



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Håndtering af miljøøkonomiske effekter og mar- kedsfejl i makro- modeller

Miljøprojekt nr. 1489, 2013

Titel:

Håndtering af miljøøkonomiske effekter og markedsfejl i makromodeller

Redaktion:

Copenhagen Economics:
Partner og Director, Helge Sigurd Næss-Schmidt
Senior Economist, David Sunden,
Analyst, Amanda Stefansdotter

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2013

ISBN nr.

978-87-93026-25-4

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Sammenfatning	4
1. Hvad er økonomiske makromodeller?	8
1.1 Kernen i en makroøkonomisk model	8
1.2 To typiske hovedformål med makromodeller	9
1.2.1 Konjunkturpolitiske formål	9
1.2.2 Strukturpolitiske formål	10
1.3 Hovedformål og karakter af danske makromodeller	11
2. Miljøpolitik, markedsfejl og dets løsninger	13
2.1 Markedsfejl på miljøområdet og makromodellering	13
2.2 Modellering af negative (miljø-) eksternaliteter	15
2.3 Modellering af positive eksternaliteter, innovation	16
2.4 Modellering af ukomplette markeder	16
2.5 Goder med endeligt udbud	17
2.6 Vigtige egenskaber i makromodeller for at kunne håndtere miljøproblemer	17
3. Miljøøkonomi i internationale og danske makromodeller	19
3.1 Kriterier for udvælgelse af makromodeller	19
3.2 Håndtering af negative eksternaliteter	22
3.2.1 Håndtering af priser på miljøøkonomiske skadesvirkninger	22
3.2.2 Beregning af velfærdseffekter	23
3.3 Positive eksternaliteter	24
3.4 Håndtering af risiko og usikkerhed i politik	25
3.5 Endogen teknologiudvikling	26
3.6 Håndtering af ændrede ressourcepriser	27
3.7 Den økonomiske betydning af samspil mellem instrumenter	28
3.8 Omkostninger ved passivitet	28
3.9 Håndtering af nationale og globale aspekter	28
Konklusion om øget inddragelse af miljø i danske makromodeller	30
Referencer	33

Sammenfatning

Miljøministeriet har bestilt et oversigtsstudie, som belyser, hvilken rolle makromodeller spiller og potentielt kan spille i belysningen af miljøpolitiske spørgsmål. Det indebærer dels en mere principiel indgang til dette tema dels et overblik over, hvordan miljø integreres i forskellige udenlandske modeller, samt hvordan centrale danske makromodeller håndterer miljøpolitiske spørgsmål.

Hvad er makroøkonomiske modeller?

Rapporten indledes med et kort oplæg, der viser, hvilken rolle makromodeller mere generelt spiller som støtteværktøjer til økonomisk rådgivning om udformningen af den økonomiske politik. Med en vis simplificering kan man sige, at makromodeller kan inddrages i to overordnede "klasser": Dette er for det første *konjunkturpolitiske* modeller, der har til formål at vurdere udviklingen i den samlede produktion, beskæftigelse, inflation og i de offentlige finanser typisk med sigte på de nærmeste år (i Danmark typisk 1-2 år). I Danmark er der tale om modeller som ADAM, der anvendes af Finans- og Økonomiministeriet, og SMEC der anvendes af det Økonomiske Råd. Og for det andet er det *strukturelle* modeller, som har til formål at vurdere, hvordan ændringer i miljø-, skatte-, arbejdsmarkeds-, handels- og generel reguleringspolitik påvirker velstand, velfærd og økonomisk fordeling på længere sigt. I Danmark er det modeller som DREAM, der primært anvendes af centraladministrationen til belysning af langsigtet finanspolitiske holdbarhed.

Konjunkturpolitiske modeller kan bruges til at analysere den kortsigtede makroøkonomiske udvikling, herunder af miljøpolitiske tiltag. Konjunkturmodeller kan således bruges til at vurdere, hvor mange jobs der netto kan skabes på den kortere bane gennem offentlig politik – f.eks. styrket energioverføring i den ældre bygningsmasse eller investeringer i klimatilpasning i kommunerne – når der tages hensyn til behov for finansiering og afledte tab af konkurrenceevnen gennem højere inflationspres.

Modsat kan strukturmodeller til at vurdere langsigtede makromæssige perspektiver af miljøpolitikken. ADAM vil således ikke i sin nuværende udformning kunne bruges til at vurdere, om forskellige former for mere ambitiøs miljøpolitik vil kunne give nettogevinster for samfundet, ligesom den heller ikke kan bruges til at sammenligne forskellige instrumenter til at nå sådanne mål.

Det er væsentligt at understrege, at såvel konjunktur- som strukturmodellerne ikke er designet til at fremskrive den samlede velfærdsmæssige samfundsudvikling. I denne rapport er det ikke forsøgt vurderet om modellerne i højere grad burde kunne fremskrive den generelle velfærdsudvikling. Det er også væsentligt at understrege, at modellerne både bygger på empiriske data og teoretiske forudsætninger. Der er i dette studie ikke foretaget analyser af dette teoretiske grundlag for de konkrete modeller.

Der er således en klar rollefordeling mellem konjunktur- og strukturmodeller i forhold til vurdering af miljøpolitisk tiltag fra et makroperspektiv.

Miljøpolitik, markedsfejl og dets løsninger?

Det rejser så spørgsmålet: hvornår giver en makroøkonomisk vurdering af miljøpolitikken værdi? Vi understreger først, at for alle miljøøkonomiske analyser er kernen en basal cost-benefit analyse: hvad er omkostninger ved at nå nogle konkrete miljømæssige mål, og hvad er gevinsterne herved i form af bedre helbred, renere natur, mindre global opvarmning, mindre pres på udtømmelige ressourcer osv.?

Forudsætningen for en diskussion af makromodellers rolle ift. miljøøkonomiske betragtninger er, at man klart får defineret, hvordan miljøudfordringer kan analyseres fra et økonomisk perspektiv. Det leder over til den klassiske diskussion af markedsfejl. Vi opstiller derfor en række klassiske eksempler på markedsfejl og tydeliggør deres relevans for vigtige miljøpolitiske udfordringer. Med markedsfejl menes, at borgere og virksomheder, i fravær af regulering, træffer nogle valg, som er ugunstige for samfundet samlet set. Det kan ikke mindst skabe pres på jordens ressourcer, fordi de aktører, der bruger ressourcerne, i fravær af reguleringsmæssige tiltag, ikke betaler for den potentielle skadesvirkning, de skaber. Hertil kommer også andre typer af markedsfejl, som medfører, at virksomheder f.eks. investerer for lidt i forskning, fordi andre end virksomheden kan drage fordel af den skabte viden.

For hver af disse forskellige typer af markedsfejl vurderes, hvornår makromodellering giver mening, og hvornår det ikke gør. Som eksempel på det sidste, nævnes f.eks. miljøregulering af udledninger af pesticider og gødning: skadesvirkningen er helt afhængig af lokale absorptionsforhold, og skader sker først, når udledninger når over et vist niveau. Man kan beregne et afledt samlet tab for samfundet på nationalt eller regionalt plan, men det vil et langt stykke hen af vejen være en sum af en række enkelte regnestykker.

Det vurderes samlet set, at egentlige makroøkonomiske analyser som tillæg til cost-benefit analyser ikke er relevant i alle tilfælde, men primært når en eller flere af følgende fire forhold er opfyldt:

For det første skal de analyserede tiltag har *en vis tyngde i forhold til den samlede samfundsøkonomi*. Dette kunne f.eks. være omkostninger/gevinster som andel af samlet produktion og beskæftigelse. Enten for den samlede økonomi eller for den berørte sektor.

For det andet skal tiltaget have *virksomheder på borgere og virksomheders adfærd, som er relevante for politikudformning*. Højere afgifter på vand, energi og luftforurening kan således på sigt føre til et betydelig lavere forbrug af vand, energi mv. og tilskyndelser til at bruge og udvikle nye teknologiske løsninger. Størrelse og timing af sådanne effekter kan få betydning for udformningen og nettogevinsterne ved den gennemførte politik. F.eks. vil omkostningen ved at gennemføre en politik være lavere såfremt der forholdsvis billigt og hurtigt kan skabes nye adfærdsmønstre og teknologiske løsninger som afhjælper miljøproblemet.

For det tredje skal tiltaget have et *langsigtet perspektiv*. Det vil sige, at man ser på et instrument, som har lang levetid og derfor forventes at påvirke borgere og virksomheders adfærd i mange år.

For det fjerde *kræves vurderinger af en række alternative og potentielt konkurrerende instrumenter*. Det kunne være til belysning af økonomiske instrumenter (skatter og kvotesystemer) overfor mere direkte regulering som forbud og/eller innovationsstøtte til at fremme omkostningsbesparende teknologier, særligt når miljømål er ambitiøse.

Miljøøkonomi i internationale og danske makromodeller

Dernæst identificeres i alt 7 internationale modeller, som har en betydelig troværdighed i forhold til arbejdet med miljøspørgsmål i et makroperspektiv. Vi skitserer, hvordan forskellige typer af mar-

kedsfejl og andre miljøpolitisk relevante spørgsmål er praktisk behandlet i disse modeller. Der lægges ikke mindst vægt på den rolle, som teknologiudvikling og usikkerhed om fremtidig miljøpolitik kan spille for omkostningerne ved at implementere langsigtede miljøpolitiske mål: sådanne forhold kan modeller bidrage til at belyse betydningen af.

Afslutningsvis gennemgår vi danske makromodeller. Status er ganske kort, at de overvejende er rettet enten mod konjunkturpolitiske formål eller strukturpolitiske målsætninger med fokus på finanspolitisk holdbarhed, pensionspolitik og arbejdsmarked. Modsat har der indtil nu været begrænset fokus på brug af danske strukturelle makromodeller, som hjælpeværktøjer i miljøpolitikken. Der har der ikke været tradition for integration af miljø og miljømæssig bæredygtighed i danske makromodeller. Dette gælder inddragelse af negative eksternaliteter, beregning af velfærdseffekter, håndtering af positive eksternaliteter, håndtering af usikkerhed i priser og politik, håndtering af ændrede ressourcepriser, simultan anvendelse af et miks af instrumenter, beregning af omkostninger ved passivitet og håndtering af spørgsmål vedr. åben versus lukket økonomi.

Vi vurderer, at der kan være gevinster ved bedre at integrere dele af den miljøpolitiske dagsorden i danske makromodeller. Afhængig af ambitionsniveauet for en sådan øvelse, kan det gøres på flere måder. Dette diskuteres kort i rapporten.

Vi vurderer, at særligt den bredere globale ressourcedagsorden, kan være et område, hvor makromodellering kan bidrage til et beslutningsgrundlag om prioriteringer i den danske miljøpolitik herunder dansk stillingtagen til EU's og den globale miljøpolitik. Det er en dagsorden hvor der skilles skarpt på den samlede velstands- og velfærdsudvikling over tid med eksplicit håndtering af de miljøomkostninger som økonomisk vækst kan indebære. Hertil kommer, at sådanne modeller kan tage hensyn, at "traditionel" vækst eventuelt kan ske gennem forbrug af udtømmelige ressourcer. Modeller vil således beregne nettoværdien over tid af forskellige forløb for forbrug af udtømmelige ressourcer, herunder gevinster ved, at udtømning sker i et langsommere tempo. Det kan reelt kun ske i makromodeller, fordi der vil være betydelige tilbagespil på prisdannelsen på sådanne udtømmelige ressourcer. F.eks. vil øget genanvendelse af fosfor både reducere prisen på fosfor og få ressourcerne til at holde længere.¹

Det skyldes ikke mindst, at den scorer højest på alle de fire mål, der generelt kan gøre brugen af strukturelle makromodeller relevant: (1) tyngde i den samlede økonomi (2) vægt på adfærdsregulering og virkninger heraf (3) langsigtet perspektiv og (4) vurdering af konkurrerende/komplementære instrumenter, der har virkninger på forskellige miljøpolitiske målsætninger.

Et meget konkret eksempel med betydelig dansk betydning kunne være en mere makroøkonomisk vurdering af den biobaserede økonomi:

- Danske virksomheder har en meget betydelig styrke på et bredt felt af områder: håndtering af råstoffer, konvertering til nye grundstoffer og udvikling af nye materialer. Det vil sige, at innovation og udvikling af nye produkter på disse områder har et højt potentiale i den danske økonomi
- Konkurrencedygtigheden af de nye produkter er helt afhængige både af globale faktorer (råstofpriser), EU og dansk regulering (afgifter, kvotepriser, holdbarhedskriterier for produkter) samt af innovationspolitik. Sammenhængen mellem disse faktorer kan modelleres.
- En række af produkterne konkurrer i et vist omfang om de samme råstofressourcer og om at løse de samme samfundsmæssige problemer: mere samlede vurderinger er nødvendige for at vurdere de mest omkostningseffektive løsninger.

¹ Det er den dagsorden der går under navnet "ægte" opsparing og som f.eks. Verdensbanken har gjort et betydeligt stykke arbejde i at udvikle redskaber til måling af (World Bank(2011)).

Desuden lægger vi vægt på, at modellen skal kunne håndtere de udfordringer og muligheder, den står over for, givet at Danmark i mange sammenhænge kun har en begrænset direkte indflydelse på de globale drivere for ressourcenes pres. Hvad er implikationerne heraf for dansk politik, dvs. dansk regulering i forhold til international regulering og generelle globale markedstrends?

Vi vurderer, at der flere af de modeller, som indgår i vores oversigt, som har elementer, der kan bygges videre på. I et opklaringsarbejde heraf, er det vigtigt, at man klart får afgrænset, hvilke politikspørgsmål, der ønskes inddraget og fokuseret på, ligesom også tidshorisonten for at få beregninger gennemført og ambitionsniveauet for en sådan øvelse er vigtig at afgrænse.

1. Hvad er økonomiske makromodeller?

Det centrale tema i denne rapport er, hvordan makromodeller kan og skal håndtere miljøøkonomiske problemstillinger. For at kunne besvare dette spørgsmål, må man først besvare to spørgsmål, nemlig (1) hvad er en makroøkonomisk model, og hvilke typer af spørgsmål tænkes den at skulle løse, og (2) hvilke typer af miljøøkonomiske problemstillinger findes der?

Dette kapitel besvarer første del af spørgsmålet: hvad er en makroøkonomisk model? Først skitseres helt overordnet hvad der karakteriserer en makroøkonomisk model i afsnit (1.1). Dernæst defineres 2 hovedtyper af makroøkonomiske modeller som i dag anvendes som praktiske hjælpemidler til at besvare økonomiske spørgsmål i afsnit (1.2). Endelig gives der en oversigt over danske makromodeller, som i dag har en betydelig anvendelse i centraladministrationen og i andre institutioner med en betydelig anerkendt profil indenfor økonomisk rådgivning i afsnit (1.3).

1.1 Kernen i en makroøkonomisk model

Kernen i en makroøkonomisk model er *sammenkoblingen* af en række gensidigt afhængige forskellige økonomiske effekter med det sigte at forstå og ultimativt kvantificere årsagssammenhænge. Meget kendte og simple sammenhænge fra de allerførste makroøkonomiske modeller er en sammenkobling mellem øget offentligt forbrug og den vækst, det kan skabe i samfundet: øget offentligt forbrug kræver øget produktion og beskæftigelse, som øger indkomstniveauet i samfundet, som igen øger det private forbrug, som igen øger beskæftigelsen, som øger det private forbrug osv.. Pointen i en makroøkonomisk model er ultimativt at kunne sige, at hvis bestemte typer af målbare begivenheder sker, så vil det have den og den konkrete virkning på målbare økonomiske størrelser, som f.eks. beskæftigelse, gennem en kæde af effekter.

Sammenkoblingen har to led:

1. For det første et *teoretisk*: Her vurderes, hvordan og under hvilke omstændigheder det kan give mening at sige, at udviklingen i to forskellige forhold – i økonomsprog to forskellige variable – har en årsagssammenhæng - typisk i en bestemt retning. Det kunne f.eks. være, at en højere rente giver lavere investeringer, fordi det bliver dyrere at foretage disse investeringer. Eller at lavere vækst i Tyskland svækker dansk eksport til dette land, fordi forbrugere reducerer deres køb af varer og tjenester, og det påvirker også importen til Tyskland.

Hertil kommer, at man skelner mellem de forhold, som modellen skal forsøge at beregne værdier for (såkaldte endogene variable), og de forhold, som modellen tager som givne (såkaldte eksogene variable). I en dansk model, der fokuserer på danske forhold, ville indlysende eksempler på eksogene variable være klimaet, årstiderne og den internationale økonomiske udvikling. F.eks. kan internationale forhold være repræsenteret ved væksten i den internationale efterspørgsel, den udenlandske lønudvikling og en udlånsrente fra den europæiske centralbank (ECB). Værdierne for disse variable påvirker så dansk økonomi, og de endogene variable. Højere vækst i udlandet giver højere vækst i Danmark, lavere vækst i udenlandske lønninger forringer dansk konkurrenceevne til ugunst for eksporten, og lavere

ECB rente giver den danske nationalbank mulighed for at sænke renten og dermed øge forbrug og investeringer i Danmark. Det er i økonomisk teori, man finder begrundelsen for, hvorfor disse sammenhænge giver mening. Det er væsentligt at understrege, at modellerne ikke er designet til at fremskrive den samlede velfærdsmæssige samfundsudvikling. Der er i dette studie ikke foretaget vurderinger af de teoretiske grundlag for de konkrete modeller.

2. For det andet en *empirisk* del. Hvis lønudviklingen i udlandet falder, hvor meget reduceres den danske eksport så, og hvornår? Og hvis indtjening og produktion i det danske erhverv som følge heraf falder, hvor stor bliver så svækkelse af beskæftigelse og investeringer, og hvornår? Og hvis beskæftigelsen falder, og en større del af arbejdsstyrken nu får dagpenge i stedet for løn, hvor meget reduceres det private forbrug så med? Hvis det private forbrug falder, hvordan påvirker det så igen beskæftigelsen osv. For hver af disse enkelte årsags-sammenhænge, skal der findes konkrete størrelser af effekterne - de såkaldte parametre. Det statistiske grundlag vil ofte være identificerede historiske sammenhænge, som forventes gentaget: en reduktion i de disponible indkomster på 1. mia.kr fører til et fald i privat forbruget på 800 mio.kr osv.

1.2 To typiske hovedformål med makromodeller

Økonomiske makrospørgsmål har to omdrejningspunkter.

For det første konjunkturpolitikken, som afhænger af to hovedinstrumenter: (1) Finanspolitikken, som fokuserer på justeringer af den samlede offentlige udgifts- og skattepolitik (2) Pengepolitikken, der regulerer nationalbankens ind- og udlånspolitik samt dele af den finansielle regulering. Fokus er på den samlede økonomiske udvikling på kort sigt, og hvordan disse to instrumenter påvirker den samlede økonomiske aktivitet.

For det andet den bredere strukturpolitik. Her er fokus på finanspolitisk holdbarhed og langsiget velfærd, velstand og økonomisk fordeling.

Makroøkonomiske modeller er værktøjer, der bruges til at understøtte den økonomiske politik på disse områder. Inden for den økonomiske forskning er der en løbende dialog om de traditionelle økonomiske mål, fx BNP, er tilstrækkelige ift. at vurdere den velfærdsmæssige udvikling eller at vurdere om udviklingen er bæredygtig. De makroøkonomiske modeller er basalt set designet til at fremskrive traditionelle økonomiske mål, mens de ikke er designet til at fremskrive velfærdsudviklingen.

1.2.1 Konjunkturpolitiske formål

Til konjunkturpolitik kræves modeller, der kan forklare udsving i beskæftigelse og produktion over en periode på op til 4-5 år, og særligt disses sammenhæng med den overordnede økonomiske politik.

De konkrete effekter vil stort set altid være baseret på såkaldt økonometri: dvs. brug af historiske data til at kortlægge sandsynlige årsagssammenhænge mellem f.eks. rente og investeringer, indkomster og forbrug, ledighed og lønudvikling, ændringer i valutakurser og priser på import og eksportvarer osv. Sådanne sammenhænge er estimerede:

- Som veldefinerede sammenhænge mellem konkrete variable i såkaldte strukturelle modeller.
- I såkaldt reduceret form, hvor man ser på historiske sammenhænge mellem to typer af variable, som ikke er forbundet direkte via en forklaret årsagssammenhæng.

Sådanne modeller vil typisk ikke muliggøre beregning af strukturpolitiske effekter. Indenfor rammerne af miljøøkonomiske diskussioner, vil man f.eks. ikke kunne vurdere den samfundsmæssige

værdi af, at man gennemfører strammere miljøregler for kemikalier, eller indfører højere skat på drivhusgasser for at dæmpe opvarmningen af kloden, osv. Det er simpelthen ikke formålet.

Derimod kan konjunkturmodeller vurdere de konjunkturpolitiske effekter af tiltag. F.eks. kan man beregne:

- Hvor meget beskæftigelsen øges, såfremt kommunerne øger deres udgifter for at imødekomme utilsigtede effekter fra et mere ekstremt vejr.
- Hvordan dette vil påvirke de offentlige finanser over tid, herunder betydning af hvordan tiltag finansieres (skatter eller brugerbetalingen).
- Hvordan en sådan øget efterspørgsel fra det offentlige fortrænger privat produktion gennem højere inflations- og lønpress mv..

Konjunkturmodeller kan således bidrage til en diskussion af, hvorledes tiltag påvirker udviklingen i produktion og beskæftigelse over en periode på 4-5 år, men ikke til en diskussion om hvorvidt sådanne tiltag er gode eller dårlige tiltag set fra et samfundsøkonomisk synspunkt.

Den gode anvendelse af konjunkturmodeller i miljøøkonomisk sammenhæng er derfor i højere grad at vurdere om, ellers gode miljøøkonomiske tiltag, ud fra en konjunkturpolitisk begrundelse, kan være særligt nyttige eller unyttige at gennemføre på et bestemt tidspunkt.

I en nylig analyse har Copenhagen Economics således argumenteret for, at fjernelse af en række strukturbarrierer for energigrenovering af eksisterende ejendomme i EU vil være ekstraordinært gavnlige i en situation, hvor mange lande har stor ledighed og betydelig kapacitet i bygge- og anlægssektoren. Til det formål brugte vi nogle simplificerede regneregler fra en større makromodeller fra EU området.

1.2.2 Strukturpolitiske formål

Hvordan påvirker forskellige typer af politik de underliggende strukturer i økonomi som strukturledighed, demografiske effekter, langsigtet opsparing samt eventuelt miljø- og velfærdsøkonomiske spørgsmål? Typiske sammenhænge, som søges kvantificeret er:

- Husholdningernes opsparing over tid som resultat af afkast af opsparing, forventet levetid, indregning af offentlige pensionsordninger mv.
- Den samlede beskæftigelse målt i årsværk som resultat af befolkningens størrelse, skatte- og pensionssystemer, dagpengeregler og andre sociale systemer.
- Tilskyndelser til at investere i forskellige typer af teknologier over tid afhængigt af renteniveau, relative markedspriser på forskellige produktionsfaktorer og slutprodukter

Medens konjunkturmodeller altid har en præcis tidsopløsning så tenderer mange strukturmodeller til at være mindre præcise i forhold til, hvornår en given strukturpolitisk ændring er slået fuldt igennem. Dette hænger blandt sammen med, at det empiriske grundlag og formål med de to modeltyper er forskelligt. I en konjunkturmodel er det selve formålet at vide, hvor hurtigt f.eks. øgede offentlige investeringer slår igennem på beskæftigelsen og efterfølgende modvirkes af modgående faktorer fra tab af konkurrenceevne, som følge af højere inflation mv. I en strukturmodel vil det empiriske grundlag for en meget håndfast vurdering af tidseffekter typisk ikke være til stede. Samtidig kan det være mindre vigtigt at vide, om effekten er slået igennem i løbet af 5 eller 10 år.

Rent konstruktionsmæssigt afviger de typiske konjunktur- og strukturmodeller sig således fra hinanden på to hovedpunkter:

- Virkningsammenhænge:
 - I konjunkturmodeller
 - Som udgangspunkt altid på basis af økonometri og med en veldefineret tidsdimension

- I strukturmodeller
 - Effekter baseret på optimeringsregnestykker. Et typisk eksempel: hvis man ønsker at have en konkret pensionsdækning, når man forlader arbejdsmarkedet, hvor meget skal man så spare op? Det afhænger f.eks. af antallet af arbejdsår, renteniveauet og det forventede antal år på pension. I nogle tilfælde vil økonometri også blive brugt til at fastlægge sammenhænge f.eks. virkninger af lavere skat på arbejdsudbud eller reduceret transportarbejde fordi det bliver dyrere at køre bil
- Tidsopløsning:
 - Konjunkturmodeller: altid klar tidsopløsning, da det er formålet.
 - Strukturmodeller: mindre klar tidsopløsning. De valgte parametersammenhænge kan bruges til en fortolkning af, hvornår strukturpolitiske effekter er slået fuldt igennem.

1.3 Hovedformål og karakter af danske makromodeller

De danske makromodeller kan forholdsvis let placeres indenfor rammerne af diskussionen ovenfor.

Der er 3 modeller med et helt overvejende konjunkturpolitisk sigte. Disse er ADAM, SMEC og MONA, jf. beskrivelsen nedenfor. De er baseret på økonometriske metoder, er meget omhyggelige og indeholder detaljerede beskrivelser af en række forskellige sektorer, og alle med en klar tidsopløsning: ADAM og SMEC er årsmodeller, medens MONA er en kvartalsmodel.

Der er også tre hovedmodeller med overvejende strukturpolitisk sigte. Der er DREAM, som har et klart fokus på strukturpolitiske problemstillinger tilknyttet holdbarheden af de offentlige finanser og arbejdsmarkedet, MUSE, som primært bruges til beregninger af arbejdsmarkedspolitiske udfordringer, og GESMEC, som kan bruges til analyser af handels- og klimamålsætninger. Alle disse har et langsigtsperspektiv og er baseret på generel ligevægtsmodellering.

Navn	ADAM	SMEC	MONA	MUSE	DREAM	EMMA	GESMEC
ejer	DST ²	DØR ³	Danmarks Nationalbank	DØR	DST	Energistyrelsen	DØR2
egenskaber							
Formål	Konjunkturpolitisk med strukturpolitisk anvendelse	Konjunkturpolitisk med strukturpolitisk anvendelse	Konjunkturpolitisk med strukturpolitisk anvendelse	Strukturpolitisk	Strukturpolitisk	Strukturpolitisk	Strukturpolitisk
Primære spørgsmål	Konsekvenser af ændringer i den økonomiske politik	Konsekvenser af ændringer i den økonomiske politik	Konsekvenser af ændringer i den økonomiske politik	Analysen af miljøskatters effekt på indkomstfordelingen	Fremtidige offentlige indtægter og udgifter	Energi- og elforbrug fremskrivninger	Konsekvenser af den danske CO ₂ -målsætning & af handelsliberaliseringer
Type	Økonometrisk	Økonometrisk	Økonometrisk	CGE	CGE	Økonometrisk	CGE
Tidshorisont	2011-2020	Afhængigt af formål: beregninger fra 1 år til 20-30 år	Kvartalsmodel kortsigtsorienteret	Langsigtede	Langsigtede		
Tidsopløsning	Årlig	Årlig	Kvartal	Langsigtet	År	År	Langsigtet

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 1
HOVEDFORMÅL OG KARAKTER AF DANSKE MAKROMODELLER

Udover de tidligere beskrevne mere klassiske modeller, findes også modellen EMMA. Det er en såkaldt eftermodel, som bruges til at lave fremskrivninger af energiforbrug og også delvist af produktionen på baggrund af langsigtede fremskrivninger, primært fra ADAM (derfor betegnelsen "eftermodel"). Modellen er økonometrisk baseret, men har et strukturpolitisk sigte.

² Danmarks Statistik.

³ De Økonomiske Råd.

2. Miljøpolitik, markedsfejl og dets løsninger

Forudsætningen for en diskussion af makromodellers rolle i miljøøkonomi er, at man klart får defineret, hvordan miljøudfordringer kan analyseres fra et økonomisk perspektiv.

Den normative del af økonomisk teori fokuserer på, hvorledes knappe ressourcer bør anvendes med sigte på at frembringe størst muligt forbrug eller nyttemaksimering inden for rammerne af en markedsøkonomi med privat ejendomsret og mulighed for politisk styring. Fra en klassisk økonomisk betragtning analyseres miljøudfordringer ud fra problemstillingen om markedsfejl. Hermed menes, at en række aktiviteter pågår uden, at der eksisterer markeder for de omkostninger og indtægter, der er knyttet til disse aktiviteter, hvorfor overvejelser om disse ikke vil indgå i de beslutninger, som aktørerne på markedet bør have. Der pågår således aktiviteter, der har en effekt uden, at der er en økonomisk indtægt eller omkostning for de aktører, der påvirkes af transaktionerne. Tilgangen ud fra en klassisk økonomisk betragtning er at internalisere disse eksternaliteter.

Derfor defineres først 4 klassiske markedsfejl med klar tilknytning til miljøudfordringer (sektion 2.1), og det vendes i den sammenhæng mere generisk, hvornår makromodeller kan tilføje noget væsentligt til mere direkte værktøjer, såsom en cost-benefit analyse. Dernæst diskuteres relevansen mere specifikt af at bruge makromodeller til at løse vigtige miljøudfordringer for Danmark og andre lande i de kommende år, indenfor rammerne af sådanne typer af markedsfejl (sektion 2.2 til 2.5). På baggrund af denne diskussion opstilles nogle krav til, hvad makromodeller skal kunne for at bidrage til et bedre beslutningsgrundlag for miljøpolitiske beslutninger som afrunding af kapitel 2. (sektion 2.6)

2.1 Markedsfejl på miljøområdet og makromodellering

Grundlæggende taler økonomer om markedsfejl, når markedsøkonomien ikke af sig selv leder til en samfundsøkonomisk god udnyttelse af de ressourcer, som en økonomi er i besiddelse af. Fire typer af markedsfejl er centrale indenfor miljøøkonomi (1) negative eksternaliteter, (2) positive eksternaliteter, (3) ukomplette markeder og (4) fælles offentlige goder. Definition og klassiske eksempler er præsenteret i tabellen nedenfor.

Markedsfejl	Betydning/eksempel
Negative (miljø-) eksternaliteter	Omkostninger som økonomiske agenter påfører tredje part, uden at betale en omkostning ved deres handlinger. F.eks. udledning af drivhusgasser eller dumping af affald i havene: omkostningerne bæres ikke af den udledende kilde og bliver derfor heller ikke medregnet af denne.
Positive eksternaliteter	Økonomiske agenteres handlinger, som kommer en tredje part til gode. F.eks. viden og teknologi spillovers fra F&U i begrænsningsteknologier: de indirekte positive effekter tilegnes ikke fuldt ud den virksomhed, som finansierer forskningen. Derfor bliver der foretaget utilstrækkelige investeringer i F&U på virksomhedsniveau, sammenlignet med de sociale gevinster, der følger af innovationen.
Ukomplette markeder	Aktører kan ikke forsikre sig mod alt risiko og fremtidig usikkerhed, og dette påvirker deres investeringsbeslutning Fremtidig usikkerhed: <ul style="list-style-type: none"> • Usikkerhed om politik (tidsinkonsistens, valg af kontrol). Regeringer, der annoncerer politik, som skaber incitament til at investere i ny teknologi, vil foretrække at misligholde denne politik, når først politikken er udviklet. • Usikkerhed om priser Offentlige og private diskonteringsrater er forskellige
Fælles offentlige goder	Ikke ekskluderbare (fri tilgængelighed) og rivalisering af goder (én persons forbrug mindsker den mængde, der er tilgængelig for andre) forårsager, at agenter overudnytter godet. F.eks. er luft overudnyttet som deponeringsanlæg, og havene overudnyttes til fiskeri, eftersom ingen har fuldstændig kontrol over dem. Forskelligt fra privat ejede ressourcer, som mineraler, energi og fødevarer: Her skaber markeds kræfterne automatisk signaler om knapheden af disse goder.

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 2
MARKEDSFEJL OG DERES BETYDNING

Ud fra en klassisk økonomisk betragtning vil en omkostningseffektiv løsning af en miljøpolitisk udfordring i sin kerne altid kræve en såkaldt cost-benefit analyse. Hvad er omkostningen (cost) ved ikke at håndtere miljøpolitiske udfordringer, og hvilke gevinster (benefits) kan der hentes ved at gennemføre nogle tiltag, der reducerer/eliminere disse omkostninger? Samtidig skal der opstilles kalkuler for, hvad det koster at reducere/eliminere skadelige aktiviteter.

Et sådant regnestykke kræver en række vigtige oplysninger. For det første bør der sættes en økonomisk værdi på de miljøomkostninger, som en given aktivitet giver anledning til. Tilgangen er så at sige, at identificere hvad prisen for miljøet ville være, hvis der var et marked for alle i Danmark, som i andre lande, benyttes ofte såkaldte samfundsøkonomiske enhedsomkostninger, som angiver, hvor meget f.eks. ekstra støj fra biler generer beboere i de boliger, som ligger tæt på en stærkt trafikeret vej, reducere livskvalitet fra øgede partikelforurening af energiforbrug osv.⁴

⁴ Transportministeriets 'Transportøkonomiske enhedspriser' indeholder samfundsøkonomiske omkostninger fra en række aktiviteter med miljøøkonomiske "skadesvirkninger"

For det andet skal der på omkostningssiden beregnes de omkostninger, der er forbundet med at håndtere de miljømæssige udfordringer. Her vil det ofte været nødvendigt at skelne mellem brug af eksisterende teknologier og brug af fremtidige endnu ikke eksisterende teknologier, som potentielt vil kunne nedbringe omkostninger betydeligt. Hertil kommer egentlige samfundsøkonomiske beregninger af i hvert fald to typer af omkostninger: (1) tab af velfærd for forbrugere som følge af, at de muligvis skal omlægge deres forbrugsvaner for at opnå den gunstige miljøeffekt (f.eks. skift fra en hurtig bil til en langsom bil eller fra bil til cykel!) (2) mulige forvridningstab fra skatteopkrævning, såfremt løsning af opgaven kræver et højere offentligt udgiftsniveau.

For det tredje *kan* der være en betydelig tidsdimension i regnestykket. Omkostninger opleves i starten, gevinster høstes typisk med en forsinkelse. Hermed er der behov for at kunne sammenligne omkostninger og gevinster over tid. Det kræver en diskonteringsrente.

I en lang række tilfælde vil det være tilstrækkeligt at lave cost-benefit analyser uden at inddrage makroøkonomiske aspekter. Det gælder særligt hvis:

- De undersøgte tiltag er forholdsvis marginale.
- Har begrænsede virkninger på de markeder, der påvirkes f.eks. prisdannelse på råvarer, udvikling af ny teknologi, samt mere strukturelle ændringer i husholdninger og virksomheder.
- Der alene undersøges et enkelt tiltag og ikke sammenhængen mellem tiltag eller deres samlede virkninger.

Det følger modsat, at makroøkonomiske analyser kan være relevante, når disse omstændigheder ikke er opfyldte. Det vil sige hvor:

- Effekter er betydelige.
- Har potentielt substantielle afledte virkninger på adfærd, prisdannelse.
- Der ønskes analyser af sammenhængen mellem supplerende eller konkurrerende tiltag.

Vi diskuterer disse aspekter mere specifikt indenfor rammerne af de typiske miljøøkonomiske problemer, som man i praksis støder på.

2.2 Modellering af negative (miljø-) eksternaliteter

Negative eksternaliteter håndteres reguleringsmæssigt typisk gennem enten økonomiske instrumenter som beskatning/kvotesystemer eller varierende grader af forbud.

Makromodellering kan særligt være relevant, hvis man ønsker at se på langvarige og betydelige effekter af politiske tiltag samt af den markeds-mæssige udvikling. Det vil typisk kræve, at tiltaget eller påvirkningen er tilstrækkelig stor – f.eks. målt som investeringer eller forbrug som andel af BNP. Det vil typisk være, når miljøproblemer har national, international og en betydelig langsigtet karakter, hvor afledte virkninger på adfærd, udenrigshandel og teknologiudvikling a priori kan være betydelige. Klima- og energipolitik er indlysende kandidater. Det samme gælder i princippet konsekvenserne af højere råvarepriser på globalt niveau: det er ikke i sig selv en miljømæssig eksternalitet, men de højere priser kan give betydelige afledte virkninger på virksomheders og husholdningers adfærd over tid, som kan studeres ved hjælp af makromodeller. Det vil så også spille tilbage på presset på råvareressourcer, herunder prisdannelsen.

Såfremt man ønsker at modellere den langsigtede velfærdsudvikling vil det være relevant, at fokusere på et bredere sæt af ikke markedsomsatte goder, herunder fx. naturkapitalens eller økosystemernes bidrag til økonomien eller den sociale kapitalens bidrag til samfundsøkonomien.

Det kan samtidig være relevant at bruge makromodeller, hvis policy tiltag har betydelige afledte effekter på offentlige finanser. Det kan f.eks. være relevant i forhold til sammenligning af politikker, der bygger på forbud i forhold til politikker, der bygger på beskatning og bortauktionerede kvoter. Modsat er makromodellering mindre velegnet, hvis miljøproblemet og policy tiltag er koncentreret i mindre delområder med begrænsede spill-overs til andre geografiske områder. Mange problemer knyttet til f.eks. vandkvalitet mv. er stærkt lokalt orienterede. Det er tilsvarende vigtigt, at effekter er forholdsvis robuste og kan skaleres meningsfuldt. Metodikken kan anvendes på nogle konkrete eksempler.

F.eks. vil udledning af pesticider og gødning typisk ikke egne sig særligt godt til makromodellering af mindst to årsager. For det første giver udledning af pesticider og gødning stærkt ikke-lineære og lokalt afhængige skadesvirkninger. Skadesvirkninger sker for det første efter en tærskel, som afviger fra sted til sted og vil være afhængig af tidligere års udledninger i samme lokalområder. Samtidig vil skadesvirkningerne i afgrænsede lokale områder være uafhængige af skadesvirkninger i andre områder.

2.3 Modellering af positive eksternaliteter, innovation

Positive eksternaliteter afhjælpes typisk gennem regulering af retten til at udnytte immaterielle rettigheder eller direkte innovationsstøtte.

Makromodellering kan være relevant af flere årsager:

- Teknolog udvikling leder til forandringer i de relative priser på de råvarer, der forbruges mere eller mindre. Det kan have afledte effekter: både på tilskyndelsen til at innovere samt behovet for over tid at bruge andre tiltag.
- Værdien af den nye innovation er i sig selv afhængig af størrelsen af den tilpasning, miljøudfordringen kræver. Det vil f.eks. have begrænset værdi for samfundet at udvikle en ny teknologi, der kan erstatte råvarer som fosfor eller sjældne metaller, hvis disse råvarer kan fås til uændrede lave priser i en lang årrække. Modsat vil innovationen have større værdi, såfremt priserne fremadrettet er betydeligt højere.
- Offentlig støttet innovation fortrænger anden forskning ud: Modeller kan give et bud på hvor meget anden forskning, der kan fortrænges fordi man trækker på knappe vidensressourcer f.eks. forskere og højtuddannet arbejdskraft
- Offentlig støtte kræver skattefinansiering: det vil sige, at forvridningstab fra skatteopkrævning skal holdes op mod gevinster fra innovation.
- Omkostninger og gevinster er ujævnt fordelt over tid og hænger sammen med tidspunkt og størrelse af udfordring.

Det betyder, at for en innovationsindsats, på et område med stor samlet samfundsmæssig betydning, kan beregning af nettobenefits være svære at foretage uden en model med mange præcise sammenspil over tid af politik og konsekvenser. Modsat vil en sådan model kunne skabe et beslutningsgrundlag for en innovationspolitik.

2.4 Modellering af ukomplette markeder

Økosystemer er komplekse og deres reaktion på ressourceudnyttelse og forurening kan følge ikke lineære forandringer og kan have en størrelsesorden, der gør dem vanskeligt at håndtere markeds-mæssigt. Samtidigt kan det være vanskeligt at forudsige den økonomiske udvikling. Dette betyder, at miljømæssige problemstillinger kan være præget af uforudsigelighed og mangel på mulighed for at forsikre sig mod denne uforudsigelighed. Dermed kan ukomplette markeder være et betydeligt problem for miljøudfordringer af meget langfristet karakter. Vi har fremhævet dette i sammenhæng med energi og klimapolitik, men det kan også være en udfordring i forhold til langsigtede private beslutninger, der træffes under stor usikkerhed om den mere generelle økonomiske udvikling. Et muligt relevant eksempel er risici for stigende eller stærkt ustabile ressourcepriser. Typisk vil det

være meget dyrt at forsikre sig fremadrettet i råvaremarkedet enten som køber eller sælger. Det betyder modsat også, at aktører, der udvikler teknologier til erstatning af eksisterende råvarer, løber en betydelig risiko for at "brænde" inde med en teknologi, som ikke kan betale sig. Det er tilsvarende også meget dyrt at forsikre sig mod langsigtede politikrisiko. I tilgift vil der være en risiko for, at den udtagede forsikring ikke honoreres, når den indløses.

Det reguleringsmæssige svar på ukomplette markeder er, at regeringer lægger bånd på fremtidig disponering ved at forpligtige sig på bindende vis til at føre en bestemt politik. Det kan reducere politisk usikkerhed og risikopræmier på investeringer⁵. Eksempler:

- Et governance system med en langsigtet ramme for beslutninger.
- Delegering af beslutningskompetence til uafhængig styrelse.

Makromodellering kan bruges til at give anslag over virkninger af troværdige politikammer. Det gælder ikke mindst mulighederne for at reducere risikopræmier for langsigtede investeringer.

2.5 Goder med endeligt udbud

Det er velkendt, at fælles goder, uden initial fordeling af ejendomsret, kan blive overud-nyttet. Kendte eksempler er udnyttelsen af biologiske reserver fx i havområder (fisk, hvaler osv.), samt generel påvirkning af økosystemer. Denne problemstilling er bl.a. kaldt 'The tragedy of the commons', og består i, at hver enkelt aktør søger at optimere individuelle interesser, samtidigt med at summen af optimeringen af individuelle behov undergraver det fælles ressourcegrundlag på lidt længere sigt. Påvirkning kan både ske via udnyttelse af biologiske ressourcer eller via påvirkning af biologiske systemer via fx. forurening. Biologiske systemer vil ofte have tipping points eller en bufferkapacitet, der betyder, at en vedvarende påvirkning ud over bæreevnen pludselig kan medføre et markant skift i ressourcebeholdningen.

Et regulatorisk svar er, at det offentlige tiltager sig ejendomsretten og efterfølgende fordeler dem på en sådan måde, at forbruget af ressourcer er holdbart. Det kan f.eks. gøres gennem kvoter, som det kendes fra EU's fiskeripolitik, med ét endeligt udbud, såsom råvarer og tilgang af biologiske ressourcer (fisk). Et andet typisk svar er retslig regulering, hvor der sættes grænser for udnyttelsen eller påvirkningen af en konkret ressource.

2.6 Vigtige egenskaber i makromodeller for at kunne håndtere miljøproblemer

De foregående afsnit har identificeret både hvilke omstændigheder, der kan gøre makro-modeller relevante (sektion 2.1), samt de egenskaber modellerne skal have for kunne levere brugbare resultater til en politisk beslutningsproces (sektion 2.2 til 2.5).

På tværs af disse afsnit vil vi understrege, at følgende egenskaber vil være vigtige:

- Modeller, der kan håndtere alternative politiske tiltag og sammenligne effektivitet
 - Cap-and-trade, skatter, forbud, støtte til innovation.
- Beregning af velfærdseffekter
 - Velfærdstab, BNP, private forbrug.
- Innovation
 - Effekter på ændringer i relative priser på innovation og teknologiudvikling, gevinster ved offentlig støtte.
- Håndtering af usikkerhed om prisudviklinger og fremtidig politik
 - Effekter, ikke mindst på risikopræmier for langsigtede investeringer
- Effekter af politik tiltag for en lille åben økonomi

⁵ CE har behandlet dette indgående i studiet for tænketanken Fores om EU's ETS system (Copenhagen Economics, 2012c), for investeringer i vedvarende energi for Vestas (Copenhagen Economics, 2012a) og i et studie for EU kommissionen om virkninger af skatter og forskningspolitik i forhold til energipolitiske og bredere miljøpolitiske spørgsmål (Copenhagen Economics, 2010).

- Dette er et tværgående tema, fordi virkninger af politiktiltag både i fht den miljømæssige udfordring samt teknologiudvikling vil være fundamentalt anderledes for en lille åben økonomi i forhold til globale tiltag.
- Naturkapitalbeholdningen samt øvrige relevante kapitalbeholdninger, som bidrager til den økonomiske aktivitet
- Naturressourceinputtet til økonomien (materialer, energi, vand), både i form af råmaterialer og indlejret i produkter over tid, samt modeller for prisudviklingen for disse fremadrettet.

3. Miljøøkonomi i internationale og danske makromodeller

De foregående kapitler definerede, hvornår makromodellering er relevant i miljøøkonomi, og hvilke egenskaber, modellerne i givet fald skulle indeholde. Kapitel 4 fokuserer derfor på, hvad der kan hentes af praktiske erfaringer fra sådan makromodellering, og hvad det kunne skabe af behov for en mulig tilpasning af danske modeller. Derfor indledes først med en beskrivelse af, hvilke kriterier vi har brugt til at udvælge en række relevante internationale modeller (sektion 3.1). Herefter gennemgår vi, hvordan de ønskede egenskaber rent faktisk kan indbygges i modellerne (sektion 3.2-3.8). Endelig samler vi op på de danske modeller og fokuserer på, hvad der kan være fokus for udbygninger af de danske modeller (3.9).

3.1 Kriterier for udvælgelse af makromodeller

Vi har udvalgt 7 internationale makromodeller, som indeholder modellering af mindst én af 10 egenskaber, som vi finder centrale jf. Tabel 3 nedenfor. Ingen af disse modeller har alle de 10 egenskaber. Som de mest avancerede i den sammenhæng, peger vi på R&DICE, udviklet på Yale, og Witch, som har været brugt intensivt af OECD i en række analyser i de seneste par år. Som kriterier for udvælgelse af disse modeller har, udover at modellerne indeholder de søgte egenskaber, været, at de har en betydelig troværdighed ved at have været brugt i en række internationale analyser af respekterede institutioner som OECD, IEA, EU-Kommission, eller af større lande jf. også eksemplerne anført i boks 1.

Navn	EPPA	GEM-E3	MARKAL	DICE	R&DICE	GEMINI-E3	WITCH
Ejer egenskaber	MIT	EU-kom	ETSAP ⁶	Yale	Yale	EPFL ⁷	FEEM ⁸
Instrument til at håndtere negative eksternaliteter	✓	✓	✓		✓		
Beregning af vel-færdseffekter	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Instrument til at håndtere positive eksternaliteter					✓		✓
Håndtering af usikkerhed i priser og politik						✓	
Endogen teknologivudvikling	✓	✓			✓		✓
Håndtering af forandrede ressourcepriser	✓	✓	✓				✓
Håndtering af dobbelte eksternaliteter					✓		
Beregner omkostningerne ved passivitet	✓			✓		✓	✓
Beskæftiger sig med problemstillinger omkring åben / lukket økonomi		✓	✓				✓

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 3
MILJØØKONOMI I INTERNATIONALE MAKROMODELLER

Boks 1 Eksempler på brug af makromodeller til miljøøkonomisk analyse

WITCH: Et OECD-studie indikerer, at en pris på carbon, som er konsistent med de ambitiøse 2050 globale mål, kunne fremkalde en "fire-dobbelt" stigning i energi F&U-udgifter, mens de offentlige F&U-politikker, mest produktivt, kunne fokuseres på "større" teknologiske gennembrud", snarere end på marginale innovationer.

QUEST III: Et EU-studie viser, at det ud over meget højere carbon priser, er nødvendigt at fremrykke F&U-støtte væsentligt for at kunne nå de ambitiøse langsigtede klimamål. Andre subsidie mekanismer er også undersøgt, men kombinationen af strammere emissions-caps (stigende carbon priser) og up-front F&U støtte til grønne teknologier giver det mest gunstige økonomiske resultat. Studiet konkluderer desuden, svarende til vores tidligere fund, at F&U-

⁶ Energy Technology Systems Analysis Programme, of the IEA.

⁷ Collaboration between ASSESSECO and EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne).

⁸ Fondazione Eni Enrico Mattei.

støtte ikke skal fremme grønne teknologier på langt sigt, og foreslår derfor en udfasning af F&U-støtte til grønne teknologier ved at sprede det til alle sektorer af økonomien. Resultaterne er baseret på en fremadrettet, generel ligevægtsmodel for den europæiske økonomi, hvor F&U og innovation er specifikt modelleret

Newell: Et studie med fokus på amerikansk overholdelse af de klimapolitiske målsætninger finder, at carbon afgifter alene opnår 95 procent af velfærdsgevinsterne sammenlignet med first-best scenarie af både en optimalt designet carbon skat (en som sidestiller de marginale fordele ved carbon reduktioner med de marginale omkostninger ved sådanne reduktioner) og optimalt designet F&U subsidier. Modsat opnår man med et optimalt F&U tilskud alene kun 11 % af velfærdsgevinsterne.

Fischer and Newell (2007): Et studie af klimapolitik rettet mod den amerikanske el-sektor finder, at rangordningen af potentielle politiske instrumenter er nogenlunde som følger: (1) udledningspris/afgift, (2) emissionspræstationsstandard, (3) fossil brændstofsskat, (4) vedvarende energis andel af krav, (5) vedvarende energi subsidier, og (6) F&U-subsidier. Ikke desto mindre opnår en optimal portefølje af politikker - herunder udledningspristilfættelse og F&U - emissionsreduktioner til signifikant lavere omkostninger end nogen enkelt politik.

DICE: Et af de mest bredt citerede estimater over de økonomiske effekter ved global opvarmning, er estimaterne fra DICE, som udgives af Yale's William Nordhaus i 2008 bogen "A Question of Balance". Modellen værdisætter de negative effekter ved den globale opvarmning på en række vigtige områder – særligt landbrug og kystsikring. Nordhaus hævder, at en global temperaturstigning fra 1,8 til 4,0 ° C vil sætte tabene fra den globale opvarmning lig næsten 3 procent af verdens bruttonationalprodukt.

MIT EPPA-model: Simulerer verdensøkonomiens reaktioner i projektscenarier for klimaforandringer og ændringer i atmosfærens sammensætning. Spørgsmål som EPPA kigger på, inkluderer f.eks. usikkerhed i prognoser for fremtidige klimaforandringer, effekter på fremtidens klima af foreslåede drivhusgasemissions politikker og økonomiske og politiske konsekvenser af forskellige stabiliseringsmål. I et 2003 studie baseret på EPPA estimeredes f.eks. de økonomiske effekter af Kyoto-aftalen for EUs medlemsstater. Resultaterne viste, at hvis EU-landene individuelt skulle opfylde carbon-cap, som specificeret i Kyoto-aftalen, så ville kulpriserne variere fra \$ 91 i Storbritannien til \$ 385 i Danmark, og omkostninger til velfærdsydelse ville variere fra 0,6% til 5%, som følge af BNI tab og ændrede bytteforhold.

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

Disse 7 modeller er udvalgt fra en større bruttoliste af modeller, som også opfylder ho-vedkrav om indhold af egenskaber samt international troværdighed jf. tabel 4. Modeller er fravalgt af to hovedårsager: dels at de syv valgte modeller faktisk indeholder de samme egenskaber og modelleringsformer som de andre modeller og derfor ikke tilføjer noget ekstra i forhold til en metodisk diskussion af muligheder, dels at beskrivelser af modellernes indhold ikke er blevet opdaterede for nyligt så vidt, vi har kunnet konstatere. Det gør, at vi ikke har kunnet vurdere deres brugbarhed til den type af analyser, vi har fokuseret på. Den faktiske beskrivelse af indhold i udvalgte modeller gennemgås i de følgende afsnit.

Modeller	Inkluderet i sammenligningen?	Hvorfor fravalgt?
EPPA	JA	
GEM-E3	JA	
GREEN	JA	
EMEC	JA	
MARKAL	JA	
WITCH	JA	
GEMINI-E3	JA	
VATTAGE	NEJ	Egenskaber dækkes af andre modeller
GTAP-E	NEJ	Egenskaber dækkes af andre modeller
EMEC	NEJ	Egenskaber dækkes af andre modeller
LINKAGE	NEJ	Egenskaber dækkes af andre modeller
CETM	NEJ	Egenskaber dækkes af andre modeller
TIAM	NEJ	For teknisk - ej makrovariabler som output
GREEN	NEJ	Overview fra 1994
MEGABARE	NEJ	Overview fra 1996

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 4

BRUTTOLISTE POTENTIELLE INTERNATIONALE MAKROMODELLER MED ØNSKVÆRDIGE EGENSKABER

3.2 Håndtering af negative eksternaliteter

Dette er en af mest centrale miljøøkonomiske udfordringer og derfor også et hovedfokus-punkt for alle de modeller, vi har set på. Hvordan kan man indregne økonomisk konsekvenser af, at udledninger, afledt af bestemte økonomiske aktiviteter, leder til omkostninger, som ikke bæres af de aktører, som udleder?

Det centrale element er, at man kan beregne, hvordan manglende prissætning af en miljømæssig eksternalitet påvirker de relative priser og dermed slår igennem på produktionsstruktur, indkomstfordeling og dermed også den samlede velfærd.

I modeltilgangen har vi set på to forhold:

- Hvordan er priserne på de emissioner, der skaber miljøøkonomiske skadesvirkninger håndteret?
- Hvordan måles tab af velfærd fra skadesvirkningerne?

3.2.1 Håndtering af priser på miljøøkonomiske skadesvirkninger

Der er to tilgange med fordele og ulemper:

1. Prisdannelsen på den miljømæssige skadesvirkning er direkte modelleret i modellen

Fordele:

- Såfremt den samfundsøkonomiske skadesvirkning ikke er proportional med den skadelige økonomiske aktivitet eller afhænger af andre forhold, som f.eks. teknologisk udvikling, vil modellen mere direkte kunne producere skøn for de samfundsmæssige miljøomkostninger ved alternative politikscenarier.

Ulempe:

- Kan kræve en betydelig mere udbygget model, som ikke altid står mål med de ekstraomkostninger, der er forbundet med at udvikle og bruge den.
2. Prisen er udledt fra andre studier og er afhængig af de resultater, som modellen generer.

Fordele:

- Betyder, at mere traditionelle makromodeller kan bruges til at illustrere virkningen af miljøøkonomi (f.eks. kan man godt i ADAM lægge en ekstra skat på vandforbrug eller på udledning af fossile brændstoffer)

Ulempe:

- Der kan være risiko for, at de variable, der ligger til grund for beregningen af de miljøøkonomiske enhedsomkostninger og andre vigtige variable, ikke er konsistente med de forløb for økonomien, som modellen generer.

3.2.2 Beregning af velfærdseffekter

Udgangspunkt for al omkostningsorienteret miljøpolitik er, at det skal forbedre den samlede velfærd i økonomien. Det vil derfor være et væsentligt omdrejningspunkt for makromodellen, at den faktisk leverer skøn herfor. Det kan i lige høj grad være beregninger af absolutte velfærdsgevinster ved miljøpolitik, som at lave sammenligninger af forskellige førte politikker til at opnå et givet formål, der kan være hovedformålet for beregningerne.

Der er typisk fire velfærdsmål, der bliver anvendt:

- Social velfærdsfunktion (SWF)
- Det samlede forbrug (C)
- Den samlede indkomst (Y)
- Consumer and producer surplus ('surplus')

Tabel 5 nedenfor sammenfatter dels fordele og ulemper ved at bruge disse metoder, samt hvilke metoder der er anvendt i de 7 udvalgte modeller.

Måling	Fordele	Ulemper	Anvendes i modeller
SWF	Teoretisk korrekt måling. Kan direkte måle en eksternalitet, som værdien af en ren natur. Medtager f.eks. substitution mellem produktionsudstyr og arbejdskraft	Kompliceret og tvivlsom. Kan være problematisk i forbindelse med aggregering over enkeltpersoner og tid.	EPPA DICE GEMINI-E3 WITCH
BNP/BNI	Forudsætning for nytte. Simpel velfærdsfunktion. Kan variere over tid (enkeltpersoner sparer f.eks. op under lavkonjunkturer og får nytte senere)	Proxy. Nødvendig forudsætning for nytte, men kun en forudsætning. Tager f.eks. ikke højde for fritid	EPPA GEMINI-E3 WITCH
Forbrug	Hvis BNP/BNI stiger, så kan forbrug stige, hvilket er en proxy for velfærd. Enkelt at beregne.	Proxy af en proxy. Indkomst i sig selv giver ingen nytte uden, at forbruget øges. Faldende marginal nytte af højere indkomst.	GEM-E3
Surplus			MARKAL

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 5
HÅNDBLING AF VELFÆRDSEFFEKTER

3.3 Positive eksternaliteter

For en række miljømæssige udfordringer vil udvikling af ny teknologi til løsning af opgaven være samfundsmæssigt gavnlige som beskrevet, men vil også kunne bremses af, at de virksomheder, der investerer, ikke selv høster den finansielle gevinst heraf (såkaldte "spill-over effekter"). Det er en velkendt problemstilling, men det er også væsentligt, at man kan regne på dens betydning.

Et centralt element vil således være om sådanne spill-over effekter er indeholdt i modellen: innovationsudgifter i nogle virksomheder og brancher påvirker innovation i andre virksomheder og brancher.

Blandt de modeller, vi har set på, inkluderer WITCH og R&DICE sådanne effekter på en sådan måde, at R&U har en social afkastrate, der i høj grad overstiger den private afkastrate på disse investeringer.

I R&DICE, håndteres forskellen mellem de sociale og private omkostninger ved at gange udgifterne til forskning med en faktor på fire, idet det antages, at det sociale afkast af F&U er fire gange større end det private afkast. Dette er baseret på en antagelse om, at en højere innovationsaktivitet inden for carbon-energisektoren vil fortrænge innovationsaktivitet i andre sektorer. Faktoren på fire er baseret på estimater af sociale og private afkastrate fra forskellige sektorer i USA.

Som i R&DICE, tages der højde for den positive eksternalitet ved videnskabelse i WITCH ved at antage, at afkastet på energi F&U-investeringer er fire gange højere end afkastet fra (anden?) fysisk kapital. I WITCH er alternativomkostningen ved fortrængning af andre former for F&U også inkluderet. Det reflekterer en betydelig mængde empirisk forskning, der tilsiger, at når F&U indsatsen øges på nogle områder, så fører det til reduktioner på andre områder. Det afspejler blandt andet, at

antallet af højt kvalificerede forskere og udviklere, særligt på kortere sigt, er begrænset. indebærer, at de sociale omkostninger ved at øge forskningen inden for miljøsektoren vil medføre et tab i forskningsoutput i ikke-miljøsektoren.

Det skal ikke være nogen hemmelighed, at sammenhængen mellem udgifter til innovation og faktisk innovation i de udførende virksomheder samt i andre virksomheder langt fra er nogen eksakt videnskab: der er en meget betydelig usikkerhed om disse effekter.

Imidlertid kan makromodellering hjælpe til en forståelse af sådanne effekter. Den kan blandt andet også bidrage til en diskussion om negative spill-overs dvs. fortrængningseffekter: hvis nogle typer af innovation opprioriteres, så vil andre typer af innovation kunne blive trængt ud på grund af presse- de talentressourcer mv.

3.4 Håndtering af risiko og usikkerhed i politik

For miljøudfordringer af langsigtet karakter, og hvor omkostningseffektive tiltag også kræver betydelig up-front udgifter, kan usikkerhed om fremtidige priser og den gennemførte politik føre til, at sådanne tiltag ikke gennemføres. Det er forhold, som er særligt vigtigt i brancher med meget høj kapitalintensitet, som affaldsanlæg, energiproduktion mv.

Sådanne risici og usikkerheder kan modelleres på forskellig vis. Spilteoretiske modeller kan give et vist indblik i tilskyndelserne til at træffe forskellige policy valg for forskellige aktører både nationalt og internationalt. Det kan tilsvarende også bruges til at designe politikpakker, som gør det attraktivt rent faktisk at gennemføre den politik, som man principielt har tilsluttet sig. Det kan så i forlængelse heraf beregnes, hvor meget sådanne politikpakker kan reducere de risikopræmier, som virksomhederne sætter for investeringer i miljøløsninger.

Hvad er fordele og ulemper ved inddragelse og konkrete tilgange til modellering? Generelt må man sige, at det er svært. Der vil være betydelige udfordringer med at få et empirisk grundlag for at vælge de parametre, som skal indgå i sådanne modeller. Snarere end at blive brugt meget håndfast, vil det være opgaven for sådanne regnestykker at beregne den mulige samfundsmæssige værdi af, at det offentlige reducerer usikkerheden særligt omkring fremtidige markedspriser og regulering på et konkret område.

Bland de undersøgte modeller har vi fundet to eksempler herpå:

- Både WITCH og GEMINI-E3 kan anvendes til at analysere usikkerhed om teknologisk fremskridt og udvikling af ressourcepriser herunder koblet til klimaspørgsmål
WITCH modellen har en spil-teoretisk struktur, der tillader analyser af de finansielle incitamenter til at deltage og forblive i klimakoalitioner. Konkret kan modellen køres under alternative antagelser:
- Hvis der ikke er en samarbejdsramme, antages det, at hver region i modellen vælger sine fremtidige emissioner i dag på en sådan måde, at de maksimerer egen velfærd samtidig med, at de tager andre regioners valg som givet. I dette scenario, vil de emissionsreducerende tiltag være begrænsede, fordi hver region kun tager højde for de fremtidige skader, den selv vil pådrage sig ved fastsættelsen af konkrete mål for fremtidige reduktioner af udledninger over en længere år-række (såkaldt emissionssti) men ikke tager højde for den skade, den vil forårsage på andre.
- I samarbejdsrammen antages det, at en koalition, der samler nogle eller alle regioner, bestemmer emissioner sådan, at den maksimerer den fælles velfærd for koalitionen, under hensyntagen til de skader, som opstår af koalitionen som helhed. Samtidig antages det at regioner, der ikke deltager i koalitionen, opfører sig på en ikke-kooperativ måde, dvs. at de ikke internaliserer den globale klima eksternalitet og "free rider" i fht de tiltag der er truffet af koalitionen. Hvis samarbejdsrammen udformes "rigtigt" - herunder med en passende blanding af belønning for

at deltage og straf for ikke at deltage - kan man både få et samlet bedre resultat for det globale miljø og lavere omkostninger for gruppen af lande, der arbejder sammen.

- Inden for både en samarbejdsramme og en ikke-samarbejdsramme, er der en cost-benefit tilgang i modellen, hvilket betyder, at emissionsstien er valgt af hver enkelt region eller af hver koalition ud fra en velfærdsmaksimering. Derfor er det usikkert om den afledte verdensemissionssti opfylder et bestemt mål. I modellen kan dog også anlægges en cost-effective tilgang, hvorved et eksogent mål antages, og den betragtede koalition derved opnår dette mål med færrest mulige omkostninger.

Monte Carlo analyser i GEMINI-E3 er specielt designet til at tage højde for konsekvenserne af kilder til usikkerhed forbundet med klimapolitiske vurderinger, såsom teknologiske og økonomiske parametre. Monte Carlo-simuleringer afhænger af gentagne stikprøver af centrale usikre inputparametre, såsom teknologiske ændringer og vækstrater. Ved at køre gentagne scenarier, ofte mere end 1000 gange, med tilfældigt udvalgte inputparametre, kan man generere sandsynlighedsfordelinger for outputvariable eller for performance kriterier, såsom velfærd, klimaforandringer og klimaomkostninger. På denne måde kan usikkerhed og risiko i input variable overføres til en målbar usikkerhed om udfaldet af klimaforandringerne.

3.5 Endogen teknologiudvikling

For langsigtede miljøpolitiske udfordringer er betydningen af ny teknologi ofte afgørende, som allerede beskrevet under afsnit 3.3 og 3.4. En række undersøgelser viser således, at omkostninger ved at gennemføre langsigtede omlægninger af økonomien på grund af hensyn til miljøet i betydelig grad kan sænkes, såfremt de miljøpolitiske instrumenter skrues rigtigt sammen.

Det afgørende i den forbindelse er, at teknologiudviklingen i samfundet både bestemmes af de markedspriser, som virksomheder udsættes for og som påvirkes af f.eks. skatter på skadelige udledninger, samt af støtte til innovation. Teknologiudviklingen er dermed et resultat af, hvorledes politiken responderer på de to eksternaliteter, der er identificeret i dette studie i afsnit 3.2 og 3.3. Højere skatter på CO₂ øger tilskyndelsen til at købe og udvikle low carbon teknologier, ligesom en højere afgift på vand reducerer tilskyndelser til vandforbrug og fremmer installation af opsamling af regnvand og nye løsninger heraf. Særligt på længere sigt kan de positive dynamiske effekter af miljøskatter være meget store, herunder på innovation.

Der er forskellige muligheder for, at modellere dette eksemplificeret ved metodevalg i 5 af de modeller, vi har set på jf. tabel 6 og teksten nedenfor.

EPPA og GEM-E3:

- Tidspunkt for ibrugtagning af ny teknologi afhænger af ressourcepriser, som bestemmes i modellen.
- Konkurrenceevnen ved forskellige produktionsteknologier afhængige af udviklingen i de relative priser for alle input. Disse priser afhænger af udtømmning af ressourcer, forureningspolitik (såsom skatter eller subsidier) og af andre markeds kræfter, såsom opsparing, investeringer og arbejdskraftsproduktivitet. Når den relative pris for visse input eller ressourcer er tilstrækkelig høj, vil nye teknologier være økonomisk rentable og erstatte de gamle.

R&DICE:

- CO₂ intensiteten af BNP afhænger af F&U indsatsen i forhold til at reducere carbonudledninger. Dette opnås ved såkaldt induceret innovation: hvis det f.eks. bliver dyrere at udlede carbondioxid i et bestemt område, så vil dette inducere innovationer inden for dette område for at reducere disse omkostninger.

WITCH:

- Den teknologiske udvikling er bestemt af den politik, der føres, dvs. både brug af økonomiske instrumenter, og innovationspolitik. Raten for innovation bestemmes inden for modellen, og ikke ved antagelse, og kan induceres af klimapolitikken (såsom skatter eller subsidier), internationale spillovers og af andre økonomiske effekter såsom 'Learning-by-doing'. F.eks. vil effekten af en massiv reduktion i olieforbruget i USA og i Europa, muligvis stimuleret af politikker, der fremmer udbredelsen af biobrændstoffer, ændre energifterspørgslen og teknologianvendelse i resten af verden.

Dimensioner	Anvendes i modeller:
Tidspunkt for indførelsen af nye teknologier bestemmes endogent.	EPPA GEM-E3
Nye teknologier	R&DICE WITCH
Sektorspecifik endogent bestemt teknologiudvikling	GEM-E3

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 6
ENDOGEN IBRUGTAGNING OG UDVIKLING AF NY TEKNOLOGI

3.6 Håndtering af ændrede ressourcepriser

For knappe ressourcer vil priserne bestemmes i et samspil mellem den generelle økonomiske udvikling, mængden af tilgængelige ressourcer samt virkningen af priserne på den indsats, der gøres for at udnytte mere af de tilgængelige ressourcer. Der er desuden indikationer i, at ressourcer bliver investeringsobjekter, hvilket kan bidrage til at drive prisen i været.

Der findes flere modeller, der håndterer denne type af problemstillinger jf. tabel 7 nedenfor. Der er således tre modeller, som eksplicit modellerer ressourceprisen, og en model hvor ressourcepriserne er givne, medens teknologiudviklingen er endogen.

Ændringer i ressourcepriser i GEM-E3 modelleres på følgende måde. I takt med, at en ressource opbruges, stiger prisen, og som følge af dette falder efterspørgslen og dermed den forbrugte mængde. Dette fortsætter, indtil man når en pris, hvor en alternativ teknologi eller et substitut for ressourcen bliver økonomisk bæredygtig. Dette kaldes 'backstop price'. Når backstop price rammes ophører produktionen. På dette tidspunkt siges det, at ressourcen er økonomisk opbrugt, på trods af, at der med stor sandsynlighed er en betydelig mængde af ressourcen tilbage i jorden. Den samme basale logik anvendes i EPPA og WITCH til at modellere ændringer i ressourcepriser.

Ressourcepriserne kan ændres eksogent i MARKAL, hvilket resulterer i ændringer i de relative priser og i investeringsincitament, hvilket har betydning for indkomstfordelingen, beskæftigelsen, produktionsstrukturer, teknologiudvikling etc. Ressourceprisen bestemmes på baggrund af eksogene antagelser eller empiriske beviser.

Dimensioner	Anvendes i modeller:
Prisen afhænger af udtømming	EPPA GEM-E3 WITCH
Eksogen pris på ressourcer	MARKAL

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 7

3.7 Den økonomiske betydning af samspil mellem instrumenter

Særligt for miljøpolitiske udfordringer med et langt tidsperspektiv er det væsentligt at kunne vurdere, hvordan en effektiv målopfyldelse kan opnås med den rette kombination af instrumenter. Det er f.eks. økonomiske instrumenter overfor regulative tiltag og/eller innovationspolitik.

Blandt de syv modeller synes kombinationen af DICE og R&DICE, at være den eneste, der er i stand til at kombinere forskellige politiske instrumenter. Den dobbelte eksternalitet er modelleret for at skabe en forbindelse mellem håndteringen af den negative eksternalitet med afgifter på carbonemissioner på den ene side, og effekterne af innovationer pga. ændringen i de relative priser på carbon på den anden side. F.eks. er carbonafgifter bestemt af de marginale skader fra klimaforandringerne. Carbon afgiften tilskynder til gengæld til forskning og teknologisk forandring. Udgifterne til forskning ganges med faktor 4 for at afspejle forskellen mellem samfundsmæssige og private omkostninger (det samfundsmæssige afkast af F&U er fire gange større end personligt udbytte), hvilket er en bekvem måde hvorpå man kan håndtere eksternaliteten ved forskning, se pkt 3.2 og 3.3. De øvrige undersøgte modeller i dette studie er designet til at håndtere og fokusere på én enkelt markedsfejl, og hvordan forskellige politiske instrumenter kan afbøde de negative virkninger.

3.8 Omkostninger ved passivitet

Særligt for store og langsigtede miljøpolitiske udfordringer kan det være relevante at kunne beregne omkostningerne ved ikke at gennemføre politik og/eller at udskyde tiltag til et senere tidspunkt. Det gælder særligt hvor miljøvirkningen afhænger af kumulative udledninger med potentielt ikke lineære omkostninger, og hvor omkostningen ved at mitigere er faldende over tid. Her vil det være relevant at kunne beregne f.eks. en samfundsøkonomisk rigtig profil for reduktionen af den skadelige aktivitet. Beregninger ift. sådanne problemstillinger er hidtil primært gennemført ift. klimaforandringer.

Vi har vurderet, at fire af de 7 modeller har sådanne egenskaber.

- EPPA
- DICE
- GEMINI-E3
- WITCH

EPPA beregner fremtidige emissioner og deres indvirkning på BNP, via forandringer i hav niveauet, sundhed, landbrug og økosystemerne. I DICE, er de økonomiske effekter af drivhusgasudledninger til atmosfæren analyseret. Strålingsbalancen og overfladetemperaturen for kloden samt den gennemsnitlige temperatur i de dybe oceaner anvendes til at vurdere skader på de vigtige sektorer, såsom landbrug, havstigninger, sundhed, ikke-markedsøkonomiske skader, samt til at estimere katastrofale skader, hvilket vil reducere brutto verdensproduktionen. GEMINI-E3 beregner virkningerne af klimaforandringer på økonomien via havoverfladeforandringer, sundhed og efterspørgslen efter energi til køling og opvarmning. WITCH tager eksplicit højde for effekterne af klimaforandringer på produktion og forbrug, inklusiv ikke-markedsøkonomiske konsekvenser og katastrofe risici. Emissionerne føres ind i et stylized klima modul, der returnerer størrelsen af temperaturstigningerne i forhold til det førindustrielle niveau. Da modellerne omfatter økonomiske skadesfunktioner i et eller andet omfang, er det muligt at sammenligne de velfærdsmæssige effekter af passivitet med de virkninger, hvor der gøres en indsats for at afbøde emissionerne.

3.9 Håndtering af nationale og globale aspekter

På flere planer kan det være nødvendigt at inddrage det spatiale aspekt af miljøpolitikken. For det første kan de miljøpolitiske udfordringer i sig selv have en grænseoverskridende karakter i forhold til den jurisdiktion, som overvejer tiltag. Det vil sige, at indenlandske aktiviteter påvirker miljøet i andre lande, ligesom andre regioners aktiviteter påvirker miljøet i jurisdiktionen selv på det pågæl-

dende område. Luftforurening fra energiproduktion, håndtering af større fælles vandressourcer samt klimaudfordringen er klassiske temaer. Ligeledes kan omkostninger ved indenlandske løsninger være afhængige af, om andre lande tilsvarende har samme typer af udfordringer således, at der også på globalt plan indsættes ressourcer på at udvikle nye teknologiske løsninger selvom den konkrete miljøudfordring ikke i sig selv er grænseoverskridende.

Sådanne spill-over effekter mellem lande kan være vigtige for udformningen af politik. Det kendes indenfor carbon leakage diskussionen, udvikling af teknologisk samarbejde på tværs af lande for nøgleteknologier samt mere spilteoretiske overvejelser om, hvordan man kan inducere mange lande til at deltage i fælles mitigation.

Tre af de syv modeller indeholder multiregionale modeller, som muliggør analyser af samspil mellem den samlede internationale indsats (GEM-E3, WITCH og MARKAL), medens en model (WITCH) også kan bruges til spilteoretiske analyser, dvs. hvorledes kan man inducere tilskyndelser til bredt samarbejde.

Dimensioner	Anvendes i modeller:
Multiregionale fordelingsmodeller	GEM-E3
	MARKAL
	WITCH
Spilteori	WITCH

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 8
HÅNDBLING AF SPILL-OVERS MELLEM LANDE

Konklusion om øget inddragelse af miljø i danske makromodeller

Danske makromodeller har helt overvejende et konjunkturpolitisk sigte eller et strukturelt fokus rettet mod finanspolitisk holdbarhed med fokus på arbejdsmarkedet. Som det fremgår af tabel 9, har der ikke været tradition for integration af miljø og miljømæssig bæredygtighed i danske makromodeller. Dette gælder inddragelse af negative eksternaliteter, beregning af velfærdseffekter, håndtering af positive eksternaliteter, håndtering af usikkerhed i priser og politik, håndtering af ændrede ressourcepriser, simultan anvendelse af et mix af instrumenter, beregning af omkostninger ved passivitet og håndtering af spørgsmål vedr. åben versus lukket økonomi.

Som en enkelt undtagelse vil vi pege på EMMA, som er en slags eftermodel til ADAM, som muliggør en mere detaljeret forståelse af produktion og forbrug af energi. Forbruget af energi bestemmes fordelt på 7 typer: fast, flydende, gas, el, fjernvarme, bioenergi og transportenergi. Transportenergiforbruget bestemmes uafhængigt af det øvrige energiforbrug. Modellen har imidlertid en struktur, der gør den bedst til at analysere energi-spørgsmål på kort sigt. Det er også en eftermodel i den forstand, at der ikke bruges resultater fra EMMA til at genberegne BNP-effekter med videre i ADAM.

Klima- og Energiministeriet har igangsat et arbejde, der sigter på at lave modeller, der i højere grad kan håndtere langsigtede udfordringer fra klima- og energipolitikken ("Interact"). Konsekvensen heraf er, at analyser primært kan fokusere på kort til mellemløst virkninger af f.eks. højere skatter på fossile brændstoffer og energi, men ikke de afledte virkninger på husholdninger og virksomheders tilskyndelser til ibrugtagning af mere energibesparende udstyr eller til at skifte til vedvarende energi. Sidstnævnte effekter håndteres typisk nu, i mindre formaliserede modeller.

Navn	ADAM	SMEC	MONA	MUSE	DREAM	EMMA
Ejer	DST	DØR	Danmarks Nationalbank	DØR	DST	Energistyrelsen
Egenskaber						
Instrument til at håndtere negative eksternaliteter	via EMMA			1)		2)
Beregning af velfærdseffekter				1)		
Instrument til at håndtere positive eksternaliteter						
Håndtering af usikkerhed i priser og politik						
Endogen teknolog udvikling						
Håndtering af ændringer i resourcepriser	via EMMA					2)
Simultan anvendelse af mix af instrumenter						
Beregnete omkostninger ved passivitet						
Beskæftiger sig med spørgsmål omkring åben/lukket økonomi				3)		

Note: 1) F.eks. en vurdering af velfærdstab af stigende grønne afgifter (ikke medregnet en eventuel positiv værdi af et bedre miljø) med forskellige antagelser om brugen af de resulterende indtægter. Vurdering af omkostninger og velfærdstab (defineret som det beløb, forbrugere ville have for at være lige så godt stillet som før stigning i afgifter) ved at reducere udledningen af drivhusgasser i den del af økonomien som ligger uden for EU Emission Trading Scheme (ETS).

2) Modellen kan give et bud på effekten af CO₂-afgifter, som jo dels øger alle energipriser og dels ændrer de relative energipriser, så f.eks. kul, der frigiver meget CO₂, bliver dyrere i forhold til det mindre CO₂-emitterende naturgas.

3) Der er muligheder for at have komplet international kapital mobilitet

KILDE: COPENHAGEN ECONOMICS

TABEL 9
MILJØØKONOMI I DANSKE MAKROMODELLER

I overvejelser om, hvor man i Danmark mest produktivt kunne overveje at bruge kræfter på at udvikle nogle mere makroagtige moduler vil vi meget entydigt anbefale en top-down tilgang, hvor man:

- Identificerer politikområder, som a priori har en sandsynlig og målbar tyngde i forhold til den samlede økonomi og opfylder de målkriterier, vi har defineret i rapporten.
- Klargør hvilke typer af policy instrumenter, man skal have inddraget i analysen og begrundet disse valg
- Nøje gennemtænker, hvorledes den internationale dimension af miljøpolitikken skal håndteres, og hvilke aspekter heraf der er væsentlig for de resultater, der skal vurderes med modellerne.
- Starter med mindre pilotprojekter som kan klarlægge fordele og ulemper ved forskellige modeltilgange ud fra både en omkostningsmæssig og outputmæssig betragtning. Sådanne pilotprojekter kan så enten udbygges eller bruges som forstudier til mere ambitiøse studier.

Indenfor rammerne af en sådan tilgang vil vi, baseret på en række projekter, vi har gennemført i 2012 for danske og internationale kunder, pege på 4 prioritetsområder.

Værktøjer/moduller, der bedre kan integrere samspillet mellem forskellige typer af instrumenter over en længere tidshorizont. Det gælder ikke mindst samspillet mellem økonomiske instrumenter, der skal adressere miljøeksternaliteter og F&U instrumenter, der skal adressere forskningsseksternaliteter. Kernen her vil være at få en mere klar forståelse for teknologiudviklingens betydning for omkostninger ved at gennemføre miljøpolitik samt tilrettelæggelse af miljøpolitikken. De kan knyttes som eftermodeller til langsigtede fremskrivninger foretaget via DREAM eller ADAM. De kan også bruges som input til disse modeller i en mere iterativ proces. Der er en række af de modeller, som er nævnt i rapporten, som kan bruges hertil. Man skal dog ikke forvente, at man kan kopiere modeller til dansk brug uden en rimelig mængde ressourcer. Ressourcetræk afhænger helt af ambitionsniveau for opgaven.

- Værktøjer/moduller, som supplerer mere bottom up potentiale vurderinger af enkeltteknologiers evne til at løse konkrete miljøproblemer med mere top-down makromodeller, der analyserer samspil mellem teknologier og deres mulige træk på de samme råvarer til forskellige formål.
- Værktøjer/moduller, som også muliggør analyser af tiltag der påvirker flere miljøpolitiske målsætninger samtidigt. Det er f.eks. åbenlyst, at en betydelig del af potentialet i den såkaldt biobaserede økonomi består i løsninger, der både kan tilgodese klima- og energipolitiske målsætninger og erstatning/genbrug af råstoffer, som kan blive stadig mere knappe (visse typer af metaller, fosfor mv.). Det kræver meget konsistent brug af forudsætninger om teknologi og priser, mulighed for at analysere samspil mellem forskellige instrumenter på tværs af en række politikområder (miljø, fødevarer og energi- og klimapolitik) og virkninger af politik/økonomisk udvikling uden for landes grænser.
- Værktøjer/moduller, der kan håndtere hvordan forbruget af naturressourcer påvirker økonomien og omvendt. Herved kan makromodellering bidrage til et beslutningsgrundlag om dels hvordan den danske naturressourcepolitik skal prioriteres og dels hvilken sektorregulering der bedst kan fremme en hensigtsmæssig anvendelse af ressourcer. Denne dagsorden fokuserer på den samlede velstands- og velfærdsudvikling over tid med eksplicit håndtering af de miljøomkostninger som økonomisk aktivitet kan indebære og er afhængig af, samt de økonomiske potentialer der er knyttet til ressourceeffektivitet og langsigtede investeringer i et bæredygtigt kapitalapparat.⁹ Hvis dette indbygges i en makromodel, vil beslutninger om langsigtede investeringer også ske under hensyntagen til stigende priser på ressourcer.

⁹ Det er den dagsorden der går under navnet "ægte" opsparing og som f.eks. Verdensbanken har gjort et betydeligt stykke arbejde i at udvikle redskaber til måling af (World Bank(2011)).

Referencer

ABARE (1996), The MEGABARE model: interim documentation

Babikera, Reillya & Viguiera (2003), The costs of the Kyoto Protocol in the European Union. Published in Energy Policy, Volume 31, Issue 5, Pages 459–481

Babonneau et al. (2012), Combining stochastic optimization and Monte-Carlo simulation to deal with uncertainties in climate policy assessment

Barslund et al. (2010), MUSE: Model documentation and applications, De Økonomiske Råd, Working Paper 2010:4

Brummer, Flachslund & Marschinski (2011), Credible commitment in carbon policy

Burniaux & Chateau (2008), An Overview of the OECD ENV-Linkages model, OECD Economics Department, Working paper no. 623

Burniaux et al. (2009), The economics of climate change mitigation: how to build the necessary global action in a cost-effective manner, OECD Economics department, Working paper no. 701

Chateau, Rebolledo & Dellink (2011), An economic projection to 2050: The OECD “ENV-Linkages” model baseline, OECD

Copenhagen Economics (2010), Innovation of energy technologies: The role of taxes, study for EU Commission.

Copenhagen Economics (2012a), Biobased industries: The case for investment

Copenhagen Economics (2012b), The missing indirect land-use change factors- How to make decisions when science is incomplete?

Copenhagen Economics (2012c), Support Mechanisms for wind Energy, study for Vestas

Copenhagen Economics (2012d), Reform of EU ETS system, study for Swedish think-tank Fores

Copenhagen Economics (2013), Efficient strategy to support renewable energy – Integration in overall climate and energy security policies. Forthcoming

Crassous-Doerfler et al. (2008), Imaclim-R: an innovative hybrid model to foster the dialog on sustainable pathways, energy policies and climate stabilization, power point presentation

Danmarks Nationalbank (2003), MONA – a quarterly model of the Danish Economy

Danmarks Statistik (2012), ADAM- en model af dansk økonomi

DØRS (2011) Kapitel II - Afgifter kontra forskningstøtte i klimapolitikken

Energistyrelsen (2010), EMMA10 – Energi og miljømodeller til ADAM

Energistyrelsen (2011), EMMA-eksperimenter med Gekko

European Commission (2010), What is the growth potential of green innovation? An assessment of EU Climate policy options

Fischer and Newell (2007), Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation

FORES (2012), Reform of the EU ETS system

Grundeslev & Smidt (2007), SMEC - modelbeskrivelse og modelegenskaber, 2006, Det Økonomiske Råd, Arbejdsrapport 2007:1

Honkatukia (2009), VATTAGE- A dynamic, applied general equilibrium model of the Finnish economy, Government institute for Economic Research

Krugman (2010), Building a Green Economy. Published in New York Times, 7 april 2010.
http://www.nytimes.com/2010/04/11/magazine/11Economy-t.html?pagewanted=all&_r=0

Loulou & Labriet (2007), ETSAP-TIAM: the TIMES integrated assessment model Part I: Model Structure

Loulou, Goldstein & Noble (2004), Documentation for the MARKAL family of models, ETSAP

McKinsey (2011), Resource revolution: Meeting the world's energy materials, food and water needs

Nopiah, Yusaf & Sopiah (2009), A Review of MARKAL Energy Modeling, European Journal of Scientific Research

Nordhaus (2002), Modeling induced innovation in climate change policy ch. 9

Nordhaus (2007), The Challenge of global warming: Economic models and environmental policy

Nordhaus (2008), A question of balance – weighing the options on global warming policies

OECD (2012), OECD Environmental outlook to 2050 – The consequences of inaction

Östblom & Berg (2006), The EMEC model: Version 2.0, The National Institute of Economic Research, Working paper no. 96

Paltsev et al. (2005), The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) model: Version 4

The Ellen MacArthur foundation (2012), Towards the circular economy – Economic and business rationale for an accelerated transition

Tillväxtanalys (2012), Policy brief for the Conference “Pathways to sustainable growth – a conference about how to move from words to action”

Truong, CGE approaches to modeling energy-economy-environment interactions, Power Point presentation

WTO-UNEP (2009), Trade and climate change

Zhou, Kojima & Yano (2010), Addressing carbon leakage by border adjustment measures – Review of current studies, Institute for Global Environmental Strategies

Håndtering af miljøøkonomiske effekter og markedsfejl i makromodeller

Ny rapport viser at der ikke har været tradition for integration af miljø og naturressourcer i danske makromodeller. Rapporten peger samtidig på at egentlige makroøkonomiske analyser af miljøpolitiske tiltag kun giver mening når tiltagene har en vis tyngde i forhold til den samlede samfundsøkonomi.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk