UNIVERSITETET
I OSLO

Masteroppgave

Pengepolitikk med sektorspesifikke sjokk

En analyse av konsumentens tilpasning og sentralbankens respons

Sindre Amundsen Vikenes

Samfunnsøkonomisk analyse
30 studiepoeng

Økonomisk institutt
Samfunnsvitenskapelig fakultet

November 2023

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på min tid som student ved Universitetet i Oslo. Jeg er takknemlig for alt jeg har lært og opplevd i løpet av alle mine år på Blindern.

Jeg ønsker å rette en spesiell stor takk til min veileder Martin Blomhoff Holm. Hjelpen din har vært uvurderlig. Takk for utfyllende svar på alle mine spørsmål. Uten din hjelp hadde ikke denne oppgaven vært mulig.

Takk til alle venner, familie og medstudenter. Deres støtte betyr mye.

Feil og mangler er utelukkende mine egne.

Sammendrag

Hvordan reagerer husholdninger og sentralbanken på et økonomisk sjokk? Jeg utvider en ny-keynesiansk modell slik at økonomien deles inn i to sektorer, en sektor for nødvendighetsgoder og en for luksusgoder. Ved å splitte økonomien i to sektorer kan en simulere sjokk som kun treffer en av sektorene. Det gjør det mulig å observere hvordan konsumentene tilpasser seg i hver av sektorene dersom økonomien utsettes for et sjokk i en av sektorene. Siden økonomien består av flere sektorer, gjør det at sentralbanken må ta hensyn til begge sektorer når pengepolitikken bestemmes. Sektorene reagerer dessuten ulikt på rentehevinger siden hver av sektorene har en egen 'elasticity of intertemporal substitution' (EIS). Jeg finner at uavhengig av hvilken sektor som er påvirket virker pengepolitikken gjennom sektoren med høyest EIS, noe sentralbanken må ta hensyn til når den forsøker å stabilisere økonomien.

Innholdsfortegnelse

1 Introduksjon

Hvordan reagerer husholdninger på økonomiske sjokk? Og hvordan bør en sentralbank håndtere dette sjokket? Disse spørsmålene er noe økonomer stadig forsøker å besvare. Et ofte brukt rammeverk som kan gi økt forståelse rundt disse spørsmålene er ny-keynesianske modeller. Oppgaven min tar utgangspunkt i en ny-keynesiansk modell, men utvider den til å inkludere to sektorer: en sektor for nødvendighetsgoder og en for luksusgoder. I oppgaven blir energi benyttet som et eksempel på et nødvendighetsgode.

I nyere tid har Europa opplevd flere hendelser som har ført til store endringer i energiprisene. Russland begynte allerede i 2021 å redusere gasseksporten til Europa, måneder før deres invasjon av Ukraina (NOU 2023: 3, s. 33). Krigen i Ukraina førte til en ytterliggere reduksjon i Russlands gasseksport til Europa, som bidro til økte gasspriser og dyrere elektrisitet (International Energy Agency, u.å.). Hvordan blir husholdninger påvirket av økte energipriser? Oppgaven sammenligner hvordan konsumentene og sentralbanken reagerer på sjokk i energisektoren i forhold til luksussektoren. Ved å dele økonomien inn i to sektorer, blir det mulig å introdusere økonomiske sjokk i hver av sektorene, og observere hvordan begge sektorer endrer sin tilpasning. I modellen er det kun en sentralbank som må ta hensyn til hele økonomien, begge sektorene kombinert. Hvilken sektor sjokket inntreffer i påvirker hvordan sentralbanken reagerer.

Hva er nødvendighetsgoder og hva utgjør et luksusgode? Et nødvendighetsgode er gjerne goder det er vanskelig å leve uten, og er ofte karakterisert ved at de har uelastisk etterspørsel (Andresen, 2021). Eksempler på nødvendighetsgoder kan være mat, elektrisitet og drivstoff. Luksusgoder kan være ting som en i større grad klarer seg uten, som kinobesøk, spillkonsoller, utenlandsferier osv.

Et annet sentralt begrep i oppgaven er 'Elasticity of Intertemporal Substitution', heretter EIS. EIS er et mål på hvor mye konsumenten endrer sitt konsum som følge av en endring i realrenta. En høy EIS gjør at konsumenten reagerer kraftig ved en renteendring. Det gjør konsumenten mer villig til å spare i dag som et middel for å konsumere mer i morgen. Konsumenter med lav EIS reagerer mindre på rentehevinger, og er i større grad opptatt av et jevnt konsum på tvers av tidsperioder.

For å svare på hvordan økonomiske sjokk i hver av sektorene påvirker økonomien og sentralbankens respons, simulerer jeg impulsresponser i en to-sektor ny-keynesiansk modell beskrevet i kapittel 3. Resultatene og funnene er basert på den teoretiske delen presentert i modellseksjonen og simuleringer utført i software-programmet Dynare.

Siden luksusgoder er enklere å substituere over tid, finner jeg at konsumentene gjør størst tilpasninger i sitt konsum av luksusgoder når et sjokk inntreffer i økonomien. Sentralbankens respons avhenger av hvilken sektor som blir rammet av sjokket, og hva slags sjokk som inntreffer. Hvis energiprisene øker som følge av et kostnadssjokk reagerer sentralbanken mindre enn om de økte energiprisene skyldes et etterspørselssjokk. Et etterspørselssjokk i energisektoren gjør at sentralbanken må reagere kraftig for å dempe virkningen av sjokket, fordi denne sektoren reagerer mindre på pengepolitikk. Oppgavens hovedfunn er at konsumenten foretar større tilpasninger i den rentesensitive sektoren, uavhengig av hvilken sektor som blir utsatt for det økonomiske sjokket. For en konsument som konsumerer energi- og luksusgoder, fører et sjokk til størst endring i konsumet av luksusgoder, konsumet av energi holdes i større grad stabilt.

Oppgaven er strukturert på følgende måte: i kapittel 2 presenteres relevant litteratur. Kapittel 3 presenterer modellen og rammeverket som benyttes i oppgaven. I kapittel 4 simuleres forskjellige økonomiske sjokk som modellen utsettes for. I dette kapittelet diskuteres også konsekvensen av de ulike sjokkene. Kapittel 5 består av oppgavens konklusjon.

2 Litteraturdel

Sonnervig (2023) benytter en forlengelse av 'Standard incomplete-markets' (SIM) modellen. Husholdningene i modellen konsumerer nødvendighetsgoder og luksusgoder. Ved hjelp av data fra 'Consumer Expenditure Survey' finner Sonnervig at konsumet til 'high-skilled' husholdninger er mer syklisk enn konsumet til 'low-skilled' husholdninger. Årsaken er at den førstnevnte gruppa konsumerer mer luksusgoder, som er lettere å utsette konsumet av. Modellen til Sonnervig predikerer at konsumet av luksusgoder reagerer kraftigere enn nødvendighetsgoder på et økonomisk sjokk. I oppgaven min undersøker jeg hvordan konsumenten tilpasser konsumet av hver av godene som følge av sentralbankens rentesetting.

Skillet mellom nødvendighets- og luksusgoder kan ligne på skillet mellom varige goder og ikke-varige goder, der nødvendighetsgoder tilsvarer ikke-varige goder og varige goder kan sees på som luksusgoder. I en artikkel fra 2009 av Barsky, House og Kimball bruker forfatterne en modell bestående av to sektorer som tillater stive priser. Sektorene deles inn i 'durable' (varige) goder og 'non-durable' (ikke-varige) goder. Artikkelforfatterne finner at sektoren for varige goder responderer mest på pengepolitikk. Dette er i tråd med mitt resultat, da også min modell viser at tilpasningen ved en renteendring er generelt størst i luksussektoren.
Forfatternes funn kommer av at skyggeverdien på varige goder er tilnærmet uendret som følge av et sjokk i pengepolitikken. Varige goder blir konsumert over en lang horisont, som impliserer at konsumentene er indifferente til timingen av konsumet. Det er med andre ord nesten kostnadsfritt å utsette konsumet av slike goder. Noe som gjør at EIS'en til slike goder er nesten uendelig.

Et siste relevant funn er funnet om realrenta. I modellen til forfatterne var realrenta for varige goder tilnærmet konstant. Endringer i den nominelle renta oppstår som følge av endringer i inflasjon i sektoren for varige goder. Dette stemmer for min modell, dersom den økte inflasjonen oppstår som en konsekvens av et kostnadssjokk. Ved kostnadssjokk reagerer sentralbanken mest dersom sjokket skjer i luksussektoren.

3 Modellen

Dette kapittelet beskriver og utleder modellen brukt i oppgaven. Modellen jeg bruker er en utvidelse av en standard ny-keynesiansk modell beskrevet i Galí (2015, kapittel 3). Standardmodellen utvides ved å dele økonomien inn i to sektorer, en for nødvendighetsgoder og en for luksusgoder. Det gjør det mulig å påføre sjokk til de ulike sektorene hver for seg, og observere forskjeller i hvordan sjokkene påvirker økonomien som helhet.

3.1 Husholdninger

Økonomien består av mange identiske husholdninger som lever evig. Husholdningene maksimerer summen av både den diskonterte nytten de opplever som følge av konsum av godene C_n og C_L pluss den negative nytten som følge av at konsumenten jobber, gitt ved N. Det er to sektorer i økonomien som står for produksjonen av godene, en nødvendighetssektor og en luksussektor. Husholdningene har nyttefunksjonen

$$U(C_n, C_L, N) = \frac{C_{n,t}^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + \frac{C_{L,t}^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} - \frac{N_t^{1+\phi}}{1+\phi}$$

Der $C_{n,t}$,$C_{L,t}$ og N_t betegner konsum av henholdsvis nødvendighetsgoder, luksusgoder og arbeidstilbud for periode t. Følgende antagelser er tatt:

$\sigma > 0, \gamma > 0$ og $\phi > 0$

Jeg antar også at nytten er separabel mellom godene, mellom godene og arbeidstilbudet, og over tid. Siden alle konsumentene er identiske og står overfor samme markedspriser kan problemet løses ved å benytte seg av en representativ husholdning. Den representative husholdningen maksimerer summen av all fremtidig forventet nytte, og diskonterer denne verdien med β $(0 < \beta < 1)$.

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot U(C_{n,t}, C_{n,t}, N_t)$$

gitt budsjettbetingelsen $\int_0^1 P_{n,it} C_{n,it}\, di + \int_0^1 P_{L,it} C_{L,it}\, di + \frac{B_t}{1+i_t} \leq B_{t-1} + W_t N_t + D_t$.

$C_{n,t}$ og $C_{L,t}$ representerer det aggregerte konsumet av nødvendighetsgoder og luksusgoder. Det er et kontinuum av goder i begge sektorer. Matematisk kan $C_{n,t}$ og $C_{L,t}$ utrykkes ved:

$$C_{n,t} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

$$C_{L,t} = \left(\int_0^1 C_{L,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

$C_{n,t}$ og $C_{L,t}$ er begge 'CES-aggregatorer', der 'CES' er en forkortelse for 'constant elasticity of substitution'. Parameteren ϵ angir substitusjonselastisiteten mellom godene i nødvendighetssektoren, godene blir indeksert ved **i**. Dersom ϵ er stor, betyr det at substitusjonselastisiteten mellom godene i nødvendighetssektoren er høy. En stor ϵ gjør at etterspørselen etter nødvendighetsgoder endres mye ved en liten prisendring, sammenlignet med en liten ϵ, som gir en liten endring i etterspørselen selv med en stor endring i prisen. Derfor bestemmer ϵ markedsmakten til firmaene i nødvendighetssektoren. Parameteren ϵ har den samme rollen i luksussektoren.

Maksimeringsproblemet til den representative husholdningen kan illustreres gjennom to steg. Det første steget består av å maksimere konsumet av nødvendighetsgoder og luksusgoder for en gitt utgift.

For å illustrere dette, tar jeg utgangspunkt i nødvendighetsgoder. Det første steget i konsumentens maksimeringsproblem er:

$$\max_{C_{n,it}} C_{n,t} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} \quad s.t \int_0^1 P_{n,it} C_{n,it} \, di = X$$

$P_{n,it}$ er prisen på gode **i**, og X er utgiften ved konsumet. Lagrange-funksjonen kan skrives som

$$\mathcal{L} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} - \lambda \left(\int_0^1 P_{n,it} C_{n,it} \, di - X \right)$$

Som gir førsteordensbetingelsen:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_{n,it}} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}-1} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} C_{n,it}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}-1} - \lambda P_{n,it} = 0$$

$$C_{n,t}^{\frac{1}{\epsilon}} C_{n,it}^{-\frac{1}{\epsilon}} = \lambda P_{n,it}$$

Fra denne likningen kan vi utlede en prisindeks, og en etterspørselsfunksjon for gode **i** (se appendiks for utregninger):

$$P_{n,t} = \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon} \, di \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$$

$$C_{n,it} = \left(\frac{P_{n,it}}{P_{n,t}} \right)^{-\epsilon} \cdot C_{n,t}$$

Ved å sette inn for prisindeksen kan utgiften knyttet til det aggregerte konsumet av nødvendighetsgoder nå skrives som: $P_{n,t} \cdot C_{n,t} = X$.
På tilsvarende vis kommer vi frem til prisindeksen og etterspørselsfunksjonen i luksussektoren

$$P_{L,t} = \left(\int_0^1 P_{L,it}^{1-\epsilon} \, di \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$$

$$C_{L,it} = \left(\frac{P_{L,it}}{P_{L,t}} \right)^{-\epsilon} \cdot C_{L,t}$$

Det andre steget i konsumentenes maksimeringsproblem består av å velge den optimale sammensetningen mellom konsum og arbeid.
Husholdningene står nå overfor følgende maksimeringsproblem (merk at budsjettbetingelsen er endret, det er satt inn for aggregert pris og konsum):

$$\max_{C_{n,t}, C_{L,t}, N_t} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_{n,t}^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + \frac{C_{L,t}^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} - \frac{N_t^{1+\phi}}{1+\phi} \right)$$

gitt budsjettbetingelsen $P_{n,t} \cdot C_{n,t} + P_{L,t} \cdot C_{L,t} + \frac{B_t}{1+i_t} \leq B_{t-1} + W_t \cdot N_t + D_t$,

og en transversalitetsbetingelse, som er tilfredsstilt.

$P_{n,t}$ er den aggregerte prisen på nødvendighetsgoder, $P_{L,t}$ er den aggregerte prisen på luksusgoder, B_t er prisen på obligasjoner med et års løpetid, i_t er nominell rente, D_t er utbytte fra firmaene og W_t angir lønna i begge sektorene. E_0 er forventningen i periode 0.

Problemet kan løses ved Lagrange

$$\mathcal{L} = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \Bigg\{ \frac{C_{n,t}^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} + \frac{C_{L,t}^{1-\gamma} - 1}{1-\gamma} - \frac{N_t^{1+\phi}}{1+\phi}$$
$$- \lambda_t \left(P_{n,t} \cdot C_{n,t} + P_{L,t} \cdot C_{L,t} + \frac{B_t}{1+i_t} - B_{t-1} - W_t \cdot N_t - D_t \right) \Bigg\}$$

Førsteordensbetingelsene:

$$\frac{\partial L}{\partial C_{n,t}} = \beta^t \cdot (C_{n,t}^{-\sigma} - \lambda_t \cdot P_{n,t}) = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial L}{\partial C_{L,t}} = \beta^t \cdot (C_{L,t}^{-\gamma} - \lambda_t \cdot P_{L,t}) = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial L}{\partial N_t} = \beta^t \cdot (-N_t^{\phi} + \lambda_t \cdot W_t) = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial L}{\partial B_t} = -\lambda_t \cdot \frac{\beta^t}{1+i_t} + \beta^{t+1} \cdot E_t(\lambda_{t+1}) = 0 \tag{4}$$

Ved å kombinere likning 1 og 4 gir det Euler-likningen for nødvendighetsgoder:

$$C_{n,t}^{-\sigma} = \beta \cdot (1+i_t) \cdot E_t \left[C_{n,t+1}^{-\sigma} \cdot \frac{P_{n,t}}{P_{n,t+1}} \right] \tag{5}$$

Likning 1 og 3 angir konsumentens avveining mellom konsum av nødvendighetsgoder og å jobbe:

$$\frac{W_t}{P_{n,t}} = N_t^{\phi} \cdot C_{n,t}^{\sigma} \tag{6}$$

Likning 2 og 4 gir Euler-likningen for luksusgoder:

$$C_{L,t}^{-\gamma} = \beta \cdot (1+i_t) \cdot E_t \left[C_{L(t+1)}^{-\gamma} \cdot \frac{P_L, t}{P_{L(t+1)}} \right] \tag{7}$$

Likning 2 og 3 angir konsumentens avveining mellom konsum av luksusgoder og å jobbe:

$$\frac{W_t}{P_{L,t}} = N_t^{\phi} \cdot C_{L,t}^{\gamma} \tag{8}$$

Log-lineæriserte likninger

Løsningen av husholdningens problem gir oss følgende log-lineæriserte likninger (utregninger er i appendiks):

$$c_{n,it} = -\epsilon(p_{n,it} - p_{n,t}) + c_{n,t} \tag{9}$$

$$c_{L,it} = -\epsilon(p_{L,it} - p_{L,t}) + c_{L,t} \tag{10}$$

$$c_{n,t} = E_t[c_{n,t+1}] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho) \tag{11}$$

$$c_{L,t} = E_t[c_{L,t+1}] - \frac{1}{\gamma}(i_t - E[\pi_{L,t+1}] - \rho) \tag{12}$$

$$w_t - p_{n,t} = \phi n_t + \sigma c_{n,t} \tag{13}$$

$$w_t - p_{L,t} = \phi n_t + \gamma c_{L,t} \tag{14}$$

3.2 Firmaer

Økonomien består av et kontinuum av firmaer. Firmaene befinner seg i en monopolistisk konkurransesituasjon og prisene er stive. Monopolistisk konkurranse innebærer at firmaene produserer differensierte produkter, der hvert firma har en markedsmakt for produktet sitt. Det gjør at firmaer kan få solgt produktet sitt selv om prisen på deres produkt ligger litt over prisen på sammenlignbare produkter. Dette er nødvendig når en inkluderer stive priser, som i min modell innebærer at ikke alle firmaer får mulighet til å endre pris hver periode. Prisstivheten i modellen er av typen Calvo (1983). Prisstivhet er nødvendig for at sjokkene i økonomien og den nominelle rentesettingen skal ha reelle effekter. Med fullstendig fleksible priser ville økonomiske sjokk ført til at de nominelle prisene ble endret, men produksjonen ville forblitt uendret.

Økonomien er delt inn i to sektorer, en sektor for nødvendighetsgoder og en for luksusgoder. I begge sektorene er det et kontinuum av firmaer. Det som skiller firmaene, er hva slags type gode firmaene produserer. Alle firmaene står overfor samme maksimeringsproblem, og har samme produksjonsfunksjon.

Produksjonsfunksjonen for et vilkårlig firma i nødvendighetssektoren er gitt ved: $Y_{n,it} = N_{n,it}$. Der **n** viser til nødvendighetssektoren, **it** henviser til firma **i** for tidsperioden **t**. Y er produksjonen, og N er arbeidskraft, som er den eneste innsatsfaktoren. Produksjonsfunksjonen i luksussektoren er: $Y_{L,it} = N_{L,it}$.

3.3 Aggregert inflasjon

I denne seksjonen vises utregninger for nødvendighetssektoren.

Sannsynligheten for at firma **i** kan endre prisen sin i periode t er $(1 - \theta)$, θ befinner seg i intervallet $[0, 1]$. Ifølge store talls lov, siden det er et kontinuum av firmaer, vil $(1-\theta)$ korrespondere med andelen av firmaer som får endre pris. Dersom θ er lik 0 får vi helt fleksible priser. Det innebærer at alle firmaene endrer til optimal pris hver periode. Hvis θ derimot er lik 1, får vi en helt motsatt situasjon, at prisene er fullstendig stive, slik at ingen firmaer har mulighet til å endre pris.

Siden alle firmaene står overfor samme maksimeringsproblem, vil den optimale prisen være lik for alle firmaene i samme sektor. Firmaene som får mulighet til å endre sin pris, vil derfor alle sette sin pris lik optimal pris.

Prisindeksen for nødvendighetsgoder, som ble utledet fra husholdningenes problem, er som tidligere vist:

$$P_{n,t} = \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$$

Ved å kombinere utrykket for prisindeksen i nødvendighetssektoren og prismekanismene i modellen, kan en utlede et utrykk for aggregert inflasjon i sektoren.

Følgende fremgangsmåte og utregninger er hentet fra Galí (2015, kapittel 3): La $S(t)$ være delmengden som representerer firmaene som ikke får endre prisen sin i periode t. $S(t) \subset [0,1]$. $P_{n,t}^*$ er optimal pris for et vilkårlig firma i nødvendighetssektoren i periode **t**. Firmaene som ikke får mulighet til å endre pris beholder prisen deres fra forrige periode, $P_{n,t-1}$.

Det aggregerte prisnivået kan skrives som:

$$P_{n,t} = \left(\int_{S(t)} P_{n,it-1}^{1-\epsilon} di + (1-\theta)(P_{n,t}^*)^{1-\epsilon} \right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$$

Og aggregert inflasjon som:

$$\Pi_{n,t}^{1-\epsilon} = \theta + (1-\theta) \left(\frac{P_{n,t}^*}{P_{n,t-1}} \right)^{1-\epsilon}$$

Se appendiks for detaljer.
Likningen over viser at aggregert inflasjon i nødvendighetssektoren avhenger av andelen firmaer som kan endre sin pris, θ, og prisforholdet mellom forrige periodes pris og optimal pris.
På log-lineærisert form:

$$\pi_{n,t} = (1-\theta)[p_{n,t}^* - p_{n,t-1}]$$

Aggregert inflasjon i luksussektoren (log-lineærisert):

$$\pi_{L,t} = (1-\theta)[p_{L,t}^* - p_{L,t-1}]$$

3.4 Optimal prissetting

Her løses og vises utregninger for maksimeringsproblemet til firmaene generelt (jeg ser bort fra nødvendighets- og luksussektoren). Videre så betegner: $Y_{it+k|t}$, firma **i** sin produksjon i periode t+k og som sist endret prisen sin i periode t. Ved å løse problemet får vi et utrykk for optimal pris for firmaene. Maksimeringsproblemet er som følger:

$$\max_{P_t^*} E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \cdot \left\{ \Delta_{t,t+k} \frac{P_t}{P_{t+k}} \cdot (P_t^* Y_{t+k|t} - W_{t+k} N_{it+k|t}) \right\}$$

gitt

$$\begin{aligned}
Y_{it+k} &= N_{it+k} \\
Y_{it+k} &= \left(\frac{P_t^*}{P_{t+k}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+k} \\
P_{t+k} &= \begin{cases} P_{t+k}^* & \text{med sannsynlighet } (1-\theta) \\ P_{t+k-1} & \text{med sannsynlighet } \theta \end{cases}
\end{aligned}$$

der $\Delta_{t,t+k} = \beta^k \cdot \dfrac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}}$

Løsning av problemet for et vilkårlig firma **i**:

$$\mathcal{L} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \beta^k \cdot \frac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}} \frac{P_t}{P_{t+k}} \cdot \Bigg\{ P_{it}^* Y_{it+k|k} - W_{t+k} N_{it+k|t} - \zeta_{it+k|t} \cdot \left[Y_{it+k|t} - \left(\frac{P_{it}^*}{P_{t+k}} \right)^{-\epsilon} Y_{t+k} \right] - \Psi_{it+k|t} \cdot \left[Y_{it+k|t} - N_{it+k|t} \right] \Bigg\}$$

Det gir følgende førsteordensbetingelser:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{N_{it+k|t}} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \beta^k \cdot \frac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}} \frac{P_t}{P_{t+k}} \cdot \left[-W_{t+k} + \Psi_{it+k|t} \right] = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{Y_{it+k|t}} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \beta^k \cdot \frac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}} \frac{P_t}{P_{t+k}} \cdot \left[P_{it}^* - \zeta_{it+k|t} - \Psi_{it+k|t} \right] = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{P_{it}^*} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \beta^k \cdot \frac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}} \frac{P_t}{P_{t+k}} \cdot \left[Y_{it+k|t} - \zeta_{it+k|t} \cdot \left(\epsilon \left[\frac{P_{it}^*}{P_{t+k}} \right]^{-\epsilon-1} \cdot \frac{Y_{t+k}}{P_{t+k}} \right) \right] = 0$$

Basert på førsteordensbetingelsene kan en utlede et utrykk for firmaenes optimale pris (se appendiks). På log-lineærisert form er det:

$$p_t^* = \mu + (1 - \beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \psi_{t+k} \right\}$$

Firmaene setter prisen sin som et påslag på de forventede marginalkostnadene de står overfor.

For henholdsvis nødvendighets- og luksusgoder:

$$p_{n,t}^* = \mu_n + (1 - \beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \psi_{t+k} \right\}$$

$$p_{L,t}^* = \mu_L + (1 - \beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \psi_{t+k} \right\}$$

På grunn av formen på produksjonsfunksjonene, har alle firmaer lik marginalkostnad. Forskjellen i optimal pris i sektorene skyldes ulikt prispåslag. I nødvendighetssektoren er ønsket prispåslag μ_n, og i luksussektoren er ønsket prispåslag μ_L. Det generelle gjennomsnittlige prispåslaget er gitt ved: $\mu_t \equiv p_t - \psi_t$, i modellen er marginalkostnaden lik lønnen, $\psi_t = w_t$. Gjennomsnittlig prispåslag i nødvendighetssektoren er: $\mu_{n,t} = p_{n,t} - w_t$ og i luksussektoren: $\mu_{L,t} = p_{L,t} - w_t$.

3.5 Godemarkedet

For at godemarkedet skal klarere i nødvendighetssektoren, forutsetter det at: $Y_{n,it} = C_{n,it}$. Dette må gjelde for alle firmaer og alle goder. For å vise at det gjelder for alle godene i nødvendighetssektoren definerer vi aggregert produksjon i sektoren som:

$$Y_{n,t} = \left(\int_0^1 Y_{n,it}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$$

Jeg setter inn for $Y_{n,it} = C_{n,it}$. Det gir etter noen mellomregninger produksjonen for begge sektorer (se appendiks):

$$y_{n,t} = c_{n,t} \tag{15}$$

$$y_{L,t} = c_{L,t} \tag{16}$$

Der $y = \ln Y$ og $c = \ln C$.
Produsert mengde må være lik konsumert mengde (og vice versa). Dette gjelder for begge sektorer. Firmaer som opplever mindre etterspørsel etter sitt produkt vil redusere sin produksjon. Det fører til redusert total produksjon for sektoren firmaet befinner seg i.

3.6 Arbeidsmarkedet

Samlet sysselsetting i økonomien er summen av alle firmaenes behov for arbeidskraft. Sektoren for nødvendighetsgoder sin sysselsetting er gitt av:

$$N_{n,t} = \int_0^1 N_{n,it}\, di$$

og for luksussektoren:

$$N_{L,t} = \int_0^1 N_{L,it}\, di$$

Den generelle produksjonsfunksjon: $Y_{it} = N_{it}$ angir produksjonen for hver av sektorene. Ved å spesifisere en produktfunksjon for hver sektor kan en sette inn for $N_{n,it}$ og $N_{L,it}$. Det gir et utrykk for aggregert sysselsetning i hver av sektorene (se appendiks):

$$n_{n,t} = y_{n,t} \tag{17}$$

$$n_{L,t} = y_{L,t} \tag{18}$$

Aggregert sysselsetning i sektoren er lik den aggregerte produksjonen i sektoren.

3.7 Philipskurven og den dynamiske IS-likningen

I denne seksjonen presenteres de to Philipskurvene og de to dynamiske IS-likningene (se appendiks).

Philipskurven for nødvendighetssektoren, er gitt ved:

$$\pi_{n,t} = \beta E_t[\pi_{n,t+1}] - \lambda\tilde{\mu}_{n,t} + u_{n,t} \tag{19}$$

der:

$$\tilde{\mu}_{n,t} \equiv \mu_{n,t} - \mu_n = -\left[\phi\tilde{n}_t + \sigma\tilde{y}_{n,t}\right]$$

$$\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$$

Inflasjonen i nødvendighetssektoren bestemmes av diskontert forventet inflasjon, størrelsen på $\tilde{\mu}_{n,t}$ (i kombinasjon med parameteren λ), og kostnadssjokk som fanges opp av $u_{n,t}$. Kostnadssjokket er definert som $u_{n,t} = \rho u_{n,t-1} + \chi_n$, og følger en AR(1) prosess der sjokkomponenten er normalfordelt $\chi_n \sim N(0, 0.01)$, med $\rho \in [0,1]$
$\tilde{y}_{n,t}$ er definert som $y_{n,t} - y^n_{n,t}$, der eksponenten **n** betegner det naturlige nivået. Et naturlig produksjonsnivå er produksjonen i en likevektssituasjon der prisene er fullstendig fleksible. $\tilde{y}_{n,t}$ er derfor et produksjonsgap mellom faktisk produksjon og den naturlige produksjonen. De andre variablene, som for eksempel $\tilde{\mu}_{n,t}$

er definert på samme måte som $\tilde{y}_{n,t}$.

Dersom faktisk produksjon er større enn naturlig produksjon, fører det til at $\tilde{\mu}_{n,t}$ blir negativ. Det innebærer at gjennomsnittlig prispåslag er lavere enn ønsket prispåslag, og fører til økt inflasjon i sektoren. Hvis firmaer forventer et lavt prispåslag vil firmaene som har mulighet til å endre pris sette prisen sin høyere enn gjennomsnittlig pris i økonomien. På den måten øker gjennomsnittlig prispåslag, slik at prispåslaget kommer nærmere ønsket nivå.

Den dynamiske IS-kurven for nødvendighetssektoren tar formen:

$$\tilde{y}_{n,t} = E_t\tilde{y}_{n,t+1} - \frac{1}{\sigma}(i_t - E_t\pi_{n,t+1} - r_t^n) \tag{20}$$

Likningen 20 beskriver hvordan produksjonen påvirkes av forskjellen mellom den faktiske realrenta $r_{n,t} \equiv i_t - E_t\pi_{n,t+1}$ og den naturlige realrenta r_t^n. Forholdstallet $\frac{1}{\sigma}$ er EIS'en i nødvendighetssektoren og bestemmer rentas effekt på produksjonen. Fra likningen kommer det fram at jo større σ er, desto mindre blir EIS, noe som demper rentas virkning på produksjonsnivået.

Luksussektoren har sin egen Philipskurve og dynamisk IS-kurve. Philipskurven til luksussektoren er:

$$\pi_{L,t} = \beta E_t[\pi_{L,t+1}] - \lambda\tilde{\mu}_{L,t} + u_{L,t} \tag{21}$$

der:

$$\tilde{\mu}_{L,t} \equiv \mu_{L,t} - \mu_L = -\left[\phi\tilde{n}_t + \gamma\tilde{y}_{L,t}\right]$$
$$\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$$

og sjokket i denne sektoren er definert som: $u_{L,t} = \rho u_{L,t-1} + \chi_L$ ($\chi_L \sim N(0, 0.01)$)
Luksussektoren sin dynamiske IS-kurve er:

$$\tilde{y}_{L,t} = E_t\tilde{y}_{L,t+1} - \frac{1}{\gamma}(i_t - E_t\pi_{L,t+1} - r_t^n) \tag{22}$$

$\tilde{\mu}_{L,t}$ likner på $\tilde{\mu}_{n,t}$, men en viktig forskjell er at parameteren σ er erstattet med γ. γ erstatter også sigma i den dynamiske IS-likningen, det gjør at de to sektorene har ulik EIS.
Legg merke til at realrentene i de to sektorene kan være forskjellige. Sentralbanken setter nominell rente i_t og denne gjelder for begge sektorer, men siden forventet inflasjon kan variere på tvers av sektorene, kan det gi to ulike realrenter. $r_{n,t}$ er allerede definert, realrenta i luksussektoren er $r_{L,t} \equiv i_t - E_t\pi_{L,t+1}$.

Kombinasjonen av ulike realrenter og forskjellig EIS mellom sektorene er den store forskjellen mellom en standard ny-keynesiansk modell og min modell. Dette er pådriveren for funnene i oppgaven. Det gjør at sektorene reagerer forskjellig på ulike typer sjokk, og dette legger føringer på hvordan en sentralbank bør reagere på ulike sjokk.

Philipskurvene kan også skrives på formen:

$$\pi_{n,t} = \beta E_t[\pi_{n,t+1}] + \lambda\phi\tilde{n}_t + \lambda\sigma\tilde{y}_{n,t} + u_{n,t} \tag{23}$$

$$\pi_{L,t} = \beta E_t[\pi_{L,t+1}] + \lambda\phi\tilde{n}_t + \lambda\gamma\tilde{y}_{L,t} + u_{L,t} \tag{24}$$

Fra disse likningene kommer det fram at ved en lik produksjonsendring, $\Delta\tilde{y}_{n,t} = \Delta\tilde{y}_{L,t}$, vil effekten på inflasjonen være sterkest i nødvendighetssektoren dersom parameteren $\sigma > \gamma$.

3.8 Sammenhengen mellom sektorene

I følgende seksjon kombineres sektorene til en felles økonomi. Jeg aggregerer produksjonen, inflasjonen og sysselsettingen på tvers av sektorene basert på en vektet sum av størrelsene i de to sektorene. Vektene summerer til 1, slik at den vekta summen av inflasjonen i sektorene utgjør hele inflasjonen i økonomien, det samme gjelder for produksjonen og sysselsettingen. For detaljer tilknyttet likning 26 se appendiks.
For produksjonen har vi følgende definisjon:

$$\tilde{y}_t = \omega_y\tilde{y}_{L,t} + (1-\omega_y)\tilde{y}_{n,t} \tag{25}$$

inflasjonen bestemmes av:

$$\pi_t = \omega_\pi\pi_{L,t} + (1-\omega_\pi)\pi_{n,t} \tag{26}$$

og sysselsettingen av:

$$\tilde{n}_t = \omega_n\tilde{n}_{L,t} + (1-\omega_n)\tilde{n}_{n,t} \tag{27}$$

Felles for likningene er hvordan parameteren ω bestemmer viktigheten av sektorene. En stor ω gjør at luksussektoren blir en større del av økonomien, og at sentralbanken må ta større hensyn til denne sektoren når nominell rente bestemmes.
Verdien på de ulike parameterne blir diskutert i den kommende seksjonen.

3.9 Viktige parametere

De to viktigste parameterne i modellen er γ og σ. Parameterne bestemmer størrelsen på EIS i sektorene. γ tilhører luksussektoren og bestemmer EIS'en i denne sektoren, σ har samme funksjon i nødvendighetssektoren.
I tillegg inngår parameterne i de to Philipskurvene, der størrelsen på γ og

σ avgjør i hvor stor grad produksjonsgapet påvirker inflasjonen i henholdsvis luksus- og nødvendighetssektoren.

Gjennom hele neste kapittel er σ satt til å være større enn γ. Konsekvensen er at EIS i nødvendighetssektoren blir lavere enn i luksussektoren. Implikasjonen er at nødvendighetssektoren reagerer mindre på en endring i realrenta. Dette er i tråd med funn i litteraturen, som finner at det er enklere å utsette konsum av luksusgoder da denne godegruppen har en høyere EIS (Browning & Crossley, 2000)[1].

Verdiene er satt slik at $\sigma = 4$ og $\gamma = 1$ i hele oppgaven bortsett fra seksjon 4.2. Det korresponderer med en EIS på 0.25 for nødvendighetsgoder og en EIS lik 1 for luksusgoder. Den faktiske størrelsen på EIS, der en ikke skiller mellom godegrupper, er ukjent. Det samme gjelder for sektorenes respektive EIS'er. Disse størrelsene vil dessuten avhenge av hvordan man definerer godegruppene luksus- og nødvendighetsgoder. Størrelsen på en generell EIS er gjenstand for en kontinuerlig debatt i litteraturen, da denne størrelsen er avgjørende for husholdningenes avveining mellom sparing og konsum. Hall (1988) finner evidens som tilsier at verdien på EIS er lav, sannsynligvis under 0.2. Verdien kan til og med være null. Av den grunn er σ satt relativt høyt. Oppgaven min utforsker også hvordan resultatet blir påvirket av ulike verdier på σ. Verdianslaget på γ er mer usikkert, det viktigste for oppgavens funn er at γ er mindre enn σ, slik at EIS'en blir lavest for nødvendighetsgoder. En stor forskjell i EIS forsterker virkningen av et sjokk da konsumenten blir veldig opptatt av å ha et jevnt konsum av nødvendighetsgoder. Derfor er γ satt lik 1, siden dette fører til stor differanse mellom EIS'ene i sektorene.

I modellen er $\omega_y, \omega_\pi,\ og\ \omega_n$ satt til 0.5. Grunnen til denne spesifiseringen er at det da er forskjeller i EIS'en mellom sektorene som danner grunnlaget for resultatet i oppgaven.

Parameteren λ er satt til 0.1, det tilsvarer en $\theta \approx 0.73$, som innebærer at prisene i snitt varer omtrent fire perioder. Verdien på θ er basert på Gali sitt anslag, som setter verdien til 0.75. β er også hentet fra Gali som bruker samme størrelse, 0.99. Begge størrelsene er hentet fra Galí (2015, kapittel 3).

3.10 Sentralbanken

Det siste som mangler i modellen er sentralbanken. Sentralbanken bestemmer den nominelle renta. Dersom økonomien blir utsatt for et økonomisk sjokk, kan sentralbanken dempe sjokket ved å endre den nominelle renta. Hvis nominell rente blir hevet fører det til en reduksjon i produksjonen, som gjør at inflasjonen reduseres. Valget sentralbanken står overfor ved et sjokk er i grove trekk: sette en rente som gir høy produksjon og tillater høyere inflasjon. Alternativt kan

[1] Bevises for en type preferanser

sentralbanken velge en høyere rente som gir lavere produksjon for å oppnå en lavere inflasjon.

Det er flere måter å modellere oppførselen til sentralbanken på. I oppgaven min har jeg valgt en sentralbank som setter nominell rente til et optimalt nivå hver eneste periode. Sentralbanken er ikke bundet av tidligere løfter, og står derfor fritt til å sette renta til et nivå som gir ønsket inflasjon basert på de økonomiske forholdene. Hva som er optimalt for sentralbanken avhenger av hvor mye sentralbanken vektlegger produksjonen i forhold til inflasjonen. I litteraturen er dette kjent som diskresjonær pengepolitikk.
For å modellere dette benyttes en tapsfunksjon på formen:

$$L_t = \frac{1}{2} E_t \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \left[\tau \tilde{y}_{t+k}^2 + \pi_{t+k}^2 \right]$$

Målet til sentralbanken er å minimere tapsfunksjonen gitt Philipskurvene. $\tilde{y}$ er det aggregerte produksjonsgapet. Sentralbanken bryr seg om det kvadrerte produksjonsgapet (forskjellen mellom faktisk produksjon og naturlig produksjon) og den kvadrerte inflasjonen. Dette impliserer at sentralbankens inflasjonsmål er satt til 0. Kvadreringen av argumentene betyr at det er like kostbart for sentralbanken dersom produksjonen og inflasjonen er under målet.
Parameteren τ angir i hvilken grad sentralbanken vektlegger produksjonsgapet relativt til inflasjonsmålet. Ved $\tau = 0$ betyr det at sentralbanken kun er opptatt av inflasjonsmålet, mens en $\tau > 1$ innebærer at sentralbanken legger mest vekt på produksjonsgapet når renta bestemmes. I min modell er $\tau = 0.5$ som betyr at sentralbanken er mer opptatt av inflasjonsmålet enn produksjonsmålet. Dette likner på inflasjonsstyringen til Norges Bank som opererer med et inflasjonsmål på 2 prosent, samt en målsetning om høy og stabil produksjon (Norges Bank, 2022).

3.11 Hvordan sentralbanken reagerer på et sjokk

For å illustrere poenget i oppgaven tydeligere kan en starte med å se på mekanismene til et kostnadssjokk i en økonomi som ikke består av flere sektorer.

La oss ta for oss et enkelt eksempel: I en standard ny-keynesiansk modell (Galí, 2015, kapittel 3) blir økonomien truffet av et positivt kostnadssjokk. Kostnadssjokket følger en AR(1) prosess. Sjokket fører i første omgang til at inflasjonen i økonomien øker for en gitt forventet inflasjon og et gitt produksjonsgap. Det er antatt at økonomien befant seg i en normalsituasjon før sjokket inntraff. Inflasjonen er nå over sentralbankens mål, som ut ifra tapsfunksjonen tilsier at rentenivået må opp. Sentralbanken reagerer på den økte inflasjonen med å øke nominell rente. I tillegg må sentralbanken ta hensyn til at høyere renter fører til lavere produksjon. Dette gjør at sentralbanken hever renta mindre sammenlignet med en sentralbank som kun styrer etter inflasjonen. Som en konsekvens

av de økte rentene kutter husholdningene i sitt konsum. Dette skyldes at det har blitt dyrere å konsumere relativt til å spare, derfor faller samlet etterspørsel. Fallet i etterspørselen gjør at firmaene senker prisene sine for å få solgt varene sine, lavere priser gjør at inflasjonen reduseres.
I neste periode vil sentralbanken senke den nominelle renta som følge av at inflasjonen har blitt redusert. Siden inflasjonen fortsatt er over ønsket nivå må nominell rente også holdes høyere enn ved en normalsituasjon, noe som reduserer inflasjonen ytterligere. Denne mekanismen vedvarer helt til inflasjonen er tilbake til det samme nivået som før sjokket.

Eksempelet illustrerer et typisk handlingsmønster for en sentralbank, som ved hjelp av rentesettingen kan påvirke inflasjonsnivået i økonomien. Et positivt kostnadssjokk fører isolert sett til at sentralbanken hever nominell rente. Men hvordan skal en sentralbank reagere når det er flere sektorer i økonomien og disse reagerer ulikt på kostnadssjokkene og sentralbankens rentesetting?

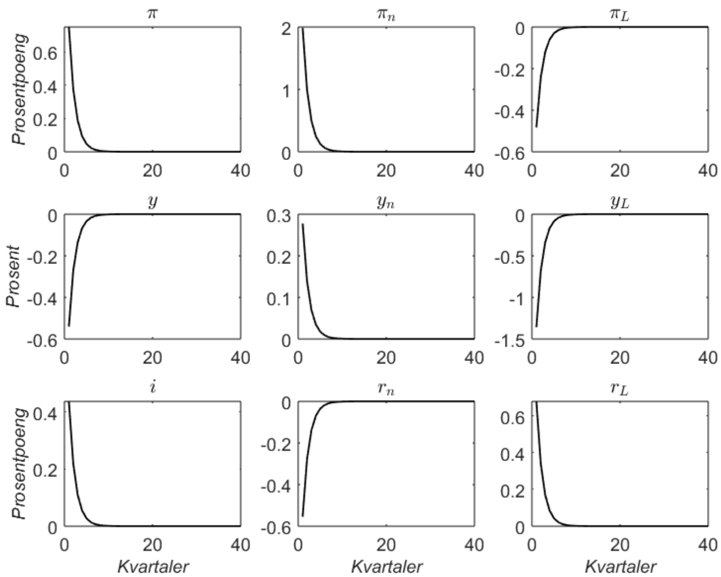
4 Analyse

For å gjøre analysen mer relevant og konkret kan en tenke på energi som et nødvendighetsgode. De aller fleste i befolkningen har et grunnleggende behov for energi i form av elektrisitet og drivstoff. Konsumet av slike goder er mindre sensitivt for prisendringer sammenlignet med konsum av goder som hotellovernattinger eller taxiturer, som kan klassifiseres som luksusgoder (Sonnervig, 2023). Hvordan reagerer konsumenter og sentralbanken som følge av kostnadssjokk i nødvendighetssektoren relativt til et kostnadssjokk i luksussektoren? Må sentralbanken ta forskjellig hensyn avhengig av hvilken sektor som blir truffet av et økonomisk sjokk? Dette er to spørsmål jeg forsøker å belyse i den kommende delen av oppgaven.

4.1 Kostnadssjokk

Figur 1 viser et kostnadssjokk i nødvendighetssektoren. π er samlet inflasjon, y er samlet produksjon og i er den nominelle renta. π_n, π_L, y_n, og y_L er inflasjonen og produksjonen i de to sektorene. r_n og r_L er realrenta i henholdsvis nødvendighets- og luksussektoren.

Gitt et positivt kostnadssjokk i nødvendighetssektoren, får det i første omgang inflasjonen i nødvendighetssektoren til å stige, og det gir økt totalinflasjon. Siden inflasjonen er over det målsatte nivået, responderer sentralbanken med å heve nominell rente. Sentralbanken modererer imidlertid sin renterespons, fordi en renteøkning for å stabilisere inflasjonen i nødvendighetssektoren også påvirker luksussektoren. Den økte nominelle renta har en effekt på realrentene i begge sektorene. I nødvendighetssektoren blir realrenta negativ og i luksussektoren blir den positiv. Kostnadssjokket fører til økt inflasjon og derfor økte inflasjonsforventninger i nødvendighetssektoren. Den forventede prisveksten er

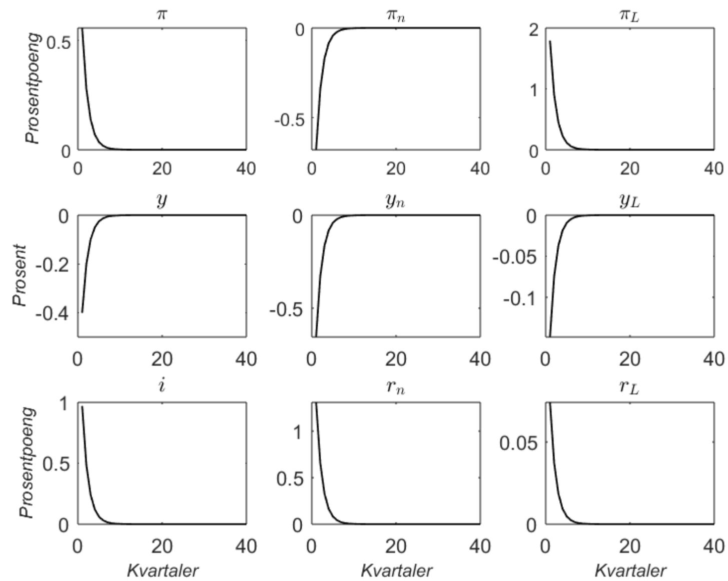


Figur 1: Kostnadssjokk nødvendighetssektoren

høyere enn den nominelle renta, selv etter rentehevingen, og derfor blir realrenta negativ i nødvendighetssektoren. Negativ realrente gjør det gunstigere å konsumere nå sammenlignet med senere, og fører derfor til økt etterspørsel og produksjon av nødvendighetsgoder. De positive realrentene i luksussektoren gjør at etterspørselen og produksjonen i denne sektoren reduseres. For å møte den reduserte etterspørselen etter luksusgoder, reduserer firmaene i luksussektoren prisene sine. Dette gjør at inflasjonen i luksussektoren reduseres, noe som trekker ned totalinflasjonen.

Sentralbanken har gjennom å heve nominell rente redusert samlet inflasjon. Inflasjonen i økonomien er fortsatt høyere enn sentralbankens mål, men lavere enn da sjokket inntraff. Sentralbanken senker nominell rente, samtidig som den nominelle renta holdes høyere enn ved en normalsituasjon. Så lenge samlet inflasjon er høyere enn det målsatte nivået vil sentralbanken opprettholde et rentenivå som gjør at inflasjonen svekkes. Denne mekanismen fortsetter helt til kostnadssjokket dør ut, og økonomien igjen befinner seg i en stasjonærtilstand der samlet inflasjon og produksjon er tilbake til det normale nivået.

Hvordan reagerer modellen på et positivt kostnadssjokk i luksussektoren sammenlignet med sjokket i nødvendighetssektoren? Begge kostnadssjokkene er av samme størrelse.
I figur 2 ser vi at økonomien reagerer annerledes på et kostnadssjokk i luksussek-



Figur 2: Kostnadssjokk luksussektoren

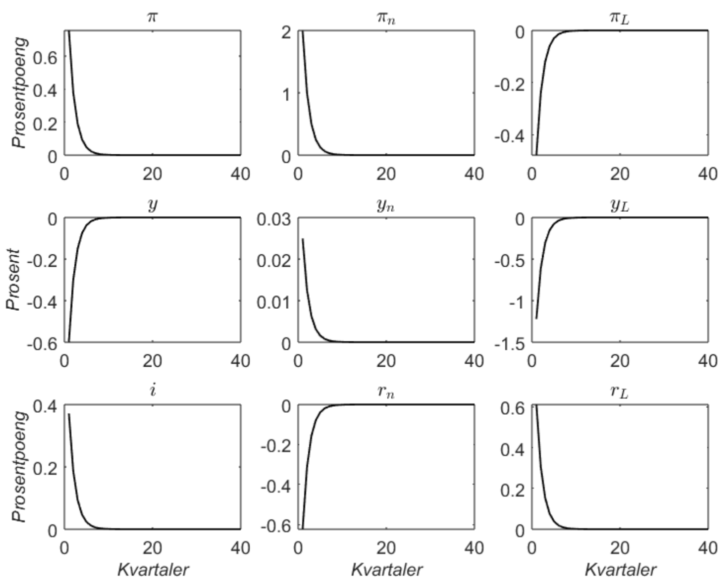
toren. Premisset er fortsatt likt, økt inflasjon i en sektor gjør at inflasjonen totalt stiger og sentralbanken hever nominell rente for å motvirke sjokket. Den interessante forskjellen er størrelsen på endringen i den nominelle renta. Sjokket i luksussektoren gjør at sentralbanken reagerer kraftigere, og hever nominell rente med omtrent et prosentpoeng, sammenlignet med en heving på ca. 0,4 prosentpoeng da sjokket inntraff i nødvendighetssektoren. Som en konsekvens blir begge realrentene positive, og gir redusert etterspørsel i begge sektorer. Realrenta er høyest i nødvendighetssektoren, så selv om sektoren reagerer mindre for en gitt renteendring, fører det til at produksjonen faller mest i nødvendighetssektoren.

Hva er årsaken til at sentralbanken må reagere kraftigere ved et sjokk i luksussektoren?
Forklaringen på dette er: et kostnadssjokk i en av sektorene gjør at sentralbanken står overfor et dilemma. Ved å sette opp nominell rente dempes kostnadssjokket i den utsatte sektoren, men rentehevingen fører også til dempet aktivitet i sektoren som ikke blir direkte påvirket av kostnadssjokket. Pengepolitikken sentralbanken velger har derfor en ekstern kostnad, nemlig at den påvirker den andre sektoren. Renteresponsen er derfor avhengig av hvorvidt sjokket inntreffer i sektoren der den eksterne kostnaden av pengepolitikken er stor eller motsatt. Ved kostnadssjokk i nødvendighetssektoren er den eksterne kostnaden av pengepolitikken at det påvirker luksussektoren. Luksussektoren reagerer mye på en renteendring, derfor er den eksterne kostnaden stor. Derfor

reagerer sentralbanken mindre på et sjokk i nødvendighetssektoren.

Renteresponsen var kraftigst da luksussektoren ble utsatt for et kostnadssjokk, da den eksterne kostnaden av pengepolitikken er mindre. Det betyr implisitt at pengepolitikken har en større direkte effekt. Luksussektoren er den mest rentesensitive sektoren, og gjorde at sentralbanken kunne sette renta høyere sammenlignet med det første sjokket.

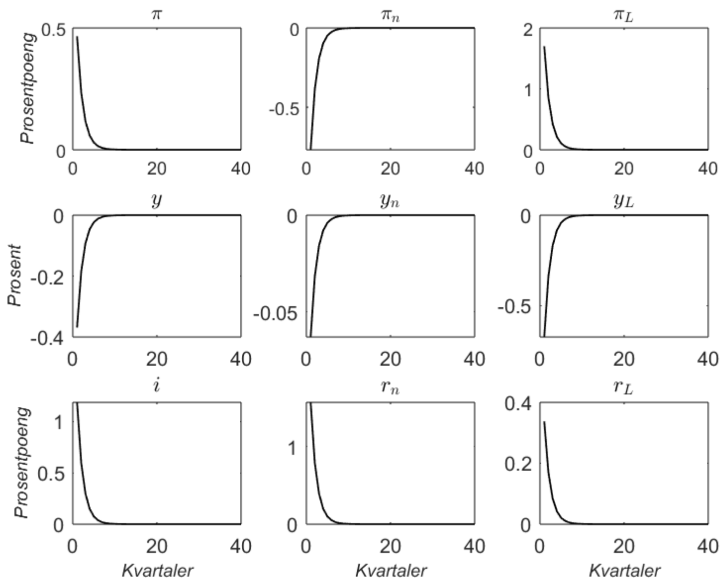
4.2 Nytt kostnadssjokk, lavere EIS nødvendig



Figur 3: Kostnadssjokk nødvendighetssektoren, $\sigma = 50$

En viktig pådriver for hvordan konsumentene reagerer på et kostnadssjokk er størrelsesforholdet mellom EIS'ene i de to sektorene. Denne størrelsen er avgjørende for hvordan en sentralbank reagerer ved økonomiske sjokk. For å illustrere viktigheten av den, kan en studere en situasjon der σ settes til 50. Det medfører at EIS'en til nødvendighetssektoren blir satt til 0.02. Alt annet holdes likt.

Figur 3 likner på figur 1, men det er noen forskjeller i styrken til noen av responsene. Hovedforskjellen mellom dem er at i figur 3 øker etterspørselen etter nødvendighetsgoder signifikant mindre enn før. Etterspørselen etter nødvendighetsgoder reagerer knapt på renteendringen. Realrenta i sektoren er fortsatt negativ og



Figur 4: Kostnadssjokk luksussektoren, $\sigma = 50$

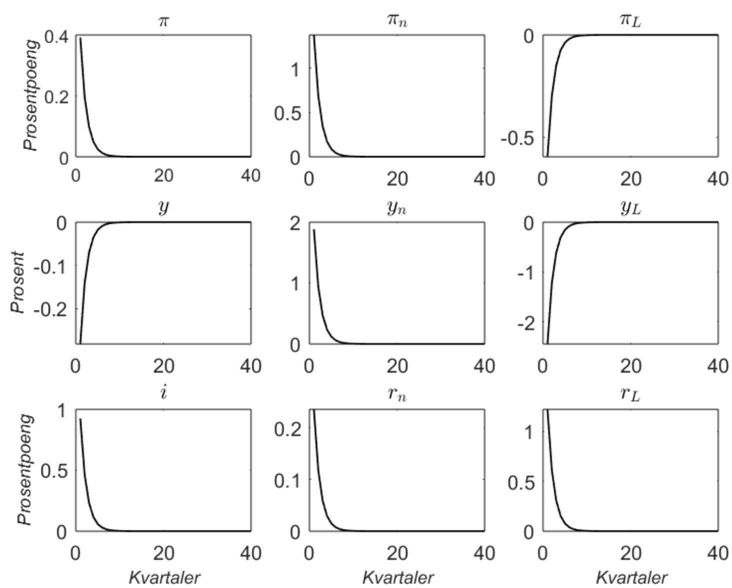
tilnærmet lik som i figur 1, men som følge av en lavere EIS i nødvendighetssektoren, har konsumet av denne typen goder blitt mindre sensitivt for renteendringer. Sentralbanken har satt en lavere rente nå enn tidligere (figur 1).

Figur 4 derimot består av flere endringer fra figur 2. I figur 4 er reduksjonen i etterspørselen etter nødvendighetsgoder betraktelig mindre, samtidig er etterspørselsfallet i luksussektoren mye kraftigere. I tillegg blir den nominelle renta økt marginalt mer enn situasjonen i figur 2. Som følge av en lavere EIS i nødvendighetssektoren skjer det en større tilpasning i luksussektoren. Det er fordi konsumentene i større grad enn tidligere ønsker et jevnt konsum av nødvendighetsgoder over tid. Når sentralbanken bruker renta for å motvirke effektene av sjokket, gjør det nå at konsumentene heller gir slipp på konsumet av luksusgoder.

Ved å redusere EIS i nødvendighetssektoren, fører det samtidig til at EIS'en i luksussektoren blir relativt sett høyere. Endringene fra figur 1 til 3 og fra figur 2 til 4 viser to ting: (i) konsumentene blir mindre villige til å endre konsumet av nødvendighetsgoder, (ii) sentralbanken må endre styrken på sin renterespons. Når sjokket inntreffer i nødvendighetssektoren har den eksterne kostnaden av pengepolitikk økt, derfor reagerer sentralbanken mindre enn før. Hvis sjokket skjer i luksussektoren har pengepolitikken nå en større direkte effekt på den sjokkutsatte sektoren, det gjør at sentralbanken setter opp renten mer enn tidligere.

Endringen i verdien til σ fra 4 til 50 understreker et viktig poeng. Konsumenten reagerer i større grad likt på et kostnadssjokk, konsumenten gjør det meste av sine tilpasninger i luksussektoren, uavhengig av hvilken sektor sjokket treffer. Pengepolitikken virker derfor gjennom sektoren med høyest EIS, dette må sentralbanken ta hensyn til når den reagerer på økonomiske sjokk.

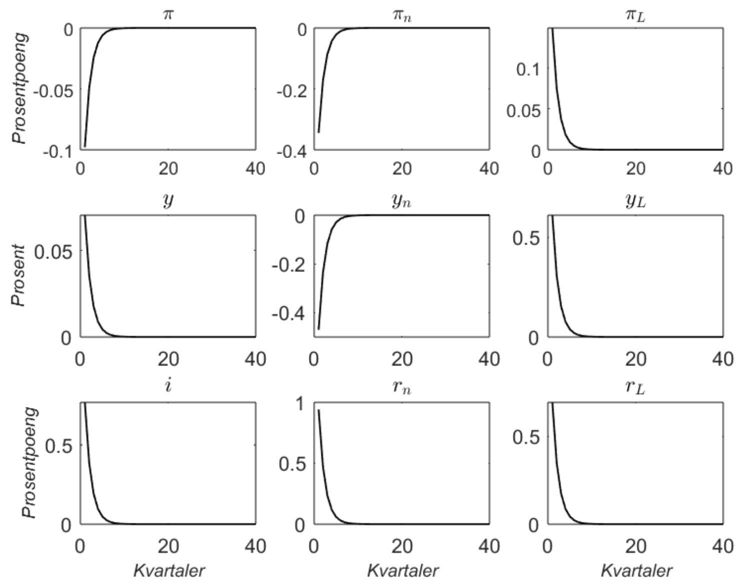
4.3 Etterspørselssjokk



Figur 5: Etterspørselssjokk nødvendighetssektoren

Et positivt etterspørselssjokk i nødvendighetssektoren gir økt produksjon og derfor økt inflasjon i denne sektoren. Det gjør at samlet produksjon og inflasjon øker. For å dempe virkningen av sjokket hever sentralbanken den nominelle renta, og det fører til positive realrenter i begge sektorer. Økte realrenter gjør at etterspørselen reduseres i begge sektorer. Hevingen av renta 'kansellerer' ikke sjokket som ved et vanlig etterspørselssjokk. Rentehevingen gir en resesjon i luksussektoren. Sjokket har ført til økt produksjon/inflasjon i sektoren sjokket inntraff i, og redusert produksjon og deflasjon i luksussektoren. Totaleffekten er at total produksjon reduseres og inflasjonen i økonomien øker.

Dette resultatet er motsatt fra totaleffekten ved et positivt sjokk i luksussektoren, gitt ved figur 6. Etterspørselssjokk i luksussektoren gir økt produksjon/inflasjon i denne sektoren, og blir møtt av økte renter. Konsekvensen



Figur 6: Etterspørselssjokk luksussektoren

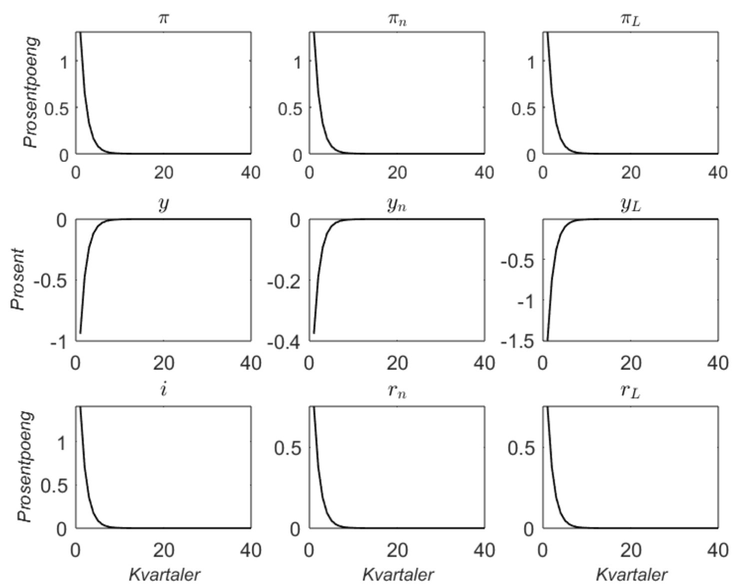
er igjen positive realrenter, som demper virkningen av sjokket i luksussektoren og fører til resesjon og deflasjon i nødvendighetssektoren. Men i dette tilfellet er totaleffekten at total produksjon øker og vi får deflasjon i økonomien.

Totaleffekten blir påvirket av at parameteren σ er større enn parameteren γ. Det bidrar til to ting i modellen: nummer en er at for et like stort produksjonskutt i begge sektorer fører produksjonskuttet i nødvendighetssektoren til størst nedgang i inflasjonen. Dette skjer gjennom Philipskurvene, se likning 23 og 24. Siden σ er større enn γ, endres inflasjonen mest i nødvendighetssektoren for en gitt produksjonsendring. Nummer to er at luksussektoren reagerer kraftigere på en renteheving.

Vi kan ta for oss mekanismene ved et positivt etterspørselssjokk i nødvendighetssektoren, angitt i figur 5. Sjokket fører til økt produksjon og inflasjon i nødvendighetssektoren. Sentralbanken ønsker å dempe effekten, renta økes, og konsekvensen er at luksussektoren opplever mindre etterspørsel og det blir deflasjon i sektoren. Produksjonen blir kuttet i luksussektoren, som en konsekvens av økte renter, helt til sentralbanken er tilfredsstilt i samsvar med avveining mellom produksjonsmålet og inflasjonsmålet. Fordi et produksjonskutt i luksussektoren har mindre effekt på totalinflasjonen, er konsekvensen at produksjonskuttet i denne sektoren blir større enn produksjonsveksten i nødvendighetssektoren. Derfor blir totaleffekten positiv inflasjon og negativ produksjon for økonomien ved et positivt etterspørselssjokk i denne sektoren.

Merk at sentralbanken nå øker nominell rente mest som følge av et etterspørselssjokk i nødvendighetssektoren. Storparten av responsen til sentralbanken er drevet av hvor mye renta må endres for å dempe etterspørselssjokket i den påvirkede sektoren. Derfor må sentralbanken reagere kraftigere ved et sjokk i nødvendighetssektoren, siden rentehevinger har en mindre effekt på denne sektoren.
Endringene i samlet produksjon og inflasjon er signifikant større dersom etterspørselssjokket skjer i nødvendighetssektoren.

4.4 Kostnadssjokk i begge sektorer



Figur 7: Kostnadssjokk i begge sektorer

I figur 7 simuleres et kostnadssjokk som treffer begge sektorer likt og med samme styrke. Total inflasjon stiger, sentralbanken hever renta, og produksjonen faller i begge sektorer. Det er to viktige mekanismer som bidrar til resultatet i figur 7: (i) produksjonen faller mest i luksussektoren grunnet høyere EIS. (ii) Som tidligere diskutert, for en gitt produksjonsendring, vil inflasjonen i nødvendighetssektoren bli hardest påvirket.

Effekten av disse mekanismene kansellerer hverandre, slik at inflasjonen blir lik i begge sektorer. Konsekvensen av sjokket er en ulik produksjonsreduksjon i sektorene, der forskjellen i reduksjonen avhenger av forskjellen mellom γ og σ. Dersom σ øker i størrelse fører det primært til at konsumenten oppgir færre nødvendighetsgoder og flere luksusgoder ved et positivt sjokk.

5 Konklusjon

I den virkelige verden er ikke økonomien delt inn i to perfekt adskilte sektorer. Det kan dessuten være utfordrende for en sentralbank å skille mellom kostnadssjokk og etterspørselssjokk i praksis. Til tross for dette kan oppgaven bidra til det teoretiske grunnlaget for pengepolitikken. Gjennom å utvide en ofte brukt ny-keynesiansk modell og med det tillate flere sektorer, kan oppgaven skape et grunnlag for nye innsikter.

En sammenligning av etterspørselssjokkene og kostnadssjokkene viser at sentralbanken har en ulik renterespons basert på sjokkets art. Når sektorene ble utsatt for kostnadssjokk reagerte sentralbanken kraftigst da sjokket traff luksussektoren. Ved et etterspørselssjokk er reaksjonen fra sentralbanken kraftigst når sjokket skjer i nødvendighetssektoren.

Kostnadssjokk gjør at sentralbanken må ta innover seg den eksterne kostnaden av pengepolitikken. Da sentralbankens respons primært påvirker den sektoren som ikke blir truffet av sjokket. Det gjør at sentralbanken reagerer mindre når nødvendighetssektoren får en plutselig økning i inflasjonen. En uforventet økning i inflasjonen på nødvendighetsgoder fører til en mild reaksjon fra sentralbanken, siden forsøk på å redusere en slik prisvekst får store konsekvenser for resten av økonomien.

Ved et etterspørselssjokk er det også en ekstern kostnad knyttet til pengepolitikken, men dette hensynet blir mindre vektlagt. Sentralbanken er nødt til å sette renta på en måte som demper etterspørselssjokket i den påvirkede sektoren. Hvis nødvendighetsgoder får en plutselig økning i etterspørselen, kreves det at renta økes mye for å motvirke sjokket, siden denne sektoren responderer lite på pengepolitikk.

Sentralbankens respons kan oppsummeres på følgende måte: dersom sentralbanken oppfatter en økning i energiprisene som en konsekvens av et kostnadssjokk vil sentralbanken utvise forsiktighet med å heve renta. Hvis i stedet økningen i energiprisene skyldes økt etterspørsel blir sentralbanken tvunget til å reagere med en kraftig renteheving for å motvirke virkningen av etterspørselssjokket.

Konsumentens respons til de ulike sjokkene er i stor grad lik. Hovedfunnet i oppgaven er at konsumenten i stor grad beholder et jevnt konsum av nødvendighetsgoder og at størstedelen av konsumentens tilpasning skjer i den rentesensitive sektoren, luksussektoren. Denne tilpasningen skjer uavhengig av hvilken sektor sjokket inntreffer i, gitt en tilstrekkelig lav EIS for nødvendighetsgoder.

Referanser

Adjemian, S., Bastani, H., Juillard, M., Karamé, F., Mihoubi, F., Mutschler, W., Pfeifer, J., Ratto, M., Rion, N., & Villemot, S. (2022). Dynare: Reference Manual, Version 5. Dynare Working Papers, 72, CEPREMAP.

Andresen, M. E. (2021, 20. desember). Elastisitet (økonomi). I Store Norske Leksikon. Hentet fra https://snl.no/elastisitet_-_økonomi

Barsky, R. B., House, C. L., & Kimball, M. S. (2007). Sticky-Price Models and Durable Goods. *The American economic review*, *97*(3), 984-998.

Browning, M. & Crossley, T. F. (2000). Luxuries Are Easier to Postpone: A Proof. *The Journal of political economy* , *108*(5), 1022-1026.

Calvo, G. A. (1983). Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, *12*(3), 383-398.

Galí, J. (2015). *Monetary policy, inflation, and the business cycle*: *an introduction to the new Keynesian framework and its applications.* Princeton University Press.

Hall, R. E. (1988). Intertemporal Substitution in Consumption. *Journal of Political Economy*, *96*(2), 339-357.

International Energy Agency. (u.å.). Global Energy Crisis. IEA. Hentet fra https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis

Norges Bank. (2022, 2. februar). Norges Banks håndbok i pengepolitikk. Hentet fra https://www.norges-bank.no/aktuelt/nyheter-og- hendelser/Publikasjoner/Norges-Bank-Memo-/2022/memo-12022-handbok-pengepol/innhold/

NOU 2023: 3. (2023). Mer av alt – raskere. Avgitt til Olje- og energidepartementet. Hentet fra https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-3/id2961311/

Sonnervig, M. (2023). Unequal Business Cycles. [Working paper, New York University].
Hentet fra https://marcos-sonnervig.github.io/marcossonnervig.com/JMP_Marcos_Sonnervig.pdf

Appendiks

Utledelse av Euler for nødvendighetsgoder

Fra førsteordensbetingelsene:

$$\frac{\partial L}{\partial C_{n,t}} = \beta^t \cdot (C_{n,t}^{-\sigma} - \lambda_t \cdot P_{n,t}) = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial B_t} = -\lambda_t \cdot \frac{\beta^t}{1+i_t} + \beta^{t+1} \cdot E_t(\lambda_{t+1}) = 0$$

$$\lambda_t = \frac{C_{n,t}^{-\sigma}}{P_{n,t}}$$

$$\lambda_{t+1} = \frac{C_{n,t+1}^{-\sigma}}{P_{n,t+1}}$$

Sett inn for disse i likningen under

$$\lambda_t = \beta(1+i_t)E_t(\lambda_{t+1})$$

$$C_{n,t}^{-\sigma} = \beta \cdot (1+i_t) \cdot E_t \left[C_{n,t+1}^{-\sigma} \cdot \frac{P_{n,t}}{P_{n,t+1}} \right]$$

CES

$C_{n,t} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

Budsjettbetingelse gitt ved: $\int_0^1 P_{n,it} \cdot C_{n,it} \, di = X$

max $C_{n,t}$ s.t. $\int_0^1 P_{n,it} \cdot C_{n,it} \, di = X$

$\mathcal{L} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}} - \lambda \cdot \left(\int_0^1 P_{n,it} \cdot C_{n,it} \, di - X \right)$

$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_{n,it}} = \frac{\epsilon}{\epsilon-1} \cdot \left(\int_0^1 C_{n,it}^{1-\frac{1}{\epsilon}} \, di \right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}-1} \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon} \cdot C_{n,it}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}-1} - \lambda \cdot P_{n,it} = 0$

$\Rightarrow C_{n,t}^{\frac{1}{\epsilon}} \cdot C_{n,it}^{-\frac{1}{\epsilon}} = \lambda \cdot P_{n,it}$

$\lambda = \frac{C_{n,t}^{\frac{1}{\epsilon}} \cdot C_{n,it}^{-\frac{1}{\epsilon}}}{P_{n,it}} = \frac{C_{n,t}^{\frac{1}{\epsilon}} \cdot C_{n,jt}^{-\frac{1}{\epsilon}}}{P_{n,jt}}$

$C_{n,it} = C_{n,jt} \cdot \left(\frac{P_{n,it}}{P_{n,jt}} \right)^{-\epsilon}$

sett inn for $C_{n,it}$ i budsjettbetingelsen

$X = \int_0^1 P_{n,it} \cdot C_{n,jt} \cdot \left(\frac{P_{n,it}}{P_{n,jt}}\right)^{-\epsilon} di$

løs for $C_{n,jt}$

$C_{n,jt} = \dfrac{X \cdot P_{n,jt}^{-\epsilon}}{\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di}$ som tilsvarer $C_{n,it} = \dfrac{X \cdot P_{n,it}^{-\epsilon}}{\int_0^1 P_{n,jt}^{1-\epsilon}\, dj}$

setter inn for det nye utrykket for $C_{n,it}$ inn i $C_{n,t}$:

$C_{n,t} = \left(\int_0^1 \left(\frac{X \cdot P_{n,it}^{-\epsilon}}{\int_0^1 P_{n,jt}^{1-\epsilon}\, dj}\right)^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} di\right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

$C_{n,t} = X \left(\int_0^1 P_{n,jt}^{1-\epsilon}\, dj\right)^{-1} \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

$C_{n,t} = X \cdot \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{1}{\epsilon-1}}$

$X = C_{n,t} \cdot \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$

dette impliserer at $P_n = \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$

for å finne etterspørselen etter $C_{n,it}$ setter vi inn for X i $C_{n,it}$:

$C_{n,it} = \dfrac{C_n \cdot \left(\int_0^1 P_{n,it}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \cdot P_{n,it}^{-\epsilon}}{\int_0^1 P_{n,jt}^{1-\epsilon}\, dj}$

$C_{n,it} = \left(\frac{P_{n,it}}{P_{n,t}}\right)^{-\epsilon} \cdot C_{n,t}$

Log-lineærisering

Euler nødvendig:

$$C_{n,t}^{-\sigma} = \beta(1+i_t) \cdot E_t \left[C_{n,t+1}^{-\sigma} \cdot \frac{P_{n,t}}{P_{n,t+1}}\right]$$

$$C_n^{-\sigma}(e^{\tilde{C}_{n,t}})^{-\sigma} = \beta(1+i_t)E_t \left[C_n^{-\sigma}(e^{\tilde{C}_{n,t+1}})^{-\sigma} \left(\frac{P_n e^{\tilde{P}_{n,t}}}{P_n e^{\tilde{P}_{n,t+1}}}\right)\right]$$

$$-\sigma c_{n,t} \approx \ln\beta + \ln(1+i_t) + E_t\left[-\sigma c_{n,t+1} + p_{n,t} - p_{n,t+1}\right]$$

$$c_{n,t} = E_t[c_{n,t+1}] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

Konsumentens avveining mellom jobb og konsum (nødvendighetsgoder):

$$\frac{W_t}{P_{n,t}} = N_t^{\phi} \cdot C_{n,t}^{\sigma}$$

$$W(1+w_t)P_n^{-1}(1-p_{n,t}) \approx C^{\sigma}(1+\sigma c_{n,t})N^{\phi}(1+\phi n_t)$$

$$1+w_t-p_{n,t}-w_t p_{n,t} \approx 1+\sigma c_{n,t}+\phi n_t+\sigma\phi c_{n,t}n_t$$

$$w_t-p_{n,t} \approx \sigma c_{n,t}+\phi n_t$$

Etterspørselen etter nødvendighetsgoder:

$$C_{n,it} = \left(\frac{P_{n,it}}{P_{n,t}}\right)^{-\epsilon} \cdot C_{n,t}$$

$$C_{n,i}e^{c_{n,it}} = \frac{P_{n,i}^{-\epsilon}e^{p_{n,it}(-\epsilon)}}{P_n^{-\epsilon}e^{p_{n,t}(-\epsilon)}}C_n e^{c_{n,t}}$$

$$e^{c_{n,it}} = \frac{e^{p_{n,it}(-\epsilon)}}{e^{p_{n,t}(-\epsilon)}}e^{c_{n,t}}$$

$$c_{n,it} = -\epsilon(p_{n,it}-p_{n,t})+c_{n,t}$$

Aggregert inflasjon

$$P_{n,t} = \left(\int_{S(t)} P_{n,it-1}^{1-\epsilon}di + (1-\theta)(P_{n,t}^*)^{1-\epsilon}\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} = \left(\theta(P_{n,it-1})^{1-\epsilon} + (1-\theta)(P_{n,t}^*)^{1-\epsilon}\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}$$

$$\frac{P_{n,t}}{P_{n,t-1}} = \left(\theta(P_{n,it-1})^{1-\epsilon} + (1-\theta)(P_{n,t}^*)^{1-\epsilon}\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}} \cdot \frac{1}{P_{n,t-1}}$$

Vi har per definisjon at:

$$\Pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

$$\Pi_{n,t}^{1-\epsilon} = \left[\theta\frac{P_{n,t-1}^{1-\epsilon}}{P_{n,t-1}^{1-\epsilon}} + (1-\theta)\frac{(P_{n,t}^*)^{1-\epsilon}}{(P_{n,t-1})^{1-\epsilon}}\right]$$

$$\Pi_{n,t}^{1-\epsilon} = \theta + (1-\theta)\left(\frac{P_{n,t}^*}{P_{n,t-1}}\right)^{1-\epsilon}$$

Likningen kan log-lineæriseres rundt stasjonæretilstanden med null inflasjon ($\Pi_{n,t}=1$ fordi $\Pi_{n,t} = \frac{P_{n,t}}{P_{n,t-1}}$) der $P_{n,t}^* = P_{n,t-1} = P_{n,t}$
Venstre side:

$$\Pi_{n,t}^{1-\epsilon} \approx \Pi^{1-\epsilon} + (1-\epsilon)\Pi^{-\epsilon}\cdot(\Pi_{n,t}-\Pi) = \Pi^{1-\epsilon} + (1-\epsilon)\Pi^{1-\epsilon}\pi_{n,t}$$

Høyre side:

$$\theta+(1-\theta)\left(\frac{P_{n,t^*}}{P_n,t-1}\right)^{1-\epsilon} \approx \theta\,(1-\theta)\left(\frac{P}{P}\right)^{1-\epsilon}+(1-\theta)(1-\epsilon)P^{-\epsilon}\cdot Pp^*_{n,t}P^{\epsilon-1}+(1-\theta)(\epsilon-1)P^{\epsilon-2}P^{1-\epsilon}Pp_{n,t-1}$$

$$= 1+(1-\theta)\left[p^*_{n,t}(1-\epsilon)+(\epsilon-1)p_{n,t-1}\right]$$

I stasjonærtilstanden er $\Pi = 1$.

$$\Pi^{1-\epsilon}+(1-\epsilon)\Pi^{1-\epsilon}\pi_{n,t} = 1+(1-\theta)\left[p^*_{n,t}(1-\epsilon)+(\epsilon-1)p_{n,t-1}\right]$$

$$(1-\epsilon)\pi_{n,t} = (1-\theta)(1-\epsilon)[p^*_{n,t}-p_{n,t-1}]$$

$$\pi_{n,t} = (1-\theta)[p^*_{n,t}-p_{n,t-1}]$$

Som er aggregert inflasjon i nødvendighetssektoren.

Optimal prissetting

Siden $E_t[P_t] = P_t$ kan denne settes utenfor utrykket, denne forsvinner hvis vi multipliserer utrykket med $\frac{1}{P_t}$.
Dessuten kan vi sette inn for utrykket:

$$\zeta_{it+k|t}\cdot\left(\epsilon\left[\frac{P^*_{it}}{P_{t+k}}\right]^{-\epsilon-1}\frac{Y_{t+k}}{P_{t+k}}\right) = \epsilon\zeta_{it+k|t}\cdot\left(\left[\frac{P^*_{it}}{P_{t+k}}\right]^{-\epsilon}Y_{t+k}\right)\cdot\left(\left[\frac{P^*_{it}}{P_{t+k}}\right]^{-1}\frac{1}{P_{t+k}}\right)$$
$$= \frac{\epsilon\zeta_{it+k|t}Y_{it+k|t}}{P^*_{it}}$$

merk at
$$\left(\left[\frac{P^*_{it}}{P_{t+k}}\right]^{-\epsilon}Y_{t+k}\right) = Y_{it+k|t}$$
det gir at:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{P_{it}^*} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \beta^k \cdot \frac{U_{c,t+k}}{U_{c,t}} \frac{1}{P_{t+k}} \cdot \left[Y_{it+k|t} - \frac{\epsilon \zeta_{it+k|t} Y_{it+k|t}}{P_{it}^*} \right] = 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{P_{it}^*} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \frac{\Delta_{t,t+k}}{P_{t+k}} Y_{it+k|t} \cdot \left[P_{it}^* - \epsilon \zeta_{it+k|t} \right] = 0$$

setter inn for $\zeta_{it+k|t}$ fra førsteordensbetingselsene

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{P_{it}^*} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \frac{\Delta_{t,t+k}}{P_{t+k}} Y_{it+k|t} \cdot \left[P_{it}^* (1-\epsilon) + \epsilon \Psi_{it+k|t} \right] = 0$$

divider utrykket med $(1-\epsilon)$ og definer $M = \dfrac{\epsilon}{\epsilon - 1}$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{P_{it}^*} = E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \frac{\Delta_{t,t+k}}{P_{t+k}} Y_{it+k|t} \cdot \left[P_{it}^* - M \Psi_{it+k|t} \right] = 0$$

Log-lineærisering av optimal pris

$$E_t \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k \frac{\Delta_{t,t+k}}{P_{t+k}} Y_{it+k|t} \cdot \left[P_{it}^* - M \Psi_{it+k|t} \right] = 0$$

$$P_{it}^* \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t [C_{t+k}^{1-\sigma} P_{t+k}^{\epsilon-1}] = M \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t [C_{t+k}^{1-\sigma} P_{t+k}^{\epsilon} MC_{it+k}]$$

Venstre side:

$$C^{1-\sigma} P^{\epsilon} E_t \left(\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k [1 + (p_t^* - p) + (\epsilon - 1)(p_{t+k} - p) + (1-\sigma)(c_{t+k} - c)] \right)$$

Høyre side:

$$C^{1-\sigma} P^{\epsilon} E_t \left(\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k [1 + \epsilon(p_{t+k} - p) + (1-\sigma)(c_{t+k} - c) + (mc_{t+k} - mc] \right)$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k p_t^* = E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k [mc_{t+k} + p_{t+k} - mc] = E_t \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k [\psi_{t+k} + \mu]$$

$$p_t^* = \mu + (1 - \beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \psi_{t+k} \right\}$$

Godemarkedet

$Y_{n,t} = \left(\int_0^1 C_{n,it}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}}\, di\right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

$Y_{n,t} = \left(\int_0^1 \left[\left(\frac{P_{ni}}{P_n}\right)^{-\epsilon} C_{n,t}\right]^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} di\right)^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

$Y_{n,t} = \left[P_n^{\epsilon-1} \cdot C_{n,t}^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \cdot \int_0^1 P_{ni}^{1-\epsilon}\, di\right]^{\frac{\epsilon}{\epsilon-1}}$

$Y_{n,t} = P_n^{\epsilon} \cdot C_{n,t} \cdot \left[\left(\int_0^1 P_{ni}^{1-\epsilon}\, di\right)^{\frac{1}{1-\epsilon}}\right]^{-\epsilon} = P_n^{\epsilon} \cdot C_{n,t} \cdot P_n^{-\epsilon}$

$Y_{n,t} = C_{n,t}$

Det samme gjelder for luksusgoder

$Y_{L,t} = C_{L,t}$

Arbeidsmarkedet

$Y_{it} = N_{it}$

$N_t = \displaystyle\int_0^1 N_{it}\, di$

$Setter\ inn\ for\ N_{it}\ i\ N_t :$

$N_t = \displaystyle\int_0^1 (Y_{it})\ di = \int_0^1 (C_{it})\ di$

$Setter\ inn\ for\ C_{it}\ fra\ løsningen\ på\ CES - problemet.\ Der$

$C_{it} = \left(\dfrac{P_{it}}{P_t}\right)^{-\epsilon} C_t$

$N_t = \displaystyle\int_0^1 \left(\frac{P_it}{Pt}\right)^{-\epsilon} C_t\, di$

$N_t = Y_t \displaystyle\int_0^1 \left(\frac{P_{it}}{P_t}\right)^{-\epsilon} di$

$ta\ natulige\ log\ hver\ side :$

$n_t = y_t + \ln\left[\displaystyle\int_0^1 \left(\frac{P_{it}}{P_t}\right)^{-\epsilon} di\right]$

$n_t = y_t + D_t$

$der\ D_t \approx 0$

$n_t = y_t$

Philipskurven

Løser problemet for nødvendighetssektoren
Optimal pris for firmaer kan skrives som

$$p^*_{n,t} = (1-\beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \psi_{t+k} + \mu_n \right\}$$

Benytter:
$\mu_t \equiv p_t - \psi_t$
og setter inn for ψ_{t+k}

$$p^*_{n,t} = (1-\beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ -\mu_{n,t+k} + p_{n,t+k} + \mu_n \right\}$$

$\tilde{\mu}_t \equiv \mu_t - \mu$

$$p^*_{n,t} = (1-\beta\theta) \cdot \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ -\tilde{\mu}_{n,t+k} + p_{n,t+k} \right\}$$

Trekker fra p_{t-1} på begge sider og benytter at:

$$(1-\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t [p_{n,t+k} - p_{n,t-1}] = \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \pi_{n,t+k} \right\}$$

det gir

$$p^*_{n,t} - p_{n,t-1} = \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \pi_{n,t+k} \right\} - (1-\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \tilde{\mu}_{n,t+k} \right\}$$

flytt denne en periode frem i tid

$$p^*_{n,t+1} - p_{n,t} = \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \pi_{n,t+1+k} \right\} - (1-\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \tilde{\mu}_{n,t+1+k} \right\}$$

trekk fra $\beta\theta E_t[p^*_{n,t+1} - p_{n,t}]$ fra likningen for $p^*_{n,t} - p_{n,t-1}$
$p^*_{n,t} - p_{n,t-1} - \beta\theta E_t[p^*_{n,t+1} - p_{n,t}] =$

$$\sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \pi_{n,t+k} \right\} - (1-\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \tilde{\mu}_{n,t+k} \right\}$$

$$-(\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \pi_{n,t+1+k} \right\} + (\beta\theta)(1-\beta\theta) \sum_{k=0}^{\infty} (\beta\theta)^k E_t \left\{ \tilde{\mu}_{n,t+1+k} \right\}$$

Som blir til:

$$p^*_{n,t} - p_{n,t-1} = \pi_{n,t} + \beta\theta E_t[p^*_{n,t+1} - p_{n,t}] - (1-\beta\theta)\tilde{\mu}_{n,t}$$

Skriver om utrykket for aggregert inflasjon og setter inn for dette i likningen over:

$$p^*_{n,t} - p_{n,t-1} = \frac{\pi_{n,t}}{1-\theta}$$

Det gir oss Philipskurven for nødvendighetsgoder:

$$\pi_{n,t} = \beta E_t[\pi_{n,t+1}] - \lambda\tilde{\mu}_{n,t}$$

$$\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$$

$$\tilde{\mu}_{n,t} = -\left[\phi\tilde{n}_t + \sigma\tilde{y}_{n,t}\right]$$

For luksussektoren gir det:

$$\pi_{L,t} = \beta E_t[\pi_{L,t+1}] - \lambda\tilde{\mu}_{L,t}$$

$$\lambda = \frac{(1-\theta)(1-\beta\theta)}{\theta}$$

$$\tilde{\mu}_{L,t} = -\left[\phi\tilde{n}_t + \gamma\tilde{y}_{L,t}\right]$$

Prispåslag

I denne underseksjonen utledes utrykket for $\tilde{\mu}_{n,t}$
$\mu_t \equiv p_t - \psi_t$, der $\psi_t = w_t$
$\mu_t = p_t - w_t$ for nødvendighetssektoren: $\mu_{n,t} = p_{n,t} - w_t$
Setter inn for $p_{n,t} - w_t$ fra husholdningsproblemet:
$\mu_{n,t} = -[\phi n_t + \sigma c_{n,t}] = -[\phi n_t + \sigma y_{n,t}]$
Hvis vi forutsetter fullstendig fleksible priser, kan ønsket prispåslag utrykkes som:
$\mu_n = -[\phi n^n_t + \sigma y^n_{n,t}]$
der $y^n_{n,t}$ er den naturlige produksjonsnivået i likevekt gitt fullstendig fleksible priser
$\tilde{y}_{n,t} = y_{n,t} - y^n_{n,t}$
$\tilde{n}_t = n_t - n^n_t$
$\tilde{\mu}_{n,t} = \mu_{n,t} - \mu_n = -[\phi\tilde{n}_t + \sigma\tilde{y}_{n,t}]$

IS-kurven

Løser for nødvendighetssektoren sin dynamiske IS kurve
Fra husholdningenes problem har vi at:

$$c_{n,t} = E_t[c_{n,t+1}] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

$$y_{n,t} = c_{n,t}$$

$$y_{n,t} = E_t[y_{n,t+1}] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

Legg til og trekk fra naturlig produksjon:

$$y_{n,t} + y_{n,t}^n - y_{n,t}^n = E_t[y_{n,t+1}] + E_t[y_{n,t+1}^n] - E_t[y_{n,t+1}^n] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

$$y_{n,t} - y_{n,t}^n = E_t[y_{n,t+1} - y_{n,t+1}^n] + E_t[y_{n,t+1}^n] - y_{n,t}^n - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

$$\tilde{y}_{n,t} = E_t[\tilde{y}_{n,t+1}] + E_t[\Delta y_{n,t+1}^n] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - \rho)$$

Har ikke produktivitet i min modell. $E_t[\Delta y_{n,t+1}^n] = 0$.
IS-kurven for nødvendighetssektoren:

$$\tilde{y}_{n,t} = E_t[\tilde{y}_{n,t+1}] - \frac{1}{\sigma}(i_t - E[\pi_{n,t+1}] - r_t^n)$$

$r_t^n = \rho + \sigma E_t[\Delta y_{n,t+1}^n] = \rho$

Aggregert prisindeks

Definerer en aggregert prisindeks ved å bruke utgiftsvekter:

$$P_t = P_{L,t}\left(\frac{P_{L,t}C_{L,t}}{P_{L,t}C_{L,t} + P_{n,t}C_{n,t}}\right) + P_{n,t}\left(\frac{P_{n,t}C_{n,t}}{P_{L,t}C_{L,t} + P_{n,t}C_{n,t}}\right)$$

Som kan skrives som:

$$P_t = P_{L,t} \cdot \omega_t + (1 - \omega_t) \cdot P_{n,t}$$

der

$$\omega_t = \left(\frac{P_{L,t} C_{L,t}}{P_{L,t} C_{L,t} + P_{n,t} C_{n,t}} \right)$$

Log-lineærisering:
Venstre side: $\approx P + P \cdot p_t$
høyre side: $\approx P_L \omega + \omega P_L \cdot \tilde{p}_{L,t} + P_L(\omega_t - \omega) + P_n + P_n(1-\omega)\tilde{p}_{n,t} - P_n \omega \tilde{\omega}_t$
I Stasjonærtilstand er $P = P_L \omega + P_n(1-\omega)$
Trekker fra P_t fra venstre side og $P_L \omega + P_n(1-\omega)$ fra høyre side. Det gir:
$P \cdot p_t = \omega P_L \cdot \tilde{p}_{L,t} + (\omega_t - \omega)(P_L - P_n) + (1-\omega) P_n \cdot \tilde{p}_{n,t}$
I stasjonærtilstand har vi at $\omega_t = \omega$ det gjør at utrykket $(\omega_t - \omega)(P_L - P_n)$ faller bort og vi står igjen med:
$P \cdot p_t = \omega P_L \cdot \tilde{p}_{L,t} + (1-\omega) P_n \cdot \tilde{p}_{n,t}$
Hvis vi antar i stasjonærtilstand at vi har $P_n = P_L$ kan vi også sette at $P = P_n = P_L$ fordi i stasjonærtilstand har vi: $P = P_L \omega + P_n(1-\omega)$, sett inn for $P_n = P_L$ gir: $P = P_L \omega + P_L - P_L \omega = P_L$. Vi kan derfor dividere begge sider på P. Likningen reduseres da til følgende:
$p_t = \omega \tilde{p}_{L,t} + (1-\omega)\tilde{p}_{n,t}$
Basert på denne likningen kan vi finne en likning for p_{t-1}
$p_{t-1} = \omega \tilde{p}_{L,t-1} + (1-\omega)\tilde{p}_{n,t-1}$
$p_t - p_{t-1} = \omega \tilde{p}_{L,t} + (1-\omega)\tilde{p}_{n,t} - [\omega \tilde{p}_{L,t-1} + (1-\omega)\tilde{p}_{n,t-1}]$

$\Rightarrow \pi_t = \omega \pi_{L,t} + (1-\omega)\pi_{n,t}$