

The exam consists of 2 problems. Both must be answered.

*English*

**Problem 1 (60%)**

Consider two polluting firms, 1 and 2, each of which emits  $\bar{Q}$  units of pollution so that a total of  $2\bar{Q}$  units are released into the environment. The marginal costs of pollution control for firm 1 and 2 are given by  $MCC_1 = AR_1$  and  $MCC_2 = BR_2$ , respectively, where  $A$  and  $B$  are positive constants and  $B > A$ .  $R_1$  and  $R_2$  are the number of emission reductions made by firm 1 and 2, respectively.

- a) The government determines that total emissions must be reduced by  $\bar{Q}$  to achieve the social desirable level of pollution. Assume that the government requires for each of the polluters to reduce emissions by  $\bar{Q}/2$  units. Illustrate graphically the corresponding total control cost.
- b) Define the term 'cost effective emission reductions'. Does the policy of equal emission reductions in a) ensure cost effective emission reduction? Why, or why not? Illustrate your point graphically.
- c) How should the total emission reduction be allocated across the firms in order to ensure cost effectiveness?
- d) Assume now that an emission tax is levied on each unit of pollutant emitted into the environment. Explain and illustrate graphically how the individual firm adjusts to an emission tax. Illustrate also the firm's corresponding control cost and tax payment.
- e) How should the emission tax be set to ensure a cost effective allocation of emission reductions?
- f) Assume instead that the government pays a subsidy for each unit of reduced emissions. Explain and illustrate graphically how the individual firm adjusts to an emission-reduction subsidy. Illustrate also the firm's corresponding control cost and received subsidy payment. Compare your result with your answer in d). Which of the two policies is preferred by the firms? Which of the two policies would you recommend for the government? Explain your answers.

### Problem 2 (40%)

a) Discuss shortly different interpretations of the term sustainable development.

Consider now a depletable resource stock of size  $\bar{X} = 30$  units to be allocated between two periods. The marginal willingness to pay is given by  $P(X_i) = 15 - 0.5X_i$ , where  $X_i$  is the number of units extracted/consumed in period  $i$ ,  $i = 1, 2$ . The marginal extraction cost is constant and equal to 3.

b) Determine the extraction in the two periods so as to maximize the present value of the net benefit for both periods. Set the discount rate equal to 0.03. Illustrate and explain graphically. Is this allocation fair? Why, or why not?

c) What is the market price in period 1? What is the marginal user cost in period 1? Explain why extraction in period 1 results a positive marginal user cost.

d) What is the market price in period 2? What is the marginal user cost in period 2?

e) Based on the results above, what can you say about the relationship between variations in the market price, the marginal user cost, and the quantity consumed over time?

### Bokmål

Eksamen består av to oppgaver. Begge skal besvares.

### Oppgave 1 (60%)

Betrakt to forurensende bedrifter, 1 and 2, som hver har et forurensende utslipp lik  $\bar{Q}$  enheter, slik at totalt utslipp er lik  $2\bar{Q}$  enheter. Marginal kontrollkostnad (marginal control cost) for bedrift 1 og 2 er gitt av henholdsvis  $MCC_1 = AR_1$  og  $MCC_2 = BR_2$ , hvor  $A$  og  $B$  er positive konstanter og  $B > A$ .  $R_1$  og  $R_2$  er antall enheter utslippsreduksjoner gjennomført i bedrift 1 og 2.

- a) Myndighetene bestemmer at totalt utslippsnivå skal reduseres med  $\bar{Q}$  enheter for å nå ønsket utslippsnivå. For å nå dette målet, krever myndighetene at hver bedrift reduserer sine utslipp med  $\bar{Q}/2$  enheter. Illustrer grafisk tilhørende total kontrollkostnad.

- b) Definer begrepet kostnadseffektiv utslippsreduksjon (cost effective emission reductions). Vil like utslippsstandarder som i a) sikre en kostnadseffektiv utslippsreduksjon? Begrunn svaret. Bruk figur(er) til å illustrere svaret.
- c) Hvordan bør utslippsreduksjonen allokere mellom bedriftene for å sikre kostnadseffektivitet?
- d) Anta nå at bedriftene blir pålagt en utslippsavgift per enhet utlipp. Forklar og illustrer grafisk hvordan en bedrift tilpasser seg en utslippsavgift. Illustrer også bedriftens tilhørende kontrollkostnad og skattekostnad.
- e) Hvordan bør utslippsavgiften utformes for å sikre en kostnadseffektiv fordeling av utslippsreduksjonene?
- f) Anta i stedet at myndighetene betaler en subsidie per enhet utslippsreduksjoner. Forklar og illustrer grafisk hvordan en bedrift tilpasser seg en slik subsidie. Illustrer også bedriftens tilhørende kontrollkostnad og mottatt subsidiebeløp. Sammenlign resultatene med hva du fant i d). Hvilket av de to politikkalternativene foretrekker bedriftene? Hvilket av de to politikkalternativene ville du anbefalt myndighetene? Begrunn svarene.

## Oppgave 2 (40%)

- a) Diskuter kort ulike fortolkninger av begrepet bærekraftig utvikling.

Du skal nå betrakte en ikke-fornybar ressurs som skal allokere over to perioder.

Beholdningen av ressursen på starttidspunktet er  $\bar{X} = 30$  enheter. Marginal betalingsvillighet (marginal willingness to pay) er gitt av  $P(X_i) = 15 - 0.5X_i$ , hvor  $X_i$  er antall enheter som utvinnes/konsumeres i periode  $i$ ,  $i = 1, 2$ . Marginal utvinningskostnad (marginal extraction cost) er konstant og lik 3.

- b) Bestem utvinningen i de to periodene slik at nåverdien av netto inntekt for de to periodene maksimeres. Sett diskonteringsrenten lik 0.03. Illustrer og forklar grafisk. Vil du si at fordelingen mellom de to periodene er rettferdig? Begrunn svaret.
- c) Hva er markedsprisen i periode 1? Hva er den marginale brukerkostnaden (marginal user cost) i periode 1? Forklar hvorfor utvinning i periode 1 resulterer i en positiv marginal brukerkostnad.
- d) Hva er markedsprisen i periode 2? Hva er den marginale brukerkostnaden i periode 2?

e) Basert på resultatene ovenfor, hva kan du si om sammenhengen mellom variasjon i markedspris, marginal brukerkostnad og mengde konsumert over tid?

*Nynorsk*

Eksamen består av to oppgåver. Begge skal besvaras.

### **Oppgåve 1 (60%)**

Betrakt to bedrifter, 1 and 2, som hver har et forurensende utslipp lik  $\bar{Q}$  enheter, slik at totalt utslipp er lik  $2\bar{Q}$  enheter. Marginal kontrollkostnad (marginal control cost) for bedrift 1 og 2 er gitt av henholdsvis  $MCC_1 = AR_1$  og  $MCC_2 = BR_2$ , kor  $A$  og  $B$  er positive konstantar og  $B > A$ .  $R_1$  og  $R_2$  er einingar utsleppsreduksjonar gjennomført i bedrift 1 og 2.

- a) Myndighetene bestemmer at totalt utslippsnivå skal reduserast med  $\bar{Q}$  einingar for å nå ønsket utslippsnivå. For å nå dette målet, krev myndighetene at kvar bedrift reduserer sine utslipp med  $\bar{Q}/2$  einingar. Illustrer grafisk tilhørande total kontrollkostnad.
- b) Definer kva vi forstår med kostnadseffektiv utsleppsreduksjon (cost effective emission reductions). Vil like utsleppsstandardar som i a) sikre ein kostnadseffektiv utsleppsreduksjon? Grunnge svaret. Bruk figur(ar) til å illustrere svaret.
- c) Korleis bør utsleppsreduksjonen allokerast mellom bedriftene for å sikre kostnadseffektivitet?
- d) Anta nå at bedriftene blir pålagt ein utsleppsavgift per eining utslipp. Forklar og illustrer grafisk korleis ein bedrift tilpassar seg ein utsleppsavgift. Illustrer også bedrifta sin tilhørande kontrollkostnad og skattekostnad.
- e) Korleis bør utsleppsavgifta utformast for å sikre ein kostnadseffektiv fordeling av utsleppsreduksjonane?
- f) Anta i staden for at myndighetene betalar ein subsidie per eining utsleppsreduksjonar. Forklar og illustrer grafisk korleis ein bedrift tilpassar seg ein slik subsidie. Illustrer også bedrifta sin tilhørande kontrollkostnad og mottatt subsidiebeløp. Samanlikn resultata med dei du fann i d). Kva for eit av dei to politikkalternativa føretrekk bedriftene? Kva for eit av dei to politikkalternativa ville du anbefalt myndighetene? Grunnge svara.

## Oppgave 2 (40%)

a) Diskuter kort ulike fortolkninger av omgrepet bærekraftig utvikling.

Du skal nå betrakte en ikkje-fornybar ressurs som skal allokert over to periodar.

Behaldninga av ressursen på starttidspunktet er  $\bar{X} = 30$  einingar. Marginal betalingsvilje (marginal willingness to pay) er gitt av  $P(X_i) = 15 - 0.5X_i$ , kor  $X_i$  er einingar som utvinnes/konsumerast i periode  $i$ ,  $i = 1, 2$ . Marginal utvinningskostnad (marginal extraction cost) er konstant og lik 3.

b) Bestem utvinninga i dei to periodane slik at nåverdien av netto inntekt for dei to periodane maksimerast. Sett diskonteringsrenta lik 0.03. Illustrer og forklar grafisk. Vil du si at fordelinga mellom dei to periodane er rettferdig? Grunnlegg svaret.

c) Kva er marknadsprisen i periode 1? Kva er den marginale brukarkostnaden (marginal user cost) i periode 1? Forklar kvifor utvinning i periode 1 resulterer i ein positiv marginal brukerkostnad.

d) Kva er marknadsprisen i periode 2? Kva er den marginale brukarkostnaden i periode 2?

e) Basert på resultata ovanfor, kva kan du si om samanhenga mellom variasjon i marknadspris, marginal brukarkostnad og mengde konsumert over tid?