

BRITA BYE
Forsker I i Statistisk sentralbyrå

TARAN FÆHN
Forsker I i Statistisk sentralbyrå

TOM-REIEL HEGGEDAL
Stipendiat i Statistisk sentralbyrå



Er teknologipolitikk et egnet virkemiddel i den norske klimapolitikken?

Omfattende teknologisk endring er avgjørende dersom verdenssamfunnet skal klare å begrense utslippene av klimagasser og dermed de globale klimaendringene. I denne artikkelen drøfter vi hvilken rolle den norske politikken rettet mot klimateknologisk utvikling og spredning kan ha. En hovedutfordring er at både klimaproblemet og teknologisk endring er globale fenomener. Dette legger føringer på hva som er tilgjengelige og fornuftige virkemidler og hvilke mål den nasjonale politikken skal rettes inn mot.

1 INNLEDNING

Omfattende teknologisk endring er avgjørende dersom verdenssamfunnet skal klare å begrense utslippene av klimagasser og dermed de globale klimaendringene (IEA, 2008). Utviklingen av klimateknologi er avhengig av at det skapes et marked for slike teknologier. Et globalt system for å prise klimagassutslipp, slik som et globalt marked for utslippskvoter, vil bidra til å skape slike markeder og vil være det mest målrettede og kostnadseffektive virkemiddelet for å redusere utslippene av klimagasser. Selv med et slikt system på plass, kan prosessene for teknologisk endring imidlertid gå for tregt. Årsakene til det er at markedene knyttet til forskning og utvikling (FoU) og teknologispredning ikke fungerer godt nok, særlig ikke på tvers av landegrensler.

I denne artikkelen drøfter vi hvordan nasjonale myndigheter best kan utforme den innenlandske politikken rettet mot klimateknologisk utvikling og spredning. En

hovedutfordring er at både klimaproblemet og teknologisk endring er globale fenomener. I tillegg kommer at klimaendringene er en treg prosess; det vi slipper ut i dag vil ha virkninger på miljøet og samfunnet langt fremover i tid. Likeledes er veien lang fra klimavennlige idéer unnfanges til nye løsninger tas i bruk i vesentlig omfang. Ideelt sett skal nasjonale myndigheter velge det mest mulig treffsikre og effektive virkemiddelet for hvert av målene de setter seg. For en liten åpen økonomi som den norske er rammebetingelsene for å drive nasjonal politikk sterkt avhengig av forhold utenfor de nasjonale myndighetenes kontroll. Disse legger premisser for hvilke virkemidler som er tilgjengelige, hvilke som er de mest effektive og hvordan teknologipolitiske virkemidler samspiller med andre politikkområder, som klimapolitikken. Hvilke mål og delmål myndighetene bør sette seg i et lite land som ikke kan regne med å ha stor innflytelse på verken klimaet eller den internasjonale teknologifronten kan også diskuteres.

I denne artikkelen ser vi argumenter som typisk blir brukt i den norske teknologipolitiske debatten på klimaområdet i sammenheng med den teoretiske og empiriske forskningen på feltet. Vi diskuterer om det kan være argumenter for å fremme innenlandsk utvikling og bruk av klimateknologier og hvordan virkemidlene i så fall bør innrettes.

2 HVA ER UTVIKLING OG SPREDNING AV KLIMATEKNOLOGIER

Teknologisk forbedring betegner alle typer endringer som reduserer faktorinnsatsen uten å redusere produksjonen verken i kvantitet eller kvalitet. Klimateknologiske endringer reduserer klimautslippene, som kan ses på som en innsatsfaktor.¹ Dette kan skje ved at renere prosesser eller teknologier utvikles og tas i bruk i produksjonen, eller ved at det kommer nye produkter på markedet som gir mindre utslipp når de anvendes.

Forbedring av klimateknologier kan skje på flere måter. I noen tilfeller vil det være snakk om *rensing*, dvs. utskillelse av klimagasser fra de enkelte prosessene. Karbonfangst og -lagring (Carbon Capture and Storage – CCS) er det viktigste eksemplet på dette. Andre klimateknologiforbedringer skjer gjennom *effektivisering* av innsatsfaktorene som gir klimautslipp, slik som drivstoff og andre fossile brenslers. Dette kan til en viss grad foregå innenfor dagens teknologier gjennom å forbedre faktorens ytelse per utslipp. Eksempler på dette kan være økt kapitalintensitet som ved bedre isolering av bygninger eller endret kjøremønster ved transport. En annen mulighet er at noe av bruken erstattes med andre faktorer ved *substitusjon*. Dette kan for eksempel være økt vekt på bruk av CO₂-fri elektrisitet som vann- eller vindkraft til energiformål, eller erstatning av fossil energi med bioenergi i kjøretøy og ovner, etc. Mange klimateknologier vil innebære mer drastiske *teknologiomlegginger*, hvor man må investere i helt nye teknologiske prosesser for å fremstille de samme varene/tjenestene. Hybridbiler og hydrogenbiler fordrer både nye kjøretøy og påfyllstasjoner. Store elektrifiseringsprosjekter offshore vil kreve infrastruktur og kapitalutstyr. Økt satsing på elektrisitet setter krav til klimavennlige løsninger i elektrisitetsforsyningen, slik som vind-, vann- og

bølgekraft. Offentlige transportløsninger og arealplanlegging er også eksempler på store teknologiomlegginger. Bye m.fl. (2009) gir en oversikt over ulike klimateknologier.

Vi deler den teknologiske endringsprosessen i to. I begrepet *teknologit utvikling* inkluderer vi alle typer FoU-basert frembringelse av nye teknologier som fremmer produktiviteten, og altså i klimasammenheng reduserer utslipp per produsert enhet. Den andre fasen er *teknologispredning*, som vi bruker synonymt med ordet *teknologiimplementering*.² Det dreier seg både om implementering av allerede utviklede teknologier innenfor økonomien og spredning av teknologier over landegrensene. I noen sammenhenger er det ikke noe tydelig skille mellom teknologit utvikling og teknologispredning. For eksempel vil nye og umodne teknologier gjerne utvikles og forbedres ved at de spres til flere brukere, gjennom såkalte læringsprosesser i utnyttelsen av teknologien. Et annet eksempel er at utvikling av en type teknologi i en økonomi ikke bare bidrar direkte til økt produktivitet, men kan også bidra til økt effekt av spredning av lignende teknologier i den samme økonomien. Årsaken til dette er at teknologit utvikling generelt gjør aktører/miljøer bedre i stand til å ta i mot – eller absorbere – teknologier som er utviklet andre steder (Cohen og Levinthal, 1989).

3 VIKTIGE RAMMEBETINGELSER FOR NORSK TEKNOLOGIPOLITIKK

Tiltak i et lite og åpent land som Norge vil måtte vurderes i lys av de internasjonale rammebetingelsene det står overfor og bare i liten grad kan påvirke. Et viktig bakteppe er at dagens globale politikkregimer for utslippsregulering og teknologisk utvikling ligger langt fra idealbeskrivelsen om veldefinerte mål og treffsikre virkemidler. Klimautslippene reguleres gjennom dagens Kyoto-avtale og ulike flernasjonale initiativ, blant annet EUs kvotesystem. Dette er imidlertid bare en sped start på verdensomfattende løsninger. Det gjenstår mye både på ambisjonsnivå, deltagelse og sektoromfang for at slike systemer skal få vesentlig innflytelse på utslippsnivået globalt og dessuten gi insentiver til utvikling av og investering i mer klimavennlige teknologier.

¹ Vi utelater dermed teknologiske endringer på områdene geoengineering og tilpasning til klimaendringer.

² Schumpeter (1942) delte teknologisk endring i tre: «invention» (oppfinnelse, idéutvikling), «innovation» (kommersialisering av idéen) og «diffusion» (spredning). De to første omfattes av vårt begrep teknologit utvikling, mens det tredje sammenfaller med vårt spredningsbegrep.

Den globale forskningen, utviklingen og spredningen av klimateknologier påvirkes i tillegg av enkeltøkonomiers teknologipolitikk og en rekke internasjonale systemer og avtaler. Viktig i så måte er regelverket for patentering, opphavsrettbestemmelser, avtaler om nærings- og handelspolitikk, flernasjonale teknologisamarbeid, samt ulike bistands- og utviklingsprosjekter der teknologioverføring er delmål.

For et lite, åpent land som Norge vil landets egen teknologiutvikling, og spredning av den innenlands, spille en relativt liten rolle for den teknologiske endringen. Spredningen av produkter og prosesser utviklet i utlandet blir desto viktigere (Coe og Helpman, 1995; Griffith m.fl., 2004). Dette forholdet har betydning for hvilken strategi myndighetene bør velge i teknologipolitikken.

I tillegg til at Norge tar del i og forholder seg til disse internasjonale rammeverkene, benytter myndighetene et spekter av ulike nasjonale virkemidler. Dagens klima- og teknologipolitikk er formet under påvirkning av en rekke nasjonale målsettinger og særinteresser. Det viktigste klimapolitiske tiltaket i Norge er prising av CO₂-utslippene. Dette gjøres ved tilknytningen til EUs kvotesystem, som omfatter 42 prosent av de norske utslippene (NOU 2007:8), og ved CO₂-avgiftssystemet, som er rettet mot 23 prosent av de innenlandske utslippene. I tillegg benyttes frivillige avtaler og en rekke mer direkte reguleringer i form av forbud, teknologikrav og lignende (Stortingsmelding 34, 2006-2007). Utslppsreguleringene vil bidra til at bedrifter og husholdninger etterspør mindre utslippintensive teknologiløsninger. Myndighetene har også direkte virkemidler rettet mot teknologiutvikling og -spredning. De består delvis av generelle støtteordninger rettet mot all type teknologiutvikling gjennom blant annet Innovasjon Norge og Skattefunn, totalt 5,8 mrd kroner i 2007 (Norges forskningsråd, 2007; Stortingsmelding 1 (2008-2009)). I tillegg finnes mange støtteordninger rettet spesielt mot alternative energiformer og andre former for klimateknologi. Dette skjer både gjennom øremerkede forskningsmidler kanalisert gjennom NFR-programmer (som RENERGI og CLIMIT), og gjennom midler til implementering av nye teknologier gjennom Gassnova, Enova og Transnova. Det har vært rettet spesielt fokus mot utvikling og implementering av teknologier for CO₂-fangst og -lagring fra gasskraftverk, og den samlede rammen på bevilgningene til disse formålene over de ulike programmene anslås til 1,9 mrd kroner i 2009 (Nasjonalbudsjettet, 2009).

4 HVORFOR FREMME UTVIKLING OG BRUK AV KLIMATEKNOLOGI

Vi strukturerer argumentene for å drive en aktiv teknologipolitikk på klimaområdet i fire hovedkategorier. De tre første knytter seg til mål om bedre samfunnsøkonomisk ressursutnyttelse. Teknologisk endring er avhengig av at markedene gir aktørene signaler om hva som er effektive nivåer på utvikling og implementering av teknologier. På klimaområdet, som for teknologisk endring generelt, gjelder det at egenskaper ved markedsprosessene kan føre til at de privatøkonomiske insentivene ikke er optimale uten at myndighetene griper inn med rette virkemidler. Dette skyldes at aktørene ikke står overfor alle gevinster og/eller kostnader ved sitt tilbud eller sin etterspørsel. De tre gruppene av effektivitetsargumenter vi diskuterer knytter seg til i) svikt i markedene for FoU/teknologiutvikling, ii) svikt i spredningsmarkedene for de kommersialiserte produktene fra FoU-virksomheten og iii) svikt i andre markeder som påvirker teknologiutvikling og -spredning. De to første typene av svikt (omtalt i 4.1 og 4.2) motvirkes mest effektivt og treffsikkert med direkte teknologipolitiske virkemidler, slik som subsidier og lignende støtteordninger. Skal teknologistøtte velges for å motvirke svikt i andre markeder, må det begrunnes i at de mest direkte og effektive instrumentene ikke er politisk eller praktisk mulige å ta i bruk. Vi kommer tilbake til slike tilfeller i 4.3. I 4.4 omtaler vi en fjerde gruppe av argumenter for teknologipolitikk der formålet er å nå andre målsettinger enn økt samfunnsøkonomisk effektivitet. Selv om teknologipolitiske virkemidler kan bidra, vil det ofte være andre former for inngrep som er mer effektive. Hvilke, vil selvsagt avhenge av målet.

4.1 Svikt i markedene for FoU

Det er bred empirisk støtte for at den samfunnsøkonomiske avkastningen av FoU vanligvis er høyere enn den privatøkonomiske, slik at nivået på næringslivets FoU-innsats er lavere enn samfunnsøkonomisk ønskelig. Griliches (1995) gjennomgår ti mikroøkonometriske studier. Anslag for private bedrifters avkastningsrater for FoU ligger mellom 9 og 56 prosent, mens anslagene for de samfunnsøkonomiske er 10 – 160 prosent. Jones og Williams (1998, 2000) finner at samfunnsøkonomisk avkastning ligger 2,5 – 4 ganger høyere enn privatøkonomisk avkastning.

En viktig kilde til slike avkastningsgap er såkalte *eksterne kunnskapsspillovers* forbundet med FoU-virksomhet

(Romer, 1990). Ny kunnskap kan føres over til fremtidige perioder og produktiviteten til FoU øker, som igjen gir større muligheter for videre idéutvikling. 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 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, samkvem mellom forskere, teknologer og bedrifter. Av betydning er også om den er patentert, om den er kommersialisert, hvor generaliserbar den er og hvor mye mer som gjenstår å utforske på feltet, dvs. *modenheten* til problemfeltet (Heggedal, 2008). Internasjonale patentsystemer, kopibeskyttelseslover og opphavsrettigheter er etablert for å sikre en viss grad av enerett for utviklerne. Dette er imidlertid sjelden tilstrekkelig til at gevinstene som følge av idéene beholdes i sin helhet av utvikleren. Blant annet vil spesifisering av et patent ved registrering være med på å spre kunnskapen om den. Institusjoner som beskytter patenter og opphavsrettigheter skaper nye markedsufullkommenheter, ved at enerettigheter begrenser konkurransen i markedene. Ved markedsrettighet vet vi at prisen blir høyere enn grensekostnaden ved å markedsføre produktet, og at samfunnet som helhet ville vunnet på at tilgangen på produktene økte.

I tillegg reflekterer prisen bare deler av den nytten produktet genererer for brukerne.³ En vanlig måte å modellere dette på er at forbrukerne ser på det som en kvalitet ved et gode at det finnes i mange varianter. Kvalitetsøkningen ved at en variant til kommer inn i markedet blir imidlertid for liten til at enkeltprodusenter tar det innover seg. Dette fungerer derfor som en positiv eksternalitet som følge av idéutvikling – som kommer etterspørerne til gode.⁴

Det er også trekk ved FoU-virksomhet som kan virke til for høye FoU-nivåer. For det første kan tidligere FoU bidra til at det er få gode idéer igjen å forske på. Samfunnet ville da vært bedre tjent med et saktere utviklingstempo enn det som er optimalt for den enkelte private aktøren som

ikke tar hensyn til at mengden gode idéer utvannes.⁵ En annen situasjon med for høy FoU-aktivitet kan oppstå dersom det er et kappløp om å nå en patenterbar idé først. Flere bedrifter forsker på samme type idé samtidig, slik at produktiviteten i FoU-sektoren som helhet blir lavere. Dette tar ikke den enkelte deltaker i patentkappløpet innover seg (Jones og Williams, 2000). For mye FoU kan også oppstå som følge av at nye idéer fortrenger eksisterende produkter som har vært lønnsomme. Dette er en kostnad som ikke bæres av de nye markedsinntrederne.⁶

I de tilfellene der de positive eksterne effektene av FoU empirisk sett er størst, bør FoU-virksomhet støttes så den enkelte får kompensasjon for slike virkninger på resten av samfunnet. Den samfunnsøkonomiske begrunnelsen kan imidlertid bare forsvare kompensasjon for det som kommer andre *innenlandske* aktører til gode; det som går til utlandet skal ikke korrigeres for. Det må i så fall begrunnes i egne målsettinger om dette – se avsnitt 4.4. På individuelt prosjektnivå er det imidlertid svært vanskelig å anslå, og ikke minst predikere, hvor stort gapet er mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk avkastning. Det vil kreve detaljert informasjon om størrelsen på slike effektivitetskiller. I den empiriske litteraturen spriker estimatene for graden av imperfeksjoner og tilhørende spillovereffekter 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). Mangel på estimater og gode metoder for slike beregninger på mikronivå taler for å bruke uniforme støttesatser for all FoU, både klimarelevant FoU og all annen FoU.

I en studie av innretningen av teknologipolitikk for et lite, åpent land som Norge, hvor teknologieksternalitetene er antatt å være like sterke for både generell teknologisk utvikling som for utvikling av klimateknologi, finner Bye og Jacobsen (2009) at det er positivt for den samfunnsøkonomiske effektiviteten å reallokere mer av FoU-støtten til generell FoU. På den annen side er det negativt for effektiviteten å reallokere mer av FoU-støtten til FoU i klimateknologi. En av årsakene til dette er at generell teknologiutvikling påvirker produktiviteten i alle sektorer i økonomien, mens klimateknologien gir et snevrere bidrag til produktivitsveksten fordi den kun går via energimarkedet.

³ Jones og Williams (2000) betegner dette som «the surplus appropriability problem».

⁴ Slike preferanser kalles «love of variety» i litteraturen. Modellen anvendt på teknologisk vekst er blant annet beskrevet i Grossman og Helpman (1991), kapittel 3.

⁵ At gode idéer blir tatt først kalles gjerne «fishing out» i litteraturen (Jones, 1995).

⁶ Prosessen betegnes gjerne «creative destruction» i litteraturen (Aghion og Howitt, 1992).

Politikken rettet mot teknologiutvikling på klimaområdet er komplementær med politikken som skal regulere utslippene. Hvis utslippsbegrensningene strammes til og den uniforme prisen på utslipp øker, vil også etterspørselen etter miljøteknologiske løsninger øke. Greaker og Rosendahl (2009) og Heggedal og Jacobsen (2008) finner begge at underinvesteringene i klimavennlig FoU øker når prisen på utslipp øker og dermed øker også den optimale subsidiesatsen til klimateknologiutvikling. Prisen på klimautslipp kan påvirke både den totale teknologiutviklingen og valget mellom ulike teknologiretninger; se Goulder og Schneider (1999), Goulder og Mathai (2000) og Jaffe m.fl. (2002).

4.2 Svikt i markedene for spredning av teknologier

En type svikt i markedene som implementerer teknologier er læringseksternaliteter. Læringskurver beskriver hvordan en teknologi øker sin produktivitet (med avtakende rate) ettersom den blir tatt i bruk, siden implementering lærer markedet om hvordan den best kan utnyttes. Empirisk kan det være vanskelig å skille denne effekten fra produktivitetseffekter gjennom økt FoU. Læringen vil i mange tilfeller være et fellesgode. Dermed vil den enkelte bedrift investere for lite i den nye teknologien fordi den ikke tar innover seg læringsgevinsten for markedet som helhet; se Rosendahl (2004) og Kverndokk og Rosendahl (2007). Klimateknologier kan i noen tilfeller være relativt nye, slik at læringseksternalitetene kan være større enn for andre, mer modne teknologier. Dette er påvist for tidligere faser i den danske vindmølleindustrien (Rasmussen, 2001).

For et lite, åpent land som Norge vil spredningen utenfor landet av produkter og prosesser utviklet i utlandet være den viktigste mekanismen for økt produktivitet (Coe og Helpman, 1995; Griffith m.fl., 2004; Keller, 2004). Det kan finnes tiltak i Norge som fremmer bedrifters kapasitet til å dra nytte av produktivetsgevinstene i utlandet. Slik kapasitet henger sammen med graden av samkvem med utlandet gjennom handel, direkte investeringer, rekruttering, etc. Det er også påvist at egen FoU kan øke innenlandske bedrifters kapasitet til absorpsjon av kunnskap (Cohen og Levinthal, 1989). Dersom samkvem over landegrensene og egne investeringer i kunnskap også kommer andre innenlandske aktører til gode enn dem som investerer i absorpsjonskapasiteten, vil det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å rette politikken inn mot å stimulere slike

aktiviteter. Blant annet kan stimulering av egen FoU ha effekter på landets eller sektorens kapasitet til å ta inn over seg nye teknologier, dvs. såkalt absorpsjonskapasitet, som den enkelte FoU-bedrift ikke tar innover seg. Dette vil tjene som et tilleggsargument for å støtte FoU (Bye m.fl., 2008). Det er også påvist slike eksterne virkninger på absorpsjonen av å stimulere til handel og investeringer over landegrensene (Coe og Helpman, 1995; Alvarez og Lopez, 2006; Bernard og Jensen, 2004; Pottelsberghe og Lichtenberg, 2001).

Andre typer svikt i markedene for implementering av nye teknologier kan motvirkes ved å koordinere aktører som enkeltvis er for små til å ta slike initiativ. Ved slik samordning kan det bli tilstrekkelig lønnsomt å investere i teknologiene. Dette kan komme av at informasjonsinnhenting eller kompetanseoppbygging er for dyr for den enkelte, men har stordriftsfordeler dersom innsatsen sentraliseres. Eksempler kan være gevinst av energieffektivisering i bygg eller energisparing ved kjøp av nye hvitevarer. Vanligvis vil heller ikke økt informasjon til én aktør fortrenge andres tilgang, slik at informasjonen er et fellesgode. Markeder for fellesgoder oppstår ikke uten offentlige inngrep. Infrastrukturer som kollektivtransporttraseer, fellesarealer, sykkelstier etc. er andre eksempler på fellesgoder.

Såkalte nettverkseksternaliteter kan også forekomme i spredningsmarkedene for klimateknologi og fordrer koordinering av markedsaktører (Katz og Shapiro, 1985). Dette betegner situasjoner hvor det kreves et nettverk av etterspørrere for at teknologiene blir lønnsomme. Dermed vil beslutningen til den enkelte aktør ha eksterne virkninger på de andres betalingsvilje/nytte av innovasjonen. I et ukoordinert marked vil en kunne «låses fast» i eksisterende teknologiske løsninger. Nettverkseksternaliteter kan være et større problem i forbindelse med klimateknologier enn andre teknologier. Det skyldes at valgene som ledet til dagens teknologisystemer ble tatt i en tid da kostnaden ved klimautslipp ikke var inkludert. Med økende inkludering av klimakostnader, kan aktørene i markedet ha større nytte av å bruke mer miljøvennlige teknologier enn de som er i bruk i dag. Greaker og Heggedal (2007) studerer slike innelåsingeffekter i bilmarkedet. De finner at nettverkseksternaliteter mellom konsumenters valg av bilteknologi og påfyllstasjoner kan medføre at den alternative teknologien (for eksempel hydrogenteknologi eller elbiler) i liten grad blir implementert i markedet. Imidlertid viser Greaker og Heggedal (2007) at det kun er

et koordineringsbehov i bilmarkedet dersom investerings- og brukskostnadene forbundet med den alternative teknologien er tilstrekkelig lave. Dersom den alternative teknologien er for lite utviklet og for kostbar, vil det være få aktører som ønsker et skifte av teknologi og myndighetene står ikke ovenfor et koordineringsproblem.

I noen markeder er asymmetrisk informasjon trukket frem som et problem. Tilbyderne kan for eksempel være i stand til å holde igjen eller pynte på informasjon for å stille produktet sitt i et attraktivt lys (Kallbekken; 2008). Eksempler på slik asymmetrisk informasjon kan gjelde ved investeringer i bolig eller bil hvor selger er interessert i å fremstille investeringsprisen som gunstig og undertrykke at høyere investeringskostnader i dag for eksempel kan gi mer energiøkonomisk drift eller avgiftsbesparelser knyttet til utslipp. For høy vekt på investeringskostnadene kan også oppstå ved tidsinkonsistent diskontering (for eksempel hyperbolsk diskontering; se Frederick m.fl., 2002).

Mange av imperfeksjonene i spredningsmarkedene er teknologispesifikke, og vi har gjerne god informasjon om dem siden teknologiene allerede er kjente. Det gir grunn til å være mer teknologi-selektiv ved støtte til spredning enn i støtte til FoU. Det er også vanlig at imperfeksjonene vil avta etter hvert som teknologiene tas i bruk. Støtte til spredning av teknologier bør i så fall fases ut i takt med at markedsimperfeksjonene reduseres.

4.3 Svikt i andre markeder

Vi har i avsnittene over redegjort for hvilke samfunnsøkonomiske lønnsomhetskriterier som gjelder for offentlige inngrep overfor teknologiutvikling og -spredning. Disse gjelder gitt at økonomien ellers fungerer uten effektivitetskiller. I realiteten skjer teknologipolitikken i samspill med andre trekk ved økonomien og den økonomiske politikken. Markedssvikt og offentlige inngrep på andre områder må også tas hensyn til og kan gi opphav til ytterligere argumenter i teknologipolitikken. Vi tar for oss tre argumenter som ofte blir trukket frem i den norske debatten, og som kan ha markedssvikt som begrunnelse: «utslippspolitikken er mangelfull», «teknologiprojekter får ikke tilstrekkelig kreditt» og «eksportrettet næringsutvikling skjer for tregt».

Mangelfull prising av utslipp

En viktig implisitt forutsetning i avsnittene over var at politikken rettet mot klimateknologier ikke har noen rolle som klimapolitisk virkemiddel. Dette vil være riktig dersom klimapolitikken føres med andre midler. Det mest effektive instrumentet er å prise utslipp fra alle globale kilder likt. Et verdensomspennende handelssystem for utslippskvoter ville sørget for dette. Imidlertid er dagens globale utslippsmål ikke ambisiøse og langsiktige nok i lys av de store, vedvarende klimaeffektene utslipp har; se bl.a. Stern (2006). De blir heller ikke møtt med effektiv utslippsprising av klimagassutslipp. Dermed blir etterspørselen etter klimateknologier for lav. Denne komplementariteten mellom utslippsmål og teknologimål er et særtrekk ved klimateknologier i forhold til mange andre teknologier. Et nærliggende spørsmål blir om den nasjonale politikken rettet mot klimateknologisk utvikling og spredning må styrkes for å kompensere for manglende drivkraft fra etterspørselssiden.

Vi kan med en gang slå fast at små lands teknologipolitikk på klimaområdet i forsvinnende grad vil kunne erstatte etterspørselseffektene av global utslippsprising. Det finnes noen studier som eksplisitt reiser spørsmålet for store land eller koalisjoner av land⁷, men de fleste har konsentrert seg om den motsatte problemstillingen, nemlig hvordan global utslippsprising kan kompensere for mangel på internasjonale teknologiinstrumenter.⁸ På nasjonalt nivå er situasjonen annerledes. For det første finnes det mange nasjonale teknologipolitiske instrumenter, mens overnasjonale institusjoner fortsatt er relativt svake. For det andre er det politiske presset sterkt. Utslippere vil ha økonomisk fordel av støtteordninger og samtidig kunne få politisk kreditt for å gjennomføre klimateknologiske tiltak. Innenlandske miljøpressgrupper kan også se dette som mer politisk gjennomførbart enn å få til effektiv global utslippsprising. Et siste moment er at selv om det grunnleggende målet i klimapolitikken er lavere globale utslipp, kan myndighetene sette seg nasjonale målsettinger om egne utslipp eller implementering av klimateknologier. Sammen med nasjonal prising av utslipp kan norske klimateknologiske virkemidler bidra til å nå slike nasjonale målsettinger. Vi diskuterer dette nærmere i avsnitt 4.4. om andre målsettinger.

⁷ Blant annet reises spørsmålet i Buchner og Carraro (2005) og Barrett (2006), som analyserer internasjonale teknologiavtaler som et alternativ til global utslippsprising.

⁸ Se for eksempel Nordhaus (2002), Popp (2004) og Golombek og Hoel (2006; 2008).

Svipt i kredittmarkedene

FoU-investeringer er langsiktige og risikofylte. Selv om risikoen ved et enkelt prosjekt er høy, vil en portefølje av FoU-prosjekter gi mindre risiko. For risikoavlastning kan innovatører henvende seg til eksterne aksjonærer, kreditinstitusjoner eller forsikringselskap, som kan spre risikoen på flere prosjekter. Årsaker til at markedene for risikospredning ved FoU kan være mangelfulle drøftes blant annet i NOU (2000). Et spesielt problem ved FoU-investeringer er at humankapitalen i motsetning til annen kapital, stort sett ikke kan pantsettes, noe som gjør dem mindre attraktive enn andre typer investeringsprosjekter. Det kan dessuten være ustrategisk for innovatøren å dele informasjon med eksterne investorer om prosjektets tekniske aspekter og sin egen kompetanse og innsats. Dersom de allerede etablerte offentlige kreditt- og forsikringsordningene ikke strekker til, vil én av flere nest-beste løsninger kunne være å støtte FoU-prosjektene med rene tilskudd. I tillegg til usikkerheten knyttet til FoU-prosjekter generelt, kan det også være samspill mellom denne usikkerheten og usikkerheten knyttet til framtidige klimakostnader (herunder også sannsynligheten for at en klimakatastrofe skal inntreffe). Om det vil være behov for offentlige politikkinngrep på dette feltet avhenger av om usikkerheten er ulik for henholdsvis de private aktørene og det offentlige. Litteraturen på dette feltet (se oversikt i Baker og Shittu, 2008) har hittil ikke konkludert med at det er noen slike forskjeller.

Manglende strategisk handelspolitikk

Argumenter for støtte til eksportrettet næringsutvikling kan være basert på samfunnsøkonomiske lønnsomhetsbetraktninger. Den økonomiske litteraturen diskuterer tilfeller der innenlandske bedrifter har lavere konkurranseevne på internasjonale markeder enn det som er effektivt for landet som helhet. Næringer som er i oppstartingsfasen i nye eksportmarkeder kan trenge stimulans for å få utnyttet læringseffekter eller senket informasjonsbarrierer hos konsumenter og kreditorer (Grossmann og Horn, 1988; Flam og Staiger, 1991).⁹ Imidlertid må det være positive eksterne effekter på andre nasjonale bedrifter for at det skal være samfunnsøkonomisk optimalt at det offentlige skal gripe inn. Ufullkommen internasjonal konkurranse har vært brukt som argument for å støtte egen konkurranseutsatt virksomhet. Betingelsene for at dette skal være

samfunnsøkonomisk lønnsomt er imidlertid sjelden til stede (Hertel, 1994). Dersom denne type strategiske situasjoner forekommer, vil de mest effektive instrumentene være direkte næringsstøtte eller handelsinngrep, men slik støtte er strengt regulert innenfor WTO-systemet og i EØS-samarbeidet. Reglementet er ikke like restriktivt når det gjelder teknologistøtte.

4.4 Teknologipolitikk for å nå andre målsettinger

Denne gruppen av argumenter er basert på at myndighetene også vil ha en rekke andre delmål enn innenlandsk effektivitet på sin agenda. Her tar vi opp klimateknologiske virkemidlers rolle i forhold til tre målområder. Det første dreier seg om konkrete mål om FoU-aktivitet og spredning av teknologi. Det andre er innenlandske utslippsmål. I utgangspunktet behandler vi slike mål som uavhengig av effektivitetsmålet om globale utslippsreduksjoner, men vi diskuterer både aspekter som overlapper og står i konflikt med klimamålet. Til slutt behandler vi enkelte fordelingspolitiske mål.

Mål om FoU-aktivitet og spredning av teknologi

Ett eksempel på et teknologipolitisk erklært mål som ikke direkte kan begrunnes ut fra samfunnsøkonomisk optimalitet er måltallene Regjeringen satte seg i Stortingsmelding 20 (2004-2005) «Vilje til forskning» om å øke FoU-intensiteten nasjonalt til 3 % av bruttonasjonalproduktet, hvorav næringslivets FoU skulle stå for 2/3 av den totale FoU-aktiviteten. Et annet er den norske tilknytningen til EUs vedtatte *fornybardirektiv*, som vil innebære klare nasjonale og overnasjonale måltall for andeler fornybar energi i forbruk og produksjon. Gitt slike mål, bør virkemidlene rettes direkte mot henholdsvis FoU og spredning av fornybare energiløsninger. Med tanke på globale oppnåelser av utslippsreduksjoner vil det være essensielt for det globale samfunn å sikre spredning av utslippsvennlige teknologier til utviklingsland. Også for et slikt delmål kan norsk politikk for teknologiutvikling spille en rolle.

Innenlandske utslippsmål

Norge kan sette seg egne innenlandske utslippsmål. Gjennom Klimaforliket har Stortinget og Regjeringen vedtatt særlige målsettinger for innenlandske utslippsreduksjoner innen 2020, og under visse betingelser også videre

⁹ I den internasjonale litteraturen kalles dette «infant industry»-argumenter.

fremover i tid. Teknologipolitikk kan være et aktuelt virkemiddel dersom de mest målrettede virkemidlene av ulike årsaker ikke er praktisk gjennomførbare. Det mest effektive virkemiddelet ville vært uniform pris på utslipp fra alle innenlandske kilder. Dagens spekter av nasjonale virkemidler innebærer imidlertid svært ulike utslippspriser. Det er ikke opplagt i hvilken grad myndighetene bør ty til teknologiincentiver i en slik situasjon. Det finnes også få analyser i den internasjonale litteraturen.¹⁰

Det finnes argumenter for å betrakte nasjonale mål som delmål i de globale klimabestrebelsene, men det kan også være direkte konflikt mellom nasjonale og globale reduksjonsmålsettinger og mellom nasjonal teknologipolitikk og klimamålet. En nasjonal prising av utslipp i konkurranseutsatte sektorer kan for eksempel føre til utslippsekkasjer til andre land med svakere utslippsreguleringer gjennom handel eller flytting av bedrifter. I beste fall blir de globale reduksjonene mindre enn de nasjonale. Hvis lekkasjene skjer til land i klimavotesamarbeid med Norge, som EU, får de særnasjonale tiltakene ingen global effekt, men motsvares perfekt av utslippsøkning i resten av kvoteområdet. I verste fall øker globale utslipp enten som følge av større enhetsutslipp i uregulerte land som overtar produksjonen eller som følge av internasjonale prisreduksjoner på utslippsintensive varer når etterspørselen i regulerte land faller. Det mest direkte virkemiddelet mot utslippsekkasjer som følge av handel vil være ulike former for handelsreguleringer som for eksempel eksport- eller importavgifter, men dette kan være vanskelig å gjennomføre. Et annet alternativ kan være å subsidiere teknologiomlegginger i disse næringene. Studier av potensialet for slike utslippsekkasjer som følge av innenlandsk prising av utslipp for Norges vedkommende, viser at de er små. Effektene varierer imidlertid med næringer, og kraftkrevende industri i Norge er mer utsatt enn andre; Bruvoll og Fæhn (2006).

Samtidig vil alle utspill fra enkeltland tjene som signaler inn i forhandlingsprosessene som pågår. Et lite land som Norge vil imidlertid ha liten innflytelse, med mindre initiativene er samordnet med andre, for eksempel EU. Reduksjoner av utslipp og målsettinger om fremtidige reduksjoner i (koalisjoner av) enkeltland kan svekke motivasjonen for internasjonale forpliktende avtaler og gi

lavere utslippsreduksjoner, se (Hoel, 1991). Lignende argumenter vil gjelde for unilateral teknologisering, Buchholz og Konrad (1994). Imidlertid finner Stranlund (1994) at det kan lønne seg for land med avanserte klimateknologier å sørge for spredning til andre land. Dette vil redusere andre lands kostnader ved å påta seg forpliktelser. Greaker og Hagem (2009) viser at offentlig støtte til teknologiutvikling kan ha lignende effekter siden FoU gir positive kunnskapseksternaliteter og dermed billigere klimatilak i andre land. Videre argumenterer Barrett (2003) for at subsidiert teknologisamarbeid mellom noen land vil kunne styrke nettverks- og kunnskapseksternalitetene dem i mellom. Dersom disse blir sterke og synlige nok, kan det stimulere til at flere land deltar og tar på seg forpliktelser.

Fordelingsmål

Et ønske om å opprettholde aktiviteten i enkelte sektorer eller regioner kan også ligge til grunn for offentlige tiltak for utslippsreducerende teknologendringer. I avveien mellom slike fordelingsmål og effektivitet kan teknologistøtte fremstå som et kompromiss. Det vil kunne bidra til utslippsreduksjoner, samtidig som en kan nå fordelingspolitiske mål om å stimulere deler av aktiviteten i sektoren/regionen. Den beste politikken ville vært å nytte direkte virkemidler overfor så vel effektivitetsmålet (utslippsreduksjoner) som fordelingsmålet (støtte til aktiviteten). Det første nås best gjennom (internasjonal) utslippsprising, det andre gjennom direkte støtte til produksjon, bosetting e.l. Som tidligere påpekt er politikk rettet mot nærings- og distriktsfordeling forholdsvis strengt regulert av internasjonale handelsavtaler. FoU-politikk er ett virkemiddel som er tilgjengelig. Andre tilgjengelige virkemidler kan være investeringer i infrastruktur, distriktslokalisering av offentlig virksomhet og bosettingstiltak.

5 OPPSUMMERING OG AVSLUTTENDE MERKNADER
Denne artikkelen drøfter nasjonal teknologipolitikk på klimaområdet. Et lite lands tiltak vil per definisjon monne lite både overfor klimaproblemet og i de teknologiske endringsprosessene, som begge er globale fenomener. Norske myndigheter kan først og fremst ta ansvar gjennom å bidra til å få på plass internasjonale, effektive

¹⁰ Otto m.fl. (2008) har sett på ulike pakker av nasjonale CO₂-avgifter og subsidier til FoU og teknologiinvesteringer i en modell for Nederland. Det er imidlertid en svakhet med analysen at reformene de studerer ikke er sammenliknbare mht. offentlige provenyeffekter, slik at det er vanskelig å trekke konklusjoner om samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

samarbeidsavtaler. Som et rikt land kan vi også ha gode muligheter for å bety noe i finansieringen av de globale utslippsbegrensningene og spredningen av klimateknologiske løsninger. Internasjonal prising av klimagassutslipp er den mest effektive måten å få til nødvendige klimateknologiske endringer på. Internasjonale teknologiavtaler kan være et viktig supplement for å bidra til at positive effekter av FoU og teknologiinvesteringer på tvers av landegrensene blir ivarettatt.

Dette betyr ikke at nasjonale tiltak er uten effekt eller ikke kan begrunnes, men det innebærer at både nivå og innretning må tilpasses målene. Én viktig følge av å være et lite og åpent land er at landets teknologiske endring i stor grad er avhengig av teknologiutviklingen i utlandet og læring gjennom spredning av denne. Landet kan øke den samfunnsøkonomiske fordelene av slike produktivitetsgevinster ved å stimulere til økt samkvem med utlandet gjennom handel, direkte investeringer, rekruttering, etc. Landets egen FoU kan også være en katalysator for slik kunnskapsabsorpsjon fra utlandet. Det vil være et argument for offentlig FoU-støtte. I tillegg skal det offentlige stimulere til teknologiutvikling etter størrelsen på eksterne effekter som kommer andre innenlandske aktører til gode. Mangel på detaljert informasjon om størrelsen på slike effektivitetsskiler gjør at vi anbefaler uniforme støtte-satser for all FoU, enten den er klimarelevant eller ikke.

Politikk rettet mot å spre bruken av nye klimateknologier i markedene skal på samme måte utformes for å motvirke svikt i de norske markedene for spredning. Utover å bedre absorpsjonskapasitet som vi alt har vært inne på, kan det i noen tilfeller være grunner for å koordinere markedsdel-takere. Behovet for inngrep i spredningen vil gjerne være mer teknologispesifikke, siden teknologiene allerede er kjente. Det er også vanlig at svikten i markedene vil avta etter hvert som teknologiene tas i bruk. Støtte til spredning av teknologier bør i så fall fases ut i takt med dette.

Vi har diskutert klimateknologisk satsing som et virkemiddel for å nå andre mål som for eksempel fremming av konkurransevne og fordeling. Generelt skal de mest treffsikre virkemidlene benyttes, og klimateknologiske virkemidler er dårlig egnet til å nå slike spesifikke målsettinger. Men dersom myndighetene setter seg nasjonale målsettinger om egne utslippsreduksjoner, kan norske klimateknologiske virkemidler ha større betydning. Dette vil imidlertid være en mer kostbar tilnærming enn å møte innen-

landske utslippsmål med lik utslippspris for alle innenlandske kilder. I forhold til utslippsprising medfører også direkte støtteordninger et samfunnsøkonomisk effektivitetstap i den grad de finansieres ved vridende skatter eller fortrenger andre samfunnsøkonomisk gode formål. Et mer grunnleggende spørsmål er hvorvidt det bør settes nasjonale utslippsmål. Det er grunn til å presisere at effektene på nasjonale og globale utslipp ikke nødvendigvis er overlappende. Én viktig årsak til dette er utslippslekkasjer til andre land som følge av unilaterale klimatiltak.

Det er stor grad av avhengighet mellom utslippspris og teknologieksternaliteter, og dermed komplementaritet mellom utslippspolitik og politikk rettet mot utvikling av klimateknologi. For å ta hensyn til klimaeksternalitetene er det nødvendig med en kostnadseffektiv prising av klimagassutslipp, samtidig bør teknologiske virkemidler generelt rettes mot svikt i klimateknologimarkedene som for alle andre teknologier.

Dagens globale utslippspolitik er langt fra er tilstrekkelig for å nå klimamålene. Dermed får teknologiutvikling og -spredning ikke den drahjelpen den skulle hatt fra etter-spørselessiden. Små lands teknologipolitikk på klimaområdet vil imidlertid i forsvinnende grad kunne kompensere for dette.

REFERANSER:

- Aghion, P. og P. Howitt (1992): A model of economic growth through creative destruction, *Econometrica* 60, 323-351.
- Alvarez, R. og R. Lopez (2006): Is Exporting a Source of Productivity Spillovers, Working papers Center for Applied Economics and Policy Research Indiana 2006/012.
- Baker, E. og E. Shittu (2008): Uncertainty and endogenous technical change in climate policy models, *Energy Economics* 30, 2817-2828.
- Barrett, S. (2003): *Environment & Statecraft. The Strategy of Environmental Treaty-Making*. Oxford University Press.
- Barrett, S. (2006): Climate Treaties and 'Breakthrough' Technologies, *American Economic Review Papers and Proceedings* 96, 22-25.
- Bernard, A. B. og J. B. Jensen (2004): Why some firms export, *The Review of Economics and Statistics*, 86/2, 561-569.
- Bruvoll, A. og T. Fæhn (2006): Transboundary effects of environmental policy: Markets and emission leakages, *Ecological Economics* 59/4, 499-510.

- Buchholz, W. og K. A. Konrad (1994): Global Environmental Problems and the Strategic Choice of Technology. *Journal of Economics* 60: 299-321.
- Buchner, B. og C. Carraro (2005): Economic and environmental effectiveness of a technology-based climate protocol, *Climate Policy* 4, 229-248.
- Bye, B., T. Fæhn, og L. A. Grünfeld (2008): Growth policy in a small, open economy. Domestic innovation and learning from abroad, *Discussion Papers* 572, Statistisk sentralbyrå.
- Bye, B., T. Fæhn, T. R. Heggedal og L. M. Hatlen (2009): Teknologitvilling, klima og virkemiddelbruk, *Rapporter 2009/28*, Statistisk sentralbyrå.
- 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.
- Cohen, W. M. og D. A. Levinthal (1989): Innovation and learning: The two faces of R&D, *Economic Journal* 99 (September), 569-596.
- Flam, H. og R.W. Staiger (1991): Adverse Selection in Credit Markets and Infant Industry Protection, *International trade and trade policy*, 96-117, Cambridge and London, MIT Press.
- Frederick, S., G. Loewenstein og T. O'Donoghue (2002): Time discounting and Time Preference: A Critical review, *Journal of Economic Literature* 40, 351-401.
- Golombek, R. og M. Hoel (2006): Second-best climate agreements and technology policy, *Advances in Economic Analysis & Policy* 3 (1) (Article 1).
- Golombek, R. og M. Hoel (2008): Endogenous technology and tradable emission quotas, *Resource and Energy Economics* 30, 197-208.
- Goulder, L.H. og S.H. Schneider (1999): Induced technological change and the attractiveness of CO₂ abatement policies, *Resource and Energy Economics* 21, 211-253.
- Goulder, L.H. og K. Mathai (2000): Optimal CO₂ Abatement in the Presence of Induced Technological Change, *Journal of Environmental Economics and Management*, 39, 1-38.
- Greaker, M. og C. Hagem (2009): Strategic investment in climate friendly technologies: Home or abroad? kommer i *Discussion Papers*, Statistisk sentralbyrå.
- Greaker, M. og T.R. Heggedal (2007): Lock-in and the transition to hydrogen cars: When should governments intervene?, *Discussion Paper* 516, Statistisk sentralbyrå.
- Greaker, M. og K.E. Rosendahl (2009): Strategic Climate Policy in Small, Open Economies, *Discussion Paper* 448, Statistisk sentralbyrå, kommer i *Journal of Environmental Economics and Management*.
- 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.
- Grossman, G.M. og E. Helpman (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press.
- Grossman, G.M. og H. Horn (1988): Infant-Industry Protection Reconsidered: The Case of Informational Barriers to Entry; *Quarterly Journal of Economics*, 103/4, 767-87.
- Heggedal, T.R. (2008): On R&D and the undersupply of emerging versus mature technologies, *Discussion Papers* 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.
- Hertel, T.W. (1994): The 'procompetitive' effects of trade policy reform in a small, open economy. *Journal of International Economics* 36, 391-341.
- Hoel, M. (1991): Global environmental problems: The effects of unilateral actions taken by one country. *Journal of Environmental Economics and Management* 20, 55-70.
- International Energy Agency (2008): *World Energy Outlook 2008*, IEA, Paris.
- Jaffe, A.B., R.G. Newell og R.N. Stavins (2002): Environmental Policy and Technological Change, *Environmental and Resource Economics* 22, 41-69.
- 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.
- Jones, C. I. og J.C. Williams (2000): Too Much of a Good Thing? The Economics of Investment in R&D, *Journal of Economic Growth* 5, 65-85.
- Keller W. (2004): International Technology Diffusion, *Journal of Economic Literature* XLII, 752-782.
- Katz, M.L. og C. Shapiro (1986): Technology Adoption in the Presence of Network Externalities, *Journal of Political Economy* 94, 822-841.

- Kallbekken, S. (2008): Pigouvian tax schemes: feasibility versus efficiency. Ph.D.-thesis, University of Oslo, Department of Economics.
- 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.
- Nordhaus, W.D. (2002): Modeling induced innovation in climate-change policy, in *Technological Change and the Environment*, Narkicenovic, N. Grubler, A. og Nordhaus, W.D. (Eds.), Washington, Resources for the Future.
- Norges forskningsråd (2007): Årsrapport 2007, SkatteFUNN.
- Norges offentlige utredninger (2000): Ny giv for nyskaping: Vurdering av tiltak for økt FoU i næringslivet, NOU 2000:7.
- Norges offentlige utredninger (2007): En vurdering av særavgiftene; NOU 2007: 8.
- Otto, V.M., A. Löschel, A. og J. Reilly (2008): Directed technical change and differentiation of climate policy, *Energy Economics* 30, 2855-2878.
- Popp, D. (2004): ENTICE: endogenous technological change in the DICE model of global warming, *Journal of Environmental Economics and Management* 48, 742-768.
- Popp, D. (2006): R&D Subsidies and Climate Policy: Is There a 'Free Lunch'? *Climatic Change*, 77, 311-341.
- Pottelsberghe, B. van og F. Lichtenberg (2001): Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders?, *The Review of Economics and Statistics*, 83(3), 490-497.
- Rasmussen, T. (2001): CO₂ abatement policy with learning by doing in renewable energy, *Resource and Energy Economics* 23, 297-325.
- Romer, P. (1990): Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy* 94, 1002-1037.
- Rosendahl, K.E. (2004): Cost-effective environmental policy: implications of induced technological change, *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, 1099-1121.
- Schumpeter, J. (1942): *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper, New York.
- Stern, N. (2006): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Stortingsmelding nr. 20 (2004-2005): Vilje til forskning, Det kongelige forsknings- og utdanningsdepartement.
- Stortingsmelding nr. 34 (2006-2007): Norsk klimapolitikk, Det kongelige miljøverndepartement.
- Stortingsmelding nr. 1 (2008-2009): Nasjonalbudsjettet 2009, Det kongelige finansdepartement.
- Stranlund, J. K. (1996): On the Strategic Potential of Technological Aid in International Environmental Relations. *Journal of Economics* 64, 1-22.