

# Er særskilt støtte til «månelandingen» på Mongstad effektiv politikk?

**Brita Bye, Tom-Reiel Heggedal  
og Karl Jacobsen**

*Regjeringens "månelandingsprosjekt" innebærer at norske myndigheter gir særskilt støtte til forskning og utvikling av teknologier for karbonfangst og -lagring. I denne artikkelen drøfter vi om en slik selektiv virkemiddelbruk er effektiv forsknings- og utviklingspolitikk. Imperfeksjoner knyttet til markedene for forskning og utvikling av nye teknologier kan variere mellom forskjellige teknologiområder, og dermed gi grunnlag for ulik virkemiddelbruk. Både modenheten til et teknologiområde og forventning om fremtidig prisutvikling for en teknologi kan påvirke de ufullkommenhetene som er til stede i markedene. Imidlertid er det usikkert om disse effektene tilsier at forskning på teknologier for karbonfangst og -lagring bør støttes mer enn forskning på andre teknologier. Resultater fra simuleringsmodeller av norsk økonomi tyder på at det ikke bør drives selektiv støtte til forskning på teknologier for karbonfangst og -lagring på bekostning av annen teknologiutvikling.*

## 1. Innledning

Norske myndigheter bruker betydelige ressurser på å utvikle og implementere teknologier som kan redusere utslipp av klimagasser. Teknologier for karbonfangst og -lagring (CCS)<sup>1</sup> er særlig tilgodesette. Den samlede rammen for bevilgninger til implementering av nye teknologier gjennom programmer som Gassnova, Enova og Transnova, og til utvikling og implementering av teknologier for CCS, anslås til 1,9 mrd kroner i 2009, Nasjonalbudsjettet (2009). I denne artikkelen drøfter vi om særegen virkemiddelbruk rettet mot utvikling av CCS teknologier er effektiv politikk.

Nye klimateknologier er vesentlige for å senke kostnadene ved å nå mål for utslippsreduksjoner som for eksempel Kyoto-målene, og for å muliggjøre mer ambisiøse målsettinger som EUs 2020 mål. Klimateknologier utvikles først og fremst som et resultat av at det er etterspørsel etter slike teknologier i markedet. En slik etterspørsel kan skapes gjennom et system for å prise klimagassutslipp, slik som skatter på utslipp eller et marked for utslippskvoter, eller ved at myndighetene etterspør teknologi til konkrete prosjekter. Selv med et slikt system på plass, kan en få for lite utvikling av nye teknologier fordi det er imperfeksjoner i markedene knyttet til teknologiutvikling.

Forskning og utvikling (FoU) er vesentlig for å forbedre teknologier slik som CCS. FoU-virksomhet skaper nye

ideer som gir økt forståelse av eksisterende prosesser, eller får frem helt nye teknologiske løsninger. Ny kunnskap som blir til i én FoU-bedrift kan over tid bli spredd også til andre aktiviteter i samfunnet. Dette gir tilleggs-effekter på den økonomiske veksten som bedriften selv ikke tar innover seg i sine beslutninger om å investere i FoU. Dette innebærer at den samfunnsøkonomiske avkastningen av ressursene som settes inn i FoU-virksomhet vil kunne være høyere enn den privatøkonomiske avkastningen<sup>2</sup>. I slike tilfeller kan myndighetene gjennom politikktiltak påvirke omfanget av FoU og bidra til at den privatøkonomiske avkastningen øker og blir mer i samsvar med den samfunnsøkonomiske avkastningen.

Slike avkastningsgap finner en i FoU rettet mot generell teknologiutvikling så vel som FoU rettet mot klimateknologier slik som CCS-FoU. Dersom CCS-FoU er kjennetegnet ved spesielle markedsimperfeksjoner, kan dette tilsa at myndighetene bør ha særskilte støtteordninger for slik FoU. Klimapolitikken skal generelt rettes mot tiltak som skaper en kostnad av å slippe ut klimagasser, i form av en kostnadseffektiv prising av klimagassutslipp.

I denne artikkelen drøfter vi ulike argumenter som kan belyse om FoU-politikken skal differensieres mellom FoU-næringer. Vi tar for oss noen studier som analyserer effektene på økonomien av å stimulere næringslivets FoU, både generell FoU og CCS-FoU. I kapittel 2 ser vi på noen teoretiske argumenter for markedssvikt ved CCS-FoU. I kapittel 3 ser vi på makroøkonomiske effekter av ulike alternativer for støtte til henholdsvis annen FoU og CCS-FoU når økonomien er karakteri-

**Brita Bye** er forsker ved Gruppe for økonomisk vekst og miljø (bby@ssb.no)

**Tom-Reiel Heggedal** er postdoktor ved Handelshøyskolen BI (tom-reiel.heggedal@bi.no)

**Karl Jacobsen** er førstekonsulent ved gruppe for økonomisk vekst og miljø (jac@ssb.no)

<sup>1</sup> Carbon Capture and Storage (CCS).

<sup>2</sup> Griliches (1995) oppsummerer ti empiriske studier og konkluderer med at spilloreffekter fra FoU er til stede, og at den samfunnsøkonomiske marginale avkastningen av FoU er signifikant høyere enn den privatøkonomiske. Estimaten for den samfunnsøkonomiske avkastningen ligger i området 10-160 prosent, mens estimaten for den privatøkonomiske avkastningen er i området 9-56 prosent.

sert ved markedssvikt som fører til for lav FoU-aktivitet. Denne markedssvikten påvirkes av klimaeksternaliteten som derfor har betydning for optimal tidsprofil for støtte til CCS-FoU. Vi analyserer også hvordan effektene av virkemiddelbruken rettet mot ulike former for FoU påvirkes av stramheten i klimapolitikken.

## 2. Markedssvikt ved CCS-FoU

En vesentlig årsak til at næringslivets FoU-aktivitet er mindre enn det samfunnsøkonomisk ønskelige er såkalte *eksterne kunnskapsspillovers* forbundet med FoU-virksomhet. Ny kunnskap kan føres over til annen aktivitet og produktiviteten til FoU øker. Med andre ord, når en utvikler nye idéer bruker en eksisterende kunnskap – ”en står på skuldrene til kjemper” (Isaac Newton). Kunnskap kan karakteriseres som et offentlig gode siden det ikke er lett å ekskludere andre fra kunnskapen, og den kan deles av mange uten at nytten av den forringes (ikke-rivaliserende). Hvor mye andre kan nyttiggjøre seg den akkumulerte kunnskapen fra tidligere FoU vil variere mellom bedrifter og forskningsfelt. Det vil blant annet avhenge av hvor mange og hvem som kjenner til den nyutviklede idéen, og samkvem mellom forskere, teknologer og bedrifter.

Internasjonale patentsystemer, kopibeskyttelseslover og opphavsrettigheter er etablert for å sikre en viss grad av enerett på salg av produkter basert på nye idéer. En slik enerett gir produsenten monopolinntekter ved salg av varen som igjen går til å dekke utgiftene til FoU. Næringslivets FoU-aktivitet kan være mindre enn det samfunnsøkonomiske ønskelige nivået dersom prisen på ett nytt produkt bare reflekterer deler av den nytten produktet genererer for brukerne. Dersom for eksempel inntekten av å inneha et patent som gir en rettighet til å selge en type CCS-teknologi er mindre enn den nytten samfunnet har av teknologien, vil næringslivet ha svakere insentiver til å drive CCS-FoU enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt.

Dersom næringslivets FoU aktivitet er lavere enn det samfunnsøkonomisk ønskelige nivået er dette et argument for at myndighetene bør støtte FoU. Det er også argumenter for at næringslivet kan utføre for mye FoU, slik som duplikasjonseffekter og kreativ destruksjon (se Bye m.fl., 2009). Disse effektene diskuterer vi ikke i denne artikkelen.

Ved den mest effektive politikktutformingen (først-best) korrigeres markedssviktene i teknologimarkedene ved hjelp av virkemidler rettet direkte mot disse, mens markedssvikten ved klimagassutslipp korrigeres ved virkemidler som gir en riktig pris på klimagassutslippene. Imidlertid kan det være at kun mindre effektive politikktutforminger (nest-best) er politisk tilgjengelige, eller fleksible nok i praksis.<sup>3</sup> Jaffe mfl. (2005) ser behovet for en politikk rettet mot utvikling av klimateknologier når prisingen av klimagassutslipp er mangelfull. En slik

nest-best politikk gir oppnåelse av teknologi- og klimamålsettinger til en høyere kostnad for samfunnet enn først-best politikk (Goulder og Schneider, 1999; Fischer og Newell, 2008). I denne artikkelen drøfter vi kun først-best politikk. Det er få studier som analyserer om myndighetene burde skille mellom annen FoU og FoU på klimateknologier i sin FoU-politikk. Nedenfor tar vi for oss to argumenter for at det kan være effektiv politikk å skille mellom annen FoU og CCS-FoU.

### 2.1 Kunnskapsspredning fra nye teknologier

En grunn til at myndighetene bør skille mellom støtten til CCS-FoU fra støtten til gannen FoU kan være at CCS-teknologier er relativt nye og til dels lite utviklede teknologier. I slike *umodne* teknologier kan kunnskapsspillovers være større enn i andre mer *modne* teknologier. Modenheten til en teknologi i denne sammenheng er et mål på størrelsen på kunnskapsbasen, det vil si hvor mange idéer som er produsert i tidligere perioder.

Forskjellen i kunnskapsspillovers mellom slike modne og umodne teknologier er analysert i Heggedal (2008). Studien viser at modne og umodne teknologier ikke bør støttes likt, men det er ikke slik at den umodne teknologien nødvendigvis har størst kunnskapsspillovers. Det er to motstridende effekter som påvirker hvordan modenheten avgjør størrelsen på kunnskapsspillovers. For det første er det slik at en ny idé bidrar mer til å åpne for fremtidige FoU-muligheter dersom en har lite kunnskap om problemfeltet fra før. Man kan si at en øker kunnskapsbasen relativt mer ved å drive FoU på umodne teknologier enn på modne teknologier. På den andre siden er det slik at bidraget til økonomien av en ny idé er avhengig hvor mange som nyttiggjør seg denne idéen til videre FoU-produksjon i fremtidige perioder. Dersom problemfeltet er modent vil det være flere forskere som bruker nye idéer, enn dersom problemfeltet er umodent.

Heggedal (2008) viser at parameterne i produksjonsfunksjonen for FoU avgjør hvilken av de to effektene som er den dominerende. Dermed vil det kun i noen tilfeller være et gyldig argument at det er mer verdifullt for samfunnet å få utviklet kunnskap om nye, umodne teknologier enn i mer modne teknologier. Om dette er tilfellet for CCS-FoU, er et empirisk spørsmål som ikke er besvart i litteraturen.

### 2.2 Begrenset levetid for patenter

En annen mulig grunn til at myndighetene burde differensiere støtte til CCS-FoU fra annen FoU er forbundet med at levetiden for patenter er begrenset. Dersom eneretten til å produsere en vare er begrenset i tid, vil andre produsenter kunne konkurrere om å selge den samme varen når eneretten går ut. Dermed vil inntekten fra å inneha en patentrettighet være mindre enn den nytten varen genererer for brukerne.

Effekten av begrenset patentlevetid og økende nytte av klimateknologier i fremtiden er analysert i Gerlagh m.fl. (2009). Studien viser at imperfeksjoner ved FoU

<sup>3</sup> Bye, Fæhn og Heggedal (2009) gir en nærmere drøfting av slike nest-best argumenter.

på klimateknologier kan være større enn ved FoU på andre områder. Årsaken er at verdien av klimateknologier i markedet stiger i takt med strengere utslippsreduksjoner i fremtidige perioder. Med begrenset patentlevetid vil de som utvikler klimateknologier i dag ikke ha mulighet til å hente inntekt fra disse teknologiene i fremtiden, når verdien av teknologiene er størst. Dette gir grunnlag for å støtte FoU på klimateknologier mer enn FoU på andre teknologier, dersom verdien av klimateknologier stiger raskere enn andre teknologier. Imidlertid gir ikke dette grunnlag for å støtte CCS-FoU mer enn FoU på andre typer klimateknologier.

### 3. Makroøkonomiske effekter av å stimulere CCS-FoU

I praktisk politikk benyttes mange typer virkemidler samtidig for å stimulere til økt produktivitet og utvikling av nye teknologier gjennom FoU. Rett virkemiddelbruk krever kvantitativ kjennskap til hvordan FoU påvirker produktiviteten både i og utenfor bedriftene selv. Særlig kan samspillseffektene med øvrige markeder og politikkinngrep være vanskelig å overskue.

I denne artikkelen ser vi på subsidieordninger til henholdsvis generell FoU, definert som all privat FoU-virksomhet utenom det som er knyttet til CCS, og FoU på CCS-teknologier. Vi setter politikken inn i en større empirisk sammenheng, for å kunne fange opp samspillseffekter. Vi ser ikke på direkte støtteordninger (for eksempel NFR-baserte). Spesielt ser vi på samspillseffekter med klimapolitikken representert ved en pris på CO<sub>2</sub>-utslipp i form av en CO<sub>2</sub>-avgift. I de senere årene har Statistisk sentralbyrå utviklet en modell for studier av klimapolitikk og teknologisk endring, Bye mfl. (2008). Boks 1 gir en nærmere beskrivelse av modellen. Den inkluderer FoU innenfor klimateknologi, med Norges sterke satsing på å være i forskningsfronten innenfor utvikling av CCS-teknologi, som eksempel. Modelltilnærmingen tar innover seg hvordan CCS-teknologiene forbedres og utvikles avhengig av etterspørselen og forskningsaktiviteten. Modellen inkluderer også produksjonen innenfor annen høyteknologisk forskning og gevinstene i form av økt faktorproduktivitet i andre deler av økonomien. Den kan derfor sammenligne effektene av å satse på CCS-teknologi fremfor annen, produktivitetsfremmende forskning. Modelleringen av teknologisk endring tar utgangspunkt i vekstmodellen i Romer (1990), som forklarer FoU i næringslivet som profittmotivert. Forskningsresultatene gir grunnlag for nye høyteknologiske produkter. Innenlands oppnår bedriftene som produserer høyteknologi en viss markedsmakt i sine nisjer, men i motsetning til i Romer (1990) ser vi på en liten åpen økonomi som leverer produkter til utlandet til gitte markedspriser. I følge IPCC-rapporten om CCS (Metz mfl. 2005) finnes det flere konkurrerende teknologiske løsninger for CCS. Romer-modellen, der antall varianter av teknologien stadig utvides, er derfor en passende beskrivelse for teknologiutviklingsprosessen knyttet til CCS.

I tillegg til den privatøkonomiske avkastningen av FoU, har kunnskapsutviklingen eksterne effekter, både for annen FoU-virksomhet nå og i fremtiden, og i andre deler av økonomien hvor avkastningen av investeringer i høyteknologi øker. For et lite land som Norge vil mye av den makroøkonomiske veksten likevel bli drevet av produktivitetens utviklingen i utlandet. Utslippene av klimagasser fra Norge utgjør en svært liten andel av de globale utslippene. CCS-FoU kan imidlertid gi teknologiske gjennombrudd som potensielt kan ha store effekter for de globale utslippene av klimagasser. Vi modeller eksport av høyteknologisk CCS-kapital som følge av at det også er en internasjonal pris på CO<sub>2</sub>-utslipp tilsvarende som i Norge, men ser bort fra at utvikling av slik teknologi kan påvirke den internasjonale prisen på CO<sub>2</sub>-utslipp.

#### 3.1. Effekter av differensiert FoU-støtte

Dersom de positive eksterne effektene av FoU empirisk sett er størst i en næring, bør FoU-virksomhet i denne næringen støttes mer så hver produsent i næringen får kompensasjon for slike virkninger på resten av samfunnet. På individuelt prosjektnivå er det imidlertid svært vanskelig å anslå, og ikke minst predikere, hvor stort gapet er mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk avkastning. I den empiriske litteraturen spriker estimatene for graden av imperfeksjoner sterkt. Så vidt vi kjenner til finnes det foreløpig ingen empiriske analyser som tallfester at slike imperfeksjoner i markeder for utvikling av klimateknologier avviker fra andre teknologier, se også Popp (2006). Vi har derfor valgt å anta like spilloverparametre for hhv. CCS-FoU og generell FoU. Selv om spilloverparametrene er like, vil ulike transmisjonsmekanismer for produktivitetens utviklingen generert av de to typene FoU og ulike samspillseffekter føre til at den samfunnsøkonomiske avkastningen av å fordele et gitt støttebeløp til hhv. CCS-FoU eller generell FoU, vil være ulike. Bye og Jacobsen (2009) analyserer effektene av en slik politikk innenfor den makroøkonomiske vekstmodellen presentert i boks 1, og belyser samspillseffekter med resten av økonomien og samspillet med karbonpolitikken representert ved CO<sub>2</sub>-avgiften.

I vår referansebane har begge typer FoU samme subsidiesats (ad valorem) på 6,4 prosent. Referansebanen tar utgangspunkt i basisbanen presentert i boks 1. Dette tilsvarer en samlet FoU-støtte til private bedrifter på om lag 1,7 mrd kroner (2002-kroner). For å analysere effektene av å reallokere deler av denne FoU-støtten til hhv. generell FoU eller CCS-FoU gjør vi følgende skiftanalyse: I det ene alternativet overføres et gitt beløp (17 millioner kroner målt som annuitet) av støtten fra CCS-FoU til generell FoU. I det andre alternativet overføres det tilsvarende beløpet fra generell FoU til CCS-FoU. Effektene av de to scenarioene måles i forhold til referansebanen.

#### Økt støtte til generell FoU

Å overføre 17 millioner kroner fra CCS-FoU til generell FoU innebærer at mesteparten av støtten til CCS-FoU

### Boks 1: Hovedtrekk ved FoU-modellen

FoU-modellen vi benytter er en dynamisk vekstmodell basert på Romer (1990) med optimerende produsenter og husholdninger. Modellen gir en forholdsvis detaljert beskrivelse av skattesystemet og produksjons- og konsumstrukturer i norsk økonomi. Den spesifiserer 15 ordinære ferdigvareprodusenter, to separate FoU-næringer som leverer kunnskap i form av patenter til to tilhørende næringer for høyteknologiske kapitalvarer, henholdsvis til gasskraftverk med CCS og til resten av økonomien. Modellen beskriver en liten åpen økonomi, og internasjonale priser og nominelt rentenivå er bestemt på verdensmarkedet. Økonomien må overholde en intertemporal budsjettbetingelse spesifisert ved et krav om at utenlandsgjelden ikke skal eksplodere. Modellen gir en relativt rik representasjon av hvordan myndighetenes økonomiske virkemidler, spesielt indirekte skatter og subsidier, påvirker atferden i privat sektor. Modellens produksjons- og forbruksaktiviteter er tilknyttet utslipp til luft slik de følger av utslippsregnskapet i Statistisk sentralbyrå. Alt utslipp av klimagasser er pålagt en uniform CO<sub>2</sub>-avgift. Modellen er kalibrert til nasjonalregnskapssammenhengene for 2002.

Produksjonen av generell FoU materialiseres i form av patenter som leveres til produsenter av høyteknologiske kapitalvarer, som igjen leveres til bruk i hele økonomien. Produktiviteten i økonomien øker med antall høyteknologiske generelle kapitalvarianter. Patenter fra CCS-FoU leveres til produsenter av høyteknologiske CCS-kapitalvarer til bruk i gasskraftverk med CCS-teknologi. Flere høyteknologiske CCS-kapitalvarianter gir økt produktivitet i gasskraftverkene med CCS. Bortsett fra at produsentene av en type høyteknologisk kapital, enten generell eller CCS-kapital, produserer ulike varianter, er de like. Produktiviteten i FoU-næringer øker som følge av at akkumulert kunnskap fra patentene gir et positivt, men avtakende produktivetsbidrag til fremtidig FoU-virksomhet, som i Jones (1995). Produktivetsøkningen i FoU-næringer som følge av akkumulert kunnskap blir ikke tatt hensyn til av bedriftene, slik at det er en positiv eksternalitet som bidrar til at privat forskningsinnsats blir for lav. Avkastningen på samlet produksjon av å tilføre teknologinæringene ressurser i FoU-modellen er om lag to og en halv gang så stor som avkastningen ressursene gir i andre næringer i økonomien. Jones og Williams (1998) finner at den samfunnsøkonomiske avkastningen av å drive FoU-virksomhet kan være opp til fire ganger så høy som annen virksomhet. Anslagene i FoU-modellen er derfor moderate. Mengden akkumulert kunnskap er spesifikk for de to teknologitypene, generell og CCS, slik at økt kunnskap i den ene næringen bidrar til po-

sitiv kunnskapsspillover kun i sin egen næring. Det er ingen kunnskapsspillover mellom FoU-næringer. Dette gjøres for å rendyrke effektene av de ulike kunnskapsoverføringsmekanismene i modellen.

For en liten åpen økonomi kommer kun en liten andel av produktivetsutviklingen fra innenlandsk teknologiutvikling som følge av innenlandsk FoU, jfr. Coe og Helpman (1995) og Keller (2004). Når dagens FoU-politikk legges til grunn, antas det at om lag 90 prosent av den modellerte produktivetsutviklingen på lang sikt være absorbert fra utlandet, mens 10 prosent følger av innenlandsk, FoU-basert innovasjon.

Den representative konsumenten er antatt å maksimere nåverdien av nytten av konsumgoder over en uendelig horisont. Bedriftene maksimerer nåverdien av kontantstrømmen etter skatt til eierne. I tråd med den dominerende praksis innenfor denne litteraturen, forutsetter vi at forventningene om framtidige priser og inntekt er perfekte i den forstand at de faller sammen med den utviklingen som modellen genererer. De substituerbare produksjonsfaktorene består av arbeidskraft, tradisjonell realkapital, FoU-baserte kapitalvarianter og ulike typer vareinnsats.

Referansebanene i analysene våre er basert på en felles basisbane hvor alle eksogene vekstfaktorer er antatt å vokse med en konstant rate. De gjennomsnittlige vekstratene for de eksogene variablene er hentet fra Perspektivmeldingen (Finansdepartementet, 2004). For en nærmere beskrivelse av vekstbanen og antakelsene se Bye mfl. (2008). Den årlige vekstraten i total faktorproduktivitet (TFP) er satt til 1 % i gjennomsnitt. På lang sikt, 60-70 år frem i tid, nås en stasjonær vekstbane hvor årlig vekst i BNP er 1.5 %, årlig konsumvekst er 1 % og nettoeksporten øker. Kravet om 10 % vekstbidrag fra endogene vekstmekanismer krever en sterk vekst i generell FoU og generell kapitalvariantproduksjon. Den uniforme CO<sub>2</sub>-avgiften er på 100 kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Den lave CO<sub>2</sub>-avgiften gir lav lønnsomhet av gasskraft med CCS slik at denne produksjonen nesten er lik null i basisbanen.<sup>1</sup> Ved høyere CO<sub>2</sub>-avgift øker gasskraft med CCS, slik at produksjon av høyteknologisk CCS-kapital og CCS-FoU øker. Utslippene i basisåret, 2002, er 56.1 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og øker til 92 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2050.

<sup>1</sup> De første årene innføres det et subsidie til gasskraft med CCS i basisbanen for at produksjonen ikke skal bortfalle. Dette subsidiet fases ut i løpet av de første 10 simuleringssperiodene.

avvikles. Subsidiertaten til generell FoU øker med 0,04 prosentpoeng. Kostnadene ved generell FoU produksjon faller og produksjonen av generell FoU og generelle høyteknologiske kapitalvarianter øker.<sup>4</sup> Både leveranser til det innenlandske markedet og spesielt eksportmarkedet av høyteknologiske generelle kapitalvarianter øker.

For de andre næringene i økonomien faller aktiviteten. Dette skyldes at økt etterspørsel etter produksjonsressursene fra de generelle teknologinæringene

fortrenger økt aktivitet gjennom stigende faktorpriser. Dette motveies noe av redusert aktivitet og frigjøring av produksjonsressurser i den andre FoU-næringen, CCS-FoU, som følge av fallet i støtten til CCS-FoU. Kostnadene for CCS-FoU øker og CCS-FoU faller. For økonomien som helhet er denne strukturendringen gunstig. Velferdseffektene av de ulike politikktiltakene er vist i figur 1. Effekten på den økonomiske velferden målt som nåverdien av befolkningens nytte, er positiv. Økningen i generell FoU-aktivitet bidrar positivt fordi FoU-basert virksomhet i enkeltbedrifter har positive eksterne virkninger (spillover) for produktiviteten også i andre bedrifter, både i og utenfor de generelle teknologisektorene. Denne produktivitetseffekten kommer

<sup>4</sup> Bye, Fæhn og Heggedal (2008) redegjør nærmere for effekter av ulike former for støtte til generell FoU-virksomhet i norsk økonomi.

alle bedrifter i økonomien til gode.<sup>5</sup> Dette motvirkes imidlertid noe av lavere produksjon innad av hver generelle høyteknologiske kapitalvariant. For CCS-FoU er de motsatte effektene til stede. Fallet i CCS-FoU er relativt sett stort, men det er ikke stort nok til å oppveie økningen i generell FoU, og samlet FoU øker med de positive effektene det har for økonomien.

Ved hjelp av den numeriske modellen får vi også identifisert andre, mer indirekte årsaker til at økonomien blir mer effektiv. En viktig slik effekt er økt finanssparing som bidrar til at samlet sparing øker. Kapitalinntektsbeskatningen fører til at det spares for lite i forhold til det som er samfunnsøkonomisk effektivt. En annen slik effekt er at landets eksport blir mindre basert på tradisjonell industri ved at produksjonen i den kraftkrevende prosessindustrien faller. Denne industrien er støttet av en rekke politiske tiltak for å sikre at den blir konkurransedyktig. Selv om det finnes politiske begrunnelser for å favorisere den tradisjonelle industrien, er dette med på å hemme en effektiv utnyttelse av landets ressurser.

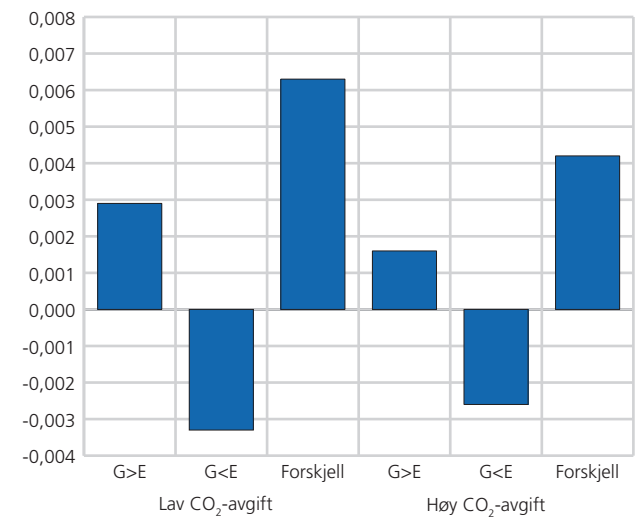
### Økt støtte til CCS-FoU

I dette politikkalternativet overføres det samme støttelepet fra generell FoU til CCS-FoU som i alternativet med økt støtte til generell FoU. Sammenliknet med alternativet som gir økt støtte til generell FoU, innebærer dette en stor økning i støtten til CCS-FoU, målt i forhold til næringens opprinnelige størrelse. Subsidiensatsen øker med 4,3 prosentpoeng, dvs en økning på nærmere 75 prosent. Subsidiensatsen til generell FoU reduseres med 0,04 prosentpoeng.

Subsidieøkningen til CCS-FoU gir opphav til de samme effektene for CCS-FoU som alternativet med mer støtte til generell FoU, bortsett fra at effektene for CCS-høyteknologiaktiviteter målt som prosentvise endringer i forhold til referansebanen, er mye større. På lang sikt øker CCS-FoU med 57,7 prosent, mens produksjonen av høyteknologiske CCS-kapitalvarianter øker med 20,8 prosent. Prisen på CCS-patenter faller med 3,6 prosent, mens prisen på høyteknologiske CCS-kapitalvarianter faller med 0,9 prosent. Økt støtte til CCS-FoU øker produktiviteten i produksjonen av gasskraft med CCS, og produksjonen av elektrisitet reallokeres mot gasskraft med CCS.

Velferdseffekten av å reallokere deler av FoU-støtten til CCS-FoU er negativ. Dette har flere årsaker; Politikkskiftet er betydelig større for CCS-FoU målt i relative termer, mens effektene målt i absolutte størrelser er mindre. Effektene av avtakende utbytte i produksjonen kombinert med avtakende effekt av spillover-mekanismen i produksjonen av CCS-FoU, får dermed større betydning i dette politikkalternativet. Sagt på en annen måte, den lille reduksjonen i subsidieraten til den store generelle FoU-næringen fører til en stor reduksjon i generell FoU målt i absolutte termer, og samlet FoU

Figur 1. Effekter på økonomisk velferd av ulike politikkalternativer. Prosentvis endring fra referansebanene



G=støtte til generell FoU  
E=støtte til CCS-FoU

faller. I tillegg kommer effekten av at avtakene skalautbytte reduserer det relative bidraget av en stor endring i subsidiesatsen til CCS-FoU. Fallet i produksjonen av generell FoU fører til lavere generell produktivitetsvekst. Produktivitetsveksten som følger av økt produksjon av CCS-FoU overføres til resten av økonomien kun via elektrisitetsmarkedet som et fall i elektrisitetsprisen. Dette er fordelaktig for den kraftkrevende prosessindustrien som øker sin produksjon. Reallokering av ressurser til denne industrien bidrar som tidligere omtalt negativt til velferden. Den positive effekten av økt eksport av høyteknologiske CCS-kapitalvarianter oppveies av fallet i eksporten av generelle kapitalvarianter. Sparing reallokeres fra finanssparing til sparing i realkapital og samlet sparing faller.

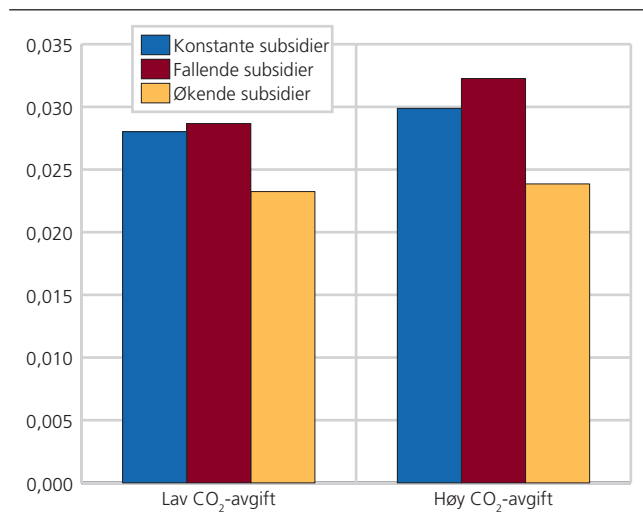
### 3.2 Hvordan fordele FoU-støtte til CCS over tid?

Argumentene for støtte til FoU er imperfeksjoner i FoU-markedet. Dersom imperfeksjonene i FoU-markedet varierer over tid, er det god grunn til å tro at subsidiesatsene også bør variere. Heggedal og Jacobsen (2008) benytter FoU-modellen beskrevet i boks 1 til å analysere hvordan subsidier til CCS-FoU bør fordeles over tid. I analysen sammenliknes effektene på den økonomiske velferden av tre politikkalternativer med ulik subsidieprofil til CCS-FoU.

Subsidieprofilen påvirkes av to effekter som trekker i hver sin retning. For det første er antagelsen om avtakende utbytte av akkumulert kunnskap på produktiviteten i CCS-FoU, et argument for at subsidiesatsen skal avta med økt CCS-FoU. På den andre siden øker kunnskapsspillovereffekten med økt kunnskapsbase ved at marginalproduktiviteten av arbeidskraft går opp slik at innsatsen av arbeidskraft øker, og det blir flere fremtidige arbeidstakere som kan nyttiggjøre seg av den akkumulerte kunnskapen. Dette er et argument for at subsidiesatsen skal øke med CCS-FoU. A priori er det uklart hvilken av disse effektene som dominerer.

<sup>5</sup> Med unntak av gasskraftproduksjon med CCS.

Figur 2. Velferdseffekter av ulike profiler for subsidiesatsen for støtte til CCS-FoU. Prosentvis endring i forhold til referansebanene



De tre alternative profilene for subsidiesatsene simuleres med utgangspunkt i en referansebane som bygger på basisbanen omtalt i boks 1. I referansebanen er den uniforme CO<sub>2</sub>-avgiften økt fra nivået i basisbanen slik at utslippene i 2050 er 15 % lavere enn i basisbanen. For at politikkalternativene skal være sammenlignbare, er nåverdien av støtten til CCS-FoU lik i alle skiftene. Nåverdien av støtten er på cirka 45 million kroner, som tilsvarer cirka 25 % av den private CCS-FoU-en i 2002. Alternativet med fallende subsidiesats gir størst velferdsgvinst, se figur 2. At fallende subsidier gir størst velferdsgvinst indikerer at kunnskapsspillovereffekten faller over tid, noe som er tilfelle når effekten av avtagende utbytte av akkumulert kunnskap dominerer effekten av at det blir flere ansatte i næringen for CCS-FoU grunnet økt marginalproduktivitet av arbeidskraft ved høyere kunnskapsbase. Kverndokk og Rosendahl (2007) finner også at fallende subsidier til klimateknologi er best i en modell med læringseffekter som grunnlag for støtte. Velferdseffekten av konstant subsidiesats er større enn velferdseffekten ved økende subsidiesats da en konstant subsidiesats ligger nærmere den beste profilen for subsidiesatsen enn hva en økende profil gjør.

### 3.3 Effekter av en strengere global klimapolitikk

Heggedal og Jacobsen (2008) og Bye og Jacobsen (2009) studerer også effektene av en strengere global klimapolitikk (økt CO<sub>2</sub>-avgift i Norge og verden) på velferdseffektene i de to studiene. For å kunne gjennomføre meningsfulle sammenlikninger gjennomføres de samme politikkskiftene på nye referansebaner som har høyere CO<sub>2</sub>-avgift enn referansebanene som ligger til grunn for analysene i 3.1 og 3.2. Nåverdien av støttebeløpene i politikkskiftene er de samme som i politikkskiftene på referansebanene med lav CO<sub>2</sub>-avgift i 3.1 og 3.2. Heggedal og Jacobsen (2008) finner at rangeringen av de tre ulike profilene for subsidiesatsene ikke endres når CO<sub>2</sub>-avgiften øker, slik at fallende subsidiesatser fortsatt er best. Dette indikerer at nivået på

CO<sub>2</sub>-avgiften ikke har en sterk effekt på tidsutviklingen i imperfeksjonene i CCS-FoU næringen, se figur 2.

Velferdseffektene av støtte til CCS-FoU påvirkes imidlertid av nivået på CO<sub>2</sub>-avgiften, og det skyldes at imperfeksjonen relatert til markedsrett i næringen for høyteknologisk CCS-kapital vokser med CO<sub>2</sub>-avgiften. Verdien av høyteknologisk CCS-kapital øker med en strengere klimapolitikk fordi gasskraft med CCS blir mer lønnsomt. Det etterspørres mer høyteknologisk CCS-kapital og produksjonen øker. Ikke hele verdiøkningen av CCS-kapitalen blir fanget opp i profittøkningen til monopolbedriftene som produserer den høyteknologiske kapitalen, slik at underinvesteringene som følge av markedsrett øker. Velferdsovergangen av subsidier til CCS-FoU blir større og dermed øker betydningen av en aktiv politikk rettet mot CCS-FoU. De tre alternative tidsprofilene for subsidiesatsen til CCS-FoU gir høyere velferdseffekt av støtte i regimet med høy CO<sub>2</sub>-avgift enn i regimet med lav CO<sub>2</sub>-avgift.

Bye og Jacobsen (2009) finner at gevinsten ved å reallokere noe av FoU-støtten til generell FoU på bekostning av CCS-FoU avtar når CO<sub>2</sub>-avgiften øker, se figur 1. Dette skyldes dels at velferdseffekten av økt støtte til CCS-FoU blir mindre negativ ved en streng klimapolitikk som følge av at underinvesteringene i CCS-FoU øker når CO<sub>2</sub>-avgiften øker. Effekten er imidlertid ikke stor nok til å oppveie effekten av subsidiene til generell FoU, slik at konklusjonen om at FoU-støtten ikke bør differensieres til fordel for CCS-FoU gjelder også for høye nivåer på CO<sub>2</sub>-avgiften.

### 4. Konklusjoner og avsluttende merknader

I denne artikkelen har vi drøftet ulike argumenter som kan belyse om FoU-politikken skal differensieres mellom FoU-næringer. Spesielt har vi sett på om FoU-politikk rettet mot klimateknologier eksemplifisert ved det politiske satsingsområdet CCS-teknologier skal avvike fra annen FoU-politikk. Imperfeksjonene knyttet til markedene for nye klimateknologier vil også avhenge av prisen på CO<sub>2</sub>-utslipp, og det er dermed komplementaritet mellom utslippspolitik og politikk rettet mot utvikling av klimateknologi. For fullt ut å ta hensyn til de eksterne effektene ved utslipp av klimagasser er det nødvendig med en kostnadseffektiv prising av klimagassutslipp. Teknologiske virkemidler bør generelt rettes mot svikt i klimatemarkedene som for alle andre teknologier.

I tilfeller der ulike teknologier har ulik grad av modenhet åpner dette for at FoU-politikken kan differensieres, men om det er den modne eller umodne teknologien som skal støttes mest er et empirisk spørsmål. Hvis levetiden for patenter er begrenset kan dette tale for at FoU i for eksempel CCS-teknologier skal støttes mer. Der som dette kombineres med en stigende pris på klimautslipp som følger av at klimapolitikken strammes til over tid, kan det være optimalt å støtte FoU på klimateknologier mer enn annen FoU som ikke påvirkes nevneverdig av stigende utslippspriser.

Vi analyserer FoU-politikk ved hjelp av en makroøkonomisk modell for norsk økonomi hvor vi både har spesifisert generell- og CCS-teknologiutvikling drevet av FoU. Siden modellen tar hensyn til kunnskapseksternaliteter mellom bedrifter, gir karbonprising tilleggsgevinster i form av å stimulere etterspørselen etter CCS-teknologier og CCS-FoU. Resultatene tyder imidlertid på at det ikke bør drives selektiv støtte til slik forskning på bekostning av annen forskning. En av årsakene til dette er at annen teknologiutvikling påvirker produktiviteten i alle sektorer i økonomien, mens CCS-FoU gir et snevrere bidrag til produktivitsveksten fordi den i stor grad kanaliseres via energimarkedet.

Resultatene fra simuleringene tyder på støtte til CCS-FoU bør komme i form av fallende subsidierater fordi underinvesteringene i CCS-teknologi er størst i begynnelsen av simuleringsperioden. Fallende subsidierater gir høyest velferdseffekt for alle de testede nivåene på CO<sub>2</sub>-avgiften.

Norsk FoU på CCS-teknologier kan også være en katalysator for kunnskapsabsorpsjon fra utlandet eller bidra til økt spredning av slike teknologier i utlandet. Vi har ikke sett nærmere på slike effekter her. Det offentlige skal stimulere til teknologiutvikling etter størrelsen på imperfeksjonene. Mangel på detaljert informasjon om størrelsen på slike effektivitetskiller gjør at vi ikke anbefaler å drive selektiv støtte til CCS-FoU. Å "plukke" vinnere i denne teknologikonkurransen reduserer den samfunnsøkonomiske effektiviteten og kan også gi rom for "rent-seeking" aktiviteter.

## Referanser

- Bye, B., T. Fæhn, T. R. Heggedal, Karl Jacobsen og B. Strøm (2008): An innovation and climate policy model with factor-biased technological change: A small, open economy approach, *Reports 2008/22*, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B., T. Fæhn og T.R. Heggedal (2008): Forskning og utvikling i næringslivet: - politiske intensjoner og valg av virkemidler, *Økonomiske analyser nr. 6*, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B., T. Fæhn og T.R. Heggedal (2009): Er teknologipolitikk et egnet virkemiddel i den norske klimapolitikken? *Samfunnsøkonomen*, 2009/6
- Bye, B. og K. Jacobsen (2009): On general versus emission saving R&D support, *Discussion Paper 584*, Statistisk sentralbyrå.
- Coe, D.T. og E. Helpman (1995): International R&D spillovers, *European Economic Review*, 39, 859–887.
- Finansdepartementet (2004): Perspektivmeldingen 2004 – utfordringer og valgmuligheter for norsk økonomi, St.meld. no. 8. 2004.

Finansdepartementet (2009): Nasjonalbudsjettet 2009, St.meld. no. 1. 2009.

Fischer, C. og R.G. Newell (2008): Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation, *Journal of Environmental Economics and Management* 55, 142–162.

Gerlagh, R., Kverndokk, S., og K.E. Rosendahl (2009): Optimal Timing of Climate Change Policy, *Environmental and Resource Economics* 43, 369-390.

Goulder, L.H. og S.H. Schneider (1999): Induced technological change and the attractiveness of CO<sub>2</sub> abatement policies, *Resource and Energy Economics* 21, 211–253.

Griliches, Z. (1995): R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues, i P. Stoneman (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*, Blackwell, Oxford.

Heggedal, T.R. (2008): On R&D and the undersupply of emerging versus mature technologies, *Discussion Paper 571*, Statistisk sentralbyrå.

Heggedal, T.R. og K. Jacobsen (2008): Timing of innovation policies when carbon emissions are restricted: An applied general equilibrium analysis, *Discussion Paper 536*, Statistisk sentralbyrå.

Jaffe, A.B., Newell, R.G. og R.N. Stavins (2005): A Tale of Two Market Failures: Technology and Environmental Policy, *Ecological Economics* 54, 164–174. Jones, C.I. (1995): R&D-based models of economic growth, *Journal of Political Economy* 103, 759–784.

Jones, C. I. og J.C. Williams (1998): Measuring the social returns to R&D, *Quarterly Journal of Economics* 113, 1119-1135.

Keller W. (2004): International Technology Diffusion, *Journal of Economic Literature* XLII, 752-782.

Kverndokk, S. og K.E. Rosendahl (2007): Climate policies and learning by doing: Impacts and timing of technology subsidies. *Resource and Energy Economics* 29, 58–82.

Metz, B., Davidson, O., H. de Coninck, M. Loos og L. Meyer (2005): *IPCC special report on carbon dioxide capture and storage*. Cambridge University Press, New York, NY (United States).

Popp, D. (2006): R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a 'Free Lunch'? *Climatic Change*, 77, 311-341.

Romer, P. (1990): Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy* 94, 1002-1037.