

Rapport  
2/2001

**Miljøvirkninger av norsk  
eksport av gass og  
gasskraft**

Finn Roar Aune  
Rolf Golombek  
Sverre A.C. Kittelsen  
Knut Einar Rosendahl



*Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning  
Ragnar Frisch Centre for Economic Research*

Rapport 2/2001

## Miljøvirkninger av norsk eksport av gass og gasskraft

Finn Roar Aune  
Rolf Golombek  
Sverre A.C. Kittelsen  
Knut Einar Rosendahl

**Sammendrag:** Rapporten drøfter virkninger av økt utvinning av gass i Norge på utslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa. Diskusjonen er organisert rundt en numerisk simuleringsmodell for energimarkedene i Vest-Europa. Vi finner at økt utvinning av gass i Norge reduserer totalutslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa på kort sikt. Hvis den økte gassmengden alternativt eksporteres, reduseres fremdeles nettoutslippene på kort sikt, men reduksjonen er mindre enn om gassen benyttes til produksjon av gasskraft. På lang sikt er miljøeffekten kritisk avhengig av om det er tillatt med investeringer i atomkraft.

**Nøkkelord:** Gasskraft, gasseksport, CO<sub>2</sub> utslipp

**Kontakt:** rolf.golombek@frisch.uio.no, www.frisch.uio.no, tlf 22 95 88 12

Rapport fra prosjektet "Miljøvirkninger av norsk eksport av gass og gasskraft" (3103), finansiert av Norges Forskningsråd (NFR-prosjekt nr. 117017/730)

ISBN 82-7988-023-2  
ISSN 1501-9721

## **Innledning og oppsummering**

Gir økt eksport av gass fra Norge, enten direkte eller i form av gasskraft, økte totalutslipp av CO<sub>2</sub> i verden? Vårt prosjekt har som formål å svare på dette spørsmålet ved å benytte økonomiske simuleringsmodeller. Generelt avhenger klimavirkningen av et komplisert samspill mellom økonomiske, institusjonelle og politiske forhold. Klimaeffekten av at Norge eksporterer mer gass eller gasskraft avhenger bl.a. av mulighetene for internasjonal handel med kraft, de nasjonale energimarkedene (markedsstruktur), de landspesifikke energi- og miljøavgiftene og internasjonale klimaavtaler. Dessuten kan virkningene de nærmeste årene bli vesentlig forskjellig fra de langsiktige virkningene, f.eks. som følge av mer bruk av fornybare energikilder over tid, eller økt omfang av kombinert produksjon av kraft og fjernvarme.

Kun i enkelte spesialtilfeller kan virkningen på samlede klimautslipp fastslås med sikkerhet. Hvis Kyoto-avtalen blir ratifisert og effektivt implementert, fastlegger avtalen samlede utslipp for avtalelandene. Da har ikke eksport av gass og gasskraftverk fra Norge noen klimaeffekt siden summen av utslippene i avtalelandene er gitt. Høyere utslipp i et land må – på en eller annen måte – kompenseres med lavere utslipp i minst et av de andre landene som har signert avtalen slik at totalutslippene er uendret. Et annet spesialtilfelle har vi når en avtale fastlegger nøyaktig hvor mye kraft Norge skal kjøpe eller selge på ulike tidspunkt (f.eks. salg om dagen og kjøp om natten). Da vil ikke gasskraftproduksjon i Norge påvirke krafttilgangen og klimautslippene i Europa, mens utslippene i Norge vil øke i takt med gasskraftproduksjonen.

I prosjektet har vi tatt utgangspunkt i at Norge øker utvinningen av gass, og at den økte gassmengden enten

- eksporteres direkte, eller
- brukes til produksjon av gasskraft i Norge.

For hvert av disse to alternativene har vi analysert mange forhold som påvirker klimaeffekten av norsk energiekspor. Analysene er gjennomført innenfor numeriske simuleringsmodeller. I alt har vi bygd tre modeller med alternative forutsetninger. De viktigste forskjellene mellom modellene er knyttet til

- markedsstruktur, og
- tidshorisonten.

Vi skiller mellom to markedsstrukturer; fullkommen konkurranse og imperfekt konkurranse. Videre skiller vi mellom korttidsmodeller (gitte kapasiteter) og langtidsmodeller (modellbestemte kapasiteter). Hovedinnsatsen på prosjektet er knyttet til analyser med basis i en korttidsmodell med fullkommen konkurranse. Vi har også analysert klimaeffekten innenfor en langtidsmodell med fullkommen konkurranse. Endelig har vi studert klimaeffekten på kort sikt når markedsformen ikke er fullkommen konkurranse.

Nedenfor følger en presentasjon av modeller og resultater fra prosjektet. Vi starter med en generell drøfting av klimaeffekten av at Norge bygger gasskraftverk (kapittel 1). Korttidsmodellen med effektive markeder er presentert i kapittel 2 og 3. I de to neste kapitlene følger modellresultatene for tilfellet med norsk gasskraftproduksjon (kapittel 4) og direkte eksport av gassen (kapittel 5). I kapittel 6 presenterer vi først langtidsmodellen med effektive markeder. Deretter gjør vi rede for resultatene når langtidsmodellen benyttes til å analysere både tilfellet der gassen benyttes til gasskraftproduksjon i Norge, og tilfellet der gassen eksporteres direkte. Endelig drøfter vi i kapittel 7 klimaeffekten på kort sikt når markedene ikke fungerer effektivt. Modellen i kapittel 7 skiller seg fra de to andre modellene også langs noen andre dimensjoner. For det første omfatter analysen bare ett land (Tyskland), mens det er 13 Vest-Europeiske land i de to andre modellene. Mens det er fullkommen konkurranse i internasjonal handel med kraft og gass i de to andre modellene, umuliggjør forutsetningen om bare ett land en analyse som inkorporerer internasjonal energihandel.

Våre hovedkonklusjoner er som følger:

- *På kort sikt* gir økt utvinning av gass i Norge *lavere* totalutslipp i Vest-Europa. Dette gjelder enten gassen brukes til gasskraftproduksjon i Norge, eller eksporteres direkte. Reduksjonen er størst når gassen brukes til produksjon av gasskraft i Norge. Denne konklusjonen gjelder både når markedene er effektive, og under ufullkommen konkurranse.
- *På lang sikt* gir økt utvinning av gass i Norge *lavere* totalutslipp i Vest-Europa hvis det ikke er tillatt med investeringer i atomkraft. I motsatt fall gir økt utvinning av gass i Norge *høyere* totalutslipp i Vest-Europa.

## 1. Gasskraft i Norge

Produksjon av gasskraft krever brenning av naturgass. Dermed stiger utslippene av CO<sub>2</sub> i Norge. Hvis bare deler av den økte kraftproduksjonen avleires som økt kraftkonsum i Norge, vil eksporten av norsk elektrisitet stige eller importen synke. Økt tilgang på kraft i utlandet vil generelt presse ned kraftprisen. Med lavere kraftpris slutter enkelte verk i utlandet å produsere elektrisitet. Siden noen av disse verkene kan være fossilbaserte (gasskraft, kullkraft eller oljekraft), vil CO<sub>2</sub>-utslippene i utlandet reduseres. Det er et *empirisk* spørsmål om reduksjonen i CO<sub>2</sub>-utslippene i utlandet er større enn økningen i Norge, dvs. om samlede utslipp reduseres.

Endringen i utslippene i utlandet avhenger av en rekke forhold. De viktigste er trolig knyttet til følgende spørsmål:

- Hvor stor andel av den økte kraftproduksjonen i Norge blir eksportert? Svaret avhenger bl.a. av organiseringen av krafteksporten, og kraftetterspørselen hjemme og ute. Hvis kraften selges der den oppnår høyest avkastning, og det er ledig kapasitet i det internasjonale transmisjonssystemet, blir en del av den økte kraftmengden eksportert. Årsaken er at økt salg av kraft i Norge senker kraftprisen innenlands. Jo mer prisufølsom (uelastisk) kraftetterspørselen er i Norge, jo mer blir eksportert som følge av at samlet tilgang på kraft øker.
- Hvor mye reduseres kraftproduksjonen i utlandet? Reduksjonen i utlandet avhenger bl.a. av markedsform og etterspørselsforhold. Jo mer prisufølsom (uelastisk) kraftetterspørselen er, jo mer faller kraftprisen i utlandet som følge av at samlet tilgang på kraft øker. Redusert kraftpris fører til lavere kraftproduksjon i utlandet. I spesialtilfellet med gitt etterspørsel etter kraft (fullstendig uelastisk etterspørsel) fastlegger etterspørselen alene samlet omsetning av kraft. Da vil økt tilgang på kraft fra Norge bli motsvart av en like stor reduksjon i utenlandsk kraftproduksjon.
- Hvilke teknologier reduserer kraftproduksjonen? Hvis reduksjonen utelukkende skjer i kraftverk som ikke er fossilbaserte (vannkraft, atomkraft, fornybare), reduseres ikke utslippene av CO<sub>2</sub> i utlandet. Hvis imidlertid reduksjonen kommer i gasskraftverk, faller utslippene i utlandet. Som en tommelfingerregel øker de totale utslippene også i dette

tilfellet siden kraftkonsumet øker i Norge og utlandet. Nettoeffekten blir imidlertid annerledes hvis det er effektivitetsforskjeller mellom det norske gasskraftverket og gasskraftverkene som fases ut i utlandet (se neste punkt). Siden utslippene av CO<sub>2</sub> pr energienhet er større for olje og (særlig) kull enn naturgass, blir reduksjonen i de utenlandske utslippene størst hvis kraftproduksjonen primært faller i olje- og kullkraftverk.

- Hvor effektive er verkene som blir faset ut? Jo mindre effektivt et verk er, jo mer fossilt brensel blir brukt for å fremstille (1 kWh) kraft. Dette betyr at jo mindre effektive de utfasede verkene er, jo mer reduseres utslippene i utlandet.

Diskusjonen ovenfor har illustrert at utslippene i utlandet faller mer

- Jo større andel av den økte kraftproduksjonen i Norge som eksporteres til utlandet
- Jo mer kraftproduksjonen i utlandet reduseres (som følge av økt tilgang på kraft)
- Jo større andel av den utfasede kraftproduksjonen i utlandet som er fossilbasert, særlig kullbasert
- Jo lavere effektiviteten er i de utfasede kraftverkene i utlandet.

De fire spørsmålene ovenfor er empiriske. Svar på spørsmålene krever derfor analyser basert på en empirisk modell. I neste kapittel skal vi derfor gjøre rede for en av de tre empiriske modellene som vår analyse er tuftet på.

## **2. En empirisk korttidsmodell for energimarkedene i Vest-Europa**

Tradisjonelt har gass- og kraftmarkedene i Vest-Europa vært betydelig regulerte. I løpet av de siste 15 årene har det imidlertid vært en tiltagende tendens til liberalisering av disse markedene. Prosessen har vært gjennomført både på nasjonalt nivå, spesielt i Storbritannia og Tyskland, og på europeisk nivå. EU-kommisjonen har i flere år arbeidet for å styrke konkurransen i alle ledd i gass- og kraftmarkedene slik at regulerte nasjonale markeder blir erstattet av effektive europeiske markeder. Et viktig steg i liberaliseringsprosessen var EUs vedtak i 1998 om å etablere et indre marked for gass, se f.eks. Thackeray (1999). Medlemslandene skal bl.a. sørge for en omfattende innfasing av tredjepartsadgang til gasstransport og -distribusjon. Grunnideene bak gassdirektivet svarer langt på vei til det

tidligere vedtatte kraftdirektivet, som legger opp til omfattende åpning av de nasjonale kraftmarkedene, se f.eks. IEA (2000).

Ingen kan med sikkerhet predikere om, og i tilfelle når, den pågående liberaliseringsprosessen vil lede til effektive energimarkeder i Europa. Det er mulig at prosessen stopper opp, og til og med at pendelen begynner å slå andre veien (mer regulering). Men det er også mulig at EU klarer å etablere effektive markeder for gass og kraft i Vest-Europa. I det følgende skal vi ta utgangspunkt i at EU lykkes i å deregulere energimarkedene. Vårt siktemål er å bygge en empirisk modell som avspeiler konkurransesituasjonen i energimarkedene etter at en omfattende liberalisering er slutført. Modellen skal spesielt ta vare på de strukturelle trekkene ved produksjon, transport og konsum av gass og elektrisitet i Vest-Europa. Det er denne modellen vi benytter til å analysere virkningen på samlede utslipp i Vest-Europa av at Norge produserer gasskraft.

Vår modell gir en helhetlig og konsistent behandling av energimarkedene i Vest-Europa, samt verdensmarkedene for olje og kull, etter at en omfattende liberalisering er slutført i Vest-Europa. I modellen er derfor alle markeder effektive (fullkommen konkurranse). Videre er markedene integrerte ved at det kan handles med energivarer både mellom brukere i samme land, og mellom brukere i forskjellige land. Kombinasjonen av effektive og integrerte gass- og kraftmarkeder sikrer at alle arbitrasjegevinster er uttømt: det er ikke mulig å tjene penger ved å kjøpe gass eller kraft i ett marked, transportere varen til et annet marked, og så selge varen. Følgelig er modellens løsning (likevekt) kjennetegnet ved at alle prisforskjeller mellom sluttbrukerne utelukkende avspeiler forskjeller i transportkostnader og skatter. I den forstand fins det ett marked for gass i Vest-Europa, og ett marked for kraft i Vest-Europa. Alle energipriser og –kvanta fastlegges i samspillet mellom etterspørselen etter, og tilbudet av, energivarer. Etterspørselen avspeiler sluttbrukernes betalingsvillighet for varene, mens tilbudet avspeiler kostnadene knyttet til produksjon og transport av energi.

Viktige trekk ved modellen er som følger:

- Modellen fokuserer på konkurransesituasjonen mellom energivarene olje, kull, gass og kraft. Modellen fastlegger prisene på alle energivarene, samt bestemmer konsum, produksjon og handel med energivarer på nasjonalt nivå i Vest-Europa.

- Det er effektiv konkurranse i alle markeder. Kraft og gass omsettes i integrerte vest-europeiske markeder, mens olje og kull omsettes på verdensmarkeder.
- Etterspørselen etter energi er disaggregert. Modellen omfatter 13 europeiske land (Norge, Sverige, Finland, Danmark, Tyskland, Nederland, Belgia og Luxemburg, Frankrike, Storbritannia, Spania, Italia, Sveits og Østerrike). I hvert land etterspør tre sektorer (kraftprodusenter og to sluttbrukergrupper) olje, kull, gass og kraft. Mens det er årsetterspørsel etter fossile brensler, har modellen fire periodemarkeder for kraft (sommer/vinter, dag/natt).
- I hvert land fins det en rekke teknologier for produksjon av kraft. Hovedkategoriene er i) gasskraft, ii) oljekraft, iii) kullkraft, iv) pumpekraft, v) magasinkraft, vi) atomkraft, vii) kraft basert på søppelforbrenning og viii) fornybare energikilder. Innen hver kategori fins det mange kraftverk, og disse har forskjellig effektivitet.
- Alle energivarer handles internasjonalt. Handelen med gass og kraft skjer gjennom transmisjonsledninger. Transporttjenester kan kjøpes til markedspris.
- Samlet tilgang av gass til Vest-Europa er gitt, og satt lik faktisk tilgang i 1996 (modellens basisår). Modellen bestemmer imidlertid prisen på gass, og hvor mye gass som anvendes i ulike sektorer i hvert modell-land.
- Kapasitetene i alle internasjonale transmisjonsledninger er gitt. Dessuten har alle kraftverk en gitt produksjonskapasitet. Verdiene på alle kapasitetene er satt lik de faktiske verdiene i 1996 (modellens basisår).

For en nærmere redegjørelse for modellens forutsetninger, samt en mer detaljert drøfting av resultater, viser vi til Aune et al. (2000) og Aune et al. (2001a; 2001b).

### **3. Liberalisering av kraft- og gassmarkedene i Vest-Europa**

Klimaeffekten av at Norge produserer gasskraft avhenger bl.a. av strukturen i energimarkedene før gasskraftproduksjonen igangsettes. I vår analyse er denne situasjonen beskrevet ved løsningen av den empiriske modellen. Denne modellen søker å besvare det hypotetiske spørsmålet: Hva ville priser og kvanta vært i det vest-europeiske gass- og kraftmarkedet i 1996 (modellens basisår) hvis det hadde blitt gjennomført en omfattende liberalisering i 1996? Hovedeffektene i Vest-Europa (gjennomsnittseffekter sammenliknet med 1996) er som følger:



- Sluttbrukerprisene på gass faller med ca 20 %
- Sluttbrukerprisene på kraft faller med ca. 50 %
- Kraftproduksjonen øker med ca 15 %
- Kullkraftproduksjonen øker med nesten 50 %
- Norge eksporterer litt kraft om dagen og importerer litt kraft om natten. Nettoeksporten er ca. Null
- Utslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa øker med ca. 8 %.
- Prisen på olje og kull er omtrent uendrede. Dermed blir CO<sub>2</sub>-utslippene utenfor Vest-Europa også omtrent uendrede.

#### 4. Økt gasskraftproduksjon i Norge

I dette kapitlet skal vi anvende korttidsmodellen til å drøfte klimaeffekter av at Norge bygger et gasskraftverk. Vi antar at gasskraftverkets effektivitet er 58 prosent, og at produksjonen er 6 TWh på årsbasis, jf. Naturkrafts konsesjonssøknad (Naturkraft, 1996a; Naturkraft, 1996b). Dette krever brenning av ca. 0,88 mtoe gass, noe som leder til at utslippene av CO<sub>2</sub> blir ca. 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>.

##### 4.1 Klimaeffekter

Økt kraftproduksjon (6 TWh) avleires som økt konsum i Norge (0,5 TWh), tap i nettet ved transport av elektrisitet fra produsent til norske konsumenter (0,1 TWh) og økt nettoeksport (5,4 TWh). Til tross for at krafteksporten stiger med 5,4 TWh øker konsumet av kraft utenfor Norge med bare 1,1 TWh. Rett nok går noe kraft tapt ved transport fra norsk produsent til de europeiske kundene, men forskjellen mellom økt norsk eksport og økt kraftkonsum utenfor Norge skyldes primært at norsk gasskraft fortrenger annen kraftproduksjon, jf. diskusjonen i kapittel 2. Den betydelige fortrenningseffekten avspeiler at etterspørselen etter kraft er relativt uelastisk (den gjennomsnittlige direkte priselastisiteten for kraft er  $-0,21$ ).

Økt gasskraftproduksjon i Norge reduserer kullkraftproduksjonen i resten av Vest-Europa med 3,7 TWh, mens gasskraftproduksjonen faller med bare 0,3 TWh. Årsaken er at kullprisen er omtrent uendret, mens gassprisen faller. Når tilgangen på kraft øker, presses kraftprisen ned. Dermed faller etterspørselen etter både kull (fra kullkraftprodusentene) og gass (fra gasskraftprodusentene). Generelt gir lavere etterspørsel etter en vare redusert pris, men kullprisen faller minimalt fordi kull omsettes på et verdensmarked. Dette markedet er så stort

at små endringer i Vest-Europa har neglisjerbar effekt på kullprisen. Naturgass omsettes imidlertid i et vest-europeisk marked. I et slikt "lite marked" (der spesielt samlet tilgang av gass er gitt, jf. kapittel 3) vil en redusert kraftpris presse gassprisen nedover. Dermed styrkes konkurranseposisjonen til gasskraftprodusentene.

I Norge stiger CO<sub>2</sub>-utslippene med ca. 2 mtonn CO<sub>2</sub> som følge av økt gasskraftproduksjon. På den annen side faller utslippene i nesten alle andre land. Utslippsreduksjonen er spesielt stor i Sverige (1,9 mtonn CO<sub>2</sub>; lavere kullkraft- og gasskraftproduksjon), Finland (0,9 mtonn CO<sub>2</sub>; lavere kullkraftproduksjon) og Italia (0,3 mtonn CO<sub>2</sub>; lavere oljekraftproduksjon). Alt i alt faller utslippene utenfor Norge med 3,2 mtonn CO<sub>2</sub>. Samlede utslipp i modell-landene faller derfor med  $3,2 - 2 = 1,2$  mtonn CO<sub>2</sub>. Dette er en sterk effekt, som dels skyldes at norsk gasskraft fortrenger mye annen kraftproduksjon, og dels skyldes at det er mye kullkraft som fortrenges. På den annen side er en reduksjon på 1,2 mtonn CO<sub>2</sub> av rent symbolsk interesse i europeisk eller global sammenheng siden reduksjonen utgjør ca. 1/3 promille av totalutslippene i Vest-Europa.<sup>1</sup>

#### 4.2 Robusthet

I forrige avsnitt fant vi virkningene på samlede utslipp av CO<sub>2</sub> av at Norge produserer 6 TWh gasskraft. I det følgende skal vi analysere den samme problemstillingen under andre forutsetninger enn det som lå til grunn for analysen i avsnitt 5.1 (hovedtilfellet). Dermed får vi et stykke på vei klarlagt hvor robust vår hovedkonklusjon er, dvs. hvorvidt produksjon av gasskraft i Norge reduserer de samlede utslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa. Modellens grunnleggende antakelser, bl.a. markedsform (fullkommen konkurranse) og tidshorisonten (kort sikt), endrer vi imidlertid ikke.

- *Full eksport av gasskraft.* I modellen antok vi at den økte kraftmengden ble omsatt der kraften kastet mest av seg. Dette ledet til at ca. 10 prosent av den økte kraftmengden ble omsatt i Norge. Anta nå at Norges eksport styres politisk slik at hele den økte kraftmengden eksporteres. Da vil fremdeles de samlede utslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa reduseres. Mens vi i hovedtilfellet fikk at totalutslippene falt med 1,2 millioner tonn CO<sub>2</sub> (hovedsakelig som følge av lavere utslipp i Sverige og Finland), får vi nå at

---

<sup>1</sup> Prisen på olje og kull er tilnærmet uendret, slik at utslippene i resten av verden er de facto uendrede.

totalutslippene faller med 1,8 millioner tonn (hovedsakelig som følge av lavere utslipp i Danmark, Sverige og Storbritannia).

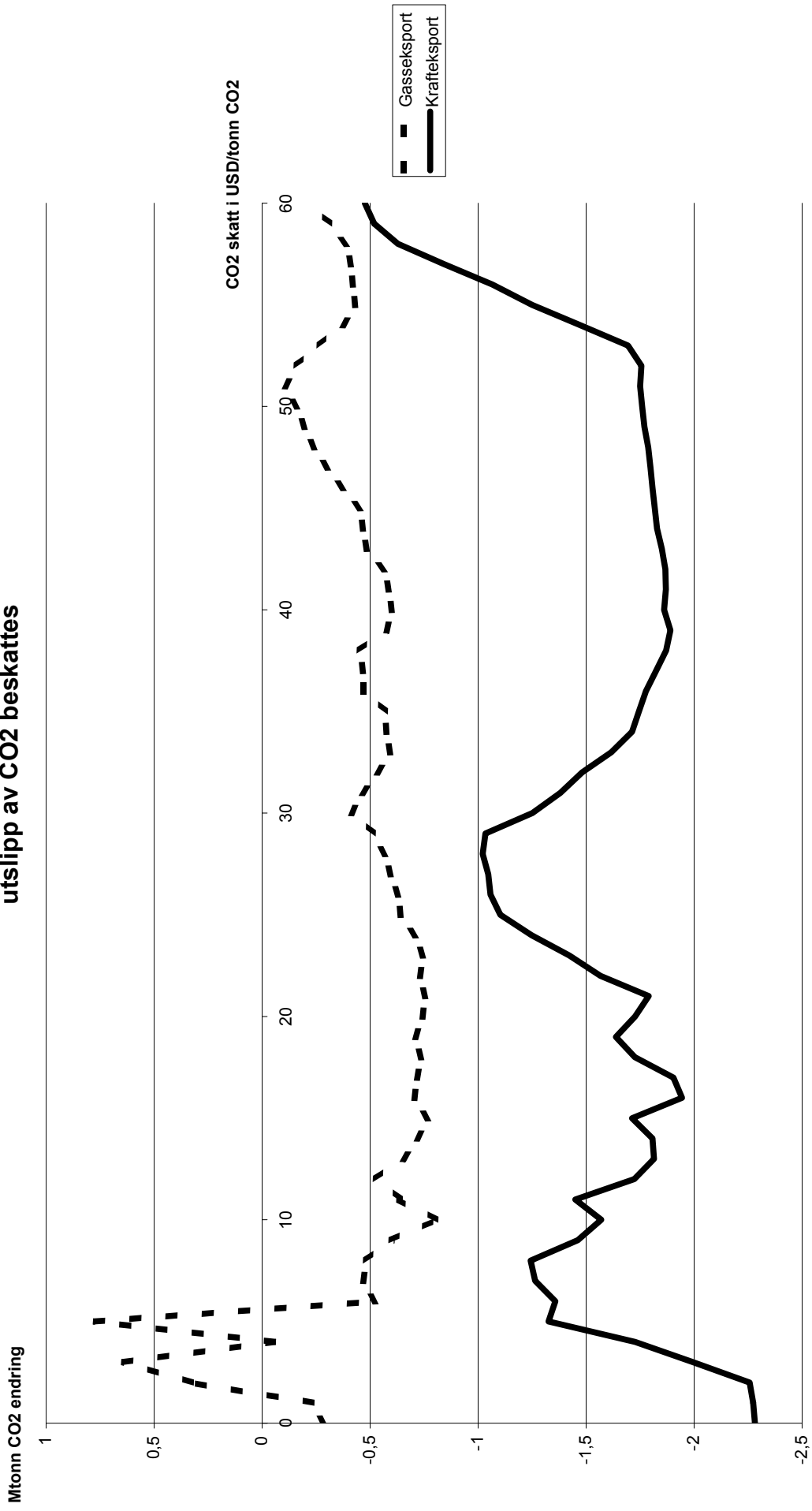
- *Karbonskatter.* I hovedtilfellet betalte aktørene en klimaavgift som svarte til de faktiske avgiftene i 1996 (for de aller fleste brukerne var avgiften null). Hvis vi fjerner klimaavgiftene fra 1996 får vi fremdeles samme hovedkonklusjon. Samlede utslipp faller nå med 2,3 millioner tonn, dvs. mer enn i hovedtilfellet (1,2 millioner tonn). Anta så at vi først fjerner klimaavgiftene fra 1996, og så pålegger vi en uniform CO<sub>2</sub>-skatt (alle brukere av fossilt brensel betaler den samme avgiften pr tonn CO<sub>2</sub>-utslipp). Hvis vi da øker gasskraftproduksjonen i Norge med 6 TWh, faller totalutslippene i Vest-Europa når den uniforme avgiften er mindre enn 60 USD/tonn CO<sub>2</sub>, se figur 1.<sup>2</sup> Det er imidlertid en tendens til at reduksjonen i totalutslippet er mindre jo høyere skatten er.<sup>3</sup>
- *Nye linjer for krafteksport.* Anta at Norge anlegger to nye linjer for transport av kraft (en til Tyskland og en til Nederland). Hver linje har (nominell) kapasitet på 600 MW. Da vil fremdeles produksjon av 6 TWh gasskraft i Norge redusere de samlede utslippene av CO<sub>2</sub>. Reduksjonen blir 1 million tonn CO<sub>2</sub>, dvs noe mindre enn i hovedtilfellet.
- *Tørrår i Norge.* I modellen har vi lagt til grunn at tilsiget av vann (fra nedbør og snøsmelting) svarer til et historisk gjennomsnitt (som avviker fra det faktiske tilsiget i 1996). Anta imidlertid at det er tørrår i Norge, her definert som at tilsiget (og dermed magasinkraftproduksjonen) er 20 prosent lavere enn i hovedtilfellet. Da vil Norge importere kraft i alle perioder (17 TWh på årsbasis). Hvis vi i en slik situasjon innfører 6 TWh gasskraft i Norge, stiger innenlandsk konsum med 0,3 TWh. Resten av produksjonen benyttes til å redusere importen. Som i de øvrige tilfellene vil kullkraftproduksjonen i Vest-Europa avta (4,4 TWh), slik at de totale utslippene av CO<sub>2</sub> reduseres (1,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>).
- *Økt gasskraftproduksjon.* I hovedtilfellet antok vi at Norge produserer 6 TWh gasskraft. Anta nå at gasskraftproduksjonen i Norge økes ytterligere. Til å begynne med blir

---

<sup>2</sup> Kvoteutvalget, se Norges offentlige utredninger (2000), antok en kvotepris på 125 kr/tonn CO<sub>2</sub>, dvs. ca. 19 USD/tonn CO<sub>2</sub> med valutakursen i 1996. Under idealiserte forutsetninger har kvoter og karbonskatter like virkninger (når kvoteprisen er lik karbonskatten).

<sup>3</sup> Med en tilstrekkelig høy avgift blir det ikke produsert fossilbasert kraft. Da vil norsk gasskraft fortrenge produksjon fra utslippsfrie verk, dvs. totalutslippene øker.

**Figur 1 Virkninger på totale CO2-utslipp i Vest-Europa av økt gassutvinning i Norge (0,88 mtoe) når utslipp av CO2 beskattes**



totalutslippene i Vest-Europa lavere jo mer gasskraft Norge produserer. Når vi imidlertid nærmer oss årskapasiteten for eksport av kraft fra Norge (ca. 28 TWh), er eksportkapasiteten fullt utnyttet i enkelte perioder. Da vil økt gasskraftproduksjon i Norge utelukkende avleire seg som høyere kraftkonsum i Norge, og følgelig begynner totalutslippene å stige. Imidlertid må gasskraftproduksjonen overstige ca. 75 TWh for at totalutslippene skal være høyere enn i situasjonen uten norsk gasskraftproduksjon.

- *Utbyggingsår.* Resultatene fra våre analyser kan ikke uten videre benyttes til å avgjøre effekten av at Norge bygger et gasskraftverk i f.eks. 2001. På den annen side er det fremdeles betydelig overkapasitet i kraft- og transmisjonssektorene i Vest-Europa. Vi ville derfor trolig få samme type effekter av en utbygging i 2001 som de modellen predikerer for basisåret 1996 (gitt at energimarkedene (hypotetisk) hadde blitt liberalisert i 2001 eller tidligere).

#### 4.3 Oppsummering

Teoretiske betraktninger med basis i samfunnsøkonomisk teori kan ikke alene avgjøre om norsk gasskraftproduksjon vil redusere totalutslippene av CO<sub>2</sub>. Derimot kan samfunnsøkonomisk teori benyttes til å bygge empiriske modeller for energimarkedene. Analyser basert på slike modeller kan svare på spørsmålet om totalutslippene reduseres, men svarene (modellresultatene) bør benyttes med varsomhet siden de nødvendigvis hviler på en rekke mer eller mindre plausible forutsetninger. Både grad av konkurranse i energimarkedene, omfang av internasjonal handel med energi og tidshorisonen er faktorer som kan ha stor betydning for hvorvidt totalutslippene faller eller stiger.

Innenfor vår korttidsmodell, som bl.a. bygger på effektiv konkurranse i alle markeder, full liberalisering i handelen med energi og gitte kapasiteter i energisektoren (relativt kort sikt), er det et relativt robust resultat at totalutslippene av CO<sub>2</sub> i Vest-Europa faller hvis Norge bygger et gasskraftverk med kapasitet på 6 TWh. Resultatet fra vår modell er imidlertid usikkert p.g.a. ujevn datakvalitet. Generelt tilsier våre analyser at selv små endringer i bakenforliggende forhold, f.eks. skifte i kraftverkenes effektiviteter og skatt på CO<sub>2</sub>-utslipp, kan få relativt store utslag på totalutslippene. Dessuten har vi – i likhet med mange andre - begrenset informasjon om hvordan de bakenforliggende forholdene vil utvikle seg over tid. For eksempel tar modellen ikke hensyn til hvordan prisene på energi påvirker utviklingen av

renere kraftteknologier. Vårt hovedresultat er derfor at gitt visse grunnleggende antakelser om markedsform, handel og tidshorisonen, er det klart mer sannsynlig at totalutslippene reduseres enn det motsatte. Vi kan imidlertid ikke kvantifisere denne usikkerheten, vi kan f.eks. ikke angi den nøyaktige sannsynligheten for at totalutslippene reduseres.

## **5. Direkte eksport av gass**

Økt gasseksport fra Norge (0,88 mtoe) presser ned prisen på gass i Europa. Prisreduksjonen er nødvendig for å øke samlet gassomsetning. I vår modell øker konsumet hos sluttforbrukerne noe (0,19), men brorparten av den økte gassmengden benyttes til produksjon av gasskraft (0,68 mtoe).

Lavere gasspris for sluttforbrukerne leder til substitusjon bort fra kull og olje. Reduksjonen i konsumet av kull og olje er imidlertid beskjeden (h.h.v. 0,01 mtoe og 0,1 mtoe). Lavere gasspris styrker også konkurranseposisjonen til gasskraftverkene, slik at gasskraftproduksjonen øker. Høyere gasskraftproduksjon leder til lavere kraftpris, og dermed fortregning av andre kraftverk. Bruken av kull til kraftproduksjon faller med 0,4 mtoe (1,7 TWh), mens bruken av olje til kraftproduksjon reduseres med 0,1 mtoe (0,6 TWh).

Norge har transmisjonslinjer for gass til Belgia, Tyskland og Storbritannia. I første omgang eksporterer Norge mer gass til hvert av disse landene. I hvert land blir gassen enten anvendt direkte, eller brukt til gasskraft, eller eksportert videre. I vår modell blir det aller meste av gassen anvendt i de tre mottakerlandene, men noe gass blir også videreeksportert til Nederland (for de øvrige landene er samlet gasskonsum omtrent uendret). Produksjonen av gasskraft øker derfor i Storbritannia, Tyskland, Belgia og Nederland. I Storbritannia fortrenger den økte gasskraften noe kullkraft, mens det for de andre tre landene er marginale endringer i kullkraftproduksjonen. På den annen side leder endringer i handelen med kraft til redusert oljekraftproduksjon i Italia. Samlet kraftproduksjon i modell-landene stiger med 1,9 TWh. For både de nordiske landene og Tyskland er det bare marginale endringer i handelsstrømmene for kraft.

I Norge stiger utslippene marginalt (0,04 mtonn CO<sub>2</sub>) som følge av økt utvinning av gass. Utslippene stiger også i Tyskland (0,3 mtonn CO<sub>2</sub>; høyere gasskraftproduksjon, Belgia (0,1 mtonn CO<sub>2</sub>; høyere gasskraftproduksjon) og Nederland (0,1 mtonn CO<sub>2</sub>; høyere

gasskraftproduksjon). På den annen side faller utslippene i Italia (0,4 mtonn CO<sub>2</sub>; lavere oljekraftproduksjon) og i Storbritannia (0,3 mtonn CO<sub>2</sub>; lavere kullkraftproduksjon som mer enn oppveier høyere gasskraftproduksjon). For de øvrige landene er utslagene marginale. Alt i alt faller utslippene, sammenliknet med scenario 1, med 0,2 mtonn CO<sub>2</sub>.

Selv om eksport av gass leder til lavere totalutslipp i modell-landene, er reduksjonen mindre enn om gassen benyttes til økt gasskraftproduksjon i Norge (0,2 versus 1,2 mtonn CO<sub>2</sub>). Forskjellen skyldes dels at med direkte eksport av gass anvendes noe av gassen hos sluttforbrukerne. Rett nok reduseres forbruket av kull og olje i disse sektorene, men substitusjonen bort fra kull er mye svakere enn i kraftsektoren. For det andre øker gasskraftproduksjonen i andre land enn i Norge når gassen eksporteres direkte. Ved gasskraftproduksjon i Norge oppnås en relativ stor fortrengning av kullkraft (i Norden og Storbritannia). Direkte eksport av gass fortrenger også noe kullkraft (i Storbritannia), men substitusjonseffekten er svakere enn ved eksport av norsk gasskraft.

Så langt har vi funnet at de samlede utslippene av CO<sub>2</sub> i verden reduseres hvis Norge eksporterer mer gass (0,88 mtoe). Det følger videre fra diskusjonen ovenfor at reduksjonen i utslippene er mindre ved direkte eksport av gass enn når gassen først brennes til gasskraft i Norge (kapittel 4). I det følgende skal vi analysere virkninger av at Norge eksporterer mer gass (0,88 mtoe) under andre forutsetninger enn det som lå til grunn for analysen ovenfor. Dermed får vi et stykke på vei klarlagt hvor robust vår hovedkonklusjon er, dvs. hvorvidt økt eksport av gass fra Norge reduserer de samlede utslippene av CO<sub>2</sub> (jf. kapittel 4.2).

- *Karbonskatter.* I hovedtilfellet betalte aktørene en klimaavgift som svarte til de faktiske avgiftene i 1996 (for de aller fleste brukerne var avgiften null). Anta imidlertid at vi først fjerner klimaavgiftene fra 1996, og så pålegger en uniform CO<sub>2</sub>-skatt (alle brukere av fossilt brensel betaler den samme avgiften pr tonn CO<sub>2</sub>-utslipp). Hvis vi da øker eksporten av gass fra Norge med 0,88 mtoe, faller totalutslippene i Vest-Europa når den uniforme avgiften er mindre enn 60 USD/tonn CO<sub>2</sub> (for enkelte avgifter rundt 5 USD/tonn CO<sub>2</sub> stiger imidlertid utslippene noe, se figur 1). Stort sett ligger utslippsreduksjonen på ca. 0,5 millioner tonn CO<sub>2</sub>.
- *Nye linjer for krafteksport.* Anta at Norge anlegger to nye linjer for transport av kraft (en til Tyskland og en til Nederland). Hver linje har (nominell) kapasitet på 600 MW. Da vil

fremdeles økt gasseksport (0,88 mtoe) redusere de samlede utslippene av CO<sub>2</sub>. Reduksjonen blir 0,3 millioner tonn CO<sub>2</sub>, dvs. omtrent som i hovedtilfellet (0,2 millioner tonn CO<sub>2</sub>).

- *Tørrår i Norge.* Anta at det er tørrår i Norge, her definert som at tilsiget (og dermed magasinkraftproduksjonen) er 20 prosent lavere enn i hovedtilfellet. Hvis vi i en slik situasjon øker eksporten av gass med 0,88 mtoe, reduseres de samlede utslippene med 0,1 millioner tonn CO<sub>2</sub>.
- *Alternativ bruk av gassen.* Hvis gassen alternativt brennes til gasskraft i Norge (kapittel 4), blir utslippsreduksjonen større. Dette gjelder både med karbonskatter, nye linjer for krafteksport og tørrår i Norge.

## 6. Langtidsvirkninger

I kapittel 4 og 5 drøftet vi klimavirkninger av å eksportere mer gass eller gasskraft fra Norge innenfor en modell med effektive markeder i Vest-Europa, og gitte kapasiteter i transmisjon av kraft og gass, og gitte kapasiteter i produksjon av elektrisitet. I dette avsnittet skal vi rapportere hovedvirkningene av økt norsk energieksport innenfor en utvidet variant av modellen i kapittel 4 og 5. Vi beholder forutsetningen om effektive energimarkeder i Vest-Europa, men lar nå alle kapasitetene bli bestemt ut fra lønnsomhetsforhold (gjennom investeringer). Modellen er en statisk likevektsmodell som fastlegger alle priser, kvanta og investeringer i energimarkedene for basisåret 1996, se Golombek, Kittelsen og Wolfgang (2001).

Våre hovedresultater er som følger:

- Hvis det er tillatt med investeringer i atomkraftverk, vil kapasitetsøkningene i kraftsektoren i Vest-Europa primært komme innenfor atomkraft. Da vil det være mest lønnsomt for Norge å eksportere all gassen direkte (ingen gasskraftproduksjon i Norge).
- Hvis det er tillatt med investeringer i atomkraftverk, og Norge øker utvinningen av gass, øker totalutslippene i Vest-Europa. Hvis utvinningen øker med 0,88 mtoe, øker totalutslippene med ca. 2 millioner tonn CO<sub>2</sub>. Denne økningen er tilnærmet uavhengig av om gassen brukes til gasskraftproduksjon i Norge eller eksporteres direkte. Økningen blir



marginalt lavere hvis alle brukere av fossile brensler i Vest-Europa står overfor en uniform karbonskatt på 125 kr pr. tonn CO<sub>2</sub> (dvs. brukerne betaler ikke karbonavgiftene som faktisk var pålagt i basisåret 1996).

- Hvis det ikke er tillatt med investeringer i atomkraftverk, vil det være lønnsomt for Norge å bruke noe av gassen til produksjon av gasskraft i Norge.
- Hvis det ikke er tillatt med investeringer i atomkraft, og Norge øker utvinningen av gass, reduseres totalutslippene i Vest-Europa. Hvis utvinningsøkningen er 0,88 mtoe, og den økte gassmengden fordeles mellom gasskraft og direkte eksport ut fra lønnsomhetshensyn, reduseres totalutslippene i Vest-Europa (0,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>). Reduksjonen blir marginalt lavere (0,8 millioner tonn CO<sub>2</sub>) hvis alle brukere av fossile brensler i Vest-Europa står overfor en uniform karbonskatt på 125 kr pr. tonn CO<sub>2</sub> (dvs. brukerne betaler ikke karbonavgiftene som faktisk var pålagt i basisåret 1996).

Vi gjør oppmerksom på at datagrunnlaget for langtidsmodellen nødvendigvis er mer usikkert enn for korttidsmodellen. Videre fins det alternative tilnærminger til å modellere lang sikt enn vår statiske langtidslikevekt for 1996 (forhold knyttet til irreversibilitet, dynamikk og vekst). Konklusjonene fra vår analyse bør derfor tolkes med varsomhet.

## 7. Ufullkommen konkurranse

Både korttidsmodellen i kapitlene 2-5, og langtidsmodellen i kapittel 6, bygger på at alle markeder er effektive (fullkommen konkurranse). Imidlertid har både gass- og kraftmarkedene i Vest-Europa vært karakterisert ved en rekke sammenslutninger og offentlige reguleringer, dvs. ulike former for *markedsimperfeksjoner*. Den internasjonale handelen med gass har tatt form som bilaterale forhandlinger mellom en stor gassutvinningsnasjon (f.eks. Norge) og en kjøpergruppe bestående av nasjonale importselskaper. I importlandene har leddene i gassomsetningen ofte vært monopolisert. Et villnis av reguleringer har begrenset omfanget av konkurransen mellom energivarer, spesielt mellom gass og kraft.

Den tradisjonelle samfunnsøkonomiske tilnærmingen til å modellere markedsimperfeksjoner er å anta at markedsformen er kjennetegnet ved enten monopol, eller kartelldannelse eller oligopol. Kartelldannelse innebærer at flere aktører slutter seg sammen og opptrer utad som monopolist. Mellomformen oligopol modelleres ofte som et Cournot spill der produsentene av samme vare tar hensyn til konkurrentenes valg når de fastlegger eget produksjonskvantum. I Cournot-modellen utøves markedsmakt ved at hver produsent tilpasser sitt produserte

kvantum slik at overskuddet blir så høyt som mulig, gitt alle de andre produsentenes kvanta. En produsent som øker sin produksjon vil merke en nedgang i prisen fordi kundene ikke er villig til å betale like mye per enhet ved et høyere kvantum. Denne prisnedgangen finner sted for alle produserte enheter, ikke bare for produksjonsøkningen. Ved fastlegging av optimal produksjon må fortjenesten på en ekstra enhet balanseres mot verdireduksjonen for alle de andre enhetene. Løsningen av spillet er en markedspris som ligger mellom frikonkurransenprisen og monopolprisen.

Det kan imidlertid reises innvendinger mot om Cournot spill (i likhet med monopoler/karteller) på en adekvat måte fanger opp de fundamentale forholdene ved gassmarkedene i Europa. Rett nok er det grunn til å tro at produsentene/leverandørene ønsker maksimal profitt, og at markedene ikke er perfekte, men andre forhold kommer også inn, bl.a.

- i) økonomisk motiverte reguleringer, f.eks. for å sikre konsumenthensyn
- ii) politisk motiverte reguleringer, f.eks. for å sikre forsyningssikkerhet og utenrikspolitiske forhold
- iii) produsentenes øvrige interesser ved at de også kan ha interesser i andre aktiviteter, f.eks. kan en gasstransportør ha eierandeler i gasskraftverk (vertikal integrasjon).

Gass- og kraftmarkedene i Vest-Europa har vært så komplekse at ingen økonomisk læreboksmoell har kunnet fange opp alle sentrale forhold ved markedene. Imidlertid har vi utviklet et modellkonsept der vi lar observasjoner av priser og kvanta (data) fastlegge graden av, og strukturen på, markedsimperfeksjonene. Vi har anvendt modellkonseptet til å studere miljøvirkninger av økt tilgang på norsk gass eller gasskraft i Tyskland *før* en omfattende liberalisering har funnet sted, dvs. under markedsforhold som avspeiler imperfeksjonene i de tyske energimarkedene i modellens basisår (1996).

Kjernen i modellen er at det fins ulike aktører i energimarkedene – importører, transportører, energiprodusenter, husholdninger og industri. Vi antar at ut fra en rekke forhold har myndighetene innført inngrep og pålegg som har resultert i priser som ligger mellom den teoretiske monopolprisen (det beste for produsenter og importører) og den teoretiske frikonkurransenprisen (det beste for kjøpere av energi). De observerte prisene avspeiler derfor myndighetenes vurdering av hvordan ulike interesser skal veies opp mot hverandre, gitt strukturen i energimarkedene og samkoblingen mellom økonomiske og politiske forhold

(lobbyvirksomhet, forsyningssikkerhet osv.). Aktørenes vekter blir bestemt av observasjonene i modellens basisår, dvs. hver type aktør blir tilordnet en vekt som avspeiler hvor mye prisene avviker fra de teoretiske frikonkurransesprisene. Vektene blir bestemt på en konsistent måte ved at f.eks. husholdningssektoren har samme vekt i alle energimarkedene.

Utgangspunktet for vårt modellopplegg er at det fins mekanismer som begrenser aktørenes markedsrett. Dette er modellert ved en velferdsfunksjon der hver produsent og konsument har forskjellig vekt hos myndighetene. Hvis en produsent har høyere vekt i velferdsfunksjonen enn en konsument, tillater modelleringen at prisen overstiger grensekostnadene, men ikke nødvendigvis så mye som monopoltilpasningen tilsier. Dermed får vi en dempet utøvelse av markedsrett. Velferdsvektene kan i hovedsak kalibreres fra observerte pris-kostnadsdifferanser (mark-ups) på de ulike energimarkedene. Det er antatt at alle kapasiteter er gitte, dvs. kortsiktig tidshorisont (som i kapittel 3-6). For en nærmere presentasjon av modellen vises til Golombek og Kittelsen (2001).

Virkingen på summen av utslippene i Norge og Tyskland av at Norge eksporterer gasskraft til Tyskland (6 TWh), eventuelt av Norge eksporterer gassen direkte (0,88 mtoe), er som følger:

- Økt eksport av gasskraft reduserer utslippene (1,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>)
- Økt direkte eksport av gass til Tyskland reduserer utslippene (3,6 millioner tonn CO<sub>2</sub>), men utslippsreduksjonen er mindre enn om gassen først brennes til gasskraft i Norge
- Konklusjonene ovenfor endres ikke hvis en karbonavgift legges på alle brukere av fossile brensler (100 USD/tonn karbon).

Alle disse tre konklusjonene er i tråd med konklusjonene fra kapittel 4 og 5, der vi også brukte en korttidsmodell. Men mens vi i dette kapittelet har antatt imperfekte markeder, antok vi i kapittel 4 og 5 perfekt fungerende markeder (i hele Vest-Europa).

## Referanser

- Aune, Finn; Rolf Golombek; Sverre A.C. Kittelsen & Knut Einar Rosendahl, 2000. *Norge i et liberalisert europeisk marked*. Rapport 3/2000 fra Frischsenteret.
- Aune, Finn; Rolf Golombek; Sverre A.C. Kittelsen & Knut Einar Rosendahl, 2001. "Liberalising the Energy Markets of Western Europe – A Computable Equilibrium Model Approach." Kommer som memorandum fra *Økonomisk institutt, Universitetet i Oslo*.
- Aune, Finn; Rolf Golombek; Sverre A.C. Kittelsen & Knut Einar Rosendahl, 2001. "LIBEMOD – dokumentasjon av data." Arbeidsnotat fra *Frischsenteret*.
- Golombek, Rolf; Sverre A.C. Kittelsen & Ove Wolfgang (2001). Virkninger av å liberalisere energimarkedene i Vest-Europa – langtidseffekter. Notat.
- Golombek, Rolf & Sverre A.C. Kittelsen (2001). Environmental effects of exporting Norwegian power or gas to Germany. Notat.
- International Energy Agency, 2000. *Energy Policy of IEA Countries*. 1999 Review.
- Naturkraft, 1996a. *Søknad om konsesjon for elektriske anlegg. Gasskraftverk på Kårstø*.
- Naturkraft, 1996b. *Søknad om konsesjon for elektriske anlegg. Gasskraftverk på Kollsnes*.
- Norges offentlige utredninger, 2000. *Et kvotesystem for klimagasser. Virkemidler for å møte Norges utslippsforpliktelse under Kyotoprotokollen*. NOU 2000:1.
- Thackeray, Fred, (1999). *European Natural Gas*. Financial Times

## Publikasjoner fra Frischsenteret

Alle publikasjoner er tilgjengelig i Pdf-format på : [www.frisch.uio.no](http://www.frisch.uio.no)

### Rapporter

1/1999	<b>Arbeidsledighet, arbeidsmarkedspolitik og jobbsøking i Norge</b>	Knut Røed, Hege Torp, Tom Erik Aabø
2/1999	<b>Egenskaper ved tildelingsformer for nasjonale klimagasskvoter</b>	Rolf Golombek, Michael Hoel, Snorre Kverndokk, Ove Wolfgang
3/1999	<b>Regionale virkninger av økte elektrisitetspriser til kraftkrevende industri</b>	Nils-Henrik M. von der Fehr, Trond Hjørungdal
4/1999	<b>Bedriftsnedleggelse og klimakvoter i norsk industri</b>	Rolf Golombek, Arvid Raknerud
5/1999	<b>Utdanning og livsinntekt i Norge</b>	Oddbjørn Raaum, Tom Erik Aabø, Thomas Karterud
1/2000	<b>Hvem er de ledige? En økonometrisk analyse av arbeidsledighetens sammensetning i Norge på 1990-tallet</b>	Morten Nordberg
2/2000	<b>Effektivitet i pleie- og omsorgssektoren</b>	Dag F. Edvardsen, Finn R. Førstund, Eline Aas
3/2000	<b>Norge i liberalisert europeisk energimarked</b>	Finn Roar Aune, Rolf Golombek, Knut Einar Rosendahl, Sverre A.C. Kittelsen
4/2000	<b>Hvem vil og hvem får delta? Analyser av rekruttering og utvelgelse av deltakere til arbeidsmarkedstiltak i Norge på 1990-tallet</b>	Knut Røed, Hege Torp, Irene Tuveng, Tao Zhang
5/2000	<b>Deregulering av det vest-europeiske gassmarkedet - korttidseffekter</b>	Rolf Golombek, Sverre A.C. Kittelsen, Ove Wolfgang
6/2000	<b>Oversikt over litteratur om svart arbeid og skatteunndragelser</b>	Erling Eide
7/2000	<b>Arbeidstilbud i vedvarende gode tider</b>	Christian Brinch
8/2000	<b>Miljøreguleringer av norsk treforedlingsindustri</b>	Rolf Golombek, Arent Greve, Ken Harris
1/2001	<b>Analyse av inntektsfordeling og inntektsulikhet basert på registerdata. En kartlegging av muligheter og begrensninger</b>	Remy Åserud

2/2001	<b>Miljøvirkninger av norsk eksport av gass og gasskraft</b>	Finn Roar Aune, Rolf Golombek, Sverre A.C. Kittelsen, Knut Einar Rosendahl
--------	--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

### **Arbeidsnotater**

1/1999	<b>Kan markedskreftene temmes i lønnsdannelsen?</b>	Colin Forthun
2/1999	<b>Inntektseffekter av utdanning i Norge – en litteraturoversikt</b>	Oddbjørn Raaum
1/2000	<b>Empirical Specification of the Model in "Early Retirement and Economic Incentives"</b>	Erik Hernæs, Steinar Strøm
2/2000	<b>Forholdene på arbeidsmarkedet, økonomiske incentiver og risikoen for å bli yrkeshemmet</b>	Christian L. Wold Eide
3/2000	<b>Koordinering av inntektsoppgjørene i Norge og Sverige 1961-1999</b>	Bergljot Bjørnson Barkbu
4/2000	<b>Insentivvirkninger av skatte- og pensjonsregler</b>	Fredrik Haugen
5/2000	<b>Dynamisk arbeidstilbud</b>	Merethe Nordling

### **Memoranda**

Serien publiseres av Sosialøkonomisk institutt, Universitetet i Oslo, i samarbeid med Frischsenteret. Listen under omfatter kun memoranda tilknyttet prosjekter på Frischsenteret. En komplett oversikt over memoranda finnes på [www.sv.uio.no/sosoe/memo/](http://www.sv.uio.no/sosoe/memo/).

3/1999	<b>The Economics of Screening Programs</b>	Steinar Strøm
7/1999	<b>What hides behind the rate of unemployment? Micro evidence from Norway</b>	Knut Røed, Tao Zhang
9/1999	<b>Monte Carlo Simulations of DEA Efficiency Measures and Hypothesis Tests</b>	Sverre A.C. Kittelsen
11/1999	<b>Efficiency and Productivity of Norwegian Colleges</b>	Finn R. Førsum, Kjell Ove Kalhagen
13/1999	<b>Do subsidies to commercial R&amp;D reduce market failures? Microeconomic evaluation studies</b>	Tor Jakob Klette, Jarle Møen, Zvi Griliches
14/1999	<b>Unemployment Duration in a Non-Stationary</b>	Knut Røed, Tao Zhang

## **Macroeconomic Environment**

<b>16/1999</b>	<b>The effect of schooling on earnings: The role of family background studied by a large sample of Norwegian twins</b>	Oddbjørn Raaum, Tom Erik Aabø
<b>17/1999</b>	<b>Early Retirement and Economic Incentives</b>	Erik Hernæs, Marte Sollie, Steinar Strøm
<b>18/1999</b>	<b>Fewer in Number but Harder to Employ: Incidence and Duration of Unemployment in an Economic Upswing</b>	Erik Hernæs
<b>19/1999</b>	<b>Progressiv Taxes and the Labour Market</b>	Knut Røed, Steinar Strøm
<b>22/1999</b>	<b>Inequality, Social Insurance and Redistribution</b>	Karl Ove Moene, Michael Wallerstein
<b>24/1999</b>	<b>Do Voluntary Agreements Lead to Cost Efficiency</b>	Rolf Golombek, Espen R. Moen
<b>25/1999</b>	<b>Rent Grabbing and Russia's Economic Collapse</b>	Sheetal K. Chand and Karl Ove Moene
<b>28/1999</b>	<b>The role of foreign ownership in domestic environmental regulation under asymmetric information</b>	Jon Vislie
<b>29/1999</b>	<b>Labor unions versus individualized bargaining with heterogeneous labor</b>	Jon Strand
<b>32/1999</b>	<b>Efficiency in the Provision of Municipal Nursing – and Home-Care Services: The Norwegian Experience</b>	Espen Erlandsen, Finn R. Førsund
<b>33/1999</b>	<b>Effects of Progressive Taxes under Decentralized Bargaining and Heterogeneous Labor</b>	Jon Strand
<b>34/1999</b>	<b>Reflections on Abatement Modelling</b>	Ove Wolfgang
<b>35/1999</b>	<b>Crime Induced Poverty Traps</b>	Halvor Mehlum, Karl Ove Moene, Ragnar Torvik
<b>36/1999</b>	<b>Statistical Discrimination and the Returns to Human Capital and Credentials</b>	Christian Brinch
<b>38/1999</b>	<b>Relative Unemployment Rates and Skill-Biased Technological Change</b>	Knut Røed
<b>2/2000</b>	<b>Married Men and Early Retirement Under the AFP Scheme</b>	Ole J. Røgeberg
<b>4/2000</b>	<b>Family Labor Supply when the Husband is Eligible for Early Retirement: Some Empirical Evidences</b>	Jia Zhiyang

5/2000	<b>Earnings Assimilation of Immigrants in Norway - A Reappraisal</b>	Pål Longva, Oddbjørn Raaum
9/2000	<b>Influencing bureaucratic Decisions</b>	Nils-Henrik von der Fehr, Lone Semmingsen
13/2000	<b>Family Labour Supply when the Husband is Eligible for Early Retirement</b>	Erik Hernæs, Steinar Strøm
15/2000	<b>Labour Market Transitions and Economic Incentives</b>	Knut Røed, Tao Zhang
16/2000	<b>Transboundary environmental problems with a mobile population: is there a need for a central policy</b>	Michael Hoel, Perry Shapiro
19/2000	<b>Have the Relative Employment Prospects for the Low-Skilled Deteriorated After All?</b>	Knut Røed, Morten Nordberg
23/2000	<b>A Note on the Weibull Distribution and Time Aggregation Bias</b>	Knut Røed, Tao Zhang
24/2000	<b>On The Origins of Data Envelopment Analysis</b>	Finn R. Førsund, Nikias Sarafoglou
27/2000	<b>Predator or Prey? Parasitic enterprises in economic development</b>	Halvor Mehlum, Karl Ove Moene, Ragnar Torvik
31/2000	<b>Genetic testing when there is a mix of public and private health insurance</b>	Michael Hoel, Tor Iversen
33/2000	<b>Competitive effort and employment determination with team production</b>	Jon Strand
34/2000	<b>CO2 mitigation costs and ancillary benefits in the Nordic countries, the UK and Ireland: A survey</b>	Snorre Kverndokk, Knut Einar Rosendahl
35/2000	<b>Tax distortions, household production and black market work</b>	Jon Strand
36/2000	<b>A turning point in the development of Norwegian economics - the establishment of the University Institute of Economics in 1932</b>	Olav Bjerkholt
40/2000	<b>Health Insurance: Treatment vs. Compensation</b>	Geir B. Asheim, Anne Wenche Emblem, Tore Nilssen
41/2000	<b>Private health care as a supplement to a public health system with waiting time for treatment</b>	Michael Hoel, Erik Magnus Sæther





### ***Frischsenteret***

**Stiftelsen Frischsenteret for samfunnsøkonomisk forskning er en uavhengig stiftelse opprettet av Universitetet i Oslo. Frischsenteret utfører samfunnsøkonomisk forskning i samarbeid med Sosialøkonomisk institutt ved Universitetet i Oslo. Forskningsprosjektene er i hovedsak finansiert av Norges forskningsråd, departementer og internasjonale organisasjoner. De fleste prosjektene utføres i samarbeid mellom Frischsenteret og forskere ved andre norske og utenlandske forskningsinstitusjoner.**

**Frischsenteret  
Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tlf: 22958810  
Fax: 22958825  
frisch@frisch.uio.no  
[www.frisch.uio.no](http://www.frisch.uio.no)**