

Eksamen på økonomistudiet sommer 2014

Miljø-, ressource-og klimaøkonomi

Kandidatfag

12. juni 2014

3 timers prøve uden hjælpemidler

(Opgave på 5 sider inklusive denne forside)

OPGAVE 1. CO₂-afgift og drivhusgasudledning

I denne opgave skal vi undersøge betingelserne for, at indførelse af en afgift på fossile brændsler kan bidrage til at dæmpe den globale opvarmning. Vi benytter følgende notation:

P = markedspris (forbrugerpris) på en enhed af det fossile brændsel

c = omkostning ved udvinding af en enhed af det fossile brændsel

S = aktuel reservebeholdning af det fossile brændsel

R = løbende udvinding af det fossile brændsel

τ = stykafgift på forbrug af det fossile brændsel (“CO₂-afgift”)

Π = nutidsværdi af profit for den repræsentative ressourceejer

r = markedsrente (konstant)

t = tiden, dvs. $P(t)$ er markedsprisen på tidspunkt t , osv.

Vi starter med at se på en situation, hvor udvindingsomkostningen per enhed er konstant, og hvor der ikke findes en backstop-teknologi, der fuldstændigt kan udkonkurrere det fossile brændsel, når brændselsprisen kommer op på et vist niveau. På tidspunkt nul er nutidsværdien af profitten for den repræsentative ejer af den fossile brændselsreserve derfor givet ved

$$\Pi(0) = \int_0^{\infty} [P(t) - c - \tau(t)] R(t) e^{-rt} dt, \quad (1)$$

hvor e er eksponentialfunktionen. På tidspunkt nul er der en eksogent given initial reservebeholdning S_0 af det fossile brændsel. Reservebeholdningen nedbringes over tid i takt med den løbende ressourceudvinding:

$$\dot{S} \equiv \frac{dS}{dt} = -R(t). \quad (2)$$

Ressourceejereren tager markedsprisen P for udefra givet (fuldkommen konkurrence) og skal maksimere objektfunktionen (1) under bibetingelse af (2), givet at $R(t)$ og $S(t)$ ikke kan være negative. Ressourceejerens kontrolvariabel er den løbende udvinding $R(t)$, mens tilstandsvariablen er $S(t)$. Bemærk, at brændselsafgiften $\tau(t)$ kan ændre sig over tid. Også denne variabel er naturligvis eksogen set fra ressourceejerens synspunkt.

Spørgsmål 1.1. Udled ressourceejerens førsteordensbetingelser for løsning af ovennævnte maksimeringsproblem.

Spørgsmål 1.2. Vis ud fra førsteordensbetingelserne, at en optimal udnyttelse af den udtømmelige ressource kræver opfyldelse af følgende regel, hvor en prik over en variabel angiver den afledede med hensyn til tiden, og hvor vi for nemheds skyld har droppet den eksplicitte tidsangivelse:

$$\dot{P} - \dot{\tau} = r(P - c - \tau). \quad (3)$$

Giv en økonomisk fortolkning af denne optimumsbetingelse.

Spørgsmål 1.3. Antag nu, at brændselsafgiften på tidspunkt t er givet ved

$$\tau(t) = \tau_0 e^{gt}, \quad \tau_0 > 0, \quad g \geq 0, \quad (4)$$

hvor τ_0 er afgiften på tidspunkt 0, og hvor g er en konstant. Forklar ved brug af (3) og (4), under hvilke betingelser brændselsafgiften kan give anledning til et “grønt paradoks” i klimapolitikken (Vink: Hvor stor skal g være for, at afgiften tilskynder til en fremskynelse af ressourceudvindingen?)

Vi har ovenfor antaget, at udvindingsomkostningen per enhed er konstant. I det følgende antager vi i stedet, at udvindingsomkostningen afhænger af den akkumulerede ressourceudvinding, som på tidspunkt t er lig med $S_0 - S(t)$. Vi antager således nu, at omkostningen ved udvinding af det fossile brændsel er givet ved funktionen

$$c(t) = c(S_0 - S(t)), \quad c' > 0. \quad (5)$$

Spørgsmål 1.4. Diskutér kort begrundelsen for specifikationen i ligning (5).

Foruden antagelsen i (5) gør vi nu den antagelse, at der findes en backstop-teknologi i form af en “grøn” energiteknologi, som vil blive taget i anvendelse, når markedsprisen på det fossile brændsel kommer op på niveauet P^b . Den repræsentative ressourceejer forudser (korrekt), at dette vil ske på et bestemt fremtidigt (endeligt) tidspunkt T , hvor al efterspørgsel efter det fossile brændsel altså vil falde bort. Nutidsværdien af ressourceejerens profit bliver derfor nu

$$\Pi(0) = \int_0^T [P(t) - c(S_0 - S(t)) - \tau(t)] R(t) e^{-rt} dt, \quad 0 < T < \infty. \quad (6)$$

Spørgsmål 1.5. Objektfunktionen (6) skal maksimeres under bibetingelse af (2), givet at $R(t)$ og $S(t)$ ikke kan være negative. Udled førsteordensbetingelserne for løsning af dette problem.

Spørgsmål 1.6. Udled ud fra førsteordensbetingelserne en ligning, der angiver den løbende ændring i brændselsprisen (\dot{P}). Sammenlign det udledte udtryk med ligning (3). (Bemærk: Afgiftssatsen $\tau(t)$ kan ændre sig over tid, men er ikke nødvendigvis længere givet ved ligning (4). Du kan derfor blot behandle $\tau(t)$ og $\dot{\tau}$ som rent eksogene størrelser, ligesom i spørgsmål 1.2)

Spørgsmål 1.7. En af betingelserne for løsning af problemet i spørgsmål 1.5 er en transversalitetetsbetingelse, der skal være opfyldt på tidspunkt T . Vis ved brug af denne betingelse, at eksistensen af en positiv brændselsafgift på tidspunkt T må føre til en lavere akkumuleret ressourceudvinding sammenlignet med situationen uden en afgift. Overvej om dette resultat har implikationer for debatten om det grønne paradoks. (Vink: Husk at brændselsprisen på tidspunkt T når op på den eksogent givne backstop-pris P^b og antag, at $c(S_0) > P^b$. Forklar hvorfor dette må betyde, at $S(T) > 0$. Udnyt derefter transversalitetetsbetingelsen og førsteordensbetingelsen m.h.t. R).

OPGAVE 2. Bæredygtig udvikling (Indikativ vægt: 1/3).

(Vink: Det er acceptabelt, hvis du giver en rent verbal besvarelse af hele opgave 2, men du må også gerne inddrage ligninger til at understøtte forklaringerne).

Spørgsmål 2.1. Forklar Hartwick-reglen for forvaltningen af en udtømmelig naturres-source.

Spørgsmål 2.2. Forklar begrebet “ægte opsparing” og redegør for, hvilket krav Hartwick-reglen stiller til størrelsen af den ægte opsparing.

Spørgsmål 2.3. Robert Solow opstillede i en berømt artikel fra 1974 et kriterium for lighed mellem generationer. Hvad var dette kriterium, og hvordan hænger det sammen med miljøøkonomernes kriterium for en (svagt) bæredygtig udvikling?

Spørgsmål 2.4. I den nævnte artikel analyserede Solow bl.a. muligheden for at opnå lighed mellem generationer i en økonomi med udtømmelige naturressourcer. Redegør for hans konklusion. Var Solow's analyse konsistent med Hartwick-reglen?