

Optimal regulering av forurensing under imperfekt konkurranse

Marit Ommundsen Sæther

Masteroppgave

Masteroppgaven er levert for å fullføre graden

Master i samfunnsøkonomi

Universitetet i Bergen, Institutt for økonomi

Juni 2023



UNIVERSITETET I BERGEN

Forord

Jeg vil takke mine to veiledere Frode Meland og Teis Lunde Lømo for konstruktive tilbakemeldinger og gode råd gjennom hele skriveprosessen. I løpet av hele mastergraden har jeg tilegnet meg faglig kunnskap som jeg er glad for at jeg tar med meg videre.

Tusen takk til familie og venner for oppmuntrende ord og støtte i hverdagen. Spesielt takk til Daniel for god hjelp, korrekturlesing og engasjement. Jeg setter enormt stor pris på alle dere som har vist forståelse for en travel periode.

Sammendrag

Denne oppgaven handler om myndighetenes regulering av forurensing i imperfekt konkurranse. Betydeligheten av forurensing og oppmerksomheten rundt det påpekes, samt hvor vanlig imperfekt konkurranse er. Myndighetene må ta i betraktning at bedrifter under imperfekt konkurranse utnytter sin markedsrett og produserer en lavere mengde sammenlignet med bedrifter i perfekt konkurranse. Dette gjør at den optimale reguleringen avviker fra perfekt konkurranse. Etersom markeder av imperfekt konkurranse samsvarer mer markeder i virkeligheten, er problemstillingen valgt fordi jeg vil undersøke nærmere hvilke hensyn som er vesentlige for myndighetene når de skal regulere forurensing i markeder av imperfekt konkurranse.

I oppgaven presenterer jeg sentral teori i tillegg til å sammenligne yttertilfellene av perfekt konkurranse versus imperfekt konkurranse, der det antas en produksjon og forurensing som proporsjonalt følger hverandre. I litteraturoversikten presenterer jeg tidligere litteratur angående regulering av forurensing i imperfekt konkurranse. I analysen implementerer jeg spesifikke funksjoner i et allerede eksisterende modellrammeverk, og regner ut optimalt skattenivå. Jeg forsøker dermed å studere nærmere hvilke faktorer som påvirker den optimale skattleggingen fra myndighetenes side. Analysen baseres på to ulike tilfeller av myndighetenes optimale skattlegging av en forurensende monopolist. I første tilfellet er produksjon og forurensing antatt å proporsjonalt følge hverandre. Deretter antas det at monopolisten kan gjøre avgjørelser angående sin produksjon og sitt utslipp mer uavhengig av hverandre, siden den har tilgang på teknologi for å produsere mer miljøvennlig.

Reguleringen av forurensing avhenger av forholdet mellom produksjon og forurensing, og om myndighetene har tilgang på tilstrekkelig antall virkemidler. I diskusjonsdelen stiller jeg kritiske spørsmål til tidligere litteratur samt analysen. Implementeringen av spesifikke funksjonsformer gjør det i høyere grad mulig å diskutere ulike effekter, men de antatte funksjonene introduserer også noen svakheter ved modellen.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning.....	1
1.1 Problemstilling	2
1.2 Hvorfor dette er interessant	2
1.3 Hva innebærer oppgavearbeidet.....	3
1.4 Begrensning av virkemiddel for regulering av forurensing.....	3
1.4.1 Kvoter.....	4
1.4.2 Utslippsstandarder	5
2 Sentrale teoretiske begreper	6
2.1 Perfekt versus imperfekt konkurranse	6
2.2 Markedsmakt	7
2.3 Etterspørselstetisitet	8
2.4 Eksternaliteter.....	8
2.5 Pigouskatt.....	9
2.6 Skatt og subsidier	10
2.7 Renseteknologi.....	11
2.8 Første beste versus nest beste løsninger	11
3 Perfekt konkurranse versus monopol	14
3.1 Perfekt konkurranse.....	16
3.2 Monopol	18
3.3 Situasjoner mellom yttertilfellene	22
4 Litteraturoversikt	24
4.1 Lee 1975	24
4.2 Barnett 1980	25
4.3 Katsoulacos og Xepapadeas 1995	28
4.4 Ebert og Von Dem Hagen 1998.....	30
4.5 Yin 2003	32
4.6 Ino og Matsumura 2021	33
4.7 Requate 2005.....	36

4.8 Oppsummering av litteraturoversikten	38
5 Analyse	40
5.1 Antakelser og funksjoner	41
5.2 Utregning når en monopolist ikke har tilgang på renseteknologi.....	44
5.3 Utregning når en monopolist har tilgang på renseteknologi.....	46
5.4 Tolkning av resultatene når en monopolist ikke har tilgang på renseteknologi.....	49
5.4.1 Produksjon uten renseteknologi	49
5.4.2 Forurensing uten renseteknologi	49
5.4.3 Skattnivå uten renseteknologi.....	50
5.5 Oppsummering av viktige påvirkninger for en monopolist uten renseteknologi	52
5.6 Tolkning av resultatene når en monopolist har tilgang på renseteknologi	53
5.6.1 Produksjon med renseteknologi	53
5.6.2 Forurensing med renseteknologi	54
5.6.3 Skattnivå med renseteknologi.....	55
5.7 Oppsummering av viktige påvirkninger for en monopolist med renseteknologi	56
6 Diskusjon.....	58
6.1 Diskusjon av tidligere forskningsartikler	58
6.2 Diskusjon av analysen	60
7 Konklusjon	64
7.1 Forslag til videre forskning	64
6 Litteraturliste	66
Appendiks A – Monopolist uten renseteknologi	68
Appendiks B – Monopolist med renseteknologi	69
Appendiks C – Monopolist med renseteknologi	70
Appendiks D – Bevis at nevner er positiv	71
Appendiks E – Derivasjoner for tolkningen av analysen	72

Figuroversikt

Figur 1: Ulike marginale skadenivåer tilsvarer ulike tilpasninger for monopolisten.	15
Figur 2: Perfekt konkurranse	16
Figur 3: Perfekt konkurranse med Pigouskatt	17
Figur 4: Monopolistens tilpasning.....	18
Figur 5: Monopolistens tilpasning med skatt	19
Figur 6: Velferdsgevinst ved skatlegging i perfekt konkurranse og velferdstap ved skatlegging i monopol (Buchanan, 1969)	20

Tabelloversikt

Tabell 1: Bedrift som produserer og genererer en negativ eksternalitet i form av utslipp.....	12
Tabell 2: Konstantoversikt.....	43

Formeloversikt

Formel 1: Skatt som maksimerer velferd (Barnett, 1980)	26
Formel 2: Bedriften kan kun ved å produsere mindre slippe ut mindre røyk (Barnett, 1980)	26
Formel 3: Bedriften kan kun ved å vie mer ressurser til rensing redusere røyken (Barnett, 1980).....	27
Formel 4: Generelt tilfelle der bedriften for å redusere utslipp både kan redusere produksjon og investere mer i rensing (Barnett, 1980)	27
Formel 5: Situasjon 1: Myndighetene benytter både utslippsskatt s og vareskatt t (Ebert & Von Dem Hagen, 1998)	30
Formel 6: Situasjon 2: Myndighetene benytter kun utslippsskatt s (Ebert & Von Dem Hagen, 1998) .	31
Formel 7: Situasjon 3: Myndighetene benytter kun vareskatt t (Ebert & Von Dem Hagen, 1998)	31
Formel 8: Optimal skatt og optimalt mål for utslippsintensitet (Ino & Matsumura, 2021).....	34
Formel 9: Nest beste skatt når utslippsintensitet settes lik null (Ino & Matsumura, 2021).....	35
Formel 10: Profittfunksjonen for en oligopolist (Ino & Matsumura, 2021).....	35
Formel 11: Skatt på monopolist uten renseteknologi (Requate, 2005).....	37
Formel 12: Skatt på monopolist med renseteknologi (Requate, 2005)	37
Formel 13: Produksjon når monopolisten ikke har renseteknologi	44
Formel 14: Forurensing når monopolisten ikke har renseteknologi.....	44
Formel 15: Skatt når monopolisten ikke har renseteknologi.....	45
Formel 16: Produksjon når monopolisten har renseteknologi.....	47
Formel 17: Forurensing når monopolisten har renseteknologi.....	47
Formel 18: Skatt når monopolisten har renseteknologi.....	48

1 Innledning

Forurensende stoffer som slippes ut skaper ulemper og skade på samfunnet vi lever i. Oppmerksomhet knyttet til forurensing er i dag av stor betydning, og det er et større engasjement angående klima og miljø i samfunnet sammenlignet med tidligere. I Norge bestemmer Forurensingsloven (1981), forvaltet av Klima- og miljødepartementet, en generell plikt til å unngå å forurense med unntak av begrensinger som betegnes som vanlig forurensing jf. §8. Klima- og miljøpolitikken i Norge har som mål å redusere andelen av klimagasser og bidra til at Norge skal bli et lavutslippsland for å begrense den globale oppvarmingen.

Regulering av forurensing benyttes for å få bedrifter til å forurense mindre som følge av sin produksjon. Ved at myndighetene regulerer forurensingen i form av for eksempel avgifter gir dette økte økonomiske insentiver for bedriftene til å redusere sitt utslipp.

Forurensing er et stort samfunnsproblem, i tillegg er imperfekt konkurranse vanlig. Det er mange utfordringer for myndighetene ved regulering av forurensing i imperfekt konkurranse. Når bedriften som forurenser har markedsrett vil i utgangspunktet produksjonsmengden være lav sammenlignet med bedrifter i perfekt konkurranse.

Den lave produksjonsmengden kan fra et miljøperspektiv være bra siden bedriften som følge av sin produksjon forurenser mindre. Imidlertid skaper dette også andre avveininger som er viktige for å bestemme optimal regulering. Bedrifter under imperfekt konkurranse vil kreve annerledes innblanding fra myndighetenes side sammenlignet med bedrifter i perfekt konkurranse. Siden imperfekt konkurranse er en markedsfeil vil en bedrift som forurenser være kilde til minst to markedsfeil, lav produksjon som følge av markedsrett i tillegg til forurensingen. På grunn av den lave produksjonsmengden hos en bedrift i imperfekt konkurranse vil det generelt sett være slik at den optimale skatten på forurensingen blir lavere enn skatten i perfekt konkurranse.

Oppgaven har stort fokus rettet mot forholdet mellom produksjon og forurensingen til den forurensende bedriften. En bedrift uten teknologi som bidrar til at den kan produsere mer miljøvennlig, har en produksjon og forurensing som følger hverandre proporsjonalt slik at en reduksjon i produksjonen tilsvarer en lik reduksjon i forurensingen. En forurensende bedrift med høy forurensing og en proporsjonal produksjon og forurensing, gjør myndighetene i stand til å regulere til første beste løsning ved å benytte skattlegging. Siden forholdet er proporsjonalt vil det gi tilsvarende reduksjoner uansett om det er produksjonen eller forurensingen som skattlegges.

Dersom forholdet mellom produksjon og forurensing er delvis uavhengig vil bedriften kunne gjøre beslutninger angående produksjonen og forurensingen mer uavhengig av hverandre. Skatt på enten produksjon eller forurensing vil ikke lenger være tilstrekkelig, og det trengs tilgang på flere virkemidler for å regulere disse separat. Ønsker myndighetene å redusere forurensing og samtidig øke bedriftens produksjon kan de subsidiere produksjon i tillegg til å skattlegge forurensing. Dette vil gi bedriften insentiver til å øke produksjon samt rense sin forurensing ved å produsere mer miljøvennlig.

1.1 Problemstilling

Temaet i oppgaven er imperfekt konkurranse og regulering av forurensing. Optimal forurensing påvirkes av markedsstruktur, og de fleste markeder er av imperfekt konkurranse. På bakgrunn av dette er min problemstilling formulert på følgende måte:

«Hvordan kan myndighetene optimalt regulere forurensing under imperfekt konkurranse?»

1.2 Hvorfor dette er interessant

Siden forurensing skaper ulemper og skade for samfunnet er forurensing noe myndighetene vil redusere. Når det gjelder regulering av forurensing er det i økonomifaget oftest forbundet med en regulering som tilsier å skattlegge bedriften med en skatt på størrelse med den marginale skaden den påfører samfunnet. Dette kan i noen tilfeller resultere i en optimal tilpasning, men da er det ofte en forutsetning at bedriften som reguleres er en bedrift i perfekt konkurranse. Etersom markeder i virkeligheten oftere samsvarer med imperfekt konkurranse, er det interessant å studere myndighetenes regulering i slike markeder. Siden monopolister generelt produserer en lav mengde til høy pris, avviker deres produksjon mindre fra optimalt nivå av produksjon og forurensing. Monopolister kan til og med ha en produksjonsmengde som i utgangspunktet ved fravær av regulering, er for lav sammenlignet med den optimale tilpasningen. Myndighetene må avveie lav produksjon mot forurensingen, og har ofte behov for flere tilgjengelige virkemidler for å regulere til den optimale tilpasningen. Grunnen til at det er ønskelig med en viss grad av forurensing er siden forurensing også genererer fordeler for bedrifter i form av en kostnadseffektiv produksjon. Det er interessant at skatt lik marginalskaade er en så kjent løsning på forurensingsproblemet i økonomifaget, samtidig som skatt lik marginalskaade kan resultere i at en bedrift under imperfekt konkurranse produserer lavere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt.

1.3 Hva innebærer oppgavearbeidet

Jeg skal forsøke å svare på hvordan myndighetene regulerer forurensende bedrifter i imperfekt konkurranse. I kapittel 2 forklarer jeg sentrale begreper knyttet til problemstillingen. Videre i kapittel 3 sammenligner jeg yttertillfellene av perfekt konkurranse og imperfekt konkurranse. Jeg gir deretter i kapittel 4 en oversikt over tidligere artikler som omhandler dette temaet, mens i kapittel 5 benytter jeg en utvalgt modell for å analysere en situasjon der en monopolist er underlagt en utslippsskatt. I analysen benyttes Requate (2005) sitt rammeverk for å sammenligne to tilfellet av regulering av en forurensende monopolist. I første tilfellet følger produksjonen og forurensingen hverandre proporsjonalt, mens i det andre tilfellet er de delvis uavhengige. Basert på Requate (2005) viser jeg matematiske resultater før jeg tolker og forklarer disse. I kapittel 6 diskuterer jeg den utvalgte litteraturen fra litteraturoversikten samt modellen jeg har valgt i analysedelen, før jeg gir en kort konklusjon i tillegg til forslag for videre forskning.

1.4 Begrensning av virkemiddel for regulering av forurensing

I denne oppgaven er det skattlegging som benyttes som virkemiddel når myndighetene regulerer forurensing. Det er mange grunner til at skattlegging er foretrukket som reguleringsmetode for å regulere forurensing.

Det er viktig å poengtere at utvikling av nye teknikker og innovasjon generelt, kan bidra til å redusere kostnadene knyttet til forurensing. Skatt som potensielt virkemiddel for å regulere forurensing bidrar til å stimulere til mer bærekraftige holdninger og et ønske om teknologisk omstilling for å unngå å betale avgifter som følge av sitt utslipp. Dersom myndighetene skattlegger produksjon som skader miljøet, gir dette økte insentiver for produsentene til å utvikle mer miljøvennlige produksjonsprosesser (Karmaker et al., 2021).

Skatt på forurensing er ikke hovedsakelig ment for å generere inntekt, men for å skape adferdsendringer i form av at bedriftene som forurenser skal ta i betraktning skaden de påfører samfunnet. Skatt på forurensing kan bidra til økende grad av teknologi for å produsere mer miljøvennlig. Skatt vil dermed skape en motivasjon i form av at det blir økonomisk attraktivt å investere i forskning og utvikling. Virkemiddelbruk har dermed en viktig rolle for innovasjon (Karmaker et al., 2021).

Det finnes mange ulike måter å regulere forurensing på. Myndighetene kan skattlegge eller gi tillatelser til å forurense. De kan også subsidiere i form av å belønne for å unngå utslipp, og i

tillegg kan myndighetene benytte seg av regler i form av at bedrifter pålegges å ikke forurense. Eksempelvis kan reguleringene handle om hvor mye som er lov å produsere av et gode, måten det produseres eller eventuelt angående teknologien som benyttes (Perman et al., 2011).

I tillegg til økt innovasjon og å være en kilde for inntekt vil skattlegging av forurensing kunne erstatte andre skatter, slik at negative vridninger på andre goder i samfunnet som skattes kan reduseres (Wenders, 1972). Skattlegging av forurensing vil dermed være en bedre løsning enn å subsidiere for å redusere forurensing. Dette grunnet at markedsfeilen rettes opp i samtidig som myndighetene slipper å øke skatter på andre goder for å finansiere subsidiene. Økte skatter på andre goder ville ført til vridningseffekter i form av dødvektstap.

1.4.1 Kvoter

Et kvotesystem handler om at myndighetene setter en fast mengde tillatt utslipp og prisen bestemmes av markedet. Allokeringen av utslipp er dermed bestemt av markedet. I EUs kvotesystem fordeles kvotene enten via auksjon eller via gratis tildeling. Auksjon sikrer at den som slipper ut forurensing betaler for det, siden det kjøpes andel kvoter som behøves for å dekke utslippsmengden (Miljødirektoratet, 2019).

Kvoter, alternativt kalt utslippstillatelser, betyr dermed at et bestemt antall kvoter kan kjøpes og selges, og dette antallet blir mindre og mindre slik at totalutslipp reduseres over tid. EU ETS er det europeiske kvotesystemet der norske bedrifter er del av på grunn av EØS-avtalen. Norge samarbeider med EU for å redusere utslipp, hvorav klimamålet er redusert utslipp fra 1990 til 2030 med 50-55% (Regjeringen, 2020b). Siden kvotesystemet tildeler den tillatte mengden forurensing til bedriftene i markedet, er dette en alternativ måte å oppnå det optimale utslippsnivået på. Summen av utslipp skal reduseres, og det er ikke vesentlig om en bedrift slipper ut mer enn en annen så lenge totalsummen av kvoter ikke overstiger tillatt mengde. En reduksjon av utslipp hos en aktør tilsvarer dermed en økning i utslipp hos en annen aktør som da har kjøpt de ubrukte kvotene den reduserende bedriften i utgangspunktet hadde (Perman et al., 2011).

I noen tilfeller vil kvoter fungere tilsvarende som å skattlegge forurensing. I andre tilfeller vil et av virkemidlene være foretrukket. Hvilket av virkemidlene som genererer minst effektivitetstap og dermed er best å benytte bestemmes av helning på kurvene for marginalskade og marginalfordel samt om det er usikkerhet knyttet til fordel av å forurense eller størrelsen på skaden som følge av forurensingen.

1.4.2 Utslippsstandarder

Myndighetene kan også alternativt til å skattlegge forurensing benytte seg av en absolutt utslippsstandard (Requate, 2005). Absolutt utslippsstandard fungerer ved å sette en standard for hvor mye en bedrift har tillatelse til å forurense. Dersom produksjon og forurensing proporsjonalt følger hverandre, og forurensing tilsier at en bedrift produserer for høyt, vil utslippsstandarden fungere tilsvarende som utslippsskatt. Standarden regulerer den forurensende bedriften til en lavere produksjon og dermed et lavere forureningsnivå.

Derimot hvis bedriften uten regulering produserer lavere enn optimalt nivå, ville den blitt subsidiert fremfor skattlagt og da kan ikke en utslippsstandard benyttes for å realisere første beste løsning når produksjon og forurensing er proporsjonal. Utslippsstandard som virkemiddel fungerer ikke optimalt i dette tilfellet grunnet at standarden ikke gir bedriften insentiv til å øke produksjon (Requate, 2005).

Ved å benytte en relativ utslippsstandard istedenfor en absolutt standard, vil bedriften begrenses i forhold til sitt utslipp relativt til produksjonen. Dermed settes standarden på mengden forurensing per enhet utslipp. Når produksjon og forurensing er proporsjonal vil en høyere restriksjon enn den nåværende utslippsmengden tilsa at bedriften kan fortsette produksjonen som før. Derimot ved en restriksjon som følge av den relative standarden som er lavere enn nåværende utslipp tvinger bedriften til å avslutte sin produksjon siden den ikke har mulighet til å redusere utslipp per enhet produksjon.

Bedriften som blir underlagt standarden kan imidlertid ha en produksjon og forurensing som ikke proporsjonalt følger hverandre, og dermed kan den bestemme disse mer uavhengig av hverandre. En relativ standard som tilsier lavere utslipp per enhet produksjon enn nåværende nivå vil kunne gi strengere mål for utslipp. Grunnen til at den relative standarden gir strengere utslippsmål er fordi den forurensende bedriften nå kan gjøre to ting for å nå målet om å redusere sitt utslipp per enhet produsert. Den kan først og fremst øke sin produksjonsmengde og fordele nåværende utslipp på flere antall enheter. Alternativt kan den redusere sitt utslipp ved å benytte teknologi som gjør den i stand til å produsere mer miljøvennlig (Requate, 2005).

Kvoter og utslippsstandarder er alternative virkemidler som kan benyttes for å redusere forurensing, som jeg ikke fokuserer på videre i oppgaven.

2 Sentrale teoretiske begreper

I dette kapitlet skal jeg forklare sentrale teoretiske begreper som gjennomgående benyttes i masteroppgaven. Begreper knyttet til problemstillingen defineres, forklares og antyder viktigheten for oppgaven.

2.1 Perfekt versus imperfekt konkurranse

I et marked med perfekt konkurranse er konkurrentene pristakere og kan dermed ikke påvirke prisen i markedet. Siden pris påvirker etterspørsel vil økning i pris kunne gi lavere etterspørsel og resultere i at konsumentene heller kjøper godet hos en annen produsent. I et marked med imperfekt konkurranse kan bedrifter derimot påvirke likevektsprisene i markedet på grunn av sin markedsrett (Makowski, 1987).

Yttertilfellet av imperfekt konkurranse er monopol, der det kun er en økonomisk aktør med maksimal grad av markedsrett, siden ingen andre tilbyr samme gode. En monopolist kjennetegnes av at den ved å utnytte sin markedsrett produserer en lavere mengde til en høyere pris sammenlignet med en bedrift i perfekt konkurranse. Mellom yttertilfellene perfekt konkurranse og monopol finnes oligopolmarkeder. Oligopol kjennetegnes av noen få store bedrifter i markedet, som har en viss grad av markedsrett (Nicholson & Snyder, 2016).

Oligopolister gjør at strategisk interaksjon mellom bedrifter blir mulig. I motsetning til monopolister vil ikke utfallet bli likt hvis bedriftene bestemmer produksjonsmengden sammenlignet med når de bestemmer pris. Hvis oligopolister i et marked starter med samme pris på sine homogene produkter, og en av bedriftene i markedet reduserer prisen, vil dette kunne gjøre den i stand til å stjele hele etterspørselen fra sine konkurrenter. Priskonkurranse vil derfor være en mye tøffere konkurranse for bedriftene enn å konkurrere om mengden produsert i markedet. Hvis bedriftene starter med lik mengde vil en liten økning i mengde hos en bedrift kun resultere i en marginal effekt på inntekten til konkurrentene. Det vil dermed være mye høyere insentiver for bedrifter å redusere sin pris marginalt enn å gjøre endringer i kvantum produsert (Nicholson & Snyder, 2016).

I markeder med noen få store bedrifter vil prisene avhenge av hvor aggressivt bedriftene konkurrerer. Bertrand modellen, der bedrifter simultant bestemmer pris på sine identiske varer, resulterer i at den som setter lavest pris får hele markedets etterspørsel. Hvis bedriftene setter den samme prisen, vil etterspørselen deles likt mellom dem. Dette resulterer i at likevekt blir

tilsvarende som i perfekt konkurranse, og siden prisen settes lik marginalkostnad får bedriftene ingen profitt (Nicholson & Snyder, 2016).

Når bedriftene ikke bestemmer seg for pris men for mengde de tilbyr i markedet, kalles det Cournot konkurranse. Her vil likevekten bli en pris som er høyere enn marginalkostnad, og dermed får bedriftene positiv profitt. Bedriftene har insentiv til å sette en lav produksjon i og med at en for høy produksjon vil redusere prisene i markedet. På bakgrunn av dette blir prisen høyere enn marginalkostnad og basert på produksjonsmengden til hver bedrift i markedet summert sammen til totalproduksjon (Nicholson & Snyder, 2016).

2.2 Markedsmakt

Markedsmakt betyr at bedriften har makt innenfor markedet til å sette opp prisen uten å miste hele sin etterspørselen. Siden en monopolist sin produksjonsmengde avgjør markedsprisen og en bedrift i perfekt konkurranse ikke kan påvirke markedspris, vil disse to være yttertilfeller av perfekt og imperfekt konkurranse (Nicholson & Snyder, 2016).

Siden markedsmakt gir bedriften mulighet til å øke pris kan dette resultere i at samfunnet opplever en redusert velferd grunnet dødvektstapet som følge av en lavere produksjon til høyere pris (Motta, 2004). Ved at bedriften øker pris til over sin marginalkostnad vil den kunne oppnå en positiv profitt. Velferd defineres som summen av overskudd i samfunnet, men selv om positiv profitt betyr økning i produsentoverskuddet fører den økte prisen også til reduksjon i konsumentoverskuddet. Dersom totaloverskudd er lavere som følge av at produksjon reduseres og pris øker, oppstår det et dødvektstap. Dødvektstapet representerer dermed den samlede reduksjonen i totaloverskudd som følge av økt pris (Motta, 2004).

Grunnen til at det finnes monopoler er fordi det vil være ulønnsomt eller umulig for andre bedrifter å etablere seg i markedet. Hindringer for etablering vil derfor være grunnlaget for alle monopolister (Nicholson & Snyder, 2016). En monopolist sin tilpasning kjennetegnes av at den tilpasser seg der marginalinntekten og marginalkostnaden er like hverandre. Monopolistens høye pris samsvarer med lav mengde og færre etterspørrere i markedet (Nicholson & Snyder, 2016).

2.3 Etterspørselastisitet

Etterspørselastisitet er et uttrykk for hvor følsom en vare er for endringer i pris. Elastisiteten representeres av den prosentvise kvantumsendringen dividert på den prosentvise prisendringen (Sending, 2013). Når den prosentvise endring i produksjon er større enn den prosentvise endringen i prisen vil elastisiteten > 1 , og etterspørselen er elastisk. Dersom de prosentvise endringene er like store vil elastisiteten bli lik 1 og kalt nøytralelastisk. Når den prosentvise prisendringen er større enn den prosentvise produksjonsendringen vil elastisiteten bli < 1 , og man har en uelastisk etterspørsel (Sending, 2013). Når en økt pris som regel resulterer i en redusert mengde av et gode resulterer dette i at etterspørselastisiteten blir negativ som følge av at pris og mengde går i hver sin retning. Ifølge Sending (2013) er det normalt slik at vi ignorerer det negative fortegnet, men heller tolker elastisiteten i absoluttverdi der økning i pris reduserer mengden.

Siden etterspørselastisitet er et mål for hvor mye etterspørsel avtar som følge av økt pris avhenger elastisiteten av kunders preferanser og hvor gode alternativer de har hos andre tilbydere. En monopolist som bestemmer prisen selv kan både ha en elastisk og en uelastisk etterspørsel. En monopolist med veldig elastisk etterspørsel vil kunne oppleve å få en lav profitt fordi en høy pris fører til at den mister mange av sine kunder. Derimot vil en monopolist med uelastisk etterspørsel kunne sette høy pris og få mye profitt siden den høye prisen ikke fører til at mange etterspørere forsvinner.

En uelastisk etterspørsel er ofte forbundet med høye priser, mens relativt elastisk etterspørsel forbindes med lavere priser (Sending, 2013). Økt etterspørselastisitet kan bety lavere markedsrett i form av at elastisk etterspørsel assosieres med en lavere pris. Hvor høy prisen i markedet er avhenger både av hvor mye markedsrett bedriften har, i tillegg til hvor elastisk etterspørsel den har.

2.4 Eksternaliteter

Eksternaliteter forekommer når økonomiske aktiviteter påvirker velferd til andre aktører uten at det reflekteres i kostnadene av aktiviteten (Nicholson & Snyder, 2016). Eksternaliteter kan være positive eller negative i den forstand at de kan generere fordeler eller ulemper som ignoreres av den genererende aktøren. Uansett om de er positive eller negative vil de direkte påvirke andre aktører sin nytte eller produksjon. Når eksternalitetene ikke tas hensyn til vil den sosiale og den private kostnaden som følge av aktiviteten avvike fra hverandre. Eksempel på

en negativ eksternalitet er forurensing som skader aktører og miljøet. En positiv eksternalitet kan være forskning hvis forskningen genererer fordelaktig kunnskap til andre aktører eller samfunnet generelt. En bedrift som produserer en vare og genererer forurensing som følge av sin produksjon har en lavere privat kostnad enn sosial kostnad som følge av produksjonen. Produksjonsmengden til bedriften vil derfor være for høy når ikke skaden på samfunnet via forurensingen tas med i betraktning. Derimot vil en bedrift som genererer fordelaktig forskning til samfunnet produsere en for lav mengde når ikke eksternaliteten tas hensyn til (Helbling, 2010).

For å øke sosiale fordeler bør myndighetenes regulering tilsi en reduksjon av produksjonen til forurensende bedrifter i form av skattlegging, og en økning i produksjonsmengde til bedrifter som genererer forskning som positiv eksternalitet i form av å betale ut subsidier (Helbling, 2010).

Ved å skattlegge en negativ eksternalitet vil myndighetene internalisere eksternaliteten ved å få den forurensende bedriften til å oppføre seg som at kostnaden av forurensingen ble en del av bedriftens private kostnadsfunksjon. Da vil avgjørelser være reflektert av alle relevante kostnader for hele samfunnet og ikke bare produsentens private kostnad (Perman et al., 2011). Eksempelvis kan myndighetene avgiftsbelegge karbondioksid (CO₂) for å oppnå lavere utslipp av denne klimagassen (Regjeringen, 2020a).

Karbonprising bidrar til at forurensing blir dyrere og det derfor blir mer attraktivt med løsninger som slipper ut mindre CO₂. CO₂, hovedsakelig fra forbrenning av olje, kull og gass, er den klimagassen som i størst grad forårsaker klimaendringene. I 2021 ble det anslått at andelen av klimagassutslippene fra klimagassen CO₂ var 84% (Miljødirektoratet, 2022).

2.5 Pigouskatt

Produksjonsnivået til en bedrift som genererer en negativ eksternalitet resulterer i en overproduksjon dersom ikke eksternaliteten tas med i bedriftens kostnadsbetraktning. Pigou (1920) sin direkte løsning på eksternaliteter er å skattlegge bedriftene med en skatt på størrelse med den marginale skaden som påføres samfunnet. Den marginale skaden betyr at skatten settes lik økningen i skaden på samfunnet ved å produsere og dermed forurense én ekstra enhet. Pigou (1920) poengterte også viktigheten av å benytte subsidier når produksjonen genererer positive eksternaliteter. Disse subsidiene er på størrelse med marginalfordel generert av den positive eksternaliteten, og kalles Pigousubsidie (Nicholson & Snyder, 2016).

Pigouskatt og Pigousubsidier benyttes dermed for å legge til tilleggs kostnad eller tilleggsfordel som følge av å produsere. Den sosiale kostnaden eller fordelene som følge av effekten må tas hensyn til. Ved å betrakte en bedrift som forurenser vil overproduksjonen som følge av at ikke skaden tas hensyn til kunne resultere i en ineffektiv allokering. Pigouskatt kan derfor benyttes for å eliminere dødvekttapet generert av eksternaliteten (Nicholson & Snyder, 2016).

2.6 Skatt og subsidier

Myndighetene kan benytte skattlegging av forurensing for å oppnå et ønskelig resultat om å redusere forurensingen. Det er også mulig å subsidiere, altså belønne bedrifter for å rense sin forurensing (Perman et al., 2011). Både skatt på forurensing og belønning i form av subsidier gir bedriften insentiver til å redusere sin forurensing. Det vil øke overskuddet til bedriften å rense forurensing dersom deres marginalkostnad av å rense er mindre enn marginals skatten de må betale for sitt utslipp. På samme måte vil det øke overskuddet å rense dersom marginal rensekostnad er lavere enn subsidien den får tildelt som belønning for å rense (Perman et al., 2011).

Utslippsskatt eller subsidiering for rensing gir insentiver for innovasjon. Miljøvennlig innovativ fremgang belønnes kontinuerlig siden bedriften enten unngår skatteutgifter eller får belønning som subsidiering. I situasjoner der myndighetene har mangelfullt informasjonsgrunnlag, og ikke vet størrelsen på skadenivået eller rensekostnadene kan det være vanskelig å bestemme skattenivået. Hvis myndighetene får oppgitt de riktige rensekostnadene til bedriftene de skal regulere vil skatten kunne regulere forureningsnivået til det optimale nivået. Derimot hvis bedriftene hevder å ha lavere kostnader assosiert med sin rensaktivitet enn de faktisk har, blir de pålagt en lavere skatt (Perman et al., 2011).

Mangelfull informasjon for myndighetene handler som oftest om at de ikke vet størrelsen på den marginale skaden som følge av eksternaliteten (Perman et al., 2011). Det vil være utfordrende å måle den marginale skaden i ulike tilfeller. Siden marginals kade representerer skaden som følge av å produsere en tilleggsenhet vil dette bety mengden utslipp forårsaket av kun denne enheten. Når det gjelder forurensende stoffer som spres i samfunnet kan skaden representeres av kostnaden av å rense dette opp igjen.

2.7 Renseteknologi

Ettersom utslippsskatt og subsidiering for å drive med renseaktivitet bidrar til økte økonomiske insentiver for å redusere forurensing stimulerer myndighetene bedrifter til å produsere mer miljøvennlig. Profittmaksimerende bedrifter med mulighet for å rense vil som nevnt velge å rense sin forurensing hvis deres marginale rensekostnad er lavere enn verdien av skatteraten per enhet forurensing (Perman et al., 2011).

Renseteknologi gjør bedriften i stand til å kunne redusere sitt utslipp uten nødvendigvis å redusere sin produksjonsmengde. Ved fravær av renseteknologi har myndighetene en direkte kontroll ettersom produksjon og forurensing er perfekt korrelerte, og skattlegging av den ene da vil redusere begge to. Dersom produksjonen og forurensingen i utgangspunktet er for høy kan bedriften skattlegges, og dersom produksjon og forurensing er lavere enn den optimale tilpasningen kan myndighetene stimulere bedriften til å øke sin produksjon i form av å subsidiere den (Requate, 2005).

Når forurensende bedrifter har ulik kostnad ved å rense krever effektiv tilpasning at den marginale kostnaden av å rense er lik på tvers av bedriftene, og dermed at rensenivået kan være ulik for bedriftene siden de tilpasser sitt nivå av rensing ut fra sine kostnader for rensing (Wenders, 1972).

Siden en forurensende monopolist genererer minst to markedsfeil i form av lav produksjonsmengde i tillegg til eksternaliteten forurensing, må disse effektene veies mot hverandre. Når den lave produksjonsmengden er mer dominerende enn utslippet, vil myndighetene benytte subsidiering av utslippet som virkemiddel, altså for å øke produksjonsmengden (Requate, 2005).

2.8 Første beste versus nest beste løsninger

Nest beste løsninger er et viktig resultat i velferdsøkonomien (Perman et al., 2011). Når forurensing korrigeres ved å skattlegge en bedrift som forurenser, og den optimale løsningen oppnås, betyr det at vi får den første beste løsningen. Hvis det derimot trengs å regulere produksjonen og forurensingen i ulik retning, altså øke produksjonen og redusere forurensing, trengs det både skattlegging på forurensing i tillegg til subsidiering for produksjonen. Hvis myndighetene har mulighet til begge deler, kan dette også gi første beste tilpasning.

Første beste tilpasning handler dermed om at myndighetene har mulighet til ved hjelp av ett eller flere virkemidler å korrigere markedet til den optimale tilpasningen. Første beste løsningen kan også oppnås når det er flere markedsfeil som må korrigeres, så lenge tilgang på nødvendige virkemidler er tilstrekkelige for myndighetene. Når det finnes flere kilder til markedsfeil i markedet, vil det å korrigere en av disse som om dette var den eneste markedsfeilen, kunne føre til en tilpasning som er enda verre enn uten regulering. På grunn av at det er flere kilder til markedsfeil kreves en analyse som tar dette i betraktning og utleder en nest best politikk bestående av ulik innblanding fra myndighetenes side som gjør det beste de kan gitt at det kanskje ikke er mulig å korrigere alle faktorene som gir markedsfeil. Myndighetene må gå for den nest beste løsningen dersom de ikke har tilstrekkelig antall virkemidler (Perman et al., 2011).

<i>Markedsstruktur</i>	<i>Produksjon vs. forurensing</i>	<i>Virkemidler</i>	<i>Resultat</i>
Perfekt konkurranse	Produksjon og forurensing følger hverandre proporsjonalt (fravær av renseteknologi)	Pigouskatt Skatt lik den marginale skaden	Første beste løsning
Monopol	Produksjon og forurensing følger hverandre proporsjonalt (fravær av renseteknologi)	Skatt/subsidie på produksjon eller forurensing Skatt lavere enn marginal skade	Første beste løsning
Monopol	Delvis uavhengig produksjon og forurensing (tilgang på renseteknologi)	Skatt/subsidie på både produksjon og forurensing Skatt lavere enn marginal skade	Første beste løsning

Tabell 1: Bedrift som produserer og genererer en negativ eksternalitet i form av utslipp.

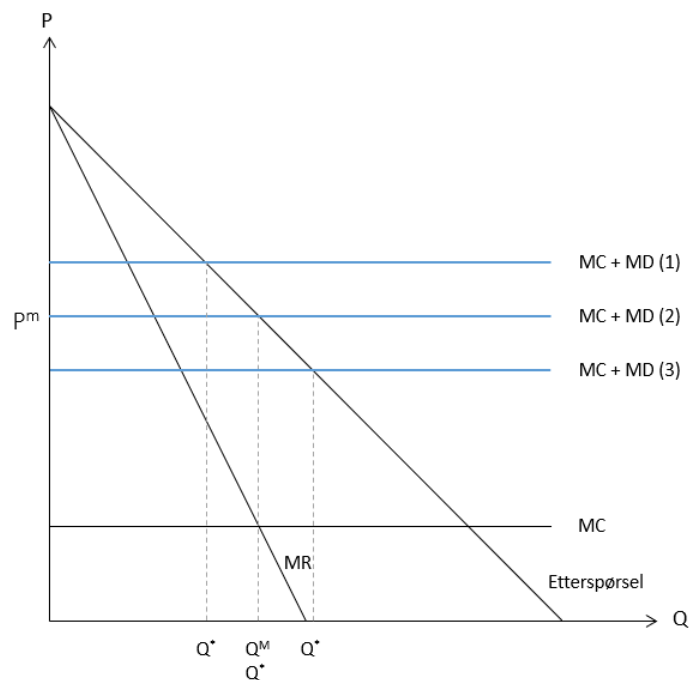
Ulike tilfeller av forurensende bedrifter krever ulik regulering fra myndighetenes side for å resultere i første beste løsning. Det vil være forskjellige hensyn i optimal regulering i monopoltilfellet når bedriften som reguleres har tilgang på renseteknologi versus når den ikke har renseteknologi. I kapittel 5 utleder jeg to ulike skattenivåer for en monopolist der den første skatten er basert på antakelsen om at monopolisten ikke har tilgang på renseteknologi, mens det andre skattenivået baseres på antakelsen om tilstedeværende renseteknologi. Det er vist i tabell 1 hvilke virkemidler som er tilstrekkelige for myndighetene å kunne benytte for å regulere bedriften til optimal tilpasning. Gjennomgående i oppgaven er det disse tre tilfellene av markedsstruktur som vektlegges. Sammenligning av perfekt konkurranse og monopol i kapittel 3 baseres på antakelse om proporsjonal produksjon og forurensing. Analysen baseres på monopoltilfellet både med og uten renseteknologi. Grunnen til at ikke perfekt konkurranse med tilgang på renseteknologi er med i tabellen er fordi dette tilfellet ikke blir nærmere studert i denne oppgaven. Fokuset er rettet mot imperfekt konkurranse, og perfekt konkurranse i kapittel 3 benyttes for å sammenligne med monopol.

3 Perfekt konkurranse versus monopol

I dette kapitlet skal jeg sammenligne skattlegging av yttertilfellene perfekt konkurranse og monopol. Perfekt konkurranse forklares i kapittel 3.1 og monopol forklares i kapittel 3.2. I kapittel 3.3 påpeker jeg at monopoltilfellet ikke dekker markeder av imperfekt konkurranse. I kapittel 3.1 og 3.2 antas produksjonen og forurensingen å være proporsjonal, altså vil en reduksjon i produksjon føre til en tilsvarende reduksjon i forurensing. Dette betyr at bedriften ikke har tilgang til teknologi for å produsere mer miljøvennlig. Dersom produksjonen og forurensingen var delvis uavhengig, kunne bedriftene derimot tatt avgjørelser både angående produksjonsnivå og forurensingsnivå.

Hvis bedriften har tilgang på teknologi for å produsere mer miljøvennlig kan den redusere sin forurensing uten å nødvendigvis redusere sin produksjon. Dette resulterer i at kun skattlegging som virkemiddel kan være utilstrekkelig. Dette gjør at myndighetene må ved hjelp av avveining benytte nest beste løsning fordi de har for få virkemidler.

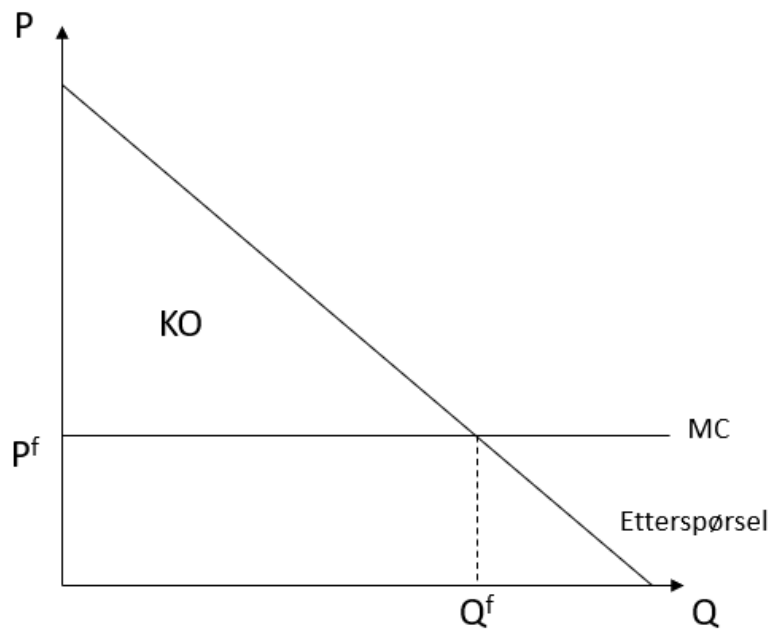
Som forklart i kapittel 2.8 kan første beste løsninger oppnås når myndighetene har tilgang på nok virkemidler til å regulere bedriften til den optimale tilpasningen. Sammenligning av yttertilfellene i dette kapitlet viser hvordan optimal skatt i perfekt konkurranse er forskjellig fra monopol når myndighetene skattlegger en forurensende bedrift. I begge tilfellene oppnås første beste løsning ved at myndighetene benytter skattlegging som virkemiddel for å korrigere den forurensende bedriften sin produksjonsmengde. Siden produksjon og forurensing følger hverandre vil myndighetene stimulere til lavere produksjon og oppnå lavere utslippsnivå. Både for bedriften i perfekt konkurranse og for monopolisten vil skatt være tilstrekkelig virkemiddel for myndighetene for å oppnå optimal tilpasning i dette tilfellet.



Figur 1: Ulike marginale skadenivåer tilsvarer ulike tilpasninger for monopolisten.

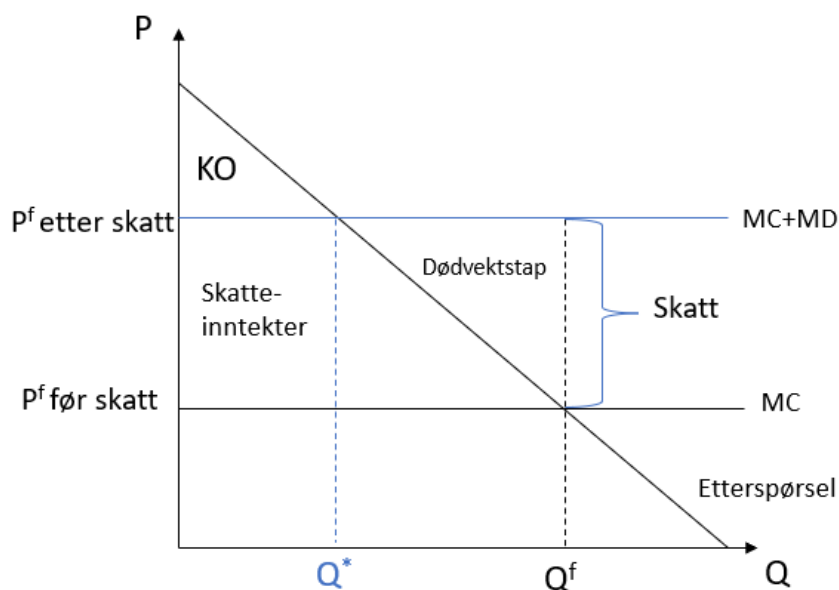
I figur 1 er det antatt en linær etterspørsel og konstante marginale kostnader, representert av MC-kurven. I analysen i kapittel 5 skal jeg se på et utvidet rammeverk med linær etterspørsel, kvadratiske kostnader og kvadratisk funksjon for skade. For å finne det optimale produksjons- og forurensingsnivået i figur 1 legges den marginale skaden til på marginalkostnaden. Ulike skadenivåer som forurensingen har på samfunnet avgjør den optimale produksjonsmengden. Figur 1 viser tre ulike marginale skadenivåer som legges til marginalkostnaden, representert av kurvene $MC + MD$, der MD står for «marginal damage», og det er dermed størrelsen på den marginale skaden som avgjør hvor kurven havner. Ved å anta at $MD > 0$ vil MC-kurven bevege seg oppover når utslippet tas med i betraktning, da kostnadene til bedriften blir høyere når den sosiale kostnaden MD legges til den private MC. Ut i fra de forskjellige nivåene på skaden kan enten monopolkvantum Q^M være for høyt sammenlignet med det samfunnsøkonomisk optimale Q^* (1), akkurat lik den optimale tilpasningen Q^* (2), eller for lavt sammenlignet med Q^* (3).

3.1 Perfekt konkurranse



Figur 2: Perfekt konkurranse

Tilpasningen til en bedrift i perfekt konkurranse blir der etterspørselskurven og MC-kurven krysser hverandre. P^f representerer prisen i perfekt konkurranse, og Q^f representerer produksjonsmengden i perfekt konkurranse. Velferd representeres av summen av overskudd i økonomien, og blir lik summen av konsumentoverskuddet og produsentoverskuddet (Motta, 2004). Trekanten fra prisen opp til starten av etterspørselskurven og ned til etterspørselen krysser MC kurven gir konsumentoverskuddet, KO, i perfekt konkurranse. Konsumentoverskuddet handler om at konsumentene har en betalingsvillighet som er høyere enn det prisen i markedet faktisk er, altså går det overskudd til konsumentene i form av at de må betale en lavere pris enn de i utgangspunktet er villige til å betale. Produsentoverskuddet er lik null her siden bedriftene har null i profitt ettersom prisen er lik marginalkostnad (Motta, 2004).

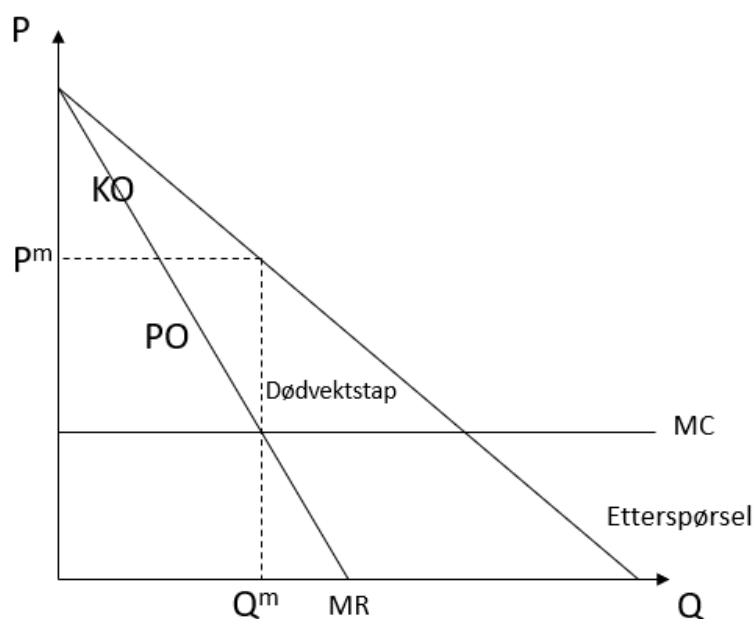


Figur 3: Perfekt konkurranse med Pigouskatt

I figur 2 var det kun den private kostnaden representert av MC som ble tatt i betraktning. Derfor vil figur 2 representere hvordan en bedrift i perfekt konkurranse produserer dersom den ikke genererer en negativ eksternalitet. Dersom vi nå betrakter en bedrift i perfekt konkurranse som genererer forurensing, vil Q^f resultere i at produksjonen er for høy, siden den marginale skaden som følge av forurensing ikke er tatt hensyn til. I figur 3 er det nå lagt til en kurve som representerer den private kostnaden pluss sammen med den marginale skaden som følge av forurensingen, kalt $MC + MD$. Produksjonen som i utgangspunktet var for høy representeres av Q^f , og når den marginale skaden MD av forurensingen som følge av produksjonen tas med i betraktning ser vi at det optimale produksjonsnivået blir lik Q^* .

For å oppnå det optimale nivået Q^* blir bedriften pålagt en skatt på størrelse med MD . Ny tilpasning blir den optimale mengden Q^* og en høyere pris som følge av skatten. Skatt på størrelse med marginalskaade tilsvarer en Pigouskatt og er et resultat som maksimerer velferd. Siden prisen øker blir konsumentoverskuddet lavere enn tidligere ved fravær av eksternaliteten og hensyn til den. Skatteinntektene vil bli firkanten under konsumentoverskuddet, og trekanten til høyre over etterspørselsfunksjonen vil være dødvektstap, som følge av at forurensingen resulterte i at bedriften produserte for høyt ved Q^f før den ble pålagt Pigouskatten. Dermed vil Pigouskatten eliminere dødvektstapet generert av eksternaliteten (Nicholson & Snyder, 2016). I dette tilfellet i figur 3 blir totaloverskuddet lik konsumentoverskuddet og skatteinntektene sammenlagt. Dersom myndighetene ikke hadde inndratt skatteinntektene, hadde disse pengene vært profitt til bedriftene, og derfor er skatteinntekter en del av totalvelferd.

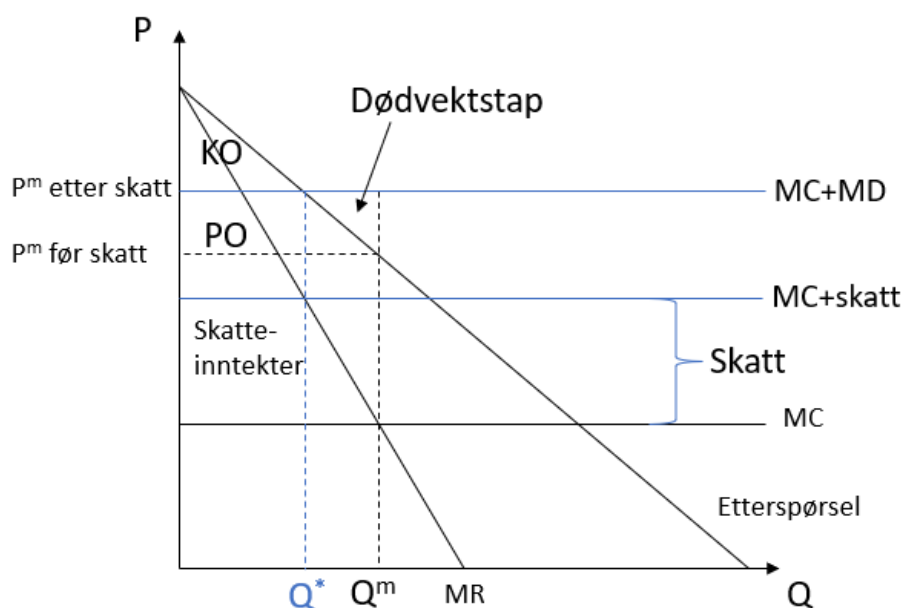
3.2 Monopol



Figur 4: Monopolistens tilpasning

I tilfellet med en monopolist, den mest ekstreme formen for markedsrett (Motta, 2004), vil mengdetilpasningen bli der marginalinntekt representert av MR-kurven, krysser MC-kurven. Prisen blir der dette kvantum krysser etterspørselskurven. Her blir konsumentoverskuddet mindre enn i perfekt konkurranse, fordi monopolisten får noe profitt i form av produsentoverskudd PO, i tillegg til at det blir en trekant for dødvektstap som følge av en lav produksjonsmengde til høy pris. Velferd vil her også bli summen av konsumentoverskuddet og produsentoverskuddet. Grunnen til at det i dette tilfellet oppnås profitt til produsenten er siden den setter en pris som er høyere enn marginalkostnaden, altså tjener bedriften overskudd av å selge og produsere. Velferdstap øker som følge av at monopolisten øker pris. Dette kommer av at velferd reduseres når markedsrett øker (Motta, 2004).

Dødvektstapet hos en monopolist avhenger av etterspørselselastisiteten. Hadde monopolisten hatt en horisontal etterspørselskurve som betyr at etterspørselselastisiteten er perfekt elastisk ville ikke monopolisten hatt mulighet til å sette pris over marginalkostnad, grunnet at konsumentene ikke hadde fortsatt å kjøpe godet hvis prisen ble satt opp. Når derimot etterspørselselastisiteten blir lavere vil monopolisten ha større mulighet for å øke prisen siden etterspørsel er mindre følsom for endringer i pris. Dødvektstapet og prisen øker dermed som følge av at etterspørselselastisiteten avtar (Motta, 2004).



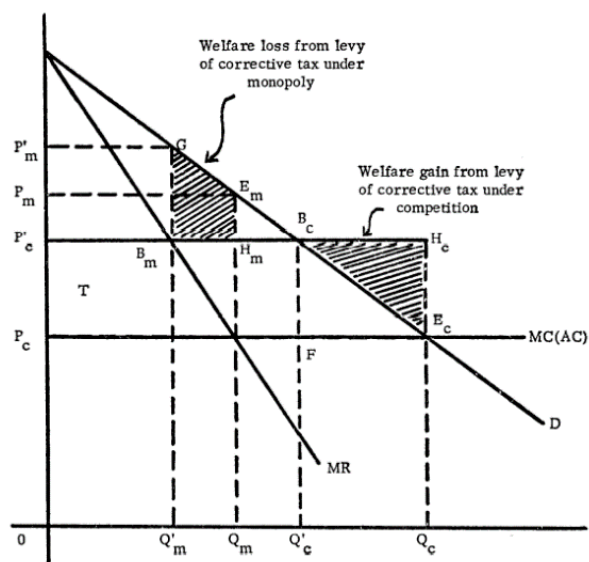
Figur 5: Monopolistens tilpasning med skatt

Ved å nå se på en monopolist som genererer forurensning som følge av sin produksjon vil den kunne produsere høyere enn det optimale nivået. Som forklart i figur 1 kan også monopolisten produsere lavere eller akkurat lik det optimale nivået. Produksjonsmengden til monopolisten i figur 5 er i utgangspunktet for høy sammenlignet med det samfunnsøkonomisk optimale Q^* . Monopolisten vil samtidig produsere en lavere mengde enn en bedrift i perfekt konkurranse, altså vil den optimale reduksjonen være mindre for reguleringen av monopolisten. Som følge av en maksimert velferdsfunksjon vil skatt på monopolisten være lavere enn i perfekt konkurranse der den blir lik marginal skade. Maksimering av velferdsfunksjonen og utregning av dette skattenivået for monopol viser jeg i analysen i kapittel 5. Skatten på monopolisten blir i figur 5 lik avstanden mellom MC og MC + skatt, da det tas utgangspunkt i Q^* og skjæringen med MR-kurven som gir MC + skatt. Dette resulterer i lavere skatteinntekter enn i perfekt konkurranse, ettersom at monopolisten får profitt, altså produsentoverskudd som er firkanten over skatteinntektene.

Konsumentoverskuddet vil være likt som under skattlegging i perfekt konkurranse, og representert av trekanten under etterspørselen og over kurven for MC + MD. Dødvektstapet vil være trekanten over etterspørselen siden monopolisten har en for høy produksjon før den skattlegges. Dødvektstapet forårsaket av overproduksjonen, viser hvor mye prisen stiger som følge av skatten, samt hvor mye mengden reduseres. Skatten som pålegges monopolisten vil eliminere dette dødvektstapet og dermed øke velferd. Første beste løsningen er her mulig å få

til ved benyttelse av skattlegging på grunn av at monopolisten produserer for mye i utgangspunktet, i tillegg til siden produksjon og forurensing følger hverandre proporsjonalt. Forurensingen vil dermed være mer dominerende enn monopolistens lave produksjonsmengde, og resulterer i en positiv skatt. Fravær av antakelsen om at monopolisten produserer for høyt, kan gjøre at skatten blir negativ i form av subsidie. I tillegg vil fravær av proporsjonal produksjon og forurensing kunne gjøre skattlegging som virkemiddel utilstrekkelig.

Figur 3 og figur 5 viser at basert på disse tilfellene vil velferd øke som følge av skattlegging. Buchanan (1969) poengterte i 1969 at Pigouskatt på en monopolist vil kunne redusere velferd. Buchanan (1969) sin figur representert av figur 6 nedenfor baseres også på antakelsen om at forurensingen og produksjonen følger hverandre. Han antar også en konstant kostnadsfunksjon og at bedriften genererer en eksternalitet. Denne eksternaliteten er antatt å være relatert til antall enheter produsert. Ved å sammenligne figur 3 og 5 med figur 6 fra Buchanan (1969) vil tilsvarende en Pigouskatt i perfekt konkurranse øke velferd. Denne skatten er lik den marginale skaden og representert av T i figur 6. Økningen i velferd i figur 6 som følge av Pigouskatt representeres av det eliminerte dødvektstapet i figur 3. Figur 6 fra Buchanan (1969) viser en monopolist med i utgangspunktet før skatt en for lav produksjon sammenlignet med det optimale. Buchanan (1969) sitt tilfelle krever en annen innblanding fra myndighetenes side.



Figur 6: Velferdsgevinst ved skattlegging i perfekt konkurranse og velferdstap ved skattlegging i monopol (Buchanan, 1969)

Motsatt fra perfekt konkurranse hevder Buchanan (1969) at å skattlegge monopolisten med samme skatterate lik T fra figur 6 resulterer i redusert velferd. Siden monopolisten i utgangspunktet har en lav produksjon som tilsvarer en mindre skade på samfunnet som følge av forurensing, vil en redusert produksjon som følge av skatten kunne gi redusert velferd. Buchanan (1969) hevder at den pigouvianske tradisjonen implisitt baseres på en antakelse om at markedsstrukturen er perfekt konkurranse, og at det derfor er viktig å skille mellom relevant markedsstruktur både når det råder eksternaliteter og før bruk av pigouviansk politikk.

Buchanan (1969) konkluderer med at det her er klart at teorien må baseres på en nest beste løsning. Grunnen til dette er at det er to markedsfeil å ta hensyn til, både forurensingen og den lave produksjonsmengden. Så lenge den lave produksjonsmengden er mer dominerende enn forurensingen mener Buchanan (1969) at enhver skatt på monopolisten vil redusere totalvelferden. Buchanan (1969) antar at skatten T er estimert riktig.

Det vil være ulike hensyn å ta for at monopolisten i figur 6 skal resultere i første beste løsning. I litteraturoversikten i neste kapittel vil det gjennomgående være vektlagt at bedrifter av imperfekt konkurranse bør skattlegges lavere enn bedrifter i perfekt konkurranse, siden myndighetene må ta hensyn til at produksjonen er relativt lav i utgangspunktet. Buchanan (1969) sin monopolist må subsidieres fra myndighetenes side for å øke sin produksjonsmengde. Utgangspunktet med en lavere produksjonsmengde resulterer derfor i at ikke første beste tilpasning lenger kan oppnås kun ved å skattlegge. Selv ved å bytte skatten med subsidie i Buchanan (1969) sitt tilfelle vil ikke den optimale løsningen oppnås, da subsidien vil tilsvare størrelsen på den marginale skaden og være for stor. Det vil dermed være to kilder til at ikke skatten til Buchanan (1969) resulterer i optimal løsning, nemlig at det ikke tas hensyn til at skatten i monopol kan være negativ i form av subsidie, i tillegg til at skatteraten som tilsvarer marginalskaide er for høy.

Forholdet mellom produksjonen og forurensingen påvirker myndighetenes optimale bruk av virkemidler. Produksjonen og forurensingen kan ha et proporsjonalt forhold, som i figurene i kapittel 3.1 og her i 3.2. Skatten som pålegges produksjonen vil her føre til en tilsvarende reduksjon i forurensing, og optimal produksjonsmengde tilsvarer optimal grad av forurensing. Den første beste løsningen er mulig for myndighetene å oppnå så lenge tilgangen på antall virkemidler er tilstrekkelig. Fra figur 5 kommer det frem at monopoltilfellet krever en lavere skatt fra myndighetenes side, og en Pigouskatt der skatt er tilsvarende marginalskaide vil her redusere produksjonen til under optimalt nivå. Siden Buchanan (1969) tar utgangspunkt i en monopolist som produserer for lavt vil en negativ skatt i form av subsidie på størrelse med

optimal skatt i figur 5 kunne regulere monopolisten til optimal tilpasning. Ved å både ha tilgang på skatt og subsidie vil både tilfellet i figur 5 og tilfellet til Buchanan (1969) i figur 6 kunne reguleres til første beste løsning.

Alternativt til et proporsjonalt forhold kan produksjonen og forurensingen være delvis uavhengige av hverandre. Dette handler som regel om at bedrifter har ulik tilgang på teknologi og mulighet til å redusere sin forurensing uten nødvendigvis å redusere sin produksjon som følge av det. Her vil det ikke lenger være slik at optimal produksjon tilsvarer optimal forurensing.

Fravær av antakelsen om at produksjonen og forurensingen følger hverandre i et proporsjonalt forhold vil i figur 5 kunne resultere i at skatt som virkemiddel blir utilstrekkelig. Hvis ikke myndighetene har tilgang på flere virkemidler vil det resultere i at nest beste løsning må benyttes. I figur 5 ble monopolistens produksjon skattlagt for å få ned forurensingen. Dette vil ikke nødvendigvis gi samme resultat når forholdet mellom produksjon og forurensing endres. I analysen i kapittel 5 vil jeg tydeliggjøre at det er forskjell på optimal skatt når produksjon og forurensing er proporsjonale versus når de er delvis uavhengige i form av at monopolisten kan benytte seg av renseteknologi.

Ved å anta at bedriften forurenser for mye vil dette gi samme regulering i figur 5 som når bedriften produserte for mye. Antakelsen om for høy forurensing vil imidlertid være hensiktsmessig å diskutere når produksjon og forurensing er delvis uavhengige. Her vil det ikke være tilstrekkelig å kunne regulere produksjonen ved skattlegging og subsidiering, men kreves i tillegg at forurensingen kan reguleres tilsvarende. Derfor vil tilgang på skattlegging og subsidiering både for produksjonen og forurensingen være nødvendig for å kunne oppnå den første beste løsningen.

3.3 Situasjoner mellom yttertilfellene

Sammenligning av perfekt konkurranse og monopol vil ikke generelt være dekkende for imperfekte markeder. Det vil være mange ulike bedrifter i imperfekt konkurranse som myndighetene må regulere eksempelvis med en skatt som befinner seg mellom marginal skade og den optimale skatten i monopol. I litteraturoversikten i neste kapittel påpeker flere at skatt øker som følge av at antallet bedrifter øker.

Etterspørselstetisiteten som avgjøres av hvor mye etterspørsel reduseres som følge av at prisen øker, er også viktig for myndighetenes regulering. Økt etterspørselstetisitet kan bety lavere markedsrett siden prisen ikke kan settes høy uten å miste mye av etterspørselen. Tetisiteten avgjøres av ulike forhold som kunders verdsettning av godet og hvor lett de får tilgang på alternativer som lignende goder hos andre produsenter.

Markeder med to store bedrifter med mye markedsrett som duopol, og markeder der tre eller flere store bedrifter er tilbydere av godet, kalt oligopol, er eksempler på imperfekt konkurransemarkeder som er mindre ekstreme enn monopoltilfellet (Nicholson & Snyder, 2016). Siden antallet bedrifter fortsatt er lavt, men samtidig høyere enn i monopol, vil etterspørselstetisitet kunne være høyere relativt til monopol fordi disse bedriftene nå opplever priskonkurranse med et lite antall konkurrenter. Siden tetisitet ikke nødvendigvis avhenger av strukturen på markedet vil dette bety at også en monopolist som tilbyr et gode kan ha veldig elastisk etterspørsel.

Den pigouvianske tilnærmingen på problemet med eksternaliteter har blitt mye diskutert, og fører til en optimal tilpasning i perfekt konkurranse. Når derimot markedene har annen markedsstruktur og bedriftene en høyere grad av markedsrett må myndighetene også ta i betraktning at den lave produksjonen genererer vridninger bort fra produksjon grunnet høy pris. Vridningene resulterer i dødvektstap, og det å skattlegge bedriften vil kunne øke dødvektstapet grunnet ytterligere vridningseffekter.

Det er altså mange ting som avgjør hvordan myndighetene best kan regulere bedrifter i imperfekt konkurranse. Reguleringen avhenger av konkurransesituasjonen, andre markedsfeil som eksternaliteter i tillegg til bedriftens etterspørselstetisitet. Dersom myndighetene har et utilstrekkelig antall virkemidler for å oppnå første beste løsning, vil en avveining av kildene til markedsfeil resultere i en nest beste løsning. Forholdet mellom produksjon og forurensing hos bedriften vil også påvirke myndighetenes bruk av virkemidler for å regulere forurensingen den genererer. Det vil gjennomgående være fokus på dette gjennom de resterende kapitlene av denne masteroppgaven.

4 Litteraturoversikt

I dette kapitlet skal jeg gå gjennom et utvalg av tidligere artikler som omhandler regulering av forurensing i markeder av imperfekt konkurranse. Kapitlet baseres på teoretiske artikler, med hovedfokus på modellene i artiklene samt antakelsene som ligger til grunn for resultatene. Artiklene er opprinnelig skrevet fra 1975 til 2021, og det vil derfor variasjoner angående klimahensyn i tillegg til tidligere funn på dette fagfeltet. Det vil gjennomgående i artiklene være fokus på at imperfekt konkurranse påvirker virkemiddelbruken for å korrigere forurensing sammenlignet med bedrifter i perfekt konkurranse.

4.1 Lee 1975

Lee (1975) presenterte i 1975 en artikkel angående effektivitet av skattlegging av forurensing og markedsstruktur. I artikkelen påpeker Lee (1975) at det har vært en manglende oppmerksomhet angående markedsstruktur i diskusjoner om eksternaliteter og korrigerende av forurensing, og at skatten bør tilpasses markedsstrukturen.

Lee (1975) antar flere forurensende bedrifter som forurenser samme stoff, der den marginale skaden av enhver enhet utslipp er uavhengig av utslippsmengden, altså antas den marginale skaden å være like stor når forurensingsnivået er lavt som når det er høyere. Det antas også at ingen forurensende bedrifter er skadet av andre bedrifters sitt utslipp, dermed antas det at skaden påføres miljøet og individer i samfunnet. Under antakelsen om perfekt konkurranse vil Pigouskatt lik marginalskade påføres. Når hver bedrift må betale prisen for den marginale skaden av forurensingen sin, vil de forurense helt frem til marginalfordel og marginalkostnad av forurensing er like hverandre. Siden hvert firma tilpasser seg etter samme skatterate vil marginal rensekostnad være lik på tvers av bedriftene, og dermed vil total rensing oppnås til minimal kostnad (Lee, 1975). Det understrekes at det trengs informasjon angående bedriftenes teknologi for å avgjøre skatteraten.

Lee (1975) argumenterer for at Pigouskatt ikke nødvendigvis er effektivt for å redusere forurensing. Dersom bedriftene har en viss grad av markedsrett og dermed ikke er pristakere, eventuelt dersom bedriftene har ulike etterspørselstettheter, vil det være mer effektivt at noen bedrifter reduserer forurensingen mer enn andre bedrifter (Lee, 1975).

Lee (1975) antar at utslipp er en innsatsfaktor i produksjonen, og dermed at endringer i utslippsskatt gir relative endringer i prisforhold til de andre innsatsfaktorene. Dermed kan

utslippet byttes ut med andre faktorer dersom utslippets pris øker i form av høyere skatt. Det antas at kostnad av å forurense først er lik null, og da produserer bedriften frem til sin marginalinntekt av å forurense er lik null. Skattlegging av forurensingen øker kostnaden fra null til skattenivået, og resulterer i at bedriften vil forurense til marginalinntekten er lik skatten. Når alle bedriftene responderer til skatten gir dette en lik marginalinntekt av forurensing på tvers av bedriftene. Kostnaden knyttet til å redusere forurensing vil ikke være den samme når bedriftene har ulik etterspørselastisitet og annen markedsstruktur enn perfekt konkurranse. På grunn av dette vil det ikke være basert på en minimalisert kostnad at alle bedriftene reduserer forurensingen sin like mye. De med høyere kostnad knyttet til å redusere bør redusere mindre enn de med lavere kostnader knyttet til reduksjon av utslipp (Lee, 1975).

Dermed vil kostnadseffektiv reduisering av forurensing tilsi at bedrifter i perfekt konkurranse med høyere etterspørselastisitet skattes høyere enn bedrifter i imperfekt konkurranse. Grunnen til at bedrifter med lavere etterspørselastisitet bør skattlegges lavere enn de med høyere etterspørselastisitet er ifølge Lee (1975) fordi den marginale sosiale kostnaden av å redusere forurensing for en bedrift med lav etterspørselastisitet er høyere enn bedriftens private kostnad.

Lee (1975) konkluderer med at markedsstrukturen vil ha viktig innflytelse på hvor effektivt reduksjonen oppnås, og for å oppnå den til lavest mulig kostnad må bedriftene skattlegges ulikt grunnet at de har ulik grad av markedsrett og ulik etterspørselastisitet.

4.2 Barnett 1980

I 1980 presenterte Barnett (1980) en artikkel angående Pigouskatt under monopol, der han bygger videre på det Buchanan (1969) kom frem til om at skattlegging av en monopolist kan føre til redusert velferd. På grunn av to ulike markedsfeil, eksternaliteten i form av forurensing og lav produksjonsmengde som følge av monopolistens markedsrett, vil en skatt kunne gi utslag i begge disse. Ved å skattlegge en monopolist som i utgangspunktet produserer en for lav mengde, vil skatten redusere den eksterne skaden, men i tillegg også resultere i ytterligere lavere produksjon. Skatten vil dermed ignorere den sosiale ulempen ved at produksjonsmengden avviker enda mer fra det optimale nivået, og her vil det ifølge Barnett (1980) være ideelt for myndighetene å benytte seg av to ulike virkemidler, der det ene øker produksjonen og det andre regulerer eksternaliteten (Barnett, 1980).

Det antas at vridningene i markedet ikke kan direkte korrigeres, og derfor må skatten resultere i en nest best avveining av vridninger. Barnett (1980) sin modell tar utgangspunkt i en monopolist som forurensar og har ressurser til å behandle røyken den slipper ut. I modellen settes røyk = s , der det antas at røyken kan reduseres på to måter, enten ved å produsere mindre, altså redusere q , eller å avse mer ressurser til å rense røyken, altså øke w . Modellen forutsetter at alle som påvirkes av røyken er nyttemaksimerende, i tillegg antas prisene i markedet å være uendret selv om det er variasjon i mengden røyk. Videre er sosial velferd gitt av summen av konsumentoverskudd og produsentoverskudd, fratrukket eksterne kostnader som ikke er tatt med i produsentoverskuddet (Barnett, 1980).

$$t^* = \frac{\frac{df(q)}{dq} \frac{dq}{dt} q}{\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt}} + \frac{dE(s)}{ds}$$

Formel 1: Skatt som maksimerer velferd (Barnett, 1980)

I Formel 1 er den velferdsmaksimerende skatten t^* avhengig av produksjon gitt av q , den inverse etterspørselen $f(q)$, røyken som slippes ut representert av s og ressurser viet til å rense røyken, representert av w . I tillegg avhenger skatten av andre ledd, representert av den marginale skaden av røykutslippet, der E er den eksterne skaden.

Barnett (1980) forklarer to spesielle tilfeller og et mer generelt tilfelle når det kommer til reduksjon av røyken. De to spesielle tilfellene handler om at enten kan bedriften kun redusere utslipp ved å produsere mindre, alternativt kan bedriften kun rense røyken for å redusere utslipp.

$$t^* = \frac{\frac{df(q)}{dq} \frac{dq}{dt} q}{\frac{ds}{dq} \frac{dq}{dt}} + \frac{dE(s)}{ds}$$

Formel 2: Bedriften kan kun ved å produsere mindre slippe ut mindre røyk (Barnett, 1980)

I første tilfellet antas det at bedriften kun ved å produsere mindre kan redusere sitt utslipp av røyken, altså en proporsjonal produksjon og forurensing. Skatten i dette tilfellet er representert

av formel 2. Her vil den deriverte av kvantum med hensyn på skatten, $\frac{dq}{dt}$, bli negativ og dermed er etterspørselastisiteten relevant for å bestemme skatten. Leddet som inneholder ressurser til rensing av røyken, representert av w , vil her forsvinne.

$$t^* = \frac{dE(s)}{ds}$$

Formel 3: Bedriften kan kun ved å vie mer ressurser til rensing redusere røyken (Barnett, 1980)

I det andre spesialtilfellet presentert av Barnett (1980) blir skatten representert av formel 3, og bedriften kan kun redusere røyk ved å vie mer ressurser til å rense røyken. I dette tilfellet vil $\frac{dq}{dt}$ bli lik null. Markedsstrukturen er da irrelevant, og hele første ledd vil forsvinne. Skatten i formel 3 blir dermed lik den marginale skade (Barnett, 1980).

$$t^* = \frac{-\frac{f(q)}{q} \frac{dq}{dt}}{\frac{\partial s}{\partial q} \frac{dq}{dt} + \frac{\partial s}{\partial w} \frac{dw}{dt}} + \frac{dE(s)}{ds}$$

Formel 4: Generelt tilfelle der bedriften for å redusere utslipp både kan redusere produksjon og investere mer i rensing (Barnett, 1980)

Når det gjelder det generelle tilfellet kan bedriften både ved å redusere produksjon og ved å øke ressurser til rensing redusere sitt utslipp. Denne skatten er representert av formel 4. Dermed vil både kvantum og ressurser til rensing variere med skatten som pålegges bedriften. Barnett (1980) antar at $\frac{dq}{dt}$ er negativ og at $\frac{dw}{dt}$ er positiv, altså reduserer skatten produksjonen samtidig som den øker ressursbruken investert til rensing.

Etterspørselastisiteten η er lik $\frac{dq}{df(q)} \frac{f(q)}{q}$. Ved å benytte dette i formel 4 ser vi at formel 4 er en omformulering av formel 1. Her ser vi at når etterspørselastisiteten går mot uendelig, og den deriverte av kvantum med hensyn på skatten går mot et tall med fast verdi, vil den optimale skatten blir lik marginal skaden. Hvis etterspørselastisiteten er lavere vil skatteraten bli

lavere enn den marginale skaden. Barnett (1980) poengterer at en positiv skatt bare vil være passende når den marginale skaden representert av siste ledd overstiger første ledd i formel 4.

Barnett (1980) understreker at det er en forskjell på vanlige nest beste løsninger og det mer spesielle tilfellet som å skattlegge forurensing. Vanligvis skal velferdstapet minimeres ved å sette høyest skatt der det genereres minst mulig vridninger, altså der etterspørsel er uelastisk. Når det derimot er snakk om å regulere forurensing, vil målet være å redusere ekstern skade ved å få vridninger bort fra forurensingen, altså er vridningene målet og derfor skattlegges det høyest der størst vridninger genereres. Siden pris og produksjonsmengde avhenger både av markedsstruktur og etterspørselastisitet, vil en veldig lav produksjon samsvare med en høy pris og ofte assosieres med imperfekt konkurranse. Siden bedrifter med uelastisk etterspørsel skattes lavest og uelastisk etterspørsel kan tilsi høyere markedsrett blir ofte bedrifter av imperfekt konkurranse skattlagt lavere ifølge Barnett (1980).

Barnett (1980) konkluderer med at når det gjelder imperfekt konkurrerende bedrifter som forurenser, vil en nest best optimal skatterate være lavere enn den marginale skaden. Tilsvarende som Lee (1975) viser Barnett (1980) at bedrifter med lavest etterspørselastisitet skattlegges lavere, slik at disse i lavere grad reduserer forurensing. Bedrifter med høyere etterspørselastisitet skattes høyere og reduserer mer forurensing. Avviket mellom skaden og skatten øker når etterspørselastisiteten etter forurenserens produksjon avtar, altså vil skatten være lavest når etterspørselen er mest uelastisk (Barnett, 1980).

4.3 Katsoulacos og Xepapadeas 1995

Katsoulacos og Xepapadeas (1995) ser på regulering av forurensing under endogene oligopol markeder, altså med fri etableringstilgang for bedrifter. Antallet bedrifter som etablerer seg forklares dermed av modellen og ikke på forhånd. De poengterer at når oligopolmarkeder antas å være et fastsatt antall bedrifter, så antas etableringshindringer å være tilstrekkelig høye slik at ikke flere kommer til å etablere seg i markedet. Siden det ofte ikke er tilstrekkelig store hindringer i virkeligheten er det ifølge Katsoulacos og Xepapadeas (1995) mer naturlig å studere tilfellet der markedet er endogent og flere bedrifter da har mulighet til å etablere seg.

Katsoulacos og Xepapadeas (1995) utvider Barnett (1980) sin modell ved å tillate etablering. Modellen består av N antall bedrifter i et marked av oligopol, der produsentene produserer (q) og forurenser (s). Den marginale skaden representeres av $D(s)$. Hver bedrift kan redusere sitt utslipp ved enten å redusere produksjonen eller ved å øke rensebehandling, representert av w .

Dette er tilsvarende antakelsen fra Barnett (1980) i det generelle tilfellet for en monopolist. I det endogene oligopolmarkedet til Katsoulacos og Xepapadeas (1995) vil hver bedrift maksimere sin profitt. Ved fravær av skattlegging vil bedriftene sette $w = 0$ og ikke investere i rensing. Forurensingen (s) i modellen øker som følge av at bedriften produserer, og reduseres som følge av at bedriften renser. Ved å maksimere velferdsfunksjonen finner de det optimale antall bedrifter og den optimale skatten. Velferdsmaksimeringen her sammenlignet med Barnett (1980) gir en produksjon, renseinvestering og forurensing som er funksjoner av antall bedrifter i tillegg til skatt.

Katsoulacos og Xepapadeas (1995) poengterer at dersom de benyttet et fast antall bedrifter ville skatten blitt lavere enn marginals-kaden. Skatt øker når antallet bedrifter øker, og er dermed høyest og lik marginals-kade i perfekt konkurranse. Dette bør ifølge Katsoulacos og Xepapadeas (1995) kun gjelde når markedene er beskyttet av tilstrekkelige etableringshindringer. De forklarer dette som at når antallet bedrifter er endogent bestemt vil myndighetene måtte ta et tredje hensyn som handler om etableringsavgjørelsene til bedrifter. De antar tre stadier i modellen der først myndighetene velger skattenivået. Deretter velger bedrifter om de skal etablere seg i markedet eller ikke, og til slutt bestemmer bedriftene som har etablert seg for sitt produksjonsnivå og sin renseinvestering. Katsoulacos og Xepapadeas (1995) kommer da frem til at den optimale skatten kan overstige marginals-kade når myndighetene må ta med i betraktning at skatten vil påvirke insentiver til å etablere seg i markedet.

Ifølge Katsoulacos og Xepapadeas (1995) vil skatten i et endogent marked resultere i tre effekter istedenfor to, som ville vært tilfellet der antall bedrifter er fastsatt. Vanligvis vil skatten redusere forurensing i tillegg til å redusere produksjonen, noe som gir en positiv og en negativ effekt. Den tredje effekten som nå introduseres ettersom markedet er endogent gjør at skatten reduserer antall bedrifter som etablerer seg etter at skatten er satt av myndighetene. Dette skaper mindre velferdstap sammenlagt som følge av vridninger fra et mindre antall bedrifter. Hvis antall bedrifter ikke blir tatt med i betraktning vil skatten være lavere enn marginals-kaden, grunnet at det da bare er de to første effektene som veies mot hverandre, redusert forurensing og produksjon. Dersom effekten av å begrense antall bedrifter tas hensyn til og er tilstrekkelig stor kan den optimale skatten bli høyere enn marginals-kade (Katsoulacos & Xepapadeas, 1995).

Det at skatten i denne modellen kan overgå marginals-kade kommer av at skatten reduserer vridninger fra et stort antall bedrifter som ellers hadde etablert seg i markedet. En høyere

skatterate enn marginalskaade vil avhenge av flere parametere som utslipp per enhet, størrelsen på markedet, renskostnader og faste kostnader (Katsoulacos & Xepapadeas, 1995).

4.4 Ebert og Von Dem Hagen 1998

Ebert og Von Dem Hagen (1998) presenterer en artikkel der konsum er avhengig av utslipp. De undersøker Pigouskatt under imperfekt konkurranse ved at betalingsviljen til konsumentene påvirkes av forurensingen ved å produsere. Ebert og Von Dem Hagen (1998) påpeker at det ofte antas at konsum og forurensing er uavhengige av hverandre. De tar derimot utgangspunkt i en nyttemaksimerende konsument der betalingsviljen for godet påvirkes positivt eller negativt av utslippet.

I denne modellen antas det at produsenten er en monopolist og kan kontrollere eksternaliteten og derfor påvirke sin etterspørsel. Siden konsum av godet er avhengig av utslippet, kompliseres problemet ved å finne den optimale skatten. I modellen antas det at det er tre varer, der det er to konsumgoder X og Y, og en eksternalitet i form av utslipp, representert av E. Nyten til konsumenten er representert av U, og kan forklares som en delvis lineær funksjon $U(X,E) + Y$ der det er fallende marginalnytte av X. Fallende marginalnytte av X betyr at konsumenter får høyere nytte assosiert med de første enhetene de konsumerer, og nytten avtar som følge av at antallet øker. Motsatt er det økende marginalskaade av utslipp E, siden konsumenter opplever mer skade assosiert med utslippet når utslippet er høyt enn når utslippet er lavere. Myndighetene skatter utslipp med utslippsskatt s og konsumet skattes med vareuskatten t. Grunnet eksternaliteten og at produsenten er en monopolist vil ikke den optimale løsningen oppnås uten regulering fra myndighetenes side.

Ebert og Von Dem Hagen (1998) benytter tre ulike situasjoner til å beskrive monopolistens oppførsel som følge av å bli skattlagt. I den første situasjonen har myndighetene mulighet til å skattlegge både konsumet med vareuskatt t og utslippet med utslippsskatt s. I de to andre situasjonene kan myndighetene bare skattlegge en av de to.

Når myndighetene kan benytte begge skattene blir s og t som vist i formel 5.

$$s = -U_E + p_E \cdot X$$

$$t = p_X \cdot X$$

Formel 5: Situasjon 1: Myndighetene benytter både utslippsskatt s og vareuskatt t (Ebert & Von Dem Hagen, 1998)

Ifølge Ebert og Von Dem Hagen (1995) skal vareskatten t på gode X korrigere den lave mengden som følge av imperfekt konkurranse. Dette gjøres ved at monopolisten subsidieres for å produsere mer. Prisen representert av p er fallende i X siden førsteordensderivert p_X , er antatt å være negativ. Ettersom p_X er negativ blir skatten t negativ i form av subsidie. Utslippsskatten s tar i betraktning den marginale skaden representert av $-U_E$, der U_E er antatt å være negativ, slik at første ledd er positivt her. I tillegg adderes denne med den marginale påvirkningen på monopolistens inntekt, representert av $p_E \cdot X$, der p_E representerer den marginale endringen i betalingsviljen gitt av nytten til konsumenten av godet X og utslippet E . Hvis p_E ikke er lik null vil utslippet påvirke etterspørsel etter X .

$$s = -U_E + p_X \cdot X \cdot \frac{dX/ds}{dE/ds} + p_E \cdot X$$

Formel 6: Situasjon 2: Myndighetene benytter kun utslippsskatt s (Ebert & Von Dem Hagen, 1998)

I den andre situasjonen har myndighetene kun tilgang på å benytte skatt på utslipp s . Her blir skatten s som vist i formel 6. Ifølge Ebert og Von Dem Hagen (1995) kan vi igjen se at første ledd blir positivt fordi U_E er antatt å være negativ. Andre og tredje ledd kan derimot være både positive og negative, og til sammen resultere i skatt eller subsidie. Andre ledd er nytt i forhold til s i formel 5, og dette representerer en erstatning for vareskatten t som nå ikke er tilgjengelig. $p_X \cdot X$ er mengden av varen som må subsidieres, og siden det ikke kan gjøres direkte blir alternativt utslippet subsidiert. Tredje ledd, $p_E \cdot X$ kan være positivt eller negativt, avhengig av om godet og utslippet er komplementær eller substitutter.

I situasjonen når myndighetene bare har tilgang på vareskatt, blir t presentert lik formel 7.

$$t = -U_E \cdot \frac{dE/dt}{dX/dt} + p_X \cdot X + p_E \cdot X \cdot \frac{dE/dt}{dX/dt}$$

Formel 7: Situasjon 3: Myndighetene benytter kun vareskatt t (Ebert & Von Dem Hagen, 1998)

I formel 7 representeres første og tredje ledd konsumenters og monopolistens marginalska-
dens andre ledd representerer subsidien. Her må skatten t delvis erstatte s . Tilsvarende som i
situasjon 2 vil siste ledd avgjøres av om godet og utslippet er substitutter eller komplemente-
rer.

Alle tre situasjonene presentert av Ebert og Von Dem Hagen (1995) avhenger av $p_E \cdot X$. Som
nevnt er p_E representert av endring i betalingsvilje og bestemmer forholdet mellom produksjon
og utslipp. Dersom p_E er negativ vil produksjonen og utslippet være komplemente-
rer. Eksempelet Ebert og Von Dem Hagen (1998) benytter for komplemente-
rer er forurensing og solbriller. Ved å subsidiere forurensing øker kjøp av solbriller og når solbrillene er kjøpt vil det skadede
ozonlaget bli mindre viktig for konsumentene siden de har beskyttelse i form av solbriller. Da
er skaden redusert indirekte og økning i forurensing har redusert betalingsviljen for solbriller.
Dette er grunnen til at ifølge Ebert og Von Dem Hagen (1995) et komplementært forhold
mellom produksjon og forurensing kan bety at utslippsskatten blir negativ i form av subsidie.

Når p_E er positiv vil godet og utslippet være substitutter. Økt utslipp gir da høyere
betalingsvillighet for godet. Dette betyr at bedriften ved å øke utslippet får en høyere
etterspørsel og profitt. Ettersom at bedrifter ønsker å øke sitt utslipp vil dette tilfellet være lite
miljøvennlig. Å skattlegge utslippet vil da redusere utslipp, skade, og etterspørsel. Det samlede
utslippet reduseres som følge av skatten, men siden det også konsumeres mindre av godet
grunnet en redusert etterspørsel, vil den marginale skaden per enhet kunne øke. Hvis utslippet
renses i stor grad, kan gevinsten av dette overgå velferdstapet. Den tilstrekkelige graden av
rensing kan myndighetene oppnå hvis de benytter en relativt høy skatt. På grunn av den
overdrevne forurensingen som følge av at godet og utslippet er substitutter, kan skatten dermed
settes høyere enn den marginale skaden ifølge Ebert og Von Dem Hagen (1995).

4.5 Yin 2003

Yin (2003) presenterer en artikkel som studerer korrigerende skatter under oligopol når
eksternalitetene i form av forurensing er mellom bedriftene i markedet. Ved å gå fra monopol
til en markedsstruktur som er av oligopol blir ifølge Yin (2003) som oftest forurensingens
viktige påvirkning på andre bedrifter ignorert. Det antas eksempelvis fra Lee (1975) sin artikkel
at ingen av de forurensende bedriftene påvirkes av andre bedrifters sitt utslipp. Yin (2003)
betrakter disse påvirkningene av eksterne effekter mellom bedrifter og viser hvordan skatteraten
påvirkes av dette. Yin (2003) har til hensikt å inkludere påvirkede effekter på tvers av bedriftene
som følge av utslippet, fordi utslippet ofte påvirker andre bedrifters kostnad, og ikke bare

miljøet og individer rundt. Dette betyr at ved å begrense utslippet til en bedrift vil det generere fordeler til dens konkurrenter i form av lavere kostnader. Altså resulterer skatten i en hevet produksjonskostnad internt for den som skattlegges, men også lavere kostnader eksternt for andre bedrifter. Det kan godt være slik at påvirkningen fra utslippet til den ene bedriften har liten kostnad for hver enkelt av sine konkurrenter, men allikevel samlet sett genererer betydelig skade på konkurrentene sine (Yin, 2003).

Yin (2003) argumenterer for at skatten på utslippet kan enten være høyere eller lavere enn marginalskaide. Dette avhenger av om økning i kostnad internt er større eller mindre enn samlet kostnadsreduksjon for konkurrentene som følge av redusert utslipp fra bedriften som skattlegges. Skatten kan ifølge Yin (2003) stimulere til økt produksjon og redusert pris totalt sett hvis fordelene til de andre bedriftene overgår intern kostnadsøkning. Yin (2003) argumenterer for at skatten settes høyere enn marginalskaide hvis en marginal reduksjon i bedriftens forurensing samlet gir en høyere reduksjon i kostnader eksternt enn kostnadsøkning internt. Den høye skatten vil ifølge Yin (2003) gi økt produksjon samlet sett, selv om den reduserer produksjonen til bedriften som skattlegges.

Yin (2003) konkluderer med at hvis antall forurensende bedrifter er stort og forurensingsmengden mellom forurenserne er betydelig, vil ikke nødvendigvis en skatt resultere i velferdstap i produktmarkedet. Han argumenterer at skatten kan heve produksjon og gi høyere konsument- og produsentoverskudd. Under antakelsen om at reduksjon i utslipp internt forårsaker større fordeler eksternt enn kostnadsøkning internt, vil den nest beste skatteraten kunne være høyere enn den marginale skaden av forurensingen. Ifølge Yin (2003) kommer dette av at skatten kan føre til økt samlet produksjon, selv om den bedriften som blir pålagt skatten får en høyere kostnad og redusert produksjon (Yin, 2003).

4.6 Ino og Matsumura 2021

Ino og Matsumura (2021) sin artikkel handler om optimal utslippsskatt i imperfekt konkurranse basert på et mål for utslippintensitet. Ino og Matsumura (2021) foreslår en utslippintensitetsbasert utslippsskatt som en løsning på negative eksternaliteter som følge av produksjon i oligopolmarkeder. Utslippintensitet betyr utslipp per enhet, og dermed er skatten basert på hvor intensivt utslippet per enhet er for den bedriften som skattlegges.

Modellen til Ino og Matsumura (2021) består av n symmetriske bedrifter som velger produksjon og sitt nivå av rensing. Fokuset deres er rettet mot negative eksternaliteter og markedsrett, der

de antar at det ikke er usikkerhet i markedet. Avslutningsvis i artikkelen konstaterer de at i temaet om global oppvarming vil det eksistere mange usikkerheter angående miljøskaden utslippet har, i tillegg til usikkerhet angående tilbud og etterspørsel. Det er også antatt at det er fravær av andre vridninger i markedet, som å utelate allerede eksisterende vridninger fra inntektsskatt, skatt på kapital og skatt på produksjon. Det antas at bedriftenes produkter er homogene, og den inverse etterspørselen er $p(Q)$ der Q representerer samlet produksjon for alle bedriftene i markedet. Kostnadsfunksjonen er $c(q,a)$ og påvirkes av produksjonen, representert av q , og nivået av rensing, representert av a (Ino & Matsumura, 2021).

Utslippsintensitetsmålet representert av θ skal samsvare med bedriftens utslippsintensitet, altså utslipp per enhet, $\frac{e}{q}$, der e representerer utslipp. Myndighetene pålegger da et utslippsintensitetsmål på hver bedrift. Hvis utslippet representert av e er større enn målet ganget med produksjonen, vil bedriften måtte betale skatt som følge av å overstige målet satt av myndighetene. Derimot hvis utslippet fra bedriften er mindre enn målet ganget med produksjonen får bedriften utbetalt subsidier. Dette systemet vil ifølge Ino og Matsumura (2021) fungere tilsvarende når det er snakk om utslippstillatelser, der bedriftene som overgår målet må skaffe seg tillatelser til å forurense mer, mens de som slipper ut mindre enn målet kan selge sine ubrukte tillatelser til andre bedrifter. Optimal politikk leder til skatt lik t^0 og optimalt mål for utslippsintensitet θ^0 i formel 8 (Ino & Matsumura, 2021).

$$t^0 = D'(E^0) > 0$$

$$\theta^0 = -\frac{p'(Q^0)q^0}{D'(E^0)} > 0$$

Formel 8: Optimal skatt og optimalt mål for utslippsintensitet (Ino & Matsumura, 2021)

Den optimale utslippsskatten blir t^0 , og satt lik den marginale skaden $D'(E^0)$. Dette tilsvarer en Pigouskatt som er optimal for å regulere forurensing i perfekt konkurranse. Optimalt utslippsintensitetsmålet θ^0 blir minus den deriverte av invers etterspørsel ganget med mengden, delt på den marginale skaden. Ved å benytte disse to sammen oppnås første beste løsning med kun et virkemiddel ifølge Ino og Matsumura (2021), nemlig en skatt t som er justert for utslippsintensitet.

Ino og Matsumura (2021) hevder at ved å kombinere Pigouskatt med utslippsintensitet vil første beste løsning være mulig å oppnå selv i imperfekte markeder. Dette er et tilstrekkelig virkemiddel, siden utslippsskatten her gir det optimale forurensingsnivået, mens intensitetsmålet bidrar til å korrigere produksjonsnivået når det råder markedsrett. Eksempelvis blir intensitetsmål benyttet i praksis ved at myndighetene i Japan pålegger utslippsskatter og utslippsintensitetsmål i energimarkeder (Ino & Matsumura, 2021).

$$t^{oo} = D'(ne^*) + p'(Q^*)q^* \frac{dq^*/dt}{de^*/dt}$$

Formel 9: Nest beste skatt når utslippsintensitet settes lik null (Ino & Matsumura, 2021)

Ved å sette utslippsintensiteten θ^0 lik null vil den nest beste optimale skatteraten fra modellens velferdsfunksjon bli som vist i formel 9. Dette resultatet blir ifølge Ino og Matsumura (2021) tilsvarende resultatet for den velferdsmaksimerende skatten fra formel 1 fra Barnett (1980) ved å sette antall bedrifter n lik 1 siden Barnett (1980) opererer med en monopolist.

$$\max_{q,a} p(Q)q - c(q, a) - t e(q, a) + t\theta q$$

Formel 10: Profittfunksjonen for en oligopolist (Ino & Matsumura, 2021)

Direkte subsidiering av produksjon stimulerer til økt produksjon og regulerer dermed markedsrett. Fra formel 10 ser vi profittfunksjonen til en bedrift i oligopolmarkedet i modellen. Ino og Matsumura (2021) sin intensitetsbaserte utslippsskatt blir tilnærmet som å benytte skattlegging av forurensing og i tillegg subsidiere produksjonen. Fra formel 10 vil $t e(q, a)$ tilsvare utslippsskatt, og $t\theta q$ vil tilsvare subsidieringen av produksjonen. Kombinasjonen av disse som et virkemiddel vil derfor ifølge Ino og Matsumura (2021) være tilstrekkelig å benytte for å oppnå den effektive tilpasningen.

Utslippsskatten basert på intensitet av utslipp erstatter den direkte subsidien ved å redusere skattegrunnlaget av utslippsskatten uten å eksplisitt betale subsidien. Dette resulterer i at myndighetene kan sette skatt lik marginalskaide uten å ta hensyn til at bedriftene har en markedsstruktur av imperfekt konkurranse (Ino & Matsumura, 2021).

Fra denne artikkelen kommer det frem at Pigouskatt kan resultere i den effektive tilpasningen selv i markeder med imperfekt konkurranse hvis hver bedrift sitt avgiftsgrunnlag er basert på intensitetsmål satt av myndighetene. Ved å benytte et virkemiddel som kombinerer skatt og intensitet kan skatten benyttes for å internalisere eksternaliteten i andre markedsstrukturer enn perfekt konkurranse. Utslippsskatt basert på intensitet blir ifølge Ino og Matsumura (2021) tilstrekkelig for å erstatte utslippsskatt i tillegg til subsidie av produksjon. Dette mener de ettersom utslippsskatten bidrar til optimal forurensing og intensiteten korrigerer for lav produksjon som følge av markedsrett (Ino & Matsumura, 2021).

4.7 Requate 2005

Requate (2005) baserer seg på tidligere litteratur angående imperfekt konkurranse og miljøpolitikk, hvor han sammenstiller den tidligere litteraturen til en mer generell modell. Han benytter den generelle modellen for ulike markedsstrukturer som blant annet monopol, oligopol og duopol. Jeg benytter Requate (2005) sin modell for tilfellet med monopol i min analyse i neste kapittel, og fokuserer derfor på den første delen av hans artikkel som omhandler monopol.

Kostnadsfunksjonen til bedriften inneholder muligheten den har til å drive med rensing av forurensende enheter. Kostnadsfunksjonen er $C(q,e)$, der q representerer produksjonen og e representerer forurensing. Requate (2005) antar at kun én bedrift opererer i produksjonsmarkedet og at denne monopolisten genererer et forurensende stoff som er spesifikt til industrien. Reguleringen fra myndighetenes side refererer kun til denne bedriften og påvirker ikke andre industrier.

Requate (2005) betrakter både en monopolist som har en produksjon og forurensing som følger hverandre proporsjonalt, og en monopolist der de er delvis uavhengige og den dermed har tilgang på renseteknologi. I modellen er det antatt at den inverse etterspørselsfunksjonen $P(Q)$ kun avhenger av Q , altså samlet produksjon. Siden Q representerer samlet produksjon i markedet vil det i tilfellet med monopol være slik at samlet produksjon er monopolistens produksjon. Det antas også at skaden som genereres kun avhenger av forurensingen E .

I tilfellet der monopolisten har en produksjon og forurensing som følger hverandre, og dermed fravær av renseteknologi, blir skatten ifølge Requate (2005) som i formel 11.

$$\tau = D'(\delta q^M(\tau)) + \frac{P(q^M(\tau))}{\epsilon \cdot \delta}$$

Formel 11: Skatt på monopolist uten renseteknologi (Requate, 2005)

Her representerer τ skatten som myndighetene pålegger monopolisten. $q^M(\tau)$ er produksjonsmengden til monopolisten når den er pålagt skatten. $D'(\delta q^M(\tau))$ er den marginale skaden når monopolkvantum er skattlagt, hvorav δ representerer en utslippskoeffisient. Utslippskoeffisienten avgjør hvor intensivt utslipp er, altså hvor mye som slippes ut per enhet som produseres. $P(q^M(\tau))$ er den inverse etterspørselen og ϵ er etterspørselselastisiteten.

Formel 11 representerer skatten dersom utslipp er proporsjonalt med produksjon og monopolisten ikke har renseteknologi, og denne skatten gir den optimale tilpasningen. Her kan dermed den første beste tilpasningen oppnås. Denne optimale skatteraten er ifølge Requate (2005) lavere enn marginalskaade, og kan bli negativ dersom lav produksjonsmengde er dominerende nok.

I det andre tilfellet til Requate (2005) antas det at en monopolist har tilgang på renseteknologi og derfor kan bestemme sin produksjon og forurensing uavhengig av hverandre. Når det er antatt at monopolisten har renseteknologi vil den optimale skatten i henhold til Requate (2005) bli lik som i formel 12.

$$\tau = D'(e(\tau)) + \frac{P(q(\tau))}{\epsilon} \frac{\partial q}{\partial e}$$

Formel 12: Skatt på monopolist med renseteknologi (Requate, 2005)

Fra skatten representerer $D'(e(\tau))$ marginalskaaden, $P(q(\tau))$ er invers etterspørsel og ϵ representerer etterspørselselastisitet. $\frac{\partial q}{\partial e}$ er endringen i produksjon som følge av endringen i utslipp.

Når monopolisten har renseteknologi vil ikke lenger τ gi første beste tilpasning. Dette er på grunn av at monopolisten kan bestemme produksjon og forurensing uavhengig av hverandre, samtidig som myndighetene bare er antatt å ha ett virkemiddel tilgjengelig. Videre skriver Requate (2005) at det fortsatt vil være slik at den nest beste skatteraten er lavere enn den

marginale skaden. Skatteraten kan også være negativ slik at myndighetene subsidierer monopolisten for å stimulere til høyere produksjonsnivå. Denne nest beste optimale skatten kan være høyere enn første beste nivået grunnet de to markedsfeilene, lav produksjonsmengde og forurensing. I tillegg har myndighetene manglende korrigeringsmåter for å kunne oppnå første beste løsningen (Requate, 2005).

4.8 Oppsummering av litteraturoversikten

Jeg har nå sett på ulike artikler som omhandler imperfekt konkurranse og skattlegging av forurensing. Fra dette skal jeg nå oppsummere noen viktige funn fra artiklene, som er basert på antakelser som er gjennomgående presentert i hele kapittel 4.

Lee (1975) poengterer at markedsstrukturen er vesentlig under sine antakelser for å minimere kostnader knyttet til å redusere forurensing. Basert på denne artikkelen bør bedrifter med høy etterspørselastisitet redusere sin forurensing mer enn bedrifter med lavere etterspørselastisitet. Fra Barnett (1980) kan imperfekte konkurrerende forurenserer skattlegges lavere enn den marginale skaden av forurensingen. Skatten blir lavest for de bedriftene med uelastisk etterspørsel og øker med etterspørselastisiteten opp til den marginale skaden.

Katsoulacos og Xepapadeas (1995) utvider Barnett (1980) sin modell ved at de har et endogent marked. De kommer frem til at den optimale skatten på forurensing kan overstige marginal skade i oligopolmarkeder med et endogent antall bedrifter som etablerer seg. Ebert og Von Dem Hagen (1998) benytter en modell der godet som produseres antas å bli påvirket negativt eller positivt av forurensingen. Hvis godet og utslippet er komplementar kan utslippsskatten bli negativ i form av subsidiering, og hvis godet og utslippet er substitutter kan utslippsskatten overgå marginal skade.

Videre fra Yin (2003) sin modell vil forurensingen til en bedrift føre til en økt kostnad hos alle andre forurensende bedrifter. Skattlegging av utslipp vil derfor kunne føre til større gevinst enn tap i form av økt produksjon ved at alle bedrifter i markedet påvirkes positivt av en redusert forurensing hos en bedrift som følge av skatten.

Ino og Matsumura (2021) foreslår en utslippsskatt som er basert på utslippintensitet. Skatt lik marginalskaade kan ifølge deres artikkel gi optimal tilpasning selv i imperfekte markeder hvis hver bedrift sitt avgiftsgrunnlag er basert på intensitetsmålet som myndighetene har satt.

Requate (2005) baserer sin modell på tidligere litteratur på emnet. Han benytter en generell modell for flere ulike markedsstrukturer basert på tidligere modeller. Første del av artikkelen hans er basert på monopoltilfellet som er det tilfellet min analyse i neste kapittel baserer seg på, og dette er grunnen til at jeg har valgt fremstillingen av monopoltilfellet i forrige delkapittel.

I analysen i neste kapittel skal jeg benytte eksplisitte funksjoner og løse Requate (2005) sin modell for tilfellet med en monopolist.

5 Analyse

I dette kapitlet benytter jeg Requate (2005) sin modell fra kapittel 4.7 for å analysere den optimale skatten på en monopolist som forurenses som følge av sin produksjon. Jeg benytter en enkel lineær etterspørselsfunksjon, kvadratiske kostnadsfunksjoner samt en kvadratisk skadefunksjon for å vise matematiske utregninger og resultater basert på Requate (2005) sin modell.

Først presenterer jeg den optimale skatten i tilfellet der en monopolist ikke har tilgang på renseteknologi. Videre presenterer jeg tilfellet der monopolisten har tilgang på renseteknologi, og har en kostnadsfunksjon som både er avhengig av produksjon og utslipp.

Jeg har valgt å basere analysen på Requate (2005) sin modell på grunn av at han sammenstiller en del av litteraturen som finnes angående miljøpolitikk under imperfekt konkurranse. Modellen baserer seg dermed på en del tidligere funn. Han dekker flere ulike markedsstrukturer med samme generelle modell, men jeg baserer meg på tilfellet av monopol. Jeg har valgt å bruke monopoltilfellet siden det er kun én bedrift å forholde seg til, og dermed ingen strategiske effekter mellom bedriftene som påvirker resultatene.

En annen grunn til å velge modellen til Requate (2005) er fordi det interessante skillet mellom fravær og tilgang på renseteknologi er tydelig i denne modellen. Dette skillet er viktig fordi det endrer myndighetenes kontroll over monopolistens mengde produsert. Fra min problemstilling ønsker jeg å undersøke hvordan myndighetene optimalt kan regulere forurensing, og det er av stor betydning om bedriftene som reguleres benytter renseteknologi eller ikke. Har monopolisten fravær av renseteknologi kan myndighetene benytte skatteleggelse av enten utslipp eller produksjon for å redusere forurensing. Derimot når monopolisten har tilgang på renseteknologi vil ikke lenger skatt på enten produksjon eller utslipp nødvendigvis være tilstrekkelig for å oppnå optimalt nivå. Renseteknologien vil kunne resultere i at myndighetene trenger flere virkemidler samtidig. Dette er fordi optimal tilpasning kan kreve både å regulere monopolistens produksjon i tillegg til forurensing.

For både en monopolist uten og en monopolist med renseteknologi finner jeg et uttrykk for den optimale skatten myndighetene kan sette. Jeg viser utregninger for skattenivåene, og deretter forklarer jeg intuisjonen for de ulike effektene som påvirker skatten, i tillegg til optimal produksjon og optimal forurensing i begge tilfellene.

5.1 Antakelser og funksjoner

I analysen har jeg valgt å basere meg på de samme antakelsene som Requate (2005). $P(q)$ er den inverse etterspørselen og avhenger av produksjonen q . Skaden, D , som følge av forurensingen avhenger av utslipp representert av e . Antakelsene vil avhenge av monopolistens tilgang på renseteknologi. I situasjonen der monopolisten ikke har tilgang på renseteknologi vil antakelsen være at produksjonen q og forurensingen e følger hverandre proporsjonalt. Forurensingen er i dette tilfellet representert av en utslippskoeffisient $\delta > 0$ ganget med produksjonen, altså er $e = \delta q$. Utslippskoeffisienten representerer utslipp per enhet produksjon, og dermed hvor intensivt utslippet er.

Når monopolisten derimot har tilgang på renseteknologi vil antakelsen være at monopolisten kan bestemme produksjon og forurensing mer uavhengig av hverandre. I begge tilfellene genererer monopolisten et spesifikt forurensende stoff og reguleringen fra myndighetenes side påvirker kun monopolisten, og ingen andre bedrifter i andre industrier. Utslipp som genereres av monopolisten er antatt å kunne perfekt overvåkes av myndighetene, uten at det koster dem noe. I tillegg antas ingen eksisterende andre skatter som skaper vridninger, og myndighetene har ingen tilgang til å kjøpe tilleggsteknologi for å redusere samlet utslipp i omgivelsene. Jeg antar også at myndighetene kun har ett virkemiddel tilgjengelig, nemlig utslippsskatt, som resulterer i nest beste løsning i tilfellet med tilgang på renseteknologi. Dette er også i henhold til antakelsen Requate (2005) presenterer.

Jeg benytter følgende invers etterspørselsfunksjon, kostnadsfunksjoner og skadefunksjon i min analyse:

Invers etterspørsel: $P(q) = a - bq$

Kostnadsfunksjon for monopolisten uten renseteknologi: $c(q) = \frac{kq^2}{2}$

Kostnadsfunksjon for monopolisten med renseteknologi: $c(q, e) = \frac{kq^2}{2} + \frac{de^2}{2} - \alpha qe$

Skadefunksjonen som følge av forurensingen: $D(e) = \frac{he^2}{2}$

Fra Requate (2005) sin artikkel er det ulike betingelser som avgjør fortegn på mine konstanter. Fra disse må kostnadsfunksjonen til en monopolist med renseteknologi over inneholde $\alpha > 0$ på grunn av at Requate (2005) antar $C_{qe} < 0$. Ettersom Requate (2005) også antar at $C_{ee} > 0$ vil $d > 0$. Fra begge kostnadsfunksjonene vil $k > 0$ på grunn av antakelse om at $C_{qq} > 0$. I

tillegg gjør antakelsen $C_q > 0$ at hos en monopolist med renseteknologi må $kq > \alpha e$. Det antas til slutt at $C_{qq}C_{ee} - (C_{qe})^2 > 0$, som her antyder at $kd - (-\alpha)^2 > 0$ (Requate, 2005).

Fra den inverse etterspørselsfunksjonen er a konstantleddet til etterspørsel. Konstantleddet til etterspørselen avgjør betalingsvilligheten til kundene som har høyest betalingsvilje, og jeg antar at $a > 0$. Ved at etterspørselens konstantledd heves vil monopolisten øke tilbudet for å møte en høyere etterspørsel.

Fra den inverse etterspørselsfunksjonen er konstanten b stigningstallet til funksjonen og viser prisendring som følge av endring i produksjonen. Jeg antar at $b > 0$. Ved å løse invers etterspørsel for q får vi direkte etterspørsel lik $q = \frac{a}{b} - \frac{p}{b}$. Derivert med hensyn på p gir da $\frac{dq}{dp} = -\frac{1}{b}$. Dette betyr at etterspørselstetisiteten er $\varepsilon = \left| -\frac{1}{b} * \frac{p}{q} \right|$ der pris p og produksjon q er positive. Dermed reduseres etterspørselstetisiteten ε når b øker. Selv om dette gir negativ ε benyttes absoluttverdien når det er snakk om etterspørselstetisitet, og det negative fortegnet forklares heller ved at reduksjon i pris øker produksjonen med tallet på elastisiteten (Sending, 2013).

Fra direkte etterspørsel $q = \frac{a}{b} - \frac{p}{b}$ og fra etterspørselstetisitet $\varepsilon = \left| -\frac{1}{b} * \frac{p}{q} \right|$ ser vi dermed at økning i b reduserer etterspørsel og etterspørselstetisitet. Dette betyr at b har inverst proporsjonalt forhold til begge disse to.

Kostnadsfunksjonene c vil i begge tilfeller avhenger av k som er en konstant som representerer interne produksjonskostnader. I utregningen av tilfellet der monopolisten har renseteknologi vil kostnadsfunksjonen også avhenge av konstantene d og α . Her er d en konstant for kostnad relatert til utslipp, altså ulempen ved å forurense. α er en konstant for komplementaritetsnivå mellom produksjon og forurensing, og representerer fordelene ved utslipp.

Fra kostnadsfunksjonen med renseteknologi ønsker monopolisten å tilpasse produksjonsnivået og forurensingsnivået mest mulig kostnadseffektivt. Marginalkostnad for produksjonen er $kq - \alpha e$, altså synkende i utslippet. α representerer derfor en fordel ved å slippe ut grunnet at det er billigere å produsere med høyt utslipp. På samme måte er marginalkostnaden for utslipp, lik $de - \alpha q$, og fallende i produksjonen. Siden økning i produksjon reduserer kostnaden per enhet forurensing og økning i forurensing reduserer kostnad per enhet produksjon, representerer α et komplementaritetsnivå mellom produksjon og forurensing. Det er altså billigere for monopolisten å produsere med høyt utslipp.

Renseaktivitet benyttes av monopolisten for å forhindre store kostnader av forurensing i form av skade på utstyr og ansatte, i tillegg til å unngå skatt den må betale for å slippe ut. Hvis monopolisten ikke var underlagt en skatt ville den kun benyttet renseteknologien sin for å unngå interne kostnader på utstyr og ansatte. En høyere produksjon fører da til at monopolisten grunnet en høyere forurensing velger å rense mer. Den vil derimot ikke velge å rense så mye at forurensingen faktisk går ned, men heller slik at forurensingen ikke øker i like stor grad som den ellers ville gjort som følge av en økt produksjon.

Høy α betyr at monopolisten produserer med høy grad av forurensing. Dette reduserer kostnaden siden den alternativt kunne ha investert i teknologiforbedringer for å produsere mer miljøvennlig. Investering av slik teknologi vil redusere α og bidra til at monopolisten opplever mindre fordeler knyttet til å forurense som følge av å produsere.

Dersom utslipp øker i stor grad vil forurensingen få negative følger for monopolisten. Ulike negative effekter som helseeffekter blant ansatte, skade på utstyr og skade for bedriften generelt kan følge av et høyt nivå av utslipp. Ulempene som følge av å forurense vil fanges opp av konstanten d i kostnadsfunksjonen.

Skadefunksjonen, D , avhenger av utslipp e i tillegg til en konstant $h > 0$ som representerer skaden av å forurense. Skaden av forurensing påføres samfunnet og kommer av at monopolistens produksjon slipper ut forurensende stoffer. Den marginale skaden av å forurense representeres av den deriverte til skadefunksjonen og bli dermed lik $D'(e) = he$.

<i>Konstant</i>	<i>Reprenterer</i>
a	Konstantledd for invers etterspørsel
b	Stigningstall til invers etterspørsel (har inverst proporsjonalt forhold med etterspørsel og etterspørselastisitet)
d	Intern kostnad for forurensing (ulempe av utslipp)
h	Ekstern skade på samfunnet av å forurense
k	Interne produksjonskostnader
δ	Utslippskoeffisient for utslippintensitet
α	Komplementaritetsnivå mellom produksjon og forurensing (representerer fordel ved utslipp)

Tabell 2: Konstantoversikt

5.2 Utregning når en monopolist ikke har tilgang på renseteknologi

Monopolistens kostnadsfunksjon tilfredsstiller nå antakelsen om at forurensingen er proporsjonal med produksjonen, og monopolisten er pålagt en utslippsskatt τ . Monopolistens profittfunksjon blir nå inntekt fratrukket kostnad og skatt, der skatt multipliseres med utslipp e , representert av $e = \delta q$:

$$\pi(q) = (a - bq)q - \frac{kq^2}{2} - \tau\delta q$$

Jeg deriverer profittfunksjonen med hensyn på q og setter dette lik null:

$$a - 2bq - kq - \tau\delta = 0$$

Jeg løser deretter for monopolkvantum $q^M(\tau)$, når monopolisten er underlagt en skatt på utslipp:

$$q^M(\tau) = \frac{a - \tau\delta}{2b + k}$$

Formel 13: Produksjon når monopolisten ikke har renseteknologi

På grunn av at $e = \delta q$ kan man få et uttrykk for $e^M(\tau)$ ved å sette inn $q^M(\tau)$. Uttrykket for $e^M(\tau)$ blir da som følger:

$$e^M(\tau) = \delta \left(\frac{a - \tau\delta}{2b + k} \right)$$

Formel 14: Forurensing når monopolisten ikke har renseteknologi

Utslippet avhenger av de samme konstantene og skatten slik som $q^M(\tau)$ over.

Videre benytter jeg Requate (2005) sin velferdsfunksjon $W(\tau)$. Her integreres produksjonen over q fra 0 til $q^M(\tau)$, fratrukket kostnad og skaden av forurensingen ved $q^M(\tau)$.

$$W(\tau) = \int_0^{q^M(\tau)} (a - bq) dq - \frac{k(q^M(\tau))^2}{2} - \frac{h(\delta q^M(\tau))^2}{2}$$

Myndighetene ønsker å maksimere velferd som funksjon av skatten. I velferdsfunksjonen integreres det over totaloverskudd, bestående av konsumentoverskudd og produsentoverskudd fra 0 til $q^M(\tau)$ før det fratrekkes kostnader til monopolisten i andre ledd og skaden som påføres samfunnet i tredje ledd. Velferdsfunksjonen kan knyttes til figur 5 i kapittel 3 ved at integralet representerer alt under etterspørselskurven i intervallet fra 0 til Q^* . Fratrekkes arealet under MC – kurven, står vi igjen med det totale overskuddet.

Jeg deriverer velferdsfunksjonen med hensyn på skatten τ og setter lik null som gir:

$$W'(\tau) = \left[a - b(q^M(\tau)) - k(q^M(\tau)) - h(\delta^2 q^M(\tau)) \right] \frac{dq^M(\tau)}{d\tau} = 0$$

Jeg setter $q^M(\tau)$ fra formel 13 inn i velferdsfunksjonen. Jeg løser for τ og får dermed skatt lik uttrykket for τ :

$$\tau = \frac{a(h\delta^2 - b)}{\delta(b + k + h\delta^2)}$$

Formel 15: Skatt når monopolisten ikke har renseteknologi

Se appendiks A for mellomregningene til formel 15.

5.3 Utregning når en monopolist har tilgang på renseteknologi

I dette tilfellet vil monopolistens kostnadsfunksjon tilfredsstillende antakelsen om at forurensing og produksjon kan bestemmes uavhengig av hverandre, og monopolisten er pålagt utslippsskatt τ .

Profittfunksjonen blir nå tilsvarende som hos en monopolist uten renseteknologi, med unntak av at kostnadsfunksjonen nå består av to ekstra ledd. I tillegg er skatten τ ganget med e , der e ikke lenger representeres av $q\delta$.

$$\pi(q, e) = (a - bq)q - \left(\frac{kq^2}{2} + \frac{de^2}{2} - \alpha qe \right) - \tau e$$

Førsteordensbetingelse ved å derivere profittfunksjonen med hensyn på q og sette lik null gir:

$$a - 2bq - kq + \alpha e = 0$$

Jeg løser førsteordensbetingelsen for q og finner følgende uttrykk:

$$q = \frac{a + \alpha e}{2b + k}$$

Førsteordensbetingelse ved å derivere profittfunksjonen med hensyn på e og sette lik null gir:

$$-de + \alpha q - \tau = 0$$

Jeg løser førsteordensbetingelsen for e og får dette uttrykket:

$$e = \frac{\alpha q - \tau}{d}$$

Ved å løse førsteordensvilkårene slik at produksjonen og forurensingen ikke er direkte avhengige vil det være enklere å studere effektene som påvirker disse. Sammenlignet med tilfellet der monopolisten ikke hadde renseteknologi der produksjon og forurensing fulgte hverandre, kan monopolisten nå påvirke produksjon og forurensing noe uavhengig av hverandre. Derfor setter jeg nå uttrykket for e inn i uttrykket for q for å få q som funksjon av skatten. Dette gir uttrykket $q(\tau)$ i formel 16.

$$q(\tau) = \frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2}$$

Formel 16: Produksjon når monopolisten har renseteknologi

Deretter setter jeg uttrykket for q inn i uttrykket for e for å få forurensingen som et uttrykk for skatten, som gir $e(\tau)$ i formel 17.

$$e(\tau) = \frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2}$$

Formel 17: Forurensing når monopolisten har renseteknologi

Se Appendiks B for mellomregningene av formel 16 og formel 17.

Jeg benytter igjen Requate (2005) sin velferdsfunksjon og setter nå inn for $q(\tau)$ og $e(\tau)$.

$$W(\tau) = \int_0^{q(\tau)} (a - bq) dq - \frac{he(\tau)^2}{2} - \left(\frac{kq(\tau)^2}{2} + \frac{de(\tau)^2}{2} - \alpha q(\tau)e(\tau) \right)$$

Produksjonen q integreres over intervallet fra 0 til $q(\tau)$, kostnadene er avhengig av $q(\tau)$ og $e(\tau)$, og skaden er avhengig av $e(\tau)$. Velferd som funksjon av skatt maksimeres. Integralet representerer overskuddet. Siden integralet er hele arealet under etterspørsel integrert fra 0 til $q(\tau)$ må skaden og kostnadene fratrekkes. Skaden som påføres samfunnet som følge av forurensingen representeres av andre ledd, og kostnad representeres av tredje ledd.

Jeg deriverer så $W(\tau)$ med hensyn på τ som gir $W'(\tau)$:

$$W'(\tau) = [a - bq(\tau) - (kq(\tau) - \alpha e(\tau))] \frac{dq(\tau)}{d\tau} - [de(\tau) - \alpha q(\tau) + he(\tau)] \frac{de(\tau)}{d\tau} = 0$$

Nå setter jeg inn uttrykkene for $q(\tau)$ og $e(\tau)$ fra formel 16 og 17 i $W'(\tau)$. Ved å løse dette for τ får jeg uttrykket for skatten τ :

$$\tau = \frac{\alpha a(2bh + hk - bd)}{(d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b)}$$

Formel 18: Skatt når monopolisten har renseteknologi

Se Appendiks C for mellomregninger av formel 18.

5.4 Tolkning av resultatene når en monopolist ikke har tilgang på renseteknologi

I dette delkapitlet skal jeg gå dypere inn i forklaringen av resultatene fra analysen min når monopolisten ikke har tilgang på renseteknologi.

5.4.1 Produksjon uten renseteknologi

Optimalt kvantum for en monopolist uten renseteknologi ble representert av formel 13 lik

$$q^M(\tau) = \frac{a - \tau\delta}{2b + k}.$$

Den mest vesentlige effekten å studere for oppgavens problemstilling vil fra formel 13 være hvordan utslippsskatten påvirker monopolistens optimale produksjon. Skatten kan være negativ i form av subsidie, og den kan være positiv som i skatt. Dersom monopolisten er pålagt en skatt, vil skatten gi insentiver til å redusere utslipp. Den eneste måten bedriften kan redusere utslipp på i dette tilfellet er ved å redusere produksjonen. Hvis monopolisten derimot mottar subsidier fra myndighetene, vil subsidien bidra til at monopolisten vil øke sin produksjon og forurensing. Utslippsskatten eller subsidien vil avhenge av utslippskoeffisienten som avgjør hvor intensivt utslippet til monopolisten er.

Økning i konstantleddet for invers etterspørsel vil øke produksjonen siden høyere etterspørsel fører til at monopolisten velger å produsere mer. Høyere stigningstall for invers etterspørsel vil derimot redusere etterspørsel og etterspørselselastisiteten, noe som fører til at monopolisten velger å produsere mindre. Dette kommer som følge av mindre etterspørrere og en etterspørsel som er mindre følsom for endringer i pris. Økte interne produksjonskostnader vil gi monopolisten insentiv til å produsere mindre som følge av høyere kostnader knyttet til produksjon.

5.4.2 Forurensing uten renseteknologi

En monopolist uten renseteknologi sitt forurensingsnivå representeres av uttrykket $e^M(\tau) = \delta \left(\frac{a - \tau\delta}{2b + k} \right)$ fra formel 14. Her ser vi at utslippet er positivt dersom $a > \tau\delta$. Jeg antar derfor at skatten er lav nok til at utslippet er minst 0.

Tilsvarende som for produksjonen vil det vesentlige for oppgaven være å studere effekten skatten eller subsidien har på utslippet. Positiv skatt vil redusere utslippet siden monopolisten

ønsker å unngå skatteavgifter. Subsidie på forurensing vil belønne monopolisten for å forurense slik at den vil øke sin forurensing ved å øke produksjon.

Vi ser fra derivasjon, $\frac{\partial e^M(\tau)}{\partial \delta} = \frac{a-2\tau\delta}{2b+k}$, at utslippsraten med hensyn på utslippskoeffisienten kan være positiv eller negativ når skatten er positiv. Ved å løse telleren for utslippskoeffisienten vil $\frac{a}{2\tau} > \delta$ resultere i positiv rate på utslippet, mens $\delta > \frac{a}{2\tau}$ gir negativ rate ved positiv skatt. Den dobbeltderiverte, $\frac{\partial^2 e^M(\tau)}{\partial \delta^2} = -\frac{2\tau}{2b+k}$, er negativ og indikerer at grafen er konkav dersom skatten er positiv. Fra dette vil positiv skatt bety at økning i utslippskoeffisient øker utslippet med en avtagende rate frem til toppunktet der $\delta = \frac{a}{2\tau}$. Videre når $\delta > \frac{a}{2\tau}$ vil økt utslippskoeffisient resultere i redusert utslipp. Intuitivt betyr dette at mer utslipp per enhet produksjon øker utslippet men med en avtagende rate siden monopolisten også opplever negative konsekvenser av et for intensivt utslipp, og dermed vil redusere utslippet.

Dersom skatten er negativ i form av subsidie ser vi at $\frac{\partial e^M(\tau)}{\partial \delta}$ alltid er positiv, og dermed vil økt utslippskoeffisient alltid øke utslipp når monopolisten subsidieres. Subsidiering fører til at $\frac{\partial^2 e^M(\tau)}{\partial \delta^2}$ også alltid er positiv, altså er grafen konveks. Utslipp øker dermed mer og mer ettersom utslippskoeffisienten blir større ved subsidiering. Dette er fordi subsidie som belønning for å forurense gir monopolisten insentiver til å forurense mer.

Konstantledd og stigningstall for invers etterspørsel vil påvirke utslippet likt som produksjonen i formel 13, siden produksjon og forurensing følger hverandre proporsjonalt. Effekten vil også være tilsvarende for interne produksjonskostnader siden denne gjør at monopolisten vil redusere produksjon som resulterer i lavere forurensing.

5.4.3 Skattenivå uten renseteknologi

Skattenivået for en monopolist uten renseteknologi fra formel 15 ble lik $\tau = \frac{a(h\delta^2-b)}{\delta(b+k+h\delta^2)}$. Skatten har positiv nevner mens teller vil kunne være både positiv og negativ, altså kan skatten bli både positiv og negativ i form av subsidie. Skattens fortegn avhenger av den eksterne skaden på samfunnet av å forurense, utslippskoeffisienten og stigningstallet til den inverse etterspørselen. Dersom stigningstallet er større slik at $h\delta^2 < b$ vil skatten bli negativ i form av subsidie. Derimot hvis stigningstallet er lavere, slik at $h\delta^2 > b$, vil skatten bli positiv. Intuitivt dersom ekstern skade og intensiteten på utslipp er høy får myndighetene insentiver til å redusere

forurensingen ved å skattlegge monopolisten. På den andre side vet vi at økning i stigningstallet til den inverse etterspørselen bidrar til å redusere etterspørsel og etterspørselastisitet, som gir myndighetene insentiv til å redusere skatten. Dette er kjent fra Barnett (1980), at en uelastisk etterspørsel bidrar til mindre vridninger bort fra forurensing og dermed reduseres myndighetenes insentiv for å skattlegge høyt.

Videre, dersom konstantleddet til den inverse etterspørselen øker vil dette gi høyere betalingsvilje og etterspørsel. Ved å derivere skatten med hensyn på konstantleddet får vi $\frac{\partial \tau}{\partial a} = \frac{h\delta^2 - b}{b\delta + k\delta + h\delta^3}$, og vi ser at dobbelderiverte $\frac{\partial^2 \tau}{\partial a^2} = 0$. Dette betyr at dersom $h\delta^2 > b$ er raten konstant positiv, og dersom $h\delta^2 < b$ er raten konstant negativ. Dermed vil konstantleddets påvirkning på skatten avgjøres av størrelsen på stigningstall for invers etterspørsel, ekstern skade og utslippskoeffisient. Høy skade og intensivt utslipp øker insentiver for positiv skattlegging av forurensing som følge av økning i konstantleddet, og lav etterspørsel og etterspørselastisitet gir insentiver for lavere skattlegging.

Ved å derivere skatten med hensyn på stigningstallet til den inverse etterspørselen, $\frac{\partial \tau}{\partial b} = -\left(\frac{ak\delta + 2ah\delta^3}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^2}\right)$, ser vi at helningen er negativ. Dette betyr at økt stigningstall til den inverse etterspørselen påvirker til redusert skatt. Ved å se på den dobbeltderiverte, som gir $\frac{\partial^2 \tau}{\partial b^2} = \frac{2ak\delta^2 + 4ah\delta^4}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^3}$, er denne positiv og grafen er dermed konveks. Dette betyr at raten øker og dermed blir mindre og mindre negativ, slik at reduksjonen i skatten blir gradvis mindre. Selv om reduksjonen blir mindre vil økning i stigningstallet alltid redusere skatten. Intuisjonen bak dette er at økning i stigningstallet til den inverse etterspørselen reduserer etterspørsel og etterspørselastisitet. Redusert etterspørsel fører til at monopolistens produksjon og forurensing reduseres slik at myndighetenes skatt ikke trenger å være så stor. Redusert etterspørselastisitet resulterer i at skatt i mindre grad bidrar til vridninger bort fra forurensing, som er ønskelig å oppnå i dette tilfellet (Barnett, 1980).

Ved å derivere skatten med hensyn på skaden, får vi $\frac{\partial \tau}{\partial h} = \frac{ak\delta^3}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^2}$. Her ser vi at raten er positiv, og dermed påvirker økt skade myndighetene til å øke skatten. Positiv rate er fornuftig siden myndighetene ønsker å redusere skaden som påføres samfunnet. Stor skade tilsier at det er mer betydelig og viktig å redusere forurensing. Ved å se på den dobbeltderiverte, lik $\frac{\partial^2 \tau}{\partial h^2} =$

$-\frac{2ak\delta^6}{(b\delta+k\delta+h\delta^3)^3}$, er denne negativ og grafen er konkav. Dette viser at selv om økning i skade påvirker til økt skatt vil økningen i skatt som følge av høyere skade avta med størrelsen på skaden. Dette vil si at skatten øker mest når skaden blir større fra et lavere nivå enn når skaden blir større fra et allerede høyt skadenivå. Intuitivt er dette fornuftig da myndighetene vil øke skatt når skaden øker, men etter hvert når skatten er stor vil de nå et punkt der skatten ikke blir høyere siden de ikke kan øke skatten i det uendelige.

Ved å derivere skatten med hensyn på utslippskoeffisienten får vi $\frac{\partial \tau}{\partial \delta} = \frac{2ah\delta \cdot (\delta(b+k+h\delta^2)+a(b-h\delta^2)(b+k+3h\delta^2))}{\delta(b+k+h\delta^2)^2}$. Her ser vi at raten avgjøres delvis av leddet $(b - h\delta^2)$.

Dersom $b > h\delta^2$ vil raten utslippskoeffisienten påvirker skatt med være positiv. Det betyr at myndighetene øker skatt som følge av at utslippsintensiteten øker. Videre vil $b < h\delta^2$ resultere i at det siste leddet i telleren blir negativt. Raten utslippskoeffisienten påvirker skatt kan dermed være positiv eller negativ, avhengig av om første eller andre ledd i telleren er størst. Intuitivt vil myndighetene øke skatt som følge av at utslippet blir mer intensivt. Tilstrekkelig intensitet kan på den andre side også kunne bidra til at bedriften vil redusere forurensing selv grunnet interne konsekvenser, og da trenger ikke skatten å være så stor lenger.

Økning i bedriftsinterne produksjonskostnader vil føre til redusert skatt på monopolisten. Høyere produksjonskostnader gjør at monopolisten vil redusere sin produksjon og dermed forurensing, grunnet fravær av renseteknologi. Dette bidrar til at myndighetenes skatt ikke trenger å være så høy for å redusere forurensingen.

5.5 Oppsummering av viktige påvirkninger for en monopolist uten renseteknologi

Produksjonen til en monopolist uten renseteknologi viser at skatt og utslippsintensitet påvirker til lavere produksjon. Videre, dersom skatten er negativ i form av subsidie vil disse gi monopolisten insentiver til å øke produksjonen. Utslippet til monopolisten uten renseteknologi påvirkes også negativt av utslippsskatten, med mindre skatten er negativ og myndigheten subsidierer monopolisten. Dersom monopolisten er underlagt en positiv skatt vil en økning i intensiteten på utslippet resultere i at utslipp stiger frem til et toppunkt. Ved videre økning vil derimot økt utslippsintensitet føre til at utslippet reduseres. Dersom myndighetene subsidierer monopolisten vil økt utslippskoeffisient alltid øke utslipp.

Når det gjelder myndighetenes skatt på en monopolist uten renseteknologi vil økt ekstern skade på samfunnet bidra til økt skatt. Økningen vil imidlertid avta med skadenivået som betyr at skatten øker relativt mer når skadenivået blir større fra et relativt lavt nivå. Økning i stigningstallet til den inverse etterspørselen vil alltid redusere skatt, men raten den reduserer skatten med vil avta. Raten utslippskoeffisienten påvirker skatten med kan være både positiv og negativ. Dersom monopolisten subsidieres vil raten være positiv, slik at økt utslippintensitet gjør at myndighetene øker den negative skatten slik at subsidien blir lavere.

5.6 Tolkning av resultatene når en monopolist har tilgang på renseteknologi

Jeg går nå over til tolkning av resultatene fra kapittel 5.3 hvor en monopolist er antatt å ha tilgang på renseteknologi. Det kan være mer utfordrende for myndighetene å regulere en monopolist som har tilgang på renseteknologi, grunnet at det ikke lenger vil være slik at produksjon og forurensing følger hverandre. Her settes en utslippsskatt på en monopolist, altså er det forurensingen som skattlegges, likt som for en monopolist uten renseteknologi.

5.6.1 Produksjon med renseteknologi

I en situasjon der en monopolist har tilgang på renseteknologi vil monopolistens optimale kvantum bli som formel 16, lik $q(\tau) = \frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2}$.

Vi vet fra antakelsene, presentert i delkapittel 5.1, at $dk - \alpha^2 > 0$, og dermed at produksjonen er positiv så lenge $ad > \alpha\tau$. Videre ser vi at så lenge skatten er positiv vil økning i denne gi insentiv til å redusere produksjonen. Dersom monopolisten subsidieres isteden vil økt subsidie gjøre at monopolisten vil produsere mer.

Høyere konstantleddet for invers etterspørsel vil representere en økt etterspørsel som gir monopolisten insentiv til å øke produksjonen. Økning i stigningstallet til invers etterspørsel vil redusere produksjonen som følge av at denne bidrar til å redusere etterspørsel. Økning i interne produksjonskostnader vil fra formel 16 føre til at monopolisten velger å produsere mindre.

Ved å se på den interne kostnaden for forurensing vil den deriverte, lik $\frac{\partial q(\tau)}{\partial d} = \frac{2b\alpha\tau + k\alpha\tau - a\alpha^2}{(2bd + dk - \alpha^2)^2}$,

bety at raten kostnadene for forurensing påvirker produksjon på kan være positiv og negativ. Intuitivt vil monopolisten redusere forurensing dersom kostnaden knyttet til forurensing øker, men den trenger i dette tilfellet ikke å redusere produksjonen for å oppnå dette. Den kan også

øke renseaktivitet. Raten er positiv dersom $2b\tau + k\tau > \alpha\alpha$ og negativ dersom $2b\tau + k\tau < \alpha\alpha$. Dersom komplementaritetsnivået er høyt opplever monopolisten store fordeler ved å produsere med høy grad av utslipp. Når kostnadene knyttet til forurensing da øker kan monopolisten velge å redusere produksjon heller enn å investere i renseaktivitet.

Komplementaritetsnivået mellom produksjon og forurensing representerer fordelene ved å forurense. Fra $q(\tau)$ ser vi at dersom skatten er negativ i form av subsidie vil økt komplementaritetsnivå påvirke produksjonen ved at den øker, som følge av at det er billigere å produsere med høyere utslipp. Hvis skatten er positiv vil komplementaritetsnivået kunne bidra i to ulike retninger. Dette er intuitivt siden monopolisten produserer billigere med mer utslipp, men samtidig skattes den avhengig av hvor høy grad av forurensing som slippes ut.

5.6.2 Forurensing med renseteknologi

Videre er en monopolist med renseteknologi sitt forureningsnivå representert av formel 17, lik

$$e(\tau) = \frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2}.$$

Her vil positiv skatt redusere utslippet, som følge av at monopolisten vil unngå skatteutgifter. Subsidie vil øke monopolistens utslipp. Økning i komplementaritetsnivået mellom produksjon og forurensing bidrar til å øke utslippet. Dette følger av at denne representerer fordel ved høyt utslipp siden det gjør produksjonen billigere. Dersom monopolistens utslipp er skattlagt positivt, vil økte interne produksjonskostnader redusere utslippet. Dette er siden det da blir dyrere å produsere, og monopolisten velger å redusere produksjon og slipper da ut mindre. Dersom monopolisten subsidieres vil interne produksjonskostnader kunne påvirke utslippet i begge retninger. Intuisjonen bak dette er at økte produksjonskostnader fortsatt gir insentiv til å redusere produksjon og indirekte redusere utslipp. Samtidig vil subsidien gi insentiv til å øke utslipp, og dermed produsere med høyere grad av utslipp.

Interne kostnader for forurensing i form av ulemper for monopolisten, bidrar til at den vil redusere sitt utslipp. Dette er grunnet at utslipp kan føre til skade på utstyr og ansatte til bedriften. Økning i stigningstallet til den inverse etterspørselen vil bidra til å redusere utslippet dersom skatten er positiv, siden monopolisten da møter en lavere etterspørsel. Dersom myndighetene subsidierer monopolisten, vil økning i stigningstallet kunne påvirke til både økt og redusert utslipp. Dette er på grunn av at stigningstallet til den inverse etterspørselen er

avhengig av størrelsen på subsidien, og myndighetenes insentiv til å subsidiere øker dersom monopolisten opplever en redusert etterspørsel.

5.6.3 Skattenivå med renseteknologi

Skatten i tilfellet der en monopolist har tilgang på renseteknologi blir lik formel 18 representert

$$\text{av } \tau = \frac{\alpha(2bh+hk-bd)}{(d+h)(k^2+4bk+4b^2)-\alpha^2(k+3b)}$$

Hvis telleren og nevneren har samme fortegn vil skatten bli positiv. Dersom teller og nevner har motsatt fortegn vil skattenivået bli negativt og da subsidierer myndighetene monopolisten for å forurense. Fra antakelsen om $dk-\alpha^2 > 0$ vet vi at nevner er positiv, se appendiks D. Dermed er det $(2bh + hk - bd)$ som avgjør om skatten er positiv eller negativ.

Relativt høy ekstern skade bidrar til at skatten blir positiv, mens relativt høy kostnad knyttet til forurensing bidrar til at skatten kan bli subsidie. Dette er fornuftig siden høye kostnader internt for å forurense gjør at monopolisten velger å redusere utslipp og at dermed ikke myndighetene behøver å skattlegge så høyt. Dersom skatten blir negativ vil ifølge Requate (2005) monopolistens lave produksjonsmengde være mer betydelig enn forurensingen. Hvis myndighetene hadde hatt tilgang på mer enn et virkemiddel i form av skatt på forurensing ville det vært mulig å øke produksjonen ved å subsidiere den, samtidig som å redusere forurensing ved å beskatte denne. Siden monopolisten nå har tilgang på renseteknologi, kan det være nødvendig å stimulere produksjon og forurensing i ulik retning.

Skatten vil i dette tilfellet påvirkes av flere faktorer enn skatten i tilfellet der monopolisten ikke hadde tilgang på renseteknologi. Jeg velger å fokusere på effekten av interne kostnader ved å forurense, ekstern skade på samfunnet og komplementaritetsnivået mellom produksjon og forurensing, da disse er mest relevante for oppgaven.

Ved å derivere skatten med hensyn på kostnader knyttet til forurensing får vi $\frac{\partial \tau}{\partial d} = \frac{\alpha(3b+k)(b\alpha^2-hk^2-4bhk-4b^2h)}{((d+h)(k^2+4bk+4b^2)-\alpha^2(k+3b))^2}$. Her kan raten både være positiv eller negativ og avhenger av fortegnet på $(b\alpha^2 - hk^2 - 4bhk - 4b^2h)$. Dersom $b\alpha^2 < hk^2 + 4bhk + 4b^2h$ vil raten bli negativ, noe som betyr at økte kostnader knyttet til å forurense gir myndighetene insentiv til å redusere skatt. Dette er på grunn av at økte kostnader knyttet til forurensing vil gjøre at monopolisten velger å redusere utslippet, og dermed trenger ikke skatten lenger være like høy fra myndighetenes side. Komplementaritetsnivået som representerer monopolistens fordel av å

forurensning i form av å produsere billig med høyt utslipp er da relativt lav. Motsatt hvis denne er relativt høyere slik at $b\alpha^2 > hk^2 + 4bhk + 4b^2h$ vil raten bli positiv. Da vil økte kostnader knyttet til å forurensning bidra til høyere skatt. Da vil monopolisten selv ved økte kostnader knyttet til forurensning slippe ut mye og myndighetene har større insentiv til å skattlegge utslippet.

Den deriverte av skatten med hensyn på skaden, lik $\frac{\partial \tau}{\partial h} = \frac{\alpha a(2b+k)(3b+k)(2bd+dk-\alpha^2)}{((d+h)(k^2+4bk+4b^2)-\alpha^2(k+3b))^2}$ er positiv siden $dk-\alpha^2 > 0$. Dette betyr at myndighetene øker skatt som følge av økt ekstern skade. Dobbelderiverte, lik $\frac{\partial^2 \tau}{\partial h^2} = -\frac{(\alpha a(2b+k)(3b+k)(2bd+dk-\alpha^2)(2(k^2+4bk+4b^2)))}{((d+h)(k^2+4bk+4b^2)-\alpha^2(k+3b))^3}$, er negativ på grunn av at $dk-\alpha^2 > 0$. Dette betyr at grafen er konkav og at skatten likt som for monopolisten uten renseteknologi øker med avtagende rate etter hvert som skaden blir større.

Komplementaritetsnivået mellom produksjon og utslipp kan påvirke til redusert eller økt skatt.

Dette ser vi fra uttrykket for den deriverte lik $\frac{\partial \tau}{\partial \alpha} = \frac{a(2bh+hk-bd)((d+h)(k^2+4bk+4b^2)+\alpha^2(k+3b))}{((d+h)(k^2+4bk+4b^2)-\alpha^2(k+3b))^2}$.

Raten avgjøres av fortegn på $(2bh + hk - bd)$. Dersom ekstern skade er relativt stor, vil skatten øke som følge av økt komplementaritetsnivå. Dersom kostnader knyttet til forurensning er relativt store vil ikke myndighetene trenge å skattlegge høyere selv ved økt komplementaritetsnivå.

5.7 Oppsummering av viktige påvirkninger for en monopolist med renseteknologi

Fra produksjonen til en monopolist med renseteknologi vil positiv skatt redusere produksjonen, og subsidie øke produksjonen. Økte kostnader knyttet til forurensning vil kunne påvirke produksjonen i begge retninger, grunnet at monopolisten har to måter å redusere forurensning på. Dersom komplementaritetsnivået mellom produksjon og utslipp øker og monopolisten subsidieres vil produksjonen øke siden det er billigere å produsere med høyt utslipp. Er monopolisten skattlagt kan komplementaritetsnivået påvirke både ved at produksjon øker, men også reduseres siden myndighetene skattlegger ut fra hvor mye som slippes ut.

Utslippet til en monopolist med tilgang på renseteknologi vil likt som uten renseteknologi reduseres som følge av positiv skatt, og økes som følge av at monopolisten subsidieres. Høyere interne kostnader for å forurensning vil gjøre at monopolisten opplever ulemper ved forurensning og dermed reduserer sitt utslipp. Høyere komplementaritetsnivå mellom produksjonen og forurensning øker utslipp siden monopolisten opplever fordeler knyttet til å produsere med høy

grad av forurensing. Dette reduserer bedriftens kostnad siden komplementaritetsnivået har negativt fortegn i kostnadsfunksjonen.

Kostnader knyttet til forurensing kan øke eller redusere skattenivået på monopolisten med renseteknologi. Intuitivt vil økte kostnader ved å forurense gi monopolisten insentiver til å redusere forurensing selv uten myndighetenes innblanding, og dermed har myndighetene lavere insentiv til å skattlegge monopolisten. Komplementaritetsnivået kan også påvirke til både økt og redusert skatt, og dette avgjøres av flere faktorer. Dersom ekstern skade er relativt stor, vil økt komplementaritetsnivå kunne gi myndighetene insentiv til å øke skatt. Dersom kostnader ved forurensing er relativt store, reduserer dette insentivet for å skattlegge.

Til slutt vil skattenivået, likt som for monopolisten uten renseteknologi, øke med avtagende rate som følge av økt ekstern skade på samfunnet. Det er igjen fornuftig at myndighetene øker skatt når samfunnet belastes i større grad av utslippet til monopolisten.

6 Diskusjon

Forurensende bedrifter påfører ekstern skade på samfunnet, i tillegg til kostnader for seg selv og andre bedrifter. Det er stor oppmerksomhet rettet mot klimaendringer i dag. Regulering av forurensing i form av skattlegging skaper økonomiske insentiver for bedrifter til å redusere sitt utslipp, i tillegg bidrar det til innovative løsninger.

Gjennomgående vektlegges det fra tidligere litteratur at når myndighetene skal regulere forurensende bedrifter under imperfekt konkurranse må de ta med i betraktning den lave produksjonsmengden grunnet utnyttelse av markedsrett. Dermed foretas en avveining mellom lav produksjon og forurensingen bedriften genererer. Dette er grunnen til at skatten som regel er lavere enn marginalskade i imperfekt konkurranse.

I dette kapitlet skal jeg diskutere tidligere utvalgt litteratur og analysen basert på Requate (2005) sin modell, samt diskutere andre antakelser som kunne blitt gjort i analysen. Jeg vil påpeke at siden monopol ikke er dekkende for markeder av imperfekt konkurranse, kunne jeg alternativt ha implementert de spesifikke funksjonene i et marked av oligopol. Jeg skal drøfte verdien av å utlede modellen med eksplisitte funksjoner i analysen, samtidig som jeg poengterer at de antatte funksjonene også introduserer svakheter ved modellen.

6.1 Diskusjon av tidligere forskningsartikler

Selv om antakelser er nødvendige for å skape resultater er det viktig å ta i betraktning at resultatene er basert på antakelser. Dersom antakelsene endres eller tas bort, kan dette føre til andre resultater og konklusjoner.

Litteraturoversikten som min oppgave baseres på inneholder et utvalg av forskningsartikler som omhandler temaet imperfekt konkurranse og regulering av forurensing. Ved å sammenligne artiklene vil det generelt være store forskjeller i miljøhensyn og klimapolitikk i tiden de er skrevet. Lee (1975) antar for eksempel at den tradisjonelle private kostnaden av å forurense er lik null. Siden denne artikkelen ble skrevet i 1975 er det i dagens samfunn mye større bevissthet rundt konsekvenser av forurensing. Bedrifter kan dermed oppleve negative følger som dårlig omdømme av å ikke være bevisst når det gjelder utslipp og skade som påføres omgivelsene. Bedrifter vil kunne oppleve en direkte kostnad knyttet til forurensing, og dette kan være i form av skade på lokaler, utstyr og ansatte.

Videre når det gjelder temaet om forurensing og klimaendringer som følge av utslipp, vil dette kunne påvirke konsumenters preferanser i form av hva de ønsker å konsumere og hva de får lavere insentiver til å kjøpe. Dette betyr at antakelsen om at konsum og forurensing er avhengig av hverandre som Ebert og Von Dem Hagen (1998) benytter seg av er veldig aktuell i dagens samfunn med økende bevissthet rundt klimaendringer og hva man bør gjøre for å leve mer miljøvennlig. Dette betyr at det er større fokus på hva som er bedre for klimaet å konsumere, slik at betalingsvilje vil være påvirket av andelen forurensing som følge av produksjonen av godet. På den andre siden kan også mer utslipp føre til effektiv produksjon, og til produkter der etterspørsel øker fordi konsumentene ikke vet om at denne varen genererer mye forurensing.

Fra artikkelen til Katsoulacos og Xepapadeas (1995) bør myndighetene hindre etablering av for mange bedrifter, siden skatten settes før bedrifter avgjør om de skal etablere seg eller ikke. Denne tilnærmingen kan det stilles spørsmål til grunnet at flere bedrifter kan gi høyere konsumentoverskudd og høyere skatteinntekter når forurensing skattlegges. Det må dermed avveies om høyere antall bedrifter øker totalvelferd eller om skatten fortsatt kan settes over den marginale skaden for å begrense nyetableringer.

Ino og Matsumura (2021) benytter en utslippsintensitetsbasert skatt og mener de løser problemet med implementering av Pigousskatt i markeder med imperfekt konkurranse. Det er imidlertid ulike antakelser som de baserer sin modell på som er nødvendige å ta hensyn til for at skatt basert på utslippsintensitet kan benyttes i samfunnet. Siden forurensing og klimaendringer bidrar til mye usikkerhet knyttet til både tilbud og etterspørsel vil antakelsen til Ino og Matsumura (2021) angående ingen usikkerhet i markedet være veldig lite samsvarende med det virkelige bildet. Ino og Matsumura (2021) ignorerer allerede eksisterende vridninger som kan befinne seg i markedet. Dette i tillegg til å ignorere usikkerhet knyttet til tilbud, etterspørsel og skade som genereres på samfunnet gjør at modellen baseres på urealistiske antakelser, slik at deres utslippsintensitetsbaserte skatt er tilpasset markeder som kan være umulige å finne i praksis. De er oppmerksomme på begrensninger grunnet sine antakelser, og mener at det videre bør studeres nærmere ved å inkludere usikkerhet i modellen.

Yin (2003) konkluderer med at skattlegging av en bedrift vil kunne øke produksjon samlet sett i markedet ved at andre bedrifter øker produksjonen sin. Dette er lite hensiktsmessig å gjøre dersom myndighetene sitt mål er å redusere forurensing. Samtidig har Yin (2003) et viktig poeng ved at bedrifter sin forurensing skaper negative konsekvenser for andre forurensende bedrifter. Siden denne påvirkningen ofte ignoreres ved å anta at en slik påvirkning ikke finnes, som for eksempel Lee (1975), vil Yin (2003) betrakte slike negative kostnader som genereres

mellom bedrifter i oligopolmarkeder. Forurensing kan ødelegge for konkurrenter på samme måte som det skader samfunnet generelt. Et eksempel der en bedrift påfører en annen bedrift kostnader i form av forurensing er dersom lokasjonen til bedriftene er tilknyttet samme vann eller elv og forurensing fra en bedrift dermed blir overført til en annen bedrift.

6.2 Diskusjon av analysen

Yttertilfellet av imperfekt konkurranse er monopol, som jeg benytter i analysen. Hindringer for etablering for andre bedrifter er det som gjør at det finnes monopoler. Regulering av forurensing avhenger også av forholdet mellom produksjon og forurensing, altså om de følger hverandre proporsjonalt eller om bedriften har tilgang på renseteknologi, som diskutert gjennomgående i oppgaven. Renseteknologien gjør bedriften i stand til å redusere utslipp ved å rense istedenfor å redusere sin produksjon. Ved at bedriften ikke har tilgang på renseteknologi har myndighetene en mer direkte kontroll over bedriftens utslipp siden de kan skattlegge enten produksjon eller forurensing for å redusere forurensingen.

I min analyse har stigningstallet til den inverse etterspørselen et inverst proporsjonalt forhold til etterspørsel og etterspørselastisitet. Ved å se på skattenivået til en monopolist uten renseteknologi vil økning i dette stigningstallet påvirke til lavere skatt, som betyr at redusert etterspørsel og etterspørselastisitet bidrar til å redusere skatten. Dette resultatet stemmer overens med Lee (1975) og Barnett (1980) der bedrifter med lavere etterspørselastisitet bør skattlegges lavere siden disse bedriftene vil i mindre grad redusere forurensingen som følge av skatten de pålegges.

Barnett (1980) gjennomgår tre ulike tilfeller i sin artikkel, hvorav det er antatt i første tilfellet at monopolisten kun ved å produsere mindre kan slippe ut mindre røyk. Deretter antas det at monopolisten kun ved å vie mer ressurser til å rense kan redusere røyk. Til slutt antas det at både reduksjon i produksjon og mer renseaktivitet kan benyttes for å redusere røyken. Antakelsen om at monopolisten kun ved å redusere produksjon kan redusere forurensing baserer også Requate (2005) seg på i første tilfellet der monopolisten ikke har tilgang på renseteknologi.

Antakelsen til Barnett (1980) angående at utslipp kan reduseres både ved å redusere produksjon og ved å øke renseaktivitet, er også en antakelse som Katsoulacos og Xepapadeas (1995) baserer seg på. Requate (2005) baserer seg på samme antakelse i tilfellet der monopolisten har tilgang på renseteknologi.

Endringer av slike forutsetninger for modellene vil påvirke resultatene angående hvordan myndighetene optimalt bør regulere forurensing. Det kan være enklere for myndighetene å regulere en proporsjonal produksjon og forurensing da de kan skattlegge en av disse, og oppnå reduksjon i begge to. Samtidig vil det være en utfordring for myndighetene at en monopolist i utgangspunktet produserer en lav mengde. Skatten i analysen basert på en monopolist uten tilgang på renseteknologi i formel 15 vil føre til første beste løsning siden monopolisten skattes eller subsidieres ut fra om forurensingen eller den lave produksjonen er mest dominerende.

Når monopolisten har renseteknologi vil skattlegging på enten produksjon eller forurensing resultere i nest beste løsning. Dette betyr at utslippsskatten for monopolisten med tilgang på renseteknologi i formel 18 er en nest beste løsning (Requate, 2005). For at myndighetene skulle ha korrigert monopolisten til første beste løsning måtte myndighetene dermed hatt tilgang på virkemiddel for å korrigere produksjon i tillegg til utslippsskatt eller subsidie.

Det vil fra analysen være noen effekter som er av større betydning for min problemstilling enn andre. Disse er skadenivået, utslippsintensitet, kostnader knyttet til forurensing og komplementaritetsnivå mellom produksjon og forurensing. Det vil være likheter på tvers av tilfellene der monopolisten har tilgang på renseteknologi og når den ikke har renseteknologi. Skatt vil i begge tilfellene påvirke til lavere utslipp og produksjon, og motsatt bidrar subsidie til at utslipp og produksjonen øker. Ekstern skade påvirker skattenivået på tilsvarende måte i begge situasjoner, ved at økende skadenivå øker skatt med avtagende rate. Andre resultater er mer tvetydige og avhenger av ulike faktorer.

Det vil være ulike hensyn myndighetene må ta i betraktning når de skal skattlegge en forurensende monopolist. I oppgaven forsøker jeg å studere effektene myndighetene må ta hensyn til dersom markedet de skal regulere er av imperfekt konkurranse.

Alternativt til å implementere de spesifikke funksjonene i et modellrammeverk for monopol, kunne jeg ha implementert dem i en modell basert på antakelsen om at markedet var av oligopol. Ved å sammenligne monopoltilfellet med oligopol vil det da være andre hensyn å betrakte, som interaksjon mellom bedriftene. I et oligopolmarked er det slik at det kan være konkurranse på tvers av tilbyderne. Bedriftene i et marked av oligopol har markedsmakt til å påvirke priser, men ikke like høy grad av markedsmakt som en monopolist. Oligopolister kan konkurrere ved å sette priser i form av Bertrand konkurranse, eller alternativt ved å sette produksjonsmengde i Cournot konkurranse (Nicholson & Snyder, 2016).

Det er kjent at en monopolist vil tilpasse seg der marginalkostnad og marginalinntekt krysser hverandre. Oligopolister sin oppførsel påvirkes derimot av konkurrenters strategivalg (Nicholson & Snyder, 2016). Dermed vil det være slik at en oligopolist sin optimale strategi endres ut fra hva motstanderen velger. Dermed kan det være flere ulike strategier som kan være optimale når oligopolisten er usikker på hva sine konkurrenter vil velge å gjøre. Det vil altså være andre betraktninger dersom jeg hadde benyttet oligopol istedenfor monopoltilfellet i analysen.

Når det gjelder antakelser som ligger til grunn for ulike resultater og modeller, vil forenklete antakelser av natur ikke representere det virkelige bildet. Eksempelvis antas det i Requate (2005) sin modell at utslippet som genereres kan perfekt overvåkes uten kostnader for myndighetene. Siden modellen baseres på denne antakelsen er det viktig å påpeke at det generelt vil kreve mye ressurser og tid for myndighetene å overvåke utslipp og skaden som påføres samfunnet. Det antas også at det ikke eksisterer andre vridende skatter som må tas i betraktning. I praksis er det derimot slik at som oftest genererer skatter vridninger i form av at konsumenter velger å unngå godet eller tjenesten i høyere grad ettersom prisen øker som følge av skattlegging. Skattlegging av forurensing vil derfor også kunne redusere velferdstap i form av vridninger fra andre skatter, siden myndighetene da kan redusere skatter andre steder i markedet.

I modellen er det også antatt at myndighetene kun har tilgang på ett virkemiddel for å regulere forurensing, nemlig utslippsskatt. Ved å endre denne antakelsen og gi myndighetene mulighet til å kunne regulere produksjonen i tillegg, vil det i tilfellet med renseteknologi være mulig å oppnå den første beste løsningen. Dette kunne da blitt gjort ved å subsidiere produksjon for å stimulere bedriften til å produsere mer, og samtidig skattlegge forurensing for å øke insentiver for å benytte renseteknologi.

Ved å implementere eksplisitte funksjoner i Requate (2005) sin modell i analysen blir det mer synlig hvilke effekter som påvirker den optimale skattleggingen av en monopolist. På den andre side kan også implementering av slike antatte funksjoner introdusere svakheter ved modellen. Siden jeg har antatt en lineær etterspørselsfunksjon, vil ikke denne nødvendigvis samsvare med virkeligheten. Etterspørsel avhenger av ulike faktorer som hvilken forventning konsumentene har til fremtidige priser, preferanser, inntekt, og hvordan myndighetene beskatter ulike goder. Ettersom etterspørselen påvirkes av mange faktorer, vil etterspørselsfunksjoner i praksis sannsynligvis være ikke-lineære.

I analysen antas funksjonene for kostnader og skade å være kvadratiske. Kvadratiske kostnader representerer kostnader som øker kvadratisk med antallet enheter produsert og sluppet ut, og kvadratisk skade representerer en skade som øker kvadratisk med antallet enheter. Det kan være rimelig å anta en slik funksjon for kostnader og ekstern skade, samtidig som funksjonen ikke vil fange opp det mer komplekse bildet av virkeligheten. Eksempelvis vil marginalkostnader ikke nødvendigvis øke kvadratisk for hver enhet produsert, men kunne øke relativt mer for en ytterligere enhet dersom bedriften må investere i nye maskiner eller utstyr for å produsere akkurat denne ekstra enheten.

Ved å sammenligne mine resultater av skattenivåene i analysen min med annen litteratur vil det at jeg har benyttet spesifikke funksjoner for etterspørsel, kostnader og skadefunksjonen gjøre at jeg får et eksplisitt uttrykk for skatten. Gjennomgående i litteraturoversikten, og i Requate (2005) sin artikkel, defineres skatten implisitt ved at begge sider av likhetstegnet avhenger av skatten. De spesifikke formene gjør at jeg får en dypere innsikt i de ulike konstantene som påvirker skattenivået, og kan dermed mer spesifikt studere de ulike effektene som påvirker myndighetenes skattenivå. Basert på eksplisitte antakelser om etterspørsel, kostnader og skadefunksjonen er det enklere å antyde hvordan ulike faktorer påvirker optimal produksjon, forurensing og skattlegging. Det er også mulig å se fra uttrykkene at tilgang på renseteknologi gjør at reguleringen avhenger av tilleggsfaktorer, der kostnaden av å forurense tas med i kostnadsfunksjonen. Det må imidlertid som nevnt understrekes at antakelsene jeg gjør angående etterspørsel, kostnader og skade utelukker visse tilfeller og representerer et tap av generalitet.

7 Konklusjon

I denne oppgaven har målet vært å undersøke hvordan myndighetene optimalt kan regulere forurensing i imperfekt konkurranse. Den pigouvianske tilnærmingen er mye diskutert at burde begrenses til markeder der det er perfekt konkurranse. En bedrift som har høyere grad av markedsrett vil tilpasse seg med en høyere pris og en lavere mengde, og dermed vil Pigouskatt kunne redusere produksjonsmengden til under ønskelig nivå. Det er hevdet gjennomgående fra artiklene i litteraturoversikten at skatten dermed er lavere enn marginalskaide i imperfekt konkurranse. Fra tidligere forskningsartikler benyttes gjerne funksjoner der etterspørsel, kostnader og skade er implisitt definert. Denne oppgaven forsøker å se på faktorene som påvirker optimal skattlegging ved at funksjonene er definert eksplisitt.

Fra analysen basert på Requate (2005) sin generelle modell har vi fått innsikt i hvordan ulike faktorer påvirker myndighetenes skattlegging av forurensing hos en monopolist. Faktorer som er spesielt vektlagt er kostnad av å forurense, ekstern skade på samfunnet, utslippskoeffisient og komplementaritetnivå mellom produksjon og forurensing. Noen tvetydige svar kan videre analyseres for å trekke ytterligere konklusjoner. Vi vet at økt skade gir økende skatt, men at skatten øker med avtagende rate. Det vil være andre påvirkningsfaktorer når monopolisten har tilgang på renseteknologi enn når produksjon og forurensing er proporsjonal. Det er også nødvendig for myndighetene å ha tilgang på flere virkemidler for å oppnå første beste løsning i tilfellet der monopolisten har renseteknologi.

7.1 Forslag til videre forskning

Regulering av imperfekt konkurranse er uten tvil et tema som byr på mange utfordringer. Det vil være mange situasjoner som trengs å studeres nærmere for å kunne konkludere spesifikt med hvordan ulike faktorer påvirker reguleringen. Det er mye forskning på dette temaet, hvorav artiklene jeg har benyttet i litteraturen er nyttige å studere. Det vil imidlertid finnes andre artikler som presenterer andre modeller og baseres på andre antakelser og dermed får andre resultater.

Fra analysen vil det kunne være nyttig å studere effekten av å endre forutsetning angående myndighetenes tilgjengelige virkemidler, slik at de også får tilgang til å regulere produksjon i tillegg til utslippet. De spesifikke funksjonene kan også implementeres i andre tilfeller av imperfekt konkurranse, som oligopol, siden monopol ikke vil være dekkende for markeder av imperfekt konkurranse.

For videre forskning på emnet vil det også være nyttig å se nærmere på ulike typer forurensing, som hvilke spesifikke forurensende stoffer som reguleres. Ettersom jeg kun benytter skattlegging som virkemiddel i denne oppgaven, vil det også være nyttig å videre studere effekten av alternative virkemidler som kvoter og utslippsstandarder.

Til slutt dreier oppgaven seg om en innenlands forurensing, der lokale myndigheter som Klima- og miljødepartementet omtales som myndighetene. Lokal forurensing er underlagt innenlands regulering. Dette betyr at oppgaven relateres i mindre grad til globale utslipp der det mangler en skattleggende myndighet. Globale utslipp byr på ytterligere utfordringer i form av koordineringsproblemer mellom land. Problemer knyttet til forurensing vil riktignok kunne påvirke i riktig retning ved hjelp av innenlands regulering. Imidlertid er det også viktig å påpeke at klimaendringene påvirkes av globalt utslipp der koordinering på tvers av landegrenser er en utfordring, og dette kan være interessant å se nærmere på.

6 Litteraturliste

- Barnett, A. H. (1980). The pigouvian tax rule under monopoly. *The American Economic Review*, 70(5), 1037-1041. <https://www.jstor.org/stable/1805784>
- Buchanan, J. M. (1969). External diseconomies, corrective taxes, and market structure. *The American Economic Review*, 59(1), 174-177. <http://www.jstor.org/stable/1811104>
- Ebert, U., & Von Dem Hagen, O. (1998). Pigouvian taxes under imperfect competition if consumption depends on emissions. *Environmental and Resource Economics*, 12, 507-513. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1008215019489>
- Lov om vern mot forurensing og om avfall (1981). <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>
- Helbling, T. (2010). What are externalities? What happens when prices do not fully capture costs. *Finance & development*, 47(4), 48-49. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2010/12/pdf/fd1210.pdf>
- Ino, H., & Matsumura, T. (2021). Optimality of emission pricing policies based on emission intensity targets under imperfect competition. *Energy Economics*, 98, 105238. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988321001432?via%3Dihub>
- Karmaker, S. C., Hosan, S., Chapman, A. J., & Saha, B. B. (2021). The role of environmental taxes on technological innovation. *Energy*, 232, 121052. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544221013001>
- Katsoulacos, Y., & Xepapadeas, A. (1995). Environmental policy under oligopoly with endogenous market structure. *The Scandinavian Journal of Economics*, 97(3), 411-420. <https://www.jstor.org/stable/3440871?seq=4>
- Lee, D. R. (1975). Efficiency of pollution taxation and market structure. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2(1), 69-72. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0095069675900224>
- Makowski, L. (1987). Imperfect competition. *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*. Basingstoke, New York: Palgrave Macmillan(1), 723-726. https://doi.org/https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5_944-1
- Miljødirektoratet. (2019, 3. mai). *EUs system for klimavoter*. miljødirektoratet.no. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimavoter/eus-klimavotesystem/>

- Miljødirektoratet. (2022, 4. november). *Utslipp av CO2 i Norge* miljødirektoratet.no.
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/co2/>
- Motta, M. (2004). *Competition policy: Theory and practice*. Cambridge university press.
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2016). *Microeconomic theory* (12 ed.). Cengage learning publisher.
- Perman, R., Ma, Y., Common, M., Maddison, D., & McGilvray, J. (2011). *Natural resource and environmental economics* (4 ed.). Pearson education limited.
- Regjeringen. (2020a, 10 januar). *CO2-avgiften*. Regjeringen.no.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/okonomi-og-budsjett/skatter-og-avgifter/veibruksavgift-pa-drivstoff/co2-avgiften/id2603484/>
- Regjeringen. (2020b, 12. august). *Dette er klimavoter*. Regjeringen.no.
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimavoter/id2076655/>
- Requate, T. (2005). Environmental policy under imperfect competition: a survey. *Economics Working Papers*, 2005(12), 120-207.
https://www.researchgate.net/publication/23755241_Environmental_Policy_under_Imperfect_Competition_A_Survey
- Sending, A. (2013). *Økonomistyring 1* (2 ed.). Fagbokforlaget.
- Wenders, J. T. (1972). Pollution control—Uses og corrective taxes reconsidered *Natural Resources Journal*, 12(1), 76-82. <http://www.jstor.org/stable/24880167>
- Yin, X. (2003). Corrective taxes under oligopoly with inter-firm externalities. *Environmental and Resource Economics*, 26, 269-277.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1026360104591>

Appendiks A – Monopolist uten renseteknologi

$$W(\tau) = \int_0^{q^M(\tau)} (a - bq) dq - \frac{k(q^M(\tau))^2}{2} - \frac{h(\delta q^M(\tau))^2}{2}$$

Jeg regner ut integralet i velferdsfunksjonen

$$W(\tau) = a(q^M(\tau)) - \frac{b(q^M(\tau))^2}{2} - \frac{k(q^M(\tau))^2}{2} - \frac{h(\delta q^M(\tau))^2}{2}$$

Deriverer velferdsfunksjonen med hensyn på τ med hjelp av kjerneregelen

$$W'(\tau) = [a - b(q^M(\tau)) - k(q^M(\tau)) - h(\delta^2 q^M(\tau))] \frac{dq^M(\tau)}{d\tau} = 0$$

Jeg setter inn for $q = q^M(\tau) = \frac{a - \tau\delta}{2b + k}$ i velferdsfunksjonen

$$\left[a - b \left(\frac{a - \tau\delta}{2b + k} \right) - k \left(\frac{a - \tau\delta}{2b + k} \right) - h \left(\delta^2 \left(\frac{a - \tau\delta}{2b + k} \right) \right) \right] - \frac{\delta}{2b + k} = 0$$

Jeg ganger med -1 på begge sider

$$\left[a + \frac{b\tau\delta - ab}{2b + k} + \frac{k\tau\delta - ak}{2b + k} + \frac{h\tau\delta^3 - ah\delta^2}{2b + k} \right] \frac{\delta}{2b + k} = 0$$

Jeg ganger inn hele parentesen med $\frac{\delta}{2b + k}$

$$\frac{a\delta}{2b + k} + \frac{b\tau\delta^2 - ab\delta + k\tau\delta^2 - ak\delta + h\tau\delta^4 - ah\delta^3}{(2b + k)^2} = 0$$

Jeg deler alle ledd på δ

$$\frac{a}{2b + k} + \frac{b\tau\delta - ab + k\tau\delta - ak + h\tau\delta^3 - ah\delta^2}{(2b + k)^2} = 0$$

Jeg ganger alle ledd med $(2b + k)^2$

$$a(2b + k) + b\tau\delta - ab + k\tau\delta - ak + h\tau\delta^3 - ah\delta^2 = 0$$

$$2ab + ak + b\tau\delta - ab + k\tau\delta - ak + h\tau\delta^3 - ah\delta^2 = 0$$

Jeg samler alle ledd med τ på en side av likhetstegnet

$$b\tau\delta + k\tau\delta + h\tau\delta^3 = ah\delta^2 - ab$$

Deretter faktoriseres τ og a

$$\tau(b\delta + k\delta + h\delta^3) = a(h\delta^2 - b)$$

Løser for τ og får uttrykket under som skatten

$$\tau = \frac{a(h\delta^2 - b)}{b\delta + k\delta + h\delta^3}$$

Faktoriserer δ i nevneren av skatten

$$\tau = \frac{a(h\delta^2 - b)}{\delta(b + k + h\delta^2)}$$

Appendiks B – Monopolist med renseteknologi

Profittfunksjonen

$$\pi(q, e) = (a - bq)q - \left(\frac{kq^2}{2} + \frac{de^2}{2} - \alpha qe \right) - \tau e$$

Deriverer profittfunksjonen med hensyn på q

$$a - 2bq - (kq - \alpha e) = 0$$

$$a - 2bq - kq + \alpha e = 0$$

Løser for q

$$a + \alpha e = 2bq + kq$$

$$a + \alpha e = q(2b + k)$$

$$q = \frac{a + \alpha e}{2b + k}$$

Deriverer profittfunksjonen med hensyn på e

$$-de + \alpha q - \tau$$

$$\tau = -de + \alpha q$$

Løser for e

$$de = \alpha q - \tau$$

$$e = \frac{\alpha q - \tau}{d}$$

Deretter setter jeg uttrykket for e inn i q

$$q = \frac{a + \alpha \left(\frac{\alpha q - \tau}{d} \right)}{2b + k}$$

Ganger med (2b + k)

$$q(2b + k) = a + \alpha \left(\frac{\alpha q - \tau}{d} \right)$$

$$2bq + kq = a + \frac{\alpha^2 q - \alpha \tau}{d}$$

Ganger med d

$$d(2bq + kq) = ad + \alpha^2 q - \alpha \tau$$

$$2bdq + kdq = ad + \alpha^2 q - \alpha \tau$$

$$2bdq + dkq - \alpha^2 q = ad - \alpha \tau$$

Faktoreriserer q

$$q(2bd + dk - \alpha^2) = ad - \alpha \tau$$

$$q(\tau) = \frac{ad - \alpha \tau}{2bd + dk - \alpha^2}$$

Deretter setter jeg uttrykket for q = $\frac{a + \alpha e}{2b + k}$ inn i e = $\frac{\alpha q - \tau}{d}$

$$e = \frac{\alpha \left(\frac{a + \alpha e}{2b + k} \right) - \tau}{d}$$

Ganger med d

$$de = \alpha \left(\frac{a + \alpha e}{2b + k} \right) - \tau$$

$$de = \frac{\alpha a + \alpha^2 e}{\alpha b + k} - \tau$$

Ganger med (2b + k)

$$de(2b + k) = \alpha a + \alpha^2 e - \tau(2b + k)$$

$$2bde + de = \alpha a + \alpha^2 e - k\tau - 2b\tau$$

$$2bde + dek - \alpha^2 e = \alpha a - k\tau - 2b\tau$$

Faktoreriserer e

$$e(2bd + dk - \alpha^2) = \alpha a - k\tau - 2b\tau$$

$$e(\tau) = \frac{\alpha a - k\tau - \alpha b\tau}{\alpha b + dk - \alpha^2}$$

Appendiks C – Monopolist med renseteknologi

$$W(\tau) = \int_0^{q(\tau)} a - bz \, dz - \frac{he(\tau)^2}{2} - \left(\frac{kq(\tau)^2}{2} + \frac{de(\tau)^2}{2} - \alpha q(\tau)e(\tau) \right)$$

$$W'(\tau) = [a - bq(\tau) - (kq(\tau) - \alpha e(\tau))] \frac{dq(\tau)}{d\tau} - [de(\tau) - \alpha q(\tau) + he(\tau)] \frac{de(\tau)}{d\tau} = 0$$

Setter inn for $q(\tau)$ og $e(\tau)$ og flytter likhetstegnet

$$\begin{aligned} & \left[a - b \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \left(k \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \alpha \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) \right) \right] - \frac{\alpha}{2bd + dk - \alpha^2} \\ & = \left[d \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \alpha \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) + h \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) \right] - \frac{k - 2b}{2bd + dk - \alpha^2} \end{aligned}$$

Ganger med -1 på begge sider

$$\begin{aligned} & \left[a - b \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \left(k \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \alpha \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) \right) \right] \frac{\alpha}{2bd + dk - \alpha^2} \\ & = \left[d \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) - \alpha \left(\frac{ad - \alpha\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) + h \left(\frac{\alpha a - k\tau - 2b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right) \right] \frac{k + 2b}{2bd + dk - \alpha^2} \end{aligned}$$

Ganger sammen parenteser

$$\begin{aligned} & \left[a + \frac{\alpha b\tau - abd}{2bd + dk - \alpha^2} + \frac{\alpha k\tau - adk}{2bd + dk - \alpha^2} + \frac{\alpha^2 a - \alpha k\tau - 2\alpha b\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right] \frac{\alpha}{2bd + dk - \alpha^2} \\ & = \left[\frac{\alpha ad - dk\tau - 2bd\tau}{2bd + dk - \alpha^2} + \frac{\alpha^2 \tau - \alpha ad}{2bd + dk - \alpha^2} + \frac{\alpha ah - hk\tau - 2bh\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right] \frac{k + 2b}{2bd + dk - \alpha^2} \end{aligned}$$

Samler alle ledd med lik nevner

$$\left[a + \frac{\alpha^2 a - \alpha b\tau - abd - adk}{2bd + dk - \alpha^2} \right] \frac{\alpha}{2bd + dk - \alpha^2} = \left[\frac{\alpha^2 \tau - dk\tau - 2bd\tau + \alpha ah - hk\tau - 2bh\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right] \frac{k + 2b}{2bd + dk - \alpha^2}$$

Ganger begge sider av likhetstegnet med $2bd + dk - \alpha^2$

$$\left[a + \frac{\alpha^2 a - \alpha b\tau - abd - adk}{2bd + dk - \alpha^2} \right] \alpha = \left[\frac{\alpha^2 \tau - dk\tau - 2bd\tau + \alpha ah - hk\tau - 2bh\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \right] k + 2b$$

Ganger inn α og $k + 2b$

$$\begin{aligned} & \alpha a + \frac{\alpha^3 a - \alpha^2 b\tau - \alpha abd - \alpha adk}{2bd + dk - \alpha^2} \\ & = \frac{\alpha^2 k\tau - dk^2 \tau - 2bdk\tau + \alpha ahk - hk^2 \tau - 2bhk\tau}{2bd + dk - \alpha^2} + \frac{2\alpha^2 b\tau - 2bdk\tau - 4b^2 d\tau + 2\alpha abh - 2bhk\tau - 4b^2 h\tau}{2bd + dk - \alpha^2} \end{aligned}$$

Ganger igjen begge sider av likhetstegnet med $2bd + dk - \alpha^2$

$$\begin{aligned} & \alpha\alpha(2bd + dk - \alpha^2) + \alpha^3a - \alpha^2b\tau - \alpha abd - \alpha adk \\ = & \alpha^2k\tau - dk^2\tau - 2bdk\tau + \alpha ahk - hk^2\tau - 2bhk\tau + 2\alpha^2b\tau - 2bdk\tau - 4b^2d\tau + 2\alpha abh - 2bhk\tau - 4b^2h\tau \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 2\alpha abd + \alpha adk - \alpha^3a + \alpha^3a - \alpha^2b\tau - \alpha abd - \alpha adk \\ = & \alpha^2k\tau - dk^2\tau - 2bdk\tau + \alpha ahk - hk^2\tau - 2bhk\tau + 2\alpha^2b\tau - 2bdk\tau - 4b^2d\tau + 2\alpha abh - 2bhk\tau - 4b^2h\tau \end{aligned}$$

$$\alpha abd - \alpha^2 b\tau = \alpha^2 k\tau - dk^2\tau - 4bdk\tau + \alpha ahk - hk^2\tau - 4bhk\tau + 2\alpha^2 b\tau - 4b^2d\tau + 2\alpha abh - 4b^2h\tau$$

Samler τ på en side

$$4bdk\tau - \alpha^2 k\tau + dk^2\tau + hk^2\tau + 4bhk\tau - 2\alpha^2 b\tau + 4b^2d\tau + 4b^2h\tau - \alpha^2 b\tau = 2\alpha abh + \alpha ahk - \alpha abd$$

Faktoriserer τ og αa

$$\tau(4bdk - \alpha^2 k + dk^2 + hk^2 + 4bhk - 3\alpha^2 b + 4b^2 d + 4b^2 h) = \alpha a(2bh + hk - bd)$$

Deler med $(4bdk - \alpha^2 k + dk^2 + hk^2 + 4bhk - 3\alpha^2 b + 4b^2 d + 4b^2 h)$ slik at τ blir alene

$$\tau = \frac{\alpha a(2bh + hk - bd)}{(4bdk - \alpha^2 k + dk^2 + hk^2 + 4bhk - 3\alpha^2 b + 4b^2 d + 4b^2 h)}$$

$$\tau = \frac{\alpha a(2bh + hk - bd)}{(dk^2 + 4bdk + 4b^2 d + hk^2 + 4bhk + 4b^2 h - \alpha^2 k - 3\alpha^2 b)}$$

Faktoriserer d , h og α i nevner

$$\tau = \frac{\alpha a(2bh + hk - bd)}{(d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b)}$$

Appendiks D – Bevis at nevner er positiv

Bevis at nevner er positiv basert på antakelse om $kd - \alpha^2 > 0$

$$(d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b)$$

$$dk^2 + 4bdk + 4b^2d + hk^2 + 4bhk + 4b^2h - \alpha^2k - 3\alpha^2b$$

$$dk^2 + 4bdk - \alpha^2k - 3\alpha^2b + 4b^2d + hk^2 + 4bhk + 4b^2h$$

Faktoriseres dk^2 og $-\alpha^2k$, og faktoriserer $4bdk$ og $-3\alpha^2b$

$$k(dk - \alpha^2) + b(4dk - 3\alpha^2) + 4b^2d + hk^2 + 4bhk + 4b^2h > 0$$

Appendiks E – Derivasjoner for tolkningen av analysen

Monopolist uten renseteknologi:

Deriverer utslipp med hensyn på utslippskoeffisient:

$$\frac{\partial e^M(\tau)}{\partial \delta} = \frac{a - 2\tau\delta}{2b + k}$$

$$\frac{\partial^2 e^M(\tau)}{\partial \delta^2} = -\frac{2\tau}{2b + k}$$

Deriverer skatt med hensyn på konstantleddet for invers etterspørsel:

$$\frac{\partial \tau}{\partial a} = \frac{h\delta^2 - b}{b\delta + k\delta + h\delta^3}$$

Deriverer skatt med hensyn på stigningstallet til den inverse etterspørselen:

$$\frac{\partial \tau}{\partial b} = -\left(\frac{ak\delta + 2ah\delta^3}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^2}\right)$$

$$\frac{\partial^2 \tau}{\partial b^2} = \frac{2ak\delta^2 + 4ah\delta^4}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^3}$$

Deriverer skatt med hensyn på eksternt skade:

$$\frac{\partial \tau}{\partial h} = \frac{ak\delta^3}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^2}$$

$$\frac{\partial^2 \tau}{\partial h^2} = -\frac{2ak\delta^6}{(b\delta + k\delta + h\delta^3)^3}$$

Deriverer skatt med hensyn på utslippskoeffisienten:

$$\frac{\partial \tau}{\partial \delta} = \frac{2ah\delta \cdot (\delta(b + k + h\delta^2) + a(b - h\delta^2)(b + k + 3h\delta^2))}{\delta(b + k + h\delta^2)^2}$$

Monopolist med renseteknologi:

Deriverer produksjon med hensyn på kostnad knyttet til forurensing:

$$\frac{\partial q(\tau)}{\partial d} = \frac{2b\alpha\tau + k\alpha\tau - \alpha^2}{(2bd + dk - \alpha^2)^2}$$

Deriverer skatt med hensyn på kostnad knyttet til forurensing:

$$\frac{\partial \tau}{\partial d} = \frac{\alpha a(3b + k)(b\alpha^2 - hk^2 - 4bhk - 4b^2h)}{((d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b))^2}$$

Deriverer skatt med hensyn på eksternt skade:

$$\frac{\partial \tau}{\partial h} = \frac{\alpha a(2b + k)(3b + k)(2bd + dk - \alpha^2)}{((d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b))^2}$$

$$\frac{\partial^2 \tau}{\partial h^2} = -\frac{(\alpha a(2b + k)(3b + k)(2bd + dk - \alpha^2)(2(k^2 + 4bk + 4b^2)))}{((d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b))^3}$$

Deriverer skatt med hensyn på konstantledd for invers etterspørsel:

$$\frac{\partial \tau}{\partial \alpha} = \frac{a(2bh + hk - bd)((d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) + \alpha^2(k + 3b))}{((d + h)(k^2 + 4bk + 4b^2) - \alpha^2(k + 3b))^2}$$