

Utvikling av klimateknologier – hvordan kan Norge bidra?

Taran Fæhn*

Skal verden nå klimaforhandlingenes omforente mål om å unngå sterkere økning i den globale middeltemperaturen enn to grader Celsius, vil det kreve rask og omfattende teknologisk omstilling. Uten utstrakt utslippsregulering globalt er imidlertid etterspørselsdrivkraften for teknologisk endring nærmest fraværende. Drivkraften kan i noe grad erstattes av støtte til spredning av teknologier. Norge kan best bidra til dette ved å støtte teknologiinvesteringer i lite utviklede, men raskt voksende økonomier, helst i samarbeid med andre land. Videreutvikling og styrking av Det grønne utviklingsfondet, som ble lansert på klimakonferansen i Durban i 2011, er en lovende vei å gå.

Innledning

Verden står overfor store klimautfordringer. I FNs klimaforhandlinger har verdenssamfunnet satt seg som mål å unngå en økning i den globale middeltemperaturen utover to grader Celsius regnet fra før-industriell tid. Dette vil kreve raske utslippskutt og omfattende teknologisk omstilling. Denne artikkelen gjennomgår kriteriene for en fornuftig klima- og teknologipolitikk og diskuterer hvordan et lite, men rikt land som Norge best kan bidra til den nødvendige teknologiomstillingen.

Det er langt fra tilstrekkelig vilje blant de forhandlende landene til å påta seg bindende forpliktelser. Figur 1 viser to scenarier for utslippsutviklingen fremover fra rapporten World Energy Outlook fra Det internasjonale energibyrået, IEA (2011). Det øverste illustrerer utslippsutviklingen en kan håpe på frem mot 2035, dersom løftene som er blitt fremsatt i de siste årenes internasjonale forhandlinger i København i 2009, Cancun i 2010 og Durban i 2011, settes ut i live. På lang sikt forventes den globale middeltemperaturen å øke med over 3,5 grader i et slikt scenario. Det nederste scenarioet i figur 1 viser en utslippsutvikling med potensial for at togradersmålet kan nås på lang sikt. Forskjellen mellom det øverste og det nederste scenarioet er dekomponert i figuren, for å vise hvilke nye klimateknologier IEA ser for seg må utvikles og tas i bruk. Mer energieffektive løsninger forventes å kunne ha det største potensialet, mens fornybar energi og karbonfangst og -lagring (Carbon Capture and Storage – CCS) også vil ha vesentlige innslag, ifølge IEA.

Taran Fæhn forskningsleder i Gruppe for miljøøkonomi og forsker i Oslo Centre for Research on Environmentally friendly Energy (CREE) (tfn@ssb.no).

Når viljen til forpliktende bidrag i dag er alt for lav til å nå målene man er enige om, henger det sammen med at de nødvendige klimateknologiske omstillingene har høye og usikre kostnader. Dette er en høna-og-egget problematikk. Får vi ikke på plass omfattende klimapolitiske reguleringer, vil det ikke være marked for nye og bedre klimateknologier. Dermed vil forskning og utvikling (FoU) ikke få den drahjelpen som må til. Slik forblir omstillingskostnadene høye og usikre og viljen til klimapolitiske reguleringer lav. Basert på en rekke studier av potensialet for teknologisk endring på energiområdet, konkluderer Newell (2010) med at kostnadene ved klimautslippsreduksjoner minst kan halveres med en fornuftig klima- og teknologipolitikk.

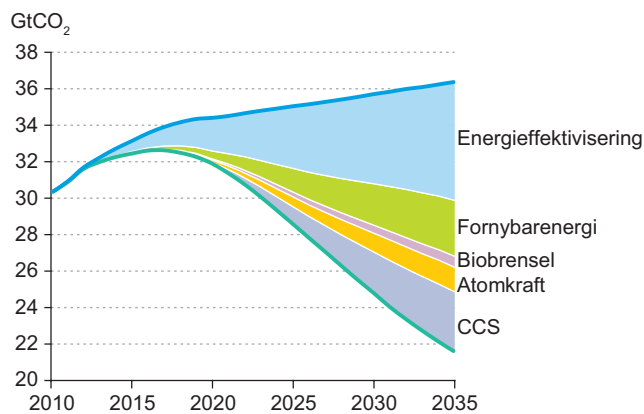
På verdensbasis går mindre enn tre prosent av offentlige FoU-utgifter til energiforskning (Newell, 2010). Etter at realverdien av forskningen på energiområdet falt kraftig fra 1980 til 1990, først og fremst som følge av redusert offentlig satsing på atomkraftsteknologi, har de offentlige FoU-utgiftene økt igjen gjennom det siste tiåret. 70 prosent av verdens FoU-virksomhet foregår i private bedrifter og institusjoner, og av den anvendte forskningen skjer en enda større del i det private næringslivet. Det er derfor vesentlig å kartlegge hva som driver og stimulerer privat FoU på klimateknologier og hva myndighetenes rolle bør være.

Tre offentlige oppgaver

Privat FoU vil først og fremst være drevet av utsikter til økonomisk fortjeneste. Finansiell støtte, patentbeskyttelse og andre gode rammebetingelser for FoU er med på å stimulere aktiviteten, men den viktigste drivkraften er den globale etterspørselen etter bedre og billigere produkter og teknologier. Situasjonen for klimateknologisk nyskaping er spesiell, ved at det ikke uten videre finnes en slik etterspørselsdrivkraft. Et optimalt nivå på FoU-aktiviteten innenfor klimateknologier krever at myndigheter påtar seg oppgaver på tre viktige områder. Den første oppgaven er å skape et marked for klimateknologier. Slike markeder er avhengig av

* Artikkelen er basert på et foredrag holdt på Samfunnsøkonomenes høstkonferanse i oktober 2012. Jeg vil takke Knut Einar Rosendahl og Mads Greker for nyttige diskusjoner i forkant og Bodil Larsen for innspill til tidligere utkast.

Figur 1. CO₂-reduksjoner mot 2035 fra referansescenario (med dagens løfter) til målscenario (forenlig med togradersmålet), fordelt på energiteknologitiltak



Kilde: IEA (2011) World Energy Outlook 2011 .

at myndigheter iverksetter en troverdig og langsiktig klimapolitikk, som driver etterspørselen vekk fra fossil energi og over på nye produksjonsmåter og forbruksgoder som er klimavennlige. Målsettingene knyttet til den globale oppvarmingen vil bestemme hvor streng politikken bør settes. Mest kostnadseffektiv blir politikken om den stiller alle utslippskilder i alle land overfor samme marginalkostnad gjennom global, langsiktig og troverdig utslippsprising. Det vil sikre at de mest effektive teknologiene blir etterspurt og at ideene med størst mulig inntjeningspotensial blir forsket på.

Imidlertid vil det normalt være samfunnsøkonomiske gevinster knyttet til FoU som overstiger de private inntjeningsmulighetene. Utslippsprising vil ikke internalisere disse gevinstene og er derfor ikke tilstrekkelig for å oppnå et samfunnsøkonomisk fornuftig FoU-nivå innenfor klimateknologier. Det kan være ulike grunner til det. Den viktigste er at en del av den kunnskapen som utvikles i en forskningsbedrift er vanskelig å holde for seg selv. Mye vil tilflyte samtidige og fremtidige forskere og andre bedrifter som et fellesgode. Dette skaper nytte for samfunnet som helhet, uten at den enkelte forskningsbedrift legger slike eksterne nytteeffekter til grunn når de bestemmer sitt aktivitetsnivå. *Den andre viktige oppgaven* for offentlige myndigheter er derfor å tilse at FoU-nivåene som realiseres tar høyde for slike eksterne nytteeffekter. Uten patentinstituttet ville FoU-virksomheten vært svært lav, og selv med patentbeskyttelse viser empiriske studier at det er gode grunner til å stimulere FoU med offentlig støtte. Griliches (1995) gjennomgår ti mikroøkonometriske studier, der anslagene for privat avkastning av FoU ligger mellom 9 og 56 prosent, mens anslagene for den samfunnsøkonomiske avkastningen er mellom 10 og 160 prosent. Jones og Williams (1998) finner at samfunnets avkastning ligger mellom 2,5 og 4 ganger høyere enn den privatøkonomiske.

På individuelt prosjektnivå er det svært vanskelig å anslå, og ikke minst predikere, hvor stort gapet er mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk avkastning.

Verken empirisk eller teoretisk forskning antyder at de eksterne nytteeffektene er sterkere eller svakere fra FoU på klimateknologier enn fra annen FoU. Mangel på estimater og gode metoder for slike beregninger på mikronivå taler for å bruke uniforme støttesatser for all FoU, klimarelevant så vel som annen. Det er videre viktig å poengtere at kunnskapsoverføringer fra FoU er grenseoverskridende. For verden under ett er det derfor ønskelig med sterkere stimulans til et lands FoU enn det nasjonale hensyn tilsier. Overnasjonale støtteordninger vil være optimalt for å få et globalt riktigst nivå på FoU-virksomheten.

Selv dersom både klimapolitikken og FoU-politikken hadde vært riktig utformet fra et globalt perspektiv, vil en tredje oppgave for offentlige myndigheter være å motvirke eventuelle markedssvikter som finnes i selve spredningen av teknologiene. Et eksempel på markedssvikt kan være eksterne læringseffekter, det vil si kunnskap én aktørs bruk av de nye teknologiene overfører til andre (Kverndokk og Rosendahl, 2007). Et annet, mye omtalt, tilfelle av markedssvikt er den innelåsing i gamle teknologier som kan vedvare fordi det ikke finnes et tilstrekkelig nettverk som støtter opp om nye teknologier. Nettverk har den eksterne nytteeffekten at jo flere som knytter seg til nettverket, jo større utbytte får alle de andre deltakerne. Hydrogendrevne biler trenger for eksempel nye drivstoffnettverk, og uten en koordinert overgang til hydrogenteknologi kan betalingsviligheten for slike nettverk av fyllestasjoner bli for lav (Greaker og Heggedal, 2010).

Markedene for klimateknologier er svært ulike, og markedsimperfeksjonene er ofte teknologispesifikke. Det gir grunn til å være mer teknologiselektiv i både utformingen og dimensjoneringen av offentlige inngrep i spredningsmarkedene enn i FoU-markedene. Mange av behovene er dessuten tidsbegrensede. Læringseffekter vil for eksempel være sterkest i de tidlige, mest umodne fasene, mens nettverk over en viss kritisk størrelse vil kunne utvikle seg videre uten ytterligere inngrep. Igjen gjelder det at markedene er internasjonale, hvilket taler for at overnasjonale initiativ er det mest effektive.

Teknologipolitikk som erstatning for klimapolitikk

Som det går frem av diskusjonen ovenfor, vil en optimal, global respons på de klimateknologiske utfordringene kreve internasjonalt, langsiktig samarbeid om klimapolitikk og teknologipolitikk med tre hovedingredienser: Utslippsprising, FoU-støtte og teknologispesifikke inngrep i spredningsmarkedene. Verden er langt fra denne idealsituasjonen i dag. Først og fremst mangler det en koordinert og tilstrekkelig streng klimapolitikk. Modellberegninger i Popp (2006) viser at 95 prosent av velferdsgevinsten verden ville kunne oppnå med en optimal politikk, ville vært oppnådd med en riktig utslippsprising alene. Med foreløpig dårlige utsikter til at klimapolitikken kommer på plass, blir spørsmålet om særlig aktiv FoU-politikk eller spredningspolitikk

kan brukes som nest-beste virkemidler for å få til klimateknologisk utvikling.

Popp (2006) er pessimistisk når det gjelder FoU-politikens potensial. Selv om en særlig FoU-satsing ville kunnet bidratt til dramatisk mer forskningsvirksomhet, ville nesten ingen klimateknologier blitt tatt i bruk uten at nye markeder samtidig kom på plass. Under dagens klimapolitiske regime er det bare en liten andel av klimateknologiene som er så løfterike at økt FoU kan gjøre dem konkurransedyktige i forhold til teknologier basert på fossil energi. I et mer dynamisk perspektiv kan det imidlertid innvendes at dramatisk økt FoU kan ha en mer indirekte virkning for teknologiomstilling, ved å gjøre klimateknologier billige nok til at flere land vil påta seg bindende forpliktelser om utslippskutt. Et slikt argument er imidlertid avhengig av hva slags FoU som blir stimulert. Dersom teknologiløsningene først og fremst er tilpasset de landene som allerede viser vilje til forpliktelser, vil de stå overfor lavere kostnader fremover, noe som vil opprettholde og sågar forsterke deres vilje til utslippskutt. Øvrige land vet derfor at de kan fortsette å være gratispassasjerer (Bucholtz og Konrad, 1994; Stranlund, 1996).

I stedet for særlig satsing på FoU-stimulans innenfor klimateknologier, kan en særlig støtte til teknologispredning skape den etterspørselsdrivkraften som mangler når klimapolitikken er for svak. Det finnes mange historiske eksempler på at aktiv spredningspolitikk har sammenfalt med viktige teknologiske gjennombrudd. Henderson og Newell (2011) trekker frem at den digitale revolusjon var kjennetegnet ved store offentlige innkjøp av nyutviklede løsninger og at medisinske nyvinninger spres ved hjelp av offentlig finansiering og tilbud av helsetjenester. Identifisering av slike sammenfall er imidlertid ikke tilstrekkelig for å slå fast at nivået på offentlig finansiering og balansen mellom FoU-støtte og spredningsstøtte er optimal. Det finnes også mange eksempler på at en til tross for sterk offentlig satsing ikke har fått teknologigjennombrudd. Historien gir lite grunnlag for å generalisere, og særlig sier den oss lite om spredningspolitikk som en nest-beste erstatning for klimapolitikk.

Globalt sett er det ikke tegn til at spredningspolitikken i særlig grad blir benyttet som et substitutt for klimapolitikk. Spredningspolitikken deler noen av klimapolitikken utfordringer. For det første vil også spredningspolitikken måtte være langsiktig og troverdig, dersom den skal gi den ønskede drahjelpen til teknologitvilling. Enten det er snakk om pisk (utslippsprising) eller gulrot (spredningssubsidier) er det vanskelig å signalisere at drahjelpspolitikken vil vedvare. Folk vet at dagens politikere ikke kan gi løfter på vegne av senere regjeringer. Myndighetene vil dessuten raskt komme i en *Catch22*-felle: Dersom de gir drahjelp i dag, vil det stimulere FoU og gjøre behovet for drahjelp mindre i fremtiden. Men siden dagens forskere vet dette, vil de ikke kunne satse på at drahjelpen vil vedvare og FoU-aktiviteten vil bli lav (Brunner mfl., 2012).

For det andre står spredningspolitikken, på tilsvarende vis som klimapolitikken, overfor gratispassasjerproblemet. For det enkelte land vil det være best om *andre* regjeringer tar på seg oppgaven med å stimulere etterspørselen etter nyere og bedre klimateknologier, mens egen FoU og næringsutvikling kan nyte godt av de subsidierte markedene og av eksterne kunnskapsoverføringer. Disse problemene er med på å hemme myndigheters bruk av spredningspolitiske virkemidler som drahjelp for klimateknologisk omstilling.

Norge bør feie for egen dør

Når den globale teknologitvillingen på klimaområdet går for sakte og myndigheter ikke bruker virkemidlene som skal til i tilstrekkelig grad, kan og bør norske myndigheter gjøre noe?

Først og fremst bør norske myndigheter, uavhengig av hva resten av verden gjør, optimalisere den nasjonale FoU- og spredningspolitikken og tilliggende politikfelt, som utdanningspolitikk og kredittpolitikk. Denne anbefalingen gjelder like sterkt på klimateknologifeltet som på alle andre FoU-områder. En hovedoppgave er å korrigere for eksterne kunnskapsoverføringer fra den FoU som finner sted i Norge. En annen er å sørge for at spredningsmarkedene fungerer, ved å motvirke markedssvikt dersom en identifiserer slike. Både FoU og spredning av teknologier kan gi kunnskapsoverføringer eller andre fordeler over landegrensene. Myndighetene må derfor ta stilling til om de i sin politikk skal legge nasjonal velferd til grunn eller utvide perspektivet, hvilket taler for sterkere nasjonale virkemidler.

På tilsvarende måte vil andre lands teknologitvilling og teknologipolitikk kunne begunstige bedrifter og brukere av teknologier i Norge. I mange tilfeller kan vi selv påvirke hvor stor nytte vi får av slike kunnskapsoverføringer. Graden av handel, utdanning og egen forskning er faktorer som påvirker landets absorpsjonskapasitet (Griffith mfl., 2004). Også her er det grunner til aktiv politikk, da slik absorbert kunnskap utenfra kan komme flere i landet til gode som følge av eksterne virkninger; se Falvey mfl. (2004), Alvarez og Lopez (2008), samt Bye og Fæhn (2012).

Hva mer kan Norge gjøre?

Norske myndigheter har relativt høye ambisjoner om å bidra til å løse det globale klimaproblemet. Det kommer til uttrykk gjennom Klimaforliket av 2012 og gjennom løftene til FN gjennom de siste års klimaforhandlinger. Selv om Norge er et lite land, er landet rikt og har signalisert vilje til å bruke ressurser. Dersom vi legger til grunn at Norge ønsker å bidra utover det som er direkte velferdsfremmende for landet selv, til at den globale teknologitvillingen fremskyndes, er ekstra norsk FoU-støtte et mulig satsingsfelt. Mangelen på utbredt utslippsprising gjør det imidlertid enda mer akutt å få på plass markedsetterspørsel for klimateknologier. Forskning trenger en vekselvirkning med markedene for å bli relevant og markedstilpasset. Dette kan tale for at Norge bør satse på å erstatte noe av den

etterspørselsdrivkraften for klimateknologier som mangel på grunn av for svake klimavirkemidler i de globale markedene. Dette kan gjøres på tre måter: Gjennom en særnorsk, høy utslippspris, gjennom subsidiering av investeringer i klimateknologier i Norge eller ved å støtte slike investeringer i andre land.

De to første alternativene skaper etterspørsel i Norge og vil dermed kunne bidra til FoU-virksomhet som er tilpasset norske behov. Et eksempel er norske myndigheters støtte- og tilpasningsordninger for elbiler. Elbilteknologien er fortsatt umoden, og dagens norske satsing kan derfor påvirke teknologiutviklingen på området. FoU-virksomheten vil først og fremst skje i utlandet, da norsk produksjon ikke lenger er av betydning i dette markedet.

Imidlertid ser vi langt oftere at spredningsstøtte rettes mot områder der norsk nærings- og/eller distriktsutvikling implisitt anses som et offentlig anliggende. Slik støtte har vi sett flere eksempler på i Norge. Fullskalaanlegget for karbonfangst og -lagring på Mongstad er særlig rettet mot norsk gasskraftproduksjon. Enovas og kommunenes tilskuddsordninger til pelletsovner passet som hånd i hanske med etableringen av den skogbruksbaserte pelletsfabrikken Biowoods i øykommunen Averøy. Innføringen av grønne sertifikater i Norge innebærer først og fremst støtte til små vannkraft- og vindmølleprosjekter i spredt bebygde områder. Når klimateknologipolitikken blandes med industri- og regionalpolitikk, blir den fort lite effektiv og treffsikker som klimateknologipolitikk. I konkurransen om støtte til norske prosjekter er det vanskelig å unngå at ressurser går vekk til lobbyvirksomhet. Mange av disse prosjektene har hatt svært liten betydning som FoU-drivere. Støtten har gått til relativt utviklede teknologier eller til teknologier som er lite tilpasset de globale behovene.

Skal vi få mest mulig teknologiutvikling for pengene, er det argumenter for at støtten bør rettes mot klimateknologisk omstilling i mindre utviklede land der den økonomiske veksttakten er høy. Spesielt gunstig vil det være om slik støtte inngår i en bredere fondsordning med bidrag fra flere land. Årsaken til det, er at et større fond kan spre innsatsen og risikoen på flere områder og løsninger, slik at en slipper dilemmaet med å velge ut og satse på få prosjekter. Et slikt fond ligner Det grønne klimafondet som ble lansert på klimakonferansen i Durban i 2011. Dets målsetting er å finansiere klimatiltak i u-land for 100 mrd. dollar årlig fra 2020.

Det er viktigere og billigere å få i gang grønn utvikling som kan brukes av mange land i sterk vekst. I og med deres raske utvikling, haster det med å få på plass teknologier som kan hindre store klimautslipp. En hovedutfordring i teknologiomstillingen er å sørge for at disse landene hopper bukk over teknologi-stadier med enormt innslag av fossil energi. I disse landene vet vi også at det er betydelige markedssvikter i spredningen av teknologiene, blant annet mangel på

kredittmuligheter. Dette er argumenter for spredningsstøtte i seg selv. Spredningsstøtte til u-land vil stimulere FoU. Denne vil fortsatt i stor grad skje i i-landene, men den vil være rettet mot teknologier tilpasset de raskt voksende landene. Her er de fremtidige markedene store, slik at nyvinninger får et stort spredningspotensial. Det er også fordelingsargumenter for å rette støtten mot de relativt fattigere deler av verdens befolkning. Får vi ned kostnadene ved utslippsreduksjoner i disse landene, vil det dessuten kunne øke deres tilbøyelighet til å binde seg i fremtidige klimaforhandlinger (Greaker og Hagem, 2010).

Konklusjoner

Verden trenger en dramatisk teknologiomstilling for å nå togradersmålet. Den klimateknologiske utviklingstakten er i dag langt fra den som er nødvendig. Årsaken er først og fremst at verden ikke har lyktes å få tilstrekkelige klimapolitiske virkemidler på plass. Til tross for at den norske økonomien er liten i verdensmålestokk, kan og bør norske myndigheter gjøre sitt for å bidra til raskere teknologiutvikling. Jeg har argumentert for at en får mest for pengene ved å støtte den teknologiomstillingen som må skje i relativt fattige, raskt voksende økonomier gjennom spredningsstøtte. Da vil forskning bli ansporet til å utvikle teknologiske løsninger tilpasset deres behov. Kapasiteten til FoU vil likevel fortsatt finnes i de rikeste landene, deriblant Norge. Kanskje ville en slik omlegging vri norsk forskning mer i retning av CCS-løsninger for kullkraftverk under utbygging i Kina og vekk fra dagens tunge CCS-satsing på eksisterende gasskraftverk?

I tillegg er det en løpende oppgave for norske myndigheter å legge til rette for et riktig nasjonalt nivå på FoU og teknologispredning. Dette er enklere sagt enn gjort. Det er ulike grunner til at markedene ikke fungerer optimalt og at offentlige virkemidler bør settes inn. I praksis er imidlertid virkningene av markedssvikt svært vanskelig å kvantifisere. Dermed er doseringen og innretningen av virkemidler og støtteordninger fortsatt for press fra ulike politiske og næringsbaserte interessegrupper, deriblant forskere. Behovet for identifisering og konsekvensanalyser av markedsimperfeksjoner i innovasjonssystemet er derfor stort og er viktige forskningsområder i seg selv.

Referanser

Alvarez, R. og R. Lopez (2008): Is Exporting a Source of Productivity Spillovers?, *Review of World Economics/Weltwirtschaftliches Archiv*, December 2008, 144/4, 723-49.

Brunner, S., C. Flachsland og R. Marschinski (2012): Credible commitment in carbon policy, *Climate Policy*, 12:2, 255-271.

Buchholz, W. og K. A. Konrad (1994): Global Environmental Problems and the Strategic Choice of Technology. *Journal of Economics*, 60, 299-321.

Bye, B. and T. Fæhn (2012): Absorptive and innovative capacity effects of education in a small, open economy, Discussion Papers 694, Statistisk sentralbyrå.

Falvey, R., N. Foster og D. Greenaway (2004): Imports, exports, knowledge spillovers and growth, *Economics Letters*, 85(2), 209-213.

Greaker, M. og C. Hagem (2010): Strategic investment in climate friendly technologies: the impact of permit trade, Discussion Papers 615, Statistisk sentralbyrå.

Greaker, M. og T. R. Heggedal (2010): Lock-In and the Transition to Hydrogen Cars: Should Governments Intervene?, *B.E. Journal of Economic Analysis & Policy: Contributions to Economic Analysis & Policy*, 10/1, Article 40.

Griffith R., S. Redding og J. Van Reenen (2004): Mapping the two faces of R&D: productivity growth in a panel of OECD industries, *The Review of Economics and Statistics* 86, 883-895.

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

Henderson, R. og R. G. Newell (2011): *Accelerating Energy Innovation: Insights from Multiple Sectors*, Harvard.

IEA (Det internasjonale energibyrået) (2011): *World Energy Outlook 2011*, OECD/IEA.

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

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

Newell, R. G. (2010): The role of markets and policies in delivering innovation for climate change mitigation, *Oxford Review of Economic Policy*, 26/2, pp. 253-269.

Popp, D. (2006): R&D subsidies and climate policy: is there a "free lunch"? *Climatic Change* 77(3-4), 311-341.

Stranlund, J. K. (1996): On the Strategic Potential of Technological Aid in International Environmental Relations, *Journal of Economics*, 64, 1-22.