

Vil CCS erobre verden?

Rolf Golombek
CREE brukerseminar
1 desember 2011

Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning
Ragnar Frisch Centre for Economic Research
www.frisch.uio.no



Mange vil teste ut CCS

- Fossile (kull) kraftverk har store markedsandeler
- G8 – 20 pilotanlegg innen 2010
- USA – 5-10 demonstrasjonsanlegg innen 2016
- EU – 12 demonstrasjonsanlegg innen 2015
 - Trippel 20 % mål innen 2020
- Norge – få i pose og sekk

Markedspotensialet til CCS

	CCS greenfield	CCS retrofitted
MIT (2003) Global, 2040, høy kraftpris	Ingen produksjon	Ingen produksjon
IEA (2004)	Mye produksjon	Litt produksjon
Odenberger et al. (2009) Europa		Ingen produksjon
Schumacher et al. (2009) Tyskland		Ingen produksjon
Riaha et al. (2004) Edmonds et al. (2004) En CCS teknologi	Produksjon	Produksjon
IEA (2006)	Ingen produksjon av CCS gass	Mye produksjon
Frisch/SSB (2011)	Mye produksjon	Ingen produksjon



Forskningsspørsmål

- Hva er markedspotensialet til ulike CCS teknologier i Vest-Europa?
- Hvordan avhenger markedspotensialet av CO2 prisen?
- Hvordan avhenger markedspotensialet av andre forhold?
- Bruke den numeriske modellen LIBEMOD for energimarkedene

CCS teknologier I Post-combustion

- Først forbrennes brenselet
- Deretter skilles CO₂ fra røykgassen
- Fins mange varianter av denne teknologien
- Ofte lagt til grunn i tekniske studier av retrofitted CCS, greenfield gasskraft og greenfield kullkraft som benytter pulverisert kull

CCS teknologier II

Pre-combustion

- Fjerner karbonet fra brenselet før forbrenning
- Ofte lagt til grunn i tekniske studier av greenfield kullkraft med IGCC (integrated gasification combined cycle)

CCS teknologier III

Oxyfuel

- Forbrenning av brenselet i ren oksygen
- Genereres høykonsentrert CO₂, som er lett å fange
- Lovende teknologi, men sjelden lagt til grunn i tekniske studier

CCS teknologier

Tekniske antakelser

	Greenfield kull IGCC Pre- combustion	Greenfield gass (Pre-/) post- combustion	Retrofitted kull Post- combustion	Retrofitted gass Post- combustion
Reduksjon i nettoproduksjon av kraft	10 %	15 %	40 %	30 %
Reduksjon i utslipp per MWH	89 %	88 %	83 %	86 %
Kostnadsandel CCS	27 %	27 %	65 %	50 %
Utslippskostnad \$/TCO ₂	36	67	74	117

Hva er Libemod?

- Likevektsmodell for energimarkedene i Vest-Europa (gass og strøm) og verden (kull og olje)
- Bygger på økonomisk teori
- Private aktører tar beslutninger
 - Investeringer, produksjon, handel og konsum
- Myndighetene fastlegger politikk
 - Energi- og miljøavgifter
 - Forbud mot investeringer i atomkraft
- Fastlegger alle kvanta, priser og CO2 utslipp i energiindustrien i Vest-Europa for hvert modell-land

Hva er Libemod, forts.

- Modellvarianter
 - Kort sikt vs. lang sikt
 - Frikonkurransen vs. markedsrett
 - Deterministisk vs. stokastisk
- Oppdatering og utvidelse
 - Dataår
 - Modell-land
 - Strukturelle endringer?

Libemod

- Energityper (fossil, elektrisitet, biomasse)
- Land
 - Modell-land
 - Øvrige land
- Markeder
 - Verdensmarkeder (olje og to typer kull)
 - Europeiske markeder (gass og elektrisitet)
 - Nasjonale markeder (brunkull og biomasse)

Libemod

- Etterspørselsektorer
 - Huseholdninger
 - Industri
 - Transport
 - Kraftproduksjon
- Transport av energi
 - Nasjonalt (brukerdifferensiert kostnad)
 - Internasjonalt (kort sikt vs. lang sikt)

Libemod – Tilbud av energi

- Tilbud av fossile brensler
 - Tilbudsfunksjoner (kalibrerte)
 - Årsmarkeder
- Tilbud av elektrisitet
 - Teknologier
 - Kostnadstyper
 - Effektivitet (gamle vs. nye verk)
 - Depresiering
 - Investeringer
 - Tidsoppløsning (sesong, natt vs. dag)

Tilbud av kraft

- Kraftprodusent maksimerer profitten
- Kan selge kraft eller reservekapasitet
- Kostnader knyttet til drift, vedlikehold og inv.
- Tekniske restriksjoner
 - Maksimal momentanproduksjon
 - Maksimal årsproduksjon
 - Teknologispesifikke restriksjoner
- Investeringsbeslutningen
- Driftsbeslutningene

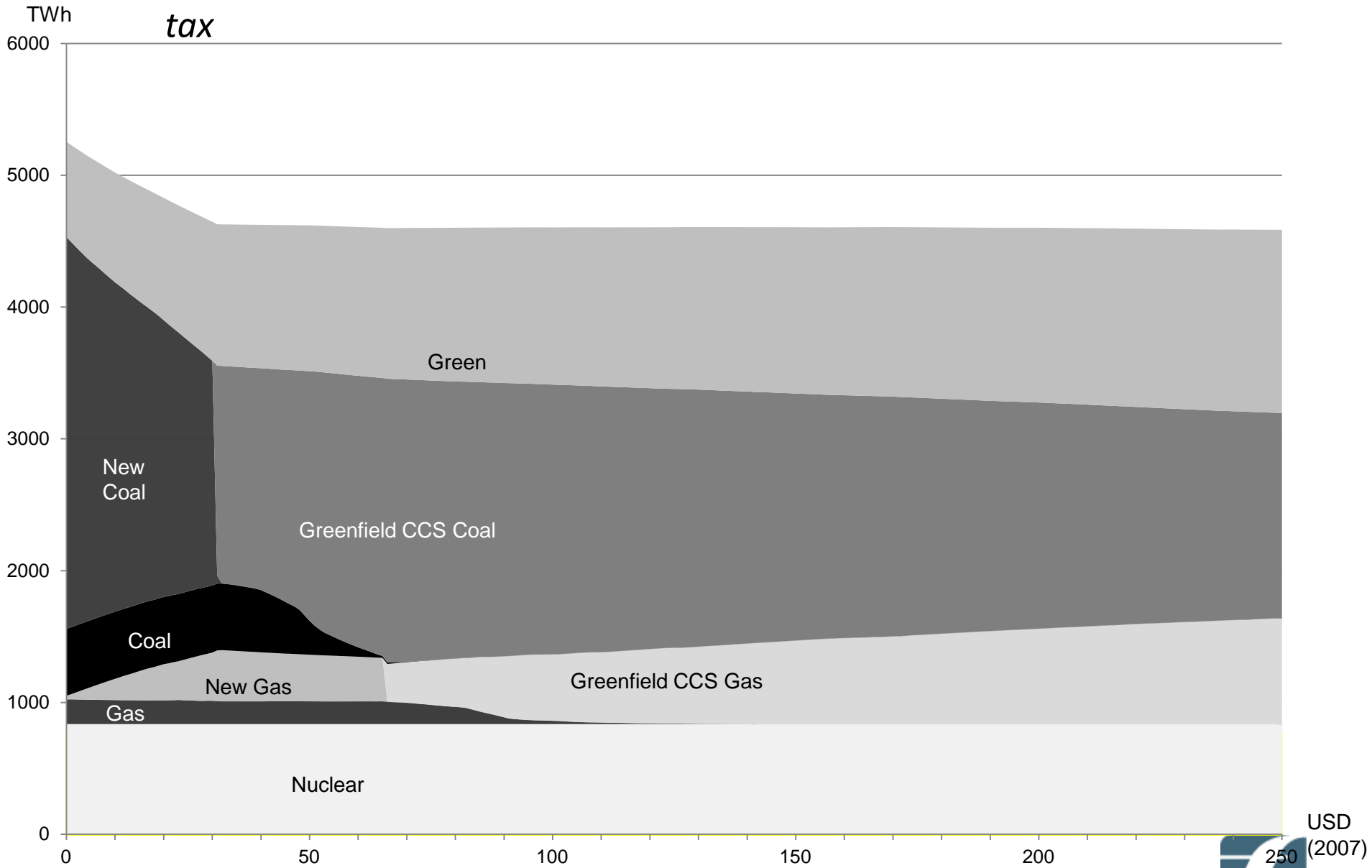
Libemod - magasinkraft

- Kapasiteter
 - Nedbør/inflow
 - Reservoar
 - Effekt (rør, turbiner)
- To teknologispesifikke restriksjoner
- Inflow
- Reservoar

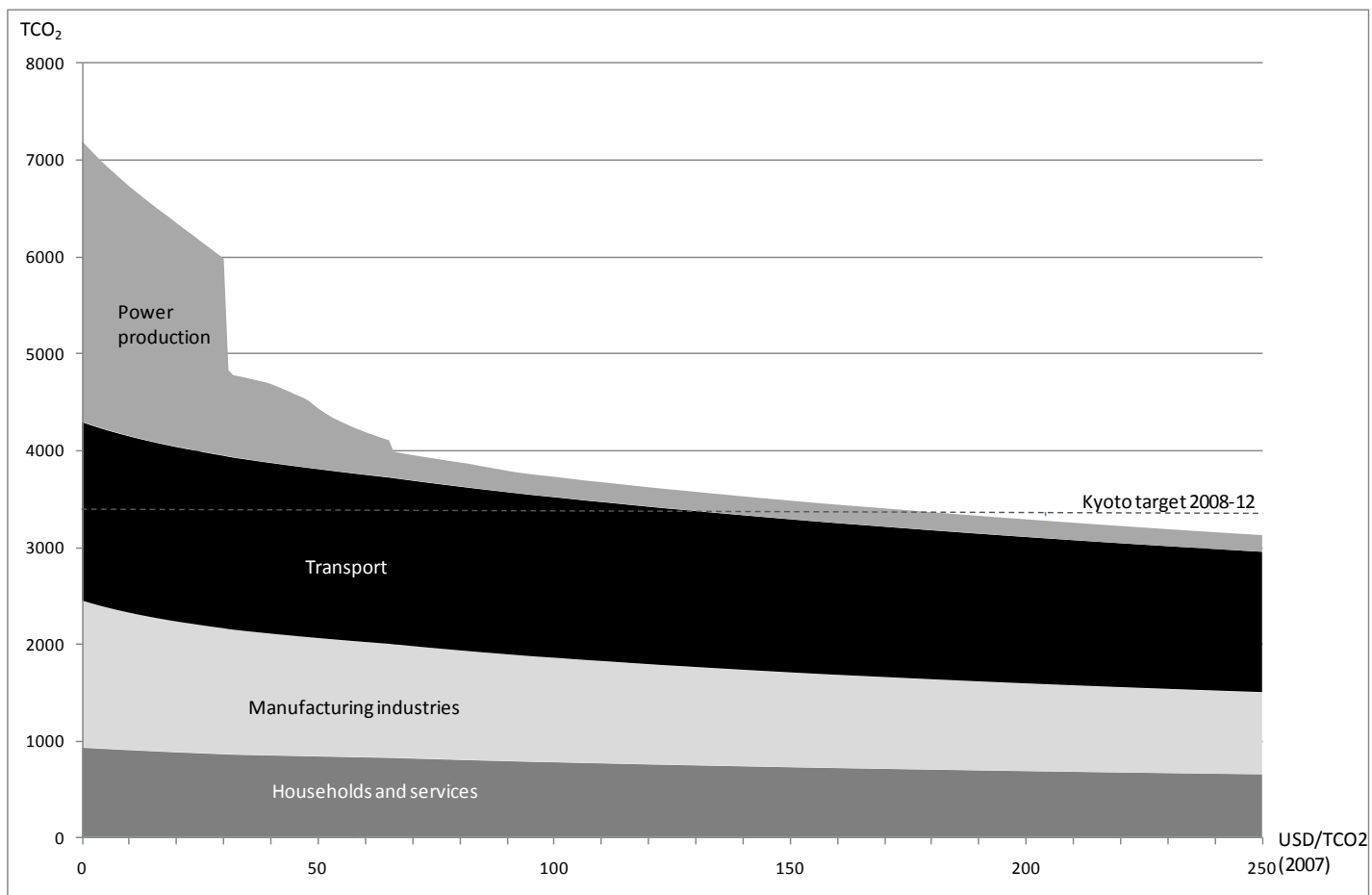
Anvendelse av Libemod - CCS

- Ny teknologier introduseres
 - Retrofitted CCS vs. Greenfield CCS
 - Kull vs. gass
- Uniform CO2 skatt for alle utslippere
- Ingen subsidier
- Likevekt i 2030
- Perfekt informasjon
- Installerer CCS hvis det er lønnsomt; det krever en pris på karbonutslipp
- Markedspotensialet for CO2
 - Avhenger av CO2 skatter (evt. offentlige subsidier)
 - Kostnads- og teknologiforhold

Powerproduction in Europe 2030 by technology as function of Carbon tax



Utslipp som funksjon av CO2 skatt 2030



Robusthet – mer atomkraft

CO2 skatt på \$90

	Basisscenario markedsandeler	50 % mer atomkraft markedsandeler
Konvensjonell gasskraft	4	1
CCS gasskraft	8	10
CCS kullkraft	44	36
Vannkraft	10	10
Fornybar	15	15
Atomkraft	18	28

Robusthet – lavere CCS kostnader

CO2 skatt på \$90

- Alle CCS kostnader, bortsett fra brenselkostnader, reduseres med 1/3
 - Markedsandel CCS kullkraft øker fra 44 til 56 %
 - Markedsandel CCS gaskraft øker fra 8 til 9 %
 - Fremdeles ikke lønnsomt med retrofitted CCS

Robusthet – lavere retrofit kostnad

CO2 skatt på \$90

- Alle CCS retrofit kostnader, bortsett fra brenselkostnader, reduseres med 1/3
 - Fremdeles ulønnsomt med retrofitted CCS gass
 - Retrofitted CCS gasskraft lønnsomt ved minst 40 % kostnadsreduksjon
 - Retrofitted CCS kullkraft lønnsomt ved minst 20 % kostnadsreduksjon
- Kan retrofitted CCS ta en stor markedsandel?
 - Depresiering og CCS kraftkostnader
 - 8 % andel av totale investeringer hvis 100 % kostnadsreduksjon.

Oppsummering

- Markedsandelen for CCS kritisk avhengig av CO2 skatt
- Greenfield CCS kull kommer inn ved ca. \$30 –tar da over hele markedet for ny konvensjonell kullkraft
- Greenfield CCS gass kommer inn ved ca. \$65 –tar da over hele markedet for ny konvensjonell gasskraft
- Neppe noe markedsmuligheter for retrofitted CCS
 - Har sett bort fra CC ready fossile verk i et fremtidig år
 - Offentlige subsidier eller offentlig eierskap
- Har antatt at CCS er tilgjengelig kun i kraftsektoren