Hur kan penningpolitiken ta hänsyn till osäkerhet och risk?

JAN ALSTERLIND*

Författaren är verksam vid avdelningen för penningpolitik på Sveriges riksbank

I den akademiska diskussionen om penningpolitiken används ofta en tankeram som bygger på antaganden som gör att hänsyn till risker och osäkerhet inte har någon inverkan på de beslut som tas. Beslutsfattare som vill ta en sådan hänsyn behöver därför en annan tankeram. I den här artikeln analyserar vi två olika versioner av en utvidgad tankeram där osäkerhet och risker kan påverka de beslut som tas. Gemensamt för båda dessa metoder är att en centralbank inte är säker på vilken beskrivning av världen som är rätt. Fokus ligger alltså på en osäkerhet om vilka ekonomiska samband, eller vilka prognosmodeller, som är mest lämpliga att använda när man ska fatta ett beslut. De två olika metoderna har teoretiska skillnader, men vi menar att i en praktisk analys av hur penningpolitiken kan bedrivas behöver skillnaderna mellan de här två metoderna inte vara väldigt stora. Diskussionen i den här artikeln baseras på principiella resonemang som illustreras i stiliserade modeller och gör inte anspråk på att vara en realistisk beskrivning av hur penningpolitiken fungerar i praktiken.

Hur kan penningpolitiken ta hänsyn till osäkerhet och risk?

I diskussioner om penningpolitiskt beslutsfattande har det vid flera tillfällen poängterats att risker eller hänsyn till osäkerhet påverkar de beslut som tas. Ett exempel på det är Greenspan (2005) som anger att den amerikanska penningpolitiken i början av 2000-talet präglades av att man vägde in risker för att inflationen skulle blir lägre än vad prognoserna visade.[1] I Storbritannien har Ian McCafferty (2014) resonerat kring de penningpolitiska besluten som fattades av Bank of England under hösten 2014, där han själv deltog som medlem av MPC. McCafferty har beskrivit att för hans del handlade övervägandena om osäkerheten kring hur ekonomins utbudssida fungerade vid tidpunkten för besluten. Den kanadensiska centralbankschefen Poloz (2013) menar att de penningpolitiska besluten i Kanada har handlat om att balansera risken för en låg inflation mot ökade risker för obalanser i det finansiella systemet. I Sverige har Ingves (2014) gett uttryck för att man ska fästa särskilt stor vikt vid riktigt ogynnsamma prognosscenarier när beslut ska fattas. Bernanke (2007) diskuterar den allmänna principen att penningpolitiska beslut behöver

* Ett särskilt tack för värdefulla synpunkter till Claes Berg, Joanna Gerwin, Gabriela Guibourg, Jesper Lindé, Ulf Söderström, Andreas Westermark och Anders Vredin. De åsikter som uttrycks i denna artikel är författarens egna och ska inte uppfattas som Riksbankens ståndpunkt.

1 Greenspan anger att besluten hade karaktären av "risk management" och att den faktiskt förda penningpolitiken var mer expansiv än om man vetat säkert hur inflationsutfallen skulle ha blivit.

väga in att ekonomins tillstånd, och funktionssätt, inte är känt. Bernanke menar att faktiska penningpolitiska beslut därför kommer att skilja sig från beslut som fattas då förhållandena är kända.

Efter finanskrisen har intresset i akademiska kretsar ökat kring hur man kan ta hänsyn till osäkerhet och risker i de penningpolitiska besluten. I några fall har diskussionen fokuserat på om (och hur) penningpolitiken kan ta hänsyn till risker och osäkerhet kopplat till finansiell stabilitet. Den här problematiken diskuterades även delvis före finanskrisen av Moessner (2006) men på senare tid har frågan tagits upp alltmer av bland andra Woodford (2012), Williams (2012), Ajello, Laubach, López-Salido och Nakata (2015) samt Svensson (2012). Men den akademiska diskussionen som förs om risker och osäkerhet är allmän och inte specifikt knuten till just risker med finansiell stabilitet. Brock, Durlauf och West (2003) diskuterar en allmän princip för hur penningpolitiken kan hantera beslut under risk och osäkerhet. Hansen och Sargent (2008) diskuterar en annan typ av allmän princip för beslutsfattande under osäkerhet, i linje med metoder som utvecklats av ingenjörer.

I den här artikeln diskuterar vi begränsningar i den traditionella, akademiska tankeramen för penningpolitiken när det gäller att ta hänsyn till risker och osäkerhet. Den traditionella tankeramen präglas av vad som kallas för *säkerhetsekvivalens*. Det får som konsekvens att de beslut som fattas under osäkerhet blir desamma som de beslut som fattas under kända förhållanden. Vi kommer att beskriva mer detaljerat hur det går till i nästa avsnitt. Beslutsfattare som vill låta hänsyn till risker och osäkerhet påverka sina beslut kan behöva en annan tankeram. I den här artikeln analyserar vi två olika versioner av en utvidgad tankeram som tar hänsyn till risk och osäkerhet. Gemensamt för båda dessa metoder är att beslutsfattaren är osäker på vilken beskrivning av världen som är rätt. Fokus ligger på en osäkerhet om vilka ekonomiska samband, eller prognosmodeller, som är mest lämpliga att använda när man ska fatta ett beslut. De två olika metoderna har teoretiska skillnader, men vi menar att det sannolikt är så att i en praktisk tillämpning behöver skillnaderna inte vara väldigt stora.

EN ENKEL TANKERAM FÖR PENNINGPOLITIKEN

Även om beslutsfattare såväl som akademiker stundtals sätter stort fokus på risker och osäkerhet är det inte självklart om och hur penningpolitiska beslut avspeglar det. En anledning kan givetvis vara att det faktiskt inte föreligger någon särskild osäkerhet. Men en annan anledning kan vara att det finns metodologiska problem för hur risker och osäkerhet inverkar på beslut. Detta kan göra att en beslutsfattare avser att ta hänsyn till osäkerhet i beslutet, men att det inte är tydligt i den tankeram som används hur detta egentligen sker.

I analysen av penningpolitiken är det inte ovanligt att man använder en tankeram som har sitt ursprung i kontrollteori.[2] Utifrån den tankeramen är beslutsfattarens uppgift att minimera variationen i ett antal målvariabler, under antagande att prognoserna för de olika variablerna kan beskrivas av linjära samband. I den tankeramen finns det bara en källa till

2 Se exempelvis Jacobs (1996) för en introduktion.

osäkerhet, nämligen slumpmässiga störningstermer som additivt påverkar de samband man använder för att göra prognoser. Den traditionella tankeramen baseras på underliggande antaganden som resulterar i *säkerhetsekvivalens* och som innebär att man kommer att fatta samma beslut oavsett om man vet säkert hur målvariablerna utvecklas över tiden eller om man måste göra en osäker prognos för dem.[3] Det kan låta konstigt och begreppet säkerhetsekvivalens förtjänas därför att förklaras närmare.

För att förklara hur säkerhetsekvivalens fungerar använder vi ett enkelt exempel. Vi antar att inflationen är målvariabel och att centralbanken vill minimera variationen i inflationens (π) avvikelse från inflationsmålet (π^*). För att beskriva det använder vi en förlustfunktion:

(1) $$L_t = (\pi_t - \pi^*)^2$$

Om inflationen är lika med inflationsmålet är värdet av funktionen noll och om inflationen avviker från målet kommer värdet att öka ju större avvikelsen blir. Stora målavvikelser ger alltså mycket höga värden i förlustfunktionen.[4] Vi antar också att inflationen bara beror på resursutnyttjandet (x) i ekonomin:

(2) $$\pi_t = x_t$$

Centralbankens nominella styrränta (i) påverkar i sin tur resursutnyttjandet enligt ekvation (3) nedan:

(3) $$x_t = ai_t$$

I ekvation (3) är a en koefficient som är mindre än noll. Genom att kombinera ekvationerna (2) och (3) får vi en ny ekvation, (4) där vi kan se att centralbanken har ett direkt inflytande på inflationen:

(4) $$\pi_t = ai_t$$

Frågan är nu vilken räntenivå som centralbanken ska hålla för att variationen i inflationens avvikelse från målet ska bli så liten som möjligt. Det kan vi räkna ut genom att använda uttrycket (4) i förlustfunktionen (1), och sedan minimera den omskrivna förlustfunktionen med avseende på styrräntan. Beräkningen visar att det beslut som leder till att centralban-

3 Detta strider då emot synsättet att beslut som fattas under osäkerhet skiljer sig från beslut som fattas då förhållandena är kända som Bernanke (2007) anser.

4 När inflationen avviker från inflationsmålet så är det långt värre med stora avvikelser än med små, eftersom avvikelserna kvadreras. En avvikelse på två enheter är därför inte dubbelt så allvarlig än en avvikelse på en enhet, utan fyra gånger så allvarlig.

ken uppnår den minsta variationen i inflationens avvikelse från inflationsmålet är att hålla räntan i proportion till inflationsmålet enligt följande regel:[5]

(5) $$i_t = \frac{\pi^*}{a}$$

Låt oss nu introducera osäkerhet i resonemanget. Prognososäkerhet illustreras på ett sedvanligt sätt, det vill säga genom att lägga till en slumpmässig störningsterm i ekvation (4). Störningstermen, ε_t, har väntevärdet noll och en given standardavvikelse. Med osäkerhet i inflationsprognosen kan inflationssambandet nu skrivas som:

(6) $$\pi_t = ai_t + \varepsilon_t$$

Med prognososäkerhet är det inte längre bara resursutnyttjandet som styr inflationen, utan inflationen påverkas också av störningstermen ε_t. Centralbanken som fortfarande vill minimera variationen i inflationens avvikelse från målet är inte längre helt säker på vad inflationen blir. Frågan är om det ändrar hur centralbanken fattar sitt beslut.

Eftersom förlustfunktionen är kvadratisk och linjära samband används för att göra prognoser, och då centralbanken inte kan påverka störningstermen ε_t, är svaret är att termen faktiskt inte spelar någon som helst roll för de beslut centralbanken tar. På samma sätt som tidigare blir den bästa strategin att hålla räntan i proportion till inflationsmålet enligt regeln nedan:[6]

(7) $$i_t = \frac{\pi^*}{a}$$

Hur stor prognososäkerheten är, det vill säga hur stor variationen för störningstermen ε_t är, spelar alltså inte någon som helst roll för centralbanken. När prognosen är väntevärdesriktig kommer osäkerhet inte att spela någon roll för själva beslutet. Det kallas för *säkerhetsekvivalens* och innebär alltså att de beslut som fattas blir desamma alldeles oavsett om man säkert vet hur målvariablerna utvecklas över tiden eller om man måste göra en osäker prognos för dem.

EN MODELL FÖR PROGNOSER OCH PENNINGPOLITISKA BESLUT

I avsnittet ovan såg vi att prognososäkerhet som representeras av additiva störningstermer inte har någon inverkan på de beslut en centralbank fattar i en enkel prognosmodell.[7]

5 Att hålla räntan i proportion till inflationsmålet som ekvation (5) anger innebär en så låg förlust som möjligt, i detta fall är förlusten noll. Det ses genom att substituera in ekvation (5) och ekvation (4) i förlustfunktionen (1) och utveckla. I denna enkla modell blir den optimala räntan negativ och resursutnyttjandet positivt vid ett positivt inflationsmål eftersom a är negativ. Poängen med modellen är dock inte att vara realistisk, utan att den ska vara enkel och illustrera betydelsen av säkerhetsekvivalens.

6 Återigen kan man kontrollera detta genom att substituera in ekvation (7) och (6) i förlustfunktionen (1) och utveckla. Den minsta möjliga förlusten blir nu inte noll utan istället lika med variansen av störningstermen ε_t.

7 Givet att beslutsfattaren minimerar variationen i sina målvariabler och att prognoserna beskrivs av linjära samband.

Säkerhetsekvivalens gäller även i mer komplicerade prognosmodeller under samma antaganden, det vill säga att förlustfunktionen är kvadratisk, att prognoserna baseras på linjära samband och att den enda källan till osäkerhet är additiva störningstermer med en känd variation.

En mer komplicerad prognosmodell för resursutnyttjandet och för inflationens avvikelse från inflationsmålet ($\pi - \pi^* = \hat{\pi}_t$) beskrivs i Giordani och Söderlind (2004).[8] I den modellen förändrar centralbanken den nominella räntan (styrräntan) i förhållande till den långsiktigt hållbara räntenivån ($i - i^* = \hat{\imath}_t$) för att minimera variationen i sina målvariabler. Modellen skrivs som:

(8) $$x_t = E_t x_{t+1} - \gamma(\hat{\imath}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}) + \xi_t^D$$

(9) $$\hat{\pi}_t = \beta E_t \hat{\pi}_{t+1} + \alpha x_t + \xi_t^S$$

(10) $$\xi_t^D = \rho_D \xi_{t-1}^D + \varepsilon_t^D, \quad \text{där } \varepsilon_t^D \text{ är } N(0,1)$$

(11) $$\xi_t^S = \rho_S \xi_{t-1}^S + \varepsilon_t^S, \quad \text{där } \varepsilon_t^S \text{ är } N(0,1)$$

Ekvation (8) beskriver resursutnyttjandet som centralbanken påverkar genom att variera den nominella räntan. En viktig komponent i prognosmodellen är att resursutnyttjandet bestäms av vilka förväntningar som finns på resursutnyttjandet för nästa period, $E_t x_{t+1}$. Ekvation (9) beskriver sambandet mellan resursutnyttjandet och hur mycket inflationen avviker från målet. Även här är en viktig komponent att inflationsavvikelserna i dag beror på hur man förväntar sig att avvikelserna ser ut nästa period, $E_t \hat{\pi}_{t+1}$. Termerna ξ^S och ξ^D är persistenta utbuds respektive efterfrågestörningar. Valet av parametrar följer även i det här fallet Giordani och Söderlind (2004) där $\beta = 0{,}99$, $\alpha = 0{,}64$, $\gamma = 0{,}5$ och $\rho_S = \rho_D = 0{,}8$. Parametern β betecknar en subjektiv diskonteringsfaktor, γ är den intertemporala substitutionselasticiteten och parametern α anger hur mycket resursutnyttjandet påverkar inflationen. Parametrarna ρ_S och ρ_D anger hur pass persistenta utbuds- respektive efterfrågestörningar är. Ekvationerna (8) till (11) kan också skrivas på en kompakt form:[9]

(12) $$A_0 w_{t+1} = A_1 w_t + B u_t + C \varepsilon_{t+1}$$

Giordani och Söderlind (2004) antar att centralbankens målvariabler är inflationens avvikelse från inflationsmålet samt resursutnyttjandet, men att centralbanken också vill undvika tvära kast i penningpolitiken och därför inkluderar styrräntans avvikelse från den långsiktigt

8 Med resursutnyttjande menas här efterfrågans avvikelser från den långsiktigt hållbara produktionen, $y_t - y^* = x_t$.

9 $$w_{t+1} = \begin{pmatrix} \xi_{t+1}^D \\ \xi_{t+1}^S \\ E_t x_{t+1} \\ E_t \hat{\pi}_{t+1} \end{pmatrix}, u_t = \hat{\imath}_t, A_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \gamma \\ 0 & 0 & 0 & \beta \end{pmatrix}, A_1 = \begin{pmatrix} \rho_D & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \rho_S & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -\alpha & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \gamma \\ 0 \end{pmatrix}, C = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \varepsilon_{t+1} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{t+1}^D \\ \varepsilon_{t+1}^S \end{pmatrix}$$

hållbara nivån i förlustfunktionen. Centralbanken har därmed följande förlustfunktion:

(13) $$E_{t|t_0}\left(\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i\left(\hat{\pi}_{t+i}^2+\lambda x_{t+i}^2\ \mu\hat{i}_{t+i}^2\right)\right)$$

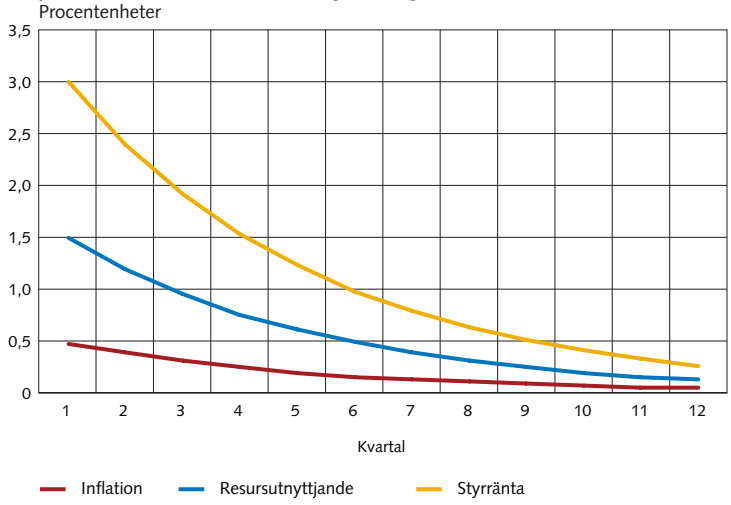
där λ = 0,5 och μ = 0,2.[10] I termer av ekvation (12) kan vi istället skriva förlustfunktionen som:[11]

(14) $$E_{t|t_0}\left(\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i\left(w_{t+i}'Rw_{t+i}+u_{t+i}'Qu_{t+i}\right)\right)$$

I den traditionella, akademiska tankeramen handlar centralbankens problem om att hitta en beslutsregel för penningpolitiken så att värdet för förlustfunktionen (14) minimeras samtidigt som prognoserna för inflation och produktion utvecklas enligt (12). Som vi såg tidigare innebär det att osäkerhet inte påverkar själva beslutet. Med andra ord spelar det ingen roll för centralbankens räntesättning att vi har prognososäkerhet, $C\varepsilon_{t+1}$, i ekvation (12).

På samma sätt som i det enkla exemplet i avsnittet ovan är lösningen på centralbankens problem en regel för hur räntan ska sättas. Ett penningpolitiskt beslut som följer den regeln, eller politiken, är *optimal* i den meningen att centralbanken uppnår den minsta möjliga variationen i målvariablerna.[12] I Diagram 1 nedan ser vi exempel på prognosavvikelser och den penningpolitiska reaktionen i fall då det uppstår en positiv efterfrågestörning. En efterfrågestörning kan tänkas uppstå som en följd av till exempelvis en tillfällig skatteförändring som gör att hushåll och företag kan öka sin konsumtion och sina investeringar under en tid.

Diagram 1. Prognosavvikelser för inflation och resursutnyttjande samt den penningpolitiska reaktionen efter en efterfrågestörning



Källa: Egna beräkningar

10 De numeriska värdena på λ och μ följer Giordani och Söderlind (2004).

11 $R=\begin{pmatrix}0&0&0&0\\0&0&0&0\\0&0&1&0\\0&0&0&\lambda\end{pmatrix}$ och $Q=\mu$.

12 Vi löser här det tidskonsistenta (diskretionära) problemet för centralbanken.

I Diagram 1 ser vi att efterfrågestörningen leder till att resursutnyttjandet, till en början, avviker från sin prognos med 1,5 procentenheter. Ett högre resursutnyttjande gör att ett inflationstryck uppstår, och som svar på det höjer centralbanken räntan runt 3 procentenheter. Trots det blir prognosavvikelsen för inflationen ungefär 0,5 procentenheter efter en efterfrågestörning. Penningpolitiken fortsätter att motverka de prognosavvikelser som uppstått och efter drygt 12 kvartal så har effekterna av störningen klingat av.

EN METOD FÖR ATT HANTERA OSÄKERHET I PENNINGPOLITISKA BESLUT

Som vi diskuterade i inledningen finns det flera exempel där beslutsfattare på centralbanker har sagt sig beakta risker och osäkerhet. Men i de fallen speglar inte den vanliga tankeramen den faktiska beslutssituationen. Osäkerheten handlar inte heller om hur stora prognosfelen upplevs vara. Snarare gäller osäkerheten om de genomsnittliga samband som används för att göra prognoser är en bra beskrivning av hur ekonomin fungerar vid beslutstillfället. En beslutsfattare kan också tvivla på om prognoserna beaktar alla viktiga aspekter i ekonomin. Det kan även handla om vilka grundläggande samband som kan användas för att göra bästa möjliga prognoser på exempelvis inflation och resursutnyttjande. Denna typ av osäkerhet brukar kallas för "modellosäkerhet".[13] Ett exempel på detta är om styrräntan i vissa situationer har en kraftigare påverkan på resursutnyttjande och inflation än vad beslutsfattaren tror gäller i genomsnitt. I en sådan situation kan penningpolitiken, med det genomsnittliga reaktionsmönstret, ge en överdriven variation i centralbankens målvariabler.

Den vanliga tankeramen är dåligt anpassad för att hantera den typen av osäkerhet. Det grundläggande problemet är att i den vanliga tankeramen kan en liten förändring av prognosmetoderna få tydliga konsekvenser för de beslut som fattas. Redan på 1970- och 1980-talen den här typen av problem något som diskuterades bland kontrollingenjörer, se exempelvis diskussionen i Doyle (1978).[14] För att komma tillrätta med att förändringar i de underliggande antagandena inverkar på prognoserna, och därmed får konsekvenser för de beslut som tas, utvecklades en gren av kontrollteorin som har som främsta syfte att hantera beslut under osäkerhet.[15] Den här grenen av kontrollteori brukar kallas för "robust kontroll", just för att den syftar till att hantera en situation då beslutsfattaren vill följa en politik som är robust mot felspecifikation.[16] Inom den typen av kontrollteori är det inte ovanligt att besluten inriktas för att hantera de värsta tänkbara prognoserna.[17]

13 Termen "modellosäkerhet" används här som en bred beteckning på den osäkerhet som uppstår om ett specifikt dynamiskt system (som används för att göra prognoser) är en fullgod beskrivning av verkliga ekonomiska skeenden eller inte. Se inledningen i Dulerud och Paganini (2000) för ytterligare diskussion.

14 Artikeln brukar ofta anses ha ett av forskningsvärldens bästa abstract.

15 Se Dulerud och Paganini (2000), Costa, Fragoso och Marques (2010) samt Hansen och Sargent (2008) för en diskussion av dessa metoder.

16 Med felspecifikation menas att det dynamiska systemet (som används för att göra prognoser) inte är en fullgod beskrivning av verkliga ekonomiska skeenden.

17 Ett exempel på det här kan vara att när man konstruerar säkerhetssystem för ett kärnkraftverk så anpassar man det inte efter att allt fungerar efter normala förhållanden. Istället anpassar man systemen så att säkerheten kan upprätthållas, även om delar av säkerhetssystemen slås ut. Att man då har byggt upp extra säkerhet som normalt inte används kan man betrakta som en försäkring. Det omvända förhållningssättet, att bara kunna uppehålla säkerhetssystemen under normala förhållanden, kan leda till att man står inför katastrofala konsekvenser ifall en olycka är framme som slår ut säkerhetssystemen.

Så här långt i diskussionen har vi inte gjort någon skillnad mellan begreppen "risk" och "osäkerhet". I diskussioner om beslutsfattande är det dock vanligt att man skiljer mellan begreppen. Hansen och Sargent (2008) redogör för bakgrunden till den här distinktionen, som kortfattat kan beskrivas som att "osäkerhet" normalt handlar om osäkerhet som är svår att kvantifiera eller ens ha en uppfattning om. Begreppet "risk" brukar däremot reserveras för en typ av osäkerhet som kan identifieras och kvantifieras, eller där det åtminstone är möjligt att bilda en subjektiv uppfattning om utfallsrummet. I den fortsatta diskussionen försöker vi hålla denna skillnad mellan begreppen.

En metod för att hantera beslut som tas under osäkerhet har redovisats av Hansen och Sargent (2008) och av Giordani och Söderlind (2004). Tanken är att en beslutsfattare tar hänsyn till att den prognosmodell som används kan vara felspecificerad, och att felspecifikationen dessutom är okänd. Vi kan illustrera det här som att det kan finnas en alternativ modell, som kan vara den riktiga beskrivningen av sambanden mellan målvariablerna, och att prognoserna från huvudmodellen då påverkas av en okänd störningsterm, ϑ_{t+1}. Prognoser från den här alternativa modellen kan då skrivas i termer av huvudmodellen:[18]

$$A_0 w_{t+1} = A_1 w_t + B u_t + C(\varepsilon_{t+1} + \vartheta_{t+1}) \tag{15}$$

Det penningpolitiska beslutet utgår som tidigare från att minimera variationen i målvariablerna. Samtidigt vill beslutsfattaren att penningpolitiken ska vara robust om huvudmodellen visar sig vara felspecificerad. Det gör att beslutsfattaren samtidigt maximerar variationen i målvariablerna som orsakas av störningstermen. Det här problemet kan då skrivas som:

$$\min_{\{u_i\}} \max_{\{\vartheta_{i+1}\}} E_{t|t_0} \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left(w'_{t+i} R w_{t+i} + u'_{t+i} Q u_{t+i} - \theta \vartheta'_{t+i+1} \vartheta_{t+i+1} \right) \tag{16}$$

Beslutsfattaren försöker hitta en penningpolitik som fungerar i den "värsta tänkbara" prognosmodellen som alltså inte är känd.[19] Om den värsta tänkbara modellen skulle visa sig vara sann, då är det penningpolitiska beslutet inriktat på att hantera situationen med de målavvikelser som då blir fallet. Om ekonomin istället skulle utvecklas på ett bättre sätt så kan den robusta politiken vara långt ifrån optimal. Beslutsfattaren är då villig att betala en "försäkringspremie" när förhållandena är normala för att kunna hantera de problem som uppstår om utvecklingen istället blir mycket dålig.[20] Hur stor vikt beslutsfattaren lägger på att hantera en eventuell felspecifikation avgörs av parametern θ.[21] Det här sättet att se på beslutsfattande handlar om att göra besluten robusta om den normala prognosmodellen har fel om hur sambanden mellan målvariablerna ser ut.[22]

18 Se diskussionen i Hansen och Sargent (2008), kapitel 2.

19 Tankegången bakom den "värsta tänkbara" prognosmodellen är att de prognosavvikelser som uppstår om denna prognosmodell skulle vara den riktiga är mycket svåra för centralbanken att motverka med penningpolitiken.

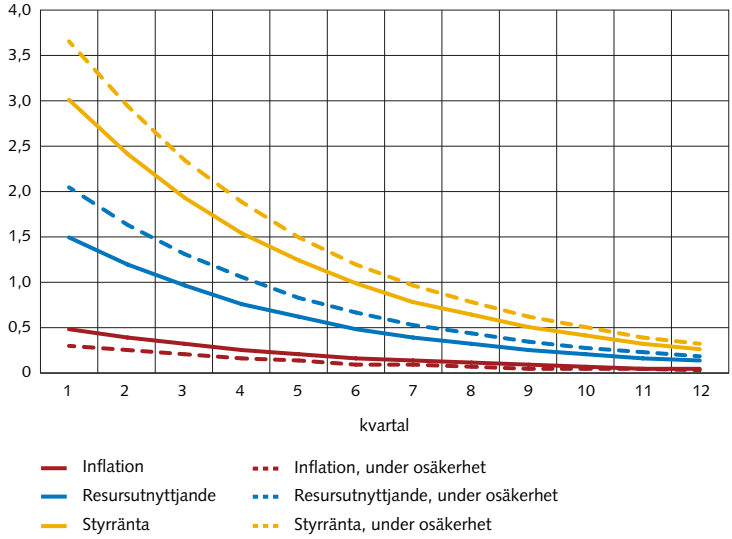
20 Se diskussionen i Hansen och Sargent (2008) sidan 40 och följande för en ytterligare diskussion.

21 Ett lågt värde på θ innebär att beslutsfattaren fäst mycket stort fokus på en möjlig felspecifikation av prognosmodellen. Ett högt värde innebär en ganska låg fokusering på felspecificeringar av modellen. I de numeriska exemplen nedan används $\theta = 500$.

22 I de numeriska simuleringarna som följer löser vi endast det tidskonsistenta (diskretionära) fallet.

I Diagram 2 nedan ser vi prognosavvikelser och den penningpolitiska responsen om det uppstår en positiv efterfrågestörning. Dels ser vi fallet när den vanliga tankeramen används, dels ser vi hur beslutsfattaren ska agera under osäkerhet för att beslutet ska vara robust.

Diagram 2. Prognosavvikelser för inflation och resursutnyttjande samt den penningpolitiska reaktionen efter en efterfrågestörning, utan och med beaktande av osäkerhet
Procentenheter



Källa: Egna beräkningar

I Diagram 2 kan vi se att efterfrågestörningen leder till att resursutnyttjandet avviker från sin prognos med 1,5 procentenheter då centralbanken inte tar hänsyn till osäkerhet, medan prognosavvikelsen i den värsta tänkbara prognosen blir 2,0 procentenheter. Vi kan också se att penningpolitiken reagerar kraftigare på prognosavvikelserna när beslutsfattaren tar hänsyn till osäkerhet och agerar robust, och räntan höjs nu lite över 3,5 procentenheter. Samtidigt blir prognosavvikelsen för inflationen lite mindre när centralbanken beaktar osäkerheten. Centralbanken fäster nu en vikt vid att efterfrågestörningen kan ha en större effekt på resursutnyttjandet än i normalfallet och reagerar därför kraftigare på störningen. Det får till följd att inflationen blir lite lägre än annars.

Metoden handlar alltså om att hantera prognoser som riskerar att ge mycket stora förluster för målvariablerna, och som beslutsfattaren har särskilt svårt att hantera. För penningpolitiska beslut innebär det till exempel att beslutsfattaren tenderar att fokusera på prognoser där störningar på ekonomin får större effekter eller *är mer varaktiga*, snarare än förhållanden då störningarna *är små* och tenderar att försvinna snabbt.

Men att ta hänsyn till risker och osäkerhet i ett beslut behöver inte alltid vara liktydligt med att hantera den värsta tänkbara prognosen. I teorin kan metoden vara en tilltalande princip för penningpolitiska beslut, men i praktiken kan den innebära att centralbanken riskerar att helt fokusera på mycket osannolika prognoser. Man kan inte utesluta att detta i

sin tur kan ge en dålig genomsnittlig måluppfyllelse. Ett annat problem med metoden är att i praktiska beslutssituationer kan en beslutsfattare ofta behöva hantera och kommunicera en specifik osäkerhet (det vill säga att beslutsfattaren snarare behöver hantera och kommunicera en risk), medan den osäkerhet som definieras med den här metoden kan upplevas som något teoretiskt och abstrakt.

Den här metoden fungerar på allmän osäkerhet. Med en förlustfunktion så beräknar man vad som är den värsta tänkbara prognosen, och därefter den robusta politik som kan hantera de prognosavvikelser som uppstår i det fallet. Men det finns andra metoder för att hantera risker och osäkerhet i beslutsfattandet som minskar hur känsligt beslutet blir för de analysantaganden som en beslutsfattare behöver ta ställning till.[23] I nästa avsnitt beskriver vi en av dessa metoder.

EN METOD FÖR ATT ANALYSERA PENNINGPOLITIK OCH RISKER

Till skillnad från den metod som redovisades i avsnittet ovan finns en metod som handlar mer om att hantera och kvantifiera specifika risker i beslutsfattandet som Costa, Fragoso och Marques (2010) har beskrivit. Metoden är utformad för att hantera situationer då beslutsfattaren på förhand behöver ange vilka risker som ska beaktas och hur stora de är. Svensson och Williams (2008) har sedan utvidgat metoden till att även behandla prognosmodeller med framåtblickande förväntningar. Metoden har fördelen att den är ganska enkel men samtidigt tillräckligt flexibel för att illustrera en rad olika typer av risker som kan vara relevanta för en beslutsfattare, se Svensson och Williams (2008) för en diskussion.[24]

Liksom i avsnittet ovan kan vi illustrera risken att man använder sig av en felspecificerad prognosmodell med den här metoden. Tanken är att låta risken representeras av möjligheten att ekonomin växlar mellan dessa två (eller flera) olika prognosmodeller. Den växlingen beskrivs av en Markovkedja med övergångssannolikheter:[25]

$$P = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} \\ p_{10} & p_{11} \end{pmatrix} \tag{17}$$

I ekvation (17) beskriver p_{00} en sannolikhet att prognoserna genereras av en modell nästa period, givet att den modellen i utgångsläget har använts för prognoser. Omvänt beskriver då p_{01} sannolikheten att prognoserna genereras av en annan modell den kommande perioden. Vid varje tidpunkt kan alltså beslutsfattaren komma till insikt om att den prognosmodell som används är felaktig, och att en annan prognosmodell istället är den rätta beskrivningen av de faktiska sambanden mellan målvariablerna. Eftersom p_{00} och p_{01} är

23 Se exempelvis Onatski och Williams (2003) eller Brock, Durlauf och West (2003).

24 Metoden är normalt sett inte säkerhetsekvivalent då graden av risk kommer att påverka den optimala politiken. Det kan dock finnas speciella fall då även denna metod ger säkerhetsekvivalenta beslut.

25 För en diskussion av Markovprocesser (kedjor), se Stroock (2014). Övergångssannolikheterna här antas vara oförändrade av tillstånd och över tid. Det är dock inget som hindrar att dessa övergångssannolikheter är funktioner av (laggade) tillstånd eller av tiden. I appendix visas hur både förväntningsbildningen och penningpolitiken beror på dessa övergångssannolikheter.

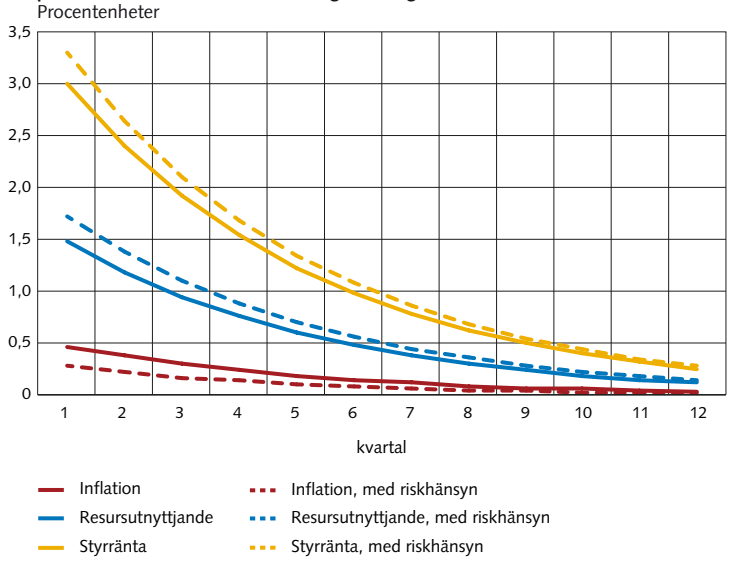
sannolikheter innebär det att om $p_{00} = 50$ procent så är sannolikheten för $p_{01} = 1 - p_{00}$ också 50 procent.

På det här sättet kan prognoser från olika modeller representera olika typvärdesprognoser, det vill säga den mest sannolika prognosen givet en viss prognosmodell.[26] En slutlig medelvärdesprognos får man sedan genom att vikta ihop de olika typvärdesprognoserna med sina respektive sannolikheter. Markovkedjan gör att man på ett enkelt sätt kan definiera hur risken att växla mellan typvärdesprognoserna förändras över prognoshorisonten.

För att knyta an till det tidigare exemplet kan vi låta en prognos genereras av ekvation (12), det vill säga $A_0 w_{t+1} = A_1 w_t + Bu_t + C\varepsilon_{t+1}$, medan en alternativ prognosmodell representeras av ekvation (15), det vill säga $A_0 w_{t+1} = A_1 w_t + Bu_t + C(\varepsilon_{t+1} + \vartheta_{t+1})$.

Sannolikheten att växla mellan prognosmodellerna sätts till 50 procent i samtliga fall. Även om centralbanken använder ekvation (12) för att göra prognoser kommer den att reagera kraftigare på störningar än annars, eftersom man tar hänsyn till möjligheten att det är en felaktig prognosmodell och att den alternativa prognosmodellen (15) är den riktiga beskrivningen av sambanden mellan målvariablerna.

Diagram 3. Prognosavvikelser för inflation och resursutnyttjande samt den penningpolitiska reaktionen efter en efterfrågestörning, utan och med beaktande av risker
Procentenheter



Källa: Egna beräkningar

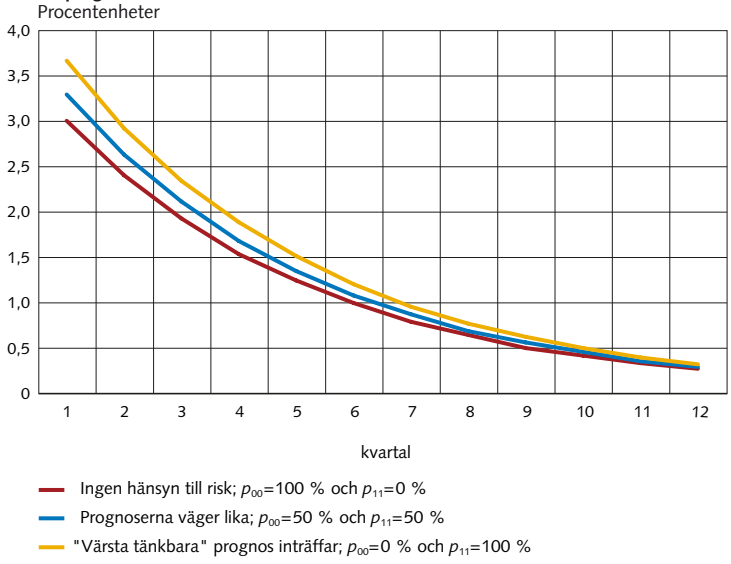
I Diagram 3 ser vi att en efterfrågestörning leder till att resursutnyttjandet avviker från sin prognos med 1,75 procentenheter när det finns en 50 procentig risk att den värsta tänkbara prognosen slår in. Prognosavvikelsen blir alltså lite högre än i det fall där centralbanken inte tar hänsyn till risker. Den förväntade prognosavvikelsen för inflationen i det fall där centralbanken beaktar risker blir runt 0,25 procentenheter och precis som tidigare blir avvikelsen

26 Typvärdet för en stokastisk variabel är det mest sannolika utfallet.

runt 0,5 procentenheter när centralbanken inte beaktar några risker.[27] I Diagram 3 ser vi även att penningpolitiken reagerar kraftigare när beslutsfattaren beaktar riskerna med att den värsta tänkbara prognosen kan slå in. I det här fallet höjs räntan med 3,25 procentenheter, vilket är högre än när centralbanken inte beaktar den här risken.

Den penningpolitiska reaktionen beror på att det finns en sannolikhet att centralbanken behöver byta prognosmodell.[28] Det innebär att det penningpolitiska beslutet inte längre behöver vara säkerhetsekvivalent utan beror på risker, här i form av att man i framtiden byter prognosmodell. Detta illustreras i Diagram 4 nedan.

Diagram 4. Penningpolitisk reaktion efter en efterfrågestörning, med olika sannolikheter för prognoserna



Källa: Egna beräkningar

Skillnaden mellan de olika penningpolitiska reaktionerna på en efterfrågestörning handlar alltså om att sannolikheterna skiljer sig åt. I diagrammet ser vi att när sannolikheten är 100 procent för att den värsta tänkbara prognosen är den rätta så blir den penningpolitiska responsen samma som då en centralbank agerar under genuin osäkerhet, enligt den metod som redovisades i det föregående avsnittet.[29] Med den här metoden kan vi alltså replikera penningpolitiken under osäkerhet via sannolikheterna i Markovkedjan. Dock behöver man känna till den värsta tänkbara modellen på förhand. För att använda den här metoden som ett verktyg för att hantera risker i beslut behöver man alltså ta ställning till vilka och hur

27 Precis på samma sätt som i Diagram 2 beaktar centralbanken att efterfrågestörningen kan få en större effekt på resursutnyttjandet än i normalfallet och reagerar därför kraftigare på störningen. Det här får till följd att inflationen blir lite lägre än annars.

28 Det vill säga behöver byta prognosmodell för att den alternativa modellen är den riktiga beskrivningen av sambanden mellan målvariablerna.

29 Att den värsta tänkbara prognosmodellen har 100 procent sannolikhet motsvaras av övergångssannolikheterna p_{00} = 0 och p_{11} = 100 procent.

stora risker som föreligger. Sannolikheterna kan vara empiriskt grundande, men kan även vara helt subjektiva. Blake och Zampolli (2006) diskuterar möjligheten att låta både centralbanken och marknadsaktörerna ha subjektiva uppfattningar av riskerna som dessutom kan skilja sig från de sanna, objektiva, riskerna.

VAD KAN HÄNDA NÄR PENNINGPOLITIKEN PÅVERKAR RISKER?

Hittills har vi antagit att sannolikheten för riskerna kan tas för givna. För en liten, öppen, ekonomi finns det många omvärldsrisker som en centralbank har att hantera, och som man på goda grunder kan betrakta som givna. Däremot kan man inte alltid utgå från att alla risker alltid är oberoende av penningpolitiken. Det här är en viktig fråga eftersom förutsättningarna för penningpolitiken kan förändras kraftigt om den i sig påverkar riskerna. En sådan påverkan skulle kunna få följder för variationen i inflation och resursutnyttjande om centralbanken ändrar sin styrränta. Bland annat kan det här påverka huruvida centralbanken reagerar mer eller mindre med styrräntan när olika störningar inträffar i ekonomin.

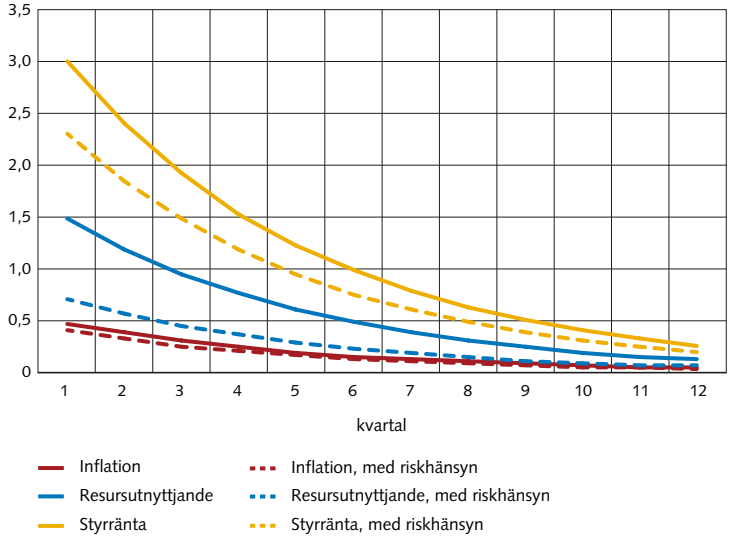
Som ett illustrativt exempel låter vi efterfrågestörningen påverkas av styrräntan, så att det finns en påverkan av penningpolitiken på själva störningen i det fall där den alternativa modellen är sann:[30]

(18) $$\xi_{t+1}^{D} = \rho_D \xi_t^D + \psi(s_t)\hat{\imath}_t + \varepsilon_{t+1}^{D}$$

där $\psi(s_t = huvudmodell) = 0$ och $\psi(s_t = \text{''värsta tänkbara'' } modell) = -0{,}1$. Den här parametern är till för att illustrera att penningpolitiken i sig kan ha en direkt påverkan på de störningar som ekonomin utsätts för. I Diagram 5 nedan ser vi att när ψ kan vara negativ så reagerar centralbanken istället lite mindre på en efterfrågestörning än annars, när man inte tar hänsyn till risker.

30 Detta resonemang bygger på diskussionen i Svensson Lars E. O. (2003), avsnitt 7. Ett annat sätt att låta penningpolitiken påverka risker är att övergångssannolikheterna i Markovkedjan, direkt eller indirekt, påverkas av centralbankens styrränta.

Diagram 5. Prognosavvikelser för inflation och resursutnyttjande samt den penningpolitiska responsen efter en efterfrågestörning, med och utan beaktandet av risker
Procentenheter



Källa: Egna beräkningar

Precis som tidigare höjer centralbanken styrräntan med 3 procentenheter när man inte tar hänsyn till risker. Då det finns en 50-procentig risk att den värsta tänkbara prognosen slår in höjs styrräntan nu mindre, med runt 2,4 procentenheter. Anledningen är, enligt ekvation (18), att när en efterfrågestörning inträffar så medför en högre ränta än jämviktsräntan att störningen blir mindre om den alternativa modellen visar sig vara sann. Att den värsta tänkbara prognosen tenderar att ge en större prognosavvikelse motverkas mer än väl av att penningpolitiken samtidigt motverkar efterfrågestörningen mer kraftfullt. Det kan vi se i Diagram 5 där prognosavvikelsen för resursutnyttjandet nu blir lite lägre, runt 0,75 procentenheter, jämfört med det fall då man inte tar hänsyn till risker.

DET FINNS INGET ENKELT SVAR PÅ HUR RISKER SKA HANTERAS

Hur penningpolitiken påverkas av risker handlar i grund och botten om vilka prognossamband centralbanken utgår från.[31] Att ta hänsyn till risker i penningpolitiken behöver inte heller reduceras till att handla om huruvida centralbanken reagerar mer eller mindre på de störningar som drabbar ekonomin. Det finns fall där hänsyn till risker istället kommer till uttryck genom att man väger in faktorer i ett beslut som under normala omständigheter har ringa betydelse för centralbankens målvariabler (i det här fallet inflation och resursutnyttjande). En prognosmodell som under normala omständigheter gör bra prognoser på resursutnyttjande och inflation kan ge mycket dåliga prognoser i speciella situationer, som

31 I Leitemo och Söderström (2008) visas att för en liten öppen ekonomi kan hänsyn till osäkerhet innebära att centralbanken ibland reagerar mer aggressivt på störningar men ibland kan resultatet bli det omvända. Allt beror på vilka störningar som inträffar, och på hur de samband som prognoserna bygger på är konstruerade.

till exempel om finansiella friktioner bedöms påverka ekonomin på ett sätt som den enkla modellen inte tar hänsyn till. En annan och möjligen mer komplicerad modell med kopplingar mellan den finansiella och reala ekonomin kan då ge bättre prognoser. I ett sådant fall kan hänsyn till risker i ett penningpolitiskt beslut innebära att man väger in faktorer som under normala omständigheter spelar en underordnad roll, eftersom de spelar en viktig roll i särskilda lägen.

Genom att analysera olika prognosmodeller kan man ta hänsyn till en rad olika risker i ett beslut. Exempelvis kan vi analysera risker kopplade till varaktigheten i inflationsstörningar, en ökad variabilitet för inflationsstörningar eller utväxlingen mellan efterfrågetryck och inflation genom att låta olika prognosmodeller representera det.[32] Vi kan också analysera konsekvensen för penningpolitiska beslut då det föreligger en risk att effekterna av penningpolitiken är svagare eller starkare än normalt på samma sätt. Även risker att hamna i ett kristillstånd kan belysas genom att låta störningar vara olika stora i olika prognosmodeller. Risker förknippade med finansiella friktioner kan analyseras genom att de finansiella friktionerna representeras i en prognosmodell. Också risker som handlar om nivån för resursutnyttjandet och mellan två (eller fler) rivaliserande synsätt av hur ekonomin fungerar kan analyseras på ett liknande sätt.

VAD ÄR EGENTLIGEN SKILLNADERNA MELLAN OLIKA METODER FÖR ATT HANTERA BESLUT UNDER OSÄKERHET OCH RISK?

I en teoretisk mening är det en viktig skillnad mellan att beakta osäkerhet och att beakta risker i ett beslut. I det ena fallet som presenterats i den här artikeln hanteras beslut under osäkerhet bäst genom att helt inrikta sig på den värsta tänkbara prognosen, exempelvis de prognoser som ger den största variationen i målvariablerna. Det sättet att resonera på är ett sätt att fatta beslut under genuin osäkerhet, det vill säga när beslutsfattaren varken kan ta ställning till hur stora riskerna är eller ens veta vilka olika risker som finns. Men med den principen kommer centralbanken också alltid inrikta beslutet på den värsta tänkbara prognosen, även om det inte är en särskilt sannolik prognos.

Den andra metoden avser att hantera risker i beslutsfattandet och bygger på att beslutsfattaren tar ställning till hur stora riskerna är och vilka effekter de har på ekonomin.

Däremot behöver skillnaderna mellan metoderna inte vara så stora i den praktiska beslutssituationen. I teorin kan den värsta tänkbara prognosen vara en följd av de riskpreferenser som en centralbank kan tänkas ha.[33] I praktiken begränsas ofta den värsta tänkbara prognosen av en handlingsregel.[34] En sådan handlingsregel handlar om att man försöker hitta ett värde på parametern θ (se ekvation (16)) med hjälp av statistiska metoder.[35] Med andra ord så tar man alltså indirekt ställning till vad som kan vara den värsta tänkbara

32 Exempelvis kan risken för att utväxlingen mellan resursutnyttjande och inflation har blivit lägre representeras av en modell med en flackare Phillipskurva. Se Blake och Zampolli (2006) eller Demers (2003) för ett exempel på detta.
33 Se Hansen och Sargent (2008) sidan 40 och följande för en ytterligare diskussion.
34 Se diskussionen i Sims (2001) och Hansen och Sargent (2008).
35 Ofta används en metod som bygger på "error detection probabilities", se kapitel 9 i Hansen och Sargent (2008) för en ytterligare diskussion.

prognosen genom att begränsa sitt sökande på förhand. Sims (2001) diskuterar också att det kan vara svårt att på allvar ta hänsyn till all den osäkerhet som finns vad det gäller ekonomiska samband. Tendensen att på förhand begränsa utfallsrummet för vad som är den värsta tänkbara prognosen ligger därför alltid nära till hands. I en faktisk beslutssituation kan de olika synsätten därför vara mer lika än i teorin.

AVSLUTNING

I den här artikeln har vi behandlat frågan om och hur penningpolitiska beslut kan hantera osäkerhet och risker. Att det förekommer risker behöver dock inte alltid vara en avgörande faktor för penningpolitiken. I många fall är det svårt att kvantifiera riskerna, och det är inte heller entydigt hur penningpolitiken faktiskt ska behandla risker. Man kan inte heller utesluta att en fullgod strategi att hantera risker kan vara att agera som under säkerhetsekvivalens. Men att på det sättet helt bortse från risker har nackdelen att centralbanken kan hamna i situationer där ett penningpolitiskt beslut ser ut att vara väl avvägt enligt en prognos, men den slutsatsen håller inte nödvändigtvis om det råder osäkerhet om de samband som används för att göra prognoser. Man kan då vilja använda metoder där man kan ta hänsyn till osäkerheten i beslutsfattandet. Att helt fokusera på beslut för att hantera osäkerhet kan å andra sidan innebära att den genomsnittliga måluppfyllelsen kan bli lidande. I förlängningen kan det inte uteslutas att det här förhållningssättet leder till att andra typer av osäkerhet uppstår.

En metod som ligger mellan de här båda förhållningssätten kan då vara en praktisk kompromiss. Olika prognosmodeller kan representera olika möjliga beskrivningar av världen. Genom att penningpolitiken i de olika beskrivningarna av världen viktas samman med sin respektive sannolikhet kan man belysa riskerna i beslutet. Penningpolitiken kommer därmed att kunna präglas av hänsyn till risker, men samtidigt måste dessa risker definieras och kvantifieras. Det ökar också möjligheten att följa upp och utvärdera den hänsyn man tagit till riskerna i besluten.

APPENDIX: LÖSNINGSMETOD FÖR ETT PENNINGPOLITISKT PROBLEM DÄR RISKER REPRESENTERAS AV EN MARKOVKEDJA

Utgångspunkten är att en centralbank minimerar värdet av följande förlustfunktion:

(19) $$E_t\left(\sum_{i=0}^{\infty}\beta^i\left(w_{t+i}'Rw_{t+i}+u_{t+i}'Qu_{t+i}\right)\right)$$

där $w=\begin{pmatrix}z\\ \tilde{z}\end{pmatrix}$ och $z=\begin{pmatrix}\xi^D\\ \xi^D\\ \xi\end{pmatrix}$ är predeterminerade variabler och $\tilde{z}=\begin{pmatrix}x\\ \tilde{\pi}\end{pmatrix}$ är framåtblickande variabler. Centralbanken förfogar över en vektor med kontrollvariabler, u, och matriserna R och Q innehåller vikter för centralbankens målvariabler. Parametern β är en subjektiv diskonteringsfaktor som anger hur centralbanken väger målavvikelser i närtiden mot framtiden. Målvariabler, och övriga tillståndsvariabler, utvecklas enligt:

(20) $$A_{01}(s_t)\,z_{t+1}=A_{11}(s_t)\,z_t+A_{12}(s_t)\,\tilde{z}_t+B_1(s_t)\,u_t+C_1(s_t)\varepsilon_{t+1}$$

(21) $$E_t(A_{02}(s_t)\,\tilde{z}_{t+1})=A_{21}(s_t)\,z_t+A_{22}(s_t)\,\tilde{z}_t+B_2(s_t)\,u_t+C_2(s_t)\varepsilon_{t+1}$$

För att illustrera möjligheterna för att ekonomin fungerar olika i olika tillstånd antas här att parametrarna är tillståndsberoende, där s_t betecknar tillståndet. Vi antar här att det bara finns två tillstånd i ekonomin ($N=0,1$) som antas följa en Markovkedja med övergångssannolikheterna:

(22) $$P=\begin{pmatrix}p_{00} & p_{01}\\ p_{10} & p_{11}\end{pmatrix} \quad \text{där } p_{ij}\equiv p(s(t+1)=i|s(t)=j).$$

Värdefunktionen i ett givet tillstånd i är:

(23) $$(w_t'V(i)_tw_t+\omega)=\min_{\{u_t\}}(w_t'Rw_t+u_t'Qu_t+\textstyle\sum_j^N p_{ij}E(w_{t+1}'V(j)_{t+1}w_{t+1}+\omega))$$

Den tidskonsistenta (diskretionära) lösningen innebär att penningpolitiken och den privata sektorns förväntningar får följande handlingsregler:

(24) $$u(i)_t=-F(i)\,z_t \quad \text{för } i=0,1$$

(25) $$E_t(\tilde{z}_{t+1})=G(i)\,z_t \quad \text{för } i=0,1$$

där $F(i)=[\tilde{Q}(i)+\sum_j^N p_{ij}\tilde{B}(j)'V(j)_{t+1}\tilde{B}(j)]^{-1}[\tilde{R}(i)+\sum_j^N p_{ij}\tilde{B}(j)'V(j)_{t+1}\tilde{A}(j)]$,

$G(i)=\bar{A}(i)-\bar{B}(i)F(i)$,

$\tilde{A}(i)=A_{11}(i)+A_{12}\bar{A}(i)$

$\tilde{B}(i)=B_0(i)+A_{12}\bar{B}(i)$,

$\tilde{R}(i)=\bar{A}(i)'R\bar{B}(i)$,

$$\tilde{Q}(i) = Q + \bar{B}(i)' R \bar{B}(i),$$

$$\bar{A}(i) = [A_{22}(i) - \Sigma_j^N p_{ij} G(j)\, A_{12}(j)]^{-1} [\Sigma_j^N p_{ij} G(j)\, A_{11}(j) - A_{21}(i)],$$

$$\bar{B}(i) = [A_{22}(i) - \Sigma_j^N p_{ij} G(j)\, A_{12}(j)]^{-1} [\Sigma_j^N p_{ij} G(j)\, B_0(j) - B_1(i)]$$

Handlingsreglerna, (24) och (25), påverkas alltså av sannolikheten för att byta tillstånd jämfört med det tillstånd man för stunden befinner sig i.

Referenser

Ajello, Andrea, Thomas Laubach, David López-Salido och Taisuke Nakata (2015), "Financial Stability and Optimal Interest-Rate Policy", Federal Reserve Board Working Paper.

Bernanke, Ben (2007), "Monetary Policy under Uncertainty", Tal vid 32nd Annual Economic Policy Conference, Federal Reserve Bank of St. Louis.

Blake, Andrew och Fabrizo Zampolli (2006), "Optimal Monetary Policy in Markov-Switching Models with Rational Expectations Agents", Bank of England Working Paper, No. 289.

Bloom, Nicholas (2009), "The Impact of Uncertainty Shocks", *Econometrica*, Vol. 77, No. 3, s. 623685.

Brock, William, Steven Durlauf och Kenneth West (2003), "Policy Evaluation in Uncertain Economic Environments", NBER Working Paper, No. 10025, October.

Costa, Oswaldo, Marcelo Fragoso och Ricardo Marques (2010), "*Discrete-Time Markov Jump Linear System*", Springer.

Demers, Frédérick (2003), "The Canadian Phillips Curve and Regime Shifting", Bank of Canada Working Paper, 2003–32.

Doyle, John (1978), "Guaranteed Margins for LQG Regulators", *Journal of Electrical and Electronic Engineering, Transactions on automatic control*, Vol. AC23, No. 4, August.

Dullerud, Geir och Fernando Paganini (2000), "*A Course in Robust Control Theory*", Springer.

Gilboa, Itzhak (2009), "*Theory of Decision under Uncertainty*", Cambridge University Press.

Giordani, Paolo och Paul Söderlind (2004),"Solution of Macromodels with HansenSargent Robust Policies: Some Extensions," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28, s. 2367–2397.

Greenspan, Alan (2004), "Risk and Uncertainty in Monetary Policy", *American Economic Review,* 94(2), s. 33–40.

Hansen, Lars och Thomas Sargent (2008), "*Robustness",* Princeton University Press.

Hughes Hallett, Andrew (1984), "On Alternative Methods of Generating Risk Sensitive Decision Rules", *Economic Letters*, 16, s. 3744.

Ingves, Stefan (2014), "Penningpolitik i ett osäkert ekonomisk-politiskt landskap", Tal vid Västsvenska handelskammaren, Göteborg.

Jacobs, O.L.R (1996), "*Introduction to Control Theory*", Oxford University Press, second edition.

Leitemo, Kai och Ulf Söderström (2008), "Robust Monetary Policy in a Small Open Economy", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32 (10), s. 3218–3252.

MacCafferty, Ian (2014), "Monetary Policy in an Uncertain Economy", Tal vid Institute of Directors breakfast, Liverpool.

Moessner, Richild (2006), "Optimal Monetary Policy with Uncertainty about Financial Frictions", ECB Working Paper Series, No. 639.

Onatski, Alexei och Noah Williams (2003), "Modeling Model Uncertainty", NBER Working Paper, No. 9566.

Poloz, Stephen (2013), "Monetary Policy as Risk Management", Tal vid Canadian Club of Montreal, Montreal.

Sims, Christopher (2001), "Pitfalls of a Minimax Approach to Model Uncertainty", *American Economic Review,* Vol. 91, issue 2, s. 51–54.

Stroock, Daniel (2014), "*An Introduction to Markov Processes*", Springer, Second edition.

Svensson, Lars E. O. (2012), "Inflation Targeting and Leaning Against the Wind", International Journal of Central Banking, s. 103–114.

Svensson, Lars E. O. (2003), "Optimal Policy with Low-Probability Extreme Events", NBER Working Paper, No. 10196.

Svensson, Lars E.O. och Noah Williams (2008), "Optimal Monetary Policy under Uncertainty: A Markov Jump-Linear-Quadratic Approach", *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 90(4), s. 275–293.

Söderström, Ulf (2002), "Monetary Policy with Uncertain Parameters", *Scandinavian Journal of Economics*, 104 (1), s. 125–145.

Williams, Noah (2012), "Monetary Policy under Financial Uncertainty", *Journal of Monetary Economics*, 59, s. 449–465.

Woodford, Michael (2012), "Inflation targeting and financial stability", *Penning och valutapolitik*, 1, Sveriges riksbank, s. 7–32.