

# STAFF MEMO

## Modellberegninger av produksjonsgapet

NR. 4 | 2018

KÅRE HAGELUND,  
FRANK HANSEN OG  
ØRJAN ROBSTAD



NORGES BANK

Staff Memo inneholder utredninger og dokumentasjon skrevet av Norges Banks ansatte og andre forfattere tilknyttet Norges Bank. Synspunkter og konklusjoner i arbeidene er ikke nødvendigvis representative for Norges Bank

NORGES BANK  
STAFF MEMO  
NR. 4| 2018

MODELLBEREGNINGER AV  
PRODUKSJONGAPET

© 2018 Norges Bank

Det kan siteres fra eller henvises til dette arbeid, gitt at forfatter og Norges Bank oppgis som kilde.

ISSN 1504-2596 (online)

ISBN 978-82-8379-039-9 (online)

# Modellberegninger av produksjonsgapet\*

Kåre Hagelund, Frank Hansen og Ørjan Robstad

May 4, 2018

## Sammendrag

I denne artikkelen dokumenteres et sett av modeller som Norges Bank benytter i vurderingen av produksjonsgapet. Modellene tar hensyn til utviklingen i sentrale konjunkturindikatorer som BNP, arbeidsledighet, inflasjon, lønnsvekst, investeringer, boligpriser og kredittvekst. Ettersom produksjonsgapet ikke kan observeres, finnes det ingen fasit å måle modellanslagene mot. Et godt mål på produksjonsgapet bør imidlertid kunne gi informasjon om BNP-vekst, inflasjon og arbeidsledighet frem i tid. Målt på denne måten har modellene gode anslagsegenskaper sammenlignet med enkle trendberegninger som utelukkende er basert på BNP-tall. Anslagsegenskapene for et gjennomsnitt av modellene viser seg å være bedre enn for hver av enkeltmodellene. Modellenes anslag på produksjonsgapet har også relativt gode realtidsegenskaper.

## 1 Innledning

Norges Bank baserer sine vurderinger av produksjonsgapet, det vil si forskjellen mellom den faktiske og den potensielle produksjonen, på et bredt sett av indikatorer og modeller som over tid revideres og utvides. I dette notatet dokumenteres sentrale modeller og indikatorer som benyttes i anslaget på produksjonsgapet.

Produksjonsgapet er ikke observerbart og det er ingen bred enighet om den beste metoden for å estimere det. Ingen metoder er fri for svakheter, og alle fremgangsmåter innebærer bruk av skjønn. Den akademiske litteraturen har utviklet mange fremgangsmåter som bygger på forskjellige statistiske metoder og ulike økonomiske teorier om hva som driver konjunktursyklusene. Ettersom det ikke foreligger en fasit på det faktiske produksjonsgapet er det også utfordrende å evaluere de ulike metodene for å anslå produksjonspotensialet.

Et godt mål på produksjonsgapet bør likevel oppfylle visse kriterier. Anslaget på produksjonsgapet bør ha gode realtidsegenskaper. Det betyr at anslaget på produksjonsgapet

---

\*Synspunktene og konklusjonene i denne publikasjonen er forfatternes egne og deles ikke nødvendigvis av Norges Bank. De må derfor ikke rapporteres som Norges Banks synspunkter. Takk til Ida Wolden Bache, Tord Krogh, Per Espen Lilleås og Ingrid Solberg for nyttige innspill og kommentarer.

historisk ikke endrer seg mye når vi får ny informasjon. En vanlig tolkning av den potensielle produksjonen er den produksjonen som er forenlig med en stabil vekst i priser og lønninger. I perioder hvor kapasitetsutnyttningen er høy, og sysselsettingen vokser raskt relativt til arbeidsstyrken, er det en tendens til økende pris- og lønnspress. Et godt mål på produksjonsgapet bør derfor gi informasjon om den fremtidige utviklingen i inflasjon og lønnsvekst. Produksjonsgapets evne til å anslå veksten i BNP og ledighetsutviklingen fremover har også blitt trukket frem som evalueringskriterier for produksjonsgapet (se [Armstrong \(2015\)](#) og [Kamber et al. \(2017\)](#)).

Mange metoder kan benyttes for å beregne produksjonsgapet (se for eksempel [Hjelm and Jonsson \(2010\)](#) for en god oversikt). De mest utbredte metodene er enkle univariate metoder (statistiske filtere). Disse metodene er enkle i praksis, og kjennetegnes ved at de kun utnytter informasjon om utviklingen i BNP. Det såkalte Hodrick-Prescott (HP) filteret er et eksempel på en univariat metode. HP-filteret finner potensielt BNP ved minimere differansen mellom faktisk og potensielt BNP gitt en begrensning på hvor mye veksten i potensielt BNP kan variere over tid. Med tilstrekkelig informasjon om fremtiden gir HP-filteret trolig et godt bilde av kapasitetsutnyttningen, men det er velkjent at HP-filteret har problemer med å estimere produksjonsgapet i realtid (se [Hamilton \(2017\)](#) for en omfattende diskusjon av HP-filteret).

I Norges Bank benyttes multivariate modeller, som i tillegg til utviklingen i BNP, utnytter informasjon fra andre variable, som arbeidsledighet, lønnsvekst, inflasjon, investeringer, kreditt og boligpriser. Slike modeller har vesentlig bedre realtidsegenskaper, og i realtid har de også bedre anslagssegenskaper sammenlignet med enkle univariate metoder som HP-filteret. Et enkelt gjennomsnitt av modellene har jevnt over bedre anslagssegenskaper enn enkeltmodellene.

Artikkelen er organisert som følger. I del 2 presenteres de ulike modellene som benyttes. I del 3 evalueres anslagene på produksjonsgapet fra de ulike modellene, mens del 4 viser anslag på produksjonsgapet fra enkle indikatorer som ikke er inkludert i modellsystemet. Del 5 oppsummerer.

## 2 Modeller for produksjonsgapet

For å anslå produksjonsgapet tar Norges Bank utgangspunkt i et sett av modeller. Modellene utnytter informasjon om både reelle og nominelle størrelser. Modellene baserer seg på to ulike multivariate metoder, og innenfor hver gruppe av metoder estimeres det flere modeller. Modellene innenfor de ulike gruppene skiller seg fra hverandre både med hensyn på frekvens og hvilken informasjon de benytter. I de påfølgende avsnittene presenteres de ulike metodene som benyttes.

### 2.1 Uobservert komponent (UC) modeller

En klasse av modeller som benyttes for å anslå produksjonsgap er såkalte uobservert komponent (UC) modeller. En UC-modell tar utgangspunkt i at BNP ( $y_t$ ) kan dekomponeres

i et produksjonsgap ( $\hat{y}_t$ ) og potensielt BNP ( $\bar{y}_t$ ) som begge er uobserverbare:

$$y_t = \hat{y}_t + \bar{y}_t \quad (1)$$

I tillegg spesifiseres det hvordan de uobserverte størrelsene utvikler seg over tid:

$$\hat{y}_t = \lambda_y \hat{y}_{t-1} + \epsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta \bar{y}_t = G_t + \eta_t \quad (3)$$

Produksjonsgapet (likning (2)) avhenger av produksjonsgapet i forrige periode pluss et sjokk ( $\epsilon_t$ ) som fases ut over tid. Endringen i potensielt BNP (likning (3)) avhenger av den potensielle veksten ( $G_t$ ) og et sjokk til nivået på potensielt BNP ( $\eta_t$ ). Den potensielle veksten tillates også å variere over tid<sup>1</sup>

$$G_t = C_G + \lambda_G(G_{t-1} - C_G) + \psi_t \quad (4)$$

I likning 4 representerer  $\psi_t$  et sjokk til den potensielle veksten, som fases gradvis ut over tid gitt ved parameteren  $\lambda_G$ .  $C_G$  er en konstant. En estimering av de fire likningene over er i utgangspunktet tilstrekkelig til å gi et anslag på produksjonsgapet. Hvis vi kun benytter informasjon om BNP blir dette et eksempel på en univariat modell, og HP-filteret kan utledes som et spesialtilfelle av modellen over. Utviklingen i andre variable enn BNP kan imidlertid være til hjelp i å identifisere de tre BNP-sjokkene ovenfor. [Kuttner \(1994\)](#) benytter for eksempel sammenhengen mellom produksjonsgapet og inflasjon (Phillips-kurven) til å informere om produksjonsgapet. [Apel and Jansson \(1999\)](#) benytter i tillegg en sammenheng mellom produksjonsgapet og arbeidsledigheten (Okuns lov), og [Domenech and Gomez \(2006\)](#) trekker frem investeringsandelen i økonomien som en viktig variabel for å identifisere den sykliske utviklingen. [Borio et al. \(2013\)](#) argumenterer for at det er viktig å ta hensyn til informasjon om finansielle størrelser i vurderinger av den potensielle produksjonen. Følgende UC-modeller er estimert:

1. UC 1: BNP Fastlands-Norge, reallønnsvekst<sup>2</sup> og arbeidsledighet (NAV). Årlige data (1990-2017)
2. UC 2: BNP Fastlands-Norge, reallønnsvekst<sup>2</sup> og arbeidsledighet (AKU). Årlige data (1990-2017)
3. UC 3: BNP Fastlands-Norge, reallønnsvekst<sup>2</sup>, arbeidsledighet (NAV) og foretaksinvesteringer som andel av BNP i Fastlands-Norge. Årlige data (1990-2017)
4. UC 4: BNP Fastlands-Norge og endring i innenlandsk inflasjon. Kvartalsdata (1990Q1 - 2017Q3)
5. UC 5: BNP Fastlands-Norge, arbeidsledighet (NAV) og innenlandsk inflasjon. Kvartalsdata (1990Q1 - 2017Q3)

---

<sup>1</sup>Potensiell vekst kan også antas å være deterministisk (konstant) eller en random walk ( $\lambda_G = 1$ ).

<sup>2</sup> Årslønn (TBU)/KPI

6. UC 6: BNP Fastlands-Norge og firekvartalersvekst i kreditt. Kvartalsdata (1990Q1 - 2017Q3)
7. UC 7: BNP Fastlands-Norge og firekvartalersvekst i boligpriser. Kvartalsdata (1990Q1 - 2017Q3)

Modellene skiller seg fra hverandre både med hensyn til hvilken frekvens de estimeres på, hvilke informasjon som benyttes, estimeringsperiode og modelleringen av den potensielle veksten. Alle modellene estimeres ved hjelp av Bayesianske metoder.<sup>3</sup> Modellene som estimeres på årlige data konverteres til kvartalsdata ved hjelp av Denton-algoritmen (Denton (1971)). Manglende data innenfor et år fylles ut ved hjelp av enkle AR-anslag.

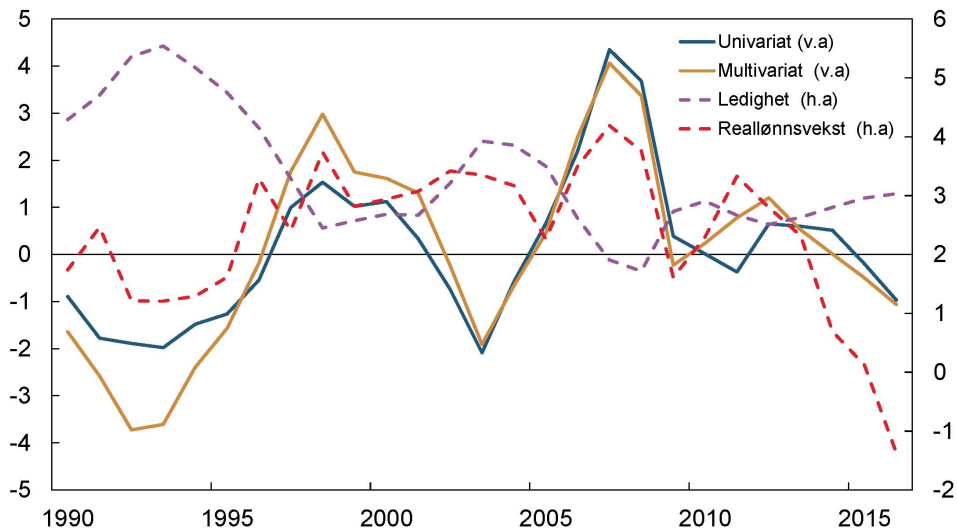
For å illustrere metoden nærmere tar vi utgangspunkt i UC 1, som er inspirert av Blaggrave et al. (2015). Det spesifiseres en Phillips kurve for reallønn og en sammenheng mellom arbeidsledighet og kapasitetsutnyttning (Okuns lov):

$$\hat{W}_t = \lambda_W \hat{W}_{t-1} + \gamma \hat{y}_t + v_t \quad (5)$$

$$\hat{u}_t = \lambda_u \hat{u}_{t-1} + \beta \hat{y}_t + \omega_t \quad (6)$$

Både lønnsgapet ( $\hat{W}_t$ ) og ledighetsgapet ( $\hat{u}_t$ ) avhenger av produksjonsgapet ( $\hat{y}_t$ ).<sup>4</sup>

Figur 1: Estimert produksjonsgap fra en UC-modell. Virkningen av å inkludere informasjon om arbeidsledighet og reallønnsvekst. Prosent. 1990-2016



Figur 1 viser et anslag på produksjonsgapet når modellen beskrevet over estimeres. Den blå linjen viser et anslag på produksjonsgapet når det kun benyttes informasjon om BNP

<sup>3</sup>Modellene og estimeringsresultater er beskrevet nærmere i appendiks.

<sup>4</sup>For både lønn og arbeidsledighet estimeres en tidsvarierende trend på samme måte som for BNP (likning (3)), men de utelates i beskrivelsen her for enkelthets skyld. Den fulle modellspesifikasjonen er beskrevet i appendiks.

(dvs. når kun likning 1 til 4 benyttes). De stiplede linjene i figuren viser utviklingen i henholdsvis arbeidsledighet og reallønn, og den gule linjen viser anslaget på produksjonsgapet når denne tilleggsinformasjonen benyttes (likning 5 og 6 inkluderes). På begynnelsen av 1990-tallet var arbeidsledigheten høy og reallønnsveksten lav. Tar man hensyn til denne informasjonen i beregningen av produksjonsgapet indikerer det at gapet var mer negativt på begynnelsen av 1990-tallet sammenliknet med et anslag som kun benytter informasjon om BNP. Den multivariate modellen indikerer også høyere kapasitetsutnyttning på slutten av 1990-tallet, mens vurderingen av kapasitetsutnyttningen i forkant av finanskrisen er om lag den samme. I årene etter finanskrisen indikerer den multivariate modellen noe høyere kapasitetsutnyttning, både som følge av høyere reallønnsvekst og lavere ledighet. I etterkant av oljeprisfallet sommeren 2014 indikerer modellen noe lavere kapasitetsutnyttning sammenliknet med den univariate modellen, primært som følge av et kraftig fall i reallønnsveksten.

## 2.2 Strukturelle VAR-modeller

En annen klasse av modeller som benyttes for å anslå produksjonsgapet er strukturelle VAR-modeller. I likhet med UC-modellene bruker strukturelle VAR-modeller informasjon fra flere variable til å estimere produksjonsgapet. Startpunktet er å estimere en VAR-modell gitt ved:

$$y_t = \mu_0 + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + u_t \quad (7)$$

hvor  $y_t$  er en vektor av endogene variable,  $\mu_0$  er en vektor med konstantledd og  $u_t$  er en vektor med feilledd.  $A_l$  for  $l \in [1, p]$  er en matrise med koeffisienter for  $p$  lag av  $y$ .

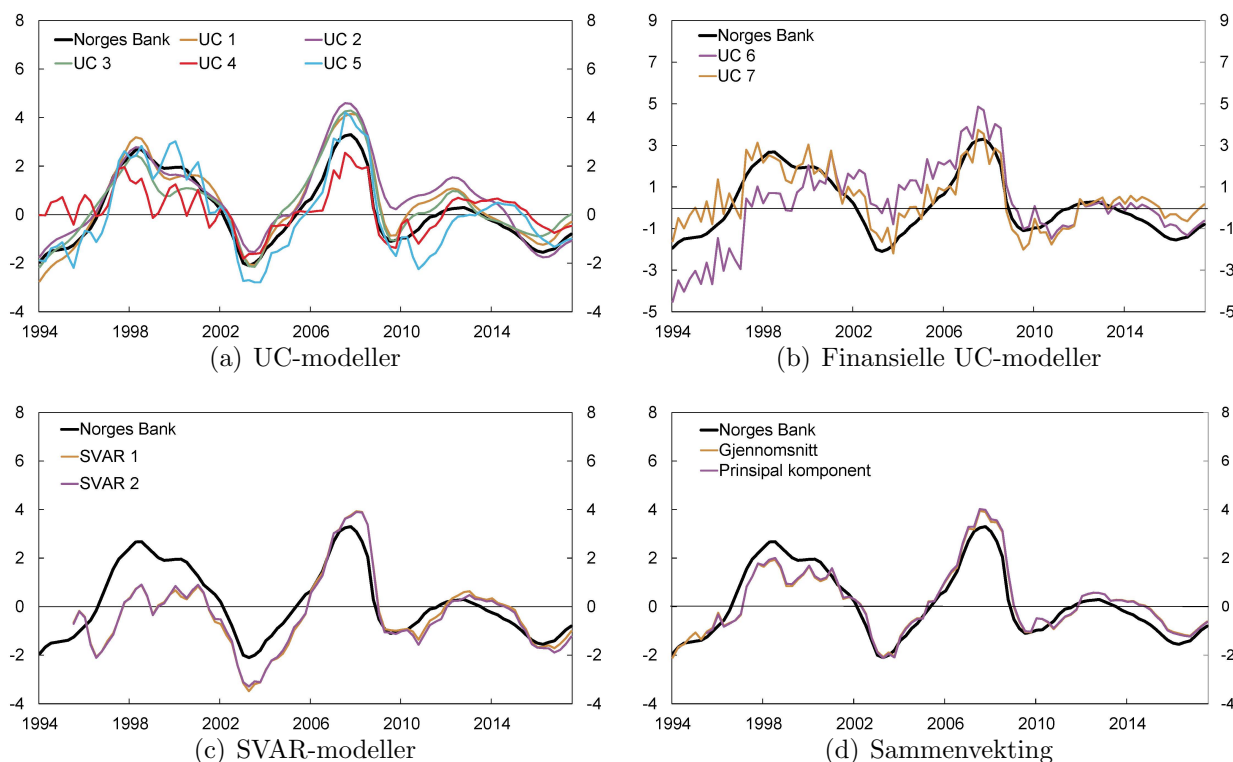
Det estimeres to VAR modeller inspirert av [Blanchard and Quah \(1989\)](#) og [Cerra and Saxena \(2000\)](#). Modellen inspirert av [Blanchard and Quah \(1989\)](#) (SVAR 1) benytter veksten i BNP Fastlands-Norge og arbeidsledighet (NAV), mens modellen basert på [Cerra and Saxena \(2000\)](#) (SVAR 2) i tillegg inkluderer innenlandsk inflasjon. For å gi et anslag på produksjonsgapet må modellene identifiseres slik at utviklingen i BNP kan dekomponeres i strukturelle sjokk. I [Blanchard and Quah \(1989\)](#) antas det at utviklingen i BNP drives av to typer sjokk, et etterspørselssjokk og et (permanent) tilbudssidesjokk. Etterspørselssjokket identifiseres som et sjokk som ikke påvirker BNP på lang sikt. Den potensielle produksjonen defineres deretter som BNP ved fravær av de identifiserte etterspørselssjokkene. I [Cerra and Saxena \(2000\)](#) identifiseres det i tillegg et midlertidig tilbudssidesjokk som ikke har langsiktige effekter på innenlandske priser eller BNP. I likhet med Blanchard og Quah (1989) er den potensielle produksjonen gitt ved den delen av BNP som kun forklares av de permanente tilbudssidesjokkene.

## 2.3 Anslag på produksjonsgapet fra de ulike modellene

Figur 2 viser anslag på produksjonsgapet fra de ulike modellene sammen med Norges Banks vurdering av produksjonsgapet slik det ble presentert i Pengepolitisk rapport 4/17 ([Norges Bank \(2017\)](#)). Panel (a) viser anslagene basert på uobserverte komponent modeller. Norges Banks anslag på produksjonsgapet er godt i tråd med anslagene fra de ulike modellene. Sett i ettertid tyder imidlertid noen av modellene på at kapasitetsutnyttningen var noe høyere i forkant av finanskrisen enn hva Norges Bank vurderte den til. I etterkant

av finanskrisen har de ulike modellene noe ulikt syn på forløpet for kapasitetsutnyttin-  
 gen. Dette gjelder særlig modellen som benytter informasjon om AKU-ledigheten (UC  
 2). Denne modellen indikerer at produksjonsgapet var positivt helt frem til fallet i ol-  
 jeprisen sommeren 2014. I etterkant av oljeprisfallet indikerer denne modellen også at  
 produksjonsgapet har vært mer negativt sammenliknet med de andre modellene.

Figur 2: *Anslag på produksjonsgapet fra de ulike modellgruppene og sammenvektede anslag  
 på produksjonsgapet. 1994Q1 - 2017Q3*



Anslagene på produksjonsgapet fra de finansielle UC-modellene (panel (b)) viser noe  
 ulike forløp. Modellen hvor kredittveksten benyttes til å gi informasjon om produksjon-  
 sgapet indikerer at produksjonsgapet var vesentlig lavere på midten av 1990-tallet. Det  
 skyldes at kredittveksten var lav i denne perioden sammenliknet med sitt historiske snitt,  
 og at potensialet i økonomien derfor vurderes som høyere. På 2000-tallet skjøt kred-  
 ittveksten fart. Dette kan gi en indikasjon på at finansielle ubalanser bygde seg opp,  
 og at potensialet i økonomien derfor var lavere enn den produksjon som var forenlig  
 med en stabil utvikling i inflasjonen. Modellen antyder derfor at produksjonsgapet var  
 vesentlig høyere under lavkonjunkturen i 2003-2004 og i forkant av finanskrisen. I et-  
 terkant av finanskrisen er modellen godt i tråd med Norges Banks vurdering, men tyder  
 på at potensialet i økonomien har vært noe lavere de siste årene. Modellen hvor veksten  
 i boligprisene inngår gir ikke det samme bildet som det “kredittnøytrale” gapet. Det  
 skyldes trolig at boligprisutviklingen i større grad samvarierer med utviklingen i BNP,  
 og at boligprisutviklingen derfor gir lite informasjon ut over den informasjonen som er i  
 BNP-veksten.



De to strukturelle VAR modellene (panel (c)) viser i stor grad det samme forløpet for kapasitetsutnyttningen, og er godt i tråd med Norges Banks vurderinger av produksjonsgapet, særlig i etterkant av finanskrisen. VAR modellene indikerer ikke et like positivt produksjonsgap på slutten av 1990-tallet sammenliknet med UC modellene og Norges Banks vurdering. De strukturelle VAR modellene indikerer dermed at potensialet i økonomien var høyere på slutten av 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet. De antyder derfor også at produksjonsgapet var mer negativt under lavkonjunkturen i 2003-2004.

Samlet sett er de ulike modellene godt i tråd med Norges Banks anslag på kapasitetsutnyttningen over tid. Panel (d) viser ulike måter å sammenvekte de ulike estimatene på produksjonsgapet. I figuren vises et enkelt uvektet gjennomsnitt og en prinsipal komponent (en felles faktor).<sup>5</sup> De to måtene å sammenvekte de ulike estimatene på viser i stor grad det samme bildet. Modellene indikerer om noe at potensialet i økonomien har vært noe lavere de siste årene sammenliknet med Norges Banks vurderinger.

### 3 Evaluering av modellene

Ettersom produksjonsgapet ikke er observerbart vil det ikke foreligge en fasit å måle modellanslag mot. Det gjør en evaluering av anslag på produksjonsgapet krevende. Det er likevel noen kriterier gode estimater på produksjonsgapet bør oppfylle:

1. Informere om fremtidig utvikling i inflasjon, arbeidsledighet og BNP, både “in-sample” og “out-of-sample”
2. Ex-post revisjoner bør ikke være for store, det vil si at estimatet på produksjonsgapet gjort i realtid ikke endrer seg vesentlig når man får mer informasjon om fremtiden

For å evaluere punkt 1 estimerer vi følgende likninger hvor det estimerte produksjonsgapet fra de ulike modellene inngår som forklaringsvariabler<sup>6</sup>:

$$u_{t+1} - u_{t+1}^* = \alpha + \beta \hat{y}_t + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$y_{t+h} - y_t = \alpha + \beta \hat{y}_t + \varepsilon_t \quad (9)$$

$$\pi_{t+1} = \alpha + \sum_{s=0}^3 \lambda_s \pi_{t-s} + \sum_{s=0}^3 \beta_s \hat{y}_{t-s} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$cpi_{t+h} - cpi_t = \alpha + \beta \hat{y}_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

hvor  $u_t$  er arbeidsledighet målt ved NAV og  $u_t^*$  er anslått likevevtsledighet<sup>7</sup> fra utdyping i Pengepolitisk rapport 2/17.  $y_t$  er logaritmen av BNP for Fastlands-Norge,  $\pi_t$  er firek-

<sup>5</sup>Prinsipal komponent analyse er en metode for transformere et sett av (potensielt) korrelerte variable til et mindre sett av ukorrelerte variable kalt prinsipale komponenter. I panel (d) vises den første prinsipale komponenten, som er den komponenten som forklarer mest av variasjonen i de estimerte produksjonsgapene.

<sup>6</sup>Evalueringsslikningene er hentet fra [Bjørnland et al. \(2005\)](#), [Armstrong \(2015\)](#) og [Kamber et al. \(2017\)](#)

<sup>7</sup>Arbeidsledigheten som er forenlig med normal kapasitetsutnyttning.

vartalersveksten i innenlandske priser (KPI-JAEI) og  $cpi_t$  er logaritmen av innenlandske priser (KPI-JAEI).

Ligning 8 er basert på Okuns lov som sier at det er en nær og stabil sammenheng mellom svingninger i kapasitetsutnyttning og arbeidsledighet over tid. Som illustrert i Pengepolitisk rapport 1/15 (Norges Bank (2015)) reagerer arbeidsledigheten med et tidsetterslep på 1-2 kvartaler på svingninger i produksjonen. Derfor bør et godt mål på produksjonsgapet kunne informere om arbeidsledigheten et kvartal frem. Ligning 9 tester hvor godt produksjonsgapet i dag predikerer utviklingen i BNP frem i tid. Dersom produksjonsgapet er positivt bør det innebære at BNP-veksten etterhvert avtar, og motsatt dersom produksjonsgapet er negativt. Hvor godt produksjonsgapene anslår fremtidig utvikling i BNP er derfor et viktig evalueringskriterie. Likning 10 er en enkel Phillips-kurve, hvor inflasjonen (gitt ved firekvartalersveksten i innenlandsk inflasjon) avhenger av egendynamikk og produksjonsgapet i foregående perioder. Den siste likningen tester hvor godt produksjonsgapet predikerer endringer i prisnivået (innenlandsk) fremover på ulike horisonter.

### 3.1 Resultater

Tabell 1 viser evalueringen basert på likning (8)-(11) “in-sample”. Her estimerer vi likningene når vi benytter all tilgjengelig informasjon, og tester for hvorvidt produksjonsgapet inngår signifikant, fortegnet og størrelsen på koeffisienten ( $\beta$ ) og hvor mye av variasjonen i de ulike variablene som forklares ( $R^2$ ). De tre første kolonnene i tabell 1 viser resultatene for innenlandsk inflasjon. Summen av koeffisientene foran produksjonsgapet er positiv i alle modellene, og er i samme størrelsesorden (kolonne 1). Kolonne 2 viser resultatene fra en såkalt likelihood ratio test, hvor vi tester hvorvidt produksjonsgapet bidrar med signifikant forklaringskraft ut over det som allerede forklares av egendynamikken i inflasjonen. For alle modellene er dette tilfellet, og produksjonsgapet forklarer sammen med egendynamikk rundt 90 prosent av variasjonen i innenlandsk inflasjon. Alle modellene for produksjonsgapet bidrar også til å forklare endringen i prisnivået frem i tid. Figur 3 viser størrelsen på koeffisienten foran produksjonsgapet i likning (11) og  $R^2$  på ulike horisonter. De fleste modellene indikerer at en økning i produksjonsgapet på en prosentenheter gir en økning i prisnivået på mellom 0,6 og 0,8 prosentenheter etter 2 år. Forklaringskraften til produksjonsgapet (gitt ved  $R^2$ ) ser ut til å være størst på horisonter mellom 4 og 6 kvartaler. For ledighet inngår produksjonsgapet fra de ulike modellene negativt og signifikant. De estimerte produksjonsgapene forklarer også mye av variasjonen i ledigheten. De ulike estimatene for produksjonsgapet bidrar også til å forklare endringer i BNP frem i tid, særlig på litt lengre sikt (2-8 kvartaler). Anslagene på produksjonsgapet inngår negativt i alle modellene, men de fleste modellene har i gjennomsnitt (over horisonter hvor produksjonsgapet inngår signifikant) relativt lav forklaringskraft. Både størrelsen på koeffisienten foran produksjonsgapet og forklaringskraften øker imidlertid med horisonten, se figur 4. Et enkelt HP filter ( $\lambda = 40000$ ) forklarer også variasjonen i inflasjon, fremtidige endring i BNP og priser og ledighet “in-sample” godt, noe som indikerer at HP-filteret gir et godt bilde av kapasitetsutnyttningen når man benytter tilstrekkelig informasjon om fremtiden for å estimere produksjonsgapet.

Tabell 1: Evaluering av produksjonsgapsmodellene “in-sample”.

	Inflasjon			Endring i KPI			Ledighet			Endring i BNP		
	$\pi_{t+1}$			$cpi_{t+h} - cpi_t$			$u_{t+1} - u^*_{t+1}$			$y_{t+h} - y_t$		
	$\beta^1$	Sign. <sup>2</sup>	$R^2$	$\beta^4$	Sign. <sup>3</sup>	$R^2$ <sup>4</sup>	$\beta$	Sign. <sup>3</sup>	$R^2$	$\beta^4$	Sign. <sup>3</sup>	$R^2$ <sup>4</sup>
HP 40 000	0.21	Ja	0.89	0.30	h=1-8	0.45	-0.26	Ja	0.84	-0.51	h=1-8	0.21
UC 1	0.20	Ja	0.90	0.39	h=1-8	0.47	-0.34	Ja	0.94	-0.62	h=4-8	0.14
UC 2	0.20	Ja	0.89	0.38	h=1-8	0.40	-0.33	Ja	0.92	-0.69	h=3-8	0.16
UC 3	0.21	Ja	0.89	0.38	h=1-8	0.38	-0.36	Ja	0.89	-0.59	h=4-8	0.12
UC 4	0.21	Ja	0.90	0.63	h=1-8	0.46	-0.45	Ja	0.62	-1.02	h=2-8	0.18
UC 5	0.18	Ja	0.90	0.39	h=1-8	0.63	-0.28	Ja	0.80	-0.63	h=2-8	0.24
UC 6	0.22	Ja	0.88	0.19	h=1-8	0.15	-0.20	Ja	0.39	-0.47	h=1-8	0.15
UC 7	0.20	Ja	0.90	0.46	h=1-8	0.52	-0.30	Ja	0.57	-0.54	h=1-8	0.12
SVAR 1	0.21	Ja	0.89	0.34	h=1-8	0.38	-0.32	Ja	0.83	-0.77	h=2-8	0.29
SVAR 2	0.21	Ja	0.89	0.35	h=1-8	0.40	-0.32	Ja	0.83	-0.78	h=2-8	0.29
Gjennomsnitt	0.21	Ja	0.89	0.46	h=1-8	0.49	-0.38	Ja	0.90	-0.76	h=1-8	0.21
Prinsipal komponent	0.21	Ja	0.89	0.45	h=1-8	0.50	-0.37	Ja	0.91	-0.74	h=2-8	0.20

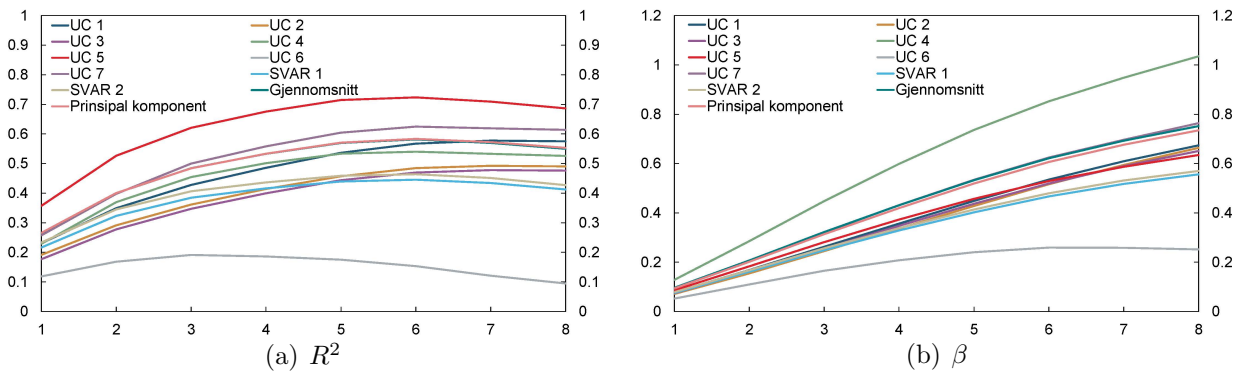
1) Summen av koeffisientene foran produksjonsgapet i likning 10 ( $\sum_{s=0}^3 \beta_s$ ).

2) Likelihood ratio test for om produksjonsgapet bidrar med signifikant forklaringskraft på et 5 prosent signifikantsnivå utover det som forklares av egendynamikken til inflasjonen

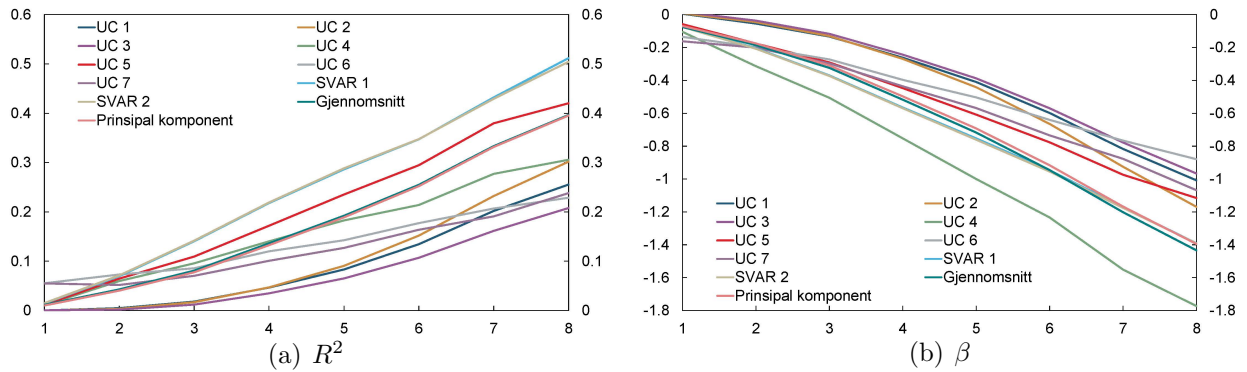
3) t-test med et 5 prosent signifikantsnivå for koeffisienten til produksjonsgapet. For BNP-vekst og endring i KPI angis det for hvilke horisonter produksjonsgapet inngår signifikant.

4) Gjennomsnittet over horisonter hvor produksjonsgapet er signifikant.

Figur 3: “In-sample” evaluering av endring i KPI for ulike horisonter.



Figur 4: “In-sample” evaluering av endring i BNP for ulike horisonter.



Tabell 2 viser resultatene når vi evaluerer produksjonsgapets evne til å anslå henholdsvis inflasjon, endring i prisnivå og BNP fremover og arbeidsledighet “out-of-sample”. I denne øvelsen estimerer vi henholdsvis produksjonsgapene og likning (8)-(11) rekursivt for så å anslå inflasjon arbeidsledighet kvartalet etter vi stopper estimeringen.<sup>8</sup> For endringen i prisnivået og BNP lager vi anslag 1-8 kvartaler frem i tid. Modellene evalueres ved å sammenlikne de kvadrerte avvikene mellom faktiske observasjoner for inflasjon, endring i BNP og prisnivå og ledighet med anslagene fra modellene (MSFE). Vi standardiserer ved å se på se på anslagsfeilene til de ulike produksjonsgapene relativt til anslagsfeilene fra et produksjonsgap som er beregnet ved hjelp av et enkelt HP-filter ( $\lambda = 40000$ ). Som det fremgår av tabellen har gjennomsnittet av de multivariate modellene blant de lavest anslagsfeilene for både BNP, arbeidsledighet og KPI. Med unntak av evnen til å anslå inflasjonen et kvartal frem gjør de fleste modellene det gjennomgående bedre enn et HP-filter (verdier over (under) 1 betyr at modellen har større (mindre) gjennomsnittlig anslagfeil enn et HP-filter). Dette gjelder spesielt for BNP og arbeidsledighet.

<sup>8</sup>Vi estimerer først produksjonsgapene og likning (8)-(11) ved å benytte data til og med 4. kvartal 2004 for så å gi anslag for 1. kvartal 2005. Deretter utvider vi estimeringsperioden med ett og ett kvartal frem til og med 2. kvartal 2017.

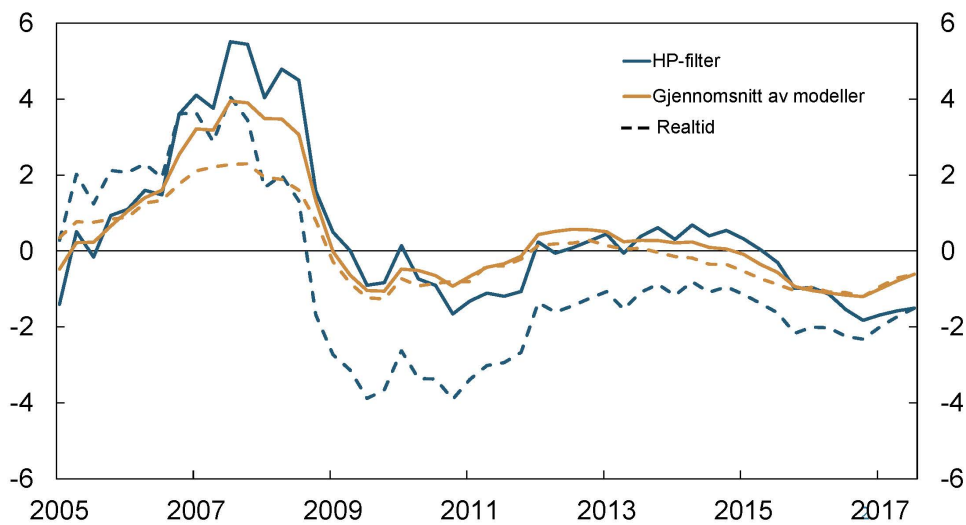
Tabell 2: Evaluering av Produksjonsgapmodellene. Anlagsfeil (MSFE) relativt til et HP-filter ( $\lambda = 40000$ )

Model	Endring i BNP	Ledighet	Inflasjon	Endring i KPI
	$y_{t+h} - y_t$	$u_{t+1} - u^*_{t+1}$	$\pi_{t+1}$	$cpi_{t+h} - cpi_t$
UC 1	0.72	0.15	1.28	1.04
UC 2	0.75	0.16	1.19	0.90
UC 3	0.77	0.32	1.38	1.26
UC 4	0.68	0.62	1.01	0.63
UC 5	0.78	1.12	0.99	0.87
UC 6	0.91	1.94	1.49	1.03
UC 7	1.34	1.64	0.99	1.46
SVAR 1	0.66	0.20	1.1	1.23
SVAR 2	0.63	0.21	1.03	0.96
Gjennomsnittet	0.74	0.27	1.06	0.85
Prinsipal komponent	0.75	0.29	1.05	0.82

*Evalueringen er basert på ligning 1-3. For BNP er MSFE basert på gjennomsnittet 1 - 8 kvartaler frem.*

Det andre kriteriet for et godt estimat på produksjonsgapet er at produksjonsgapet slik det måles i realtid ikke endrer seg mye når mer informasjon blir tilgjengelig. Figur 5 viser anslag på produksjonsgapet fra et enkelt HP-filter og gjennomsnittet av modellene estimert i denne artikkelen, både når all tilgjengelig informasjon benyttes og i realtid. Forskjellen mellom det “endelige” anslaget på produksjonsgapet og realtidsanslaget er vesentlig mindre for de multivariate modellene sammenliknet med et enkelt HP-filter, se figur 5. Det er imidlertid mindre forskjell i anslaget på produksjonsgapet mellom de to metodene når HP-filteret utnytter informasjon om fremtidig utvikling i BNP.

Figur 5: Realtidsegenskaper til de multivariate modellene og et HP-filter ( $\lambda = 40000$ ).



Samlet sett tyder evalueringen på at de multivariate modellene gjør det gjennomgående bedre enn univariate modeller utifra evalueringskriteriene spesifisert ovenfor. Videre har

et uvektet gjennomsnitt av de multivariate modellene gode anslageegenskaper for både BNP, arbeidsledighet og endring i KPI fremover. Gjennomsnittet vil trolig også være mer robust over tid enn enkeltmodellene, siden flere informasjonskilder og ulike modellspesifikasjoner er vektet sammen.

## 4 Arbeidsmarkedsindikatorer

I vurderingen av produksjonsgapet legger vi særlig vekt på utviklingen i arbeidsmarkedet. En del av indikatorene for arbeidsmarkedet har relativt kort historie og kan foreløpig ikke inkluderes i modellrammeverket. Vi har derfor konstruert et indikatorsystem for produksjonsgapet med variable i hovedsak fra arbeidsmarkedet. Den registrerte ledigheten og AKU ledigheten inngår både i enkelte av produksjonsgapmodellene og i dette indikatorsettet. Ledigheten er en sentral variabel i vurderingen av arbeidsmarkedet og Norges Banks vurdering av likevektsledigheten vil kunne avvike fra de modelltekniske beregningene fra produksjonsgapmodellene. Derfor er Norges Banks vurdering av arbeidsledighetsgapene inkludert i indikatorsystemet.

Indikatorsettet inngår, sammen med anslagene fra modellene, i den samlede vurderingen av produksjonsgapet. Tabell 3 gir en oversikt over indikatorene for produksjonsgapet, hvordan de er konstruert, samt om indikatorene leder/lagger produksjonsgapet. Alle indikatorene standardiseres gjennom en enkel regresjon mellom produksjonsgapet (slik Norges Bank har vurdert det historisk) og indikatorene. Følgende likninger estimeres for hver av indikatorene:

$$\hat{y}_t^{NB} = \alpha + \beta x_s \quad (12)$$

hvor  $\hat{y}^{NB}$  er produksjonsgapet slik Norges Bank har vurdert det historisk og  $x$  er den aktuelle indikatoren på kapasitetsutnyttningen.  $s$  angir hvilken tidsforskyvning av indikatoren som har høyest korrelasjon med produksjonsgapet i dag. Estimatet på produksjonsgapet fra de ulike indikatorene er gitt ved  $\hat{y}_t = \hat{\alpha} + \hat{\beta}x_s$

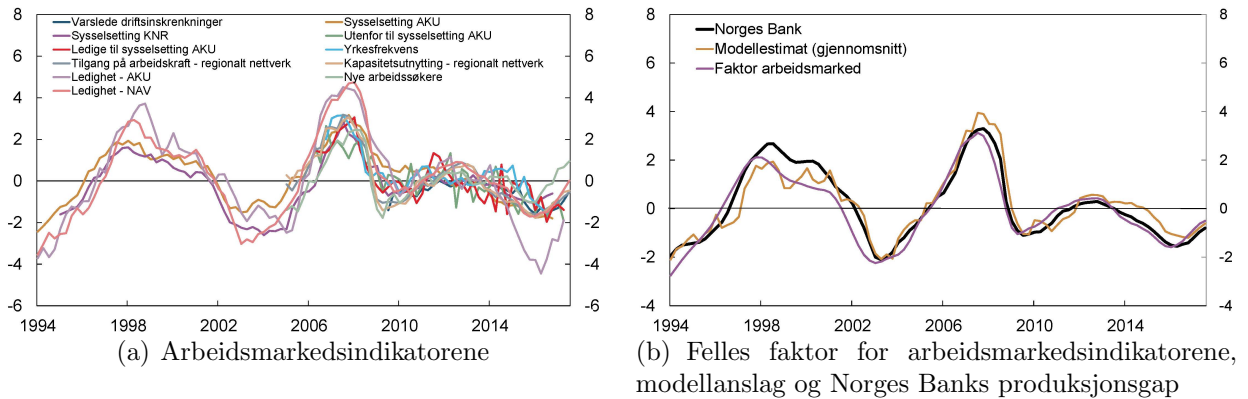
Tabell 3: Arbeidsmarkedsindikatorer

Indikator	Kilde	Konstruksjon	Etterslep <sup>1</sup>
Tilgang på arbeidskraft	Reg. nett.	Direkte indikator	- 1
Kapasitetsutnyttning	Reg. nett.	Direkte indikator	- 1
Yrkesfrekvens 15-74 år	AKU	Trend fra 2013, justert for demografi	+ 3
Sysselsettingsandel 25 - 54 år	AKU	Avvik fra gjennomsnittet	+ 3
Sysselsettingsandel	KNR	Trend fra 2013, justert for demografi	+ 3
Registrert arbeidsledighet	NAV	Trend beregnet som i PPR 2/17	+ 1
Arbeidsledighet	AKU	Trend beregnet som i PPR 2/17	+ 1
Ledige stillinger	SSB	Andel av sysselsatte	- 3
Varslede driftsinnskrenkninger	NAV	Andel av sysselsatte	- 2
Nye arbeidssøkere	NAV	Andel av sysselsatte	0
Ledige til sysselsetting	AKU	Andel av ledige	+ 1
Utenfor til sysselsetting	AKU	Andel av personer utenfor arbeidsstyrken	+ 1

1) Angir om indikatoren leder produksjonsgapet eller omvendt. -/+ angir at indikatoren leder/lagger produksjonsgapet. 0 indikerer samtidig korrelasjon.

Figur 6a viser enkeltindikatorerne og figur 6b viser produksjonsgapsanslagene i gjennomsnittet av modellene og en felles faktor<sup>9</sup> for de ulike indikatorene og produksjonsgapet slik det ble presentert i Pengepolitisk rapport 4/17. Norges Banks anslag på produksjonsgapet er godt i tråd med arbeidsmarkedsindikatorerne, men de tyder om noe på at potensialet i økonomien har vært noe lavere den siste tiden, særlig sammenliknet med modellestimatet. Etter hvert som vi får lengre historikk på de ulike indikatorene, og vinner nye innsikt, kan noen av disse indikatorene innarbeides i modellsystemet.

Figur 6: Arbeidsmarkedsindikatorer



<sup>9</sup>Denne felles faktoren er estimert ved hjelp av et kalmanfilter. Kalmanfilteret estimerer den felles faktoren ved å pålegge at produksjonsgapet ikke kan endre seg for mye fra et kvartal til det neste, samtidig som produksjonsgapet over tid skal være en sammenvektning av indikatorene. Denne metoden for å vekte sammen indikatorene på egner seg spesielt godt i situasjoner med ubalanserte datasett.

## 5 Oppsummering

I denne artikkelen har vi presentert modellene Norges Bank i dag benytter som et utgangspunkt i vurderingen av produksjonsgapet.<sup>10</sup> Modellene utnytter informasjon fra utviklingen i en rekke variable som er sentrale i konjunkturovervåkingen, som BNP, arbeidsledighet, inflasjon, lønnsvekst, investeringer og finansielle variable. Modellene tilfredstiller kriterier for et godt mål på produksjonsgapet. Sammenliknet med enkle trendberegninger som utelukkende er basert på BNP-tall har modellene gode realtidsegenskaper, det vil si at de historiske anslagene på produksjonsgapet endrer seg lite når ny informasjon blir tilgjengelig. De fleste modellene har også gode anslagsegenskaper sammenliknet med et enkelt HP-filter. Resultatene tyder på at et (uvektet) gjennomsnitt av modellene jevnt over har bedre anslagsegenskaper enn enkeltmodellene.

I vurderingen av kapasitetsutnyttning er det flere viktige indikatorer, særlig fra arbeidsmarkedet, som så langt ikke er inkludert i modellene. Dette skyldes blant annet at vi har lite historikk for flere av disse indikatorene. Et enkelt indikatorsett med disse arbeidsmarkedsindikatorene er godt i tråd med anslagene fra modellene, men tyder om noe på at potensialet har vært lavere de siste årene. Etter hvert som vi får lengre historikk på indikatorene, og vinner ny innsikt, kan de innarbeides i modellrammeverket.

---

<sup>10</sup>Det er ingen mekanisk sammenheng mellom modellanslagene og Norges Banks anslag på produksjonsgapet.



## 6 Appendiks

### 6.1 UC modell 1 og 2: BNP Fastlands-Norge, Arbeidsledighet (NAV/AKU) og reallønnsvekst

Definisjon av BNP:

$$y_t = \hat{y}_t + \bar{y}_t \quad (13)$$

Prosess for produksjonsgap:

$$\hat{y}_t = \lambda_y \hat{y}_{t-1} + \epsilon_t \quad (14)$$

Prosess for vekst i potensielt BNP:

$$\Delta \bar{y}_t = G_t + \eta_t \quad (15)$$

Prosess for den potensielle veksten:

$$G_t = C_G + \lambda_G(G_{t-1} - C_G) + \psi_t \quad (16)$$

Prosess for reallønnsgapet:

$$\hat{W}_t = \lambda_W \hat{W}_{t-1} + \gamma \hat{y}_t + v_t \quad (17)$$

Prosess for trendvekst i reallønningene:

$$\Delta \bar{W}_t = C_W + \lambda_{\bar{W}}(\Delta \bar{W}_{t-1} - C_W) + \mu_t \quad (18)$$

Prosess for ledighetsgapet:

$$\hat{u}_t = \lambda_u \hat{u}_{t-1} + \beta \hat{y}_t + \omega_t \quad (19)$$

Prosess for endring i ledighetstrenden (NAIRU):

$$\Delta \bar{u}_t = \lambda_{\bar{u}} \Delta \bar{u}_{t-1} + v_t \quad (20)$$

Tabell 4: UC 1. Estimerte og kalibrerte parametere. Årlige data. Estimeringsperiode: 1990-2017

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$\lambda_y$	0.7(0.2)	Gamma	0.78(0.12)
$\lambda_G$	0.9(0.2)	Gamma	0.79(0.12)
$\lambda_W$	0.75(0.25)	Gamma	0.89(0.14)
$\lambda_{\bar{W}}$	0.6(0.2)	Gamma	0.60(0.13)
$\lambda_u$	0.5(0.2)	Gamma	0.43(0.08)
$\lambda_{\bar{u}}$	0.9(0.1)	Gamma	0.87(0.08)
$\gamma$	0.29	Kalibrert	
$\beta$	-0.29	Kalibrert	
$\sigma_\epsilon$	2(10)	Inverse Gamma	1.24(0.18)
$\sigma_\eta$	2(10)	Inverse Gamma	0.74(0.24)
$\sigma_\psi$	1(10)	Inverse Gamma	0.35(0.17)
$\sigma_\nu$	0.5(10)	Inverse Gamma	0.16(0.09)
$\sigma_\mu$	2(10)	Inverse Gamma	0.77(0.11)
$\sigma_\omega$	0.4(10)	Inverse Gamma	0.09(0.03)
$\sigma_v$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.06(0.03)

*Standardavvik i parentes.*

Tabell 5: UC 2. Estimerte og kalibrerte parametere. Årlige data. Estimeringsperiode: 1990-2017

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$\lambda_y$	0.7(0.2)	Gamma	0.80(0.16)
$\lambda_G$	0.9(0.2)	Gamma	0.77(0.13)
$\lambda_W$	0.75(0.25)	Gamma	0.88(0.12)
$\lambda_{\bar{W}}$	0.6(0.2)	Gamma	0.57(0.13)
$\lambda_u$	0.5(0.2)	Gamma	0.50(0.07)
$\lambda_{\bar{u}}$	0.9(0.1)	Gamma	0.85(0.09)
$\gamma$	0.29	Kalibrert	
$\beta$	-0.29	Kalibrert	
$\sigma_\epsilon$	2(10)	Inverse Gamma	1.15(0.27)
$\sigma_\eta$	2(10)	Inverse Gamma	0.83(0.30)
$\sigma_\psi$	1(10)	Inverse Gamma	0.31(0.17)
$\sigma_\nu$	0.5(10)	Inverse Gamma	0.17(0.10)
$\sigma_\mu$	2(10)	Inverse Gamma	0.78(0.12)
$\sigma_\omega$	0.4(10)	Inverse Gamma	0.23(0.07)
$\sigma_v$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.05(0.03)

*Standardavvik i parentes.*

## 6.2 UC modell 3: BNP Fastlands-Norge, Arbeidsledighet (NAV), reallønnsvekst og investeringsandel i Fastlands-Norge

I tillegg til likningene (13 til 20) inkluderer vi en sammenheng mellom investeringsandelen (foretaksinvesteringer som andel av BNP i Fastlands-Norge) og kapasitetsutnyttningen, inspirert av [Domenech and Gomez \(2006\)](#).

$$x_t = \lambda_x x_{t-1} + (1 - \lambda_x) \bar{x}_t + \gamma_x \hat{y}_t + e_t \quad (21)$$

$$\Delta \bar{x}_t = z_t \quad (22)$$

hvor  $x_t$  er investeringsandelen og  $\bar{x}_t$  er trendkomponenten til investeringsandelen.  $e_t$  er et etterspørselssjokk til investeringsandelen, mens  $z_t$  representerer et sjokk til nivået på investeringspotensialet.

Tabell 6: UC 3. Estimerte og kalibrerte parametere. Årlige data. Estimeringsperiode: 1990-2017

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$\lambda_y$	0.7(0.2)	Gamma	0.73(0.15)
$\lambda_G$	0.9(0.2)	Gamma	0.79(0.12)
$\lambda_W$	0.75(0.25)	Gamma	0.88(0.13)
$\lambda_{\bar{W}}$	0.6(0.2)	Gamma	0.61(0.13)
$\lambda_u$	0.5(0.2)	Gamma	0.48(0.08)
$\lambda_{\bar{u}}$	0.9(0.1)	Gamma	0.85(0.1)
$\lambda_x$	0.7(0.2)	Gamma	0.4(0.07)
$\gamma$	0.29	Kalibrert	
$\beta$	-0.29	Kalibrert	
$\gamma_x$	0.5	Kalibrert	
$\sigma_\epsilon$	2(10)	Inverse Gamma	1.23(0.22)
$\sigma_\eta$	2(10)	Inverse Gamma	0.59(0.23)
$\sigma_\psi$	1(10)	Inverse Gamma	0.43(0.24)
$\sigma_\nu$	0.5(10)	Inverse Gamma	0.17(0.1)
$\sigma_\mu$	2(10)	Inverse Gamma	0.80(0.13)
$\sigma_\omega$	0.4(10)	Inverse Gamma	0.11(0.04)
$\sigma_v$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.08(0.06)
$\sigma_e$	1(10)	Inverse Gamma	0.05(0.03)
$\sigma_z$	1(10)	Inverse Gamma	0.05(0.03)

*Standardavvik i parentes.*

## 6.3 UC modell 4: BNP Fastlands-Norge og endring i innenlandsk inflasjon

Definisjon av BNP:

$$y_t = \hat{y}_t + \bar{y}_t \quad (23)$$

Prosess for produksjonsgap:

$$\hat{y}_t = \lambda_y \hat{y}_{t-1} + \epsilon_t \quad (24)$$

Prosess for vekst i potensielt BNP:

$$\Delta \bar{y}_t = \Delta \bar{y}_{t-1} + \eta_t \quad (25)$$

Prosess for endringen i innenlandsk inflasjon:

$$\Delta \pi_t = \gamma \hat{y}_t + v_t + \delta v_{t-1} \quad (26)$$

$$v_t = \eta_t \quad (27)$$

Modellen over er basert på [Kuttner \(1994\)](#) (se også [Hjelm and Jonsson \(2010\)](#)). Modellen relaterer produksjonsgapet ( $\hat{y}$ ) til endringen i innenlandsk inflasjon ( $\Delta \pi_t = \pi_t - \pi_{t-1}$ ). Modelleringen av inflasjonen på førstedifferanse betyr at potensielt BNP er gitt som det nivået på BNP som er konsistent med konstant inflasjon.

Tabell 7: UC 4. Estimerte og kalibrerte parametere. Kvartalsdata. Estimeringsperiode: 1990Q1-2017Q3

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$\lambda_y$	0.9(0.2)	Gamma	0.9(0.06)
$\gamma$	0.1[0,1]	Uniform	0.03(0.07)
$\delta$	0.3(0.2)	Gamma	0.1(0.07)
$\sigma_\epsilon$	0.7(10)	Inverse Gamma	0.48(0.04)
$\sigma_\eta$	0.1(10)	Inverse Gamma	0.12(0.04)
$\sigma_v$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.1(0.01)

*Standardavvik i parentes.*

## 6.4 UC modell 5: BNP Fastlands-Norge, innenlandsk inflasjon og arbeidsledighet (NAV)

Definisjon av BNP:

$$y_t = \hat{y}_t + \bar{y}_t \quad (28)$$

Prosess for produksjonsgap:

$$\hat{y}_t = \hat{y}_{t-1} + \beta \hat{u}_t + \epsilon_t \quad (29)$$

Prosess for vekst i potensielt BNP:

$$\Delta \bar{y}_t = \Delta \bar{y}_{t-1} + \eta_t \quad (30)$$

Prosess for ledighetsgap:

$$\hat{u}_t = \lambda_u \hat{u}_{t-1} + \omega_t \quad (31)$$

Prosess for trenden i ledigheten (NAIRU):

$$\Delta \bar{u}_t = \Delta \bar{u}_{t-1} + v_t \quad (32)$$

Prosess for innenlandsk inflasjon:

$$\pi_t = \lambda_\pi \pi_{t-1} + \gamma \hat{u}_{t-2} + v_t \quad (33)$$

Tabell 8: UC 5. Estimerte og kalibrerte parametere. Kvartalsdata. Estimeringsperiode: 1990Q1-2017Q3

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$\lambda_y$	0.8(0.1)	Gamma	0.9(0.06)
$\beta$	-3.45	Kalibrert	
$\lambda_u$	0.9(0.2)	Gamma	0.9(0.04)
$\gamma$	-0.4[-1,0]	Uniform	0.49(0.22)
$\lambda_\pi$	0.5(0.2)	Gamma	0.39(0.12)
$\sigma_\epsilon$	0.7(10)	Inverse Gamma	0.41(0.04)
$\sigma_\eta$	0.1(10)	Inverse Gamma	0.04(0.04)
$\sigma_\omega$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.1(0.01)
$\sigma_v$	0.1(10)	Inverse Gamma	0.07(0.01)
$\sigma_v$	0.2(10)	Inverse Gamma	0.21(0.02)

*Standardavvik i parentes.*

## 6.5 UC modell 6 og 7: BNP Fastlands-Norge og vekst i kreditt/boligpriser

Definisjon av BNP:

$$y_t = \hat{y}_t + \bar{y}_t \quad (34)$$

Prosess for produksjonsgapet:

$$\hat{y}_t = \lambda_y \hat{y}_{t-1} + \gamma x_t + \epsilon_t \quad (35)$$

Prosess for endring i potensielt BNP:

$$\Delta \bar{y}_t = \Delta \bar{y}_{t-1} + \eta_t \quad (36)$$

Prosess for den finansielle variabelen ( $x$ ):

$$x_t = x_{t-1} + v_t \quad (37)$$

Vi estimerer to modeller hvor  $x$  er henholdsvis firekvartalersveksten i samlet kreditt (K2 husholdninger og foretak) og boligpriser fratrukket sitt historiske gjennomsnitt. I modellene settes standardavviket til produksjonsgapet ( $\epsilon$ ) lik standardavviket til endringen i produksjonsgapet beregnet ved et HP-filter med  $\lambda$  lik 1600, dvs.  $\sigma_\epsilon = std(\Delta \bar{y}_t^{HP})$  hvor  $\bar{y}^{HP}$  er produksjonsgapet fra et enkelt HP-filter. Standardavviket til veksten i potensiell produksjon skaleres så med en faktor  $z$  for å sikre at den relative variasjonen i produksjonsgapet er den samme som i et vanlig HP-filter, dvs.  $\sigma_\eta = (1/z)\sigma_\epsilon$ . Filteret betegnes også som et multivariat HP-filter.

Tabell 9: UC 6. Estimerte og kalibrerte parametere. Kvartalsdata. Estimeringsperiode: 1990Q1-2017Q3

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$z$	4.44	Kalibrert	
$\lambda_y$	0.8(0.2)	Gamma	0.71(0.11)
$\gamma$	0.1(0.2)	Gamma	0.15(0.06)
$\sigma_v$	1.2(10)	Inverse Gamma	1.17(0.07)

*Standardavvik i parentes.*

Tabell 10: UC 7. Estimerte og kalibrerte parametere. Kvartalsdata. Estimeringsperiode: 1990Q1-2017Q3

Parameter	Prior	Priorfordeling	Posterior
$z$	7.2	Kalibrert	
$\lambda_y$	0.8(0.2)	Gamma	0.80(0.13)
$\gamma$	0.1(0.2)	Gamma	0.05(0.012)
$\sigma_v$	3(10)	Inverse Gamma	3.1(0.18)

*Standardavvik i parentes.*

## 6.6 SVAR 1: BNP Fastlands-Norge og arbeidsledighet (NAV)

VAR modell for kvartalsvekst i BNP Fastlands-Norge og arbeidsledighet (NAV) ([Blanchard and Quah \(1989\)](#)). Modellen inkluderer to lag av de endogene variablene. Det identifiseres et etterspørselssjokk og et tilbudssidesjokk. Etterspørselssjokket identifiseres ved at det ikke har langsiktige effekter på BNP.

## 6.7 SVAR 2: BNP Fastlands-Norge, arbeidsledighet (NAV) og innenlandsk inflasjon

VAR modell for kvartalsvekst i BNP FN, arbeidsledighet (NAV) og innenlandsk inflasjon (KPI-JAEI) ([Cerra and Saxena \(2000\)](#)). Modellen inkluderer to lag av de endogene variablene. Det identifiseres et etterspørselssjokk, et midlertidig tilbudssidesjokk og et permanent tilbudssidesjokk. Etterspørselssjokket identifiseres ved at det ikke har langsiktige effekter på BNP, og det midlertidige tilbudssidesjokket identifiseres ved at det ikke har langsiktige effekter på innenlandske priser.

## References

- Apel, M. and P. Jansson (1999). System estimates of potential output and the nairu. *Empirical Economics* 24(3), 373–388.
- Armstrong, J. (2015). The reserve bank of New Zealands output gap indicator suite and its real-time properties. Analytical note 8, Reserve Bank of New Zealand.
- Bjørnland, H., L. Brubakk, and A. Jore (2005). The output gap in Norway - a comparison of different methods. Economic Bulletin 2, Norges Bank.
- Blagrove, P., R. Garcia-Saltos, D. Laxton, and F. Zhang (2015). A simple multivariate filter for estimating potential output. IMF Working Papers 15, IMF.
- Blanchard, O. J. and D. Quah (1989). The dynamic effects of aggregate demand and supply disturbances. *The American Economic Review* 79(4), 655–673.
- Borio, C., P. Disyatat, and M. Juselius (2013). Rethinking potential output: Embedding information about the financial cycle. BIS Working Papers 404, Bank for International Settlements.
- Cerra, V. and S. Saxena (2000). Alternative methods of estimating potential output and the output gap: an application to Sweden. IMF Working paper 59, IMF.
- Denton, F. (1971). Adjustment of monthly or quarterly series to annual totals: An approach based on quadratic minimization. *Journal of the American Statistical Association* 66, 99–102.
- Domenech, R. and V. Gomez (2006). Estimating potential output, core inflation, and the nairu as latent variables. *Journal of Business and Economic Statistics* 24(3), 354–365.
- Hamilton, J. D. (2017, May). Why you should never use the Hodrick-Prescott filter. Working Paper 23429, National Bureau of Economic Research.
- Hjelm, G. and K. Jonsson (2010). In search of a method for measuring the output gap of the Swedish economy. Working paper 115, National institute of economic research.
- Kamber, G., J. Morley, and B. Wong (2017). Intuitive and reliable estimates of the output gap from a beveridge-nelson filter. Discussion paper 1, Reserve Bank of New Zealand.
- Kuttner, K. N. (1994). Estimating potential output as a latent variable. *Journal of Business and Economic Statistics* 12(3), 361–368.
- Norges Bank (2015). Monetary policy report 2/15.
- Norges Bank (2017). Monetary policy report 4/17.