

Rationel miljøpolitik under usikkerhed

Henrik Lando, Økonomisk Institut, Københavns Universitet

1. Indledning

Der er flere typer af forurening, hvis skadevirkning man ikke kender nøjagtig. Man tillader udslip af gensplejsede organismer i naturen uden at de mulige skadevirkninger er fuldt klarlagte. Vi ved, at CO₂ udslip i atmosfæren og fældning af regnskove kan forårsage klimaændringer, men det er usikkert, hvor store ændringerne vil være og hvor meget de vil påvirke vores velfærd. Det virker sandsynligt, at U-landene, der i højere grad end I-landene er afhængige af landbrugserhvervet, og som vil finde det vanskeligere at omstille landbruget til nye afgrøder, vil blive hårdest ramt, men beregninger over virkningerne må med den nuværende viden betragtes som usikre. Det er meget sandsynligt at der hen ad vejen vil dukke nye oplysninger frem, som ændrer billedet i enten negativ eller positiv retning.

Noget lignende kan siges om udslip af CFC-gasser, som skader ozon-laget, om affald fra atomkraftværker (der kan erstatte kulværker, hvis drivhuseffekten vil blive opfattet som et større problem end affaldsproblemet), om luftforureningen, syrerregnen og om mange flere forureningsformer.

Et fællestræk for flere af disse forureningsformer er, at den skade de forvolder ofte er noget nær irreversibel. Når ozon-laget er væk, er det sandsynligvis umuligt at genska-

be, CO₂-koncentrationen kan vanskeligt nedbringes etc. Ofte er der tale om irreversible, kumulative ændringer, hvis virkninger man ikke kender idag, fordi de først viser sig med en vis forsinkelse. Vi ved derfor, at vi om nogle år vil vide mere end vi gør idag. Det ved vi også erfaringsmæssigt.

Vi står med andre ord i den situation, at vi på miljøområdet hver dag træffer irreversible valg under *usikkerhed*.

Det er formålet med denne artikel at gengive teorien for hvilken adfærd, der er rationel under disse omstændigheder. Den afgørende pointe i denne teori vil vi forsøge at klargøre ved en analogi til optionsprisdannelse.

Nogle vil mene, at så længe vi ikke kender konsekvenserne af vores handlinger, må vi være meget forsigtige, mens andre vil sige, at forureningen lige så vel kan vise sig at være et mindre som et større problem end man nu tror, og at der derfor ikke er grund til at lade uvidenheden påvirke vores valg.

Den økonomiske teori om irreversible valg under usikkerhed giver de forsigtige ret. Forsigtighed er det rationelle svar på usikkerheden, uanset om man er typen der er villig til at tage chancer, dvs. ikke er særlig risikoavers eller ej.

2. Begrebet usikkerhed

Det er væsentligt at sondre klart mellem begreberne usikkerhed og risiko. De to begreber anvendes ofte i flæng, men i forbindelse med miljødiskussionen er det vigtigt at skelne. Begrebet *usikkerhed* dækker det fænomen, at man kan vide, at man i fremtiden vil vide mere end man gør idag.

For at definere usikkerhed mere præcist har man brug for tre tidspunkter: $t = 0, 1, 2$. Lad os antage at to forskellige tilstande, f.eks »god« og »dårlig« kan optræde på tidspunkt 2 og at det på tidspunkt 0 ikke vides, hvilken tilstand der vil optræde på tidspunkt 2, samt at man på tidspunkt 0 kan danne sig en sandsynlighedsfordeling over de to mulige tilstande på tidspunkt 2. Det vides, at man på tidspunkt 1 vil modtage et signal, en oplysning, der gør én bedre i stand til at vurdere hvilken af de to tilstande der vil indtræffe. Man kender naturligvis ikke på tidspunkt 0 indholdet af det signal, man vil modtage på tidspunkt 1. Jo mere signalet forventes at påvirke ens initiale sandsynlighedsfordeling, jo større er da usikkerheden på tidspunkt 0.¹

Usikkerheden er således større jo mere informativt et signal man forventer at modtage, dvs. jo mindre tillid man har til at ens initiale skøn vil vise sig at være korrekt. Disse definitioner er udviklet af Blackwell (1951) og anvendt af blandt andre Jones og Ostroy (1985) til at analysere om større usikkerhed medfører et ønske om at bevare valgmuligheder og fleksibilitet.

Begrebet *risiko* er simplere end begrebet usikkerhed. Det udtaler sig om sandsynlighedsfordelings spredning på et givet tidspunkt, ikke om i hvor høj grad sandsynlighedsfordelingen kan forudses at ville ændre sig over tid. Forsimplet kan man tænke på risikoen som variansen i sandsynlighedsforde-

lingen. Der er større risiko jo mere sandsynlige ekstreme tilstande er (for en given middelværdi).

Folk kan være mere eller mindre risikoaverse. En der er ligeglad med risiko og kun interesserer sig for det gennemsnitlige udfald, ikke for om dette dækker over, at det i nogle tilfælde går rigtig skidt mens det i andre tilfælde går rigtig godt, kalder man risikoneutral. Det er klart, at folk der er risikoaverse generelt vil være mindre tilbøjelige til at tillade forurening, alt andet lige. De vil være mere tilbøjelige til at give f.eks 1% af deres nuværende forbrug for at undgå den risiko, som forurening indebærer. Ad politisk vej må man finde et kompromis mellem folk, der har forskellige holdninger til risiko, forskellige sandsynlighedsfordelinger, forskellige præferencer for naturbevarelse etc.

Pointen i denne artikel er imidlertid en anden. Den er, at *selv en risikoneutral agent vil, hvis han er rationel, tage højde for graden af usikkerhed* og generelt være mindre villig til at forurene jo større usikkerheden om skadevirkningerne er.

3. Et eksempel

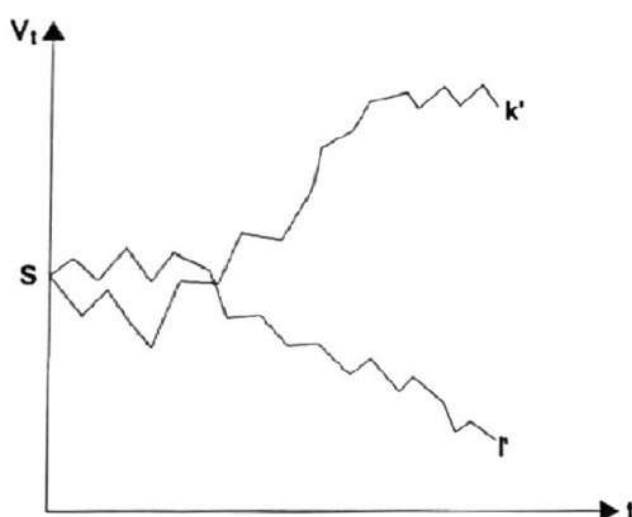
Den grundlæggende idé kan illustreres ved et simpelt eksempel:

Vi har valget mellem at lade virksomheder slippe gensplejsede organismer ud i naturen eller ej. Hvert år vil vi få ny information om skadevirkningernes størrelse, måske fordi vi kan konstatere virkningen af de udslip vi allerede har foretaget. Det går efterhånden op for os, om udslip er en god idé, om fordelene overstiger ulemperne. Problemet er, at hvis vi finder ud af, at det er en rigtig dårlig idé, kan det være for sent.

På et eller andet tidspunkt kender vi ikke de langsigtede skadevirkninger af forurenin-

gen. Det bedste skøn vi på dette tidspunkt kan danne, vil vi kalde V_t . Vi kan forestille os, at V_t følger en stokastisk proces, således at to blandt mange mulige forløb er angivet i figuren. V_t tager et skridt i hver periode og kan lige så godt gå ned som op.

Figur



Fordelen ved at kunne slippe nemt af med organismerne er s . Både fordele og ulemper er opgjort som den samlede tilbagediskonterede værdi.

Årsagen til at man ikke skal begynde at slippe organismer ud så snart $V < S$, kan nu vises på figuren. Man kan altid begynde udslip, hvis V udvikler sig som angivet ved l' . Men hvis V udvikler sig som k' , og man har forurennet, er det for sent at fortryde. Man har da kastet den valgmulighed, den option, *ikke* at forurene over bord. Muligheden af ikke at forurene, hvis dette senere viser sig at være optimalt, er en værdifuld option, som kan sammenlignes med en finansiell option. En finansiell option er et værdipapir, der giver ejeren ret til at købe eller sælge et andet gode (f.eks. en aktie) til en given pris p . Hvis godets markedspris overstiger p , er der en gevinst ved at »exercise« en køboption, dvs. købe

godet til p og dernæst sælge det til den højere pris i markedet. Men som det vil blive klart, kan det ikke betale sig at »exercise« en option, så snart markedsprisen på godet overstiger den givne pris, i nogle tilfælde kan det betale sig at vente og se om markedsprisen skulle stige yderligere.

Hvis man forurener, så snart den forventede værdi overstiger den forventede omkostning, består fejlen i, at man ikke tager sig betalt for den værdifulde option, man derved afhænder.

Derfor har »de forsigtige« ret: under usikkerhed og irreversibilitet er det ikke tilstrækkeligt, at et forurenende projekt giver et regnskabsmæssigt overskud ud fra de skøn over skadevirkninger man på det gældende tidspunkt har dannet sig.

Værdien af den option man giver afkald på ved at forurene, kan beregnes ved optionsprisdannelsesmodeller. Man har foretaget beregninger af størrelsesordenen af denne optionsværdi for plausible tilfælde, og beregningerne synes at vise, at optionsværdien kan være meget stor. Et af de oplagte resultater fra optionsanalogien er, at større usikkerhed bør medføre større tilbageholdenhed, ligesom større »volatilitet« i prisen på det underliggende aktiv forøger prisen på en option. Det vil være af stor betydning for værdien af »optionen«, om der kan fastsættes en øvre grænse for forureningens skadevirkning.

Jo mindre vi ved om skadevirkninger i sammenligning med, hvad vi kan regne med at komme til at vide i fremtiden, jo mindre skal vi forurene idag.

Den diskonteringsfaktor man anvender vil også spille en væsentlig rolle, ligesom ens grad af risikoaversion. Jo højere tilbagediskonteringsfaktor, jo mere tilbøjelig vil man

være til at forurene, eftersom det nutidige tab ved at forurene vil spille en større rolle i forhold til evt. fremtidige omkostninger ved forureningen. Tilbagediskonteringsfaktoren afhænger bla. af, hvor stor vægt man tillægger fremtidige generationers velfærd. (Der må iøvrigt advares mod at anvende realrenten som tilbagediskonteringsfaktor af grunde vi ikke skal komme ind på her).

Når disse principper for rationel adfærd skal anvendes i praksis, viser det sig imidlertid ofte, at forudsætningerne bag ovenstående analyse ikke er fuldt opfyldte i virkelighedens verden, og at det kræver en meget nøje analyse af det konkrete problem at finde den optimale politik. Et eksempel er den amerikanske økonom Martin Bailey's (1982) nu desværre lidt forældede analyse af CFC-problemet. Han udregnede den forventede forureningsomkostning ved at fortsætte CFC-udslippet på det daværende niveau og konkluderede at den var lille. Men der var en lille sandsynlighed for en katastrofe, som man kunne ønske at »forsikre« sig imod ved at afholde nogle udgifter til begrænsning af udslip. Han regnede med, at der ville gå ca. 10 år før man vidste om muligheden for en katastrofe faktisk var til stede. Hvis man efter 10 år fandt ud af, at muligheden for katastrofe var reel, mente han at det ville være muligt at forhindre katastrofen ved fra dette tidspunkt af at holde igen på CFC-forbruget. At nedsætte CFC-udslippet ville være omkostningskrævende, og hans konklusion var derfor, at man endnu ikke burde gribe ind mod denne type forurening.

Hans »uforsigtige« konklusion er ikke irrationel; han mente blot ikke at forureningen var irreversibel sådan som vi antog.

Bailey's analyse er nævnt her for at illustrere, at den optimale politik i praksis afhænger af en nøje afvejning af risikoen, usikkerheden,

graden af irreversibilitet og omkostningerne ved forureningsbekæmpelse.

Eksemplet med udslippet af mikroorganismer er iøvrigt endnu et eksempel på nødvendigheden af international koordination af miljøpolitikken. Omkostningerne for det enkelte land ved ikke at tillade en given forurening kan være, at landet sakker agterud i forhold til andre lande. Gevinsten ved at være teknologisk foran og komme først på et marked kan være meget stor, og måske for den enkelte klart opveje ovennævnte optionspræmie. Det optimale kan være at alle udsætter produktionen og udslippet af mikroorganismer, men hver enkelt kan have fordel af at komme først på markedet. Der er tale om en såkaldt »fangens – dilemma situation«. Det vil her være væsentligt, at der indgås internationale aftaler, f.eks. om hvilke udslip der er tilladelige.

Den internationale konkurrence risikerer ellers at underminere en klog, afventende politik, der tager hensyn til, at man om sikkert ganske få år ved mere om skadevirkningerne.

4. Konklusion

Det er rationelt at være »forsigtig« under usikkerhed og irreversibilitet.

Det er et princip som alle anvender hver dag, måske uden at gøre sig det klart, f.eks. når man aftaler at udsætte fastsættelsen af tidspunktet for et møde, indtil man ved hvornår det passer bedst ind i ens program. I denne artikel argumenteres for at samme princip bør anvendes på miljøområdet. Det er afgørende, at man stiller spørgsmålet, hvor meget man taber ved at udsætte et forurenende projekt i forhold til værdien af den yderligere information, man kan regne med at få over tid.

I praksis er det naturligvis ikke nemt at finde den optimale miljøpolitik. Den optimale po-

litik afhænger af en nøje afvejning af risikoen, usikkerheden, graden af irreversibilitet, og omkostningerne ved forureningsbekæmpelse. Også valget af tilbagediskonteringsfaktor, som bla afhænger af hvor stor vægt man lægger på fremtidige generationers velfærd, er af stor betydning.

Amerikanske økonomer (se bla. Fisher et.al. (1972) og Bailey (1982)) har forsøgt, gennem opstillingen af modeller, hvori forureningens negative optionsværdi indgår, at foretage denne afvejning i konkrete situationer. Der er god grund til at foretage lignende analyser til afklaring af den danske miljøpolitik. Det vil kræve et samspil mellem blandt andre naturvidenskabsfolk, statistikere og økonomer.

En af begrænsningerne ved en sådan analyse er, at det i nogle situationer måske ikke er meningsfuldt at tillægge fremtidige hændelser sandsynligheder. Uvidenhed kan efter manges mening være helt fundamental og rationel adfærd kan i dette tilfælde være vanskelig at definere. Det er iøvrigt et af de områder, den økonomisk-teoretiske grundforskning beskæftiger sig med i øjeblikket.

Litteratur

- d'Arge, R.C., W.D. Schulze og D.S. Brookshire (1982), »Carbon Dioxide and Intergenerational Choice«, *American Economic Review*, vol. 72, no. 2, pp. 251-256.
- Arrow, K.J. (1968), »Optimal Capital Policy with Irreversible Investment«, in »Value, Capital, and Growth«, (Wolfe, Ed.), Aldine, Chicago, pp. 1-19.
- Arrow, K.J. og A.C. Fisher (1974), »Preservation, Uncertainty and Irreversibility«, *Quarterly Journal of Economics*, 89, pp. 312-319.
- Bailey, M.J. (1982), »Risks, Costs, and Benefits of Fluorocarbon Regulation«, *American Economic Review*, vol. 72, no. 2, pp. 247-250.
- Baldwin, C.Y. og R.F. Meyer (1979), »Liquidity Preference Under Uncertainty«, *Journal of Financial Economics*, 7, pp. 347-374.
- Blackwell, D. (1951), »The Composition of Experiments«, in *Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (University of California Press).
- Blackwell, D. (1953), »Equivalent Comparisons of Experiments«, *Annals of Mathematical Statistics*, 24, pp. 265-272.
- Fisher, A.C. og J.V. Krutilla (1974), »Valuing Long Run Ecological Consequences and Irreversibilities«, *Journal of Environmental Economics and Management*, 1, pp. 96-108.
- Fisher, A.C., J.V. Krutilla og C.J. Cicchetti (1972), »The Economics of Environmental Preservation: A Theoretical and Empirical Analysis«, *American Economic Review*, 62, pp. 605-619.
- Henry, D. (1974), »Option Values in the Economics of Irreplaceable Assets«, *Rev. Econ. Studies Symp.*, pp. 89-104.
- Koopmans, T. (1964), »On the Flexibility of Future Preference«, Shelley, M.W. and Bryan G.L. (eds.) *Human Judgements and Optimality* (New York).
- Marschak, J. (1949), »Role of Liquidity Under Complete and Incomplete Information«, *American Economic Review*, pp. 182-195.
- Marschak, T. og R. Nelson (1962), »Flexibility, Uncertainty and Economic Theory«, *Metroeconomica*, 14, pp. 42-58.
- Nordhaus, W. (1982), »How Fast Should We Graze the Global Commons?«, *American Economic Review*, vol. 72, no. 2, pp. 242-246.
- Ostroy, J. og R. Jones (1985), »Flexibility and Uncertainty«, *Review of Economic Studies*.
- Risager, O. (1991), »Uncertainty, Investment, and the Internal Market in Europe«, Paper prepared for a Conference on European integration to be held at the University of Odense, February 9, 1991.
- Viscusi, W.K. (1985), »Environmental Policy Choice with an Uncertain Chance of Irreversibility«, *Journal of Environmental Economics and Management*, 12, pp. 28-44.
- Viscusi, W.K. og R.J. Zeckhauser (1976), »Environmental Policy Choice Under Uncertainty«, *Journal of Environmental Economics and Management*, 3, pp. 97-112.

Noter

1. Hvis f.eks en initial sandsynlighedsfordeling $(P_g, P_d) = (1/2; 1/2)$, hvor P_i er sandsynligheden for tilstand i , $i = g, d$, efter modtagelsen af signalet vides at blive til (1,0) eller til (0,1) er usikkerheden større end hvis den vides at blive til enten (3/4, 1/4) eller til (1/4, 3/4).