

Utslipp av klimagasser

Siv.Ing Øivind Høidalen - Halden Rotary 3 oktober 2022

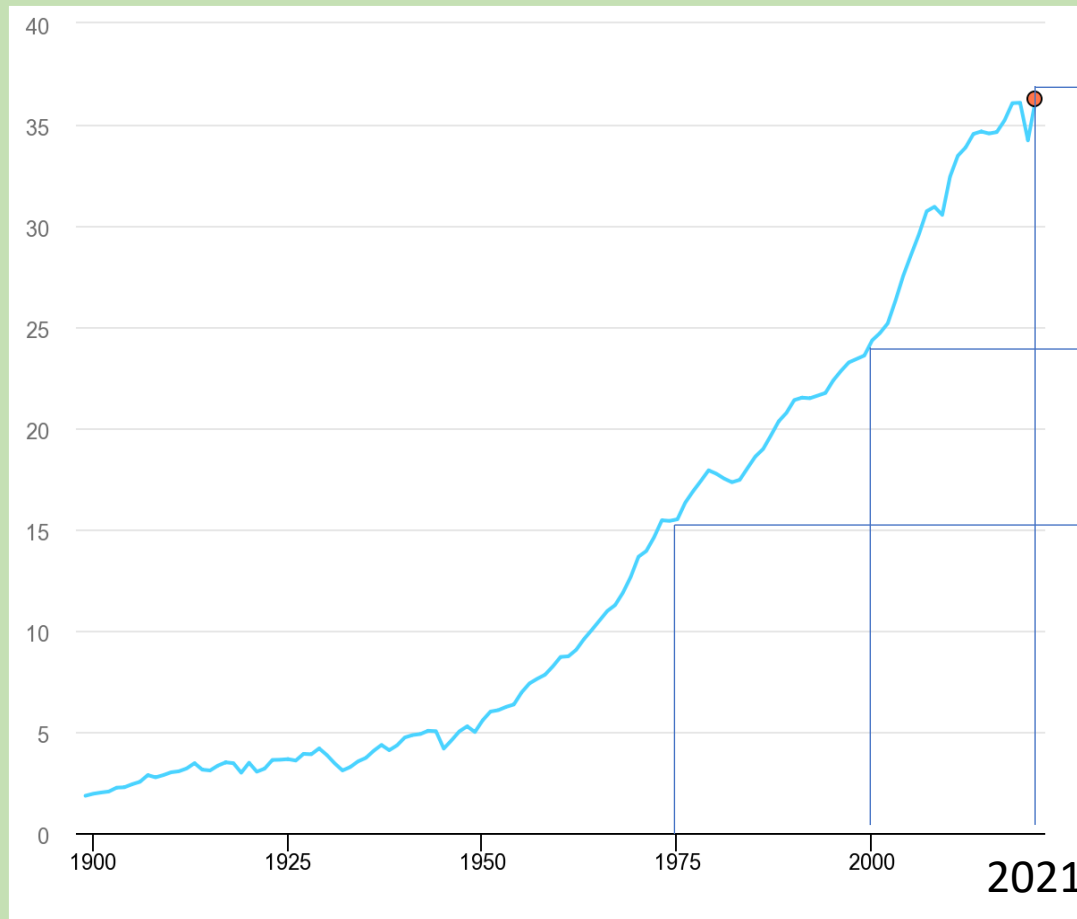
Innholdsfortegnelse

- Litt om meg selv
- Noe om dagens utslipp av CO2 og klimagasser, Parisavtalen og veien videre
- Brevik CCS – «Fra FOU-prosjekt til det første fullskala anlegg i industrien»
- Er et bærekraftig personlig CO2-fotavtrykk oppnåelig i dagens Norge?
- Er elbilen et bærekraftig alternativ til fossilbiler?
- Noen sluttkommentarer

Kort CV

- Utdannet Siv.Ing Prosessmetallurg fra Universitetet i Clausthal – Tyskland
- Startet i Norcem 1975 og har deretter arbeidet innen sementindustrien i Norge og utlandet i nær 35 år
- Sammendrag av viktige arbeidsoppgaver
 - Ny sementfabrikk i Verdal (1978/79)
 - Konvertering fra olje til bruk av kull ved sementfabrikkene på Slemmestad, Brevik og Kjøpsvik (rundt 1979-82)
 - Teknisk sjef for en sementfabrikk i Ras Al Khaimah – Emiratene (1982-86)
 - FOU Direktør Norcem/Teknisk Direktør for SCANCEM (1989 -2001)
 - Teknisk Direktør for Indocement (Indonesia) – HeidelbergCement's største sementprodusent (2001 – 2008)
 - Diverse konsulent oppdrag – bl.a. leder for Tinfos vannkraft prosjekt (10 MW) i Sulawesi (Indonesia) fra 2013 - 2017

Årlig CO2-utslipp fra forbrenning av fossile brennstoff og industrielle prosesser, fra 1900-2021 (IEA)



ca. 36 milliarder tonn per år - 2021

ca. 24 milliarder tonn per år

ca. 15 milliarder tonn per år

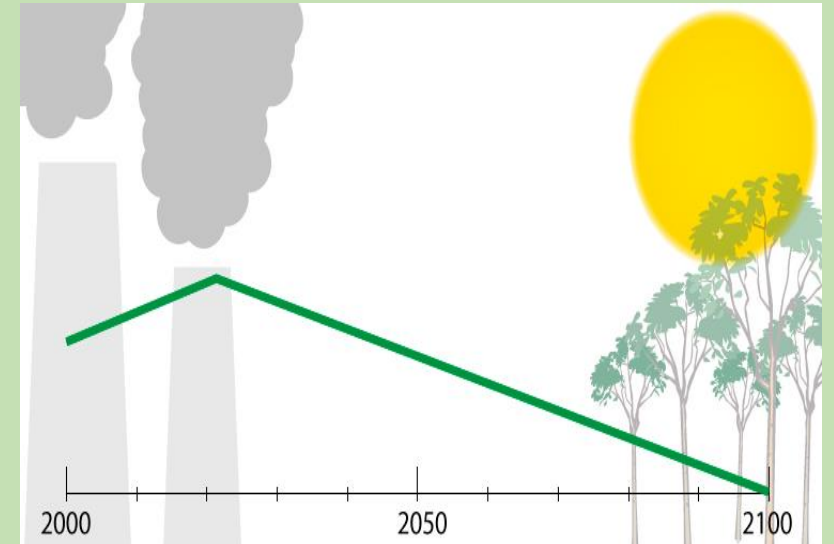
Norges utslipp ca. 48 millioner tonn – ca.0,13%

Norge og EUs utslipp ca. 4 milliarder tonn – ca.11%

NB! Totale klimagass-utslipp 2021 var rundt 52 milliarder tonn. CO2 står for 70-75% av totale utslipp

Parisavtalen – Hva gjør EU, Verden og Norge?

- Parisavtalen er en global klimaavtale fremforhandlet 2015 der alle land må sette seg klimamål!
- Begrense økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen til 2 grader over før-industrielt nivå og etterstrebe å begrense temperaturøkningen til 1,5 grader
- Dette medfører at utslippene må kuttes raskt for å nå balanse mellom utslipp og opptak av klimagasser i andre halvår av århundret – 2050 til 2100
- EU (og Norge) innførte 2021 en serie med tiltak og forslag for å oppnå en netto utslippsreduksjon i 2030 på 55% sammenlignet med 2005 og null utslipp 2050.
- FNs klimapanel mener at et utslippskutt på 40-70% innen 2050 - sammenlignet med 2010 – er nødvendig for å nå togradersmålet!
- Klarer Norge og Verden å oppnå slike utslippsreduksjoner?

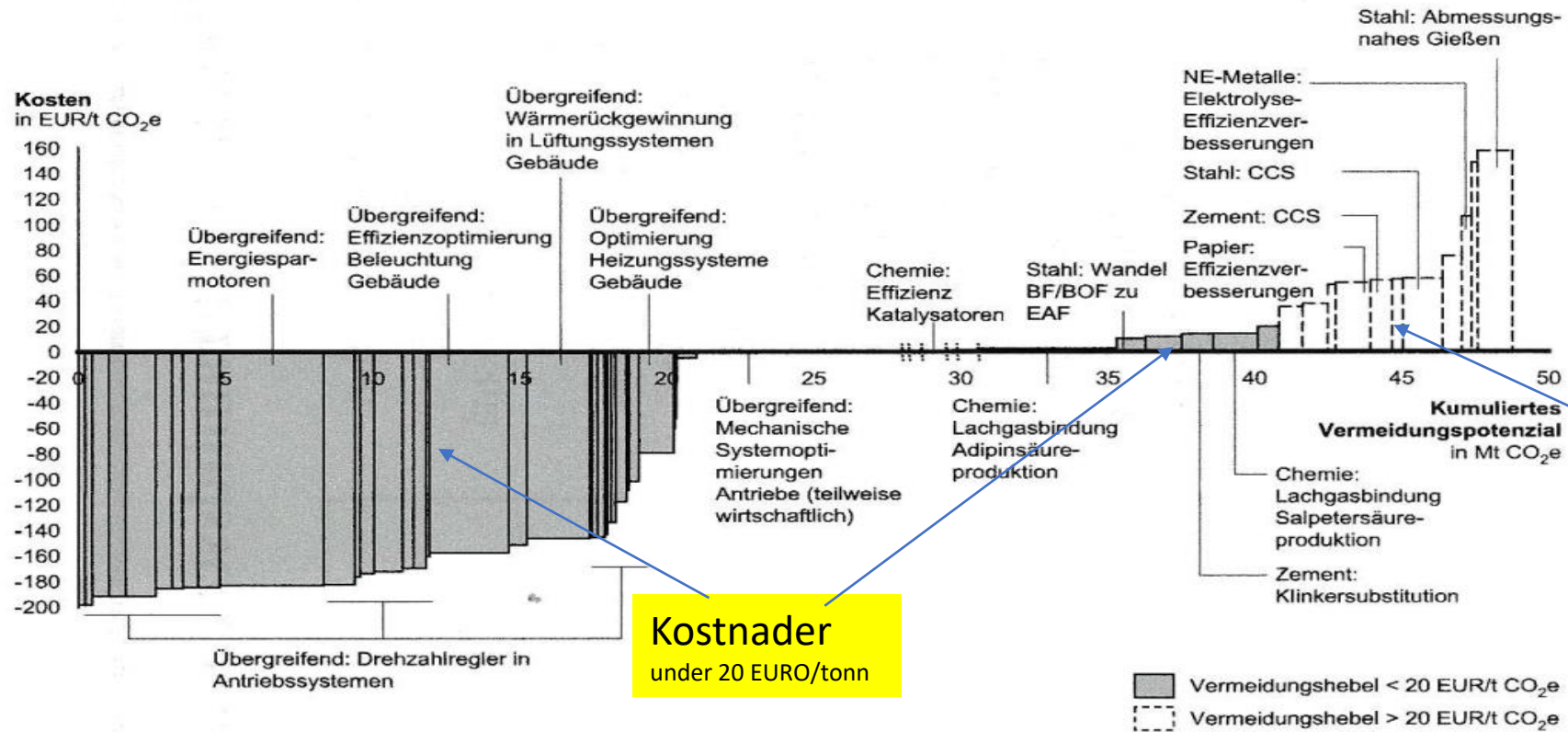


Hva koster ulike CO2-reduksjons teknologier i Tyskland i år 2020

(McKinsey&Company)

Industriesektor: Vermeidungskostenkurve – Deutschland 2020

ENTSCHEIDER-PERSPEKTIVE



Quelle: Studie „Kosten und Potenziale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland“ von McKinsey & Company, Inc. im Auftrag von „BDI initiativ – Wirtschaft für Klimaschutz“ – AG Industrie

Brevik CCS – «Fra FOU-prosjekt til det første fullskala anlegg i industrien»

(Mottatt av Per Brevik – Dir. for bærekraft HeidelbergCement NE)



HEIDELBERGCEMENT GROUP

Norcem – en del av HeidelbergCement

53 000 Ansatte
3000 Lokasjoner
55 Land

Markedsposisjon:

01

Tilslag

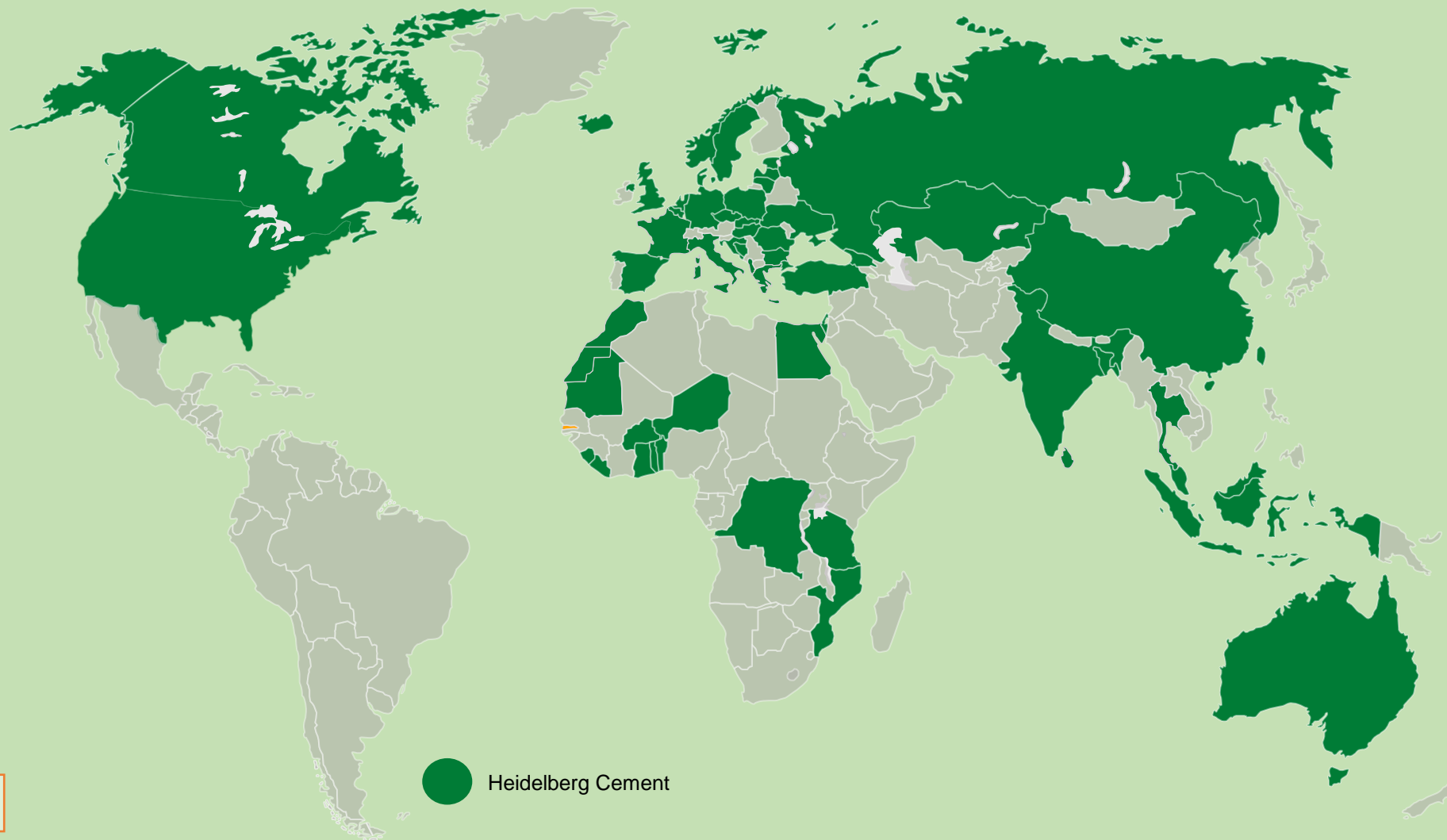
02

Sement

01

Ferdig Betong

70 mill. tonn CO2 per år



To kilder til CO₂-utslipp fra sementproduksjon!



Kalkstein



2/3



Brensel

1/3



Klimatiltak i sementindustrien



Alternative brensler



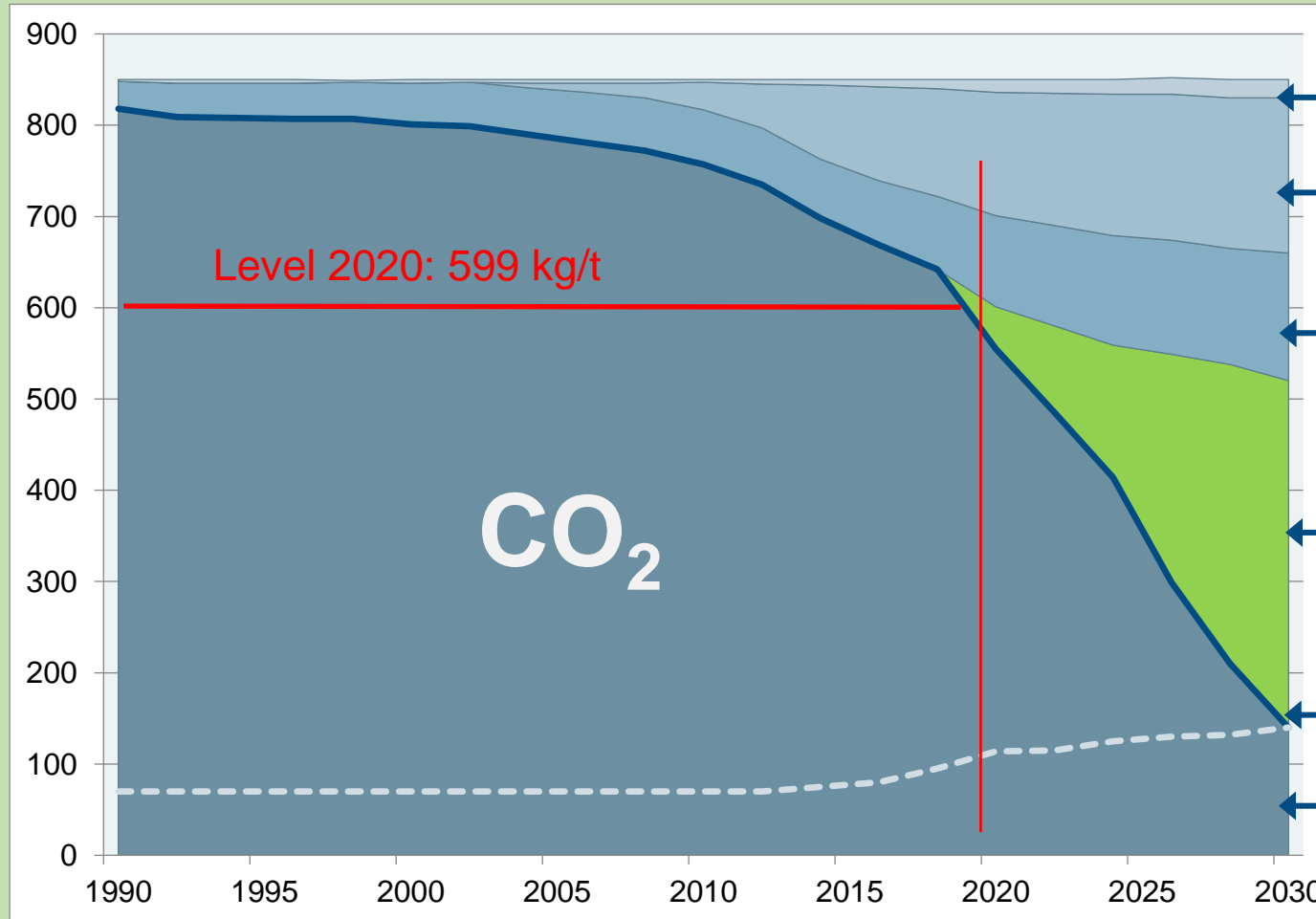
Alternative råmaterialer



Karbonfangst

Norcems 0-vision – Status and further plans

kg CO₂/tonn
sement



Energy efficiency

Alternative fuels

New cement products

Carbon capture

0 - CO₂-emmission in
2030

Carbonatization
($\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$)

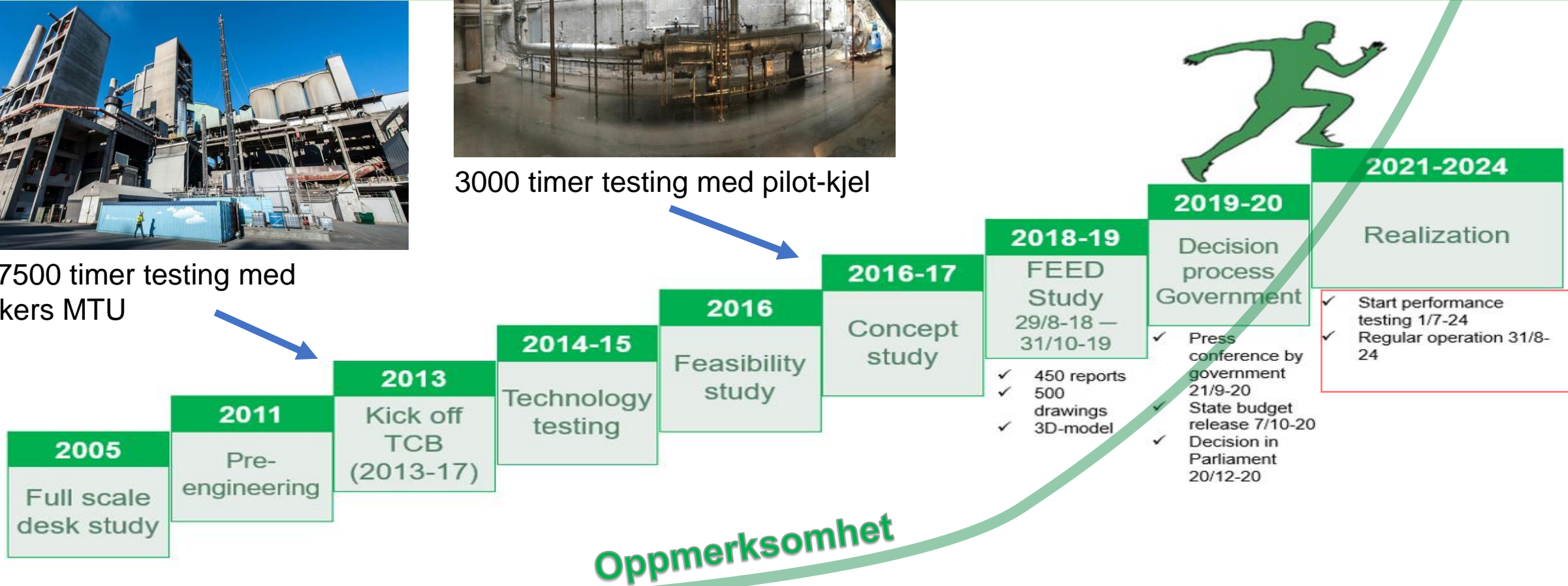


CCS - Utvikling tar tid



3000 timer testing med pilot-kjel

>7500 timer testing med Akers MTU



CLIMIT/GASSNOVA –prosjekt 2013–2017

Aker Solutions amine technology – TRL 9



Air Products/ NTNU membrane technology – TRL 5



RTI solid sorbent technology – TRL 4



Testing of 4 capture technologies on real flue gas

Conclusions

1. Technologies are available
2. Technical feasible, but dependent on economic support
3. In a 2020 perspective, Aker Solutions' amine technology the only one ready for a full scale project

Alstom Power Calcium Looping – TRL 3



«Langskip» - det største klimaprojektet i norsk industri!

- Fullskala fangstanlegg ved Norcem Brevik
- Betinget støtte til FOV (Fortum Varme)
- Northern Lights med ansvar for:
 - Transport
 - Mellomlagring i Øygarden utenfor Bergen
 - Lagring i “Aurora-formasjonen” i Nordsjøen

➔ **Samlet kostnad 25 mrd NOK inkl 10 år drift**

- Regjeringens andel: 17 Mrd NOK

➔ Endelig godkjenning i Stortinget 14. des. 2020

➔ Oppstart 4. januar 2021



CO₂ fangst i Brevik

Skal fange 400.000 tonn pr år

- ✓ 55 tonn CO₂ pr time
- ✓ 50% fangstrate

Skal bygge en ny fabrikk mens produksjonen går for fullt!



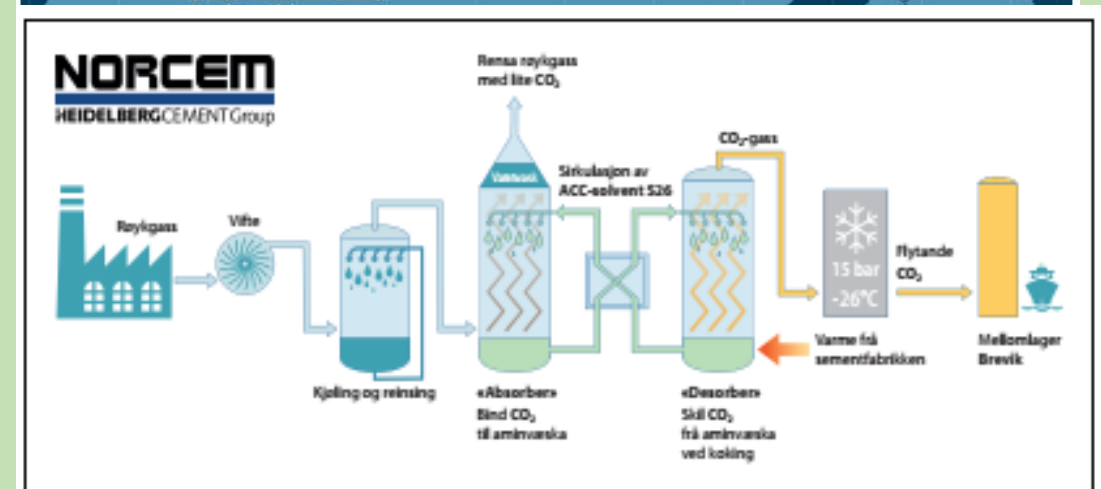
Det meste har gått etter planen ...

- **Holder framdriften**
- Ser ikke store hindre som vil gjøre det umulig å laste første skip som planlagt sommeren 2024
- **Utfordringer / Risiko**
- Grunnarbeidene mer omfattende enn forutsatt
- Kostnadene knyttet til fabrikkkontrakten
- Covid-19
- **Effekter av krigen i Ukraina**
- Påvirket vinterstoppen 2022 direkte
- Tilgangen på stål og priser
- Transport internasjonalt



Noen kommentarer til Norcems Fangstanlegg

- Energibehovet for produksjon av sement er i dag rundt 1 kwh/kg
- Det kreves ytterligere energi for å fjerne CO₂ fra aminet og fabrikken i Brevik får denne energien fra klinkerovnvens røykgasser og klinkerkjøler
- I tillegg krever selve fangstanlegget elektrisk energi til drift av ventilatorer, kompressorer og annet utstyr som fører til at det elektriske energiforbruket ved produksjon av sement mer enn doubles
- Prosjektet i Brevik er det første i verden og det antas at driftserfaringer fra fangstanlegget vil gi verdifull informasjon om investerings- og driftskostnader samt energiforbruk for anlegget



Figur 4.3 Illustrasjon av CO₂-fangstprosessen ved Norcem

Kilde: Gassnova, basert på føreprosjektrapportane

**Lørdagsuniversitetet,
Lierbyen bibliotek, 20. november 2021:**

**Er et bærekraftig personlig CO₂-
fotavtrykk oppnåelig i dagens Norge?**

Lars-André Tokheim

Professor, Institutt for prosess-, energi- og miljøteknologi



Hva menes med et CO₂-fotavtrykk?

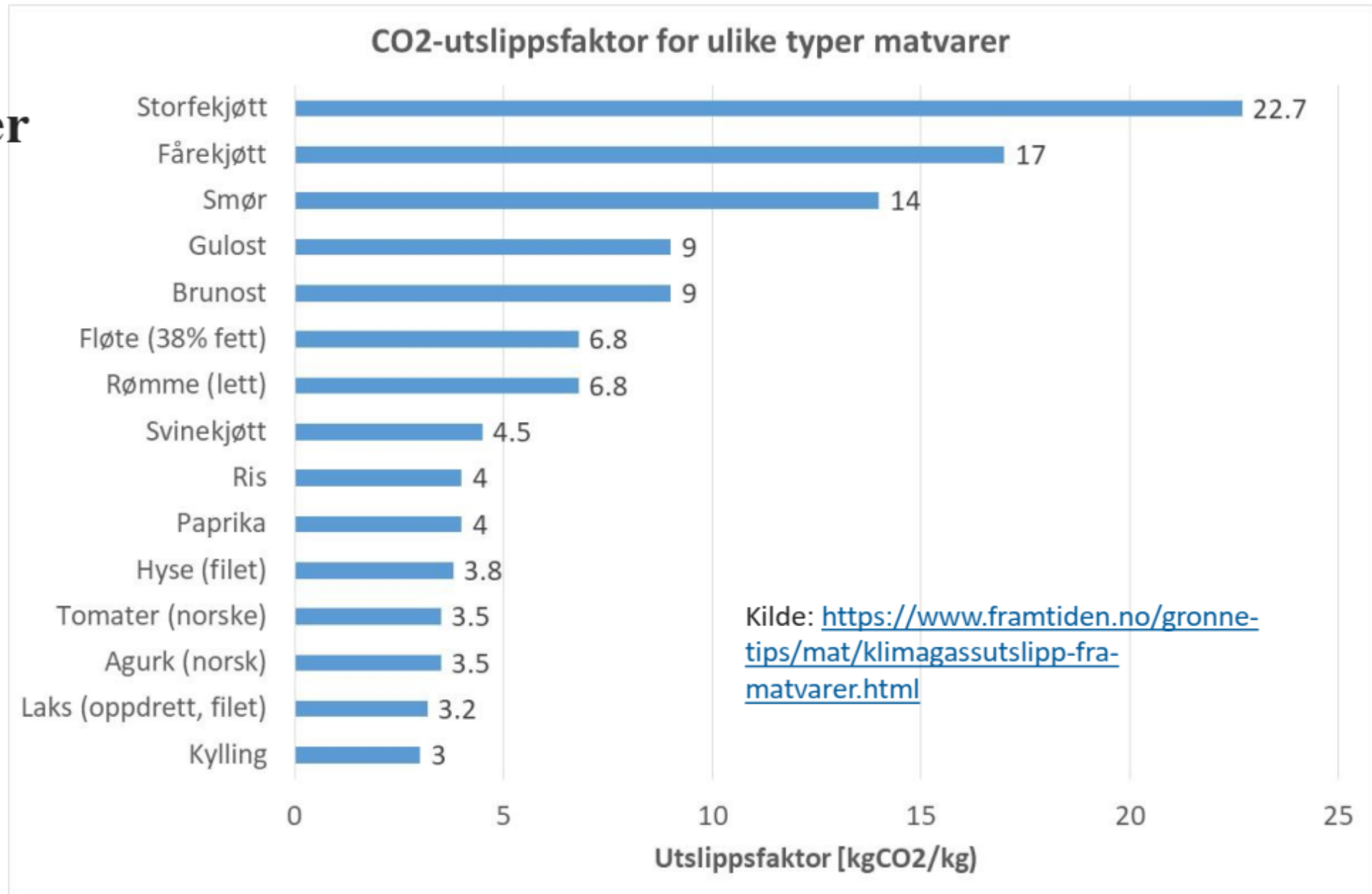
- CO₂-fotavtrykk kalles også karbonfotavtrykk eller klimafotavtrykk
- CO₂-fotavtrykk (https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_footprint):
“A carbon footprint is historically defined as the total emissions caused by an individual, event, organization, or product, expressed as carbon dioxide equivalent.”
- CO₂-fotavtrykket kan beregnes som produktet av forbruk (=aktivitetsdata) og en CO₂-utslippsfaktor tilnyttet dette forbruket
- Ulike CO₂-utslippsfaktorer kan knyttet til:
 - løpende forbruk, for eksempel mat, drivstoff eller strøm
 - investeringer i materiell med en viss levetid, for eksempel hus, bil, ...

Hva er et bærekraftig CO₂-fotavtrykk?

- Kriterium for en bærekraftig el-bil: Det å eie og/eller bruke en el-bil må skje innenfor rammene av et bærekraftig CO₂-fotavtrykk
- Vårt forsøk på å definere et bærekraftig CO₂-fotavtrykk:
 - Ifølge IPCC: Max 650 Gt CO₂-utslipp fra 2020 til 2050 (dvs. 30 år) →
 - 22 mrd tonn CO₂ per år
 - Ca 7.5 mrd mennesker på jorda →
 - Ca. 3 tonn per år og per person (i gjennomsnitt – dvs. 0 i 2050, 6 i 2020)
- Er dette mulig å oppnå?

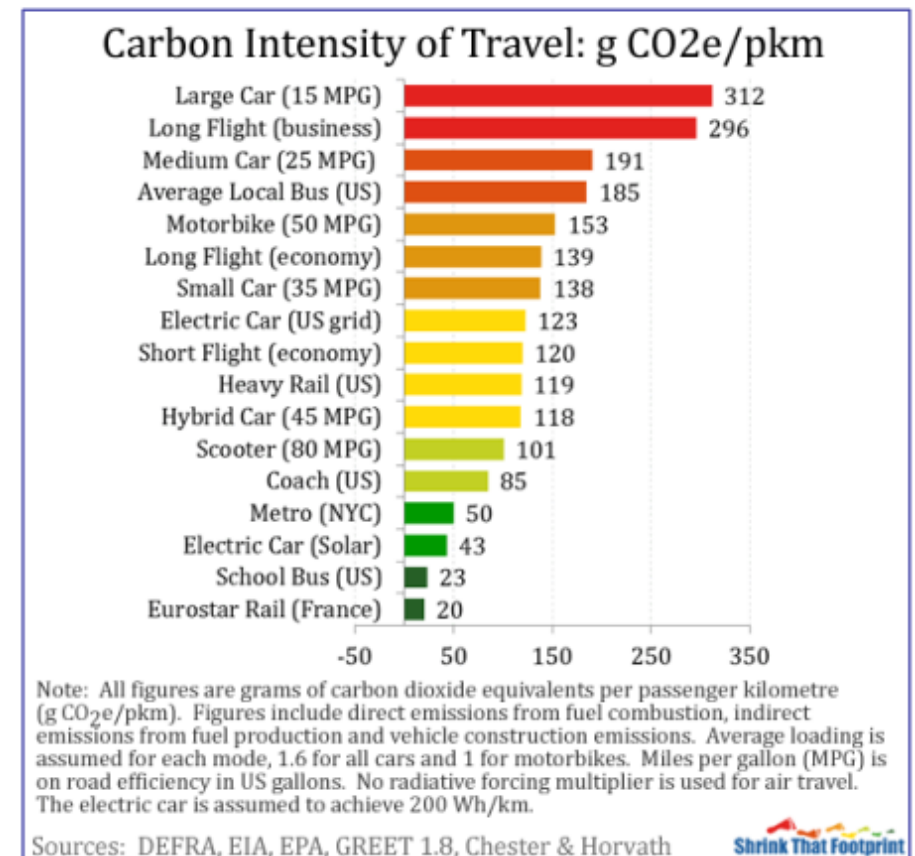
Eksempel: CO₂-faktorer for noen matvarer

- Høye utslippsfaktorer for produkter fra drøv-tyggende dyr (okser etc)
- Dette skyldes bl.a. raping av metan (GWP=25)



CO₂-fotavtrykk for ulike typer transport

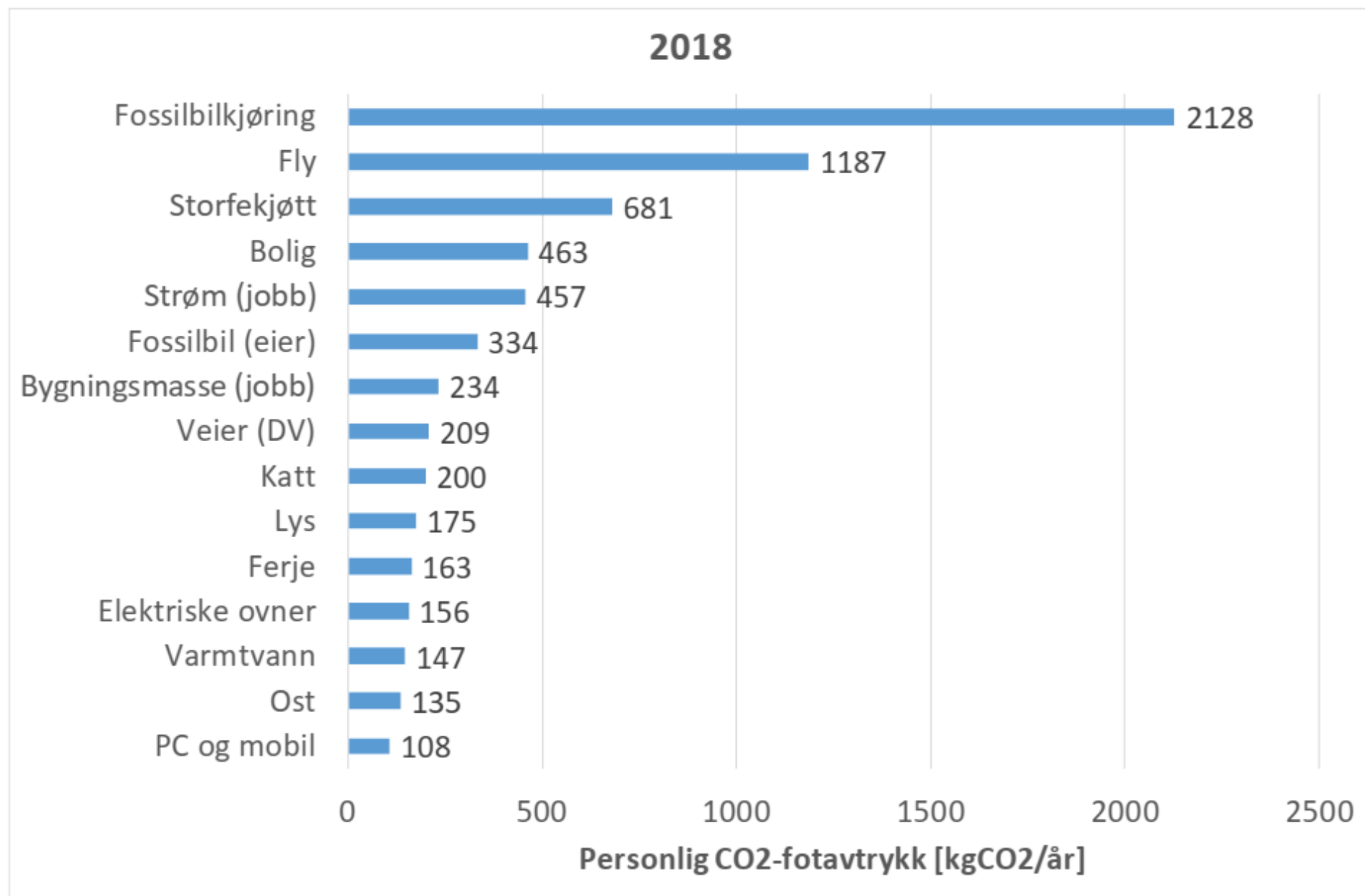
- Bilkjøring (diesel): $f'''_{\text{diesel}} = 3170 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{liter} \rightarrow f''_{\text{diesel}} = 159 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{km}$ (hvis 1/2 liter diesel per mil)
- Buss (diesel): $f''_{\text{buss}} \approx 51 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{pkm}$
- Tog: $f''_{\text{tog}} \approx 27 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{pkm}$
- Fly: $f''_{\text{fly}} \approx 196 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{pkm}$
[fly omtrent som bil per km, men man reiser så mye lengre per reise!]
- Tilsvarende faktorer fins for alle typer forbruk
- Så hvordan var situasjonen min i 2018?



Kilde: <http://shrinkthatfootprint.com/shrink-your-travel-footprint>

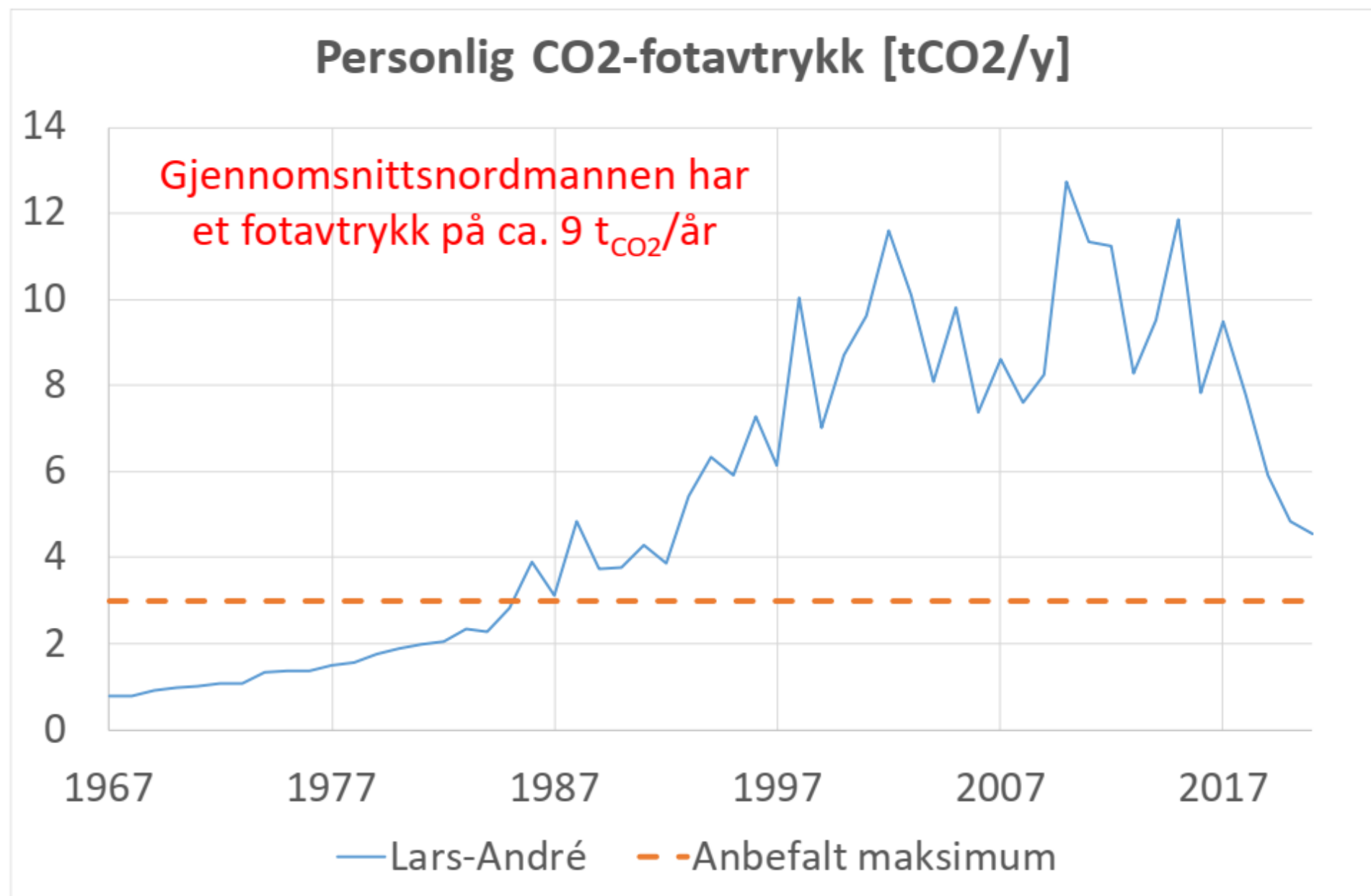
Mitt CO₂- fotavtrykk i 2018

- 15 største bidrag er vist (lista er mye lengre...)
- Verstinger:
 - Bilkjøring
 - Flyreiser
 - Storfekjøtt
- Samlet CO₂ fotavtrykk: 7.8 t_{CO2}/år



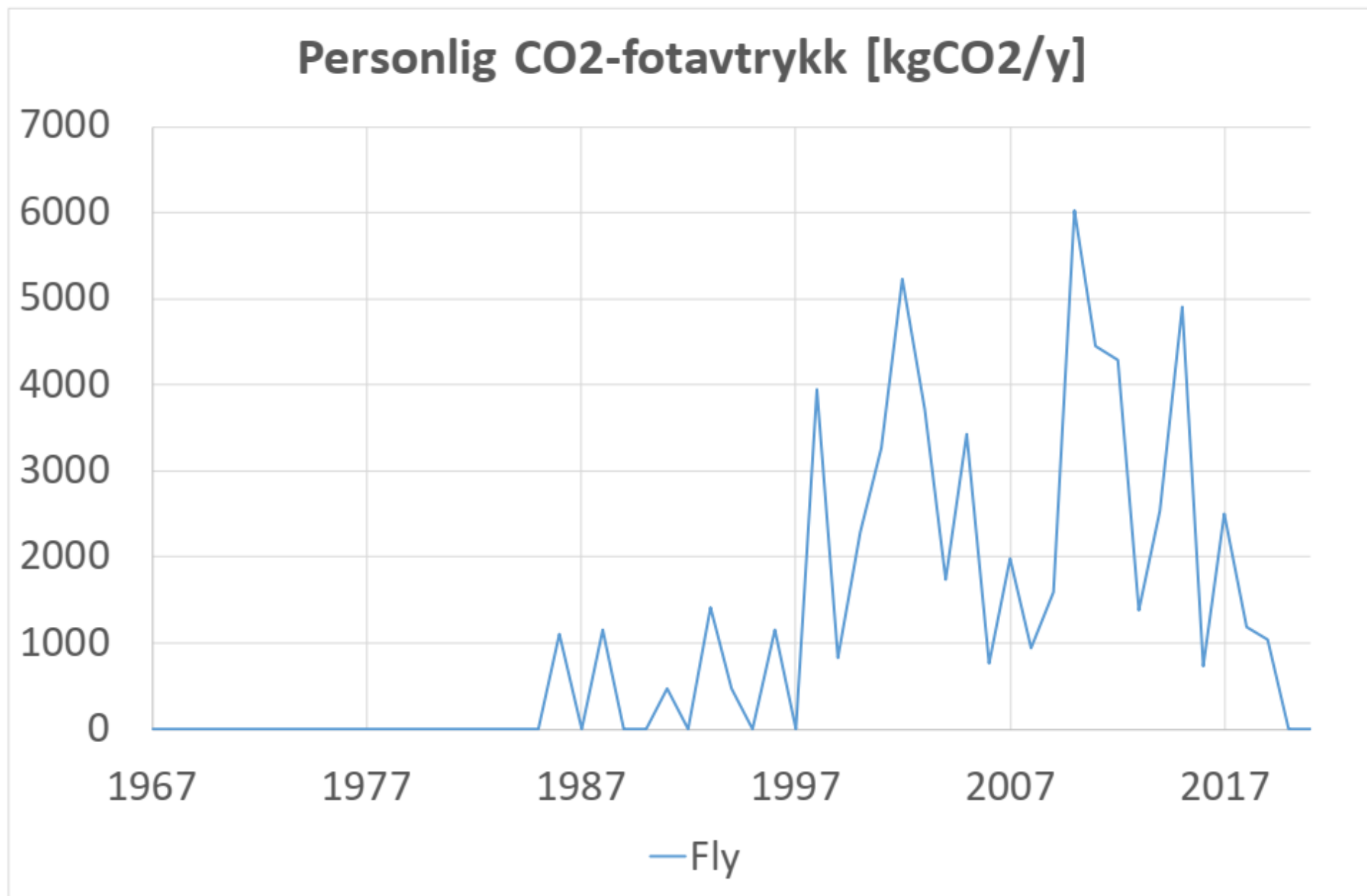
Årlig fot- avtrykk fra 1967 til 2021

- Sprengte maksimums-anbefalingen i 1986 (fly, bil, ...)
- Har siden hatt en oppadgående trend
- Store variasjoner siste 30 år skyldes særlig varierende antall fly-km



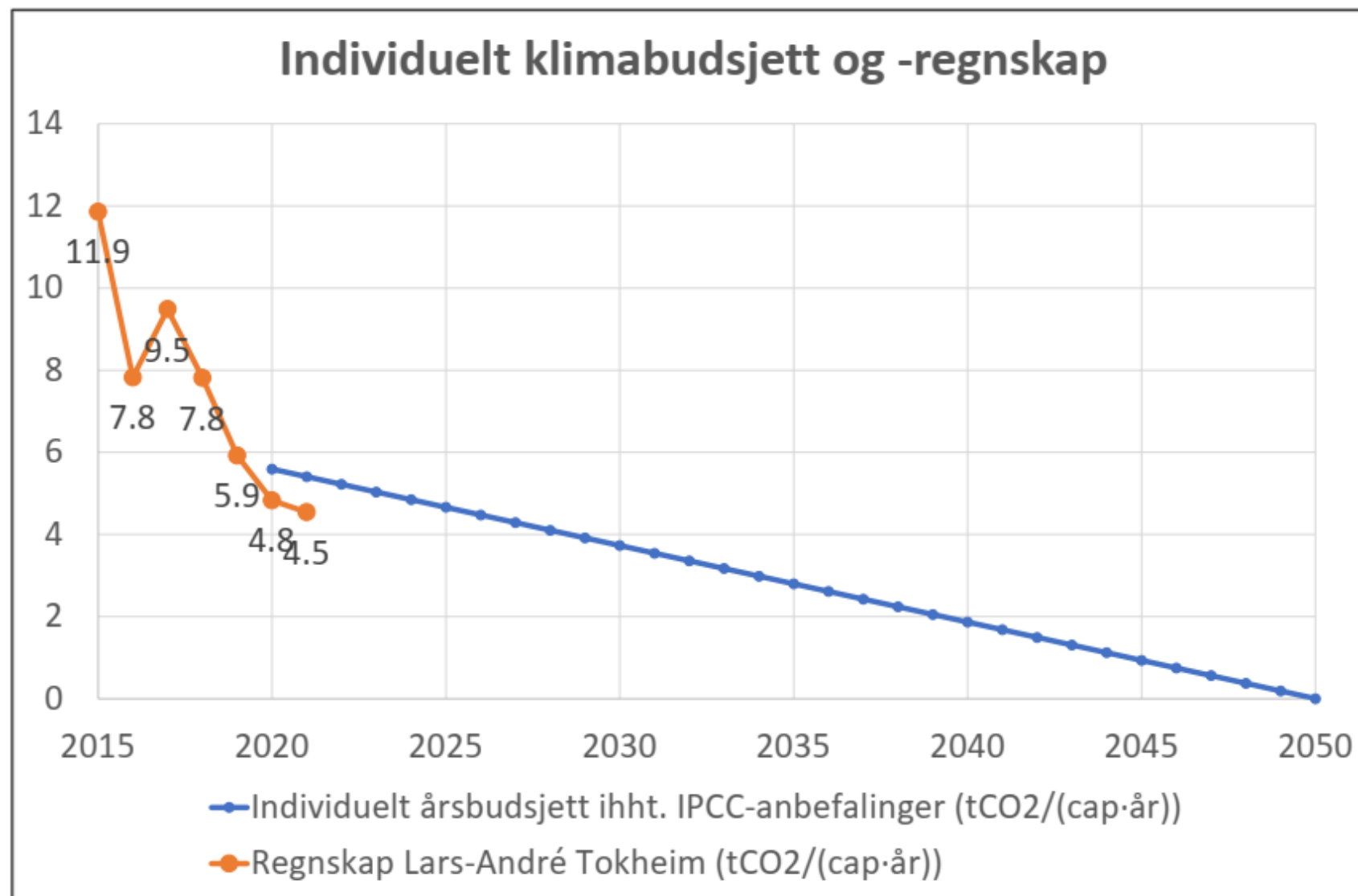
Hvor ille er det å fly?

- Noen år sprenger flyreisene alene hele årsbudsjettet!



Fotavtrykk: Budsjett vs. regnskap

- Budsjettet er basert på en lineær reduksjon fra 5.6 t/år i 2020 til 0 i 2050
- Regnskapet viser utviklingen min de siste årene
- Endring i forbruksmønster ble iverksatt 2018
- Er per i dag under budsjett



Personbilen - Fremtiden er elektrisk

- Transportsektoren i Norge slipper ut rundt 8,5 Mill Tonn CO2 per år (ca. 17% av Norges totale utslipp) og personbiler alene sto for ca. 50% av transportsektorens utslipp (2019)
- Diesebilens CO2 fotavtrykk skyldes i hovedsak utslipp ved selve bilproduksjonen og forbrenning av diesel under bruk
- Elbilens fotavtrykk skyldes CO2-utslipp ved bilproduksjon og dessuten produksjon av batteripakken samt bruk av elektrisitet fra strømmettet i bruksfasen



UN University of South-Eastern Norway



Klimafotavtrykk fra personbiler:
Er el-bilen et bærekraftig alternativ til fossilbilen?

15. februar 2021

Lars-André Tokheim, Øivind Høidalen og Geir Fuglaas



University of South-Eastern Norway



Elbiler er miljøvennlige - men neppe elbilbatteriene

- Med dagens teknologi gir produksjon av bilbatteriet - bestående av mange elementer aluminium, kobolt, grafitt, litium mangan og nikkel ++ - et betydelig *negativt klimafotavtrykk* sammenlignet med en diesebil.
- Produksjon av et bilbatteri krever energi knyttet til utvinning av råmaterialer og metallurgiske prosesser og i tillegg energi til celleproduksjon og sluttmontering av moduler.
- De fleste bilbatterier produseres i dag i Asia (særlig Kina) som med dagens teknologi fører til at utslipp på rundt 5 Tonn for et batteri med kapasitet 50 kwh og dette klimafotavtrykket må i et livssyklusperspektiv fordeles over elbilens levetid
- Det pågår en rivende utvikling mht. energitetthet, ladetetthet/ladesykluser og miljø/ressursmessige forhold ved batteriproduksjon
- Dagens produksjon av batterier og bruk av strøm – delvis basert på fossile brennstoff – fører til utslipp av CO2 fra elbiler både i Norge og EU, og det er derfor noe misvisende å hevde at dagens elbiler er nullutslippsbiler

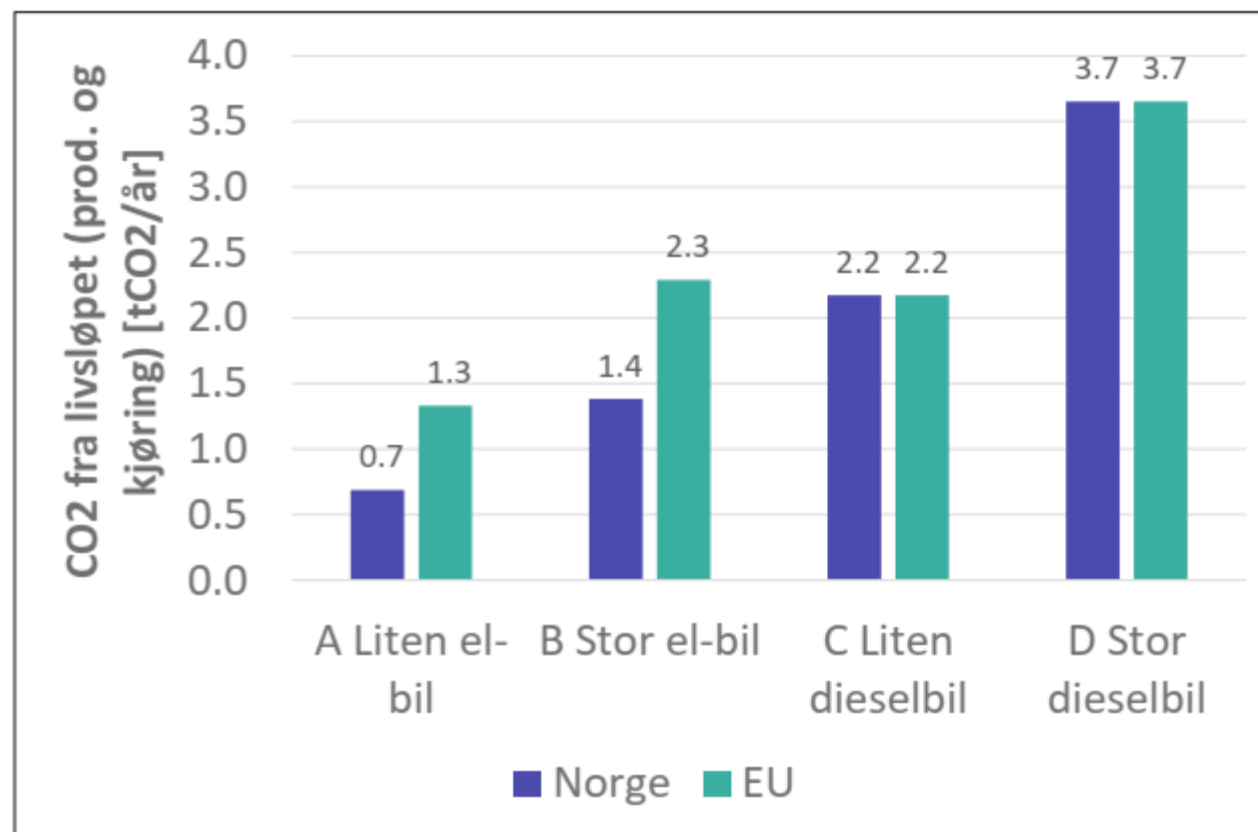


Batterier, energitetthet og rekkevidde

- Gamle blybatterier hadde en energitetthet på 0,04-0,05 kwh/kilo (1kwh veide 20-25 kilo), mens dagens bilbatterier har en energitetthet på rundt 0,15 kwh/kg med vekt rundt 6,7 kg
- Energitettheten i diesel er imidlertid 11,9 kwh/kg, dvs. typisk 80 ganger tettheten for dagens elbilbatterier
- Mens bilbatterier har en høy virkningsgrad på rundt 95%, er virkningsgraden for dieselmotorer kun rundt 30% hvilket betyr at dieselmotoren har en effektiv energitetthet som er ca. 25 ganger høyere enn elbilen
 - En elbil med total batterikapasitet 80 kwh som forbruker 17 kwh/100 km gir en kjørelengde på rundt 47 mil. Vinterkjøring reduserer rekkevidden med 20%!
 - En dieselmotor med tank 60 liter gir en kjørelengde på nær 100 mil
- Vi tror at såkalte faststoffbatterier og andre batteriløsninger i fremtiden vil kunne øke energitettheten i batterier til rundt 1 kwh per kg batteri hvilket vil føre til en betydelig forbedring av elbilers rekkevidde

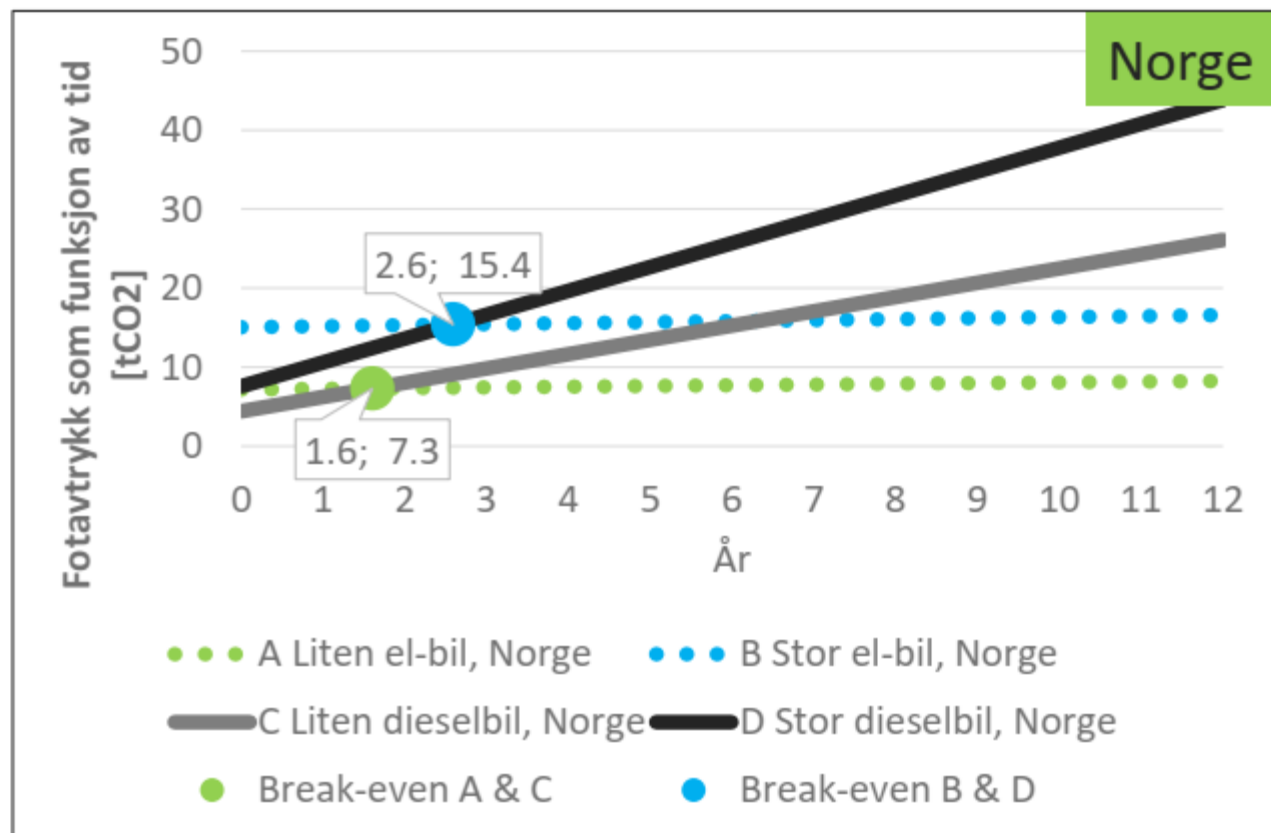
Resultater: Status i 2020

- El vs diesel: Mye høyere fotavtrykk fra dieselbil (NB: må sammenlikne like størrelser!)
- Liten vs stor: Mye høyere fotavtrykk for stor bil (samme for elbil og dieselbil)
- EU vs Norge: Betydelig høyere elbil-avtrykk i EU (pga. energimix)



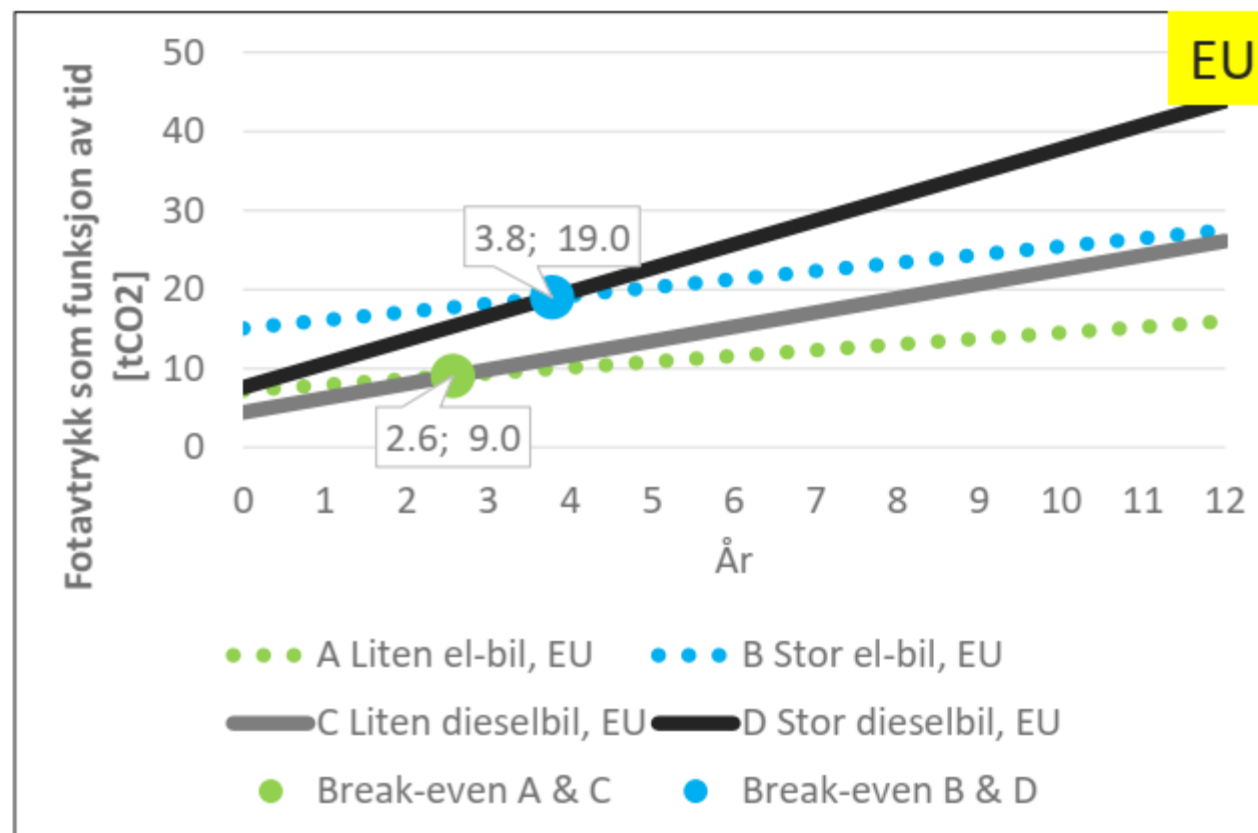
Resultater: Status i 2020: Break-even el/diesel, Norge

- Elbilen starter med høyere fotavtrykk en dieselbilen (pga. batteriet)
- Forskjellen er større for store biler pga. stort/tungt batteri
- Mye lavere fotavtrykk ved bruk av elbil →
- Det tar kun 2-3 år før dieselbilens fotavtrykk passerer elbilens avtrykk



Resultater: Status i 2020: Break-even el/diesel, EU

- Samme tendens som for Norge (elbil bedre i et livsløpsperspektiv)
- Forskjell: Betydelig fotavtrykk også i bruksfasen pga. høyere fotavtrykk fra energimixen i EU
- Break-even nås etter 3-4 år



Sammendrag Elbiler og Elbilbatterier

- **Grønn strøm er viktig. Med overgang fra fossilbil til elbil kan vi i Norge redusere personbilens klimafotavtrykk gjennom livsløpet med ca. 65 % under forutsetning av høyere batteritettheter og andre forbedringer.**
- **I EU – med langt mindre grønn strøm enn Norge – er fotavtrykksreduksjonen ca. 40 %. Både ved produksjon og bruk er det helt avgjørende for elbilens klimavennlighet at strømmen er basert på fornybare energikilder**
- **Bedre batterier trengs – lavere vekt/høyere energitetthet, raskere lading, lengre levetid og miljøvennlige råmaterialer**
- **Flere ladestasjoner**
- **Grønnere batteriproduksjon – kanskje i Norge?**

Noen sluttkommentarer (1)

United Nations Climate Change - Greenhouse Gas Inventory Data - Detailed data by Party 2019			
	Million Tons		
Country	Sweden	Norway	Germany
Total GHG emissions without LULUCF	50 919 171	50 333 980	809 798 540
Total GHG emissions with LULUCF	15 430 420	31 696 940	793 334 590
Land Use, Land-Use Change, and Forestry (LULUCF)	35 488 751	18 637 040	16 463 950
Befolkning (millioner)	10 280 000	5 348 000	83 090 000
Total GHG emissions without LULUCF per Kapita	4,95	9,41	9,75
Total GHG emissions with LULUCF Per Kapita	1,50	5,93	9,55

LULUC = Land Use, Land Use Change and Forestry

Dersom man hensyntar CO₂- opptak fra skog og den slags ville Norge redusere sitt årlige CO₂ utslipp med rundt 15 -20 millioner Tonn per år

Noen sluttkommentarer (2)

- Hva skal vi gjøre for å redde verden og hvilke teknologier kan bidra?
 - Fokus på kostnadseffektive løsninger og i hvilken grad kan vi bidra til det som kalles bærekraftige løsninger – også for utviklingsland?
 - Er vi for mange på denne kloden?
 - Hvilken rolle spiller kriger og konflikter, ref. Ukraina
 - Kan vindmøller, solkraft og andre CO2 frie teknologier være løsningen?
 - Er det fornuftig å bruke masse penger på prosjekter som elektrifisering av sokkelen? (Kostnader Elektrifisering av Johan Kastberg ifølge Pøyry 4-5000 kroner per tonn CO2 (2016))
 - Forskning på nye teknologier er viktig, ref. karbonfangst, men også kostnader og energibruk bør vies oppmerksomhet
 - Redder vi miljøet ved å gå over til batteridrevne biler, ferger etc.?
 - Er det fornuftig av Tyskland å fase ut all atomkraft og utsette utfasingen av brunkull til 2038?
 - Er atomkraft (eksempelvis bruk av Thorium) et godt alternativ?