

# Emprisk projekt

*Monetary policy shocks in a VAR model*

Aalborg University Business School  
Kasper Kann og Daniel Behr  
Student ID: 20134818 og 20195227  
januar 2022

# Contents

<b>Tabeller</b>	<b>ii</b>
<b>Figurer</b>	<b>ii</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2 Problemformulering</b>	<b>1</b>
<b>3 Metode</b>	<b>1</b>
3.1 Afgrænsning . . . . .	1
3.2 Projektets opbygning . . . . .	2
<b>4 Teori</b>	<b>2</b>
4.1 Pengepolitik . . . . .	3
4.2 De pengepolitiske kanaler . . . . .	3
4.3 Pengepolitisk flowchart . . . . .	6
4.4 Empirisk litteratur . . . . .	8
4.5 Vector autoregressive (VAR) modeller . . . . .	9
4.6 Innovation accounting . . . . .	11
<b>5 Empirisk analyse</b>	<b>13</b>
5.1 Replikation . . . . .	13
5.2 Analyse af flere lande . . . . .	19
<b>6 Diskussion</b>	<b>25</b>
6.1 Kan man bruge VAR modeller til at fastlægge effekterne af pengepolitik? . . . . .	25
6.2 Hvad er implikationerne ved at bruge VAR modeller? . . . . .	25
6.3 Kan landene overhovedet sammenlignes i forhold til måden at fører pengepolitik? . . . . .	26
<b>7 Konklusion</b>	<b>27</b>
<b>8 Perspektivering</b>	<b>28</b>
8.1 Kritik af VAR . . . . .	28
<b>9 Appendix</b>	<b>31</b>
9.1 Udvidede impulse response functions . . . . .	31
9.2 Seriekorrelation . . . . .	33
9.3 KPSS test . . . . .	35
9.4 Prize puzzle . . . . .	35
9.5 Udregning af antal restriktioner i SVAR model . . . . .	35
<b>10 Gruppeprocess</b>	<b>35</b>
<b>Litteraturliste</b>	<b>37</b>

## List of Tables

1	Regressioner med 4 lags . . . . .	14
2	Granger kausalitets tests . . . . .	15
3	Unit root tests for Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan . . . . .	20
4	Unit root tests for relevante forskelle i Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan . . . . .	20

## List of Figures

1	Pengepolitisk flowchart . . . . .	6
2	Impulse response funktioner for USA med 24 lags . . . . .	16
3	FEVD for inflation, renten og arbejdsløshed for 12 lags . . . . .	17
4	Plot af Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan . . . . .	19
5	Impulse responses for inflation, arbejdsløshed og renten for alle lande i Strukturel VAR . . . . .	22
6	FEVD for GDP, inflation og renten for alle lande med 12 lags . . . . .	24
7	IRF for alle variable for USA, DK, Japan . . . . .	31
8	Plot af IRF uden inflation for USA, DK, Japan . . . . .	33
9	Test for strukturelle brud for USA, DK og Japan . . . . .	34

# 1 Introduktion

For beslutningstagerne af økonomisk politik er pengepolitik en af de to helt centrale værktøjer for at stabilisere de økonomiske konjunkturer. Derfor er det vigtigt at forstå hvordan pengepolitik fungerer teoretisk, og hvilke effekter det har på økonomien. Igennem hvilke kanaler pengepolitikken påvirker økonomien er ikke velbeskrevet for empirien, og samtidig er pengepolitikken ikke blevet mindre interessant da der er kommet et større fokus på at de offentlige finanser er blevet mindre fleksible.

Pengepolitik bliver ført på forskellige måder i forskellige lande, men overordnet er det normalt igennem ændringer af signalrenten. Efter finanskrisen 2007-09 er de vestlige lande dog stødt ind i en nedre grænse for renten, som i litteraturen kaldes for Zero Lower Bound. Der kan være flere komplikationer forbundet med at presse renten under 0%, og derfor fungerer dette som regel som en nedre grænse for renten. Derfor er de vestlige økonomier begyndt at gøre brug af ukonventionel pengepolitik, som sigter på at sænke de lange renter. Det fungerer ved at centralbanken i et land laver massive opkøb af obligationer i de sekundære markeder for obligationer, dette har effekten at kurserne for obligationerne stiger, og at renten samtidig sænkes.

Til at måle effekterne af pengepolitik bliver der primært brugt Vektor-Autoregressive-modeller (VAR). Det er en model der kan medtage flere variable, og ser på hvad responsen til bnp og inflation er ved et 100 basis point shock til renten. Det var Christopher A. Sims der i 1980'erne kom op med denne måde at arbejde på. Med inspiration i Stock og Watson 2001, arbejdes der i dette projekt med en teoretisk VAR tre variable model der undersøger effekterne af pengepolitik.

For at komme med den mest nuancerede analyse af pengepolitiske effekter til økonomierne, så medtages landene USA, Danmark og Japan. Det er økonomier der har flere ligheder, men som har forskellige måder hvorpå pengepolitikken fungerer. Det skaber et fundament hvor pengepolitiske effekter kan diskuteres og analyseres, samt at pengepolitiske effekter kan sammenlignes i forskellige lande, som er sammenlignelige.

# 2 Problemformulering

I projektet ønskes undersøgt, hvordan pengepolitiske stød påvirker økonomien og om de er ens for Danmark, USA og Japan. Dette undersøges gennem en empirisk analyse med hovedfokus på VAR modeller. Dette forsøges besvaret gennem ét spørgsmål:

- *Hvad er effekterne af pengepolitiske stød til økonomien, og er de det samme i Danmark, USA og Japan?*

# 3 Metode

I dette afsnit vil vi beskrive afgrænsningen af vores data og tidsperiode i projektet, samt beskrive hvordan projektets struktur er opbygget i de forskellige afsnit.

## 3.1 Afgrænsning

Afgrænsningen er begrænset af, at vi er blevet givet information, som har været fastlagt fra starten af. Dette har været en replikation af Stock og Watson, hvor tidsperioden er 1960-2000 i kvartalsvis data, landet er USA og variablene de bruger er Inflation, renten og arbejdsløshed. Denne afgrænsning har vi ikke gået udover, da

formålet med analysen er at replikere deres resultater for at lave en sammenligning med egen analyse senere i projektet.

I vores egen analyse, har der også fra vejleders side været fastlagte rammer i form af de variable, vi har anvendt i vores VAR modeller. Her er der fra vejleders side blevet givet Inflation, GDPvækst og realrenten. Hvor vi derimod selv har haft frie rammer til at vælge tidsperiode og evt. udvidelse med flere lande end USA. Vi har valgt en lang tidsperiode fra 1970-2018 i kvartalsvis data for at få så mange observationer med som muligt i vores VAR modeller og alt dataet er hentet fra OECD. Det har også været i vores interesse at stoppe tidsperioden inden COVID-19 for ikke at få uafsluttede finansielle/samfundsmæssige kriser med i vores data. I vores valg af lande, har vi valgt USA, Danmark og Japan. USA er valgt for at have et sammenligningspunkt med Stock og Watson, men også fordi, at USA på mange måder er en vigtig faktor for den globale økonomi. Danmark er valgt, fordi det uden at være det samme som USA, på mange måder stadigvæk kan sammenlignes med USA, da vi er et rigt vestligt land. Dog med det forbehold, at størrelsen på økonomierne har en væsentlig forskel og politik føres anderledes i de to lande. Til sidst har vi også valgt at medtage Japan, fordi selvom det må antages også at være et rigt land, ikke er vestligt, og fungerer væsentlig anderledes end både USA og Danmark. Ideen er altså, at vi har to "ens" lande, og et land, som er i samme økonomiske liga, men forskellig fra de to andre, og dermed kan lave en empirisk undersøgelse for tre forskellige scenarier.

### 3.2 Projektets opbygning

Projektet er bygget op således, at man først får det teoretiske fundament i afsnit 4, hvor vi har en dybdegående gennemgang af pengepolitik med de pengepolitiske kanaler samt et flowchart. Dernæst belyser vi teorien og metoderne, som vi vil anvende i vores empiriske analyse. Dette omfatter de forskellige former for VAR modeller og metoden til at analysere pengepolitiske stød med innovation accounting. I afsnit 5 begynder vi den empiriske analyse, hvor vi først laver en 1 til 1 replikation af Stock og Watson og derefter laver vores egen analyse med egne variable og lande, som beskrevet i afgrænsningen. Her laver vi også i slutningen af analysen en robusthedstest for at verificere vores resultater. Efter det empiriske afsnit begynder vi en diskussion i afsnit 6. Her bliver vores resultater og afgrænsning diskuteret. Sidst i projektet har vi en konklusion i afsnit 7, en perspektivering som kritiserer brugen af VAR modeller i afsnit 8 og til sidst et appendix i afsnit 9 med udvidede resultater, samt mindre vigtige beskrivelser af teori for den interesserede læser.

## 4 Teori

I teoriafsnittet vil vi beskrive vigtigt teori og empiriske metoder for at have et teoretisk fundament, før vi kan udføre analysen. Da projektets hovedformål er at undersøge pengepolitiske effekter, vil vi klarlægge et grundigt pengepolitisk fundament ved at beskrive pengepolitik, de pengepolitiske kanaler og til sidst vise et flowchart. Efter dette går vi i dybden med de empiriske metoder, som vi vil anvende i projektet, hvor vi først beskriver Granger kausalitet, derefter de forskellige VAR modeller og til sidst går vi i dybden med fortolkningen af stød i Innovation accounting, som grundlæggende beskriver impulse response functions og Forecast error variance decomposition, der er værktøjer til fortolkningen af VAR-modeller.

## 4.1 Pengepolitik

Historisk har pengepolitik været et af de værktøjer, som et land har haft til at føre en aktiv økonomisk politik. Grundlæggende bliver pengepolitik ført af et lands national-, eller centralbank, i resten af projektet vil det blive betegnet som centralbanken. Der findes også centralbanker, der kan påvirke flere landes pengepolitik samtidig, et eksempel på dette er den europæiske centralbank. En centralbank fører traditionelt pengepolitik ved at hæve eller sænke renten, som påvirker prisen på penge og samtidig også mængden af penge.

Der skal skælnes mellem rentepåvirkning, og mængde-fastsættelse af penge. Arbejdet med at fastsætte renten gøres fordi Danmark fører en fastkurspolitik overfor euroen. Den styring som centralbanken fører i forhold til mængden af mellemværende er til, for at sørge for at der er tilstrækkelig likviditet i det danske pengesystem. Det er de pengepolitiske modparter (resten af opgaven betegnet som modparter), der har mellemværende i centralbanken, som er pengeinstitutter og realkreditinstitutter i Danmark. Modparterne har to muligheder i forhold til de mellemværende de har med centralbanken. Den første mulighed er markedsoperationer, som er at modparterne på ugens sidste bankdag får muligheden for at låne 7 dage frem mod en sikkerhed i værdipapirer, eller ved køb af indskudsbeviser. Den anden mulighed er ved foliokonti, som er hvor modparterne har mulighed for at placere likviditet ved at placere anfordringsindskud i centralbanken. Det er et krav at foliokontoen ikke er i negativ ved slutningen af dagen.

De pengepolitiske renter bliver bestemt af en centralbanks direktion, og kan ændres med det samme. I Danmark arbejdes med fire forskellige pengepolitiske renter, som er diskontoen, udlånsrenten, indskudsbevisrenten, foliorenten. Diskontoen fungerer som en signalrente, som indikere niveauet for de danske pengepolitiske renter. Udlånsrenten er højere end både indskudsbevisrenten og foliorenten, hvor indskudsbevisrenten er højere end foliorenten (Nationalbank, 2009).

## 4.2 De pengepolitiske kanaler

Frederic S. Mishkin (senere i opgaven beskrevet som Mishkin) udgav tilbage i 1996 en artikel med navnet "THE CHANNELS OF MONETARY TRANSMISSION: LESSONS FOR MONETARY POLICY", som på tydelig vis beskrev de pengepolitiske kanaler i en økonomi. Overordnet indeholder artiklen fire kanaler, som er "Interest rate Channels", "Asset Price Channels", "Other Price Channels" og "Credit channels". Mishkin opstiller effekterne af pengepolitik, ved at lave "schematic showing" af hvordan en ekspansiv pengepolitik påvirker økonomien.

Vi vil starte med at beskrive "Interest rate channels" eller rente kanalerne. Det første der sker er, at der bliver ført en ekspansiv pengepolitik som fører til at real renten falder. Et fald i real renten vil gøre det mere fordelagtigt at investere, fordi prisen på kapital vil være faldet. Den øgede investeringsaktivitet vil føre til en stigning i den samlede efterspørgsel, og derigennem øget output. Dette skal ses som at det er virksomheder der øger investeringerne. Dog kunne det også være muligt at se på det som værende et fald i real renten, fører til et øget forbrug af husholdningerne som ville påvirke output positivt.

Der er også en anden måde at anskue rente kanalerne, og det er ved at medtage forventet prisniveau og forventet inflation i analysen. Igen er det første der sker en ekspansiv pengepolitik, men nu fører det til en stigning i det forventede prisniveau. Effekten af en stigning i prisniveauet er at det forventede inflationsniveau vil stige, som vil føre til et fald i real renten. Faldet i real renten vil føre til øget investeringsniveau som vil påvirke output positivt. Denne måde at se på rente kanalerne kan være effektiv selvom den nominelle rente er på 0, da effekten på output er drevet af forventninger til prisniveauet samt forventninger til inflationsniveauet.

Vi vil nu beskrive Mishkin's "Asset Price Channels" også kaldet aktiv pris kanalerne. Her beskriver Mishkin renten, som værende en aktiv pris. De to aktiv pris kanaler vi vil analysere er udenlandsk valuta og aktiver. Måden hvorpå en ekspansiv pengepolitik påvirker output via. valuta kanalen er ved først at der bliver ført en ekspansiv pengepolitik, som fører et fald i real renten. Det vil gøre at den hjemlige valuta kurs deprecere, som vil gøre de hjemlige varer og services billigere end udenlandske goder og services, som vil føre til en stigning i nettoeksporten. Da der sker en stigning i nettoeksporten, så vil output stige (Mishkin, 1996, p. 5).

Der er tre kanaler som går ind under begrebet "aktiv pris kanalerne", og det er "Tobin's q Theory" også kaldet Tobins q teori, "Wealth Effects" som vil blive kaldet rigdoms effekterne, og "Housing and Land Price Channels" som vil blive kaldt for hus- og landpris kanalerne. Hvis vi starter med at se på Tobins q teori, hvor q skal ses som markedsværdien for et firma divideret med udskiftnings omkostningerne ved kapital (Mishkin, 1996, p. 6). Hvis q er høj så er markedsværdien for firmaer høj i forhold til udskiftnings omkostningerne ved kapital, og omvendt hvis q er lav. Når q er høj så kan firmaer udstede aktiver, og få en højere værdi for det relativt til det kapital og udstyr de køber. Det vil få investeringerne til at stige, fordi firmaerne kan købe meget kapital for en relativ lille udstedning af aktiver. Hvis vi skal analysere hvad der sker ved en ekspansiv pengepolitik, så vil det få aktiv priserne til at stige, som vil få q til at stige. Det vil føre til et højere investeringsniveau, og afslutningsvis vil output stige.

Det er også muligt at analysere hvad der sker ved en ekspansiv pengepolitik igennem rigdoms effekterne. Ifølge Modigliani's livstidscyklus model, så er forbruget bestemt af en agents samlede velstand/rigdom i løbet af et helt liv. Den samlede rigdom som agenten har i løbet af et helt liv indeholder både human kapital, real kapital og finansielle aktiver. Det vil sige at når aktiverne stiger, så vil den samlede velstand stige, og det vil gøre at forbruget vil stige. I afsnittet om Tobins Q, så vi at en ekspansiv pengepolitik fik aktiver til at stige. Vi kan altså se på effekten af en ekspansiv pengepolitik via. rigdoms effekterne. Det første der sker er en ekspansiv pengepolitik, som vil føre til en stigning i aktivpriserne. Det vil gøre at velstanden/rigdommen stiger pga en øget værdi af ens aktiver. Dette vil få forbruget til at stige. Det øgede forbrug vil gøre at output vil stige (Mishkin, 1996, p. 7).

Hus- og landpris kanalerne kan beskrives både med metoden for Tobins q teorien hvor hus- og landpriser kunne være aktiver. Ved en stigning i hus- eller landpriser vil det få prisen til at være større end udskiftnings omkostningerne, og det vil få produktionen af huse til at stige. Det er også muligt at analysere effekterne ved brug af rigdomseffekterne, da hus- og landpriser er en stor del af rigdommen hos agenterne. En ekspansiv pengepolitik vil få huspriserne til at stige, som vil føre til en større rigdom. Det vil føre til en højere forbrug, som vil gøre at output stiger (Mishkin, 1996, p. 8).

Vi vil nu gå over til at beskrive kredit kanalerne, og her er der to kanaler som hører ind under kredit kanalerne. Det er "Bank Lending Channel" som vi vil kalde banklåns kanalen, og "Balance-sheet Channel" som vi vil kalde for Balance-sheet kanalen. De er begge et udtryk for de informations problemer, der opstår på kreditmarkederne, når der bliver ført en ekspansiv pengepolitik. Vi vil starte med banklåns kanalen, hvor bankerne har muligheden for at løse problemer med assymetrisk information på kredit markederne, og der vil være agenter som ikke har kredit tilgængeligt medmindre det sker ved banklån. Måden hvorpå banklåns kanalen virker på er ved en ekspansiv pengepolitik, som vil få bankernes reserver og depoter til at stige, som vil få antallet af mulige bank lån til at stige. Som beskrevet over, så har bankerne en vigtig rolle til at låne ud til dem der ikke kan få kredit ellers, så vil de flere mulige banklån føre til flere reelle bank lån. De flere banklån vil føre til flere investeringer, og mere forbrug der vil øge output.

Til sidst er der Balance-sheet Channel, og der er flere måder hvorpå at pengepolitik kan påvirke firmaers balance-sheet. Ved en ekspansiv pengepolitik, så stiger egenkapitalen i virksomhederne. Når egenkapitalen i virksomhederne stiger, så vil det få effekten fra adverse selection og moral hazard til at falde. Det vil få investeringerne til at stige, som vil føre til et øget output. Det er en måde at se på ekspansiv pengepolitik, og effekten på firmaers balance sheet. En anden måde er at den ekspansive pengepolitik fører til en lavere nominel rente, som får firmaers balance-sheet til at stige, og det vil føre til et øget cash flow. Ved et relativt højere cash flow, så vil både adverse selection og moral hazard falde. Det vil få firmaerne til at øge deres lån, som vil få investeringerne til at stige, der vil påvirke output positivt.



### 4.3 Pengepolitisk flowchart

Pengepolitik kan forklares på mange måder afhængig hvilken økonomi vi snakker om. Kigger vi på Danmark, er det fx. en åben økonomi med fastkurs politik, kigger vi på USA, så har vi en åben økonomi med flydende valutakurser, mens Japan også har åben økonomi med flydende valutakurser, men er langt mindre end USA. Derfor kan en generel illustration ikke vise, hvordan det enkelte lands pengepolitik fungerer, og vi vil derfor tage udgangspunkt i ECB, som kan føres tilbage til Danmark, da vores pengepolitik er stærkt afhængig af ECBs. Dette vil vi illustrere i et flowchart, hvor vi kan se de forskellige dynamikker i pengepolitiske tiltag. Nedenfor ses et flowchart fra (ECB, n.d.).

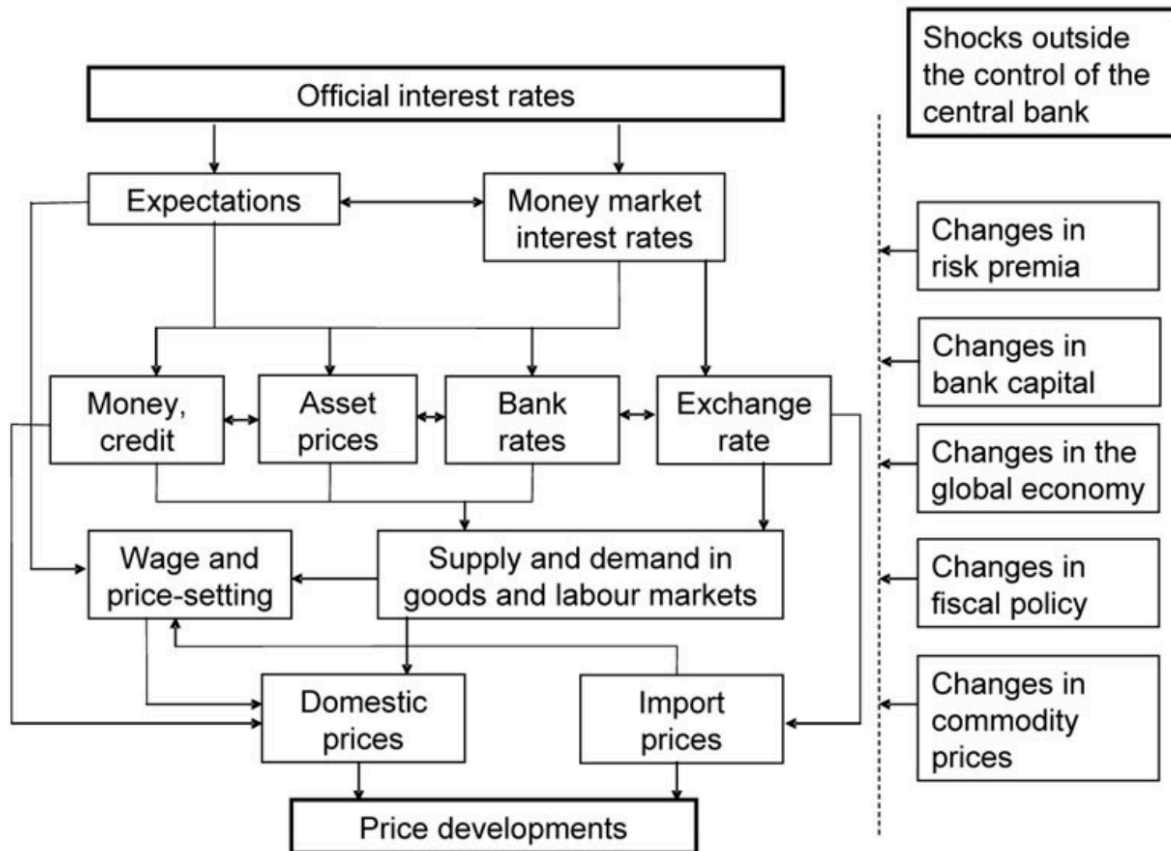


Figure 1: Pengepolitisk flowchart

Kilde:ECB

Det første der sker er at centralbanken tilføjer midler til banksystemet, og kræver rente på de lånte midler. En centralbank har en form for monopolistisk magt for udstedelse af penge, og derfor kan de selv bestemme renten. Når centralbanken ændrer den officielle rente, så påvirker det markedsrenten på pengemarkedet direkte, og inddirekte bankrenten. Når den officielle rente bliver ændret, så påvirker det også forventningerne til den fremtidige officielle rente. Den direkte effekt er at agenternes forventninger til det mellemlange og lange rente ændrer sig. Inddirekte kan der ske en ændring i agenternes forventninger til inflationsforventningerne, men hvis centralbanken er troværdig så kan en ændring i den officielle rente ikke påvirke forventningerne til prisstigninger.

Aktiv priser kan blive påvirket ved en påvirkning af renten, hvor der kan blive lavet forventninger til at det vil blive relativt dyre ved en rente stigning. Ved en ændring i den officielle rente kan der også komme pres på valutakursen, hvor ændringer i valutakursen kan føre til ændringer i inflationen. Når valutakursen ændres så bliver inflationen påvirket direkte fordi at importvarer stiger i pris. Når centralbanken ændre den officielle rente så ændre det valget mellem opsparing og investering hos husholdninger og firmaer. Forbruget bliver også påvirket ved ændring af den officielle rent, og det sker igennem velstandseffekter. Det kunne være ved at huspriser stiger, og dermed at husholdninger kan øge deres forbrug. Aktivpriser bliver også påvirket, og det kan have en effekt på den samlede efterspørgsel, fordi det gør husholdninger i stand til at lave flere lån.

Hvis der sker en forøgelse af den officielle rente, så kan det ændre mængden af kredit i systemet. Det sker ved at en forøgelse af renten øger risikoen for at husholdninger ikke kan tilbagebetale lån, og bankerne derfor ikke vælger ikke at udstede flere lån. Når der sker ændringer ved forbruget og investeringer, så påvirker det den samlede efterspørgsel efter goder og services i en økonomi. Hvis det er et fald i den officielle rente, så vil der ske en stigning i forbruget, som vil have et opadgående pres på priserne i det pågældende marked.

Når der sker en ændring af den førte pengepolitik, så ændre det ved bankens marginale omkostning ved at få fat i kapital udefra. Det kan være kritisk i finansielle ustabile tider, fordi det allerede er svært at få fat i kapital i krise tider. Der er også en pengepolitisk kanal der kaldes for "risk-taking channel". Den virker på to måder, hvor den første er når den officielle rente er lav, så vil det føre til aktiv priser og huse stiger i pris. Hvis der er tale om en stabil udvikling i aktiv priser og huse, så vil det få både låntagere og banker til at tage større risiko. Den anden måde risk-taking channel fungerer på er ved, at når der er lave renter, så bliver det mere attraktivt at have risiko fyldte aktiver. Det er fordi agenterne og virksomhederne ønsker et større afkast på sine investeringer, som ikke kan fåes i bankerne fordi renten er lav.

## 4.4 Empirisk litteratur

VAR modeller er blevet brugt i vid udstrækning til at forklare pengepolitiske effekter i makroøkonomisk forskning. Der er dog ikke en entydig måde at bruge VAR modellerne på, da de kan opstilles og estimeres på vidt forskellige måder. Resultaterne kan derfor ikke forventes at være ens, og i dette afsnit vil vi gennemgå forskellige metoder, der har været anvendt i forskellige artikler.

Der er lavet mange studier af de pengepolitiske effekter ved brug af en VAR eller en strukturel VAR model. I artiklen “Time Varying Structural Vector Autoregressions and Monetary Policy” af Giorgio E. Primiceri, blev der brugt en strukturel VAR model til at undersøge pengepolitikens rolle i USAs økonomi. Variablerne der blev taget med var renten, inflation og arbejdsløshed. Der blev lavet tre restriktioner for strukturel VAR modellen, hvor rækkefølgen var  $r$ ,  $\pi$ , og  $u$ . I artiklen tillader de ikke at effekterne af inflation og arbejdsløshed påvirker renten i den første periode. For inflation gælder det, at renten ikke påvirker i periode 0, mens arbejdsløsheden påvirker inflationen med det samme. Både renten og inflationen påvirker arbejdsløsheden i periode 0. I artiklen konkluderer de at effekterne af pengepolitik, har ændret sig gennem perioden på 40 år, der undersøges. Effekterne af pengepolitik blev ikke fundet i det empiriske arbejde, og dermed kunne pengepolitikken ikke forklare udviklingerne i inflation og arbejdsløshed. (Primiceri, 2005)

I en artikel af Brian Sack; “Does the fed act gradually? A VAR analysis”, undersøges om renteudviklingen kan blive forklaret ved udviklingen i økonomien ved brug af en VAR og af en strukturel VAR model. I artiklen bliver der brugt rente som policy variable, og så bliver der brugt arbejdsløshed, vækstrate i produktion, inflation og inflationsraten i varerpriser. Artiklen ønsker at undersøge, om udviklingen i renten kan forklares ved brug af non-policy variable, og om den aktuelle førte pengepolitik, følger den optimale pengepolitik. Strukturen er lige som den vi selv opstiller for inflation, arbejdsløshed og renten, men der medtages flere variable i analysen. I artiklen finder de at non-policy variablerne kan forklare store dele af udviklingen i renten (Sack, 2000).

I en anden artikel af Ryuzo Miyao med titlen “The Effects of Monetary Policy in Japan”, undersøges den japanske økonomi. Der bliver opstillet en fire variable VAR og SVAR model, hvor variablerne opstilles i rækkefølgen: renten, pengemængden, aktiepriser og produktionen i økonomien. Der bliver lavet seks restriktioner i den strukturelle VAR model. I artiklen konkluderer de, at pengepolitik har vedvarende effekt på output især i perioderne hvor der er tendenser til bobler i økonomien i 1980’erne i Japan (Miyao, 2002).

Overordnet er der mange forskellige måder at opstille en strukturel VAR model, og hvilke restriktioner der laves. Der kan bla. henvises til Gerald Carlino og Robert Defina’s artikel med titlen “The differential Regional Effects of Monetary Policy” fra 1998, der undersøger om pengepolitik har forskellige effekter i forskellige geografiske områder. I artiklen “OPTIMAL MONETARY POLICY USING AN UNRESTRICTED VAR” af Vito Polito og Mike Wickens, bliver der brugt en unrestricted VAR model til at undersøge pengepolitik.

## 4.5 Vector autoregressive (VAR) modeller

VAR modeller bliver brugt til at estimere fremtidige værdier af variable. Vi vil i vores opgave gøre brug af VAR modeller til at kunne estimere og undersøge stød til økonomien ved hjælp af vores variable: inflation, renten og arbejdsløshed i replikationen af Stock og Watson. Senere vil vi også medbringe GDPvækst til at foretage egne VAR analyser i forskellige lande.

### Den simple form for VAR

Vi vil i dette afsnit beskrive den simple form for VAR, og opskrive den på matematisk form. En VAR model kan bruges til at beskrive sammenhængene mellem flere variable både i nutidige og tidligere perioder. Det er en meget anderkendt og brugt økonometrisk metode i dag. Vi vil nu opskrive metoden på ligningsform, hvor vil bruge de tre variable  $x$ ,  $y$  og  $z$ .

$$\begin{aligned}x_t &= b_{10} - b_{12}z_t - b_{13}y_t + a_{11}x_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + a_{13}y_{t-1} + e_{1t} \\z_t &= b_{20} - b_{21}x_t - b_{23}y_t + a_{21}x_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + a_{23}y_{t-1} + e_{2t} \\y_t &= b_{30} - b_{31}x_t - b_{32}z_t + a_{31}x_{t-1} + a_{32}z_{t-1} + a_{33}y_{t-1} + e_{3t}\end{aligned}$$

Flytter alle termer med nutidige værdier over på venstresiden:

$$\begin{aligned}x_t + b_{12}z_t + b_{13}y_t &= b_{10} + a_{11}x_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + a_{13}y_{t-1} + e_{1t} \\b_{21}x_t + z_t + b_{23}y_t &= b_{20} + a_{21}x_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + a_{23}y_{t-1} + e_{2t} \\b_{31}x_t + b_{32}z_t + y_t + b_{30} &= a_{31}x_{t-1} + a_{32}z_{t-1} + a_{33}y_{t-1} + e_{3t}\end{aligned}$$

Opstiller på matrice form:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & 1 & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & 1 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} x_t \\ z_t \\ y_t \end{bmatrix}}_{y_t} = \underbrace{\begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \\ b_{30} \end{bmatrix}}_{\Gamma_0} + \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}_{\Gamma_1} \underbrace{\begin{bmatrix} x_{t-1} \\ z_{t-1} \\ y_{t-1} \end{bmatrix}}_{y_{t-1}} + \underbrace{\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix}}_{e_t}$$

For at gøre det mere overskueligt kan det opstilles på en generel form, hvor de forskellige værdier er angivet i underbrackets under deres respektive matricer.

$$By_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 y_{t-1} + e_t$$

Den generelle form er ikke påvirket af antallet af variable og vil derfor altid forblive den samme.

Generelle VAR modeller kan ikke estimeres, da der er interaktion mellem  $x_t$ ,  $y_t$  og  $z_t$ . Dette har resulteret i et andet framework, der kaldes en Reduced VAR model, som kan estimeres ved hjælp af OLS.

### Reduced form VAR model (RVAR)

Vi opskriver først VAR på den generelle form:

$$By_t = \Gamma_0 + \Gamma_1 y_{t-1} + e_t$$

Flytter matricen  $B$

$$y_t = B^{-1}\Gamma_0 + B^{-1}\Gamma_1 y_{t-1} + B^{-1}e_t$$

Vi kan ikke estimere modellen hvor de nutidige værdier for  $x$  og  $z$  optræder flere steder i de to ligninger, så vil effekterne af deres samtidige effekter fanges i fejlleddet. Derfor angiver vi nu parametrene som funktioner af VAR modellens parametre. Vi opstiller dem derfor som  $A$  matricer og kalder  $\epsilon$  for fejlleddet. Dette gøres for at illustrere, at vi er gået fra en generel VAR model til en Reduced VAR model.

$$y_t = \underbrace{B^{-1}\Gamma_0}_{A_0} + \underbrace{B^{-1}\Gamma_1}_{A_1} y_{t-1} + \underbrace{B^{-1}e_t}_{\epsilon}$$

Så vi får:

$$y_t = A_0 + A_1 y_{t-1} + \epsilon$$

Modellen kan nu estimeres, da der ikke længere er missspecifikation i modellen/fejlleddet.

Kritikken på RVAR modellen går på, at man går ind og fjerner nogle komponenter for at kunne estimere. Det er derfor ikke den bedst mulige estimation. I 1980 publicerer Christopher A. Sims en artikel, der skal løse problemerne med at estimere uden restriktioner. Dette bliver kaldt for Structural VAR modeller, og kan estimere mange variable på tværs af tidsperioder uden restriktioner. Denne vil vi beskrive nedenfor.

### Structural VAR model (SVAR)

I SVAR modellen tillader vi variable at påvirke hinanden på samme tid, og det er derfor den type VAR model, hvor der er færrest restriktioner, som rent faktisk kan estimeres. Forskellen fra VAR er, at her vil vi ikke lade  $x$  blive påvirket i samme periode af  $z$  og  $y$ . Vi vil istedet lade  $z$  blive påvirket af  $x$  i samme periode, og  $y$  vil vi lade blive påvirket af  $z$  og  $x$  i samme periode.

Modellen opstilles:

$$x_t = b_{10} + a_{11}x_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + a_{13}y_{t-1} + e_{1t}$$

$$z_t = b_{20} - b_{21}x_t + a_{21}x_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + a_{23}y_{t-1} + e_{2t}$$

$$y_t = b_{30} - b_{31}x_t - b_{32}z_t + a_{31}x_{t-1} + a_{32}z_{t-1} + a_{33}y_{t-1} + e_{3t}$$

Flytter nutidige værdier over på venstre side:

$$x_t = b_{10} + a_{11}x_{t-1} + a_{12}z_{t-1} + a_{13}y_{t-1} + e_{1t}$$

$$b_{21}x_t + z_t = b_{20} + a_{21}x_{t-1} + a_{22}z_{t-1} + a_{23}y_{t-1} + e_{2t}$$

$$b_{31}x_t + b_{32}z_t + y_t = b_{30} + a_{31}x_{t-1} + a_{32}z_{t-1} + a_{33}y_{t-1} + e_{3t}$$

Opskriver på matrice form i en Cholesky decomposition, som giver os en lower-triangle:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ b_{21} & 1 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} x_t \\ z_t \\ y_t \end{bmatrix}}_{y_t} = \underbrace{\begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \\ b_{30} \end{bmatrix}}_{\Gamma_0} + \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}_{\Gamma_1} \underbrace{\begin{bmatrix} x_{t-1} \\ z_{t-1} \\ y_{t-1} \end{bmatrix}}_{y_{t-1}} + \underbrace{\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix}}_{e_t}$$

Vi har nu en model, der kan estimeres, som ikke undlader variable, og hvor der er færrest mulige restriktioner.

1

## 4.6 Innovation accounting

Innovation accounting er en analyse, hvor der anvendes impulse analyse og varians dekomponering på samme tid for at undersøge forhold mellem forskellige variabler i en økonomisk model. Generelt set vil der i økonomiske variable være store korrelationer blandt de forskellige, men hvis der under analysen ikke findes en større korrelation, så vil identifikationproblemet være af mindre betydning (Enders, 2014, p. 302). Det vil altså sige, at hvis der er en stor korrelation, så kan stødene i vores impulse analyse blive usædvanlige og måske endda blive permanente. Dette tyder på en identifikationproblem, og der er formentlig et problem i modellen, som gør at ikke alle vores variable eller i hvert fald dele af tidsserierne, er stationære.

### 4.6.1 Impulse responses

Impulse responses bruges til at undersøge eksogene impulser/stød i en model. Det bruges ofte i makroøkonomiske modeller til at undersøge shocks i forbindelse med en VAR model, som er blevet udarbejdet. Da vi tidligere har redegjort for en VAR model med tre variable, vil vi holde det simpelt i denne redegørelse og bruge en model med to variable jf. (Enders, 2014, pp. 294–298). Så vi opskriver først vores generelle VAR model på matrix form:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_{t-1} \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix}$$

Dette kan omskrives til:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} \quad (4.2.1.2)$$

Nu vil vi gerne omskrive ligning ovenfor, så vi udtrykker  $e_{1t}$  og  $e_{2t}$  som  $\epsilon_{yt}$  og  $\epsilon_{zt}$ . Dette gøres ved at stille dem op i en matrix og anvende vector of errors:

$$\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \end{bmatrix} = \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} \epsilon_{yt} \\ \epsilon_{zt} \end{bmatrix} \quad (4.2.1.3)$$

Nu kan vi sætte de to ligninger sammen og få en kombineret form:

<sup>1</sup>Dette afsnit er også anvendt i vores økonometri II opgaver

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \frac{1}{1-b_{12}b_{21}} \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}^i \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{yt-i} \\ \epsilon_{zt-i} \end{bmatrix}$$

Vi reducerer nu for at få en mere overskuelig ligning. Dette gøres ved at definere  $\phi$  med elementerne  $\phi_{jk}(i)$  og indsætte med almindelig substitution.  $\phi$  er vigtig, da dette er impact multipliers, som definerer en størrelsen af på de stød, der sker til fejlløbet, som påvirker vores afhængige variabel  $y_t$ .

Definerer  $\phi$

$$\phi_i = \frac{A_1^i}{1-b_{12}b_{21}} \begin{bmatrix} 1 & -b_{12} \\ -b_{21} & 1 \end{bmatrix}$$

Dette substitueres nu ind:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ z_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{y} \\ \bar{z} \end{bmatrix} + \sum_{i=0}^{\infty} \begin{bmatrix} \phi_{11}(i) & \phi_{12}(i) \\ \phi_{21}(i) & \phi_{22}(i) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_{yt-i} \\ \epsilon_{zt-i} \end{bmatrix} \quad (4.2.1.4)$$

Dette kaldes også det glidende gennemsnit for ligning (4.2.1.2) og (4.2.1.3).

Som nævnt tidligere er  $\phi_i$  vigtig, da denne kan bruges til at definere effekterne af stød fra  $\epsilon_{y_t}$  og  $\epsilon_{z_t}$ . Altså de stød, som ikke direkte kan forklares af modellen, men forklares uden for modellen i dets fejlløbet. I vores sidste ligning, ligning (4.2.1.4), har vi fire værdier/koefficienter af  $\phi$ .  $\phi_{11}(i)$ ,  $\phi_{12}(i)$ ,  $\phi_{21}(i)$ ,  $\phi_{22}(i)$ . Dette er vores **impulse response functions** og plottes ofte for at få et visuelt indtryk af forskellige shocks til VAR modellen. Her er  $i$  vores “unit” parameter. Så hvis vi har  $i = 1$ , så vil det gælde, at man giver modellen et “et-unit-stød”.  $i = 2$  et “to-unit-stød” osv. Her er det dog vigtigt at påpege, at stødene til modellen er af temporær karakter, hvis modellen er antaget stationær, da  $\phi_{jk}(i)$  konvergerer mod nul. (Enders, 2014, p. 295). Dette giver også god mening jf. empirien, hvor det kan ses, at makro tidsserier har en tendens til at vende tilbage til deres langsigtede ligevægt.

#### 4.6.2 Forecast error variance decomposition (FEVD)

Varians dekomponering er en anden måde at illustrere indbyrdes forhold mellem variable i en VAR model. I dette specifikke projekt gøres brug af forecast error variance decomposition (FEVD), som kan fortælle os bevægelser i modellen på grund af stød til egne variable. På kort sigt kan det generelt ses, at stød til modellen fra en bestemt variabel, kan forklares af variabelen selv, men at det på længere sigt spreder sig i de andre variable og dermed hele systemet/modellen. Et godt eksempel kunne være et stød til inflation, som i sig selv påvirker økonomien, men også på længere sigt begynder at påvirke arbejdsløsheden, som dermed også påvirker økonomien. Det er altså ikke kun det pågældende stød til inflationen, som påvirker økonomien.

## 5 Empirisk analyse

I analysen vil vi undersøge effekterne af pengepolitiske shocks i økonomien i Danmark, USA og Japan. Dette gøres ved først af replikere Stock og Watsons artikel: “Vector Autogregressions”, hvor de bruger variablene inflation, rente og arbejdsløshed og analysere effekterne i USA i perioden 1960-2000. Denne replikation vil være grundlaget for vores egen analyse, hvor vi analyserer effekterne i perioden 1970-2018 for landene USA, Danmark og Japan. I replikationen vil vi først opstille vores model, teste for Granger kausalitet og derefter estimerer model og fortolke resultaterne ved hjælp af Impulse response functions og FEVD. Derefter vil vi sammenligne vores resultater med artiklen for at sikre, at de stemmer overens.

I vores egen analyse vil vi først lave en grundlæggende unit root tests, da vores data ikke længere er givet, og det derfor ikke kan antages, at det er stationært. Ved unit root renses dataet for dette, og der anvendes I(1)-processer for resten af analysen. Derefter opstiller vi en SVAR model således at der kan plottes Impulse reponse functions og FEVD. Til sidst fortolkes vores resultater med særlig vægt på effekterne af de pengepolitiske stød til økonomien.

### 5.1 Replikation

Replikationen af Stock og Watson vil forsøge at kopiere de eksakte resultater fra deres artikel. Til dette anvender vi det samme data, som de har brugt, og der bruges samme metoder. I deres artikel tester de ikke for unit root, og vi antager derfor, at deres data er stationært og arbejder ud fra det udgangspunkt.

#### 5.1.1 Opstilling af regressioner

Her vil vi opstille regressioner for inflation, renten og arbejdsløshed, hvor vi inkluderer 4 lags af hver variable jf. Stock og Watson.

$$\pi_t = \alpha_0 + \phi_1\pi_{t-1} + \phi_2\pi_{t-2} + \dots + \phi_k\pi_{t-k} + \beta_1R_{t-1} + \beta_2R_{t-2} + \dots + \beta_kR_{t-k} + \gamma_1u_{t-1} + \gamma_2u_{t-2} + \dots + \gamma_ku_{t-k} \quad (1)$$

$$R_t = \alpha_0 + \phi_1\pi_{t-1} + \phi_2\pi_{t-2} + \dots + \phi_k\pi_{t-k} + \beta_1R_{t-1} + \beta_2R_{t-2} + \dots + \beta_kR_{t-k} + \gamma_1u_{t-1} + \gamma_2u_{t-2} + \dots + \gamma_ku_{t-k} \quad (2)$$

$$u_t = \alpha_0 + \phi_1\pi_{t-1} + \phi_2\pi_{t-2} + \dots + \phi_k\pi_{t-k} + \beta_1R_{t-1} + \beta_2R_{t-2} + \dots + \beta_kR_{t-k} + \gamma_1u_{t-1} + \gamma_2u_{t-2} + \dots + \gamma_ku_{t-k} \quad (3)$$

Herefter estimeres regressionerne med 4 lags. Når vi estimerer på denne måde, så svarer det til, at man opstiller en VAR(4) model, men i dette tilfælde opstiller vi regressionerne hver for sig og estimerer dem jf. tabel 1 nedenfor:



Table 1: Regressioner med 4 lags

	<i>Dependent variable:</i>		
	inflation	renten	unemployment
	(1)	(2)	(3)
L(inflation, c(1:4))1	0.633*** (0.081)	0.068 (0.073)	0.038** (0.019)
L(inflation, c(1:4))2	0.053 (0.095)	0.226*** (0.085)	-0.027 (0.022)
L(inflation, c(1:4))3	0.116 (0.096)	-0.101 (0.087)	0.016 (0.022)
L(inflation, c(1:4))4	0.193** (0.086)	-0.025 (0.078)	-0.022 (0.020)
L(renten, c(1:4))1	0.158 (0.102)	0.946*** (0.091)	0.005 (0.023)
L(renten, c(1:4))2	-0.134 (0.135)	-0.367*** (0.122)	0.044 (0.031)
L(renten, c(1:4))3	0.020 (0.133)	0.339*** (0.120)	-0.025 (0.031)
L(renten, c(1:4))4	-0.040 (0.102)	0.012 (0.092)	0.009 (0.023)
L(unemployment, c(1:4))1	-1.145*** (0.387)	-1.643*** (0.348)	1.493*** (0.089)
L(unemployment, c(1:4))2	1.970*** (0.665)	1.824*** (0.597)	-0.536*** (0.153)
L(unemployment, c(1:4))3	-1.574** (0.671)	-0.854 (0.603)	0.004 (0.154)
L(unemployment, c(1:4))4	0.588 (0.370)	0.551* (0.332)	-0.013 (0.085)
Constant	0.947** (0.372)	0.541 (0.334)	0.059 (0.085)

Note:

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

I vores regressionsmodel kan vi se, at vi har nogle signifikante lags i de forskellige variable. Hvor de har både positive og negative virkninger på hinanden. Vi kan dog ikke sige, at der nødvendigvis er en kausal sammenhæng, og vi vil derfor teste yderligere med Granger kausalitet i næste afsnit.

### 5.1.2 Granger Causality tests

Granger kausalitet blev introduceret af (Granger, 1969) i papiret: "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods". Her konkluderes det, at i tidsserier kan A forårsage B, hvis A indtræffer før B. Dog kan B ikke forårsage A. Vi kan med den viden bruge observationer i tidsserier til at undersøge kausale sammenhænge. Granger testen kan derfor bruges til at teste, om tidsserie A kan gå ind og forårsage begivenheder i tidsserie B. I vores specifikke tilfælde kigger vi på tidsserierne inflation, arbejdsløshed, renten og vi vil med Granger testen undersøge, om de tre variable kan bruges til at forudsige begivenheder i hinanden.

Dette gøres ved hjælp af at en F-test, hvor vi opstiller en fælles nuhypotese. Disse er opstillet i tabel 2 nedenfor sammen med p-værdierne

Opstiller vores nulhypoteser og tester for Granger kausalitet:

Table 2: Granger kausalitets tests

Test	Hypotese	P-værdi
(1) Renten Granger-causes inflation	$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$	0.652
(2) Arbejdsløshed Granger-causes inflation	$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots \gamma_k = 0$	0.008
(3) Inflation Granger-causes renten	$H_0 : \phi_1 = \phi_2 = \dots \phi_k = 0$	0.000
(4) Arbejdsløshed Granger-causes renten	$H_0 : \gamma_1 = \gamma_2 = \dots \gamma_k = 0$	0.000
(5) Inflation Granger-causes arbejdsløshed	$H_0 : \phi_1 = \phi_2 = \dots \phi_k = 0$	0.294
(6) Renten Granger-causes arbejdsløshed	$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots \beta_k = 0$	0.003

Her kan vi se, at følgende hypoteser kan forkastes på et 5% signifikansniveau: (2), (3), (4), (6). Det betyder altså, at disse kan gå ind og påvirke hinanden. Resterende kan ikke forkastes, og vi kan derfor ikke konkludere, om de påvirker hinanden gennem Granger kausalitet. Resultaterne stemmer altså overens med Stock og Watson artiklen, som vi forsøger at replikere. P-værdierne er ikke ens, men konklusionen omkring nulhypoteserne, er de samme.

### 5.1.3 Estimate the VAR model

Estimation af en SVAR model med tre variable med følgende orden:

$$[\pi, u, R]$$

Denne tager udgangspunkt i VAR modellen og begge er beskrevet i afsnit 4.5 - Vector autoregressive (VAR) modeller. SVAR modellen vil vi bruge til at lave vores “impulse response functions” i afsnit 5.1.5 - Plot the impulse responses and interpret your results”. Og vi vil også plotte FEVD ved hjælp af vores SVAR i afsnit 5.1.6. I næste afsnit forklares, hvorfor variablerne i SVAR, opstilles som de gør.

### 5.1.4 Explain the motivation for following the above ordering of variables

Den måde hvorpå man laver rækkefølgen af variable i en structural VAR model er ved at opskrive dem efter nedadgående række efter eksogenitet. Det betyder at inflation er mere eksogen end arbejdsløshed, og at arbejdsløshed er mere eksogen end renten. Samtidig vil inflation være mere eksogen end renten, så der bliver fulgt en naturlig rækkefølge af eksogenitet. Der er tale om relativ eksogenitet, altså variablerne er relativt mere eksogene i forhold til hinanden. Når en variable er eksogen, så betyder det at den er bestemt udenfor modellen.

### 5.1.5 Plot the impulse responses and interpret your results

Når man plotter impulse response funktioner, kan man se virkningen af et stød til en bestemt variable. Så vi har vores stød i form af en “impulse”, og vi har reaktionen i form af en “response”. I vores tilfælde giver vi 3 forskellige stød til 3 forskellige variable i en tidshorisont på 24 kvartaler (6 år). I plottene nedenfor i Figur 5 kan reaktionerne ses.

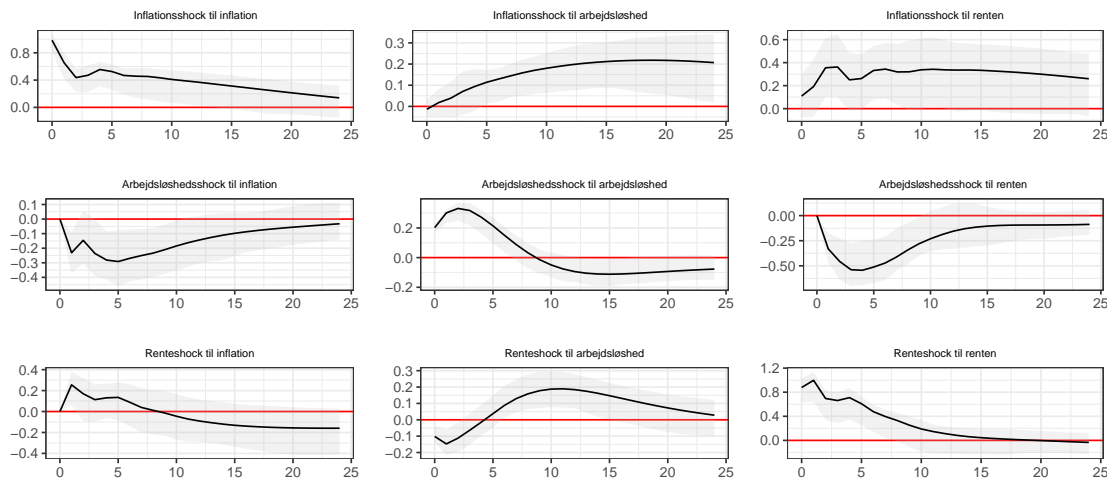


Figure 2: Impulse response funktioner for USA med 24 lags

Vi kan i de forskellige shocks se, at de reagerer på samme måde, som artiklen fra Stock og Watson. Hvis vi kigger på **inflationen**. Et positivt shock vil medføre højere inflation, højere arbejdsløshed og højere rente. Disse værdier vil stabilisere sig igen på lang sigt. Kigger vi på **arbejdsløshed** kan vi se, at et positivt shock vil medføre et fald i inflationen, men et stigning efter 4 kvartaler. Den vil give et stigning i arbejdsløsheden på kort sigt, men allerede efter 2-3 kvartaler falder den under basis linjen og begynder derefter at stabilisere sig. Det vil give et kort fald i renten, men derefter en stigning op mod basis linjen. Til sidst kigger vi på **renten**. Et positivt shock til denne vil påvirke inflationen positivt i en kort periode, men derefter falde. Den vil få arbejdsløsheden til at stige, og renten til at falde.

### 5.1.6 Calculate the forecast error variance decomposition (FEVD) of your model

Forecast error variance decomposition (FEVD) er en del af den strukturelle analyse, som dekomponerer variansen af fejleddet ind til påvirkning fra specifikke eksogene shocks. Nedenfor i figur 3 kan vi se udviklingen i variansen på vores variable over 12 lags og hvilke af de andre variable, der medfører denne udvikling.

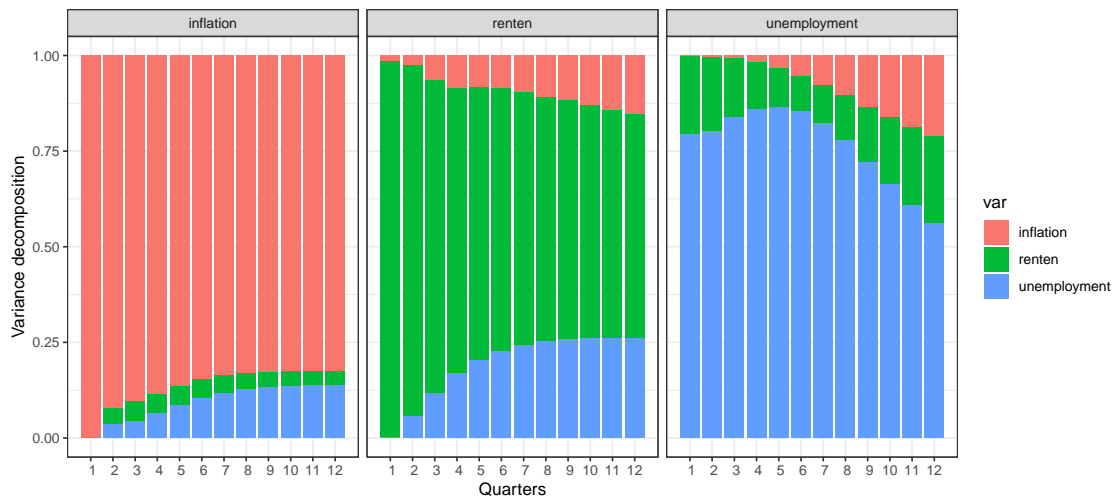


Figure 3: FEVD for inflation, renten og arbejdsløshed for 12 lags

Her kan det ses, at **Inflation** stort set kun bliver påvirket af inflationen selv, og at renten og arbejdsløshed spiller en mindre rolle. **Renten** bliver påvirket af både inflation og arbejdsløshed, især ved høje lags. Ved 12 lags er det tæt på 40% af renten, der påvirkes af de to andre. **Arbejdsløshed** bliver påvirket af sig selv, men også i høj grad af renten og inflationen. Generelt kan det siges, at der er en tendens til, at jo længere tidsperiode vi kigger på, jo større påvirkning fra andre variable end sig selv. Det er fordi variansen bliver større og større, da usikkerheden bliver større, når man kigger længere ud i fremtiden.

### 5.1.7 Robusthedstest

I Stock og Watsons artikel valideres resultaterne ikke gennem tests, og der antages derfor implicit, at de er unbiased og korrekte. Dette kan imidlertid ikke konkluderes uden at teste robustheden i ens model og dermed og resultaterne. Følgende afsnit vil teste robustheden af den anvendte VAR model. Dette gøres for at undersøge, om resultaterne i forrige afsnit kan accepteres. I Robusthedsteten vil vi teste for assymetri, normalitet og arch testen.

#### 5.1.7.1 Assymetrisk test

Den assymetriske test(portmanteau testen), tester for seriekorrelation i vores model. Vi har allerede tidligere testet for dette i vores data, men vi anvender nu også testen på vores model for at styrke vores resultater. Hvor nulhypotesen er ingen seriekorrelation.

Testen giver en p-værdi på 0.001, hvilket er lavere end 0.05, og vi kan derfor forkaste vores nulhypotese på et 5% signifikansniveau. Dette betyder, at det kunne tyde på, at der er seriekorrelation i modellen, som kan give biased resultater.

#### 5.1.7.2 Normality test

Der testes om vores model følger en normalfordeling.

Testen giver en meget lav p-værdi, som er lavere end 0.05. Dette betyder, at vi kan forkaste nulhypotesen på et 5% signifikansniveau, og det tyder derfor på, at modellen ikke følger en normalfordeling jf. denne test.

#### 5.1.7.3 Arch test

Archtesten tester for autocorrelation/hetereoskedasticitet, hvor nulhypotesen er ingen hetereoskedasticitet.

Testen giver en p-værdi lavere end 0.05. Derfor kan vi igen forkaste nulhypotesen på et 5% signifikansniveau. Det betyder, at der godt kan være hetereoskedasticitet i modellen.

Efter vores robusthedstest på modellen opstillet i Stock og Watson kan vi nu konkludere, at deres model har nogle problemer. Når den ikke kan bestå robusthedstesten kan det tyde på, at der er noget BIAS i modellen, som kan være opstået pga. flere forskellige ting, fx outliers, misspecifikation/omitted variable bias. Dette diskuteres yderligere i afsnit 6.

## 5.2 Analyse af flere lande

I dette afsnit vil vi foretage samme analyse som Stock og Watson, men med andre lande, for at sammenligne effekterne af pengepolitiske stød i forskellige dele af verden. Udgangspunktet fra replikationen er USA. Vi foretager nu en sammenligning med USA fra en nyere periode, samt Danmark, og Japan. Dette kan give os en idé om, der er en tendens i pengepolitiske tiltag eller, om det er forskelligt fra land til land.

Ordnren af vores variable opstilles:

$$[\pi, \dot{y}, R]$$

Hvor  $\pi$  er inflationen,  $\dot{y}$  er GDPvækst og  $R$  er renten

Det nye data kan indeholde unit root og er måske ikke stationært. Derfor vil vi undersøge og evt. rense for dette.

### 5.2.1 Unit root tests

I dette afsnit vil vi udføre unit root tests på vores egen data. Her tester vi for unit root og om vores variable er stationære eller ej. Dette gøres ved hjælp af augmented Dickey-fuller testen. Phillip-perron testen og Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin-testen(appendix 9.3). Derefter testes der for serial korrelation ved hjælp af Ljung-box testen.

Inden vi begynder at teste starter vi med at plotte alt vores data for at se, om der er åbenlyse sæsonmæssige påvirkninger og om det ser stationært ud eller ej.

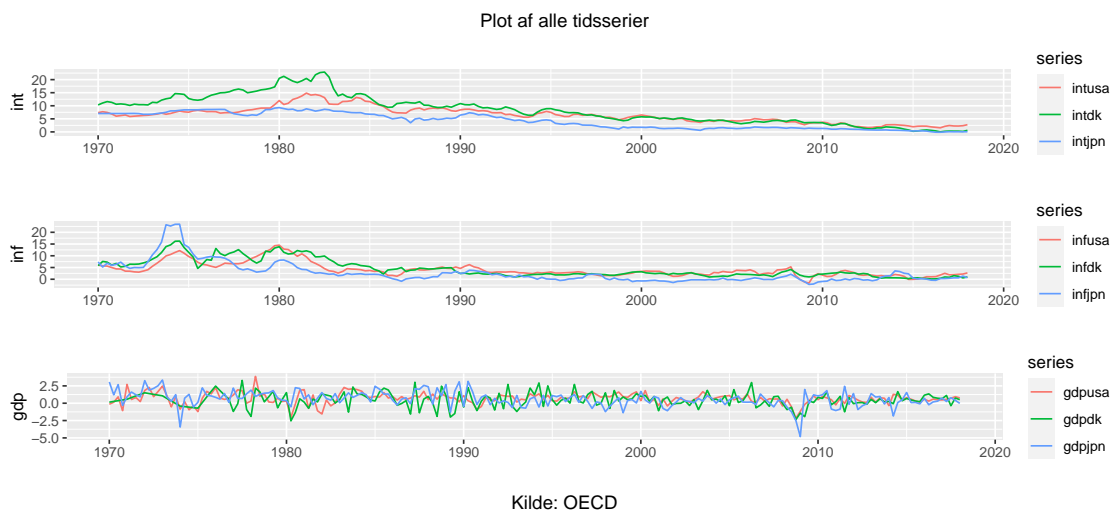


Figure 4: Plot af Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan

Ud fra plotsne i figur 4 kan det være svært at se, om vores data er sæsonpåvirket eller ej. Dog ser det ud til, at det er stationært, da dataet har en tendens til at vende tilbage til den langsigtede ligevægt. Vi kan dog også se, at der muligvis kan være nogle strukturelle brud for inflation og GDPvækst i 1970'erne, mens renten kunne have et omkring 1983. Disse ting kunne godt være tegn på, at der er unit root i vores data, og vi vil derfor teste for det.

Nu vil vi teste for serie-korrelation og unit root gennem førnævnte tests. Vi kører de forskellige tests og opstiller dem i tabel 3

Table 3: Unit root tests for Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan

var	box.pvalue	adf.pvalue	PP.pvalue	KPSS.pvalue	SC	ADFur	PPur	KPSSur
intusa	0.00	0.321	0.404	0.01	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
intdk	0.00	0.312	0.230	0.01	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
intjpn	0.00	0.198	0.236	0.01	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
infusa	0.00	0.010	0.079	0.01	FALSE	FALSE	TRUE	TRUE
infdk	0.00	0.217	0.048	0.01	FALSE	TRUE	FALSE	TRUE
infjpn	0.00	0.321	0.082	0.01	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE
gdpusa	0.00	0.010	0.010	0.10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
gdjdk	0.01	0.010	0.010	0.10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
gdjpjn	0.00	0.010	0.010	0.01	FALSE	FALSE	FALSE	TRUE

I tabel 3 ovenfor kan vi se, at vi har en del problemer med unitroots i meget af vores data. Ved en inspektion af dataet fra figur 4 ses der ikke en umiddelbart trend, og trends findes heller ikke signifikante i tests for dette. Derfor må løsningen på vores problem være at tage forskellen af vores data. Dette giver os stationært data ved en  $I(1)$ -process istedet for  $I(0)$ . Derfor fjerner det også vores problemer med unit root, og vi kan arbejde videre med dataet.

Her er det vigtigt at bemærke, at der er nogle tests, som viser, at der er unit root, og nogle, som ikke viser, at der er unit root. For at helgardere os, antager vi, at hvis en enkelt test viser unit root, men en anden ikke gør, så antages der, at der er unit root i den pågældende variabel.

Dataet transformeres til en  $I(1)$ -process ved at tage forskellen til den pågældende variabel. Det opskrives:

$$\Delta y = y_t - y_{t-1}$$

I tabellen 4 nedenfor kan vi se forskellen taget for de variable, som havde unit root i sig. Dette ser umiddelbart ud til at have løst vores problem, og vi kan derfor konkludere, at alle variable nu er stationære og uden seriekorrelation jf. vores p-værdier, som alle er lavere end 0.05, som er grænsen for 5% signifikansniveauet.

Table 4: Unit root tests for relevante forskelle i Inflation, GDP, Renten for USA, DK, Japan

var	box.pvalue	adf.pvalue	PP.pvalue	KPSS.pvalue	SC	ADFur	PPur	KPSSur
intusa	0.002	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
intdk	0.000	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
intjpn	0.042	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
infusa	0.000	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
infdk	0.000	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
infjpn	0.000	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
gdjpjn	0.000	0.01	0.01	0.1	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

Alle variable er nu renset for unit root, og vi vil nu opstille en SVAR model med reducerende eksogenitet på måden  $[\pi, \dot{y}, R]$ . Dette gøres i afsnit 5.2.2

### 5.2.2 Strukturel VAR model

I afsnit 4.5 beskrives generelle SVAR modeller, så vi vil i dette afsnit fokusere på estimeringen af SVAR modellen med vores 3 forskellige variable i 3 forskellige lande. Først opstiller vi SVAR modellen for vores egne variable, hvor der tages udgangspunkt i den generelle form, som er beskrevet i afsnit 4.5.

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ b_{21} & 1 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 \end{bmatrix}}_B \underbrace{\begin{bmatrix} \pi_t \\ y_t \\ R_t \end{bmatrix}}_{y_t} = \underbrace{\begin{bmatrix} b_{10} \\ b_{20} \\ b_{30} \end{bmatrix}}_{\Gamma_0} + \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}}_{\Gamma_1} \underbrace{\begin{bmatrix} \pi_{t-1} \\ y_{t-1} \\ R_{t-1} \end{bmatrix}}_{y_{t-1}} + \underbrace{\begin{bmatrix} e_{1t} \\ e_{2t} \\ e_{3t} \end{bmatrix}}_{e_t}$$

Når man opstiller en SVAR model så er rækkefølgen og restriktionerne for variablerne afgørende for resultaterne. I vores SVAR model tillader vi shocket til variabelen selv at påvirke i periode 0, og dermed kan der i Impulse response funktionerne ses en effekt allerede i kvartal 0. Når man har en tre variabel SVAR model, så skal der minimum være tre restriktioner. Vi har valgt at inflationen ikke kan påvirke renten i periode 0. Det betyder at i impulse response funktionerne for “inflationsshock til renten” ses effekten først i kvartal 1. Vi har heller ikke tilladt at GDPshock kan påvirke renten eller inflationen i periode 0, og det kan ses på impulse response funktionerne på samme måde som ovenfor.

Vi har specificeret modellen sådan at renten godt kan påvirke inflationen og GDP i periode 0. Vi har også tilladt for inflationen kan påvirke GDP i periode 0, og alle tre effekter kan ses i vores impulse response funktioner.

Vi har tilladt renten at påvirke de andre variabler i periode 0, fordi det er muligt at ændre renten relativ hurtigt. Det at vi har ladt inflationen påvirke GDP i periode 0, har været med udgangspunkt i, at de prisstigninger der følger med inflationen, har en direkte indvirkning på GDP.



### 5.2.3 Impulse response functions

Ligesom tidligere, vil vi gerne se, hvordan stød påvirker vores variable på tværs af hinanden. Dette kan gøres i vores Impulse response functions, hvor vi plotter de forskellige stød i figur 5. Dermed kan de pengepolitiske effekter analyseres i de forskellige lande.

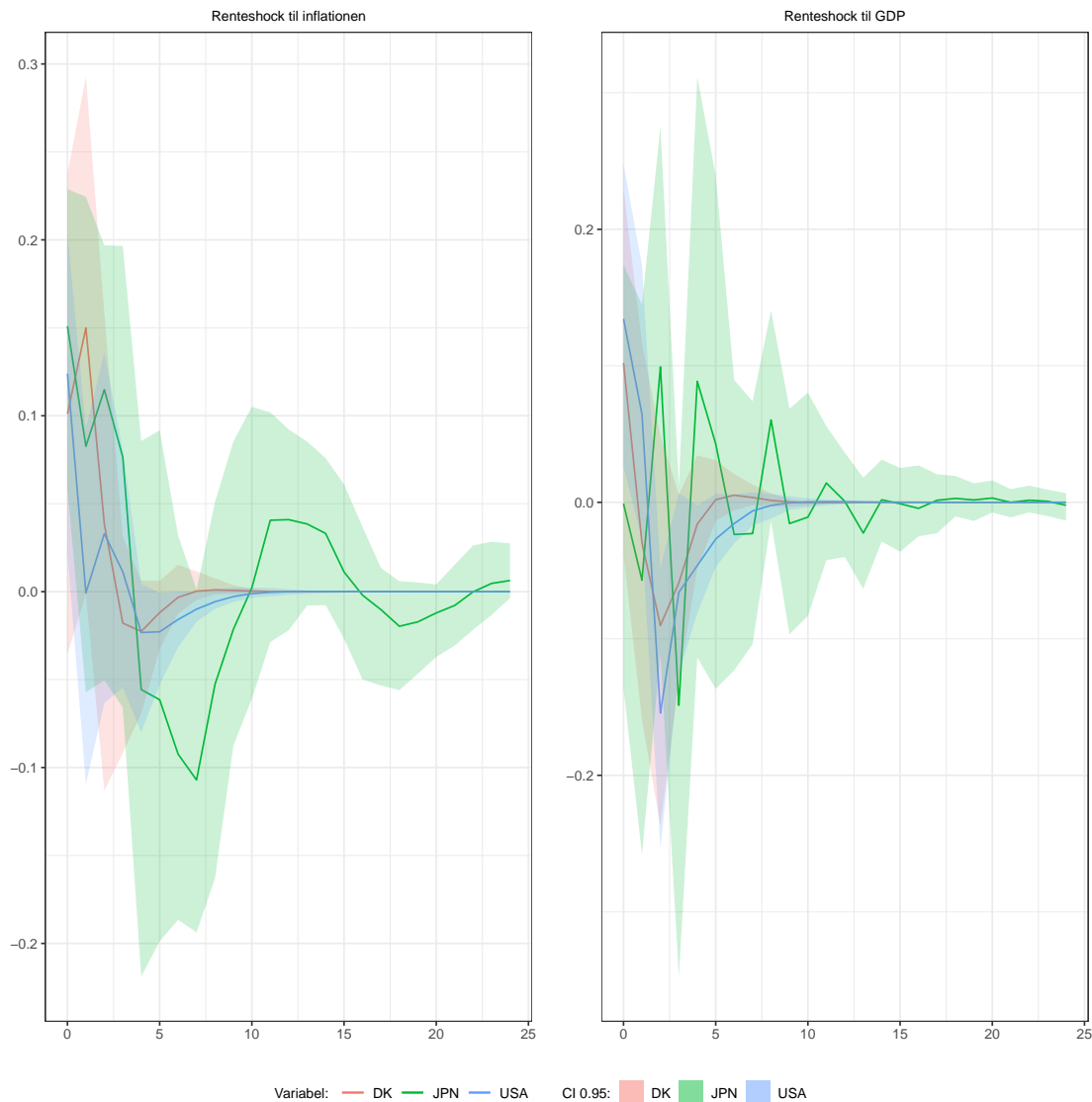


Figure 5: Impulse responses for inflation, arbejdsløshed og renten for alle lande i Strukturel VAR

Stødende til vores variable foregår ved, at der sker en 100 basis point(1 procentpoint) stød til renten, som er vores impulse, hvor vi på graferne kan se, hvordan det påvirker vores response variabel(inflation og GDPvækst) over en periode på 24 kvartaler(6år). Reponse variablerne påvirkes i procent. Støddene er visualiseret i vores linjer, mens skyggerne er konfidensintervaller op 95%.

### Renteshock til inflationen

Ved et 1-procentpoints renteshock til inflationen påvirkes de 3 lande forskelligt. I Danmark og Japan stiger inflationen, mens den falder i USA. I Danmark og USA korrigeres inflationen hurtigt efter 5-6 kvartaler, og der er dermed ikke nogle langsigtede konsekvenser af et renteshock. I Japan kan vi dog se, at inflationen bliver ved med at svinge mellem positiv og negativ inflation og først stabiliserer sig omkring nullinjen efter 6 år. Dette kunne tyde på, at Japan er mere følsom overfor renteshocks end de andre lande.

### Renteshock til GDP

Et 1-procentpoints renteshock til GDP får USA og Danmarks GDP til at falde med ca 0.1% procent, hvorefter det korrigeres efter omkring 5-8 kvartaler. Japans GDP stiger til gengæld og har både positive og negative udsving indtil stabiliseringen omkring 14 kvartaler. Vi kan altså se, at Japan er mere følsom overfor renteshock end Danmark og USA. Dette stemmer også overens med hvad vi så i inflationsfiguren. Vi kan dog også se, at konfidensintervallerne er meget større relativt til de andre lande, og der er derfor også større usikkerhed omkring resultaterne fra Japan.

### Delkonklusion

Overordnet kan det siges, at Danmark og USA følges ad i de fleste shocks og stabiliserer sig rimelig hurtigt. Det tyder ikke på, at Danmark og USA har nogle langsigtede påvirkninger af et 1-procentpoint stød til økonomien. Japan derimod opfører sig ikke som Danmark og USA, selvom Japan også er et velstående land. Vi kan se, at Japan ofte har modsat påvirkning af Danmark og USA, og samtidig er meget mere volatil. Ofte stabiliserer Japan sig først efter 15-24 kvartaler, som er væsentlig langsommere end Danmark og USA. Dette kan have forskellige grundlag, hvor en af dem kunne være, at Japans økonomi fungerer på andre måder end førstnævnte.

Vi kan altså se, at der ved pengepolitiske shocks for Danmark og USA har samme udfald, men forskellige størrelser af disse udfald. Dette giver god mening ift. at Danmark og USA er vidt forskellige lande. Danmark er en lille og åben økonomi, hvor der er store effekter af eksport- og importmarkederne, mens USA er en stor og åben økonomi, hvor GDP også er påvirket af eksport- og importmarkederne, men ikke i samme grad som DK. Vi ved også, at Danmarks automatiske stabilisatorer vil gå ind og påvirke ustabilitet i markedet, mens USA har et meget mere frit marked, som ikke hjælper med dette. Størrelserne af shocksne er altså forskellige fra hinanden og de stabiliserer sig på forskellige måder. Vi kan bla. se at Danmark får et større stød til at starte på ift. USA. Dette er pga. Valutakanalen, som vi har beskrevet i afsnit 4.2, men Danmark stabiliserer sig stadigvæk hurtigere efter stødet end USA. Dette kan bla. være pga. af de automatiske stabilisatorer, der hjælper den danske økonomi. I Japan kan vi se, at økonomien opfører sig anderledes end Danmark og USA, selvom Japan også er et velstående land. Dette kan hænge sammen med, at Japans økonomi fungerer væsentlig anderledes end de vestlige økonomier (Gerdesmeier, Mongelli, & Roffia, 2007). Konklusionen er derfor, at pengepolitiske stød, dets størrelse og hastigheden de stabiliserer sig på, er afhængig af landet og der derfor ikke kan laves en generel konsensus om dets effekter uden at tage højde for landets økonomi.

### 5.2.4 FEVD

Ligesom i afsnit 5.1.6 vil vi undersøge, hvor meget af variansen i den givne variable kan forklares af variablen selv. I dette afsnit gøres det med udgangspunkt i vores tre lande og vores tre variable. Vi får altså givet 9 forskellige effekter, som kan holdes op mod hinanden for at se effekterne.

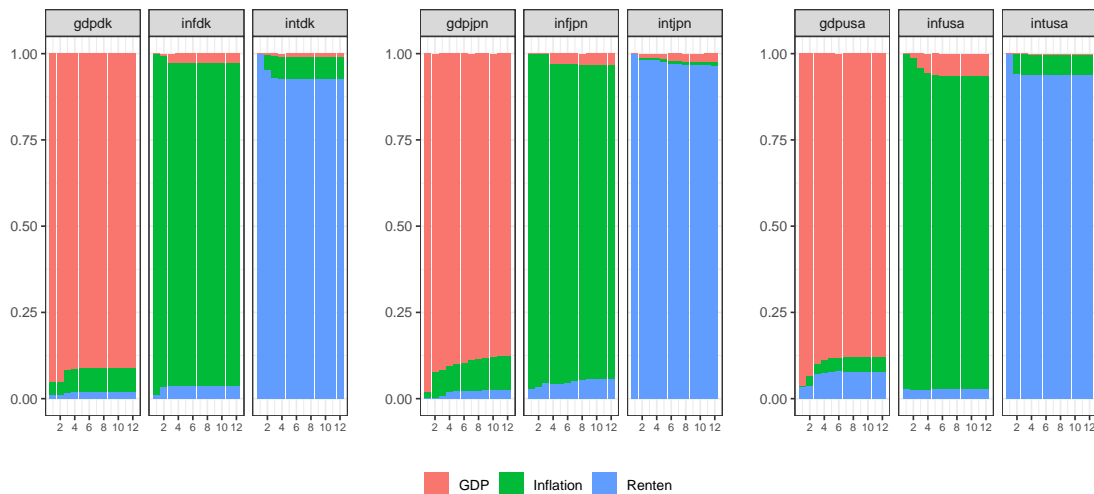


Figure 6: FEVD for GDP, inflation og renten for alle lande med 12 lags

Vi kan i vores FEVD se hvordan de forskellige variable påvirker hinanden. Her kan vi på tværs af landene se, at de givne variable bliver mest påvirket af sig selv. Dette er også forventet, da der ellers ville være problemer med vores data. Når der føres pengepolitik i et land kigger man ofte på rente og inflation, men det med udgangspunkt i, at man gerne vil have en stabil vækst i ens GDP, og landene kan derfor føre denne pengepolitik på forskellige måder med forskellige virkninger. Hvis der føres pengepolitik i form af rentekorrektion kan vi i Danmark og Japan se, at påvirkningen er under 3%, mens den i USA er over 3%. Dette er ikke overraskende, da Danmark har en fastkurs politik og rentepolitik derfor ikke er særlig effektivt i forhold til lande, hvor der ikke er sådan en politik. Dog er det en overraskelse, at Japans GDP ikke reagerer særlig meget på rentekorrektioner, da Japan har en fritflydende valuta ligesom USA. USA reagerer som forventet.

### 5.2.5 Robusthedstest

Vi laver en robusthedstest for vores egne modeller, ligesom vi gjorde tidligere, da vi replikerede Stock og Watsons artikel.

I testen findes der en seriekorrelation i Danmark og USA, mens der ikke er i modellen for Japan. Derudover så er der ikke nogle af vores modeller, der følger en normalfordling og alle indeholder heteroskedasticitet.

Seriekorrelationen kan være et problem ift. estimerne i vores modeller, som ikke er præcise eller direkte forkerte. Dog er der ikke en klar måde at løse dette problem, da det kan være opstået på mange forskellige måder som fx. misspecifikation, omitted variable bias eller “structural breaks”. I vores appendix i afsnit 9 vil vi belyse nogle forskellige metoder til at fjerne seriekorrelation, men vi vil ikke fjerne det i analysen, da de konkluderende resultater er ens og det kun er størrelsen på disse, der ændres.

## 6 Diskussion

I dette afsnit vil vi diskutere hvorvidt VAR modeller kan anvendes til at forudsige pengepolitik ved hjælp af vores empiriske resultater. Derudover vil implikationerne ved at bruge VAR modeller belyses, herunder seriekorrelation, som vi har i vores modeller. Til sidst vil vi diskutere om Danmark, USA og Japan overhovedet er sammenlignelige lande ift. pengepolitikken, da landene godt nok er "rige" lande, men er meget forskellige i deres økonomiske opbygning.

### 6.1 Kan man bruge VAR modeller til at fastlægge effekterne af pengepolitik?

For at kunne belyse effekterne af pengepolitik, bliver vi nødt til at fastlægge, hvad der menes med pengepolitik. Gennem projektet, har vi brugt renteændringer som udgangspunkt, og vil fortsætte med dette i diskussionen, selvom der er nogle flere måder at føre pengepolitik på, som fx. kvantitative lempelser (quantitative easing). Når dette er fastlagt, så har vi gennem projektet udført en lang række forsøg på historisk data for at se, hvordan et pengepolitisk stød vil påvirke økonomien for Danmark, USA og Japan. I forsøget på at finde effekterne af dette, har vi gjort brug af artikel fra Stock og Watson, som gør præcis det samme for USA i tidsperioden 1960-2000. Vi har brugt dem som pejlemærke til verifikation af vores egne resultater og som inspiration til den empiriske metode. I analysen finder vi forskellige resultater ift. hvordan VAR modellerne bliver opstillet. Her gælder det hvilken rækkefølge variablerne opstilles i, hvor mange lags der bruges, hvilket data der bliver brugt og mange andre valg, der skal fastlægges inden analysen påbegyndes. Dette i sig selv stiller en række krav til analytikeren, da det kræver et godt teoretisk fundament at kunne træffe disse valg. Analysen er altså begrænset af forfatterens økonomiske viden, og der er ikke en klar metode at opstille modellerne på. Dette betyder, at to analyser med ens datasæt kan have forskellige resultater i slutningen af analysen, fordi der er truffet beslutninger med grundlag i analytikerens egen holdning. Dette kan vi også se i vores egen analyse, hvor vi replikerer Stock og Watsons artikel. Her får vi ikke de samme estimater i vores resultater, som i deres resultater. Vi får dog stadigvæk de samme overordnede effekter. Vi kan også se i vores analyse af flere lande, at resultaterne kan påvirkes på en måde, som er favorabel for vores egen agenda(også kaldet p-hacking/ datadregding). Vi kan blandt andet manipulere med tidsperioden, opstillingen af variablerne samt ændre mængden af lags for at få resultater, som passer til vores egen agenda. Derudover kan det ses, at resultaterne ikke altid stemmer overens med teorien, fordi der kan ske uforudsete effekter som fx. prize puzzle(Hanson, 2004), hvor vi kan se, at en renteøgning medfører øgning i inflation og GDP i første periode, hvor teorien siger, at en renteøgning skulle gøre det omvendte. Så igen afhænger ens resultater af hvilket teoretisk fundament, analysen tager udgangspunkt i. Om VAR modeller kan bruges til at belyse effekterne af pengepolitik kommer derfor an på, hvad formålet med analysen er. Hvis resultaterne skal afspejle præcise estimater, der kan bruges direkte i en pengepolitisk agenda, er svaret efter vores mening, at det er meget tvivlsomt. VAR modeller kan i stedet bruges som generelle retningslinjer til at analysere overordnede bevægelser i økonomien ved pengepolitiske stød i samarbejde med andre værktøjer og teoretisk forståelse.

### 6.2 Hvad er implikationerne ved at bruge VAR modeller?

Nogle af implikationerne ved at bruge VAR modeller har vi allerede nævnt tidligere, hvor vi har seriekorrelation, fejlestimering, forskellige opstillingsmetoder og datadregding som nogle af de vigtigste komplikationer. Derudover kommer vi i afsnit 8.1 også til at perspektivere til forskere, som mener, at VAR modeller ikke nødvendigvis er en perfekt metode til at estimere pengepolitiske effekter. Tager vi udgangspunkt i Stock

og Watsons samt vores egen analyse, har begge analyser problemer med seriekorrelation. Stock og Watson vælger at ignorere emnet og har enten ikke haft viden om det, eller ikke ment, at dette var et problem. Vi vælger at belyse emnet og forsøger at fjerne seriekorrelationen i appendix 9. I teorien ved vi, at seriekorrelation antages som et stort problem, da dette kan forårsage permanente stød til økonomierne, men også bare give biased resultater, som ikke kan bruges til noget uden en masse forbehold. I vores forsøg på at fjerne seriekorrelation kan vi se, at resultaterne ikke bliver påvirket markant. Dette kan få os til at stille spørgsmålet: Er seriekorrelation i modellen ligeså underminerende som teorien antyder? Det er paradoksalt, at teorien antyder at seriekorrelation er dårlig for en model, men vores resultater ikke ændres ved at fjerne seriekorrelation og Stock og Watson ignorerer helt seriekorrelation i deres artikel. Så hvordan hænger teorien om seriekorrelation sammen med empirisk forskning? Hvad er grænserne for, hvornår man fjerner seriekorrelation? Det kunne frygtes, at der er et stort incitament til datadredning, hvis data med seriekorrelation viser de konklusioner, som forventes. Hele implikationen med seriekorrelation er altså ikke så let at løse, da det ikke er fastlagt, hvordan den løses og/eller hvornår man bør løse den. Seriekorrelation virker som en af de største problemer, i hvert fald i dette projekt. Men der kan også nemt opstå komplikationer, når modellen opstilles. Her kan rækkefølgen af variablene opstilles forkert, så de ikke påvirker hinanden på en rigtig måde, eller man kan komme til at misspecifiere ved enten at tage for mange eller for lidt variable med. Dette kan også skabe bias i modellen og giver misvisende resultater. Med det i mente vender vi tilbage til samme spørgsmål som tidligere: Kan man bruge VAR modeller til at fastlægge effekter i pengepolitik?

### 6.3 Kan landene overhovedet sammenlignes i forhold til måden at fører pengepolitik?

For at kunne sammenligne tre forskellige lande, bliver vi nødt til at beskrive de forskellige landes økonomi, da det er denne, der analyseres på. Danmark er en lille åben økonomi med fastkurspolitik, USA er en stor åben økonomi med flydende valutakurser og Japan er en lille åben økonomi med flydende valutakurser. Vi sammenligner altså tre vidt forskellige lande. USA kan gennem deres pengepolitik påvirke både Danmark og Japan, men de to kan ikke omvendt påvirke USA pga. dets størrelse. Det kan altså diskuteres om Danmark og Japan overhovedet selvstændigt fører pengepolitik eller, om de blot følger USA. Danmark ved vi har en fastkursaftale og har forpligtelser over for euroen. Det er altså begrænset hvor store renteændringer, der kan laves. Derudover kan det argumenteres for, at det er sjældent, at der sker stød til den danske økonomi, som ikke sker til USAs økonomi. Det samme kan siges om Japan. For at snakke om pengepolitik i de forskellige lande, skal der altså differentieres mellem individuelle stød og store stød, der påvirker verdensøkonomien. I vores analyse simulerer vi individuelle stød til de forskellige lande, men dette er et teoretisk scenarie, da verdensøkonomien hænger sammen på en kompleks måde, og individuelle stød er nærmere undtagelsen end reglen. Så sammenligningen blandt de forskellige lande i vores analyse er på trods af vores empiriske arbejde tættere på et teoretisk eksperiment end et eksperiment, hvor resultaterne kan anvendes direkte. Vi mener derfor godt, at de valgte lande kan sammenlignes, da de fører pengepolitik på samme måde, og generelt er velfungerende økonomier. De kan også sammenlignes, fordi vi trækker dem ind i en kontekst, hvor de netop er isolerede og ikke skal tage højde for udefrakommende påvirkninger. Alle tre lande har også en god grad af information, fordi deres centralbanker er transparente omkring, hvordan de fører pengepolitik, og vi derfor har tillid til, at det data vi bruger også er det, som afspejler virkeligheden.

## 7 Konklusion

I projektet undersøger vi, hvad effekterne af pengepolitik er og hvordan de ser ud på tværs af flere lande. Dette gøres gennem en replikation af Stock og Watson, som finder at et pengepolitisk stød til økonomien, vil give en langsigtet negativ effekt på arbejdsløsheden i USA. I vores egen analyse undersøger vi inflation og GDP for pengepolitiske stød, og her kan det konkluderes, at et pengepolitisk stød har en negativ effekt på både inflation og GDP for Danmark, USA og Japan. Japan er lidt mere volatil i deres økonomi, men de langsigtede effekter er de samme som i Danmark og USA. De langsigtede effekter stemmer derfor overens med, hvad vi forventede ift. teorien. Det kortsigtede perspektiv er dog mere interessant, da de pengepolitiske stød ikke påvirker økonomien, som vi ville forvente med henblik i traditionel økonomisk teori. Der sker nærmest det omvendte. I Stock og Watson kan vi konkludere, at et stød får arbejdsløsheden til at falde på kort sigt. Dette gør sig også gældende i vores egen analyse for de tre lande. Her kan vi se, at en renteøgning får inflationen og GDP til at stige på kort sigt. Vi har altså to uafhængige analyser, som reagerer omvendt af forventningerne ift. teorien. Disse uventede effekter kan forklares af prizepuzzle, som vi kort omtaler i diskussionen, men ellers bliver belyst i appendix 9. Den overordnede konklusion er derfor, at de pengepolitiske stød til forskellige økonomier følger teorien på langt sigt, men at der på kort sigt skal tages højde for, at der kan være et problem med prizepuzzle. Pengepolitik kan derfor godt bruges på lang sigt til at dæmpe/øge økonomisk aktivitet, som netop er meningen med indgrebet. I Danmark er pengepolitik gennem renteændringer mindre realistisk end i USA og Japan, men det kan stadigvæk anvendes. Dermed konkluderer vi også, at de tre lande har været sammenlignelige, da hovedparten af resultaterne stemmer overens med forventningerne i projektets start.

## 8 Perspektivering

I perspektivering vil vi tage udgangspunkt i at kritisere anvendelsen af VAR modeller som værktøj til at undersøge pengepolitiske stød til økonomien. Her indrager vi forskellige meninger omkring VAR modeller og sammenligner dem med vores egne modeller og valg ift. analysen.

### 8.1 Kritik af VAR

VAR modeller er bredt anvendt i makroøkonomisk forskning, og betegnes som en anerkendt empirisk metode til at udregne modeller og forecaste i makroøkonomi. Dog er det vigtigt at understrege, at VAR ikke er løsningen på alle vores problemer, og også har en masse begrænsninger. Nogle af begrænsningerne har vi allerede nævnt, da vi snakkede om VAR, reduced VAR og SVAR. Hvor resultatet af denne sammenligning har været, at vi i vores projekt har gjort brug af VAR og strukturelle VAR modeller for at undersøge pengepolitiske stød til økonomien. Mange aktører har anvendt samme metoder, men de har også kritik af disse metoder, som vi belyse i dette afsnit.

Når man arbejder med VAR og strukturelle VAR modeller, så er det vigtigt at være klar over begrænsningerne ved modellerne. En af de afgørende faktorer er antallet af variable der bliver taget med i modellerne, og dermed at effekten af de relevante variable der bliver udladt vil blive opfanget i fejldet. Dette beskriver Hilde Christiane Bjørnland i sin artikel "VAR Models in Macroeconomic Research" (Hilde, 2000, p. 10):

“ A major limitation of the VAR approach is that it has to be estimated to low order systems. All effects of omitted variables will be in the residuals. This may lead to major distortions in the impulse responses, making them of little use for structural interpretations... ”

Rækkefølgen af variablerne i den strukturelle VAR og hvordan man tillader variablerne at påvirke hinanden i forskellige perioder, har stor indflydelse på impulse response funktionerne og kommer dermed også til at påvirke resultatet ifølge Hilde.

“ Further, all measurement errors or misspecifications of the model will also induce unexplained information left in the disturbance terms, making interpretations of the impulse responses even more difficult. ”

Da det er impulse response functions, der bruges til analyse af ens resultater, og at disse er følsomme overfor misspecifikation, men de på grund af begrænsninger tages med i modellen alligevel, så vil det som regel være misspecificerede modeller der arbejdes med. Effekterne af at bruge misspecificerede SVAR modeller gør Hilde Christiane Bjørnland tydeligt i sin artikel.

“ However, the sensibility of the impulse responses to omitted variables and all types of misspecifications, should caution the reader against overinterpreting the evidence from VAR models. ”

Når man bruger en SVAR model, så skal modellen ifølge Hilde, bygges ud fra økonomisk teori.

“ All models should also be identified using an economic theory, either tight or loose. ”

Det vil sige at rækkefølgen af variable, og den måde det tillades at variablerne påvirker hinanden skal være begrundet i økonomisk teori. Det betyder at modelbyggerens teoretiske ståsted er afgørende for, hvordan modellens variabler tillades at påvirke hinanden. Hvis modelbyggeren har tiltro til neoklassisk økonomi, post-keynesianer eller er af den østrigste teori skole er altså vigtigt for resultaterne af SVAR modellen.

Hilde Christiane Bjørnland er ikke den eneste med kritisk tilgang til VAR modeller i makroøkonomisk forskning.

I en artikel af V. V. Chari, Patrick J. Kehoe, Ellen R. McGrattan med titlen “A Critique of Structural VARs Using Business Cycle Theory” argumenteres der for at selvom variansen af deres chok, er mindre den dem i dataet, så er strukturel VAR model metoden ikke den rigtige vej frem (Chari, Kehoe, & McGrattan, 2004, p. 40).

“ We have also shown that even if the variances of some of the shocks are much smaller than they are in the data, the SVAR procedure leads to mistaken conclusions. ”

Det er altså en overordnet kritik af at bruge SVAR modeller til at kunne sige noget om økonomisk teori. I artiklen kommer de også med et bud på en anden metode til bedre at kunne sige noget om økonomisk teori.

“ A much safer and more transparent approach is to use economic theory to guide the specification. The state space approach, which uses more economic theory than that used in the SVAR procedures, is likely to be fruitful. ”

Der argumenteres for at state space approach ville være en bedre måde at arbejde på med dataet. Vi vil ikke i dette projekt komme ind på state space approach, men bare gøre opmærksom på at der er andre



måder at kunne sige noget økonomisk fagligt ud fra data.

Der er også kritik af måden hvorpå måden en SVAR model er specificeret. I artiklen “Christopher A. Sims and Vector Autoregressions” af Lawrence J. Christiano, bliver der på side 1098 beskrevet, at det kræver en fyldt SVAR model for at kunne sige noget om de forskellige choks.

“ Critics suspect that this shift in the way of drawing the shocks would—if viewed from the perspective of a fully specified model cause  $(\beta)$ ,  $(\beta_p)$  to change values. Moreover, without a fully structural model, according to the critics, it is not possible to predict exactly how these objects will change ”

Ovenfor bliver også tydeligt for læseren, at hvis der bliver brugt en ikke fyldt SVAR model, så vil det ændre størrelsen på choksene, og resultaterne bliver derfor biased.

## 9 Appendix

### 9.1 Udvidede impulse response functions

Her viser vi alle vores impulse response funktioner.

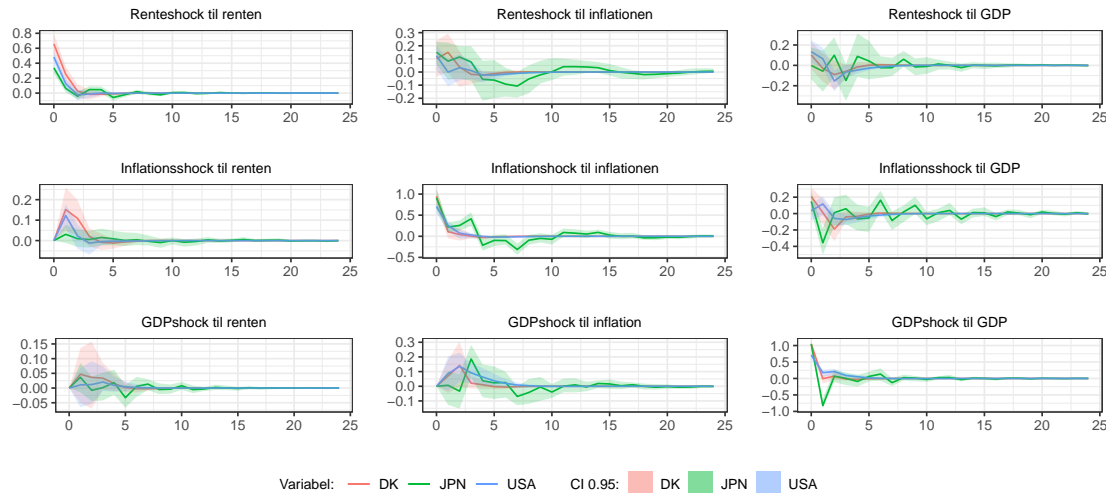


Figure 7: IRF for alle variable for USA, DK, JapN

#### Renteshock til renten

Ved et renteshock til renten selv, starter vi højt, fordi renten får et 1-procentpoints stød til sig selv. Vi ser at allerede efter 3-4 kvartaler er den korrigeret til tidligere niveau, og et sådan stød vil derfor ikke have den store effekt på renten i sig selv. Japan ligger og svinger omkring nullinjen i mange kvartaler, men det kan være svært at sige, om dette resultat er signifikant på et 5% signifikansniveau pga. fluktuereringen omkring nullinjen.

#### Renteshock til inflationen

Ved et 1-procentpoints renteshock til inflationen påvirkes de 3 lande forskelligt. I Danmark og Japan stiger inflationen, mens den falder i USA. I Danmark og USA korrigeres inflationen hurtigt efter 5-6 kvartaler, og der er dermed ikke nogle langsigtede konsekvenser af et renteshock. I Japan kan vi dog se, at inflationen bliver ved med at svinge mellem positiv og negativ inflation og først stabiliserer sig omkring nullinjen efter 6 år. Dette kunne tyde på, at Japan er mere følsom overfor renteshocks end de andre lande.

#### Renteshock til GDP

Et 1-procentpoints renteshock til GDP får USA og Danmarks GDP til at falde med ca 0.1% procent, hvorefter det korrigeres efter omkring 5-8 kvartaler. Japans GDP stiger til gengæld og har både positive og negative udsving indtil stabiliseringen omkring 14 kvartaler. Vi kan altså se, at Japan er mere følsom overfor renteshock end Danmark og USA. Dette stemmer også overens med hvad vi så i forgående figurer. Vi kan dog også se, at konfidensintervallerne er meget større relativt til de andre lande, og der er derfor også større usikkerhed omkring resultaterne fra Japan.

#### Inflationsshock til renten

Et 1-procents inflationsshock til renten har nogenlunde samme effekter for de tre lande. Der ses en stigning

i renten, som er højest for Danmark og USA, hvorefter der efter et års tid sker en stabilisering omkring nullinjen. Japan er minimalt påvirket indtil 20. kvartal før de stabiliserer sig.

### **Inflationsskock til inflationen**

Et 1-procents inflationsskock til inflationen vil i første periode give en 1-procentpoints virkning i inflationen. Dette ses tydeligt i vores figur, og det må derfor antages, at den virker som tiltænkt. Danmarks og USAs inflation er faldende indtil 4. kvartal, hvor den stabiliserer sig omkring nullinjen, mens Japan igen har en mere volatil kurve, som bliver ved med at fluktuerer.

### **Inflationsskock til GDP**

Ved dette skock ses en ens tendens for USA og Danmark med et stigning i GDP og derefter en negativ stabilisering mod nullinjen i kvartal 6-7. Japan har igen en volatil kurve, som stabiliserer sig meget sent på figuren, hvilket tyder på, at de er følsomme overfor ændringer i inflationen.

### **GDPskock til renten**

Shocket til den danske rente topper i kvartal 1, og konvergere derefter tilbage til nullinjen. USAs rente stiger en lille smule frem til kvartal 3, men konvergerer derefter tilbage til 0. I Japan gør shocket at renten stiger i periode 1 til næsten 0.05 units, og falder igen i periode 2 til omkring 0 units. Der er derefter en lille stigning frem til periode 4, hvorefter renten falder til -0.0025 i periode 5. Efter det konvergere renten tilbage mod 0 i Japan.

### **GDPskock til inflationen**

Et GDPskock til den danske inflation gør at den stiger, og topper på 0.15 units i periode 2. I USA har shocket den samme effekt, hvor inflationen topper i periode 2 på 0.15 units. I Japan bliver inflationen påvirket negativt frem til periode 2 på størrelsesordenen -0.05. Danmarks inflation falder efter periode 2, og konvergere tilbage mod 0. I USA der konvergere inflationen også tilbage til 0 efter periode 2. Shocket til Japans inflation udvikler sig positivt fra periode 2 til periode 3 hvor inflationen topper på 0.2 units. Efter periode 3 så falder shockets effekt frem til periode 7 hvor effekten kun er -0.05 units. Derefter konvergere shocket tilbage til 0.

### **GDPskock til GDP**

Modellen er konstrueret således at et GDPskock vil påvirke GDP i periode 0, og det kan tydeligt ses på impulse response functions ved at shocket i periode 0 ikke starter ved unit 0. GDPskock til GDP i Danmark har en værdi på næste 1.0 unit i periode 0, og konvergere derefter tilbage til 0. I USA er shocket på 0.75 units i periode 0, og konvergere derefter tilbage til 0. I Japan er shocket i periode 0 på næsten 1.0 units, og falder derefter til -0.75 i periode 1. Derefter konvergere shocket tilbage til 0 med små fluktationer.

## 9.2 Seriekorrelation

I projektet har vi problemer med seriekorrelation i vores VAR modeller, der kan give forkerte estimater og ikke er optimale. Det er ikke nødvendigvis sikkert, at det er et problem, og det er derfor ikke forsøgt fjernet i selve projektet. Vi vil dog i dette appendix belyse, hvordan dette kan fjernes, og hvordan det kan ændre resultaterne i ens analyse.

Et problem der kan medføre til seriekorrelation er missspecifikation, hvor vi måske har for mange variable med, hvor nogle af disse variable er irrelevante. En mistanke vi har ift. vores analyse er variabelen inflation. Da vi kun ønsker at kigge på pengepolitiske effekter, som i helheden er renteshocks til GDP, så kan inflationen gå ind og påvirke modellen på en måde, som ikke er hensigtsmæssig. Derfor vil vi prøve at fjerne inflation fra vores modeller for at se, om dette kan løse seriekorrelation. Så modellen opstilles uden inflation:

$$[R, \hat{y}]$$

Derefter testes modellerne for seriekorrelation, og vi kan se, at med 9 lags for Danmark og USA fjernes seriekorrelation, mens det krævede 5 lags for Japan. Det kan derfor på et 5% signifikansniveau afkræftes, at der skulle være seriekorrelation i modellerne for DK, USA og JPN, når inflation fjernes fra modellerne

Derfor kan vi nu vise, hvordan det påvirker vores IRF.

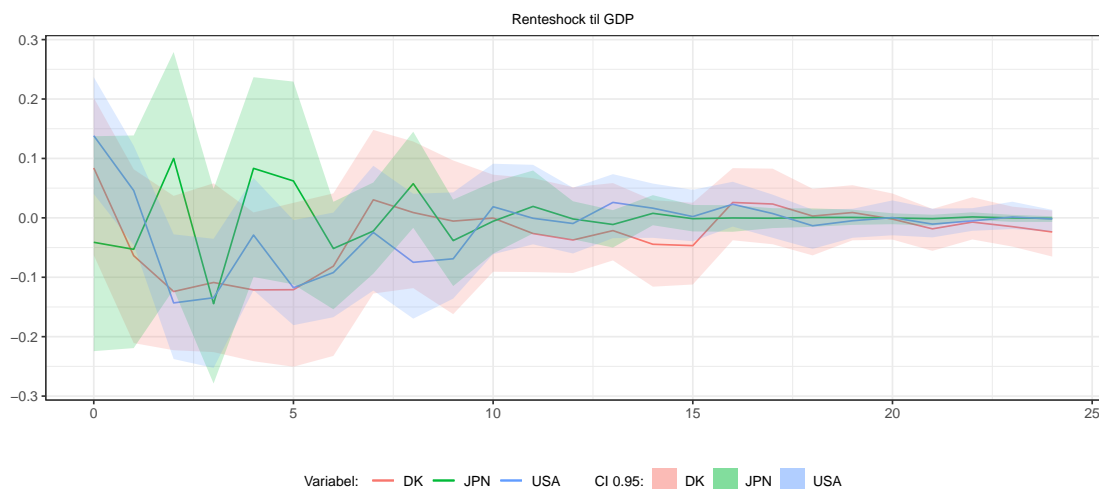


Figure 8: Plot af IRF uden inflation for USA, DK, Japan

Sammenligner vi med IRF i figur 5 fra afsnit 5.2, kan vi drage nogenlunde de samme konklusioner, men størrelserne på shocksne ændrer sig. Seriekorrelation har derfor ikke haft påvirkning de pengepolitiske konklusioner.

En anden måde at korrigere for seriekorrelation er ved at ændre på vores tidsperiode, fordi vi under inspektionen af dataen kan se, at der er stor volatilitet i perioden før 1985. Dette ved vi er grundet liberalisering af kapitalmarkederne, men også på grund af oliekriser med høj inflation og høje renter. Derfor laver vi nu samme eksperiment, men hvor vi i stedet for at fjerne inflationen, så afkorter vi tidsperioden

fra 1970-2018 til 1988-2018. Tilføjer vi 9 lags til Danmark og USA kan vi på et 10% signifikansniveau fjerne seriekorrelation fra modellerne i denne tidsperiode. Tilføjer vi 5 lags til Japan, kan vi ligeledes fjerne seriekorrelation. Det kan altså konkluderes, at afkortningen af tidsperioden har en positiv effekt på vores modeller, som mindsker graden af seriekorrelation. Det volatile data fra 1970-1985 har altså haft en effekt ligesom inflationen havde.

Til sidst vil vi teste om der er strukturelle brud i form af store outliers eller lignende ved hjælp af "OLS-CUMSUM".

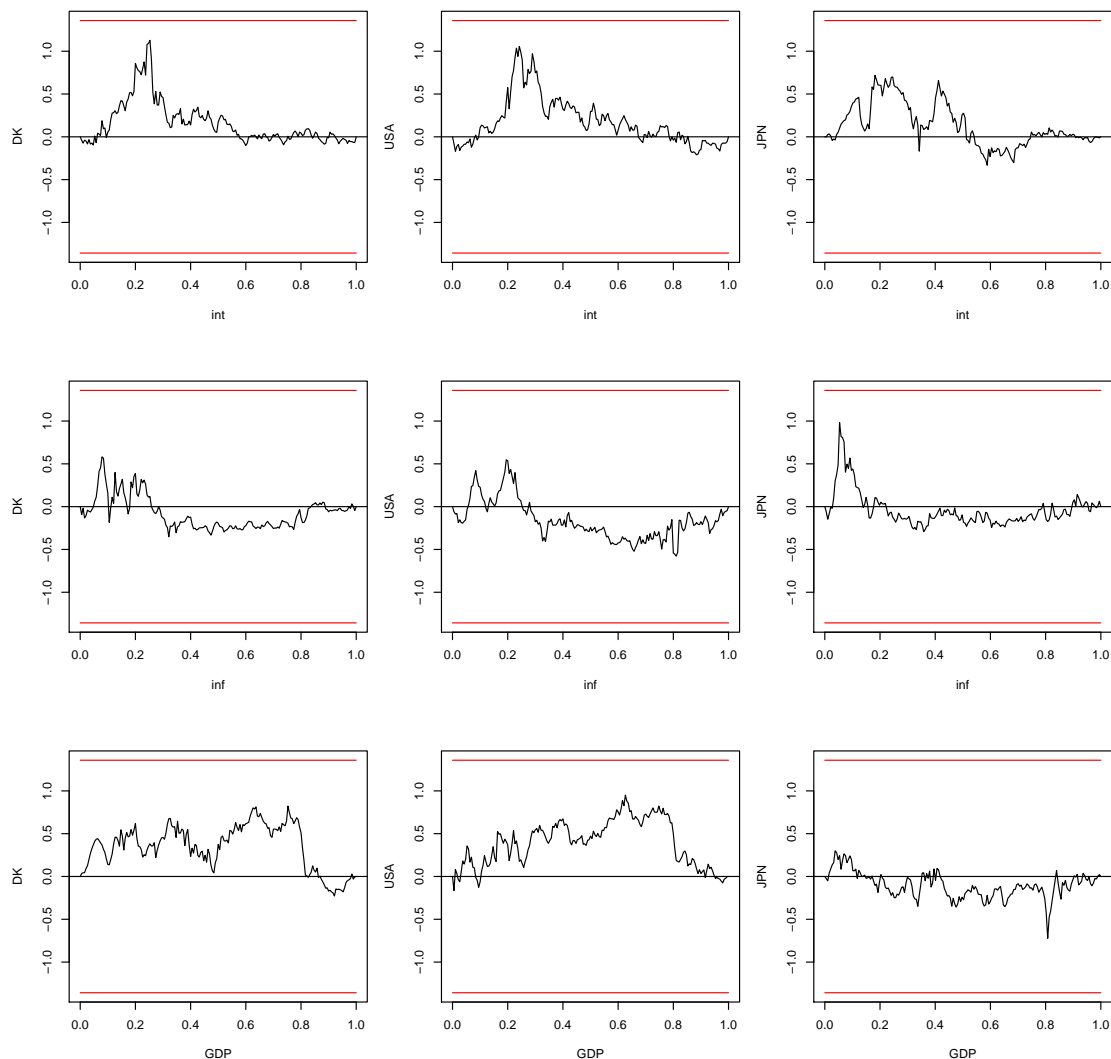


Figure 9: Test for strukturelle brud for USA, DK og Japan

Her kan vi se, at der ikke er nogle strukturelle brud i vores model, fordi alle figurer holder sig indenfor de røde linjer, som er de kritiske værdier. Vi antager derfor, at vores seriekorrelation ikke skyldes strukturelle brud.

### 9.3 KPSS test

Tilbage i 1991 skrev Denis Kwiatkowski, Peter C.B. Phillips, Peter Schmidt og Yongcheol Shin artiklen “Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root”. I artiklen præsenterede de deres egen test for unit root, nemlig KPSS testen. Det er en LM test som tester om random walk har en varians på nul, og samtidig om dataet er stationært. Det er en test, der kan laves på økonomisk tidsseriedata. Det man gør teoretisk er, at dekomponere tidsserien ned til summen af deterministiske trend, en random walk og stationær fejl (Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, & Shin, 1992).

### 9.4 Prize puzzle

I litteraturen er der et velkendt fænomen der er i modstrid med almen økonomisk teori, og det er et kontraktivt stød til renten, som forårsager at inflationen stiger. I tråd med økonomiske teori vil en rentestigning føre til et fald i den økonomiske aktivitet, som vil føre til et fald i inflationsniveauet. Der findes mange forskellige studier af dette fænomen i litteraturen, men en forklaring kan være at det øgede renteniveau kan øge udgifterne på virksomhedernes lån. De øgede udgifter til lånebetalingen gør at virksomhederne er nødt til at overføre disse stigninger til priserne på varer og services. Dette kan på kortsigt forklare Prize Puzzle (Hanson, 2004).

### 9.5 Udregning af antal restriktioner i SVAR model

Antallet af restriktioner i vores SVAR model kan regnes ud for formelen:

$$\frac{n(n-1)}{2}$$

Hvor n angiver antallet af variable. I vores tilfælde bruger vi 3, så vi kan omskrive det til:

$$\frac{3(3-1)}{2} = \frac{9-3}{2} = \frac{6}{2} = 3 \text{ Restriktioner}$$

Så ved 3 variable i en SVAR model, skal vi have 3 restriktioner.

## 10 Gruppeprocess

Dette afsnit handler både om gruppearbejde, vejledersamarbejde, samt en beskrivelse af hvordan Aalborg modellen har været at arbejde under. Det er vigtigt, vi har dette afsnit med, da vi i vores bachelor skal kunne sige noget om, hvordan det har været at lave gruppearbejde med andre, og hvad vi har fået ud af det. Vi har i tidligere projekter altid gjort status på hvordan samarbejdet har været med vejleder, og hvordan der er givet feedback på vores arbejde. Samtidig skal vi kunne sige hvordan det har været at arbejde med problembaseret læring, altså hvordan det har været at gøre brug af Aalborg modellen.

Vores 5. semesterprojekt er vores fjerde projekt på AAU. I det første projekt skrev vi i to forskellige grupper, men allerede fra projektet på 2. semester skrev gruppens medlemmer sammen med tre andre. I en gruppe på 5 medlemmer skrev et projekt om Brexit på 2. semester, hvor vi gjorde stor læring om arbejdet under Covid-19. På 4. semester skrev vi sammen med to andre og var deraf 4 i alt. Det var stadig i en tid der var stærkt præget af Covid-19, og i dette projekt blev det klart for gruppens medlemmer at en gruppe på fire

medlemmer er for meget. Det er for svært at finde datoer hvor alle kan sidde sammen, og det er svært at få alles kompetencer i spil. I dette 5. semester projekt blev den nuværende gruppes medlemmer enige om at skrive det i en gruppe på to. Det handlede både om at gøre det nemt at kunne mødes, men også at kunne tilføje den bredeste vifte af kompetencer uden overlap fra andre medlemmer således alle fik deres evner i brug.

En af de gode ting ved at være flere i en gruppe er, at der er mulighed for sparring. Dette er et element som gruppen har stort fokus på, da vi mener at feedback og sparring er den bedste måde til at blive bedre på. Vi har fra starten været meget tydelige overfor hinanden om hvad forventningerne var til det faglige indhold og hvad niveauet skulle være. Det mener vi er afgørende for et godt samarbejde.

Vi har i gruppen gjort brug af et SCRUM skema for at skabe et overblik over opgaver der skulle løses. Det er noget som vi begge har gjort brug af siden 2. semester, og det har gjort det nemt at kunne arbejde hver for sig, og holde møder online. Ofte har vi mødtes fysisk og arbejdet på projektet, og afsluttet med at opdele opgaver samt deadlines på opgaverne. På den måde har vi selv kunne styre hvor og hvornår vi skulle arbejde med opgaverne. Det er en måde at arbejde på der passer os rigtig godt. Andre gange har vi mødtes online over Teams, Discord eller andre digitale platforme for at diskutere opgaver og feedback på løste opgaver.

Til alle vores projekter har vi haft forskellige vejledere. Det startede med Simon Buje-Sørensen på 1. semester, Troels Dahl Christensen på 2. semester, Mikael Randrup Byrialsen på 4. semester, og nu på 5. semester har vi fået Hamid Raza. Hamid har haft 14 grupper der har skulle skrive mere eller mindre ens projekter, og startede derfor ud med at afholde et seminar for alle grupperne. Der gjorde Hamid det meget tydeligt hvad hans forventninger var, samt hvordan vi skulle tage kontakt til ham. Det har gruppen stor respekt for, da det dermed er tydeliggjort, hvad vi kan forvente af Hamid som vejleder. Hamid's dør har altid været åben, når er har kommet med større og mindre udfordringer til vores projekt, og det har vi sat stor pris på. Vi har også kunne sende dele eller hele vores projekt og få feedback på vores arbejde, om end der været en anelse utilfredshed over hastigheden på denne feedback.

På Aalborg Universitet arbejdes der med problembaseret læring, og det kaldes for "Aalborg modellen". I vores projekter har vi skulle vælge et problem, og arbejde med det ved at inddrage viden fra vores kurser og gerne også udover hvad vi bliver lært i kurserne. Det er en måde at arbejde på, der giver en stor selvstyring til de studerende, og det er denne gruppe godt tilfredse med. Dette projekt er vi blevet givet et dokument, der beskrev hvad indholdet i projektet skulle være, og det har gruppen fuldt efter bedste evne, og forsøgt at difference sig fra de andre 13 grupper ved at lægge stor vægt på det empiriske arbejde.

Afslutningsvist er gruppen tilfredse med hvordan dette kursus, og hvordan projektskrivningen har foregået. Det har været endnu et semester der har været præget af Covid-19, hvor eksaminer har været afholdt online. Det skal dog siges at vi på dette tidspunkt i vores uddannelse kun har haft fysiske eksaminer på et semester ud af de fem semestre vi har læst. Der vil uundgåeligt gå noget forståelse tabt over digitale eksaminer, men vi vil stræbe efter at mængden af tabt forståelse bliver så lille som mulig.

## Litteraturliste

- Chari, V., Kehoe, P., & McGrattan, E. (2004). A critique of structural vars using business cycle theory.
- ECB. (n.d.). Transmission mechanism of monetary policy. Retrieved November 23, 2021, from <https://www.ecb.europa.eu/mopo/intro/transmission/html/index.da.html>
- Enders, W. (2014). *Applied econometric time series*. Wiley series in probability and statistics. Wiley. Retrieved from <https://books.google.dk/books?id=udDxoAEACAAJ>
- Gerdemesmeier, D., Mongelli, F. P., & Roffia, B. (2007). *The Eurosystem, the US Federal Reserve and the Bank of Japan: similarities and differences* (Working Paper Series No. 742). European Central Bank. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/ecb/ecbwps/2007742.html>
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438. [Wiley, Econometric Society]. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1912791>
- Hanson, M. S. (2004). The “price puzzle” reconsidered. *Journal of Monetary Economics*, 51(7), 1385–1413. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304393204000959>
- Hilde, C. B. (2000). VAR models in macroeconomic research. Statistics Norway Research Department. Retrieved from [https://www.ssb.no/a/histstat/doc/doc\\_200014.pdf](https://www.ssb.no/a/histstat/doc/doc_200014.pdf)
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, 54(1), 159–178. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030440769290104Y>
- Mishkin, F. S. (1996). *The channels of monetary transmission: Lessons for monetary policy* (Working Paper No. 5464). Working paper series. National Bureau of Economic Research. Retrieved from <http://www.nber.org/papers/w5464>
- Miyao, R. (2002). The effects of monetary policy in japan. *Journal of Money, Credit and Banking*, 34(2), 376–392. [Wiley, Ohio State University Press]. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3270693>
- Nationalbank, D. (2009). PENGEPOLITIK i danmark. *Danmarks Nationalbank*, (3). Retrieved from [https://www.nationalbanken.dk/da/publikationer/Documents/2009/10/pengepol\\_3udg\\_dk\\_web.pdf](https://www.nationalbanken.dk/da/publikationer/Documents/2009/10/pengepol_3udg_dk_web.pdf)
- Primiceri, G. E. (2005). Time varying structural vector autoregressions and monetary policy. *The Review of Economic Studies*, 72(3), 821–852. [Oxford University Press, Review of Economic Studies, Ltd.]. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3700675>
- Sack, B. (2000). Does the fed act gradually? A var analysis. *Journal of Monetary Economics*, 46(1), 229–256. Retrieved from <https://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:moneco:v:46:y:2000:i:1:p:229-256>