

Eksamen på Økonomistudiet sommer 2016

**Miljø-, ressource- og klimaøkonomi**

Den 17. august 2016

(3-timers prøve uden hjælpemidler)

Dette eksamenssæt består af 5 sider inklusive forsiden.

## Opgave 1. Optimal miljøpolitik og bæredygtighedspolitik

Vi betragter en miljøøkonomisk model for en økonomi, der producerer en færdigvare ved brug af naturressourcer og produceret realkapital (arbejdsstyrken antages at være konstant og indgår derfor ikke eksplicit). Modellen benytter følgende notation:

$U$  = livstidsnytte for den repræsentative forbruger  
 $u$  = nytte i den løbende periode  
 $C$  = løbende forbrug af færdigvaren  
 $Y$  = løbende samlet produktion af færdigvaren  
 $K$  = beholdning af produceret realkapital  
 $R$  = løbende forbrug af naturressourcen  
 $E$  = løbende emission af et forurenende stof  
 $A$  = ressourcer løbende anvendt på forureningsbekæmpelse  
 $I$  = løbende investeringer i realkapital  
 $S$  = beholdning af naturressourcen  
 $\rho$  = tidspreferencerate  
 $t$  = tiden

Bortset fra den konstante parameter  $\rho$  er alle variable funktioner af tiden, hvilket dog for overskuelighedens skyld ikke angives eksplicit. En prik over en variabel angiver den afledede af den pågældende variabel med hensyn til tiden, dvs.  $\dot{x} \equiv dx/dt$ , og fodtegn angiver partielle afledede.

Den repræsentative forbrugers livstidsnytte er givet ved funktionen

$$U = \int_0^{\infty} u(C) e^{-\rho t} dt, \quad u' > 0, \quad u'' < 0, \quad \rho > 0, \quad (1)$$

hvor  $e$  er eksponentialfunktionen. Den samlede produktion af færdigvaren er givet ved følgende produktionsfunktion, hvor emissionen af det forurenende stof indvirker negativt på produktiviteten:

$$Y = F(K, R, E), \quad F_K > 0, \quad F_{KK} < 0, \quad F_R > 0, \quad F_{RR} < 0, \quad F_E < 0. \quad (2)$$

Udledningen af det forurenende stof varierer positivt med forbruget af naturressourcen og negativt med forureningsbekæmpelsesindsatsen:

$$E = E(R, A), \quad E_R > 0, \quad E_A < 0. \quad (3)$$

Den løbende ændring i kapitalapparatet er lig med de løbende investeringer, idet vi af forenklingshensyn ser bort fra afskrivninger:

$$\dot{K} = I. \quad (4)$$

Naturressourcen antages indtil videre at være udtømmelig, så den løbende nedgang i ressourcebeholdningen svarer til det løbende forbrug af ressourcen:

$$\dot{S} = -R. \quad (5)$$

Det antages, at der ikke er omkostninger forbundet med udvinding af naturressourcen. Økonomiens samlede ressourcebegrænsning er derfor givet ved ligningen

$$Y = C + I + A. \quad (6)$$

Ved at indsætte (3) i (2) og dernæst indsætte det resulterende udtryk sammen med (4) i (6) kan vi alternativt skrive ressourcebegrænsningen på følgende måde:

$$\dot{K} = F(K, R, E(R, A)) - C - A. \quad (7)$$

En velmenende samfundsplanlægger ønsker at maksimere forbrugers livstidsnytte (1) under hensyntagen til (5) og (7) og de givne initiale beholdninger af  $K$  og  $S$ . Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til dette maksimeringsproblem er

$$H = u(C) + \lambda [F(K, R, E(R, A)) - C - A] - \mu R, \quad (8)$$

hvor  $\lambda$  og  $\mu$  er skyggepriserne på henholdsvis realkapitalen og naturressourcebeholdningen. Strømstørrelserne  $C$ ,  $A$  og  $R$  er kontrolvariable, mens beholdningsstørrelserne  $K$  og  $S$  er tilstandsvariable.

**Spørgsmål 1.1:** Udled førsteordensbetingelserne for løsning af samfundsplanlæggerens maksimeringsproblem.

**Spørgsmål 1.2:** Vis at de i spørgsmål 1.1 udledte førsteordensbetingelser implicerer følgende sammenhænge, hvor variabelen  $c$  angiver den marginale eksterne omkostning ved brug af naturressourcen:

$$F_E = \frac{1}{E_A}, \quad (9)$$

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\varepsilon} (F_K - \rho), \quad \varepsilon \equiv -\frac{u'' \cdot C}{u'}, \quad (10)$$

$$\frac{\dot{F}_R - \dot{c}}{F_R - c} = F_K, \quad c \equiv -F_E E_R. \quad (11)$$

Giv en økonomisk fortolkning af (forklar den økonomiske intuition bag) disse sammenhænge.

Vi antager nu, at ressourceallokeringen i den betragtede økonomi styres af markedsmekanismer, og at der er fuldkommen konkurrence på alle markeder. Staten kan dog gribe regulerende ind ved at pålægge en emissionsafgift af størrelsen  $\tau^E$  for hver enhed af det forurenende stof, der udledes.

Staten kan ligeledes vælge at yde et tilskud på  $s^A$  per krone anvendt til forureningsbekæmpelse. Derudover kan staten opkræve en lump-sum skat  $T$  eller yde et lump-sum tilskud  $-T$  til borgerne, således at den offentlige sektors intertemporale budgetrestriktion overholdes. Virksomhederne i økonomien ejes af den repræsentative forbruger og drives med henblik på at maksimere forbrugerens livstidsnytte. Udgifterne til investering svarer til det beløb, der er tilovers, når der er afholdt udgifter til forbrug, forureningsbekæmpelse og skattebetaling, dvs.

$$\dot{K} = F(K, R, \bar{E}) - C - A + s^A A - \tau^E E(R, A) - T, \quad (12)$$

hvor politikvariablene  $s^A$ ,  $\tau^E$  og  $T$  naturligvis tages for givne af den enkelte private virksomhedsejer. Størrelsen  $\bar{E}$  i (12) er økonomiens samlede emission af det forurenende stof, der ligeledes tages for givet af den enkelte virksomhed/forbruger. Den enkelte virksomhed tager altså ikke hensyn til den negative forureningseksternalitet, som den påfører de øvrige virksomheder. Størrelsen  $E(R, A)$  i (12) skal derimod tolkes som den enkelte virksomheds egen emission, som virksomheden selv kan styre via sit råstofforbrug  $R$  og sin forureningsbekæmpelsesindsats  $A$ . I en samlet ligevægt, efter der er optimeret, skal naturligvis gælde, at  $\bar{E} = E(R, A)$ .

**Spørgsmål 1.3:** Den repræsentative virksomhed maksimerer ejerens/forbrugerens livstidsnytte (1) under bibetingelserne (5) og (12), givet de initiale beholdninger af  $K$  og  $S$ . Opstil Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til dette maksimeringsproblem og udled førsteordensbetingelserne for løsning af problemet. (Vink: Skyggeprisen på realkapital kan ligesom før betegnes  $\lambda$ , mens skyggeprisen på naturressourcen ligesom tidligere kan betegnes  $\mu$ ).

**Spørgsmål 1.4:** Udled de størrelser af miljøafgiften  $\tau^E$  og miljøtilskuddet  $s^A$ , der kan sikre, at ressourceallokeringen i markedsökonomien svarer til samfundsplanlæggerens optimale ressourceallokering. Giv en økonomisk fortolkning af de udledte resultater. Er det nødvendigt at give et tilskud til forureningsbekæmpelse? Forklar. (Vink: Find de værdier af  $\tau^E$  og  $s^A$ , der sikrer, at førsteordensbetingelserne i spm. 1.3 bliver identiske med førsteordensbetingelserne i spm. 1.1).

Vi antager nu, at staten ikke blot ønsker at sikre en effektiv ressourceallokering i den enkelte periode via en internalisering af forureningseksternaliteten, men at staten også ønsker at sikre en bæredygtig udvikling, der skaber lighed mellem generationer ved at udjævne forbruget over tid. Til det formål indfører staten et kapitalsubsidium af størrelsen  $s^K$  per kapitalenhed. Staten pålægger endvidere emissionsafgiften  $\tau^E$ , men giver ikke tilskud til forureningsbekæmpelse. Den private sektors budgetrestriktion (12) erstattes dermed af budgetrestriktionen

$$\dot{K} = F(K, R, \bar{E}) - C - A + s^K K - \tau^E E(R, A) - T, \quad (13)$$

hvor det samlede forureningsomfang  $\bar{E}$  fortsat tages for givet af den enkelte virksomhed.

**Spørgsmål 1.5:** Den repræsentative virksomhed maksimerer ejernytten (1) under bibetingelserne (5) og (13). Opstil Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til dette maksimeringsproblem og udled førsteordensbetingelserne for dets løsning.

**Spørgsmål 1.6:** Udled ud fra de relevante førsteordensbetingelser i spm. 1.5 et udtryk for den størrelse af kapitalsubsidiet  $s^K$ , der vil sikre en bæredygtig udvikling i den forstand, at forbruget er konstant over tid ( $\dot{C} = 0$ ). Giv en økonomisk forklaring på det fundne resultat.

Vi har hidtil forudsat, at naturressourcen  $S$  er udtømmelig. Vi antager nu i stedet, at ressourcen er fornybar, således at ligning (5) erstattes af ligningen

$$\dot{S} = G(S) - R, \quad G' > 0, \quad (14)$$

hvor tilvækstfunktionen  $G(S)$  beskriver den naturlige løbende tilvækst i den fornybare ressourcebeholdning.

**Spørgsmål 1.7:** Vi ser nu bort fra en eventuel bæredygtighedsmålsætning og antager, at samfundsplanlæggeren ønsker at maksimere livstidsnytten (1) under bibetingelse af (7) og (14). Opstil Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til dette maksimeringsproblem og udled førsteordensbetingelserne for dets løsning. Omskriv de relevante førsteordensbetingelser, så du opnår en betingelse for optimal forvaltning af naturressourcen, der er analog til ligning (11) i spm. 1.2 (dvs. et udtryk, hvor skyggepriserne  $\lambda$  og  $\mu$  er substitueret bort). Hvordan afviger denne nye betingelse for optimal ressourceforvaltning fra ligning (11)? Giv en økonomisk forklaring.

## Opgave 2. Den miljømæssige Kuznets-kurve

**Spørgsmål:** Redegør for begrebet ”Den miljømæssige Kuznets-kurve”. Diskutér hvilke mekanismer, der kan ligge bag den sammenhæng, som kurven beskriver. (Vink: En forholdsvis kortfattet verbal diskussion er tilstrækkelig).

## Opgave 3. Fælledens tragedie inden for fiskeriøkonomi

**Spørgsmål:** Forklar begrebet ”Fælledens tragedie”. Forklar hvordan denne tragedie kan opstå inden for fiskerierhvervet og diskutér, hvordan den evt. kan undgås ved passende offentlig intervention. (Vink: En forholdsvis kortfattet verbal diskussion er tilstrækkelig).