducerades. Viktig del.

Mellan 1914 och 1920 så femdubblades antalet bilar i USA. Olje produktion ökade både i usa och världen. Nya fyndigheter hittade och teknik för att hitta och utvinna oljan förbättrades.





Andra världskriget och olja.

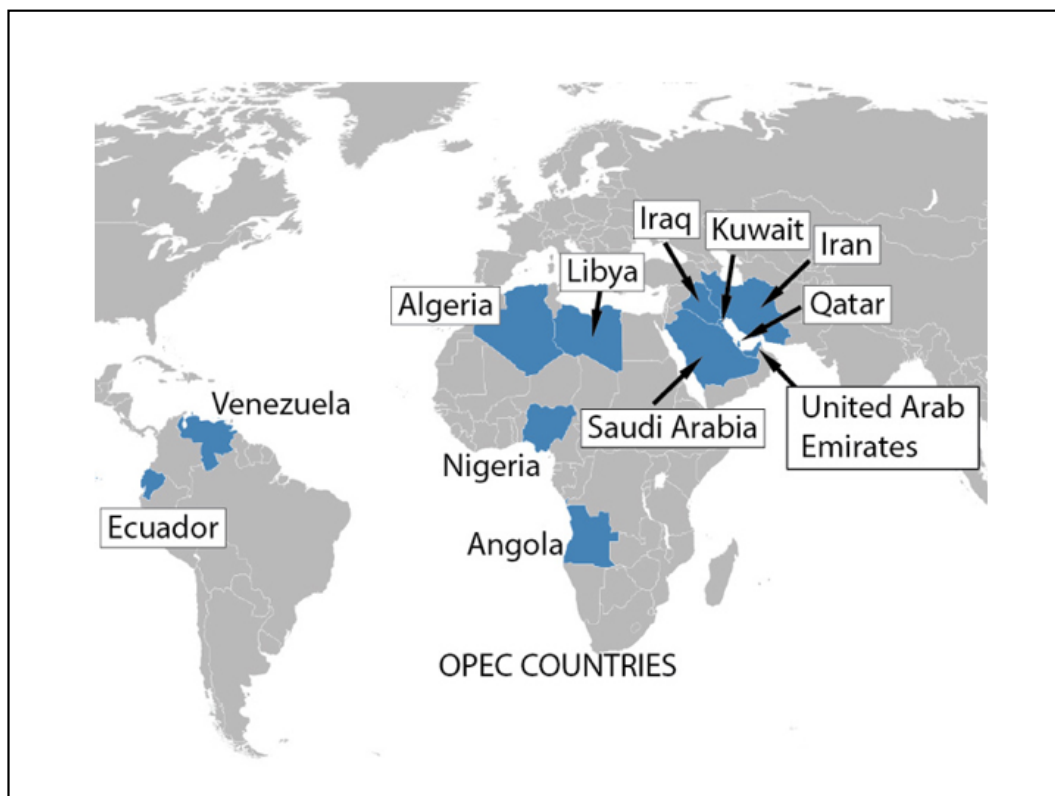
Hitler invasion av Ryssland: delvis påverkat av att han ville ta kontroll över ryska oljefält.

Japans beslut att gå in i kriget: Japan har väldigt få naturresurser (som olja eller kol). Japan ville ha kontroll/tillgång till olja som fanns i Indonesien. De var rädda att den amerikanska Stillaflottan skulle kunna blockera deras rutt ner till Indonesien vilket var en faktor i beslutet att gå in i kriget genom att slå ut den amerikanska flottan i Pearl Harbor.



Efter Andra världskriget: Stora oljeföretag. Mycket olja (olja hittas i mellan östern). Låga oljepriser.

Advertisement of Royal Triton Oil in 1950 med Marilyn Monroe:  
<https://www.youtube.com/watch?v=13p1yXVUczo>



OPEC bildades 1960 av Irak, Iran, Kuwait, Saudiarabien och Venezuela. Som en respons på de internationella (västerländska) oljebolagens låga priser.

Idag består OPEC av 13 länder.

According to current estimates, almost 81% of the world's proven oil reserves are located in OPEC Member Countries, with the bulk of OPEC oil reserves in the Middle East, amounting to 66% of the OPEC total. 2013

[http://www.opec.org/opec\\_web/en/data\\_graphs/330.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/data_graphs/330.htm)



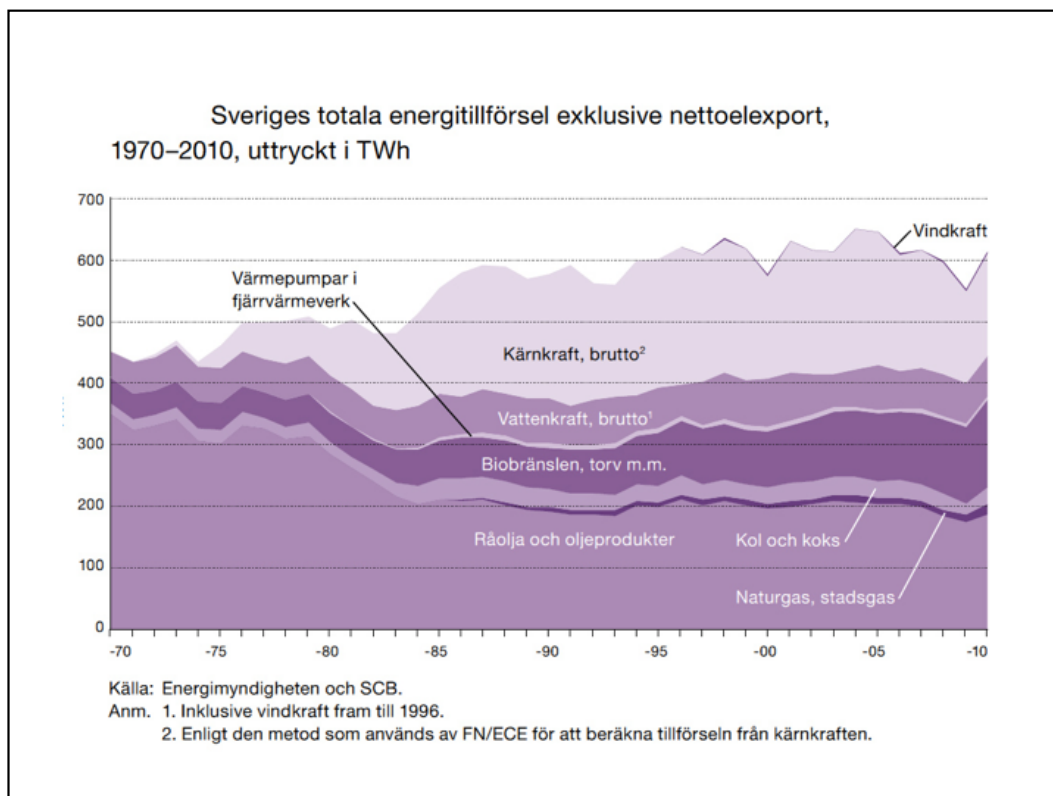
Oljekris 1973. Oktober 1973. Syrien och Egyptien attackerade Israel. USA hjälpte Israel genom att skicka in förnödenheter (vapen), vilket var tänkt att ske i mörker, men blev i dagsljus, och fångades av journalister. OPEC (som till stora delar var arabländer) skapade ett embargo mot USA för att få dem att inte lägga sig i. Priser fyrdubblades.

Slog hårt mot USA. Även mot Japan. Början till energieffektivisering (jätteviktigt för Japan). Uppmärksammade oljeberoende. Började leta efter nya källor.

Ny oljekris I 1979. Iran, shaaen i Iran störtades. Irak (med Saddam Hussein) anföll Iran.

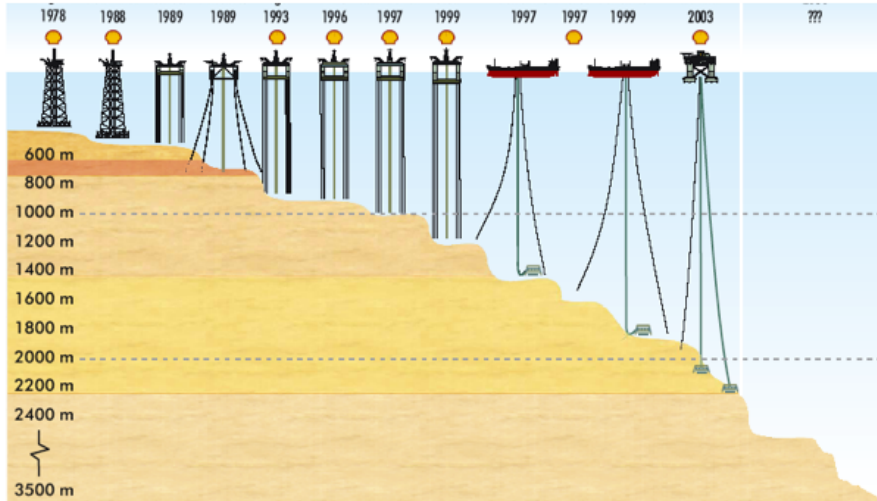
Olika effekter: öka tillgången: Havet, nordsjön, alaska. Minska efterfrågan. Minska användning av olja för el och uppvärmning.

<http://www.theguardian.com/commentisfree/2012/mar/29/petrol-panic-wartime-spirit-symbolism>



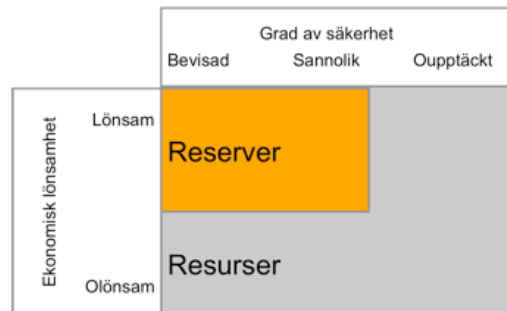
Sverige minskade användningen av olja i slutet av 70-tallet (mycket genom att minska oljeanvändande för uppvärmning).

## Utveckling i djuphavsborrning



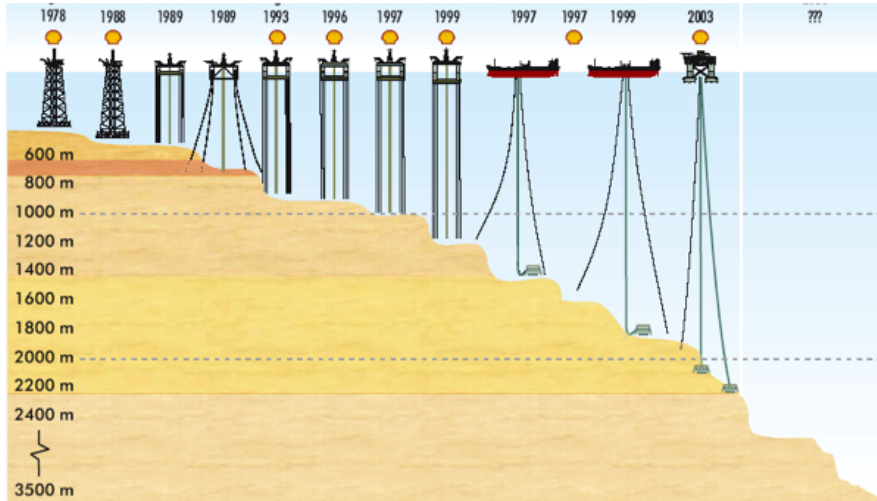
# Två och två

Vilken långsiktig effekt hade oljekrisen på oljereserverna?



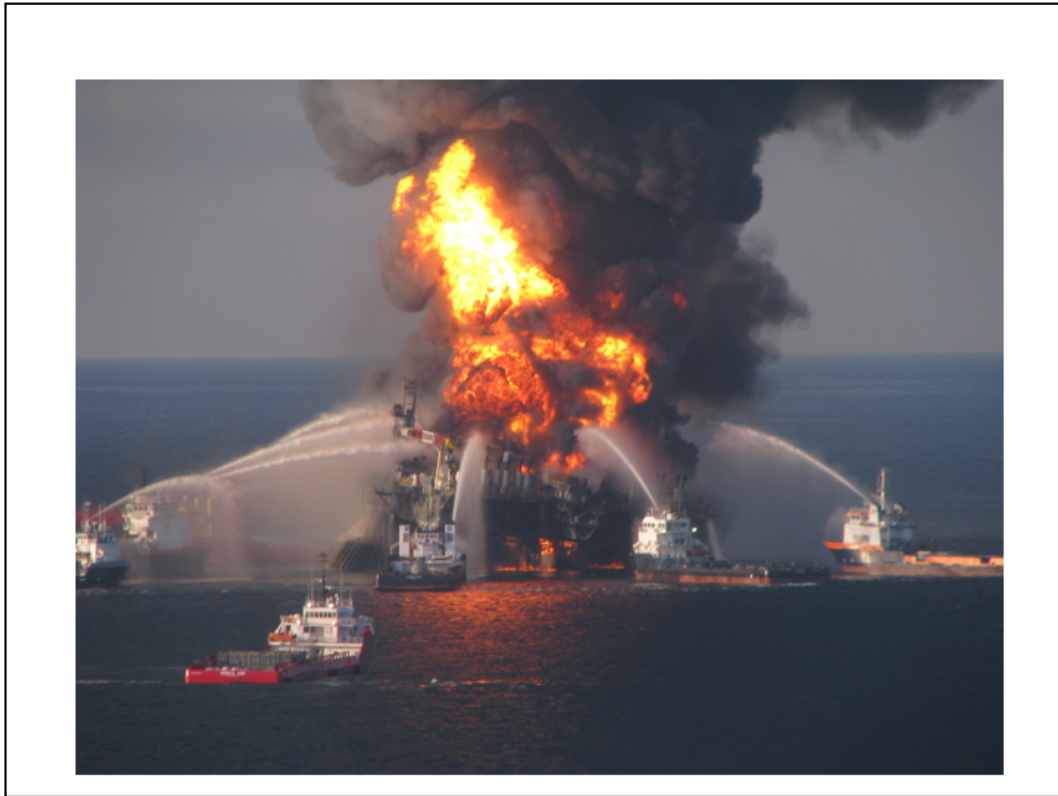
Oljekrisen ökade priserna, gjorde så att ny teknik utvecklades och även så att man letade efter och hittade nya oljefyndigheter => på långsikt så ökade oljereserverna tack vare oljekrisen.

## Utveckling i djuphavsborrning



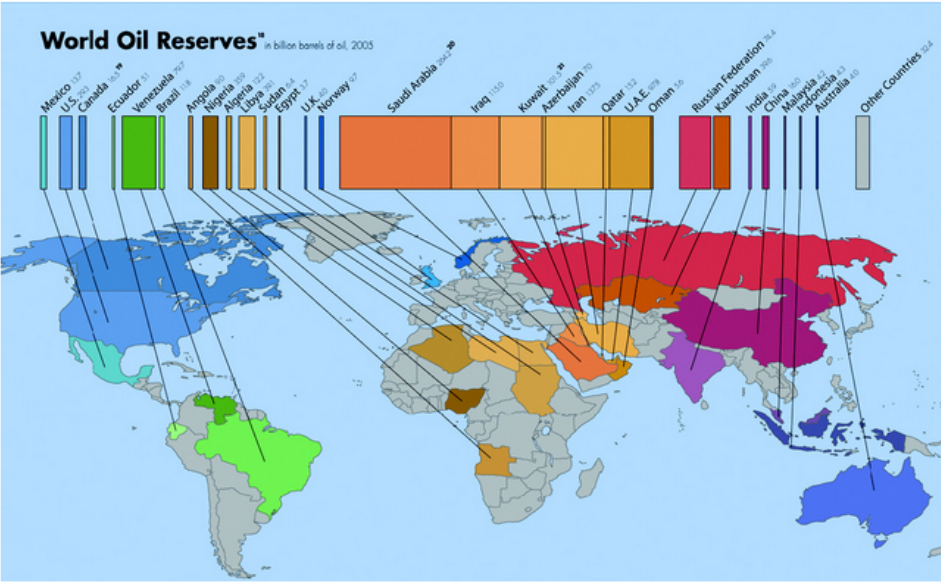
Exempel på nyteknik: djuphavsborrning.





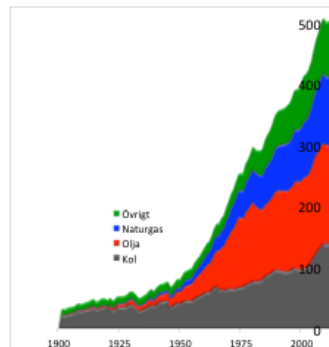
Risker med djuphavsborrning:

Deep water horizon. 20 april 2010. 11 personer dog. Olja fortsatte läcka ut fram tills mitten av juni samma år inna källan lyckades stängas. 6700 skepp och 45000 personer deltog i aktion för att städa upp oljespillet.



## Hur länge kommer oljan att räcka?

Räkna med att det finns olja motsvarande ca 6900 [EJ] kvar, samt att vi kommer fortsätta använda lika mycket energi från olja som vi gör idag.



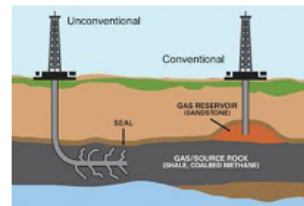
## Hur länge kommer oljan att räcka?

Räkna med att det finns olja motsvarande ca 6900 [EJ] kvar, samt att vi kommer fortsätta använda lika mycket energi från olja som vi gör idag.

$$6900 \text{ [EJ]} / 164 \text{ [EJ/år]} \approx 42 \text{ år}$$

## Icke-konventionell olja

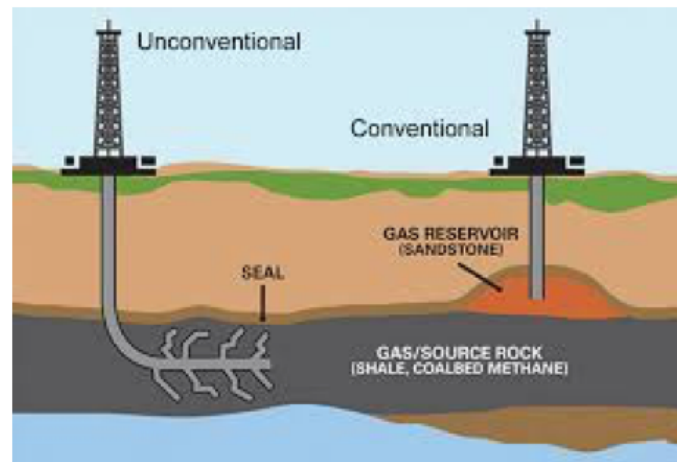
- Skifferolja (shale oil)
- Oljesand
- Hydraulisk spräckning - fracking



Oljesand, Kanada, typ som klibbig asfalt blandat med sand och lera. Svårt att utvinna. Skulle kunna producera lika mkt från den i Kanada som tex Kuwaits oljeoutput idag.

Fracking. Skiffer olja/gas, mer fint "nät" där oljan ligger. Pumpar ner vatten, blandat med kemikalier och sand som spräcker stenen så att olja/gas kan rinna till "brunnen". Risk för störning av grundvattnet.

# Fracking



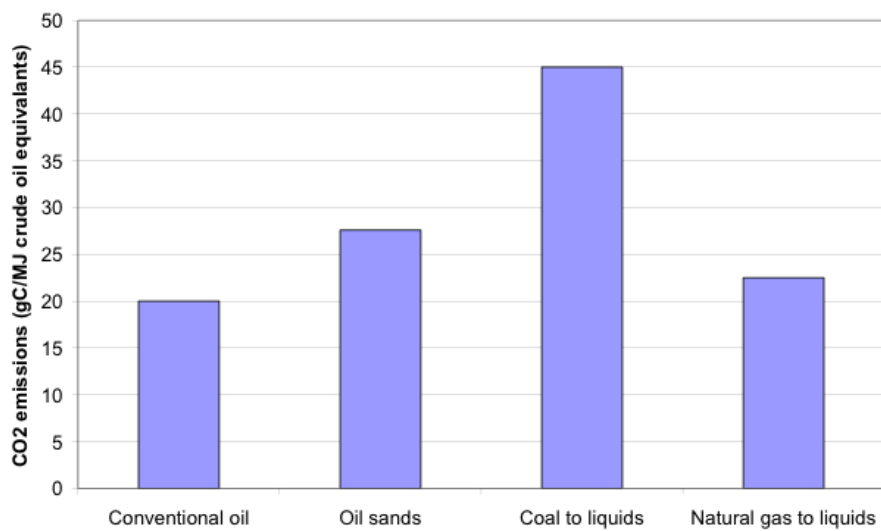
## Icke-konventionell olja

Mycket stor resurs, men

- Hur snabbt kan utvinningen skalas upp
- Vilken utvinningsnivå kan nås?
- Är det värt den miljöpåverkan icke-konventionell oljeutvinning orsakar?

Oljeskiffer bryts ofta i öppna dagbrott. CO<sub>2</sub>-utsläppen är större per energienhet jämfört med konventionell olja.

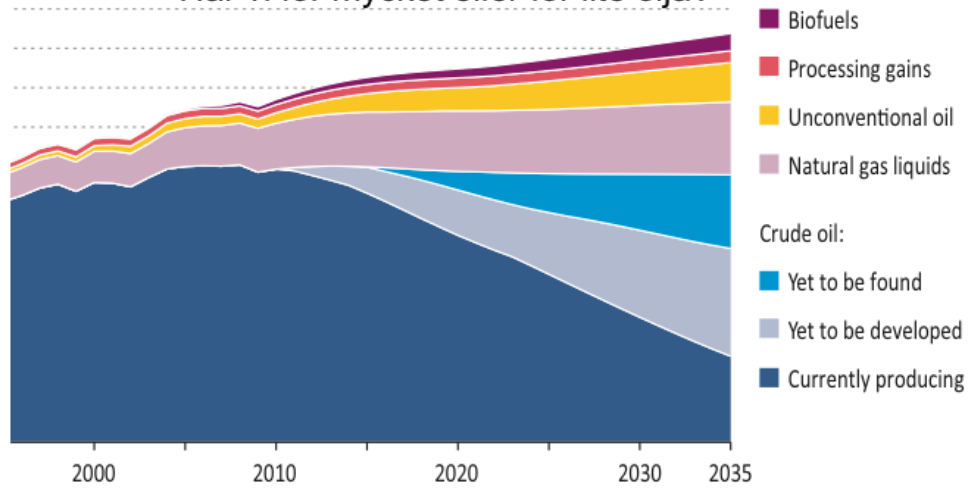
## CO<sub>2</sub> intensitet av alternativa fossila flytande bränslen.





## Ett optimistiskt (?) oljescenario

Har vi för mycket eller för lite olja?



Källa: IEA, 2011

## Bonusmaterial för den intresserade:

Om ni vill veta mer om olja och hur olja har påverkat modern historia kan jag rekommendera dokumentären: The prize, som finns på youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=n1stQW6i1Ko>