

Klimapolitikk og teknologisk endring

Mads Greaker og
Tom-Reiel Heggedal

Nesten hele jordens kommersielle energiforsyning dekkes i dag av fossile brennstoffer. Ifølge anbefalingene fra FNs klimapanel må disse innen 50 år i stor grad erstattes av energikilder som ikke gir utslipp av klimagasser. For å klare dette kan det virke som vi må sette i gang en global dugnad innenfor forskning og utprøving av alternativ energi nå. Nyere økonomisk forskning argumenterer likevel for at det kan lønne seg å vente ...

Energi-utfordringen

Drivhuseffekten og de endringer den vil kunne føre til for jordens klima er først og fremst et energi problem. I dag dekkes 85% av jordens energiforsyning av fossile brennstoffer som alle medfører utslipp av den viktige klimagassen CO₂. Innholdet av CO₂ i atmosfæren har derfor økt, og ventes å øke videre frem mot 2100. FNs klimapanel antar at en stabilisering på noe over dagens nivå er nødvendig for å unngå katastrofale hendelser som smelting av det Vest-Antarktiske isdekke og sammenbrudd i Golf-strømmen.

Det anslås videre at en stabilisering av CO₂ i atmosfæren på noe over dagens nivå vil kreve en CO₂-fri energiproduksjonskapasitet på 25 terra watt (TW) i 2050 (Caldeira et al. 2002).¹ Ser vi bort fra kjernekraft, og baserer oss på den kunnskap vi har i dag om andre alternative energikilder, synes dette tilnærmet umulig.

Ta for eksempel solcelle paneler. En kapasitet på 3,3 TW elektrisk energi ville kreve at man dekket et areal på 220 000 kvadratkilometer med solcellepaneler. Til sammenligning er det for hele perioden 1982 til 1998 produsert og tatt i bruk ca. 3 kvadratkilometer solcellepanel. Videre vil 10 TW fra biomasse bety at mer enn 10% av jordens samlede landareal måtte dyrkes med kun energiformål for øye (Caldeira et al. 2002). Dette er omtrent like mye som det samlede arealet som brukes til jordbruk i dag.

Mads Greaker er forsker ved gruppe for petroleum og miljøøkonomi (mgr@ssb.no)

Tom Reiel Heggedahl er førstekonsulent ved gruppe for økonomisk vekst og effektivitet (tom@ssb.no)

Et tredje alternativ som gjerne blir trukket frem er såkalte CO₂-frie gass- og kullkraftverk. Disse er ikke CO₂-frie på samme måte som solenergi, men baserer seg på at CO₂ separeres, transporteres og lagres på egnede steder i jordskorpen - såkalt karbonsekvestring. En kapasitet på 10 TW fra naturgass krever at 6 giga tonn karbon sekvesteres hvert år (Caldeira et al. 2002). Noe som tilsvarer 5,24*10¹³ kubikkmeter CO₂ ved normalt trykk og temperatur. For å danne seg et bilde av hva dette vil kreve av investeringer i kapitalutstyr til separering, transport og lagring kan det nevnes at verdens totale produksjon av naturgass i dag er 20 ganger mindre dvs. 2,53*10¹² kubikkmeter pr. år.²

Teknologisk utvikling - redningen?

Det å skaffe til veie 25 TW karbonfri energi innen år 2050 kan derfor synes som en nesten umulig oppgave så fremt holdningene til kjernekraft ikke endrer seg vesentlig. På den annen side baserer tallene over seg på vår nåværende kunnskap om de ulike teknologiene. Dersom teknologiene taes i bruk i det omfang som er skissert over er det stor sannsynlighet for at de etter hvert vil fremstå som langt mer gunstige. Dette skyldes at større markeder gir mer forskning og utvikling (FoU) som igjen antagelig utløser ukjente forbedringspotensial. Videre vil økt bruk av en teknologi i seg selv gjøre at man oppdager nye og bedre løsninger - såkalt «erfaringslæring». Mange hevder derfor at klimapolitikken må være streng fra starten av for å fremme både forskning og erfaringslæring. Syntet kommer bla. frem i EU hvor man vil sette en øvre grense for handel med CO₂-kvoter nettopp for å fremme bruk av CO₂-frie energialternativer.

Andre igjen legger vekt på behovet for å subsidiere FoU direkte, og ønsker egne subsidier til utvikling og utprøving av nye miljøvennlige teknologier. Dette kommer frem i Norge hvor det allerede er etablert et

¹ Dagens nivå på CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren er i overkant av 370 ppm (parts per million), mens FNs klimapanel anbefaler 450 ppm som et langsiktig nivå (Caldeira et al. 2002).

² En kapasitet på 10 TW fra CO₂-frie kullkraftverk vil ytterligere fordoble behovet for å prosessere CO₂-gass.

statlig selskap for fornybar energi - Enova - som tilbyr både etablerings- og driftsstøtte til firmaer som leverer energi basert på denne type teknologier. Det er også planer om å starte et eget statlig selskap som skal støtte pilotprosjekter innenfor karbonsekvistering.

I lys av den formidable energi-utfordringen verden står ovenfor kan denne politikken virke svært hensiktsmessig; vi må komme i gang med teknologisk utvikling så raskt som mulig! Imidlertid er det flere bidrag i den økonomiske litteraturen som stiller spørsmålstegn ved både subsidiering av karbonfri energiteknologi og behovet for en streng klimapolitikk nå.

For det første; dersom teknologisk utvikling likevel skjer, er det ikke lure å vente med å rense til det er blitt billigere å rense? For det andre; hvorfor må ny miljøteknologi nødvendigvis subsidieres? Dersom miljøpolitikken i form av kvotehandel eller utslippsskatter har skapt et marked for den nye teknologien, vil ikke entreprenører se at her ligger det en mulighet for så å starte utviklingsprosessen på egen hånd? Det er jo slik det langt på vei foregår i alle andre markeder.

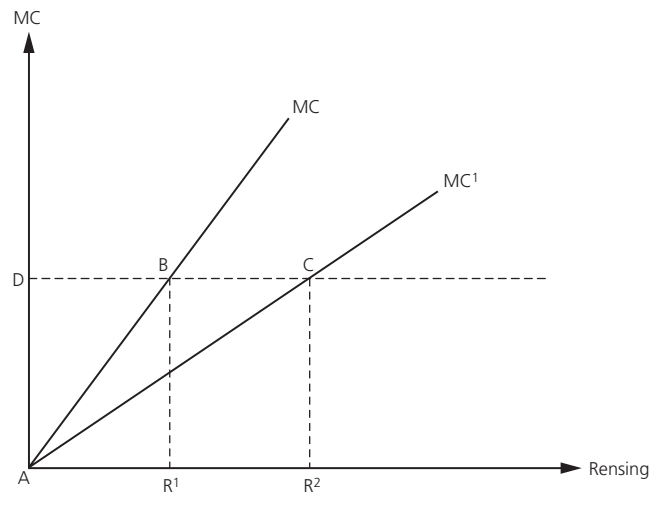
Skal miljøpolitikken være streng?

I artikkelen «*Induced technological change and the attractiveness of CO₂ abatement policies*» studerer Goulder og Schneider (1999) hvilken effekt mulighetene for FoU bør ha på miljøpolitikken. Med en streng miljøpolitikk kan man enten mene en høy miljøskatt (skatt pr. enhet utslipp), eller mene strenge utslippsmål. Goulder og Schneider ser på en bedrift som kan rense sine utslipp. Rensekostnadene til bedriften øker jo mer bedriften må rense. Bedriften har mulighet til å drive FoU. Vi kan tenke oss at den da finner mer effektive måter å rense på. Det vil redusere kostnadene for et hvert rensenivå.

I figur 1 måles kostnadene langs Y-aksen, mens graden av rensing måles langs X-aksen. Den horisontale, stiplede linjen er marginal miljøskade, angitt med D. Den stigende linjen MC er marginal renseskostnad før FoU, mens linjen MC¹ er marginal renseskostnad etter eventuell FoU. Arealet under MC-kurvene fra origo og frem til det valgte rensenivå gir den total renseskostnaden.

Optimal miljøpolitikk tilsier at satsen på utslippskatten skal settes lik marginal miljøskade. Miljøskattesatsen skal dermed settes lik D uavhengig av om FoU er mulig eller ikke. Sagt på en annen måte; FoU er ikke noe argument for å sette en streng miljøpolitikk i form av en spesielt høy miljøskatt. Dersom marginal miljøskade hadde vært fallende kan det tvert i mot vises at skatten burde vært satt lavere i tilfellet med FoU.

Figur 1. FoU og Marginale renseskostnader



Det optimale nivået på rensingen er imidlertid høyere i tilfellet med FoU, og dermed også de totale renseskostnadene. Optimalt rensenivå er R¹ før FoU, mens det er R² etter at FoU er gjennomført, og renseskostnadene er henholdsvis arealet ABR¹ og arealet ACR². Det kan kanskje virke rart at renseskostnadene er høyere med FoU. Forklaringen er at gevinsten av rensing også er høyere slik at det samfunnsøkonomiske overskuddet øker.³

Skal ny miljøteknologi subsidieres?

Et annet spørsmål er om bedriften bør subsidieres for å gå fra MC til MC¹. I prinsippet kan den nye renseteknologien tas i bruk av alle bedrifter med samme forureningsproblem uten at forskningen og utviklingen for å komme frem til den nye teknologien trenger å gjentas. Det kan derfor tenkes at flere enn bedriften som utviklet den nye renseløsningen, dvs. innovatøren, har nytte av renseløsningen. I mange tilfeller vil det imidlertid være svært vanskelig for innovatøren å ta betalt for at andre benytter seg av den nye renseløsningen. Den samfunnsøkonomiske gevinsten av innovasjonen vil dermed overstige den privat økonomiske gevinsten til bedriften, og vi vil ha et argument for å subsidiere FoU for å finne bedre renseløsninger.

Når andre tar i bruk en ny idé uten at innovatøren kompenseres for det, kalles det gjerne «*spillover effekter*». Spillover effekter vil i større eller mindre grad prege alle innovasjoner, og det er lite som tilsier at spillover effekter kun gjelder miljøinnovasjoner spesielt. Spesielt høye subsidier til miljøinnovasjoner fremfor annen type FoU kan dermed fortrenge andre samfunnsøkonomisk lønnsomme innovasjoner, og skape en ny type samfunnsøkonomisk tap. Dette poenget kommer spesielt godt frem i den andre delen av artikkelen til Goulder og Schneider.

³ Gevinsten av rensing er i tilfellet uten FoU arealet ADBR¹, mens gevinsten i tilfellet med FoU er arealet ADCR².

For å analysere effekten av støtte til enkelt sektorer som f.eks. fornybar energi, bruker Goulder og Schneider en generell likevektsmodell med flere sektorer. Miljøpolitikken består i å sette skatt på produksjonen av karbonbasert energi. Dette får følgende virkninger; i) produksjonen av karbonbasert energi blir mindre lønnsom og dermed også FoU i sektoren, ii) produksjonen av fornybar, ren energi blir mer lønnsom og dermed også FoU i sektoren og iii) total produksjon og utslipp i økonomien går ned pga. den nye skatten. Det siste gjør FoU mindre lønnsomt i alle sektorer, også sektoren for fornybar energi. En karbonskatt i modellen til Goulder og Schneider har derfor også indirekte kostnader i form av lavere vekstrate generelt for hele økonomien. Denne uheldige bivirkningen forsterkes ytterligere dersom det gis spesielle subsidier til karbonfri energiteknologi, og spillover effektene ikke er større i denne sektoren enn i de andre sektorene.

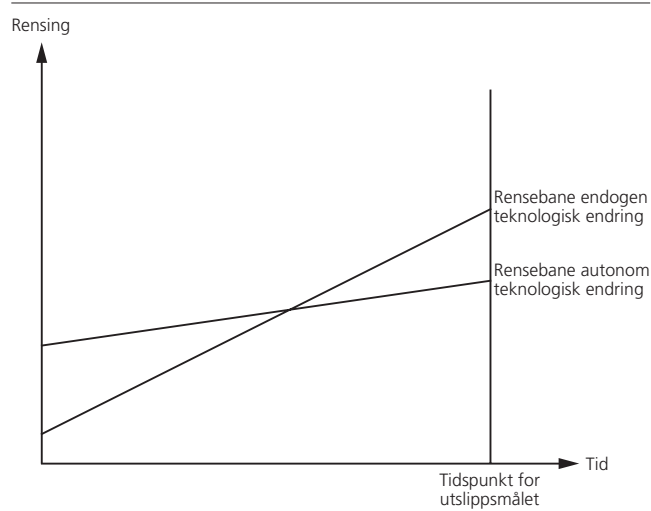
Effekten av lang tidshorizont

Anta at amerikanerne hadde hatt som mål å sette mennesker på månen innen år 2000 istedenfor innen 1970. Burde de da likevel ha satt i gang det samme romprogrammet i begynnelsen av sekstiårene for å være sikre på å greie det? Svaret er antakelig nei. Amerikanerne burde ha ventet med hele programmet. Dersom de hadde begynt tretti år senere dvs. på begynnelsen av nittitallet, ville den generelle teknologiske utviklingen innenfor datateknologi, flymotorteknologi, satellitteknologi etc. høyst sannsynlig ha gjort det mye billigere å sette en mann på månen. I tillegg kommer momentet med neddiskontering av fremtidige kostnader. Dvs. at kostnader man kan utsette til senere, bør man utsette til senere for heller å få renteinntekter på investeringskostnaden i mellomtiden.

Problemstillingen i artikkelen til Goulder og Mathai (2000) er noe av den samme. Gitt at vi skal nå et visst mål på konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren en gang i fremtiden f.eks. 2100, og holde dette målet for all fremtid, når skal vi sette inn rensningsinnsatsen? For å besvare spørsmålet bruker Goulder og Mathai et kostnadseffektivitetskriterium, dvs. de minimerer de samlede samfunnsøkonomiske kostnadene av å redusere utslipp over hele perioden.

I sine beregninger tar Goulder og Mathai hensyn til at klimapolitikken og tidsprofilen på rensing kan påvirke takten i den teknologiske utviklingen. Noe teknologisk utvikling vil selvfølgelig skje helt uavhengig av miljøpolitikken f.eks. en viss energieffektivisering som følge av at energi ikke er gratis. Dette kaller Goulder og Mathai *autonom teknologisk endring*. Motsatsen til autonom teknologisk endring er *endogen teknologisk endring*. Endogen teknologisk endring kan skje gjennom to kanaler, FoU og erfaringslæring (LBD⁴).

Figur 2. Optimal rensbane med både autonom og endogen teknologisk endring basert på FoU



Uavhengig av teknologisk utvikling skal miljøpolitikken til en hver tid innrettes slik at marginal renskostnad er lik marginal nytte av rensing. Den marginale nytten av rensing kan tolkes som en skyggekostnad av en enhets utslipp nå, dvs. rensing som ikke blir gjort i dag, må gjøres til en kostnad senere for å nå utslippsmålet. Sett fra i dag er skyggekostnaden av utslipp fallende over tid fordi en neddiskonterer fremtiden. Dette betyr at en legger mindre vekt på kostnader som kommer i senere perioder, og det er følgelig optimalt å utsette rensingen til senere. Goulder og Mathai kaller dette *skyggekostnadseffekten*.

Samtidig gjør den autonome teknologiske utviklingen at kurven for marginal renskostnad skifter nedover (se figur 1). Denne effekten kaller Goulder og Mathai *kunnskapseffekten*. Til sammen medfører *skyggekostnadseffekten* og *kunnskapseffekten* at det er optimalt å rense mer og mer utover i perioden. Imidlertid er det ikke optimalt å utsette all rensingen til senere siden det er stigende marginale renskostnader innenfor hver periode. Noe rensing skal skje med en gang, men langt mindre skal renses initialt enn mot slutten av tidsperioden.

Dette bildet endrer seg ikke vesentlig med endogen teknologisk endring som skyldes FoU. FoU vil redusere kostnadene av å nå et utslippsmål ytterligere dvs. kurven for marginal renskostnad skifter videre nedover. For en gitt miljøpolitikk vil FoU medføre at det blir enda billigere å rense i fremtiden dvs. både *skyggekostnadseffekten* og *kunnskapseffekten* forsterkes. Dermed er det naturlig å forskyve enda mer av rensingen utover i perioden. Sammenlignet med tilfellet hvor vi bare har autonom teknologisk endring, skiftes den optimale rensbanen ned initialt, og opp mot slutten av tidsperioden. De to banene for optimal rensing er vist i figur 2.

⁴ Av det engelske uttrykket *learning by doing*.

Endogen teknologisk endring i form av FoU betyr altså at klimapolitikken skal være mindre streng initialt enn i en situasjon uten endogen teknologisk endring i form av FoU!

Som nevnt ser Goulder og Mathai også på at den endogene teknologiske endringen kan komme fra erfaringslæring - LBD. Dette trekker i motsatt retning av kunnskapseffekten og skyggepriseffekten. Mens FoU har effekt på fremtidige rensekostnader *uavhengig* av hvor mye vi renser i dag, er ikke dette tilfellet med LBD. Siden rensing blir billigere i fremtiden *kun* som følge av rensing i dag, skal en rense mer initialt enn i tilfellet med endogen teknologisk endring i form av FoU.

FoU og LBD i åpne økonomier

Både Goulder og Schneider (1999) og Goulder og Mathai (2000) ser på en lukket økonomi hvor all teknologisk endring skjer innenfor et land som ikke handler eller utveksler nye idéer med andre land. Nyere forskning ved Forskningsavdelingen i Statistisk Sentralbyrå tar opp at takten i den teknologiske endringen kan være ulik i forskjellige land. Rosendahl (2004) diskuterer implikasjonene av dette ut fra en modell med to regioner, i-land og u-land, med ulik teknologisk utvikling. Nærmere bestemt er det endogen teknologisk utvikling basert på LBD i i-landene, mens u-landenes teknologiske utvikling er «importert» fra i-landene. Når optimal rensebane i regionene skal fastlegges, må det dermed taes hensyn til at strengere utslippsbegrensninger i i-landene fører til lavere fremtidig rensekostnad *både* for i-land og u-land. Dermed skal det renses mer i i-landene enn i u-landene, og de marginale rensekostnadene blir ulike mellom regionene.

I motsetning til Goulder og Mathai (2000) inkluderer Rosendahl (2004) også spillover effekter i LBD innenfor i-landene. Dette utgjør et separat incentiv til å sette en streng politikk nå. Resultatene til Rosendahl (2004) avviker derfor fra resultatene til Goulder og Mathai. Blant annet kan det tenkes at muligheten for endogen teknologisk endring fører til at optimal karbonskatt skal settes høyere enn ved autonom teknologisk endring for å internalisere spillovereffektene. Dermed blir ikke skattesatsen på utslipp lik for alle utslippskildene. En region der politikerne har mulighet til å påvirke den teknologiske endringen skal sette en høyere karbonskatt for å ta en større andel av den totale rensingen.

Mulighetene for å påvirke den teknologiske utviklingen kan imidlertid være svært begrenset hvis vi ser på en *liten* åpen økonomi, selv om økonomien er et i-land. Rasmussen (2001) tar for seg en numerisk generell likevektsmodell tilpasset danske forhold. I Danmark er vindkraft den største leverandøren av fornybar energi med en betydelig andel av energimar-

kedet. Videre er dansk kapitalutstyr for vindkraftproduksjon dominerende internasjonalt. Den teknologiske utviklingen for energiproduksjon med vindkraft er preget av LBD, og hittil har det vært mye å hente effektivitetsmessig siden vindkraft har vært lite utbredt. På den annen side benytter vindkraft ifølge Rasmussen (2001) bare vel kjente teknologier, slik at FoU mulighetene regnes for å være tilnærmet uttømte.

Rasmussen (2001) setter som betingelse at Danmarks utslipp av CO₂ ikke skal overstige et fremtidig utslippsmål. Dette gir høyere kostnader ved bruk av fossilt brensel, og energibrukere substituerer seg bort fra fossil energi til fornybar energi. Den økte erfaringen med fornybar energi (LBD) vil senke kostnadene, og dermed øke substitusjonen ytterligere. Dersom det er spillover effekter i LBD, vil imidlertid hver enkelt bedrift investere for lite i produksjon av fornybar energi. Markedsløsningen vil derfor gi for lite rensing initialt. Dette kan man rette på ved bruk av subsidier, men man kan også oppnå det samme med strengere utslippsmål.

På den annen side er den teknologiske utviklingen i fornybar energisektor ikke særlig følsom for nasjonal miljøpolitikk. Det er to grunner til dette. For det første, erfaringslæringen i vindkraftproduksjonen er stor i starten og avtar når produksjonen øker og industrien modnes. Dette fører til at en økning i bruken av fornybar energi i en tidlig periode ikke endrer produktiviteten mye på lang sikt. For det andre, den store eksportandelen av dansk vindmølleproduksjonen gjør innlands energietterspørsel mindre viktig. Med andre ord er de globale markedsforholdene viktigere for produktiviteten innenfor vindenergi enn den nasjonale miljøpolitikken.

Imperfekt konkurranse i FoU markedet

Som vi har vært inne på gir LBD noe større incentiver til å sette en streng klimapolitikk fra starten av enn mulighetene for FoU gjør. Et annet arbeid ved Forskningsavdelingen i Statistisk Sentralbyrå introduserer et nytt argument for at miljøpolitikken skal være streng for å spore til nye innovasjoner. Utgangspunktet er en liten åpen økonomi med en forurensende eksportsektor som tjener ren profitt på verdensmarkedet. FoU i modellen skjer ved at entreprenører starter opp firmaer som tilbyr renseteknologier. Man kan tenke seg at selve idéen til den nye renseteknologien allerede finnes, men at ingen ennå har kommersialisert idéen. Miljøpolitikken skaper et marked for idéer om hvordan man kan rense en gitt forurensning, og dette fører til at firmaer etablerer seg for å markedsføre sin spesielle metode.

FoU modellen til Greaker (2004) skiller seg dermed fra de andre modellene vi har diskutert til nå. I Goulder og Schneider (1999) og i Goulder og Mathai (2000) blir ikke tilbudet av FoU diskutert eksplisitt.

Istedenfor antas det en tradisjonell tilbudsfunksjon som er slik at liten etterspørsel etter FoU gir litt FoU til en lav pris, og stor etterspørsel etter FoU gir mye FoU, men da til en høyere pris.

I Greaker (2004) er det motsatt. Liten etterspørsel etter FoU gir liten etablering og dermed lite konkurranse og høye priser på ny renseteknologi, mens stor etterspørsel etter FoU gir mye etablering og dermed stor konkurranse og lave priser på ny renseteknologi. I et slikt tilfelle skal miljøpolitikken være spesielt streng. Dette kan gjelde selv om eksport bedriftene møter konkurranse ute fra eksport bedrifter som ikke får spesielt streng miljøregulering.

Greaker (2004) tar også opp i hvilken grad myndighetene bør subsidiere fremveksten av markedet for ny renseteknologi. Man kan tenke seg to typer av subsidier. Den ene måten er å subsidiere rensekostnadene til eksportbedriftene direkte. Dette vil øke etterspørselen etter ny renseteknologi for en gitt miljøpolitikk, og indirekte gjøre det lettere for entreprenører å etablere seg. Den andre måten er å subsidiere oppstartskostnadene til de nye bedriftene, noe som direkte vil gjøre det lettere å etablere seg.

I et eksempel som er gjengitt i Greaker (2004) er subsidiering likevel ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt til tross for at subsidieringer også påvirker konkurransevnen til eksportindustrien positivt.

Konklusjon

Verden står ovenfor en stor utfordring dersom det innen år 2050 skal skaffes til veie karbonfri energi i et omfang som er større enn dagens energikapasitet. Vi stilte derfor spørsmålet om myndighetene bør innføre en streng miljøpolitikk i dag for å forsere den teknologiske utviklingen. Økonomisk teori gir ikke et klart svar på dette, men teorien klargjør argumentasjonen for og i mot.

Alle ser ut til å være enig om at det er optimalt å starte noe rensing i dag for å nå et mål for utslipp i fremtiden, uavhengig av politikkenes innvirkning på teknologi. Grunnen er at det også i dag finnes rimelige rensalternativer som bør taes i bruk umiddelbart. Intuisjonen svikter imidlertid når det gjelder hvilken betydning teknologisk utvikling har for miljøpolitikken. Hvis det er slik at miljøpolitikken har innvirkning på FoU innenfor ny renseteknologi, har vi sett at en skal sette en mindre streng miljøpolitikk, ikke en enda strengere politikk som noen ser ut til å mene. Forklaringen er at rensekostnadene i dette tilfellet vil falle enda mer i fremtiden som følge av den teknologisk utviklingen. Det lønner seg derfor i enda større grad å vente med rensingen til senere.

Konklusjonene blir ikke like klare dersom det er erfaringslæring som driver den teknologiske utviklingen. Fordi produktivitetsveksten bare følger av faktisk bruk av alternativ energi, gir dette en effekt som isolert sett taler for å rense mer tidlig. Et annet argument for å sette en streng miljøpolitikk er at dette gir større pris-konkurranse blant teknologileverandører. Slik vil økte krav til rensing gi en lavere pris på renseteknologi og dermed en lavere rensekostnad. Dette kan langt på vei sees på som en slags LBD-effekt der erfaringslæringen er å forstå som et mer effektivt marked. I begge tilfelle er imidlertid markedstørrelse viktig. Dvs. etterspørselseffekten av miljøpolitikken må være tilstrekkelig til å utvikle markedet for den nye teknologien.

Subsidiering kan også forsere den teknologiske utviklingen, men subsidiering reiser også nye komplisert spørsmål. I utgangspunktet vil alle entreprenører ønske seg subsidier da dette øker deres kapitalavkastning uansett hvor lønnsom teknologiene allerede måtte være. Det pekes derfor på spillover effekter, markedssvikt og behovet for å samle erfaring med nye teknologier. Vanligvis vil det være en stor grad av spillover effekter i både FoU og LBD. Men skal myndighetene subsidiere FoU innenfor utslippsreducerende teknologi mer enn annen teknologi, må det være fordi spillover effektene er større her. Så vidt vi vet er det ennå ikke påvist empirisk.

Det kan kanskje være lettere å argumentere for en særegen subsidiering ut fra et LBD-perspektiv. Den alternative energisektoren er forholdsvis umoden slik at en læringen kan være større her enn for andre mer etablerte industrier. En begrensning er at Norge utgjør et svært lite marked. Det nasjonale markedet for alternativ energi er en del av et globalt marked som igjen er avhengig av en global klimainnsats for å utvikle seg. En streng nasjonal miljøpolitikk eller et eget norsk subsidieprogram vil således ikke spille en stor rolle for leverandørene av renseteknologi eller den langsiktige produktiviteten i alternativ energisektor. Forholdsvis store nasjonale ressurser kan dermed gå med til en minimal kostnadsbesparelse.

Litteraturliste

- Calderia et al (2002): Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet, *Science's Compass* Vol 298
- Goulder, L.H. og Mathai, K. (2000): Optimal CO₂ Abatement in the Presence of Induced Technological Change, *Journal of Environmental Economics and Management* 39, 1-38
- Goulder, L.H. og Schneider, S.H. (1999): Induced technological change and the attractiveness of CO₂ abatement policies, *Resource and Energy Economics* 21, 211-253

Greaker, M. (2004): Industrial Competitiveness and Diffusion of New Pollution Abatement Technology - a new look at the Porter-hypothesis, *Discussion Papers Statistics Norway* No. 371

Rasmussen, T.N. (2001): CO₂ abatement policy with learning-by-doing in renewable energy, *Resource and Energy Economics* 23, 297-325

Rosendahl, K.E. (2004): Cost-effective environmental policy: Implications of induced technological change, *Journal of Environmental Economics and Management*, doi:10.1016/j.jeem.2003.12.007.