



CCS och dess roll i klimatomställningen

Filip Johnsson

Energimyndighetens Forum för Globala Energifrågor

2023-04-27

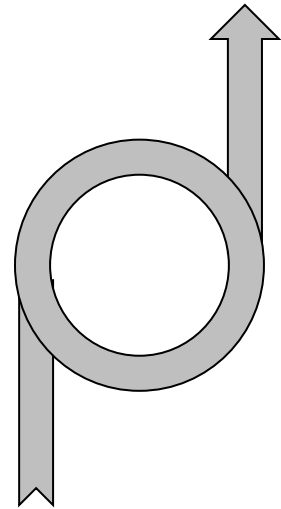
Avskiljning, transport och lagring av CO₂

CO₂ Capture, Transport & Storage (CCS)

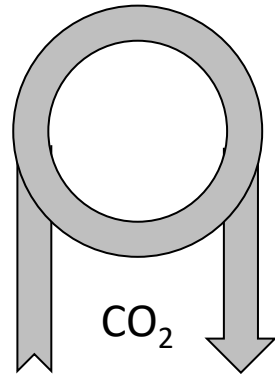
CCS

ATMOSFÄREN

CO₂



Fossila bränslen



CO₂

CCS

JORDSKORPAN

Avskiljning, transport och lagring av CO₂

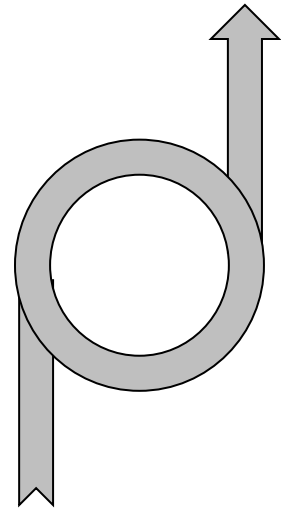
CO₂ Capture, Transport & Storage (CCS)

CCS

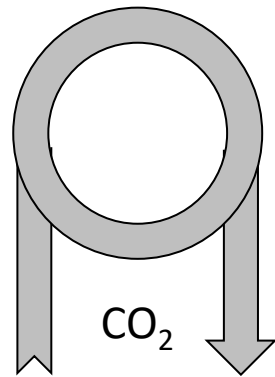
BECCS (Bio-CCS)

ATMOSFÄREN

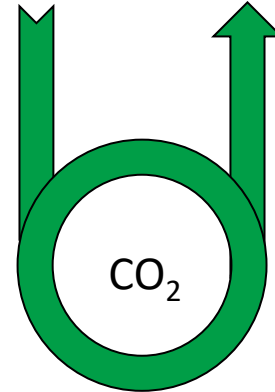
CO₂



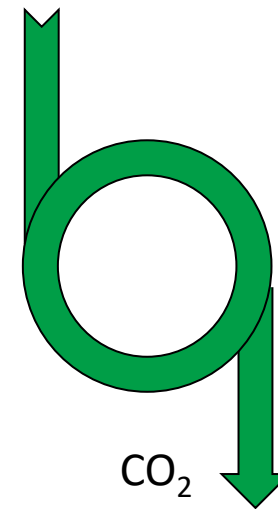
Fossila bränslen



CCS



Biomassa



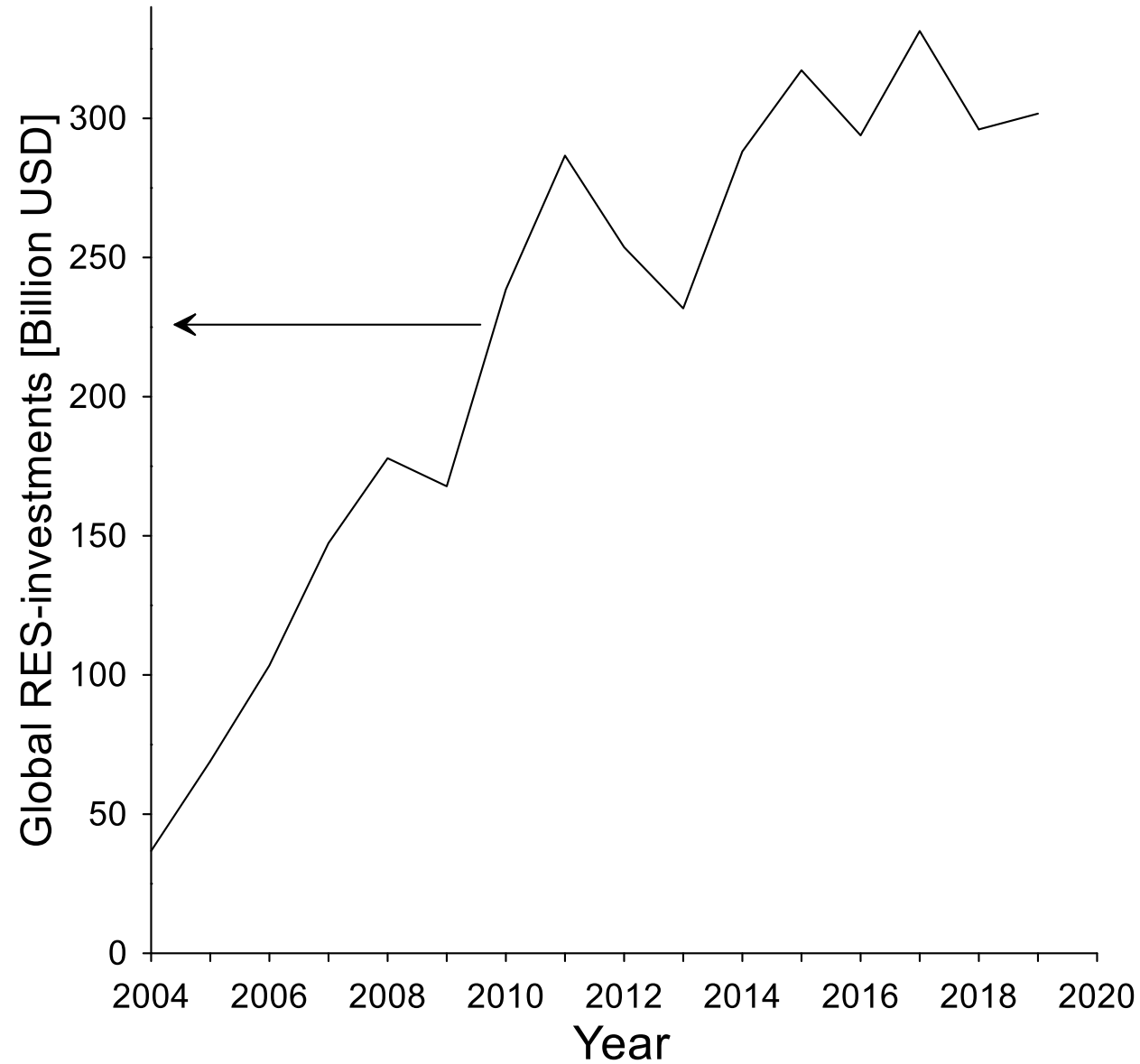
Bio-CCS

JORDSKORPAN

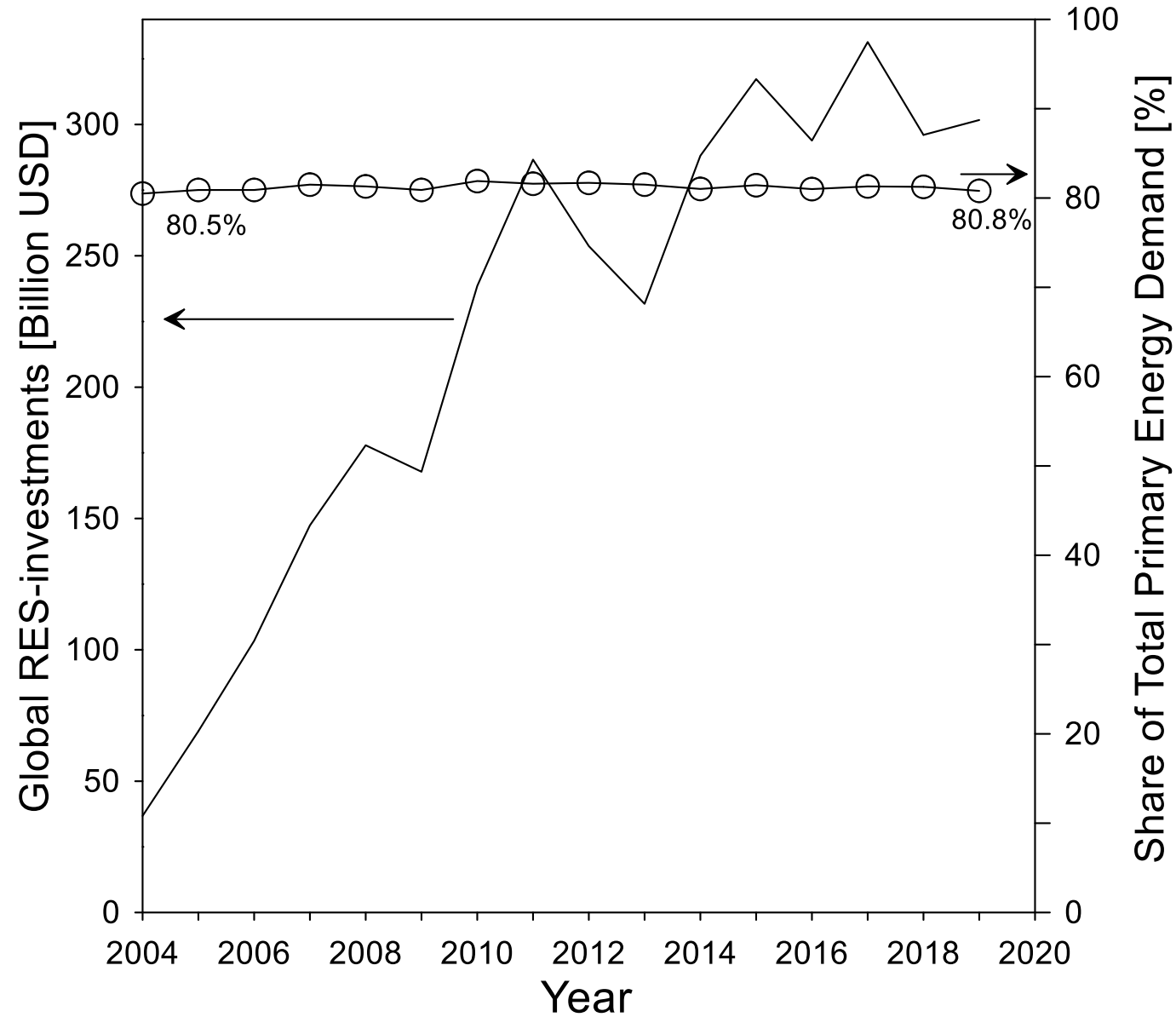
Upplägg

- Motiv för CCS
- Svensk potential för CCS
- Några drivkrafter som kan ge affär för CCS

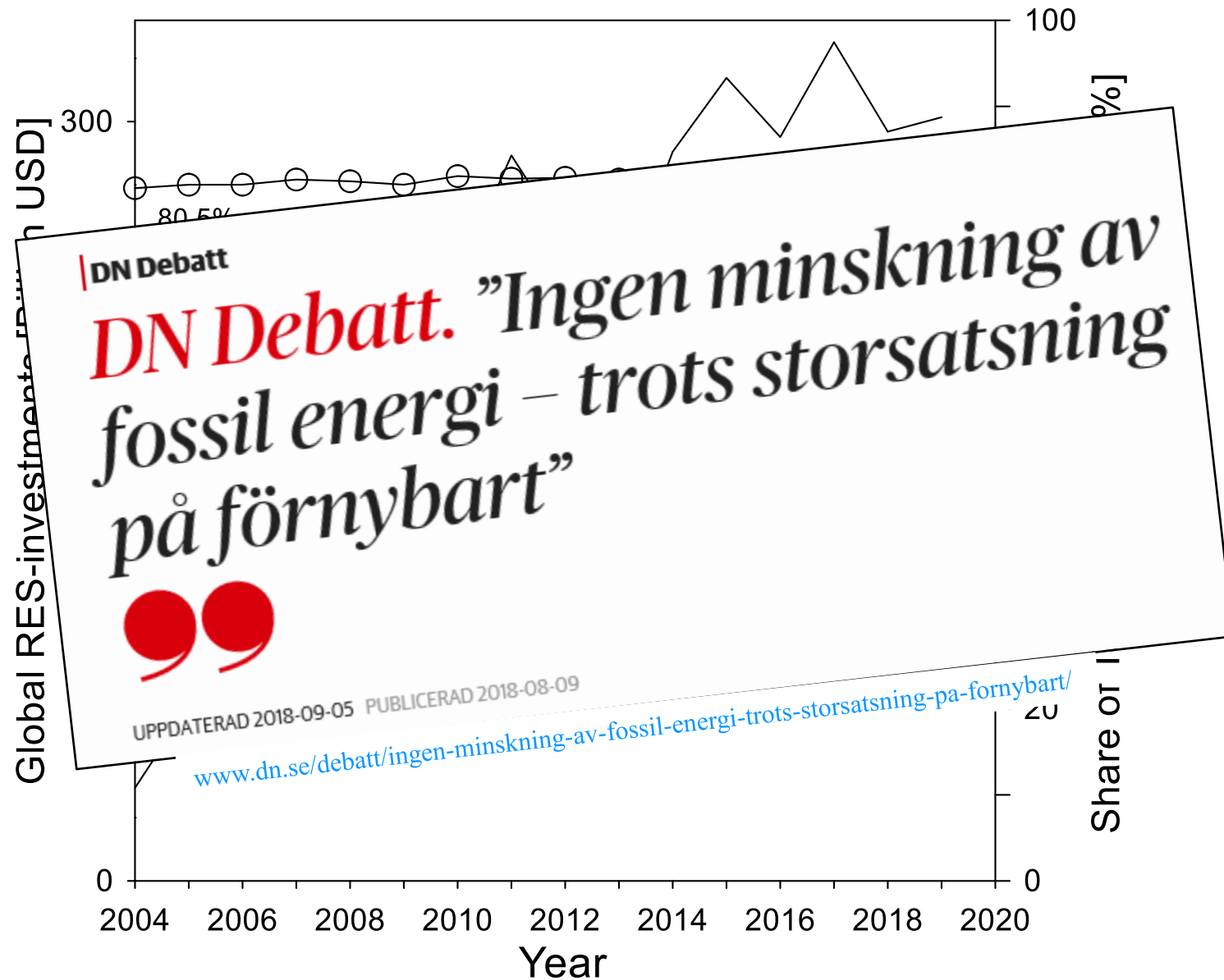
Kraftig tillväxt i förnybar energi



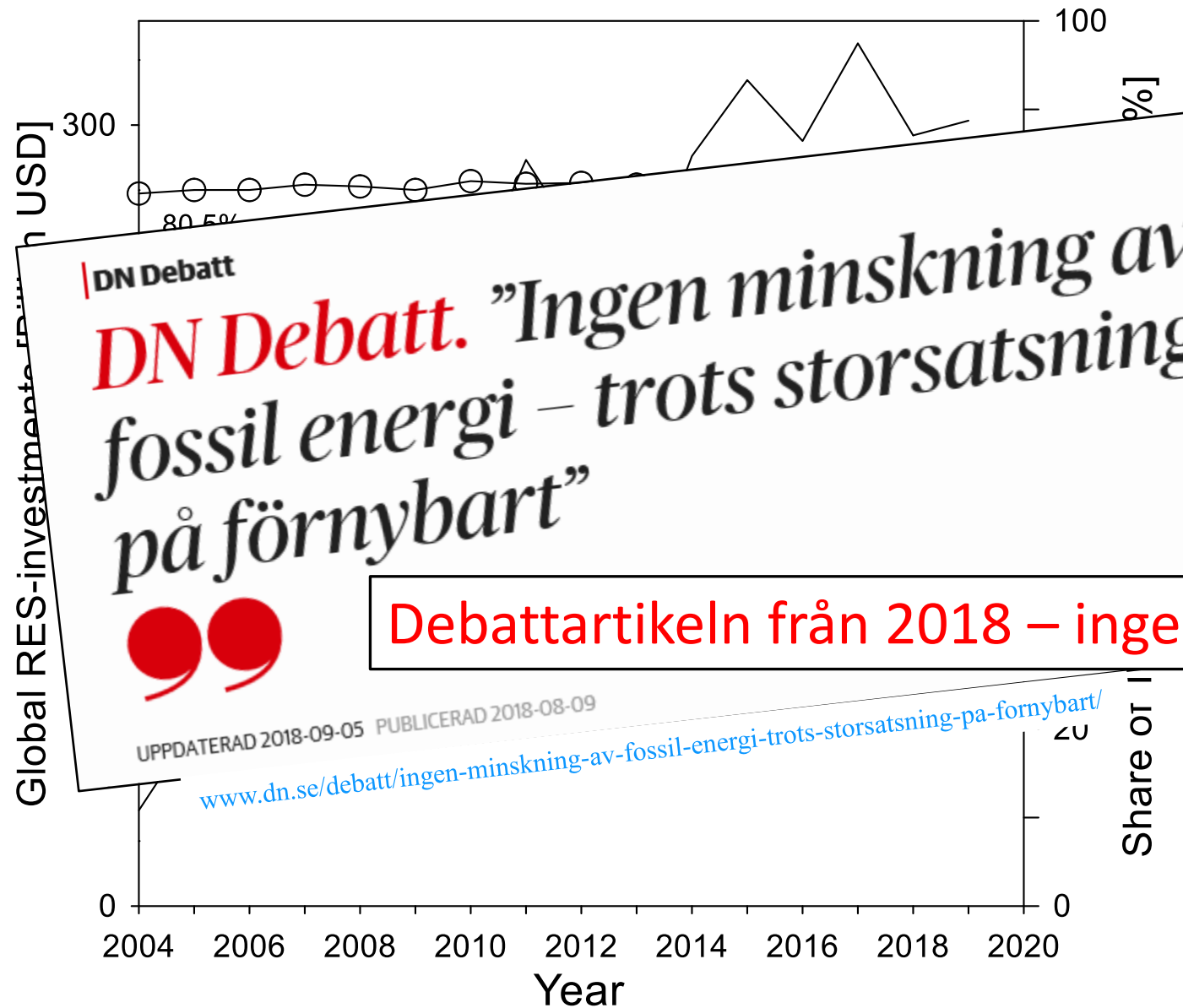
Kraftig tillväxt i förnybar energi – **noll minskning i andelen fossil energi!**



Kraftig tillväxt i förnybar energi – **noll minskning i andelen fossil energi!**



Kraftig tillväxt i förnybar energi – **noll minskning i andelen fossil energi!**



DN Debatt

DN Debatt. "Ingen minskning av fossil energi – trots storsatsning på förnybart"



Debattartikeln från 2018 – ingen förändring alltså

UPPDATERAD 2018-09-05 PUBLICERAD 2018-08-09

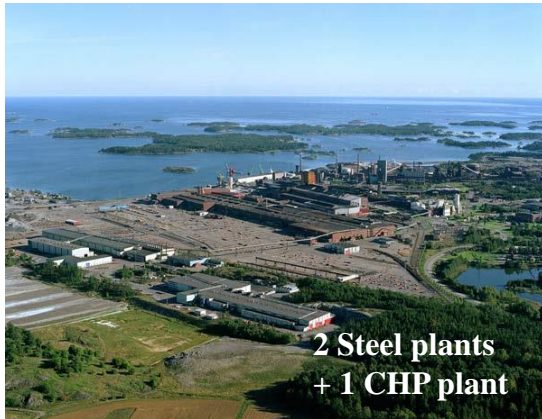
www.dn.se/debatt/ingen-minskning-av-fossil-energi-trots-storsatsning-pa-fornybart/

Huvudmotiv för CCS

- Den stora mängden fossila bränslen
 - **Alternativet är att lämna de fossila bränslereserverna outnyttjade – CCS möjliggör ”mjukare” övergång för fossilrika ekonomier**
- Bidra till att åstadkomma negativa utsläpp: Kompensera för kvarvarande fossila utsläpp samt på sikt åstadkomma netto negativa utsläpp (Sverige: de så kallade kompletterande åtgärderna) – Bio-CCS (BECCS)
- Nödvändig åtgärd i flera industrier där alternativ saknas eller är osäkra/dyra



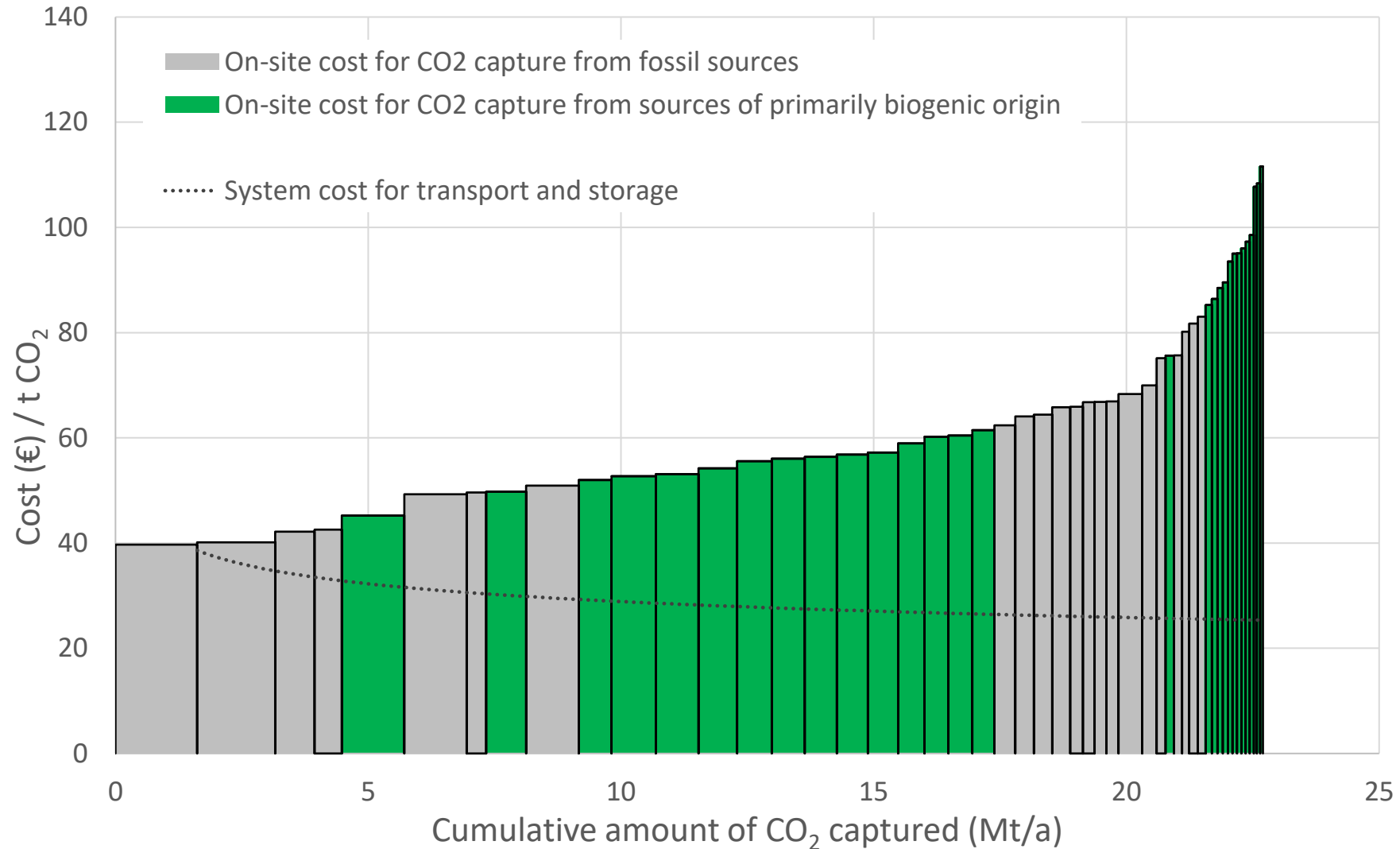
CCS – 28 Large **industrial** point sources of CO₂ (>500 ktCO₂/year) Applying post combustion (MEA)



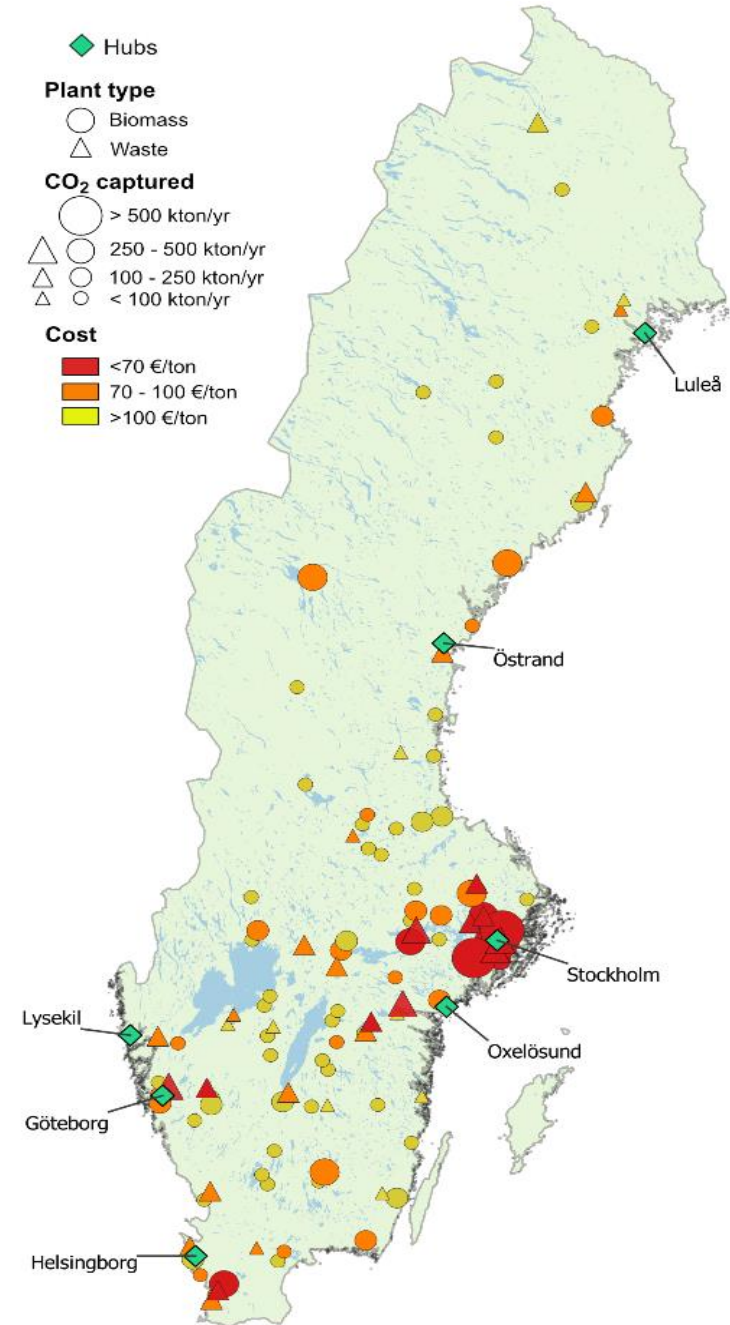
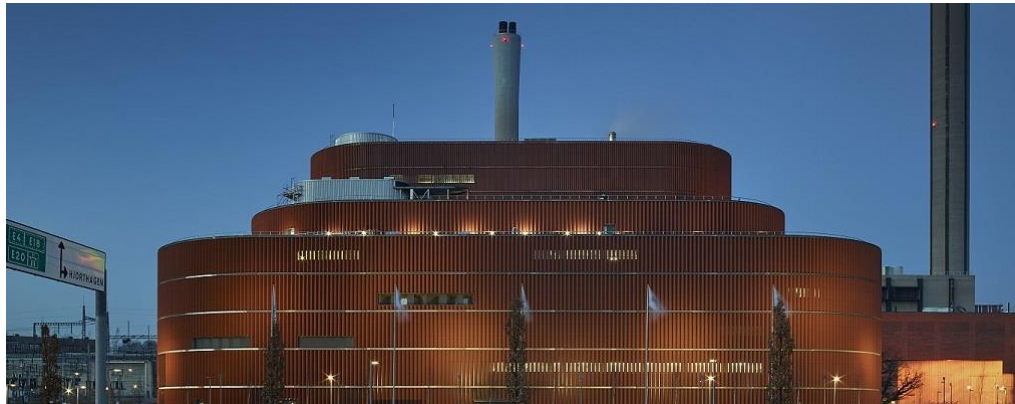
Biogenic and fossil
feedstocks and fuels



CCS – 28 Large industrial point sources of CO₂ (>500 ktCO₂/year)

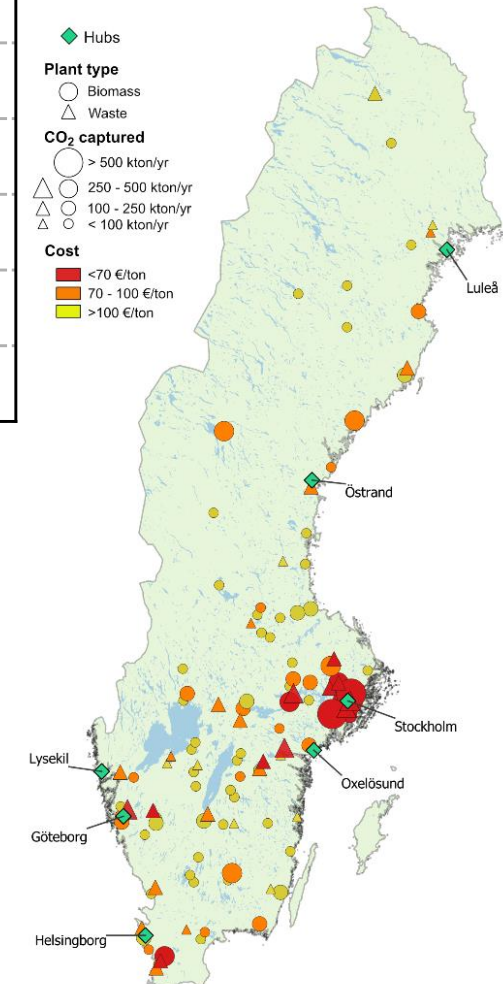
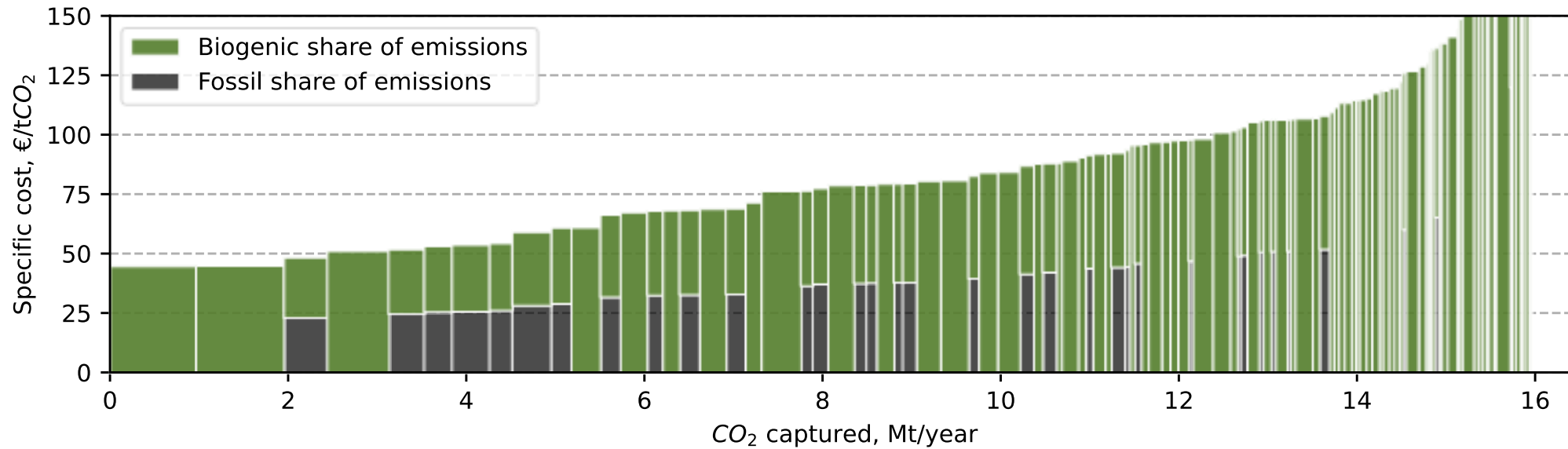


CCS på kraftvärmeverk



CCS on Swedish CHP plants in district heating systems

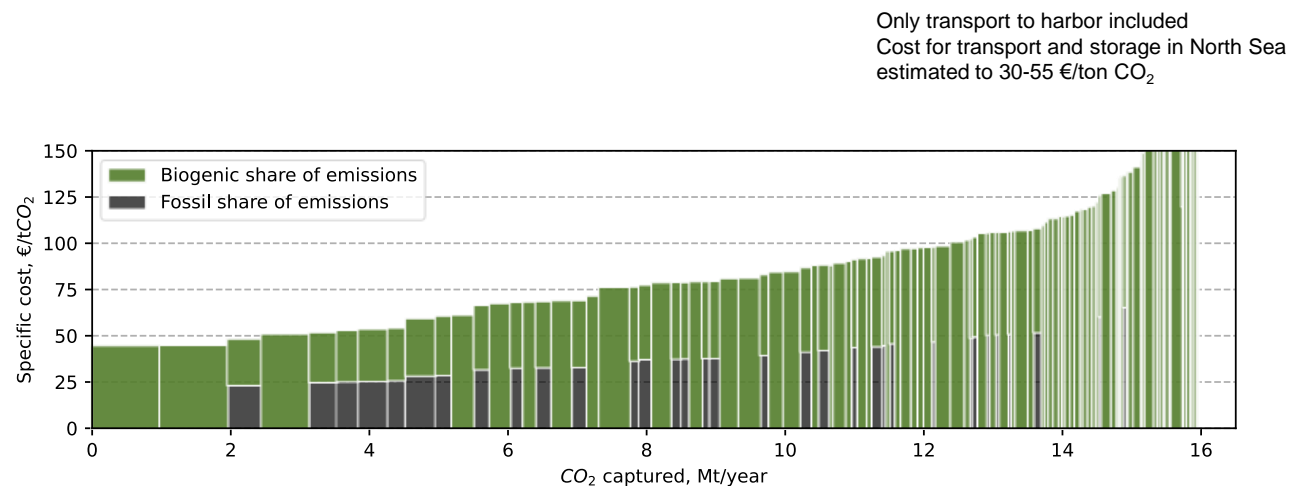
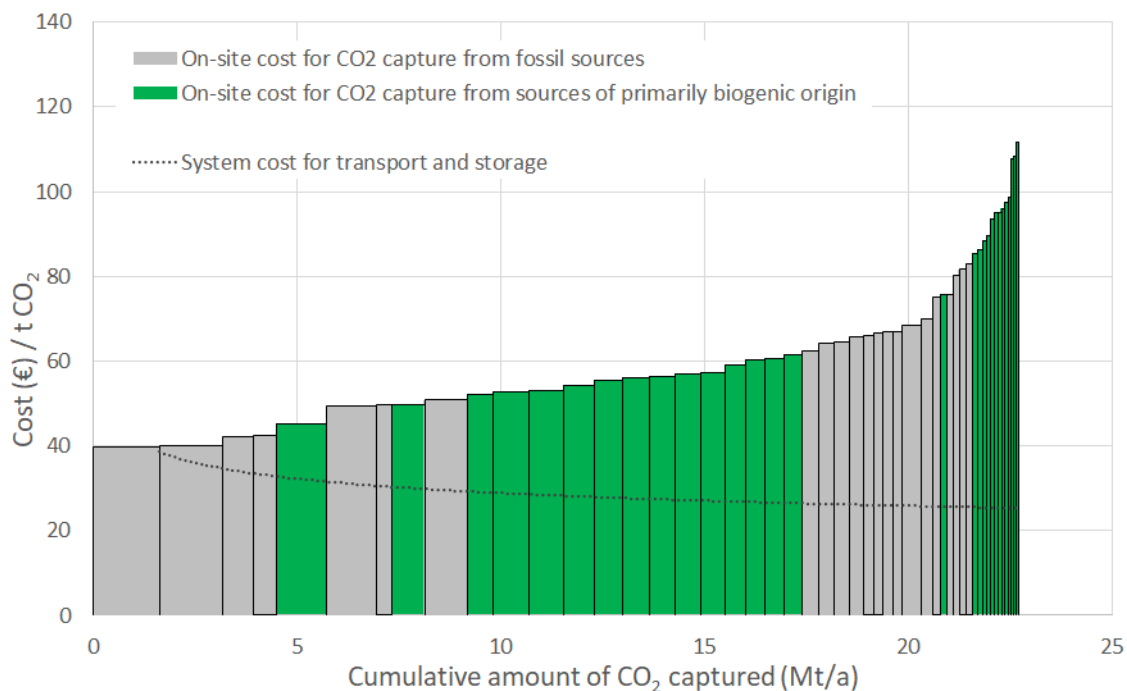
Mainly biogenic (but a significant fossil share in waste incinerators)



- Including truck transport (excl. cost for ship transport and storage)
- Carbon capture potential depends on extent of heat recovery from capture plant

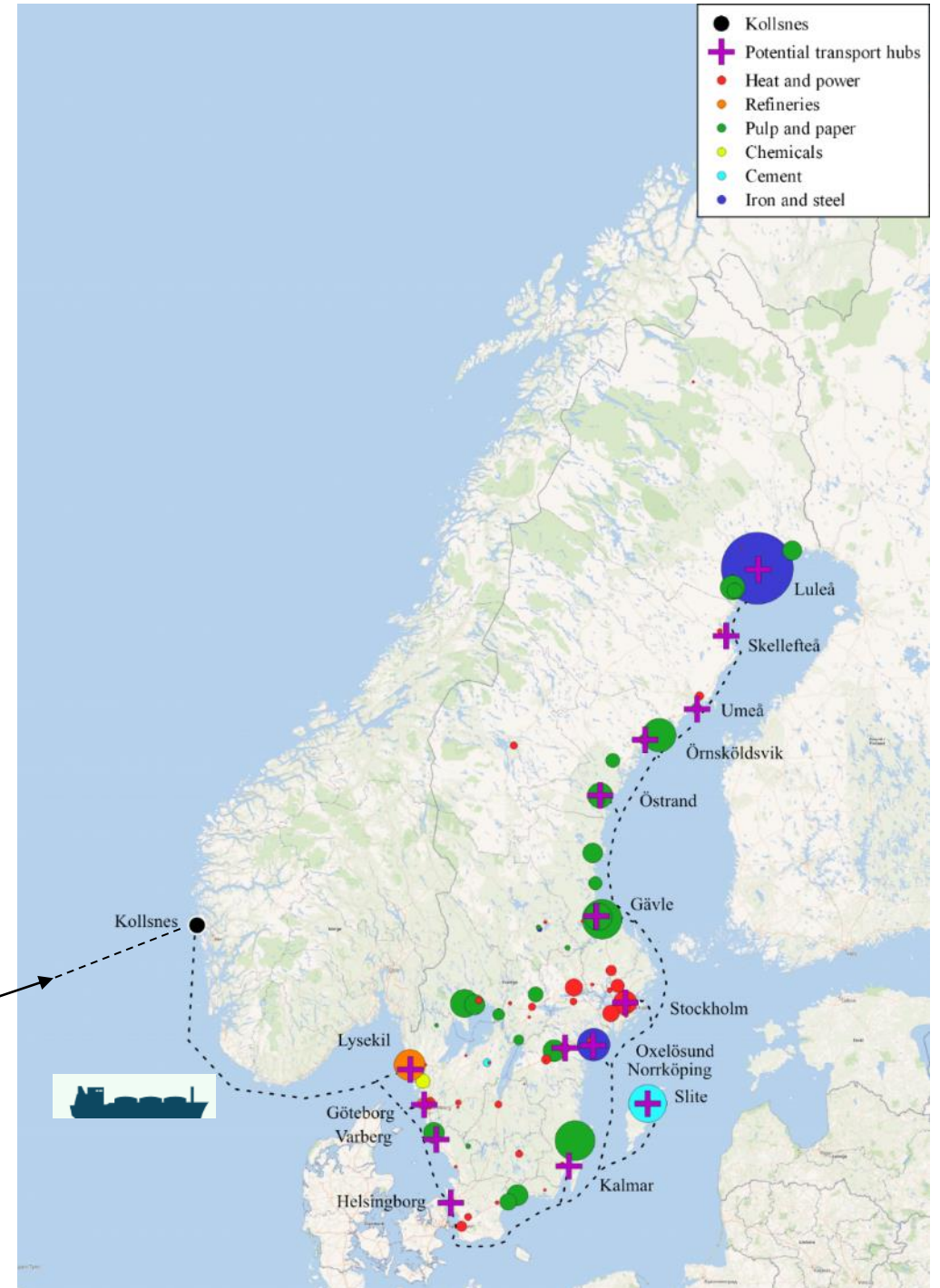
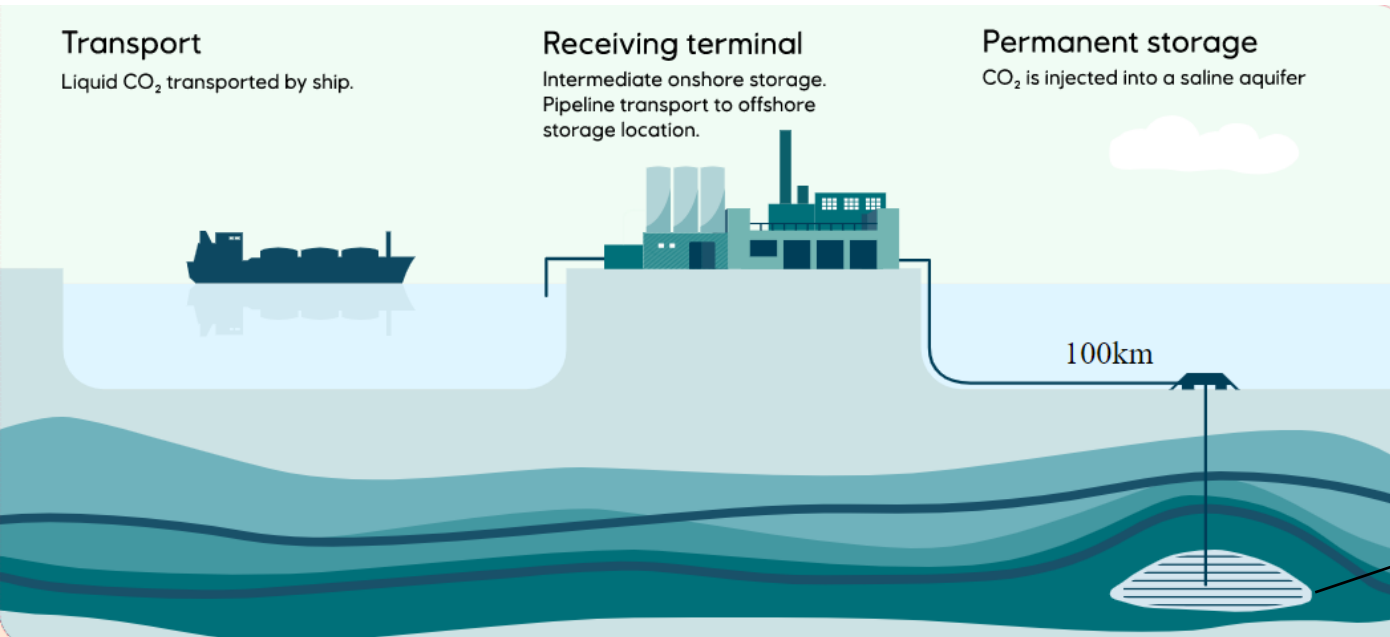
CCS @

28 Large **industrial** point sources of CO₂ (>500 ktCO₂/year) + **CHP plants** of different sizes



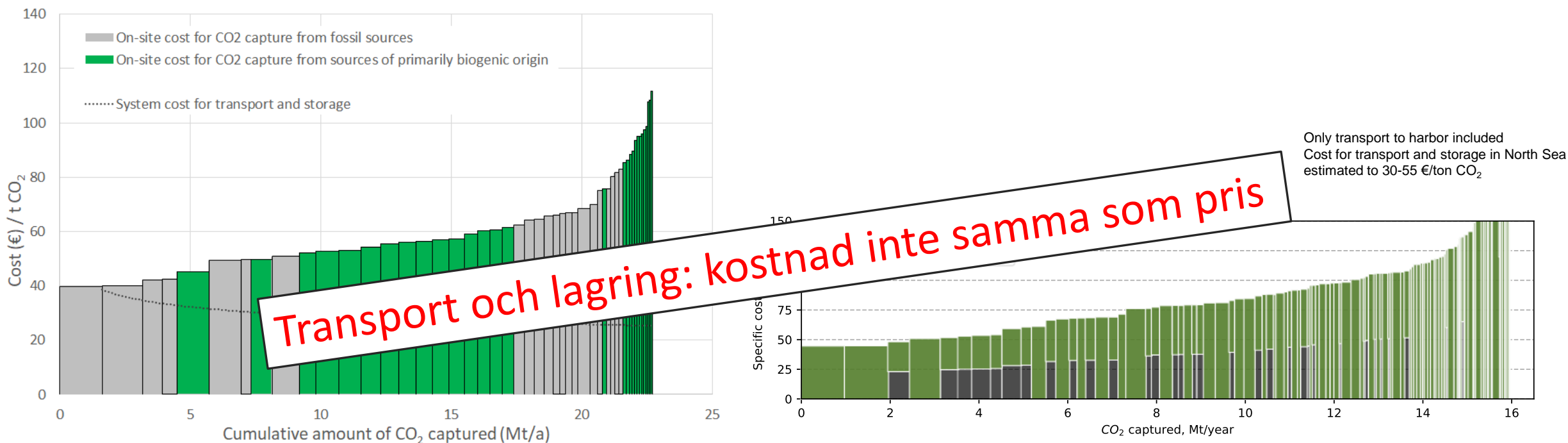
Around 35 Mt/year @ cost < 125 €/ton CO₂
Swedish total CO₂ emissions = 41 Mt/year (GHG emissions 51 Mt/year)

Inom överskådlig tid måste lagring (och transport) köpas av annat land



CCS @

28 Large **industrial** point sources of CO₂ (>500 ktCO₂/year) + **CHP plants** of different sizes



Around 35 Mt/year @ cost < 125 €/ton CO₂
Swedish total CO₂ emissions = 41 Mt/year (GHG emissions 51 Mt/year)

Timeline towards zero and negative emissions efforts must be accelerated

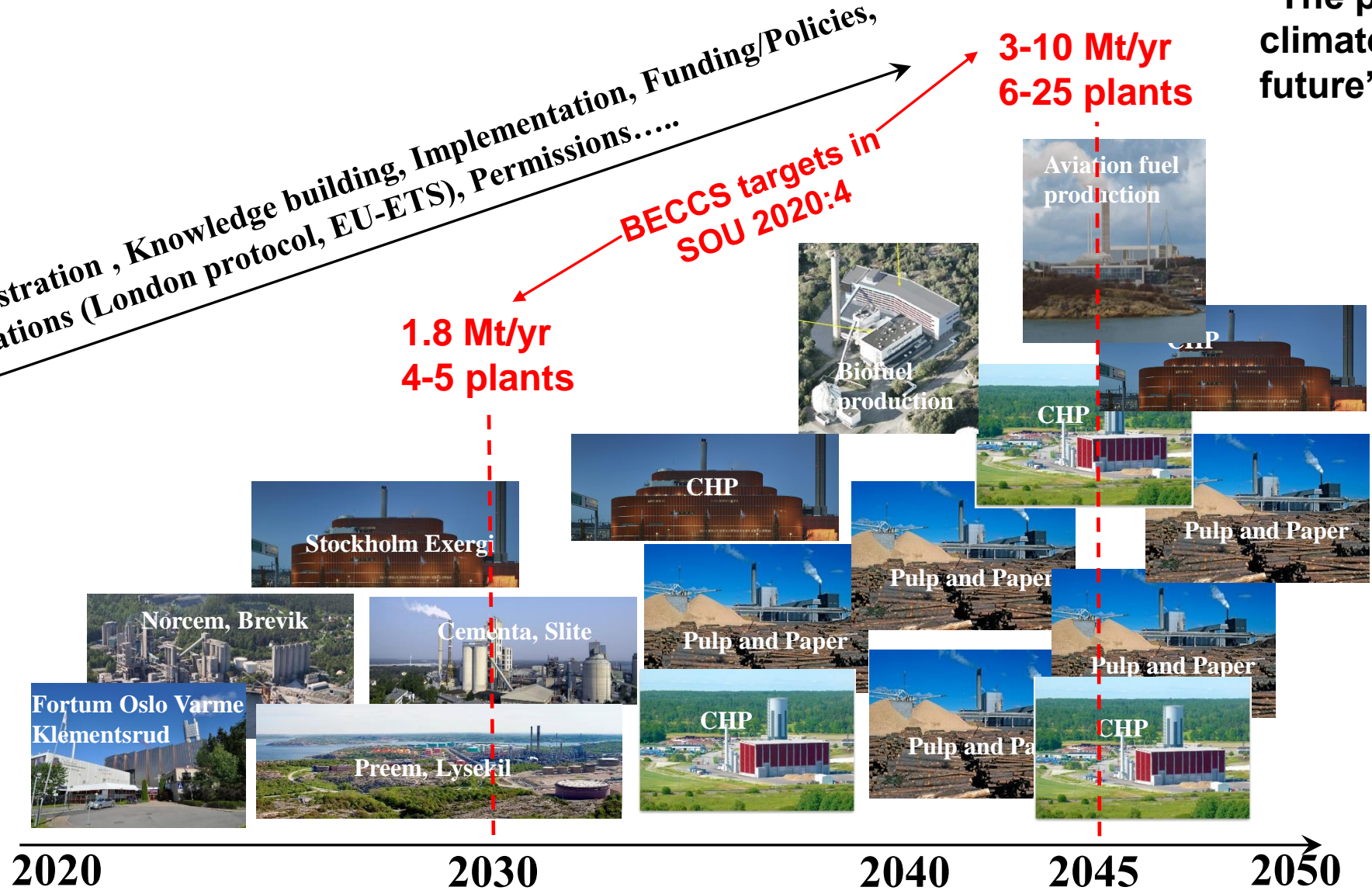
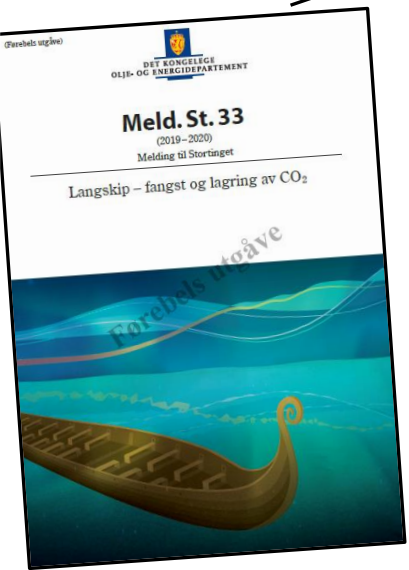
”The pathway to a climate positive future” (SOU 2020:4)

Demonstration, Knowledge building, Implementation, Funding/Policies, Regulations (London protocol, EU-ETS), Permissions.....

BECCS targets in SOU 2020:4

**3-10 Mt/yr
6-25 plants**

**1.8 Mt/yr
4-5 plants**



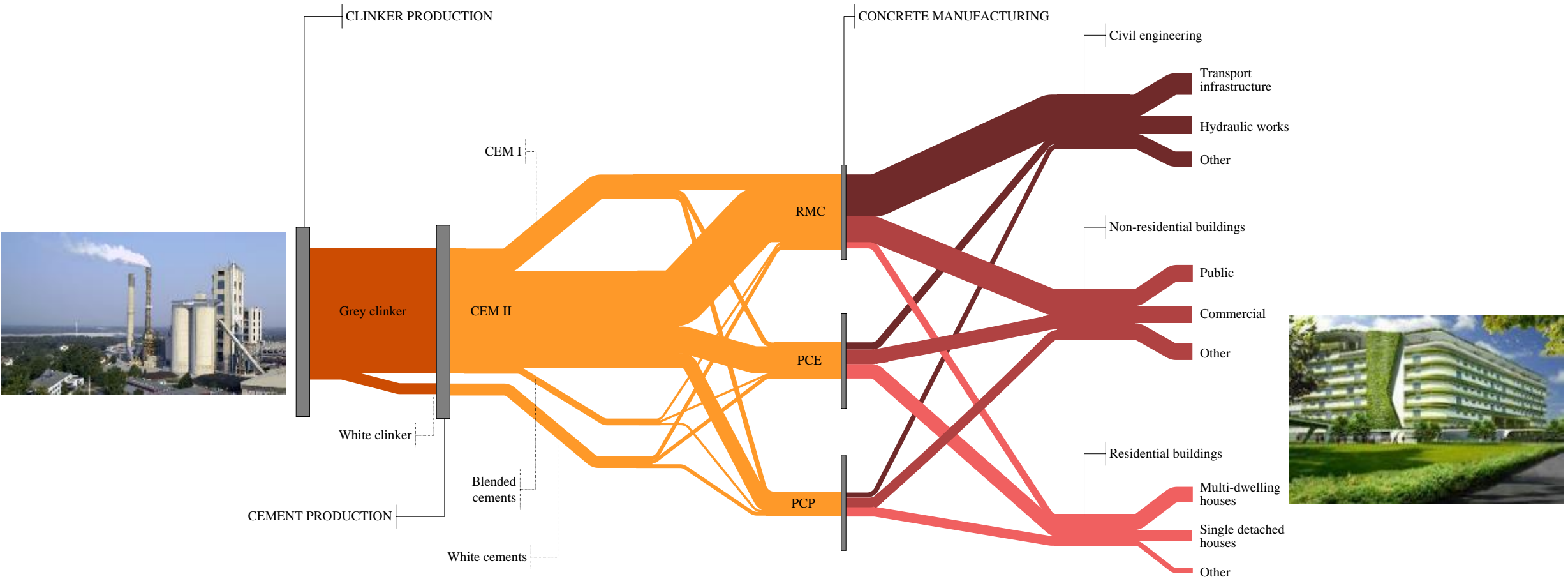
2020 2030 2040 2045 2050

Drivkrafter som kan ge affär för CCS:

- EU-ETS**
- utsläppsmål för värdekedjor**
- negativa utsläppskrediter (staten)**
- klimatkompensation**

UETS

Värdekedjeperspektiv...



Hur mycket dyrare blir **produkter** i
koldioxidneutrala material?

Värdekedjeperspektiv!

Cementindustrin

Så mycket
dyrare blir
cementen

+70%



Ståindustrin

Så mycket
dyrare
blir stålet

+25%





Att göra basmaterial klimatneutrala skulle öka priset kraftigt, men den färdiga konsumentprodukten ökar bara marginellt i pris

Cementindustrin

Så mycket dyrare blir cementen

+70%



Så mycket dyrare blir huset

+mindre än 0,5%

Stålindustrin

Så mycket dyrare blir stålet

+25%



Så mycket dyrare blir bilen

+mindre än 0,5%



Att göra basmaterial klimatneutrala skulle öka priset kraftigt, men den färdiga konsumentprodukten ökar bara marginellt i pris

Cementindustrin

Stålindustrin

DN Debatt. "Plan saknas för att minska basindustrins klimatpåverkan"



PUBLICERAD 2015-10-13



Så mycket dyrare blir huset

+mindre än 0,5%

Så mycket dyrare blir stålet

+25%

Så mycket dyrare blir bilen

+mindre än 0,5%

Rootzén and Johnsson
Energy Policy 98 (2016) 459–469
Climate Policy 17, 6, (2017) 781–800
See also (in Swedish)
<http://www.dn.se/debatt/plan-saknas-for-att-minska-basindustrins-klimatpaverkan/>



Att göra basmaterial klimatneutrala skulle öka priset kraftigt, men den färdiga konsumentprodukten ökar bara marginellt i pris

Cementindustrin

Stålindustrin

**2015 fanns ingen tydlig plan
Nu finns en plan i många industrier**



PUBLICERAD 2015-10-13

...cket
dyrare
blir huset

**+mindre
än 0,5%**

Så mycket
dyrare
blir stålet

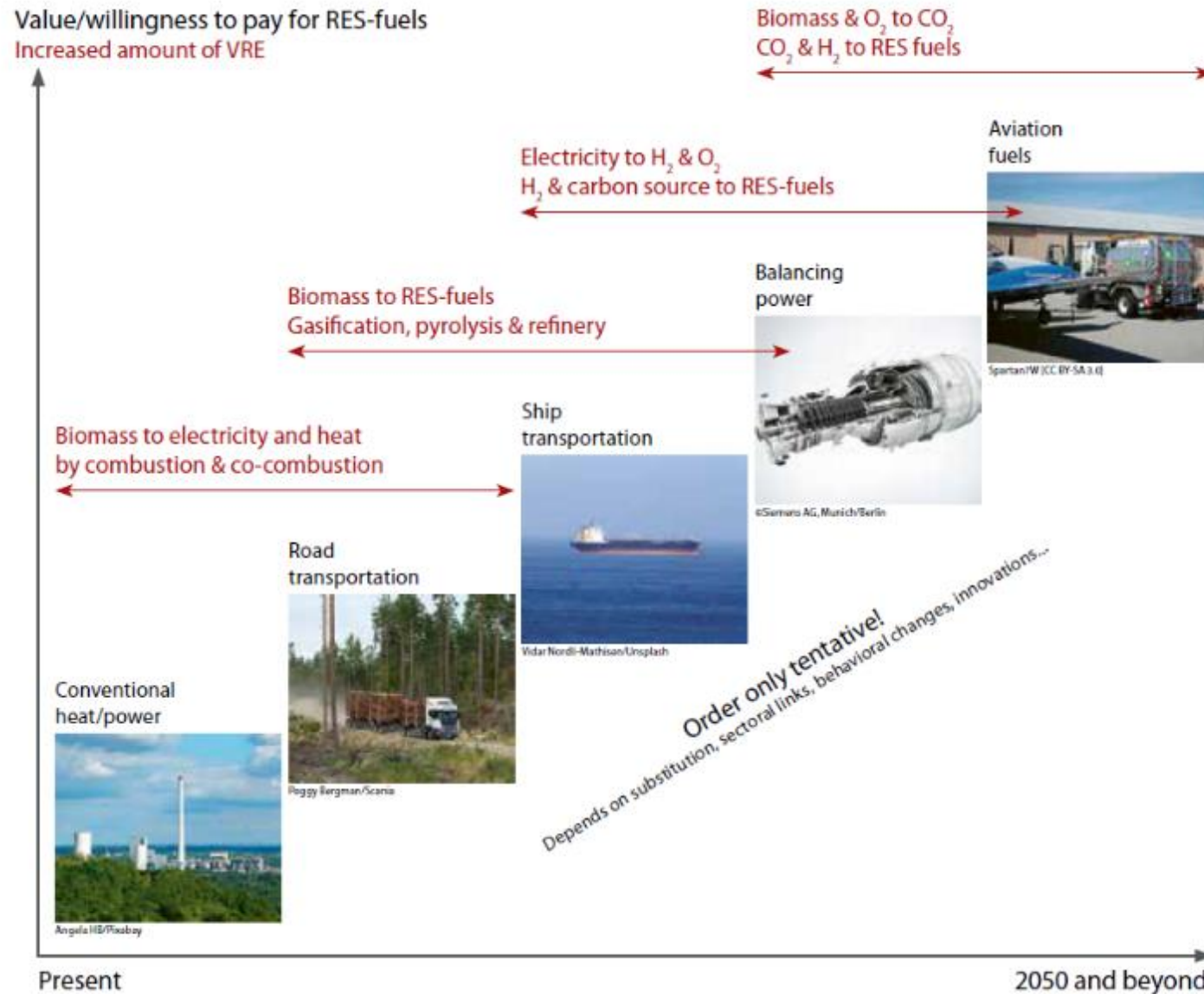
+25%

Så mycket
dyrare
blir bilen

**+mindre
än 0,5%**

Rootzén and Johnsson
Energy Policy 98 (2016) 459–469
Climate Policy 17, 6, (2017) 781-800
See also (in Swedish)
<http://www.dn.se/debatt/plan-saknas-for-att-minska-basindustrins-klimatpaverkan/>

Om vi rör oss i enlighet med klimatmålen – värdet på förnybara bränslen kommer öka



Stor potential i Sverige för Bio-CCS

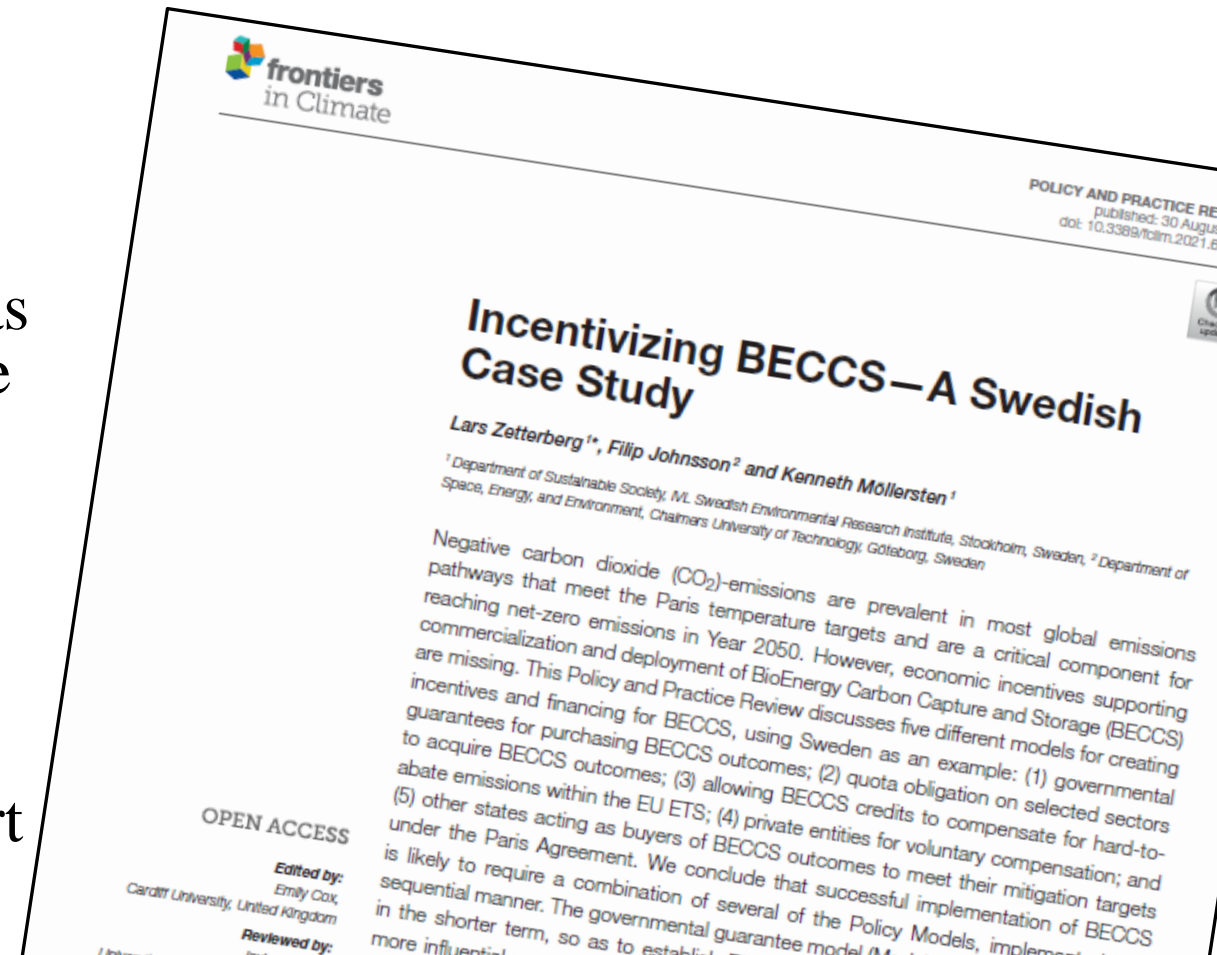
Svenska staten ska handla upp negativa utsläpp med hjälp av ett **omvänt auktioneringsförfarande**

Bra att komma igång med bio-CCS!

Men, inte uppenbart att det alltid ger **bäst klimatnytta**

Biomassa en begränsad resurs – vad som räknas som ett avfallsbränsle idag kan ha ett högre värde imorgon (tex träflis som eldas i kraftvärmeverk kanske måste användas till långlivade produkter, flygbränslen eller råvara till grön kemi)

Öppna upp för cirkulära system – inte rimligt att staten endast subventionerar att de gröna kolatomerna ska stoppas ner i backen (= ett linjärt system)



Mål för nettonollutsläpp har ökat intresset för klimatkompensation



Regeringskansliet

Lyssna Lättläst Teckenspråk

Sök på regeringen.se

Sveriges regering ▾ Regeringens politik i Sverige & EU ▾ Dokument & publikationer ▾

Artikel från [Klimat- och näringslivsdepartementet](#)

Det klimatpolitiska ramverket

Klimatmål

Senast år 2045 ska Sverige inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, för att därefter uppnå negativa utsläpp. Målet innebär att utsläppen av växthusgaser från svenskt territorium ska vara minst 85 procent lägre år 2045 än utsläppen år 1990. Vid beräkning av utsläppen från verksamheter inom svenskt territorium omfattas inte utsläpp och upptag från markanvändning, förändrad markanvändning och skogsbruk (LULUCF).

De kvarvarande utsläppen ned till noll (15%) kan uppnås genom så kallade kompletterande åtgärder.



European Commission

EN English

Climate Action

Home

About us ▾

Climate change ▾

EU Action ▾

Citizens ▾

The EU aims to be climate-neutral by 2050 – an economy with net-zero greenhouse gas emissions. This objective is at the heart of the [European Green Deal](#) { EN | ... } and in line with the EU's commitment to global climate action under the [Paris Agreement](#) { EN | ... }.

Klimatkompensation kan göras med negativa utsläpp...

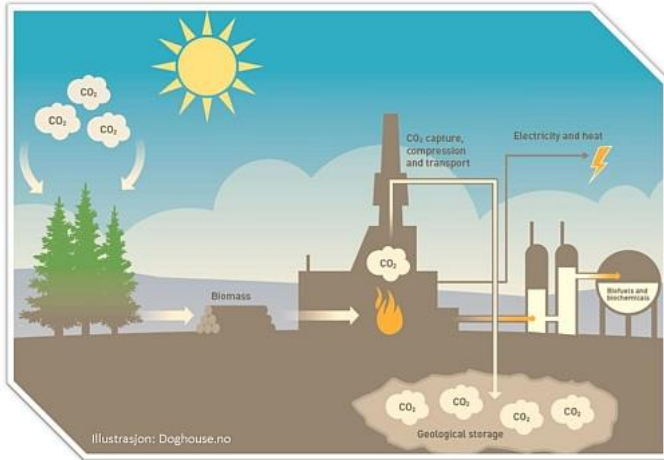
Huvudåtgärder för negativa utsläpp

Direct Air Capture - DAC



Climeworks

BECCS – Bio Energy CCS



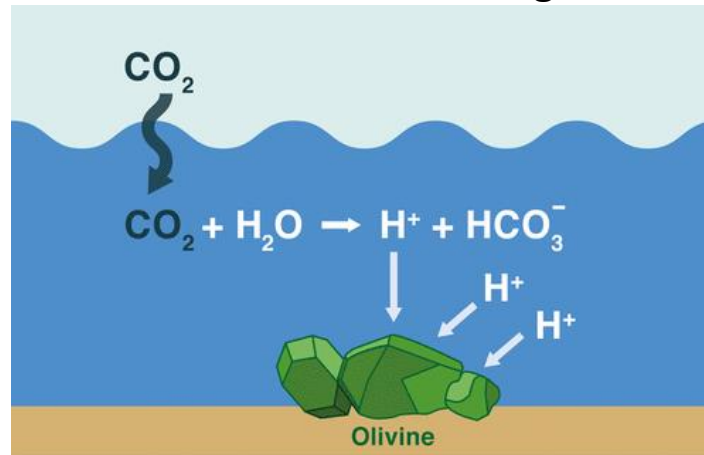
<https://www.mn.uio.no/geo/english/research/projects/1.5C-BECCS/>

Biochar/Soil carbon



https://en.wikipedia.org/wiki/Biochar#/media/File:Biochar_sample_size.jpg

Enhanced weathering



<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b05942>

Afforestation



<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Afforestation>

Reforestation



<https://en.wikipedia.org/wiki/Reforestation#/media/File:RedPinePlantation.JPG>

Huvudåtgärder för negativa utsläpp

Direct Air Capture - DAC



Climeworks

BECCS – Bio Energy CCS



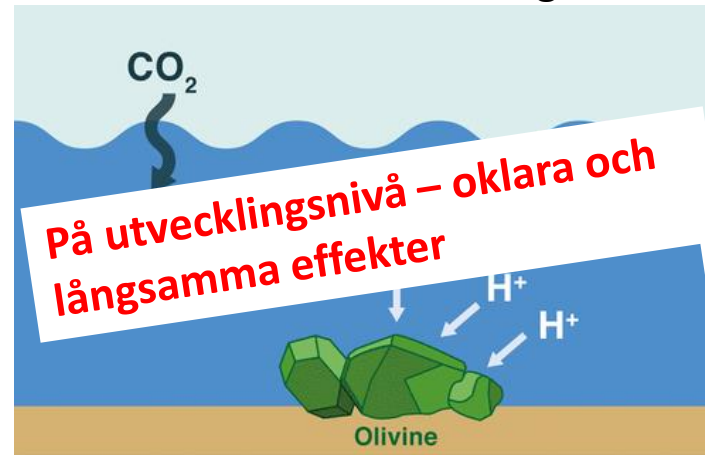
<https://www.mn.uio.no/geo/english/research/projects/1.5C-BECCS/>

Biochar/Soil carbon



https://en.wikipedia.org/wiki/Biochar#/media/File:Biochar_sample_size.jpg

Enhanced weathering



<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b05942>

Afforestation



<https://energyeducation.ca/encyclopedia/Afforestation>

Reforestation



<https://en.wikipedia.org/wiki/Reforestation#/media/File:RedPinePlantation.JPG>

Ovanstående uppvisar väldigt olika kostnader. Man skulle kunna säga att desto lägre permanensrisk desto högre kostnader (afforestation/reforestation har lägst kostnad men högst permanensrisk).

Net = Negative Emission Technology

Risker även med certifierad klimatkompensation



Revealed: more than 90% of rainforest carbon offsets by biggest certifier are worthless, analysis shows

Investigation into Verra carbon standard finds most are 'phantom credits' and may worsen global heating

- ['Nowhere else to go': Alto Mayo, Peru, at centre of conservation row](#)
- [Greenwashing or a net zero necessity? Scientists on carbon offsetting](#)
- [Carbon offsets flawed but we are in a climate emergency](#)

Based on a new analysis at least 90% of Verra's rainforest carbon credits do not represent real emission reductions

Each credit is equal to one metric tonne of CO2 equivalent



Guardian graphic. Source: The Guardian analysis based on a significant percentage of the projects as looked by West et al studies and Verra registry (accessed in August 2022). All figures are estimates. West et al 2023 is a pre-print. Note: Verra's claims versus analysis of independent scientific studies

Några publikationer

- Rootzén, J., Johnsson, F. Managing the costs of CO2 abatement in the cement industry (2017) *Climate Policy*, 17 (6), pp. 781-800.
- Rootzén, J., Johnsson, F. Paying the full price of steel – Perspectives on the cost of reducing carbon dioxide emissions from the steel industry (2016) *Energy Policy*, 98, pp. 459-469.
- Johnsson, F., Normann, F., Svensson, E. Marginal Abatement Cost Curve of Industrial CO2 Capture and Storage – A Swedish Case Study (2020) *Frontiers in Energy Research*, 8, art. no. 175, DOI: 10.3389/fenrg.2020.00175
- Beiron, J., Normann, F., Johnsson, F., *International Journal of Greenhouse Gas Control* 118 (2022) 103684
- Emanuelsson A., Johnsson, F., The cost of CCS – a product chain analysis of the cement and pulp industries, 16th *International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies*, GHGT-16
- Zetterberg, L., Johnsson, F. Möllersten, K., Incentivizing BECCS—A Swedish Case Study (2021) *Frontiers in Climate*, 3:685227. DOI: 10.3389/fclim.2021.685227
- Fuss, S., Johnsson, F. The BECCS Implementation Gap—A Swedish Case Study (2021) *Frontiers in Energy Research*, 8, art. no. 553400 DOI: 10.3389/fenrg.2020.553400
- Garðarsdóttir, S.Ó., Normann, F., Skagestad, R., Johnsson, F. Investment costs and CO2 reduction potential of carbon capture from industrial plants – A Swedish case study (2018) *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 76, pp. 111-124.
- Berndes et al., Forests and the climate – Manage for maximum wood production or leave forests as a carbon sink? *KSLA*, No 6, 157, 2018

Två tvärvetenskapliga forskningsprogram:

<https://www.mistracarbonexit.com/>

<https://mistraelectrification.com/>

