

Bringing it All Back Home or Tangled up in Blue



INTERNATIONAL CONFERENCE ON

**NEGATIVE CO₂
EMISSIONS**

MAY 22-24, 2018



Negative CO₂

Negative CO₂ Emissions with Chemical-
Looping Combustion of Biomass

There is a problem with negative emissions when it comes to incentives

Normal (positive) **emissions** of fossil CO₂ are incentivized by a tax/fee,

→ **brings in money**

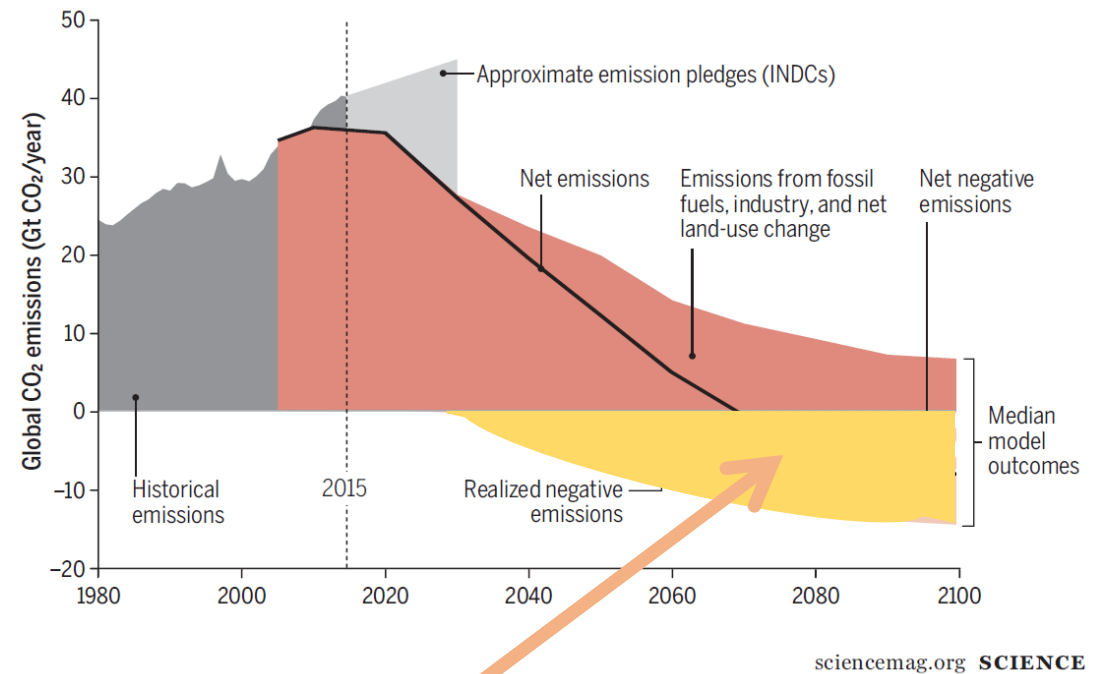


Negative emissions are incentivized by paying for them

→ **money is being spent.**

Someone has to pay the cost, or rather, someone has to be forced to pay the cost.

And it's a lot of money !!!



700 Gt CO₂

or

100 tonnes per now
living human being

or

≈10.000 € per now
living human being

Option 1

Let the taxpayers pay for this, for instance via a carbon tax.

But, there is always a risk that finance ministers would have difficulties in giving the full priority for using this money negative emissions, especially if the negative emissions are supposed to happen in another country.

And how would the countries agree on how these large costs should be shared in a decent way. I assume a lot of countries would have a number of reasons why they should do less.

If it is so difficult agreeing on a tax on CO₂ or a similar incentive, how could we expect the world to be able to share the costs of negative emissions.

Option 2

Include it in a cap-and-trade system, e.g. ETS in Europe.

A really bad idea. Would mean that fossil emissions would increase correspondingly. So no net effect on atmosphere! And a catastrophe for public acceptance. Who would appreciate storage, if it doesn't make a difference.

And if we succeed in totally discontinuing the use of fossil fuels, we will have no oil/gas industry

- so the competence needed for negative emissions would be lost

It's not trivial to drill a hole 1-4 km down in the ground or seefloor.

And do we not have a need for liquid fuels for purposes where other options are difficult, e.g. aviation ?

Aviation is around 1 Gt/year, and is the fastest growing sector in terms of CO₂ emissions. It may quadruple until 2050.

(If a future world population of 10 billions would fly as much as Swedes today, i.e 10 Mt/10 MSwedes the global CO₂ emission from aviation would be 10 Gt CO₂/year.)

This is obviously a problem in a world which should be fossil free, to meet climate agreements.

We should certainly discourage people from flying a lot by imposing some sort of CO₂ taxes.

In Sweden lately: an intensive moral discussion on the aviation.
E.g. famous Swedes together Kevin Andersen have declared they will stop flying

So I couldn't help writing a debate article.

....proposing that future aviation should pay for the negative emissions by an overcompensation for their emissions

Or, more precisely, that the oil/gas companies are forced to large overcompensation of the emissions of the fuels they sell, e.g. by a ratio of for instance 2 or 3. Thus:

for every single ton of CO₂ their products emit, they need to do 2 or 3 tons of negative emissions.

We call this ratio the *green to fossil factor*, or *green factor*, γ

$$\gamma = \frac{\text{CO}_2 \text{ removed from atmosphere}}{\text{CO}_2 \text{ released from fossil fuel}}$$

Miljö.

”Så kan framtidens flygresor rädda klimatet”

=How future aviation can save the climate

Klimatavtalet i Paris lägger en orimlig börda på kommande generationer som ska städa upp i atmosfären efter oss. Med negativa utsläpp skulle Sverige kunna ”tvätta bort” koldioxid i stor skala, men arbetet behöver påbörjas snarast. En möjlig lösning är att låta flygpassagerarna betala för städningen, skriver **sju professorer och forskare**.



Om vi skall klara Parisavtalets klimatmål, får inte koldioxidutsläppen överskrida den så kallade klimatbudgeten. Med dagens utsläpp är denna budget slut om 20 år för maximalt 2 grader celsius temperaturökning och om 5 år för maximalt 1,5 grader celsius. I Paris ensades man om ”vil under” 2 grader med stråvan mot max 1,5 grader. Det framstår därför som ytterligt osannolikt att vi kan hålla utsläppen inom budgeten och därför kommer det att krävas mycket stora negativa utsläpp, alltså att vi ”tvättar bort” koldioxid från atmosfären.

Det finns flera metoder för negativa utsläpp. De flesta bygger på principen att växande biomassa (produkter från jord- och skogsbruk) tar upp koldioxid från atmosfären och att denna koldioxid sedan hindras från att återvända. Några metoder, skogsplantering, block och ändrade jordbruksmetoder, innebär att man ökar mängden av grundämnet kol i skog och mark. Denna form av lagring är inte långsiktigt helt säkert, skogar kan till exempel brinna ner. Säkrare, men också dyrare, är bio-CCS som innebär geologisk lagring av koldioxid som har sitt ursprung i biomassa, så kallad biogen koldioxid. CCS står för carbon capture and storage och geologisk lagring innebär lagring djupt under havsbottnen eller markytan.

Biogen koldioxid kan fångas in vid förbränning av biomassa eller avfall med biogen ursprung, men också i samband med att biomassa omvandlas till fordonsbränslen eller flygbränslen. Bio-CCS kan alltså ryttiggöra den biogena koldioxid som dessa processer ger upphov till genom att hindra denna koldioxid från att återgå till atmosfären. De svenska utsläpp av biogen koldioxid som kan fångas in och ge negativa utsläpp är 30 Mton per år. (Mton: megaton, miljon ton) Det kan jämföras med Sveriges inhemsk fossila koldioxidutsläpp på drygt 40 Mton per år. Om vi uppbörde med fossila utsläpp skulle Sveriges koldioxidutsläpp alltså kunna minskas med mer än 150 procent. Vi skulle då ”tvätta bort” koldioxid från atmosfären i stor skala.

I de scenarier som ligger till grund för Parisavtalet och dess tolkning om vad som krävs, förutsätts mycket stora negativa utsläpp. I dessa scenarier kommer budgeten för 2 graders-målet på cirka 800 Gton koldioxid (Gton: gigaton, miljard ton) att överskridas med omkring 600 Gton, vilket motsvarar 80 ton koldioxid per nu levande människa. Dessa 600 Gton skall sedan fångas in med negativa utsläpp i slutet av århundradet. Scenarier för 1,5 graders-målet saknas men kommer senare i år. I dessa kommer inte behovet av negativa utsläpp att vara mindre.

Men det är varken rätt eller klokt att lämna denna jämbördiga att städa upp i atmosfären till våra barnbarn. Även om redan förra årets klimatlag stipulerar netto negativa utsläpp efter 2045, så är det glädjande att regeringen i en skrivelse till riksdagen helt nyligen säger att negativa utsläpp skall utredas. Att man samtidigt menar att negativa utsläpp inte skulle vara aktuella till 2030 är olyckligt då det kan tolkas som att det inte är bråttom. Även om tekniken som sådan är känd och används i stor skala tar det lång tid att bygga upp infrastruktur och anpassa tekniken till svenska förhållanden. Det krävs också lösningar för hur detta arbete organiseras och finansieras. Vi menar därför att arbetet behöver påbörjas snarast.



En flygresor till Madrid på 0,42 ton koldioxid skulle kosta drygt 200 kronor mer, medan en resa till Los Angeles på 0,87 ton skulle öka med 440 kronor, enligt artikel författarnas förslag. Foto: Fredrik Sandberg/TT

Det förtjänar att påpekas att ett rikt land som Sverige redan har överskridit sin rättmätiga andel av den globala koldioxidbudgeten ett par gånger om.

borde kostnaden för koldioxidinfångning kunna minska från drygt 1000 till 500 kronor per ton. Är det orimligt dyrt? Nej, en flygresor till Madrid på 0,42 ton koldioxid skulle kosta drygt 200 kronor mer, medan en resa till Los Angeles på 0,87 ton skulle öka med 440 kronor. Även om vi skulle misslyckas att få ner kostnaden till 500 kronor per ton är det inga orimliga framtida extrakostnader för att flyga. Modellen kan också införas successivt genom att börja med en låg klimatkompensation, öka successivt till full kompensation och sedan fortsätta till dubbel klimatkompensation och, om så behövs, till tredubbel eller ännu högre.

Det är viktigt att understryka att negativa utsläpp aldrig kan ersätta snabba minskningar av fossila utsläpp. Tillgången på biomassa är begränsad, så om vi fortsätter att släppa ut fossil koldioxid så kommer inte framtida negativa utsläpp att räckta till.

Ovan föreslagna lösningar kräver internationella överenskommer och kan ta tid. Men vi bör börja snarast. Här är ett enkelt förslag:

1. Inrätta en fond för att köpa negativa koldioxidutsläpp och ge den en grundfinansiering med en viss procent-sats av koldioxidskatten.

2. Ge privatpersoner, företag och organisationer möjlighet att köpa klimatkompensation från fonden.

3. Uppmantra dessa frivilliga bidrag genom att tilläggsfinansiera dem med ett lika stort bidrag från flyg- eller koldioxidskatt.

4. Utarbeta klara och genomtänkta regler för hur fonden skall arbeta, exempelvis hur stora andelar som skulle vara geologisk lagring respektive lagring i skogsplanteringar och liknande.

5. Arbeta för att EU inrättar en fond som på liknande sätt finansieras av frivilliga bidrag och försäljning av utsläppserter.

På detta sätt kan vi redan nu börja betala av den jättestora koldioxidskulden som våra efterkommande riskerar att ära. Det förtjänar att påpekas att ett rikt land som Sverige redan har överskridit sin rättmätiga andel av den globala koldioxidbudgeten ett par gånger om. På detta sätt ger vi människor, organisationer och företag som med rätta mål därtill över hur illa vi hanterar klimatet en möjlighet att göra en insats. Negativa utsläpp behövs för att vi har misslyckats med att bekämpa koldioxidutsläppen i tid. Skall vi nå klimatmålet får vi inte också misslyckas med att påbörja de negativa utsläppen i tid.

Ytterligare en viktig poäng med att påbörja de negativa utsläppen nu är att de kommer tydliggöra det absurda i att vi släpper ut fossil koldioxid som sedan måste fångas in. I dag syns inte det absurda eftersom våra modellscenarier har lämnat till våra efterkommande att städa upp i atmosfären.

- Anders Lyngfelt**, professor Energi och miljö, Chalmers tekniska högskola (retiratslagare till 1st International conference on negative CO₂ emissions, Göteborg 2018)
- Elisabeth Undén (MP)**, sakkunnig klimat, Göteborg
- Mathias Fridolf**, klimatpolitisk analytiker, Fores och bitr. lektor vid Centrum för klimatpolitisk forskning, Linköpings universitet
- Markus Larsson**, chef för Fores klimat- och miljöprogram
- Filip Johnson**, professor, Uthålliga energisystem, Chalmers
- Jan Petterson**, professor, föreståndare för Göteborgs luft- och klimatcentrum, Göteborgs universitet
- Thore Berntsson**, professor, Energi och miljö, Chalmers

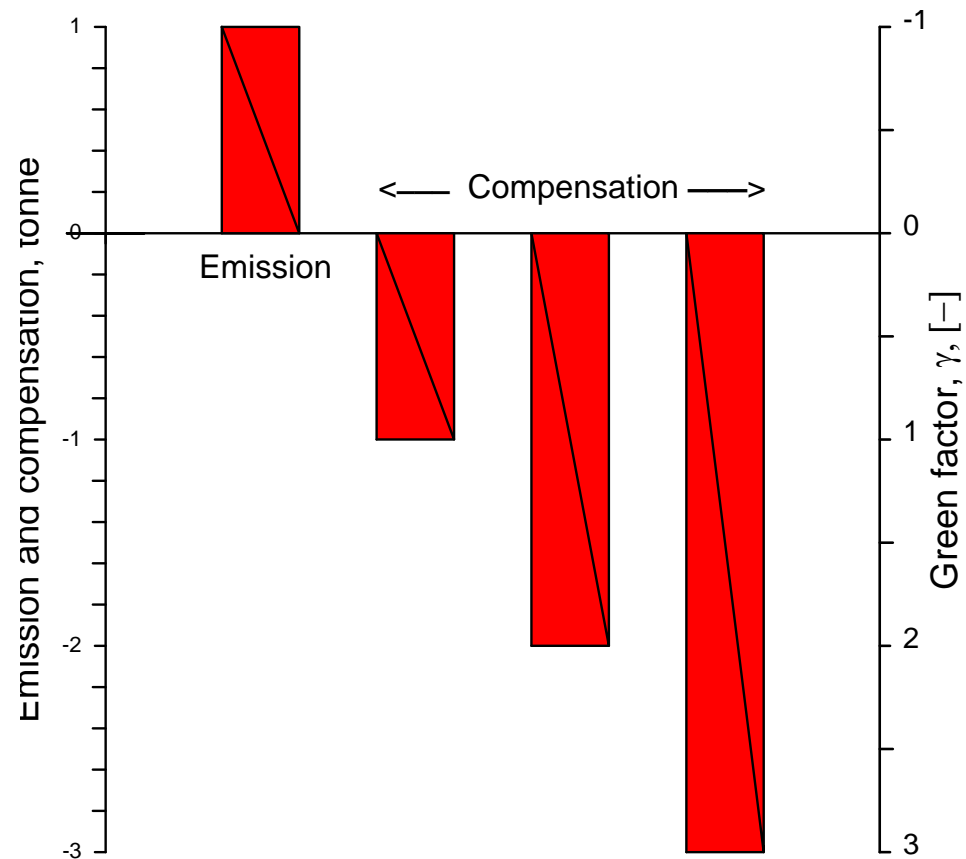
Replik.
DN.se/debatt

”Regeringen Löfven har slösat bort högkonjunkturen” Elisabeth Svantesson (M), Emil Källström (C), Mats Persson (L) och Jakob Fors- om (KD) svarar om värbudgeten (16/4).

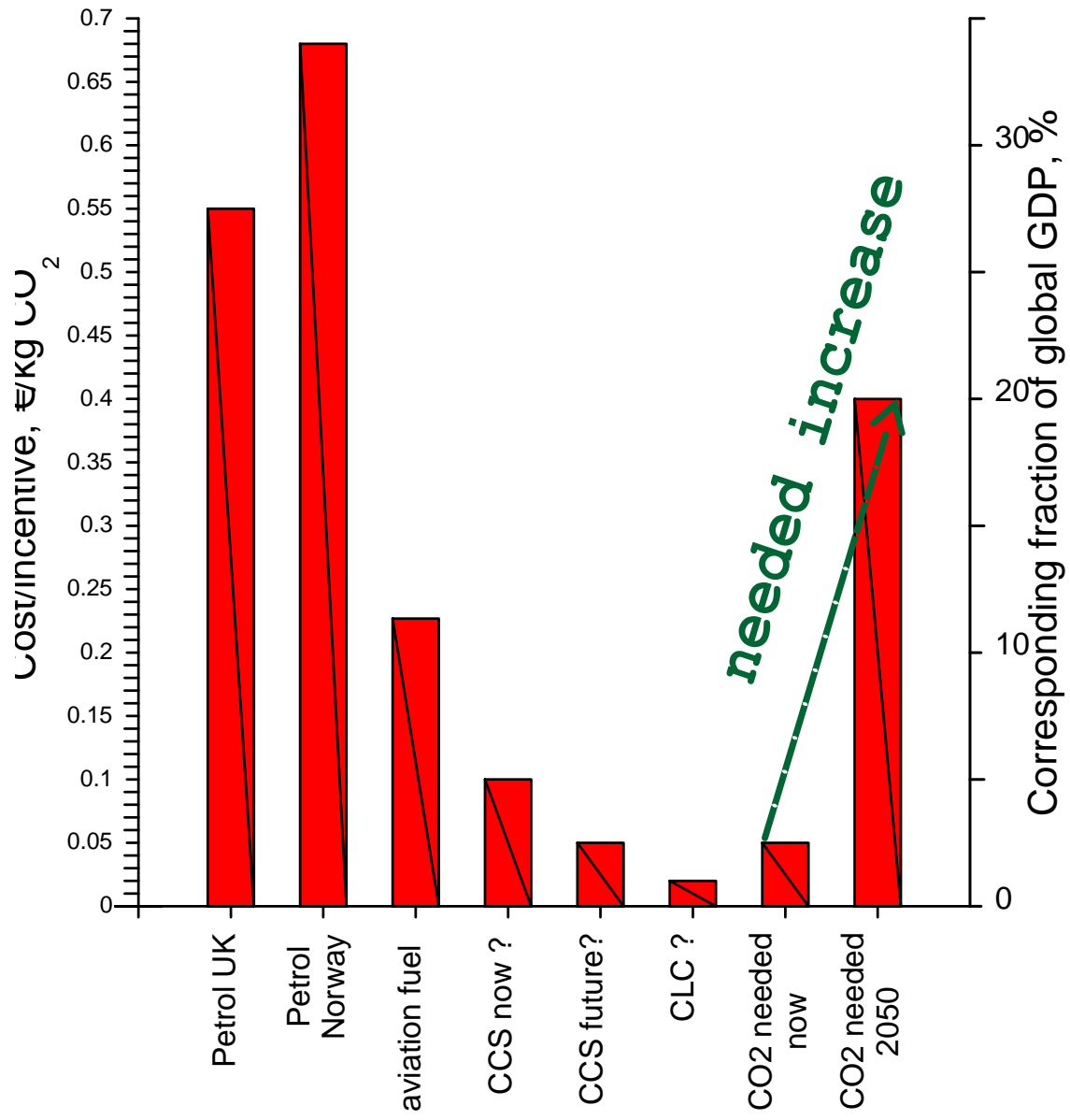
”EU gör det svårt att minska flygets klimatpåverkan” Thomas Tangenäs, Institutet för näringslivsforskning om flyg och klimat (15/4).

Green to fossile factor, or "green" factor

$$\gamma = \frac{CO_2 \text{ removed from atmosphere}}{CO_2 \text{ released from fossil fuel}}$$



The green factor could be gradually introduced, starting at low numbers.



Green factor	Negative emission cost €/kg	Added cost, per L petrol	% if fuel price is 1.5 €/L
2	0.05	0.23	15
2	0.1	0.46	31
3	0.05	0.35	23
3	0.1	0.70	46

Flight	tonne CO ₂	Green factor	Negative emission cost €/kg	Added cost of flight, €
Los Angeles to Stockholm	0.9	2	0.05	90
Los Angeles to Stockholm	0.9	2	0.1	180
Los Angeles to Stockholm	0.9	3	0.05	135
Los Angeles to Stockholm	0.9	3	0.1	270

Coal ??

Present price of coal

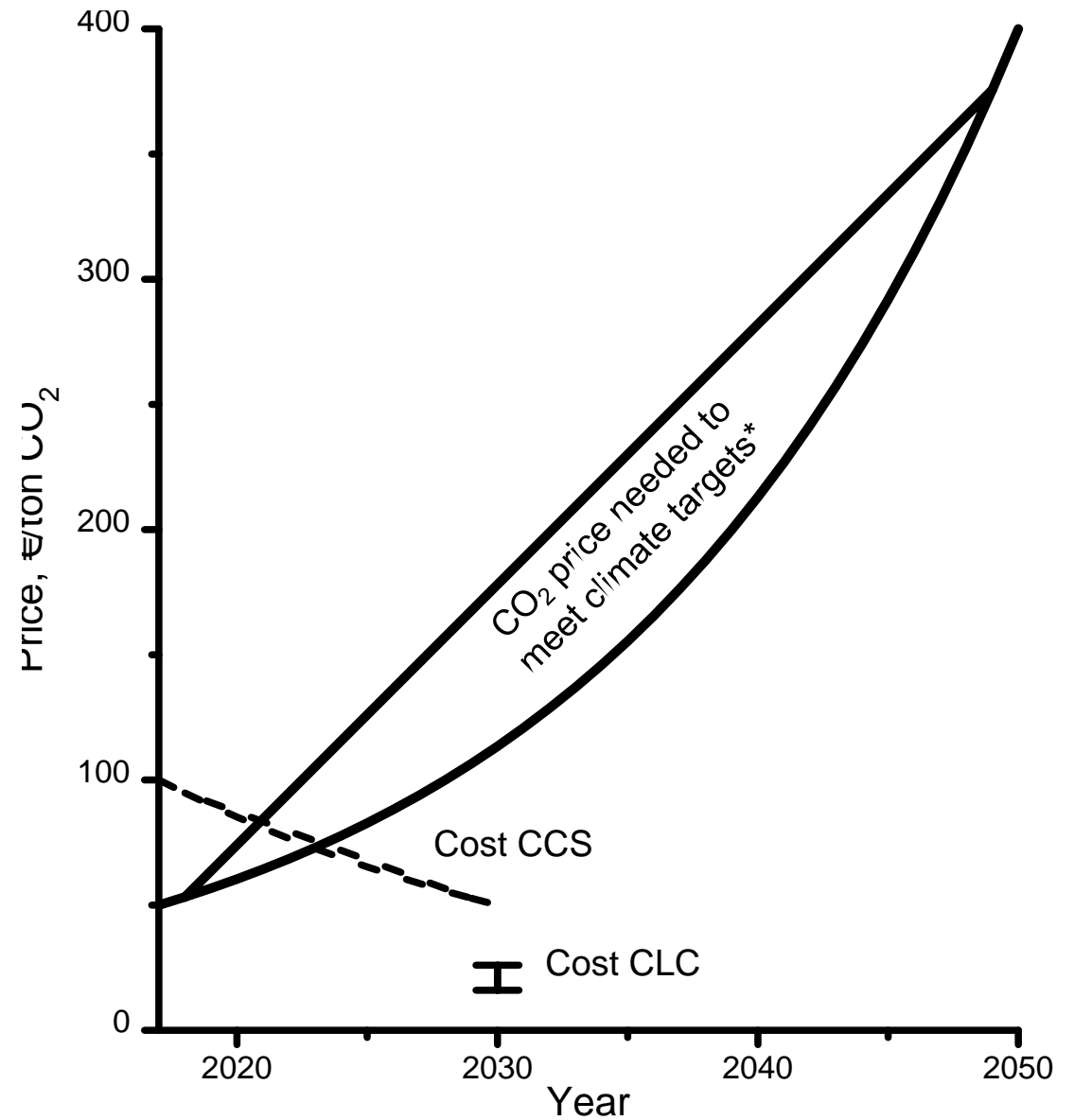
60 \$/ton

corresponds to around

0.017 €/kg CO₂

A carbon price/tax/fee of (only) 50 €/ton
(i.e. 0.05 €/kg) would increase coal price by

a factor of six



*Rockström J, et al., *Science* **355** (2017) 1269-1271

What if biogenic liquid fuels are cheaper than the overcompensated fossil oil ?

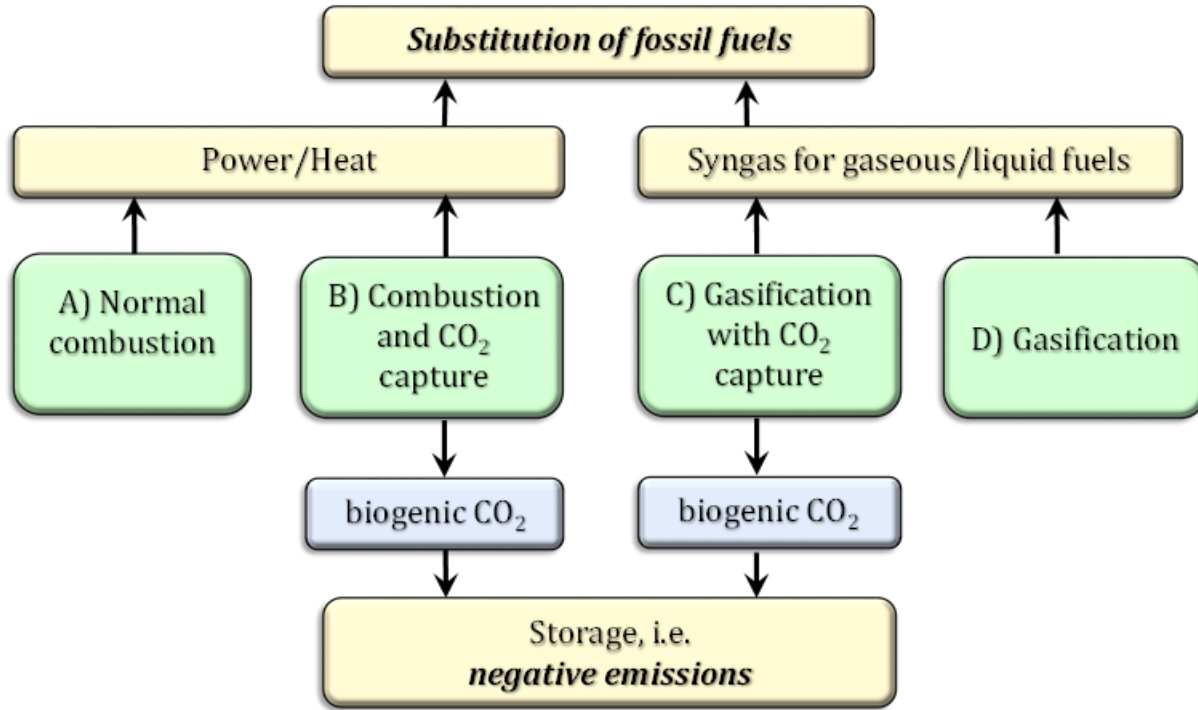
No money for negative emissions !



Unless we make the users/producers of biogenic liquid fuels pay a fair compensation.

Hey, what !!?? Compensate for what ??? Aren't they are already fossilfree ???

*Yes, but using biomass to produce liquid fuels is wasting a valuable resource, that should be used to clean up the atmosphere **instead of** merely substituting fossil fuels that we shouldn't use anyway.*



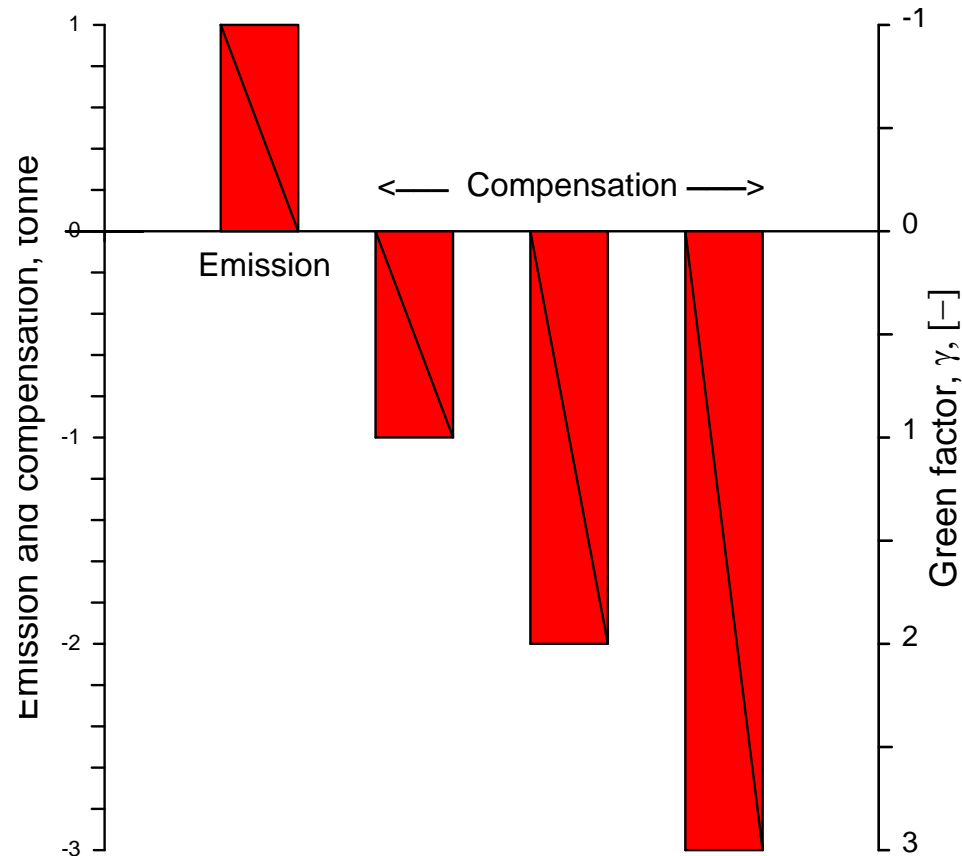
Climate efficiency	A	B	C	D
ϕ_{Em} , wrt. reducing fossil emissions	1^a	1^a	1/2^b	1/2^b
ϕ_{AtmRem} , wrt. atmospheric CO ₂ removal	0	1	1/2	0
Total	1	2	1	1/2

$$\phi_{Em} = \text{Climate Efficiency}_{Emissions} = \frac{\text{reduced emissions of fossil CO}_2}{\text{CO}_2 \text{ captured by biomass used when growing}}$$

$$\phi_{AtmRem} = \text{Climate Efficiency}_{Atm. Removal} = \frac{\text{CO}_2 \text{ removed from atmosphere}}{\text{CO}_2 \text{ captured by biomass used when growing}}$$

Green to fossile factor, or "green" factor

$$\gamma = \frac{\text{CO2 removed from atmosphere}}{\text{CO2 released from **fossil** fuel}}$$



Corresponding factor for biogenic fuels

$$\gamma_b = \frac{\text{CO2 removed from atmosphere}}{\text{CO2 released from **biogenic** fuel}}$$

Pricing of compensation for biogenic liquid fuels. Relation proposed:

$$\gamma_b = \gamma - 1$$

Green factor γ	Biogenic fuel factor γ_b	ton less in atmosphere per ton of fuel used
2	1	2.3
3	2	4.6

What could be done right now to get it started?

Sell emission permits (EU), or use carbon tax/aviation tax to build a fund for negative emissions.

When fund is big enough it buys negative emissions at best price.

Perhaps with a decided mix of different types of negative emissions, e.g. given minimum or maximum shares of e.g. BECCS or biogenic storage.

Allow individuals, companies, organizations for buying negative emissions from this fund, for compensation of their actions. There could be a big interest in this.

Woudn't it be reasonable to demand that EU (or Swedish government) give a real possibility for all individuals, companies and organizations to buy real negative emissions ???

Summary

Proposals for financing negative emissions have been discussed.