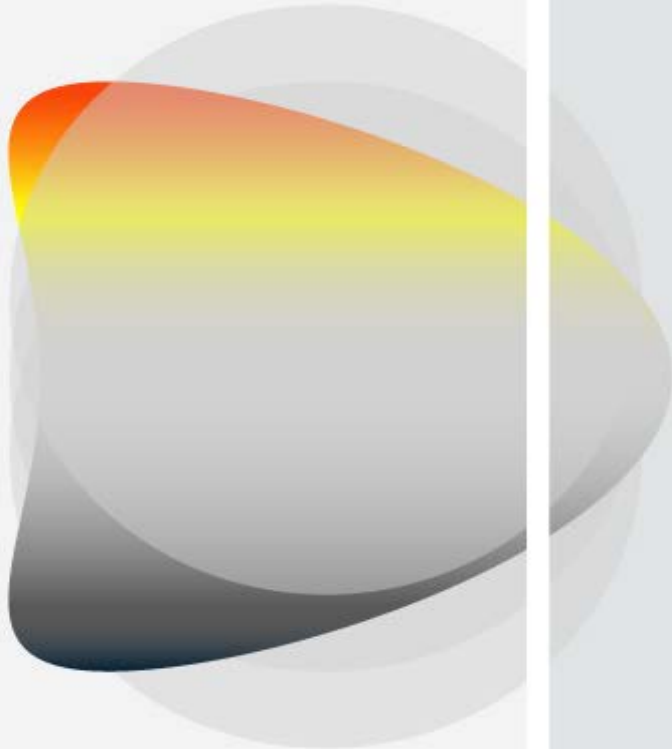




Energiscenarioer og energisystemmodellering

CenSES - Årskonferanse
14. desember 2011

Arne Lind (arne.lind@ife.no)
Institutt for energiteknikk (IFE)

Oversikt

- Energiscenarioer
 - Begreper
 - Motivasjon
 - Metodikk
- Prosjekteksempel (CCS)
 - Scenarier
 - Antakelser knyttet til Utsira
 - Modellering på nasjonalt nivå
 - Modellering på regionalt nivå
 - Prosjektkonklusjoner



Utvalgte definisjoner

- Fremtid:
 - Benyttes for å tegne et bilde av fremtidssamfunnet
 - Deles gjerne opp i sannsynlig, mulig eller ønsket fremtid
- Ekstrapolering:
 - Forleng en kurve inn i fremtida hvor man antar at variablene vill oppføre seg som tidligere
- Trend:
 - Hvordan endret (mønster) variabelen seg over tid (fortid)
 - Krever tilstrekkelig mengde data for å studere sammenheng mellom én (som regel) eller flere variable
- Prognose:
 - Fremtidsestimat basert på tidligere og nåværende trender
 - Inneholder sannsynligheter, og er ofte en beste gjetning
- Visjon:
 - Et (positivt) bilde/perspektiv på hvordan noe bør/skal bli i fremtiden

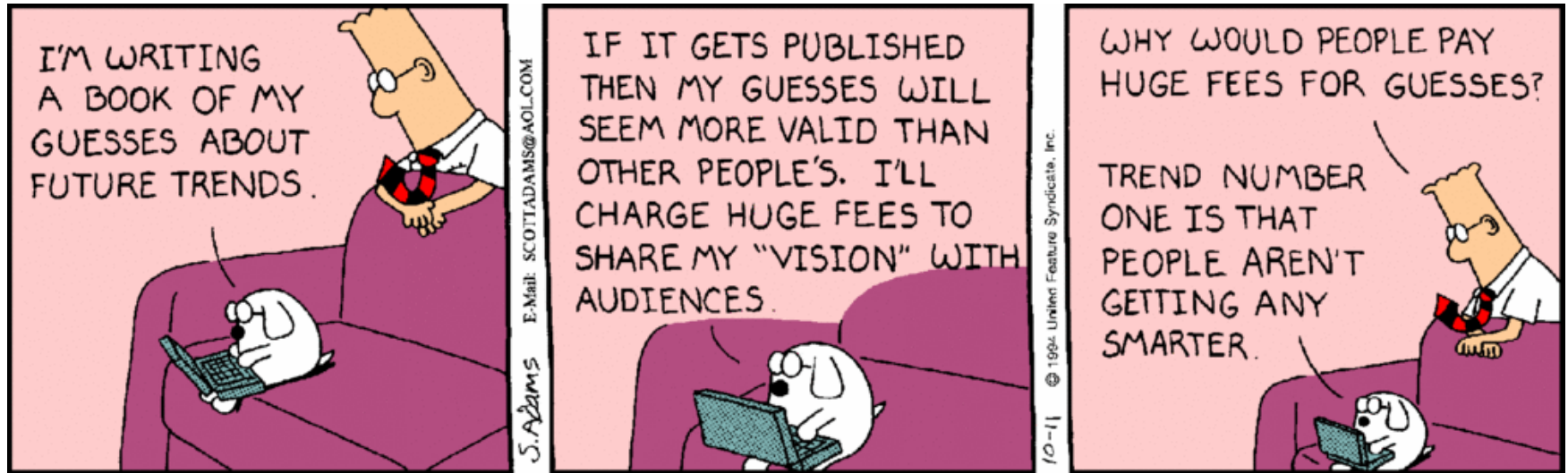
Scenarioer

- Kan defineres som spesielt konstruerte «historier» om fremtiden som skal belyse et kompleks felt
 - Mer rettet mot ny forståelse enn mot korrekte forutsigelser
 - Poenget er å skildre et sett av mulige framtider som viser hva som kan skje, ikke fastslå hva som kommer til å skje
- Ønsker å formidle en langsiktig helhetsforståelse hvor samspillet mellom mange faktorer og drivkrefter er avgjørende
 - Bidrar også til læring om drivkrefters betydning og evnen til å oppfatte nye sammenhenger
 - Skal også kunne utfordre veletablerte virkelighetsforståelser og problematisere utviklingstrekk som ellers tas for gitt
- I utgangspunktet ikke det samme som prognoser
 - Kan gi grunnlag for å bygge prognoser

Energisystemanalyse og scenarioer

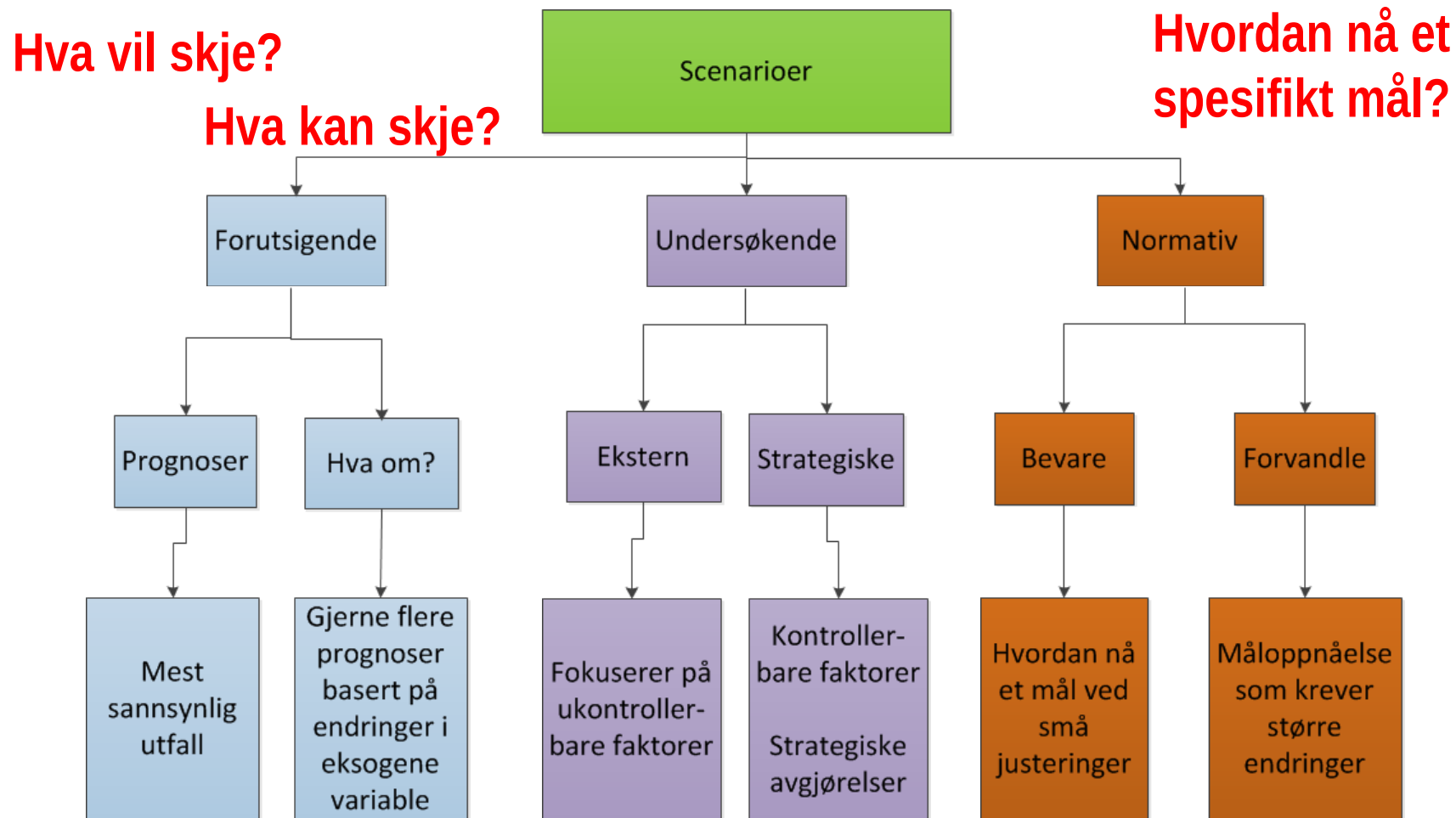
- Vi benytter TIMES for å gjennomføre helhetlige energisystemanalyser
 - Lokale, nasjonale, regionale og globale analyser
 - Analyseperiode (2020 - 2100)
- Modellens langsiktighet gjør den ypperlige egnet for å analysere og vurdere fremtidige scenarioer
- Et TIMES-scenario består av følgende input:
 - Etterspørsel etter energitjenester
 - ✓ Blant annet basert på etterspørselsdrivere, og ofte beregnet via andre modeller
 - Tilgjengelighet av primærressurser (gassreserver, rå-olje, osv)
 - Politiske retningslinjer
 - ✓ Eks: Skatter, avgifter, subsidier, osv
 - Beskrivelse av en samling teknologier
 - ✓ Tekno-økonomiske parametere

Gjetninger vs. systematiske metoder



- (Systematiske) metoder:
 - Kvalitativ
 - ✓ Metoder ofte basert på subjektivitet og kreativitet
 - Kvantitativ
 - ✓ Metoder hvor man benytter målbare variable og/eller statistisk analyse
 - Semi-kvantitativ
 - ✓ Benytter matematiske prinsipper for å kvantifisere subjektivitet

Forskjellig typer scenarier



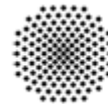
Scenarier fra World Energy Outlook 2011

- 3 scenarier er definert, og herunder presentert som konsistente projeksjoner
 - Tidshorisont: 2010 – 2035
- New Policies Scenario (Hovedscenarier i WEO2011):
 - Inkluderer avtalefestede forpliktelser og annonserte planer for å håndtere sikker forsyning av energi, klimaendringer og lokal forurensing
 - Må ikke anses som en prognose
- Current Policies Scenario (Referansescenarier):
 - Hvordan vil fremtiden se ut basert på dagens politikk?
 - Inkluderer avtalefestede forpliktelser o.l.
- 450 Scenario:
 - Energibane som medfører 50% sannsynlighet for å oppnå målet om maks 2°C økning i global temperatur
 - Medfører en begrensning på 450 ppm CO₂-eq i atmosfæren

Analysis of potentials and costs of CO₂ storage in the Utsira aquifer in the North Sea



Universiteit Utrecht



University of Stuttgart
Germany

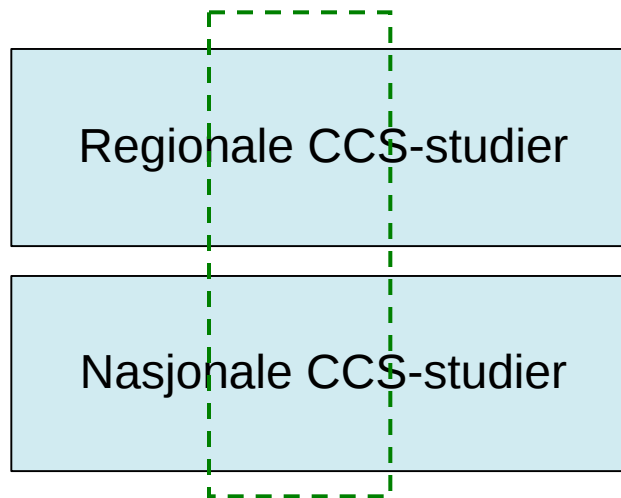


Prosjektbeskrivelse

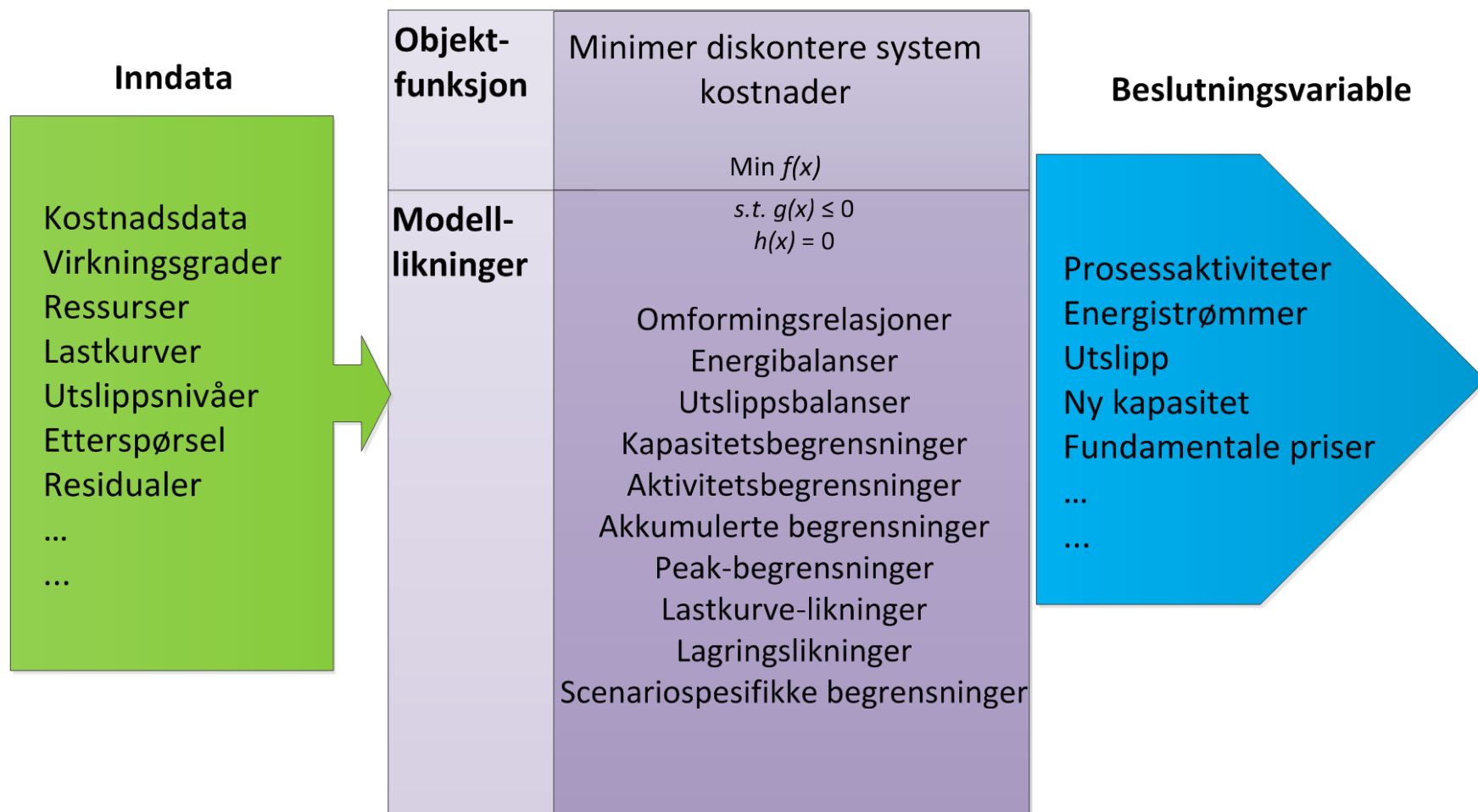
- Hovedmål:
 - Nasjonale og regionale analyser knyttet til kostnader, fordeler, flaskehalser av CO₂-fangst og CO₂-transport fra Nordsjølandene til Utsiraformasjonen
- Delmål:
 - Fremskaffe økt kunnskap om usikkerheter og begrensninger knyttet til bruken av Utsira som CO₂-reservoar
 - Fremskaffe økt kunnskap om transportalternativer og barrierer ved konstruksjon av et internasjonalt CO₂-nettverk i Nordsjøen
 - Analyse av CCS-teknologier for Nordsjølandene for perioden 2015-2050, med fokus på nasjonale og regionale implikasjoner av CO₂-transport til Utsiraformasjonen
 - Tekno-økonomiske analyser av fremtidige CO₂-fangstteknologier
 - Økt kompetanse på TIMES-modellering knyttet til utvikling av infrastruktur

Prosjektbeskrivelse

- Verktøy:
 - MARKAL/TIMES (energisystemmodeller)
 - Verktøy for modellering av energisystemer på nasjonalt, regionalt eller globalt nivå
 - Beskriver energisystemet med eksisterende og fremtidige teknologier for tilgang og sluttbruk
 - 5 nasjonale modeller og 1 regional modell

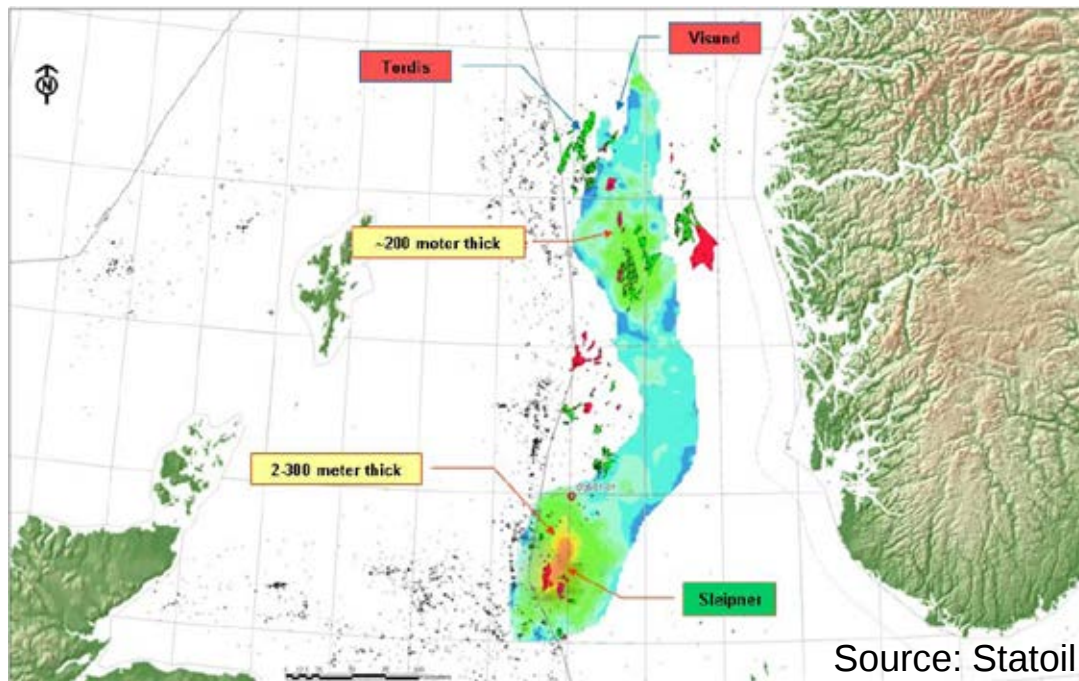


Oversikt over energisystemmodellen



Utsiraformasjonen

- Geologisk høydeformasjon i Nordsjøen
- Fra 1996 har 1 Mt/år CO₂ blitt lagret i Utsiraformasjonen (Sleipner)
- Estimat for total lagringskapasitet: 20 - 60 Gt



Utsiraformasjonen

- **Modellantagelser knyttet til Utsiraformasjonen**
 - Lagringskapasitet: 42 Gt
 - Maksimal årlig injeksjonshastighet: 150 Mt/år
 - Investeringskostnader: 22 M€ per 1 Mt/år
- **Bruken av Utsira vil avhenge av**
 - Lagringskapasitet
 - Strategier knyttet til klimatiltak
 - Teknologisk utvikling av CCS-teknologier
 - Publikumsaksept
 - Regelverk og politiske retningslinjer

Input til energisystemmodellene

- Harmonisering av regionale og nasjonale modeller
 - Energi-, elektrisitets- og CO₂-priser
 - Eksport/import av elektrisitet
 - Diskonteringssats
 - Kraftverk og CO₂-fangstanlegg
 - Kostnader knyttet til CO₂-transport
 - Lagringsmuligheter i Utsiraformasjonen
- Nasjonale lagringsmuligheter (landbasert og offshore) er kartlagt

Scenarier

- To hovedscenarier
 - 20% CO₂-reduksjon innen 2020 og opprettholdelse mot 2050 (C-20) innen EU+
 - 20% CO₂-reduksjon innen 2020 og reduksjon til 80% innen 2050 (C-80) innen EU+
- Sensitiviteter
 - Ingen CCS
 - Høy Utsirakapasitet, med en maksimal injeksjonshastighet på 500 Mt CO₂ per år
 - Ingen lagring av CO₂ på land
 - Lavere priser på fossilt brensel

Modellering på nasjonalt nivå

- Optimalisering på nasjonalt nivå
- Hvert land kan investere i en rørledning til Utsira
- Hvilken rolle spiller CCS i 2050 med 80 % CO₂-reduksjon?

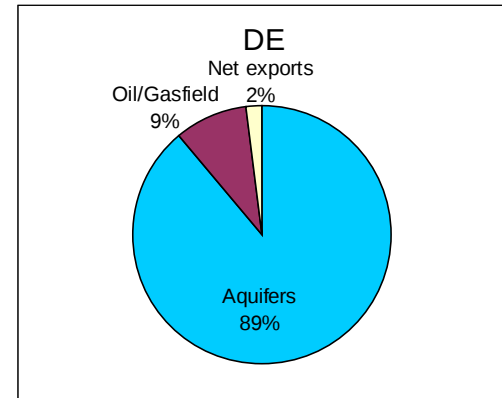
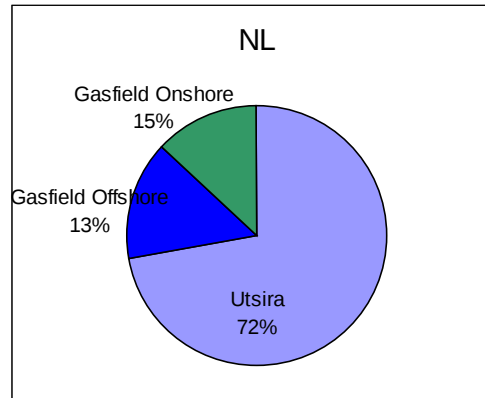
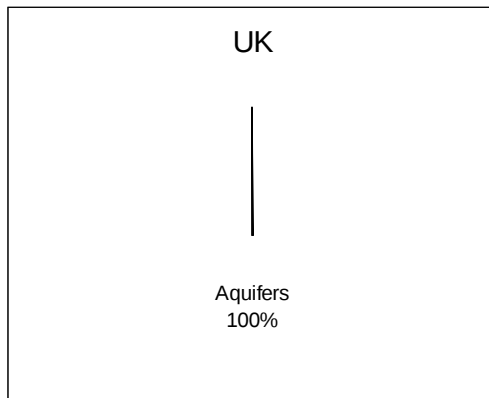
CCS i el-produksjonsmiksen:

- UK: Kull: 12 %
- NL: Kull/ Bio: 70 % & Gass: 10 %
- DE: Kull: 34 %, Total CCS: 40 %
- DK: CCS fra kull er noe brukt
- NO: CCS har en minimal rolle, hovedsakelig innfangning fra industrien

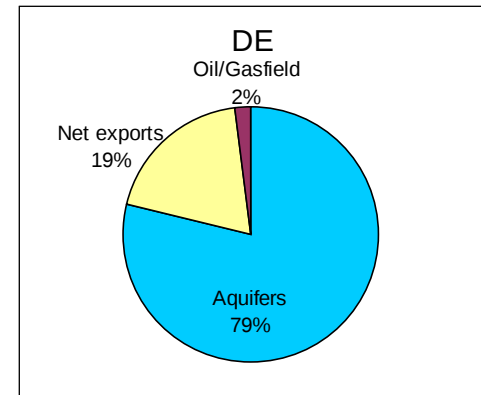
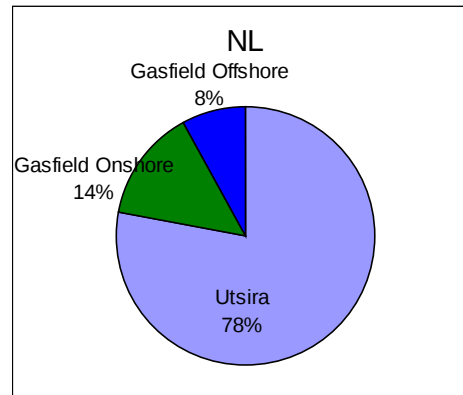
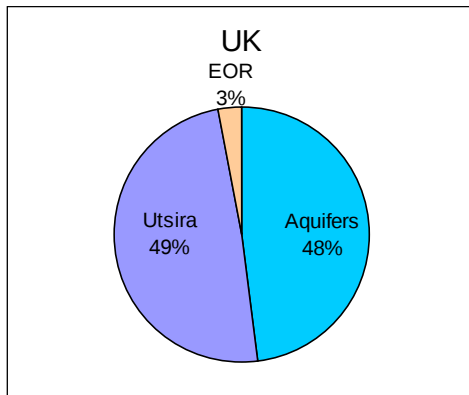
Modellering på nasjonalt nivå

Hvor blir CO₂ lagret i 2050?

C-80

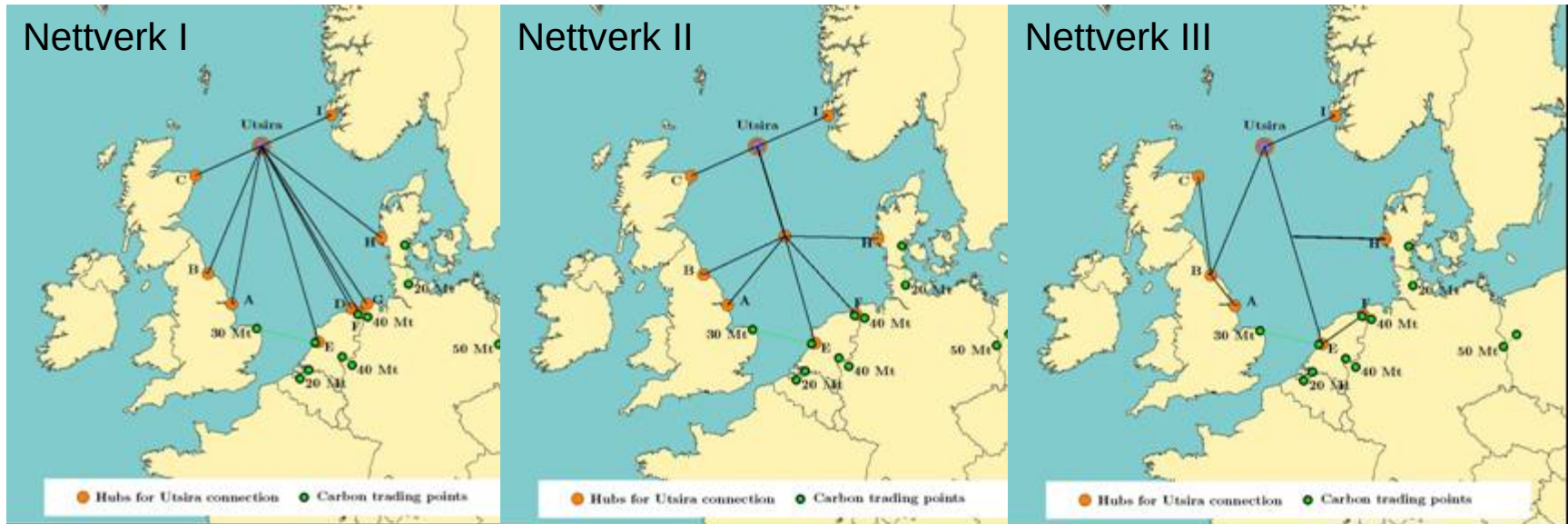


C-80 med lavere pris på fossilt brensel



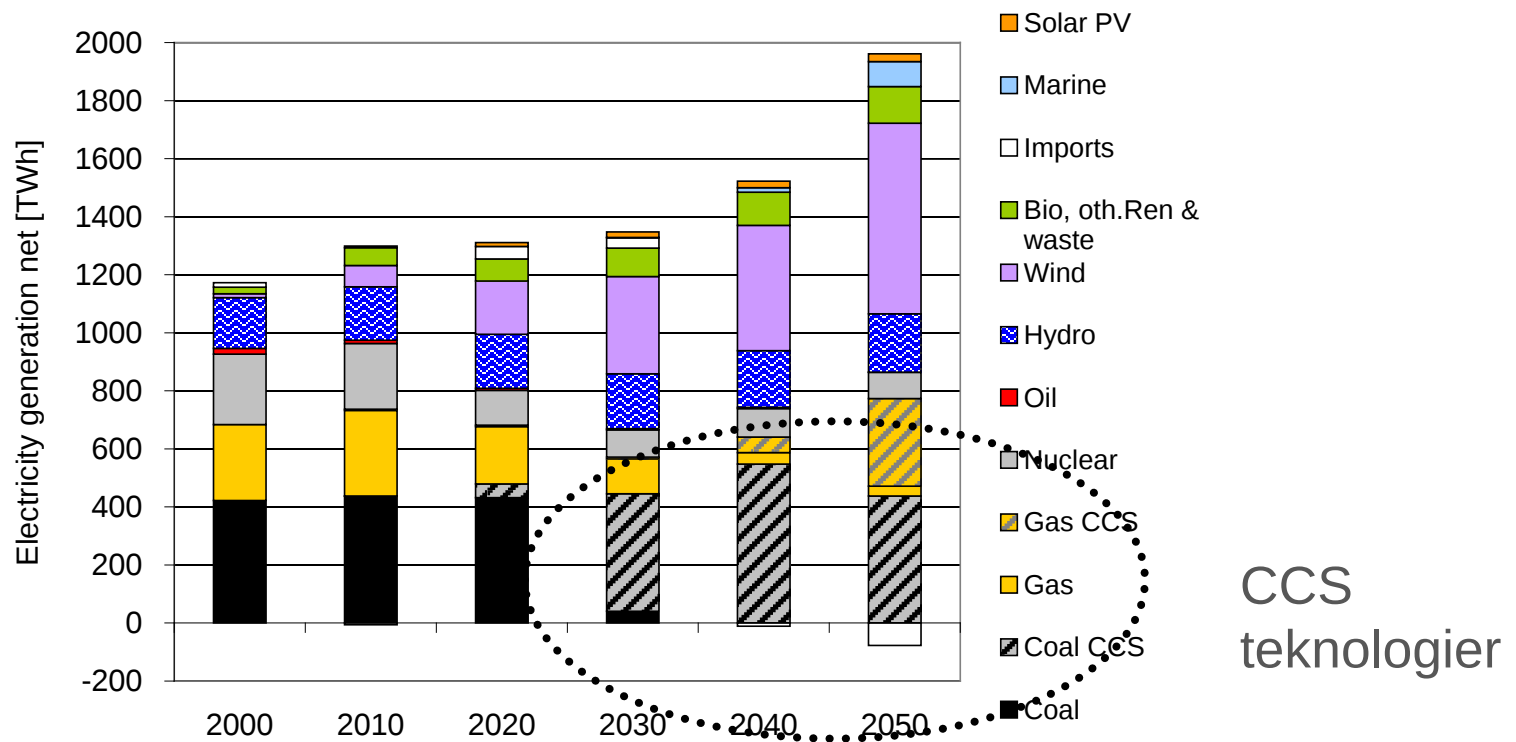
Modellering på regionalt nivå

Mulige transportnettverk



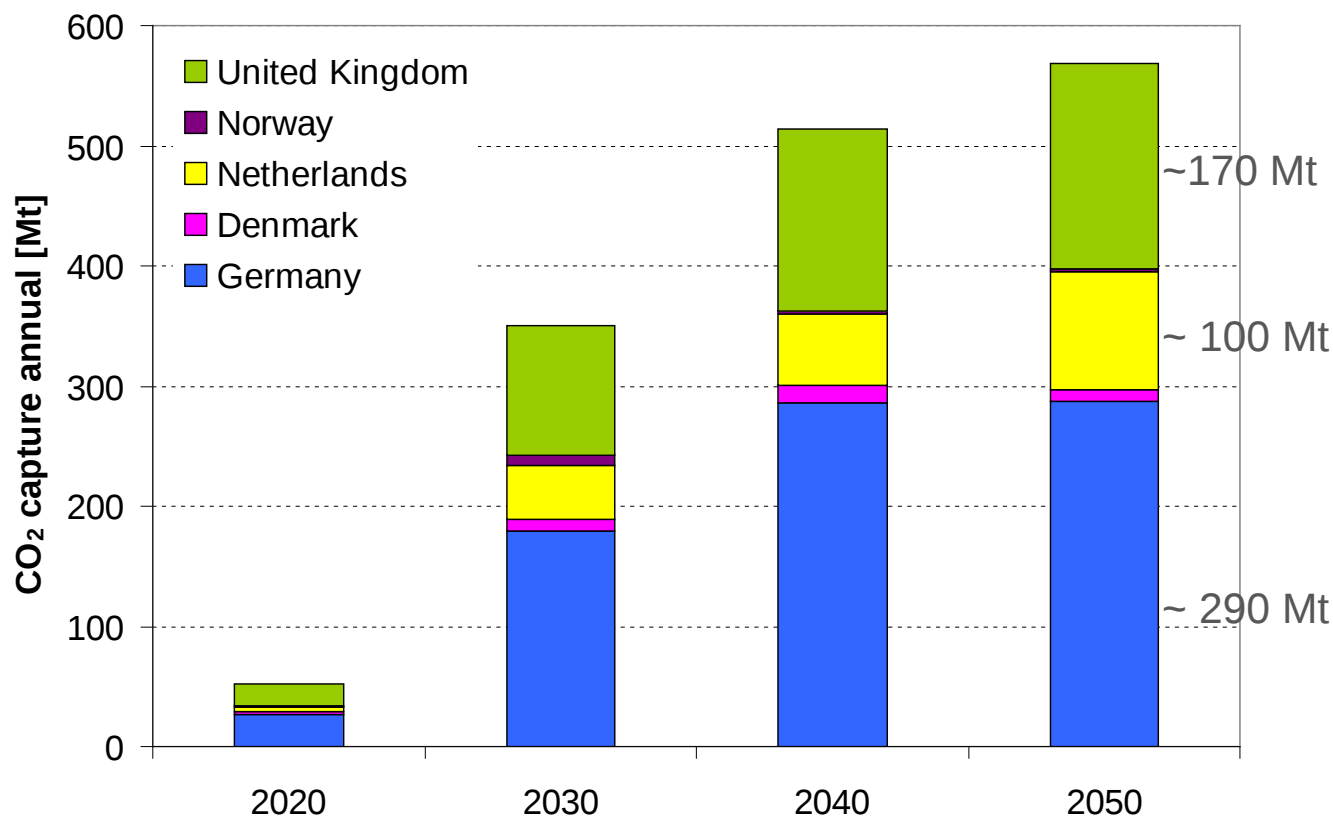
- Total mengde CO₂ fanget i Nord-Europa er uavhengig av layouten på nettverket
- Mengde CO₂ til Utsira varierer noe
 - Nettverk II: 8 Mt/år mer til Utsira fra 2040, hovedsakelig fra NL

Elektrisitetsproduksjon for Nordsjø-landene



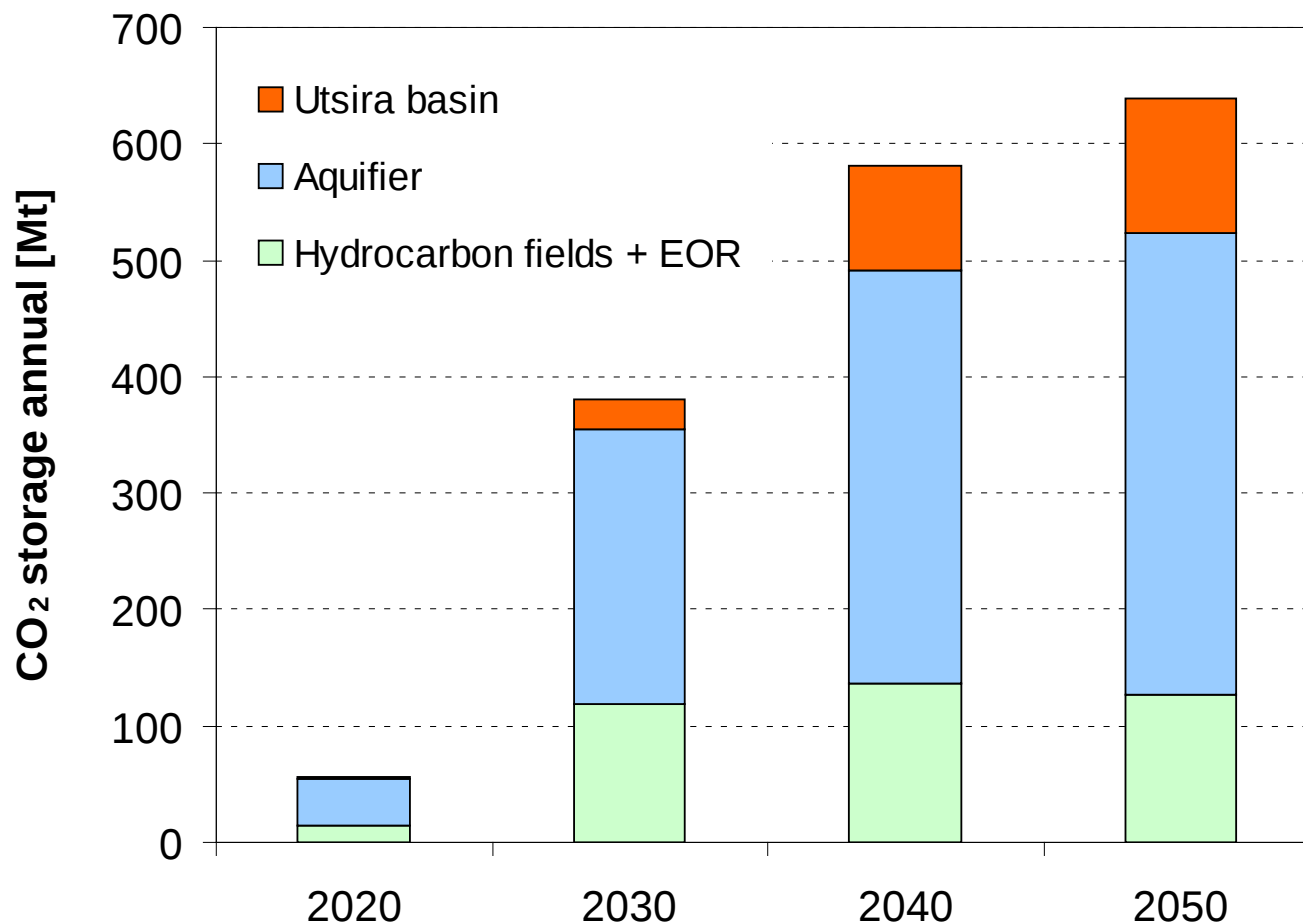
2050: 38 % CCS og 56 % fra fornybare teknologier

CO₂-innfangning fra Nordsjø-landene



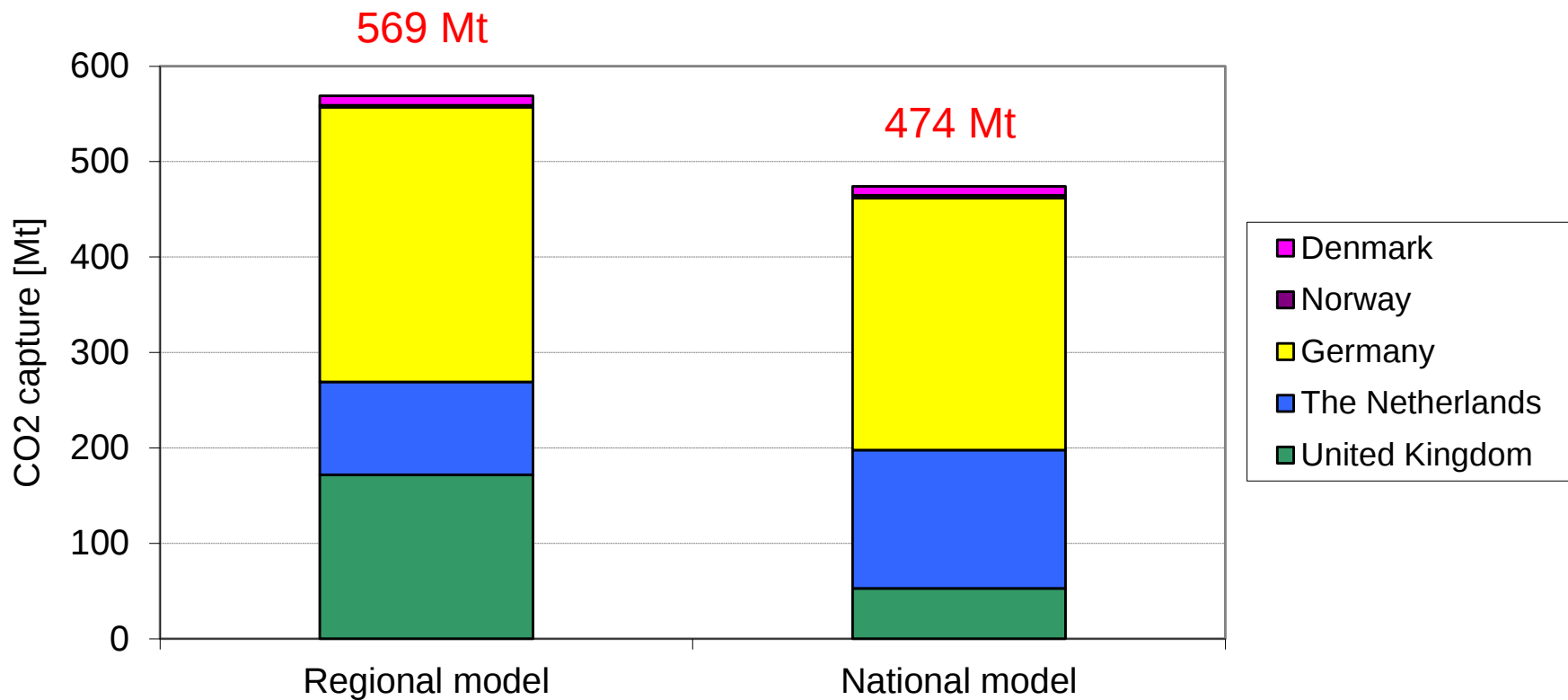
2050: ~ 570 Mt CO₂ innfanget under strenge utslippsmål

CO₂-lagring for Nordsjø-landene



2050: 115 Mt CO₂ lagret i Utsiraformasjonen (75 Mt UK, 40 Mt NL)

Total CO₂-fangst i 2050



Prosjektkonklusjoner

- Under strenge klimaforpliktelser vil CCS være en kostnads-effektiv løsning for alle land
- CO₂-lagring i Utsiraformasjonen vil avhenge av europeiske klimastrategier
- Hovedbegrensningen til Utsiraformasjonen er maksimal injeksjonshastighet og ikke total lagringskapasitet
- CO₂-transport til Utsiraformasjonen er hovedsakelig fra UK & NL
- Ulike nettverkslayout vil primært påvirke CO₂-mengden lagret i Utsiraformasjonen, ikke den totale CO₂-fangsten

Takk for oppmerksomheten!

Sluttrapport:

http://www.fenco-era.net/Storage_Utsira

Artikkel:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750583611001629>