

Martin Andreas Osnes

Pengepolitikk i en to-sektor økonomi

Masteroppgave i Samfunnsøkonomi

Veileder: Ragnar Torvik

Trondheim, juni 2017

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for økonomi

Institutt for samfunnsøkonomi



Norwegian University of
Science and Technology

Forord

Denne oppgaven konkluderer et femårig studie i samfunnsøkonomi ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet.

Jeg vil gjerne rette en stor takk til alle som har bidratt til denne oppgaven. Jeg ønsker spesielt å takke mine medstudenter for gode lunsjdiskusjoner og mange nyttige innspill og tilbakemeldinger igjennom fem år, jeg hadde ikke vært halvparten av den økonomen jeg er idag uten dere. Til slutt vil jeg gjerne også takke professor Ragnar Torvik for å alltid ha holdt en åpen dør, og for god veiledning gjennom hele arbeidet.

Sammendrag

Jeg tar i denne oppgaven utgangspunkt i tre artikler, (Røisland & Sveen, 2005), (Røisland & Torvik, 2004) og (Røisland & Sveen, 2006). Disse legges til grunn for å utvikle et rammeverk for økonomien med to sektorer: skjermet og konkurranseutsatt sektor. Jeg finner først et statisk sammenslått rammeverk, og utvider så dette til å innebefatte en dynamisk spesifikasjon. Med den dynamiske to-sektor modellen lagt til grunn vurderer jeg effektene en sektorinndeling av økonomien har på den pengepolitiske responsen ved en rekke sjokk. Jeg vurderer også konsekvensene av ulike spesifikasjoner av den pengepolitiske tapsfunksjonen.

Modellen viser at pengepolitisk respons er sterkt avhengig av prioriteringene valgt ved parameteriseringen av den pengepolitiske tapsfunksjonen. Både sektor- og rentestabiliserende hensyn er variasjoner av en pengepolitisk prioritering, og bidrar således primært til å skifte tilpasningen mellom produksjons- og inflasjonsavvik i en sjokkdreven likevekt. Inkluderingen av hensyn til økonomiens sektorielle struktur har en indirekte stabiliserende effekt på pengepolitikken, da det demper utslaget i styringsrenten. Ved en eksplisitt modellering av et rentestabiliserende hensyn går dette på bekostning av utslagene i de andre variablene i den pengepolitiske tapsfunksjonen. Et rentestabiliserende ledd medfører således en jevnere utvikling i de endogene variablene, men et større initielt utslag som følge av et sjokk.

Stabilisering av utviklingen i de endogene variablene og minimering av det pengepolitiske tapet viser seg dermed å være motstridende mål, og den resulterende avveiningen mellom disse er et resultat av den pengepolitiske prioriteringen gitt i målfunksjonen.

Innhold

1	Innledning	1
2	Statisk modell	4
2.1	Modellens relasjoner	4
2.1.1	Produksjon	4
2.1.2	Phillipskurven	7
2.1.3	Valutakurs	8
2.1.4	Pengepolitikken	8
2.1.5	Modellen oppsummert	12
3	Et dynamisk sammenslått modellrammeverk	13
3.1	Modellens relasjoner	13
3.1.1	Modellen oppsummert	15
4	Dynamisk problematikk og simulering av modellen	16
4.1	Minimering av tap i et dynamisk perspektiv	16
4.2	Verktøy og fremgangsmåte	17
4.3	Parametrisering av modellen	19
4.3.1	Konkurransesatt sektors relative vekt av økonomien	19
4.3.2	Pengepolitisk vekt på stabilitet i sektorene	19
4.3.3	Grad av persistens	20
4.3.4	Tilbudselastisitet i sektorene	20
4.4	Steady-state	21
5	Pengepolitiske implikasjoner av rammeverket	22
5.1	Sjokkanalyse	22
5.1.1	Sjokk til inflasjonen - u_t	23
5.1.2	Sjokk til konkurranseutsatt sektor - v_{T_t}	25
5.1.3	Sjokk til skjermet sektor - v_{N_t}	27
5.1.4	Sjokk til valutakursen - z_t	29
5.1.5	Pengepolitisk respons ved bivariate sjokk	30
5.2	Effekt av sektorskillet	32
5.3	Robusthetsanalyse	35
5.3.1	Konkurransesatt sektor som andel av økonomien	35
5.3.2	Tilbudselastisitet i sektorene	37

5.4	Hensynet til rentestabilitet	38
5.4.1	Robusthet i rentestabiliseringen	41
6	Oppsummering og forslag til videre arbeid	44
6.1	Oppsummering	44
6.2	Forslag til videre arbeid	45
	Referanser	47
	Appendices	49

Figurer

1	Simulering av et inflasjonssjokk, u_t	23
2	Simulering av et sjokk til konkurranseutsatt sektor, v_{T_t}	25
3	Simulering av et sjokk til skjermet sektor, v_{N_t}	27
4	Simulering av valutasjokk, z_t	29
5	Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = -1, v_{N_t} = 1$	31
6	Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.5, \varphi_T = \varphi_N = 0$	33
7	Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.25, \varphi_T = 0.10, \varphi_N = 0.15$	34
8	Sammenligning av pengepolitisk tap med og uten sektorielt hensyn	35
9	Simulering av et inflasjonssjokk ved ulike θ -verdier, $\theta = [0.10, 0.30, 0.50]$. .	36
10	Simulering av et inflasjonssjokk v. ulike λ_T -verdier, $\lambda_T = [0.01, 0.05, 0.10, 0.25]$	38
11	Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi_N = 0.30, \varphi_i = 0.10$. .	40
12	Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.25, \varphi_T = 0.06, \varphi_N = 0.09, \varphi_i = 0.10$. .	41
13	Simulering av inflasjonssjokk ved varierende grad av rentestabilisering. Parameterverdier er gitt i tabell 10	43
14	Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = -1, v_{N_t} = 1$ ved identiske sektorer, $\alpha_1 = \lambda_T, \varphi_T = \varphi_N, \theta = 0.5$	53
15	Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = v_{N_t} = 1$ ved identiske sektorer, $\alpha_1 = \lambda_T, \varphi_T = \varphi_N, \theta = 0.5$	53
16	Simulering av inflasjonssjokk uten lag i inflasjon, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi_N = 0.30$	54
17	Simulering av inflasjonssjokk uten lag i inflasjon, $\varphi = 0.50, \varphi_T = \varphi_N = 0$. .	54

Tabeller

1	Variabeloversikt - statisk modell	12
2	Variabeloversikt - dynamisk modell	15
3	Parametre Røisland & Sveen	19
4	Kalibrerte parametre	21
5	Impulsverdier som følge av et inflasjonssjokk, u_t	25
6	Impulsverdier som følge av etterspørselssjokk, v_{T_t}	26
7	Impulsverdier som følge av etterspørselssjokk, v_{N_t}	28
8	Impulsverdier som følge av et valutasjokk, z_t	30

9	Impulsverdier for inflasjonssjokk med og uten rentestabilisering, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi = 0.30$	40
10	Relativ vekting av de pengepolitiske argumentene i figur 13	42

1 Innledning

Den norske økonomien er klart preget av oljeindustrien. Tall fra SSB anslo i 2013 at oljesektoren utgjorde nær 21% av totalt BNP.¹ Samtidig har vi de siste årene sett enorme svingninger i oljeprisen, fra over \$100 per fat i juni 2014, til en bunn på under \$30 per fat i januar 2016.² Dette oljeprisfallet har hatt enorme regionale konsekvenser, og svingningene i oljeprisen har medført at ledighetsratene i områder med tungt innslag av oljerelatert industri har skutt i været. Samtidig har resten av den norske økonomien holdt seg forholdsvis stabil med et godt tempo og positive utsikter. Den norske økonomien har således vært splittet, og de ulike sektorene har stått overfor svært forskjellige økonomiske situasjoner. Dette har medført en problematikk i fastsettelsen av pengepolitikken: hvordan skal sentralbanken reagere på sektorspesifikke sjokk med de nasjonale virkemidlene som inngår i pengepolitikken?

Pengepolitikken omtales gjerne som førstelinjeforsvaret i økonomien. Gjennom rentesettingen kan sentralbanken endre rammevilkårene i økonomien for å imøtekomme endringer. Pengepolitikken og sentralbankens rentesetting er dermed et helt sentralt moment i en hvilken som helst økonomi, og et verktøy som følgelig får mye fokus innen økonomifaget. Det pengepolitiske regimet i Norge har siden 2001 bestått av et eksplisitt inflasjonsmål på 2.5% årlig prisvekst. I tillegg til dette opererer sentralbanken med et mål om å ta hensyn til effekten pengepolitikken har på realøkonomien. Sentralbanken skal også arbeide for at pengepolitikken er robust, det vil si at sentralbanken også er nødt til å jobbe for å ivareta finansiell stabilitet i økonomien. Pengepolitikken omtales derfor gjerne som fleksibel inflasjonsstyring ettersom det ikke er inflasjonen alene som hensyntas.

Ideen for denne oppgaven startet med en gjennomlesning av Øistein Røisland og Tommy Sveens artikkel *Pengepolitikk under et inflasjonsmål*.³ I denne artikkelen kritiserer Røisland & Sveen mangelen på virkelighetsnære modeller for sentralbankens rentetilpasning, og presenterer et alternativt pedagogisk rammeverk til dette formål. Artikkelen legger til grunn et rammeverk der sentralbankens hovedsakelige virkemiddel er styringsrenten, og ikke pengemengden slik det ofte fremgår av tidligere modeller. Med basis i dette viser forfatterne hvordan minimering av en pengepolitisk tapsfunksjon kan benyttes for å fastsette optimal styringsrente.

Det var med dette utgangspunktet at jeg begynte å fundere. Styringsrenten ansees for å ha en nasjonal effekt på de økonomiske rammebetingelsene, og det argumenteres der-

¹(Ådne Cappelen, Eika & Prestmo, 2014)

²Tall hentet fra <http://www.tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>

³(Røisland & Sveen, 2005)

med oftest for at den ikke burde benyttes for å hensynta regionale eller sektorspesifikke effekter. Likevel ser vi at dette er en problematikk som er virkelighetsnær for sentralbanken; hvordan skal sentralbanken tilpasse rentesettingen når det eksisterer et så klart skille mellom sektorene i økonomien? Møtt med to forskjellige sektorer som påvirkes ulikt av rentesetting, hvordan er det optimalt for sentralbanken å tilpasse seg? Det inngår ikke i sentralbankens pengepolitiske mandatet å skulle hensynta særegne sektorer i økonomien, men argumentasjonen for stabilitet i realøkonomien taler likevel for at sektorspesifikke effekter *burde* hensyntas for å motvirke særlig ugustige utfall, med potensiale for å påvirke de aggregerte nivåene.

Ved videre lesning oppdaget jeg *Exchange rate versus inflation targeting: a theory of output fluctuations in traded and non-traded sectors*⁴, en artikkel fra 2004 der forfatterne Øistein Røisland og Ragnar Torvik vurderer effekten av forskjellige sjokk på en to-sektor økonomi under to pengepolitiske regimer: inflasjonsstyring og et strengt valutakursregime. Her fremgår noe av problematiseringen nevnt ovenfor, spesielt det at inflasjonsstyring kan ha uheldig utfall for en internasjonalt konkurranseutsatt sektor. Modellen benytter dog en forenklet modellering av pengepolitikken, og vurderer ikke effekten av fleksibel inflasjonsstyring.

Et annet problem av interesse er den dynamiske dimensjonen knyttet til rentesettingen. Statistiske rammeverk vurderer effekten av pengepolitikken ved modellens endelige horisont, det tidspunktet hvor pengepolitikken har fått sin fulle innvirkning på økonomien. Dette har i tradisjonell økonomisk litteratur som oftest fått en tolkning på 1-3 år. I virkeligheten er derimot sentralbanken nødt til å justere pengepolitikken langt hyppigere enn som så, og følgelig er sentralbankens tilpasning nødt til å innebære en stor grad av forventning og fremsynthet. At dette er en problematikk Norges Bank vurderer fremkommer av brev til Finansdepartementet 27. mars 2001 vedrørende innføringen av retningslinjene for pengepolitikken;

*”Norges Bank legger til grunn at pengepolitikken virker med et betydelig tidsetterslep. Banken må derfor være fremoverskuende i sin rentesetting. Virkningene av renteendringer er usikre og vil variere over tid. Endringer i renten vil bli foretatt gradvis, slik at banken får anledning til å vurdere virkningene av renteendringer og annen ny informasjon om den økonomiske utviklingen.”*⁵

⁴(Røisland & Torvik, 2004)

⁵(“Retningslinjene for pengepolitikken”, 2001)

Det er altså ønskelig at det inkluderes dynamikk i modellene for rentesettingen. Denne problematikken forsøkes hensyntatt i *Pengepolitikk under et inflasjonsmål: en dynamisk analyse*.⁶ Her utvider Røisland & Sveen det statiske rammeverket til å inneha en dynamisk spesifikasjon, hvilket tillater sentralbanken å ta hensyn til optimalt variabelforløp også før målet er nådd. Dermed går sentralbankens rentesettingsproblematikk fra å innebære målet ved politikkenes endetidspunkt, til å innebefatte alle mulige perioder.

Med utgangspunkt i disse artiklene, forsøker jeg i denne oppgaven å bidra ytterligere til fagfeltet ved å kombinere det sentralbankorienterte rammeverket til Røisland og Sveen med to-sektor-modellen til Røisland og Torvik. Jeg bygger med dette en dynamisk to-sektor modell, og benytter denne til å vurdere sentralbankens rentebeslutningsproblem. Jeg kan ikke fastslå optimalitet i den dynamiske rentesettingen, men vurderer effekten av ulike sjokk til økonomien, effekten av et sektorskille og effekten av et rentestabiliserende hensyn i den pengepolitiske tapsfunksjonen.

Oppgaven er oppdelt i seks deler. I kapittel 2 redegjør jeg for det eksisterende modellrammeverket, og utvikler en statisk sammenslått modell på basis av dette. I kapittel 3 videreutvikler jeg denne sammenslåtte modellen til å innebære en dynamisk spesifikasjon. Kapittel 4 diskuterer problematikk ved løsning av DSGE-modeller, samt redegjør for programvaren Dynare og simulering av modellen. I 5 diskuterer jeg de pengepolitiske implikasjonene av det dynamiske rammeverket, og analyserer effektene av sjokk i modellen, effekten av sektorskillet og effekten av innførselen av et rentestabiliserende ledd i den pengepolitiske tapsfunksjonen. Kapittel 6 konkluderer arbeidet med en oppsummering av resultatene, samt diskuterer forslag til videre arbeid innenfor feltet. I appendiks presenteres bevis og supplementerende figurer. Referanser til disse samt relevant litteratur vil presenteres fortløpende i oppgaven.

⁶(Røisland & Sveen, 2006)

2 Statisk modell

I denne delen utleder jeg det statiske rammeverket med utgangspunkt i de to artiklene (Røisland & Sveen, 2005) og (Røisland & Torvik, 2004), med sikte på å videre kunne utvide denne modellen til en dynamisk spesifikasjon i del 3.

Det statiske rammeverket gir oss muligheten til å vurdere effekten av pengepolitikken ved politikken endelige horisont, etter at den har fått sin fulle innvirken i økonomien. Rammeverket består av en enkel modell for en liten, åpen økonomi med én skjermet og én konkurranseutsatt sektor. Modellen består totalt av 8 ligninger som definerer aggregert produksjon, produksjon i skjermet og konkurranseutsatt sektor, nominell og reell valutakurs, inflasjon, sentralbankens målfunksjon og førsteordensbetingelsen for minimum av tapsfunksjonen.

2.1 Modellens relasjoner

Notasjonsmessig er det noen små forskjeller mellom de to modellene, og det er ønskelig å samle modellene under en felles notasjon. Jeg velger derfor å skrive om, og benytter superscript ‘ f ’ for å definere utenlandske variable, ‘ $*$ ’ for å definere likevektsvariable, ‘ e ’ for å definere forventninger og subscript ‘ N ’, ‘ T ’ for å definere sektorspesifikke variable, henholdsvis for skjermet og konkurranseutsatt sektor. Videre vil sjokk i produksjonen defineres ved v , sjokk til inflasjon defineres ved u , og valutastjokk defineres ved z .

Begge modellene som legges til grunn er spesifisert på logaritmisk form, og alle variabeleffekter kan dermed tolkes som elastisiteter. Modellen til (Røisland & Torvik, 2004) spesifiserer i tillegg modellen som et avvik fra en steady-state-løsning, og dette er en spesifikasjon som jeg ivaretar. Følgelig vil alle variable kunne tolkes som et avvik fra en likevektssituasjon, og i likevekt vil alle modellvariable være lik 0. Dette er viktig for tolkningen av modellen, og diskuteres ytterligere senere i oppgaven.

2.1.1 Produksjon

Vi starter modellutledningen ved å spesifisere ligningene for produksjon i modellen. Med utgangspunkt i (Røisland & Sveen, 2005) og (Røisland & Torvik, 2004) har vi to ulike modellspesifikasjoner som definerer dette. Der hvor (Røisland & Sveen, 2005) bygger en produksjon basert på IS-ligningen, modellerer (Røisland & Torvik, 2004) samlet tilbud som en vektet sum av de ulike sektorene i økonomien. Fra artikkelen til Røisland & Sveen har vi at produksjonen er gitt ved

$$y = y^* - \alpha_1(i - \pi^e - r^*) + \alpha_2(e - e^*) + v \quad (1)$$

mens i artikkelen til Røisland & Torvik er denne gitt ved

$$y = \theta y_T + (1 - \theta)y_N \quad (2)$$

$$y_N = \lambda_N(p_N - w) + v_N \quad (3)$$

$$y_T = \lambda_T(p^f + s - w) + v_T \quad (4)$$

Ligning (1) definerer etterspørselen som et avvik fra potensiell produksjon som følge av et rente-, valuta- og sjokk-ledd, i henhold til en standard IS-spesifikasjon. Her er y aggregert produksjon, y^* potensiell produksjon, i innenlandsk rentenivå, π^e forventninger til inflasjonen og r^* likevektsrentenivået. e er reell valutakurs, e^* er likevektsvalutakurs, og v er et etterspørselssjokk. α_1 og α_2 er parametre. Ligningen gir at etterspørselen er negativt avhengig av den innenlandske realrenten, og positivt avhengig av en deprimert valutakurs. En økt innenlandsk realrente påvirker konsum og investeringsbeslutninger, gjør det gunstigere å spare, og øker lånekostnader i økonomien, og har følgelig en kontraktiv effekt på økonomien. En svakere realvalutakurs (en oppgang i e) medfører at innenlandske varer og tjenester blir relativt rimeligere i forhold til utenlandske, hvilket medfører en økt etterspørsel etter innenlandske goder. En depresiering av valutakursen har følgelig en ekspansiv effekt gjennom etterspørselen.

(2) definerer derimot tilbudet som et vektet snitt av produksjonen i de to sektorene, skjermet og konkurranseutsatt. Ligning (3) gir at godene i skjermet sektor, y_N , avhenger positivt av den innenlandske prisen, p_N , og negativt av den nominelle lønnen w . Lønnen w antas for enkelthetens skyld å være lik i begge sektorene, men da lønnen uansett er en eksogen variabel har dette ikke noen særlig konsekvens for resultatet av modellen. λ_N er et parameter som gir tilbudselastisiteten med hensyn til reallønnen, og v_N er et tilbudssjokk til sektoren. Denne relasjonen følger av et standard profittmaksimeringsproblem under fullkommen konkurranse, der lønnen er gitt og arbeidskraft er eneste variable innsatsfaktor. Ligning (4) gir tilsvarende at godene i konkurranseutsatt sektor, y_T , avhenger av prisen på verdensmarkedet målt i innenlandsk valuta, $p^* + s$, samt negativt av den nominelle lønnen, w . λ_T er tilbudselastisiteten i sektoren, og v_T er et tilbudssjokk til sektoren.

Konkurransesatt sektor er sammensatt av bedrifter som eksporterer og importerer i verdensmarkedet, og som følgelig er utsatt for internasjonal konkurranse. Vi tar i modellen utgangspunkt i en liten, åpen økonomi, og dermed er disse bedriftene å anse for prisfaste kvantumstilpassere uten noen effekt på verdensmarkedsprisen, p^f . Skjermet sektor antas derimot å kun operere i det innenlandske markedet uten påvirkning av den internasjonale økonomien. Vi tar dermed utgangspunkt i at skillet mellom skjermet og konkurransesatt sektor er absolutt. Følgelig vil det innenlandske rentenivået være variabelen av primær interesse for den skjermede sektoren, mens det vil være valutakursen som er viktigst for konkurransesatt sektor. Denne forskjellen medfører at pengepolitikken har en ulik påvirkning på sektorene, og er dermed helt sentralt for problemstillingen i oppgaven.

Det kan argumenteres for at steady-state i Røisland-Torvik sammenfaller med potensiell produksjon i Røisland-Sveen, altså at vi kan forvente en likevekt i begge modeller når $y = y^*$. Potensiell produksjon definerer nivået som er forenlig med jevn og stabil inflasjon, samt optimal utnytting av ressursene. Vi kan dermed anta at potensiell produksjon er nivået økonomien vil tendere mot på lang sikt dersom vi ser bort i fra eksterne forstyrrelser, en løsning som også stemmer godt overens med steady-state. Da vi har definert alle variable lik 0 i en likevektssituasjon kan vi følgelig finne en sammenslåing av de to modellene uten særlige problemer.

Vi ønsker å beholde det sektorielle skillet, og kan dermed trygt legge til grunn ligning (2) som basis for modellen vår.

$$y \equiv \theta y_T + (1 - \theta)y_N \quad (5)$$

Dette er en enkel identitet, den definerer at aggregert produksjon er lik den vektete produksjonen i sektorene. θ er en parameter som gir handlet sektor sin relative andel av økonomien, og skjermet sektor vil da utgjøre de resterende $1 - \theta$.

Ligning (4) bygger en sektor som er dominert gjennom valutakanalen, og følgelig velger vi å beholde spesifikasjonen for konkurransesatt sektor:

$$y_T = \lambda_T(p^f + s - w) + v_T \quad (6)$$

hvor y_T er godene i skjermet sektor, $p^f + s$ er prisen på verdensmarkedet målt i innenlandsk valuta, og w er den nominelle lønnen. λ_T er tilbudselasticiteten i sektoren, og v_T er et etterspørselssjokk til sektoren.

For den skjermede sektoren er ikke spesifikasjonen fra (3) tilstrekkelig. Som argumentert tidligere er den innenlandske renten av stor viktighet for sektoren, men (3) inkluderer ikke noen renteeffekt i spesifikasjonen. Vi må derfor legge til dette som et argument i ligningen. Vi velger å videreføre spesifikasjonen i fra Røisland og Sveen, der realrenten virker gjennom et α_1 -parameter. I ligning (1) inngår det også et r^* -ledd som definerer langsiktig likevektsrente, det naturlig rentenivået når økonomien befinner seg i likevekt. Fra før har vi at dette er definert lik 0 i likevekt, og leddet faller dermed bort.

Den endelige spesifikasjonen av skjermet sektor er dermed gitt som

$$y_N = \lambda_N(p_N - w) - \alpha_1(i - \pi^e) + v_N \quad (7)$$

hvor y_N er samlet etterspørsel, p_N er prisen på skjermede goder, w er nominell lønn, i er det innenlandske rentenivået og π^e er inflasjonsforventningene. v_n er et etterspørselssjokk til sektoren, λ_N er tilbudselastisiteten i sektoren, og α_1 er en parameter som definerer renteresponsen i sektoren.

2.1.2 Phillipskurven

Phillipskurven gir sammenhengen mellom inflasjonen og sysselsettingen i modellen, sysselsettingen her gitt ved nivået i produksjonen. Røisland-Sveen gir Phillipskurven på følgende form:

$$\pi = \pi^e + \gamma_1(y - y^*) + \gamma_2(e - e^*) + u \quad (8)$$

hvor π er inflasjon, og π^e er forventet inflasjon. γ_1 definerer hvor følsom inflasjonen er overfor produksjonsgapet, definert ved $y - y^*$. γ_2 definerer hvor følsom inflasjonen er overfor avvik fra likevektsrealvalutakursen, gitt som $e - e^*$. u er et inflasjonssjokk, og inneholder alle andre eksogene faktorer som kan påvirke inflasjonen. Vi velger å beholde denne spesifikasjonen, men utelater slik vi gjorde for r^* likevektsvariablene, da disse er definert lik 0. Følgelig ender spesifikasjonen som

$$\pi = \pi^e + \gamma_1 y + \gamma_2 e + u \quad (9)$$

Denne ligningen gir at inflasjonen påvirkes direkte av aktivitetsnivået og valutakursen i økonomien. Når aktiviteten øker, øker også sysselsettingen i økonomien. Den økte sysselsettingen slår gjennom i form av økte lønninger, som også bidrar til å presse prisene opp. Denne lønns- og prisspiralen medfører at inflasjonen tiltar. I tillegg påvirkes inflasjo-

nen av endringer i realvalutakursen. En depresiering gir bedret konkurranseevne og økt etterspørsel etter innenlandske goder, som slår igjennom i form av pris- og lønnsvekst. Depresiert valutakurs øker også prisen på importerte innsatsfaktorer, og de økte kostnadene bidrar videre til å presse prisene opp. Den relative prisøkning på utenlandske varer slår også inn gjennom dyrere import av varer og tjenester.

2.1.3 Valutakurs

Videre definerer vi nominell og reell valutakurs likt med Røisland-Sveen:

$$s = \epsilon - (i - i^f) + z \quad (10)$$

$$e = s + p^f - p_N \quad (11)$$

der s er nominell valutakurs, ϵ er forventninger til fremtidig valutakurs, i er innenlandsk rentenivå, i^f er utenlandsk rentenivå og z er et valutasjokk. e er reell valutakurs, p^f er utenlandsk prisnivå og p_N er innenlandsk prisnivå. Ligning (10) gir altså at nominell valutakurs tar utgangspunkt i udekket renteparitet, en forutsetning om at den forventede avkastningen skal være lik mellom de to valutaene slik at det ikke eksisterer arbitrasjemuligheter. Ligning (11) gir den reelle valutakursen som avvik fra prisparitet, det utenlandske prisnivået målt i innenlandsk valuta fratrukket det innenlandske prisnivået.

2.1.4 Pengepolitikken

Det pengepolitiske virkemiddelet i modellen består av sentralbankens styringsrente. Gjennom endringer i styringsrenten har sentralbanken muligheten til å påvirke produksjonen og inflasjonen gjennom direkte og indirekte effekter. Pengepolitikken antas vanligvis å ha fem kanaler for påvirkning, som samlet betegnes transmisjonsmekanismen. Disse fem kanalene er

1. Den direkte valutakurskanalen til inflasjon
2. Realrentekanalene til samlet etterspørsel
3. Valutakurskanalen til samlet etterspørsel
4. Etterspørselskanalen til inflasjon
5. Forventningskanalen til inflasjon

En økning i den nominelle renten medfører at realrentene, gitt i modellen som $i - \pi^e$, øker. For utenlandske renter holdt uendret vil dermed rentedifferansen øke, og udekket

renteparitet tilsier at den innenlandske valutakursen skal appresiere. Dette medfører at import av utenlandske goder og tjenester blir relativt sett billigere, som reduserer inflasjonen i økonomien. Dette er den direkte valutakurskanalen til inflasjon, og er i modellen gitt ved $\gamma_2 e$ i Phillipskurven.

Økningen i realrentene medfører også at det blir gunstigere å spare, dyrere å låne og mindre lønnsomt å investere. Dette har en kontraktiv effekt på den innenlandske økonomien, gitt her i modellen gjennom leddet i skjermet sektor, $-\alpha_1(i - \pi^e)$. Dette er den direkte realrentekanalene til samlet etterspørsel. Den appresierte valutakursen gjør også at innenlandske goder har blitt relativt sett dyrere målt i utenlandsk valuta, og eksporten vil følgelig falle. Dette er valutakurskanalen til samlet etterspørsel, og er i modellen gitt i gjennom handlet sektor, $\lambda_T(p^f + s - w)$.

Reduksjonen i samlet etterspørsel som følge av renteøkningen og valutaappresieringen vil senke tempoet i økonomien, og vil svekke veksten i priser og lønninger. Dette er kjent som etterspørselskanalen til inflasjon. I modellen er dette gitt i Phillipskurven ved $\gamma_1 y$.

Den siste kanalen er forventningskanalen til inflasjon. Denne baserer seg på at rasjonelle aktører vil oppdatere sine forventninger til fremtidig inflasjon basert på tilgjengelig informasjon. Ved at aktørene endrer sine forventninger vil også rentesettingen kunne påvirke økonomien gjennom forventningene til markedsaktørene. En økt styringsrente vil eksempelvis medføre en forventning om lavere fremtidig inflasjon, hvilket kan dempe lønnskravene hos fagforeninger og prispress hos bedrifter.

For å beskrive pengepolitikken tar vi utgangspunkt i den samme tapsfunksjonen som foreslås av Røisland-Sveen. Denne er gitt som:

$$L = \frac{1}{2}[(\pi - \pi^*)^2 + \lambda(y - y^*)^2] \quad (12)$$

Sentralbankens tapsfunksjon er målfunksjonen som sentralbanken forsøker å minimere igjennom pengepolitikken. Denne tar utgangspunkt i sentralbankens pengepolitiske mandat. Mandatet gir at sentralbanken skal arbeide for å nå en stabil prisvekst hvert år, men også ta hensyn til stabilitet i produksjon og sysselsetting. Tapsfunksjonen gitt i ligning (12) modellerer dette tapet som det kvadrerte avviket i inflasjon, pluss et lambda-vektet kvadrert avvik i produksjonen. Denne lambda-vekten reflekterer følgelig hvor tungt sentralbanken hensyntar stabiliteten i produksjonen relativt til inflasjonen. Dersom $\lambda = 0$ bryr sentralbanken seg kun om inflasjonsnivået, og det pengepolitiske regimet kan karakteriseres som streng inflasjonsstyring. At tapet er kvadrert reflekterer det faktum at alt avvik fra likevekt ansees for å være like kostbart fra sentralbankens perspektiv. Tapets

fortegn skal altså ikke ha noen effekt. Følgelig vil det også være ønskelig med en tilpasning med flere små avvik fremfor enkelte store, da den kvadratiske formen på tapsfunksjonen fort tilsier at store avvik blir svært kostbare.

Vi kan, i tråd med modellens forutsetninger for likevekt, fjerne π^* og y^* -variablene fra spesifikasjonen. I tillegg kan det være aktuelt å legge inn hensyn til sektorinndelingen av økonomien i tapsfunksjonen. Dette gjøres i (Leitemo, Røisland & Torvik, 2003). Her tar forfatterne utgangspunkt i en to-sektor-modell som er svært lik den modellen (Røisland & Torvik, 2004) presenterer. De argumenterer blant annet for at det kan oppstå motstridende sjokk i sektorene, og dermed at det ikke tilstrekkelig å kun vurdere tapet i den aggregerte variabelen da perfekt motsatt korrelerte sjokk potensielt kan utligne hverandre på det aggregerte planet. Isteden må sentralbanken vurdere både det aggregerte avviket, og det vektete avviket i sektorene. De foreslår også tilføyelsen av et rentestabiliserende ledd for å straffe hyppig og reaksjonær pengepolitikk.

(Leitemo et al., 2003) foreslår altså en alternativ spesifikasjon av tapsfunksjonen på formen:

$$L = \frac{1}{2}[\pi^2 + \lambda_y y^2 + \lambda_{y^N} (y^N)^2 + \lambda_{y^T} (y^T)^2 + \lambda_i (\Delta i)^2] \quad (13)$$

Vi velger å videreføre denne tapsfunksjon, men ser foreløpig bort fra det rentestabiliserende leddet. Jeg returnerer imidlertid til dette i del 5.4. Tapsfunksjonen blir dermed

$$L = \frac{1}{2}[\pi^2 + \varphi_T y_T^2 + \varphi_N y_N^2 + \varphi y^2] \quad (14)$$

der $\varphi_T, \varphi_N, \varphi \in [0, 1]$ er parametre som gir sentralbankens vektlegging av stabilitet i henholdsvis konkurranseutsatt sektor, skjermet sektor, og aggregert produksjon relativt til stabilitet i inflasjonen. Sentralbanken søker å minimere denne tapsfunksjonen ved å sette renten, i , slik at funksjonen minimeres med hensyn til argumentene. Optimal rentesetting er dermed som rentenivået som minimerer tapsfunksjonen, gitt ved førsteordensbetingelsen:

$$\pi \frac{\partial \pi}{\partial i} + \varphi_T y_T \frac{\partial y_T}{\partial i} + \varphi_N y_N \frac{\partial y_N}{\partial i} + \varphi y \frac{\partial y}{\partial i} = 0 \quad (15)$$

Denne førsteordensbetingelsen kan omskrives til

$$\pi = -\frac{\varphi(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_{\dots} - \frac{\varphi_T\lambda_T}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_{T\dots} - \frac{\varphi_N\alpha_1}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_N \quad (16)$$

For utledning av denne, se appendiks A. Sentralbanken skal altså sette renten i slik at forholdet mellom inflasjon og produksjon gitt i (16) opprettholdes. Vi kan kjenne igjen delene av denne førsteordensbetingelsen som delene av transmisjonsmekanismen i hver av relasjonene i modellen. I skjermet og konkurranseutsatt sektor virker renten gjennom henholdsvis α_1 og λ_T . Det betyr at den felles renteeffekten på aggregert produksjon er den vektete summen av disse effektene, slik vi ser i telleren av det første uttrykket i (16). Tilsvarende gir telleren i det andre og tredje leddet renteeffektene i henholdsvis konkurranseutsatt og skjermet sektor. For inflasjonen påvirker renten gjennom γ_1 av aggregert produksjon, og γ_2 av valutakursen. Ettersom at differensialet av valutakursen mht. renten er perfekt inverst, $\frac{\partial e}{\partial i} = -1$, blir γ_2 stående alene i ligningen. Førsteordensbetingelsen krever følgelig at endringen i hver av produksjonsvariablene relativt sett til endringen i inflasjonen skal vektet med deres pengepolitiske vekt i tapsfunksjonen.

Vi ser at førsteordensbetingelsen stemmer godt overens med det resultatet som fremkommer av den opprinnelige artikkelen til (Røisland & Sveen, 2005). I likhet med deres funn krever førsteordensbetingelsen at fortegnet for inflasjonsutviklingen og kapasitetsutnyttelsen skal være motsatt av hverandre i optimalitet. Dette skyldes at det ellers hadde vært mulighet for å redusere tapet ved en enkel rentejustering, hvilket hadde tilsagt at vi ikke befant oss i optimalitet. I tillegg ser vi at konkurranseutsatt og skjermet sektor ideelt skal samme fortegn i sitt avvik fra likevekt, og at dette fortegnet igjen skal være motsatt av utviklingen i inflasjonen. Dette begrunnes i at pengepolitikken har lik effekt på de to sektorene, dog med forskjellig effektivitet. Dette resultatet, og implikasjonene det medfører, diskuteres videre i del 5.1.5

Både tapsfunksjonen og førsteordensbetingelsen er sterkt preget av parameterverdiene vi velger å tilføye $\varphi, \varphi_T, \varphi_N$, samt parameterverdiene for elementene i transmisjonsmekanismen. Disse parameterne har følgelig store implikasjoner for den pengepolitiske responsen. Dette kommer vi til å se tydelig i del 5, og effektene av parameterverdiene diskuteres videre i 5.2 og 5.3.

2.1.5 Modellen oppsummert

Endelig statistisk modell ser derfor ut som følger:

$$y = \theta y_T + (1 - \theta)y_N \quad (5 \text{ gjentatt})$$

$$y_T = \lambda_T(p^f + s - w) + v_T \quad (6 \text{ gjentatt})$$

$$y_N = \lambda_N(p_N - w) - \alpha_1(i - \pi^e) + v_N \quad (7 \text{ gjentatt})$$

$$\pi = \gamma_1 y + \gamma_2 e + u \quad (9 \text{ gjentatt})$$

$$s = \epsilon - (i - i^f) + z \quad (10 \text{ gjentatt})$$

$$e = s + p^f - p_N \quad (11 \text{ gjentatt})$$

$$L = \frac{1}{2}[\pi^2 + \varphi_T y^{T^2} + \varphi_N y^{N^2} + \varphi y^2] \quad (14 \text{ gjentatt})$$

$$\begin{aligned} \pi = & -\frac{\varphi(\theta\lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y \dots \\ & - \frac{\varphi_T \lambda_T}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_T \dots \\ & - \frac{\varphi_N \alpha_1}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_N \quad (16 \text{ gjentatt}) \end{aligned}$$

Dette gir oss endelig statistisk modell med 8 ligninger i 8 endogene variable. En oversikt over variablene i modellen er gitt i tabell 1:

Tabell 1: Variabeloversikt - statistisk modell

Variabeltype	θ	λ_T	λ_N	α_1	γ_1	γ_2	φ_T	φ_N	φ
Parameter	θ	λ_T	λ_N	α_1	γ_1	γ_2	φ_T	φ_N	φ
Endogen	y	y_T	y_N	e	s	π	L	i	
Eksogen	p^f	w	p_N	π^e	ϵ	i^f			
Sjokk	v_T	v_N	z	u					

3 Et dynamisk sammenslått modellrammeverk

I denne delen skal jeg videreutvikle det statiske rammeverket lagt frem i kapittel 2 til å innebære en dynamisk spesifisering, med utgangspunkt i (Røisland & Sveen, 2006). Ved å innføre tidsindeksering av variablene og tillate for etterslep i variabelverdier får vi en mer realistisk representasjon av variabelforløpet og sammenhengene mellom disse. Det dynamiske rammeverket innebærer at vi er nødt til å skrive om relasjonene gitt i det statiske utgangspunktet. Notasjonsmessig markeres nå alle variable med en fotskrift t for å definere periode. t definerer variable i inneværende periode, mens $t-1$ og $t+1$ definerer henholdsvis en periode bakover og fremover i tid.

3.1 Modellens relasjoner

For produksjonen tar vi utgangspunkt i det statiske rammeverket vi har lagt til grunn:

$$y = \theta y_T + (1 - \theta) y_N \quad (5 \text{ gjentatt})$$

$$y_T = \lambda_T(p^f + s - w) + v_T \quad (6 \text{ gjentatt})$$

$$y_N = \lambda_N(p_N - w) - \alpha_1(i - \pi^e) + v_N \quad (7 \text{ gjentatt})$$

I artikkelen til Røisland og Sveen fremgår den dynamiske IS-ligningen tilnærmet identisk med deres eget statiske rammeverk, og er gitt som

$$y_t = y^* + \rho_y(y_{t-1} - y^*) - \alpha_1(r_{t-1}^l - r^*) - \alpha_2(e_{t-1} - e^*) + v_t \quad (17)$$

De velger altså å implementere persistens i produksjonen ved et lag av y , samt et tidsetterslep for effekten av valutakursen på produksjonen. Det fremgår som realistisk at det foreligger en grad av persistens i variablene, og jeg velger derfor å videreføre dette i sektorproduksjonen. Etersom at (5) er en identitet lar vi denne stå uforandret med unntak av tidsindekseringen, og legger til leddene for persistens i sektorligningene (6) og (7). Igjen har vi at likevektsvariablene, y^* , r^* og e^* er definert lik 0 i likevekt, og vi kan dermed se bort i fra disse. De dynamiske ligningene blir dermed:

$$y_t = \theta y_{T_t} + (1 - \theta) y_{N_t} \quad (18)$$

$$y_{T_t} = \sigma_T y_{T_{t-1}} + \lambda_T(p_t^f + s_t - w_t) + v_{T_t} \quad (19)$$

$$y_{N_t} = \sigma_N y_{N_{t-1}} + \lambda_N (p_{N_t} - w_t) - \alpha_1 (i_t - \pi_t^e) + v_{N_t} \quad (20)$$

der σ_T , σ_N er graden av persistens fra forrige periode. π_t^e er en eksogen forventning om fremtidige inflasjonsnivå.

Nominell og reell valutakurs beholdes identisk som tidligere, kun tilført tidsinndeksering.

$$e_t = s_t + p_t^f - p_{N_t} \quad (21)$$

$$s_t = \epsilon_t - (i_t - i_t^f) + z_t \quad (22)$$

der ϵ_t er en eksogen antagelse om fremtidig valutakurs.⁷ For Phillipskurven tar vi utgangspunkt i det dynamiske rammeverket til Røisland & Sveen nok en gang. I likhet med dem legger vi til et bakoverskuende ledd i inflasjon, samt innfører et tidsetterslep i effektene av produksjon- og valutagapet:

$$\pi = \sigma_\pi \pi_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 e_{t-1} + u_t \quad (23)$$

I sentralbankens tapsfunksjon holder det også å tidsinndeksere, men det burde bemerkes at denne funksjonen dermed ikke lenger utgjør det aggregerte tapet for sentralbanken, men heller det perodespesifikke tapet:

$$L_t = \frac{1}{2} [\pi_t^2 + \varphi_T y_{T_t}^2 + \varphi_N y_{N_t}^2 + \varphi y_t^2] \quad (24)$$

Vi søker fremdeles å minimere tapsfunksjonen, men må nå ta hensyn til tapet i alle perioder, ikke bare det perodespesifikke. Vi ønsker med andre ord å minimere

$$\min_{i_t} \bar{L}_t = \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k L_{t,t+k}^e \quad (25)$$

Der \bar{L}_t er det aggregerte, neddiskonterte tapet til sentralbanken over alle fremtidige perioder, med diskonteringsfaktor δ . $L_{t,t+k}^e$ er det forventede perodespesifikke tapet, gitt av ligning (24), for periode k .

⁷Både ϵ_t og π_t^e kan alternativt implementeres som endogene forventninger til fremtidig verdi på variabelen, henholdsvis på formen $s_{t,t+1}^e$ og $\pi_{t,t+1}^e$. Se 6.2 for ytterligere diskusjon om dette

3.1.1 Modellen oppsummert

Endelig dynamisk modell ser ut som følger:

$$y_t = \theta y_{T_t} + (1 - \theta) y_{N_t} \quad (18 \text{ gjentatt})$$

$$y_{T_t} = \sigma_T y_{T_{t-1}} + \lambda_T (p_t^f + s_t - w_t) + v_{T_t} \quad (19 \text{ gjentatt})$$

$$y_{N_t} = \sigma_N y_{N_{t-1}} + \lambda_N (p_{N_t} - w_t) - \alpha_1 (i_t - \pi_t^e) + v_{N_t} \quad (20 \text{ gjentatt})$$

$$e_t = s_t + p_t^f - p_{N_t} \quad (21 \text{ gjentatt})$$

$$s_t = \epsilon - (i_t - i_t^f) + z_t \quad (22 \text{ gjentatt})$$

$$\pi_t = \sigma_\pi \pi_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 e_{t-1} + u_t \quad (23 \text{ gjentatt})$$

$$L_t = \frac{1}{2} [\pi_t^2 + \varphi_T y_{T_t}^2 + \varphi_N y_{N_t}^2 + \varphi y_t^2] \quad (24 \text{ gjentatt})$$

$$\min_{i_t} \bar{L}_t = \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k L_{t,t+k}^e \quad (25 \text{ gjentatt})$$

Vi har dermed dynamisk modell med 8 ligninger for 8 endogene variable. Som før benytter vi førsteordensbetingelsen for et minimum av den pengepolitiske tapsfunksjonen som den åttende ligningen vår for å determinere den innenlandske styringsrenten. Utledning av denne diskuteres ytterligere i del 4.1. En oversikt over variablene i modellen er gitt i tabell 2.

Tabell 2: Variabeloversikt - dynamisk modell

Variabeltype	θ	σ_T	λ_T	σ_N	λ_N	α_1	σ_π	γ_1	γ_2	φ_T	φ_N	φ
Parameter	θ	σ_T	λ_T	σ_N	λ_N	α_1	σ_π	γ_1	γ_2	φ_T	φ_N	φ
Endogen	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	s_t	π_t	L_t	i_t				
Eksogen	p_t^f	w_t	p_{N_t}	π_t^e	ϵ_t	i_t^f						
Sjokk	v_{T_t}	v_{N_t}	z_t	u_t								

4 Dynamisk problematikk og simulering av modellen

Med det dynamiske rammeverket lagt til grunn har vi nå en to-sektor modell som kan benyttes for å analysere pengepolitikken. Før jeg gjør det vil jeg utdype om førsteordensbetingelsen for minimum av den pengepolitiske tapsfunksjonen i det dynamiske rammeverket, samt presentere Dynare, programvaren jeg har benyttet for simuleringen.

4.1 Minimering av tap i et dynamisk perspektiv

Den primære forskjellen mellom den dynamiske og statiske modellen vi har lagt til grunn består av hvorvidt variablene er tidsindeksert, og dermed hvorvidt vi kan observere en perodesvis utvikling i økonomien. I det statiske perspektivet finnes det ingen perioder, modellen gir kun løsning ved endelig politikhorisont. Følgelig behøver kun sentralbanken å hensynta tapsfunksjonen slik den er gitt i (14). Dette tillater enkelt en eksplisitt løsning, slik vi fant ved førsteordensbetingelsen for minimum i ligning (16). Her krever førsteordensbetingelsen at det i optimalitet skal være et motsatt fortegn mellom utviklingen i produksjonen og inflasjonen relativt sett til likevektssituasjonen.

I det dynamiske perspektivet er imidlertid problematikken mer kompleks enn som så. Ved en dynamisk optimal løsning er det ikke kun tapsfunksjonens verdi ved endelig periode som er av betydning, men også det perodesvise tapet i alle perioder inkludert i modellhorisonten. Det betyr at en optimal løsning ikke nødvendigvis skal minimere tapet i en enkel periode, men heller sørge for at det aggregerte diskonterte tapet gitt ved (25) er minst mulig. Det legger en rekke beskrankninger på hvordan rentebanen kan forløpe seg.

En dynamisk løsning er derfor langt mer krevende å finne analytisk enn den statiske, da vi også er nødt til å hensynta at løsningen er et optimalt forløp av variabler som avhenger av verdier i både inneværende og tidligere perioder. Slik blir hver periode raskt en rekursiv funksjon av en rekke variabler, og dynamisk optimalitet krever følgelig at dette systemet tilfredstiller bibetingelsene for minimum over alle perioder. Grunnet kompleksiteten ved en slik løsning har jeg valgt å benytte førsteordensbetingelsene for minimum av den statiske modellen for å fastsette den innenlandske renten i også i det dynamiske

rammeverket. Denne er altså gitt ved:

$$\pi = -\frac{\varphi(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_t \dots - \frac{\varphi_T\lambda_T}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_{T_t} \dots - \frac{\varphi_N\alpha_1}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y_{N_t} \quad (26)$$

Implikasjonene dette har for tolkningen av modellen er forholdsvis greie. I stedet for å finne optimaliserende adferd for en fremoverskuende sentralbank finner vi den kortsiktige adferden til en myopisk sentralbank som kun praktiserer diskresjonær pengepolitikk, altså tilpasser seg på en periodesvis basis. Dette gjør at rentesettingen ikke kan hevdes å være optimal, men gir oss likevel et godt utgangspunkt for å vurdere dynamikken i modellen. Det kan argumenteres for at diskresjonær pengepolitikk muligens er en mer realistisk modellering av sentralbankens sanne adferd, da få sentralbanker i dag strengt forplikter seg til fremtidig politikk. Til tross for dette er utarbeiding av den sanne dynamiske optimale pengepolitiske responsfunksjonen, og en sammenligning av diskresjonær og forpliktende pengepolitikk av interesse, og foreslås som et tema for fremtidig arbeid. Dette diskuteres i del 6.2.

4.2 Verktøy og fremgangsmåte

Modellen er som følge av simultanitet relativt tungvint å løse analytisk. Jeg har derfor benyttet meg av programvaren Dynare for å kunne simulere utviklingen i modellen.⁸ Dynare er en programvareplattform hovedsakelig utviklet av CEPREMAP⁹, og er istand til å håndtere en bred klasse av økonomiske modeller. Programmet er imidlertid spesialisert innen løsning av Dynamisk Stokastiske Generelle Likevektsmodeller, såkalte DSGE-modeller. Dynare opererer i et Matlab- eller Octave-miljø. Det vil si at mens modellen spesifiseres ved egen kode innad i Dynare-systemet, omregner programmet deretter dette til kode som kan kjøres i Matlab- eller Octave-miljøet, hvorpå systemet løses. Dette tillater Dynare å benytte seg av Matlabs algoritmer for effektiv håndtering av store og komplekse matriser for størst mulig effektivitet.

Ved simulering og sjokktesting av modellrammeverk er det av helt sentral interesse

⁸For utdypende informasjon om Dynare og mulige applikasjoner, se (Adjemian et al., 2011).

⁹Centre Pour La Recherche Économique et Ses Applications, et økonomisk forskningsinstituttet basert i Paris.

hvorvidt rammeverket er stokastisk eller deterministisk. Ved et deterministisk rammeverk antas det at tilstedeværelsen og verdien av alle fremtidige sjokk er gitt med sikkerhet. Slik vil fremoverskuende variable perfekt forutse sjokk som inntreffer. Ved stokastiske rammeverk er det derimot kun fordelingen av fremtidige sjokk som er kjent. I et deterministisk rammeverk vil agenter følgelig ta alle fremtidige verdier for gitt, da disse verdiene er gitt på det tidspunktet hvor løsningen beregnes. I et stokastisk rammeverk vil agentene derimot kun vite at verdiene av fremtidige sjokk er tilfeldige, og at de er fordelt med et gjennomsnitt lik null.

Forskjellen ved løsningen av disse er kritisk. Ved et stokastisk rammeverk kan agenten i bestefall spesifisere et beslutnings- eller politikk-kriterie for fremtidige perioder; hva optimalt handlingsmønster vil være betinget på alle mulige realiseringer av sjokkene. En løsning av modellen krever derfor at man søker en funksjon som tilfredsstillende alle førsteordensbetingelser av modellen. Ved et deterministisk rammeverk kan modellen imidlertid løses ut med forutsetning om perfekt fremoverskuenhet. For simuleringen består dermed det numeriske problemet av å løse et ikke-lineært system av simultane ligninger i n endogene variable og T perioder. Løsningen av dette krever at den numeriske simuleringen finner variabelforløpet i de endogene variablene som stemmer overens med modellens sjokkstruktur, dette er kun en tallsekvens som passer overens med de gitte relasjonene. Som standard benytter Dynare en newtonsk metode¹⁰ for å samtidig løse ligningene for alle perioder i dette simultane ligningssystemet. Fordi den resulterende Jacobi-matrisen av utregningen er i størrelsesorden $n \times T$, og følgelig vil være veldig stor ved store modeller, nyter Dynare godt av å kunne benytte seg av Matlabs algoritmer for matrisebehandling.¹¹

Dynare tar utgangspunkt i en likevektssituasjon før den initielle perioden, og deretter inntreffer informasjon om et fremtidig eller samtidig sjokk blant agentene i modellen. Simuleringen tillater oss dermed å observere responsen i påvente, og som direkte konsekvens, av et sjokk frem til systemet kan returnere til opprinnelig likevekt. Dynare gir oss muligheten til å legge til både midlertidige og permanente sjokk i modellen. Forskjellen mellom disse er selvfølgelig, under et midlertidig sjokk forsvinner sjokkverdien slik at modellen returnerer til sin originale likevekt ved slutten av sjokkperioden. Ved et permanent sjokk må imidlertid modellen tilpasse seg en ny likevekt. Dynare gir oss dermed muligheten for å enkelt og presist simulere utviklingen i de endogene variablene som følge av et midlertidig eller permanent sjokk. For å muliggjøre repliserbarhet av simuleringene

¹⁰Gitt i (Juillard, 1996)

¹¹Se også http://www.dynare.org/manual/index_25.html#Deterministic-simulation for mer om hvordan Dynare simulerer deterministiske modeller.

ligger Dynare-koden benyttet for simuleringene vedlagt i Appendiks B.

4.3 Parametrisering av modellen

Før vi kan simulere modellen er vi nødt til å verdisette parameterne benyttet. Mange av disse parameterne kan finnes i litteraturen, slik som (Røisland & Sveen, 2006). Fra kalibreringen herifra finner vi parameterne gitt i tabell 3.

Tabell 3: Parametre Røisland & Sveen

IS-kurven		Phillipskurven		Tapsfunksjonen	
δ_y	0.80	σ_π	0.70	φ	0.50
α_1	0.15	γ_1	0.03		
		γ_2	0.06		

Vi i velger å benytte disse parameterverdiene for simuleringen. Det er imidlertid fremdeles en del av parameterne i modellen som ikke er blitt verdisatt, og hvor ingen opplagte verdier fremkommer av litteraturen. Vi er dermed nødt til å se nærmere på disse.

4.3.1 Konkurransetsatt sektors relative vekt av økonomien

θ definerer konkurranseutsatt sektor sin relative andel av den totale økonomien. I modellen trekkes det et absolutt skille mellom skjermet og konkurranseutsatt sektor, en klar forenkling av virkeligheten. Da dette skillet ikke eksisterer langt på nær like eksplisitt i virkeligheten er det vanskelig å nøyaktig tallfeste størrelsen på θ -parameteret. Vi kan likevel for enkeltheltens skyld sette $\theta = 0.4$. Det er sannsynlig at et slikt parameter i virkeligheten er vesentlig mindre, men fra et teoretisk perspektiv er det interessant å vurdere effekten av å ha en stor konkurranseutsatt sektor. En robusthetstest av dette gjøres i del 5.3.1.

4.3.2 Pengepolitisk vekt på stabilitet i sektorene

φ_N og φ_T spesifiserer vekten sentralbanken tilegner stabilitet i sektorvariablene i den pengepolitiske tapsfunksjonen. En høyere verdi av φ_N øker eksempelvis kostnadene (målt i verdien på tapsfunksjonen) av et avvik i den skjermede produksjonen, y_{Nt} . Vi har fra tabell 3 en verdi for φ på 0.50. Med et θ -parameter på 0.4, kan vi vekte stabiliteten i hver av sektorvariablene identisk med deres relative andel av det aggregerte nivået. Dermed

blir $\varphi_T = \theta\varphi = 0.2$, og $\varphi_N = (1 - \theta)\varphi = 0.3$. Det er verdt å merke seg at dette effektivt dobler hensynet som tillegges stabilitetet i produksjonen sammenlignet med den originale spesifikasjonen der sektorvariablene ikke inngår i tapsfunksjonen. Dette diskuteres videre i del 5.2

4.3.3 Grad av persistens

Vi har tre parametre som definerer graden av persistens i variablene; σ_T for y_{Tt} , σ_N for y_{Nt} og σ_π for π_t . Graden av persistens kan eksempelvis rasjonaliseres i at enkelte bedrifter benytter seg av enkle indekseringsregler basert på tidligere perioder når de planlegger for fremtiden. Graden av persistens tillater også å fange opp tregheter i variable. Fra (Røisland & Sveen, 2006), og gjengitt i tabell 3, har vi estimater for persistens i både produksjon og inflasjon, δ_y og σ_π , og vi legger disse til grunn for modellen. Vi antar for enkelthetens skyld også at persistensen i skjermet og konkurranseutsatt sektor er lik, slik at $\sigma_T = \sigma_N = 0.80$.

4.3.4 Tilbudselastisitet i sektorene

λ_T og λ_N er positive konstanter som måler tilbudselastisiteten med tanke på reallønnen. Caroline Espegren argumenterer i (Espegren, 2015) for at disse parametrene vil være et mål på sysselsettingsintensiviteten av produksjonen i de to sektorene, da arbeidskraft er den eneste variable innsatsfaktoren knyttet til produksjonen. Hun postulerer også det er sannsynlig at konkurranseutsatt sektor vil være relativt mindre sysselsettingsintensiv enn skjermet sektor, altså at $\lambda_T < \lambda_N$, et resonnementet jeg velger å holde ved. Det burde nevnes at mens λ_N har en relativt liten vekt i den følgende analysen, spiller λ_T en helt sentral rolle. Dette skyldes at det er gjennom λ_T at valutakursen får sin effekt i konkurranseutsatt sektor. Da vi ser relativt store daglig valutasingninger i markedet uten dramatiske effekter i på sektoren kan det antas at verdien på parameteren må være forholdsvis liten, og vi setter derfor λ_T og λ_N lik henholdsvis 0.01 og 0.02. Robustheten av denne antagelsen vurderes i kapittel 5.3.2.

En fullstendig oversikt over de kalibrerte parameterverdiene følger i tabell 4.

Tabell 4: Kalibrerte parametre

Sektorligninger		Phillipskurven		Tapsfunksjonen	
θ	0.40	σ_π	0.70	φ	0.50
σ_T	0.80	γ_1	0.03	φ_T	0.20
σ_N	0.80	γ_2	0.06	φ_N	0.30
λ_T	0.01				
λ_N	0.02				
α_1	0.15				

4.4 Steady-state

En av de første tingene Dynare sjekker ved en simulering er hvorvidt programmet kan finne en løsning som definerer steady-state-likevekt for modellen. Ved bruk av de kalibrerte parameterne gitt over finner Dynare en likevekt og steady-state i modellen når alle endogene variable er lik 0. Det stemmer veldig godt overens med teorien vi har lagt til grunn, som argumentert for i kapittel 2.1. Med et dynamisk rammeverk lagt til grunn, kalibrert og løst kan vi dermed vurdere implikasjoner av sjokk i modellen. Vi er klare for å simulere rammeverket.

5 Pengepolitiske implikasjoner av rammeverket

Med det kalibrerte dynamiske rammeverket lagt til grunn kan vi nå vurdere hvordan modellen gir den pengepolitiske responsen ved ulike sjokktilfeller. Det gjøres i del 5.1. Det vil også være av interesse å vurdere hvordan sektorskillet innført i modellen påvirker disse konklusjonene, som gjøres i del 5.2. Del 5.3 tester robustheten av antagelsene vi har lagt til grunn vedrørende parameterverdiene for θ og λ_T . Til slutt, i del 5.4, diskuterer jeg effekten av å inkludere et rentestabiliserende ledd i den pengepolitiske tapsfunksjonen og hvilke implikasjoner dette har for modellen.

5.1 Sjokkanalyse

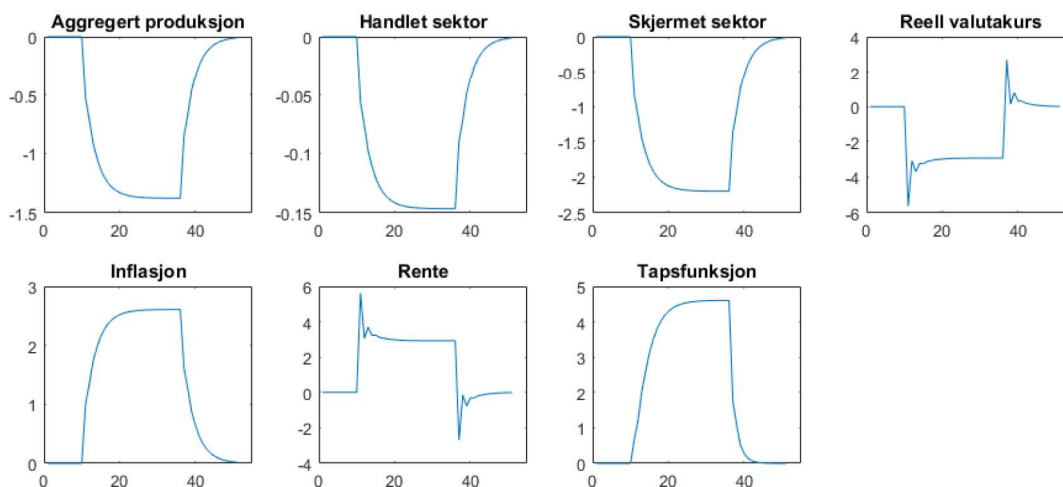
Modellen vi har lagt til grunn inkluderer en rekke sjokkledd, og vi har dermed enkelt muligheten for å vurdere effekten av sjokk til sektorene, inflasjon og nominell valutakurs. Alle sjokkene analyseres som enkeltstående, og økonomien antas å være i steady-state når sjokket inntreffer. Sjokket treffer i periode 10, og vedvarer til og med periode 35 for å la økonomien stabilisere seg til den nye likevekten. Deretter forsvinner sjokkverdien, og økonomien returnerer til steady-state. Den totale perioden for simuleringen er 50 perioder. En periode kan tenkes å vare et sted mellom en og to måneder. Dette gir et plutselig sjokk tid til å gi utslag i økonomien, og sentralbanken tid til å innføre aktuell pengepolitikk, men grunnet rigiditet i priser og lønninger vil vi ikke forvente å se utslag i inflasjon før i tidligst påfølgende periode. I simuleringene kreves det ofte omtrent 15 perioder fra et sjokk har inntruffet til pengepolitikken har fått sin fulle innvirkning. Tolkning på 1-2 måneder tilsier dermed at pengepolitikken innehar den tradisjonelle tolkningen med en horisont på mellom 1 og 3 år.

Da modellspesifikasjonen er gitt på log-log form kan vi tolke alle effekter som elastisiteter. Det vil si at vi ved å sjokke variablene ut av steady-state kan lese av impulsverdiene som prosentvise avvik fra likevektssituasjonen. For å sette en klar og lettfattelig baseline velger jeg å sjokke med verdier på 1, slik at vi kan vurdere konsekvensen av et 1% økning i den sjokkede variabelen. Da modellen tar utgangspunkt i en likevektssituasjon, og sjokkene gjennomføres enkeltvis, har sjokkets fortegn reellt sett liten betydning. Ved et tilsvarende negativt sjokk på 1% vil effektene være nøyaktig inverse av et positivt sjokk, responsen i de endogene variablene er altså perfekt speilvendte om likevekt.

5.1.1 Sjokk til inflasjonen - u_t

Et inflasjonssjokk tilsier et overraskende hopp i inflasjonen, f.eks. grunnet en plutselig økning i priser eller et uforventet sterkt lønningsoppgjør. I modellen er et inflasjonssjokk spesifisert ved sjokkvariabelen u_t i ligning (23), og det er denne vi nå sjokker med et 1% avvik fra likevekt. Figur 1 viser utviklingen i de endogene variablene som følge av sjokket.

Figur 1: Simulering av et inflasjonssjokk, u_t



Vi ser at den plutselige økningen i inflasjonen slår økonomien ut av likevekt. Inflasjonshoppet medfører at sentralbanken er nødt til å øke rentenivået kraftig for å begrense utslaget i den pengepolitiske tapsfunksjonen, og følgelig økes renten raskt fra likevekt på 0 til et maksimum på 5.61%. Dette har en kraftig kontraktiv impuls på produksjonen, og medfører en sterk nedgang i både skjernet og konkurranseutsatt sektor, som følgelig også reduserer det aggregerte produksjonsnivået. Skjernet sektor kontraherer på det maksimale med 2.20% gjennom den direkte rentekanal, α_1 . For konkurranseutsatt sektor slår den negative impulsen gjennom i form av en appresiering av kronkursen. Når sentralbanken responderer på inflasjonsimpulsen med å øke det innenlandske rentenivået appresierer følgelig den nominelle og reelle valutakursen sterkt, med totalt 5.61% i en direkte motreaksjon til rentenivået.¹² Følgelig kontraherer den skjermede sektoren med 0.15% på det meste, og den aggregerte nedgangen bunner ut på -1.37%.

¹²Dette følger av at vi i ligning (22) har at i inngår direkte negativt i valutakursen:

$$s_t = \epsilon_t - (i_t - i_t^f) + z_t \quad (22 \text{ gjentatt})$$

Denne sammenheng medfører at vi i simuleringene alltid vil oppleve at s_t og i_t står i perfekt motvekt rundt likevekt, ceteris paribus.

Tolkningen her er forholdsvis rett frem, et inflasjonssjokk utgjør et pengepolitisk tap for sentralbanken som velger å respondere på sjokket med å sette opp styringsrenten. Denne sterke økningen i renten struper etterspørselen. Med økte rentenivåer blir det mer lønnsomt å spare, dyrere å låne, og mindre lønnsomt å investere. Samtidig medfører det økte rentenivået at flere utenlandske investorer ønsker å investere i norske kroner, og den økte etterspørselen medfører en appresiering av kronekursen. Dette svekker konkurransedyktigheten til eksportbedrifter, da norsk eksport har blitt dyrere i et internasjonalt perspektiv.

Den sterke kontraktive impulsen i sektorene medfører at sentralbanken plutselig er nødt til å hensynta avvik i sektor- og aggregert produksjon, i tillegg til den rene inflasjonsmessige impulsen. Følgelig reduseres styringsrenten noe den påfølgende perioden, som har en bremsende effekt på nedgangen i produksjonen og appresieringen av valutakursen. Vi får deretter en avtagende svingning i renten, før den stabiliserer seg på -2.19% sammenlignet med steady-state. Denne oscillerende effekten skyldes sentralbankens diskresjonære, periodesvise minimering av tapsfunksjonen, samt at inflasjonen virker inn med en periode tidsetterslep. Sentralbanken overskyter derfor i rentesettingen sin, og må i hver periode kompensere for den forhenværende perioden.

Den bremsende effekten av det initielle rentehoppet spiller inn i inflasjonsrelasjonen gjennom produksjonen i γ_1 -leddet, men også gjennom valutakursen i γ_2 -leddet. Interessant nok så er effekten på inflasjonen av valuta dominerende, relativt sett endringene i den aggregerte produksjon. Dette følger av at vi i kalibreringen av modellen fastsatte $\gamma_2 > \gamma_1$. Både appresieringen av valutakursen og den kontrakterende produksjonen har en deflatorisk effekt, men den sterke graden av persistens medfører at den originale impulsen på 1% resulterer i et maksimalt utslag i inflasjonen på 2.61%. Tilveksten i inflasjonen i periodene etter sjokket medfører en ny, dog svak, renteøkning for å kompensere for den ytterligere tilveksten. Denne bølgeaktige effekten avtar dog relativt kjapt, da parameterverdiene effektene spiller gjennom er relativt små, og dermed kjapt kveler ytterligere utslag.

Økonomien stabiliseres dermed i en ny likevekt der det vektete, kvadrerte tapet utgjort av den ekspansive inflasjonen og kontraktive produksjonen akkurat motveier hverandre slik at renten stabiliseres i henhold til førsteordensbetingelsen i ligning (26). Når inflasjonssjokket så forsvinner i periode 36 ser vi en identisk, men motsatt utvikling i det økonomien returnerer til sin originale steady-state, og alle variable returnerer til 0. Tabell 5 viser de maksimale impulsverdiene i de endogene variablene, samt ny likevekt som følge av sjokket. Her kommer det tydelig frem at det er i_t og e_t som oscillerer, da disse har ekstremalverdier som avviker fra likevektsverdiene.

Tabell 5: Impulsverdier som følge av et inflasjonssjokk, u_t

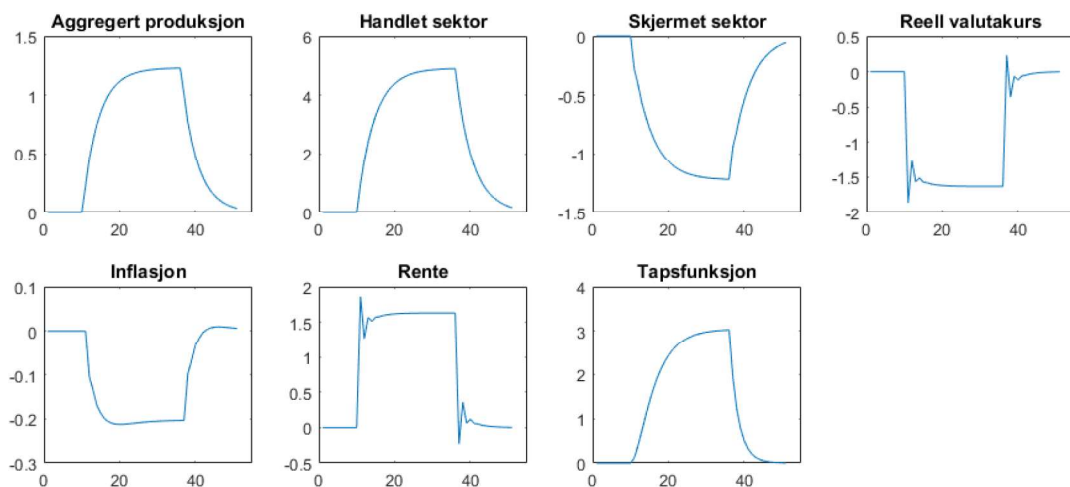
	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	π_t	i_t
Ekstremalverdi	-1.38	-0.15	-2.20	-5.61	+2.61	+5.61
Sjokket likevekt	-1.38	-0.15	-2.20	-2.93	+2.61	+2.93

Oppsummert medfører et positivt inflasjonssjokk en kraftig økning i inflasjonsnivået. I respons til dette øker sentralbanken renten, som har en kontraktiv effekt i begge sektorene og den aggregerte produksjonen. Denne reduksjonen i produksjon og appresieringen i valutakursen bidrar til å motvirke inflasjonen, og stabiliserer økonomien i en ny sjokk-dreven likevekt der $\pi_t, i_t > 0$, $y_t, y_{T_t}, y_{N_t} < 0$.

5.1.2 Sjokk til konkurranseutsatt sektor - v_{T_t}

Et sjokk til konkurranseutsatt sektor kan tenkes å skyldes en plutselig endring i internasjonal etterspørsel. Dette kan skyldes alle faktorer som medfører en kraftig og uventet endring i etterspørsel, slik som internasjonale konjunkturer, krigssituasjoner og mer. Et etterspørselssjokk ifra utlandet er i modellen gitt ved v_{T_t} . Figur 2 viser simuleringen av sjokket.

Figur 2: Simulering av et sjokk til konkurranseutsatt sektor, v_{T_t}



Et sjokk til konkurranseutsatt sektor øker umiddelbart y_{T_t} , og derfor også det aggregerte nivået y_t . Følgelig responderer sentralbanken med en renteøkning for å dempe

tilveksten i produksjonen. Renten hopper fra 0 til 1.86%. Renteøkningen medfører en identisk appresiering av valutakursen på 1.86%. Som følge av renteøkningen svekkes skjermet sektor svakt, -0.28%, som resulterer i at den initielle impulsen på y_t begrenses til 0.23% istedet for de vektete 0.40% vi kunne ventet ifra den isolerte impulsen i konkurranseutsatt sektor. Valutaappresieringen virker også svakt kontraktivt inn på konkurranseutsatt sektor, ved å redusere impulsen fra 1% til 0.98%.

I neste periode spiller imidlertid det økte produksjonsnivået og den appresierte valutakursen inn i inflasjonsrelasjonen. Da $\gamma_2 > \gamma_1$ dominerer den appresierende valutakursen, og vi opplever en deflatorisk impuls. Dette motvirkes av sentralbanken ved å redusere styringsrenten for å hensynta fallet. Følgelig depresierer (eller mer korrekt, svekkes den tidligere appresieringen i) valutakursen, som bidrar til å styrke konkurranseutsatt sektor og aggregert produksjon ytterligere. Dette resulterer igjen i økt styringsrente; valutaen appresierer, ytterligere deflasjon finner sted, og den rekursive effekten gjentas. Nok en gang opplever vi en oscillerende men avtagende tilpasning til den nye likevekten som følge av sentralbankens diskresjonære pengepolitikk, og de laggede verdiene i inflasjonsrelasjonen. Vi ser også at som følge av den høye graden av persistens er den endelige sjokkdrevne likevekten i konkurranseutsatt sektor langt større enn den initielle sjokkstørrelsen.

Økonomien stabiliseres ved ny likevekt der hensynet til stabilitet i y -variablene akkurat oppveier inflasjonshensynet i tapsfunksjonen. Igjen får vi motsatt effekt og en tilbakegang til steady-state med alle variable i 0 når sjokket avtar i periode 36. Tabell 6 viser de maksimale impulsverdiene i de endogene variablene, samt ny likevekt som følge av sjokket.

Oppsummert medfører et positivt sjokk til konkurranseutsatt sektor en økning i sektoren, som fordrer en renteøkning. Dette medfører en kontraktiv impuls i skjermet sektor, appresierer valutakursen, og fører til en nedgang i inflasjonen. Økonomien stabiliserer seg i en sjokkdreven likevekt der $y_t, y_{T_t}, \dot{i}_t > 0$, $y_{N_t}, \pi_t < 0$.

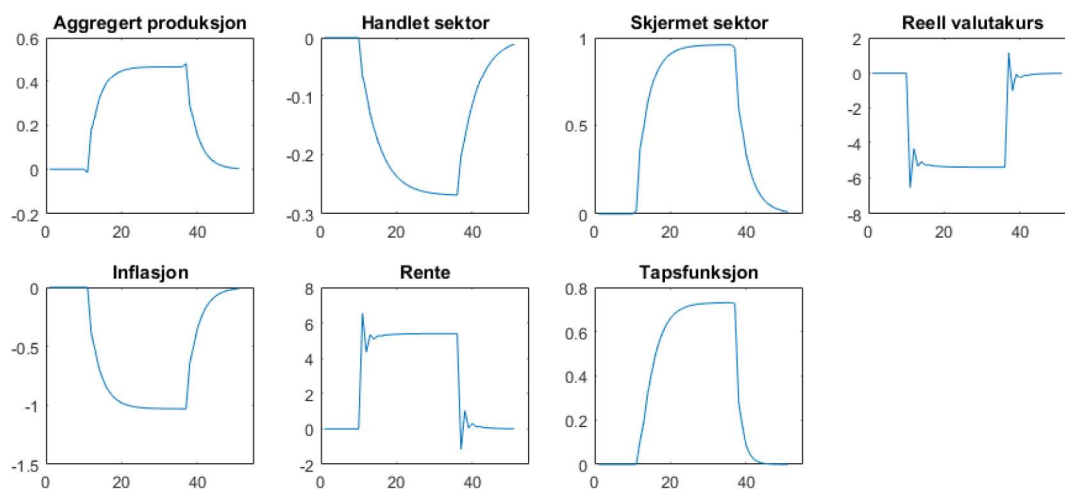
Tabell 6: Impulsverdier som følge av etterspørselssjokk, v_{T_t}

	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	π_t	\dot{i}_t
Ekstremalverdi	+1.23	+4.90	-1.22	-1.86	-0.21	+1.86
Sjokket likevekt	+1.23	+4.90	-1.22	-1.63	-0.20	+1.63

5.1.3 Sjokk til skjermet sektor - v_{N_t}

Et sjokk til skjermet sektor tilsier et etterspørselssjokk i innlandet. Dette kan være grunnet endringer i privat konsum, investeringsadferd eller offentlig utgifter. Vi modellerer et etterspørselssjokk til skjermet sektor ved å sjokke v_{N_t} . Figur 3 viser simuleringen av sjokket.

Figur 3: Simulering av et sjokk til skjermet sektor, v_{N_t}



Den initielle impulsen av sjokket slår inn i y_{N_t} og forplanter seg videre til det aggregerte nivået, y_t . Det kjappe hoppet i produksjonen medfører en umiddelbar og sterk renterespons ifra sentralbanken, og renten øker til 6.54%. Dette har en sterkt appresierende effekt, som bidrar til en kontraktiv impuls i konkurranseutsatt sektor gjennom valutakursen. Denne motimpulsen ifra konkurranseutsatt sektor er faktisk sterk nok til å ikke bare nulle ut den initielle impulsen i det aggregerte nivået, y_t , men trekker også aggregert produksjon marginalt ned i første sjokkperiode. Dette er synlig helt til venstre på kurven for aggregert produksjon i figur 3.

I den påfølgende perioden starter imidlertid den deflatoriske impulsen i inflasjon som følge av valutakursappresieringen, og renten må følgelig reduseres for å kompensere for dette. Impulsen i skjermet sektor får dermed mulighet til å styrkes i det renten reduseres. Nok en gang observerer vi en oscillerende tilpasning til ny likevekt, der renten justeres opp og ned for å balansere hensynet mellom den deflatoriske impulsen i inflasjonen som følge av en appresierende valutakurs, og den ekspansive impulsen i produksjonen som følge av en redusert styringsrente.

Igjen er det interessant å observere at en oppgang i aggregert produksjon akkompagneres av en deflatorisk impuls som følge av renteresponsen. Tradisjonell makroteori tilsier at en økt etterspørsel i økonomien skal bidra til økt sysselsetting, og dermed også et lønns- og prispress som gir en inflatorisk impuls. I simuleringen ser vi imidlertid at den appresierte valutakursen som følger av sentralbankens renterespons dominerer den økende etterspørselen, og inflasjonen svekkes gjennom billigere import. Dette påpekes også eksplisitt i (Røisland & Sveen, 2005). Her trekker forfatterne frem at pengepolitikk i en åpen økonomi vil være mer effektiv i inflasjonsstyring enn i en lukket økonomi. Dette skyldes at kontraktiv pengepolitikk undergraver inflasjonen gjennom svekket produksjon, men også gjennom en appresiert valutakurs (den direkte valutakurskanalen til inflasjon). Følgelig vil det være optimalt å i større grad stabilisere inflasjonen på bekostning av stabilitet i produksjonen, ettersom at pengepolitikken slår mer effektivt inn i inflasjonen.

Det er også verdt å bemerke at pengepolitikken vil ha en selvforsterkende effekt i en modell med eksplisitt modellering av forventningskanalen til inflasjonen. En kontraktiv pengepolitikk fra sentralbanken vil medføre en deflatorisk impuls gjennom både valuta- og etterspørselskanalen. Dette bidrar til å dempe forventningene til fremtidig inflasjon, som videre forsterker realrentenivået. Denne forsterkningen i effektiviteten av pengepolitikken er ikke implementert i denne modellen, da forventningene til det fremtidige inflasjonsnivået modellert i skjermet sektor er gitt som en eksogen variabel, men hadde dette vært implementert kunne det sammenlignes med ‘overshooting’-effekten teoretisert av Rudy Dornbusch.¹³

Ved enden av sjokkperioden observerer vi en motsatt respons i det sjokkverdien nullstilles, og økonomien returnerer til sin opprinnelige steady-state. Tabell 7 viser de maksimale impulsverdiene i de endogene variablene, samt ny likevekt som følge av sjokket.

Oppsummert gir et positivt sjokk til skjermet sjokk et utslag i produksjon som fordrer en pengepolitisk respons. Den påfølgende renteøkningen gir gjennom appresiert valutakurs en kontraktiv impuls til konkurranseutsatt sektor, og reduserer inflasjonen. Vi får en ny sjokkdreven likevekt der $y_t, y_{N_t}, i_t > 0$, $y_{T_t}, \pi_t < 0$.

Tabell 7: Impulsverdier som følge av etterspørselssjokk, v_{N_t}

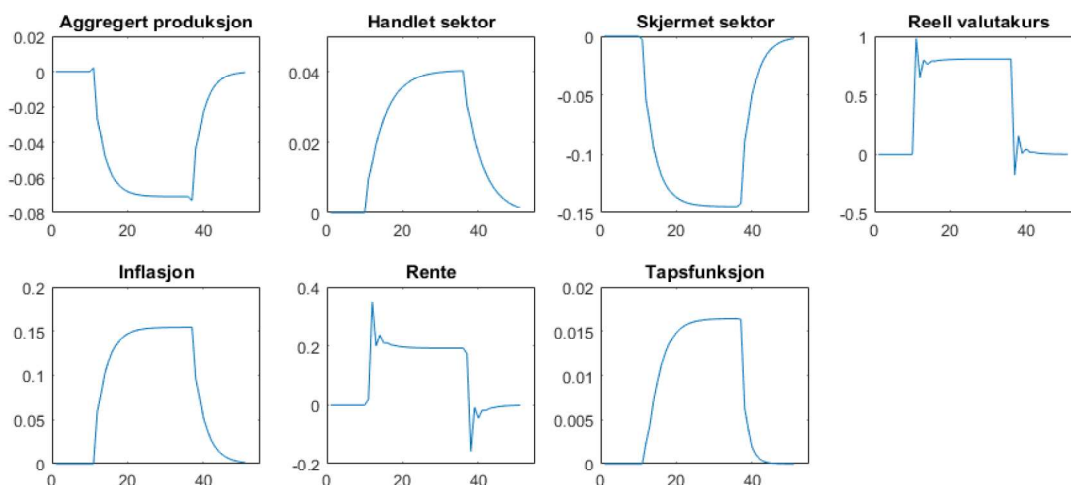
	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	π_t	i_t
Ekstremalverdi	+0.48	-0.27	+0.96	-6.54	-1.03	+6.54
Sjokket likevekt	+0.47	-0.27	+0.96	-5.39	-1.03	+5.39

¹³(Rødseth, 2000)

5.1.4 Sjokk til valutakursen - z_t

Et valutastjokk tilsier en plutselig appresiering eller depresiering av valutakursen. Dette kan skyldes endringer i fundamentale variable som ansees som viktig for den aktuelle økonomien, slik som oljeprisen for den norske økonomien, eller det kan følge av spekulasjon i markedet. Et valutastjokk inngår i modellen som et sjokk i z_t . Figur 4 viser simuleringen av sjokket.

Figur 4: Simulering av valutastjokk, z_t



Sjokket til z_t fører umiddelbart til en depresiering av valutakursen. Valutastabilisering inngår ikke i den pengepolitiske tapsfunksjonen, og dette krever i seg selv ingen respons fra sentralbanken. Vi ser imidlertid at valutastjokket har to klare effekter. Først og fremst resulterer depresieringen i en økning av y_{Tt} , og dermed y_t , som fordrer en svak renteøkning. Denne effekten er imidlertid svært moderat, da valutaeffekten på y_{Tt} kommer gjennom $\lambda_T = 0.01$. Den sterkere effekten skyldes imidlertid at den depresierte valutakursen gir en inflatorisk impuls i påfølgende periode, og det er dette som primært trekker renten opp. Dette resulterer også i en kontraktiv impuls til skjernet sektor, samt en delvis appresiering av valutakursen igjen. Den kontraktive renteffekten i skjernet sektor dominerer den ekspansive effekten den depresierte valutakursen har i konkurranseutsatt sektor, og er også hjulpet av den større relative vekten av skjernet sektor. Konsekvensen er følgelig at vi får en kontraktiv aggregert effekt i y_t .

Vi ser fremdeles en tendens til oscillerende stabilisering i det den kontraktive impulsen i produksjonen motveies av en inflatorisk impuls som følge av valutakursdepresieringen. Økonomien stabiliserer seg omsider til ny likevekt i omtrent periode 24, og når z_t -sjokket

nullstilles i periode 36 ser vi en tilsvarende invers retur til opprinnelig steady-state.

Det er verdt å merke at impulsene som følge av et 1% sjokk til valutakursen er svært moderate sammenlignet med den tilsvarende effekten av sektorspesifikke sjokk eller inflasjonssjokk, og utgjør et veldig lite pengepolitisk tap. Dette skyldes naturligvis at et valutasjokk er det eneste sjokket som ikke direkte gir utslag i den pengepolitiske tapsfunksjonen, og effektene blir dermed svært begrenset av λ_T -parameteret. Tabell 8 viser de maksimale impulsverdiene i de endogene variablene, samt ny likevekt som følge av sjokket.

Oppsummert medfører et valutasjokk en ekspansiv impuls til konkurranseutsatt sektor, samt en økning i inflasjonen. Sentralbanken responderer med en renteøkning, hvilke har en kontraktiv impuls på skjermet sektor og aggregert produksjon. Ny sjokkdreven likevekt oppstår der $y_{T_t}, \pi_t, i_t > 0$, $y_t, y_{N_t} < 0$.

Tabell 8: Impulsverdier som følge av et valutasjokk, z_t

	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	π_t	i_t
Ekstremalverdi	-0.07	+0.04	-0.14	+0.98	+0.15	+0.35
Sjokket likevekt	-0.07	+0.04	-0.14	+0.81	+0.15	+0.19

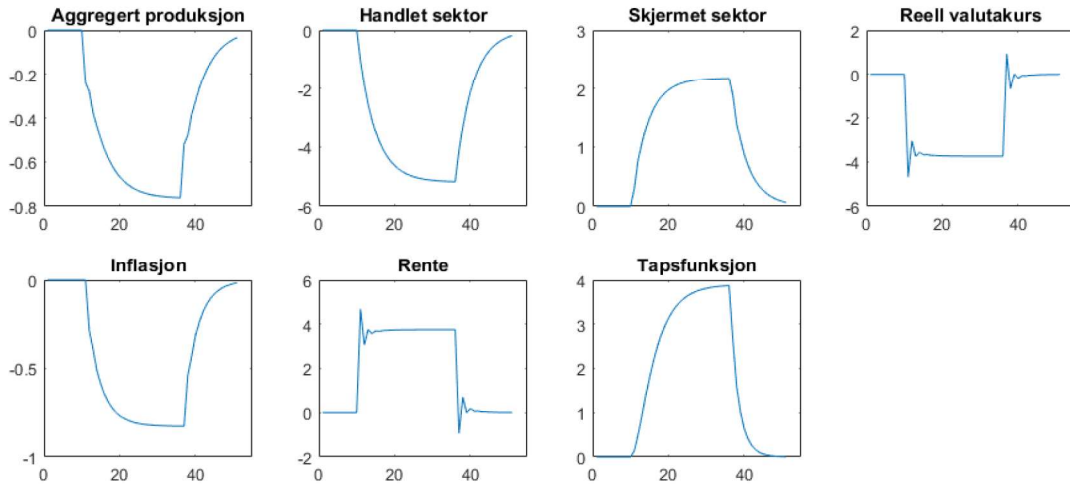
5.1.5 Pengepolitisk respons ved bivariate sjokk

Hittil har jeg kun vurdert effekten av enkelte sjokk i en ellers uforstyrret økonomi. Ifra tolkningen av førsteordensbetingelsen i del 2.1.4 har vi imidlertid kravet om at fortegnet for sektoravvikene skal være identiske. Hva er da implikasjonen for pengepolitikken dersom det ikke kommer kun ett, men to eksogene sjokk samtidig som utfordrer denne betingelsen? Pengepolitikken har identisk effekt på de to sektorene, dog med forskjellig effektivitet. En renteøkning har en kontraktiv impuls på skjermet sektor gjennom den direkte renteeffekten av α_1 . Samtidig vil en renteøkning også appresiere valutakursen, og har dermed en kontraktiv, dog svakere, effekt på konkurranseutsatt sektor. Dersom to sjokk inntreffer samtidig i de to sektorene, men med ulikt fortegn, vil responsen til sentralbanken ikke være opplagt.

Et positivt etterspørselssjokk til skjermet sektor, kombinert med et negativt etterspørselssjokk til konkurranseutsatt sektor eksemplifiserer dette. Her taler situasjonen i skjermet sektor for en renteøkning for å begrense utslaget, men en slik renteøkning vil bidra til å forsterke det negative sjokket i konkurranseutsatt sektor. Et forsøk på å hensynta konkurranseutsatt sektor vil imidlertid forsterke impulsen i skjermet sektor. Resultatet er likevel at skjermet sektor skal prioriteres, da parameteriseringen av effektene i sektorene, størrelsen av sektorene og den relative vekten på sektorene i den pengepolitiske

tapsfunksjonen alle taler for at skjermet sektor skal veie tyngre enn konkurranseutsatt sektor. Rentesettingen vil dermed føres slik at motvirkning av impulsen i skjermet sektor prioriteres. Dette vises i figur 5 der vi ser et simulert bivariat sjokk, med $v_{T_t} = -1$ og $v_{N_t} = 1$. Det fremgår av figuren at rentesetting føres på en fordelsaktig måte for skjermet sektor, men responsen er imidlertid mer moderat enn i tilfellet med et univariat sjokk.

Figur 5: Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = -1, v_{N_t} = 1$



Det vil imidlertid eksistere en verdi for v_{T_t} der utslaget i konkurranseutsatt sektor er såpass mye kraftigere enn sjokket i v_{N_t} , slik at det veier opp for forskjellene i parameter og vektning. Vi kan forenkle modellen et øyeblikk for å se effekten av et slikt sjokk. Det gjør vi ved å likestille parametrene i sektorligningene, størrelsen på sektorene og den relative vektningen av sektorene i målfunksjonen. Dette gis ved $\alpha_1 = \lambda_T = 0.10$, $\theta = 0.5$ og $\varphi_T = \varphi_N = 0.25$. Da får vi resultatet gitt i figur 14, som er vedlagt i appendiks C.

Vi ser at en slik situasjon i praksis ikke gir noe utslag utover impulsene i hver av sektorene. Da sektorene er identisk modellert nuller sjokkene hverandre perfekt ut i det aggregerte planet. Legg merke til at nivåene i produksjon, inflasjon, rente og valutakurs i figur 14 er skalert mellom 10^{-15} og 10^{-17} , og er med andre ord tilnærmet 0. Den lille variasjonen vi ser i figuren skyldes tidsetterslepet i inflasjonsrelasjonen, som medfører at sentralbanken hver periode er nødt til å justere svakt med renten. Dette er dog helt trivielle verdier relativt sett til utviklingen i sektorene, som dominerer målfunksjonen. I praksis ser vi altså at disse to perfekt negativt korrelerte sjokkene utligner hverandre i aggregert nivå, og medfører at det oppstår et stort pengepolitisk tap uten at sentralbanken har mulighet til å føre pengepolitikk for å motvirke dette. Figur 15 i appendiks C viser et helt

tilsvarende sjokk, men hvor sjokkverdien er identisk i begge sektorene, $v_{T_t} = v_{N_t} = 1$. Her ser vi ikke det samme problemet, da sentralbanken igjen kan respondere på en måte som reduserer i tapet i begge sektorene. Perfekt negativt korrelerte sjokk, eventuelt perfekt vektete negativt korrelerte sjokk dersom sektorene i utgangspunktet ikke er identiske, er altså utslag som sentralbanken ikke har mulighet til å motarbeide effektivt kun ved rentesettingen, og det må i et slikt tilfelle vurderes alternative virkemidler.

5.2 Effekt av sektorskillet

Som vi har sett medfører det å ha sektorhensyn inkludert i tapsfunksjonen at sentralbanken responderer direkte på spesifikke sjokk til sektorene. Denne sektorinndelingen er imidlertid en av de hovedsakelige forskjellene mellom denne oppgaven og det originale rammeverket til (Røisland & Sveen, 2006). Vi kan dermed vurdere hvilke konsekvenser dette sektorhensynet har ved å fjerne det fra den pengepolitiske tapsfunksjonen, og på ny vurdere effektene av sjokk. Dette kan enkelt gjøres ved at vi setter $\varphi_T, \varphi_N = 0$, slik at den pengepolitiske tapsfunksjonen forenkles fra

$$L_t = \frac{1}{2}[\pi_t^2 + \varphi_T y_{T_t}^2 + \varphi_N y_{N_t}^2 + \varphi y_t^2] \quad (24 \text{ gjentatt})$$

til

$$L_t = \frac{1}{2}[\pi_t^2 + \varphi y_t^2] \quad (27)$$

som tilsvarende den pengepolitiske tapsfunksjonen i (Røisland & Sveen, 2005). Denne forenklingen medfører også at førsteordensbetingelsen forenkles fra

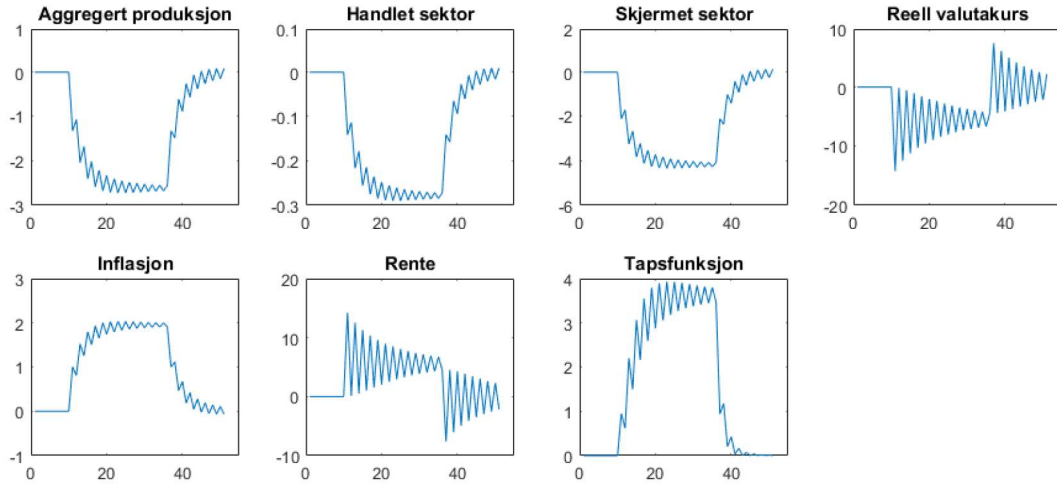
$$\begin{aligned} \pi = & -\frac{\varphi(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_{T_t} \dots \\ & - \frac{\varphi_T \lambda_T}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_{T_t} \dots \\ & - \frac{\varphi_N \alpha_1}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_{N_t} \quad (16 \text{ gjentatt}) \end{aligned}$$

til

$$\pi = -\frac{\varphi(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta\lambda_T + (1-\theta)\alpha_1) + \gamma_2}y \quad (28)$$

Vi kan da på ny vurdere effektene av sjokk til økonomien. Figur 6 viser effektene av et 1% inflasjonssjokk ved en slik forenkling.

Figur 6: Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.5, \varphi_T = \varphi_N = 0$



Det første, og mest merkbare, resultatet av denne forenklingen er at svingningene i de endogene variablene blir ekstremt mye mer prominent. Da inflasjonen spiller inn med en lagget verdi av både produksjon og valutakurs ser vi at sentralbanken alltid ligger ‘et skritt bak’ i rentesettingen, og i neste periode er nødt til å kompensere for inflasjonsimpulsen av forrige periode. Dette gjør at vi får en enorm svingning i både rente og valutakurs, samt en forholdsvis sterk svingning i både produksjon og inflasjon. Dette er naturligvis ikke ønskelig i en reell økonomi, da man kan anta at så store svingninger medføre store reelle kostnader for samfunnet. Dette diskuteres videre i kapittel 5.4. Enn så lenge kan vi fjerne tidsetterslepet i inflasjonsvariabelen¹⁴ for å vurdere den størrelsesmessige forskjellen fra modellen med et sektorielt hensyn, $\varphi_T, \varphi_N > 0$. Disse to variantene er gitt i figur 16 og 17 i appendiks C.

¹⁴Altså endre

$$\pi_t = \sigma_\pi \pi_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 e_{t-1} + u_t \quad (23 \text{ gjentatt})$$

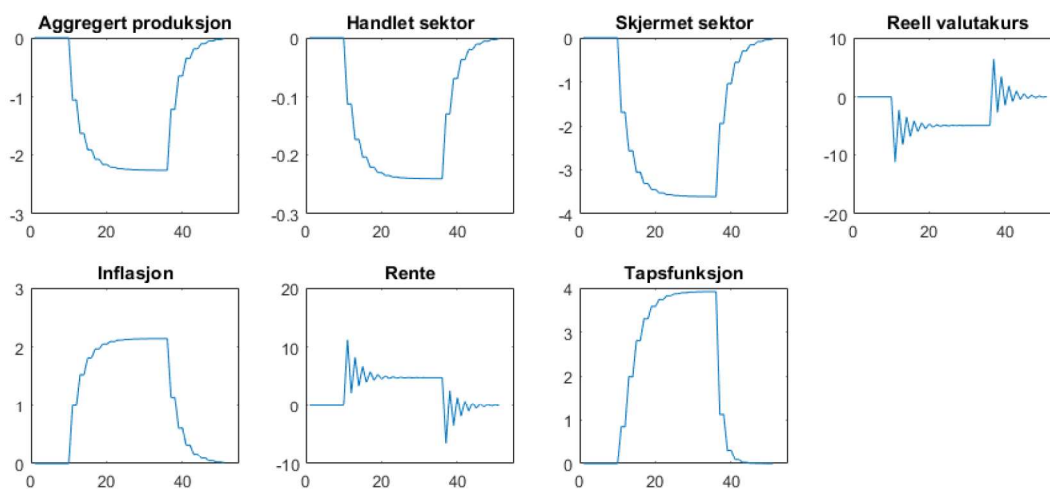
til å istedet bli

$$\pi_t = \sigma_\pi \pi_{t-1} + \gamma_1 y_t + \gamma_2 e_t + u_t \quad (29)$$

Akkurat som vi ville forvente ser vi at innførselen av sektorhensyn medfører et tyngre fokus på stabilisering i produksjonen og sektorene, på bekostning av et økt tillatt inflasjonsnivå. Med sektorhensynet på plass blir utslag i aggregert produksjon straffet hardere, og vi ser at den kontraktive impulsen i aggregert produksjon og sektorproduksjon blir betydelig mindre enn i tilfellet uten sektorhensyn. Til gjengjeld ser vi at økningen i inflasjon blir noe større. Innføringen av sektorhensynet reflekterer altså en endring i den pengepolitiske prioriteringen. Dette resultatet holder generelt for alle de fire sjokkene jeg har analysert hittil.

Dersom vi forsøker å hensynta denne skiftende prioriteringen ved parameteriseringen av φ_T og φ_N kan vi vekte sektorhensynet, slik at den sammenlagte vektingen av produksjonen fremdeles tilsvare det originale nivået på $\varphi = 0.5$. Isåfall blir $\varphi = 0.25$, $\varphi_T = \theta\varphi = 0.10$ og $\varphi_N = (1 - \theta)\varphi = 0.15$, slik at den totale vektingen er ivaretatt. Figur 7 viser responsen til et inflasjonssjokk ved en slik parametrisering:

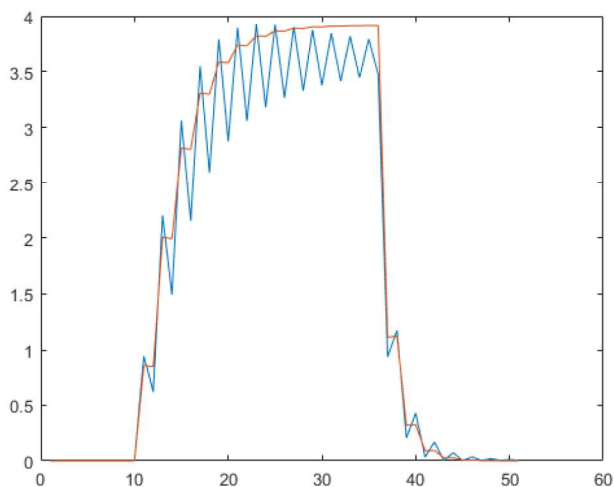
Figur 7: Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.25$, $\varphi_T = 0.10$, $\varphi_N = 0.15$



I dette tilfellet er produksjonen gitt en totalvekt lik det i figur 6, men hensynet er nå fordelt mellom det aggregerte og sektorspesifikke nivået. Vi ser at implementeringen av det sektorielle hensynet medfører at utviklingen i de endogene variablene er mye jevnere. Vi kan her sammenligne verdien på den pengepolitiske tapsfunksjonen i de to tilfellene, dette er gitt i figur 8. Den samlede verdien av det pengepolitiske tapet er identisk i de to tilfellene, men i situasjon uten sektorielt hensyn tillates mye større svingninger i målfunksjonen. Dette synes å skyldes at vi med sektorielt hensyn får et mer direkte utslag i tapsfunksjonen ved hyppig endring av styringsrenten, gjennom α_1 -leddet i skjernet sektor

og λ_T -leddet i konkurranseutsatt sektor. Denne ‘nærheten’ mellom styringsrenten og det pengepolitiske tapet fungerer indirekte som et rentestabiliserende ledd, og begrenser det pengepolitiske handlingsrommet ved å dempe utslaget i rentenivået.

Figur 8: Sammenligning av pengepolitisk tap med og uten sektorielt hensyn



Det er verdt å nevne at en bør utøve forsiktighet ved sammenligning av pengepolitisk tap i situasjoner med ulik pengepolitikk. Dersom vi kun hadde fjernet det sektorielle hensynet, uten å justere slik at det samlede hensynet til produksjon relativt til inflasjon forble likt, ville verdien av det pengepolitiske tapet *alltid* reduseres. Dette er selvforklarende, ved å sette $\varphi_T = 0$ og $\varphi_N = 0$ uten å kompensere tilsvarende i φ skifter vi prioriteringene i målfunksjonen, og fjerner to av beskrankingene i pengepolitikken.

5.3 Robusthetsanalyse

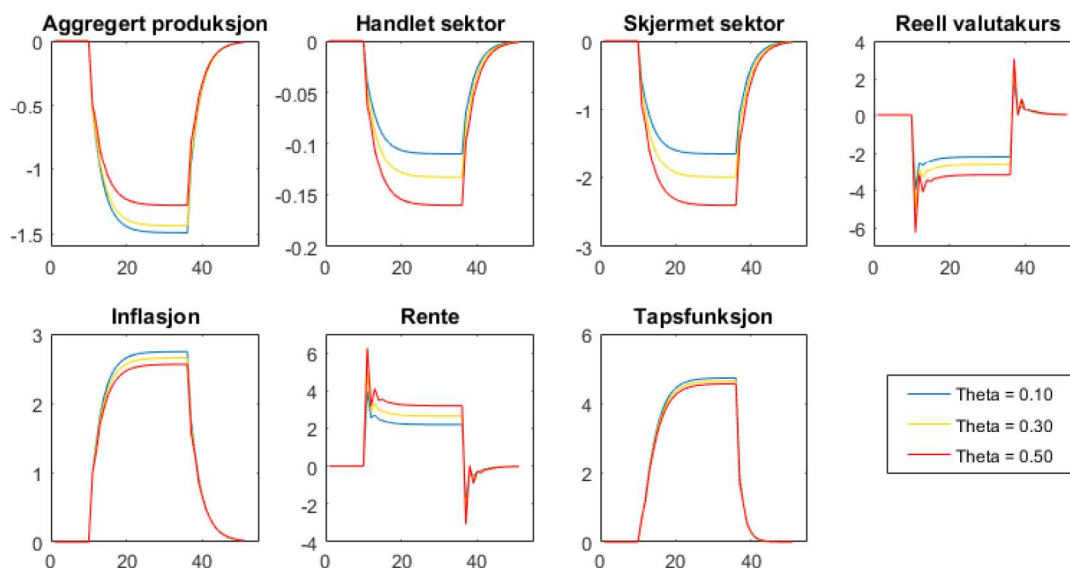
5.3.1 Konkurransetsatt sektor som andel av økonomien

Det ble i 4.3.1 påpekt at den parametriserte verdien på $\theta = 0.4$ antageligvis er for stor relativt sett til reelle norske forhold. Realiteten er at størrelsen på den konkurranseutsatte sektoren varierer stort ut ifra hvilke kriterier man legger til grunn. I (Eika, Strøm & Ådne Cappelen, 2013) påpekes det at konkurranseutsatte næringer i 2012 sysselsatte omlag 12% av arbeidsstyrken, men samtidig utgjorde eksport nesten 54% av samlet brutto nasjonalprodukt. I tillegg må det påpekes at det eksplisitte skillet mellom konkurranseutsatt og skjermet sektor som er lagt til grunn i denne oppgaven ikke er like lett å

finne i virkeligheten, og følgelig er det en rekke næringer som opererer i både innenlands- og utenlandsmarkedet. Av den grunn kan det være interessant å vurdere effektene av en endret θ -verdi. Dette fremgår av figur 9, som gir resultatet av et inflasjonssjokk for fire forskjellige verdier av θ .

En økt θ -verdi tilsier at konkurranseutsatt sektor utgjør en større relativ andel av den aggregerte økonomien. Dette medfører at et større segment av produksjonen nå påvirkes av valutakursen gjennom λ_T -leddet i konkurranseutsatt sektor, fremfor gjennom styringsrenten i α_1 -leddet i skjermet sektor. Følgelig kan renten øke mer når inflasjonssjokket u_t inntreffer; da λ_T er langt mindre enn α_1 vil en renteendring gi et mindre utslag i den aggregerte produksjonen. Det økte utslaget i i_t gjør at skjermet sektor kontrakterer sterkere, men dette veies opp av at skjermet sektor nå utgjør en mindre andel $(1 - \theta)$ enn før. Det økte utslaget i i_t medfører også at valutakursen appresierer kraftigere, som gir en økt kontraktiv impuls i konkurranseutsatt sektor. Dette utslaget er imidlertid skalamessig så mye mindre at det har en liten effekt på det aggregerte nivået, og vi ser at aggregert produksjon følgelig kontrakterer mindre ved økt θ .

Figur 9: Simulering av et inflasjonssjokk ved ulike θ -verdier, $\theta = [0.10, 0.30, 0.50]$



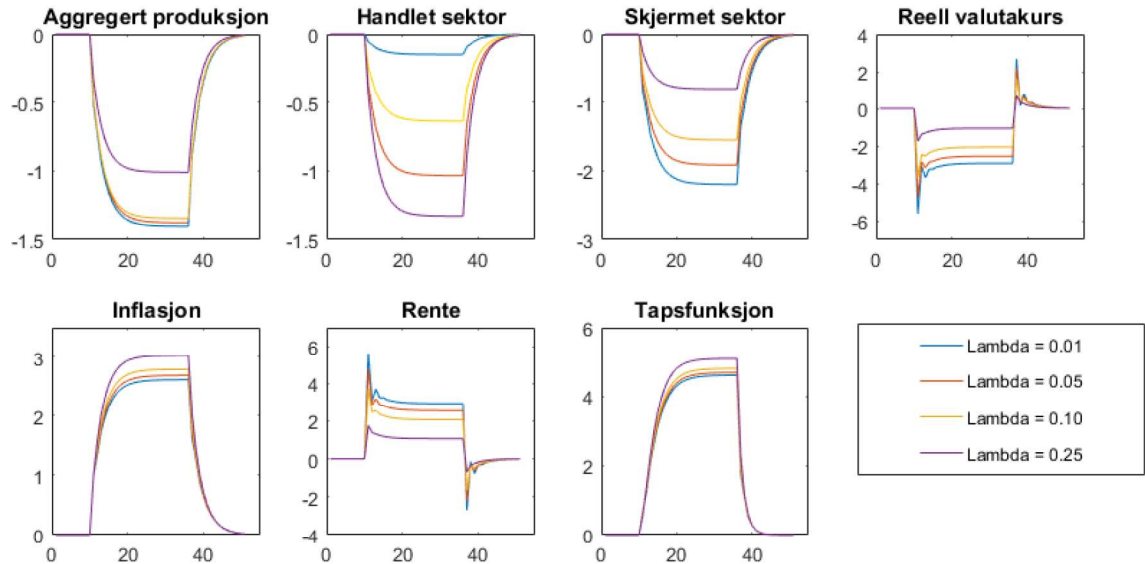
5.3.2 Tilbudselastisitet i sektorene

Ved parametriseringen av tilbudselastisitetene i sektorene i avsnitt 4.3.1 ble det kun antatt at parameterne måtte være relativt små i størrelse, foruten om forutsetningen om at $\lambda_T < \lambda_N$. I sjokkanalysen er ikke tilbudselastisiteten i skjermet sektor, λ_N , av spesiell interesse, da hverken p_{N_t} eller w_t sjokkes, og det er styringsrenten som gir effekten av pengepolitikken. I konkurranseutsatt sektor er derimot tilbudselastisiteten λ_T av helt sentral betydning. En depresiering av valutakursen bidrar til å øke konkurransekraften til de utsatte bedriftene, og bidrar således ekspansivt til sektoren. λ_T gir her en tolkning av hvor kraftig en slik effekt slår inn i sektoren. Således kan det være aktuelt å vurdere effektene dersom λ_T endres kraftig. Dette fremgår av figur 10, som gir resultatet av et inflasjonssjokk for fem forskjellige verdier av λ_T .

En økt verdi av λ_T tilsier at tilbudselastisiteten i konkurranseutsatt sektor er mer elastisk. En appresiering i valutakursen har følgelig en sterkere kontraktiv impuls enn ved en lav verdi av λ_T . Følgelig knyttes også utviklingen i konkurranseutsatt sektor tettere opp imot rentenivået, da dette er nøyaktig invers av valutakursen. Dette betyr at sentralbanken for uendret pengepolitisk prioritering har mindre handlingsrom i rentesettingen, da dette slår kraftigere ut i konkurranseutsatt sektor enn før. Da renten må settes varsommere betyr dette også at den kontraktive impulsen i skjermet sektor blir svakere. Selv om nedgangen i konkurranseutsatt sektor er større, blir den henholdsvis mindre i skjermet sektor, og denne effekten dominerer slik at aggregert produksjon er mindre kontraktiv ved en høyere verdi av λ_T .

En mindre negativ impuls i aggregert produksjon, og en svakere appresiering av valutakursen medfører begge at inflasjonen blir styrket, og vi ser altså at en høyere verdi av λ_T forsterker den initielle inflasjonsimpulsen ved et inflasjonssjokk. Følgelig er dette også tilfellet med størst utslag i den pengepolitiske tapsfunksjonen.

Figur 10: Simulering av et inflasjonssjokk v. ulike λ_T -verdier, $\lambda_T = [0.01, 0.05, 0.10, 0.25]$



5.4 Hensynet til rentestabilitet

Vi har sett at et sektorhensyn i tapsfunksjonen indirekte kan ha en rentestabiliserende effekt. Vi har imidlertid også muligheten til å inkludere dette mer eksplisitt. Et slikt ledd vil reflektere at hyppige svingninger i rentenivået (og dermed indirekte også i valutakurs og produksjon) er å ansees som en kostnad for samfunnet. Det er ønskelig å bevare en forutsigbarhet i pengepolitikken av hensyn til stabilitet i realøkonomien. Svingninger i produksjon må vurderes for å være en kostnad, det fører til variasjoner i sysselsetting, gir økt usikkerhet og økte tilpasningskostnader. Kai Leitemo argumenterer i (Leitemo et al., 2003) for et ledd i tapsfunksjonen som skal hensynta stabilitet i styringsrenten over tid. I artikkelen presenterer de muligheten for å implementere dette gjennom et Δi_t -ledd i den pengepolitiske målfunksjonen, der

$$\Delta i_t = i_t - i_{t-1} \quad (30)$$

Slik at den pengepolitiske tapsfunksjonen utvides til

$$L_t = \frac{1}{2} [\pi_t^2 + \varphi_T y_t^{T^2} + \varphi_N y_t^{N^2} + \varphi_y y_t^2 + \varphi_i (\Delta i_t)^2] \quad (13 \text{ gjentatt})$$

Dermed er vi også nødt til å skrive om førsteordensbetingelsen for minimum slik at

denne hensyntar renteeffekten:

$$\begin{aligned}
\pi = & -\frac{\varphi(\alpha_1(1-\theta) + \theta\lambda_T)}{\gamma_1(\alpha_1(1-\theta) + \theta\lambda_T) + \gamma_2} y_t \dots \\
& - \frac{\varphi_T \lambda_T}{\gamma_1(\alpha_1(1-\theta) + \theta\lambda_T) + \gamma_2} y_t^T \dots \\
& - \frac{\varphi_N \alpha_1}{\gamma_1(\alpha_1(1-\theta) + \theta\lambda_T) + \gamma_2} y_t^N \dots \\
& + \frac{\varphi_i}{\gamma_1(\alpha_1(1-\theta) + \theta\lambda_T) + \gamma_2} \Delta i_t \quad (31)
\end{aligned}$$

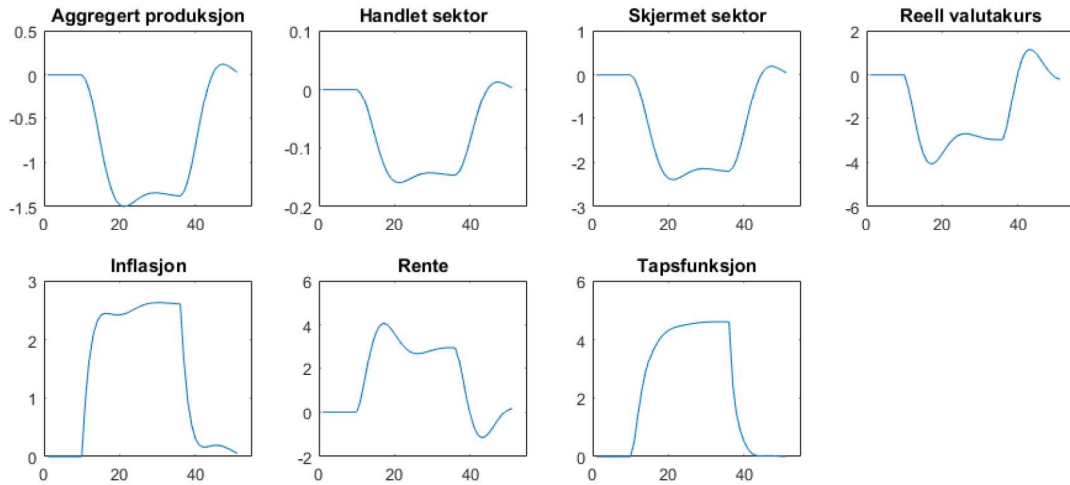
Her er $\varphi_i \in [0, 1]$ et parameter som gir sentralbankens vektlegging av rentestabiliseringen. Det vil være naturlig at et slikt ledd er relativt lite i verdi, da det er tiltenkt å være en bibetingelse for å sikre stabilitet. Av den grunn velger jeg å sette $\varphi_i = 0.10$. Dette kan antageligvis vurderes for å være i ytterkant aggresivt, men det er av teoretisk interesse å vurdere hva slags effekt dette medfører. En vurdering av effekten ved lavere verdier for φ_i diskuteres i 5.4.1

I likhet med den sektorielle analysen er det verdt å merke seg at ved å innføre $\varphi_i > 0$ uten å tilsvarende kompensere i de resterende variablene vil det aggregerte pengepolitiske tapet *alltid* øke, da vi har innført en ekstra beskrankning i tapsfunksjonen. Dette trenger ikke nødvendigvis være et problem i seg selv, men det gjør at en sammenlinging av tapsverdien ikke vil gi et meningsfylt mål på effektiv politikk.

Figur 11 viser en simulering for et inflasjonssjokk helt identisk med det gitt i figur 1, det opprinnelige inflasjonssjokket, men med et rentestabiliserende ledd i tapsfunksjonen og en førsteordensbetingelse som reflekterer dette.

Som forventet ser vi at de to simuleringene er forholdsvis like hva gjelder overordnet utvikling, men det er fremkommer tydelig at rentestabiliseringen har hatt en dempende effekt på bevegelsene i rente og valutakurs, da begge er mindre volatile enn vi tidligere har sett. Med rentestabilisering oppleves det noe høyere ekstremalverdier for produksjon og inflasjon, mens renten og valutakursen følgelig har lavere ekstremalverdier. Den hyppige oscilleringen i rentenivået som følge av de initielle impulsene er borte, erstattet av en myk rentebane. Vi ser imidlertid at den sjokkede likevekten er identisk. Det rentestabiliserende leddet påfører en ekstrakostnad ved den hurtige renteresponsen sentralbanken har utvist i tidligere simuleringer, og følgelig får ikke pengepolitikken bidratt like aktivt til å dempe de initielle utslagene som følge av et sjokk. Utslagene blir noe større, men den overordnede utviklingen er betydelig jevnere. Igjen så holder dette resultatet generelt

Figur 11: Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi_N = 0.30, \varphi_i = 0.10$



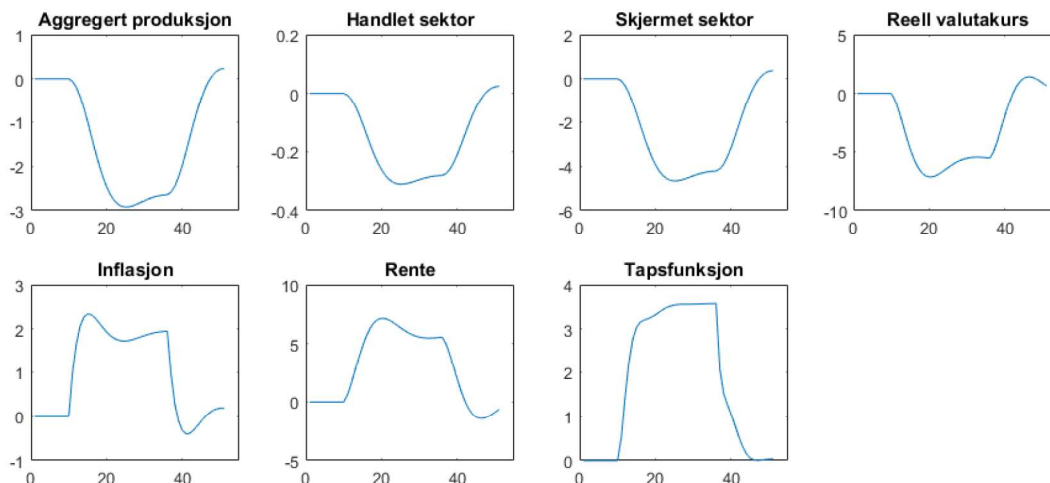
Tabell 9: Impulsverdier for inflasjonssjokk med og uten rentestabilisering, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi = 0.30$

	y_t	y_{T_t}	y_{N_t}	e_t	π_t	i_t
Ekstremalverdi u/ rentestabilisering	-1.38	-0.15	-2.20	-5.61	+2.61	+5.61
Ekstremalverdi m/ rentestabilisering	-1.50	-0.16	-2.39	-4.08	+2.63	+4.08
Sjokket likevekt u/ rentestabilisering	-1.38	-0.15	-2.20	-2.93	+2.61	+2.93
Sjokket likevekt m/ rentestabilisering	-1.38	-0.15	-2.20	-2.93	+2.61	+2.93

for alle de fire sjokkvariantene vi har vurdert. Tabell 9 viser ekstremalverdier og sjokket likevekt i de to simuleringene av inflasjonssjokket.

I likhet med tillegget av det sektorielle hensynet kan vi simulere modellen med rentestabilisering på ny, der vi gjør om vektingen av tapsfunksjonen slik at den totale vektingen av aggregert produksjon og rentestabilitet samlet sett utgjør en vekt på 0.5, og det relative hensynet til inflasjon forblir uendret. Vi endrer parameterverdiene i den pengepolitiske tapsfunksjonen, slik at $\varphi = 0.25$ og $\varphi_i = 0.10$. Da blir vekten for handlet og skjernet sektor henholdsvis $\varphi_T = 0.06$ og $\varphi_N = 0.09$. Figur 12 viser responsen til et inflasjonssjokk ved en slik parametrisering.

Figur 12: Simulering av inflasjonssjokk, $\varphi = 0.25$, $\varphi_T = 0.06$, $\varphi_N = 0.09$, $\varphi_i = 0.10$



Som forventet får vi et større utslag i aggregert produksjon, konkurranseutsatt og skjernet sektor, mens utslaget i inflasjonen begrenses. Dette er naturlig, da den relative vektningen av inflasjonen har økt, og inflasjonsstyringen følgelig prioriteres i større grad. Det er også interessant å observere at til tross for at verdien av det rentestabiliserende leddet er lik, $\varphi_i = 0.10$, og i realiteten har økt i relativ verdi¹⁵, så er ekstremalverdien for utslaget i renten i_t større enn tidligere. Dette skyldes at spesifikasjonen av det rentestabiliserende leddet ikke direkte avstraffer store avvik fra likevekt¹⁶, men store endringer i renten mellom to perioder. Følgelig er det optimalt å sørge for en jevnest mulig rentebane, og viktigheten av dette øker med vektningen av φ_i .

5.4.1 Robusthet i rentestabiliseringen

Vi har sett at både hensyn til sektorinndelingen av økonomien og et direkte rentestabiliserende ledd har en dempende effekt på rentesettingen. I begge tilfellene blir det mer kostbart for sentralbanken å tillate store svingninger i rentenivået, da dette slår mer direkte ut i den pengepolitiske tapsfunksjonen. Hittil har vi sett at endringer i det relative forholdet mellom vektlegging av inflasjonen, π_t , og produksjonen, y_t, y_{T_t}, y_{N_t} , slår ut i hvor kraftige utslag som tillates i variablene. Det ble også poengtert at $\varphi_i = 0.10$ kan vurderes for å være i overkant aggressivt. Det kan dermed være av interesse å se effekten ved en endring av den relative vektningen mellom sektorstabilitet og rentestabilitet, for en gitt

¹⁵Konstant $\varphi_i = 0.10$ av en total pengepolitisk vektning $\sum(\varphi_\pi + \varphi_y + \varphi_{y_T} + \varphi_{y_N} + \varphi_i) = 1.60$, sammenlignet med tidligere da $\sum(\varphi_j) = 2.10$.

¹⁶Dette hensynet spiller heller inn gjennom de andre pengepolitiske målvariablene

relativ vektning av inflasjonen.

Vi kan altså holde avveiningen mellom inflasjon på en side, og produksjon og rentestabilitet på en annen side, likt. Det gjør vi ved å sørge for at den summerte verdien av φ , φ_T , φ_N og φ_i forblir lik 0.5. Vi holder φ konstant lik 0.25, og justerer vektningen av de resterende parameterne. Vi veker fremdeles φ_N og φ_T som andeler av aggregert produksjon basert på sektorstørrelsen, θ . Tabell 10 viser parameterverdiene for de fire tilfellene simulert i figur 13.

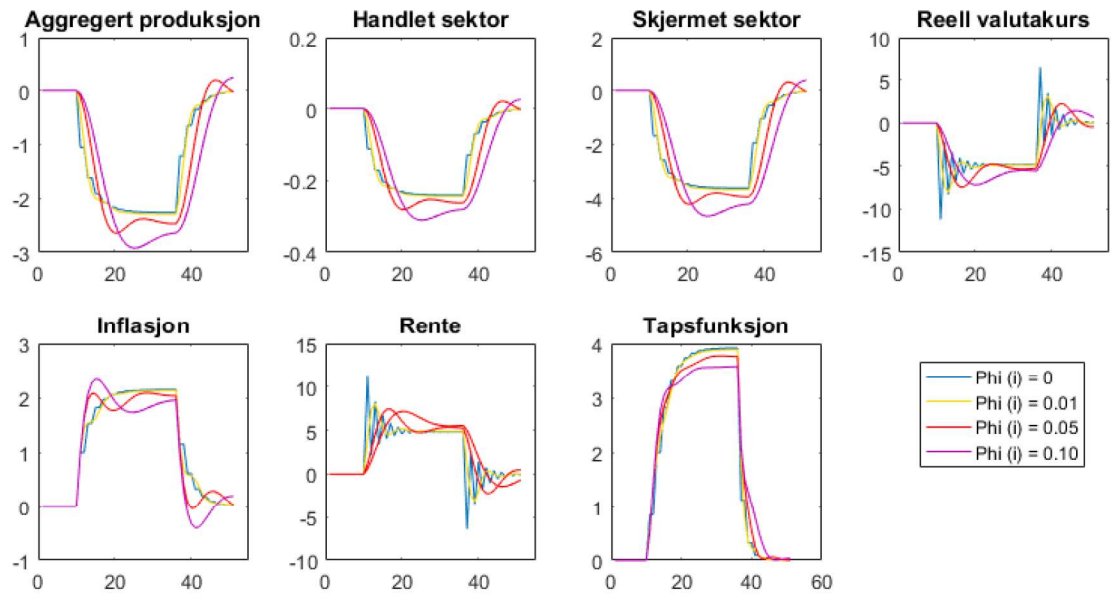
Tabell 10: Relativ vektning av de pengepolitiske argumentene i figur 13

Inflasjonsvekt	φ	φ_N	φ_T	φ_i
1	0.25	0.15	0.10	0
1	0.25	0.144	0.096	0.01
1	0.25	0.12	0.08	0.05
1	0.25	0.09	0.06	0.10

Figuren viser at en økt vekt på rentestabilisering gir en glattere utvikling i de endogene variablene som følge av at direkte renteendringer straffes hardere. Det begrensede pengepolitiske handlingsrommet som følger av et slikt ledd gir som før et kraftigere utslag i variablene, men da den relative vektningen av inflasjonen er uendret ser vi en svak økning i initiell impuls, som så veies opp av et lavere inflasjonsnivå når sjokket stabiliseres.

Som tidligere nevnt er Δi_t -leddet av en slik natur at det er hyppigheten i renteendringer som straffes, og ikke avviket fra likevekt. Stabiliseringen gir derfor en treghet i rentesettingen som også forsinker utslagene i sektorene, da disse i stor grad drives av styringsrenten. Ergo ser vi at det oppstår en treghet i variabelforløpet når renten stabiliseres. Denne tregheten medfører også at det i mindre grad enn før foreligger overshooting i rente og valutakurs, da renten nå settes mindre reaksjonært.

Figur 13: Simulering av inflasjonssjokk ved varierende grad av rentestabilisering. Parameterverdier er gitt i tabell 10



Det er også denne tregheten som gir opphavet til dynamikken vi kan observere i inflasjonen. Det økte initielle utslaget i produksjon bidrar til å øke den initielle inflasjonsimpulsen, men stabiliteten i renten reduserer utslaget i valutakursen som gir et lavere inflasjonsnivå på sikt.

Vi ser altså igjen at en økt vektning av sektorproduksjonen har en klar rentedependende effekt som begrenser handlingsrommet til sentralbanken, men tillater hyppighet i renteendringen for å raskt stabilisere og begrense utslaget i produksjonen. Rentestabilisering hindrer derimot hyppig endring av renten, og leder således til en jevnere utvikling i variablene, men dette kommer på bekostning av større utslag i variablene.

6 Oppsummering og forslag til videre arbeid

6.1 Oppsummering

I denne oppgaven har jeg tatt utgangspunkt i den statiske to-sektor-modellen lagt frem i (Røisland & Torvik, 2004) og det statiske og dynamiske rammeverket ifra (Røisland & Sveen, 2005) og (Røisland & Sveen, 2006) for å utarbeide et dynamisk to-sektor rammeverk. Jeg har så benyttet denne modellen for å vurdere pengepolitikk i en to-sektor økonomi. For å simulere modellen har jeg benyttet programvaren Dynare, og jeg har simulert fire forskjellige økonomiske sjokk: inflasjonssjokk, sjokk til skjermet og konkurranseutsatt sektor, samt et valutasjokk. I tillegg har jeg vurdert effektene av å utelate sektorhensynet i den pengepolitiske tapsfunksjonen, og tillegget av et rentestabiliserende ledd.

Det fremgår klart at den pengepolitiske responsen henger tett sammen med prioriteringene som fremgår av parameteriseringen av den pengepolitiske tapsfunksjonen og transmisjonseffekten i økonomien. Vi ser at ved hvert av sjokkene er sentralbanken nødt til å reagere med styringsrenten for å stabilisere sjokket. Graden av renterespons avhenger imidlertid sterkt av den relative vekten på produksjon og inflasjon i bankens målfunksjon.

Ved perfekt negativt korrelerte sjokk til sektorene har sentralbanken ikke mulighet til å føre pengepolitikk for å redusere tapet. Perfekt negativt korrelerte sjokk må derfor hensyntas ved bruk av andre virkemidler enn styringsrenten.

Vi har også sett at som følge av tregheter i inflasjonsstrukturen har det oppstått en avtagende oscillerende tilpasning til ny likevekt i etterkant av et sjokk. Denne effekten blir dempet ved innføringen av sektorhensyn i den pengepolitiske målfunksjonen da det opprettes en større 'nærhet' mellom utslag i renten og utslag i tapsfunksjonen. Et sektorielt hensyn har altså en indirekte stabiliserende effekt på rentesettingen, og pålegger sentralbankens renterespons å være mer moderat.

Implementeringen av et rentestabiliserende ledd hensyntar denne oscillerende effekten direkte og fjerner følgelig all svingning, men dette kommer på bekostning av at de initielle utslagene i de endogene variablene blir større. Et rentestabiliserende ledd medfører en treghet i pengepolitikken som reduserer hyppig og reaksjonær pengepolitikk, og overordnet utvikling i de endogene variablene blir følgelig jevnere.

Minimering av totalt pengepolitisk tap og stabilisering av overordnet utvikling er således motstridende mål, og avveiningen mellom disse vil være et resultat av prioriteringene i sentralbankens målfunksjon.

6.2 Forslag til videre arbeid

Den endelige dynamiske modellen ble i oppgaven spesifisert som

$$y_t = \theta y_{T_t} + (1 - \theta) y_{N_t} \quad (18 \text{ gjentatt})$$

$$y_{T_t} = \sigma_T y_{T_{t-1}} + \lambda_T (p_t^f + s_t - w_t) + v_{T_t} \quad (19 \text{ gjentatt})$$

$$y_{N_t} = \sigma_N y_{N_{t-1}} + \lambda_N (p_{N_t} - w_t) - \alpha_1 (i_t - \pi_t^e) + v_{N_t} \quad (20 \text{ gjentatt})$$

$$e_t = s_t + p_t^f - p_{N_t} \quad (21 \text{ gjentatt})$$

$$s_t = \epsilon - (i_t - i_t^f) + z_t \quad (22 \text{ gjentatt})$$

$$\pi_t = \sigma_\pi \pi_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 e_{t-1} + u_t \quad (23 \text{ gjentatt})$$

$$L_t = \frac{1}{2} [\pi_t^2 + \varphi_T y_{T_t}^2 + \varphi_N y_{N_t}^2 + \varphi y_t^2] \quad (24 \text{ gjentatt})$$

$$\min_{i_t} \bar{L}_t = \sum_{k=0}^{\infty} \delta^k L_{t,t+k}^e \quad (25 \text{ gjentatt})$$

Modellen kan dog utvides med en rekke ytterligere dynamiske spesifikasjoner. Disse ble i oppgaven sett bort ifra for å gi en enklere og mer stabil løsning. Det kan argumenteres for at markedsaktørene er fremoverskuende i sin tilpasning, og danner seg realistiske forventninger om fremtidig variabelforløp. Vi kan derfor innføre fremoverskuende ledd i inflasjon, samt endogene forventninger av både valutakurs og inflasjon.

Inflasjonsrelasjonen kan dermed skrives om

$$\pi_t = \sigma_\pi \pi_{t-1} + (1 - \sigma_\pi) \pi_{t,t+1}^e + \gamma_1 y_{t-1} + \gamma_2 e_{t-1} + u_t \quad (32)$$

I tillegg kan vi innføre fremoverskuende ledd i relasjonene for produksjon og nominell valutakurs.

$$s_t = s_{t,t+1}^e - (i_t - i_t^f) + z_t \quad (33)$$

I denne oppgaven ble pengepolitikken fastsatt ved bruk av førsteordensbetingelsen for minimum ifra den statiske modellen. Det er imidlertid av å interesse å finne de tilsvarende førsteordensbetingelsene i den dynamiske modellen. Ved både fremover- og bakoverskuende ledd blir denne løsningen adskillig mer kompleks, da forventede effekter av politikken må medregnes i politikkløsningen, og førsteordensbetingelsene er nødt til

å holde for alle mulige perioder. Pengepolitikken går således fra å være diskresjonær til forpliktende. Dette diskuteres blant annet i (Giannoni & Woodford, 2004).

Her argumenterer Woodford for at forpliktende pengepolitikk er mer ønskelig enn diskresjonærpolitikk. Dette begrunner han i at forpliktende pengepolitikk:

1. Gjør sentralbanken mer forståelig for privat sektor.
2. Forplikter uavhengig av medlemmene i sentralbankens hovedstyre, utskiftninger av styremedlemmer vil følgelig ikke skape like stor usikkerhet.
3. Avviker fra diskresjonærpolitikk, som
 - (a) Er suboptimal og myopisk (diskutert i (Kydland & Prescott, 1977))
 - (b) Ikke er passende når fremtidige forventninger påvirker resultatet.

Følgelig argumenterer Woodford for at optimal pengepolitikk må være avhengig av både historiske og fremtidige verdier. Han argumenterer for at det burde etableres en streng pengepolitisk regel for å hindre at sentralbanken faller for fristelsen ved diskresjonærpolitikk, da dette setter en farlig presedens for fremtidig politikk.

Derfor kan det være av interesse å vurdere forskjellen mellom disse ulike typene pengepolitikk. Dersom det foreligger et stort avvik mellom diskresjonær, forpliktende og regelbasert pengepolitikk vil det være aktuelt å vurdere fordelene og ulempene disse medbringer seg. Foreligger det en reell gevinst for sentralbanken dersom de fører en forpliktende pengepolitikk? Dette er problemstillinger som burde utforskes videre.

Det kan også implementeres en stokastisk sjokkstruktur i modellen. Det deterministiske sjokksystemet jeg har benyttet i denne oppgaven har forutsatt perfekt fremoverskuenhet, en antagelse som er klart urealistisk. Dersom verdien av fremtidige sjokk er ukjent, og kun fordelingene av disse er kjent, vil det potensielt endre adferden til agentene i modellen med påfølgende konsekvenser for den optimale pengepolitiske responsen. Her kunne det igjen vært av spesiell interesse å vurdere hvorvidt forpliktende og diskresjonær pengepolitikk avviker, og i hvilken grad fremoverskuenhet i den pengepolitiske responsen påvirker løsningen.

Referanser

- Adjemian, S., Bestani, H., Juillard, M., Karamé, F., Michoubi, F., Perendia, G., ... Villemot, S. (2011). Dynare: Reference manual, version 4 [programvarehåndbok]. Hentet fra http://www.dynare.org/documentation-and-support/manual/pdf-version/at_download/file
- Ådne Cappelen, Eika, T. & Prestmo, J. (2014). Virkninger på norsk økonomi av et kraftig fall i oljeprisen. *Økonomiske analyser*. Hentet fra https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/_attachment/180823?_ts=14662dc53a8
- Eika, T., Strøm, B. & Ådne Cappelen. (2013). Konkurransetsatte næringer i norge. *Statisk Sentralbyrå, Rapporter*. Hentet fra https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/artikler-og-publikasjoner/_attachment/151642?_ts=142b2b05d60
- Espegren, C. (2015). *Pengepolitikk i råvareeksporterende land* (Masteroppgave, Norges Tekniske Naturvitenskapelige Universitet). Hentet fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2389227/Espegren.pdf?sequence=1>
- Giannoni, M. & Woodford, M. (2004). Optimal inflation-targeting rules. *Nation Bureau of Economic Research*. Hentet fra <http://www.nber.org/chapters/c9557.pdf>
- Juillard, M. (1996). Dynare: A program for the resolution and simulation of dynamic models with forward variables through the use of a relaxation algorithm. *CEPREMAP Working Papers*. Hentet fra http://www.cepremap.fr/depot/couv_orange/co9602.pdf
- Kydland, F.E. & Prescott, E.C. (1977). Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *Journal of Political Economy*. Hentet fra <https://minneapolisfed.org/~media/files/research/prescott/papers/rulesdiscretion.pdf?la=en>
- Leitemo, K., Røisland, Ø. & Torvik, R. (2003). Should Inflation-Targeting central banks care about traded and Non-Traded sectors? *The IUP Journal of Bank Management*. Hentet fra <http://www.svt.ntnu.no/iso/Ragnar.Torvik/bankmanagement.pdf>
- Rødseth, A. (2000). Open economy macroeconomics. I (s. 204-211). Cambridge University Press.
- Retningslinjene for pengepolitikken. (2001, mars). *Norges Bank*. Hentet fra <http://www.norges-bank.no/Publisert/Brev-og-uttalelser/2001/brev-2001-03-27html/>

- Røisland, Ø. & Sveen, T. (2005). Pengepolitikk under et inflasjonsmål. *Norsk Økonomisk Tidsskrift*. Hentet fra <http://samfunnsokonomene.no/wp-content/uploads/2010/01/2.Røisland-og-Sveen.pdf>
- Røisland, Ø. & Sveen, T. (2006). Pengepolitikk under et inflasjonsmål: en dynamisk analyse. *Norsk Økonomisk Tidsskrift*. Hentet fra <http://samfunnsokonomene.no/wp-content/uploads/2010/01/Sveen.pdf>
- Røisland, Ø. & Torvik, R. (2004). Exchange rate versus inflation targeting: a theory of output fluctuations in traded and non-traded sectors. *J. Int. Trade Econ. Dev.*, 13(3), 265–285. Hentet fra <http://www.svt.ntnu.no/iso/Ragnar.Torvik/jited.pdf>

Appendices

A Utledning av statistisk FOB

Vi tar utgangspunkt i det statiske rammeverket:

$$y = \theta y_T + (1 - \theta)y_N \quad (5 \text{ gjentatt})$$

$$y_T = \lambda_T(p^f + s - w) + v_T \quad (6 \text{ gjentatt})$$

$$y_N = \lambda_N(p_N - w) - \alpha_1(i - \pi^e) + v_N \quad (7 \text{ gjentatt})$$

$$\pi = \gamma_1 y + \gamma_2 e + u \quad (9 \text{ gjentatt})$$

$$s = \epsilon - (i - i^f) + z \quad (10 \text{ gjentatt})$$

$$e = s + p^f - p_N \quad (11 \text{ gjentatt})$$

samt den pengepolitiske tapsfunksjonen:

$$L = \frac{1}{2}[\pi^2 + \varphi_T y_T^2 + \varphi_N y_N^2 + \varphi y^2] \quad (14 \text{ gjentatt})$$

Optimalitet av funksjonen er spesifisert ved

$$\pi \frac{\partial \pi}{\partial i} + \varphi_T y_T \frac{\partial y_T}{\partial i} + \varphi_N y_N \frac{\partial y_N}{\partial i} + \varphi y \frac{\partial y}{\partial i} = 0 \quad (15 \text{ gjentatt})$$

Der

$$\frac{\partial y}{\partial i} = \theta \frac{\partial y_T}{\partial i} + (1 - \theta) \frac{\partial y_N}{\partial i}$$

$$\frac{\partial e}{\partial i} = \frac{\partial s}{\partial i}, \quad \frac{\partial s}{\partial i} = -1$$

$$\frac{\partial y_T}{\partial i} = \lambda_T \frac{\partial s}{\partial i} = -\lambda_T, \quad \frac{\partial y_N}{\partial i} = -\alpha_1$$

Dermed blir

$$\frac{\partial y}{\partial i} = -\theta \lambda_T - (1 - \theta) \alpha_1$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial i} = \gamma_1 \frac{\partial y}{\partial i} + \gamma_2 \frac{\partial e}{\partial i} = -\gamma_1[\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1] + \gamma_2$$

Dette gir oss førsteordensbetingelsen:

$$\pi[-(\gamma_1(\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2)] - \varphi y[\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1] - \varphi_T y_T \lambda_T - \varphi_N y_N \alpha_1 = 0$$

Som kan omskrives til å bli:

$$\begin{aligned} \pi = & -\frac{\varphi(\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1)}{\gamma_1(\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y \dots \\ & - \frac{\varphi_T \lambda_T}{\gamma_1(\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_T \dots \\ & - \frac{\varphi_N \alpha_1}{\gamma_1(\theta \lambda_T + (1 - \theta)\alpha_1) + \gamma_2} y_N \quad (16 \text{ gjentatt}) \end{aligned}$$

B Dynare

Her følger koden benyttet for simuleringene i Dynare:

```
%*This is the variable-section. Here endogenous, exogenous and parameter
variables are defined*%
var y y_t y_n e s pi loss delta_i i; %*Endogenous variables*%
varexo p_f w p_n epsilon i_f v_t v_n z u pi_exp; %*Exogenous variables*%
parameters alpha_1 theta_t theta_n lambda_t lambda_n sigma_t sigma_n
sigma_pi gamma_1 gamma_2 psy_t psy_n psy psy_i; %*parameters*%

%*Here parameters are assigned a value*%
alpha_1 = 0.15;
sigma_n = 0.80;
sigma_t = 0.80;
theta_t = 0.40;
theta_n = (1 - theta_t);
lambda_t = 0.01;
lambda_n = 0.02;
sigma_pi = 0.70;
gamma_1 = 0.03;
gamma_2 = 0.06;
psy_t = 0.20; %*Defines weight of traded sector in MLF and F.O.C*%
psy_n = 0.30; %*Defines weight of non-traded sector in MLF and F.O.C.*%
psy = 0.50; %*Defines weight of aggregate production in MLF and F.O.C.*%
psy_i = 0.00; %*Defines weight of interest-rate stabilization criteria in
MLF and F.O.C*%

model; %* This section defines the model relations *%
y = theta_t*y_t + theta_n*y_n ;
y_t = sigma_t*y_t(-1) + lambda_t*(p_f + s - w) + v_t;
y_n = sigma_n*y_n(-1) + lambda_n*(p_n - w) - alpha_1*(i - pi_exp) + v_n;
e = s + p_f - p_n;
s = epsilon - (i - i_f) + z;
pi = sigma_pi*pi(-1) + gamma_1*(y(-1)) + gamma_2*(e(-1)) + u;
loss = (1/2)*(pi^2 + psy_t*(y_t)^2 + psy_n*(y_n)^2 + psy*(y)^2 + psy_i*(
delta_i)^2);
pi = -((psy*(alpha_1*(1-theta_t) + theta_t*lambda_t))/(gamma_1*(alpha_1*(1-
theta_t) + theta_t*lambda_t) + gamma_2))*y -((psy_t*lambda_t)/(gamma_1*(
alpha_1*(1-theta_t) + theta_t*lambda_t) + gamma_2))*y_t -((psy_n*alpha_1
)/(gamma_1*(alpha_1*(1-theta_t) + theta_t*lambda_t) + gamma_2))*y_n + ((
```

```

    psy_i)/(gamma_1*(alpha_1*(1-theta_t) + theta_t*lambda_t) + gamma_2))*
    delta_i;
delta_i = i - i(-1);
end;

steady;          %*This command asks Dynare to find the steady-state
    solution for the model, to reaffirm that it does equal 0 as the theory
    suggests.*%

check;          %* This command asks Dynare to check the rank-condition
    for forward-looking variables, assuring that there is stability in the
    solution *%

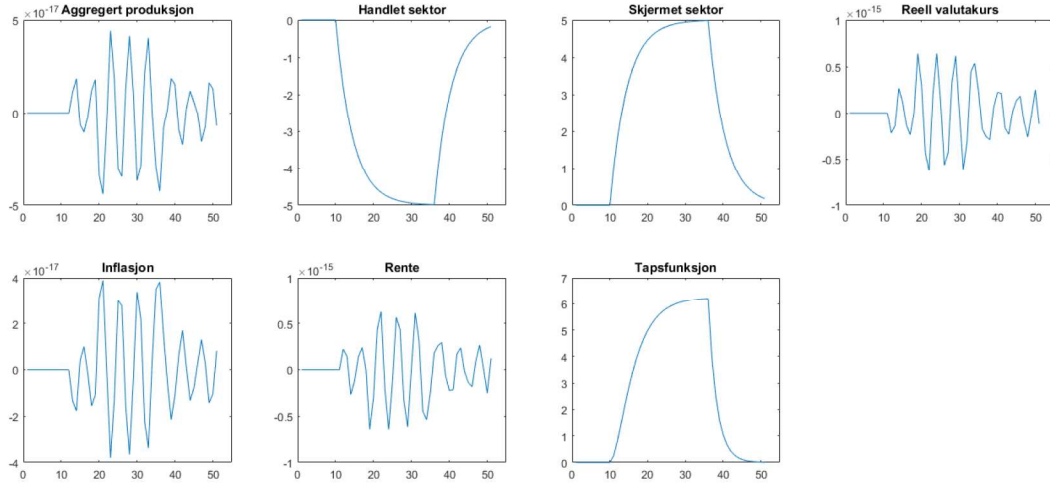
%* This is the shock system. Substituting the 'z' with other exogenous
    variables allows for various shocks to the system *%
shocks;
var v_t;        %*The shock variable*%
periods 10:35; %*The length of the shock*%
values 1;       %*The shock value*%
end;

simul(periods = 50);          %* This defines the simulation type to be
    deterministic, and specifies the number of iterations *%

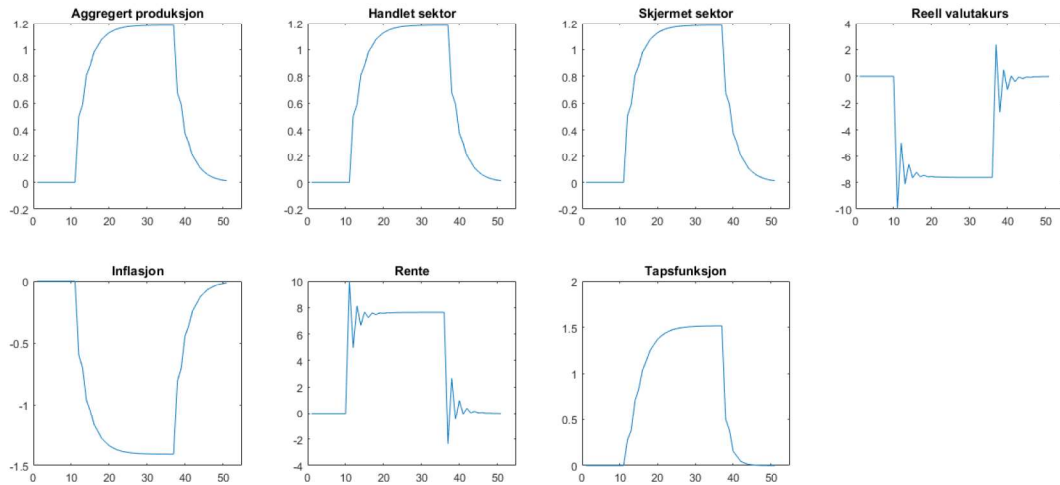
```

C Ytterligere figurer

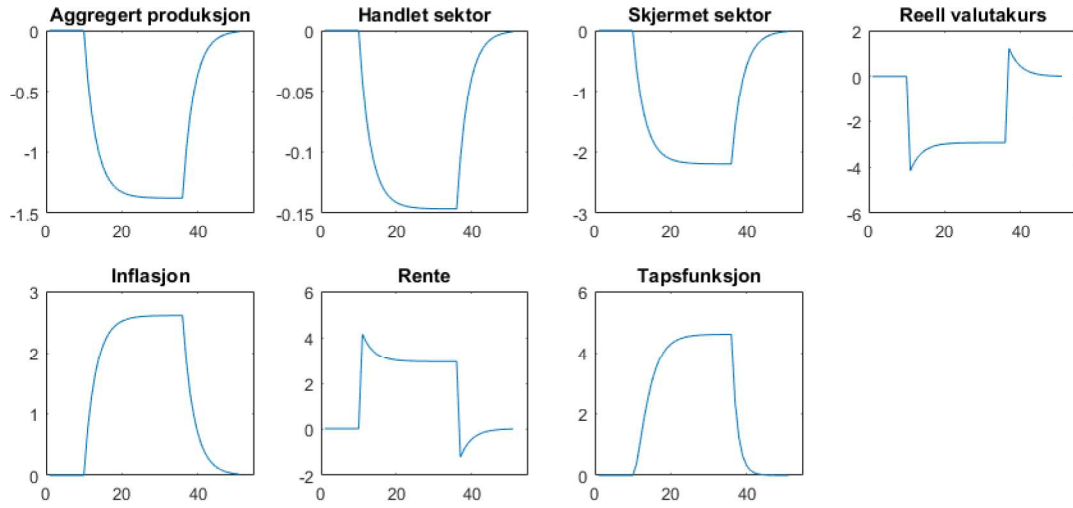
Figur 14: Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = -1, v_{N_t} = 1$ ved identiske sektorer, $\alpha_1 = \lambda_T$,
 $\varphi_T = \varphi_N$, $\theta = 0.5$



Figur 15: Simulering av bivariat sjokk, $v_{T_t} = v_{N_t} = 1$ ved identiske sektorer, $\alpha_1 = \lambda_T$,
 $\varphi_T = \varphi_N$, $\theta = 0.5$



Figur 16: Simulering av inflasjonssjokk uten lag i inflasjon, $\varphi = 0.50, \varphi_T = 0.20, \varphi_N = 0.30$



Figur 17: Simulering av inflasjonssjokk uten lag i inflasjon, $\varphi = 0.50, \varphi_T = \varphi_N = 0$

