

NORGES HANDELSHØYSKOLE  
Bergen, våren 2009



# Konsekvenser av utslippsrestriksjoner for norsk økonomi

Sunniva Erlandsen, Erik Hernes og Elsa Lampe Larsen

Veileder: Professor Victor D. Norman

Masterutredning i Samfunnsøkonomi

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen innestår for de metoder som er anvendt, de resultater som er fremkommet eller de konklusjoner som er trukket i arbeidet.

## Sammendrag

Formålet med denne oppgaven er å analysere konsekvensene som restriksjoner på utslipp av klimagasser vil ha for norsk økonomi. Analysen foregår innenfor rammeverket av en numerisk simuleringsmodell (NOK) som tar for seg perioden fra 2005-2060. Utslippsrestriksjonene skaper behov for endringer i modelleringen av NOK. I oppgaven revideres modelleringen av norske produksjonskostnader, internasjonale varepriser, avkastning på utenlandske direkteinvesteringer samt norske energiinntekter. Utslippsrestriksjonene som modelleres inn i NOK, er i samsvar med Stern Reviews estimat på optimal CO<sub>2</sub>-pris.

Resultatene av modellkjøringene tyder på at Norge er tjent med at det oppnås enighet om en global klimaavtale. Inntekter fra petroleumssektoren påvirkes i liten grad, mens norsk vannkraft opplever en etterspørselsendring som gir større inntekter. Videre vil utslippsrestriksjonene ikke gi merkbare endringer i næringsstrukturen og heller ikke store endringer i reallønn og realinntekt per sysselsatt. Reallønn reduseres med mellom 3 % og 4 % og realinntekt synker med maksimalt 4 %.

## **Førord**

FNs klimapanel har konkludert med at menneskelig aktivitet forårsaker klimaendringer. Det har derfor vært rettet stor oppmerksomhet mot å fremforhandle en avtale som begrenser de globale utslippene av klimagasser. Mye forskning tar for seg de naturvitenskaplige aspektene ved utslippsrestriksjoner, og på verdensbasis er det også foretatt økonomiske analyser av kostnadene knyttet til slike restriksjoner. Det har imidlertid vært lite fokus på de økonomiske konsekvensene for Norge. Ettersom dette er et betydningsfullt tema, syntes vi det kunne være interessant å skrive en oppgave hvor vi gikk grundigere inn på en slik problemstilling.

Vi ønsker å takke Kjetil Bjorvatn og vår veileder, Victor D. Norman, for positive og inspirerende innspill i forbindelse med oppgaven. Kjetil Bjorvatn hjalp oss gjennom samtaler å finne tema og introduserte oss for den numeriske simuleringsmodellen vi har benyttet i analysen. Arbeidet med oppgaven har vært faglig utfordrende og stimulerende, og vi har fått benytte mye av kunnskapen vi har tilegnet oss i løpet av 5 år på NHH. Tidvis har vi likevel støtt på vanskeligheter, og da har det vært flott å få presise og gjennomtenkte innspill fra Victor D. Norman. Han var med på å utforme den opprinnelige versjonen av NOK og har i tillegg svært god kjennskap til både det teoretiske apparatet vi bruker, og klimadebatten forøvrig.

Bergen, 27. mai 2009

Sunniva Erlandsen

Erik Hernes

Elsa Lampe Larsen

# Innholdsfortegnelse

<b>DEL I: BAKGRUNN OG RAMMEVERK FOR ANALYSENE</b> .....	<b>6</b>
1 DEN GLOBALE KLIMAUTFORDRINGEN .....	7
1.1 KLIMAET GJENNOM HISTORIEN.....	7
1.2 ÅRSAKER TIL KLIMAENDRINGER .....	8
1.3 KLIMAENDRINGER OG KONSEKVENSENE .....	9
1.4 HVA GJØRES FOR Å BEKJEMPE KLIMAENDRINGENE?.....	12
2 SAMFUNNSØKONOMISKE MODELLER KNYTTET TIL UTSLIPPSRESTRIKSJONER.....	14
2.1 OPTIMAL RESTRIKSJONSPOLITIKK .....	14
2.1.1 <i>Kvote vs. avgift</i> .....	16
2.2 EFFEKTER AV KVOTE OG AVGIFT PÅ PRIS OG KVANTUM .....	18
2.2.1 <i>Avgift</i> .....	18
2.2.2 <i>Kvoter</i> .....	19
3 SAMFUNNSØKONOMISKE TEORIER FRA DEN NUMERISKE SIMULERINGS-MODELLEN .....	21
3.1 HECKSCHER-OHLIN-TEORIEN .....	21
3.1.1 <i>Effekter av endret faktortilgang</i> .....	26
3.2 SOLOW-MODELLEN.....	28
3.3 FAINI OG VENTURINI .....	31
4 DEN NUMERISKE SIMULERINGSMODELLEN (NOK).....	33
4.1 RAMMEVERK .....	33
4.2 GLOBALISERINGENS DRIVKREFTER .....	34
4.2.1 <i>Globalisering i form av varehandel: Kina og India innføres i verdens-markedet</i> .....	35
4.2.2 <i>Globalisering gjennom utenlandske direkteinvesteringer</i> .....	36
4.2.3 <i>Globalisering gjennom arbeidsinnvandring</i> .....	37
<b>DEL II: MODELLERE INN ENDRINGER I NOK-MODELLEN</b> .....	<b>39</b>
5 BAKGRUNN FOR ENDRINGER I NOK .....	40
5.1 HVILKEN TYPE UTSLIPPSRESTRIKSJONER? .....	40
5.2 SENTRALE USIKKERHETSMOMENTER.....	41
5.3 PRESENTASJON AV STØRRELSERDISKUSJONEN .....	41
5.4 POLITISK GJENNOMFØRBAR BANE OG TIDSPUNKT FOR INNØRING .....	44

6	ENDRINGER I NORGE .....	46
6.1	ENERGIMARKEDET OG UTSLIPPSINTENSITET .....	46
6.2	ENERGIBRUK FORDELT ETTER SEKTORER .....	52
6.3	KOSTNADSØKNINGEN I DE ULIKE SEKTORENE .....	56
7	ENDRINGER PÅ VERDENSBASIS .....	57
7.1	UTVIKLING AV VERDENSPRISENE .....	57
7.2	UTVIKLING AV AVKASTNING PÅ INVESTERINGER I UTLANDET .....	63
7.3	EKSTRAINNTEKT I VANNKRAFTSEKTOREN.....	68
7.4	PETROLEUMSSEKTOREN .....	69
8	ALTERNATIVT SCENARIO .....	71
	<b>DEL III: RESULTATER OG IMPLIKASJONER.....</b>	<b>74</b>
9	RESULTATER I BASISSCENARIOET .....	75
9.1	PRISINDEKS .....	75
9.2	REALINNTEKT.....	76
9.3	VALUTASKAPING OG SEKTORSTØRRELSE .....	77
9.4	REALLØNN .....	79
10	DEKOMPONERING AV RESULTATET .....	80
11	HVEM TILFALLER AVGIFTEN? .....	83
12	RESULTATER ALTERNATIVSCENARIO.....	84
12.1	REALINNTEKT.....	84
12.2	REALLØNN.....	85
12.3	SEKTORTILPASNING .....	86
13	KONKLUSJON OG POLICYIMPLIKASJONER.....	87
	<b>KILDER.....</b>	<b>89</b>
	<b>APPENDIKS A – FORANDRINGER I NOK .....</b>	<b>93</b>
	<b>APPENDIKS B – ENERGIMARKEDET OG UTSLIPPSINTENSITET.....</b>	<b>95</b>

# DEL I

## Bakgrunn og rammeverk for analysene

I denne delen av oppgaven presenterer vi den bakgrunnsinformasjonen vi mener det er nødvendig å ha for å gå i gang med en analyse av konsekvenser ved utslippsrestriksjoner. Vi begynner med å gi en kort innføring i klimadebatten. I den forbindelse presenterer vi klimaendringer i et historisk perspektiv, ser på samspillet mellom utslipp av klimagasser og klimaendringer, og forsøker å skape et bilde av hvilke konsekvenser klimaendringer kan ha for nåværende og fremtidige generasjoner. Vi presenterer også status quo i kampen for å lage en global avtale for begrensning av klimagassutslipp.

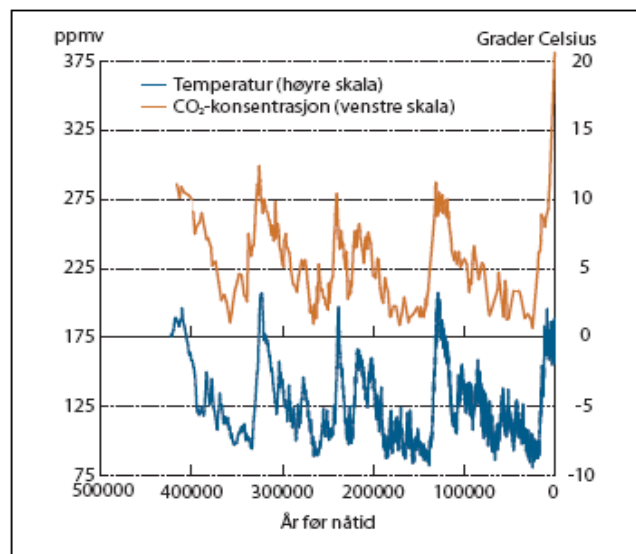
Etter å ha tatt for oss denne mer naturvitenskaplige og politiske siden av klimadebatten, gir vi en rask innføring i samfunnsøkonomiske modeller som ofte blir brukt i forbindelse med de negative eksternalitetene utslipp av klimagasser representerer. Vi presenterer to modeller. Den første modellen skisserer hvordan myndighetene kan utforme optimale utslippsrestriksjoner ved hjelp av kvoter eller avgifter. Av denne modellen ser vi hvordan kvoter og avgifter vil gi samme velferdsgevinst i en deterministisk modell, men at usikkerhet og forskjellig informasjonsbehov kan føre til at det ene virkemidlet er mer velegnet enn det andre. Den andre modellen tar for seg produsenter og konsumenters tilpasning dersom myndighetene har implementert et kvote- eller avgiftsregime.

For å kunne bruke innsikten de samfunnsøkonomiske teoriene gir oss til å analysere konsekvensene av utslippsrestriksjoner for norsk økonomi, vil vi bruke en numerisk simuleringsmodell (NOK) utarbeidet av Bjorvatn et. al. (2006). Denne bygger på Heckscher-Ohlins teori om handel basert på komparativt fortrinn, Solows teori om økonomisk vekst og migrasjonsteorien til Faini og Venturini. Disse teoriene vil vi presentere før vi til slutt i denne delen av oppgaven viser hvordan teoriene virker sammen i NOK.

# 1 Den globale klimautfordringen<sup>1</sup>

## 1.1 Klimaet gjennom historien

Jordens klima har vært i stadig endring så lenge kloden har eksistert. Dagens diskusjon angående klimaendringene vi har sett i løpet av de siste tiårene, bør derfor ses i sammenheng med klimaendringer tidligere i historien. Jorden har, i løpet av sine 4,6 milliarder år, vært i gjennom fire-fem store istidsperioder hvor den har gått inn og ut av mindre istider. Mellom disse istidsperiodene har temperaturen på jorden vært godt over dagens temperaturer, og jorden har flere ganger vært mer eller mindre is- og snøfri. Den siste istidsperioden – den vi er inne i nå – startet for omtrent 2,5 millioner år siden. I løpet av denne perioden har jorden vært gjennom flere titalls mindre istider. Figur 1 viser temperaturutviklingen på Sydpolen over de fire istidene som har vært i løpet av de siste 400 000 årene.



**Figur 1:** Variasjon i CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen (venstre skala) og temperatur (høyre skala) på Sydpolen gjennom de fire siste istidene. Kilde: NOU 2006:18

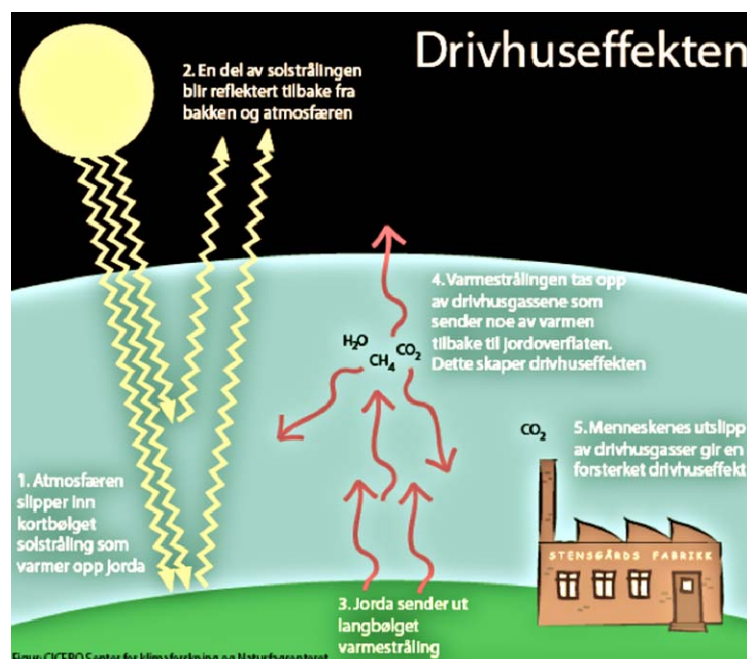
Historien vitner om store klimaendringer. Det er imidlertid viktig å ha i mente at det først er etter den siste mindre istiden, for omtrent 12 000 år siden, at menneskene utviklet en sivilisasjon med byer, skriftspråk og lignende. Den menneskelige sivilisasjonen har derfor aldri blitt utsatt for de store klimaendringene i overgangen fra en periode uten istid til en

<sup>1</sup> Presentasjonen i dette kapitlet bygger på kilder fra miljøverndepartementet, CICERO, ESPERE og IPCC som finnes i litteraturlisten.

periode med istid, eller omvendt. Figur 1 viser at temperaturen den siste tiden har vært høy, og ligger på nivå med de høyeste temperaturene man har hatt i løpet av de siste 400 000 årene. Temperaturen stiger også raskt, og konsekvensene av rekordhøye temperaturer er usikre.

## 1.2 Årsaker til klimaendringer

Klimaendringene vi har erfart historisk, er et resultat av drivkrefter og mekanismer i naturen. For eksempel har solens stråling, jordens bane rundt solen og jordens refleksjonsevne (som bestemmer hvor mye av solenergien som absorberes) vært bestemmende for klimaet på kloden. I tillegg til naturlige klimavariasjoner er også menneskelig aktivitet en driver for klimaendringer. Etter den industrielle revolusjonen for omtrent 200 år siden, har menneskene gjennom sin produksjon og sitt konsum sluppet ut klimagasser i økende grad. De viktigste menneskeskapte klimagassene er karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) og hydrofluorkarboner (HFCs). Av disse gassene er  $\text{CO}_2$  den mest betydningsfulle. Denne gassen kommer hovedsakelig fra forbrenning av fossile brensler som kull, olje og gass.  $\text{CO}_2$  og andre klimagasser slipper igjennom kortbølget stråling fra solen, men hindrer langbølget varmestråling fra jorden i å forsvinne ut igjen. På samme måte som et drivhus beholder varmen innenfor husets vegger, bidrar klimagassene dermed til at mer av varmen bevares i jordas atmosfære, mens mindre forsvinner ut i verdensrommet. Oppvarmingseffekten omtales derfor som drivhuseffekten, mens klimagassene ofte kalles drivhusgasser. Drivhuseffekten er illustrert i figur 2.



**Figur 2:** Fremstilling av drivhuseffekten  
Kilde: Cicero



Drivhuseffekten er ikke noe nytt og menneskeskapt fenomen. Det finnes naturlig drivhusgasser i naturen som bidrar til drivhuseffekten, og uten disse ville temperaturen på jorda ha vært omtrent 33 °C lavere<sup>2</sup>. De naturlige utslippene av CO<sub>2</sub> inngår i karbonets kretsløp, og de store strømmene av CO<sub>2</sub> til og fra atmosfæren holder naturen i balanse. Selv om menneskenes utslipp av CO<sub>2</sub> kun utgjør 5 % av de totale utslippene, kan økningen likevel være for stor til at naturen klarer å absorbere den. Effekten kan sammenlignes med et budsjett som i utgangspunktet var i balanse. En 5 % kostnadsøkning kan virke ubetydelig, men når en slik kostnadsøkning på lang sikt akkumuleres, kan den få fatale konsekvenser for den aktuelle bedriften. Når naturen ikke klarer å absorbere alt utslippet, blir store deler værende igjen i atmosfæren, og konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i luften øker. Det innebærer i sin tur at drivhuseffekten intensiveres og at temperaturene stiger.

I tillegg til økte utslipp av klimagasser, bidrar mennesker gjennom avskoging til nedbygging av naturens egen evne til å ta opp karbondioksid. Gjennom fotosyntesen tar planter og trær opp karbondioksid fra luften og binder det i form av blant annet druesukker. Når menneskene hogger ned trær og skog, reduseres følgelig økosystemenes evne til å binde opp karbondioksidet, og på denne måten øker konsentrasjonen av klimagassene i atmosfæren ytterligere.

### 1.3 Klimaendringer og konsekvensene

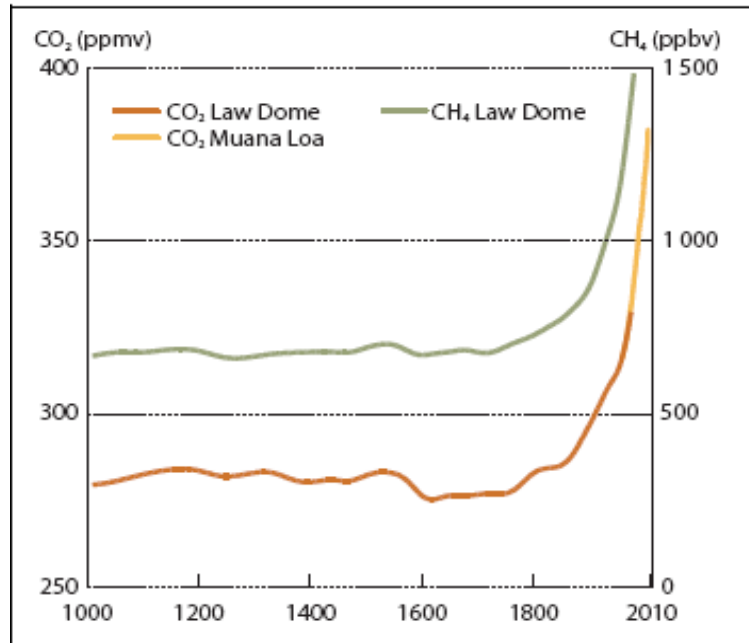
Figur 1 viser både konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> og temperaturene de siste 400 000 årene. Av denne figuren fremgår det at konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> følger temperatursvingningene. Figuren viser også at dagens CO<sub>2</sub>-konsentrasjon ligger svært høyt, og i følge miljødepartementets klimautredning<sup>3</sup> har konsentrasjonen aldri i løpet av de siste tusen millennier vært så høy som nå. Figur 3 viser konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> de siste tusen årene. Her ser vi en dramatisk utvikling fra den industrielle revolusjonen for ca. 200 år siden. Før den industrielle revolusjonen var konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren på 280 ppm (parts per million) og i dag er den på 380 ppm. Det innebærer en økning på vel 38 %. Den globale gjennomsnittstemperaturen har i samme tidsperiode økt med omtrent 0,6 °C. FNs klimapanel (IPCC) konkluderer i sin fjerde hovedrapport fra 2007 med at ”det er meget sannsynlig at menneskets utslipp av klimagasser har forårsaket mesteparten av den observerte globale

---

<sup>2</sup> CICERO. Faktaark om klima

<sup>3</sup> Miljøverndepartementet, NOU 2006:18

temperaturøkningen siden midten av 1900-tallet<sup>4</sup>. Temperaturøkningen i disse årene har gjort at man allerede kan observere at isbreer smelter, våren kommer tidligere mange steder, og dyre- og plantelivet i polarområdene endrer seg.



**Figur 3:** Konsentrasjon av CO<sub>2</sub> og CH<sub>4</sub> gjennom de siste 1000 år.

Kilde: NOU 2006:18

Selv om man med stor grad av sikkerhet kan hevde at den observerte temperaturøkningen og de observerte klimaendringene er menneskeskapte, kan man ikke si nøyaktig hvor store endringer våre utslipp vil føre til i framtida. For det første knyttes det stor usikkerhet til hvor store utslippene våre vil bli. For det andre kjenner man ikke til hvor følsomt klimaet er overfor økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren. IPCC har tatt hensyn til en rekke usikkerhetsmomenter og estimert temperaturøkningene som kan forventes i framtiden. Dersom tiltak ikke blir iverksatt for å begrense klimaendringene, anslår klimapanelet en temperaturøkning på mellom 1,1 til 6,4 grader fra førindustrielt nivå i 2100<sup>5</sup>. Allerede en økning på 2 grader antas å ha dramatiske konsekvenser.

---

<sup>4</sup>Cicero. Klima

<sup>5</sup>Cicero. Klimaendringer og klimatiltak i Norge

Med økte temperaturer vil man blant annet få økt hyppighet og intensitet av ulike typer ekstremvær. For eksempel vil det bli flere hetebølger og flere episoder med ekstremnedbør. Det er sannsynlig at orkaner vil bli sterkere, og at flere områder opplever mer tørke. Slike miljøendringer vil påvirke både mennesker, planter og dyr. Blant annet kan slike endringer føre til produktivitetssvikt av stort omfang, slik som hetebølgen i Europa i 2003 gjorde. Videre vil miljøendringene kunne føre med seg flere sykdomstilfeller og dødsfall, hvor de svakeste i samfunnet er særlig utsatt. I noen områder vil temperaturøkningene imidlertid ha en positiv effekt i form av færre dødsfall på grunn av kulde. Disse gunstige virkningene vil være sjeldne i forhold til de negative virkningene i resten av verden.

Klimaendringene vil også kunne påvirke jordbruket i stor grad. I noen deler av verden vil avlingene kunne øke som følge av høyere temperaturer, og et mildere klima vil gjøre det mulig å drive jordbruk i flere områder. Matproduksjonen i tørre og tropiske områder vil derimot lide sterkt under selv små temperaturendringer. Tørke, vannmangel, kortere vekstsesonger og redusert jordbruksareal fører til vanskeligheter med å opprettholde produksjonen i disse områdene. Det vil altså bli både vinnere og tapere som følge av globale klimaendringer. FNs klimapanel (IPCC) slår imidlertid fast at taperne vil bli betydelig flere enn vinnerne<sup>6</sup>.

Det hersker liten tvil om at det er de fattigste landene og de fattigste menneskene som kommer til å lide mest under de fremtidige klimaendringene. Det er fordi de i større grad lever i områder med høy risiko (flomsletter eller tørre områder), de er mer avhengige av klimafølsomme ressurser (lokal mat og vann), og de har mindre ressurser til å tilpasse seg klimaendringene. Klimaendringene bidrar derfor til å begrense mulighetene til sosial og økonomisk utvikling for den fattigste delen av verden. Frem til nå er det de industrialiserte landene som har stått for mesteparten av klimagassutslippene. Det er dermed de rike landene som hovedsakelig har forårsaket de menneskeskapte klimaendringene vi har sett frem til nå. Gassene som er sluppet ut, blir værende i atmosfæren i lang tid slik at de rike landene også vil være ansvarlige for mye av endringene vi vil oppleve de kommende tiårene. Siden det er de fattige landene som kommer til å bli hardest rammet, er klimaproblemet et viktig etisk og politisk spørsmål.

Klodens planter og dyr vil også påvirkes av klimaendringene. Allerede nå registreres det store endringer i utbredelsen og bestandsutviklingen til flere arter som en følge av klimaendringer.

---

<sup>6</sup>Cicero. Konsekvenser av klimaendringer

Dersom temperaturen stiger 1,5 - 2,5 grader over dagens nivå, står 20 til 30 prosent av alle kjente dyre- og plantearter i fare for å bli utryddet.<sup>7</sup>

Over har vi beskrevet flere problemer og utfordringer knyttet til klimaendringer. Den største trusselen ligger allikevel i faren for raske endringer i store naturlige systemer, slik som tap av regnskogen i Amazonas, at Golfstrømmen stanser eller at de kontinentale isbreene smelter ned. Dersom temperaturøkningen fører til at Grønlandsisen og Vest-Antarktis smelter, vil havnivået kunne stige så mye som fem meter. I så fall vil opp til 15 % av landarealet i det folkerike Sør- og Øst-Asia forsvinne, og resultatet vil være enorme strømmer av flyktninger.<sup>8</sup> Jo større temperaturstigninger, desto mer alvorlige vil konsekvensene være.

Som skrevet har en ikke nok kunnskap til å predikere nøyaktig hvor store klimaendringer menneskelige utslipp vil medføre. Det er imidlertid stor enighet om at endringene vil bli dramatiske dersom vi ikke foretar oss noe, noe IPCC har påpekt i stadig tydeligere ordelag. For å bremse eller stanse den menneskeskapte drivhuseffekten må man enten redusere utslippene av klimagasser, eller øke opptaket av klimagasser (særlig CO<sub>2</sub>) fra atmosfæren i skog, jord og hav.

#### **1.4 Hva gjøres for å bekjempe klimaendringene?**

I 1988 ble FNs klimapanel (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) etablert. Dette panelet har som hovedoppgave å sammenfatte all vitenskaplig kunnskap som finnes om klimaspørsmålet, slik at beslutningstakere og andre interesserte får tilgang til objektiv informasjon om klimaendringer.

På verdens toppmøte i Rio de Janeiro om miljø og utvikling i 1992 dannet den første rapporten fra FNs klimapanel et viktig grunnlag for samtalene. Under dette møtet ble nesten alle verdens land enige om den såkalte Klimakonvensjonen. Den har som mål å bekjempe skadelige menneskeskapte klimaendringer. I Klimakonvensjonen stadfestes det at det er de industrialiserte landene som har det største ansvaret for de klimaendringene vi hittil har erfart, mens det er u-landene som opplever de negative konsekvensene. Konvensjonen slår derfor fast at det i første omgang er de industrialiserte landene som må redusere sine utslipp, og at u-landene må få muligheter til å skape økonomisk og sosial utvikling før de pålegges

---

<sup>7</sup> Cicero. Faktaark om klima

<sup>8</sup> Cicero. Klimaendringer og klimatiltak i Norge

utslippsforpliktelser. Arbeidet med å konkretisere Klimakonvensjonen startet året etter toppmøtet i Rio, og resultatet ble Kyoto-protokollen. Den ble undertegnet i 1997 i den japanske byen Kyoto, og trådte i kraft i 2005. Protokollen tallfester begrensninger på utslipp av klimagasser for de ulike landene, og krever i gjennomsnitt at utslippene fra de industrialiserte landene skal kuttes med 5 % fra 1990-nivå i perioden 2008 til 2012.

Kyoto-protokollen fastsetter et øvre tak på utslipp av drivhusgasser fra landenes egne territorier, men tillater at utslippsforpliktelsene kan oppfylles på andre måter enn ved å redusere egne utslipp. For eksempel kan et industrialisert land kjøpe utslippskvoter fra et annet land med utslippsforpliktelser. De industrialiserte landene kan også skaffe seg rett til å slippe ut mer klimagasser i hjemlandet ved å investere i klimatiltak i utviklingsland uten utslippsrestriksjoner. Ordningen kalles Clean Development Mechanism (CDM). For å få godkjent investeringen som CDM, må de bidra til bærekraftig utvikling i utviklingslandet. En siste måte å få godskrevet utslippsreduksjonene på, er å investere i utslippsreducerende tiltak i et annet industriland. Landet som investerer, vil da få godskrevet de utslippsreduksjonene som oppnås ved investeringen.

Før protokollen trådte i kraft erklærte USA og Australia at de ikke ville ratifisere avtalen. På tross av dette ratifiserte Australia avtalen i 2008, men USA står fortsatt utenfor. Årsaken til at USA står utenfor, er at de mener det er urimelig at landet skal foreta store utslippskutt når viktige konkurrenter som Kina og India ikke behøvde å redusere sine utslipp. Når USA, som sto for 36,1 prosent av industrilandenes utslipp i 1990<sup>9</sup>, valgte å holde seg utenfor avtalen, ble målsetningen med Kyoto-protokollen vanskeligere å oppnå. Målsetningen var å redusere utslippene for å forhindre skadelige menneskeskapte klimaendringer, men slik Kyoto-protokollen i dag fungerer, vil den i praksis ha svært liten virkning på verdens utslipp av drivhusgasser. Det er imidlertid startet nye forhandlinger om forpliktelser for perioden etter 2012. Dersom det gjennom disse forhandlingene blir enighet om å innføre strengere krav for utslippsreduksjoner, og dersom USA og utviklingslandene også påtar seg utslippsforpliktelser, kan avtalen bidra til å bremse eller stanse de menneskeskapte klimaendringene.

Vi har nå sett på årsakene til og konsekvensene av klimaendringene vi opplever, og funnet at utslipp av klimagasser kan ha vidtrekkende konsekvenser for liv på jorden. Dette har resultert i at tiltak nå iverksettes globalt for å begrense utslippene blant annet gjennom Kyoto-avtalen

---

<sup>9</sup> Cicero. Hva kan vi gjøre med klimaproblemet?

som vi har beskrevet over. I det følgende vil vi presentere rammeverket som legges til grunn for analysen av konsekvensene miljørestriksjoner har for norsk økonomi. Vi vil da, som vi skrev innledningsvis, først presentere to samfunnsøkonomiske modeller som knyttes til utslippsrestriksjoner, for så å presentere teorigrunnlaget til NOK-modellen. Til slutt vil vi gi en innføring i selve NOK-modellen, og vise hvordan de sistnevnte teoriene virker sammen.

## **2 Samfunnsøkonomiske modeller knyttet til utslippsrestriksjoner<sup>10</sup>**

Miljøforurensning som følge av utslipp av drivhusgasser representerer en eksternalitet. Med *eksternalitet* menes at en aktørs beslutning forårsaker kostnader eller gevinster som tilfaller en part som ikke tok del i beslutningen. Dette innebærer at de sosiale kostnadene og gevinstene, der det tas hensyn til effektene beslutningen har på andre, vil være forskjellig fra de private kostnadene og gevinstene, der det kun tas hensyn til effektene beslutningen har for aktøren som fatter den. Vi viste i kapittel 1 hvordan utslipp av drivhusgasser bidrar til økte gjennomsnittstemperaturer, som i sin tur kan ha dramatiske konsekvenser for fremtidig verdiskapning, menneskers helse og arters mangfold. Siden de negative konsekvensene av drivhusgasser rammer langt flere enn forurenseren, representerer utslipp en *negativ* eksternalitet. Negative eksternaliteter knyttet til en aktivitet medfører et høyere aktivitetsnivå enn hva som er samfunnsøkonomisk optimalt; forurenseren vil slippe ut et større kvantum enn hva samfunnet som helhet er tjent med. For å få utslippsnivået ned på et mer samfunnsøkonomisk optimalt nivå, kan myndighetene iverksette tiltak som for eksempel avgift og kvoter knyttet til utslipp. Vi vil nå først gi en teoretisk fremstilling av hvordan myndigheter kan føre en optimal restriksjonspolitik. Det finnes flere måter å gjøre dette på, og vi har valgt å ta utgangspunkt i tilnærmingen som er brukt i Stern Review. Etter fremstillingen vil vi presentere en modell som tar for seg effektene en slik politikk kan ha på pris og kvantum tilbudt i markedet.

### **2.1 Optimal restriksjonspolitik**

Det finnes både kostnader og unngåtte skadevirkninger knyttet til rensing av drivhusgasser. Sammenhengen mellom disse størrelsene og mengde rensing er illustrert i Figur 4. Her måles rensmengde på x-aksen og ”verdi” på y-aksen. Dersom et land befinner seg i en situasjon hvor det foregår lite rensing, vil marginal renskostnad (målt i ”verdi”) være lav. Den

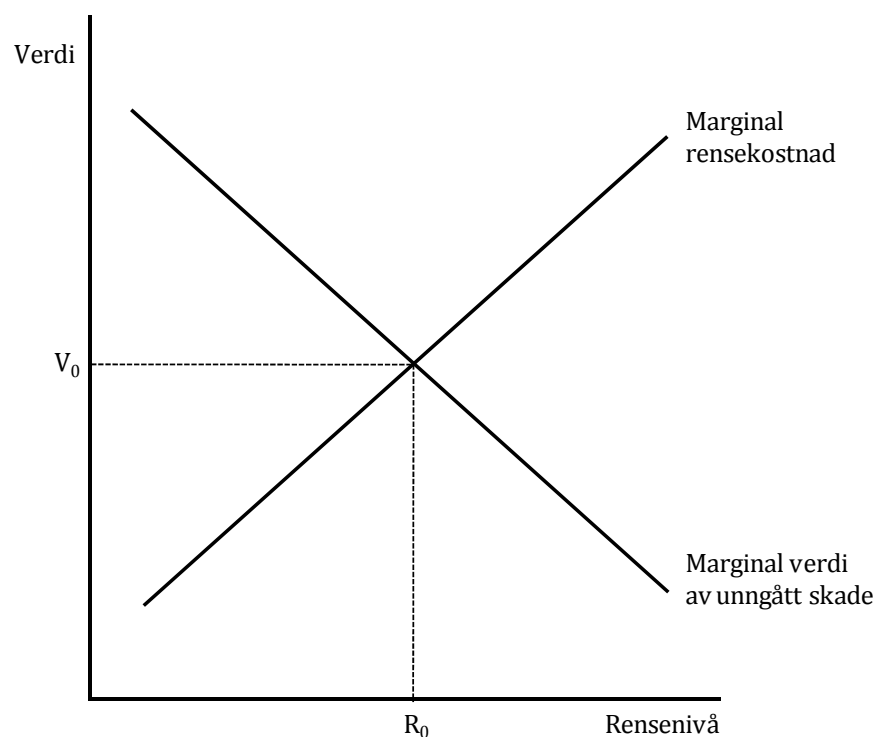
---

<sup>10</sup> Teoripresentasjonene i dette kapitlet tar utgangspunkt i Pindyck og Rubinfeld (2000) og Stern (2007).

marginale renseskostnaden vil stige etter hvert som bedrifter har implementert de rimeligste enøk-tiltakene. Vi står derfor overfor en stigende marginal renseskostnad, som vist i figuren.

Den marginale verdien av skaden som unngås ved rensing, dvs. eksternaliteten vi nevnte ovenfor, er derimot fallende i figuren. Med andre ord er verdien av å rense én ekstra utslippsenhet størst i en situasjon hvor få andre rens tiltak er iverksatt og konsentrasjonen av drivhusgasser i luften dermed er høy. Etter hvert som man nærmer seg en situasjon med en relativt lav konsentrasjon, vil man ikke unngå store skader ved å rense enda mer. Marginal verdi av unngått skade er derfor lav til høyre i figuren.

Det samfunnsøkonomisk optimale rensnivået vil være i skjæringspunktet mellom marginal renseskostnad og marginal verdi av unngått skade (punktet  $[R_0, V_0]$ ). Dette kan vi enkelt se ved å studere avvik fra dette punktet. Til venstre for skjæringspunktet vil verdien av unngått skade ved å rense enda en enhet være større enn kostnadene ved å rense denne enheten. I en slik situasjon vil det være samfunnsøkonomisk optimalt å rense mer. Tilsvarende vil det være samfunnsøkonomisk optimalt å rense mindre dersom vi befinner oss til høyre for skjæringspunktet. Her vil renseskostnadene til de siste enhetene vi rens, overstige verdien av den skaden som ble unngått ved å rense disse enhetene.



**Figur 4:** Av denne figuren kan vi lese av optimal skatt, gitt ved  $V_0$ , og optimal kvote, representert ved rensnivået  $R_0$ . En kvotepolitikk og en avgiftspolitikk vil være like effektivt (gir samme utslippsnivå) i en deterministisk modell.

### 2.1.1 Kvote vs. avgift

For at en økonomi skal kunne nå skjæringspunktet, kan den føre enten en kvotepolitikk (hvor kvoten innebærer et rensenivå på  $R_0$ ) eller en avgiftspolitik knyttet til utslipp (hvor avgift per utslippsenhet er på  $V_0$ ). Så lenge det ikke finnes usikkerhet i forhold til plasseringen av renseskostnadskurven i figuren, vil en kvote på  $R_0$  og en avgift på  $V_0$  være like effektiv. I en situasjon med ufullkommen informasjon vil det derimot være to forhold som avgjør hvilket virkemiddel som er best egnet. For det første bestemmer den relative helningen på de to kurvene i diagrammet vi presenterte over, hvilket virkemiddel som gir det minste effektivitetstapet dersom vi har anslått feil renseskostnader<sup>11</sup>. For det andre vil det være avgjørende hvilket virkemiddel som krever minst informasjonsinnhenting.

Når det gjelder usikkerheten i forhold til renseskostnadskurven, avhenger det blant annet av hastigheten i utviklingen av teknologi for produksjon av ren energi. Det brukes mye ressurser på forskning for å finne produksjonsteknologi som gjør det mulig å produsere energi uten store utslipp av klimagasser. Karbonlagring (CSS) er et eksempel på at bruk av fossile brensel blir mindre skadelig, mens vind- og solenergi er eksempler på nye, rene energikilder. Fremskritt og progresjon i forskning og teknologiutvikling følger imidlertid ikke noe fastlagt mønster, og det er vanskelig å avgjøre hvor lang tid som vil gå med før betydningsfulle gjennombrudd vil finne sted. Det er en mulighet for at vi relativt raskt vil oppleve en teknologiutvikling som muliggjør miljøvennlig og kostnadseffektiv energiproduksjon, men det er også tenkelig at det vil ta lang tid før miljøvennlige alternativer til dagens teknologi er gode nok til å bli brukt i masseproduksjon. Rask teknologiutvikling vil innebære lavere kostnader knyttet til å kutte i utslippene, og følgelig vil det være tilstrekkelig med et relativt lavt avgiftsnivå for å oppnå ønskede utslippskutt.

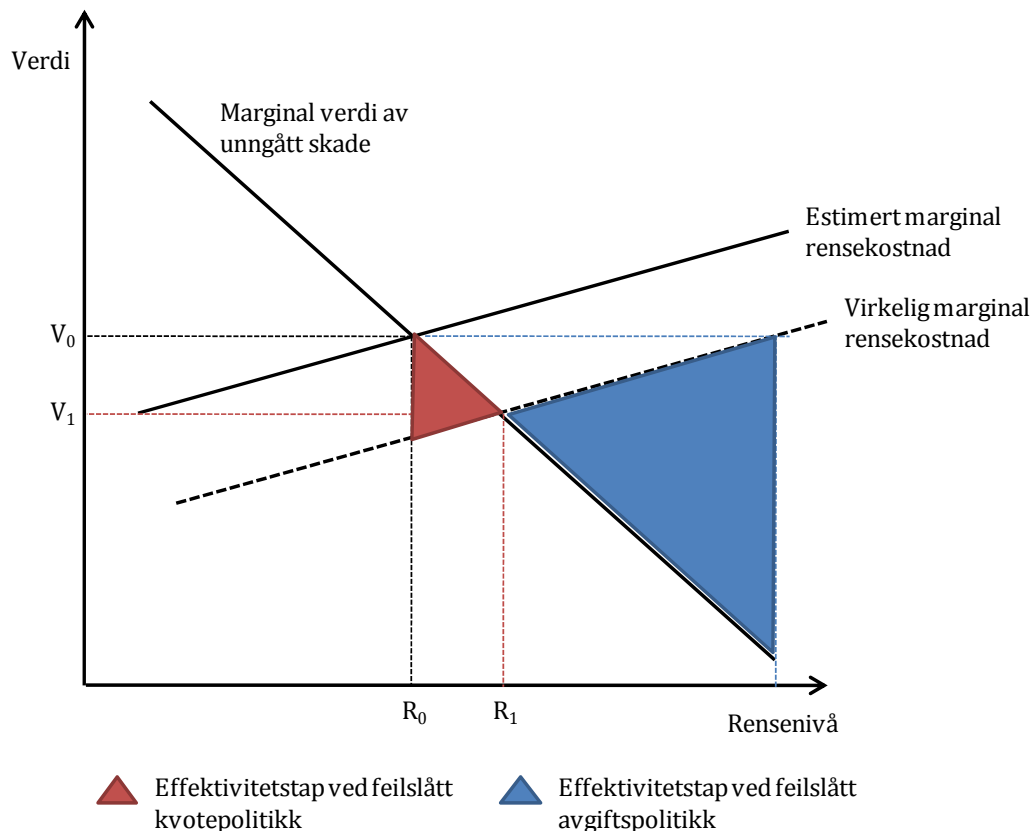
Hvis marginal verdi av unngått skade har brattere helning enn marginal renseskostnad, vil en feilslått avgiftspolitik innebære et større effektivitetstap enn en feilslått kvotepolitikk. Det motsatte vil være tilfelle dersom helningen av marginal renseskostnadskurve er relativt brattere. Dette er illustrert i figur 5. Her viser det seg at virkelige renseskostnader er lavere enn de estimerte renseskostnadene. I et avgiftsregime vil en bedrift i et slikt tilfelle velge å rense en større del av utslippene sine enn hva som er optimalt (gitt ved  $R_1$  og  $V_1$ ), fordi de sparer mer i form av avgiftsunngåelse ved å rense enn hva de alternativt hadde spart ved å unngå

---

<sup>11</sup> Usikkerhet knyttet til den marginale skaden som unngås ved rensing har ikke betydning for valget mellom avgift og kvote. Dersom estimert marginal unngått skade er forskjellig fra den virkelige, og vi kjenner den marginale renseskostnaden, vil avgift og kvote gi det samme effektivitetstapet.



rensekostnader. Effektivitetstapet som oppstår som følge av bedriftenes tilpasning, er gitt ved den blå trekanten. I et kvoteregime oppstår også et effektivitetstap, gitt ved rød trekant, som følge av at bedriftene har fått tildelt en større kvote enn hva som er optimalt med de lavere rensekostnadene. Av figuren ser vi at effektivitetstapet er større ved en feilslått avgiftspolitik enn ved en feilslått kvotepolitikk. Dette henger sammen med at kurven for marginal verdi av unngått skade i dette tilfellet er brattere enn kurven for marginal rensekostnad.



**Figur 5:** Usikker marginal rensekostnad kombinert med relativt slakkere marginal rensekostnad betyr at kvote er den mest effektive restriksjonspolitikken.

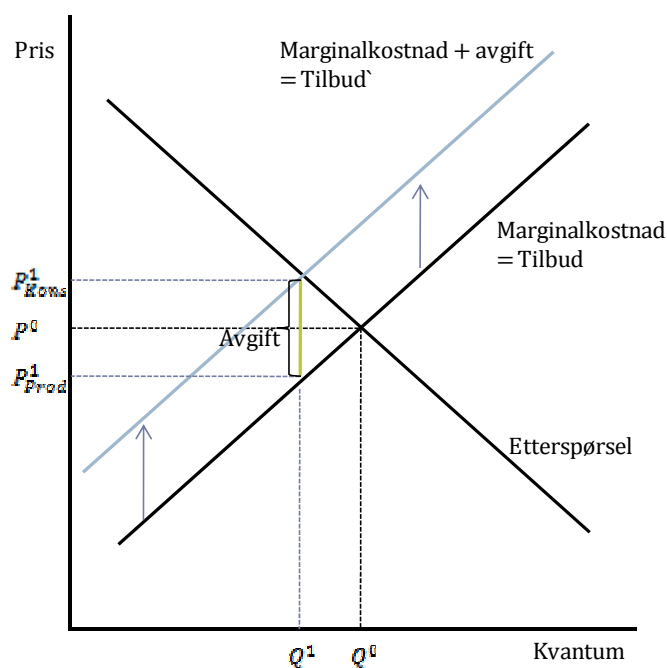
Et avgifts- og et kvotesystem kan også kreve ulik grad av informasjonsinnhenting. For å implementere en optimal avgift, behøves kun informasjon om rensekostnader på et aggregert nivå. Skal produsenter få tildelt utslippskvoter på en effektiv måte, kreves imidlertid informasjon om hver enkelt aktør. Det vil for eksempel være gunstig å gi et lavere utslippstak til aktører som kan rense utslippene sine relativt billig. På den annen side kan et kvotesystem organiseres slik at detaljinformasjon om hver aktør ikke blir nødvendig. Enten kan myndighetene gi kvotene til høystbydende, eller det kan åpnes et marked hvor aktører kan kjøpe og selge kvotene sine. Da vil markedet selv ordne det slik at rensetiltakene utføres av aktørene som kan gjøre det billigst.

## 2.2 Effekter av kvote og avgift på pris og kvantum

Teorien beskrevet ovenfor viser at myndighetene kan innføre kvoter eller avgifter knyttet til utslipp av drivhusgasser for å få utslippsnivået ned på et mer samfunnsoptimalt nivå. Å innføre en avgift eller kvote knyttet til utslipp vil imidlertid få konsekvenser for pris og kvantum tilbudt i markedet. I det følgende vil vi beskrive teorien knyttet til disse effektene.

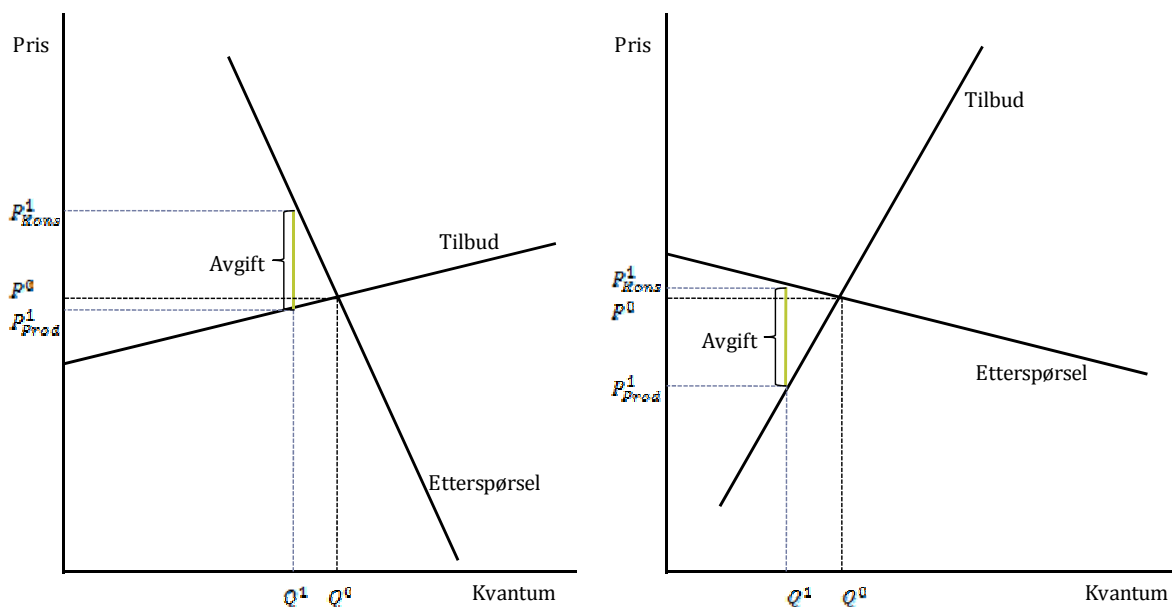
### 2.2.1 Avgift

Når vi skal studere konsekvensene innføringen av en avgift har på pris og kvantum, kan vi ta utgangspunkt i et markedskryss fra standard mikroøkonomisk teori. Dette er vist i figur 6, hvor tilbuds- og etterspørselskurven danner markedskrysset. I utgangspunktet befinner vi oss i likevekt hvor tilbudt kvantum er likt etterspurt kvantum. Her er kvantumet  $Q^0$ , og prisen er  $P^0$ . I et frikonkurransemarked er tilbud lik marginalkostnad. Dersom vi innfører en avgift, og hver bedrift i bransjen blir belastet av denne, kan ikke bedriften lenger selge til marginalkostnad fordi den da vil gå med et underskudd lik avgiftsstørrelsen. Tilbudskurven får derfor et skift oppover (se figur 6). Skiftet tilsvarer størrelsen på avgiften. Den nye tilbudskurven tilsvarer da den opprinnelige marginalkostnaden pluss avgiften. Innføringen av avgiften fører til en ny likevekt i økonomien. Kvantumet i den nye likevekten er  $Q^1$ , og prisen konsumentene må betale er  $P_{\text{kons}}^1$ . Produsentene får imidlertid kun prisen  $P_{\text{prod}}^1$  på sine produkter. Mellomlegget ( $P_{\text{kons}}^1 - P_{\text{prod}}^1$ ) betales i avgift. Etter at avgiften blir innført, får både konsumentene og tilbyderne endret pris. Konsumentene må betale mer, mens produsentene mottar mindre. Begge partene blir altså belastet med avgiften.



Figur 6: Grafisk fremstilling av konsekvensene av å innføre en avgift.

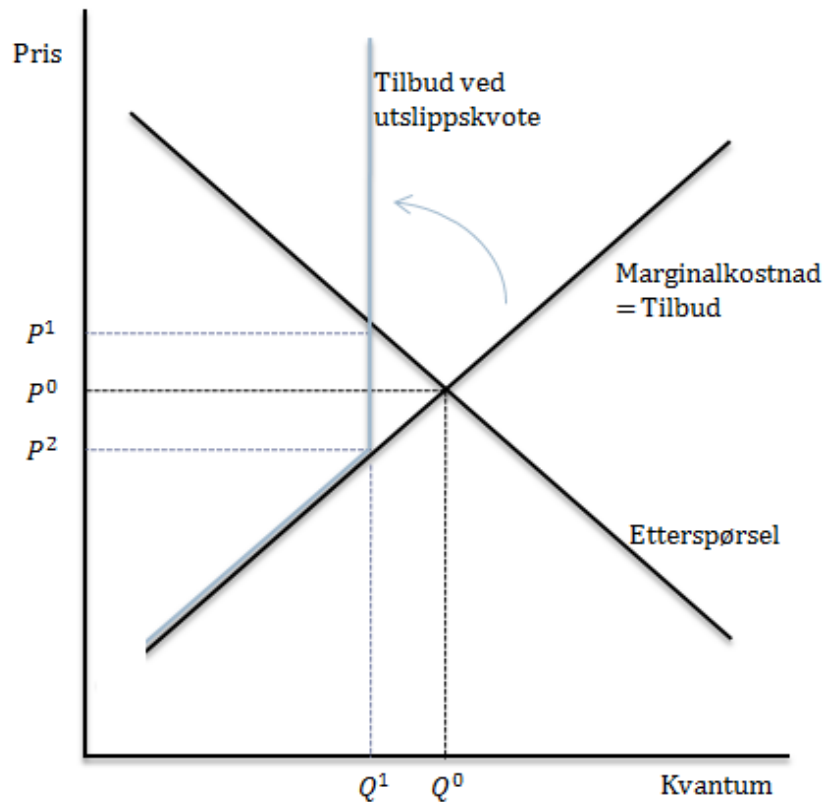
I figuren over fordeles avgiftsbyrden jevnt mellom konsumentene og produsentene, men det er ikke alltid tilfellet. Fordelingen avhenger av elastisiteten på tilbuds- og etterspørselskurven. Dersom etterspørselskurven er relativt uelastisk og tilbudskurven er relativt elastisk, vil avgiften i stor grad bli belastet konsumentene. Figur 7a viser hvorfor. Det kreves en relativt stor prisøkning for å redusere etterspurt kvantum med selv en liten størrelse, mens det kun trengs en liten prisreduksjon for å redusere tilbudt kvantum. Siden det er konsumentene som er minst priselastiske her, tilfaller avgiften i størst grad denne parten. Figur 7b viser motsatt tilfelle, hvor etterspørselen er relativt elastisk og tilbudet relativt uelastisk. Her vil byrden i størst grad falle på tilbyderne.



**Figur 7a og -b:** Dersom etterspørselen er uelastisk relativt til tilbudet, vil avgiften i størst grad tilfalle konsumentene. Dette er vist i del a. Dersom etterspørselen er veldig elastisk relativt til tilbudet, tilfaller avgiften tilbyderne i størst grad. Dette er vist i del b.

## 2.2.2 Kvoter

Innføring av kvoter kan gi de samme resultatene på kvantum og priser som forklart under 2.2.1. Vi kan på ny se for oss markedskrysset som vist i figur 6. Dersom myndighetene innfører et kvotesystem hvor maksimalt kvantum tilsvarer samme kvantum som innføringen av avgiften over ga,  $Q^1$ , vil tilbudskurven få en knekk ved dette punktet. Dette er illustrert i figur 8.



**Figur 8:** Grafisk fremstilling av konsekvensene av å innføre en kvote.

Den nye tilbudskurven vil være vertikal ved kvantum som angir kvotestørrelsen fordi det ikke vil være lovlig å tilby mer enn det som kvotestørrelsen tilsier. Selv om prisen øker, vil ikke tilbudt kvantum kunne øke. Den nye likevekten i økonomien vil være hvor den nye tilbudskurven skjærer etterspørselskurven. Her er kvantumet  $Q^1$ , og pris for konsumentene  $P^1$ . Dersom kvotene gis ut gratis, vil pris til produsentene også være  $P^1$ . Produsentene vil naturligvis tjene mer i en situasjon der de får gratis tildelt en kvote enn i en situasjon der de må betale en avgift som utgjør samme kvantumsreduksjon som i kvotetilfellet. Dette ser vi ut i fra prisene de får i de to ulike tilfellene. Produsentprisen øker i tilfellet med kvote, men reduseres i tilfellet med avgift.

Istedenfor at kvotene gis ut gratis, kan kvotene omsettes. Det vil si at produsentene må kjøpe kvoter for å kunne tilby produktene sine på markedet. Markedsprisen på kvotene vil tilsvare forskjellen mellom den maksimale prisen konsumentene er villige til å betale for produktene med et kvantum på  $Q^1$ , og den minimale prisen produsentene må få for å kunne produsere dette kvantumet. På samme måte som med et avgiftssystem, kan ikke bedriftene som står overfor et system med omsettelige kvoter, selge til den opprinnelige marginalkostnaden.

Kostnaden for å ha kvoter må også dekkes av prisen. Tilbudskurven får derfor et skift oppover, hvor skiftet tilsvarer kvoteprisen. Med markedspris på kvotene vil prisen produsentene får etter å ha betalt for kvotene, være  $P^2$ . I en situasjon med kvoter som handles til markedspris, vil vi derfor få nøyaktig de samme resultatene for kvantum og priser som i tilfellet med avgift. Forskjellen mellom de to virkemiddelbrukene ligger i hvem som får inntektene fra avgiften og kvotene. Avgiften betales vanligvis til staten, mens kvotene kjøpes av kvoteeierne. Dersom det er staten som eier og selger kvotene, vil det ikke være noen forskjell mellom å innføre kvoter eller avgifter. Så lenge inntektene går til samme eier, vil altså et kvoteregime med omsettelige kvoter og et avgiftsregime gi identiske resultater.

### **3 Samfunnsøkonomiske teorier fra den numeriske simuleringssmodellen<sup>12</sup>**

#### **3.1 Heckscher-Ohlin-teorien**

Ulike teorier forsøker å forklare handelsstrømmene vi observerer. En gruppe teorier tar utgangspunkt i komparative fortrinn som kort kan oppsummeres til at eksport og import bestemmes av hva de ulike landene er relativt bedre enn andre land til å produsere. Heckscher-Ohlin-teorien tilhører denne gruppen, og viser at ulik ressurstilgang kan gi opphav til komparative fortrinn. For å komme frem til dette resultatet, tar den enkleste versjonen av teorien utgangspunkt i to land med ulik tilgang til økonomiens to innsatsfaktorer, kapital og arbeidskraft, og analyserer handel som oppstår i en frikonkurransesituasjon som følge av denne forskjellen. For å få klart frem effekten av ulik relativ faktortilgang, antar man at landene er identiske på alle andre områder som kan påvirke produksjonstilpasningen deres. Landene har altså identisk produksjonsteknologi og samme etterspørselsmønster. Når forskjeller mellom de to landene kun finnes i tilgang på innsatsfaktorer og det ikke er mulig å handle, vil det landet som har størst relativ tilgang på kapital ha større relativ produksjon i kapitalintensiv sektor og et lavere prisforhold mellom varer fra kapital- og arbeidsintensiv sektor ( $p_K/p_L$ ) enn i utlandet. I det følgende vil vi først se nærmere på hvorfor landene har ulike relative prisforhold. Deretter vil vi forsøke å forklare hvorfor de to landene ønsker å handle med hverandre, og hvilke effekter dette får for sektorstørrelse, vare- og faktorpriser.

Det at landene har ulike relative prisforhold kan vi enkelt se ved å studere figur 9. Maksimal produksjon ( $x$ ) i hver sektor ( $i = L, K$ ) forekommer når alle økonomiens innsatsfaktorer blir

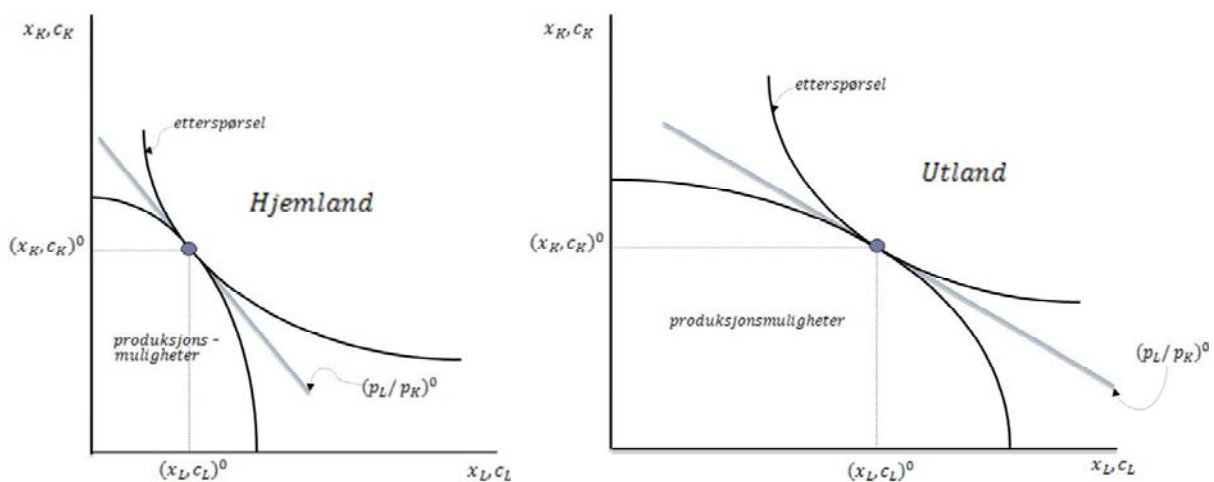
---

<sup>12</sup> Fremstillingene i dette kapitlet bygger på pensum i SAM030 og Bjorvatn et al. (2007)

sysselsatt i denne sektoren, dvs. der hvor produksjonsmulighetskurven skjærer x- eller y-aksen. Den konkave formen på produksjonsmulighetskurven innebærer at ressursutnyttelsen er best dersom man produserer i begge sektorene.

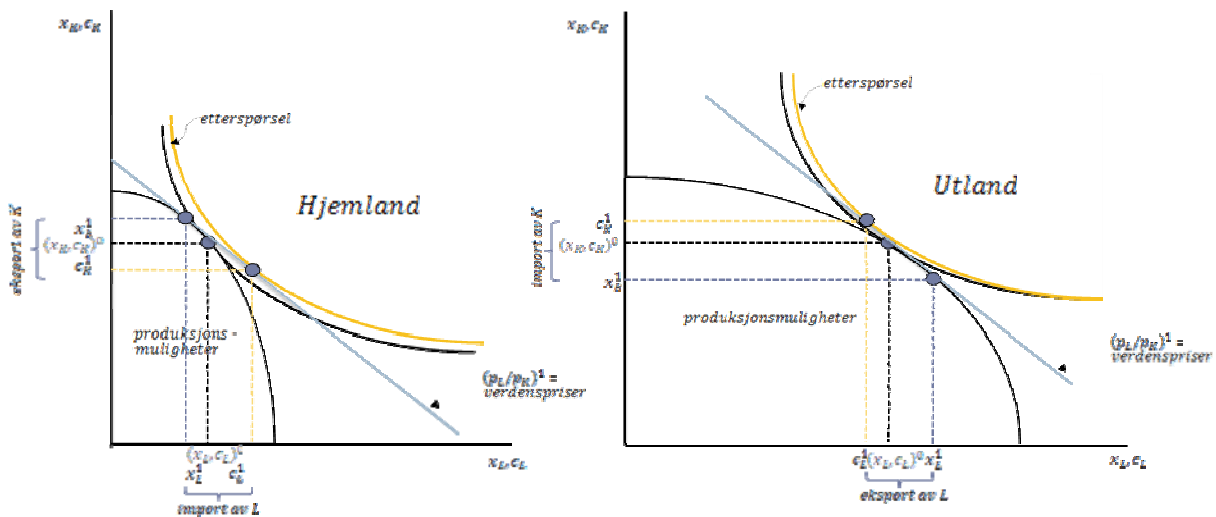
Etterspørselskurven viser på sin side ulike kombinasjonsmuligheter for konsum ( $c$ ) av varer fra de to sektorene ( $K$  og  $L$ ) som gir samme nyttenivå for landets konsumentgruppe. Formen på denne kurven viser at det er positiv, men avtakende grensenytte på konsum av hver av varene. Siden ”mer er bedre” vil de relative prisene ( $p_L/p_K$ ) tilpasse seg slik at konsumentene kan komme på et høyest mulig nyttenivå. Denne tilpasningen skjer der hvor etterspørselskurven tangerer ytterkanten av produksjonsmulighetene.

Når Hjemland og Utland i autarki har ulike relative priser, slik som figuren illustrerer, kan dette kun skyldes ulik faktortilgang, siden landene er like i alle andre henseender. I figuren er produksjonsmulighetene i Hjemland mindre enn i Utland både i sektoren som bruker kapital relativt intensivt og i sektoren som bruker arbeidskraft relativt intensivt. Tilgangen på både kapital og arbeidskraft kan derfor tenkes å være mindre i Hjemland enn i Utland. Det som bestemmer de *relative* prisene i økonomien er imidlertid *relativ* tilgang på innsatsfaktorene. Slik vil varer fra kapitalintensiv sektor være relativt billig i Hjemland selv om den absolutte tilgangen på kapital er lavere enn i Utland. Dette skyldes at forskjellen i tilgang på arbeidskraft mellom de to landene er større enn forskjellen i tilgang på kapital.



**Figur 9:** Av denne figuren ser vi hvordan to land som er identiske på alle andre plan enn faktortilgang, i *autarki* vil ha ulike relative priser når innbyggernes nyttenivå maksimeres.

I Heckscher-Ohlin-teorien ser man bort i fra transport- og transaksjonskostnader. Med denne antagelsen vil ulike relative prisforhold i de to landene bety at begge land vil ønske å handle. Hjemland vil for eksempel måtte gi opp færre varer fra kapitalintensiv sektor for å få én til vare fra arbeidsintensiv sektor hvis de kjøper den fra Utland enn hvis de velger å produsere den selv. Den økte etterspørselen etter varer fra arbeidsintensiv sektor i Utland vil drive opp prisen helt til Hjemland og Utland står overfor like relative priser<sup>13</sup>, og Hjemland derfor ikke har noe å hente på å handle/etterspørre enda mer fra Utland. Det innebærer at handel basert på komparative fortrinn på marginen er en reduksjon av det komparative fortrinnet. Uten transaksjonskostnader vil prosessen pågå helt til det komparative fortrinnet på marginen har forsvunnet.



**Figur 10:** Av denne figuren ser vi hvordan land oppnår høyere velferd (gult nyttenivå er høyere enn sort) ved å åpne for handel og slik muliggjør utnyttelse av komparative fortrinn. Vi ser også at hvert land eksporterer den varen de har komparativt fortrinn i produksjon av, og importerer den andre varen. Vi gjør oppmerksom på at begrensninger i tegneprogrammet gjør at den gule etterspørselskurven til Utland feilaktig nærmer seg den sorte.

Det nye prisforholdet vil ikke være likt Hjemlands relative priser i autarki fordi Utland også etterspør mer varer fra kapitalintensiv sektor i Hjemland, noe som vil drive opp disse prisene her. Det nye prisforholdet vil derfor ligge en plass mellom Hjemlands og Utlands autarkipriser. Akkurat hvor det nye prisforholdet vil ligge, avhenger av størrelsen på hvert lands produksjonsmuligheter. Disse vil ikke forandres så lenge handelen det åpnes for, begrenses til varehandel, mens innsatsfaktorene er låst til hvert land. For å se den rene effekten av varehandel basert på komparative fortrinn med opphav i tilgang på

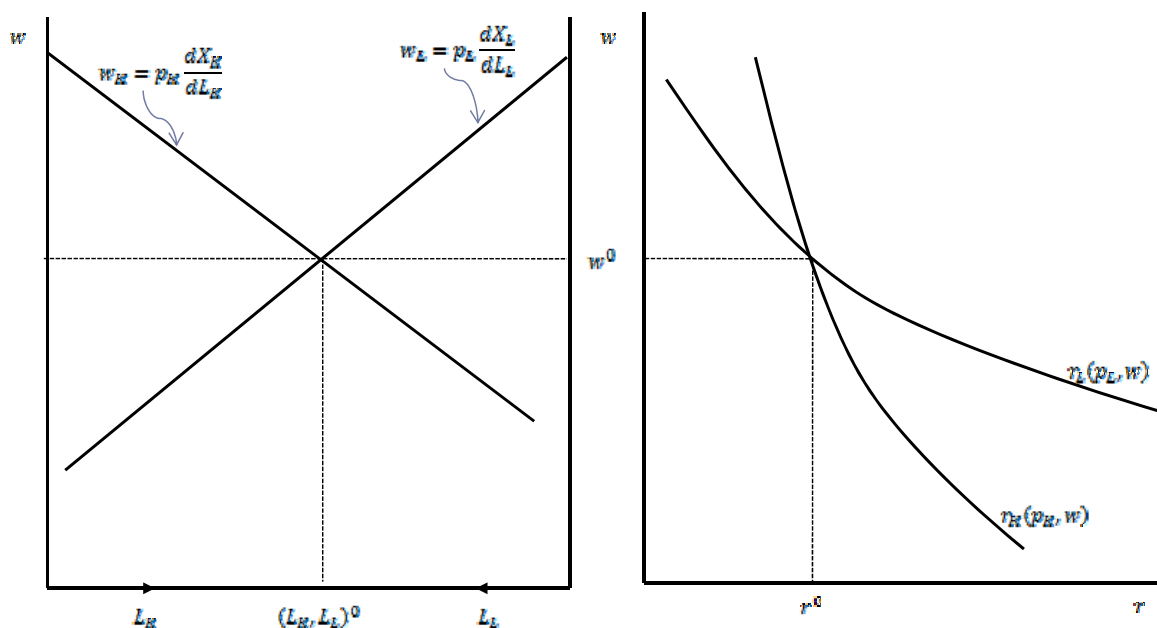
<sup>13</sup> Dersom utnyttelse av komparative fortrinn innebærer at ett eller begge landene fullstendig utradrer den ene sektoren, vil ikke nødvendigvis handelen mellom landene være omfattende nok til å sørge for like relative priser mellom landene.

innsatsfaktorer, gjør Heckscher-Ohlin teorien en slik antagelse. Implikasjonene beskrevet ovenfor, av å åpne for handel under forutsetningene i Heckscher-Ohlin teorien, er illustrert i figur 10.

I eksemplet ovenfor har Hjemland relativt stor tilgang på kapital i forhold til Utland. En implikasjon av dette er at Hjemland i autarki vil sette en relativt lav pris på kapital, dvs. ha lav kapitalavkastning. Når Hjemland legger om til produksjon av flere kapitalintensive varer for å møte etterspørselen fra Utland, øker knappheten på kapital i Hjemland, som i sin tur sørger for at prisen på kapital stiger. Samme resonnering kan følges for å se at relativt lavtlønte arbeidere i Utland vil oppleve en lønnsøkning. Disse prosessene vil foregå helt til de relative faktorprisene mellom landene er like, noe vi kan vise ved å ta utgangspunkt i resultatet vårt om at handelen vil foregå inntil de relative vareprisene er like. Resultatet kalles *faktorprisutjevningsteoremet*, og er interessant fordi det gjelder selv om det ikke er åpnet for handel i innsatsfaktorer.

Vi vil nå illustrere hvordan handel basert på komparative fortrinn vil medføre faktorprisutjevning i Heckscher-Ohlin modellen. Først må vi imidlertid introdusere et rammeverk som er egnet til å vise dette. Som nevnt tar Heckscher-Ohlin modellen utgangspunkt i at et land har en gitt tilgang på innsatsfaktorer og at det er frikonkurransse både i vare- og faktormarkedet. At det er frikonkurransse i faktormarkedet innebærer at bedriftene tilbyr lønninger som tilsvarer verdien av arbeidskraftens grenseprodukt ( $p \frac{dX}{dL}$ ). Når tilgangen på arbeidskraft ( $L$ ) er gitt, vil arbeidernes tilbud til én sektor være bestemt ut fra hva andre sektorer er villige til å gi dem i lønn. Mer presist vil tilbudet av arbeidskraft til én sektor i en to-sektorsmodell være den resterende arbeidskraften når etterspørselen etter arbeidskraft fra motsatt sektor er trukket fra. Dette illustreres i venstre del av figur 11. Av figuren går det også frem at dersom én sektor tilbyr høyere lønn enn den andre, vil flere personer ønske å arbeide i sektoren enn antallet sektoren ønsker å ansette. Tilbudsoverskuddet vil tillate gjeldende sektor å tilby lavere lønninger inntil lønnsforskjellene mellom sektorene utlignes og økonomien kommer i likevekt.





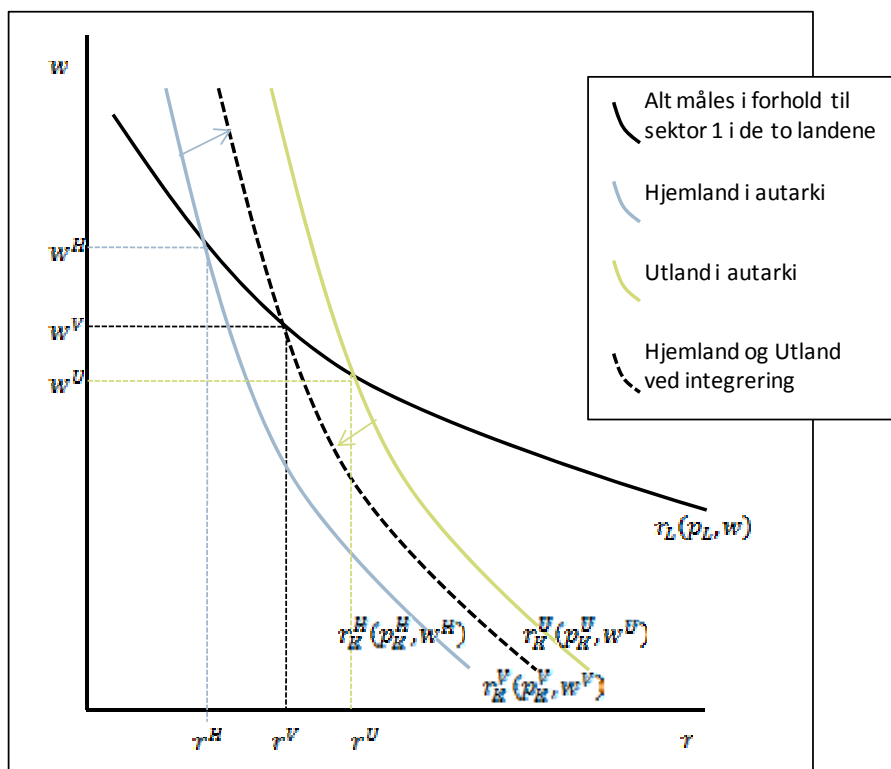
**Figur 11:** Av denne figuren ser vi hvordan en økonomi under enkelte antagelser i en langsiktig likevekt vil ha samme lønn og kapitalavkastning på tvers av bransjer.

Høyre del av figur 11 viser hvordan kapitalavkastning varierer med lønnsnivå. For å se dette tar vi utgangspunkt i en bedrift hvor kapital og arbeidskraft er eneste innsatsfaktorer. Da finner en profitten ved å trekke lønnskostnader fra omsetningen. Gjennomsnittlig avkastning, eller profitt per kapitalenhet, avhenger da av produktpris, produksjon per kapitalenhet, lønn og antall arbeidstimer per kapitalenhet.<sup>14</sup> Ved konstant skalautbytte vil den gjennomsnittlige avkastningen i en sektor være lik den marginale avkastningen. Siden faktorintensiteten i produksjonen innenfor de ulike sektorene bestemmes av lønnen, betyr dette at marginal kapitalavkastning bare avhenger av produktpris og lønn. For gitte priser vil hvert lønnsnivå innebære en viss kapitalavkastning, og et lavere lønnsnivå innebærer høyere avkastning. Kapitalavkastningen i sektoren som bruker arbeidskraft relativt intensivt, er mer sensitiv i forhold til lønnsnivå enn den andre sektoren, noe som gir seg utslag i den slakke helningen på kapitalavkastningskurven i høyre del av figur 11.

Vi kan bruke det rammeverket vi nå har introdusert, til å beskrive hva som skjer med faktorprisene når vi åpner for handel mellom to land. Det kan da være nyttig å sette kapitalavkastningskurven i den ene sektoren lik for hjemlandet og utlandet, og la landene skille seg fra hverandre kun i plasseringen av kapitalavkastningskurven for den andre

<sup>14</sup>  $\pi = px - wL \rightarrow \frac{\pi}{K} = p \frac{x}{K} - w \frac{L}{K}$

bransjen. Dette kan vi gjøre fordi det er de relative prisene som er relevante for resultatene, og fordi landene ellers er like, som i sin tur gir like former på avkastningskurvene. I figur 12 har hjemlandet for hvert lønnsnivå en relativt lav kapitalavlønning og landets kapitalavkastningskurve ligger derfor lengst til venstre i figuren. Utlandet har på sin side relativt høy kapitalavkastning. Når det åpnes for handel basert på komparative fortrinn, vil resultatet bli at begge land står overfor like relative varepriser. Ved like relative varepriser ser vi fra figur 12 at også forholdet mellom lønn og kapital i de to landene er likt.

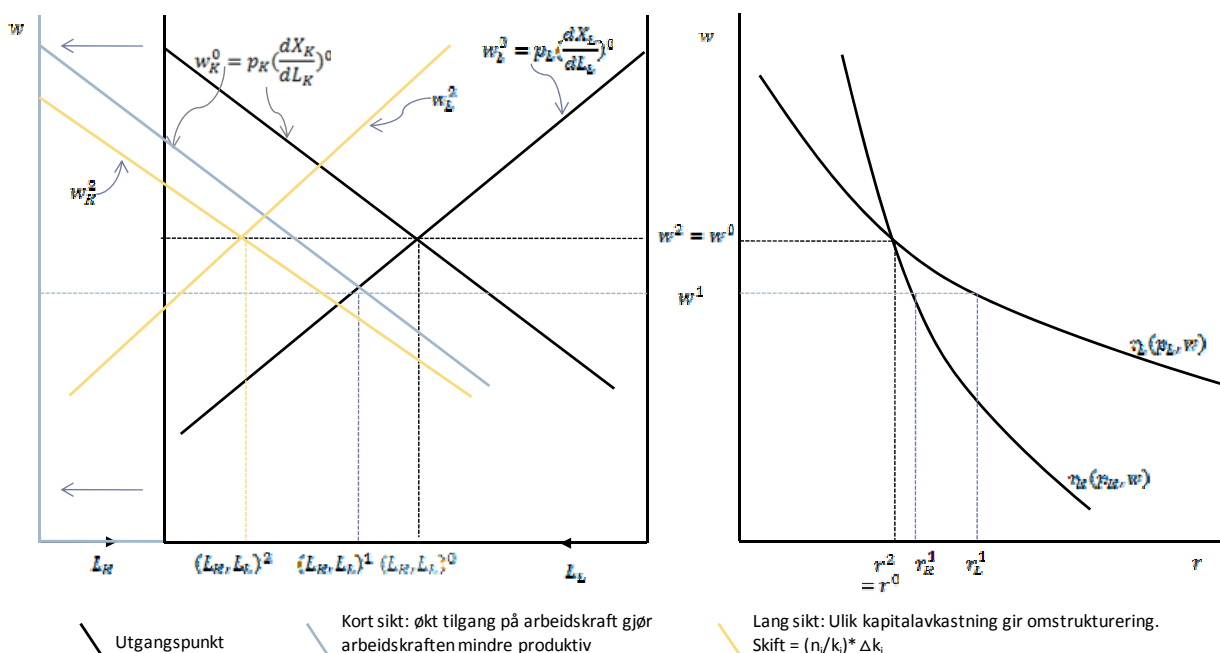


**Figur 12:** Av denne figuren går det frem at like relative varepriser mellom land også innebærer like relative faktorpriser.

### 3.1.1 Effekter av endret faktortilgang

I rammeverket ovenfor har vi i utgangspunktet en gitt tilgang på hver innsatsfaktor. Modellapparatet kan likevel brukes til å analysere hva som skjer ved endringer i faktortilgangen. Siden arbeidskraftens grenseproduktivitet er avtakende, vil en økning i antall arbeidere i en økonomi på kort sikt gi en lavere likevektslønn. Dette kan vi se ved å gjøre aksesystemet bredere i venstre del av figur 11, noe som vises i figur 13.

Kapitalavkastningen vil ikke bli påvirket direkte av en økning i antall arbeidere, men vil bli påvirket indirekte gjennom lønnsendringene. Den reduserte likevektslønnen gjør at kapitalavkastningen i økonomiens sektorer vil øke. Kapitalavkastningen i bransjer som bruker en relativt stor andel av sitt budsjett til å avlønne arbeidere, vil være mest sensitiv i forhold til lønnsendringer. Med andre ord vil en relativt arbeidsintensiv bransje på kort sikt oppleve en høyere kapitalavkastning enn andre bransjer. I figur 13 finner vi nettopp dette resultatet. Etter at antall arbeidere har økt, får den arbeidsintensive sektoren kapitalavkastning lik  $r_L^1$ , mens den kapitalintensive sektoren får kapitalavkastning lik  $r_K^1$ . Med en høyere avkastning i arbeidsintensive bransjer enn i kapitalintensive bransjer, vil det bli mer attraktivt for investorer å gå inn i de arbeidsintensive bransjene. Det gir økt etterspørsel etter arbeidskraft, og vi får skift i etterspørselskurven for arbeidsintensiv sektor. Dette vil i sin tur presse lønnen opp inntil økonomien når det opprinnelige lønnsnivået som gir lik avkastning i økonomiens ulike bransjer. Siden produksjonens faktorsammensetning innenfor hver bransje ikke endrer seg på lang sikt, samtidig som samlet mengde kapital er gitt, vil kapitalflyt fra andre bransjer mot den relativt arbeidsintensive, innebære at andre bransjer reduseres i forhold til utgangspunktet. Med andre ord vil ikke bare all *ny* arbeidskraft sysselsettes i den bransjen som bruker arbeidskraft relativt intensivt, men den relativt arbeidsintensive bransjen vil også tiltrekke seg arbeidskraft fra andre bransjer. Generaliseringen av dette kalles for **Rybszynski-teoremet**. Oppsummert vil altså større tilgang på en innsatsfaktor på lang sikt føre til oppskalering av bransjen som bruker innsatsfaktoren relativt intensivt i sin produksjon og nedskalering av andre bransjer, mens lønn og kapitalavkastning forblir uendret.



**Figur 13:** Virkninger av økt tilgang på arbeidskraft på kort og lang sikt.

Vi kan følge samme resonnering som ovenfor for å se på virkningene av større kapitaltilgang. Arbeidskraftens grenseproduktivitet vil øke. Det vil gi økt lønn, noe kapitaleierne i mer arbeidsintensive bransjer lider mest under. Kapitaleiere vil derfor vri sine investeringer mot kapitalintensiv sektor inntil lønnen er presset ned på det nivået som gir likevekt i økonomien. Siden mer kapital øker arbeidskraftens grenseproduktivitet også dersom den ikke investeres i den bransjen som er minst arbeidsintensiv, vil den langsiktige likevektslønnen ikke nås før noen arbeidere har forlatt denne bransjen, og bransjen dermed har blitt mindre i forhold til utgangspunktet.

### 3.2 Solow-modellen

På samme måte som Heckscher-Ohlin teorien er en mye brukt teori for å beskrive handelsmønster mellom land, brukes Solow-modellen ofte som en basis når forskere forsøker å forklare forskjeller i inntektsnivå og vekstrater mellom land. Solow-modellen, som også er kjent som den neoklassiske vekstmodellen, skriver seg fra 1950-tallet. Den tar utgangspunkt i at et lands inntektsnivå bestemmes av landets produksjonsteknologi, samt tilgangen på kapital og arbeidskraft. Inntekten kan brukes til konsum eller nyinvesteringer, og så lenge nyinvesteringene er større enn kapitalslitet, vil kapitalbeholdningen vokse, noe som igjen vil gi økt inntekt i avtakende grad. I det følgende vil vi presentere den neoklassiske vekstmodellen i mer detalj, og gå nærmere inn på hva som skjer ved endringer i de faktorene som påvirker inntektsnivået.

Solow-modellen bygger på den neoklassiske produksjonsfunksjonen:

$$Y = AF(K, L),$$

hvor  $Y$  representerer den totale produksjonen i økonomien (som gir inntekten),  $A$  angir økonomiens teknologiske nivå,  $K$  kapitalbeholdning og  $L$  arbeidskraft. Teknologisk nivå og arbeidskraft antas å være eksogene størrelser og gitt utenfor modellen. Kapitalbeholdningen vil derfor være den eneste kontrollerbare kilden til økt produksjon og dermed til økonomisk vekst. En viktig antagelse når det gjelder forholdet mellom kapitalmengden og inntekten er antagelsen om positivt, men avtagende grenseprodukt. Med en gitt mengde arbeidskraft vil meravkastningen til den siste tilførte enheten av kapital være lavere enn den forrige tilførte enheten. Dette henger sammen med arbeidernes kapasitet til å utnytte kapitalen. For å øke kapitalbeholdningen må det investeres i ny kapital. Solow-modellen antar en lukket økonomi, og alt som spares i landet må da nødvendigvis også investeres i landet. Spareraten i modellen

antas å være en prosentandel av inntekten, og er også gitt utenfor modellen. Et lands investeringer er derfor:

$$I = sY$$

hvor  $I$  er investering og  $s$  er spareraten.

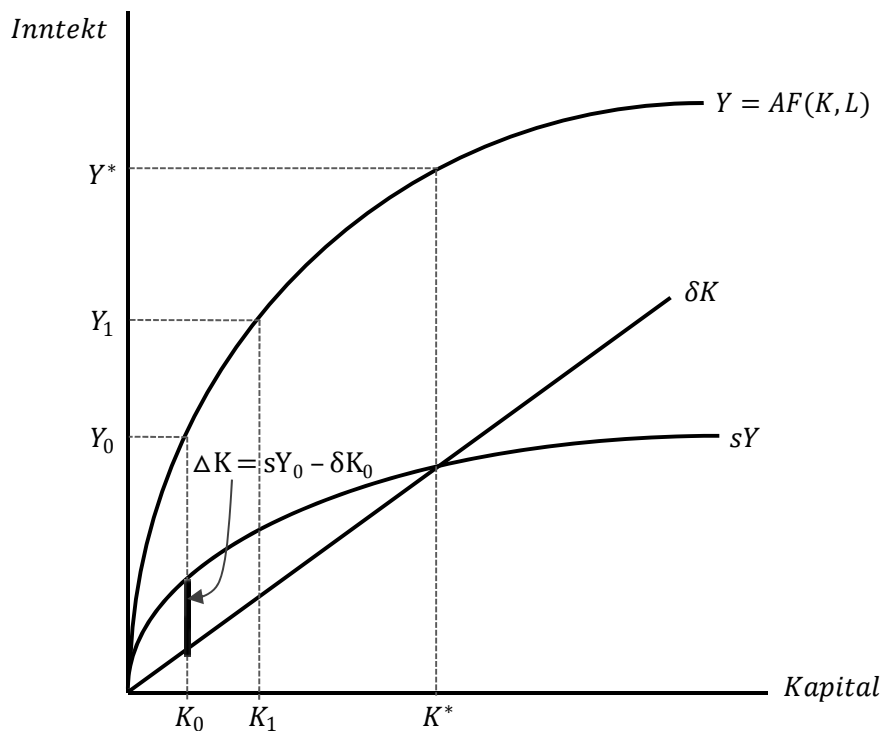
Videre antas det at en del av kapitalen vil bli slitt hvert år. Modellen inkluderer derfor kapitalslit, og setter dette som en konstant andel av kapitalen,  $\delta K$ .

Endring i kapitalbeholdningen avhenger altså av sparing og kapitalslit:

$$\Delta K = sY - \delta K$$

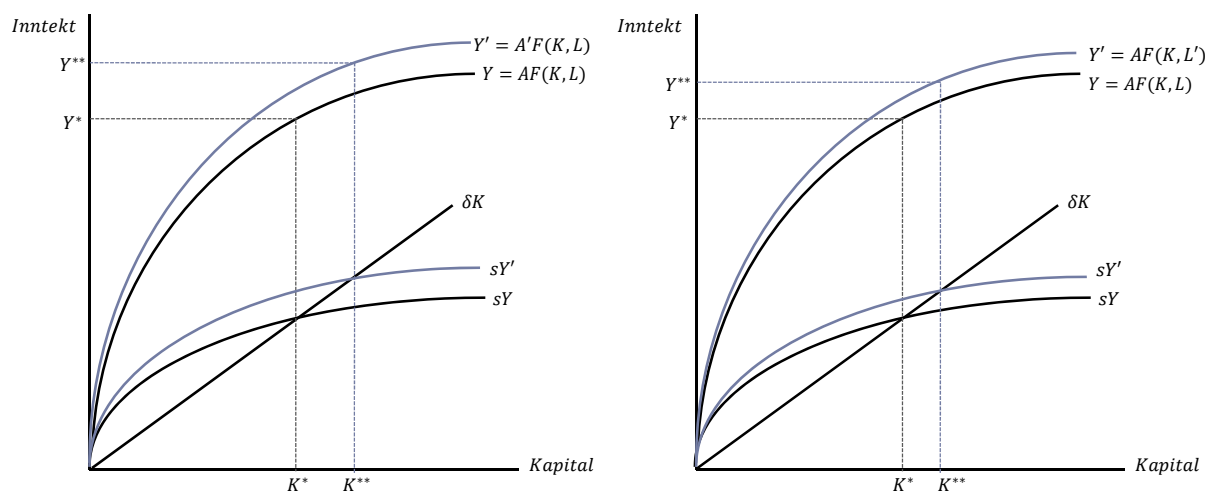
Når sparingen er større enn kapitalslitet, øker kapitalmengden i økonomien, og landet vil oppleve økonomisk vekst. Ettersom inntekten, og dermed sparingen, vil øke med en avtagende skala for kapitalen, mens kapitalslitet er en konstant andel av kapitalen, vil landet etter en tid komme i en situasjon hvor sparingen er lik kapitalslitet. Denne tilstanden kalles steady state eller stabil tilstand. Solow-modellen viser altså at en økonomi vil konvergere mot en likevekt hvor inntektsnivået holdes stabilt (steady state) på lang sikt, og at økonomisk vekst derfor er et forbigående fenomen.

Dette kan også vises grafisk. I figur 14 er både inntektskurven, sparekurven og kapitalslitet tegnet inn. På grunn av antagelsen om positivt, men avtakende grenseprodukt er inntektskurven stigende og konkav. Sparingen, som er en prosentandel av inntekten, vil ha samme form som inntektskurven, mens kapitalslitet er en lineær linje som øker med kapitalbeholdningen. Som et resultat vil vi få en tilpasning med en kapitalbeholdning på  $K^*$  og et inntektsnivå på  $Y^*$ .



**Figur 14:** Grafisk fremstilling av Solow-modellen

I modellbeskrivelsen ovenfor har vi antatt et gitt nivå på teknologien og en gitt tilgang på arbeidskraft. Solowmodellen kan likevel også brukes til å analysere endringer i disse komponentene. Dersom teknologien forbedres eller arbeidsstyrken vokser, øker inntekten, og dermed også sparingen. Grafisk vil vi da få et skift i inntekts- og sparekurven, se figur 15. Når det er teknologien som forbedres, vil inntekts- og sparekurven ligge prosentvis like mye høyere den opprinnelige inntekts- og sparekurven som den prosentvise teknologiøkningen er. Ved økt tilgang på arbeidskraft vil de nye inntekts- og sparekurvene ligge over de opprinnelige, men ikke prosentvis like mye høyere som endringen i tilgangen på arbeidskraft er. Årsaken er at den ekstra arbeidskraften ikke er like produktiv som den opprinnelige arbeidsstyrken (jf. antagelse om avtakende grenseprodukt). Det prosentvise kapitalslitet endres ikke som følge av endringer i teknologi eller arbeidskraft. Dersom vi i utgangspunktet befinner oss i det opprinnelige steady state (med  $Y^*$  og  $K^*$ ) vil bedre teknologi eller arbeidskraft igjen skape økonomisk vekst inntil økonomien når en ny steady state med kapitalbeholdningen  $K^{**}$  og inntekten  $Y^{**}$ . Vi ser altså at teknologiforbedringer eller større arbeidsstyrke fører til økt kapitalbeholdning og dermed høyere inntekt. Når det gjelder høyere inntekt som en konsekvens av at arbeidskraftskomponenten ( $L$ ) øker, er det viktig å merke seg at dette ikke nødvendigvis må bety at inntekt per arbeider er høyere.



**Figur 15:** Figuren til venstre viser effektene av teknologiforbedringer. Figuren til høyre viser effektene av økt arbeidskraft.

### 3.3 Faini og Venturini

Migrasjon er en viktig del av globaliseringsprosessen. Selv om flesteparten blir boende i hjemlandet, velger mange å flytte fra sitt eget land til et annet. Faini og Venturini (2001) har satt opp en teoretisk modell som forsøker å forklare hvilke forhold som påvirker potensielle emigranternes beslutninger. Slike forhold inkluderer både inntektsnivå i mottakerlandet og inntektsnivået i hjemlandet. Sammenhengen mellom inntekt i hjemlandet og utvandring beskriver de som ”humpformet”.

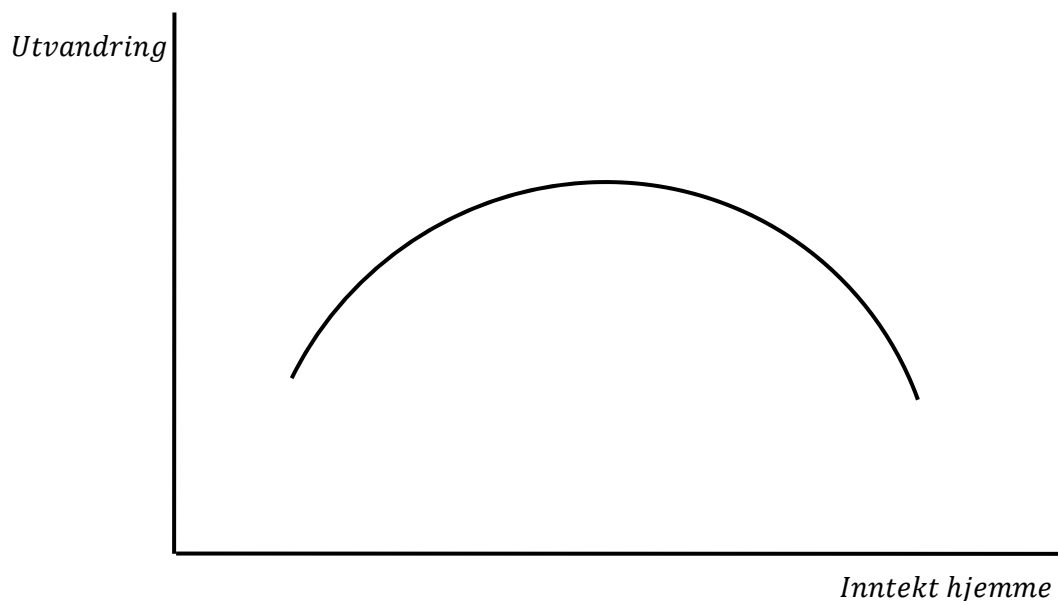
”Humpformen” i Faini og Venturinis teori er et resultat av to antagelser. Den første antagelsen går på at det finnes migrasjonskostnader og kredittrasjonering. Det inngår en fast kostnad ved flytting som spesielt lavtlønte personer ikke har råd til å betale. I tillegg har de lavtlønte ofte vanskeligheter med å få lån. Denne effekten tilsier derfor at økt inntekt i hjemlandet vil gi økt utvandring siden flere da får mulighet til å emigrere.

Den andre er antagelsen om at det finnes en ”borte-bra-men-hjemme-best”-effekt. Noen kulturelle goder er det kun tilgang til i hjemlandet. Så lenge disse godene er normale og må konsumeres hjemme, vil man i større grad ønske å bli værende i hjemlandet når inntekten hjemme øker, selv om inntektsnivået ute er høyere. ”Borte-bra-men-hjemme-best”-effekten tilsier altså at jo høyere inntekt man har, desto mer vil man ønske å bli i hjemlandet.

De to forholdene som er beskrevet ovenfor, trekker i ulike retninger. Summen av effektene tilsier at sammenhengen mellom inntekt i hjemlandet og utvandring er ”hump-formet”.

Sammenhengen illustreres i figur 16. Man vil oppleve liten utvandring fra hjemlandet for lave og høye inntektsnivå siden personer med dette inntektsnivået enten ikke har råd til å utvandre (personer med lavt inntekt) eller ikke ønsker å utvandre (personer med høy inntekt). Man vil få høyest utvandring fra hjemlandet for inntektsnivå i ”midten”. Personer med middels inntekt har råd til å emigrere, men har ikke et så høyt inntektsnivå at de kan ta seg råd til å bli boende i hjemlandet for å konsumere de kulturelle godene.

I tillegg til inntektsnivå mener Faini og Venturini at forhold i mottakerlandet, som arbeidsledighet og sysselsettingsvekst, også virker drivende for utvandringssavgjørelser.



**Figur 16:** Faini og Venturinis humpformede migrasjonsmodell.



## 4 Den numeriske simuleringsmodellen (NOK)

Med utgangspunkt i teoriene vi har beskrevet ovenfor, har Bjorvatn et al. (2007) utformet en numerisk simuleringsmodell som vi heretter refererer til som NOK. I det følgende vil vi kort presentere denne modellen. For en mer detaljert beskrivelse henviser vi til SNF-rapporten ”Globetrotterne” (Bjorvatn et al. 2007).

### 4.1 Rammeverk

I NOK deles Norges ulike bransjer inn i enten en eksogen petroleumssektor eller i konkurranseutsatt eller skjermet sektor. Bedrifter som er i den konkurranseutsatte sektoren, står i konkurranse med utenlandske bedrifter i Norge og/eller i utlandet, mens bedrifter og virksomheter i skjermet sektor ikke møter slik konkurranse. Innenfor konkurranseutsatt sektor er det gjort en ytterligere tredeling av bransjene i forhold til deres relative intensitet i bruk av økonomiens tre innsatsfaktorer. De tre kategoriene av innsatsfaktorer i NOK er lavt utdannet arbeidskraft ( $L$ ), høyt utdannet arbeidskraft ( $H$ ) og kapital ( $K$ ). Tilsvarende opererer NOK med én arbeidsintensiv sektor, én kunnskapsintensiv sektor og én kapitalintensiv sektor.

I NOK antas det konstant skalautbytte i produksjonen. Sammen med frikonkurranse innebærer det at kostnadene i hver sektor tilsvarer produksjonsverdien. Enhetskostnadene ( $C$ ) i hver sektor ( $i$ ) avhenger av faktoravlønningen til hver av innsatsfaktorene ( $w^L, w^H$  og  $r$ ) og den (konstante) andelen ( $\alpha$ ) av sektorens budsjett som går til avlønning av hver innsatsfaktor i produksjonen. Kostnadene når faktisk størrelse idet de i tillegg justeres for sektorspesifikke kostnader eller teknologinivå, som samlet uttrykkes gjennom en kostnadskoeffisient ( $b$ ). Mer konkret beskrives enhetskostnadene av Cobb Douglas funksjonen:

$$C(w^L, w^H, r) = b_i (w^L)^{\alpha_i^L} (w^H)^{\alpha_i^H} (r)^{1-\alpha_i^L-\alpha_i^H}$$

Hver av innsatsfaktorene har positivt, men avtakende grenseprodukt. Det vil si at, alt annet likt, vil produksjonen gå opp ved en økning av hver enkelt innsatsfaktor. Produksjonsgevinsten vil imidlertid være mindre når tilgangen på gjeldende innsatsfaktor var ”stor” fra før.

Sektorene i NOK kjennetegnes, som skrevet, ved frikonkurranse. Frikonkurranse og profittmaksimerende aktører sørger for faktoravlønning i henhold til verdien av innsatsfaktorenes grenseproduktivitet. Det innebærer også at nye aktører vil komme på banen dersom det i en sektor skulle oppstå profitt utover forventet kapitalavkastning. I likevekt vil

det derfor ikke være mer til overs av produksjonsverdien når de ulike innsatsfaktorene er avlønnnet, og produksjonsverdien kan uttrykkes slik:

$$X_i = w^L L_i + w^H H_i + r K_i$$

hvor  $L, H$  og  $K$  er mengde hhv. lavt utdannet arbeidskraft, høyt utdannet arbeidskraft og kapital sysselsatt i hver sektor.

Den tidligere omtalte kostnadskoeffisienten ( $b$ ) oppskalerer kostnadene i en sektor. Siden det ikke finnes noen merprofitt i sektorene til å investere i kostnadskoeffisientens reduksjon, følger det at størrelsen er eksogen. Utviklingen i kostnadskoeffisienten er likevel sektorspesifikk. Dette henger sammen med at det knyttes positive eksternaliteter til aktivitet innenfor kunnskapsintensiv sektor. De positive eksternalitetene begrunnes med at næringsklynger hvor bedrifter kan lære av hverandre, er ekstra viktige for kunnskapsbedrifter. Produktivitetsgevinsten i kunnskapssektoren er positiv, men avtakende ettersom sektoren vokser.

Også når vi ser bort fra globaliseringseffekter, er det ikke bare utvikling i kostnadskoeffisienten som sørger for dynamikk i NOK. Også tilgangen på hver av innsatsfaktorene utvikler seg over tid. Forandringer i kapitalbeholdningen i NOK følger logikken fra den neoklassiske vekstteorien som vi beskrev i 3.2. I tillegg vokser den samlede arbeidsstyrken ( $L + H$ ) med en konstant faktor fra år til år. Av den samlede arbeidsstyrken velger en stadig større andel å ta høyere utdanning. NOK forutsetter at andelen av arbeidsstyrken med høyere utdanning vil nærme seg 50%, og at denne andelen vil vokse mest i begynnelsen av den modellerte perioden.

## 4.2 Globaliseringens drivkrefter

Med bakgrunn i det rammeverket vi har beskrevet ovenfor, kan NOK brukes til å analysere hvordan globalisering påvirker Norges økonomi. Dette er hovedfokuset i Globetrotterne (Bjorvatn et al., 2007) som NOK ble utarbeidet for. I NOK foregår globalisering på tre plan – varehandel, kapitalflytting, og arbeidsinnvandring. Disse planene vil vi nå diskutere hver for seg for å se hvordan globalisering fungerer som drivkraft i tilpasningen i norsk økonomi.

#### 4.2.1 Globalisering i form av varehandel: Kina og India innfases i verdensmarkedet

Når Globetrotterne tar for seg internasjonal varehandel, ser den for seg at det er frikonkurranse i konkurranseutsatt sektor. Siden Norge er en liten, åpen økonomi, har landet derfor ikke evne til å påvirke prisen på de varene som handles på verdensmarkedet. Før globaliseringsprosessen (slik rapporten definerer denne) kommer i gang, settes det likhetstegn mellom verdensmarkedet og OECD. Globaliseringen innebærer at Kina og India (heretter omtales den integrerte delen av Kina og India som "Enklaven") gradvis innfases i verdensmarkedet, slik at prisene på varer i konkurranseutsatt sektor endres. Bjorvatn et al (2006) har i en annen modell (heretter kalt Globsim) funnet kvantitative anslag på dette. Vi vil nå gjengi hovedelementene i modelleringen.

Rammeverket i modelleringen av OECD og Enklaven er i grove trekk lik den av Norge bortsett fra at vi ikke opererer med høyt utdannet arbeidskraft som innsatsfaktor, og dermed heller ikke har en kunnskapsintensiv sektor med eksterne skalafordeler. Inntil OECD åpner for handel med Enklaven, fungerer området som et autarki i likevekt. Siden OECD er relativt rikelig utstyrt med kapital i forhold til Enklaven, vil OECD ha komparativt fortrinn i produksjon av varer som er relativt intensive i sin bruk av kapital som innsatsfaktor. Det motsatte er tilfellet for Enklaven. Slik Heckscher-Ohlin teorien som vi har beskrevet ovenfor, predikerer, vil både Enklaven og OECD eksportere varer som de har komparativt fortrinn i produksjon av, og importere andre varer. Heckscher-Ohlin teorien viser at dette vil gi faktorprisutjevning mellom de to områdene. Dette hadde riktignok ikke måttet inntreffe dersom det var slik at det teknologiske forspranget OECD har (som gjør innsatsfaktorene mer produktive), hadde vart ved. Hvis man åpner opp for at man kan investere i teknologi, vil rikere land ha mulighet til å investere mer og dermed kunne opprettholde et slikt gap. Siden teknologisk vekst er en eksogen størrelse, antar imidlertid Globsim at Enklaven konvergerer mot OECDs teknologi-nivå. Dette kan begrunnes med de sterke læringskurveeffektene Enklaven får gjennom samhandling med OECD. Faktorprisene vil dermed utjevnes mellom de to områdene.

Lønnsstigningsprosessen i Enklaven, som er et element i faktorprisutjevningen, forsinkes ved at Enklaven stadig får tilgang til ny arbeidskraft fra RaKI (som er den delen av Kina og India som ikke er åpen for handel). Det antas i Globsim at Enklaven innledningsvis vil kunne by til seg arbeidskraft fra RaKI uten å heve lønnen, fordi lønnen i RaKI ikke heves. Grunnen til at lønnen i RaKI ikke heves, er at det antageligvis finnes stor skjult arbeidsledighet i dette

området. Skjult arbeidsledighet innebærer at arbeidere får høyere lønninger enn det verdien av arbeidet deres skulle tilsi.

Kapitalakkumuleringen i Enklaven og RaKI sørger på den annen side for at lønnsstigningsprosessen går raskere. Kapitalakkumuleringen i Enklaven skyldes både egen sparing og utenlandske direkteinvesteringer fra OECD, mens kapitalakkumuleringen i RaKI kommer av at deler av sparingen fra Enklaven kanaliseres dit. Den større tilgangen på kapital per arbeider vil gjøre arbeideren mer produktiv (jf. positiv grenseproduktivitet og komplementaritet mellom innsatsfaktorene), noe som vil heve lønnsnivået. Siden det er produktivitetsveksten som forårsaker lønnsveksten, må det økte lønnsnivået ikke slå ut i høyere varepriser. Det er forøvrig interessant å merke seg at det at de to områdene går mot å få likere kapitaltilgang per arbeider, gjør at grunnlaget for å drive handel basert på komparative fortrinn reduseres.

For Norge som tar prisnivået på varer i konkurranseutsatt sektor for gitt, vil dermed pris på varer fra arbeidsintensiv sektor gå ned, mens globaliseringen på handelsfronten isolert sett fører til at prisen på varer fra kapitalintensiv sektor går opp. Siden det er de relative prisene som betyr noe for sektortilpasningen i ulike land, kan Globsim operere med en uendret faktorproduktivitet i OECD. Relativt sett vil globaliseringen føre til billigere varer fra arbeidsintensiv sektor og dyrere varer fra kapitalintensiv sektor.

I NOK er det som beskrevet også en kunnskapsintensiv sektor innenfor den konkurranseutsatte sektoren. Prisutviklingen på varer fra denne sektoren modelleres til å ligge et sted i mellom vareprisutviklingen i de to andre sektorene. Dette blir gjort fordi høyt utdannet arbeidskraft ikke er annet enn lavt utdannet arbeidskraft som har foretatt en investering i utdanning fremfor kapital. Vareprisene på kunnskapsintensive varer er i NOK helt nøyaktig beregnet som gjennomsnittet av verdensmarkedsprisene på hhv. arbeids- og kapitalintensive varer.

#### **4.2.2 Globalisering gjennom utenlandske direkteinvesteringer**

Det er ikke bare globaliseringen av varemarkedet som det tas hensyn til i NOK; globalisering foregår også i faktormarkedet. Utenlandske direkteinvesteringer (FDI) sørger for eksempel for at kapital flyttes over landegrensene. Internasjonaliseringen av kapitalmarkedet innebærer at det ikke kan settes likhetstegn mellom norsk sparing og norsk innenlandsk investering, slik tilfellet er i den neoklassiske vekstmodellen vi presenterte i 3.2. I NOK er derfor summen av

de investeringene som foregår i NOKs fire sektorer, det som er igjen av den norske sparingen når norsk kapital investert i utlandet er trukket fra. NOK ser bort fra inngående FDI.

Det som i NOK driver omfanget av Norges FDI, er forskjellen på avkastningen på slike investeringer og investeringer foretatt i Norge, justert for nordmenns tilbøyelighet til å investere i utlandet. I tillegg avhenger FDI av størrelsen på konkurranseutsatt sektor i Norge. Dette henger sammen med at bedrifter som konkurrerer i utlandet, vil ha et etableringsmotiv bl.a. for å sikre markedstilgang. Ettersom konkurranseutsatt sektor i Norge i økende grad – og til slutt nesten utelukkende – vil bestå av kunnskapsintensiv sektor, vil FDI først og fremst knyttes opp mot kunnskapsintensiv virksomhet. Til slik virksomhet knyttes som nevnt eksterne skalafordeler. All FDI begunstiger derfor kunnskapsintensiv sektor i Norge på en slik måte at når FDI vokser, reduseres den kunnskapsintensive sektorens kostnadskoeffisient ( $b_H$ ). En slik modellering bygger på en antagelse om at den norske kunnskapsklyngen er bestemt av opphav snarere enn lokalisering, og at de eksterne skalafordelene derfor ikke vil forsvinne ut av landet sammen med kapitalen. Med andre ord vil norske personer som er i kontakt med den fremmedlokaliserte bedriften, i større grad enn lokale personer kunne nyttiggjøre seg kunnskapen som overføres gjennom samhandling med bedriften. Dette kan for eksempel skyldes kulturforskjeller.

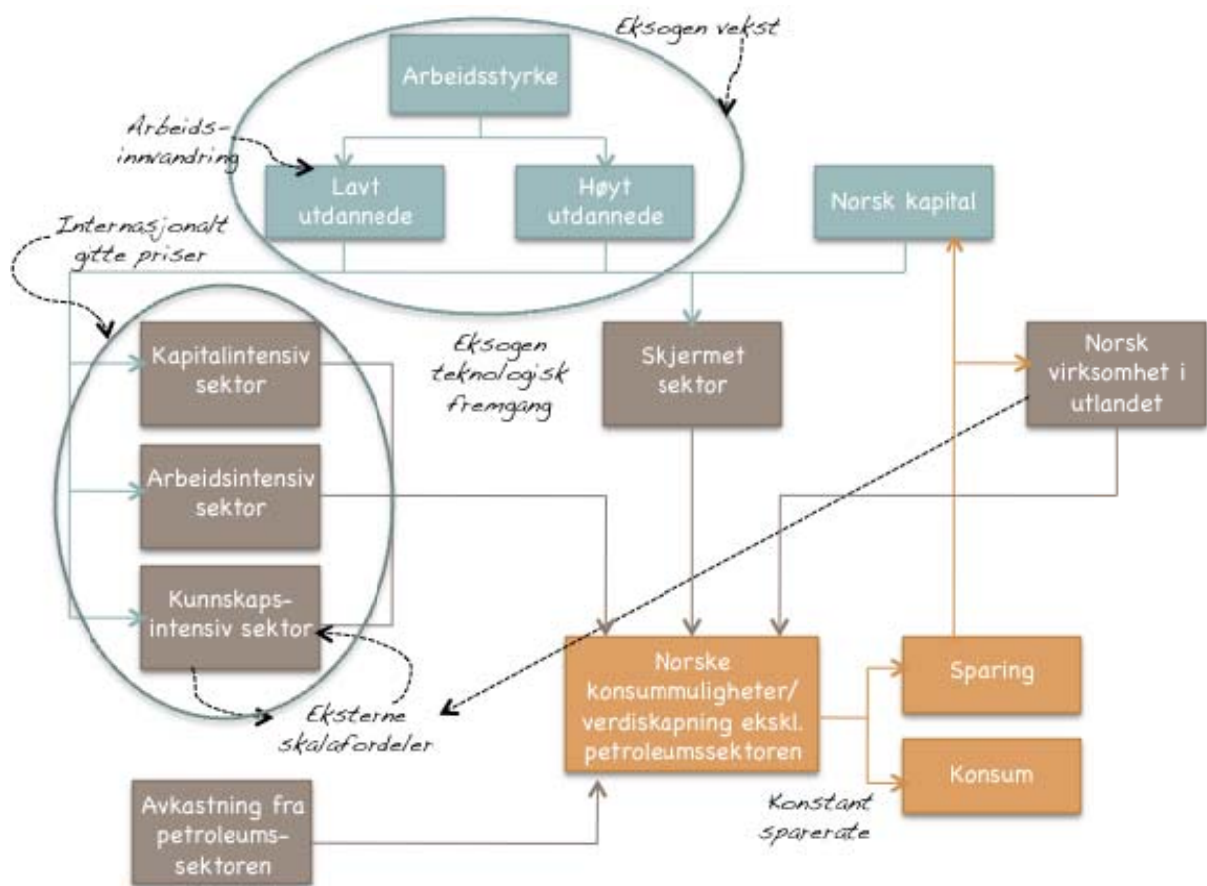
### **4.2.3 Globalisering gjennom arbeidsinnvandring**

Den tredje globaliseringskanalen som drøftes i Globetrotterne, er innvandringen av lavt utdannet arbeidskraft til Norge. Modelleringen av arbeidsinnvandring i NOK bygger på Faini og Venturinis teori om utvandring som vi har beskrevet tidligere, men tar kun hensyn til den *negative* sammenhengen mellom hjemlandets lønnsnivå og utvandringsønske. Dette har sammenheng med at arbeidsinnvandrere til Norge stort sett kommer fra Øst-Europa. Der ligger gjennomsnittlig årsinntekt godt over den summen som empirisk fastsetter vendepunktet Faini og Venturini omtaler.

I tråd med Faini og Venturinis teori bestemmes ikke strømmen av innvandrere til Norge kun av hjemlandets lønnsnivå, men også av lønnsnivå i Norge. I tillegg begrenses strømmingene av en systemtregthet.

Tidligere har vi beskrevet hvordan antall utdannede i Norge vil gå mot å omfatte halvparten av den totale arbeidsstyrken. Med total arbeidsstyrke menes her norsk arbeidsstyrke. Den økningen i beholdningen av lavt utdannet arbeidskraft som arbeidsinnvandring innebærer, påvirker derfor ikke nordmenns valg av utdanning.

Figur 17 oppsummerer de viktigste sammenhengene i NOK som vi nå har beskrevet. I figuren går det frem at vi har tre innsatsfaktorer, fem norske sektorer hvorav tre står overfor internasjonalt gitte priser. Sparing og endringer i arbeidsstyrken sørger for at mengden innsatsfaktorer ikke er konstant over tid. Dessuten viser figuren at deler av den samlede verdiskapningen investeres i utlandet og at slik type investeringer i likhet med investeringer i kunnskapsintensiv sektor gir opphav til eksterne skalafordeler.



**Figur 17:** Grafisk fremstilling av NOK

# Del II

## Modellere inn endringer i NOK-modellen

Vi har nå presentert bakgrunnen for klimaspørsmålet, teorier vi vil benytte i oppgaven, og NOK-modellen som er verktøyet vi benytter til analysene våre. Formålet med oppgave vår er som vi skrev innledningsvis ”Konsekvenser av utslippsrestriksjoner for norsk økonomi.” I det følgende vil vi først se nærmere på hvilken form utslippsrestriksjonene vil ta i NOK-modellen og deretter på hvilke effekter de vil få på modellens eksogene faktorer og hvordan vi konkret kan modellere inn endringene.

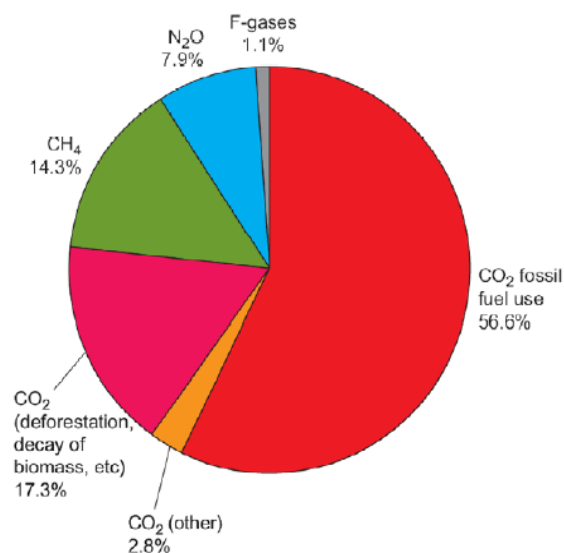
Når det gjelder selve utformingen av utslippsrestriksjonene, er det en rekke faktorer vi må ta hensyn til. Først må vi ta stilling til om utslippsrestriksjonene skal komme i form av kvote eller avgift. Deretter må vi foreta en vurdering av hva som er sannsynlig pris på utslipp. Når prisen er bestemt, må vi også ta stilling til når utslippsrestriksjonene skal iverksettes, og om disse vil endres over tid.

Så snart vi har en realistisk bane for utslippsrestriksjonene, kan vi begynne å tenke på hva dette konkret betyr for modelleringen i NOK. Siden energi vil bli dyrere når det er satt en pris på utslipp, er det nyttig å ha en formening om utviklingen av utslippsintensiteten i verdens energibruk. Det vil legge grunnlag for å modellere inn kostnadsøkninger i hver av Norges sektorer på bakgrunn av energiforbruk – som er det siste vi vil se på før vi tar for oss globale endringer. Et globalt system av utslippsrestriksjoner kan ha betydning for varepriser, utenlandsk kapitalavkastning og prisen på energi. Dette må også implementeres i NOK, og vil være det siste som diskuteres i denne delen av oppgaven.

## 5 Bakgrunn for endringer i NOK

### 5.1 Hvilken type utslippsrestriksjoner?

Vi starter med å ta stilling til hvilken type utslippsrestriksjoner vi skal implementere i NOK. I Kyotoavtalen og i den fremtidige klimaavtalen som det er intensjonen at klimatoppmøtet i København skal resultere i, er restriksjoner på utslipp av klimagasser sentrale størrelser. CO<sub>2</sub> står for tre fjerdedeler av de menneskeskapte utslippene av klimagasser (Se figur 18) og har i særklasse størst betydning for endringer på klimaet. Forsøk på å redusere utslippet av CO<sub>2</sub> har følgelig en sentral rolle i klimaavtalene, og i oppgaven er det restriksjoner på utslipp av denne klimagassen vi vil analysere.



Figur 18: Kilde: IPCC, brukt i Cicero Faktaark, side 4

Restriksjoner på utslipp av CO<sub>2</sub> kan, som beskrevet i teorien, innføres enten ved hjelp av avgifter eller kvoter. Siden vi befinner oss i en situasjon med ufullkommen informasjon, kan disse to virkemidlene ha ulik grad av effektivitet. For det første knyttes det stor usikkerhet til størrelsen på rensekostnadene, noe som gjør at bruken av avgift og kvote kan gi ulike effektivitetstap. Som forklart i 2.1.1 vil da den relative helningen på rensekostnadskurven og kurven for verdi av unngått skade være med på å bestemme hvilket av de to virkemidlene som er det mest effektive. Siden den numeriske simuleringmodellen vi bruker, ikke tar høyde for den type usikkerhet, er dette ikke av betydning for valg mellom å bruke kvote eller avgift. For det andre vil det være avgjørende om avgift og kvoter krever ulik grad av informasjonsinnhenting. I 2.1.1 beskrev vi hvordan både omsettelige kvoter og avgifter kun krever informasjon om rensekostnadene på et aggregert nivå. Videre ga vi i 2.2 en teoretisk fremstilling av konsekvenser kvote og avgift har for pris og kvantum tilbudt i markedet. Vi



viste at så lenge kvotene er omsettelige, vil konsekvensene av de to virkemidlene være identiske. Likt informasjonsbehov og like konsekvenser ved bruk gjør oss indifferente i forhold til om vi skal bruke avgift eller omsettelige kvoter i modelleringen vår. I resten av oppgaven omtaler vi virkemiddelet som en avgift.

## **5.2 Sentrale usikkerhetsmomenter**

Før vi kan bestemme oss for hvilken størrelsesorden CO<sub>2</sub>-avgiften vil ha, må vi ha en formening om hvor sannsynlig det er at en global klimaavtale i det hele tatt vil bli realisert. Det er hevet over tvil at forhandlingene vil bli vanskelige. Trusselen fra klimaendringer er global, men noen land vil rammes lite og andre mye, og landene vil følgelig ha ulik innstilling til forhandlingene. Videre vil det bli et stort diskusjonstema hvilke land som har forårsaket problemet, og dermed hvem som bør bære kostnadene for å avverge trusselen. Skal man ha mulighet til å redusere utslippene i en størrelsesorden som er tilstrekkelig for å unngå store temperaturøkninger, er det en nødvendighet at majoriteten av verdens land deltar og godtar restriksjoner på utslipp av klimagasser.

Når det tross mange hindringer og motsetninger er håp om at prosjektet skal lykkes, skyldes det at klimaendringene er en trussel som i større eller mindre grad vil ramme hele kloden. En stadig tettere sammenvevd verdensøkonomi sørger for at effektene vil være merkbare også der klimaendringene ikke fører til store ødeleggelse og tilpasningskostnader. Trusselens alvorlige karakter kan føre til at beslutningstakerne ser hvilket ansvar de har for å lykkes, og derfor er villige til å legge mindre vekt på egne interesser for å oppnå enighet om en global avtale. Det er også positivt at en gjennom å etablere et kvotesystem kan frikoble fordelingen av byrdene og hvor utslippene må kuttes, noe som muliggjør kompensasjon av land som ellers ville kommet spesielt dårlig ut.

## **5.3 Presentasjon av størrelsesdiskusjonen**

Det er altså forhold som taler for at det skal være mulig å oppnå et globalt system for utslippsrestriksjoner. Selve størrelsen på CO<sub>2</sub>-avgiften er et viktig og omfattende diskusjonstema. Meningene er delte om hvor høy avgiften må være for å oppnå tilstrekkelige utslippsreduksjoner. Ulike tilnærminger kan brukes for å finne en sannsynlig verdi for en fremtidig CO<sub>2</sub>-avgift. I EU eksisterer det allerede et marked for utslippsrettigheter til karbon

(EU ETS) som ble opprettet i forbindelse med Kyoto-avtalen. Problemet med å bruke dagens markedspris til å bestemme avgiftsstørrelse er at vi ikke kan være sikre på at den gir et forventningsrett estimat på hva en fremtidig CO<sub>2</sub>-avgift vil bli. Mulige årsaker til det kan være at dagens kvotesystem kun inkluderer et fåtall av land. Et marked hvor avgifter for utslipp fra hele kloden inngår, vil kunne være svært forskjellig fra et marked hvor kun de fleste av OECD-landene deltar. I tillegg er det overveiende konsensus om at utslippstaket fremforhandlet i Kyoto-avtalen, er for høyt. Jo mindre det totale utslippsvolumet skal være, desto høyere avgift er nødvendig for å sørge for tilstrekkelige kutt i utslippene.

En annen tilnærming er å bruke en modell av et globalt avgiftssystem. En stor innsats legges ned i arbeidet med å konstruere slike modeller. Problemet er at sammenhengene forskerne forsøker å modellere, er svært komplekse og må ta hensyn til usikkerhet innenfor en lang tidshorison. I teoridelen skriver vi om hvordan det er usikkerhet knyttet til teknologiutvikling. I tillegg knyttes det usikkerhet til skadevirkninger ved å unngå rensing. I mange økonomiske modeller som forsøker å fastsette en samfunnsøkonomisk optimal CO<sub>2</sub>-pris, brukes gjennomsnittet av ulike scenarioer utarbeidet av IPCC<sup>15</sup> for disse to usikkerhetsmomentene. Det som ofte likevel skiller modellene fra hverandre, er de etiske vurderingene som gjøres ved avveininger mellom nytten til nåtidens mot fremtidens mennesker og mellom mennesker bosatt i ulike regioner. I boks 1 presenteres kjernen i diskusjonen mellom to mye siterte forskere på dette feltet, Nicholas Stern og William Nordhaus. Nordhaus (2007) argumenterer for en karbonavgift tilsvarende ikke mer enn ca 10\$ per tonn karbondioksid<sup>16</sup> (35\$ per tonn karbon), mens Stern (2008) forfekter en mer radikal karbonavgift tilsvarende 30\$ per tonn karbondioksid (ca. 110\$ per tonn karbon).

Om det er Nordhaus eller Stern som har det beste anslaget, er vanskelig å ta stilling til. For vår videre modellering velger vi likevel å forholde oss til Sterns anslag om optimal CO<sub>2</sub>-avgift på 30\$ per tonn CO<sub>2</sub>. Dette har for det første sammenheng med at Stern synes å ha stor politisk gjennomslagskraft. Håkon Sælen (2008) i Cicero sier for eksempel at ”knappt noe dokument har hatt så stor innflytelse på klimadebatten det siste året som rapporten Sir Nicholas Stern og hans medarbeidere skrev på oppdrag fra daværende finansminister i Storbritannia, Gordon Brown.” Den store politiske gjennomslagskraften innebærer at Sterns avgiftsanbefalinger vil ha stor påvirkning på utformingen av en global klimaavtale og dermed gi et realistisk scenario for avgiftsutviklingen i Norge.

---

<sup>15</sup> IPCC (2008)

<sup>16</sup> Deler man karbonprisen på 3,67, får man karbondioksidprisen.

## Boks 1: Stern vs. Nordhaus

Stern og Nordhaus har til felles at de bruker en slags avansert fremstilling av figur 4 som basis for sin nytte/kostnadsvurdering. Skaden som unngås ved utslippsrensing, er representert ved et neddiskontert nyttetap<sup>17</sup> over et par århundrer. Nytteten er en funksjon av befolkningsvektet konsum per generasjon, hvor konsumet har en positiv, men avtakende effekt på nytten. De tapte konsummulighetene som følge av global oppvarming, er som nevnt estimert av IPCC. Både Nordhaus og Stern tar utgangspunkt i IPCCs estimeringer når de gjør sine nytte/kostnadsvurderinger.

Når de to økonomene likevel konkluderer forskjellig i forhold til optimal karbonskatt, har det hovedsakelig sammenheng med hvilken neddiskonteringssats de bruker for å beregne nåverdien av fremtidige skader. Siden Stern bruker en betraktelig lavere neddiskonteringssats enn Nordhaus, blir også nåverdien av de fremtidige skadene i hans utregninger mye større enn i Nordhaus sine. Følgelig innebærer den lave neddiskonteringssatsen store utslippskutt i vår generasjon.

En neddiskonteringssats bør tilsvare alternativ kapitalavkastning. Ramsey<sup>18</sup> har funnet at i et velferds optimum vil kapitalavkastningen ( $r$ ) tilsvare summen av en generasjons rene "tidspreferanse" ( $\rho$ ) og en konstant konsumvekst ( $g$ ) vektet med en konsumelastisitet ( $\theta$ ) som tar høyde for avtakende grensenytte til økt konsum.

$$r = \rho + \theta g$$

En tidspreferanse ( $\rho$ ) på 0 betyr at en generasjon ikke tillegger eget konsum mer vekt enn andres konsum. Metodisk skaper imidlertid en tidspreferanse på 0 problemer i form av uendelighetsparadokser. Stern setter verdien kun rett over 0, og argumenterer for at det ikke ville være etisk riktig å tillegge noen personer større vekt enn andre. Nordhaus mener på sin side at denne tankegangen bunner i utilitaristisk filosofi, og påpeker at man i blant annet Rawls tradisjon tillegger den svakest stilte mer vekt enn andre. Regner man med en positiv konsumvekst ( $g$ ), slik Stern også faktisk gjør, vil de tidligste generasjonene være de svakest stilte.

I tillegg til å ha en sterkere tidspreferanse enn Stern, forutsetter Nordhaus en raskere avtakende grensenytte til konsum ( $\theta$ ), og har et noe mer optimistisk syn på konsumvekst. Dette kan henge sammen med et mer optimistisk syn på teknologisk fremgang. Til sammen peker alle Nordhaus' anslag på en neddiskonteringssats på 5,5 %<sup>19</sup>, noe som er konsistent med kapitalavkastningen man observerer i rente- og sparemarkedet. Sterns neddiskonteringssats er nærmere 2 %<sup>20</sup>, og dermed ikke konsistent med markedsdata. Mens Nordhaus kritiserer Stern for det svake samsvaret, svarer Stern med at man misforstår noe vesentlig dersom man bruker privat kapitalavkastning som kontroll for neddiskonteringssatsen. Privat kapitalavkastning tar ikke hensyn til eksternalitetene i aktørers tilpasning, og nettopp eksternaliteter er essensen i klimadebatten.

<sup>17</sup>  $W = \int_0^{\infty} U[c(t)]e^{-\rho t} dt$

<sup>18</sup> Nordhaus (2007:691)

<sup>19</sup> Nordhaus (2007):  $\rho = 1,5\%$ ;  $\theta = 2$ ;  $g = 2,2\%$

<sup>20</sup> Stern (2008), hvor  $\rho = 0,1$  og  $\theta = 1$ . Da følger at  $g \approx 2\%$ . (I Stern tilsvarende  $\rho$ ,  $\theta$  og  $g$  hhv.  $\delta$ ,  $\eta$  og  $\dot{c}/c$ )

For det andre er formålet med oppgaven vår å analysere konsekvensene av karbonavgifter på norsk økonomi. Det er mer interessant å ta utgangspunkt i alternativet som innebærer en relativt høyere avgift, og analysere effektene det har på økonomien siden effektene da antagelig vil fremkomme tydeligere. Skulle man komme i en situasjon hvor en ønsker å vite konsekvensene av alternativet med lavere avgift, får man antagelig et godt inntrykk av størrelsesordenen på effektene dersom man nedskalerer konsekvensene av alternativet med høye avgifter. Det vil trolig være vanskeligere å forestille seg konsekvensene av høyere avgifter uten et øvre tak å ta utgangspunkt i.

Når vi så har valgt å legge Sterns anbefalte CO<sub>2</sub>-avgift til grunn for vår modellering, kan vi også merke oss at Stern ikke er alene om å forsvare høye avgifter. Det finnes også økonomer som anbefaler enda høyere CO<sub>2</sub>-avgifter enn Stern. Cline (2004) kommer for eksempel frem til at optimal avgift bør være på rundt 150\$/tCO<sub>2</sub> (15 ganger Nordhaus' anslag). Også blant økonomer som er skeptiske til en tidspreferanse på nær null, finnes det støtte for Sterns anbefalte karbonavgift. Weitzman (2007) mener for eksempel at 30\$/tCO<sub>2</sub> kan høres ut som en fornuftig CO<sub>2</sub>-avgift fordi usikkerhet blir tilsidesatt i Ramseys rammeverk for neddiskontering (se boks 1). I Norge kan vi nevne at forskere ved Statistisk Sentralbyrå (SSB) har utarbeidet et dokument hvor det hevdes at en kvotepris må nå 1000 kr/tCO<sub>2</sub> (ca. 140\$/tCO<sub>2</sub> og dermed tilsvarende Clines anslag) dersom utslippskutt på 20 % i EU skal være realistisk innen 2020<sup>21</sup>. Det høye anslaget følger blant annet av en forestilling om at substitusjonsmulighetene fra produksjon i energiintensive sektorer til andre sektorer er små. Forskerne peker dermed også på at forhold utenfor diskonteringsdiskusjonen er relevante for å fastsette optimalt avgiftsnivå.

#### **5.4 Politisk gjennomførbar bane og tidspunkt for innføring**

Selv om Stern har en viss politisk gjennomslagskraft i Europa, er det ikke gitt at det vil være politisk gjennomførbart å innføre en CO<sub>2</sub>-pris på 30\$/tCO<sub>2</sub> umiddelbart. Beslutningstakere som skal gjennomføre kuttene i praksis, er avhengige av velgernes støtte og tar derfor hensyn til preferansene i velgergruppene sine når de fatter sine beslutninger. Mange velgere er etter hvert opptatt av trusselen klimaproblemene utgjør, noe som bidrar til at politikere blir mer villige til å prioritere klimatiltak. Imidlertid er velgerne fremdeles opptatt av midler til mange

---

<sup>21</sup> Aune og Rosendahl (2008)

andre formål og betydelige velgergrupper er fremdeles lite villige til å støtte politikere som påfører samfunnet store kostnader i dag for å redusere sannsynligheten for at vi skal oppleve skadelige klimaendringer en gang i fremtiden.

Det virker etter hvert som om de toneangivende forskningsmiljøene er relativt samstemte om at klimaendringene er menneskeskapte, og at vi dermed må ta ansvar for konsekvensene. At det er stor usikkerhet og mange ulike meninger også mellom forskningsmiljøer om hvor alvorlige konsekvensene vil bli og følgelig hvilke utslippskutt som er optimale, gjør det likevel ikke enkelt for beslutningstakere å overbevise velgere om hvilket avgiftsnivå som er nødvendig. Dermed kan det inntil en får sikrere kunnskap om skadelige endringer og nødvendige tiltak, eller eventuelt ser mer konkrete eksempler på skadelige effekter av klimaendringene, være vanskelig å få gjennomslag på det politiske plan for så omfattende tiltak som planen presentert i Stern Review. Slike effekter kan for eksempel være flere ”Katharinaer” i New Orleans eller store flyktningestrømmer fra Bangladesh i takt med havstigningen. Et mulig alternativ er derfor å vedta en avtale hvor man starter forsiktig med en lavere avgift enn den optimale og deretter øker avgiften i takt med at kunnskap og støtte vokser blant forskermiljøene og i befolkningen. Vi velger å holde oss til en modellering hvor den fulle avgiften ikke blir innført umiddelbart.

Når det gjelder hvor raskt innfasingen av avgiften skal gå, avhenger det av flere forhold. Som regel er det nødvendig å sette av mye tid når internasjonale avtaler skal fremforhandles og iverksettes. I Doha-runden som startet i 2001, har for eksempel medlemslandene ennå ikke nådd frem til enighet. Når det gjelder trusselen fra klimaendringer tyder rapporter fra blant annet IPCC på at vi ikke har mye tid til forhandling. Ifølge forskere (for eksempel Stern) har det avgjørende betydning å oppnå betydelige utslippsreduksjoner innen få år dersom vi skal kunne ha håp om å forhindre dramatiske temperaturøkninger. Det skal arrangeres et internasjonalt klimatoppmøte i København i desember 2009 med målsetning om å fremforhandle en ny global klimaavtale. Oppkjøringen til møtet har vært preget av uenighet og har i liten grad gitt grunnlag for å styrke troen på en rask avtaleinngåelse<sup>22</sup>. Dersom man antar at alvoret synker inn over representantene for verdens nasjoner i tilstrekkelig grad, kan man likevel ha forhåpninger om at særinteresser kan settes til side og uenigheter ryddes av veien. USA er for eksempel mer positiv til et globalt system etter at Obama overtok som

---

<sup>22</sup> Andersson (2009)

president. Dersom møtet i København blir preget av konstruktivt samarbeid og beslutningsvilje, er en avtale som er virksom om relativt få år, et mulig utfall.

Stern understreker behovet for en rask innføring av et globalt kvotesystem, og vi velger å implementere en modellering som er i tråd med denne anbefalingen. Konkret tenker vi at det kan være mulig å få iverksatt en ny klimaavtale, hvor Sterns anslag på 30 dollar per tonn CO<sub>2</sub> legges til grunn, fra og med 2012 når Kyoto-avtalen utløper. Siden Norge allerede deltar i et kvotesystem gjennom EU ETS, lar vi perioden fra 2006 til 2012 være en opptrappingsfase for avgiften, hvor CO<sub>2</sub>-prisen i 2006 er 10 dollar per tonn. For å få den raske innfasingen av avgiften som vi ønsker, velger vi at avgiften blir geometrisk innfaset med en innfasingsparameter på 0,5. Det innebærer at avgiften vil være tilnærmet 30 dollar i år 2012.

## **6 Endringer i Norge**

I drøftingen over har intensjonen vært å gjennomgå sentrale usikkerhetsmomenter, og tydeliggjøre behovet for antagelser i vår analyse. Ved å anta at verden lykkes i å fremforhandle en global klimaavtale, og ved å ta stilling til tidspunkt for iverksettelse, utvikling av størrelsesorden og selve avgiftsstørrelse, har vi kommet frem til en avgiftsbane som etter vår mening ikke er for urealistisk. Forholdene ligger nå til rette for at vi kan gjøre en vurdering av hvordan en slik bane vil forårsake økte kostnader i norsk produksjon. Først vil vi vise hvordan kostnaden ved energiforbruk endres som følge av en pris på CO<sub>2</sub>, noe som avhenger av utslippsintensiteten i energibruken. Deretter vil vi se på energibruk i Norges ulike sektorer. Til slutt setter vi denne informasjonen sammen for å lage et estimat på i hvilken grad de ulike sektorene vil oppleve en kostnadsøkning som følge av avgiften.

### **6.1 Energimarkedet og utslippsintensitet**

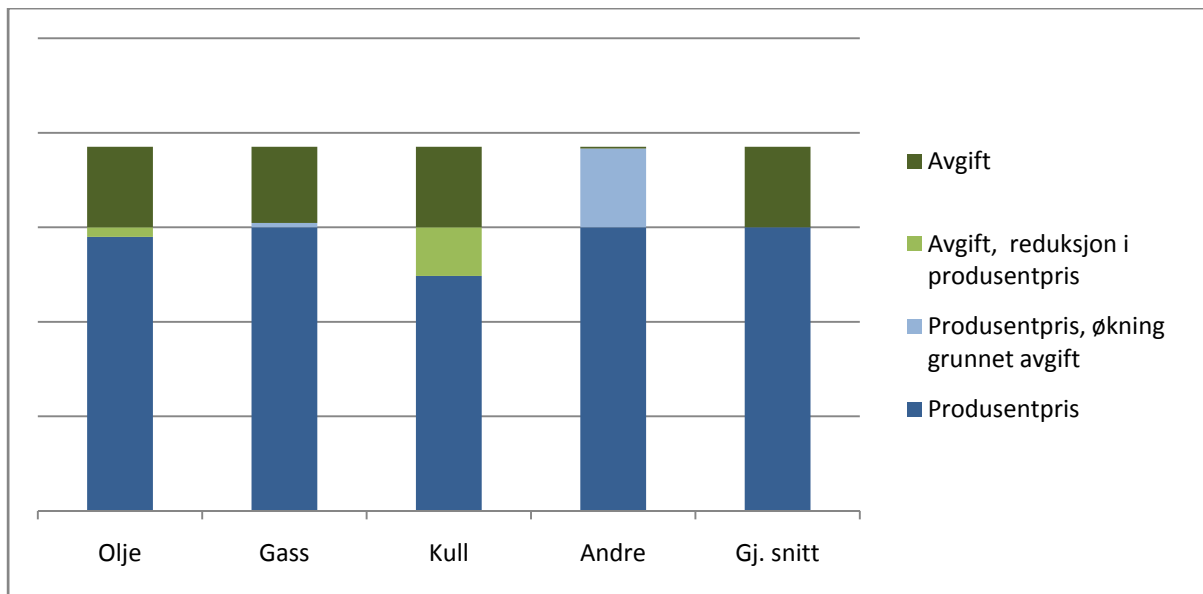
Innføring av en avgift på CO<sub>2</sub> vil innebære at bedriftene blir påført en kostnad for utslippene sine. En bedrift som benytter kull som energikilde, vil måtte betale mer i avgift enn en bedrift som benytter gass eller vannkraft. Årsaken er at kull er mer utslippsintensivt enn både gass og vannkraft, altså at kull pr energienhet har et høyere CO<sub>2</sub>-utslipp. Statistikk for energimengde og utslipp på verdensbasis fordelt på energikildene olje, kull, gass og andre energikilder presenteres i tabell 1. På bakgrunn av tallene har vi regnet ut utslippsintensitet for de enkelte energikildene samt gjennomsnittlig utslippsintensitet. Det presenteres også i tabell 1. Kjernekraft og fornybare energikilder som vannkraft inngår i 'andre energikilder'.

	<b>Olje</b>	<b>Gass</b>	<b>Kull</b>	<b>Andre</b>	<b>Totalt</b>
<b>Energi (Mtoe)</b>	4039	2407	3053	2243	11741
<b>Utslipp (Mt CO<sub>2</sub>)</b>	10781	5433	11677	112	28003
<b>Utslippsintensitet (tCO<sub>2</sub>/toe)</b>	2,67	2,26	3,83	0,05	2,39

Kilde: IEA

I det følgende antar vi prisuelastisk energietterspørsel på et aggregert nivå, noe som innebærer full overveltning av avgiften på kjøperne av energi. I første omgang stiger kjøperprisen på utslippsintensiv energi mer enn renere energi. Da er det grunn til å forvente at bedrifter ønsker å substituere seg bort fra utslippsintensiv energi til renere energi. Ettersom etterspørselen etter lite utslippsintensive energikilder da vil øke, vil prisen på denne typen energi også øke. Tilsvarende er det også grunn til å forvente at etterspørsel og pris på utslippsintensiv energi vil synke. Når det er full substituerbarhet mellom alle energikildene, vil denne prosessen fortsette helt til prisøkningen for hver enkelt energikilde er lik gjennomsnittlig kostnadsøkning. Gjennomsnittlig utslippsintensitet er derfor en svært interessant størrelse, siden den gir grunnlag for å beregne gjennomsnittlig kostnadsøkning forbundet med energiforbruk. Basert på gjennomsnittlig utslippsintensitet på 2,39 (tCO<sub>2</sub>/toe) og en avgift på 30\$/tCO<sub>2</sub>, har vi beregnet prisøkningen for hver av energikildene til 42 573 kr/GWh<sup>23</sup>. Til omregningen benytter vi, i likhet med Perspektivmeldingen 2009, en valutakurs på 7 NOK/USD. I oppgaven brukes altså energiforbruk snarere enn CO<sub>2</sub>-utslipp til å beregne kostnadsøkningen i de ulike sektorene. Resultatene er vist i figur 19. For illustrasjonens skyld har vi i figuren benyttet lik opprinnelig pris for alle energikildene.

<sup>23</sup> 85 toe/GWh



**Figur 19:** Avgift og produsentprisendringer

Skal vi få en mer presis beskrivelse av hvordan produsentprisene til de enkelte energiprodusentene endres som følge av en avgift, må vi ta hensyn til at de ulike energikildene ikke koster det samme. Ettersom det har vært store svingninger i prisene på fossile energikilder de siste årene, er det vanskelig å finne ut hva som vil være korrekt prisnivå for de ulike energikildene. Prisene vi har lagt til grunn i våre videre beregninger, baseres på prisbildet i perioden 2005 til 2007. Per GWh har vi da endt opp med priser på 150 000 kr for gass, 220 000 kr for olje og 60 000 kr for kull. Gassprisen er regnet ut basert på en gasspris på 1,80 kr/sm<sup>3</sup><sup>24</sup>, oljeprisen basert på en oljepris på 350 kr/fat<sup>25</sup>, og en kullpris på 70 dollar/tonn<sup>26</sup>. Andre energikilder er en sammensatt gruppe, og ettersom vi ikke vil bruke prisen på disse energikildene i beregninger, har vi ikke gjort noe forsøkt på å estimere den.

I tabell 2 presenteres CO<sub>2</sub>-avgiften en må betale for utslippene bruk av den enkelte energikilde forårsaker. Vi har nå kjennskap til prisøkningen kjøperne er villige til å akseptere for de enkelte energikildene, altså gjennomsnittlig prisøkning. Sammen med spesifikk avgift til de ulike energikildene, er det enkelt å beregne endringer i produsentprisene. Resultatene av en slik beregning vises i tredje linje i tabell 2. Også i figur 19 er endringene i produsentpris tydelig markert. Det fremgår tydelig at prisen til produsentene av kull vil oppleve en markant reduksjon, mens produsentprisen på ”Andre energikilder” vil oppleve en økning som så godt

<sup>24</sup> Finansdepartementet. Nasjonalbudsjettet 2008

<sup>25</sup> Finansdepartementet. Bruk av oljeinntekter gitt vedvarende høy oljepris

<sup>26</sup> Fjordkraft



som tilsvarer gjennomsnittlig CO<sub>2</sub>-avgift per energienhet. Når det gjelder produsentprisene for olje og gass, er endringene mindre dramatiske. Oljeprisen reduseres noe og det vil være en beskjeden oppgang i gassprisen.

**Tabell 2: Prisendringer**

	<b>Olje</b>	<b>Gass</b>	<b>Kull</b>	<b>Andre</b>	<b>Totalt</b>
<b>Pris pr GWh før avgift</b>	220 000	150 000	60 000	-	-
<b>Avgift (kr)</b>	47 647	40 289	68 281	892	42 573
<b>Produsentprisendring (kr)</b>	-5 074	2 284	-25 708	41 682	-

En sannsynlig konsekvens av CO<sub>2</sub>-avgiften er at energisammensettingen blir endret. Som tydelig illustrert i tabell 2, vil avgiften føre til markante endringer i produsentprisene. Prisreduksjonen på kull vil antagelig innebære at deler av kullproduksjonen blir ulønnsom og forsvinner. Tilsvarende er det svært sannsynlig at høyere produsentpris på fornybare energikilder vil stimulere til økt produksjon. En slik vridning fra forurensende til fornybare energikilder er nettopp noe av siktemålet med innføringen av CO<sub>2</sub>-avgiften. Vridningen vil innebære lavere gjennomsnittlig utslipp pr. energienhet, og dermed lavere kostnadsøkning i produksjon. På kort sikt vil effekten ikke nødvendigvis være spesielt stor, men den vil antageligvis være betydelig på lang sikt. Vi har konstruert en enkel likevektsmodell for å få et anslag på den fremtidige sammensettingen av energitilbudet. Utgangspunktet for modellen er endringene i produsentprisene for de fossile energikildene. For å kunne kvantifisere effektene, har vi gjort en antagelse om at tilbudet av de enkelte, fossile energikilder på lang sikt har en priselastisitet på 1. Videre bygger modellen på en forutsetning om at aktiviteten i økonomien fastsetter energietterspørselen, og i beregningen av energisammensettingen betrakter vi den som en konstant<sup>27</sup>.

Grunntanken i modellen er at tilbudet av de ulike fossile energikildene utvikler seg avhengig av produsentprisene. For at samlet tilbud skal være lik den uendrede energietterspørselen lar vi tilbudet av fornybare energikilder øke like mye som tilbudet av fossile energikilder reduseres. En slik modellering vil medføre en utvikling hvor fossile energikilder gradvis erstattes av fornybare, og er dermed i tråd med utviklingen en forventer å se i tiden fremover.

<sup>27</sup> Vi antar dermed implisitt at endring i energietterspørselen som følge av endret aktivitetsnivå i økonomien ikke vil medføre vridninger i tilbudet slik at utslippsintensitet forandres.

Endringene i produsentprisene på fossile energikilder er oppgitt i tabell 2. Vi kan imidlertid ikke benytte disse tallene ettersom de ikke tar hensyn til at endringer i sammensetningen vil medføre en lavere gjennomsnittlig avgift. Lavere gjennomsnittlig avgift vil innebære at kjøperne av energi vil akseptere lavere kostnadsøkning, og følgelig vil produsentprisene bli påvirket. I modellen vi har konstruert i Excel, fortsetter utregningene helt til endringene er i likevekt, og resultatet er vist i tabellen nedenfor. For flere detaljer om modellen, se appendiks B.

Resultatet i tabell 3 viser at antagelsene vi nevnte ovenfor, på lang sikt vil medføre en nedgang fra 26 % til 9 % i andelen kull utgjør av total energiproduksjon. Tilsvarende vil vi oppleve en økning i andelen andre energikilder fra 19 % til 40 %. Beregningene innebærer dermed en stor omveltning i sammensetningen av energiforsyningen, og noe av endringene skyldes vår forutsetning om full substituerbarhet mellom de ulike energikildene. En konsekvens av vridningen i tilbudet i retning av mindre utslippsintensive energikilder er at gjennomsnittlig utslipp (tCO<sub>2</sub>/toe) synker fra 2,39 til 1,64. Ettersom en slik tilbudsomlegging krever utskifting av mange forurensende kullkraftverk til fordel for produksjonsanlegg for andre energikilder, er det nødvendig med store investeringer og teknologiutvikling for å kunne utnytte nye fornybare energikilder. Omleggingen er derfor en langsiktig prosess, og for å ta høyde for tidsbruken vil vi derfor modellere en lineær reduksjon i utslippsintensiteten fra 2,39 i 2012 til 1,64 i 2050. Selv om det alt foregår betydelig satsing på utvikling av mer fornybar energi, er vi av den oppfatning at det er mest korrekt å starte innfasingen fra 2012. Dette året har vi antatt at den nye klimaavtalen blir virksom, og den vil antagelig fungere som en betydelig stimulans til omlegging av energiproduksjonen.

	<b>Olje</b>	<b>Gass</b>	<b>Kull</b>	<b>Andre</b>	<b>Utslippsintensitet</b>
<b>Produsentprisendring 2012-2060 (%)</b>	-8%	-7%	-65%	-	-
<b>Andel av energiproduksjon i 2012</b>	34%	21%	26%	19%	2,39
<b>Andel av energiproduksjon i 2060</b>	32%	19%	9%	40%	1,64

Fremstillingen vi nå har gitt, bygger på mange sterke forutsetninger. Vi har alt nevnt antagelsen om perfekt substituerbarhet mellom energikildene. Ettersom bruksområdet for energikildene kun delvis er sammenfallende, er dette en antagelse som ikke er helt realistisk. Et eksempel på dette er at mens kull, gass og andre energikilder benyttes mye til

elektrisitetsproduksjon og derfor kan betraktes som nære substitutter, brukes olje mye som drivstoff i transportsektoren. En konsekvens er at substitusjonseffekten mellom olje og resten av energikildene ikke er så stor, men et gunstig forhold gjør at konsekvensene for fremstillingen vår ikke blir så store. Som det fremgår av tabell 1 har olje i utgangspunktet en utslippsintensitet som ikke er svært forskjellig fra gjennomsnittlig utslippsintensitet og følgelig ville prisøkningen om en kun analyserte olje isolert, ikke være av en svært ulik størrelsesorden enn den vi ender opp med i vår fremstilling.

En annen faktor som kan problematiseres, er at vi bygger det fremtidige utslippeestimatet på dagens energitilgjengelighet. Både kull, gass og olje er ikke-fornybare ressurser, og det er forventet en økende knapphet på de to sistnevnte i løpet av NOKs modelleringsperiode. Det er imidlertid vanskelig å si noe helt sikkert om hvor store reservene vil være så langt frem i tid, og siden begge disse energikildene ikke ligger så langt ifra gjennomsnittlig utslippsintensitet, burde heller ikke dette gi dramatiske utslag i utslippsintensiteten.

Til sist kan vi nevne at vi har lagt til grunn at energietterspørsel bestemmes av aktivitetsnivået i økonomien snarere enn energipris. En kan imidlertid forestille seg at den generelle prisøkningen på energi vil føre til at mindre kvantum energi blir etterspurt, noe som kan føre til at produsentene må akseptere lavere energipris. I så fall ville det ikke være full avgiftsoverveltning på kundene, slik vi har antatt. Spesielt på lengre sikt, når bedriftene får tilpasset seg det høyere prisnivået på energi, ville det ikke vært urimelig å anta en reduksjon i etterspørselen. Dersom kostnadsøkningen hadde fått konsekvenser som lavere etterspørsel, ville også produsentpris blitt redusert.

I avsnittene over har vi beskrevet mulige konsekvenser av en avgiftsinnføring på utslippsintensitet. Enkelte av antagelsene vi har lagt til grunn, kan som nevnt problematiseres og påvirke resultatet av vår analyse. For å få et enda mer realistisk bilde av energisammensetning, og dermed utslippsintensitet, måtte vi gjort en dyptgående analyse som trolig ville krevd konstruksjon av en ny omfattende likevektsmodell. Vi nøyer oss derfor med å påpeke at en fullstendig behandling av temaet ideelt sett burde inkludert en slik analyse, og benytter resultatene fra den forenklete fremstillingen. Samtidig har vi i mente at faktorer vi ikke har inkludert, ville kunne påvirket resultatene våre.

Drøftingen vi har gjennomført ovenfor, har implikasjoner for hvordan inndata i NOK vil endres på flere områder. Siden Norge får store inntekter fra petroleumssektoren, vil endringer i produsentpris på olje og gass føre til forandringer i inntektene til petroleumsfondet. Norge

har også stor produksjon av vannkraft, og som et resultat av avgiftsinnføringen stiger produsentprisen på slike fornybare energikilder. Det innebærer en økning av verdien til Norges vannkraftressurser. Før vi gjør et forsøk på å kvantifisere effektene av avgiften på petroleums- og vannkraftressursene, vil vi se nærmere på hvordan økte produksjonskostnader påvirker produksjonen i de ulike sektorene i Norge. I tillegg har drøftingen implikasjoner for hvordan internasjonale priser og avkastning på FDI blir berørt. Det har imidlertid tett sammenheng med hvordan produksjonskostnadene i Norge endres og vil derfor behandles i etterkant av dette.

Oppsummert har vi kommet frem til at en kombinasjon av avgift og endring av produsentpriser vil innebære en lik prisøkning på energiforbruk uavhengig av energikilde. Senere i oppgaven skal vi beregne kostnadsøkningen CO<sub>2</sub>-avgiften fører til i de enkelte sektorene. Vi vil da basere beregningene på energiforbruk og ikke utslipp av CO<sub>2</sub> ettersom energiforbruket også fanger opp priseffekten. Når vi benytter energiforbruk, gjør vi implisitt en antagelse om at alt utslipp av CO<sub>2</sub> skyldes forbruk av energi. Det stemmer ikke helt med virkeligheten, men som forklart kan vi ikke benytte statistikk for utslipp av CO<sub>2</sub> direkte siden det ikke tar hensyn til alternativkostnaden. Det er også urealistisk å få gjennomført en dekomponering av CO<sub>2</sub>-utslipp i ulike sektorer avhengig av om det er forårsaket av energiforbruk eller andre faktorer. Antagelsen er dessuten relativt uproblematisk å forsvare siden en så stor andel som 90 % av menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslipp skyldes nettopp forbrenning av fossile energikilder<sup>28</sup>.

## 6.2 Energibruk fordelt etter sektorer

For å beregne hvor mye kostnadsøkningen vil utgjøre i hver sektor, trenger vi energimengden som brukes i de enkelte sektorene. Som utgangspunkt for å tallfeste denne energibruken har vi brukt energiregnskapet for 2006<sup>29</sup>. Dette regnskapet oppgir energibruken til de ulike næringene og for hver enkelt bransje for industriens vedkommende. Som i NOK tar vi med tall for alle næringer utenom boligjenester.

---

<sup>28</sup> ESPERE

<sup>29</sup>SSB. Energiregnskap

Når vi skal fordele næringenes energibruk til de ulike sektorene må vi først gruppere næringene i henholdsvis skjermet og konkurranseutsatt virksomhet. Vi bruker her samme inndeling som i NOK. Der fordeles næringene, eller andeler av disse, til skjermet eller konkurranseutsatt sektor etter en gjennomgang og vurdering av hvor skjermet de er i dag og hvor skjermet de kan tenkes å bli etter hvert som globaliseringen øker. Fordelingen mellom konkurranseutsatt og skjermet virksomhet er vist i tabell 4.

**Tabell 4: Konkurranseutsatt og skjermet andel av produksjonen**

	Konkurranseutsatt del	Skjermet del
Fiske, fangst og fiskeoppdrett	100 %	0 %
Bergverksdrift	100 %	0 %
Nærings- og nytelsesmiddelindustri	100 %	0 %
Tekstil- og bekledningsindustri	100 %	0 %
Trelast- og trevareindustri	100 %	0 %
Oljeraff., kjem. Og mineralisk industri	100 %	0 %
Verkstedindustri	100 %	0 %
Møbelindustri og annen industri	100 %	0 %
Bygge- og anleggsvirksomhet	10 %	90 %
Varehandel, reparasjon av kjøretøyer	10 %	90 %
Hotell- og restaurantvirksomhet	40 %	60 %
Transport ellers	30 %	70 %
Forlag og grafisk industri	100 %	0 %
Bygging av skip og oljeplattformer	100 %	0 %
Post og telekommunikasjon	70 %	30 %
Finansiell tjenesteyting	70 %	30 %
Forretningsmessig tjenesteyting	40 %	60 %
Undervisning	5 %	95 %
Treforedling	100 %	0 %
Kjemiske råvarer	100 %	0 %
Metallindustri	100 %	0 %
Kraftforsyning	50 %	50 %
Utenriks sjøfart	100 %	0 %
Jordbruk og skogbruk	0 %	100 %
Vannforsyning	0 %	100 %
Offentlig administrasjon og forsvar	0 %	100 %
Helse- og sosialtjenester	0 %	100 %
Andre sosiale og personlige tjenester	0 %	100 %

Bjorvatn et al. (2007) har foretatt en oppdeling av konkurranseutsatt virksomhet i de tre hovedsektorene kapitalintensiv, kunnskapsintensiv og arbeidsintensiv sektor. Denne oppdelingen er nødvendig for å kunne finne energibruken (og deretter kostnadspåslaget) innenfor hver sektor og ikke bare for konkurranseutsatt sektor som helhet. Oppdelingen er vist i tabell 5.

**Tabell 5: Konkurransetsatt virksomhet**

**Arbeidsintensive bransjer**

Fiske, fangst og fiskeoppdrett  
Bergverksdrift  
Nærings- og nytelsesmiddelindustri  
Tekstil- og bekledningsindustri  
Trelast- og trevareindustri  
Oljeraff., kjem. Og mineralsk industri  
Verkstedindustri  
Møbelindustri og annen industri  
Bygge- og anleggsvirksomhet  
Varehandel, reparasjon av kjøretøyer  
Hotell- og restaurantvirksomhet  
Transport ellers

**Kunnskapsintensive bransjer**

Forlag og grafisk industri  
Bygging av skip og oljeplattformer  
Post og telekommunikasjon  
Finansiell tjenesteyting  
Forretningsmessig tjenesteyting  
Undervisning

**Kapitalintensive bransjer**

Treforedling  
Kjemiske råvarer  
Metallindustri  
Kraftforsyning  
Utenriks sjøfart

Med fordelingen av næringene og bransjene på skjermet sektor og de tre hovedkategoriene av konkurransetsatt sektor har vi et godt utgangspunkt for fordelingen av energibruken i sektorene. Fra energiregnskapet finner vi hvor mye energi de ulike næringene bruker. I noen av tilfellene er energibruken oppgitt samlet for to næringer. For eksempel er energibruken til landbruksnæringen og fiskerinæringen oppgitt sammen. Når dette er tilfellet for næringer som inngår i ulike sektorer, har vi fordelt den totale energibruken på næringene etter kapitalbruk. Dette har vi gjort siden det synes å være en tett sammenheng mellom kapital- og energibruk.

Når det gjelder energibruken i landbruksnæringen og fiskerinæringen har vi måttet fordele denne mellom arbeidsintensiv sektor og skjermet sektor. Grunnen til det er at fiskerinæringen inngår 100 % i arbeidsintensiv sektor, mens landbruksnæringen er 100 % skjermet. Andre næringer hvor vi har måttet foreta en fordeling etter kapitalbruken, er finansiell tjenesteyting og forretningsmessig tjenesteyting<sup>30</sup>, og varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet. Både

<sup>30</sup> Energibruken oppgis som energibruken i privat tjenesteyting i energiregnskapet

finansiell og forretningsmessig tjenesteyting er kapitalintensive næringer, men siden de i ulik grad er konkurranseutsatte, har vi måttet foreta en fordeling av energibruken mellom disse næringene. Det samme gjelder for varehandel og hotell- og restaurantvirksomhet som er arbeidsintensive næringer.

Når vi nå har energibruken for hver av næringene, kan vi videre fordele disse størrelsene til de ulike sektorene etter inndelingen som er beskrevet over. Oversikt over energibruken i sektorene er vist i tabell 6.

<b>Tabell 6: Energibruk målt i GWh</b>		
	<b>Konkurranseutsatt del</b>	<b>Skjermet del</b>
<b>Arbeidsintensive bransjer</b>		
Fiske, fangst og fiskeoppdrett	1502	-
Bergverksdrift	1233	-
Nærings- og nytelsesmiddelindustri	4695	-
Tekstil-, verksted- og møbelindustri	4826	-
Trelast- og trevareindustri	1810	-
Oljeraff., kjem. Og mineralsk industri	8014	-
Bygge- og anleggsvirksomhet	337	3029
Varehandel, reparasjon av kjøretøyer	784	7060
Hotell- og restaurantvirksomhet	882	1323
Transport ellers	9305	21711
<i>Samlet energibruk</i>	<i>35204</i>	<i>33206</i>
<b>Kunnskapsintensive bransjer</b>		
Forlag og grafisk industri	-	-
Bygging av skip og oljeplattformer	-	-
Post og telekommunikasjon	1640	703
Finansiell tjenesteyting	1646	705
Forretningsmessig tjenesteyting	2990	4485
Undervisning	-	-
<i>Samlet energibruk</i>	<i>6275</i>	<i>5893</i>
<b>Kapitalintensive bransjer</b>		
Treforedling	10879	-
Kjemiske råvarer	33321	-
Metallindustri	35244	-
Kraftforsyning	2622	2622
Utenriks sjøfart	46065	-
<i>Samlet energibruk</i>	<i>128131</i>	<i>2622</i>
<b>Andre skjermede bransjer</b>		
Jordbruk og skogbruk	-	7835
Vannforsyning	-	-
Offentlig forvaltning	-	9096
<i>Samlet energibruk</i>	<i>-</i>	<i>16931</i>
<b>Totalt energibruk</b>	<b>169610</b>	<b>58651</b>

Basert på beregningene over har vi et anslag på energiforbruket i både skjermet, kapital-, kunnskaps- og arbeidsintensiv sektor. Vi har nå de størrelsene vi trenger for å være i stand til å beregne kostnadene en CO<sub>2</sub>-avgift vil innebære for de enkelte sektorene. Ved å multiplisere energiforbruk i hver sektor med estimatet på CO<sub>2</sub>-avgift/GWh, skapes et bilde av hvor mye de samlede kostnadene i hver sektor øker. Siden CO<sub>2</sub>-avgiften er oppgitt i dollar, må vi regne om til norske kroner for å gjøre resultatene sammenlignbare med tallene i modellen vår.

### 6.3 Kostnadsøkningen i de ulike sektorene

I NOK oppgis produksjonsverdi i hver av sektorene. Siden det er konstant skalautbytte og vi opererer i frikonkurranse, tilsvarer produksjonsverdien kostnadene. Det gir oss mulighet til å finne hvor stor prosentvis kostnadsøkning avgiften innebærer for hver av sektorene. For et konstant forhold mellom energiforbruk og produksjonsverdi vil kostnadsøkningen være hhv. 0,90, 0,20, 5,64 og 0,28 % i arbeidsintensiv, kunnskapsintensiv, kapitalintensiv og skjermet sektor. Dette fremgår også av tabell 7. Som vi tydelig ser av disse resultatene, er det den kapitalintensive sektoren som i størst grad påvirkes av avgiften.

Tabell 7: Miljøavgift relativt til produksjonsverdi

	Energi (GWh)	Kostnad (\$)	Kostnad (NOK)	Produksjonsverdi i opprinnelig NOK- modell	Miljøavgift/ produksjons- verdi
<b>Arbeidsintensiv sektor</b>	33 387	203 478 560	1 424 349 922	159 000 000 000	0.90 %
<b>Kunnskapsintensiv sektor</b>	6 275	38 244 999	267 714 993	134 000 000 000	0.20 %
<b>Kapitalintensiv sektor</b>	128 131	780 891 332	5 466 239 326	97 000 000 000	5.64 %
<b>Skjermet sektor</b>	58 568	356 942 223	2 498 595 561	902 000 000 000	0.28 %

Vi har nå funnet kostnadsøkningen i sektorene som følger av en avgift på 30\$/tCO<sub>2</sub>. Ettersom avgift per tonn CO<sub>2</sub> innføres og utslippsintensiteten reduseres i løpet av perioden vi ser på, justerer vi kostnadsøkningene deretter. Når vi skal implementere kostnadsøkningene i NOK, tar vi utgangspunkt i kostnadskoeffisientene. Som skrevet i modellbeskrivelsen i 4.1. har vi en kostnadskoeffisient for hver sektor som oppskalerer kostnadene i de ulike sektorene. Ved å øke disse med de prosentvise kostnadsøkningene for hver av sektorene får vi nye kostnadskoeffisienter som tar hensyn til CO<sub>2</sub>-avgiften.



## 7 Endringer på verdensbasis

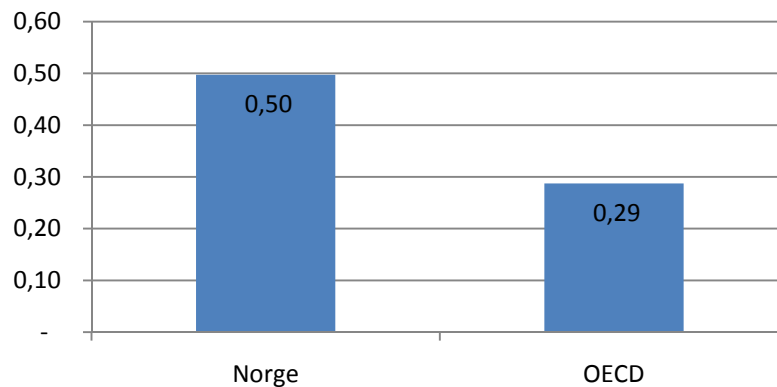
Innføring av en CO<sub>2</sub>-avgift vil påvirke norsk økonomi på flere måter. Hittil har vi fokusert på påvirkningen gjennom økte produksjonskostnader i de ulike sektorene innenlands. Avhengig av i hvilken grad avgiftssystemet blir innført også i resten av verden, vil produksjonen også der bli fordyret. Legger vi til grunn at en global avtale blir satt i verk, vil produksjonskostnadene stige overalt. Da vil verdensprisene som Norge tar for gitt, stige samtidig som avkastningen på Norges fremmedinvesterte kapital kan bli skadelidende. Det å tallfeste endringene – som inngår eksogent i NOK – er en utfordrende oppgave siden størrelsene er svært komplekse og påvirkes av flere forhold som kan dra i ulik retning. Vi ønsker derfor å åpne for flere måter å gjøre dette på, og vil siden komme inn på et alternativt scenario. Det vi i det følgende vil presentere, er basisscenariet vårt.

### 7.1 Utvikling av verdensprisene

Verdensprisene Norge tar for gitt, er bestemt av grensekostnadene ved produksjon i OECD. Når grensekostnadene stiger, stiger verdensprisene like mye. Nøyaktig hvor mye OECDs grensekostnader øker, avhenger både av prisen på CO<sub>2</sub>, området energiintensitet og de relative tilbuds- og etterspørselastisitetene i de ulike sektorene. I et kvotemarked hvor også OECD inngår, vil prisen på CO<sub>2</sub> i Norge og OECD være den samme. Denne prisen diskuterte vi i 5.3. I dette avsnittet vil vi derfor diskutere de to andre determinantene til kostnads- og dermed prisøkningen.

Den første determinanten er energiintensiteten. Dersom et land har høyere energiintensitet enn andre land, vil landet oppleve en høyere kostnadsøkning. Energiintensiteten kan defineres som hvor mye energi som benyttes til produksjon av en enhet. En mulig fremgangsmåte for å sammenligne energiintensiteten i ulike land, er å dele energiforbruket på BNP, hvor BNP er et mål på produksjonsverdi. Ved å bruke data fra hhv. CIA World Factbook og IMF, kan vi regne ut forholdet for Norge og OECD. Vi finner at energiintensiteten i Norge er 73 % høyere enn i OECD, og følgelig kunne man tenke seg at kostnadsøkningen i OECD vil være tilsvarende mindre enn i Norge for de tre sektorene hvor det foregår verdenshandel.

**Figur 20: Energibruk (kWh) målt i forhold til BNP**



Kilde: CIA World Factbook og IMF

Forskjeller i hvor stor andel sektorene utgjør i ulike land, gjør det imidlertid vanskelig å benytte energiforbruk/BNP direkte. Eksempelvis kan forskjellen i energiintensitet mellom Norge og OECD skyldes at Norge har relativt mer kapitalintensiv og energikrevende industri enn OECD, slik SSB antyder<sup>31</sup>. Et godt mål på energiintensitet bør altså sammenligne energiforbruk og produksjon på sektornivå i ulike land. Ettersom det er vanskelig å finne statistikk for energiforbruk og produksjon i verdens land fordelt etter sektorinndelingen vi benytter, byr det på store utfordringer å finne et slikt mål. Vi er derfor henvist til andre metoder for å vurdere forskjeller i kostnadseffekten.

Kapital- og arbeidsintensiv sektor er de to sektorene som både har signifikant energiforbruk og som produserer varer som handles internasjonalt. Det er altså forskjeller i energiintensiteten i disse sektorene i ulike land som kan innebære ulik kostnadsøkning i Norge i forhold til resten av verden. Produksjonen av varene som inngår i disse sektorene, baserer seg hovedsakelig på velkjent teknologi. Et resultat av dette er at det er lite grunnlag for å anta at det er betydningsfulle forskjeller i energiforbruk i produksjonen av samme vare i ulike land. Forskjeller i utslipp pr BNP må derfor hovedsakelig skyldes forskjeller i hvilken produksjon som foregår i de ulike landene, og ikke forskjell i utslipp i produksjonen av samme varer. En konsekvens av denne antagelsen er at kostnadsøkningen innenfor hver sektor vil være den samme i Norge som i OECD.

Den andre determinanten for størrelsen på prisøkningen er produsentens mulighet til å velte avgiften over på konsumentene i form av økte priser. Det bestemmes, som fremhevet i teoridelen, av relativ helning på tilbuds- og etterspørselskurvene.

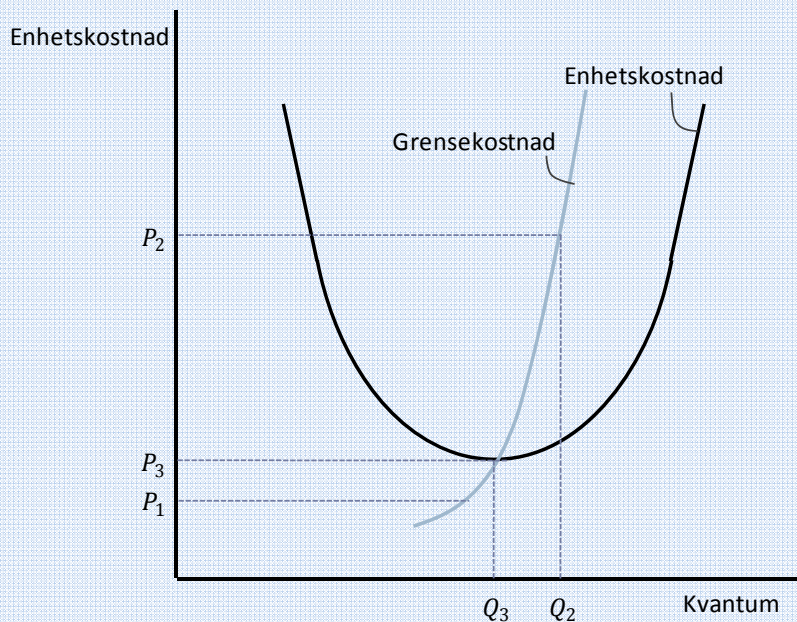
<sup>31</sup> SSB. Energi

I NOK antas det konstant skalautbytte i produksjonen innenfor de fleste sektorene. Dette innebærer at hver sektor i Norge står overfor konstante grensekostnader. I praksis betyr det at produksjonsmengden i den enkelte sektor kan økes eller reduseres i betydelig grad uten at det får betydning for produktiviteten, og at vi vil ha flate tilbudskurver. Boks 2 illustrerer dette ved å bruke aluminiumsbransjen som eksempel. Den utgjør en betydningsfull del av norsk kapitalintensiv sektor. Selv om Norges tilbudskurve vil være flat, legger NOK ikke restriksjoner på hvorvidt produksjon i verden er like energiintensiv som produksjon i Norge. Vi har som skrevet ikke data på energiintensiteten i de ulike sektorene i verden, og har derfor i vårt basisscenario valgt å anta at verdens tilbudskurve tilsvarer den norske. I et alternativt scenario som vi beskriver i kapittel 8, vil vi likevel åpne for at det i Norge produseres varer fra kraftintensiv industri på en mindre energiintensiv måte enn verden, slik det blir hevdet av enkelte. Alternativscenarioet beskrives i mer detalj siden.

Når tilbudskurven er flat, slik det er rimelig å anta for arbeids- og kapitalintensiv sektor, vil en avgift belastes konsumentene fullt ut i form av en prisøkning. Ettersom vi både har konkludert med at verden opplever en like stor kostnadsøkning som Norge og at hele kostnadsøkningen belastes konsumentene, får vi et resultat hvor verdensprisene i kroner stiger like mye som produksjonskostnadene til norske produsenter.

## **Boks 2: Et eksempel: Aluminiumsbransjen**

Produktene fra aluminiumsbransjen er relativt homogene, og oppfattes som like for kunden. Teknologien som brukes, er velkjent og lett tilgjengelig, og produksjonen kan utføres omtrent hvor som helst i verden. Selv om de ulike anleggene kan ha ulikt design eller alder er det likevel lite sannsynlig at dette vil ha stor betydning for produktiviteten. I fortsettelsen ser vi derfor bort i fra mulige forskjeller, men vil åpne for at slike forskjeller kan eksistere i noen grad i det alternative scenarioet. Det at teknologien er veldefinert og tilgjengelig innebærer at enhetskostnadene til de ulike verkene er like. Figuren under viser tilbudt kvantum fra et av verkene med utgangspunkt i enhetskostnadskurven. Figuren viser at enhetskostnadskurven er U-formet. Til venstre for bunnpunktet er grensekostnaden av å produsere en ekstra enhet aluminium mindre enn gjennomsnittskostnaden. Det innebærer at enhetskostnaden vil synke dersom man velger å produsere en ekstra enhet aluminium. Til høyre for bunnpunktet vil grensekostnaden imidlertid være høyere enn gjennomsnittskostnaden, og enhetskostnaden vil øke dersom man produserer en ekstra enhet aluminium. I selve bunnpunktet er grensekostnaden lik gjennomsnittskostnaden.

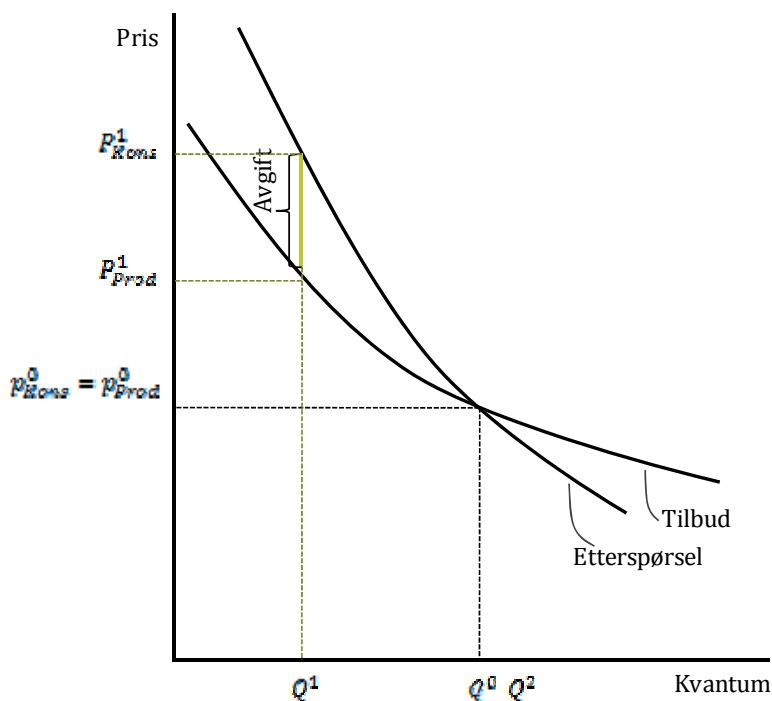


Aluminiumsprodusenter har liten eller ingen markedsrett og kan derfor ikke påvirke markedsprisen for aluminium. Produsentene vil derfor tilpasse produksjonsvolumet sitt slik at hvert anlegg produserer det kvantum som gir grensekostnad lik pris. Et unntak er dersom pris er lavere enn de minimale enhetskostnadene, og produksjon og salg gir tap. Da vil bedriftene naturligvis ikke produsere i det hele tatt. I Figuren over er dette til venstre for bunnpunktet av enhetskostnadskurven. Dersom prisen for eksempel er  $P_1$ , vil aluminiumsverket legges ned siden prisen ikke dekker enhetskostnaden. For priser høyere enn de minimale enhetskostnadene vil produsenten tilpasse seg slik at hvert verk produserer det kvantum som gir grensekostnad lik pris. I disse tilfellene kan vi enkelt finne produsert kvantum ved hjelp av figuren. En pris lik  $P_2$  vil gjøre at bedriftene velger å produsere et kvantum på  $Q_2$ . Her er prisen høyere enn grensekostnaden og det vil oppstå merprofitt i sektoren. Profittpotensialet i frikonkurransemarkedet gjør at det blir etablert flere produksjonsanlegg, og konkurransen øker. Økt konkurranse fører i sin tur til at prisen presses nedover. Det vil bli etablert nye anlegg helt til prisen er blitt presset så langt ned at det ikke er profitt i markedet lenger. Dette inntreffer når grensekostnad (og pris) er lik enhetskostnaden, altså i bunnpunktet av enhetskostnadskurven i figuren. Her er pris lik  $P_3$ , og produsert kvantum fra anlegget er  $Q_3$ .

Når vi finner at det er konstant skalautbytte i aluminiumssektoren, er det på bakgrunn av resultatet over som viste at alle produsentene i likevekt minimerer enhetskostnadene. Vi kan replisere enhetskostnadskurven for alle aluminiumsverkene som finnes i markedet. Summen av bunnpunktene representerer da tilbudt kvantum fra alle anleggene, og det danner en langsiktig, horisontal tilbudskurve.

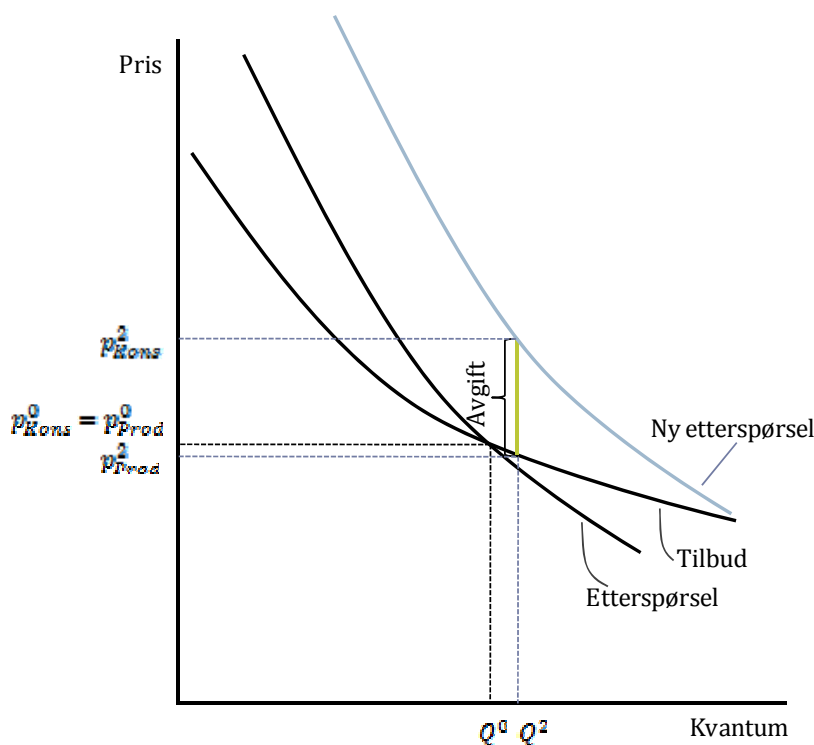
I kunnskapsintensiv sektor stiller saken seg noe annerledes ettersom det finnes eksterne skalafordeler tilknyttet aktivitet i denne sektoren. Det innebærer at enhetskostnadene synker når størrelsen på sektoren øker. Innføring av en avgift også i en bransje med stigende skalautbytte, vil føre til en kile mellom produsent- og konsumentpris og lavere produsert

kvantum. Til forskjell fra i de andre sektorene vil kvantumsreduksjonen innebære høyere produksjonskostnader, slik vi har illustrert i figur 21. Dersom prisen på kunnskapsintensive varer ble fastsatt i Norge, ville det ha innebåret at prisen i tillegg til å øke med avgiften også ville økt med den kostnadsøkningen forårsaket av kvantumsreduksjonen.



**Figur 21:** Effekt av avgift på sektor med synkende tilbudskurve

Nå fastsettes imidlertid prisen internasjonalt. Derfor er det viktig for prisfastsettelsen i hvilken grad avgiftsinnføringen innebærer endringer i konsentrasjonen, og derigjennom det internasjonale kostnadsnivået. Det er grunn til å anta at redusert konsentrasjon av kunnskapsintensiv sektor i andre deler av OECD vil innebære høyere kostnader slik det gjør i Norge. Dersom kunnskapsintensiv bransje internasjonalt er organisert på tilsvarende måte som i Norge, skulle en forvente en prisøkning som er større enn avgiften. På den annen side må vi ta høyde for konsekvensene av at kunnskapsintensiv sektor har en lavere avgiftsbelastning enn de andre sektorene. Det kan føre til et internasjonalt, positivt skift i etterspørselen etter kunnskapsintensive varer og tjenester siden forbrukerne substituerer seg bort fra produktene i andre sektorer. Som vist i figur 22 kan det innebære at prisen ikke vokser med mer enn avgiften.



Figur 22: Effekt av økt etterspørsel etter kunnskapsintensive varer

Et annet forhold som taler for at prisen ikke vokser mer enn avgiften, er modelleringen av verdensprisene i NOK. Utviklingen av prisen på kunnskapsintensive varer i simuleringsperioden, gir oss informasjon om hva slags struktur som legges til grunn for kunnskapsintensiv sektor internasjonalt. I tidsrommet fra 2005 til 2060 er den eksogene prisen på kunnskapsintensive varer utregnet som et gjennomsnitt av prisen i kapital- og arbeidsintensiv bransje. Det er således lite som indikerer at den konsentrasjonsøkningen og tilhørende kostnadsreduksjonen man observerer i Norge og må forvente å observere andre steder i OECD i det samme tidsrommet, fører til et redusert internasjonalt prisnivå. En følge av resonnementet er at det skulle være rimelig trygt å anta at heller ikke konsentrasjonsendringen (kostnadsøkning) som skyldes CO<sub>2</sub>-avgiften, vil føre til økte internasjonale priser. Som i de andre sektorene er det imidlertid grunn til å tro at den direkte avgiftskostnaden vil bli veltet over på kundene i form av høyere pris. Resultatet blir derfor at også den internasjonale prisen i kunnskapsintensiv sektor øker med samme faktor som kostnadene.

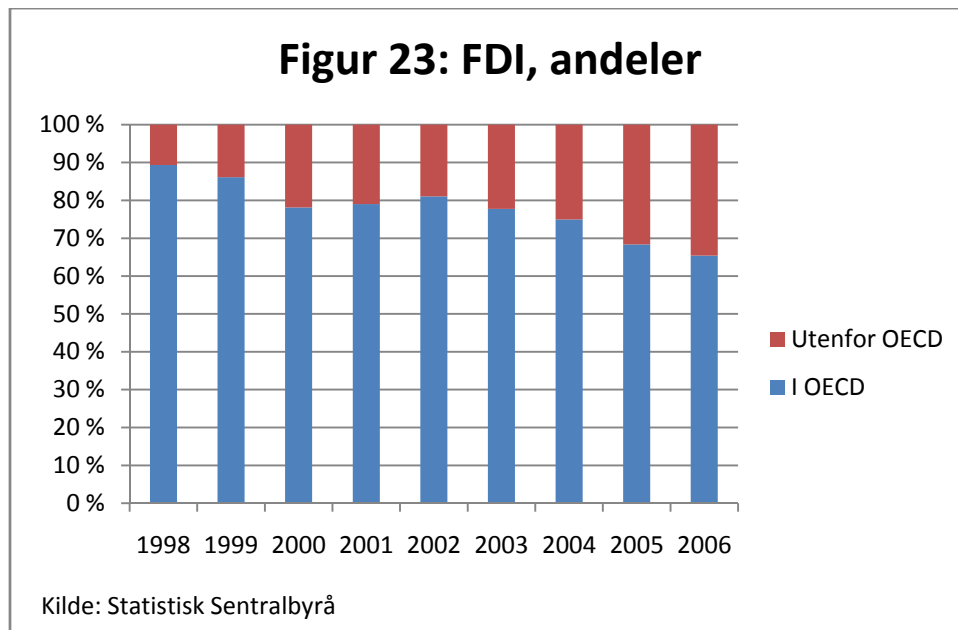
Oppsummert vil OECD ha samme avgift som i Norge og hver sektor i området vil være like energiintensiv som tilsvarende sektor i Norge. Siden det er konstant skalautbytte innenfor de

energiintensive sektorene, vil konsumentene betale for hele merutgiften som følger miljøavgiften. Dette antar vi også for den kunnskapsintensive sektoren hvor det ikke er konstant skalautbytte. Til sammen vil kostnadsøkningen i kroner være den samme for OECD som for Norge. Siden NOK antar at Norge i utgangspunktet befinner seg i langsiktig likevekt, vil de marginale kostnadene i Norge være lik verdensprisene, og dermed også de marginale kostnadene i OECD. Det betyr at kostnadsøkningen i OECD vil være prosentvis lik den i Norge. Verdensprisene er som skrevet lik OECDs marginalkostnader. I vår modellering justerer vi derfor verdensprisene i OECD med samme faktor som kostnadsøkningen i Norge.

## **7.2 Utvikling av avkastning på investeringer i utlandet**

Forandringer i verdensprisene åpner i utgangspunktet for at avkastningsmulighetene i de ulike bransjene kan endres. Siden vi for OECD har at hele miljøavgiften belastes konsumentene, vil produsentprisene i området ikke endres. Kapitalavkastning er en funksjon av lønn og pris, slik det fremgår av figur 11. Uendrede produsentpriser innebærer dermed at langsiktig avkastning på kapital investert i OECD, heller ikke endres. I det følgende drøfter vi hvilken innflytelse det har på FDI-avkastningen at noe FDI går til land utenfor OECD.

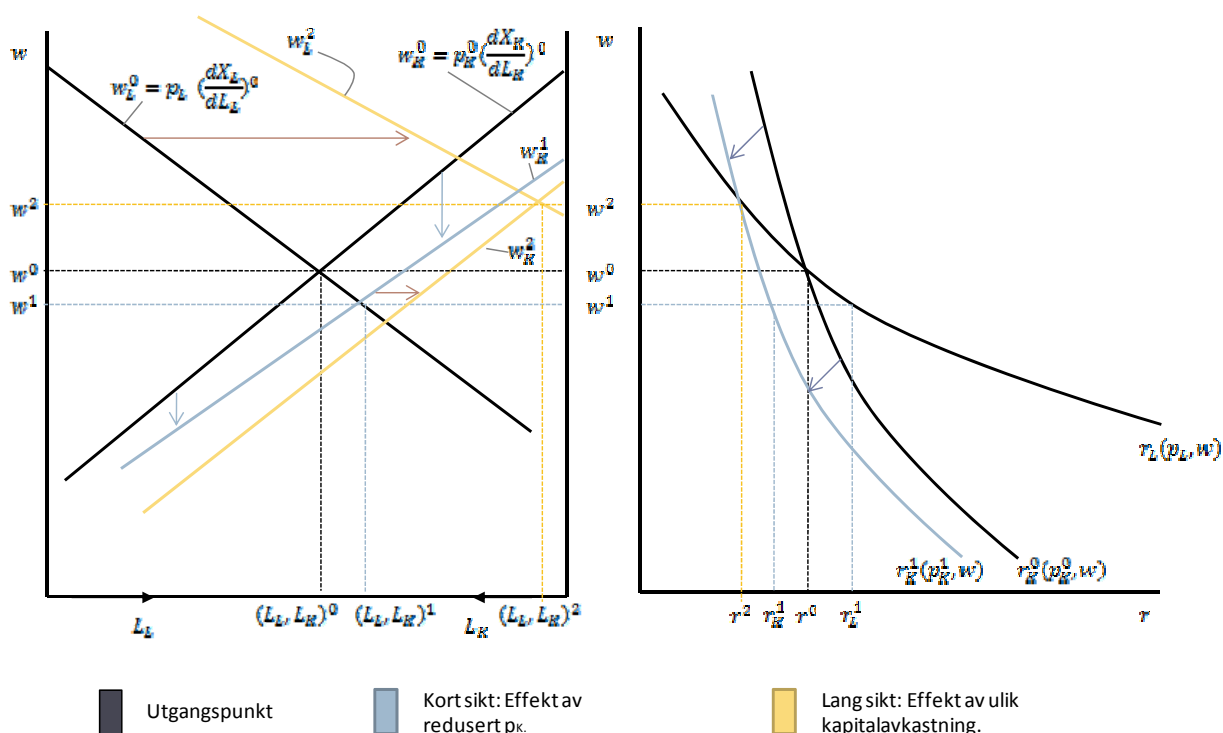
Selv om størsteparten av Norges fremmedinvesterte kapital finnes i OECD, tar utenforliggende land opp en stadig voksende andel. I land hvor det kapitalistiske systemet ikke fungerer så godt, er det rimelig at kunnskap om produksjonsprosesser ikke flyter like lett som det vi legger til grunn når vi antar konstant skalautbytte. Det er derfor muligheter for at det ikke foregår full kostnadsoverveltning på konsumentene, og at produsenter blir påtvunget prisreduksjoner for varene sine. I det følgende vil vi diskutere hvordan og om prisreduksjoner slår ut i endringer i avkastningen på Norges fremmedinvesteringer når vi tar hensyn til den kapitalen som investeres i områder som ikke er integrert i ”verdensøkonomien”. Først diskuterer vi dette på generell basis og går deretter videre til å peke på særtrekk ved de aktuelle landene som kan påvirke utviklingen av kapitalavkastningen.



Når en bransje blir påtvunget en prisreduksjon, følger det at avkastningsmulighetene på kapital investert i bransjen, vil reduseres. Siden en prisreduksjon også medfører en reduksjon i verdien av innsatsfaktorenes grenseproduktivitet, vil i tillegg bransjens etterspørsel etter innsatsfaktorer reduseres. På kort sikt (så lenge kapitalen er låst i en bransje) vil disse endringene føre til at kapitalen i bransjen som er pålagt en prisreduksjon, vil kaste *mindre* av seg. Kapitalen som sysselsettes i andre bransjer, vil imidlertid på kort sikt kaste *mer* av seg. Det henger sammen med at avkastningsmulighetene deres er uberørt samtidig som etterspørselsreduksjonen fra første bransje fører til billigere innsatsfaktorer. Oppsummert vil det oppstå forskjeller i kapitalavkastning mellom bransjer. Bransjen med lavere kapitalavkastning vil da ikke være attraktiv for nyinvesteringer, og på sikt reduseres på bekostning av andre bransjers ekspansjon. Denne prosessen vil pågå inntil kapitalavkastning ikke lenger avhenger av hvilken bransje det investeres i. Selv om kapitalavkastningen i bransjen som opplevde en prisreduksjon, gikk ned på kort sikt, trenger ikke den langsiktige kapitalavkastningen å være redusert. Det avhenger av om bransjen er mer kapitalintensiv enn andre bransjer eller ikke.



En miljøavgift vil, som diskutert tidligere i forbindelse med kostnadsøkninger i Norge, først og fremst ramme kapitalintensiv produksjon. Når kapitalintensiv sektor reduseres, vil økonomiens andre innsatsfaktorer trekkes mot bransjer som trenger mindre kapital per andre innsatsfaktorer. Hvis andre innsatsfaktorer finnes i begrenset mengde, vil en slik sektorvridning medføre redusert etterspørsel etter kapital, og dermed vil også den langsiktige avlønningen til kapital reduseres. Utviklingen på kapitalavkastningen som følge av en prisreduksjon, er illustrert i figur 24.

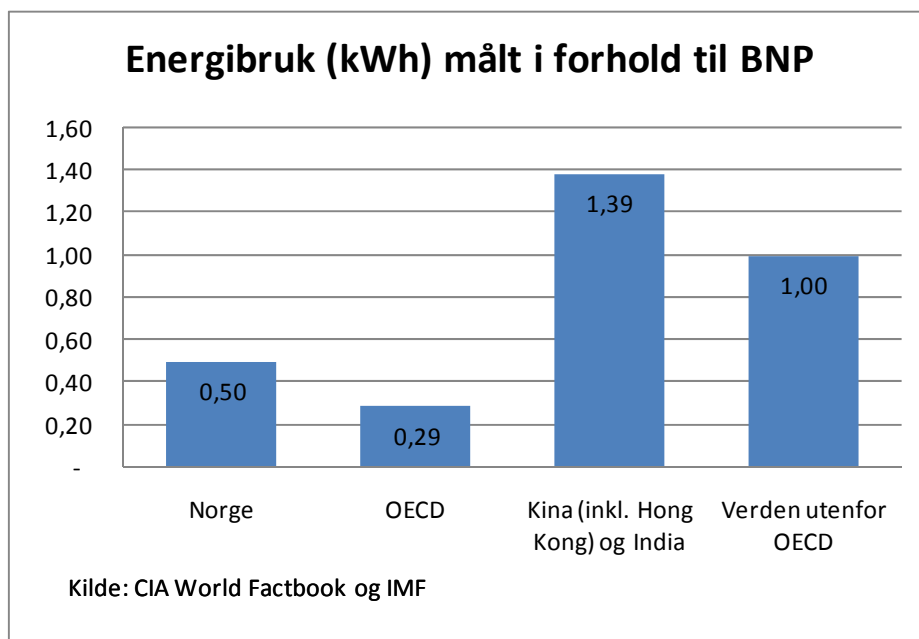


**Figur 24:** Denne figuren viser hvordan en prisreduksjon for produsenter i kapitalintensiv bransje vil føre til at avkastningen på kapital investert i kapitalintensiv sektor reduseres både på kort og lang sikt. I arbeidsintensiv sektor øker kapitalavkastningen på kort sikt, men på lang sikt reduseres den – også i forhold til utgangspunktet.

Dersom vi tror på en historie som sier at innføringen av miljøavgifter i utlandet kan medføre en reduksjon på kapitalavkastningen der, må vi ta hensyn til dette i vår versjon av NOK. Det må vi gjøre fordi forskjellen mellom denne størrelsen og avkastningen på investeringer foretatt i Norge påvirker Norges avveining mellom å investere hjemme eller ute. En unnlattelse av å korrigere vil føre til at en feilaktig stor andel av norsk sparing forsvinner ut av landet. I resten av dette avsnittet vil vi peke på særtrekk ved land utenfor OECD som kan påvirke utviklingen av kapitalavkastningen.

Avkastningsendringen i utlandet vil for det første kunne bli påvirket av faktorintensitet i produksjon. Den relativt store tilgangen på arbeidskraft i kapitalfattige land utenfor OECD, gjør ikke bare at arbeidsintensiv sektor er godt representert, men også at hver sektor bruker relativt mye arbeidskraft. Jordbruk er for eksempel betraktelig mindre kapitalintensivt i utviklingsland enn i Norge. Stor arbeidsintensitet i produksjonen gir relativt lite produktive arbeidere. En prisreduksjon i forurensingsintensiv (kapitalintensiv) bransje gjør derfor endringer i arbeidernes lønn små på kort sikt. Med mindre forskjellen mellom arbeidsintensiteten på tvers av sektorer i landet er stor, vil da ikke flukten av kapital fra den avgiftspålagte sektoren være spesielt stor, og det vil heller ikke være en stor reduksjon i etterspørselen etter kapital relativt til andre innsatsfaktorer. Reduksjonen i kapitalavkastning som følge av prisreduksjonen, kan derfor tenkes å være relativt beskjeden.

På den annen side preges produksjonen i land utenfor OECD av høyt energiforbruk. Tall fra hhv. CIA World Fact Book og IMF tyder på at energiintensiteten, målt i kWh over BNP, er dobbelt så høy som Norges og mellom tre og fire ganger så høy som OECDs sett under ett. For en gitt avgift vil høyere energiintensitet innebære at produksjonen blir ytterligere fordyret. Når ikke hele kostnaden kan veltes over på konsumentene, må produsentene belage seg på dårligere priser for sine produkter. Dette trekker i retning av at reduksjonen i kapitalavkastningen likevel er av en viss størrelsesorden.



**Figur 25:** Energibruk (kWh) målt i forhold til BNP

Effekten bør ikke overdrives. Sannsynligvis vil norske investorer i land utenfor OECD ikke legge seg på en linje som avspeiler den gjennomsnittlige energiintensiteten i dette området. Store norske multinasjonale aktører som StatoilHydro og Telenor legger for eksempel begge vekt på samfunnsansvar hvor miljøvennlig produksjon er en viktig bestanddel. StatoilHydro (2008) har ambisjon om å ”fortsett være en industrileder når det gjelder lav klimapåvirkning av våre aktiviteter” og Telenor (2009) har et uttalt mål om å ”decrease energy consumption, reduce CO<sub>2</sub> emissions and diminish the amount of waste we produce”. I tillegg kan det forventes at de mest utslippsintensive og minst energieffektive landene i verden blir vanskeligere å få med i et kvotesystem. I så fall kan kapitalavkastningen faktisk *øke* fordi den reduserte produksjonen av kapitalintensive varer i OECD-området gir et positivt etterspørselsskift etter kapitalintensive varer produsert andre steder.

Det finnes altså faktorer som taler både for og mot en endring i kapitalavkastning i land utenfor OECD. Det er vanskelig å tallfeste hvordan utviklingen vil være når vi tar hensyn til alle drivkreftene. Det er også verdt å merke seg at FDI til land utenfor OECD i stor grad tilhører gruppen vertikal FDI<sup>32</sup>. Vertikal FDI kjennetegnes ved at enkelte deler av verdikjeden innenfor et selskap flyttes til utlandet i jakt på billige innsatsfaktorer snarere enn for å sikre markedstilgang. En forutsetning for at vertikal FDI skal fungere, er at produksjonsenhetene det investeres i, er integrert i verdensmarkedet. Så lenge dette er tilfellet vil det være rimelig at produksjonsenhetene har samme egenskaper som tilsvarende enheter i OECD. I så fall vil kapitalavkastningen i land utenfor OECD være like upåvirket av en miljøavgift som kapitalavkastningen innenfor OECD.

På bakgrunn av diskusjonen i denne seksjonen, velger vi å *ikke* forandre den opprinnelige modelleringen av avkastning på utenlandske direkteinvesteringer. Det har først og fremst sammenheng med at størsteparten av Norges utenlandske direkteinvesteringer finnes i OECD hvor hele merkostnaden på energi, vil belastes konsumentene. Vi antar i tillegg at de investeringene som skjer utenfor OECD, skjer innenfor bedrifter som ligner på bedriftene innenfor OECD.

---

<sup>32</sup> Se for eksempel Blonigen (2005)

### 7.3 Ekstrinntekt i vannkraftsektoren

Vi har nå gått gjennom effektene en kostnadsøkning forårsaket av en CO<sub>2</sub>-avgift, vil ha for Norge, og deretter drøftet hvordan et globalt system vil forårsake endringer i verdensprisene. Vi har også sett at avkastningen på Norges FDI vil være upåvirket. Norge er rikelig utstyrt med naturressurser som vannkraft og petroleum, noe som innebærer at landet vil oppleve noen særegne endringer som følge av et globalt kvotesystem. I det følgende vil vi først ta for oss endringer i inntektene fra vannkraftsektoren og deretter drøfte hvordan inntektsstrømmen fra petroleumsnæringen vil påvirkes. Vi tar utgangspunkt i presentasjonen i 6.1, hvor vi noe stilisert beskrev hvordan prisene på ulike energikilder vil endre seg som følge av innføringen av CO<sub>2</sub>-avgiften. Hovedpoenget var at kostnaden ved bruk av alle energikilder pr energienhet vil oppleve en lik kostnadsøkning.

Når det gjelder vannkraftnæringen vil konsumentenes prisøkning i sin helhet tilfalle eierne av vannkraftressursene, ettersom vannkraftproduksjon praktisk talt ikke innbefatter utslipp av CO<sub>2</sub>. Å sette en pris på utslipp av CO<sub>2</sub>, innebærer dermed at grunnrenten knyttet til eierskap av ressurser som brukes i produksjon av CO<sub>2</sub>-fri energi, stiger. Effekten er på ingen måte unik for Norge, men topografien og klimaet i Norge har gitt grunnlag for stor vannkraftproduksjon, og som et resultat innebærer økningen i grunnrenten for Norge en ikke ubetydelig inntektsvirkning. For Norges vedkommende er eierne av kraftverkene først og fremst staten, og merinntekten fra kraftproduksjonen vil derfor tilfalle nordmenn<sup>33</sup>.

For å få et begrep om størrelsesordenen foretar vi noen beregninger: I et normalår produseres det i Norge 118 TWh<sup>34</sup> ved hjelp av vannkraft, og vi har tidligere regnet ut at en avgift på 30\$/tCO<sub>2</sub> i gjennomsnitt vil innebære en avgift på kr 42 573 per GWh. Som forklart tilfaller denne avgiften eierne av vannkraften i form av økte priser. Resultatet blir at Norge vil oppleve en inntektsøkning på omtrent 5 mrd kroner i løpet av ett år. Ettersom det ikke er grunn til å tro at en CO<sub>2</sub>-avgift blir avvirket dersom den først er innført, er dette en merinntekt Norge kan gå ut ifra vil vedvare i årene som kommer. Diskonterer man en årlig merinntekt på 5 mrd som en uendelig rekke med for eksempel en rente på 5 %, får man en nåverdi på 100 mrd. Til sammenligning har Statens pensjonsfond Utland i dag en størrelse på om lag 2300 mrd. Selv om verdien av økningen i grunnrenten langt fra antar dimensjoner som petroleumsinntektene, er en merinntekt på 100 mrd et klart uttrykk for at fornybar energi er verdifullt.

---

<sup>33</sup> Olje- og energidepartementet. Eiere og organisering i kraftsektoren

<sup>34</sup>SSB Elektrisitetsstatistikk

Som beskrevet er det grunn til å anta at merinntektene fra vannkraft er en inntektsstrøm som vil gjentas i årene som kommer. En løsning der man sparer inntektene i et fond og kun bruker avkastningen, er derfor ikke sannsynlig. Siden vi kan betrakte merinntekten som en uendelig strøm, kan man hvert år benytte merinntekten til de formål som er ønskelig. I modelleringen vår velger vi derfor hvert år å øke disponibel inntekt med merinntekten. For å modellere merinntekten i årene som kommer må vi imidlertid ta høyde for at vi over tid vil oppleve endringer i sammensettingen av energiproduksjonen. Som vi viste i tabell 3 vil gjennomsnittlig utslippintensitet i 2060 være 1,64 tCO<sub>2</sub>/toe etter å ha sunket fra 2,39 tCO<sub>2</sub>/toe i 2005. Følgelig vil gjennomsnittlig CO<sub>2</sub>-avgift og merinntekten bli litt redusert i årene frem mot 2060.

#### **7.4 Petroleumssektoren**

Vi fortsetter med drøfting av hvordan petroleumsinntektene og -formuen vil bli påvirket. Som tabell 1 og drøftingen i 6.1 viser, er utslipp pr energimengde for gass (2,26 tCO<sub>2</sub>/toe) kun noe lavere enn hva som er gjennomsnittet for alle energikilder (2,39 tCO<sub>2</sub>/toe). Tilsvarende er utslipp for olje (2,67 tCO<sub>2</sub>/toe) heller ikke svært mye høyere enn gjennomsnittet. Med bakgrunn i drøftingen av effektene av en CO<sub>2</sub>-avgift, skulle en forvente at produsentprisen på en energikilde med gjennomsnittlig mengde utslipp ikke vil endres. Dermed skulle de relativt små avvikene fra gjennomsnittlig utslipp antyde mindre dramatiske endringer i produsentprisene – positive for gass og negative for olje.

På norsk sokkel hentes det opp både olje og gass fra havbunnen. At endringene i produsentprisene trekker i ulik retning, bidrar til at betydningen av CO<sub>2</sub>-avgiften på de norske petroleumsinntektene blir redusert. Hittil har oljeutvinningen gitt størst inntekter, og det er derfor fornuftig å forvente en nedgang i petroleumsinntektene de første årene. Over tid er det ventet at fordelingen mellom produksjon og dermed inntekter vil forskyve seg i retning av gass, noe som en skulle forvente ville ha en positiv effekt på petroleumsinntektene. Som beskrevet i 6.1 fører imidlertid endringene i sammensettingen av energikilder til at gjennomsnittlig utslipp synker. Som et resultat vil også produsentprisen på gass bli redusert, og i 2060 vil prisen ifølge våre beregninger være 7 % lavere enn i utgangspunktet. Lavere produsentpriser på gass innebærer en negativ utvikling i petroleumsinntektene på litt lengre sikt.

To årsaker er likevel avgjørende for at vi vil benytte en modellering uten endringer i petroleumsinntektene tross at det generelt synes å være en forventning om at petroleumsinntektene vil bli betraktelig redusert av en CO<sub>2</sub>-avgift<sup>35</sup>. For det første nøytraliserer prisendringene på de to energikildene hverandre innledningsvis. For det andre gir fremstillingen vår av energimarkedet kun en grov tilnærming til konsekvensene av en CO<sub>2</sub>-avgift på produsentprisene. Med mange usikkerhetsmomenter er det etter vår oppfatning lite hensiktsmessig å beregne et svært detaljert anslag. For å få et bedre grunnlag til å vurdere hvorvidt hypotesen om ingen endring er rimelig, ser vi nedenfor nærmere på hvilke konklusjoner forskere ved SSB trekker i spørsmålet.

SSB-forskerne Aune og Holtsmark publiserte i 2008 artikkelen ”Vil Norge tjene på en internasjonal klimaavtale?” hvor de tar for seg hvordan verdien av norske petroleumsressurser påvirkes dersom en global karbonpris blir innført. Sentralt i argumentasjonen i artikkelen står substitusjonseffekten fra en utslippsintensiv energikilde som kull til energikilder med lavere utslipp som olje, gass og fornybare energikilder. Gass er klart mindre utslippsintensiv enn kull, og både kull og gass benyttes i utstrakt grad i elektrisitetsproduksjon, slik at substitusjonen mellom disse er høy. Som et resultat spår Aune og Holtsmark en vridning fra kull mot gass og en ikke ubetydelig økning i produsentprisen for norsk gass. Beregningene deres tilsier at prisen kan stige med mer enn 20 %.

Forbrenning av olje avgir større utslipp av CO<sub>2</sub> enn gass, og vil dermed få et større avgiftspåslag. Likevel reduseres ikke etterspørselen etter olje i stor grad siden krysspriselastisiteten mellom olje og andre energikilder ikke er svært høy. Årsaken er at olje kun i begrenset grad brukes til samme formål som andre energikilder. Aune og Holtsmark finner i første omgang at produsentprisen på olje i utgangspunktet skulle bli presset noe ned. Mens gass- og kullmarkedet er modellert som frikonkurransemarkeder i modellen forskerne har benyttet (FRISBEE), er oljemarkedet modellert annerledes ettersom OPEC er en dominerende aktør. Resultatet er en prediksjon om at OPEC vil forsøke å motvirke prisnedgangen gjennom redusert produksjon, og følgelig vil prisen på olje forbli omtrent uendret.

Til sammen spår Aune og Holtsmark en økning i norske petroleumsinntekter. Aune og Holtsmark har benyttet en mer avansert modell for energimarkedet enn vi, og resultatene deres støtter ikke en hypotese om at en CO<sub>2</sub>-avgift vil innebære inntektsreduksjoner for

---

<sup>35</sup> Aune og Holtsmark(2008)

Norge. I vår modellering vil vi derfor beholde den inngående strømmen i Statens pensjonsfond Utland slik den er i den opprinnelige versjonen av NOK.

### Boks 3: Basisscenarioet i hovedtrekk

Formålet med oppgaven vår er å analysere konsekvensene utslippsrestriksjoner vil ha for norsk økonomi. I basisscenarioet vårt legger vi til grunn at en global miljøavtale kommer i havn og at utslippsrestriksjonene innebærer en raskt innfaset pris per tonn CO<sub>2</sub> på 30 dollar fra 2012. Hele avgiften belastes kjøperne av energi. CO<sub>2</sub>-prisen vrir verdens energietterspørsel mot mindre utslippsintensive energikilder, og sørger dermed for at energi blir dyrere uavhengig av energikilde. Samtidig reduseres utslippsintensiteten i energibruk fra 2,39 tCO<sub>2</sub>/toe i 2005 til 1,64 tCO<sub>2</sub>/toe i 2060.

Merkostnaden på energi gir merkostnader i produksjon i alle Norges sektorer – mest i kapitalintensiv sektor som bruker energi relativt intensivt. Energibruken per produserte enhet antas å være konstant i den enkelte sektor. Kostnadsøkningen i den enkelte sektor vil imidlertid justeres i forhold til avgiftsinnfasingen og utslippsintensiteten. Basert på data om energibruk i de ulike sektorene har vi anslått en maksimal kostnadsøkning på 0,90, 0,20, 5,64 og 0,28 % for hhv. arbeidsintensiv, kunnskapsintensiv, kapitalintensiv og skjermet sektor.

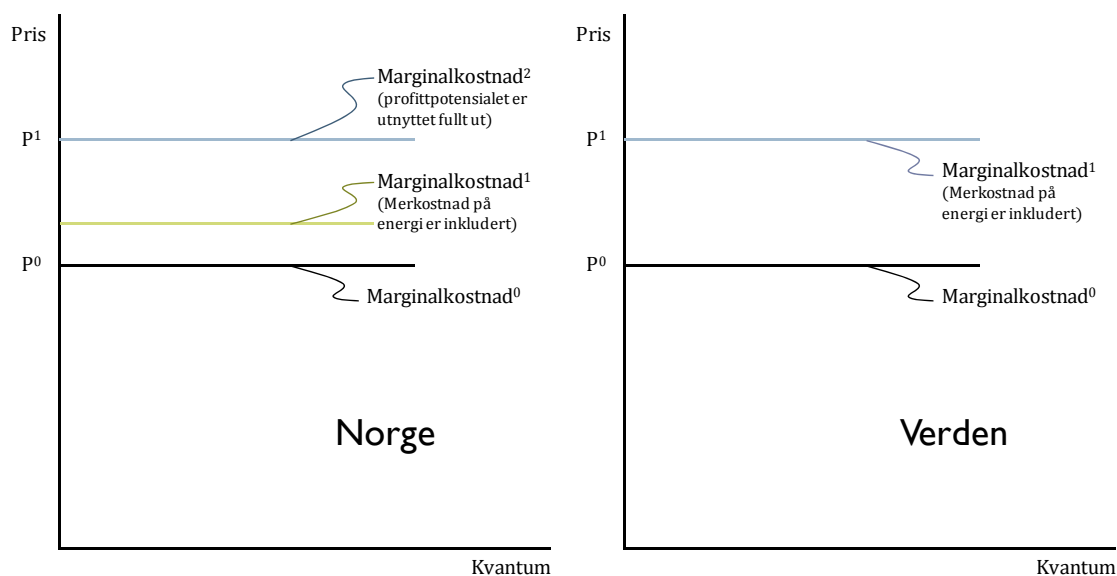
Siden Norge er en liten, åpen økonomi, tar vi vareprisene i konkurranseutsatt sektor for gitt fra OECD. I basisscenarioet vårt antar vi at energibruken innenfor hver sektor i OECD er lik den i Norge. Vi antar også full avgiftsoverveltning på konsumentene, slik at verdensprisene endres akkurat like mye som norske kostnader endres samtidig som produsentpris forblir uendret. Det betyr også at ingenting skjer med avkastning på investeringer foretatt i OECD. Størsteparten av norske utenlandsinvesteringer går til andre OECD-land, og FDI-avkastningen i NOK forblir dermed uendret ved iverksettingen av en global miljøavtale.

## 8 Alternativt scenario

Da vi presenterte utviklingen i verdensprisene, gjorde vi det med utgangspunkt i at verdens produksjon var like energieffektiv som Norges. Vi vil nå åpne for muligheten for at produksjonen i Norge kan være mer energieffektiv enn gjennomsnittet i verden. I verden sett under ett antar vi fremdeles konstant skalautbytte, og dermed flate tilbudskurver som forklart i boks 2.

Vi kunne valgt en modellering med høyere energieffektivitet i alle sektorer i Norge, men argumenter taler for at det er mest rimelig å observere slike forskjeller i den kraftintensive

sektoren. At norsk, kraftkrevende industri er mer energieffektiv enn tilsvarende virksomhet i andre land, er for eksempel et sentralt argument i begrunnelsen for å unnta industrien for miljøavgifter. Ettersom kraftintensiv sektor er relativt kapitalintensiv, vil vi i det følgende presentere en modellering hvor Norge er mer energieffektiv i den kapitalintensive sektoren. Kapitalintensive goder handles på verdensmarkedet og det er derfor like priser i Norge og i verden for øvrig. I starten på modelleringsperioden i NOK er norsk økonomi i langsiktig likevekt. Det innebærer at grensekostnadene i Norge er lik verdensprisen. Innføring av avgift på CO<sub>2</sub>-utslipp fører som tidligere beregnet til høyere grensekostnader. Hypotesen om høyere energieffektivitet i Norge vil ikke innebære endringer fra basisscenarioet når det gjelder økningen av grensekostnaden i norsk kapitalintensiv sektor. I verden for øvrig vil imidlertid grensekostnaden øke mer, avhengig av forskjellen i energieffektivitet. Det er ikke enkelt å finne gode anslag på forskjellen i energieffektivitet, og vi har derfor selv valgt å gjøre en antagelse om at kapitalintensiv sektor i Norge er 20 % mer effektiv i sitt energiforbruk enn gjennomsnittet ellers i verden. Med en høyere energieffektivitet på 20 % forstår vi at for hver enhet produsert behøves 20 % mindre energi og følgelig vil kostnadene tilknyttet avgiftsinnføringen reduseres tilsvarende. Økningen i grensekostnaden både i Norge og i verden er illustrert i figur 26. Når grensekostnaden i verden øker, tilpasser verdensprisene seg til økningen.



**Figur 26:** Endringer i verdenspris og marginalkostnader for alternativscenariot.



Ettersom Norge er en liten, åpen økonomi, tilsvarer prisene i landets konkurranseutsatte sektorer verdensprisene. Antagelsen om ulik energieffektivitet innebærer følgelig at avgiftsinnføringen i første omgang resulterer i høyere pris enn grensekostnad i kapitalintensiv sektor. Differansen skaper et profittpotensial i kapitalintensiv sektor i landet, noe som stimulerer til økt produksjon av kapitalintensive varer på bekostning av produksjon i andre sektorer. Sektorvridningen gir økt kapitalavkastning, noe som øker grensekostnadene i kapitalintensiv sektor. Produksjonsveksten vil pågå helt til grensekostnaden i Norge igjen er identisk med verdensprisen, som vist i figur 26.

Siden verdens tilbudskurve som beskrevet tidligere, er flat, er det full overveltning av avgiften over på konsumentene. Dermed er produsentprisen i verden uendret og som forklart i 7.2 forandres da heller ikke kapitalavkastningskurven for verden. Som et resultat vil den langsiktige FDI-avkastningen også stå uendret i alternativscenariet. Økningen i kapitalavkastningen i Norge fører dermed til at det relativt sett blir mer attraktivt å investere i Norge. Denne økningen behøver vi imidlertid ikke å modellere inn, ettersom den beregnes endogent i NOK.

For å ta hensyn til at Norge er mer energieffektive i alternativscenariet, modellerer vi inn en prisøkning som tilsvarer kostnadsøkningen i verden. Siden Norge er 20 % mer energieffektive enn gjennomsnittet ellers i verden, vil kostnadsøkningen som følge av en avgift være 20 % lavere. Siden vi tar utgangspunkt i energiforbruket i Norge, innebærer det en kostnadsøkning i verden som er 1,25 ganger så stor som i Norge. I NOK modellerer vi da inn en prisøkning på varer fra den kapitalintensive sektoren som er 1,25 ganger så stor som kostnadsøkningen i sektoren i Norge.

# Del III

## Resultater og implikasjoner

Vi har nå diskutert hvilke endringer en CO<sub>2</sub>-avgift vil forårsake for modelleringen i NOK. I denne delen av oppgaven vil vi rette oppmerksomheten mot resultatene av disse endringene. Først tar vi for oss basisscenarioet og deretter alternativet. Til slutt oppsummerer vi oppgaven og forsøker å komme med noen policyimplikasjoner basert på resultatene våre.

I analysen av resultatene i basisscenarioet vil vi legge vekt på realinntekt, valutaskaping, sysselsetting og reallønn. Vi vil også gjennomføre en dekomponering av resultatet for å få et inntrykk av hvor betydningsfullt det er at avtalen som iverksettes, er global. Videre vil vi presentere størrelsesordenen på de samlede norske avgiftsinnbetalingene og vurdere utslaget av om vi sender avgiften ut av landet eller beholder innbetalingene selv.

Presentasjonen av resultatene i alternativscenarioet konsentrerer seg om realinntekt, reallønn og sysselsetting. Gjennomgående sammenligner vi resultatene med basisscenarioet. Endringene vi finner er små, og når vi presenterer policyimplikasjonene er det derfor med utgangspunkt i vårt basisscenario.

## 9 Resultater i basisscenarioet

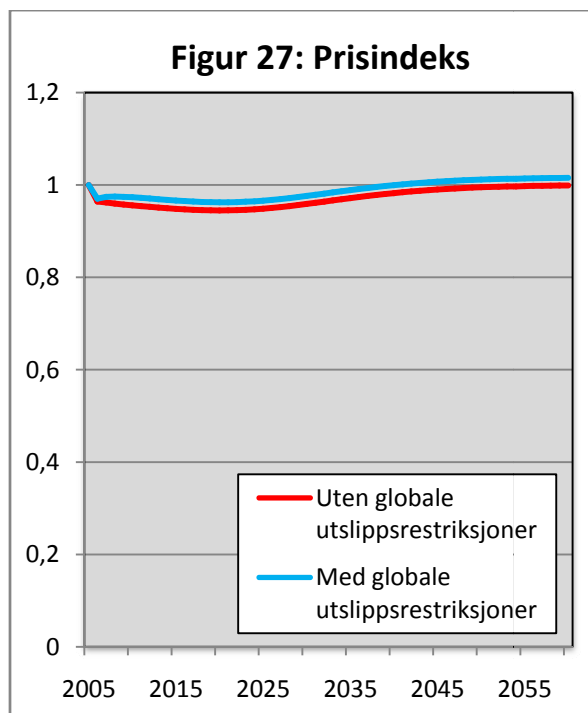
I modelleringen har vi innført en kostnadsøkning i hver av de fire sektorene i forhold til energibruk. Det virker rimelig at en slik kostnadsøkning vil ramme den mest energiintensive sektoren hardest. I vårt tilfelle er det den kapitalintensive sektoren. De økte kostnadene belastes imidlertid konsumentene fullt ut gjennom økte priser. Som et lite land i verden vil norske produsenter ikke rammes av den globale reduksjonen i etterspørselen etter kapitalintensive og andre konkurranseutsatte varer.

Kostnadsøkningen i skjermet sektor fører til et skift i tilbudet av skjermede goder som resulterer i økte priser og lavere etterspørsel. Lite energikrevende tjenesteproduksjon dominerer skjermet sektor, og det er derfor grunn til å forvente at denne effekten vil være liten.

I tillegg til kostnadsøkningene fører globale utslippsrestriksjoner til endrede energipriser. Det påvirker norske inntekter fra vannkraft og petroleumssektoren. Siden vi konkluderte med en uendret inntektsstrøm fra petroleumssektoren, står vi igjen med en merinntekt fra norsk energiproduksjon. Det gir opphav til en forventning om at Norge kan profitere på en global miljøavtale. Resultatene fra modellkjøringen som vi presenterer nedenfor, viser likevel at inntektsnivået vil reduseres noe. I dette kapitlet vil vi ta for oss de enkelte endringene og årsakene til disse.

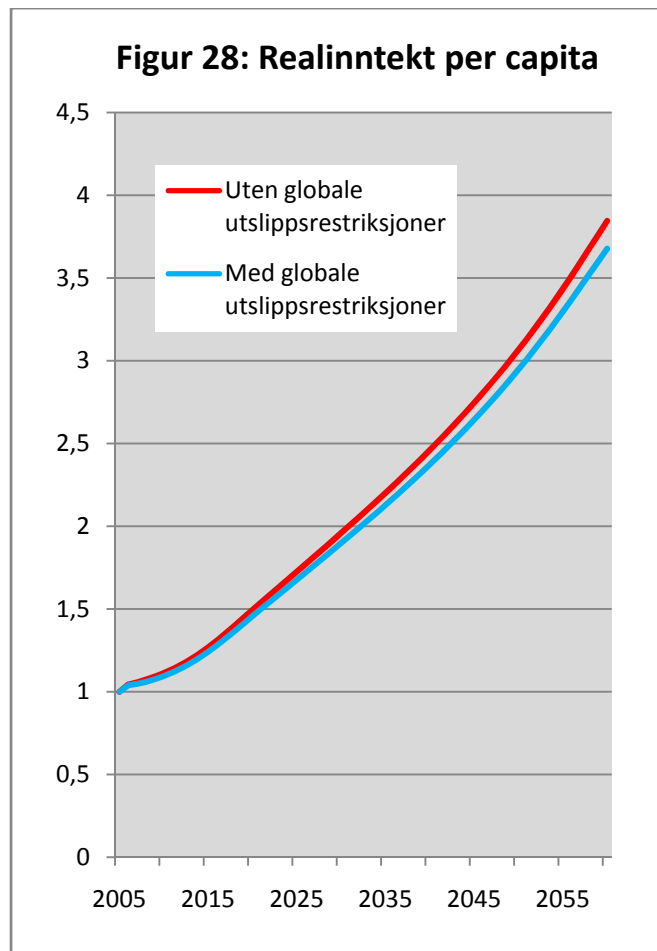
### 9.1 Prisindeks

Når vi skal gå endringene nærmere etter i sømmene, begynner vi med prisendringene. Høyere priser får konsekvenser for nordmenns kjøpekraft. Prisutviklingen er sammenfattet i en prisindeks, og figur 27 viser forskjellene i prisindeksen i modellkjøringen med og uten CO<sub>2</sub>-avgift. Som figuren viser ligger prisindeksen litt høyere dersom vi innfører avgiften. En direkte effekt av dette er en reduksjon i realinntekt og reallønn. Vi ser av figur 27 at prisindeksen ikke endres i særlig stor grad, og som vi vil komme tilbake til, er det ikke den direkte effekten som er den viktigste forklaringen til nedgangen i disse størrelsene.



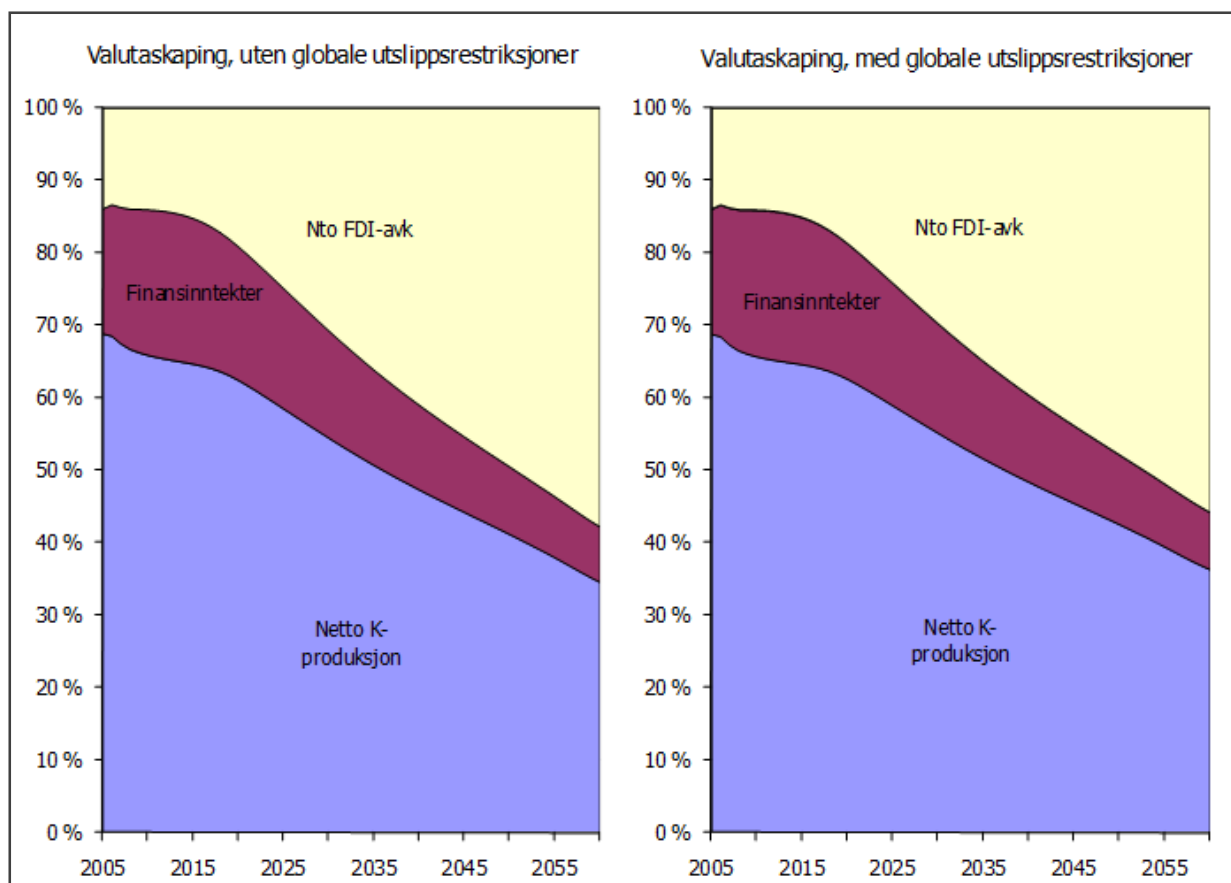
## 9.2 Realinntekt

Prisøkningen har også en effekt på sparingen. Denne effekten forklarer mye av resultatforskjellene, og kommer av at et høyere nivå på prisindeksen reduserer den reelle sparingen. Lavere sparing og kapitalakkumulering har flere konsekvenser. En direkte effekt er at mindre investeringer fører til et lavere fremtidig inntektsnivå. I tillegg innebærer mindre kapital i Norge at mindre kapital benyttes til FDI. Årsaken er at optimal FDI-beholdning varierer med størrelsen på konkurranseutsatt sektor, som forklart i 4.2.2. For det andre vil knappheten på kapital føre til at avkastningen på kapital i Norge stiger. Det gjør at den relative avkastningen på FDI reduseres, noe som også bidrar til at mindre kapital flyttes ut av landet. Siden FDI gir eksterne skalafordeler for kunnskapsintensive bransjer i Norge, fører en redusert FDI-beholdning til lavere inntekter. Økte inntekter fra vannkraftsektoren motvirker reduksjonen, men er ikke tilstrekkelig store til å føre til en samlet inntektsøkning for landet. Når vi sammenligner realinntekten med og uten utslippsrestriksjoner, finner vi en reduksjon på 2 % i 2012 og 4 % i 2060. Utviklingen over hele modelleringsperioden er vist i figur 28. Til sammenligning utgjør de årlige kostnadene ved ikke å implementere en slik endring minst 5 % av verdens BNP ifølge Stern Review - kanskje opp mot 20 %. Når det gjelder kostnadene knyttet til å innføre utslippsrestriksjoner, kommer Stern frem til et anslag på 1 % av verdens BNP. Mulige årsaker til at vårt kostnadsanslag er høyere enn i Stern Review, kommer vi tilbake til i de to følgende kapitlene.



### 9.3 Valutaskaping og sektorstørrelse

Lavere inntektsnivå og endringer i FDI har også konsekvenser for sektorsammensetningen i Norge. Norge skaffer valuta til å kjøpe varer fra verdensmarkedet i tre kanaler: FDI, finansinntekter og inntekter fra konkurranseutsatt sektor. I NOK benytter norske konsumenter en fast budsjettandel på varer fra verdensmarkedet. Redusert inntektsnivå innebærer lavere etterspørsel etter både skjermede varer og varer fra verdensmarkedet. Som en konsekvens må størrelsen på skjermet sektor bli mindre. Når inntektene fra FDI blir mindre, er det imidlertid ikke nødvendig med en tilsvarende reduksjon i konkurranseutsatt sektor. Årsaken er at salg av varer herfra ikke avhenger av hjemlig etterspørsel. Ressursene som frigis når skjermet sektor bygges ned, blir tatt i bruk til valutaproduksjon i k-sektor. Figur 29 viser utviklingen i relativ valutaskaping med og uten globale utslippsrestriksjoner. Dersom en ser godt etter, kan en se at produksjon i konkurranseutsatt sektor står for en noe større andel av valutaskapingen i 2060 dersom utslippsrestriksjonene innføres.



Figur 29: Valutaskaping med og uten utslippsrestriksjoner

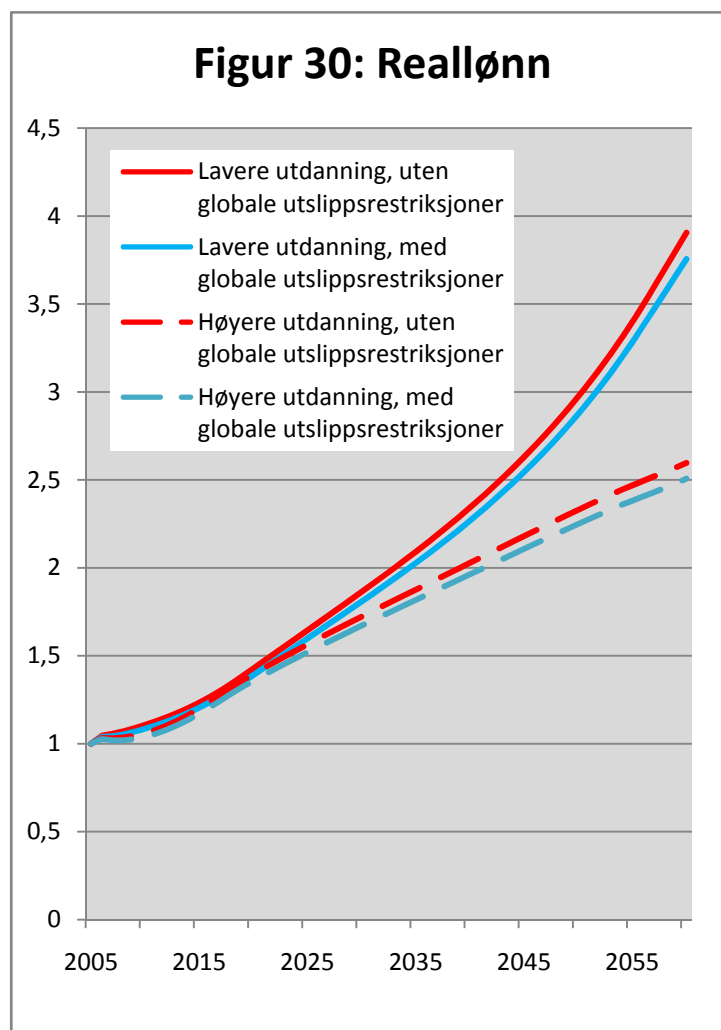
I Tabell 8 vises sysselsettingen i de ulike sektorene med og uten avgift. Som vi ser er det langt fra dramatiske endringer som inntreffer, men konkurranseutsatt sektor vil i 2060 utgjøre en større andel av total sysselsetting dersom avgiften blir innført.

Tabell 8: Sysselsetting i de ulike sektorene i år 2060

	Arbeidsintensiv sektor	Kapitalintensiv sektor	Kunnskapsintensiv sektor	Skjernet sektor
Uten utslippsrestriksjoner	0,0%	0,1%	18,7%	81,2%
Med utslippsrestriksjoner	0,0%	0,1%	19,4%	80,6%

## 9.4 Reallønn

Tidligere nevnte vi at en CO<sub>2</sub>-avgift vil innebære en lavere kapitalbeholdning i Norge. På kort sikt fører det til mindre produktive arbeidere og lavere lønninger. I teorien vil optimal faktorsammensetning innenfor hver sektor på lang sikt være konstant, og størrelsene på sektorene vil sørge for at lønn og kapitalavkastning når sitt opprinnelige nivå. Dette lærebokresultatet vil vi imidlertid ikke kunne observere i vår modell siden så mange prosesser pågår samtidig og ulike sjokk treffer økonomien. Viktigst er det antagelig at globalisering vil sørge for så godt som fullstendig spesialisering i kunnskapsintensiv sektor, og sektorsammensetningen dermed ikke kan variere slik det teoretiske resultatet forutsetter. Dermed vil redusert kapitalbeholdning gi lavere lønn gjennom hele modelleringsperioden. I 2060 er reduksjonen størst, hvor både arbeidskraft med høyere og lavere utdanning vil oppleve en nedgang i reallønn på mellom 3 og 4 %. Utviklingen i hele perioden er vist i figur 30.



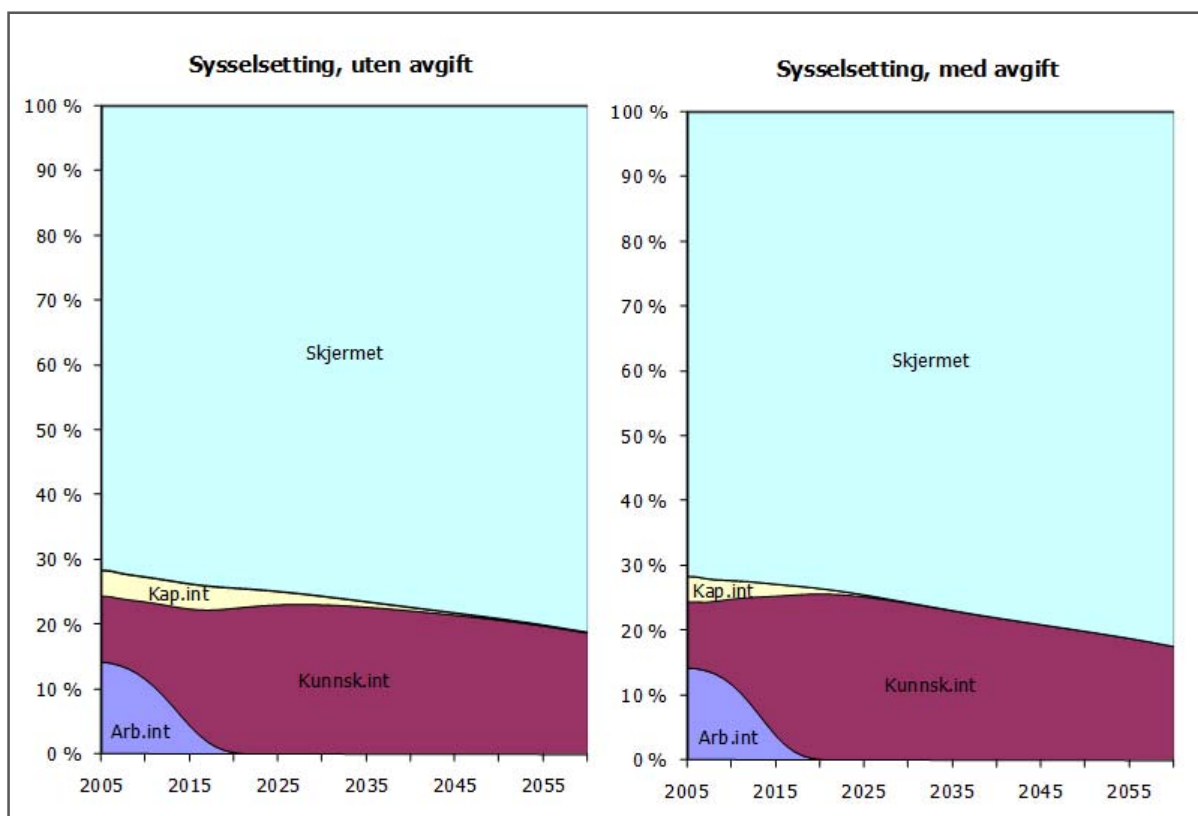
## 10 Dekomponering av resultatet

I kapittel 9 så vi resultater som tyder på at en miljøavgift ikke vil føre til de helt store endringene for sektorsammensettingen i norsk økonomi. En forutsetning som det er grunn til å mistenke har stor betydning for resultatet, er at hele verden implementerer avgiften slik at vareprisene stiger med kostnadene. Vi ønsker nå å dekomponere resultatet ved kun å se på effektene dersom kostnadene stiger, og ikke inkludere prisstigning på varer og energi fra vannkraft.

For å undersøke resultatene av uendrede priser, gjør vi to forandringer i modelleringen. For det første fjerner vi prisøkningen fra varene som handles på verdensmarkedet. For det andre fjerner vi merinntekten fra vannkraft som skyldtes høyere kostnader forbundet med energiforbruk. I det følgende vil vi presentere de viktigste resultatene som følger av den alternative modelleringen.

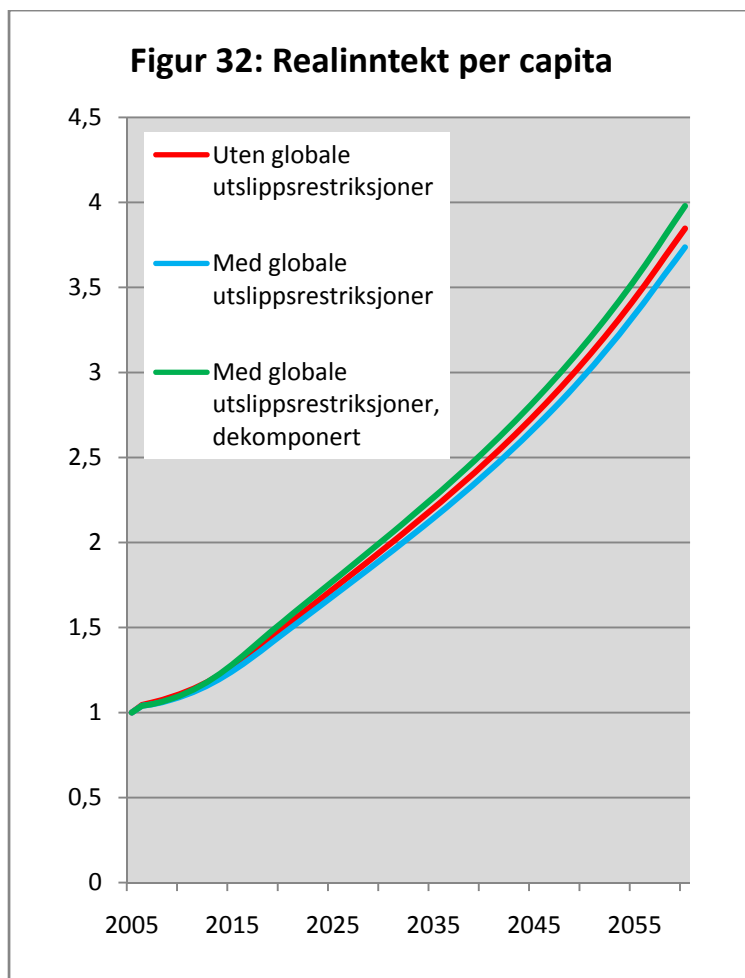
Den mest iøynefallende effekten av dekomponeringen er endringene i sysselsetting fordelt på sektor. Produksjonen i de ulike sektorene blir ikke lenger kompensert for merkostnadene sine i form av prisøkning, noe som rammer kapitalintensiv sektor hardest. Årsaken er at kapitalintensiv sektor relativt sett bruker mest energi og kostnadsøkningen derfor blir størst i denne sektoren. Med økte kostnader vil profitt per kapitalenhet, eller kapitalavkastningen, være lavere. Kapitaleierne vil da ønske å investere kapitalen i andre sektorer. Mengde kapital i kapitalintensiv sektor reduseres og sysselsettingen reduseres tilsvarende. Som et resultat får vi en nedbygging av den kapitalintensive sektoren.





**Figur 31:** Sysselsetting med og uten utslippsrestriksjoner

Et resultat som kan virke noe underlig, er at en ved å utelate prisendringene får en høyere realinntekt enn ved å inkludere dem. Resultatet skyldes eksterne skalafordeler i kunnskapsintensiv sektor. Når produksjon i norske sektorer belastes med en ekstra kostnad, synker kapitalavkastningen, som beskrevet ovenfor. Avkastningen på FDI er uendret, og følgelig blir det relativt mer gunstig å investere utenlands. Når kapitalmengden i FDI øker, øker de eksterne skalafordelene knyttet til kunnskapsintensiv sektor i Norge. Konsekvensen er at Norge drar nytte av skalafordelene i større grad dersom kun kostnadsøkningen finner sted og ikke prisendringene. Tilpasningen i modellen med prisendringer på verdensmarkedet må derfor kunne betegnes som en suboptimal tilpasning fordi bedriftene ikke har tatt hensyn til eksternalitetene knyttet til å investere i kunnskapsintensiv sektor. Reduksjonen i skalafordelene kan være en medvirkende årsak til at kostnadene forbundet med å innføre utslippsrestriksjoner er noe høyere i vår modellering enn i Stern Review.



Dekomponeringen vi har gjennomført ovenfor, kan benyttes som en indikasjon på hva som ville skje dersom Norge er alene om å innføre avgiften. Enkelte faktorer gjør likevel at en må være litt varsom med å sammenligne direkte. Dersom verden ikke deltar, vil en ikke få en generell prisoppgang på bruk av all energi. Følgelig vil ikke fremgangsmåten vi har benyttet hvor energiforbruk og gjennomsnittlig utslippsintensitet brukes til å finne kostnadsøkningen en CO<sub>2</sub>-avgift innebærer, lenger være gyldig. Skulle vi analysert en avgift kun for Norge, måtte vi tatt utgangspunkt i faktiske utslipp i de ulike sektorene.

Videre er det grunn til å tro at endringene som finner sted, for eksempel nedbyggingen av kapitalintensiv sektor, vil foregå noe saktere enn resultatene av modelleringen viser. Årsaken er at en forventer at de mest utslippsintensive delene av sektoren vil forsvinne først, og dermed kan den gjenværende, mindre utslippsintensive delen ha bedre forutsetninger for å overleve lenger enn resultatene skulle tilsi.

For å løse verdens miljøproblemer vil det ha svært liten betydning om Norge kutter sine utslipp eller ikke. En kan likevel se for seg at Norge ønsker å innføre en avgift for å gå foran med et godt eksempel for resten av verden. I tillegg vil innføring av en avgift kunne ha en positiv effekt på samvittigheten ved at vi gir vårt bidrag.

## 11 Hvem tilfaller avgiften?

Prisendringene på varene innebærer at produsentene blir kompensert for sine økte kostnader, men den samme prisendringen fører til at konsum blir dyrere. Mens faktoravlønningen til høyt og lavt utdannet arbeidskraft og kapital inngår i inntekten, blir ikke CO<sub>2</sub>-avgift produsentene betaler, lagt til inntekten på tilsvarende måte. Følgelig innebærer en CO<sub>2</sub>-avgift derfor en svekkelse av konsumentenes kjøpekraft. Ettersom CO<sub>2</sub>-avgiften i vår modellering ikke tilfaller Norge, sendes avgiften ut av landet. En slik modellering kan sammenlignes med deltagelse i et kvotesystem hvor Norge i utgangspunktet ikke tildeles noen kvoter og må kjøpe rettigheter til alt utslipp fra utlandet. Selv om det ikke er usannsynlig at Norge får tildelt kvoter gjennom en klimaavtale, er vår modellering mer i tråd med regjeringens målsetning om karbonnøytralitet.

For å kunne vurdere betydningen av hvem avgiften tilfaller, har vi basert på energiforbruk og produksjon regnet ut hvor mye totale avgifter utgjør hvert enkelt år. Basert på våre forutsetninger vil Norges samlede avgiftsinnbetalinger i 2012 være omtrent 11,6 mrd, og stige i noen år for å nå en topp på omtrent 12,5 mrd i 2017. I årene frem mot 2060 vil den synke noe for deretter å variere mellom 10 og 11 mrd. Dersom hele avgiftsbeløpet sendes ut av landet, vil det representere en substansiell overføring til andre land. Denne overføringen vil bidra til å redusere realinntekten i Norge, og slik medvirke til gapet mellom våre og Stern Reviews resultater om kostnadene ved å implementere globale utslippsrestriksjoner. Landene som mottar avgiftsbeløpet, kan være utviklingsland som får beløpene gjennom ordninger av samme type som dagens CDM. I så fall kan overføringen av CO<sub>2</sub>-avgift i tillegg til å inngå i det globale miljøarbeidet også betraktes som et tiltak for utvikling i u-land. Norges bistand var til sammenligning i underkant av 21 mrd i 2007.<sup>36</sup>

Dersom vi endrer forutsetning og lar avgiften inngå i inntekten i Norge, vil det innebære en inntektsøkning som befinner seg i en størrelsesorden av det doble av hva merinntekten fra vannkraft bidro med. Vi har allerede sett at merinntekten fra vannkraftssektoren ikke var

---

<sup>36</sup> Utenriksdepartementet. Stortingsproposisjon. nr. 1 (2008-2009)

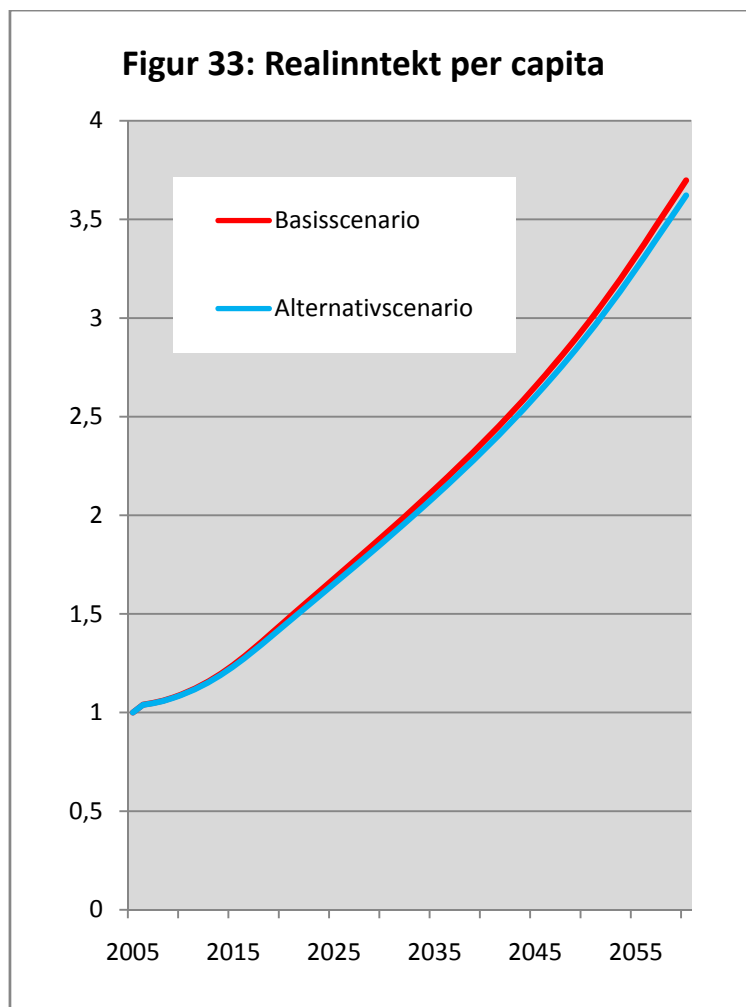
betydelig nok til å gi markante utslag, og kjøringene vi har gjennomført hvor vi har inkludert avgiften i inntekten, fører heller ikke til betydelige endringer i resultatene. Årsaken er ikke at beløpene er ubetydelige, men at vi i modellen arbeider med aggregerte tall for hele landet og at de ekstra inntektene relativt sett blir små. Vi gjennomfører derfor ikke en grundigere analyse av modellkjøringene hvor vi beholder inntektene fra avgiften i Norge.

## 12 Resultater alternativscenario

Til nå har vi fokusert på hvordan utslippsrestriksjoner påvirker norsk økonomi ved å ta utgangspunkt i basisscenarioet vårt. Resultatene fra analysen tyder på at realinntekten i Norge vil reduseres med opptil 4 % og reallønnen med mellom 3 og 4 %. Sysselsettingen i de ulike sektorene vil derimot ikke bli særlig påvirket. I Del II åpnet vi for en alternativ modellering hvor Norges kapitalintensive sektor er mer energieffektiv enn tilsvarende sektorer i utlandet. Vi vil nå se på resultatet av en slik modellering.

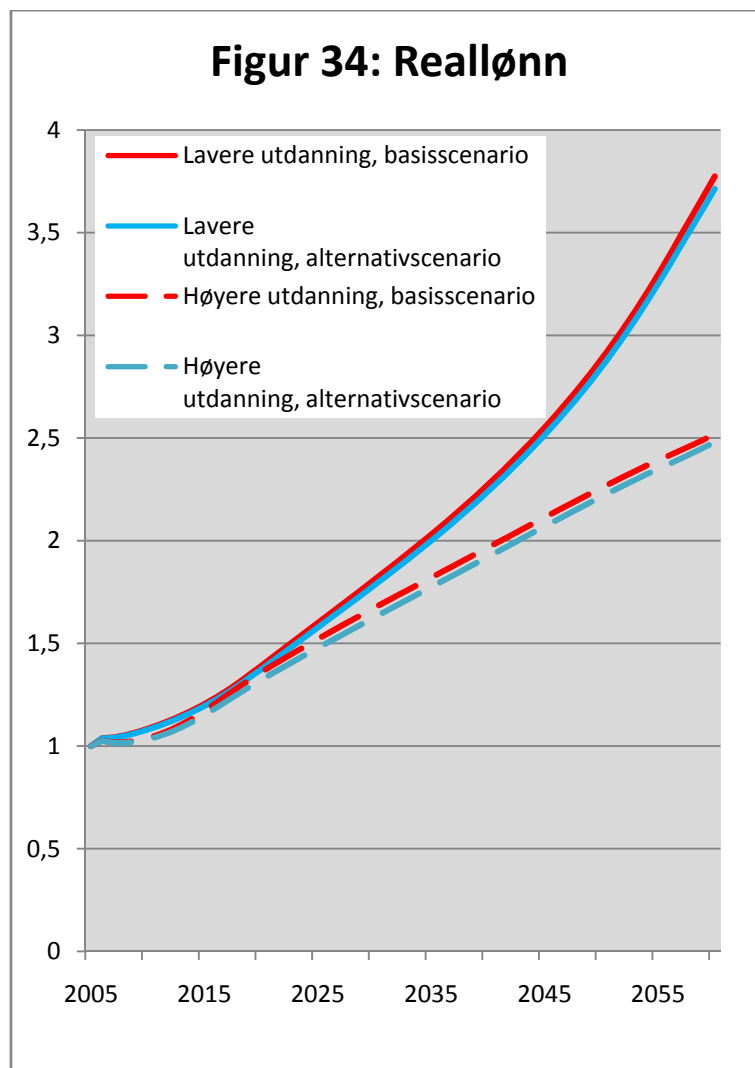
### 12.1 Realinntekt

Figur 33 viser realinntekt per sysselsatt i hhv. basisscenarioet og alternativscenarioet vårt. Vi ser at realinntekten ligger noe lavere i alternativet. Nærmere bestemt ligger den mellom 0 % og 2 % lavere, og utslagene er størst mot slutten av modelleringsperioden. Ved første øyekast kan reduksjonen i inntektsnivå virke noe underlig siden norske produsenter får *mer* betalt for de kapitalintensive varene i alternativscenarioet enn i basisscenarioet, og det ellers ikke er noen forskjeller. Hovedforklaringen til det tilsynelatende paradokset er de eksterne skalafordelene som knyttes til utenlandske direkteinvesteringer. Når prisen på de kapitalintensive varene stiger mer enn kostnadsøkningen, vokser som forklart kapitalintensiv sektor og innenlandsk kapitalavkastning. Siden avkastningen på FDI er uendret, reduseres gapet mellom avkastningen på FDI og kapitalavkastningen i Norge. Investorer vil da ikke i like stor grad velge å plassere kapital i utlandet, og kunnskapsintensiv sektor i Norge går dermed glipp av eksterne skalafordeler som tilknyttes FDI-beholdningen. Det går utover inntektsnivået.



## 12.2 Reallønn

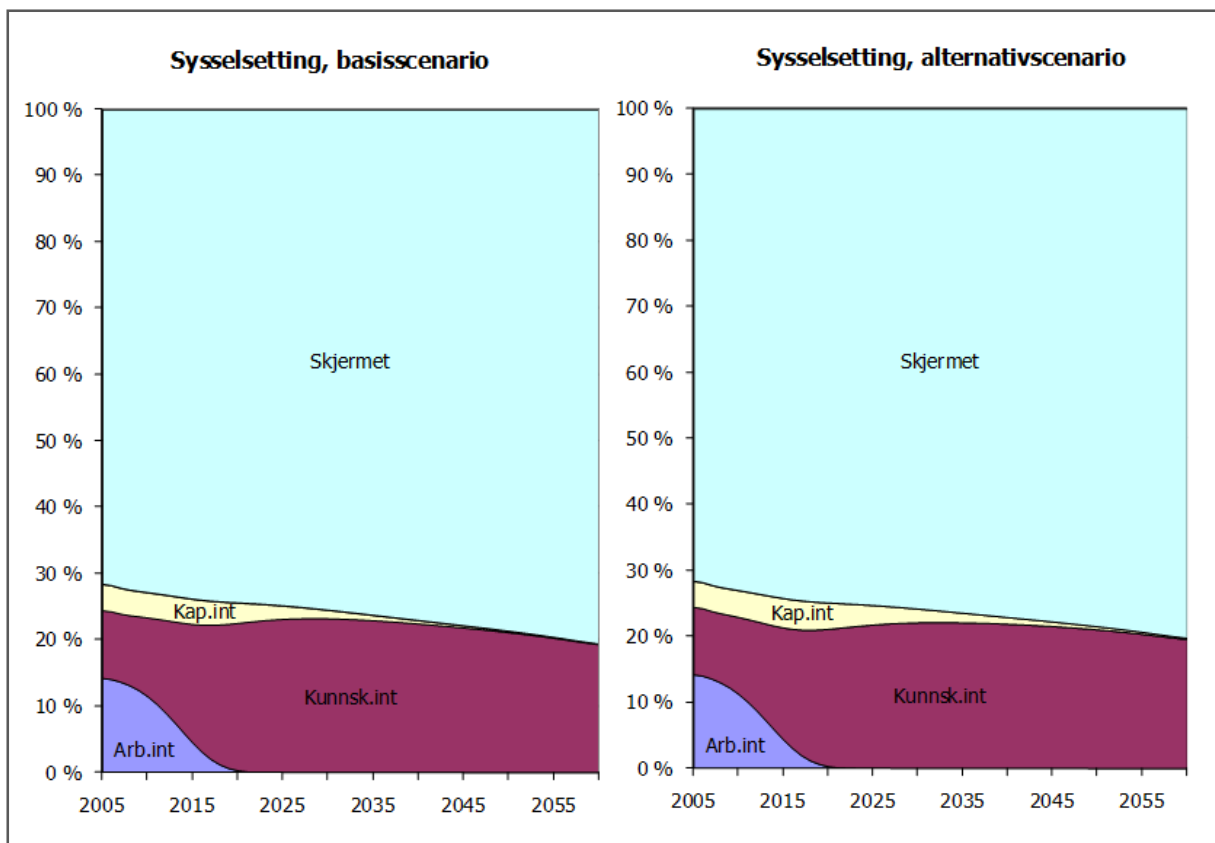
Profittpotensialet som skapes i kapitalintensiv sektor når det innføres en avgift i alternativscenariot, fører til en flyt av ressurser fra de mer arbeidsintensive sektorene til den kapitalintensive. Hver enhet kapital som flyttes fra arbeidsintensiv til kapitalintensiv bransje gir mindre etterspørsel etter arbeidskraft siden det trengs mindre arbeidskraft per kapitalenhet i den kapitalintensive bransjen. Det vil ha effekt på lønnen til både høyt og lavt utdannet arbeidskraft. På den annen side har vi vist at investorer velger å beholde mer kapital innenlands. En større beholdning av kapital gjør arbeiderne mer produktive, og fører isolert sett til en oppgang i lønnsnivå. Denne effekten er imidlertid ikke sterk nok til å motvirke lønnsreduksjonen som følger av sektorvridningen. Resultatet er lavere reallønn i alternativscenariot enn i basisscenariot. Figur 34 viser utviklingen. I 2012 er reallønn for arbeidskraft uten høyere utdanning 0,6 % lavere i alternativscenariet enn i basisscenariet. I 2060 er reallønnen 1,6 % lavere. For arbeidskraft med høyere utdanning er de tilsvarende tallene 1 % og 1,5 %. Endringene er med andre ord ikke dramatiske.



### 12.3 Sektortilpasning

Vi har allerede vært inne på at alternativscenariot vårt innebærer en sektorvridning. Det at det blir mer attraktivt å investere i kapitalintensiv sektor, gjør at denne sektoren utfases saktere enn i basisscenariet. Dette er illustrert i figur 35 som viser at det ikke er tale om de helt store endringene.

I 9.3 forklarte vi hvordan et lavere inntektsnivå nødvendigvis må innebære at størrelsen på skjermet sektor reduseres relativt til konkurranseutsatt sektor. Siden reduksjonen i realinntekt på det meste er 2 % mindre enn i basisscenariot, observerer vi knapt en nedgang i skjermet sektors andel av sysselsettingen.



**Figur 35:** Sysselsetting i basisscenarioet og i alternativscenarioet

Oppsummert ser vi at den alternative modelleringen i svært liten grad gir andre resultater enn de vi beskrev under basisscenarioet. Dette gjelder selv om vi har tatt høyde for at norske produsenter i kapitalintensiv sektor er hele 20 % mer effektive enn verdensgjennomsnittet.

### 13 Konklusjon og policyimplikasjoner

I denne oppgaven har vi forsøkt å utrede ”Konsekvenser av utslippsrestriksjoner for norsk økonomi”. I Del I gav vi en innføring i klimaspørsmålet, samt presenterte det teoretiske grunnlaget og rammeverket vi bygger analysen på. Del II er en drøfting av hvordan utslippsrestriksjoner vil påvirke modelleringen av norsk økonomi. Vi foreslår en utvidet modellering som tar hensyn til endringer i de eksogene faktorene som påvirkes av utslippsrestriksjoner. I Del III presenteres resultatene fra modellkjøringene og vi analyserer årsakene til forskjellene fra referansescenarioet uten utslippsrestriksjoner.

Siden resultatene fra alternativscenarioet vårt ikke skiller seg i særlig grad fra resultatene i basisscenarioet, tar vi utgangspunkt i sistnevnte når vi nå vil forsøke å komme med noen

forslag til hvordan Norge bør forholde seg i de pågående klimaforhandlingene. En global avgiftsavtale gir svært små endringer i sysselsettingen, mens den gir en reduksjon i norsk realinntekt på opptil 4 % og reduserer reallønnen med mellom 3 og 4 %.

Resultatet med uendret næringsstruktur tyder på at Norge ikke vil få store omstillingskostnader dersom et globalt avgiftssystem vedtas. Dersom landet er alene om å innføre avgiften, vil kapitalintensiv sektor utfases hurtigere og omstillingsbehovet vil bli noe større. Isolert sett kan forskjellen som eksisterer, tyde på at Norge er mer tjent med å bruke ressurser på å få verden med på en klimaavtale enn å være alene om å innføre en avgift.

En global klimaavtale påfører Norge kostnader i form av tapt inntekt og lønn. Kostnadene er likevel mindre enn Stern Reviews estimerer på kostnadene forbundet med ikke å iverksette slike tiltak. Slike kostnadsestimer kan i verste fall innebære en reduksjon på 20 % av BNP. Det kan ikke settes likhetstegn mellom de globale kostnadene ved klimaendring og konsekvensene for Norge. Høyere temperaturer vil trolig ha mindre negative konsekvenser for Norge enn mange andre land og kan endog være gunstig for en rekke næringer. Norge har imidlertid nære forbindelser med resten av verden, og uro og katastrofer utenfor egne landegrenser vil påvirke Norge i stor grad. I tillegg kan man ikke utelukke muligheten for direkte negative konsekvenser også for Norge, for eksempel effekter av endringer i Golfstrømmen. Det burde derfor være i Norges interesse å arbeide for å få i havn en global avtale.

Resultatene våre viste at innføringen av en global klimaavtale vil medføre mindre investeringer i FDI. Dette medførte lavere skalafordeler i kunnskapsintensiv sektor og redusert inntektsnivå. I dekomponeringen av resultatene så vi at konsekvensene av uendret pris var redusert kapitalavkastning og paradoksalt nok høyere realinntekt. Årsaken var mer FDI og større skalafordeler. Resultatene tyder som beskrevet på en suboptimal tilpasning i økonomien. En implikasjon er at Norge, dersom en global klimaavtale iverksettes, bør rette fokus mot å unngå reduksjoner i aktiviteter som skaper eksterne skalafordeler.



## Kilder

### Litteratur

Aune, Golombek, Kittelsen og Rosendahl (2005). Friere energimarkeder I Vest-Europa. Økonomiske analyser 5/2005. <<http://www.ssb.no/emner/08/05/10/oa/200205/rosendahl.pdf>> (12.05.09)

Aune og Holtsmark (2008). Vil Norge tjene på en internasjonal klimaavtale? Samfunnsøkonomen nr. 9/2008. <[http://www.ssb.no/forskning/ansatte/artikler/akt\\_kom\\_aune\\_og\\_holtsmark.pdf](http://www.ssb.no/forskning/ansatte/artikler/akt_kom_aune_og_holtsmark.pdf)> (11.05.09)

Aune og Rosendahl (2008). Kraftpris og CO<sub>2</sub>-utslipp fram mot 2020, Notater 2008/1. <[http://www.ssb.no/emner/10/08/10/notat\\_200801/notat\\_200801.pdf](http://www.ssb.no/emner/10/08/10/notat_200801/notat_200801.pdf)> (10.02.09)

Andersson, Atle (2009). Klimaforhandlingene på stedet hvil – alle venter på USA. Bergens Tidende. 29. mars 2009: 16-17.

Bjorvatn, Norman, Orvedal og Tenold (2006). De gode hjelperne – Virkninger av utviklingen i Kina og India for norsk økonomi. SNF-rapport nr. 30/06

Bjorvatn, Norman, Orvedal og Tenold (2007). Globetrotterne – Norsk økonomi i en verden med fri handel, arbeidsinnvandring og internasjonaliserte bedrifter. SNF-rapport nr. 11/07

Bjorvatn, Norman, Orvedal (2008). On the Road to Samarkand, Globalisation and the Swedish Economy. Expert Reports no. 21, Globaliseringsrådet, Stockholm. <<http://www.sweden.gov.se/sb/d/9150/a/117076>> (12.05.09)

Blonigen, Bruce (2005). A Review og the Empirical Literature on FDI Determinants. NBER Working Paper Series, Working paper 11299. <<http://www.nber.org/papers/w11299>> (12.05.09)

Cline, William R. (2004). Climate Change. In Lomborg, B. (ed.) Global crises, global solutions, Cambridge University Press.

ESPERE (29.04.04). Hvordan endrer mennesker klimaet? Kapittel 1 og 3. <[http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1d372abe8fb91a54d9e1f58f5465750f,0/Mennesker\\_endrer\\_klima/innf\\_ring\\_21o.html](http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1d372abe8fb91a54d9e1f58f5465750f,0/Mennesker_endrer_klima/innf_ring_21o.html)> (27.03.09)

Finansdepartementet (22.06.07). En vurdering av særavgiftene. NOU 2007: 8. Oslo: Finansdepartementet. <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/nouer/2007/NOU-2007-8.html?id=473567>> (12.05.09)

Finansdepartementet (28.09.07). Nasjonalbudsjettet 2008, kapittel 2.3.2, Stortingsmelding nr.1 (2007-2008). Oslo: Finansdepartementet. <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/2007-2008/Stmeld-nr-1-2007-2008-/2/3/2.html?id=482943>> (26.03.09)

Finansdepartementet (2009). Perspektivmeldingen 2009, Stortingsmelding nr.9 (2008-2009). Oslo: Finansdepartementet. <[http://www.regjeringen.no/upload/FIN/perspektiv\\_2009/perspektivmeldinga.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/FIN/perspektiv_2009/perspektivmeldinga.pdf)> (12.05.09)

International Energy Agency (2008). Key world energy statistics. <[http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key\\_stats\\_2008.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf)> (25.03.09)

IPCC (2008). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, <[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf)> (25.02.09)

Miljøverndepartementet (04.10.06). Et klimavennlig Norge. NOU 2006: 18. Oslo: Miljøverndepartementet <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/NOU-er/2006/NOU-2006-18.html?id=392348>> (12.05.09)

Nordhaus, William D. (2007). The Stern Review on the Economics of Climate Change, *Journal of Economic Literature*, September, 45, 686-702

Norman, Victor D. (1993). *Næringsstruktur og utenrikshandel i en liten åpen økonomi*. Gyldendal Norsk Forlag AS, Oslo.

Pindyck og Rubinfeld (2000). *Microeconomics*, 6.utg., Prentice Hall.

Stern, Nicholas (2007). *Stern Review of the Economics of Climate Change. Final Report*. HM Treasury, London: <[http://www.hm-treasury.gov.uk/stern\\_review\\_report.htm](http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm)> (11.02.09)

Stern, Nicholas (2008). The Economics of Climate Change, *American Economic Review*, 98(2), 1-37.

Utenriksdepartementet (12. 09.08). Statsbudsjettet 2009, kapittel 8, Stortingsproposisjon nr. 1 (2008 – 2009) <<http://www.regjeringen.no/nb/dep/ud/dok/regpubl/stprp/2008-2009/stprp-nr-1-2008-2009-/8.html?id=530914>> (05.05.09)

Weitzman, Martin L. (2007), The Stern Review of the Economics of Climate Change, Journal of Economic Literature, September, 45, 703-24.

## Internett

CIA (14.03.09) Country Comparison – Electricity – Consumption, The World Factbook <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2042rank.html>> (28.04.09)

CICERO (15.08.08) Faktaark om klima.  
<<http://www.cicero.uio.no/fakta/faktaark1-10.pdf>> (12.02.09)

CICERO (21.04.06). Hva kan vi gjøre med klimaproblemet?  
<<http://cicero.uio.no/abc/tiltak.aspx> > (29.04.06)

CICERO (01.08.08). Klima. <<http://www.cicero.uio.no/webnews/index.aspx?id=10992>> (12.05.09)

CICERO (16.05.07). Klimaendringer og klimatiltak i Norge.  
<<http://www.cicero.uio.no/webnews/index.aspx?id=10812>> (12.05.09)

CICERO (21.04.06). Konsekvenser av klimaendringer.  
<<http://cicero.uio.no/abc/konsekvenser.aspx>> (12.05.09)

Finansdepartementet (25.01.06). Bruk av oljeinntekter gitt vedvarende høy oljepris.  
<[http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dep/Finansministeren/taler\\_artikler/2005-2/Bruk-av-oljeinntekter-gitt-vedvarende-hoy-oljepris.html?id=113424](http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dep/Finansministeren/taler_artikler/2005-2/Bruk-av-oljeinntekter-gitt-vedvarende-hoy-oljepris.html?id=113424)> (17.03.09)

Fjordkraft (07.10.08). Strategisk analyse av kraftmarkedet.  
<<http://old.ks.no/upload/115576/Energiprisene.pdf>> (15.04.09)

IMF (april 2009). World Economic Outlook Database.  
<<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2009/01/weodata/weoselgr.aspx>> (14.05.09)

Miljøverndepartementet. Ofte stilte spørsmål om klima.

<<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/tema/klima/Sporsmal-om-klimaendringene.html?id=449643>> (12.05.09)

Olje- og energidepartementet (20.03.01). Begreper og omregningsfaktorer.

<[http://www.regjeringen.no/upload/kilde/oed/bro/2001/0004/ddd/pdfv/128908-fakta2001\\_begreper.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/kilde/oed/bro/2001/0004/ddd/pdfv/128908-fakta2001_begreper.pdf)> (17.03.09)

Olje- og energidepartementet (21.01.07). Eiere og organisering I kraftsektoren.

<<http://www.regjeringen.no/nn/dep/oed/Tema/fornybar-energi/Eiere-og-organisering-i-kraftsektoren.html?id=444386>> (23.04.09)

Statistisk sentralbyrå (29.04.02). Elektrisitetsstatistikk. Førebels reknskapstal, 2000.

Kraftbransjen med rekordresultat. <<http://www.ssb.no/emner/10/08/10/elregn/>> (11.03.09)

Statistisk sentralbyrå (2008). Elektrisitetsstatistikk, årlig, Hovudtal. 1989 – 2006.

<<http://www.ssb.no/emner/10/08/10/elektrisitetaar/tab-2008-05-30-01.html>> (12.05.09)

Statistisk sentralbyrå (2009). Energi. <<http://www.ssb.no/energi/>> (12.05.09)

Statistisk sentralbyrå (2008). Energiregnskap. Utvinning, omforming og bruk av energivarer. 2006. GWh (Rettet 29. desember 2008).

<<http://www.ssb.no/emner/01/03/10/energiregn/arkiv/tab-2008-11-11-14.html>> (16.02.09)

Statistisk sentralbyrå. Måleenheter.

<[http://www.ssb.no/emner/10/06/nos\\_olje\\_gass/arkiv/nos\\_c469/vedlegg.shtml](http://www.ssb.no/emner/10/06/nos_olje_gass/arkiv/nos_c469/vedlegg.shtml)> (04.05.09)

StatoilHydro (2008). Klimaambisjon. 16. oktober 2008

<<http://www.statoilhydro.com/no/EnvironmentSociety/Pages/ClimateAmbitions.aspx>> (12.05.09)

Sælen, Håkon (2008). Stern debatteres fortsatt.

<<http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=6182>> (24.05.2009)

Telenor (2009). A Healthier Environment. <<http://www.telenor.com/en/corporate-responsibility/environment/>> (12.05.09)

# Appendiks A – Forandringer i NOK

---

## Oppskalering av kostnadene i hver sektor

For å ta hensyn til hvordan en avgift påvirker kostnadene i Norges ulike sektorer, velger vi å endre de sektorspesifikke kostnadskoeffisientene som inngår i produksjonsfunksjonene. Under viser vi hvordan vi har modellert inn kostnadsendringene en avgift innebærer. Først ser vi på fastsettelsen av den årlige avgiften, eller merkostnaden, per GWh, og deretter hvordan dette omsettes i sektorspesifikke kostnadsendringer.

Kostnadskoeffisientene har i den opprinnelige versjonen av NOK betydning for kapitalavkastning og sysselsetting av hhv. høyt og lavt utdannet arbeidskraft i de ulike sektorene. I vår endrede versjon av NOK, bruker vi de endrede kostnadskoeffisientene her.

## Fastsettelse av årlig avgift (=merkostnad) per GWh

### **Avgift<sub>max</sub>**

Funksjon:  $Avgift/tCO_2 * utslippsintensitet_{2005/2006}$

Forklaring: Maksimal avgift innebærer en avgift på 30\$/tCO<sub>2</sub> og en utslippsintensitet per energienhet tilsvarende forholdet i 2005-2006 (se appendiks B).

### **Avgift innfasing**

Funksjon:  $Avgift_{t-1} + \lambda (Avgift_{max} - Avgift_{t-1})$

Forklaring: Det foretas en geometrisk innfasing av avgift per GWh med en innfasingsparameter på 0,5.

### **Utslippsintensitet 2005-2012**

Funksjon: *Konstant* utslippsintensitet basert på utslipp per energienhet i 2005-2006.

Forklaring: Før avgiften er helt innfaset vil det på kort sikt ikke skje dramatiske endringer i sammensetningen av energikilder

## Utslippsintensitet 2012-2060

Funksjon:  $Utslippsintensitet_{t-1} - \text{\AA}rlig\ reduksjon$

Forklaring: Fra og med 2012 foreg\AA r en \AA rlig nedtrapping av utslippsintensiteten mot den utslippsintensiteten som impliseres av priselastisiteten til de ulike energitilbyderne (Se Appendiks B).

## Avgift justert

Funksjon:  $\frac{Avgift\ innfasing_t}{Utslippsintensitet_{2005/2006}} * Utslippsintensitet_t$

Forklaring: Avgiften per GWh er i utgangspunktet funnet for utslippsintensitet lik den i 2005/2006. Her justerer vi avgiften per GWh slik at den gjenspeiler faktisk utslipp per GWh.

## Prosentvis kostnads\AA kning i hver av sektorene (i)

### Kostnads\AA kning per sektor

Funksjon:  $\frac{Kostnads\AA kning_{i,2005/2006}}{Avgift_{max}} * Avgift\ justert$

Forklaring: Kostnads\AA kningen en avgift p\AA 30\$/tCO<sub>2</sub> inneb\AA rer i hver sektor i 2005/2006, justeres for faktisk avgift. Det at kostnads\AA kningen fra 2005/2006 kun justeres i forhold til st\AA rrelsen p\AA avgift per GWh p\AA gjeldende tidspunkt, betyr at vi opererer med samme energiintensitet i produksjonen gjennom hele modelleringsperioden som i 2005/2006.

### Endrede kostnadskoeffisienter per sektor

Funksjon:  $kostnadskoeffisient_{i,t}^{opprinnelig\ NOK} * (1 + kostnads\AA kning_{i,t})$

Forklaring: Kostnadskoeffisienten reguleres slik at den tar hensyn til kostnads\AA kningen en avgift inneb\AA rer.

## Pris

Ved et globalt avgifts – eller kvotesystem, vil også verdensprisene påvirkes. I NOK gjør vi endringene våre direkte inn i pris-cellene fra den opprinnelige versjonen av NOK. Slik endres kapitalavkastning, sysselsetting av hhv. høyt og lavt utdannet arbeidskraft i de ulike sektorene og prisindeksen automatisk.

### Nye verdenspriser i de ulike sektorene (i)

Funksjon:  $pris_i^{\text{opprinnelig NOK}} * (1 + \text{kostnadsøkning}_i)$

Forklaring: I oppgaven argumenterer vi for at kostnadsøkning i OECD er lik kostnadsøkning i Norge. Pris er i tillegg lik marginalkostnad, som igjen er lik gjennomsnittskostnad ved konstant skalautbytte.

## Vannkraft

Merinntektene fra vannkraftssektoren legges direkte til Norges samlede inntekter.

### Merinntekt fra vannkraftssektoren

Funksjon:  $\text{Energiproduksjon} * \text{Avgift justert}$

Forklaring: I oppgaven argumenterer vi for at energiproduksjonen i vannkraftssektoren i Norge, får en merinntekt per GWh lik den gjennomsnittlige avgiften per GWh.

# Appendiks B – Energimarked og utslippsintensitet

---

I dette appendikset presenterer vi beregningen av utslippsintensitet og finner en bane for hvordan utslippsintensiteten utvikler seg dersom utslippsrestriksjoner blir innført. Vi benytter først en enkel modell til å beregne utslippsintensitet og endringer i produsentpriser ved modellens begynnelse. Deretter benytter vi en noe mer omfattende modell til å beregne sammensetning av energitilbudet og dermed også utslippsintensiteten i 2060.

## Enkel modell

### Modellpresentasjon:

Beregningene gjøres for hver av energikildene (olje, gass, kull, andre) samt en beregning med summen av energikildene for å finne gjennomsnittet der det er interessant.

### Utslippsintensitet:

Utregning:  $\text{Utslipp (Mt CO}_2\text{)} / \text{Energi (Mtoe)} * \text{Omregningsats (toe / GWh)}$

Enhet:  $\text{tCO}_2 / \text{GWh}$

### Avgift:

Utregning:  $\text{Utslippsintensitet} * \text{Avgift per tonn CO}_2$

Enhet:  $\text{kr} / \text{GWh}$

### Produsentprisendring i kr:

Utregning:  $\text{Gjennomsnittlig avgift} - \text{avgift for den enkelte energikilde}$

**Produsentprisendring i %:** (ikke for 'andre energikilder')

Utregning:  $\text{Produsentprisendring} / \text{Produsentpris}$



## Inndata:

Avgift/GWh(NOK): 210

Toe/GWh: 85

Grunnlagsdata: Energimengde og utslipp fra ulike energikilder på verdensbasis.

	Olje	Gass	Kull	Andre	Totalt
<b>Energiandel</b>	34%	21%	26%	19%	100%
<b>Utslippsandel</b>	39%	19%	42%	0,4%	100%
<b>Energi (Mtoe)</b>	4 039	2 407	3 053	2 243	11 741
<b>Utslipp (Mt CO<sub>2</sub>)</b>	10 781	5 433	11 677	112	28 003

Kilde: IEA

## Resultater:

	Olje	Gass	Kull	Andre	Totalt
<b>Utslipp / Energi (Mt CO<sub>2</sub>/GWh)</b>	227	192	325	4	203
<b>Pris pr GWh (kr)*</b>	220 000	150 000	75 000	-	-
<b>Avgift (kr)</b>	47 647	40 289	68 281	892	42 573
<b>Produsentprisendring (kr)</b>	-5 074	2 284	-25 708	41 682	-
<b>Produsentprisendring (%)</b>	-2%	2%	-34%	-	-

\*prisanslagene kan finnes i del 6.1 i oppgaven.

## Mer omfattende modell

Så store endringer i produsentprisene som i tabellen ovenfor vil ha konsekvenser for utviklingen av tilbudet over tid. I oppgaven har vi antatt at forholdet mellom produksjon og energiforbruk er konstant, men vi har åpnet for endret sammensetning av energikildene. For å finne et anslag på hvordan sammensetningen endres, har vi gjort en antagelse om priselastisitet for de enkelte fossile energikildene på 1 på lang sikt. Tilbudet av andre energikilder endres slik at samlet tilbud forblir uendret. Ettersom endring i sammensetningen av energikildene påvirker gjennomsnittlig avgift og dermed produsentprisene, må disse fastsettes simultant. Vi vil i det følgende presentere en modell som tar hensyn til disse vekselvirkningene.

## Modellpresentasjon:

### Energi:

*For olje, gass og kull:*

Utregning:  $\text{Energi}_{\text{utgangspunkt}} * (1 + \text{produsentprisendring}(\%))$

Enhet: Mtoe

*For 'andre energikilder':*

Utregning:  $\text{SamletEnergi}_{\text{utgangspunkt}} - \text{Energi}_{\text{olje}} - \text{Energi}_{\text{gass}} - \text{Energi}_{\text{kull}}$

Enhet: Mtoe

### Utslipp:

Utregning:  $\text{Utslipp}_{\text{utgangspunkt}} * (\text{Energi} / \text{Energi}_{\text{utgangspunkt}})$

Enhet: MtCO<sub>2</sub>

### Utslippsintensitet:

Utregning:  $\text{Utslipp (Mt CO}_2) / \text{Energi (Mtoe)} * \text{Omregningsatts (toe / GWh)}$

Enhet: tCO<sub>2</sub> / GWh

### Avgift:

Utregning:  $\text{Utslippsintensitet} * \text{Avgift per tonn CO}_2$

Enhet: kr / GWh

### Produsentprisendring i kr:

Utregning: Gjennomsnittlig avgift - avgift for den enkelte energikilde

**Produsentprisendring i %:** (ikke for 'andre energikilder')

Utregning:  $\text{Produsentprisendring} / \text{Produsentpris}$

## Resultater:

Resultatet fra beregningene som er presentert i tabellen nedenfor, viser at utslippsintensiteten på lang sikt synker fra 2,39 til 1,64. Vi har gjort en antagelse om at en utslippsintensitet på 1,64 først oppnås i 2060 og reduksjonen er modellert lineært med like årlige reduksjoner i årene fra 2012 til 2060.

	<b>Olje</b>	<b>Gass</b>	<b>Kull</b>	<b>Andre</b>	<b>Utslipps- intensitet</b>
<b>Produsentprisendring 2012-2060 (%)</b>	-8 %	-7 %	-65 %	-	-
<b>Andel av energiproduksjon i 2012</b>	34 %	21 %	26 %	19 %	2,39
<b>Andel av energiproduksjon i 2060</b>	32 %	19 %	9 %	40 %	1,64