

From Pollution to Solution!



Comment and analysis

Give carbon a decent burial

Most green groups are against it, but burying carbon dioxide under the sea is vital if we are to halt global warming, argue **Frederic Hauge** and **Marius Holm**



SWEEPING things under the carpet can be a bad idea. But what do you do when the floor is so thick with dust that any reduction would be an improvement? Swap dust on the floor for carbon dioxide in the air, and the carpet for the seabed, and that's a dilemma world governments now face. In other words, as an interim measure until renewable energy replaces fossil fuels, should we start sucking up CO₂ from fossil fuel power stations, the largest producers of CO₂, and bury it where it can't contribute to global warming? Given that the alternative is creating a climate

only been since leakage incidents all of which were slowing CO₂ rate should pose even as there would changes in pre surrounding natural gas is to and then remain even if it lock escape from the delayed release is being added. We hope that it be dramatically release in the future. Our ultimate replace fossil fuel energy sources can be done to of petroleum-based and try to hydrogen come fossil fuel and expected annually by 2050. The most optimistic more 250 terawatts will be produced sources by then, extra 65,000 Tera-watts every year - as the steel, Al and reduction in CO₂ that the UN's Intergovernmental Panel on Climate to avoid a climate clear action is to producing the emissions off renewable foreseeable future.



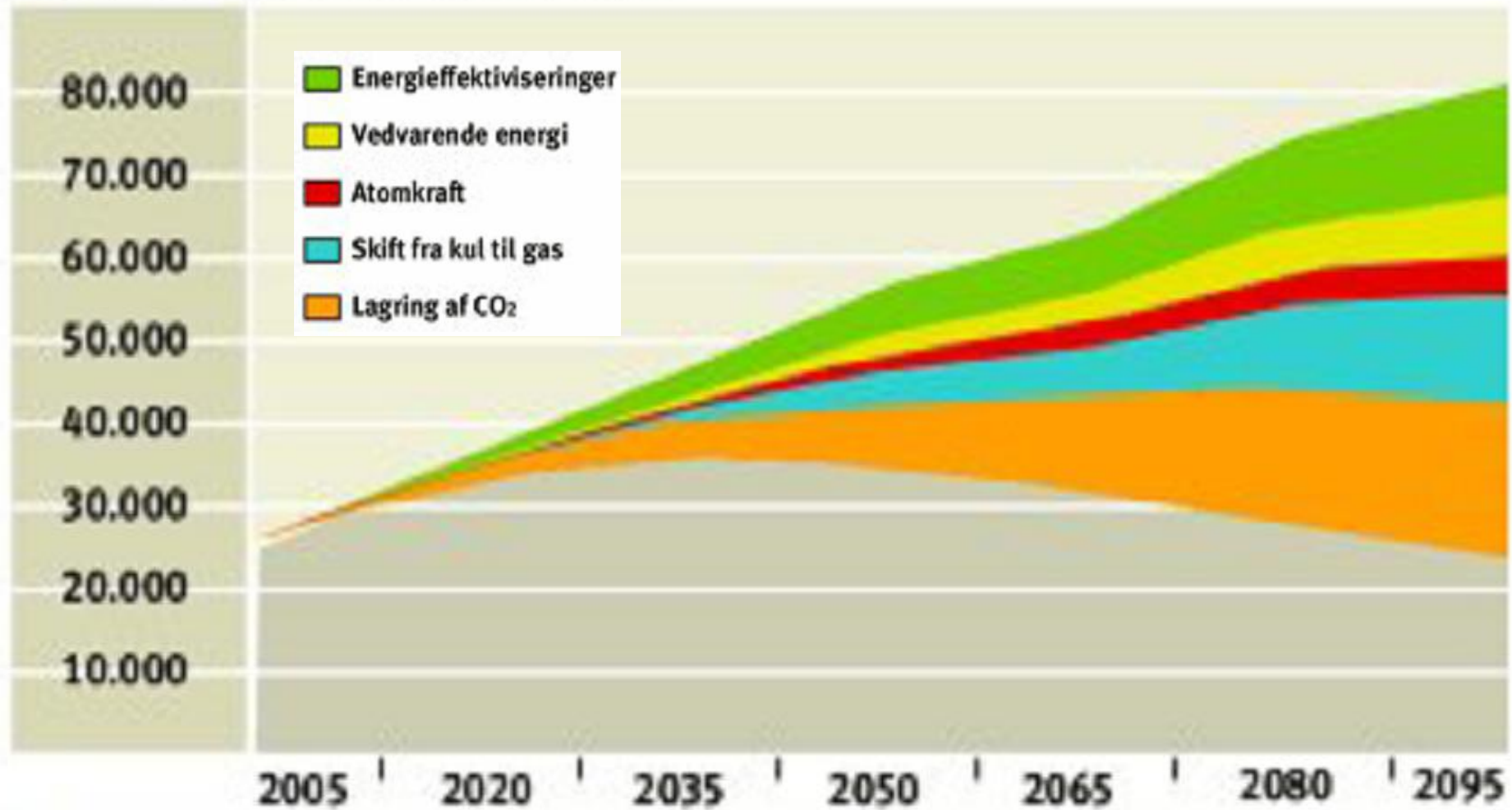
”Miljø og verdiskapning hånd i hånd”

CO₂ til EOR på norsk sokkel

- en mulighetsstudie



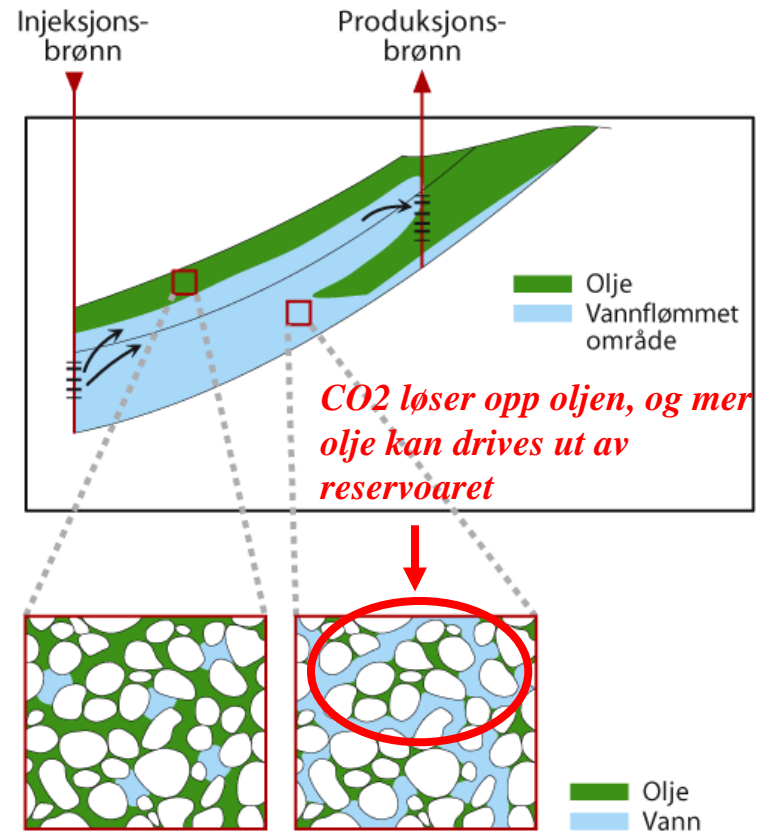
Udslip til atmosfæren i mio. ton CO₂



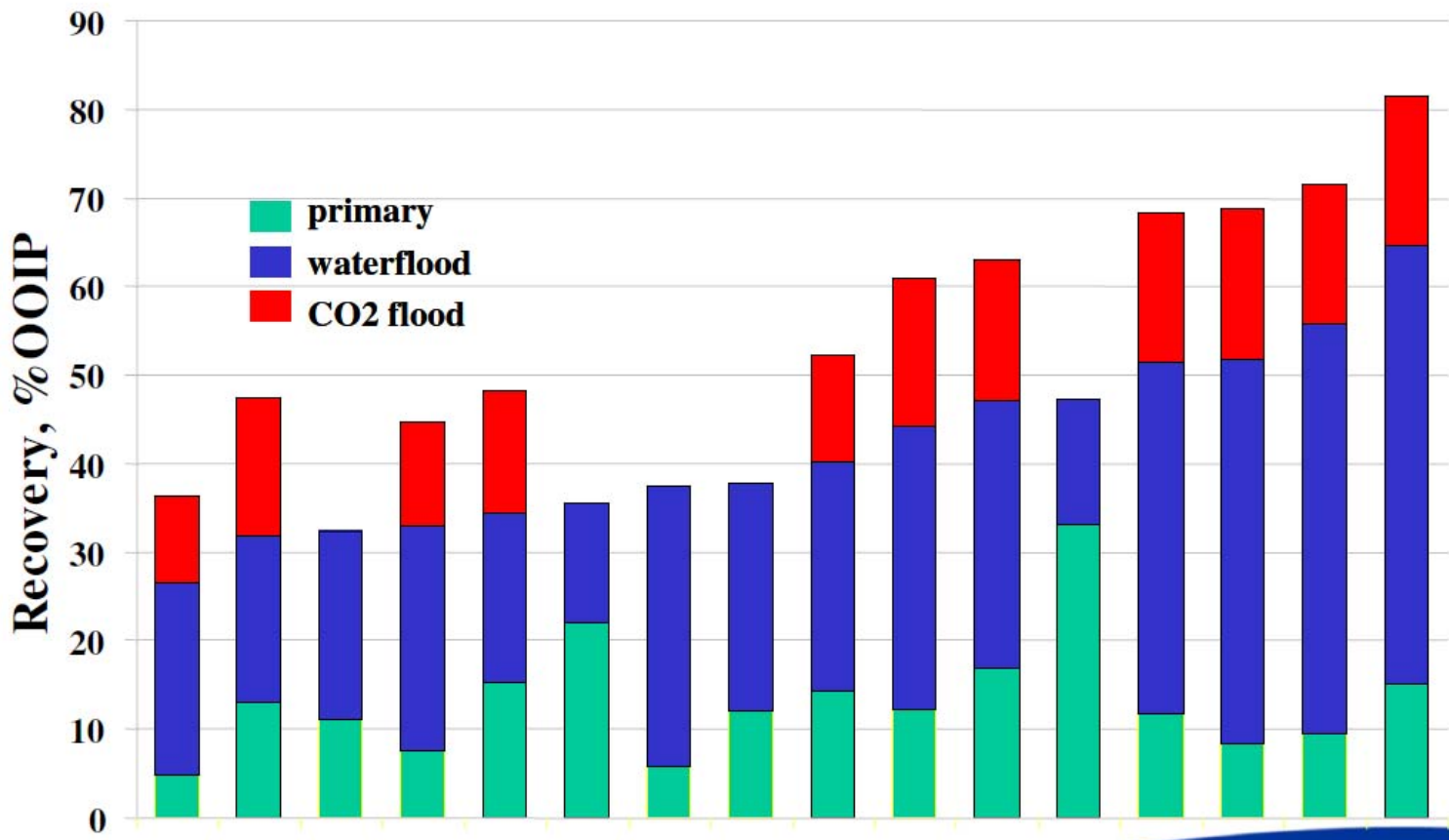
CO₂ fakta

- **CO₂ – fysiske egenskaper**
 - Usynlig og luktfri gass i luft
 - Flytende ved 5 atm. trykk
 - Fast ved -78°C
 - Danner 1% syre i kontakt med vann (PH 3,6)
 - Mennesket produserer 0,9 kg CO₂ daglig
 - Atmosfærisk konsentrasjon siste 400,000 år har variert mellom 180 til 300 ppm – vi er nå på 380, på vei til +600 i vår levetid.
- **Kjemiske egenskaper ifht. olje**
 - Når CO₂ er "blandbar" med olje så blir oljen mer lettflytende pga. redusert overflatespenningen
 - Reduserer friksjon mellom olje og stein
- **Norsk sokkel og CO₂ - Statfjord-feltet**
 - Blandbar gassinjeksjon sammenlignbart med CO₂ injeksjon
 - 70% forventet utvinningsgrad basert på blandbar gassinjeksjon

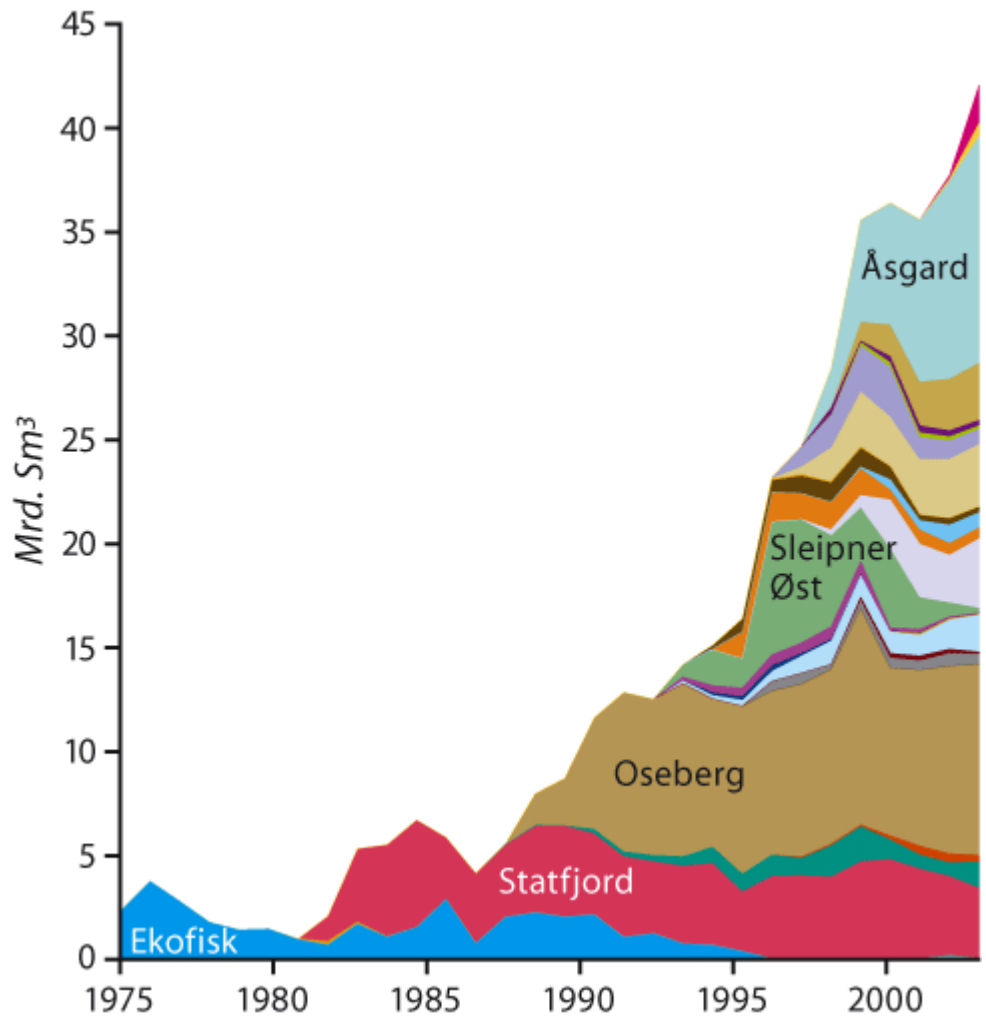
Olje i reservoar, vanninjeksjon og CO₂



West Texas Ultimate Recovery Efficiencies



NCS utvinningsgrad og gassinjeksjon



Hva betyr CO₂ for oss?

- **Utfordringer**

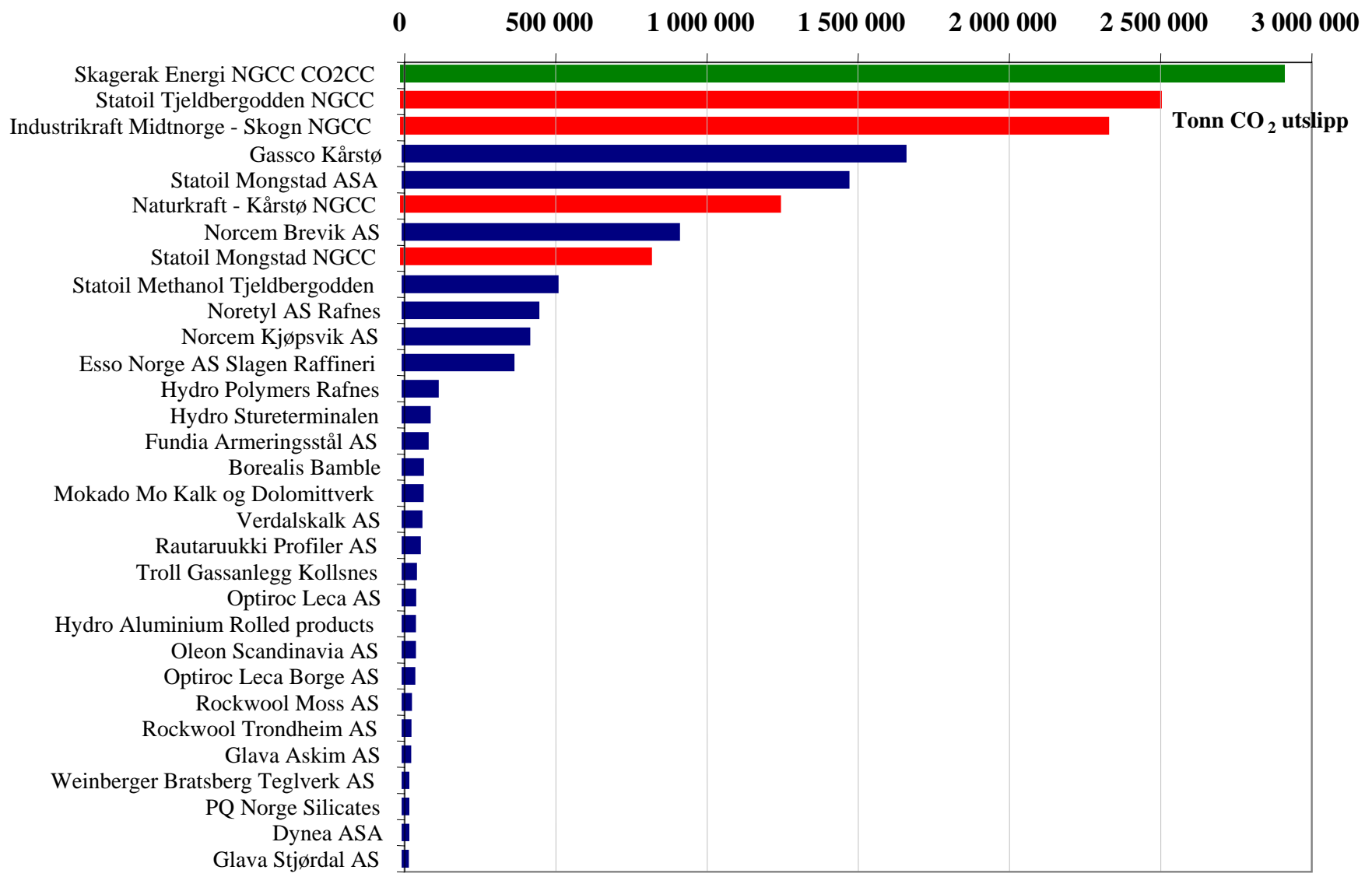
- **Våre utslipp av klimagasser og forpliktelser ifht. dette**
 - Juridiske
 - Finansielle
 - Moralske
- **Stabile og langvarige rammevilkår for CO₂ intensiv industri og kraftproduksjon**
- **Norsk sokkel er i ferd med å nå moden fase**
 - OLF: *"Norsk sokkel ved et veiskille"*
 - Betydelige gjenværende ressurser etter planlagt nedstegning av felt
 - Q: Hva kan vi gjøre for å forvalte våre petroleumsressurser på en best mulig måte?
 - A: Bringe norsk sokkel inn i tredjefase utvinning

- **Kan utfordringene forenes?**

- Vår geografiske plassering og næringsvirksomhet gir Norge en unik mulighet!
- CO₂ klimatiltak i Norge vil skape verdier, nye muligheter, vekst, en renere jord – og vise vei internasjonalt

Norge har mulighet for å realisere netto CO₂ tiltaksinntekter – istedenfor tiltakskostnader

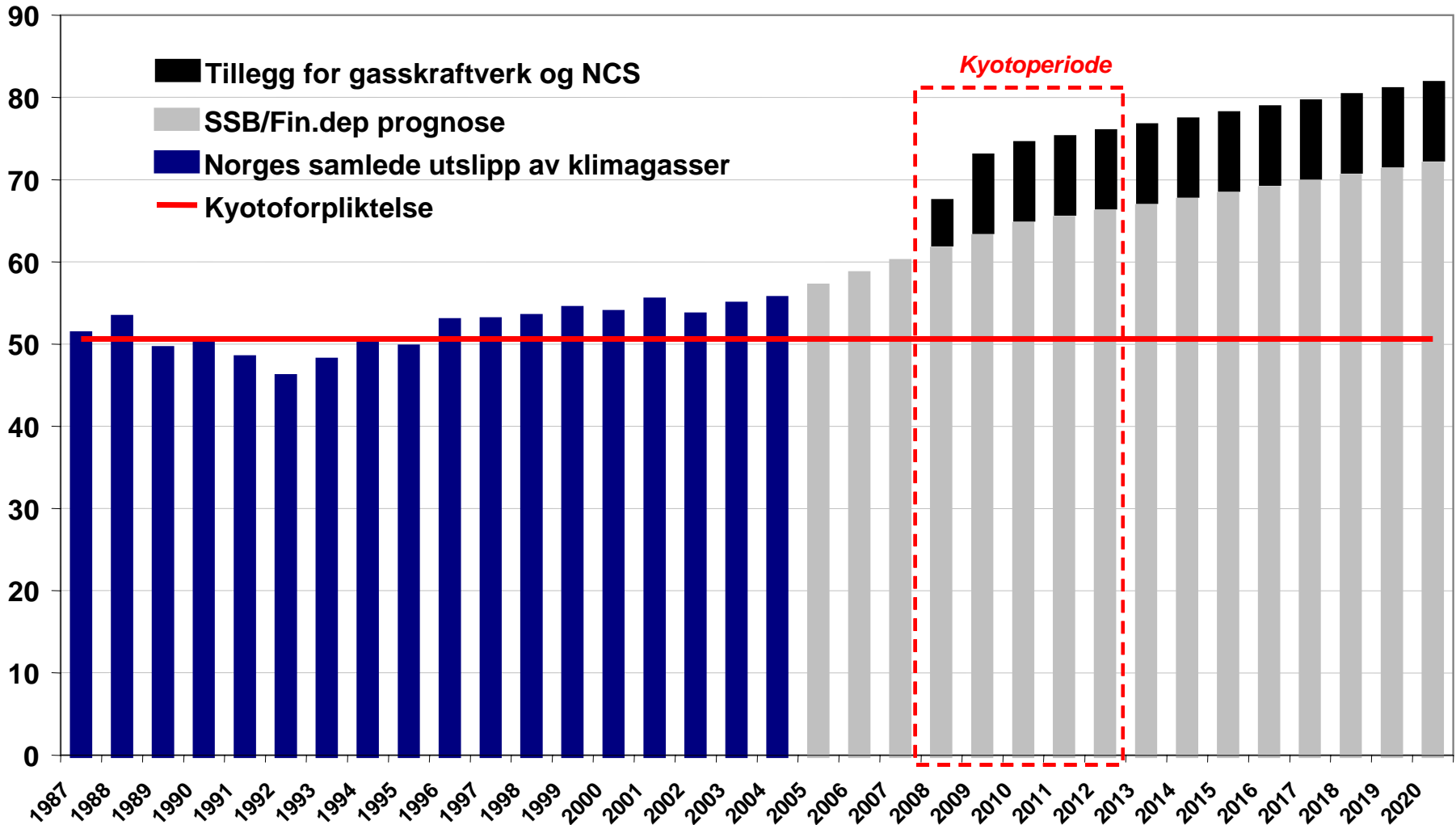
Store norske punktkilder for CO₂ utslipp



Norske utslipp av klimagasser kan øke sterkt..

Millioner tonn CO2

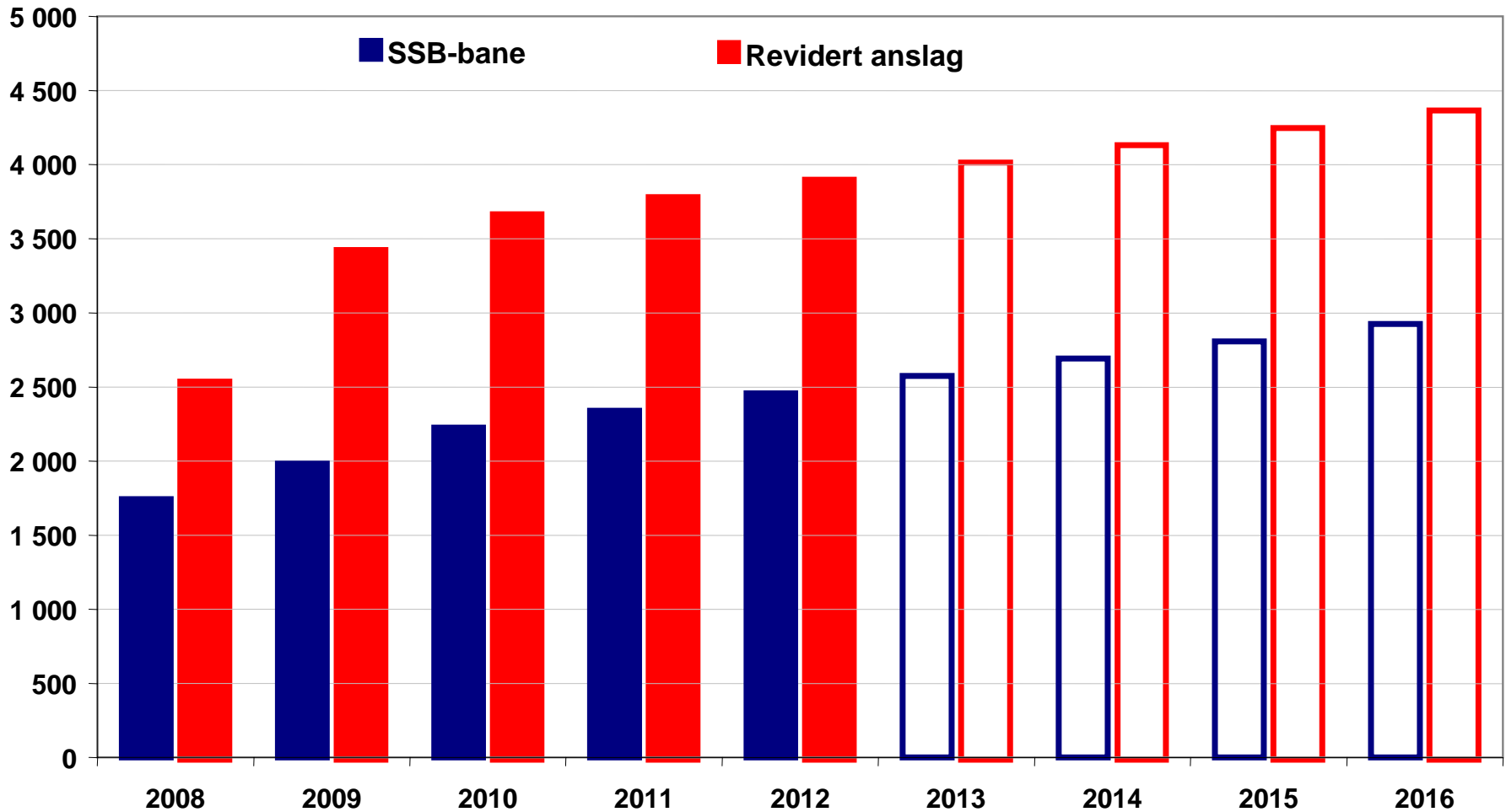
Norske utslipp av klimagasser i CO2 ekvivalenter



Finansielle forpliktelser følger av dette

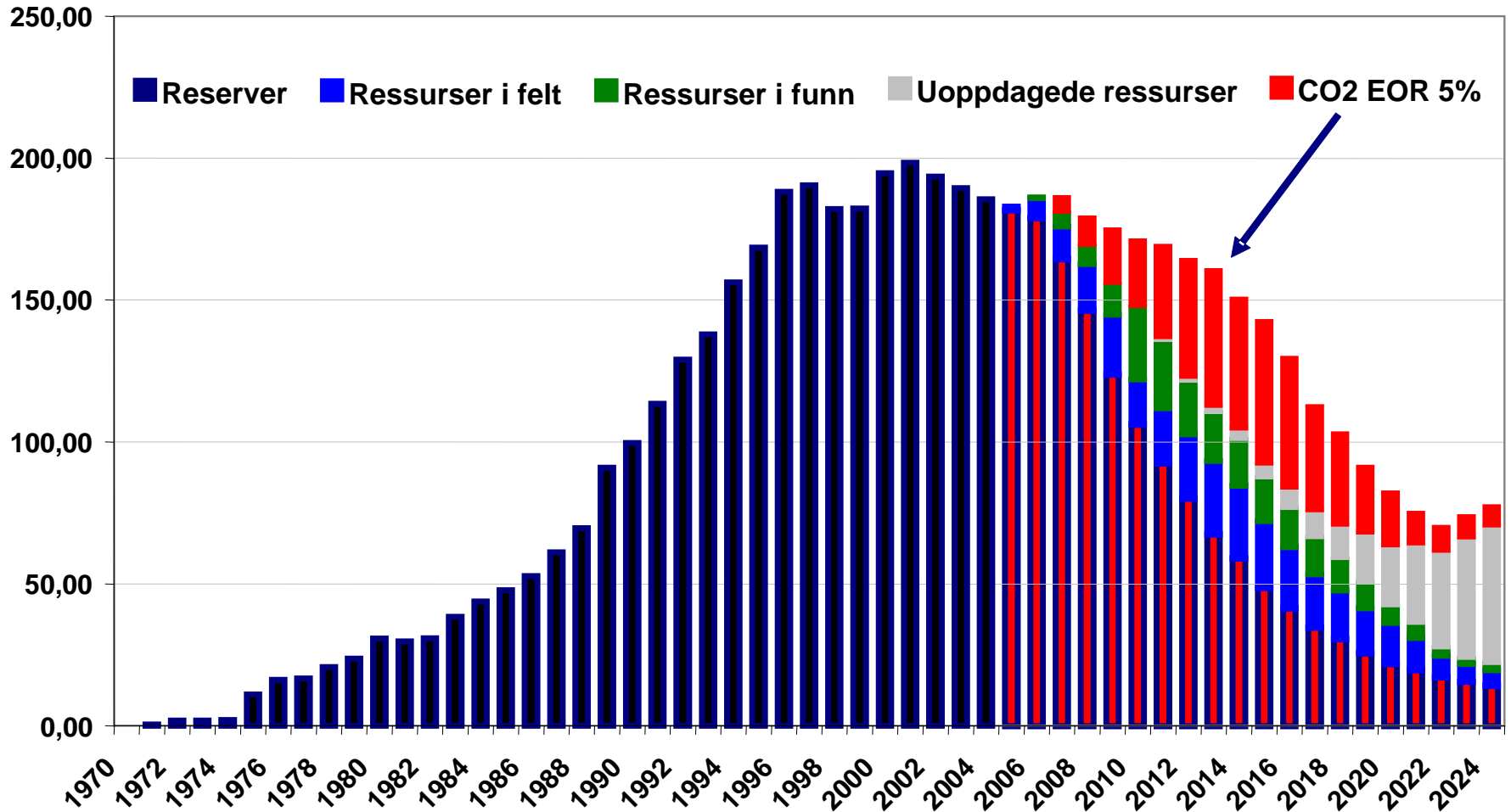
Norges årlige CO₂ kvotekostnader i Kyotoperioden, og videre ved kvotepris på EUR 20 per tonn CO₂

NOK mrd



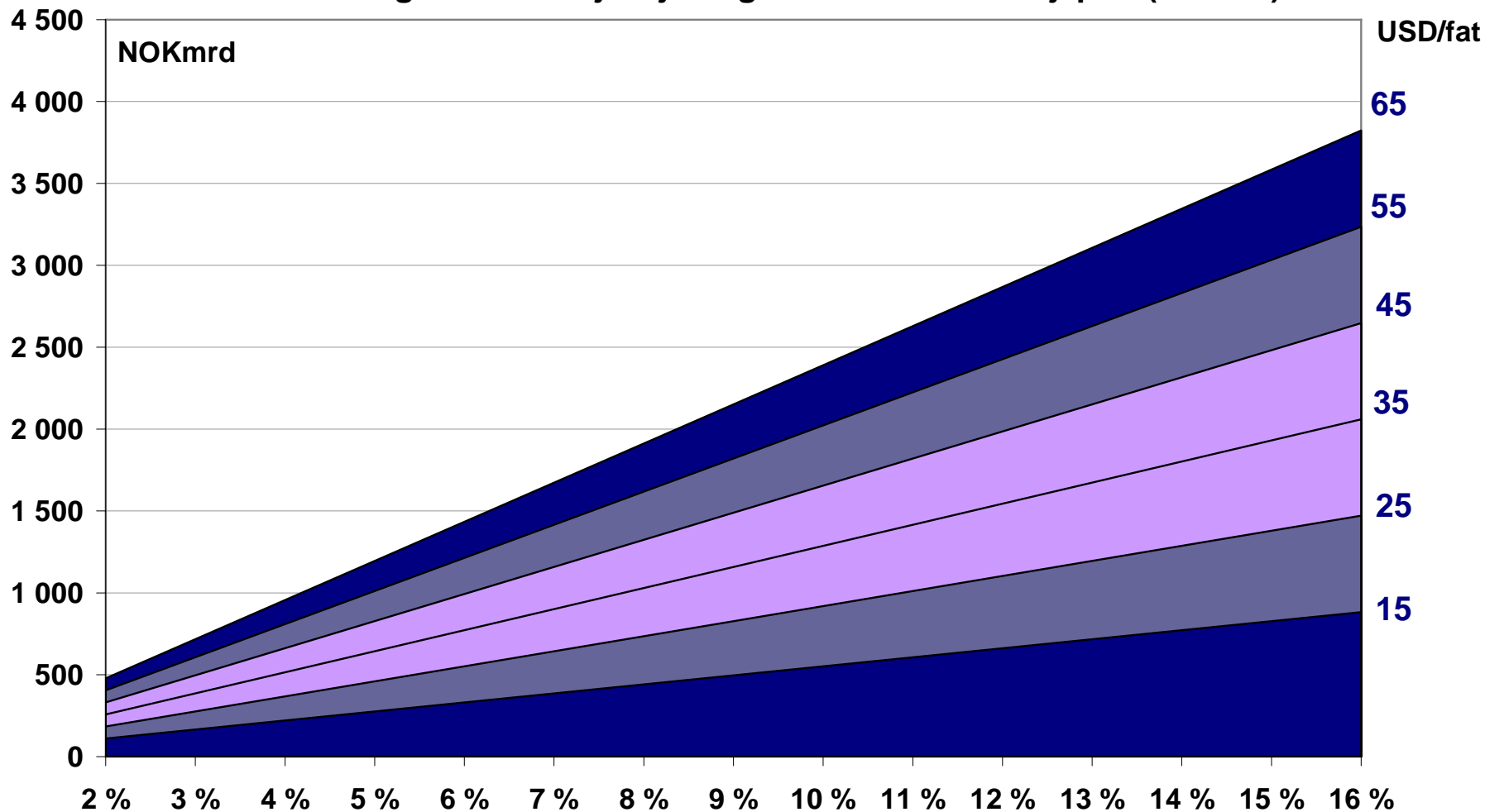
Norsk sokkel inn i en moden fase I

Oljeproduksjon på NCS i millioner kubikkmeter olje 1970 - 2024



CO2 til EOR potensialet 1

Salgsverdi i NOKmrd av veske produsert på grunnlag av forskjellig merutvinningsgrad som følge av CO2 injeksjon og med varierende oljepris (alle felt)

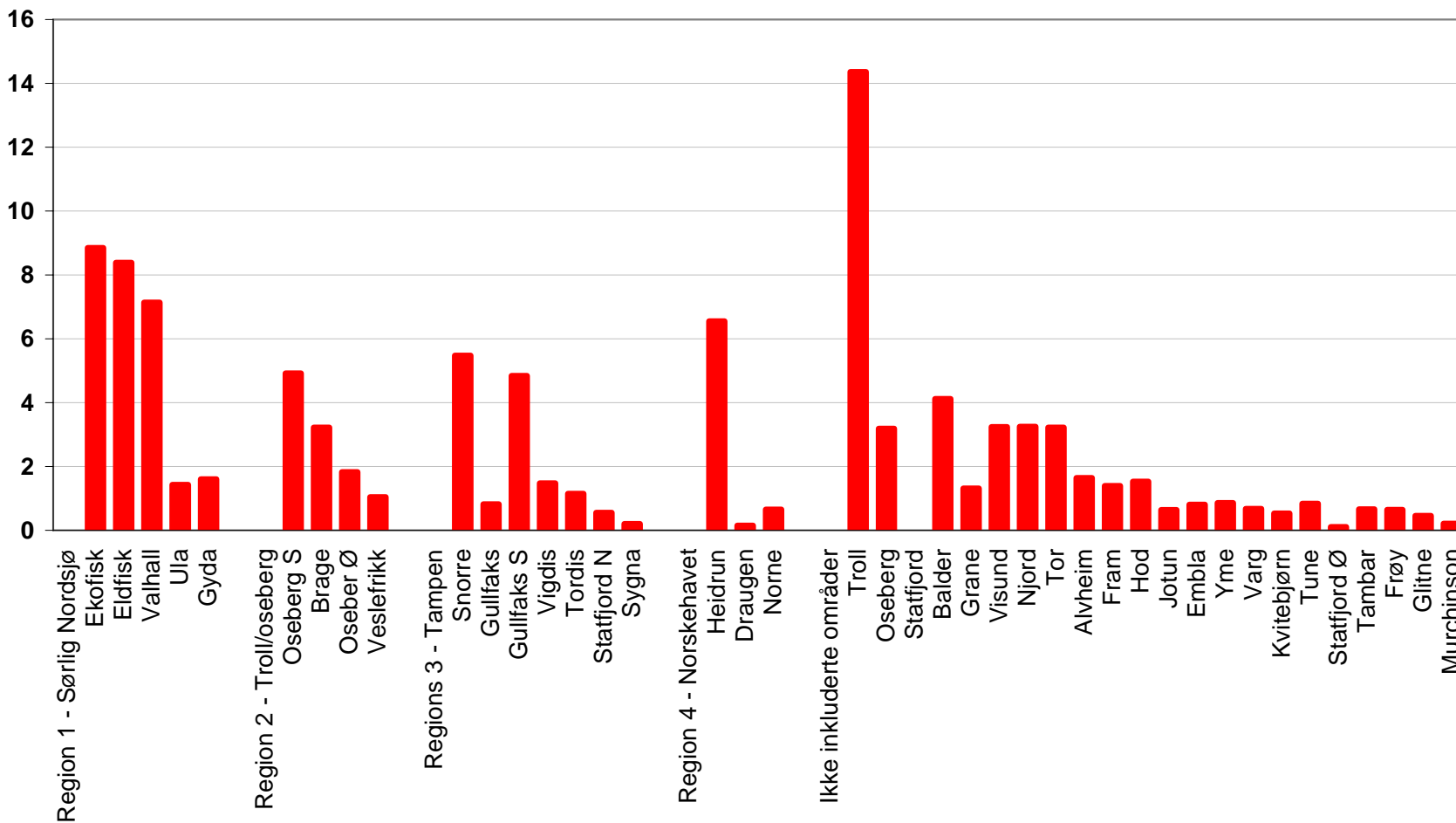


CO2 til EOR potensialet 2



Millioner tonn CO2

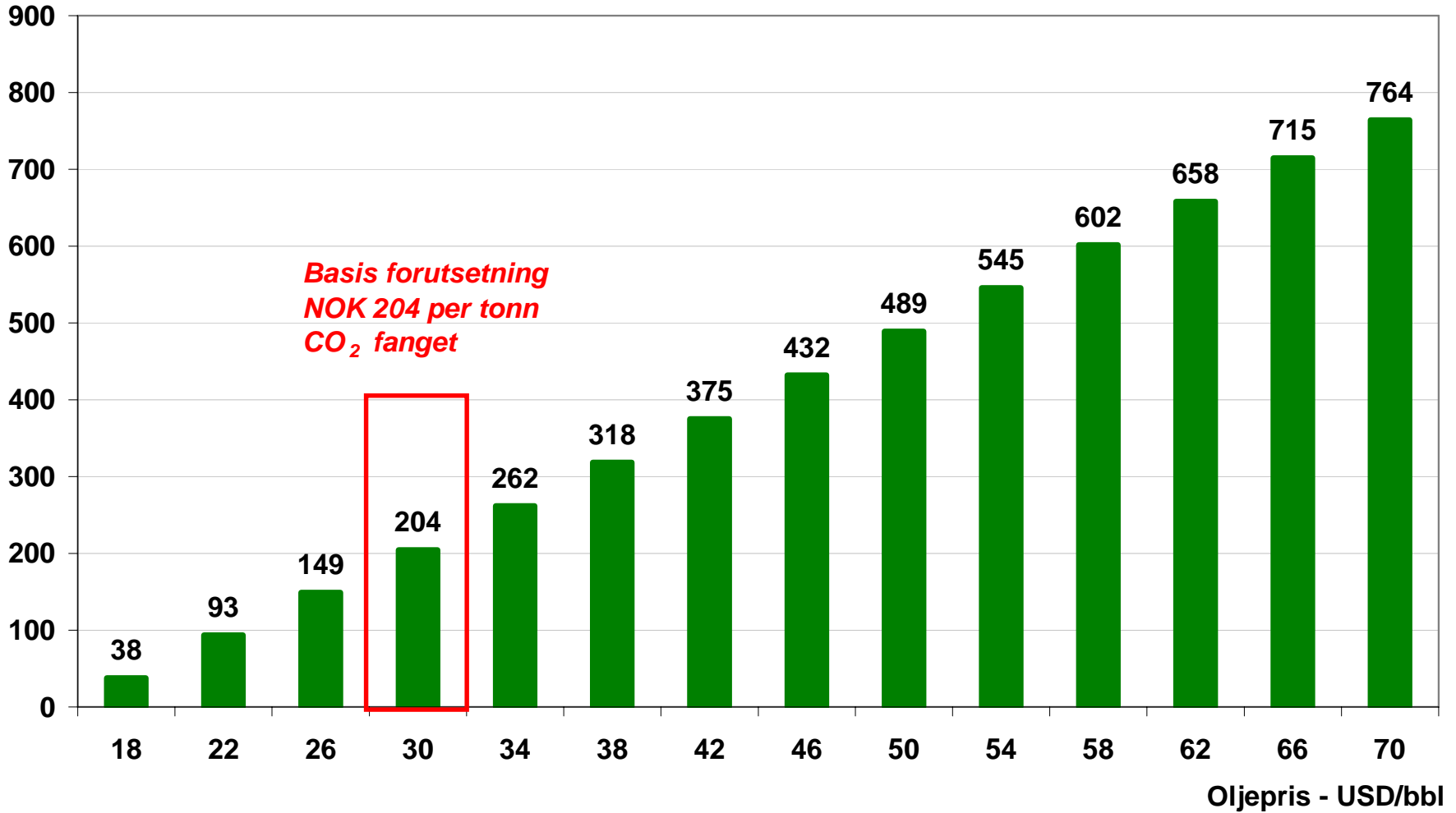
Årlig behov for fersk CO2 til EOR over 25 års EOR-drift



Utfordringene og løsningen

NOK per tonn CO₂ fanget

Statens totale netto CO₂-tiltaksinntekter per tonn CO₂ fanget (NOK/tonn)



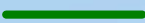


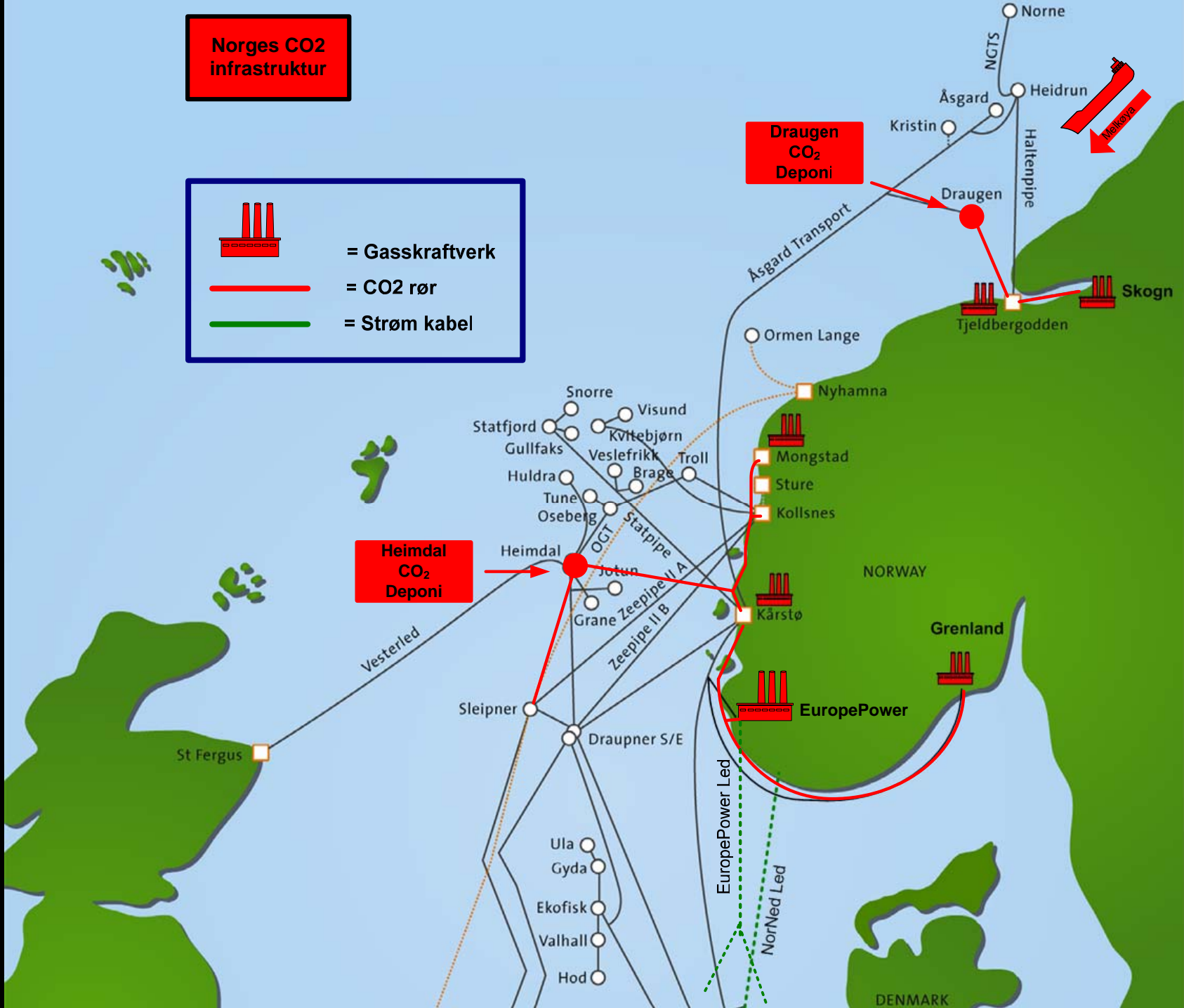
CO₂ punktutslipp

BELLONA

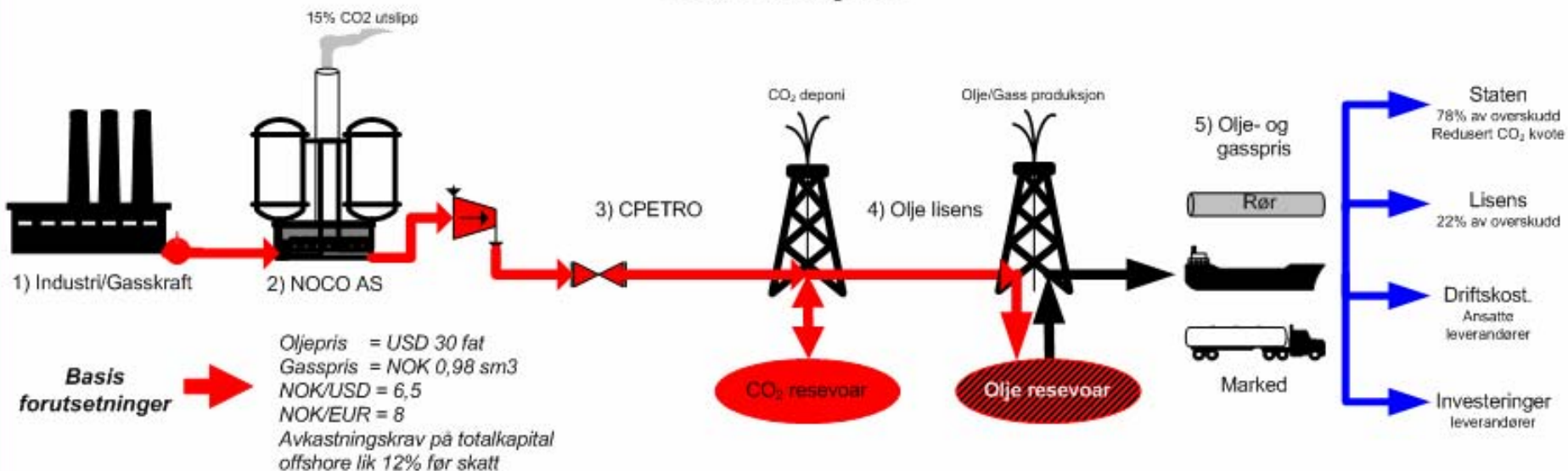
Punktutslipp av CO2 med tilknytning	Brutto CO2 utslipp Tonn	CO2 produksjon m 85% fangst Tonn
<i>Kilder til CO2 region Norskehavet</i>		
Melkøya GKV	625 000	531 250
Hammerfest Energi GKV	290 698	247 093
Metanolfabrikk	550 000	467 500
TBO GKV	2 500 000	2 125 000
Skogn GKV	2 325 581	1 976 744
Totalt	5 375 581	4 569 244
<i>Kilder til CO2 region Nordsjø</i>		
Skagerak Energi GKV	2 906 977	2 470 930
Borealis	59 000	50 150
Hydro Polymers, Rafnes	100 000	85 000
Noretyl, Rafnes	525 000	446 250
Norcem Kjøpsvik	420 432	357 367
Norcem Brevik	951 971	809 175
Kårstø gass prosesserings anlegg	1 650 000	1 402 500
Kårstø GKV	1 250 000	1 062 500
Kollsnes gassanlegg	56 000	47 600
Mongstad raffineri	1 660 000	1 411 000
Mongstad GKV	813 953	691 860
Sleipner CO2 produksjon	1 000 000	1 000 000
Totalt	11 393 333	8 834 333
Tilgang på CO2 basert på eksisterende og planlagte prosjekter	16 768 915	13 403 577

Norges CO2 infrastruktur

 = Gasskraftverk
 = CO2 rør
 = Strøm kabel



CO₂ verdikjede



2) luft utslipp =
0 kost pga.
kvote

NB!
Verdiskapning

1) Netto kostnad
- 15,20 t/CO₂

2) Brutto inntekt = 204,3
(15,2 + 189,1)
Brutto kostnad = (130)
Driftsresultat = 74,7
IRR = 7,6% f.s tot.kap

3) Brutto inntekt = 123
Brutto kostnad = (278)
Driftsresultat = (156)

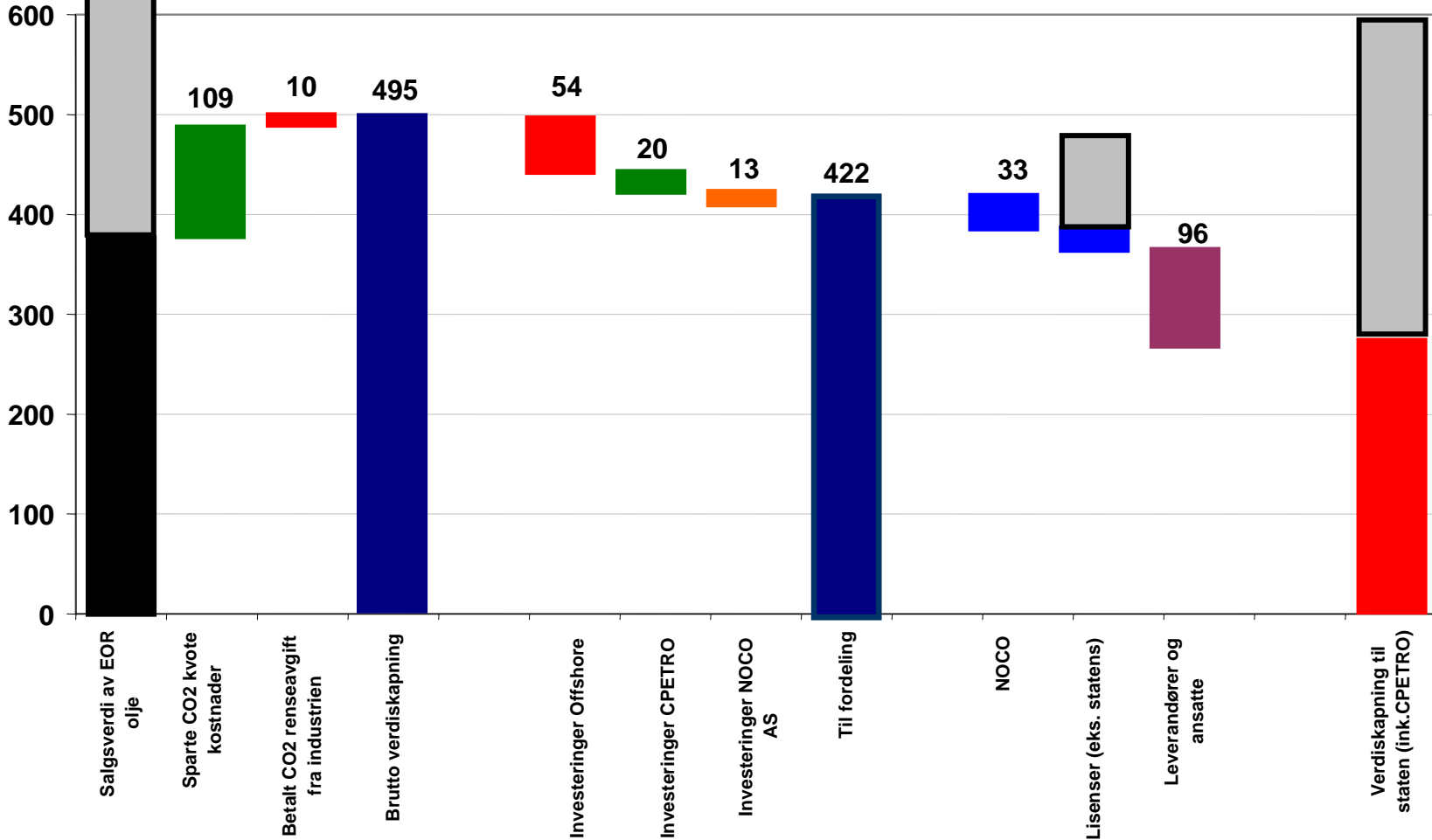
4) **Brutto inntekt = 561**
Brutto kostnad = (304)
Skatt (78%) = (200)
Resultat e.s = 57

5) Statens netto inntekter og
kostnader
CPETRO = (156)
Sokkelskatt (78%) = 200

Spart CO₂ kvote = 160
Netto tiltaks inntekt = 204

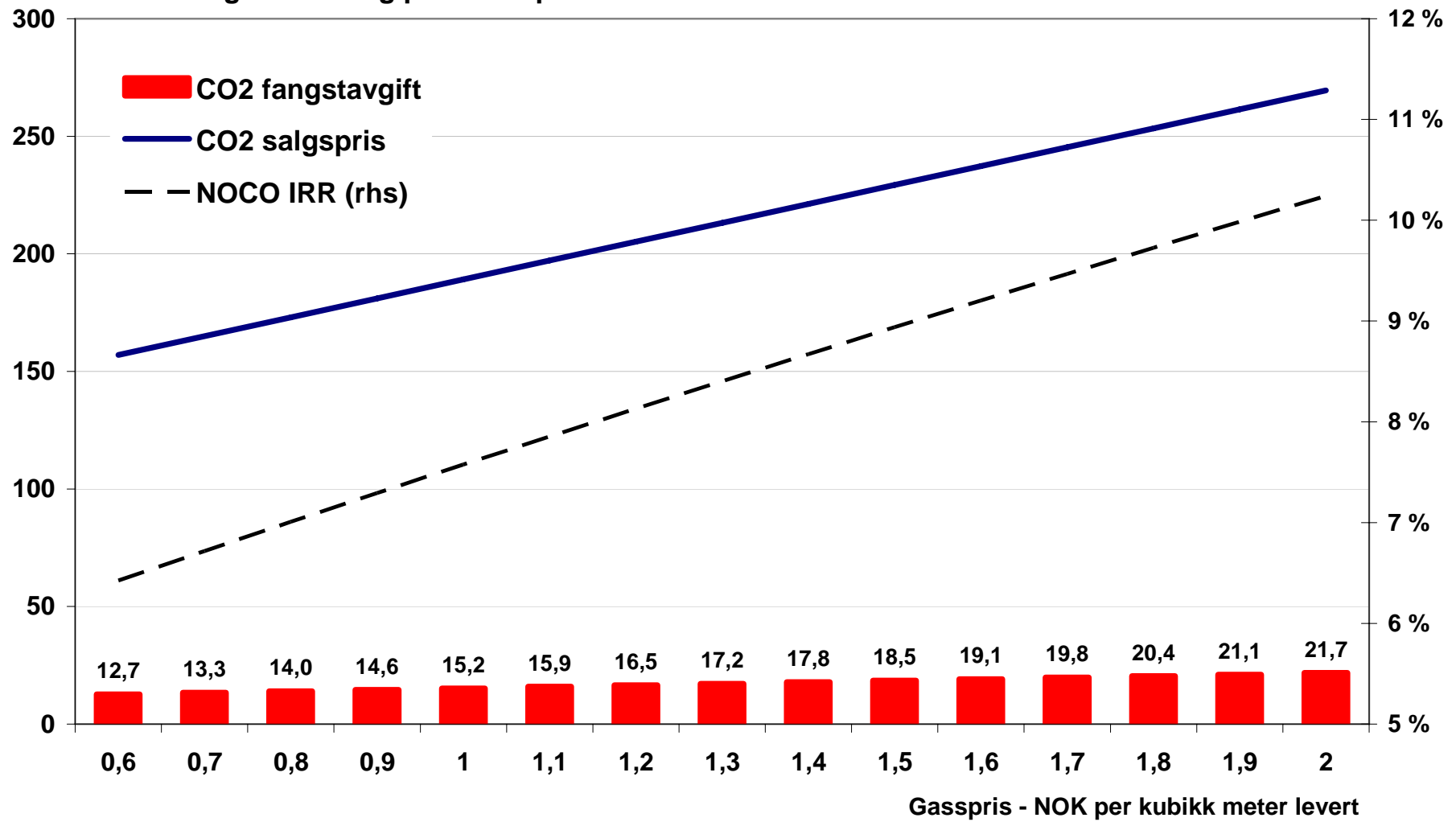
Verdiskapning v. 17m tonn CO₂ fangst

NOKm Fordeling av CO₂-kjede verdiskapning - skapt av økt oljeutvinning og sparte CO₂ kvoter over 40 år



NOCO AS – priser på tjenester

NOK/tonn CO2 NOCO AS - Sammenheng mellom gasspris, CO2 renseavgift, salgspris CO2 og avkastning på totalkapitalen før skatt Avkastning på totalkapitalen f.skatt



CPETRO og glideskala prising av CO₂

Glideskala prising av CO₂ til EOR fra CPETRO i NOK per tonn CO₂

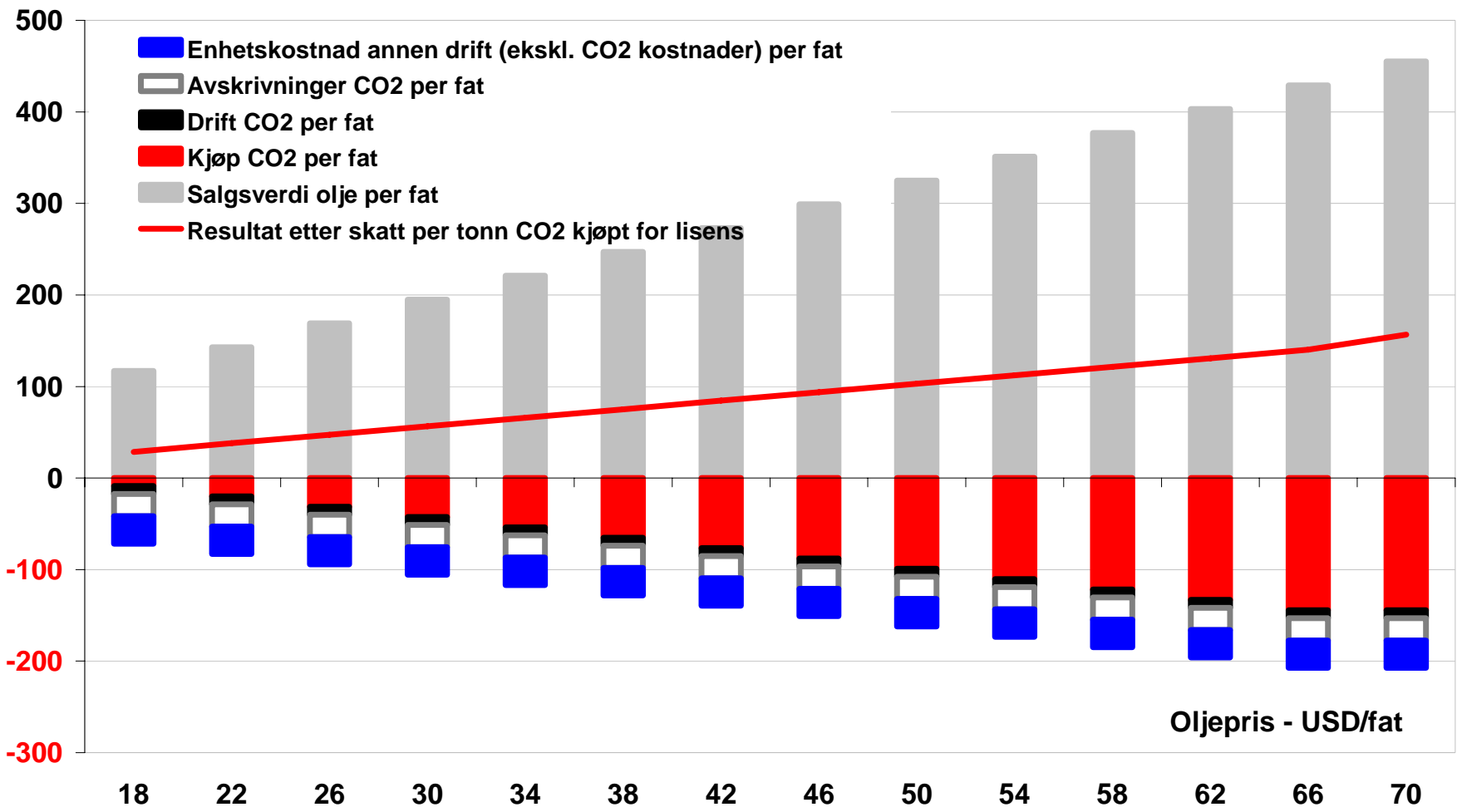
NOK/tonn CO₂ levert



Oljepris - USD/bbl

Lisens kostnader og inntekter

NOK/tonn CO2 kjøpt Driftsregnskap for oljefelt per tonn CO2 kjøpt etter oljepris



Investeringer og driftskostnader CO₂ fangst

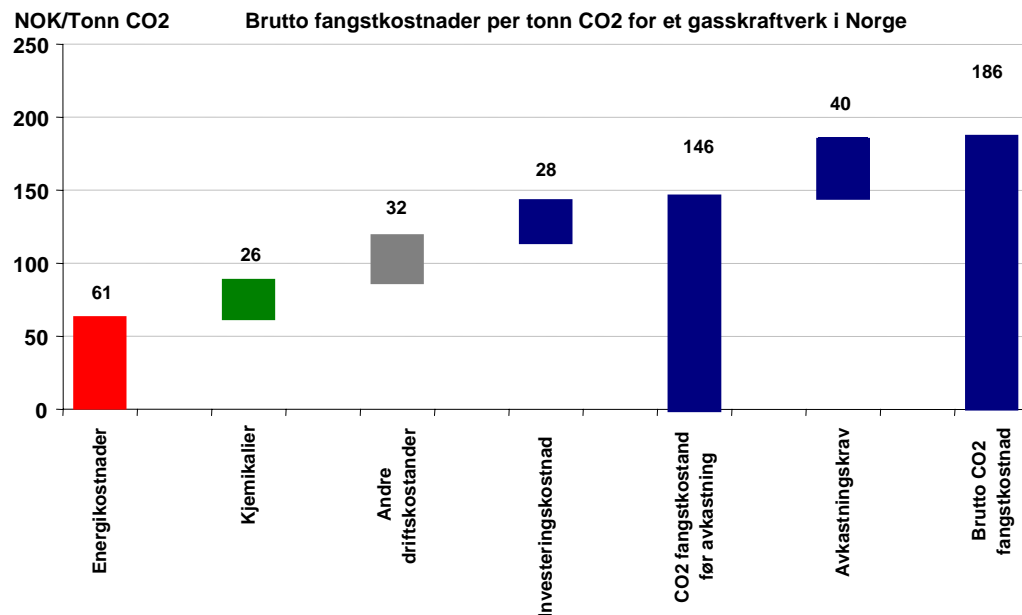
- Investeringer

- Basert på tall publisert av Fluor ifbm Tjeldbergodden studiet
 - (77% høyere investeringsanslag enn Aker/Kværners siste estimat)

- Driftskostnader

- Basert på tall publisert av Fluor og Sintef
- Justert for ikke driftsrelaterte kostnader og internprising

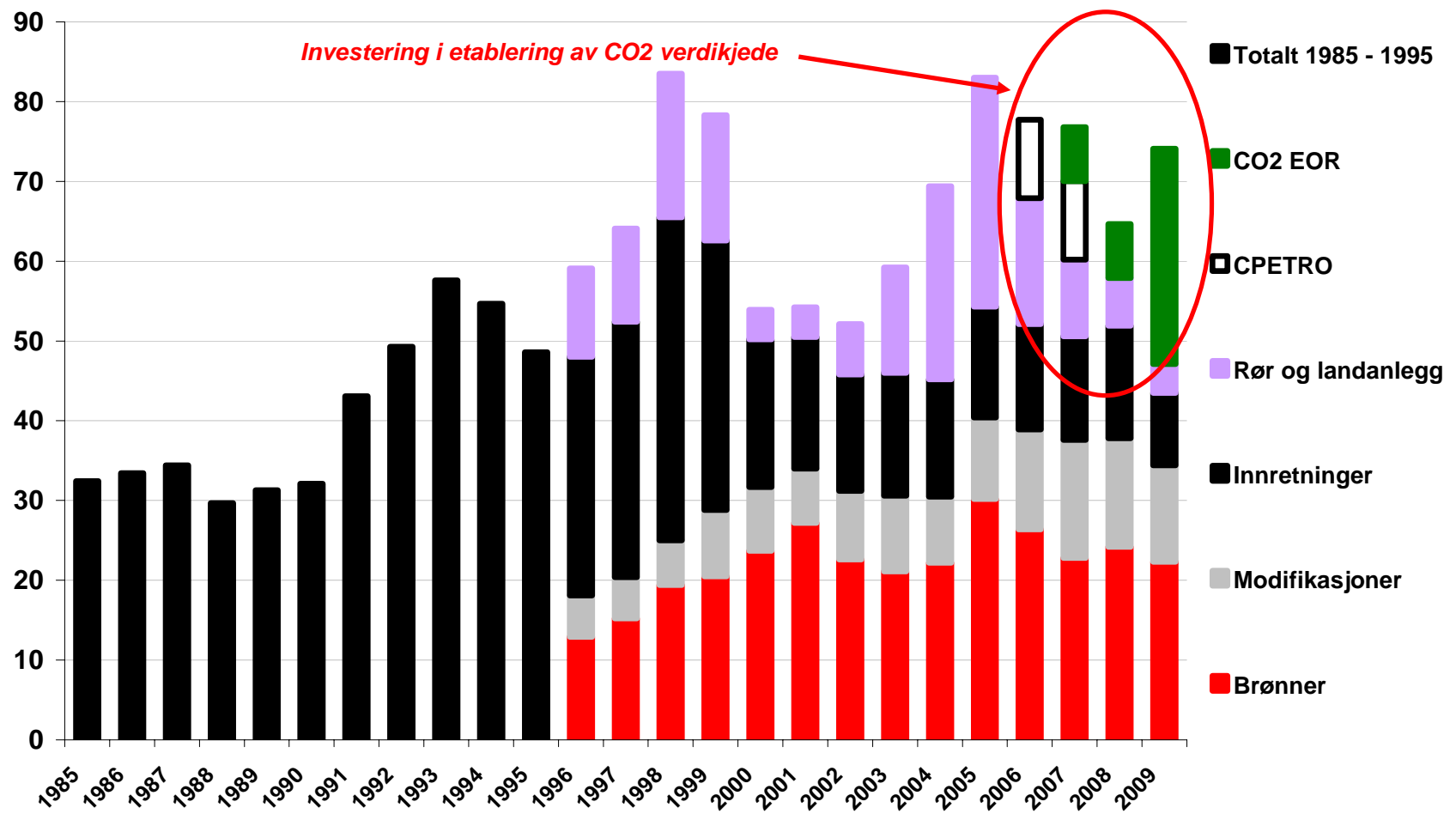
Investeringer - NOCO	Totalt NOKm	CO2 kapasitet tonn
CO2 fangst anlegg		
Fase 1A		
NOCO Skogn	1 892	2 500 000
NOCO Tjeldbergodden	2 346	3 100 000
NOCO Mongstad	1 892	2 500 000
NOCO Kårstø	2 270	3 000 000
NOCO Grenland	3 784	5 000 000
Arbeidskapital	500	
Investeringer fase 1A	12 684	16 100 000
Fase 1B		
NOCO EuropePower	11 352	15 000 000
NOCO Tjeldbergodden expansion 1	2 270	3 000 000
NOCO Mongstad expansion 1	2 573	3 400 000
Arbeidskapital	700	
Investeringer fase 1B	16 896	21 400 000
Samlede investeringer NOCO fase 1A & 1B	29 580	



Investeringer i petroleumsvirksomheten

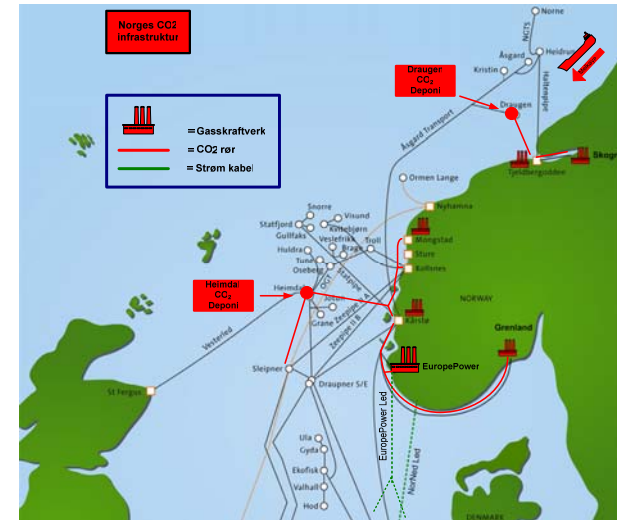
NOKmrd

Investeringer i norsk petroleumsvirksomhet



CPETRO investeringer CO₂ transport & distribusjon

Investeringer - CPETRO	Totalt NOKm	CO2 kapasitet Tonn
Rørledninger (km & tommer)	6 845	
Skogn - TBO (160km - 12")	800	2 500 000
TBO - Draugen (150km - 18")	1 013	6 000 000
Grenland - Kårstø (260km - 18")	1 755	5 000 000
Mongstad - Kårstø (180km - 12")	900	2 500 000
Kårstø - Heimdal (220km - 24")	1 782	10 500 000
Sleipner - Heimdal (170km - 8")	595	1 000 000
CO2 deponier	12 825	0
Draugen CO2 deponi	4 950	
Brønnskostnader	1 050	3 brønner
Kompressor og annet utstyr	3 900	Kapasitet på 6mt CO2
Heimdal CO2 deponi	7 875	
Brønnskostnader	1 050	3 brønner
Kompressor og annet utstyr	6 825	Kapasitet på 11mt CO2
Totale investeringer	19 670	



Investeringer og driftskostnader offshore CO₂ EOR

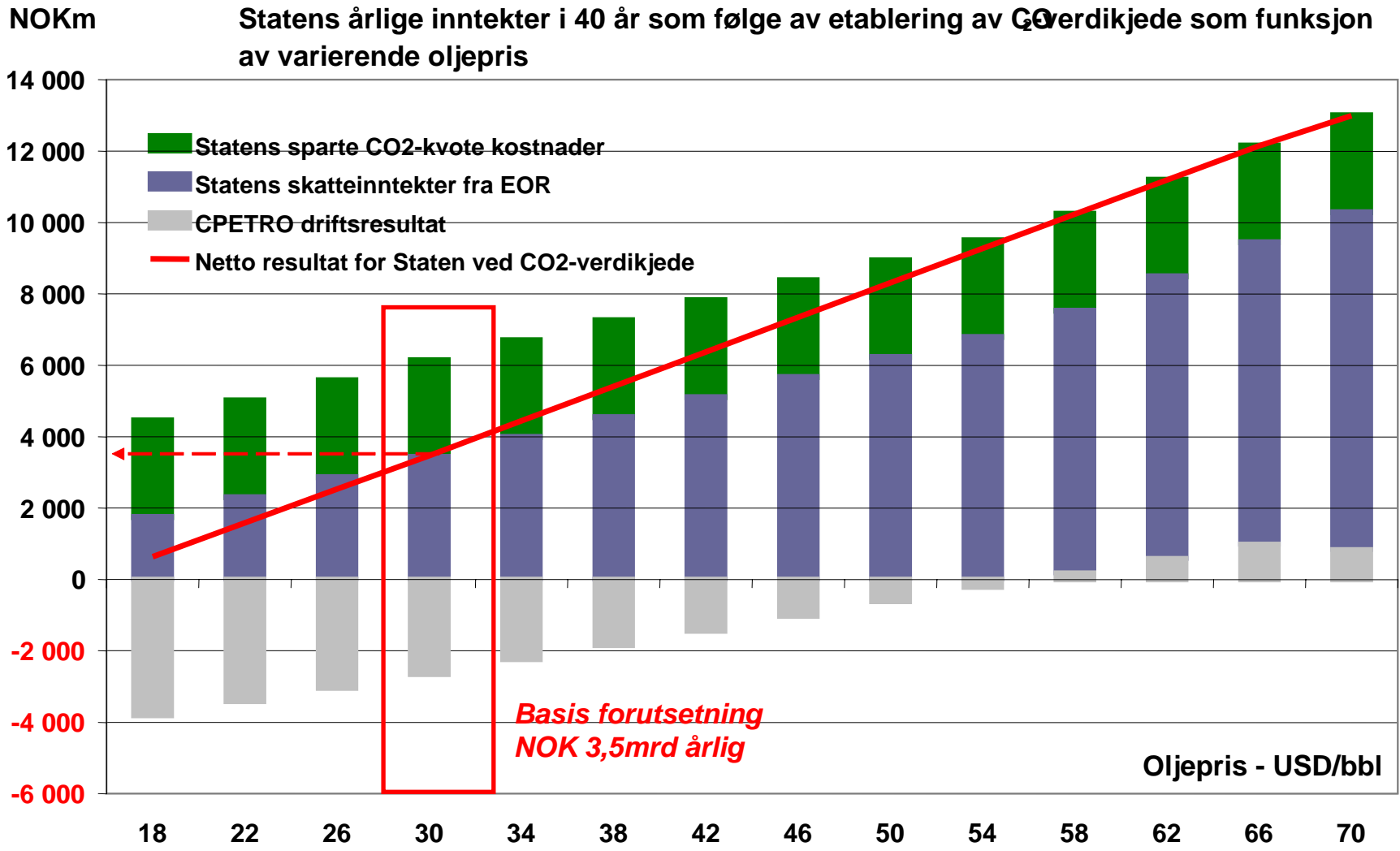
Investeringer og driftskostnader på felt ved CO₂ injeksjon

Totale investeringer - NOKm	54 000
Rør	10 000 2,000 km - 12", á NOK 5,000 per meter
Komprimering	5 200 8 plattformer á NOK 650m
Brønner	28 000 8 plattformer á 10 brønner á NOK 350m
Diverse	10 800 25% tillegg

Total driftskostnad per tonn CO₂ kjøpt	304 NOK/t CO₂
CO ₂ driftskostnad per tonn CO ₂ kjøpt injisert	217 NOK/t CO ₂
Kjøp CO ₂	123 NOK/t CO ₂
Drift CO ₂	25 NOK/t CO ₂
Avskrivninger CO ₂	70 NOK/t CO ₂
Enhetskostnad annen drift (ekskl. CO ₂ kostnader)	86 NOK/t CO ₂

Total driftskostnad per fat	106 NOK/fat
CO ₂ driftskostnad per fat	76 NOK/fat
Kjøp CO ₂ per fat	43 NOK/fat
Drift CO ₂ per fat	9 NOK/fat
Avskrivninger CO ₂ per fat	24 NOK/fat
Enhetskostnad annen drift (ekskl. CO ₂ kostnader) per fat	30 NOK/fat

CPETRO og Statens kontantstrøm



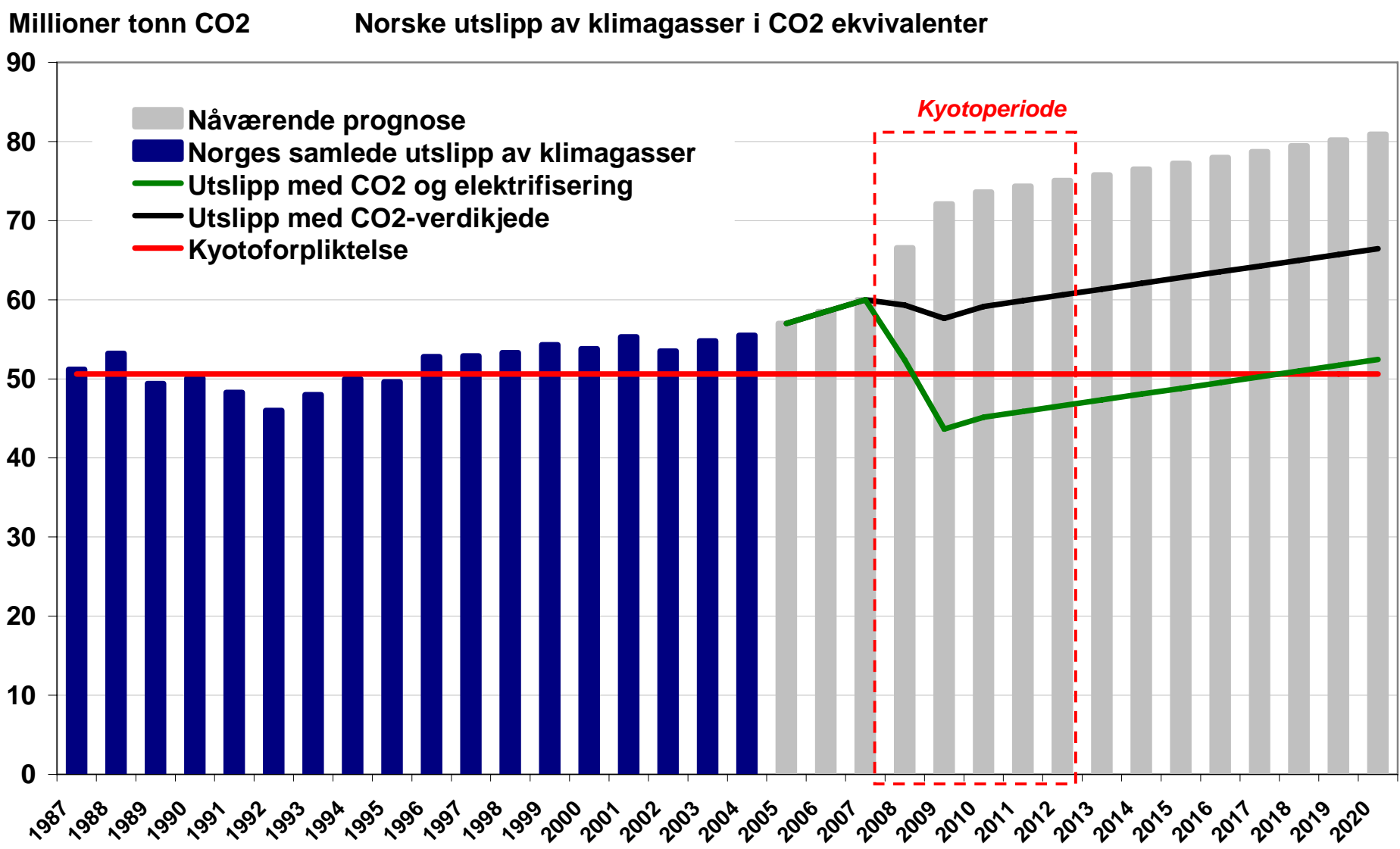
Why haven't the Oil companies created this value chain already?

- **Regional operations vs. licence profitability**
 - Difference in life-time of CO₂ to EOR project and CO₂ infrastructure
 - Investment criteria
 - Hurdle rates at USD 22 per barrel due to tax-regime
 - Tax regime
 - 78% tax
 - Norm-price taxation
 - Creates asymmetric risk/reward profile for the owner of the oil (the states) and the producers of the oil (the licenses)
- **How to solve this “Gordian knot”**
 - Invest in the infrastructure
 - Take on the working capital requirement for intermediate storage of CO₂
- **And the result**
 - For Norway, the Petroleum law article 4 creates the necessary governmental incentive to

What happens next?

- **Stage 2 on the NCS - Electrification of the installation**
 - Reduce CO₂ emissions
 - Reduce NOX and Sulphur emissions
 - Reduce operating costs
 - Increase power utilisation of gas resources used in power generation by 200% when brought onshore and utilised in a NGCC power plant
- **Time – frame of CO₂ value chain**
 - Prolonged operations on NCS by 20 – 30 years to last at least 50 – 60 years
 - Enhances EU energy security of supply
- **Long term CO₂ storage**
 - CO₂ value chain infrastructure becomes long term storage solution (in 50 – 60 years)
 - By that time the CO₂ storage infrastructure will be paid back many times over
- **New CO₂ cost regime for Kyoto nations**
 - Long term CO₂ levy equal to EUR 1 – 2 per tonne for all industry and power generation
 - May be transferred to terms of trade with Non-Kyoto nations/trading regions – creating a level competitive scene by applying a trade tariff on non-Kyoto produced goods in the Kyoto-region equal to the CO₂ levy applied on Kyoto-region industry

Norske utslipp av klimagasser II (CO2 ekv)



Oppfølging

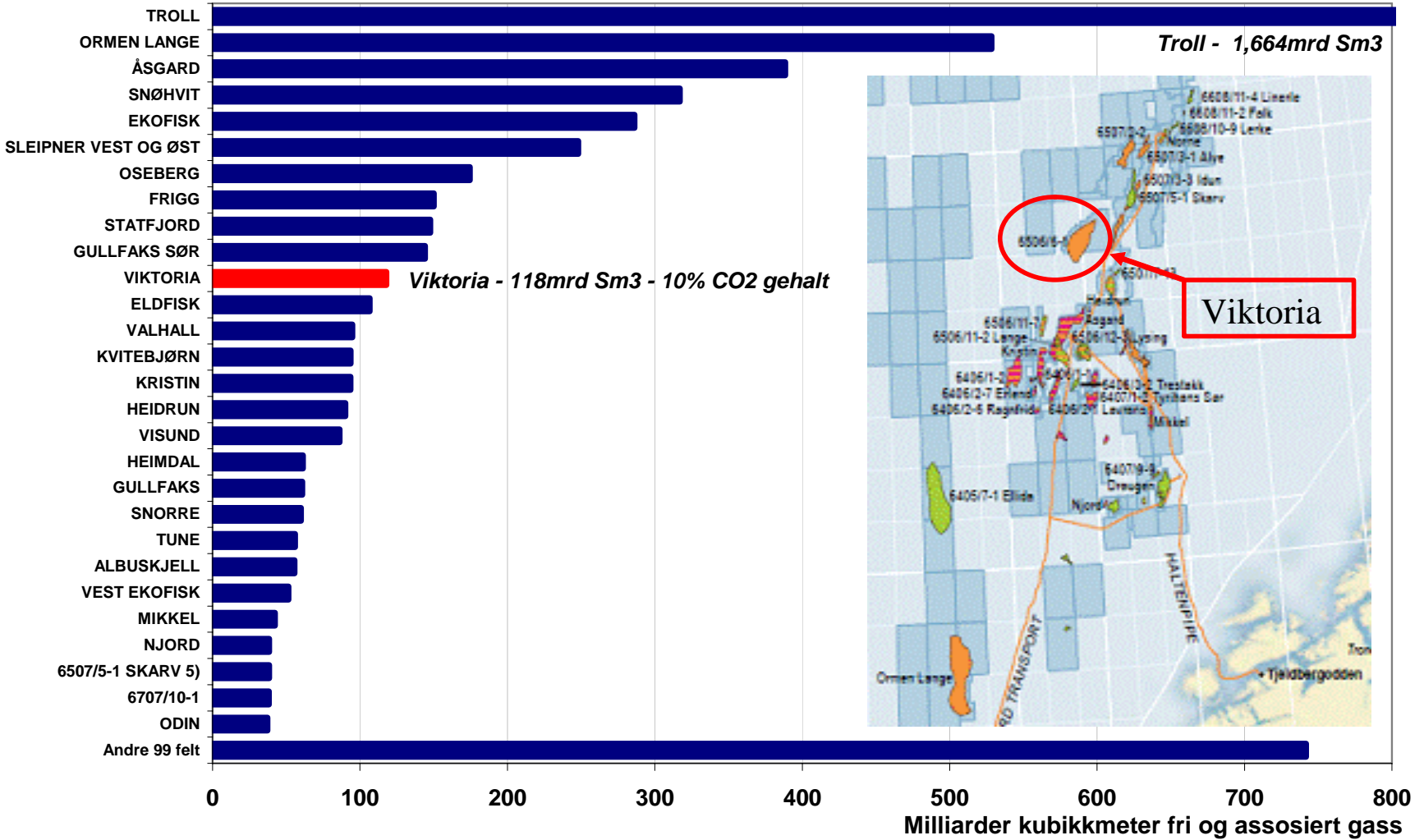
- **Detaljprosjektering**
 - Offshore
 - OLF
 - Petoro
 - OD
 - Fangst
 - Sargass
 - Aker/Kværner
 - Verdikjede fastland
 - PIL
 - SINTEF
 - Gass til Grenland
 - Annet
- **Elektrifisering av NCS**
 - Gjennomgang m. BP ifbm. Valhall
 - Kobling mot NOx rapport
- **Finansiering og etablering av NOCO**
- **EU**

CPETRO driftsregnskap

Driftsregnskap - CPETRO	År 1	År 5	År 10
CO2 kjøp fra NOCO	17 000 000	17 000 000	17 000 000
Direkte inntekter			
CO2 salgsinntekter	0	2 083	2 450
<i>Salgspris CO2 per tonn levert plattform</i>	123	123	123
<i>Salg av CO2 (mtonn)</i>	0	17	20
Brutto CO2 kostnader	-4 246	-4 246	-4 246
Kjøp av CO2	-3 187	-3 187	-3 187
Transport av CO2	-141	-141	-141
Deponering av CO2	-918	-918	-918
Videresalg av CO2	0	-50	-59
Direkte kontantresultat	-4 246	-2 164	-1 796
Avskrivning rør og kapitalutstyr	-492	-492	-492
Aktivering lagret CO2	797	0	-120
Virksomhetens driftsresultat	-3 941	-2 655	-2 288
Kontantsresultat per tonn CO2 lagret	-250	-127	-106
Driftsresultat per tonn CO2 lagret	-232	-156	-135
Indirekte inntekter	2 720	6 128	6 729
Merinntekter fra CO2 EOR/EGR	0	3 408	4 009
<i>Økt skatteinngang (USD 30 i oljepris)</i>	0	3 408	4 009
<i>Økt verdi statens eierandeler etter skatt</i>			
Reduserte CO2 kvotekostnader	2 720	2 720	2 720
Statens netto-resultat av CPETRO	-1 221	3 472	4 441
Statens netto kontantstrøm fra CPETRO	-1 526	3 964	4 933
Statens netto kostnad/inntekt før CO2 kvote	-3 941	752	1 721
Statens netto kostnad/inntekt før CO2 kvote per tonn CO2	-232	44	101
Statens differensial kostnad per tonn CO2 fanget	-72	204	261
Statens differensial kontantstrøm per tonn CO2 fanget	-90	233	290

Gassressurser på norsk sokkel

Gassressurser på norsk sokkel per felt (Mrd. Sm³)



CO₂ fangstkostnader 1

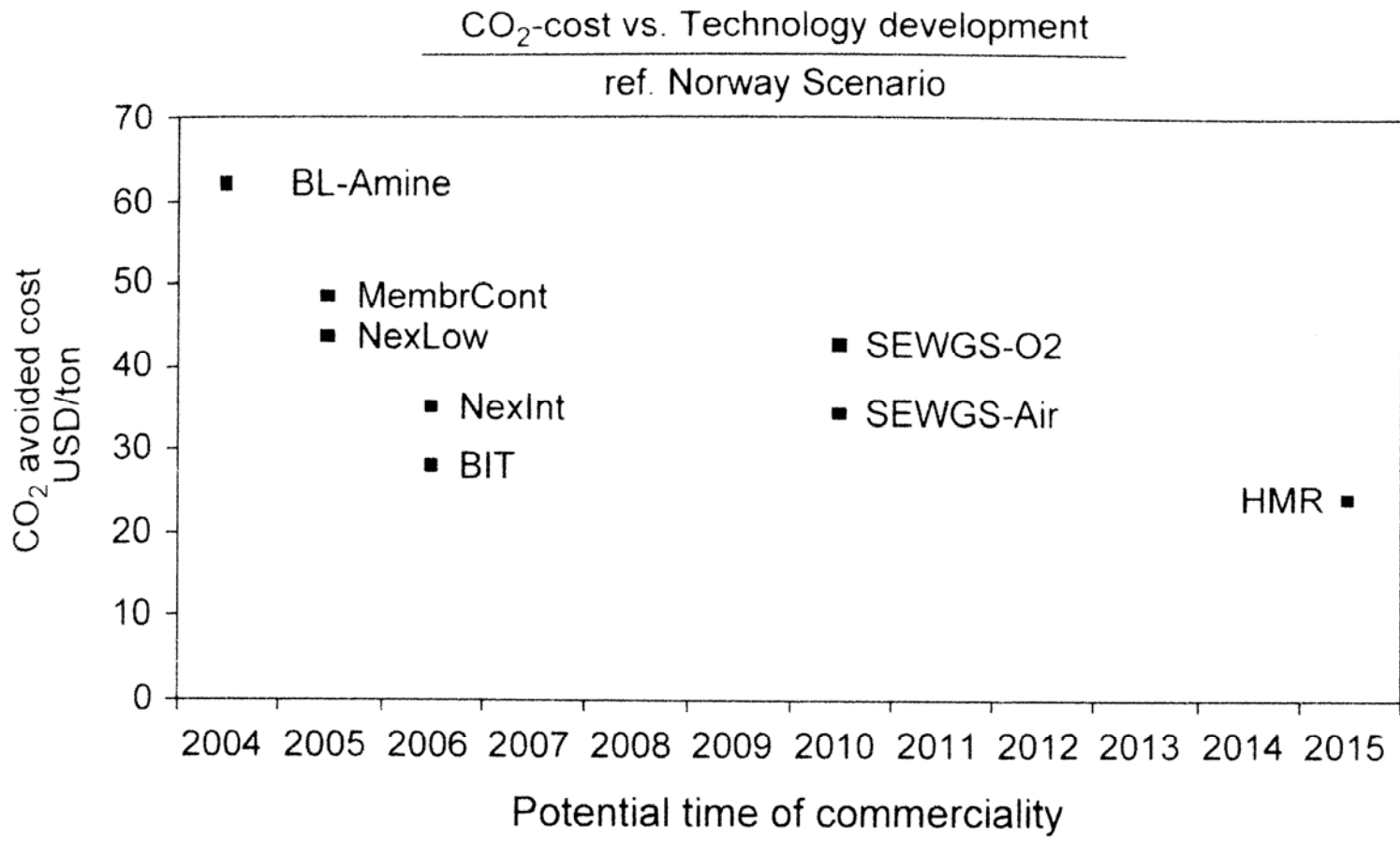


Figure 8: CO₂-cost reductions, technology development and time outlook for the Norway Scenario.

CO2 fangstkostnader 2

