

Selvstendig arbeid innen masterstudiet i økonomi og administrasjon

Analyse av forvaltning av petroleumsformuen
Modellanalyse med sammenligning av handlingsregelen

Av Liv Tveiten Lüdemann

Veileder: Professor Erik Øiolf Sørensen
Utredning i hovedprofil: Økonomisk analyse

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

Sammendrag

I oppgaven har jeg konstruert en modell for å analysere forvaltningen av petroleumsfondet. Jeg starter med en enkel modell, uten noen spesielle restriksjoner. Analysen av modellen bidrar til at jeg kan gi noen antakelser om hvordan konsumet og produksjonen skal fordele seg over periodene. Resultatene sammenligner jeg med handlingsregelen, for å se om den er i samsvar med den optimale tilpasningen. Jeg finner at det er optimalt at konsumet fordeles likt over periodene, men produksjonen vil være vilkårlig fordelt. Handlingsregelen sier at konsumet skal spares i første periode, og økes i siste periode. Handlingsregelen og optimalt konsumtilpasning er ikke overens.

Jeg utvider etterhvert modellen til å ta hensyn til kostnader og teknologisk vekst i fremtiden. Denne modellen analyserer jeg med hensyn til vekstratene av en formuesøkning. Ved hjelp av vekstratene kan jeg bestemme hvordan forvaltningen av petroleumsformuen skal være i forhold til en optimal konsumtilpasning. Jeg sammenligner konsumtilpasningen med handlingsregelen for å undersøke om disse vil gi samme resultat. Jeg fant at optimal konsumtilpasning vil økes ved en formuesøkning. Handlingsregelen forvaltning av konsumet avhenger av hvilken formuesøkning som legges til grunn. Den vil enten redusere konsumet eller øke det.

Til slutt utvider jeg modellen slik at den tar hensyn til usikkerhet i reservoarstørrelsen. Disse modellene analyserer jeg med hensyn på produksjon og konsum, og tolker resultat med ulike funksjonskurver. Det bidrar til å gi et resultat av hvordan usikkerhet i fremtiden slår inn på optimal konsumtilpasning og handlingsregelen. Analysen min viser at optimal konsum med usikkerhet i fremtiden vil gi en reduksjon i konsumet i dag. Eventuelt kan det argumenteres for at optimalt konsum skal holdes konstant. Forvaltning av konsum med handlingsregelen gir at konsumet skal øke i dag dersom det er usikkerhet i fremtiden. Handlingsregelen er ikke i samsvar med optimal konsum i analysen når det er usikkerhet i reservoarstørrelsen.

Forord

Oppgaven er skrevet som en del av en mastergrad ved Norges Handelshøyskole. Arbeidet utgjør 30 studiepoeng, som samsvarer et semesters fulltidsstudium.

Jeg vil benytte denne anledningen til å rette en stor takk til min veileder, professor Erik Øiolf Sørensen. Han har med sine gode tilbakemeldinger og innspill satt meg på rett spor alle de gangene jeg har stått helt fast. I tillegg vil jeg også vise min takknemlighet overfor mine kritiske, men konstruktive korrekturlesere, som har bidratt til at oppgaven har blitt mer lesbar.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|----|
| Sammendrag..... | 1 |
| Forord..... | 2 |
| 1.0 Innledning..... | 4 |
| 1.1 Forvaltning av petroleumsformuen | 10 |
| 1.2 Handlingsregelen | 12 |
| 2.0 Analysen..... | 14 |
| 2.1 Modell uten kostnader, og ingen usikkerhet | 15 |
| 2.1.1 Konsum | 19 |
| 2.1.2 Produksjon | 21 |
| 2.2 Modell med kostnader, og forbedring av teknologi i siste periode..... | 23 |
| 2.2.1 Effekten på produksjonen | 25 |
| 2.2.1.1 Vekstraten av produksjonen relativ til vekstraten av teknologisk fremgang.. | 26 |
| 2.2.1.2 Vekstraten av produksjonen relativ til vekstraten av reservoarstørrelsen | 28 |
| 2.2.2 Effekten på konsumet | 30 |
| 2.2.2.1 Vekstraten av konsumet relativ til vekstraten av reservoarstørrelsen | 30 |
| 2.2.2.2 Vekstraten av konsumet relativ til vekstraten av teknologisk fremgang..... | 32 |
| 2.3 Modell under usikkerhet..... | 35 |
| 2.3.1 Produksjon under usikkerhet..... | 36 |
| 2.3.2 Konsum under usikkerhet | 41 |
| 2.3.2.1 Optimalt konsum under usikkerhet med forsikring..... | 41 |
| 2.3.2.2 Optimalt konsum under usikkerhet uten forsikring..... | 45 |
| 3.0 Kritikk av forutsetningene..... | 49 |
| 4.0 Konklusjon | 52 |
| Referanseliste:..... | 56 |

1.0 Innledning

«Norges Bank vil endre handlingsregelen». Dette sitatet stod på trykk i Bergens Tidene i februar i år. Sentralbanksjefen, Øystein Olsen, vil nedjustere bruken av pengene fra petroleumsfondet. Han frykter at petroleumsfondet raskt kan tømmes for penger dersom det ikke settes i gang tiltak til å reversere utviklingen. Han foreslår at avkastningskravet skal reduseres med ett prosentpoeng (NTB 2012).

Handlingsregel går ut på at fire prosent av inntøynende beløp i oljefondet kan brukes hvert år til å dekke underskuddet på statsbudsjettet (Finansdepartementet 2001). Kort fortalt betyr dette at handlingsregelen skal være krittstnoeren som begrenser pengebruken i dag, og sørger for at det spares penger til fremtidige generasjoner (Thøgersen 2004).

Det er mye debatt og mange synspunkter på bruken av pengene i petroleumsfondet. Mange har synspunkter på hvordan petroleumsformuen skal forvaltes, noe som ikke er så underlig ettersom bruken av disse pengene har så stor innflytelse på livene til de aller fleste innbyggerne i Norge.

Diskusjonene handler om balansegangen mellom mengden som skal forbrukes i dag, og hvor mye som skal spares til fremtidige generasjoner. Slik en kan oppfatte synspunktene kan det synes som enkelte politiske partier ikke kan få brukt opp oljeformuen fort nok. De har vanskeligheter å forstå at det er nødvendig med sparetiltak for å sikre fremtidige generasjoner, og mener det er bedre at det kommer befolkningen til gode nå. I tillegg er det enkelte økonomer som mener at handlingsregelen ikke har handlekraft lenger, og betegner den derfor som død (Brander 2010). På den annen side er det flere politiske partier som vil bevare handlingsregelen, og som med stor uro ser på en økning i bruken av penger fra fondet. Handlingsregelens betydning for befolkningen, kan uttrykkes som nye veier, flere barnehageplasser eller bedre kvalitet på eldreomsorgen. Dette gjør at forvaltning av petroleumsformuen er en svært spennende problemstilling å jobbe med.

Utgangspunktet for problemstillingen min i masterutredelsen baserer seg på forvaltningen av petroleumsformuen. Jeg vil analysere hva som er optimalt å produsere i forhold til oljesektoren, og hva som er optimalt å konsumere i forhold til befolkningen. Etterpå vil jeg sammenligne dette med handlingsregelen. Er den i samsvar med optimalt produksjons- og konsumsteori? Har sentralbanksjefen rett når han kommer med en påstand om at oljefondet kommer til å tappes i løpet av rimelig kort tid? Finnes det andre alternativer som er bedre tilpasset til å forvalte petroleumsformuen? Det er store spørsmål som er veldig

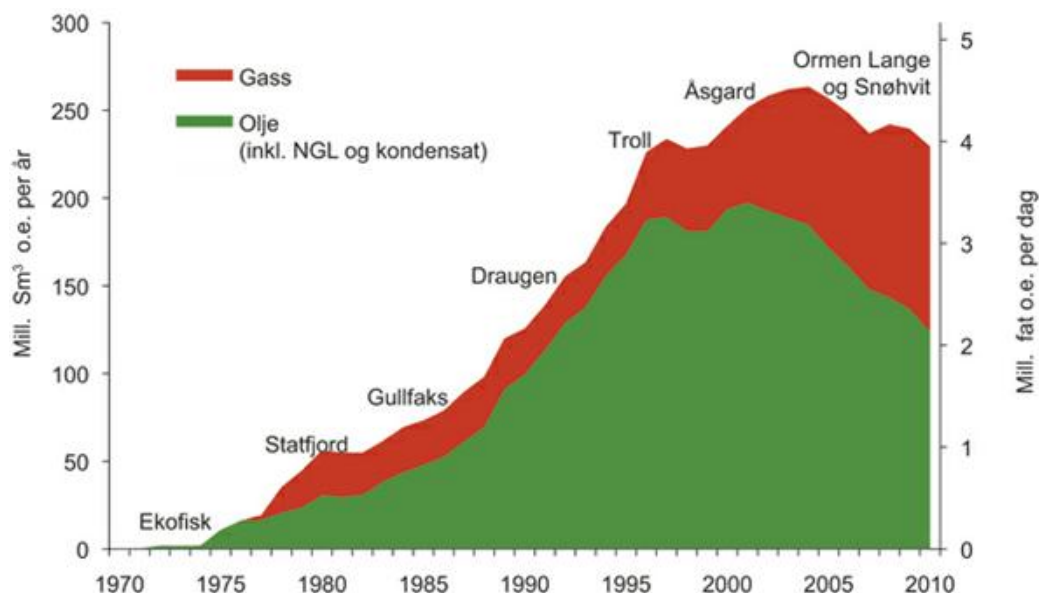
interessante å finne svar på. Forvaltningen av petroleumsformuen har innvirkning på hele landets befolkning. Alle har sin egen oppfatning om hvor mye penger som skal brukes. En bedre forvaltning av formuen har betydning for hvor lenge befolkningen kan leve på oljerikdommen.

Usikkerheten er enorm i tilknytting til petroleumsfeltet, og jeg vil ta hensyn til denne når jeg analyserer en mulig bedring av formuesforvaltningen. Petroleum er en ikke-fornybar ressurs. En gang i fremtiden vil ressursrikdommen til Norge ta slutt. Samtidig er det et ønske fra befolkningen at ressursformuen skal være evigvarende, slik at flere generasjoner får nytte godt av den så lenge som mulig (Olje- og energidepartementet 2011). Det gjør at forvaltningen av petroleumsformuen er interessant. Jeg ønsker å benytte oppgaven til komme frem til mulige løsninger på optimal forvaltning.

På bakgrunn av det jeg har tatt opp innledningsvis vil jeg ha en problemstilling som knytter seg til disse spørsmålene. Utledningen av problemstillingen min blir følgende:

Finnes det et bedre mål enn handlingsregelen ved fordeling av petroleumsressurser, når jeg tar hensyn til usikkerheten knyttet til funnene i oljefeltene?

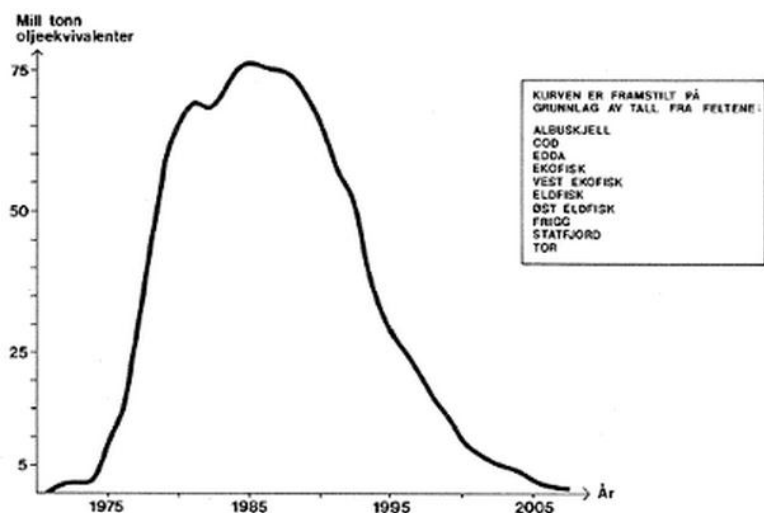
Figur1: Produksjon av petroleum



Note: Figur 1 viser produksjonen av petroleum (olje og gass) fra 1970 og frem til 2010. I produksjonen av olje inkluderes NGL og kondensat. NGL står for Natural Gas Liquids, som er en form for flytende petroleum bestående av butan, etan, isobutan, propan og LPG (Liquified Petroleum Gas) som er en kombinasjon av propan og butan. Måleenheten av petroleum er angitt i millioner standardkubikkmeter oljeekvivalenter, som forkortes mill. Sm³ o.e.. Denne er også oppgitt i fat, og forholdet mellom Sm³ og fat er 1: 6,29. Figuren viser også navn på store petroleumsutbygginger på norsk sokkel. Figur 1 er hentet fra St. meld. 28 (2010-2011) fra Olje- og Energidepartementet.

Figur 1 viser Olje- og energidepartementets oversikt over utviklingen av olje- og gassproduksjonen fra oppstarten av 1970-tallet, og frem til 2010. Petroleumproduksjonen er angitt i millioner standardkubikkmeter oljeekvivalenter, som forkortes Sm^3 o.e.. Utviklingen er at oljeproduksjonen har fallende tendenser, mens gassproduksjonen er stigende (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 2).

Figur 2: Anslag av petroleum på norsk kontinentalsokkel fra 1975



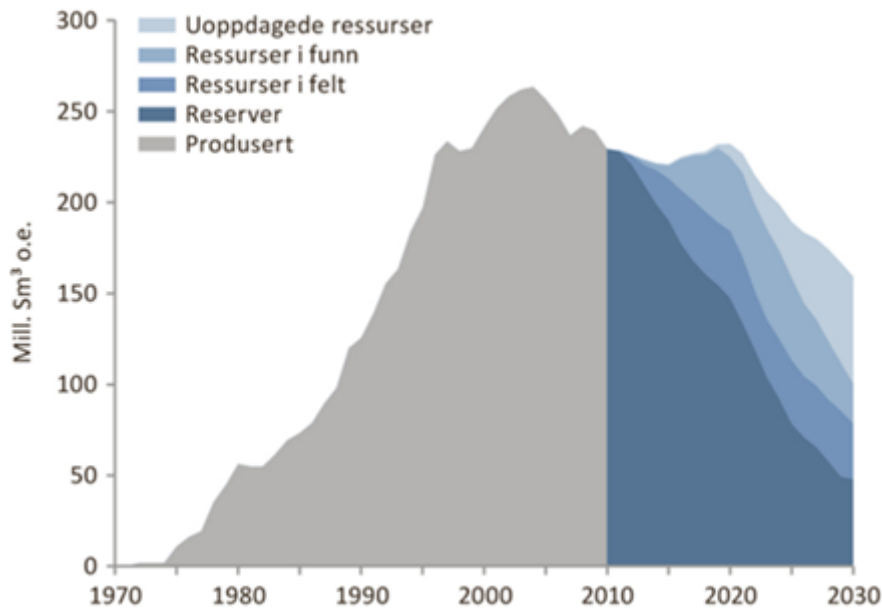
Note: Figur 2 viser et anslag over antatt produksjon fra 1975 og frem til 2005. Den er hentet fra Ressursregnskap til Oljedirektoratet fra 1976. Produksjonen er målt i millioner tonn oljeekvivalenter. Det er tatt med en oversiktsliste over hvilke petroleumfelt som anslaget er basert på.

Figur 2 viser hvordan Oljedirektoratet anslo produksjonen av petroleum i 1975, og frem til midten av 2000-tallet. Benevnelsen på aksene er ikke entydig med standardkubikkmeter oljeekvivalenter som blir brukt i dag til å måle produksjonen av petroleum. Målenheten er angitt i millioner tonn oljeekvivalenter tilsvarer $1,19 \text{ Sm}^3$ (Gundersen og Lundberg 2011).

Det er usikkert hvor lenge det er mulig å produsere olje på norsk sokkel. Det eneste som kan sies med sikkerhet er at petroleumressursen på et tidspunkt vil ta slutt, og produksjon vil stoppe opp. Det er svært krevende å bare gi et estimat for når dette tidspunktet vil inntreffe. Figur 2 predikerer at produksjonen vil falle tidlig på 1990-tallet, og en estimert produksjonsslutt rundt 2006. Fra figur 1 har en kunnskaper om at dette ikke er forenelig med virkeligheten, men den er ment som en illustrasjon på hvor vanskelig det er å lage et estimat for fremtidig petroleumproduksjon. Om jeg sammenligner figur 2 med figur 1, er produksjonen i anslaget noe overestimert frem til 1985. Etter midten av 1980-tallet faller prediksjonen på produksjonen kraftig i figur 2, mens den faktiske produksjonen vokser etter 1985 i figur 1. Årsaken til den store motsetningen i figurene skyldes delvis de nye

petroleumsutbyggingene på norsk sokkel. Nye felt, som Gullfaks og Draugen, er begge av en betydelig størrelse og bidrar til stor produksjon langt frem i tid. Andre grunner til at estimatene i figur 2 er avvikende skyldes også at usikkerheten i petroleumsfeltet er vanskelig å anslå. Dette forteller hvor vanskelig det er å lage et estimat for fremtidig produksjon. Alt avhenger av hvor stor reservoarstørrelsen er, og hvor mye usikkerhet som knytter seg til den.

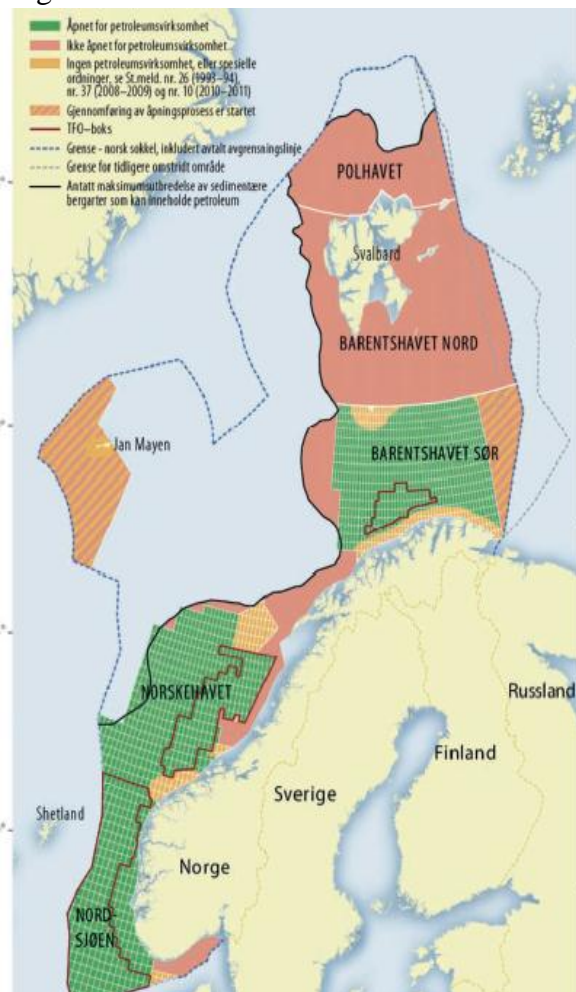
Figur 3: Produksjon av petroleum, og usikkerheten av produksjon i fremtiden



Note: Figur 3 viser produksjonen av petroleum fra 1970 og frem til 2010. Fra 2010 og frem til 2030 viser figuren den estimerte produksjonen. Usikkerheten er større desto lysere fargen blir. Den sikreste produksjonen er basert på reserver som man har. Videre øker usikkerheten gradvis med ressurser som finnes i felt, ressurser i funn og uoppdagede ressurser. Måleenheten av petroleum er angitt i millioner standardkubikkmeter oljeekvivalenter, som forkortes mill. Sm³ o.e.. Figuren er hentet fra 'Petroleumsressursene på norsk kontinentalsokkel 2011' Ressursrapport fra Oljedirektoratet.

Figur 3 viser den faktiske petroleumsproduksjon fra 1970 og frem til 2010. I tillegg belyses fremtidsutsikten av petroleumsproduksjon til 2030 (Oljedirektoratet 2011). Varigheten på produksjonen er avhengig av flere faktor som produksjonsandelen i dag, teknologiutviklingen og nyoppdagede oljefelt. Hver faktor som produksjonen avhenger av er også usikre. Horisonten på produksjonen vil bli et estimat av usikre variabler. Prognosen for petroleumsproduksjonen blir mer usikker desto lysere fargen på figuren blir. Figuren viser også at det er flere faktorer som spiller inn på produksjonen, og at de ulike komponentene har risikoelementer som vanskeliggjør prediksjonen i fremtiden. Det er krevende å forespeile de nøyaktige tallene i utviklingen av produksjonen. Forvaltningen baserer seg på en fremtidig produksjon over en horisont, og figurene (1 og 3) viser at det er klare usikkerhets faktorer på produksjonen de neste årene. Dette vil komplisere forvaltningen ytterligere.

Figur 4: Oversikts kart over den norske kontinentalsokkel.



Note: Figur 4 gir et oversikts kart over havområdet utenfor norske kysten. Den viser hvor det er åpnet og ikke åpnet for petroleumsvirksomhet, og grensene for norsk kontinentalsokkel. Figur 4 er hentet fra St. meld. 28 (2010-2011) av Olje- og Energidepartementet.

Figur 4 illustrerer hvor stort området på den norske kontinentalsokkel som kan utforskes, selv etter over 40 år med petroleumproduksjon (Olje- og energidepartementet 2011). Det kommer ofte nyhetsoppslag som viser til store funn i oljesektoren. I 2011 meldte pressen om tre store petroleumfunn. Det ble gjort et stort funn i Barentshavet, Skrugardfeltet. Mens i Nordsjøen ble det gjort to store funn, Aldous og Avaldsnes. Funnene i Nordsjøen ble estimert til mellom 500 til 1200 millioner fat o.e. (Gustavsen og Harbo 2011). Nordsjøen er et område, som er mye utforsket, og kunnskapen om geologien er stor. Spennet på estimatet skildrer likevel at usikkerheten er høy. I dette området er datagrunnlaget best og usikkerheten skal derfor være liten, men differansen på estimatet er på hele 700 millioner fat o.e.. Det kan også nevnes at i Nordsjøen er estimatet på uoppdaget utvinnbar petroleum på mellom 470

og 1305 mill. Sm^3 o.e. (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1).

Alle funnene er med å bidra til at reservoarstørrelsen blir usikker, og det vanskeliggjør estimeringen av fremtidig produksjon. Havområder rundt Jan Mayen, og nord og sør i Barentshavet er uåpnede områder. Petroleumssektoren lite kunnskaper om geologien i disse områdene, se figur 4. Det finnes også områder i Norskehavet som ennå ikke er åpnet. Det er knyttet mye usikkerhet til de foreløpige estimatene vedrørende hva som befinner seg under bakken (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 6). Dette bidrar til at reservoarstørrelsen er vanskelig å fastslå.

I de uåpnede feltene anslås de uoppdagede ressursene til å være ca. 200 mill. Sm^3 o.e.. Usikkerheten antas å være mellom 76 og 371 mill. Sm^3 o.e. (Olje- og energidepartementet

2011, kap. 6). Prediksjonene, som utregningene er basert på, gjør tematikken rundt problemstillingen svært interessant å jobbe med. Usikkerheten viser hvor stort spenn det er i de ulike feltene, og hvor liten kunnskap oljeselskapene faktisk har om fremtiden vedrørende petroleumen. Til tross for utallige undersøkelser, evalueringer og kartlegginger som har blitt gjort. Dette gjør at emnet blir svært spennende å arbeide med.

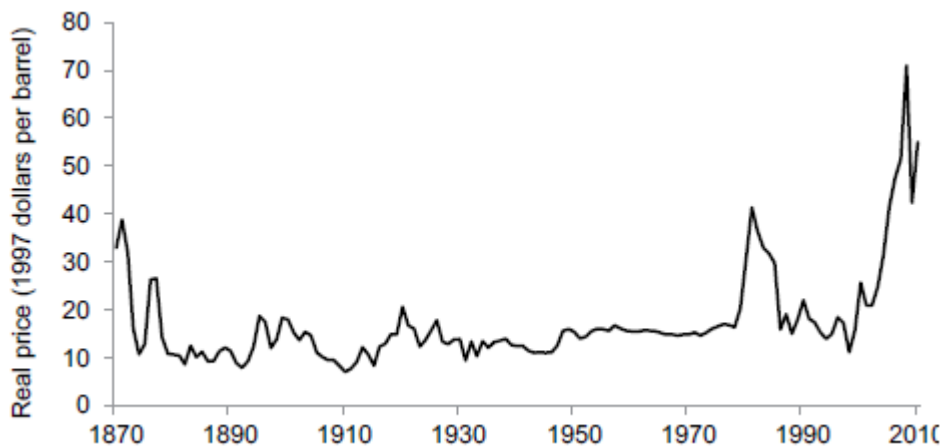
For å kunne forvalte petroleumsformuen optimalt, så bør forvalteren ha et mest mulig eksakt estimat over mengde og produksjonen av ressursen som er på norsk kontinentalsokkel. Dersom forvaltningen skal baseres på produksjon eller den totale oljeformuen kreves det at estimatene er så nøyaktige som mulig. Forvaltningen skal ha en lang tidshorisont, og det vil være problematisk å basere den på et fundament hvor usikkerheten er enorm. Innledningsvis har jeg vist at i et enkelt funn er differansen på estimatene 700 millioner fat o.e.. Disse estimatene kan ha stor påvirkning på den videre forvaltningen. Det har mye å si for forvaltningen av petroleumsformuen at både produksjonen og reservoarstørrelsen er usikker.

Teknologiutviklingen er i kontinuerlig testing og utviklingen med tanke på petroleumssektoren. Det kan blant annet være nye boremetoder, boreteknologi og nye produksjonsløsninger. Disse forbedringene gjør at en større del av petroleumen kan hentes opp fra feltet. Hvis det skjer en teknologiforbedring vil produksjonsfallet i de gamle oljefeltene bli redusert, og levetiden på oljefeltene vil tilta (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1). Dette bidrar til et dilemma om oljeselskapene skal utsette produksjonen til senere, for å få utnyttet en større del av ressursene. Siden konsumet avhenger av produksjonen kan det ha stor betydning for befolkningen.

Siden 1970-tallet er det hentet ut ca. 40 % av de forventede utvinnbare ressursene. Olje- og energidepartementet har estimert at 60 % av ressursene fremdeles ligger under bakken (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1). Dersom teknologiutviklingen fortsetter kan det tenkes at oljeselskapene kan hente ut mer fra de feltene som i dag ansees som lukket. Fastsettelsen av petroleumsressursene blir dermed problematisk, både mengden og produksjonen. Ressursene som er hentet opp fra kontinentalsokkelen tilsvarer ca. 9000 mrd. kr., som uttrykkes i dagens pengeverdi (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 2). Teknologisk utvikling kan medføre at andelen av utvinnbare ressurser blir større, og bare en liten endring i prosentandelen vil gi store endringer i formuen når 40 % tilsvarer ca. 9000 mrd. kr. Det finnes også usikkerhet i andre faktorer som geologi, reservoarforhold, teknologi-

og kunnskapsutvikling, kostnader og råvarepriser, som kan medføre at de forventede utvinnbare ressursene øker (Olje- og energidepartementet 2011).

Figur 5: Oversikt over oljeprisen fra 1870 og frem til 2010



Note: Figur 5 viser oversikt over utviklingen i oljeprisen fra 1870 og frem til 2010. Oversikten viser real prisen for 1997 dollar pr. fat olje. Figur 5 er hentet fra 'Confrontation Ahead av (Darmstadter 2012).

Figur 5 viser utviklingen i oljeprisen, som er den siste faktoren jeg vil fokusere på i oppgaven i forhold til usikkerheten til forvaltningen. Den er med på å skape større usikkerhet på størrelsen av petroleumsfondet, og bidrar til at forvaltningen kompliseres. Oljeprisen har stor betydning på verdien av petroleumsfondet, og er en avgjørende del når forvalteren skal lage en plan for optimeringen av fondet. Formuen vil variere etter oljeprisen, og det vil være krevende å lage en optimal konsumbane for en lang tidshorison. Figuren viser oljeprisutviklingen over et tidsperspektiv. Når oljeprisen er varierende vil det medføre en svingende petroleumsformue. Figuren angir oljeprisen i realprisen for dollar, basert utfra 1997. Det er stor forskjell på å forvalte petroleumsformuen i 1997, sammenlignet med i 2010. Petroleumsfondet ville vært mye større i 2010 utelukkende på grunn av oljeprisen. En slik variabel vil endre seg daglig, og er ikke et godt grunnlag for en langvarig forvaltning. Dette er en av grunnene til at det er spennende å undersøke forvaltningen nærmere.

1.1 Forvaltning av petroleumsformuen

Det er omtrent 50 år siden Norge fikk mulighet til å finne petroleumsressurser for første gang på kontinentalsokkelen. Norge erklærte statsoverhøyhet i 1963, som ga staten retten til og utforske og utnytte petroleumsressurser som ligger under havet. Et par år senere gjorde Norge en avtale med Storbritannia og Danmark om at det var midtlinjeprinsippet som skulle gjelde for grensene til havs (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1).

Petroleumsressursene som befinner seg på norsk kontinentalsokkel tilhører det norske folk, og skal komme til gode hele det norske samfunnet. Dette er prinsippet når myndighetene skal forvalte ressursene. Fundamentet kommer fra lovgivning fra 1909 for vannressursene, hvor lovgivningen fastsatte hjemfallsrett. Den bestemte at det norske folk eide ressursene, og at grunnrenten skulle tilfalle fellesskapet. Utgangspunktet skal være det samme for petroleumsformue (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1).

Norske borgere ønsker så høy ressursutnyttelse på sokkelen som mulig, for at petroleumsformuen skal vokse og at den kan vare lenger. Inntil nå har forvaltningen av ressursene vært en suksess. Målsetningen vedrørende et kvalitativt bedre samfunn kan gi en beskrivelse av hva befolkningen har fått ut av ressursene. De har bidratt til å bygge opp et velfungerende velferdssamfunn. I tillegg så utgjør petroleumssektoren den største virksomheten i Norge målt i verdiskapning, statlige inntekter og eksportverdi. Verdiskapningen i petroleumssektoren er 2,5 ganger større enn landbasert industri og 15 ganger så stor som primærnæringen. De har om lag 43 000 personer ansatt, men over 200 000 mennesker kan direkte eller indirekte knyttes til etterspørselen av petroleumsvirksomheten (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1).

Flere land som besitter petroleumsressurser og andre naturressurser møter ofte store utfordringer når de skal forvalte formuen mest effektivt (Van der Ploeg 2010). Mye og omfattende litteratur angir mulige årsaker til de negative virkningene av ressursene, mens midlertidig få studier viser et normativt perspektiv på utnyttelsen av disse (Akram 2004). Ressursene anses ofte som en blandet velsignelse. Bruken av ressursene gir landet primært en rikdom, men de fleste land har erfart at bruken av disse også kan medføre negativ økonomisk vekst og det som kan betraktes som «hollandsk syke» (Gylfason, Herbertsson, og Zoega 1999). Dette fenomenet refererer til hva som skjedde da Nederland fant olje på 1960-tallet. Økningen i petroleumsinntektene medførte en kostnadskrevende sektoromstilling. Skjermet sektor ekspanderer på bekostning av at konkurranseutsatt sektor. Dette skjedde for å dekke etterspørselen for skjermede produkter. Når petroleumsressursene tar slutt eller reduseres betraktelig, må konkurranseutsattsektor ekspanderes for at landet skal kunne møte sine forpliktelser ovenfor utland. Omstillingsperioden kan være langvarig og det vil kunne oppstå både interne og eksterne ubalanser. Med ubalanser i denne sammenheng menes det at landet ikke har nok ressurser til å opprettholde den skjermede sektoren lenger (Corden 1984).

Norge har valgt å bruke handlingsregelen som et fundament i forvaltningen av oljeformuen, som jeg vil forklare mer i neste del-kapittel.

1.2 Handlingsregelen

Handlingsregelen for bruken av oljeinntekter over statsbudsjettet ble innført i mars 2001. Den sier at det kan overføres oljepenger til statsbudsjettet på fire prosent av inntående beløp av petroleumsfondet. Denne prosentandelen skal tilsvare forventet realavkastning på fondet (Finansdepartementet 2001). Det overskytende beløpet som ikke overføres til statsbudsjettet forvaltes i et eget fond- Statens Pensjonsfond Utland (SPU) (Finansdepartementet 2006). Markedsverdien til SPU var 3496 mrd. ved førstekvartal i 2012 (Norges Bank Investment Management 2011).

Norge har generert innbetalinger fra petroleumsvirksomheten siden 1970-tallet. Det har bidratt til å bygge opp velferdssamfunnet (Olje- og energidepartementet 2011, kap. 1). Petroleumsinntektene gjorde at Norge hadde et behov for retningslinjer angående budsjettpolitikken. Formålet til retningslinjene var å sette grenser i budsjettprosessen, samtidig som de skulle sørge for en jevn og langsiktig innfasing av petroleumsformuen. Forvaltningen av petroleumsfondet var en problemstilling lenge, og det har blitt behandlet i flere utredninger (Olsen og Skjæveland 2002).

Høsten 2000 var det diskusjoner vedrørende bruken av petroleumsformuen. Flere økonomer som Rødseth, Steigum og Cappelen ytret at de ville ta i bruk mer av oljepengene. De forventede inntektene fra petroleumsvirksomheten hadde vokst med over 100 mrd., grunnet høy oljepris. Dette skapte et press for å bruke mer av pengene. Som motargument ble det hevdet to momenter. Det ene poenget var kortsiktig, rettet mot å stabilisere konjunktorene. Mens det andre var langsiktig og knyttet til fallende oljeinntekter og økende pensjonsutgifter. Frem til 2000 hadde disse to argumentene talt for en stram budsjettpolitikk. Dette året bar prekk av høy oljepris kombinert med lav vekst i fastlandsøkonomien, og hovedfokuset om en stram budsjettpolitikk ble gradvis endret (Olsen og Skjæveland 2002). I utredningene fra tidligere ble det redegjort for to hovedprinsipper i den norske debatten av forvaltning av petroleumsformuen.

- Realavkastningen av petroleumsfondet
- Den permanente inntekten av petroleumsformuen

Den første, realavkastningen av fondet, er handlingsregelen. Modellen tar sikte på at innbyggerne ikke konsumerer noe før oljen er omgjort til en kroneverdi på en bankkonto. Når

fondet er etablert, og tiltar i verdi vil konsumet øke i takt med realavkastningen (Cappelen, 2000). Bakgrunnen for handlingsregelen ble utledet av Tempoutvalget (NOU 1983:27), som kom med utredningen i 1983. Den ble ledet av Hermod Skånland. Det var to spørsmål som var sentrale, hvilket utvinningsnivå som var forsvarlig, og innfasingen av formuen i norsk økonomi. Utvalget kom frem til at bruken av oljeinntektene måtte skilles fra opptjeningen, grunnet stor variasjon i oljeinntektene som et resultat av volatil oljepris. Det ville kunne skape store realøkonomiske forstyrrelser. De anbefalte at det burde opprettes et bufferfond som skulle jevne ut svingningene i statens tilgang på petroleumsinntekter. Dette skulle øke i størrelse over tid, men skulle være relativt lite i forhold til størrelsen på de årlige oljeinntektene. Det ble også drøftet muligheten av å etablere et avkastningsfond som skulle være relativt stort. Samtlige oljeinntekter skulle inngå i dette fondet, og befolkningen kan dermed konsumere avkastningen av det. Utvalget ville beskytte fremtidige generasjoner mot reduksjonen av oljevirkosomheten ved å sette oljeinntektene inn i et fond istedenfor å bruke dem. Dermed kan fremtidige generasjoner senere ha en tilsvarende inntekt fra avkastningsfondet som skapes (Olsen og Skjæveland 2002).

Et annet alternativ, for fordeling av petroleumsinnbetalingene, er permanentinntektsregelen. Det blir først estimert en optimal utvinningsprofil som er bestemt av forventninger vedrørende priser, renter og teknologi, og anslår hvor stor den faktiske formuen er. Realavkastningen på formuen, likegyldig hvor den befinner seg, skal tas inn i økonomien og konsumeres (Cappelen 2000). Permanentinntektsregelen kom fra Steigumutvalget i 1988 (NOU 1988:21). De vektla at den samlede formuen skulle være både petroleumsressursene og den finansielle formuen. På dette grunnlaget mente de at det burde fastsettes forsvarlige handlingsregler for den samlede formuen. Det primære formålet var at innbetalingene fra oljesektoren ikke skulle anses som en inntekt, men mer som en omplassering av formuen. Utvalget la vekt på at det ikke burde konsumeres mer enn den såkalte permanentinntekten fra oljesektoren. Det vil si en kalkulert avkastning på resterende petroleumsressurser i tillegg til avkastningen til petroleumsfondet (Olsen og Skjæveland 2002).

Det kan nevnes flere svakheter ved begge typer forvaltningsregler. Permanentinntektsregelen tar ikke hensyn til fremtidige økte kostnader grunnet demografi. Norge har en aldrende befolkningsgruppe, noe som betyr at det må tas hensyn til en økning i pensjonsutgifter og eldreomsorg. Et annet moment som er at myndighetene ikke tar hensyn til

usikkerhet knyttet til oljeinntekter. De antar en bestemt oljepris og beregner forbruket ut fra dette, istedenfor å selge petroleumen for å lage en konsumbane. Det blir antatt at verdien av petroleumen i bakken er like stor som den som står i banken. Oljeprisen utgjør en risikofaktor, og dermed bør det legges opp til en mer forsiktig linje når det gjelder bruken av inntektene. Regelen tar heller ikke hensyn til kostnader ved endring av næringsstrukturen ved rask innfasing av oljeinntektene, og til kostnader ved opp- og nedskalering av det offentlige velferdstilbudet. Erfaringer fra andre land tilsier at det er svært vanskelig å bygge ned et allerede veletablert tilbud (Olsen og Skjæveland 2002).

Handlingsregelen kan ha antydninger til å være sparsommelig. Fondsmodellen passer bra dersom forvaltningen skal være svært risikoavers. Det blir ikke konsumert noe før oljen er tatt opp av bakken, og solgt videre. Petroleumsformuen i bakken blir verdsatt til null (Cappelen 2000). Handlingsregelen tar heller ikke høyde for fremtidig vekst i pensjonsutgifter fullt ut, men likevel i større grad enn permanentinntekten (Olsen og Skjæveland 2002).

Det ble foretatt grundig gjennomgang av erfaringer med hensyn til forvaltning av naturressurser, for å finne ut hvordan petroleumsinntektene skulle innfases i den norske økonomien. En fornuftig bruk av innbetalingene fra oljevirkosomheten baserer seg på å finne en god formuesforvaltning. Hovedmålet i petroleumpolitikken er å legge til rette for lønnsomheten i et langsiktig perspektiv. I den analysen av budsjettpolitikken ble det lagt vekt på fallende oljeinntekter og økende pensjonsutgifter, og stabilisering av konjunktorene. Dette var utgangspunktet for regjeringens tilrådning til Stortinget når forvaltning av petroleumsfondet skulle bestemmes, og handlingsregelen ble et resultat av denne prosessen (Olsen og Skjæveland 2002).

Jeg har valgt å analysere forvaltningen av petroleumsfondet basert på en konstruert modell, og sammenligne denne med handlingsregelen. Modellen tar utgangspunktet i optimalt konsum og produksjon forutsatt av de restriksjonene som modellen har. Jeg vil se om handlingsregelen er i samsvar med hva optimalt konsum tilsier eller om den vil være avvikende.

2.0 Analysen

Jeg velger å konstruere en modell for å analysere forvaltningen av petroleumsfondet i forhold til en optimal produksjons- og konsumbane. Hensikten er å danne et fundament til å kunne diskutere problemstillingen. I begynnelsen av neste del-kapittel tar jeg for meg de forskjellige

forutsetninger og forenklinger som modellen bygger på. Målet med disse er å lage modellen slik at den kan benyttes til å fokusere på problemstillingen.

I den første modellen antar jeg at det ikke finnes noen kostnader ved utvinningen av olje, og dermed settes utvinningskostnader lik null. Denne antakelsen om at det ikke er kostnader ved å drive med oljeboring i Nordsjøen er ikke så veldig realistisk (Sinclair 1994). Modellen uten kostnader er essensiell for å få frem noen viktige momenter, som hvordan konsum og produksjon fordeler seg optimalt over perioder for å kunne indikere hvordan myndighetene bør forvalte petroleumsformuen. Videre blir det forutsatt at det er full sikkerhet når det gjelder størrelsen på oljefeltet, altså at konsumenten har perfekt fremtidssyn med hensyn til dette.

I den neste modellen, så er utgangspunktet det samme som i den tidligere modellen, men jeg tar nå hensyn til kostnader ved utvinning av petroleumsformuen, og dessuten blir det lagt på forbedring i teknologien i siste periode. Dette er for å gjøre modellen mer anvendelig med tanke på diskusjonen senere. Forutsetningen vedrørende konsumentens fremtidssyn er det samme som tidligere antatt, som sier at han kan forutsi hva som vil skje frem i tid.

Den siste modellen tar jeg utgangspunktet igjen i foregående modellen, og tar med bruken av usikkerhet. Nå har ikke konsumenten mulighet til å forutsi fremtiden, men har rasjonelle forventninger. Usikkerheten er primært knyttet til oljeformuen, og hvordan dette vil slå ut i produksjon, inntekt og konsum hvis petroleumsformuen viser seg å være høyere eller lavere enn antatt. Produksjonen i siste periode vil derfor variere etter hvilken tilstand som inntreffer, og den påvirker både inntekten og konsumet i samme periode. Modellen vil vises med og uten tilgang på forsikring. Enkelte forutsetninger som perfekte markedsforhold og risikonøytrale forsikringsgivere gir en mulighet for å kunne forsikre petroleumsformuen. Uten forsikring må konsumenten gjøre nye tilpasninger etter de usikre forholdene, og allerede i første periode vil konsumenten begynne å tilpasse seg forandringen som kan inntreffe i siste periode. I en situasjon med forsikring vil konsumenten ikke bære risikoen selv, men heller betaler slik at andre kan bære den istedenfor.

2.1 Modell uten kostnader, og ingen usikkerhet

I modellen jeg har konstruert tar jeg først for meg noen forenklinger og forutsetninger. Disse er naturlige å ha som fundament i en mikroøkonomiskmodell. Modellens rammeverk består av modellen skal bestå av to perioder (i dag og senere), og tar i bruk notasjonen t for å

benevne periodene, dermed blir $t = 1, 2$. Tidsaspektet i oppgaven blir derfor stort, ettersom at siste periode skal innbefatte alt som skjer etter i dag og frem til senere.

I modellen velger jeg å analysere nytten av offentlig konsum. Med offentlig konsum menes i denne oppgaven hva myndighetene kan gi til konsumentene, som er innbyggerne. Det kan være nye veier, bedre sykehus, nye skoler.

Det forutsettes at oljeprisen er 1 i begynnelsen av oppgaven, og at den vokser med Hotellings regel i periode to, $(1 + r)$. Regelen er basert på arbeidet til Harold Hotelling (1931), og har blitt et av de mest brukte konseptene innenfor ressursøkonomi. Jeg velger derfor å gjenta utledningen av Hotellings regel. Den er en forenklet versjon av Hotellings modell av ressursutvinning, men den er ment for å illustrere intuisjonen som underligger Hotellings regel.

Jeg antar at det finnes en bestemt andel av naturressurser R . Ressursen er ikke-fornybarressurs og verdien avtar ikke over tid. Det gjør at tiden for utvinningen ikke har noen konsekvenser for total andelen som blir utvunnet. Jeg forutsetter at ressursene er fullstendig ekstrahert over en tidsperiode T , summen av utvinningen i alle perioder må være lik de totale ressurseiene.

Ressursstokken antar jeg blir eid av et profitt-maksimerende firma, som selger utvunnet ressurser i et perfekt konkurranseutsatt marked. Firmaet er pristaker, og siden de ikke kan influere prisen, slik at den eneste valgbare variabelen er utvinningen i periode t , x_t . Jeg forutsetter videre at utvinningskostnadene er null, slik at prisen p_t av ressursen er lik den marginale profitten av utvinning, av en enhet av R . Den totale verdien av bedriften er lik summen av den diskonterte profittstrømmen:

$$V = \sum_{t=0}^T p_t x_t (1 + r)^{-t} \quad (1.1.1)$$

Firmaet som opptrer rasjonelt, maksimerer denne verdien. Den må ta i betraktning at betingelsen som er summen av resursene ekstrahert i alle perioder ikke kan overstige den totale ressursstokken:

$$\sum_{t=0}^T x_t \leq R \quad (1.1.2)$$

Ved å kombinere målfunksjonen (1.1.1) og betingelsen (1.1.2), så kan jeg sette opp Lagrange funksjonen som må bli maksimert:

$$\mathcal{L} = \sum_{t=0}^T p_t x_t (1 + r)^{-t} + \lambda (R - \sum_{t=0}^T x_t)$$

Kuhn-Tucker betingelsene for løsnings maksimeringsproblem er:

$$\frac{d\mathcal{L}}{dx_1} \leq 0 \quad x_t \geq 0 \quad \text{og} \quad x_t \frac{d\mathcal{L}}{dx_1} = 0$$

Ressursutvinningen x_t kan åpenbart ikke bli negativt, slik at den andre betingelsen alltid er oppfylt. Den tredje betingelsen blir oppfylt hvis enten x_t er null (ingen utvinning forekommer i periode t) eller $\frac{d\mathcal{L}}{dx_1} = 0$. Utvinningen vil bare skje i periode t dersom $\frac{d\mathcal{L}}{dx_1} = 0$ er oppfylt. La meg anta at skjer i to perioder t og $(t+1)$.

$$(1+r)^{-t}p_t + \lambda = (1+r)^{-(t+1)}p_{t+1} + \lambda \quad \text{som gir} \quad (1+r)p_t = p_{t+1} \quad (1.1.3)$$

Utvinningen vil bare inntreffe i de to periodene hvis utledningen i (1.1.3) er gjeldende. Den fastslår at prisen for en endelig ressurs må vokse eksponentielt med en rate som er lik renten for å sikre ressursutvinningen (Hotelling 1931). Den beskriver tidsbanen for en naturressurs utvinning som maksimerer verdien av en ressursstokk. Når et land har en ressursriksom som skal forvaltes, baserer majoriteten av disse landene seg på Hotellings regel for å finne en optimal utvinningsbane. Når et land, som har store oljeresurser, skal bestemme hvor mye olje som skal utvinnes i dag, og hvor mye som skal utvinnes i fremtiden, så legges det stor vekt på denne regelen (Hotelling 1931).

Hotellings regel fastslår at det mest økonomisk profitable av utvinningsbanen til en ikke-fornybar ressurs er langs prisen av ressursene, som er bestemt av marginalinntekten av salget av ressursen, som skal økes i takt med renten (Hotelling 1931).

Verdien av den løpende produksjonen over perioden er X_t . Det er en komponent som består av oljeprisen og kvantumet som er blitt produsert ($P_t \cdot X_t$). Det er fordi det antas at oljeprisen er lik 1. Det gjør at verdien og produsert kvantum er sammenfallende i første periode ($1 \cdot X_1 = X_1$). Oljeprisen vokser med Hotellings regel, og vekstfaktoren $(1+r)$, legges på i siste periode. Vekstfaktoren, $(1+r)$, multipliseres med oljeprisen. Oljeprisen økes i hver periode samsvarende med vekstfaktoren. Inntekten for andre periode blir produsert kvantum multiplisert med vekstfaktoren ($X_2(1+r)$). Produksjonen i perioden vil variere i forhold til funnene i feltet. Hvis det blir funnet nye petroleumfelt så vil produksjonen øke, og motsatt gjelder dersom et oljefelt må lukkes eller at funnet var mindre enn tidligere antatt.

I modellanalysen vil jeg analysere offentlig konsum. Myndighetene bestemmer størrelsen på det offentlige konsumet, etter hvilke bevilgninger de ønsker å gi ut til befolkningen. Myndighetene observerer oljeformuen på ethvert tidspunkt, og optimerer deretter offentlig konsum (C_t) for fremtiden til konsumentene, som er befolkningen i landet. Det offentlige konsumet kan være bedre infrastruktur i landet, større og flere stønader til befolkningen. Konsumentene forbruker andelen offentlig gode de blir tildelt.

Det forutsettes at konsumentene oppfører seg rasjonelt, som er en vanlig antakelse i mikroøkonomi. Jeg antar videre i oppgaven at jeg har med en konsument som representativ for befolkningen. Offentlig og privat konsum er separable i konsumentenes nyttefunksjon, slik at for modellens del er det nok å ta hensyn til maksimering med hensyn på offentlig konsum¹.

Jeg bruker Fishers mikroøkonomiske modell for utgangspunktet til analysen. I Fishers modell innføres to perioder og de andre forutsetningene ovenfor (Fisher 1956). Modellen benyttes i en liten åpen økonomi, hvor konsumenten forbruker et gode. Den kan virke tilsynelatende enkel, men hensikten er å kunne diskutere forvaltningen av petroleumsinntekten basert på resultatet av analysen. Denne modellen kan brukes til akkurat dette formålet. Fishers modell med to perioder utledes nedenfor:

$$U = u(C_1) + \beta u(C_2) \quad (1.1.4)$$

Myndighetene maksimerer den offentlige nytten (u) over en tidshorisont, basert på hvor høyt konsumet (c) er, som følger av modellen (1.1.4). Nyttefunksjonen av konsumet, $u(c)$, forutsettes å være strengt tiltakende i konsum. Det betyr at marginalnyttens er større enn null, og kan skrives som $u'(c) > 0$. Nyttefunksjonen er også strengt konkav, som beskriver at den andrederiverte er mindre enn null. Det kan skrives som $u''(c) < 0$. Hensikten med antakelsen er å sørge for at myndighetene alltid gir ut noe av godet i hver periode (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1).

Parameterverdi β er vanlig å kalle den for subjektiv diskontering eller tidspreferansraten. Den angir hvor raskt myndighetene ønsker å forbruke godet, og dermed et mål for hvor utålmodig de er. Parameterverdien blir fastsatt i modellen, og den skal være i intervallet mellom 0 og 1, og vanlig antagelse for parameter er at den er lik 1 som neddiskonteres for renten ($0 < \beta \equiv \frac{1}{1+r} \leq 1$) (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1).

Notasjonen Y , beskriver myndighetenes inntekt fra petroleumssektoren i de to periodene. Produksjonen av petroleumen vil danne grunnlaget for inntekten. Dersom det ikke antas å forkomme utvinningskostnader vil inntekten være ekvivalent med produksjonen, ($X_t = Y_t$ for $t = 1,2$).

Konsumet til befolkningen må bestemmes med hensyn til myndighetenes budsjettrestriksjon. Den følger fra formelen under. Restriksjonen kan også omskrives. Dette tas med sammen med budsjettrestriksjonen som vist nedenfor:

¹ Dette er formelt ekvivalent med at myndighetene bestemmer privat konsum som en sosial planlegger

$$C_1 + \frac{C_2}{1+r} = Y_1 + \frac{Y_2}{1+r} \quad \text{omskrivning gir at} \quad C_2 = (1+r)(Y_1 - C_1) + Y_2 \quad (1.1.5)$$

Budsjettrestriksjonen (1.1.5) sier at nåverdien av konsumet skal være lik nåverdien av inntekten i samme periode. Inntekten kan ikke lagres over periodene. Omskrivningen av (1.1.5) forklarer at konsumet i siste periode er lik sparingen (inntekt - konsum) i første periode, med renter i tillegg til inntekten i siste periode (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1).

For benevnelse av realrenten brukes notasjonen r , som kan benyttes til inn- og utlån i kapitalmarkedene. Norge har en liten og åpen økonomi er noe som blir antatt med Hotelling regel, ettersom jeg abstraherer at Norge er med på å bety noe for oljeprisen. Det gir en antakelse om at renten er eksogent gitt av verdens kapitalmarkeder: $r \geq 0$.

2.1.1 Konsum

Gjennom analysen av modellen kan jeg gjøre rede for hvordan konsumet skal fordele seg over periodene. Myndigheten forvalter petroleumsformuen, og bestemmer hvor mye som kan konsumeres av befolkningen over periodene. Til analysen av problemet benyttes nyttefunksjonen (1.1.4), som skal maksimeres i forhold til budsjettrestriksjonen (1.1.5). Problemet formuleres som et lagrange-uttrykk med en budsjettrestriksjon. Det forekommer ingen kostnader i tilknytning til utvinningen av oljen. Derfor vil produksjonen i hver periode vil være lik verdiskapningen i samme periode, ($X_t = Y_t$ for $t = 1, 2$). Denne endringen gjøres i budsjettrestriksjonen (1.1.5), og brukes i maksimeringsproblemet.

$$\mathcal{L}_{C_1, C_2} = u(C_1) + \beta u(C_2) - \lambda \left(C_1 + \frac{C_2}{1+r} - X_1 - \frac{X_2(1+r)}{1+r} \right)$$

Når jeg løser ut maksimeringsproblemet av nyttefunksjonen med hensyn på konsumet i de to periodene, får jeg følgende førsteordensbetingelser. Disse settes lik null, og jeg løser ut med hensyn til λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_1} = u'(C_1) - \lambda = 0 \quad \text{som gir} \quad u'(C_1) = \lambda \quad (1.2.1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_2} = \beta u'(C_2) - \lambda \frac{1}{1+r} = 0 \quad \text{som gir} \quad \beta u'(C_2)(1+r) = \lambda \quad (1.2.2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = -C_1 - \frac{C_2}{1+r} + X_1 + \frac{X_2(1+r)}{1+r} = 0 \quad (1.2.3)$$

Jeg setter at λ er lik λ fra førsteordensbetingelsene (f.o.b) i utledningene fra (1.2.1) og (1.2.2). Det gir følgende resultat til maksimeringsproblemet:

$$u'(C_1) = u'(C_2)\beta(1+r) \quad (1.2.4)$$

Resultatet av optimalt konsum er (1.2.4) at marginalnyttene i de to periodene kalles for Euler-ligningen. Tolkningen av utledningen (1.2.4) sier at ved nyttemaksimering vil ikke

konsumenten tjene på å forandre konsumet mellom periodene. Marginalkonsumet i den første perioden skal være lik marginalkonsumet i den andre perioden multiplisert med tidspreferansen og diskonteringen (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1).

Lagrange-multiplikatoren, λ , representerer skyggeprisen. Ligningen, (1.2.3), viser nytteøkningen innbyggerne får av en enhet mer i konsum i første periode.

Et eksempel kan være dersom konsumet reduseres med en enhet i den første perioden, så vil det medføre at det blir lavere U_1 (nytte) med $u'(C_1)$ (marginalnytt). Konsumenheten som blir spart kan konverteres til (ved å låne det) $(1+r)$ enheter av den andre perioden konsum ved å øke U_1 ved å $u'(C_2)\beta(1+r)$. Euler-ligningen fastsetter at i et optimum skal disse kvantum være like. Tolkningen av Euler-ligningen bestemmer at det ikke vil være optimalt å flytte konsumet fra den første perioden til den siste perioden (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1).

En annen tolkning av Euler-ligningen, og kanskje viktigere er den nære sammenligning av statisk pristeori ved omskriving av ligningen (1.2.4):

$$\frac{\beta u'(C_2)}{u'(C_1)} = \frac{1}{(1+r)} \quad (1.2.5)$$

Venstresiden er innbyggernes marginalrate for substitusjon av nåværende (periode en) for fremtidens konsum (periode to), mens høyresiden er prisen av fremtidig konsum uttrykt i nåværende konsum.

Den optimale tilpasningen for befolkningen finner myndighetene ved å kombinere førsteordensbetingelsen med budsjettrestriksjonen. Jeg antar at den subjektive diskonteringsfaktoren er lik markedets diskonteringsfaktor, $\beta = 1/(1+r)$, i min tolkning av resultatene. Det medfører at marginalnytt i første periode vil være lik marginalnytt i siste periode, $u'(C_2) = u'(C_1)$. Det impliserer at myndighetene skal tilstrebe å gi innbyggerne en jevn konsumbane over tidsperioden, $(C_2) = (C_1)$ (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1). Modellanalysen resulterer i at optimalt konsum for innbyggere er å ha likt konsum over periodene. Det vil si at innbyggerne vil ha et jevnt forbruk av oljeformuen i perioden en og periode to. Dette resultatet fremkommer når det forutsettes i modellen at det ikke finnes noen kostnader for utvinning av oljen, teknologisk endringer eller usikkerhet. Befolkningen skal konsumere en lik andel av formuen i hver periode. Den optimale tilpasningen i utledningen av modellen viser at myndighetene skal tilstrebe en jevn konsumbane over tidsperioden. Modellen resulterer i at konsumet fordeles likt over perioder, og dermed skal oljeformuen også fordeles likt over perioder.

Handlingsregelen legger opp til et mer konservativt forbruk av petroleumsformuen i dag, sammenlignet med analyseresultatet. Det betyr at forvaltning med bruk handlingsregelen så skal innbyggerne konsumere mindre i dag på bekostning av fremtidig generasjoner. Handlingsregelen innebærer en omfordeling av petroleumsformuen fra i dag til senere generasjoner (Thøgersen 2004). Med utgangspunkt i denne forvaltningsregelen vil myndighetene spare petroleumsformuen i første periode, slik at innbyggerne kan forbruke mer i siste periode. Det gjør at konsumet til innbyggerne ikke blir jevnt fordelt, men det flyttes fra første periode til siste periode. Ved bruk av handlingsregel skal petroleumsformuen spares i første periode, at fremtidige generasjoner kan ha et større forbruk i neste periode.

Sammenligning av konsumfordeling med handlingsregelen og resultatet fra modellanalysen, viser at det blir lagt opp to ulike forløp. Handlingsregelen er avvikende fra det analysen viser er optimalt konsum for innbyggerne over periodene. Fra analysen om optimalt konsum av petroleumsformuen blir konsumet fordelt likt, og det resulterer i en optimal konsumbane som ikke er forenelig med det handlingsregel tilsier. Handlingsregelen er laget for å være mer sparsommelig over tidsperioden enn hva analysen tilsier. Konsumforvaltning med handlingsregelen har et progressivt forløp, fordi konsumet til innbyggerne vil stadig tilta når formuen etterhvert vokser.

Resultatene fra modellanalysen danner et fundament for hvordan petroleumsformuen optimal skal forvaltes mellom periodene. Dette er en optimal måte å konsumere petroleumsformuen på, og det vil være et bedre fundament for forvaltning av petroleumpolitikken. Det vil være bedre for befolkningen, ettersom det er basert på en optimeringsstrategi.

Modellen forutsetter at det ikke er kostnader når myndighetene utvinner olje, teknologien forbedringer, og at det ikke finnes noen usikkerhet i oljefeltet. Det gjør at jeg kanskje ikke får det rette fokuset i modellen. Men på den andre siden kan det sies at uten for mange antakelser gir modellen et overordnet innblikk på hvordan myndighetene skal forvalte konsumet til innbyggerne over en tidsperiode.

2.1.2 Produksjon

I dette avsnittet analyseres optimal produksjon ved bruk av modellutlendingen. Nyttefunksjonen (1.1.4) blir maksimert med henhold til budsjettrestriksjonen (1.1.5) i forhold til produksjonen i de to periodene. For å maksimere nyttefunksjonen i forhold til produksjonen setter jeg inn for konsumet som er tidligere bestemt av budsjettrestriksjonen.

$$\mathcal{L}_{X_1, X_2} \left(-\frac{C_2}{1+r} + X_1 + \frac{X_2(1+r)}{1+r} \right) + \beta u((X_1 - C_1)(1+r) + X_2(1+r)) - \lambda \left(C_1 + \frac{C_2}{1+r} - X_1 - \frac{X_2(1+r)}{1+r} \right)$$

Nyttefunksjonen blir maksimert med hensyn til produksjon i de to kommende periodene. Førsteordensbetingelsene av produksjon setter jeg lik null. Nedenfor vises følgende utregninger:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_1} = u'(C_1)(1) + \beta u'(C_2)(1+r)(1) + \lambda = 0 \quad (1.3.1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_2} = u'(C_1) \left(\frac{1+r}{1+r} \right) + \beta u'(C_2)(1+r) + \lambda \left(\frac{1+r}{1+r} \right) = 0 \quad (1.3.2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = -C_1 - \frac{C_2}{1+r} + X_1 + \frac{X_2(1+r)}{1+r} = 0$$

Førsteordensbetingelsene som er utledet i (1.3.1) og (1.3.2) er helt like hverandre. Det gjør at jeg ikke får en god løsning for hva som optimerer produksjonen. Resultatet avhenger av at det ikke er noen andre restriksjoner som utvinningskostnader, teknologiske endringer og usikkerhet. Produksjonen vil være vilkårlig når det ikke er noen restriksjoner som binder. Utledningen gir meg ingen løsning på hva som er optimalt i forhold til produksjonen. Ulike alternativer kan enten være å ta opp all petroleumen i første periode og sette pengene i banken, fordele produksjonen mellom periodene eller eventuelt vente med å produsere til neste periode. Løsningen av modellen sier at det vil være helt vilkårlig hvilket produksjonsalternativ som velges. Det gjør at jeg ikke kan si noe om hvilken retning handlingsregelen står i forhold til optimal produksjon under disse forutsetningene.

Jeg antar at handlingsregelen fordeler konsumet til innbyggerne i første periode av en konstant (fire prosent) av inntekten i første perioden ($C_1 = k \cdot Y_1$). Produksjonen vil påvirke inntekten i perioden, som igjen vil endre konsumet på grunn av handlingsregelen. Siden jeg ikke har en løsning på hvordan produksjonen vil fordele seg over periodene, så kan jeg heller ikke gi en beskrivelse av hvordan handlingsregelen vil fordele konsumet.

Løsningen er åpen, og jeg vil derfor å ta for meg noen flere forutsetninger for å kunne gi noen indikasjoner på hva som er optimal produksjon i petroleumssektoren. I neste delkapittel tar jeg for meg at det er kostnader med oljeutvinning og teknologiske forbedringer i fremtiden.

2.2 Modell med kostnader, og forbedring av teknologi i siste periode

I dette del-kapittelet videreutvikles modellen til å inkludere utvinningskostnader av petroleumen og teknologiske forbedringer av produksjon i fremtiden. Årsaken for å innføre nye restriksjoner er for å gi en mer omfattende analyse av modellen. Jeg ønsker også å analysere optimal produksjon over periodene. Modellen antar fremdeles at det er fullstendig sikkerhet i oljefeltet. Hensikten med å ta med flere forutsetninger er at resultatene blir mer anvendelige når de skal drøftes senere i oppgaven.

I modellen innføres det kostnader når det utvinnes olje. Bruken av petroleumsressurser representerer en avveining mellom nytte og kostnader. Forskere argumenterer for at oljeboring i Nordsjøen må utvinningskostnadene være forskjellig fra null. Det er fornuftig å tillate positiv marginal utvinningskostnad (Sinclair 1994).

Jeg antar i resten av oppgaven at utvinningskostnadene alltid vil være lavere enn oljeprisen, slik at det skal være profitabelt å utvinne petroleumen. Det vil si at marginalkostnaden aldri vil bli høyere enn prisen på olje. Jeg forutsetter at petroleumssektoren vil ta opp all oljen som finnes i feltet, for å få utnyttet ressursene mest mulig. Reservoarstørrelsen, som er størrelsen på petroleumsressursene under bakken, har fått notasjonen \bar{X} . Den skal være lik produksjonen i første og andre periode. Produksjon i dag og senere må være lik den oljen som faktisk ligger i bakken. Det kan ikke produseres mer eller mindre i forhold til hva som befinner seg i reservoaret, \bar{X} . Fra dette får jeg følgende forutsetning:

$$X_1 + X_2 = \bar{X} \quad (2.1.1)$$

Når utvinningskostnadene og teknologisk fremgang skal med i modellen, utledes de fra inntekten. Teknologisk fremgang legges til i den siste perioden, for å se hva som skjer med produksjonen i fremtiden. På teknologiutvikling bruker jeg notasjonen A . Når det skjer en teknologisk utvikling vil parameteren reduseres, og petroleumssektoren vil oppleve reduksjon i marginalkostnadene. En teknologisk utvikling driver utvinningskostnadene ned. En økning av parameteren vil bety en teknologisk tilbakegang, og det vil bli dyrere å utvinne petroleumen enn det var tidligere.

I forrige modell ble inntekten ekvivalent med produksjonen ($X_t = Y_t$ for $t = 1,2$), men det vil den ikke være nå, ($X_t \neq Y_t$ for $t = 1,2$). Det er fordi utvinningskostnadene skal trekkes fra produksjonen, og det legges på teknologi forbedring i siste periode.

Utvinningskostnadene gjør at modellen får to nye budsjettbetingelser, en restriksjon for hver periode. Jeg antar at inntekten for første periode i denne modellen er:

$$Y_1 = X_1 - c(X_1) \quad (2.1.2)$$

Inntekten i første periode er verdien av produksjonen i første periode fratrukket kostnaden, som er en funksjon av produksjonen i samme periode. Det betyr at kostnadene vil variere med produksjonen.

Inntekten for andre periode blir da:

$$Y_2 = X_2(1 + r) - Ac(X_2) \quad (2.1.3)$$

Inntekten i andre periode er verdien av produksjonen i andre periode, som multipliseres med oljeprisen (1) og veksten av oljeprisen (1 + r). Kostnadene er en funksjon av produksjonen, og disse trekkes fra verdien av produksjonen.

Resultatet av kostnadsrestriksjonene (2.1.2) og (2.1.3) er at produksjonen er en funksjon av både teknologien og reservoarstørrelsen i begge periodene. Det vil si at:

$$X_1 = X_1(A, \bar{X})$$

$$X_2 = X_2(A, \bar{X})$$

Formuen vil være summen av verdiskapningen i første periode, og neddiskontert verdiskapning i andre periode. Oljeformuen anses derfor som neddiskontert inntekt.

$$W = Y_1 + \left(\frac{1}{1+r}\right)Y_2 \quad (2.1.4)$$

Kostnadsrestriksjonene, (2.1.1) og (2.1.2), benyttes for å uttrykke nåverdien av formuen. Inntekten er lik kostnadsrestriksjonene som er utledet ovenfor. Jeg setter disse (2.1.2) og (2.1.3) inn i (2.1.4). Det vil gi følgende formuesligningen:

$$W = X_1 - c(X_1) + \left(\frac{1}{1+r}\right)(X_2(1 + r) - Ac(X_2)) = X_1 - c(X_1) + X_2 - \left(\frac{Ac(X_2)}{1+r}\right) \quad (2.1.5)$$

Jeg vil benytte meg av det som er utledet ovenfor, til å analysere hva som er effektene av at landet blir rikere. I min oppgave vil landet bli rikere av at petroleumsformuen vokser. Jeg vil analysere på to årsaker til at oljeformuen vokser. Det kan enten være vekst i teknologisk utvikling eller vekst i reservoarstørrelsen. Med vekst i teknologisk utvikling menes det en innovasjon som gjør driften blir mer effektiv eller som får selve petroleumsfeltet til å vare lenger. Reservoarstørrelsen kan øke på grunn funn av nye oljefelt, eller funn av mer petroleum i nåværende felt.

Jeg vil analysere effekten formueveksten har på henholdsvis produksjonen og konsumet. Disse effektene separeres i to ulike avsnitt. Jeg sammenligner effektene med hva

som skjer med handlingsregelen. Handlingsregelen bestemmer at innbyggerne skal konsumere avkastningskravet av petroleumsformuen som er produsert. Jeg har utledet handlingsregelen med å si at konsumet av handlingsregelen er en konstant av verdiskapningen som skjer i oljeproduksjonen ($C_1 = k \cdot Y_1$). Det vil si at produksjonen påvirker konsumet gjennom verdiskapningen. På den måten avhenger handlingsregelen av den kontinuerlige produksjonen som foregår. For å sammenligne handlingsregelen med optimalt konsumtilpasning, må jeg finne ut hvilke effekter formuen har på produksjonen.

Formuesligningen (2.1.3) og (2.1.4) benyttes når jeg skal analysere effektene på konsumet og produksjonen under den forutsetningen at oljeformuen øker.

2.2.1 Effekten på produksjonen

Formuesligningen (2.1.5) må maksimeres for å finne effekten som formuesøkningen har på produksjonen. Den maksimeres med i forhold til produksjonsrestriksjonen (2.1.1). Formuesligningen (2.1.5) maksimeres med hensyn til produksjonen i begge periodene.

$$\mathcal{L}_{X_1, X_2} = X_1 - c(X_1) + X_2 - \left(\frac{Ac(X_2)}{1+r} \right) - \lambda(X_1 + X_2 - \bar{X})$$

Førsteordensbetingelsene er utregnet nedenfor, hvor de settes lik null og løses med hensyn på λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_1} = 1 - c'(X_1) - \lambda = 0 \quad \text{som gir} \quad 1 - c'(X_1) = \lambda \quad (2.2.1)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X_2} = 1 - \frac{Ac'(X_2)}{1+r} - \lambda = 0 \quad \text{som gir} \quad 1 - \frac{A}{1+r} c'(X_2) = \lambda \quad (2.2.2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = -X_1 - X_2 + \bar{X} = 0 \quad (2.2.3)$$

For å finne den produksjonen som maksimerer formuen blir jeg nødt å sette at $\lambda = \lambda$, og fylle inn for førsteordensbetingelsene (2.2.1) og (2.2.2). Dette vil da gi følgende uttrykk:

$$\frac{A}{1+r} c'(X_2) = c'(X_1) \quad (2.2.4)$$

Utleddningen fra uttrykket (2.2.4) sier at marginalkostnaden i første periode skal være lik marginalkostnaden i andre periode gitt at den er neddiskontert. Det skal tas hensyn til teknologiutviklingen i siste periode. Skyggeprisen, som er utleddningen i uttrykket (2.2.3), angir hvor mye formuen øker hvis produksjonen øker med en enhet.

Denne utleddningen fra maksimeringen av formuen (2.2.4) skal brukes videre til å finne vekstratene for produksjonen, som gjøres i de neste avsnittene. Dermed kan utleddningene nyttiggjøres i diskusjoner vedrørende handlingsregelen med hensyn til optimalt konsum og produksjon. Jeg vil analysere hvordan de relative vekstratene forholder seg dersom det

forekommer en formuesøkning, hvordan de forandrer seg over periodene, og undersøker om dette er i tråd med oljepolitikken som Norge fører i dag.

2.2.1.1 Vekstraten av produksjonen relativ til vekstraten av teknologisk fremgang

Det første jeg vil analysere er hva som skjer med produksjonen dersom det blir en teknologisk fremgang i fremtiden. Vekstraten jeg vil analysere er veksten i produksjonen i første periode, relativt til at det blir vekst i teknologisk fremgang. Det vil jeg finne ved å derivere uttrykket (2.2.4), som ble utregnet i forrige avsnitt. Jeg fant tidligere at:

$$c'(X_1) = \frac{A}{1+r} c'(X_2) \quad (2.2.4)$$

Utledningen (2.2.4) vil bidra til å finne forholdet mellom veksten i produksjon i første periode og veksten i teknologisk fremgang, Vekstraten finner jeg ved å derivere uttrykket forholder seg til veksten i parameteren A. En vekst i parameteren vil si at utvinningskostnadene vokser, og det skjer en reduksjon i den teknologiske prosessen hvis vekstraten økes. Den teknologiske fremgang vokser hvis parameteren A reduseres. Produksjonen i de respektive periodene er en funksjon av både teknologi og reservoarstørrelsen, som et resultat av kostnadsrestriksjonen. Det gjør at jeg kan bruke utledningen (2.2.4) når jeg skal analysere forholdet til vekstraten.

Nedenfor deriveres utledningen (2.2.4). Produksjonen er en funksjon av den teknologiske fremgangen. Når jeg skal derivere produksjon som maksimerer formuen, blir kjerneregelen brukt. Dette er nødvendig for å få frem vekstratene som jeg vil analysere. På høyresiden av uttrykket benyttes produktregelen.

$$c''(X_1) \cdot \frac{\partial X_1}{\partial A} = \left[\left(\frac{1}{1+r} \right) \cdot c'(X_2) + \frac{A}{1+r} \cdot c''(X_2) \frac{\partial X_2}{\partial A} \right] \quad (2.2.5)$$

Jeg har forutsatt at hele produksjonen som kan utvinnes, blir produsert i enten periode en eller periode to, (2.1.5). Dermed kan jeg anta at vekstraten til produksjonen i forhold til den teknologiske fremgangen i de to periodene vil summere seg til null. Dette antas for at det skal være mulig å løse ut for vekstratene. Dette illustreres med å gi en algebraisk utledning av forutsetningen:

$$\frac{dX_1}{dA} + \frac{dX_2}{dA} = 0 \text{ som gir } \frac{dX_1}{dA} = -\frac{dX_2}{dA}$$

På høyresiden av ligningen, (2.2.5), blir diskonteringsfaktoren nå satt utenfor parenteser, siden den er lik i begge leddene. $\frac{\partial X_2}{\partial A}$ blir erstatt med $-\frac{\partial X_1}{\partial A}$. Det gjør at jeg bare har et vekstfaktorledd, og det gjør at det er mulig å få en tolkbar løsning av problemet.

$$c''(X_1) \cdot \frac{\partial X_1}{\partial A} = \left(\frac{1}{1+r} \right) \left[c'(X_2) + A \cdot c''(X_2) \left(-\frac{\partial X_1}{\partial A} \right) \right] \quad (2.2.6)$$

I uttrykket (2.2.6) samler jeg vekstfaktorleddet på samme side, og finner et uttrykk for vekstraten av produksjonen i første periode relativt til den teknologiske fremgangen. Egenskapene til kostnadsfunksjonens marginalnytte gjør at uttrykket i både teller og nevner blir større enn null. Det gjør at hele uttrykket, som er utledet for vekstraten til produksjonen i første periode relativt til den teknologiske fremgangen, blir positivt. Resultat fra utledningen vises nedenfor:

$$\left(\frac{\partial X_1}{\partial A}\right) = \frac{c'(X_2)}{c''(X_1)(1+r) + Ac''(X_2)} > 0$$

Resultatet fra uttrykket bestemmer at teknologisk vekst i fremtiden, gir et fall i produksjonen i første periode. Det betyr at dersom teknologien blir bedre frem i tid, så vil petroleumssektoren flytte produksjonen fra første periode til andre periode. De vil produsere mer i andre periode, dersom de vet at teknologien vil bli bedre sammenlignet med hva den var før. De vil kunne få mer ut av ressursene ved å vente med å ta ressursene opp av bakken. Utledningen gir at produksjonen i dag bør nedjusteres i forhold til teknologisk vekst i fremtiden, for å kunne gi optimal produksjon. Produksjonen skal altså flyttes til den perioden hvor teknologien er i progresjon. Dette er for at en skal kunne benytte seg av den teknologiske fremgang, og øke formuen.

Motsatt vil en øke produksjonen i dag, hvis den teknologiske fremgangen reduseres i fremtiden. Det er vanskelig å vite hva som vil skje i fremtiden, men det meste tilsier at det blir en teknologisk fremgang. Det er basert på andelen ressurser som blir lagt ned i en kontinuerlig utvikling i å drive teknologien fremover. Det kan også hende at teknologisk utvikling får en tilbakegang. Hvis oljesektoren vet at det vil bli en teknologisk tilbakegang, utfra at en ikke har ressurser tilgjengelig for og utforske på nye metoder. Det vil da være optimalt å øke produksjonen i den perioden hvor den teknologiske innovasjonen kommer.

I analysen finner jeg at produksjon skal flyttes til den perioden med høyest teknologisk vekst. Det er grunn til å tro at teknologisk innovasjon kommer i fremtiden, som betyr at produksjonen skal reduseres i første periode. En reduksjon i produksjonen i dag vil medføre et inntektstap, siden inntekten er avhengig av produksjonen (2.1.1.). Et inntektsfall vil ha betydning for konsumet, når det beregnes etter handlingsregelen. Konsumet blir redusert av handlingsregelen, siden den sier at konsumet er bestemt av en konstant og inntekten i perioden. Dette betyr igjen at handlingsregelen bestemmer at konsumet i dag skal reduseres.

Jeg analyserer hva som skal skje dersom grunnlaget for fordeling av petroleumiformuen er en optimal konsumtilpasning fremfor handlingsregelen. Dette er for å

ha et sammenligningsgrunnlag til handlingsregelen. Effektene av formuesøkningen på konsumet vil jeg komme tilbake til etter jeg har analysert dem for produksjonen.

2.2.1.2 Vekstraten av produksjonen relativ til vekstraten av reservoarstørrelsen

I dette avsnittet vil jeg analysere hva som skjer med produksjonsvekst i dag, dersom det er vekst i reservoarstørrelsen. Jeg benytter meg av formuleslikningen (2.2.4) til å finne den relative vekstraten for produksjon i første periode, som er bestemt av veksten i reservoarstørrelsen.

$$c'(X_1) = \frac{A}{1+r} c'(X_2) \quad (2.2.4)$$

Forutsetningen er den samme nå som tidligere, se tidligere utledning (2.1.6). Jeg deriverer uttrykket med hensyn på forholdet til vekstraten av produksjon i første periode og reservoarstørrelsen. Jeg benytter meg av kjerneregelen når jeg deriverer utledningen (2.2.4). Det er fordi disse er funksjoner av reservoarstørrelsen, og bidrar til å få ut vekstforholdet av uttrykket. På høyresiden av uttrykket (2.2.4) benyttes produktregelen for videre derivasjon.

$$c''(X_1) \cdot \frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}} = \left[0 \cdot c'(X_2) + \frac{A}{1+r} \cdot c''(X_2) \cdot \frac{\partial X_2}{\partial \bar{X}} \right]$$

For at det skal være mulig å finne et uttrykk for vekstraten forutsetter jeg igjen at produksjonen i de to periodene er lik reservoarstørrelsen (2.1.1). Produksjonen i de to periodene skal summere seg opp til en for at alt skal bli utnyttet. Det kan uttrykkes som: $\frac{dX_1}{d\bar{X}} + \frac{dX_2}{d\bar{X}} = 1$. Med videre kalkulasjon av uttrykket vil $\frac{\partial X_2}{\partial \bar{X}}$ bli erstattet med $1 - \frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}}$, som er bestemt av forutsetningen. Dette gjør det mulig for meg å finne vekstraten. Jeg ordner uttrykket slik at jeg får samlet vekstfaktoren, $\left(\frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}}\right)$, og kan gi en tolkning av utledningen.

$$\left(c''(X_1) \cdot \frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}} \right) + \left(\frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}} \frac{A}{1+r} \cdot c''(X_2) \right) = \left[\frac{A}{1+r} \cdot c''(X_2) \right]$$

Egenskapene til den deriverte av kostnadsfunksjonen gjør at telleren og nevneren i uttrykket blir større enn null. Det gjør at uttrykket av produksjonsveksten i første periode i forhold til veksten i petroleumsformuen blir positiv. Resultatet blir følgende:

$$\frac{\partial X_1}{\partial \bar{X}} = \frac{A \cdot c''(X_2)}{c''(X_1)(1+r) + A c''(X_2)} > 0$$

Resultatet blir at relasjonen mellom vekstraten i produksjon i første periode og veksten i reservoarstørrelsen skal være positiv. Det betyr at veksten i produksjonen i første periode øker, dersom det er vekst i reservoarstørrelsen. Produksjonen i første periode skal vokse

dersom en oppdager større forekomster av petroleumsressurser. Produksjonen i dag skal vokse, dersom reservoarstørrelsen øker.

En reduksjon i reservoarstørrelsen, kan komme av at et petroleumfelt er overestimert i forhold de faktiske ressursene som er i feltet. Det gjør at produksjonen i første periode blir redusert. Det vil si at en reduksjon i reservoarstørrelsen vil medføre en nedgang i produksjonen i dag. Hvis petroleumssektoren finner flere oljefelt i dag, som de ikke visste om, vil det medføre en økning i reservoarstørrelsen. Det vil gi økt produksjonen både i dag og senere.

Jeg har analysert hva som skal skje med produksjonen dersom petroleumsformuen vokser. Den kan vokse på to ulike måter, enten fordi at reservoarstørrelsen blir større eller av teknologiske utviklinger i fremtiden. Sistnevnte vil påvirke produksjonsnivået i dag slik at det reduseres, mens den fremtidige produksjonen vil øke. For konsumforvaltningen til handlingsregelen betyr det at inntekten (Y_1) faller, på grunn av reduksjon i produksjonen. Det vil igjen medføre at konsumet i første periode reduseres.

Den andre formueseffekten, \bar{X} , vil gi motsatt virkning på produksjon i første periode. Når det er vekst i reservoarstørrelsen skal produksjonen i første periode øke, som gjør at inntekten i samme periode øker. Handlingsregelen øker konsumet til innbyggerne som en konsekvens av inntektsøkningen. For å kunne si noe mer konkret om hvordan handlingsregelen bestemmer konsumet i dag, sammenligner jeg med hva som er optimalt. Jeg må analysere effektene av den økte formuen på konsumet, for å ha et fundament å sammenligne handlingsregelen med. Det vil kunne vise om handlingsregelen samsvarer med analysen eller ikke. Det vil fortelle hvor handlingsregelen står i forhold til optimalt konsum.

Resultatet av analysen viser at produksjon skal ta hensyn til både teknologi fremgang og økt reservoarstørrelse. Hvis teknologien viser seg å bli bedre i fremtiden skal petroleumssektoren flytte produksjonen til en senere periode for at det skal være optimalt. En teknologisk innovasjon gjør at befolkningen får mer ut av petroleumsressursene, og det er sentralt å ta hensyn til at ressursene skal vare så lenge som mulig.

Analysen av produksjon med formuesøkning har gitt meg to ulike resultater. Det avhenger av hvilken type formuesøkning jeg legger til grunn for hva som skjer med produksjonen. I handlingsregelen er det ikke tatt inn spesifikasjoner til formuesøkning, men forholder seg bare til hva som skjer med produksjonen. For å opprettholde et optimalt konsum

bør handlingsregelen basere seg på andre betingelser enn den gjør i dag. I neste delkapittel tar jeg for meg effektene formuesøkningen har på konsumet.

2.2.2 Effekten på konsumet

I dette avsnittet vil jeg analysere effektene på konsumet, dersom det blir en formuesøkning. For å kunne analysere konsumet i periodene, tar jeg i bruk nyttefunksjonen (1.1.4). Den maksimeres i henhold til restriksjonen av formuen (2.1.4). I denne restriksjonen blir inntekten erstattet med konsumet, siden det er den effekten jeg er ute etter å diskutere og analysere. Jeg får følgende:

$$W = Y_1 + \left(\frac{1}{1+r}\right)Y_2 = C_1 + \left(\frac{1}{1+r}\right)C_2 \quad (2.3.1)$$

Optimeringsproblemet blir bestemt av nyttefunksjonen (1.1.4), og betinget av restriksjonen av formuen (2.3.1). Det gir følgende:

$$\mathcal{L}_{C_1, C_2} = u(C_1) + \beta u(C_2) - \lambda \left(C_1 + \frac{C_2}{1+r} - W \right)$$

Optimeringsproblemet maksimeres i forhold til konsumet over periodene. Disse settes lik null, og jeg løser dem med hensyn på λ :

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_1} = u'(C_1) - \lambda = 0 \quad \text{som gir} \quad u'(C_1) = \lambda \quad (2.3.2)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_2} = \beta u'(C_2) - \frac{1}{1+r} \lambda = 0 \quad \text{som gir} \quad \beta u'(C_2)(1+r) = \lambda \quad (2.3.3)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = -C_1 - C_2 \left(\frac{1}{1+r} \right) - W = 0$$

For å finne en nyttemaksimering som er betinget av formuen med hensyn på konsumet settes førsteordensbetingelsene (2.3.2) og (2.3.3) lik hverandre ved bruk av skyggeprisen. Det gir:

$$\beta u'(C_2) = u'(C_1) \left(\frac{1}{1+r} \right) \quad (2.3.4)$$

Denne utledningen (2.3.4) skal brukes når jeg skal analysere effekten på konsumet nedenfor. Jeg bruker det samme prinsippet som tidligere ved å derivere utledningen (2.3.4), for å finne vekstratene. De fremkommer av samme formueseffekter som tidligere under produksjon, enten ved økning av reservoarstørrelsen eller vekst i teknologisk utvikling.

2.2.2.1 Vekstraten av konsumet relativ til vekstraten av reservoarstørrelsen

Det konsumet som maksimerer formuen er utledet av ligningen (2.3.4). Dette uttrykket deriveres for å finne vekstraten til konsumet i første periode relativt til reservoarstørrelsen. Konsumet en funksjon av formuen (2.3.1), som brukes til å finne vekstratene.

Jeg deriverer uttrykket med hensyn til konsumet og reservoarstørrelsen, og tar forutsetning om at konsumet i første og andre periode summer seg opp til en, utledet fra (2.3.1). Det er fordi jeg mener at alt konsumet skal forbrukes, men det skal fordeles på de to periodene. Algebraisk kan dette uttrykkes som:

$$\frac{dC_2\left(\frac{1}{1+r}\right)}{dW} + \frac{dC_1}{dW} = 1 \text{ som medfører at } \frac{dC_2\left(\frac{1}{1+r}\right)}{dW} = 1 - \frac{dC_1}{dW}$$

$$\beta u'(C_2) = u'(C_1) \left(\frac{1}{1+r}\right) \quad (1.1.4)$$

For videre analyse benyttes kjernerregelen når uttrykket skal deriveres, og jeg er avhengig av den for å få ut vekstratene til konsumet i periodene.

$$\beta u''(C_2) \frac{dC_2}{dW} = u''(C_1) \left(\frac{1}{1+r}\right) \frac{dC_1}{dW}$$

Jeg bruker forutsetningen om at $\frac{dC_2}{dW} = \frac{1 - \frac{dC_1}{dW}}{\left(\frac{1}{1+r}\right)} = (1+r) \left[1 - \frac{dC_1}{dW}\right]$, som er forklart ovenfor

(2.3.1). Videre samles uttrykket for vekstraten på en side av uttrykket. Fra begynnelsen av den første modellen hadde jeg en antakelse om at $u(c)$, er strengt tiltakende i konsum ($u'(c) > 0$), og strengt konkav ($u''(c) < 0$). Disse egenskapene gjør at jeg kan finne fortegnet til uttrykket. Når jeg har fått vekstraten alene på en side, så kan det drøftes hvilket fortegn uttrykket gir. Både telleren og nevneren gir negative fortegn, som innebærer at uttrykket blir positivt. Fra utledningen finner jeg følgende resultat:

$$\frac{dC_1}{dW} = \frac{\beta u''(C_2)}{\left(u''(C_1)\left(\frac{1}{1+r}\right)^2 + \beta u''(C_2)\right)} > 0$$

Uttrykket bestemmer at konsumet i første periode vil vokse, dersom reservoarstørrelsen vokser, fordi vekstraten er positiv. Hvis en finner mye petroleum i dag, så er det optimalt å konsumere mer. Myndighetene skal da gi ut mer av petroleumsfondet til innbyggerne for at de skal konsumere mer i dag hvis reservoarstørrelsen vokser.

Hvis petroleumssektoren finner mer petroleumsressurser så skal konsumet i dag økes, sammen med et høyere konsum i neste periode. Analysen av produksjonen fant jeg at en økning i reservoarstørrelsen, samme formuesøkning som her, vil gi optimalt en økning av produksjonen i første periode. En økning av produksjonen i første periode gjør at forvaltningen av konsumet med handlingsregelen også vil øke konsumet hvis reservoarstørrelsen øker. Hvis jeg forutsetter denne type formuesøkning, økning av reservoarstørrelsen, vil handlingsregelen gi samme resultat som analysen ved konsumforvaltning. I følge mine beregninger og forutsetninger vil handlingsregelen gi en

tilsvarende løsning som i forhold til konsumtilpasning når jeg sammenligner med optimalt konsum.

2.2.2.2 Vekstraten av konsumet relativ til vekstraten av teknologisk fremgang

For å analysere effekten teknologisk fremgang har på konsumet, bruker jeg formuleslikningen (2.2.4) som jeg har benyttet meg av tidligere. Ligningen gjengis nedenfor:

$$\frac{A}{1+r} c'(X_2) = c'(X_1) \quad (2.2.4)$$

Når ligningen (2.2.4) skal deriveres benyttes produktregelen og kjerneregelen. Det gjør at jeg får følgende:

$$\left(\left(\frac{1}{1+r} \right) \cdot c'(X_2) + \left(\frac{A}{1+r} \right) c''(X_2) \frac{dA}{dW} \right) = c''(X_1) \frac{dA}{dW}$$

Vekstfaktoren samles på samme side, og settes utenfor parentesene. For å bestemme hvilket fortegn uttrykket skal ha til slutt, bestemmes det i hver av faktorene. Det er basert på egenskapene til kostnadsfunksjonen. Førstederiverte av kostnadsfunksjonen vil ha følgelig negativt fortegn, mens den andrederiverte til kostnadsfunksjonen vil være positiv. Det medfører at telleren og nevneren i uttrykket får ulikt fortegn, som gjør at selve uttrykket blir negativt. For å finne konsumveksten relativ til vekst i teknologisk fremgang, må dette uttrykket reverseres, slik at den riktige notasjonen som jeg skal benytte meg av senere blir brukt.

$$\frac{dA}{dW} = \frac{\left(c''(X_1) - \left(\frac{A}{1+r} \right) c''(X_2) \right)}{\left(\frac{1}{1+r} \right) c'(X_2)} \quad \text{som gir at} \quad \frac{dW}{dA} = \frac{\left(\frac{1}{1+r} \right) c'(X_2)}{\left(c''(X_1) - \left(\frac{A}{1+r} \right) c''(X_2) \right)} < 0$$

Når jeg skal finne konsumet relativt til teknologisk fremgang, setter jeg inn i ligningen nedenfor for å finne vekstraten som jeg leter etter. Denne utledningen følger fra kjerneregelen (Sydsæter 2006, kap. 5)

$$\frac{dC_1}{dA} = \frac{dW}{dA} \cdot \frac{dC_1}{dW}$$

Jeg setter inn uttrykkene jeg har funnet fra tidligere, og finner konsumveksten gitt at det blir vekst i teknologitilbakegangen:

$$\frac{dC_1}{dA} = \underbrace{\frac{dW}{dA}}_{<0} \cdot \underbrace{\frac{dC_1}{dW}}_{>0} < 0$$

Fra utledningen viser jeg at vekst i teknologisk fremgang skal øke konsumet i første periode. Dersom teknologien blir bedre utviklet i fremtiden vil det være optimalt å konsumere mer i første periode, og tilsvarende hvis teknologien reduseres så vil det være optimalt å konsumere mer senere. Jeg får av analysen at optimal konsumtilpasning er å øke konsumet i

første periode hvis det skjer en teknologisk fremgang i fremtiden. Når petroleumsformuen vokser på grunn av en teknologisk utvikling skal konsumet økes i dag.

Tidligere i dette del-kapittelet analyserte jeg hva som vil skje med produksjonen dersom det ble en vekst i den fremtidige teknologien. Resultatet er at det er optimalt å redusere produksjonen i første periode hvis det skjer fremtidige teknologiske fremskritt. Det betyr at inntekten (Y_1) i første periode skal reduseres, grunnet lavere produksjon i samme periode. Konsumforvaltningen med handlingsregelen bestemmer at konsumet i første periode skal reduseres, siden inntekten i første periode reduseres. Handlingsregelen forvalter konsumet basert på en konstant av handlingsregelen ($C_1 = k \cdot Y_1$). Konsumet i første periode skal derfor reduseres med forvaltning basert på handlingsregelen. Når det skjer en formuesøkningen, basert på teknologiske fremskritt, så skal konsumet i dag reduseres.

Forvaltningen med handlingsregelen og resultatet fra analysen min er inkonsistent. Handlingsregelen følger ikke optimal konsumtilpasning av analysen, og den gir motsatt resultat enn det jeg fikk av analysen (en reduksjon i konsumet, fremfor en økning i konsumet). For at konsumentene skal ha en optimal forvaltning av petroleumsformuen må grunnlaget for forvaltningen være i samsvar med analyseresultatet. Resultatene fra analysene viser at handlingsregelen ikke er optimalt med hensyn til å forvalte ressursene på best mulig måte. Det er grunn til å si at forvaltningspolitikken som myndigheten fører i dag er ikke optimal for konsumentene. Det er derfor grunn til å si at handlingsregelen bør endres for at konsumentene skal få en optimal forvaltning av petroleumsfondet. Eventuelt så kan myndighetene finne en annen måte å forvalte pengene fra petroleumsfondet på, som er mer i samsvar med optimal konsumtilpasning.

Analysen gir en indikasjon på at når det gjelder forvaltningen av petroleumsformuen, så bør myndighetene ta flere hensyn. Et alternativ kunne være at handlingsregelen ikke bare tar hensyn til inntekten i første periode, men også legger et fundament for hvordan den skal forholde til teknologiutvikling i fremtiden og reservoarstørrelse økning. Konklusjonene fra analysen er klare på at myndighetene bør øke produksjonen og konsum, dersom det skjer økning i reservoarstørrelsen. Hvis formuesøkningen som skyldes en teknologisk innovasjon skal produksjonen i dag reduseres, mens dagens konsum skal økes. For å få en bedre forvaltning av ressursene, som tar hensyn til den optimale konsumtilpasningen, så bør handlingsregelen moderniseres. Handlingsregelen må ta for seg flere faktorer, enn bare basere forvaltningen på verdiskapningen i første periode.

Reservoarstørrelsen har store muligheter til å vokse i fremtiden. Flere kilder viser til at en til stadighet finner flere oljefelt (Gustavsen og Harbo 2011). Siden reservoarstørrelsen er svært variabel, så er det viktig at det blir tatt med i forhold til forvaltningen av petroleumsformuen. Variasjonen i reservoarstørrelsen bør bli tatt med som en del av utgangspunktet for forvaltning. Forvaltningen av petroleumsfond til innbyggerne bør ikke bare relateres til den faktiske verdiskapningen. Det er et tynt grunnlaget for forvaltningen som avgjør hva hele befolkningen skal konsumere av petroleumsformuen.

Analysen viser at det er optimalt av myndighetene å øke konsumet dersom petroleumsformuen blir større både med teknologiske forbedringer og økning av størrelsen på reservoaret. Dette er heller ikke tatt med i handlingsregelen, og bør være et grunnlag for konsumtilpasningen.

Resultatet fra analysen viser at forvaltningen av petroleumsressursene skal baseres på andre kvaliteter enn produksjonen. Analysen viser også at handlingsregelen bygger på et tynt fundament som utgangspunkt. Jeg har vist med en formueseffekt at regelen blir inkonsistent fra det en optimal konsumforvaltning tilsier. For å kunne gi en optimal forvaltning er det essensielt at de ressursene som befinner seg på norsk kontinentalsokkel blir optimert for at ressursene skal kunne vare lengst mulig.

I denne sammenhengen kan handlingsregelen virke rigid og streng. Et alternativ er å modernisere regelen, slik at den tilrettelegges økonomien på en bedre måte. Den kan være en sammensetning av flere faktorer enn bare produksjonen når myndighetene skal bestemme konsumet. Rigiditet i handlingsregelen bør utarbeides, og muligens forvaltning av petroleumsfondet bør basere seg på flere faktorer. Handlingsregelen bør også tilpasses slik at det kan skje en formuesøkning blant annet med teknologiutvikling og nye funn av petroleum på norsk sokkel. Det er også en mulighet for at optimal forvaltning bør være mer fleksibel for at ressursene skal strekke til lengst mulig.

Når jeg utleder resultatene fra konsumet finner jeg at det vil være optimalt at det vokser med reservoarstørrelsen. Det vil si at hvis en finner mer petroleum i feltene vil det være optimalt å øke konsumet. Handlingsregelen er i samsvar med analysen på denne formuesøkningen. Men den tar ikke hensyn til hvordan teknologiske fremgangen påvirker formuen, og endringen av konsumet blir en kontrast til hva analysen tilsier. Konsumet forholder seg etter produksjonen i handlingsregelen. Det tyder på at dette ikke er optimal tilpasning for forvaltning av petroleumsformuen, ettersom analysen og handlingsregelen gir

ulike resultater. Formuen og teknologiutvikling burde ha betydning for konsumet i forvaltningen av petroleumsfondet, slik at forvaltningen av petroleumsformuen følger analysen om optimal konsumbane.

Betydningen av resultatet fra denne utledningen kan ses i sammenheng med foregående resultat. Ved en formuesøkning i reservoarstørrelsen gir handlingsregelen i samsvar med resultatet fra analysen om optimalt konsum. Resultatene fra analysen kan ikke gi en konkret løsning på hva slags forvaltningsregel myndighetene bør benytte seg av. Men analysen gir et konkret svar i hvilken retning konsumet skal gå i forhold til formue endringene. Resultatet har gitt en klar indikasjon på at en optimal forvaltningsmetode bør ta hensyn til flere faktorer, enn det som gjøres i handlingsregelen. I dag baseres forvaltningsregelen kun på inntekten av oljeutvinningen, og det burde bli tatt hensyn til flere faktorer når myndighetene skal bestemme hvor mye befolkningen får lov å konsumere av oljeformuen.

En stor svakhet med modellen er at den ikke tar med seg usikkerhet. Det finnes betraktelig mye usikkerhet både tilknytning til nye felt, åpnet felt og varigheten på dem (Olje- og energidepartementet 2011). Dette burde tas med ettersom det fondet kan være svært volatil med tanke på usikkerheten. Det vil gjøre at modellen vil gi mer interessant innsikt. Jeg velger derfor å utlede modellen videre med usikkerhet.

2.3 Modell under usikkerhet

I dette del-kapittelet tar jeg for meg hva som skjer med produksjonen og konsumet, dersom det er usikkerhet i reservoarstørrelsen. Jeg har beskrevet innledningsvis at det er stor usikkerhet, fordi det forventes å være store uoppdagede ressurser på norsk kontinentalsokkel (Olje- og energidepartementet 2011).

Hovedårsak til at jeg inkluderer usikkerhet i modellen er at den skal kunne predikere hva som skjer med produksjon og konsum i fremtiden. Resultatene vil bli mer anvendelige siden reservoarstørrelsen er svært usikker.

Reservoarstørrelsen, (\bar{X}) er usikker i siste periode, og blir ikke avslørt før konsum og produksjon skal bestemmes i siste periode. Det påvirker igjen inntekten i samme periode, som også blir usikker.

Grunnlaget til modellen baseres på to ulike scenarioer. Disse er av den ekstreme typen, for å få frem ulikhetene. Reservoarstørrelsen i siste periode, kan enten anses som høy eller

lav. Jeg bruker notasjonen $Y_2(s), s = \bar{s}, \underline{s}$, for inntekten i andre periode, henholdsvis en situasjon med høy eller lav reservoarstørrelse. Det vil igjen påvirke konsumet i den bestemte perioden, som også vil være høyt eller lavt, hvor notasjonen er tilsvarende, $C_2(s), s = \bar{s}, \underline{s}$.

Når myndighetene har en usikker fremtidig petroleumsinntekt, så er det vanskelig og predikere eksakt optimalt fremtidig konsum- og produksjonsnivå. Det beste jeg kan gjøre i en slik situasjon er og predikere en rangering av nivåene, som er betinget av tilstanden som inntreffer. Jeg må velge konsum- og produksjonsnivået i den første perioden før jeg kan løse ut for usikkerheten som avhenger av tilstanden i siste periode.

Myndighetene kan ikke være sikre på andelen Norge har av oljereserver i fremtiden. Det har lenge vært kjent at usikkerhet spiller en kritisk rolle i problemene med dynamisk forvaltning av ikke-fornybare ressurser (Deshmukh og Pliska 1980). Usikkerhet i reservoarstørrelsen kan være geologi, reservoarforhold, teknologi- og kunnskapsutvikling, kostnader og råvarepriser (Olje- og energidepartementet 2011). Dessuten kan det forekomme naturkatastrofer som får reservene til å kollapse. Jeg velger å se bort fra det, og heller fokusere på den geologiske usikkerheten når det gjelder størrelsen på oljereserven. I denne analysen tar jeg for meg usikkerheten i tilknytning til reservoarstørrelsen. For å utlede modellen med usikkerhet innføres sannsynlighetsparameter for de to tilstandene som kan inntreffe.

Reduksjon i oljefeltet: $\bar{X} - \Delta$ Sannsynlighet: p Tilstand: \underline{s}

Forbedring i oljefeltet: $\bar{X} + \Delta$ Sannsynlighet: $1 - p$ Tilstand: \bar{s}

Modellen utledes med tanke på problemstillingen. Jeg ønsker å analysere hvordan produksjonen og konsumet forholder seg hvis det blir usikkerhet i reservoarstørrelsen. For at dette skal være gjeldene må jeg undersøke om forventningsverdien av formuen gir den samme verdien av formuen som tidligere under sikkerhet, $E(\bar{X}) = \bar{X}$, det vil si at $p = \frac{1}{2}$. I modellen analyserer jeg først hvordan produksjonen forholder seg til usikkerhet, og jeg bruker Jensens ulikhet til å tolke resultatene.

2.3.1 Produksjon under usikkerhet

Jeg vil ta utgangspunkt i formuesligningen (2.1.4) for å analysere optimal produksjon under usikkerhet. Usikkerheten i modellen gjør at sannsynlighetsparametere må være med. Det gjør at jeg får flere restriksjoner enn det jeg hadde i modellene uten usikkerhet. Dermed får jeg en ny forventet formuesligning:

$$E(W) = X_1 - c(X_1) + (p) \left(X_2 - \left(\frac{Ac(X_2(\underline{s}))}{1+r} \right) \right) + (1-p) \left(X_2 - \left(\frac{Ac(X_2(\overline{s}))}{1+r} \right) \right) \quad (3.1.1)$$

Lagrange-uttrykket skal nå maksimeres med hensyn til produksjonen i de respektive periodene:

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{x_1 x_2} = & X_1 - c(X_1) + (p) \left(X_2 - \left(\frac{Ac(X_2(\underline{s}))}{1+r} \right) \right) + (1-p) \left(X_2 - \left(\frac{Ac(X_2(\overline{s}))}{1+r} \right) \right) - \\ & \lambda_1 \left(p(X_1 + X_2(\underline{s}) - \bar{X}) \right) - \lambda_2 \left((1-p)(X_1 + X_2(\overline{s}) - \bar{X}) \right) \end{aligned}$$

Førsteordensbetingelsene utledes med derivasjon, og de settes lik null. Jeg løser ut for skyggeprisene i førsteordensbetingelsene i (3.1.3) og (3.1.4), for å bruke dem når jeg skal utlede maksimal produksjon under usikkerhet.

$$\frac{d\mathcal{L}}{dx_1} = 1 - c'(x_1) - \lambda_1 p - \lambda_2 (1-p) = 0 \quad (3.1.2)$$

$$\frac{d\mathcal{L}}{dx_2(\underline{s})} = p \left(1 - \frac{Ac'(x_2(\underline{s}))}{(1+r)} - \lambda_1 \right) = 0 \quad \text{Det gir: } \lambda_1 = 1 - \frac{Ac'(x_2(\underline{s}))}{(1+r)} \quad (3.1.3)$$

$$\frac{d\mathcal{L}}{dx_2(\overline{s})} = (1-p) \left(1 - \frac{Ac'(x_2(\overline{s}))}{(1+r)} - \lambda_2 \right) = 0 \quad \text{Det gir: } \lambda_2 = 1 - \frac{Ac'(x_2(\overline{s}))}{(1+r)} \quad (3.1.4)$$

$$\frac{d\mathcal{L}}{d\lambda_1} = \left(p(X_1 + X_2(\underline{s}) - \bar{X}) \right) = 0$$

$$\frac{d\mathcal{L}}{d\lambda_2} = \left((1-p)(X_1 + X_2(\overline{s}) - \bar{X}) \right) = 0$$

Jeg løser førsteordensbetingelsene (3.1.3) og (3.1.4) med hensyn til de ulike skyggeprisene, og setter dem inn i førsteordensbetingelsen (3.1.2) for å finne optimal produksjon under usikkerhet.

$$c'(x_1) = p \left(\frac{Ac'(x_2(\underline{s}))}{(1+r)} \right) + (1-p) \left(\frac{Ac'(x_2(\overline{s}))}{(1+r)} \right)$$

Usikkerheten kan uttrykkes med forventningsoperatoren E :

$$c'(x_1) = \frac{A}{(1+r)} E c'(x_2(s)) \quad (3.1.5)$$

Fra optimeringen av produksjonen får jeg at marginalkostnaden i første periode skal være lik den forventede marginalkostnaden i siste periode, multiplisert med teknologiske forbedringer og diskontering av renten (3.1.5).

Analysen bestemmer optimal produksjon under usikkerhet. For å gi en tolkning av utledningen (3.1.4) antar jeg et spesialtilfelle hvor: $A = \frac{1}{(1+r)}$. Det gjør at utledning (3.1.5) gir at marginalkostnadene i første periode er like de forventede marginalkostnadene i siste periode, $c'(x_1) = E c'(x_2(s))$.

Det er nyttig å se på utformingen til kostnadsfunksjonen, for å gi en tolkning av resultat. Det generelle prinsippet om forventningen av en kostnadsfunksjon gir lineære marginalkostnader, $E(a + bX) = a + bE(X)$. Jeg bruker prinsippet på min utledning av optimering av produksjonen under usikkerhet (3.1.5), og får at $Ec'(x_2(s)) = c'(E(x_2)(s))$. Denne forteller at forventningen av marginalkostnadene i siste periode er lik forventningen til produksjon, som en funksjon av marginalkostnaden. For at en optimal produksjon under usikkerhet skal være mulig, $c'(x_1) = Ec'(x_2(s))$, så må produksjonen være lik i begge periodene $(x_1) = (x_2(s))$. Når det er en kvadratisk kostnadsfunksjon så blir det lineære grensekostnader. Produksjonen i første periode blir bestemt før man vet utfall av hva som skjer i neste periode. Hvis det er en kvadratisk kostnadsfunksjon, så vil produksjonen i de to periodene være helt lik. Det gjør at marginalkostnaden i første periode vil være lik forventningen til grensekostnadene i siste periode. For at dette skal være gjeldende må produksjonen i de to periodene være lik hverandre, $x_1 = E(x_2)$.

Jeg tar i bruk Jensens ulikhet for å vise hvordan produksjonen fordeler seg over periodene. Jensens ulikhet for to-punktfordelinger, formaliserer påstanden om at skjæringslinjen av en konveks funksjon ligger over grafen av funksjonen. Jensens ulikhet gir at en funksjon med lineære grensekostnader ligger over en funksjon som har konvekse marginalkostnader for alle to-punktsfordelinger. Det vil altså si at en funksjon som har marginalkostnader som er konvekse, vil ligge under funksjonen med lineære marginalkostnader. Det motsatte gjelder hvis funksjonen til marginalkostnaden er konkav (Lohwater 1982). Det vil med andre ord si at Jensens ulikhet gir at:

$\alpha f(x_1) + (1 - \alpha)f(x_2) \geq f(\alpha x_1 + (1 - \alpha)x_2)$. Under usikkerhet så gir Jensens ulikhet at, når f er en konveks funksjon: $E(f(x)) \geq f(E(x))$ (Lohwater 1982).

Det kan hjelpe meg til å gi en fortolkning av hvordan produksjon under usikkerhet kan utvikle seg med konvekse marginalkostnader. I denne tolkningen av Jensens ulikhet velger jeg å bruke en ikke-kvadratisk kostnadsfunksjon. Det kan være interessant se hva som skjer med produksjonsfordelingen dersom grensekostnaden er konveks. Dette resultatet følger av Jensens ulikhet for grensekostnader som er konvekse. $E(c'(x_2)) > c'(E(x_2))$ og for at $(c'(x_1))$ skal være lik $E(c'(x_2))$ må grensekostnaden reduseres i første periode, altså må produksjonen i første periode økes. For at dette skal være mulig må produksjonen justeres opp i første periode, og den forventede produksjonen i andre periode må reguleres ned, $x_1 >$

$E(x_2)$. Marginalkostnadskurven vil ligge lavere enn produksjonen i første periode. Dette følger direkte fra Jensens ulikhet. Det betyr at produksjonen må økes i første periode.

Grunnen til at produksjonen øker i første periode sammenlignet med siste periode, når det er usikkerhet i fremtiden, kan være fordi oljeselskapene er redde for at grensekostnadene skal bli veldig høye. Hvis det ikke finnes petroleum i feltene vil marginalkostnaden bli høy. De flytter derfor produksjonen frem til første periode. Det vil være mindre risikofylt å produsere mer i dag, siden det ikke er usikkerhet. Oljeselskapene tar hensyn til den usikkerheten som finnes i fremtiden, og prøver å la minst mulig av produksjonen være i siste periode. Fra Jensens ulikhet kommer jeg frem til at produksjonen i første periode enten skal forbli den samme eller så skal den økes. Det betyr at produksjonen i andre periode skal enten forbli den samme eller reduseres ved usikkerheten. Jensens ulikhet gir meg at ved økt usikkerhet så skal produksjonen i første periode enten være den samme som i siste periode eller så skal den økes.

For å gi en bedre innsikt i hvordan produksjonen vil endre seg med økt usikkerhet (Δ), så vil jeg analysere vekstraten til produksjonen bestemt av økende usikkerhet. Utledningen er den samme som ble gjennomgått i forrige kapittel. Jeg tar for meg den optimale produksjonen under usikkerhet (3.1.4).

$$c'(x_1) = \frac{A}{(1+r)} Ec'(x_2(s))$$

Produksjonen vil nå være en funksjon av usikkerheten slik som jeg utledet innledningsvis i dette kapittelet. For å finne vekstfaktoren av produksjon bestemt av usikkerheten, deriverer jeg (3.1.4) i forhold til produksjon og usikkerhet.

$$c''(X_1) \cdot \frac{\partial X_1}{\partial \Delta} = \left[0 \cdot c'(X_2) + \frac{A}{1+r} \cdot Ec''(X_2(s)) \cdot \frac{\partial E(X_2(s))}{\partial \Delta} \right]$$

Jeg bruker en forutsetning om at produksjonen vil summere seg opp til en, for at all produksjon skal bli utnyttet, $\frac{dX_1}{d\Delta} + \frac{dX_2}{d\Delta} = 1$. Jeg får dermed et uttrykk for vekstraten.

$$\frac{\partial X_1}{\partial \Delta} = \frac{A Ec''(X_2(s))}{c''(X_1)(1+r) + A Ec''(X_2(s))} > 0$$

Analysen av vekstraten bestemmer at produksjonen i første periode skal øke hvis usikkerheten øker. Dersom jeg har konveks marginalnytte vil funksjon av dette uttrykket bli en streng ulikhet ($\frac{\partial X_1}{\partial \Delta} \geq 0$). Vekstraten gir at produksjonen skal øke i første periode hvis usikkerheten øker.

Det neste jeg skal ta for meg er den direkte formueseffekten. Den kan fortelle hvordan det generelle nivået på produksjonen forholder seg til usikkerheten. Jeg bruker den forventede formueslikningen (3.1.1), og maksimerer den med hensyn til usikkerheten. Produksjonen i første periode settes slik at den maksimerer formuen. Det gjør at jeg setter inn for periode to med bruk av restriksjonen (2.1.1), og legger til usikkerheten som er positiv i det gode tilfellet, og negativ i det dårlige tilfellet.

$$E(w) = \max \left[X_1 - c(X_1) + (p) \left(\bar{X} - X_1 - \Delta - \left(\frac{Ac(\bar{X} - X_1 - \Delta(\underline{s}))}{1+r} \right) \right) + (1-p) \left(\bar{X} - X_1 + \Delta - \left(\frac{Ac(\bar{X} - X_1 + \Delta(\bar{s}))}{1+r} \right) \right) \right]$$

Jeg bruker omhyllningsteoremet, som sier at jeg kan ta den partiell-deriverte av uttrykket med hensyn på usikkerheten for å finne vekstraten av den forventede formuen bestemt av veksten i usikkerheten (Simon og Blume 1994, kap. 19). Det gir følgende:

$$\frac{dE(W)}{d\Delta} = (1 - 2p) + p \frac{A}{(1+r)} c'(\underline{s}) - (1-p) \frac{A}{(1+r)} c'(\bar{s})$$

Når sannsynligheten er $\frac{1}{2}$, ($p = 0,5$), så vil vekstraten blir negativ:

$$\frac{dE(W)}{d\Delta} = \frac{1}{2} \frac{A}{(1+r)} (c'(\underline{s}) - c'(\bar{s})) < 0$$

Grunnen til at uttrykket blir negativt er at produksjonen i det gode tilfellet vil være større enn produksjonen i det dårlige tilfellet. Det gjør at kostnadene i disse tilfellene vil være tilsvarende, henholdsvis store i det gode tilfellet og lave i det dårlige tilfellet.

Vekstraten forteller at når usikkerheten tiltar, så vil den forventede formuen reduseres. Ved økt usikkerhet vil gjøre at man forventer at den direkte formueseffekten vil reduseres. Det vil si at det generelle nivået på produksjon reduseres ved innføring av usikkerhet i modellen.

Nå vil jeg resonnerer til hvilket resultat handlingsregelen bestemmer, etter de konklusjonene som er trukket fra produksjonen. Når produksjon øker i første periode når det kommer usikkerhet i fremtiden, så vil inntekten øke. Det er fordi produksjonen i første periode, relativt til veksten i usikkerheten er strengt større enn null ($\frac{\partial X_1}{\partial \Delta} \geq 0$). Det medfører, som en konsekvens av produksjonsveksten, at veksten av inntekten i periode en blir større når

usikkerheten vokser, fordi denne usikkerheten også blir strengt større enn null ($\frac{\partial Y_1}{\partial \Delta} \geq 0$). Inntekten i første periode avhenger av produksjonen i første periode. Når denne produksjonen antakelig skal økes (eller forbli den samme) grunnet usikkerheten, så skjer nøyaktig det samme med inntekten i periode en. Om inntekten i denne perioden økes, så øker handlingsregelen konsumet i første periode. Det er fordi handlingsregelen bestemmer at konsumet er en konstant av inntekten i perioden en. Handlingsregelen vil enten øke konsumet i første periode eller la det forbli det samme, som en konsekvens av den økte usikkerheten.

2.3.2 Konsum under usikkerhet

Nå vil jeg ta for meg hvordan konsumet forholder seg til usikkerhet. Jeg vil analysere to ulike situasjoner gjelder konsumet med tanke på usikkerhet. Først analyserer jeg hva som skjer med optimalt konsum dersom det finnes muligheter for å forsikre seg mot usikkerheten. Deretter analyserer jeg optimalt konsum uten forsikringsmuligheter. Jeg sammenligner resultatet av analysen, optimalt konsum uten forsikring, med den optimale konsumtilpasningen handlingsregelen bestemmer under forutsetning av optimal produksjon under usikkerhet.

2.3.2.1 Optimalt konsum under usikkerhet med forsikring

Det er kun aktuelt med forsikring hvis markedsforholdene er perfekte. I dette avsnittet tar jeg for meg ett marked hvor det er fullstendig konkurranse, som betyr at profitten blir presset mot null. I dette markedet antar jeg at det er fullstendig informasjon mellom aktørene, på en slik måte at moralsk hazard eller ugunstig utvalg ikke vil være et problem.

Jeg antar at selgeren av forsikringen er risikonøytral. Det er for å muliggjøre et salg av forsikringen. Hvis en selger er risikonøytral, betyr det at selgeren er indifferent mellom en sikker inntekt, og en usikker inntekt med samme forventningsverdi. Marginalnyttens av inntekten vil være konstant for selgeren (Pindyck og Rubinfeld 2004, kap. 5).

Utledningen av optimalt konsum under forsikring har jeg lånt av Maurice Obstfeld og Kenneth Rogoff i «Foundations of International Macroeconomics». Nyttefunksjonen er utledet fra den som ble brukt tidligere (1.1.4.). Forskjellen på nyttefunksjonen som blir brukt nå, er at konsumet i siste periode har sannsynlighetsparameter, som kan uttrykkes med forventningsoperatoren, E :

$$u(C_1) + \beta(p \cdot u(C_2(\underline{s})) + (1 - p) \cdot u(C_2(\overline{s}))) = u(C_1) + \beta E u(C_2) \quad (3.2.1)$$

Forsikringen, som er tatt med i modellen, representerer Arrow-Debreu forsikringer. Slike forsikringer tillater en at det blir risikoallokering på samme måte som på allokering av

en standard eiendel, ved et tidspunkt eller over en tidsperiode. En Arrow-Debreu forsikring er en forsikring som betaler ut en enhet av målenheten hvis en tilstand inntreffer. I modellen vil dette forekomme ved den dårlige tilstanden, altså når konsumet er lavt, og ingenting hvis den andre tilstanden inntreffer.

På Arrow-Debreu forsikringen brukes notasjonen $B_2(s)$, som er hvor mye myndighetene kjøper av forsikring ved tilstand s i periode en. Det vil si at $B_2(s)$ er andelen forsikring myndighetene holder ved slutten av periode en og starten av periode to. Prisen på Arrow-Debreu forsikring brukes notasjonen $\frac{q(s)}{1+r}$. Verdien til et lands nettoakkumulasjon av eiendeler i første periode må være lik forskjellen mellom inntekten og konsumet.

$$\left(\frac{q(\underline{s})}{1+r} B_2(\underline{s})\right) + \left(\frac{q(\bar{s})}{1+r} B_2(\bar{s})\right) = Y_1 - C_1 \quad (3.2.2)$$

Når periode to inntreffer, så vil tilstanden s bli observert, som enten er lav eller høy. Myndighetene vil la innbyggerne konsumere summen av eiendelene, og enhver betaling på tilstanden s , hvor $s = \underline{s}$ og \bar{s} , som blir bestemt av eiendelene:

$$C_2(s) = Y_2(s) + B_2(s) \quad (3.2.3)$$

Denne utledningen (3.2.2) blir brukt til å eliminere forsikringen, $B_2(s)$, i utledningen (3.2.2). Det gir følgende budsjettrestriksjon for en økonomi med Arrow-Debreu forsikringer:

$$C_1 + \frac{q(\underline{s})pC_2(\underline{s}) + q(\bar{s})(1-p)C_2(\bar{s})}{1+r} = Y_1 + \frac{q(\underline{s})pY_2(\underline{s}) + q(\bar{s})(1-p)Y_2(\bar{s})}{1+r} \quad (3.2.4)$$

Budsjettrestriksjonen (3.2.4) har en liten variasjon i forhold til restriksjonen (1.1.5) som ble utledet tidligere. Den sier at periode en verdi av befolkningens usikre konsumstrøm må være lik periode en verdi av den usikre inntekten, hvor det bestemte kvantumet er evaluert etter verdens Arrow-Debreu pris. Verdensmarkeder tillater befolkningen å glatte konsumet over tid, men også over tilstander.

Hvis reservoarstørrelsen kan være lav, som i tilstand \underline{s} , og ekstremt høyt i tilstand \bar{s} . Ved å gå «kort» i tilstand \bar{s} forsikring, og «lang» i tilstand \underline{s} , så kan befolkningen glatte konsumet over tilstandene (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 5).

Myndighetenes optimale spare- og portefølje allokeringer maksimeres Arrow-Debreu forsikring etter nyttefunksjonen som er utledet ovenfor (3.2.1), med litt omskrivninger fra (3.2.2) og (3.2.3):

$$\mathcal{L}_{B_2(s)} = u\left(Y_1 - \left(\frac{q(\underline{s})}{1+r} B_2(\underline{s})\right) - \left(\frac{q(\bar{s})}{1+r} B_2(\bar{s})\right)\right) + \left(\beta \left(pu\left(Y_2(\underline{s}) + B_2(\underline{s})\right)\right) + (1-p)\left(u\left(Y_2(\bar{s}) + B_2(\bar{s})\right)\right)\right)$$

Det gir nødvendige første ordensbetingelsen nedenfor:

$$\frac{\partial U}{\partial B_2(s)} = u'(C_1) - \frac{q(s)}{1+r} + \beta(pu'(C_2(s))) = 0 \quad \text{som gir } u'(C_1) \frac{q(s)}{1+r} = \beta Eu'(C_2(s)) \quad (3.2.5)$$

Resultatet som har kommet fra utledningen (3.2.5) er nært relatert til Euler-ligningen, som ble introdusert tidligere i oppgaven (1.2.4). Men forskjellen er at utledningen (3.2.5) forholder seg til en Arrow-Debreu forsikring, og ikke en risikofri obligasjon. Venstresiden av utledningen (3.2.5) er kostnadene, uttrykt av første periodes marginalnytte, og det som trengs av Arrow-Debreu forsikring ved tilstand, s . Mens høyresiden er den forventede diskonterte inntjeningsfaktoren fra å ha en enhet i tillegg av konsum ved tilstand s i siste periode.

Utledningen fra maksimeringen av Arrow-Debreu forsikring (3.2.5) kan omskrives til:

$$\frac{\beta Eu'(C_2)}{u'(C_1)} = \frac{1}{(1+r)}$$

Den forventede marginalraten av substitusjon av nåverdien av fremtidig konsum er lik $\frac{1}{(1+r)}$, prisen av et sikkert fremtidig konsum i termen av nåværende konsum. En annen implikasjon gir følgende:

$$\frac{pw(C_2(\underline{s}))}{(1-p)u(C_2(\bar{s}))} = \frac{q(\underline{s})}{q(\bar{s})}$$

Dette er den marginale raten av substitusjon ved tilstand \bar{s} for tilstand \underline{s} konsum som må være lik den relativ prisen av tilstand \underline{s} angitt av tilstand \bar{s} konsum.

Hvis jeg antar at forholdet mellom prisene og sannsynligheten bestemt av tilstanden er som utledet nedenfor:

$$\frac{q(\underline{s})}{q(\bar{s})} = \frac{p}{(1-p)} \quad (3.2.6)$$

Betingelsen (3.2.6) impliserer at ved denne så vil konsumet over tilstandene være likt $C_2(\underline{s}) = C_2(\bar{s})$. Det betyr at det er optimalt å utjevne konsum over de ulike tilstandene. Om betingelsen (3.2.6) holder så vil en kalle Arrow-Debreu forsikrings priser «actuarially» rettferdig. Ved slike priser, så kan myndighetene som handler i fullstendige markeder vil forsikre seg fullstendig mot alle fremtidige variasjoner i konsum. Hvis ikke prisen på forsikringen er «actuarially» rettferdig gjennom tilstandene vil myndighetene velge å tilte

konsumet mellom tilstandene. De vil planlegge et relativt lavt konsum i den tilstanden hvor det er relativt dyrt å forsikre konsumet (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 5).

Det er svært vanskelig å finne en risikonøytral forsikrings selger, siden beløpet, som skal forsikres, kan ha store variasjoner og risikoen er svært høy. Dersom det var flere forsikringsselskaper som gikk sammen for å gi et forsikringstilbud til petroleumsfondet, kan det tenkes at det kanskje ville blitt gjennomførbart. Det er muligens mer naturlig at selgeren(e) av forsikring er risikoavers. En risikoavers aktør vil ikke kunne gi oljefondet forsikring ettersom han vil være mer bekymret for tapet enn gevinsten han kan vinne. Innledningsvis i oppgaven er det beskrevet hvor høy risikoen er, og at beløpene er av en stor dimensjon som ikke ville muliggjort en forsikringsavtale med en risikoavers selger.

Det er tatt flere antakelser i modellen, og det er ikke alle som er like realistiske. I en virkelig verden er det ikke helt perfekte kapitalmarkeder, men det er en vanlig antakelse å ta. Markedene blir ofte imperfekte når det forekommer gebyrer, skatter og ikke minst handel mellom mennesker som er basert på psykologi. Den forutsetningen som det kan settes størst tvil om er at jeg har tatt for meg en risikonøytral selger. Individene er forskjellig med hensyn til å bære risiko, men den mest vanlige holdningen til risiko er å være risikoavers (Pindyck og Rubinfeld 2004, kap. 5). Ettersom jeg antar at individet er rasjonelt, vil det være mer naturlig å anta at selgeren bør være risikoavers. En risikoavers person foretrekker en sikker inntekt fremfor en usikker inntekt med samme forventningsverdi. For en risikoavers person er mer opptatt av hva en har å tape fremfor gevinsten (Pindyck og Rubinfeld 2004, kap. 5). En slik situasjon gjør at staten er nødt til å bære den fremtidige risikoen.

Dersom risikoaversjon blir lagt som fundament vil det ikke være aktuelt å forsikre oljefondet. Hovedårsaken er at risikoen er altfor stor, og beløpene som petroleumsfondet representerer er for høye til at et forsikringsselskap er villig til å kunne ta på seg den risikoen. Når selgeren av forsikringen er risikoavers vil de fokusere mer på hva de kan tape fremfor det de har å vinne. Å selge en forsikring til oljefondet er det risiko for at en vil med tiden utbetale høye forsikringspremier, fordi petroleumsfondet er anslått til å være enten veldig høy eller nesten ingenting. Grunnen til at inntekten er estimert til å bli lav er at en naturressurs som ikke er fornybare vil forsvinne med tiden.

I begynnelsen av petroleumsutvinningen ble det hevdet at Norge hadde for mye naturkapital, og for lite finanskapital. Momentet ble brukt av noen økonomer for å selge mer av oljen som var i bakken for å avlaste staten for oljerisiko. Ønsket var å selge olje, og lage en

optimal konsumbane frem i tid. Denne ville gi et mer nøyaktig anslag av hvor mye myndighetene kunne bruke av oljepengene, og de trengte ikke å ta hensyn til usikkerheten knyttet til hvor mye petroleum som var igjen i bakken (Cappelen 2000).

Markedene for å selge denne oljen som lå i bakken var dårlige, og det gjorde det vanskelig å få til en løsning. Risikoen i dag kan håndteres ettersom petroleumsfondet øker raskt, og porteføljen blir mer balansert (Cappelen 2000).

Jeg ønsker likevel å ta med i oppgaven hvordan det er mulig å forsikre seg mot denne risikoen, selv om det antakeligvis ikke er mulighet for å selge forsikring, basert på at det ikke operer i en perfekt verden. Men det er også essensielt å se på hvordan det vil gå dersom det ikke er mulig å forsikre seg og at antakelsene om perfekte markedet ikke holder. Jeg skal ta for meg i neste avsnitt en modell som viser hvordan usikkerheten i oljefeltet gjenspeiles dersom det ikke er mulig å forsikre seg, fordi perfekte kapitalmarkeder ikke holder.

2.3.2.2 Optimalt konsum under usikkerhet uten forsikring

Jeg antar at selgeren(e) av forsikringen er risikoavers(e), og det vil derfor vanskeliggjøre et eventuelt salg av forsikring til petroleumsfondet. Jeg vil konstruere en modell som er basert på usikkerhet med imperfekte markedsforhold, som gjør at aktører (alene eller som gruppe) ikke kan ta på seg risikoen for oljeressursene.

Nyttefunksjonen er den samme som jeg brukte under situasjonen med forsikring (3.2.1). De nye budsjettrestriksjonene blir utledet i forhold til hvilken type konsum som kommer i siste perioden. Modellen baseres på de samme restriksjonene som tidligere antatt, forskjellen nå er at restriksjonene må ha med sannsynlighetsparameterne ettersom modellen forholder seg til risiko. Nedenfor er det tatt med på hvordan restriksjonene konstrueres. For sammenligning kan jeg vise til utledning (1.1.5), som er uten sannsynlighetsparameter:

$$pC_2(\underline{s}) = \left((Y_1 - C_1)(1 + r) + Y_2(\underline{s}) \right) p \quad (3.3.1)$$

$$(1 - p)C_2(\overline{s}) = \left((Y_1 - C_1)(1 + r) + Y_2(\overline{s}) \right) (1 - p) \quad (3.3.2)$$

Dersom jeg setter sammen disse to restriksjonene som står ovenfor, (3.3.1) og (3.3.2) med sannsynlighetene, så vil jeg få:

$$C_1 + \frac{pC_2(\underline{s}) + (1-p)C_2(\overline{s})}{1+r} = Y_1 + \frac{pY_2(\underline{s}) + (1-p)Y_2(\overline{s})}{1+r}$$

Restriksjonen antyder at nåverdien av i første periode av myndighetens usikre konsumstrøm må være lik nåverdien av første periodes usikre petroleumsinntekt. For å finne optimalt konsum i periodene bestemt utfra usikkerheten tar jeg først for meg nyttefunksjonen med

usikkerheten (3.2.1). Det blir et nytt optimeringsproblem under usikkerhet, med to restriksjoner. Optimeringsproblemet med budsjettrestriksjonene er utledet nedenfor:

$$\begin{aligned} & u(C_1) + \beta \left(p \cdot u(C_2(\underline{s})) + (1-p) \cdot u(C_2(\overline{s})) \right) \\ \mathcal{L} =_{c_1, c_2} & -\lambda_1 \left(p \left((Y_1 - C_1)(1+r) + Y_2(\underline{s}) - C_2(\underline{s}) \right) \right) \\ & -\lambda_2 \left((1-p) \left((Y_1 - C_1)(1+r) + Y_2(\overline{s}) - C_2(\overline{s}) \right) \right) \end{aligned}$$

Jeg optimerer med hensyn til konsum i begge periodene. I andre periode tar jeg med at konsumet kan både være høyt og lavt, og jeg løser ut for dette og får førsteordensbetingelsene, som settes lik null og løser ut for skyggeprisene:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_1} = u'(C_1) + (1+r)(\lambda_1(p) + \lambda_2(1-p)) = 0 \quad (3.3.3)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_2(\underline{s})} = \beta p u'(C_2(\underline{s})) + \lambda_1(p) = 0 \quad \text{som gir: } \lambda_1 = -\beta u'(C_2(\underline{s})) \quad (3.3.4)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_2(\overline{s})} = \beta(1-p) u'(C_2(\overline{s})) + \lambda_2(1-p) = 0 \quad \text{som gir: } \lambda_2 = -\beta u'(C_2(\overline{s})) \quad (3.3.5)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = p \left((Y_1 - C_1)(1+r) + Y_2(\underline{s}) - C_2(\underline{s}) \right) = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = (1-p) \left((Y_1 - C_1)(1+r) + Y_2(\overline{s}) - C_2(\overline{s}) \right) = 0$$

Jeg finner et uttrykk for begge skyggeprisene som fremkommer etter førsteordensbetingelsene (3.3.4) og (3.3.5), og jeg setter disse inn i (3.3.3) for å finne en utledning for optimalt konsum. Jeg kan vise at resultatet av maksimeringsproblemet under usikkerhet kan skrives som nær Euler-ligningen, og at konsumet i siste periode blir en forventningsverdi. Sannsynlighetsparameterne omformuleres, og erstattes med en forventningsverdi E.

$$u'(C_1) = \beta(1+r) \left(p u'(C_2(\underline{s})) + (1-p) u'(C_2(\overline{s})) \right)$$

$$\text{som også kan skrives som } u'(C_1) = \beta(1+r) E u'(C_2) \quad (3.3.6)$$

Resultatet jeg har kommet frem til for optimalt konsum under usikkerhet er nært opptil det jeg kom frem til av analysen av optimalt konsum under full sikkerhet og uten kostnader (1.2.4). Forskjellen fra dette resultatet er at jeg nå har usikkerhet i tilknytning til reservoarstørrelsen, og dermed får jeg en forventningsvariabel sammen med det usikre konsumet i siste periode. Jeg vil nå gi en tolkning av det resultatet som er utledet av usikkerheten.

Utledningen (3.3.6) bestemmer at marginalkonsumet i første periode skal være lik forventningen til konsumet i andre periode, gitt diskonteringsrenten og tidspreferansen. For å gi en tolkning av konsumet isolertsett, velger jeg å anta at tidspreferansen og diskonteringen

vil være til sammen lik 1, altså er tidspreferanseraten $\beta = \frac{1}{(1+r)}$. Det gjør at jeg står igjen med at marginalnyttens i første periode er lik den forventede marginalnyttens i siste periode:

$$u'(C_1) = Eu'(C_2) \quad (3.3.7)$$

Under sikkerhet var det slik at konsumet ble fordelt likt over de to periodene (som her ville bety at $C_1 = E(C_2)$), og jeg vil undersøke om dette er tilfellet under usikkerhet også. Under usikkerhet vil konsumtilpasningen forklares av utforming til nyttefunksjonen, slik som er forklart under optimal produksjonstilpasning under usikkerhet. Jeg tar derfor utgangspunktet fra Jensens ulikhet, som er forklart mer detaljert i utformingen av optimal produksjon under usikkerhet og referer tilbake til denne.

Ved en kvadratisk nyttefunksjon, så følger det at grensenytten blir lineær. Når det er en lineær grensenytte så gir den generelle formelen at $E(a + bX) = a + bE(X)$. Det betyr at forventningen til nytten av konsumet i andre periode skal være lik nytten av forventningen til konsumet i siste periode, $Eu(c_2) = u(E(c_2))$. For å si noe om hvordan nytten utvikler seg, er det viktig å ta konsumet i betraktning. Med en lineær marginalnytte vil det følge av Jensens ulikhet at konsumet vil være likt i begge perioder. Fra optimal konsumtilpasning under usikkerhet fikk jeg at marginalkonsumert i første periode skal være likt marginal konsumet i andre periode, hvis $\beta = \frac{1}{(1+r)}$. For at dette skal være mulig må konsumet i de to periodene være likt, $C_1 = (C_2)$. Resultatet jeg fant under sikkerhet vil altså være gjeldende i dette tilfelle under usikkerhet med lineær marginalnytte.

Det kan være interessant å ta for seg hva som skjer med konsumet dersom grensenytten ikke er lineær. Når nyttefunksjonen ikke er kvadratisk så kan funksjonskurven til marginalnyttens bli konveks. En funksjon som har konveks grensenytte skal ligge under en funksjon med lineær grensenytte. Dette resultat følger av Jensens ulikhet. $E(u'(c_2)) > u'(E(c_2))$ og for at $(u'(c_1))$ skal være lik $E(u'(c_2))$ må grensenytten økes i første periode, altså må konsumet i første periode reduseres. For at dette skal være mulig må konsumet justere ned i første periode, og det forventede konsumet i andre periode må reguleres opp, $C_1 < E(C_2)$. Ved å ta i bruk Jensens ulikhet på utledning av optimalt konsum under usikkerhet, får jeg at konsumet enten skal være likt over periodene (lineær grensenytte) eller at konsumet skal reduseres i første periode (konveks grensenytte).

Når ikke nyttefunksjonen er kvadratisk betyr det at det blir en reduksjonen i konsumet i første periode, og dermed blir det spart mer enn hva som er gjort tidligere. Sparing tilsvarer inntekt fratrukket konsum. Når konsumet reduseres i første periode vil sparingen i første

periode øke. Ettersom jeg antar at innbyggerne forbruker alt som de har spart til siste periode, vil konsumet i andre periode øke som en konsekvens av sparingen i første periode. Konsumenten ønsker å spare fordi usikkerhet i fremtidig inntekt øker. En funksjon med konveks marginalnytte vil den tredje deriverte være positiv, og jeg kan anta at forsiktighetsmotivert sparing forekommer. Det blir spart mer, grunnet en fremtidig risiko.

Forsiktighetsmotivert sparing, precautionary savings, inntreffer ikke hvis den tredje deriverte av nyttefunksjonen er null. I følge Sandmo (1970) er det blitt kjent at en positiv tredje derivert av nyttefunksjonen indikerer at konsumenten tar hensyn til forsiktighetsmotivert sparing. Det vil si at usikkerheten om fremtidig inntekt vil redusere nåværende konsum, og øke nåværende sparing. Fortegnet på den tredje deriverte av nyttefunksjonen vil kunne si om det forekommer forsiktighetsmotivert sparing (Sandmo 1970). Forsiktighetsmotivert sparing avhenger av den tredje deriverte til nyttefunksjonen, $u'''(C)$.

Dersom $u'''(C) > 0$, så vil forsiktighetsmotivert sparing inntreffe, og marginalnyttens $u'(C)$ vil være en konveks funksjon av nytten (C). En forsiktighetsmotivert sparingsoppførsel vil dominere valgene ved konsumet dersom formuen er lav, og blir mindre viktig når formuen øker (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 2). Når forsiktighetsmotivert sparing blir aktuelt vil konsumenten redusere konsumet for så å øke sparingen på grunn den økende risikoen i fremtiden.

Jeg har brukt Jensens ulikhet til å vise at en økning i usikkerheten i inntekt i første periode, forårsaker at konsumet, blir mer variabelt og øker forventningsverdien. For at Euler-ligningen skal holde må konsumet i første periode, C_1 , falle. Konsumenten vil svare med å spare når usikkerhet knyttet til inntekt øker (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 2)

Når jeg har kvadratiske nyttefunksjonen, så vil marginalnyttens være lineær. Den tredje deriverte av funksjonen vil være lik null, og det betyr at jeg ikke får forsiktighetsmotivert sparing. Det vil igjen si at konsumet forblir likt over de to periodene, selv om jeg har en fremtidig risiko. I dette tilfellet vil jeg ha at $C_1 = E(C_2)$.

Gjennom analysen av optimalt konsum under usikkerhet finner jeg at konsumet i første periode skal enten ned eller forbli det samme. Teorien om forsiktighetsmotivert sparing trekker i retning av at konsumet i første periode skal reduseres, hvis den tredje deriverte av nyttefunksjonen er større enn null. I tillegg så har jeg vist, under produksjon ved usikkerhet, at veksten av den direkte formueseffekten er negativt ved økt usikkerhet ($\frac{dE(W)}{d\Delta} < 0$). Denne vil

trekke konsumet i begge perioder ned, fordi formuen reduseres grunnet økt usikkerhet. Begge disse momentene slår fast at konsumet skal reduseres i første periode.

Når jeg analyserer hva resultatet av handlingsregelen, basert på produksjonstilpasning, fant jeg at konsumet i første periode skal økes. Jeg har analysert konsumet under usikkerhet grundig, og har funnet to sterke holdepunkter på at konsumet i første periode skal reduseres. Det er også funnet innsigelser på at konsumet i første periode kanskje kan trekke i retning av at det skal holdes konstant. Poenget er at det ikke er noe i min analyse som tilsier at konsumet i første periode skal øke når jeg legger til grunn høyere usikkerhet. Denne konklusjonen er inkonsistent med hva handlingsregelen vil gjøre med konsumforvaltningen. Av dette resultatet kan jeg konkludere med at handlingsregelen ikke er så gjennomtenkt som den burde være, ettersom den danner grunnlag for forvaltningen av vår største naturressurs.

Handlingsregelen bygger på fundamentet om at det er viktig å spare til fremtidige generasjoner, og det er sentralt å spare mye når usikkerheten omkring fremtidig inntekt er så stor. Fra analysen min viser jeg at handlingsregelen bryter med prinsippet om redusert konsum i dag grunnet usikkerhet i fremtiden. I følge handlingsregelen vil den øke konsumet når usikkerheten i fremtiden øker. Den er inkonsistent med hva jeg har kommet frem til i analysen av tilpasning av en optimal konsumbane. På det grunnlaget kan jeg hevde at handlingsregelen bør endres til en forvaltningsregel som er mer tilpasset optimalt konsum under usikkerhet. Det finnes ingen faktorer i handlingsregelen som tar hensyn til økt usikkerhet av reservoarstørrelsen. Denne størrelsen er svært volatil, og det er sentralt å ha med usikkerheten når denne analyseres. Jeg har igjen vist med analysen min at handlingsregelen ikke er i samsvar med hva optimalt konsum tilsier.

3.0 Kritikk av forutsetningene

I dette del-kapittelet tar jeg for meg noen av de forutsetningene som modellen bygger på, og eventuelt komme med argumenter som støtter dem eller som gjør at det er grunn til å være kritiske til dem.

Modellen er konstruert for to perioder. Det er en forenkling av virkeligheten å anta at tidsperspektivet kan deles inn i det som skjer nå, og det som kommer senere. Jeg kunne nok ha brukt en modell med flere tidsperioder. Men dette er både tidkrevende og avansert, og jeg har derfor valgt å holde meg til bruken av to perioder. Forenklingen gjør at modellen blir stilisert. Når oljeutvinning blir begrenset til to perioder kan det bli store avvik. Det er fordi

oljefond bruker oljeinntekter til å akkumulere den samlede formuen, og bruker rentene av fondet til å opprettholde en økning i konsumet til befolkningen selv etter all oljen har blitt tatt opp av bakken (Van der Ploeg 2010). Van der Ploeg bruker en to-periode modell når han forsker på hvordan en skal håndtere variasjoner med hensyn på oljeutvinning. Men han viser også at det ikke nødvendigvis er slik at en får et bedre anslag på en optimal utvinningsbane for oljeressursene ved bruk av flere perioder. Ved bruk av en tredje periode vil ikke ha innvirkning på hovedresultatene (Van der Ploeg 2010).

I modellen antar jeg at en konsument er representativ for befolkningen. Dette er en vanlig antakelse i makroøkonomiske modeller, men den trenger ikke virke naturlig for alle. Det er flere gode grunner til hvorfor en bruker denne antakelsen i modellen. Et av argumentene er at ved en lang horisont så vil ikke en slik modell avhenge av detaljer i beslutninger av ulike husholdninger. Prediksjonen er at pengetilbudet vil være nøytralt på lengre sikt. Det er ulike grunner som kan rettferdiggjøre at en ikke bør bruke en representativ konsument. Men det betyr ikke at en nødvendigvis er nødt til å anta at alle individer ønsker akkurat det samme, og er helt identiske for å anta at aggregert konsum blir det samme. En vil anta at aggregert konsum oppfører seg som hvis det ble valgt med en maksimerende agent (Obstfeld og Rogoff 1996, kap. 1). Jeg antar derfor at forutsetningen om at konsumenten er representativ for befolkningen holder.

Jeg har antatt at konsumentene handler rasjonelt. Men forskning viser at mennesker ikke alltid handler rasjonelt. Noen konsumenter handler på impuls, og kanskje ignorerer eller ikke tar fullstendig hensyn til budsjettrestriksjonen (Pindyck og Rubinfeld 2004, kap. 3). Jeg velger å se bort fra dette, og bruke en rasjonell konsument som en naturlig forutsetning for modellen.

Hotellings regel er det også grunn til å være kritisk til. Modellen i oppgaven er basert på denne regelen som sier at prisene på en ikke-fornybarressurs skal vokse i takt med renten. Basert på empiriske studier virker det ikke som denne antakelsen er oppfylt. Figur 5 fra innledningen tar for seg råvareprisen på olje gjennom det siste århundret, og frem til i dag. Figuren viser utvikling på råvare prisen for olje. Gjennom tidsforløpet viser figuren lite tegn på at prisen på ressursen skal være økende med renten, slik som Hotellings regel slår fast. Figuren viser at oljeprisen har blitt mer volatil etter 1974. Mellom 1949 til 1973 har oljeprisen hatt en stabil reduksjon. Men etter dette har oljeprisen blitt påvirket av alle slags økonomiske og politiske kriser. Mellom 1973-1974 og 1978-1981 var det to oljeprissjokk, som gjorde at

oljeprisen først steg med 60 % for så og nesten tredoble seg. I 1998 var oljeprisen lavere enn den var i 1949, hvis en tar hensyn til inflasjonen. Det kan tyde på at oljeprisen faller på sikt (Kronenberg 2008).

Fra 1998 og frem til midten av 2000-tallet har det vært en markant økning i oljeprisen på grunn av den raske veksten i Kina sin økonomi og den assosierte økningen av oljeetterspørselen. Generelt kan en si at etter 1973 har oljeprisen vært svært volatil, og det er ingen indikasjoner på at oljeprisen er gradvis stigende over perioden. Dette er en sterk kontrast til Hotellings regel, som predikerer at prisene av en ikke-fornybarressurs bør øke med en konstant rate (Kronenberg 2008).

Det er flere grunner til at Hotellings regel kanskje ikke holder. En av årsakene kan være at regelen var utledet under antakelsen om at ressursene kan bli utvunnet uten kostnader. Dette er en akseptabel approksimering dersom det gjelder for olje-land som Saudi-Arabia, men for oljeboring i Nordsjøen er det ganske klart at utvinningskostnadene er større enn null (Sinclair 1994). I analysen hvor modellen er basert på petroleumsfondet er det naturlig å la utvinningskostnaden være en positiv marginalkostnad, se utledning av modell to. Forskjellen mellom ressursprisen og marginalkostnaden vil ikke være profitt, slik en i økonomisk perspektiv ofte ser det. Det er verdien av hva som ligger igjen i bakken fremfor å utvinne det. En annen måte å si det på er at dette er alternativkostnaden til å utvinne en ressurs, «royalty». Når det ikke finnes marginal utvinningskostnader er disse to de samme, men når de er positive er disse ganske ulike. Summen av «royalty» er ressursprisen som vokser med renten og konstante marginal kostnader, så vil prisen vokse saktere enn «royalty». Selv om en legger på utvinningskostnader gjør at Hotellings regel gir mer interessant innsikt, så kan de ikke forklare den fallende ressursprisen. Prisene bør ennå vokse, men med en rate som er litt lavere enn renten (Kronenberg 2008).

Marginalkostnadene vil falle over tidsperioden dersom en antar at det skjer en teknologisk utvikling. Ressursprisen er en kombinasjon av «royalty», som vokser over tid, og marginalkostnaden som faller på grunn av en teknologisk prosess. Dersom utvinningskostnadene er høye og den teknologiske utviklingen er rask vil det medføre en periode med fallende ressurspriser. På lang sikt vil «royalty» -effekten dominere, og prisene vil stige igjen. Krautkraemer (1998) viste at teknologiske prosesser kan brukes til å forklare en U-formet prisutvikling, hvor priser først faller for så å stige over tid. Hvis den teknologiske utviklingen skulle være grunnen til at regelen ikke stemmer finnes det implikasjoner som gir

kontraindikasjoner mot dette. For eksempel vil den fallende ressursprisen bare være midlertidig, fordi på lengre sikt vil utvinningseffekten overgå kostnadsreduksjonseffekten, og ressursprisen vil øke (Krautkraemer 1998).

Utgangspunktet i Hotellings modell er det antatt at den totale ressursstokken er av en bestemt størrelse, og er gitt med sikkerhet. I realiteten er kunnskaper rundt den totale tilgjengelige ressursstokken usikker. Det blir til stadighet funnet nye ressursfelt ved forandringer eller ved og utforske nye områder. Nye oppdagelser medfører at ressursstokken økes. Dette vil igjen føre til at marginalkostnaden på utvinningen reduseres fordi de øker andelen på ressursene som er igjen i bakken. Hvis en antar at ressursstokken er veldig liten, og utforskningen øker den kjente stokken med en stor andel, så vil det bli en substansiell fall i marginalkostnadene. I et slikt tilfelle vil kostnadene falle mye i perioder som er karakterisert av suksessfulle oppdagelser. På lengre sikt vil utforskningsmuligheter være begrenset, og utforskningen vil ikke gi avkastning lengre. Når nye oppdagelser blir sjeldnere, holder basisen for Hotellings regel, og ressursprisene øker igjen (Kronenberg 2008).

I petroleumsfondet er antakelig ikke alle feltene funnet ennå, og det finnes nok helt sikkert åpnete felt som kan videreutvikles. Det gjør at ressursstokken er usikker, og det er vanskelig å se hva fremtiden vil bringe. Hotellings regel er basert på en endelig ressursstokk som er sikker. I oppgaven har jeg antatt at den er usikker, og kan varierer over tid. Denne antakelsen er gjort, fordi det er mest i tråd med virkeligheten.

Hotellings regel baseres på mange antakelser, men selv om disse blir tatt hensyn til så skal likevel regelen være gjeldene. Oljeprisen utgjør en stor del når petroleumsfondet skal avgjøre hvor stor det er, og den fremtidige veksten er av stor betydning. Det er stor likhet mellom usikkerheten jeg tok hensyn til i reservoarstørrelsen i oppgaven, som usikkerheten som er knyttet til Hotelling regel. Usikkerheten vil i begge tilfeller påvirke petroleumsfondet, og det vil bli usikkerhet rundt formuen av fondet. Jeg har valgt å ikke analysere denne usikkerheten i min oppgave, men det kan kanskje være et tema for videre forskning.

4.0 Konklusjon

I oppgaven har jeg analysert tre modeller i forhold til en optimal konsumbane, og jeg har sammenlignet disse resultatene med handlingsregelen.

I den første modellen finner jeg at konsument skal fordeles jevnt over periodene, hvis jeg forutsetter at tidspreferanseraten er lik den neddiskonterte renten. Handlingsregelen har et

mer progressivt forløp som tilsier at en skal spare konsumet i første periode for å kunne bruke mer i neste periode. For innbyggerne vil det være optimalt å følge resultatet i analysen, som strider i mot det handlingsregelen bestemmer. Forutsetningen er svært begrenset i denne modellen, og det er vanskelig å si om dette er et representativt resultat. Den optimale produksjonen vil være vilkårlig, og jeg kan derfor ikke si noe bestemt hvis jeg skal sammenligne med handlingsregelen.

I den andre modellen, hvor jeg tar hensyn til kostnader og teknologiforbedring, er resultatene fra analysen litt mer oppsiktsvekkende. Når jeg analyserer optimal produksjon ved formuesøkning på grunn av nye teknologiske fremskritt, finner jeg at produksjonen skal reduseres i første periode. Da tilsier handlingsregelen at konsumet også skal reduseres. Når jeg analyserer optimalt konsum med den samme formuesøkningen, så blir resultatet at optimalt konsum skal økes. Det optimale konsumet strider mot det handlingsregelen tilsier, nemlig at innbyggerne skal konsumere mindre. Når jeg analyserer produksjonen med hensyn til en formuesøkning i reservoarstørrelsen finner jeg at produksjonen skal økes, som igjen gir at handlingsregelen vil øke konsumet. Dette samsvarer med det jeg finner når jeg analyserer optimalt konsum med samme formuesøkning. Handlingsregelen kan virke rigid når den bare baserer konsumet på inntekten fremfor andre faktorer. I analysen har jeg brukt to enkle formuesøkninger, hvor i et av tilfellene viser handlingsregelen seg å være inkonsistens. Det kunne kanskje tenkes at den skulle ha litt flere faktorer eller elementer når den la fundamentet for å forvalte konsumet til befolkningen. Analysen viser at handlingsregelen ikke er i samsvar i forhold til hva optimalt konsum skulle tilsi, og en kunne kanskje ha modernisert regelen litt.

I den siste modellen, analyserer jeg hva som skjer med modellen hvis jeg inkluderer usikkerhet. Ved optimal produksjon finner jeg at produksjonen enten skal øke eller forbli den samme i første periode. Jeg har en begrensning om at sannsynlighetsparameterne er 0,5. Handlingsregelen tilsier at hvis produksjonen enten økes eller forblir den samme, så skal konsumet enten øke eller være det samme. Når jeg analyserer optimal konsumtilpasning så viser den to sterke argumenter for at konsum under usikkerhet skal reduseres. Igjen har jeg vist gjennom min analyse at handlingsregelen bør endres for at den skal være tilpasset en optimal konsumbane. Handlingsregelen vil øke konsumet til innbyggerne i dag, dersom det er økt usikkerhet i fremtiden.

Resultatet jeg har kommet frem til støttes av andre forskere. Van der Ploeg har vist at dersom myndighetene legger ned et prinsipp om forsiktighet, så vil de utvinne olje mer

aggressivt, og legge til rette for en forsiktighetsmotivert sparing. Usikkerhet rundt de økonomiske utsiktene har vist seg å gi en høyere forsiktighetsmotivert sparing. Det vil også gi en mer aggressiv olje-utvinning (Van der Ploeg 2010). I min analyse fikk jeg at en skulle øke produksjonen av petroleum i første periode, som er en mer aggressiv utvinning, og redusere konsumet i samme periode (forsiktighetsmotivert sparing).

Flere resultater viser at usikkerhet vil generelt øke lengden på planleggingshorisonten, og det impliserer en mer konservativ utvinningspolitikk. Den belager seg på å utvinne en andel lik den forventede verdien av usikker ressursstokk, som tar lengre tid enn forventede verdi av den optimale planleggingshorisonten (Kumar 2002). Disse resultatene er det som kommer til uttrykk når en har fått frem forsiktighetsmotivert sparing. Når en øker sparingen blir utvinningspolitikken mer konservativ, og konsumet vil derfor vedvare lengre, som i neste omgang betyr at horisonten på ressursutnyttningen vil øke.

Det er viktig å understreke at forskerne ikke tar hensyn til hva som skjer med handlingsregelen. Analysen min synes å være i samsvar med hva tidligere forskere har funnet.

Svaret på problemstillingen er at petroleumsforvaltningen ikke skal baseres på handlingsregelen. Handlingsregelen er inkonsistent med det som er optimal konsumtilpasning. Analysen min gir at handlingsregelen ikke er noe godt utgangspunkt for formuesforvaltningen. Det ville nok være bedre å ta utgangspunkt i optimal konsumtilpasning. Metoden vil være den beste løsningen for alle parter. Dersom det forekommer større risiko så vil konsumet tilpasse seg deretter. Innenfor forvaltningspolitikken av ikke-fornybare ressurser finnes det flere mulig løsninger. En annen forsker finner at den optimale ekstraksjonspolitikken, til å ekstrahere den usikre ressursstokken som er igjen i bakken, er mer konservativ enn å utvinne etter gjennomsnitt eller forventet verdi (Gilbert 1979). For å unngå konservativ utvinningspolitikk i Norge, som er et resultat av usikkerheten, kan politikken baseres på forventet verdi eller gjennomsnittsverdi. Det er et forslag til videre ettertanke.

Forskere har flere alternativ til hvordan et land skal ha en optimal utvinningspolitikk, også når usikkerheten er knyttet til størrelsen på en ikke-fornybarreserve. Kumar, 2002, gjør framlegg om en utvinnings-konsum-politikk under usikkerhet. Den impliserer at en skal velge en sekvens av tidshorisonter for å ekstrahere optimalt. Politikken baseres kun på den faktiske reserven. Reserven dannes på bakgrunn av den siste informasjonen. Forvaltningen baseres på størrelsen av fremtidige reserver inntil den usikre stokken er fullstendig utvunnet (Kumar

2002). Dette kan være en alternativ tilnærming for en eventuell måte å kalkulere en handlingsregel på.

Innledningsvis viste jeg til et medieoppslag fra sentralbanksjefen, som ønsker å endre handlingsregelen. Jeg deler hans oppfatning, fordi analysen min bekrefter at handlingsregelen må endres. Det mest oppsiktsvekkende funnet jeg har gjort, er å vise at med større usikkerhet vil handlingsregelen øke konsumet. Med den store usikkerheten som finnes i reservoarstørrelsen vil petroleumsfondet tappes etter kort tid. I kontrast til Øystein Olsens mening, er jeg overbevist om at det ikke nytter å redusere avkastningskravet med kun ett prosentpoeng for å innfri det. Handlingsregelen må endres.

Referanseliste:

- Akram, Qaisar Farooq. 2004. «En effisient handlingsregel for bruk av petroleumsinntekter». *Norges Bank*. Working paper(Norges bank : online): 40.
- Brander, Anna Sandvig. 2010. «- SV har utnyttet finanskrisen», februar 5. Tilgjengelig fra: <http://e24.no/makro-og-politikk/frykter-at-handlingsregelen-er-doed/3503255>. (Hentet:14.05.12)
- Cappelen, Ådne. 2000. «Om bruk av oljeinntekter innenlands». Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/forskning/foredrag/arkiv/art-2000-10-06-01.html>. (Hentet: 13.03.12)
- Darmstadter, Joel. 2012. «Confrontation Ahead». www.rff.org. Tilgjengelig fra: http://www.rff.org/RFF/Documents/RFF-Resources-179_Feature-Darmstadter.pdf. (Hentet: 30.05.12)
- Deshmukh, Sudhakar D., og Stanley R Pliska. 1980. «Optimal Consumption and Exploration of Nonrenewable Resources under Uncertainty». *Econometrica* 48 (1): 177–200.
- Finansdepartementet. 2001. «St.meld. nr. 29 (2000-2001)». Stortingsmelding. 006061-040003. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/20002001/stmeld-nr-29-2000-2001-.html?id=194346>. (Hentet: 13.03.12)
- . 2006. «Statens Pensjonsfond», juni 16. Tilgjengelig fra: http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/tema/statens_pensjonsfond.html?id=1441. (Hentet: 14.05.12)
- Fisher, Irving. 1956. *Theory of Interest*. New issue of 1930 ed. Augustus M Kelley Pubs.
- Gilbert, Richard J. 1979. «Optimal Depletion of an Uncertain Stock». *Review of Economic Studies* 46 (1): 47–57.

- Gundersen, Nils, og Nils H. Lundberg. 2011. «Petroleum». I *Store Norske Leksikon*. I store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <http://snl.no/petroleum#menuitem7>. (Hentet: 22.05.12)
- Gustavsen, Øyvind, og Hilde Harbo. 2011. «Oljefunn trolig mye større enn antatt». *www.aftenbladet.no*, august 17. Tilgjengelig fra: <http://www.aftenbladet.no/nyheter/okonomi/Oljefunn-trolig-mye-strre-enn-antatt-2850309.html#.T7uFFNWD9iN>. (Hentet: 22.05.12)
- Gylfason, Thorvaldur, Tryggvi Thor Herbertsson, og Gylfi Zoega. 1999. «A mixed blessing. Natural Resources and Economic Growth». *Macroeconomic Dynamics*, 3 utgave.
- Hotelling, Harold. 1931. «The Economics of Exhaustible Resources». *Journal of Political Economy* 39 (2) (april 1): 137–175.
- Krautkraemer, Jeffrey A. 1998. «Nonrenewable Resource Scarcity». *Journal of Economic Literature* 36 (4) (desember): 2065–2107.
- Kronenberg, Tobias. 2008. «Should we worry about the failure of the Hotelling rule?». *Journal of Economic Surveys* 22 (4) (januar 1): 774.
- Kumar, Ramesh C. 2002. «How Long to Eat a Cake of Unknown Size? Optimal Time Horizon Under Uncertainty». *Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne D'économique* 35 (4) (november 1): 843–853. doi:10.1111/0008-4085.00156.
- Lohwater, Arthur. 1982. *Introduction to Inequalities*. MediaFire. Tilgjengelig fra: <http://www.mediafire.com/?1mw1tkgozzu>. (Hentet: 08.04.12)
- Norges Bank Investment Management. 2011. «Markedsverdi», oktober 28, Tilgjengelig fra: <http://www.nbim.no/no/Investeringer/markedsverdi/utgave>. (Hentet: 22.05.12)

- NTB. 2012. «Norges Bank vil endre handlingsregelen». *bt.no*, februar. Tilgjengelig fra: <http://www.bt.no/nyheter/okonomi/Norges-Bank-vil-endre-handlingsregelen-2655917.html>. (Hentet: 22.05.12)
- Obstfeld, Maurice, og Kenneth S. Rogoff. 1996. *Foundations of International Macroeconomics*. The MIT Press.
- Olje- og energidepartementet. 2011. «Meld. St. 28 (2010 – 2011)». Stortingsmelding. Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/regpubl/stmeld/2010-2011/meld-st-28-2010-2011.html?id=649699>. (Hentet: 06.03.12)
- Oljedirektoratet. 2011. *Petroleumsressursene på norsk kontinentalsokkel 2011*. Tilgjengelig fra: <http://www.npd.no/no/Publikasjoner/Ressursrapporter/2011/>. (Hentet: 30.05.12)
- Olsen, Øystein, og Arent Skjæveland. 2002. «Handlingsregelen for bruken av oljeinntekter». I *Hva gjør oljeinntektene med oss?* J.W. Cappelens Forlag.
- Pindyck, Robert S., og Daniel L. Rubinfeld. 2004. *Microeconomics, 6th Edition*. 6th utg. Prentice Hall.
- Van der Ploeg, Frederick. 2010. «Aggressive oil extraction and precautionary saving: Coping with volatility». *Journal of Public Economics* 94 (5–6) (juni): 421–433. doi:10.1016/j.jpubeco.2010.02.005.
- Sandmo, A. 1970. «The Effect of Uncertainty on Saving Decisions». *The Review of Economic Studies* 37 (3) (juli 1): 353–360. doi:10.2307/2296725.
- Simon, Carl P., og Lawrence E. Blume. 1994. *Mathematics for Economists*. 1. utg. W. W. Norton & Company.
- Sinclair, Peter J. N. 1994. «On the Optimum Trend of Fossil Fuel Taxation». *Oxford Economic Papers* 46. New Series (oktober 1): 869–877.

Sydsæter, Knut. 2006. *Matematisk analyse bind 1*. 7. utg. Gyldendal Norsk Forlag AS 2000.

Thøgersen, Øystein. 2004. «Finanspolitisk regelstyring: Mindre fleksibilitet - bedre resultater?» *MAGMA Econas tidsskrift for økonomi og ledelse* 2. Tilgjengelig fra: <http://www.magma.no/finanspolitisk-regelstyring-mindre-fleksibilitet-bedre-resultater>.
(Hentet: 04.04.12)