Rettevejledning til eksamensopgave i

Miljø-, ressource-og klimaøkonomi

Kandidatfag

5. august 2014

3 timers prøve uden hjælpemidler

(Opgave på 5 sider inclusive denne forside)

(Bemærk: De anførte vægte til de enkelte opgaver er kun indikative. Ved bedømmelsen vil der blive anlagt en helhedsvurdering af besvarelserne)

OPGAVE 1. Fornybare ressourcer og den "Grønne Gyldne Regel" (indikativ vægt 3/4)

Betragt en simpel økonomi, hvor befolkningen lever af det løbende forbrug C af en fornybar naturressource, som er frit tilgængelig og kan udvindes uden omkostninger. Beholdningen af ressourcen på tidspunkt t er $A(t)$, og i hver periode t opnår den repræsentative forbruger nytten $u(C(t), A(t))$, der både afhænger af det løbende forbrug og af den eksisterende ressourcebeholdning. Grænsenytten af det løbende forbrug og af ressourcebeholdningen er positiv, men aftagende, så i hver periode opnås altså nytten

$$u(t) = u(C(t), A(t)), \tag{1}$$

$$u_C \equiv \frac{\partial u}{\partial C} > 0, \quad u_{CC} \equiv \frac{\partial^2 u}{(\partial C)^2} < 0, \quad u_A \equiv \frac{\partial u}{\partial A} > 0, \quad u_{AA} \equiv \frac{\partial^2 u}{(\partial A)^2} < 0.$$

Naturens evne til at forny ressourcen er givet ved funktionen $g(A)$, der altså angiver, hvor mange nye enheder af ressourcen naturen af sig selv frembringer ved en given ressourcebeholdning. Beholdningen af den fornybare ressource ændrer sig derfor over tid i overensstemmelse med differentialligningen

$$\dot{A}(t) \equiv \frac{dA(t)}{dt} = g(A(t)) - C(t). \tag{2}$$

Om tilvækstfunktionen $g(A)$ antages det, at $g(0) = 0$; at $g' \equiv dg/dA > 0$ ved "små" positive værdier af A, og at $g' < 0$ ved "store" positive værdier af A.

Spørgsmål 1.1. I en langsigtsligevægt skal forbruget og ressourcebeholdningen være konstante over tid. Antag nu, at en samfundsplanlægger ønsker at finde den kombination af C og A, som i langsigtsligevægt sikrer den repræsentative forbruger den størst mulige nytte. Vis at denne kombination af C og A må opfylde følgende betingelse, som vi vil kalde den "Grønne Gyldne Regel":

$$\frac{u_A}{u_C} = -g'. \tag{3}$$

Svar på spørgsmål 1.1. I en langsigtsligevægt, hvor $\dot{A} = 0$, skal det ifølge (2) gælde, at $C = g(t)$. Når dette indsættes i nyttefunktionen (1), får man

$$u = u(g(A), A).$$

Førsteordensbetingelsen for maksimering af nytten m.h.t. A er

$$\frac{du}{dA} = 0 \quad \Longrightarrow \quad u_C g' + u_A = 0. \tag{i}$$

Ved omordning af denne ligning fremkommer resultatet i (3).

Spørgsmål 1.2. Giv en økonomisk fortolkning af den Grønne Gyldne Regel i ligning (3) (Vink: I den forbindelse kan du med fordel benytte begreberne "det marginale substitutionsforhold" og "det marginale transformationsforhold").

Svar på spørgsmål 1.2. Venstresiden af (3) er det marginale substitutionsforhold mellem goderne A og C, der angiver, hvor meget forbrug forbrugeren er villig til at opgive for at opnå en stigning i ressourcebeholdningen på 1 enhed. Det marginale substitutionsforhold udtrykker således forbrugerens marginale villighed til at betale for miljøgodet A. Størrelsen på højresiden af (3) er det marginale transformationsforhold mellem de to goder i en langsigtsligevægt, hvor $C = g(A)$. Denne ligevægtsbetingelse indebærer nemlig, at

$$dC = g' dA \quad \Longrightarrow \quad -\frac{dC}{dA} = -g'. \tag{ii}$$

Det marginale transformationsforhold i (ii) angiver, hvor meget forbruget permanent skal sænkes for at give plads til en permanent stigning i ressourcebeholdningen på 1 enhed. Den Grønne Gyldne Regel i (3) siger således, at det marginale substitutionsforhold mellem forbrugsgodet og miljøgodet skal svare til det marginale transformationsforhold mellem de to goder.

Man bemærker, at eftersom $u_A/u_C > 0$, må det under den Grønne Gyldne Regel (3) gælde, at $g'(A) < 0$. Ressourcebeholdningen skal altså være så stor, at en yderligere stigning i den vil sænke den naturlige tilvækst i beholdningen. Det må betyde, at A skal overstige det niveau for ressourcebeholdningen, der maksimerer den naturlige tilvækst (da det i sidstnævnte punkt må gælde, at $g'(A) = 0$). (NB: Kun den avancerede besvarelse vil gøre opmærksom på dette forhold).

Spørgsmål 1.3. Antag nu, at funktionen $g(A)$ i ligning (2) er givet ved følgende logistiske tilvækstfunktion, hvor γ er en parameter, og hvor den eksogene variabel X angiver den maksimale ressourcebeholdning, der kan opretholdes over tid i naturlig tilstand (dvs. i en tilstand, hvor $C = 0$):

$$g(A) = \gamma A \left(1 - \frac{A}{X}\right) = \gamma A - \frac{\gamma A^2}{X}, \qquad \gamma > 0. \tag{4}$$

Vis at den størrelse af A, der vil sikre det størst mulige forbrug i langsigtsligevægt, er givet ved

$$A = \frac{X}{2}. \tag{5}$$

Svar på spørgsmål 1.3. I langsigtsligevægt haves som nævnt, at $C = g(A)$. Ifølge (4) indebærer dette, at

$$C = \gamma A - \frac{\gamma A^2}{X}. \tag{iii}$$

Førsteordensbetingelsen for maksimering af forbruget bliver da

$$\frac{dC}{dA} = 0 \quad \Longrightarrow \quad \gamma\left(1 - \frac{2A}{X}\right) = 0 \tag{iv}$$

Ved løsning af denne ligning fås (5).

Spørgsmål 1.4. Antag endvidere, at nyttefunktionen (1) har følgende form, hvor θ er en parameter:

$$u = \ln C + \theta \ln A, \qquad \theta > 0. \tag{6}$$

Lad A^{GGR} betegne den værdi af A, der fremkommer ved anvendelse af den Grønne Gyldne Regel i ligning (3). Vis at A^{GGR} er givet ved følgende udtryk, når tilvækstfunktionen $g(A)$ har formen (4), og nyttefunktionen har formen (6):

$$A^{GGR} = \frac{(1+\theta)X}{2+\theta}. \tag{7}$$

Er A^{GGR} større eller mindre end den værdi af A, der blev fundet i (5)? Hvordan varierer A^{GGR} med θ og X? Giv en økonomisk forklaring.

Svar på spørgsmål 1.4. Af (6) følger

$$u_A \equiv \frac{\partial u}{\partial A} = \frac{\theta}{A}, \qquad u_C \equiv \frac{\partial u}{\partial C} = \frac{1}{C}. \tag{v}$$

Endvidere følger af (4), at

$$g' = \gamma\left(1 - \frac{2A}{X}\right). \tag{vi}$$

Ifølge (v) og (vi) tager den Grønne Gyldne Regel (3) altså formen

$$\frac{\theta C}{A} = -\gamma\left(1 - \frac{2A}{X}\right). \tag{vii}$$

Ved brug af (iii) eliminerer vi nu C fra (vii) og får

$$\theta\gamma\left(1-\frac{A}{X}\right)=-\gamma\left(1-\frac{2A}{X}\right)\quad\Longrightarrow$$

$$\frac{A}{X}(2+\theta)=1+\theta. \tag{viii}$$

Ved at løse (viii) for A får man (7), der også kan skrives som

$$A^{GGR}=\frac{2\left(\frac{X}{2}\right)+\theta X}{2+\theta}.$$

A^{GGR} er altså et vejet gennemsnit af den ressourcebeholdning $X/2$, der ifølge (5) vil sikre det størst mulige forbrug i langsigtsligevægt, og den maksimale ressourcebeholdning X, som kan opretholdes i naturtilstanden, hvor $C=0$. Det følger heraf, at $A^{GGR}>X/2$, dvs. at den Grønne Gyldne Regel indebærer en større ressourcebeholdning end den, der maksimerer forbruget på langt sigt. Når det ifølge den Grønne Gyldne Regel er fordelagtigt at presse A op over det forbrugsmaksimerende niveau $X/2$, skyldes det, at ressourcebeholdningen har en nytteværdi i sig selv, hvilket kommer til udtryk ved, at $\theta>0$. Det følger også af (7), at

$$\frac{\partial A^{GGR}}{\partial X}=\frac{1+\theta}{2+\theta}>0,\qquad \frac{\partial A^{GGR}}{\partial\theta}=\frac{X}{(2+\theta)^2}>0. \tag{ix}$$

En større naturlig tilvækstkraft X betyder ifølge (vi), at g' stiger, dvs. man får et mere gunstigt marginalt transformationsforhold mellem forbrug og ressourcebeholdning (der skal ikke opgives så meget forbrug for at opnå en given stigning i A). Dermed bliver det fordelagtigt at opbygge en større ressourcebeholdning i langsigtsligevægt, jf. det første resultat i (ix). En større værdi af parameteren θ er ensbetydende med en stærkere forbrugerpreference for naturens herlighedsværdier og andre miljøtjenester, hvorved det marginale substitutionsforhold u_A/u_C vokser, jf. (v). Forbrugerne er altså mere villige til at opgive forbrug for at få en større beholdning af miljøgodet, og dermed bliver det velfærdsmæssigt fordelagtigt at opbygge en større ressourcebeholdning i langsigtsligevægt, jf. det andet resultat i (ix).

Spørgsmål 1.5. Antag nu, at samfundsplanlæggeren ikke følger den Grønne Gyldne Regel, men i stedet ønsker at maksimere samfundsvelfærdsfunktionen

$$U_0=\int_0^\infty u(C,A)\,e^{-\rho t}dt=\int_0^\infty(\ln C+\theta\ln A)\,e^{-\rho t}dt,\qquad \rho>0, \tag{8}$$

hvor ρ er den samfundsmæssige diskonteringsrate. Maksimeringen skal ske under bibetingelserne

$$\dot{A} = \overbrace{\gamma A - \frac{\gamma A^2}{X}}^{=g(x)} - C, \qquad A(0) > 0 \text{ prædetermineret.} \tag{9}$$

Opstil Hamilton-funktionen og udled førsteordensbetingelserne for løsningen af samfundsplanlæggerens problem.

Svar på spørgsmål 1.5. Hamilton-funktionen i løbende værdi bliver

$$H = \ln C + \theta \ln A + \lambda \left(\gamma A - \frac{\gamma A^2}{X} - C \right),$$

hvor λ er skyggeprisen på naturressourcen, C er kontrolvariablen, og A er tilstandsvariablen. Førsteordensbetingelserne for et samfundsmæssigt optimalt udviklingsforløb bliver dermed

$$\frac{\partial H}{\partial C} = 0 \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{C} = \lambda, \tag{x}$$

$$\dot{\lambda} = \rho\lambda - \frac{\partial H}{\partial A} \quad \Longrightarrow \quad \dot{\lambda} = \rho\lambda - \frac{\theta}{A} - \lambda\gamma \left(1 - \frac{2A}{X} \right), \tag{xi}$$

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t} \lambda A = 0. \tag{xii}$$

(Bemærk: Da transversalitetsbetingelsen (xii) ikke skal bruges i det følgende, bør det ikke regnes som en fejl, hvis denne betingelse ikke er angivet i besvarelsen).

Spørgsmål 1.6. Benyt de førsteordensbetingelser, du fandt i spørgsmål 1.5, til at udlede den størrelse A^D af ressourcebeholdningen, der vil fremkomme i økonomiens langsigtsligevægt, hvor $\dot{C} = \dot{A} = 0$. Sammenlign størrelsen af A^D med størrelsen af den ressourcebeholdning A^{GGR}, der ifølge (7) fremkommer ved at følge den Grønne Gyldne Regel, og kommentér på forskellen. Hvad sker der, når $\rho \to 0$?

Svar på spørgsmål 1.6. I en langsigtsligevægt skal (iii) fortsat være opfyldt. Ved indsættelse af (x) i (iii) fås derfor

$$\lambda = \frac{1}{\gamma A \left(1 - \frac{A}{X}\right)}. \tag{xiii}$$

I langsigtsligevægt gælder endvidere, at $\dot{\lambda} = 0$. Når dette samt (xiii) indsættes i (xi), finder man

$$\frac{\rho}{\gamma A \left(1 - \frac{A}{X}\right)} - \frac{\theta}{A} - \frac{\gamma}{\gamma A \left(1 - \frac{A}{X}\right)} + \frac{2\gamma A}{X\gamma A \left(1 - \frac{A}{X}\right)} = 0 \quad \Longrightarrow$$

$$
\begin{aligned}
\rho-\theta\gamma\left(1-\frac{A}{X}\right)-\gamma+\frac{2\gamma A}{X}=0 &\quad\Longrightarrow \\
\frac{\gamma}{X}(2+\theta)A=\gamma(1+\theta)-\rho &\quad\Longrightarrow \\
A^{D}=\frac{\left(1+\theta-\frac{\rho}{\gamma}\right)X}{2+\theta}. &
\end{aligned}
\tag{xiv}
$$

Ved sammenligning af udtrykkene for ressourcebeholdningen i (7) og (xiv) ser man, at $A^D < A^{GGR}$ for $\rho > 0$. Diskonteringsraten ρ udtrykker samfundets "utålmodighed", og neddiskonteringen af fremtidig velfærd forklarer, hvorfor samfundsplanlæggeren ikke vælger at opbygge så stor en ressourcebeholdning, at nytten på langt sigt (for $t \to \infty$) maksimeres. Men vi ser også af (7) og (xiv), at $A^D \to A^{GGR}$ for $\rho \to 0$, dvs. hvis fremtidig velfærd (stort set) ikke neddiskonteres, så vil samfundsplanlæggeren tilnærmelsesvis følge den Grønne Gyldne Regel. Dette er intuitivt, da denne regel netop fokuserer på velfærdsmaksimering på langt sigt.

Spørgsmål 1.7. Betragt nu en økonomi, hvor det løbende forbrug C ikke består af forbrug af en naturressource, men derimod af et gode, der produceres ved hjælp af en menneskeskabt kapitalbeholdning, K. Produktionsfunktionen har formen $F(K) = K^\alpha$, og det producerede gode kan enten anvendes til forbrug eller til investering. Forbruget er således givet ved

$$
C = K^\alpha - \dot{K}, \qquad 0 < \alpha < 1, \tag{10}
$$

hvor investeringerne er lig med tilvæksten i kapitalapparatet $\left(\dot{K}\right)$, idet vi ser bort fra afskrivninger. Færdigvaren sælges til prisen 1 og udbydes under fuldkommen konkurrence. Virksomhedernes kapitalomkostning består af den reale markedsrente r plus en formueskat, der udgør beløbet τ per kapitalenhed. I hver periode maksimerer den repræsentative virksomhed sin løbende profit π givet ved

$$
\pi = K^\alpha - (r+\tau)K. \tag{11}
$$

Udled et udtryk for størrelsen af virksomhedens optimale kapitalapparat og kommentér kort på, hvordan formueskatten påvirker kapitalbeholdningen.

Svar på spørgsmål 1.7. Førsteordensbetingelsen for maksimering af profitten i (11) er

$$
\frac{\partial \pi}{\partial K} = 0 \quad\Longrightarrow\quad \alpha K^{\alpha-1} - (r+\tau) = 0 \quad\Longrightarrow
$$

$$K = \left(\frac{\alpha}{r+\tau}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}}. \tag{xv}$$

Det fremgår af (xv), at en højere formueskat sænker størrelsen af det optimale kapitalapparat, fordi en højere værdi af τ øger den samlede kapitalomkostning $r+\tau$. (NB: Det er naturligvis lige så korrekt, hvis resultatet i (xv) skrives som $K = \left(\frac{r+\tau}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha-1}}$).

Spørgsmål 1.8. I den i spørgsmål 1.7 betragtede økonomi antages den repræsentative forbrugers løbende nytte fortsat at være givet ved (6), dvs. forbrugeren opnår nytte af beholdningen af naturressourcen (der kunne være naturens herlighedsværdier). Naturressourcen udvikler sig ligeledes fortsat i overensstemmelse med (9), men tolkningen er nu, at det materielle forbrug C medfører en nedslidning af miljøet (i forholdet én til én). Det materielle forbrug er givet ved (10), hvor det aktuelle kapitalapparat er bestemt ved profitmaksimering, jf. spørgsmål 1.7. Betragt nu en langsigtsligevægt i denne økonomi, dvs. en tilstand hvor $\dot{C} = \dot{A} = \dot{K} = 0$, og hvor markedsrenten svarer til forbrugernes diskonteringsrate, dvs. $r = \rho$. Udled ved brug af resultatet (7) samt dit resultat i spørgsmål 1.7 den størrelse af formueskattesatsen τ, der i langsigtsligevægt vil sikre en naturressourcebeholdning i overensstemmelse med den Grønne Gyldne Regel. Hvordan afhænger denne formueskattesats af ρ? Kommentér.

Svar på spørgsmål 1.8. I en langsigtsligevægt, hvor $\dot{K} = 0$ og $r = \rho$, følger det af (10) og (xv), at

$$C = K^{\alpha} = \left(\frac{\alpha}{\rho+\tau}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}. \tag{xvi}$$

Samtidigt skal (iii) fortsat være opfyldt i langsigtsligevægt, og vi ønsker tillige, at $A = A^{GGR}$ i denne langsigtsligevægt. Vi indsætter derfor (7) i (iii) for at finde det forbrugsniveau, der svarer til den Grønne Gyldne Regel:

$$C = \gamma A^{GGR}\left(1 - \frac{A^{GGR}}{X}\right) = \frac{\gamma(1+\theta)X}{2+\theta}\left[1 - \left(\frac{1+\theta}{2+\theta}\right)\right] \quad \Longrightarrow$$

$$C = \frac{\gamma(1+\theta)X}{(2+\theta)^2}. \tag{xvii}$$

Vi kan nu sætte højresiderne af (xvi) og (xvii) lig med hinanden og løse den resulterende ligning for τ for at finde den formueskattesats, der vil sikre opfyldelse af den Grønne Gyldne Regel:

$$\left(\frac{\alpha}{\rho+\tau}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} = \frac{\gamma(1+\theta)X}{(2+\theta)^2} \quad \Longrightarrow$$

$$\frac{\alpha}{\rho+\tau} = \left[\frac{\gamma(1+\theta)X}{(2+\theta)^2}\right]^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \implies$$

$$\tau = c\alpha - \rho, \qquad c \equiv \left[\frac{\gamma(1+\theta)X}{(2+\theta)^2}\right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}. \tag{xviii}$$

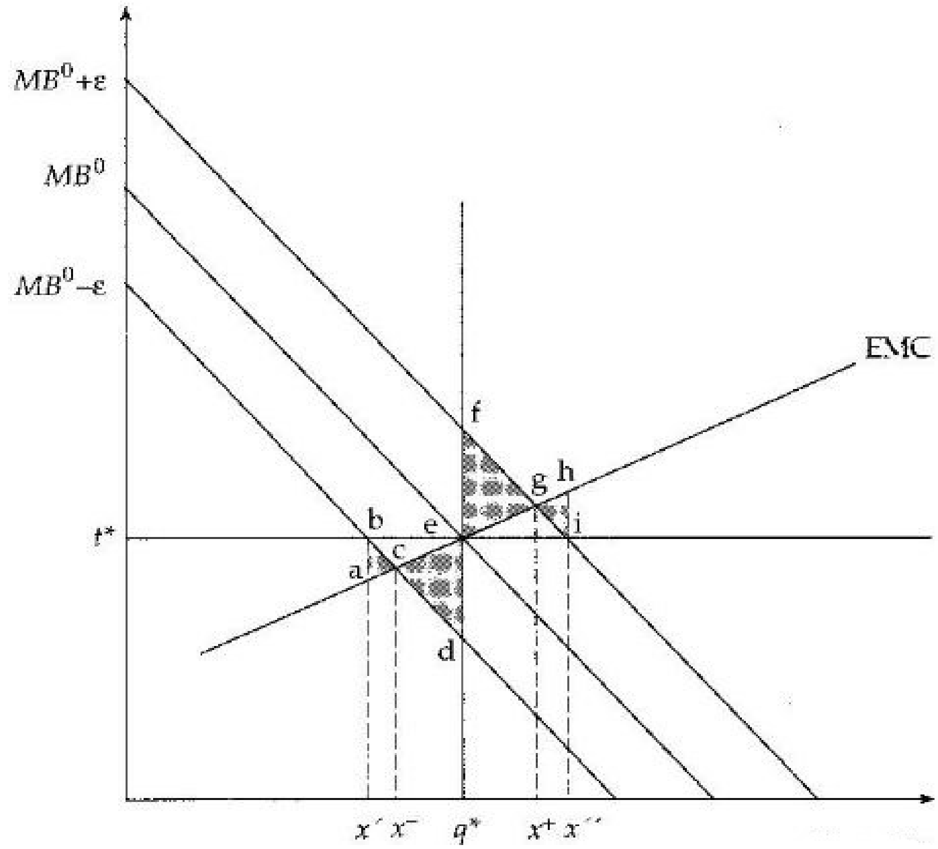
Vi ser af (xviii), at formueskattesatsen ikke nødvendigvis skal være positiv (dvs. der kan være behov for et subsidium til kapitalopbygning), og at den skal være lavere, jo større diskonteringsraten (og dermed ligevægtsrealrenten) er. Dette kan forklares ved, at en højere diskonteringsrate gør kapitalakkumulation dyrere og dermed gør det sværere at nå op på det forbrugsniveau, der svarer til den Grønne Gyldne Regel. Følgelig er der behov for en lavere formueskat (evt. et subsidium) for at få opbygget det kapitalapparat, der gør det muligt at nå dette forbrugsniveau. (NB: Spørgsmål 1.8 må betragtes som svært, og det bør derfor ikke trække bedømmelsen for meget ned, hvis dette spørgsmål er ufuldstændigt besvaret).

OPGAVE 2. Valg af styringsmidler i miljøpolitikken (Indikativ vægt: 1/4).

Spørgsmål 2.1. Diskutér valget mellem kvantitativ miljøregulering og regulering via miljøafgifter i en situation med usikkerhed. (Vink: Benyt gerne en figur til at illustrere dine ræsonnementer)

Svar på spørgsmål 2.1. Problematikken omkring valg af miljøpolitiske styringsinstrumenter under usikkerhed er behandlet i kapitel 3 i pensumbogen af Sandmo (2000), hvorfra nedenstående figur er taget. I Sandmo's fortolkning måler førsteaksen i figuren forbruget af en forurenende vare, idet forureningen forudsættes direkte proportional med forbruget. Hos Sandmo angiver kurverne markeret med MB således forbrugernes marginale benefit ved forbrug af varen. Vi kan imidlertid også vælge en anden fortolkning af figuren ved at antage, at den vandrette akse måler *emissionen* af et forurenende stof, mens den lodrette akse måler hhv. de marginale reduktionsomkostninger og de marginale eksterne skadeomkostninger ved forureningen. De marginale eksterne skadeomkostninger er vist ved kurven EMC (External Marginal Cost). De kan måles ved forbrugernes villighed til at betale for en reduktion af emissionen med 1 enhed.

VELFÆRDSTAB VED AFGIFTSREGULERING OG KVANTITATIV REGULERING UNDER USIKKERHED



Note: Den vandrette akse måler emissionen af et forurenende stof. Den lodrette akse måler hhv. den marginale eksterne skadeomkostning og den marginale omkostning ved reduktion af emissionen.

Kurverne markeret med MB angiver *virksomhedernes marginale reduktionsomkostninger.* Disse angiver samtidigt den marginale benefit (omkostningsbesparelse), som virksomhederne opnår ved at øge emissionen med en ekstra enhed. Der er indtegnet tre forskellige MB-kurver for at angive, at myndighederne er *usikre* på størrelsen af de marginale reduktionsomkostninger. Myndighedernes bedste bud er, at reduktionsomkostningerne svarer til den midterste kurve MB^0. Det optimale forureningsomfang vil da ligge i punktet e, hvor den marginale reduktionsomkostning svarer til den marginale eksterne skadeomkostning.

Dette optimale forureningsomfang vil kunne realiseres ved hjælp af en emissionsafgift med satsen t^*, da omkostningsminimerende virksomheder vil reducere emissionen, indtil den marginale reduktionsomkostning svarer til afgiftssatsen. Alternativt kan det optimale forureningsomfang implementeres ved at pålægge virksomhederne den kvantitative emissionsbegrænsning q^*.

Men antag nu, at de faktiske marginale reduktionsomkostninger svarer til kurven $MB^0 + \varepsilon$, hvorimod myndighederne tror, at omkostningerne er givet ved kurven MB^0. Under afgiftsregulering vil det faktiske forureningsomfang da blive x'' svarende til punktet i, hvilket vil medføre et samfundsmæssigt velfærdstab svarende til trekantarealet ghi. Under kvantitativ regulering vil emissionen derimod være lig med q^*, hvilket giver et velfærdstab svarende til trekantarealet efg.

Hvis de faktiske marginale reduktionsomkostninger i stedet er givet ved kurven $MB^0 - \varepsilon$, vil afgiftsreguleringen medføre et velfærdstab lig med trekantarealet abc, mens den kvantitative regulering vil indebære et velfærdstab svarende til trekanten cde.

Som kurverne er tegnet, er det tydeligt, at afgiftsreguleringen giver et mindre velfærdstab end den kvantitative regulering.

Men hvis vi med udgangspunkt i punkt e drejer skadeomkostningskurven EMC i retning mod uret, så den bliver stejlere, vil vi på et tidspunkt ende i en situation, hvor kvantitativ regulering giver lavere velfærdstab end afgiftsregulering, når der er usikkerhed om beliggenheden af kurven for de marginale reduktionsomkostninger. Det samme gælder tydeligvis, hvis vi drejer MB-kurverne mod uret, så de fortsat er parallelle, men bliver fladere.

På basis af disse betragtninger ser man, at der gælder følgende resultater, som oprindeligt blev vist i et fundamentalt bidrag af Weitzman (1974):

- Hvis den numeriske hældning på kurven for de marginale eksterne skadeomkostninger er mindre end den numeriske hældning på kurven for de marginale reduktionsomkostninger, vil afgiftsregulering give mindre velfærdstab end kvantitativ regulering, når der er usikkerhed om reduktionsomkostningerne.

- Hvis den numeriske hældning på den marginale skadeomkostningskurve derimod er større end den numeriske hældning på kurven for de marginale reduktionsomkostninger, vil kvantitativ regulering være at foretrække for afgiftsregulering, når der er usikkerhed om reduktionsomkostningerne.

Med andre ord: Stejlt stigende marginale skadeomkostninger og svagt stigende marginale reduktionsomkostninger taler for kvantitativ regulering frem for afgiftsregulering, og vice versa.

Analysen ovenfor fokuserede på betydningen af usikkerhed om omkostningerne ved at nedbringe forureningen. Lad os nu i stedet antage, at der er usikkerhed om beliggenheden af kurven EMC for de marginale eksterne skadeomkostninger ved forureningen, hvorimod de marginale reduktionsomkostninger kan beregnes med sikkerhed og svarer til kurven MB^0 i figuren ovenfor.

Myndighedernes bedste bud er, at skadeomkostningerne svarer til kurven EMC i figuren. Under kvantitativ regulering vil de da tillade et emissionsomfang svarende til q^*. Under afgiftsregulering vil de vælge afgiftssatsen t^*, der giver nøjagtigt samme emission. Derfor vil velfærdstabet ligeledes være det samme under de to reguleringsformer, hvis de faktiske marginale skadeomkostninger viser sig at afvige fra myndighedernes skøn.

Det er således kun usikkerhed om reduktionsomkostningerne, der kan give en velfærdsteoretisk begrundelse for at foretrække den ene frem for den anden reguleringsform.