

# Virkninger på kraftsektoren av klimaendringer

**Rolf Golombek**  
**CREE modellforum**  
**Oslo, 2.2.2012**



*Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning*  
*Ragnar Frisch Centre for Economic Research*  
[www.frisch.uio.no](http://www.frisch.uio.no)

# Samfunnsøkonomiske GHG studier

- Standard: Virkninger av pris på utslipp
  - Kort sikt vs. lang sikt
- Direkte effekter av klimaendringer –
  - IPCC scenario A1b (2,8 C økning til 2100)
  - Endret temperatur
  - Endret nedbørsmønster
  - Endret vanntemperatur
  - Annet (vind med mer)
  - Partielle og totale effekter – LIBEMOD (Vest-Europa)
  - Fellesprosjekt med NVE og andre

# Hva kan økonomisk teori si?

- Økt sommeretterspørsel pga. høyere temperatur:
  - Høyere kvantum, høyere pris
- Redusert sommertilbud pga. lavere vanntilslig og lavere effektivitet i kraftverk:
  - Lavere kvantum, høyere pris
- Nettoeffekter og kvantifisering

# Analyseår

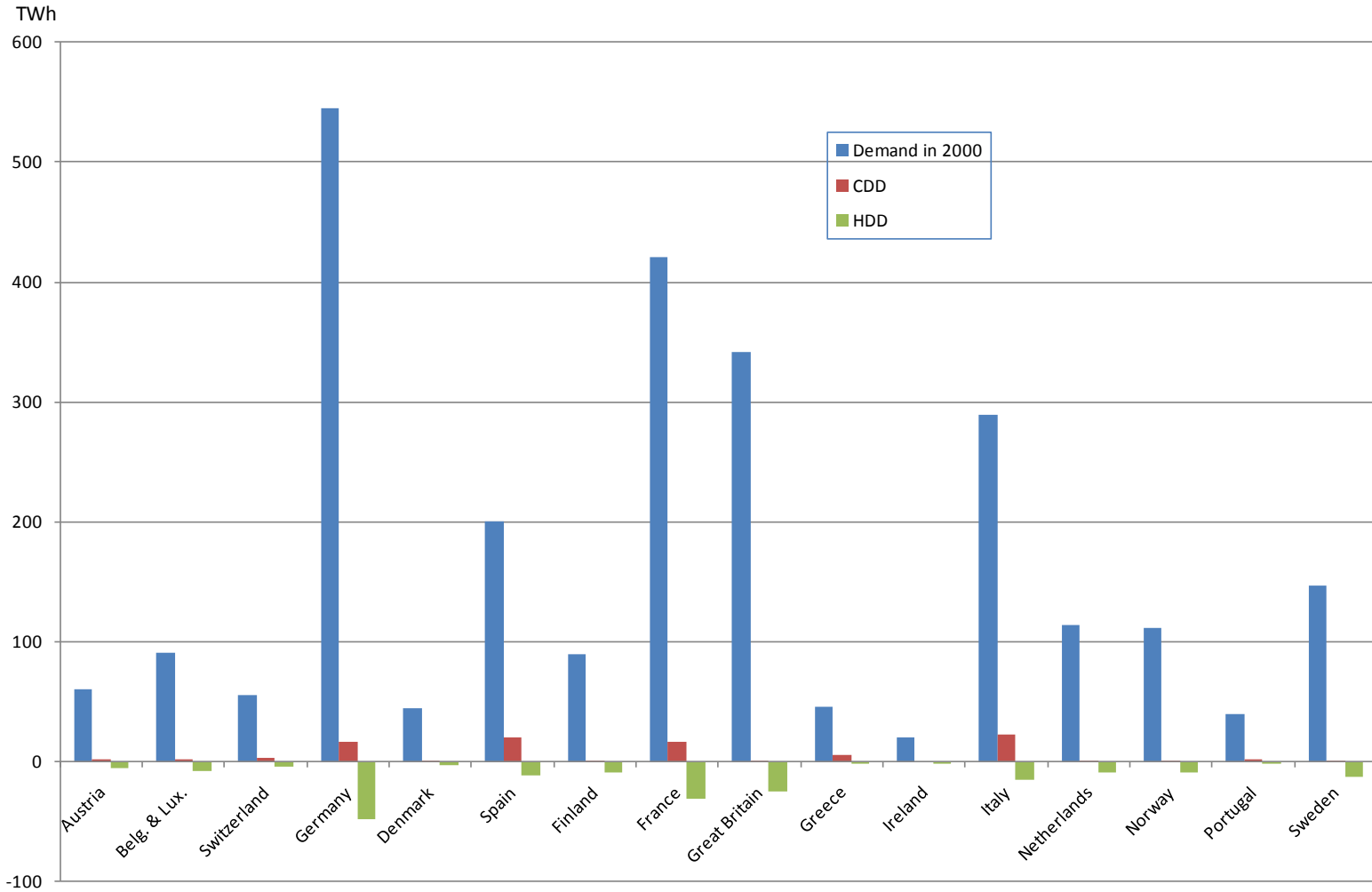
- Trade-off:
  - Klimaeffekter tar lang tid vs. vi vet lite om fremtiden
- Pedagogisk grep: Innføre været i 2071-2100 ("2085") i 2030
- 10 % sannsynlighet for at forventet 2085 vær realiseres i 2030.

# Endret etterspørsel etter kraft 2000 vs. 2085

## Eskeland/Mideksa, Benestad

- Cooling-Degree-Days CDD ("sommer")
  - Dagstemperatur relativt til 20 grader
  - CDD stiger med 88 prosent i Vest-Europa
  - Kraftettersp. øker med 3,6 prosent i Vest-Europa
  - Økningen kommer i Sør-Europa
- Heating-Degree-Days HDD ("vinter")
  - Dagstemperatur relativt til 18 grader
  - HDD faller med 28 prosent
  - Kraftettersp. faller med 7,3 prosent i Vest-Europa
  - Reduksjonen er sterkest i Nord-Europa
- Samlet etterspørsel faller med 3,7 prosent + endret mønster

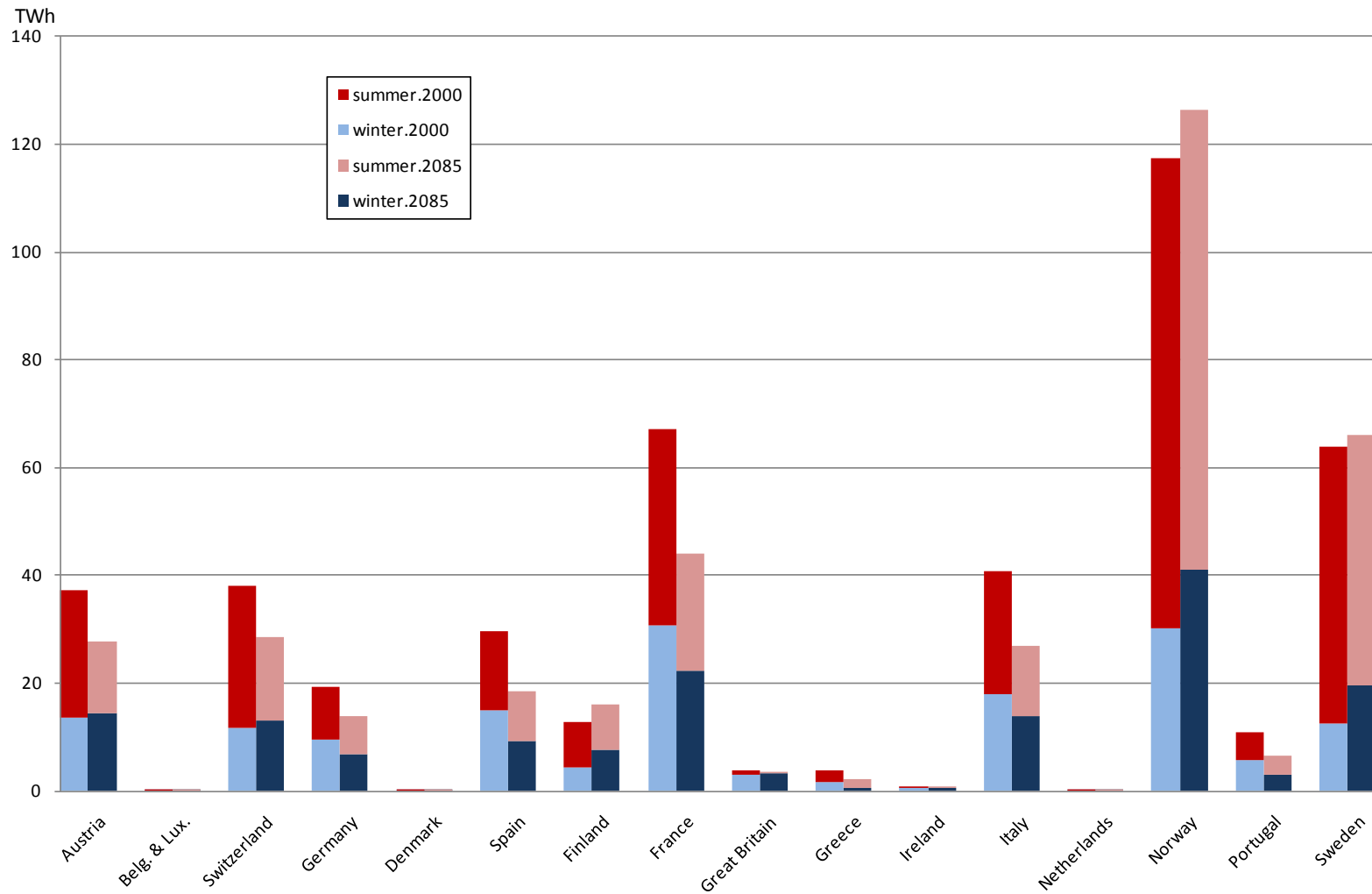
# Demand in TWh, 2000 and 2085 climate



# Endret tilsig av vann

- Endringer i vannavrenning ("runnoff")
- Samkjøringsmodellen brukt til å beregne endring i tilgangen på vann i norske magasiner
- Øvrige land: Proporsjonalitet mellom endret vannavrenning og endret vanntilsig
- Samlet vanntilsig faller med 15 %
  - Redusert tilsig i Sør-Europa, økt tilsig i Nord-Europa
  - Økt tilsig om vinteren i vannkraftland

# Hydro power, 2000 and 2085 climate





# Carnot effekten

## Linnerud m.fl.

- Høyere lufttemperatur øker vanntemperaturen, som reduserer effektiviteten i termiske verk
  - Blir som skift oppover i grensekostnadskurve
- Effektivitet i fossile verk (atomkraftverk) reduseres med 0,6 % (0,8 %) for hver grad lufttemperaturen øker
- I 2085: Effektiviteten reduseres med 1,8 % (2,4 %) i fossile verk (atomkraftverk)
- Små forskjeller mellom sesong og land.

# 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
- Modellvarianter
  - Kort sikt vs. lang sikt
  - Frikonkurransse vs. markedsrett
  - Deterministisk vs. stokastisk

# Likevektsmodellen Libemod

## Energimarkedene i Vest-Europa

- Input til modellen
  - Kostnadstyper for kraftproduksjon (teknologi/land)
  - Effektiviteter i kraftverk (teknologi/land)
  - Nedbør og vind
  - Elastisiteter
- Fastlegger alle kvanta, priser og CO2 utslipp i energiindustrien i Vest-Europa for hvert modell-land

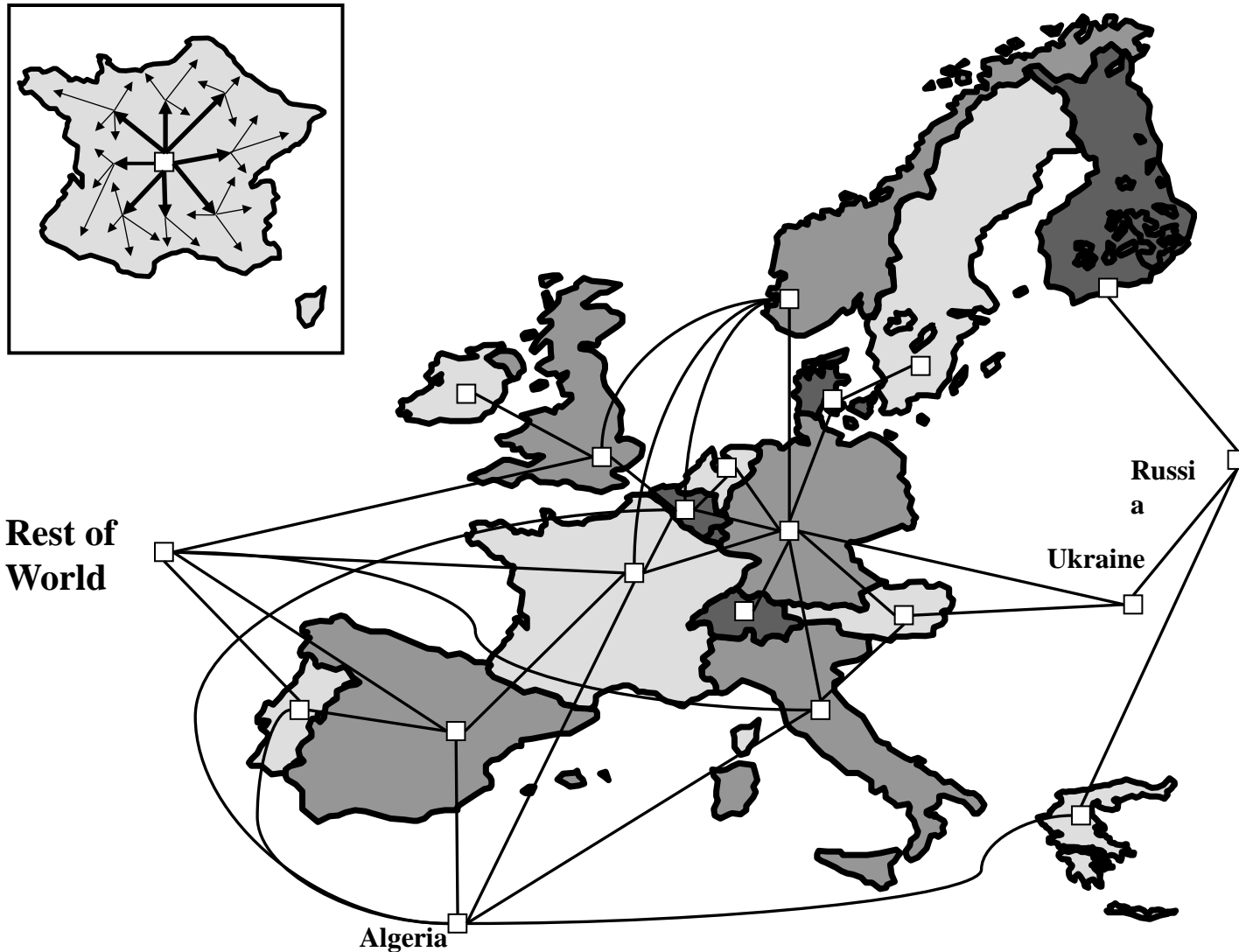
# Libemod

- 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
  - CES system i hvert land/tre segmenter
  - Korrigeringer pga. endret temperatur
- Transport av energi
  - Nasjonalt
  - Internasjonalt (kort sikt vs. lang sikt)

# Natural gas network in Libemod2000



# Libemod – Tilbud av energi

- Tilbud av fossile brensler
  - Tilbudsfunksjoner (kalibrerte)
  - Årsmarkeder
- Tilbud av elektrisitet
  - Teknologier
  - Kostnadstyper
  - Effektivitet (gamle vs. nye verk)
    - Korrigeringer pga. Carnot effekten
  - 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
  - Tilsig
    - Korrigeringer pga. endret tilsig
  - Reservoar
  - Effekt (rør, turbiner)
- To teknologispesifikke restriksjoner
  - Tilgang og anvendelse av vann
  - Reservoar

# Libemod - vindkraft

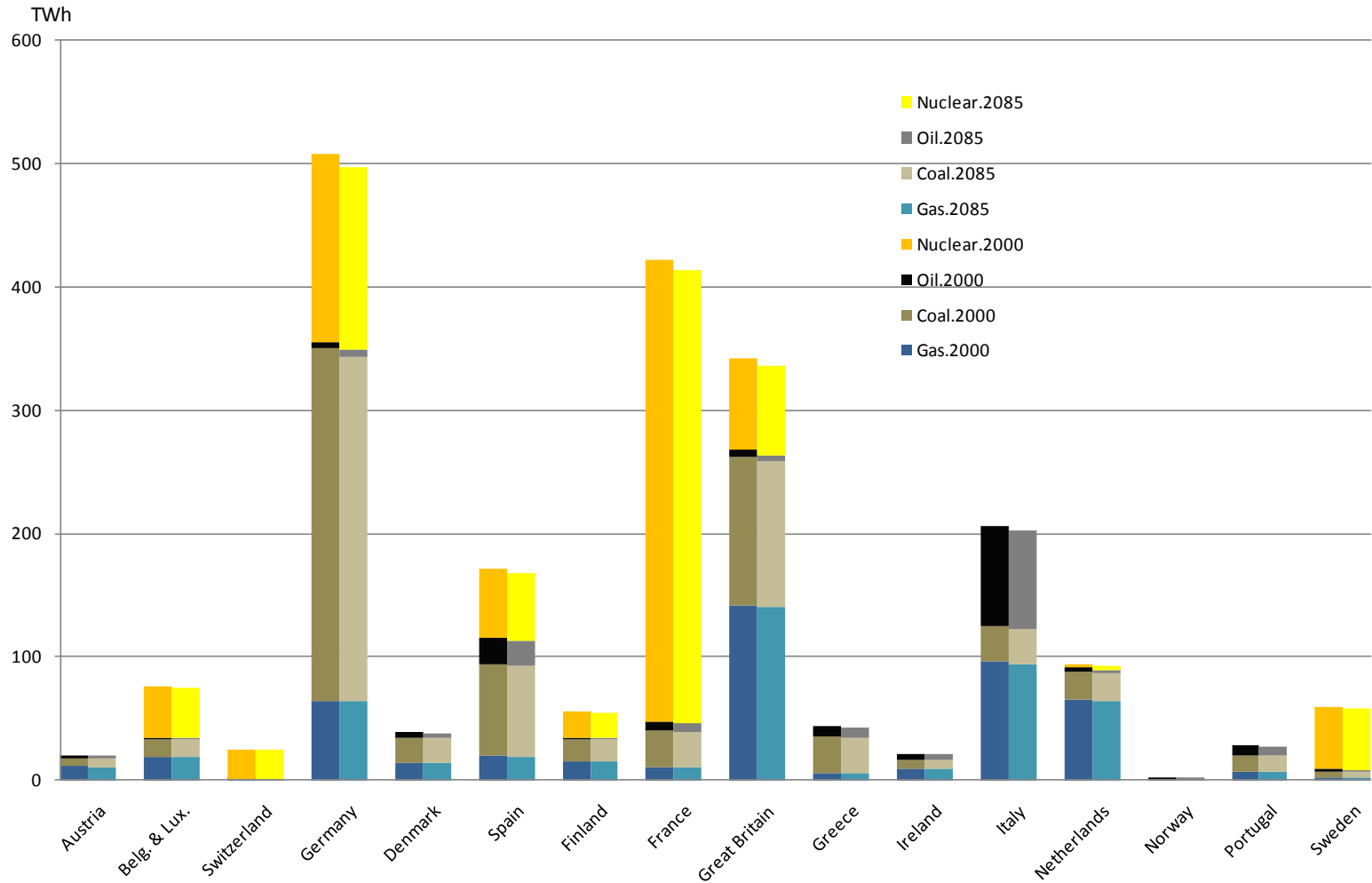
- Samme type verk i alle land
- Vindtimer varierer
  - mellom land
  - mellom regioner i samme land
  - over sesong
  - over døgnet
- Kostnad per kWh vil variere
- Denne studien: Eksogene investeringer

# Resultater i 2030

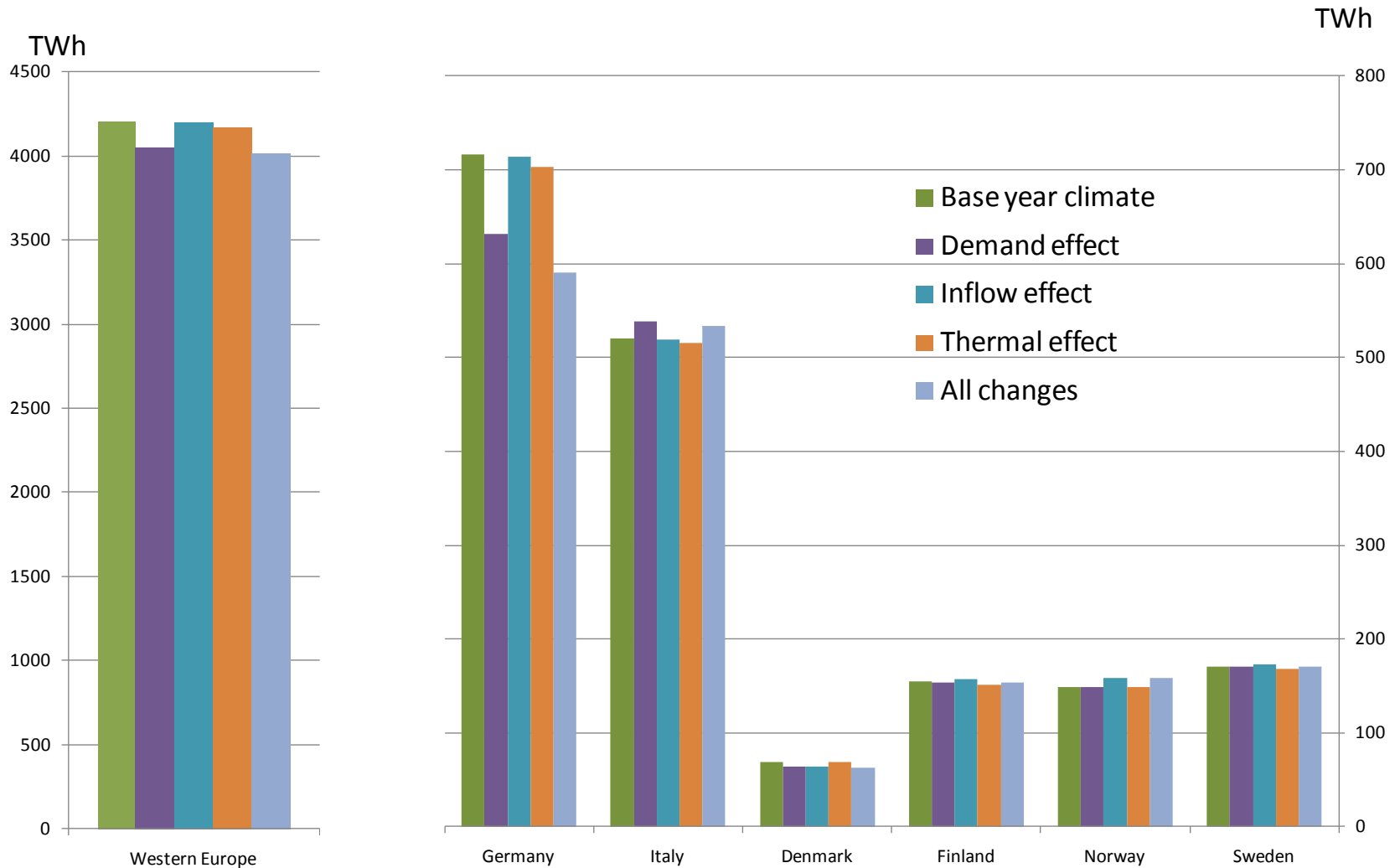
Ingen klimaeffekt, partielle effekter, totaleffekt

- Utgangspunkt: felles CO2 pris på 100/2 USD
- Produksjon
- Priser
- Handel og investeringer

# Thermal power, 2000 and 2085 climate



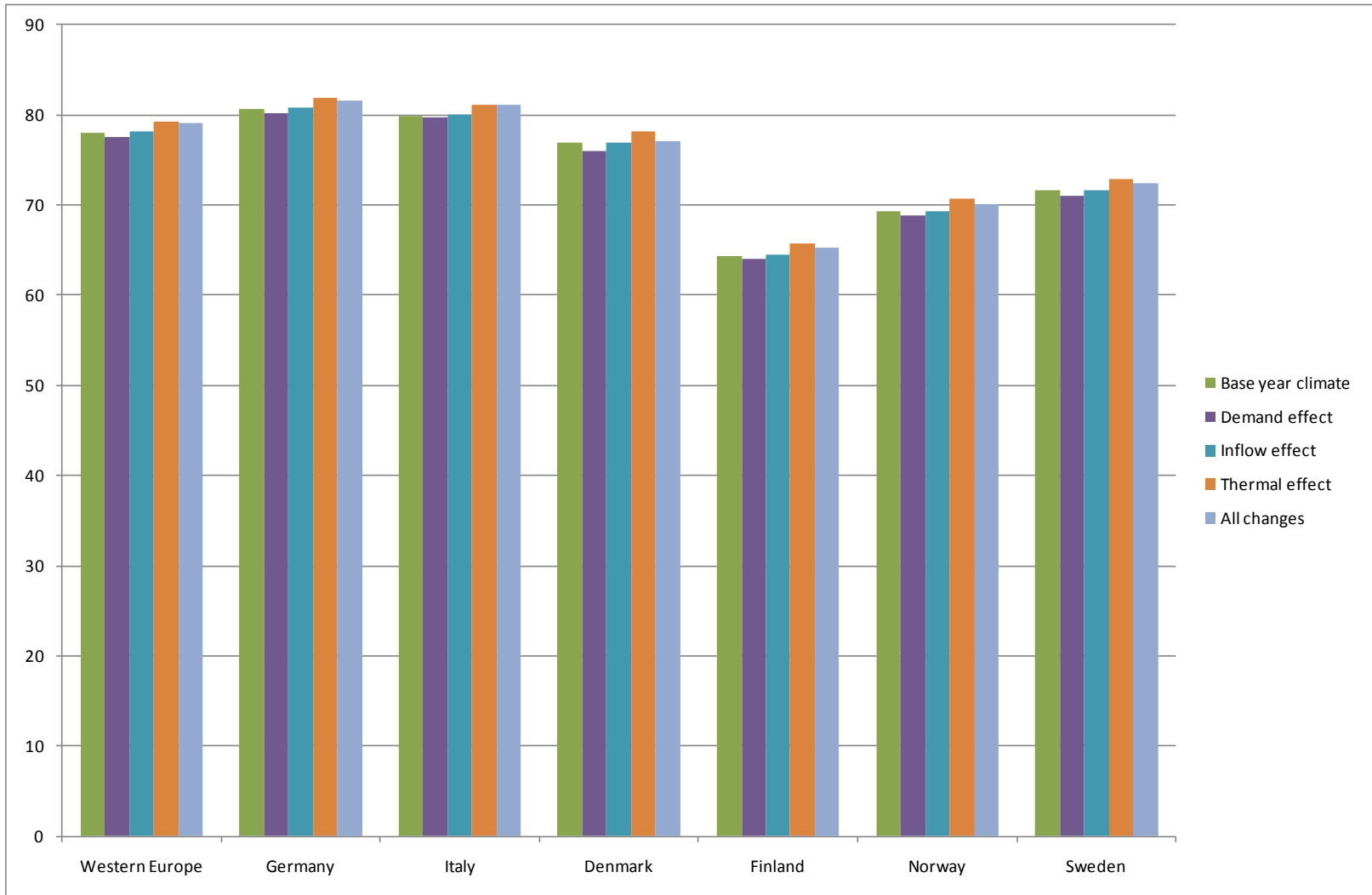
# Effect on electricity production



# Produksjon

- Samlet produksjon faller med 4 %, primært pga. etterspørselseffekten
- Forskjeller mellom land
  - Lavere produksjon i Tyskland (termiske verk)
  - Omtrent uendret produksjon i Sverige (blandede teknologier)
  - Økt produksjon i Norge (økt tilsig på vann)

# Effect on electricity prices

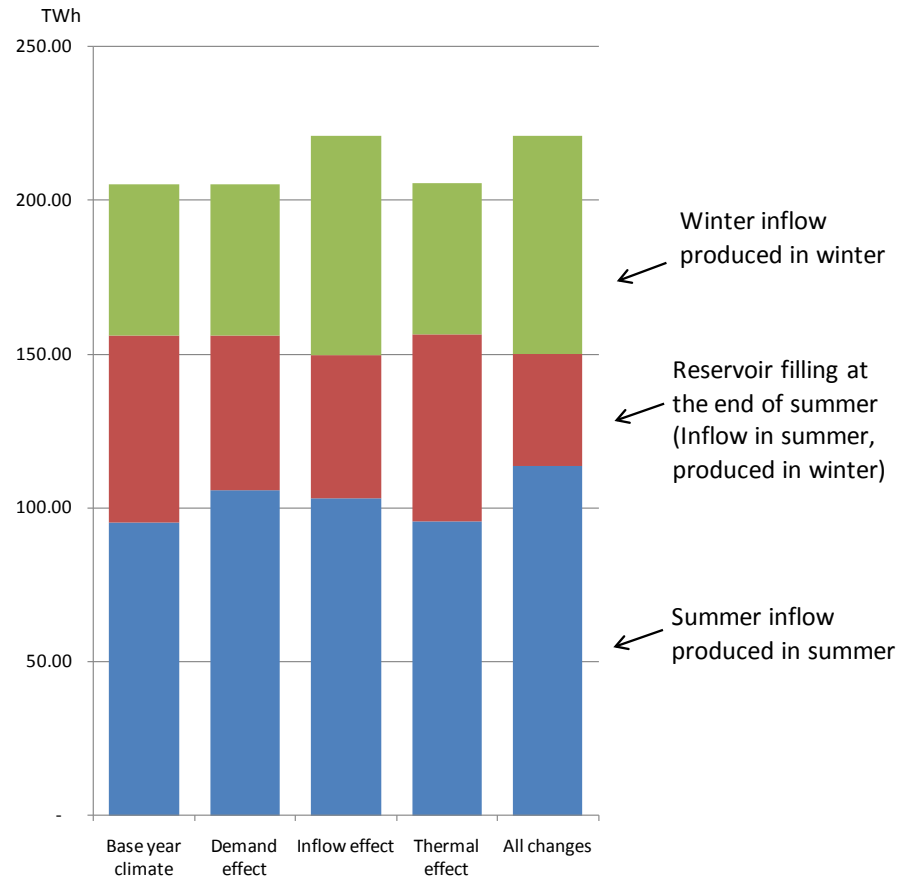
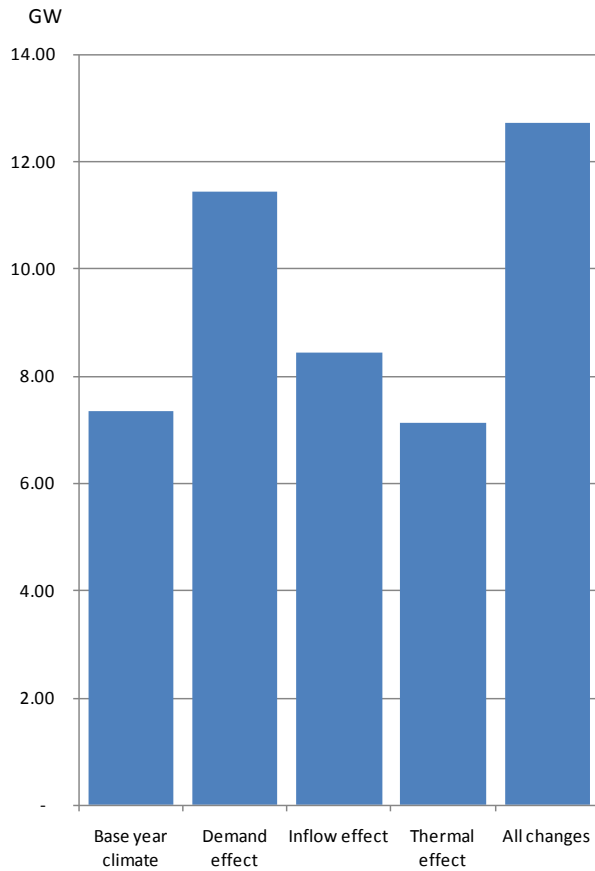


# Priser

- Produsentprisen på kraft i Vest-Europa stiger med 1 %
  - 2 % høyere produsentpriser om sommeren
- Modellen fanger ikke opp kortsiktige prisvariasjoner. Får derfor heller ingen effekt av dette som følge av endret klima.



# Effect on a) transmission capacity Nordic border and b) Nordic reservoir filling



# Handelseffekter

- Eksport i modellen hvis arbitrasjegevinst
- Små kvantumseffekter, og derfor generelt små handelseffekter
- Men: Nordens nettoeksport av kraft doubles
  - Int. linjekapasitet ut av Norden - som bestemmes ut fra lønnsomhet - nesten doubles
  - Uten denne utbyggingen vil produsentprisen i Norge falle med 33 % - mer vann og lavere innenlandsk etterspørsel.

# Handelseffekter, forts.

- Norden skiller seg ut:
  - Vinter: Økt vanntilgang, lavere etterspørsel
  - Sommer: Mindre overføring av vann til vintersesongen. Økt eksport for å møte økt etterspørsel i Europa.
  - Redusert behov for overføringskapasitet i Norden.

# Oppsummering

- Små effekter på kvanta og priser av endret klima
- Unntaket er Norden – stor effekt på optimale kapasiteter
  - Lønnsomt med nye kraftlinjer fra Norden
  - Mindre behov for reservoar.