

Energy Prices and Household Heterogeneity: Monetary Policy in a Gas-TANK

Jenny Chan^a Sebastian Diz^b Derrick Kanngiesser^a

^aBanco de Inglaterra

^bBanco Central del Paraguay

Las opiniones expresadas no representan necesariamente las opiniones del Banco de Inglaterra o del Banco Central del Paraguay.

III Jornada de Economía del BCP

15 de septiembre, 2023

Capturar el efecto sobre la demanda de un shock al precio de la energía con dos características fundamentales:

1. Energía importada como insumo complementario en la producción y el consumo.
2. Hogares difieren en cuanto a fuentes de ingreso y el acceso al crédito.

Capturar el efecto sobre la demanda de un shock al precio de la energía con dos características fundamentales:

1. Energía importada como insumo complementario en la producción y el consumo.
2. Hogares difieren en cuanto a fuentes de ingreso y el acceso al crédito.

Este trabajo

1. Modelo TANK de economía pequeña y abierta con complementariedad entre energía y trabajo ('Gas-TANK').
 - Hogares 'constrained' consumen exclusivamente a partir de ingresos laborales.
 - Hogares 'unconstrained' perciben ingresos laborales + utilidades de fimas & acceso a mercados financieros.
2. ¿Cómo afecta la heterogeneidad a la transmisión de shocks al precio de energía?
 - Aumento en precio de la energía → contracción en los ingresos que fluyen a insumos de producción doméstica.
 - Restricciones financieras llevan a caída en demanda agregada.
3. Demanda agregada depende de cómo se distribuyen los costos de shocks entre los 'trabajadores' (constrained) y los propietarios de empresas (unconstrained).

Este trabajo

1. Modelo TANK de economía pequeña y abierta con complementariedad entre energía y trabajo ('Gas-TANK').
 - Hogares 'constrained' consumen exclusivamente a partir de ingresos laborales.
 - Hogares 'unconstrained' perciben ingresos laborales + utilidades de fimas & acceso a mercados financieros.
2. ¿Cómo afecta la heterogeneidad a la transmisión de shocks al precio de energía?
 - Aumento en precio de la energía → contracción en los ingresos que fluyen a insumos de producción doméstica.
 - Restricciones financieras llevan a caída en demanda agregada.
3. Demanda agregada depende de cómo se distribuyen los costos de shocks entre los 'trabajadores' (constrained) y los propietarios de empresas (unconstrained).

1. Modelo TANK de economía pequeña y abierta con complementariedad entre energía y trabajo ('Gas-TANK').
 - Hogares 'constrained' consumen exclusivamente a partir de ingresos laborales.
 - Hogares 'unconstrained' perciben ingresos laborales + utilidades de fimas & acceso a mercados financieros.
2. ¿Cómo afecta la heterogeneidad a la transmisión de shocks al precio de energía?
 - Aumento en precio de la energía → contracción en los ingresos que fluyen a insumos de producción doméstica.
 - Restricciones financieras llevan a caída en demanda agregada.
3. Demanda agregada depende de cómo se distribuyen los costos de shocks entre los 'trabajadores' (constrained) y los propietarios de empresas (unconstrained).

Vista previa de resultados

- ① El impacto de shocks a precios de la energía sobre la demanda depende de:
 - **Elasticidad de sustitución entre insumos de producción:** determina la respuesta de los ingresos de factores domésticos (trabajo) al shock.
 - **Proporción de hogares constrained:** restricciones de endeudamiento afectan la demanda agregada.
 - **Rigidez de precios:** afecta el comportamiento de las utilidades de firmas.
- ② Shocks a precios de la energía son diferentes de otros shocks de oferta.
 - Efecto por el lado de la demanda es opuesto al de un shock al TFP.
 - La composición del gap de consumo es diferente a otros shocks de oferta (energía vs TFP/markup).
- ③ La política óptima prescribe una política menos restrictiva en TANK vs RANK.

1. Modelo.
2. Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.
3. IRFs bajo Regla de Taylor.
4. Política monetaria optima.
5. Extensión: Energía en el consumo.
6. Conclusiones.

1. **Modelo.**
2. Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.
3. IRFs bajo Regla de Taylor.
4. Política monetaria optima.
5. Extensión: Energía en el consumo.
6. Conclusiones.

Ingrediente del Modelo 1: Heterogeneidad de Hogares

Restricción presupuestaria de hogares constrained:

$$\underbrace{W_t N_{c,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} = \underbrace{P_t C_{c,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{T_{c,t}}_{\text{Transferencias}} \quad (1)$$

Restricción presupuestaria de hogares unconstrained: utilidades de las empresas & acceso al crédito

$$\underbrace{W_t N_{u,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} + \underbrace{R_{t-1} B_{u,t-1} + \bar{R}^* B_{u,t-1}^* \varepsilon_t}_{\text{Rendimiento de Activos}} + \underbrace{DIV_{u,t}^F}_{\text{Utilidades de las Empresas}} = \underbrace{P_t C_{u,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{B_{u,t} + B_{u,t}^* \varepsilon_t}_{\text{Activos}} + \underbrace{T_{u,t}}_{\text{Transferencia}}$$

Fracción ω de los hogares son constrained; $(1 - \omega)$ son unconstrained.

$$C_t = (1 - \omega) C_{u,t} + \omega C_{c,t}, \quad \text{Brecha de Consumo: } \Gamma_t \equiv \frac{C_{u,t}}{C_{c,t}}, \quad \hat{\gamma}_t \equiv \log(\Gamma_t / \Gamma_{ss})$$

Ingrediente del Modelo 1: Heterogeneidad de Hogares

Restricción presupuestaria de hogares constrained:

$$\underbrace{W_t N_{c,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} = \underbrace{P_t C_{c,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{T_{c,t}}_{\text{Transferencias}} \quad (1)$$

Restricción presupuestaria de hogares unconstrained: utilidades de las empresas & acceso al crédito

$$\underbrace{W_t N_{u,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} + \underbrace{R_{t-1} B_{u,t-1} + \bar{R}^* B_{u,t-1}^* \mathcal{E}_t}_{\text{Rendimiento de Activos}} + \underbrace{DIV_{u,t}^F}_{\text{Utilidades de las Empresas}} = \underbrace{P_t C_{u,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{B_{u,t} + B_{u,t}^* \mathcal{E}_t}_{\text{Activos}} + \underbrace{T_{u,t}}_{\text{Transferencia}}$$

Fracción ω de los hogares son constrained; $(1 - \omega)$ son unconstrained.

$$C_t = (1 - \omega) C_{u,t} + \omega C_{c,t}, \quad \text{Brecha de Consumo: } \Gamma_t \equiv \frac{C_{u,t}}{C_{c,t}}, \quad \hat{\gamma}_t \equiv \log(\Gamma_t / \Gamma_{ss})$$

Ingrediente del Modelo 1: Heterogeneidad de Hogares

Restricción presupuestaria de hogares constrained:

$$\underbrace{W_t N_{c,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} = \underbrace{P_t C_{c,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{T_{c,t}}_{\text{Transferencias}} \quad (1)$$

Restricción presupuestaria de hogares unconstrained: utilidades de las empresas & acceso al crédito

$$\underbrace{W_t N_{u,t}}_{\text{Ingresos Laborales}} + \underbrace{R_{t-1} B_{u,t-1} + \bar{R}^* B_{u,t-1}^* \mathcal{E}_t}_{\text{Rendimiento de Activos}} + \underbrace{DIV_{u,t}^F}_{\text{Utilidades de las Empresas}} = \underbrace{P_t C_{u,t}}_{\text{Consumo}} + \underbrace{B_{u,t} + B_{u,t}^* \mathcal{E}_t}_{\text{Activos}} + \underbrace{T_{u,t}}_{\text{Transferencia}}$$

Fracción ω de los hogares son constrained; $(1 - \omega)$ son unconstrained.

$$C_t = (1 - \omega)C_{u,t} + \omega C_{c,t}, \quad \text{Brecha de Consumo: } \Gamma_t \equiv \frac{C_{u,t}}{C_{c,t}}, \quad \hat{\gamma}_t \equiv \log(\Gamma_t / \Gamma_{ss})$$

Ingrediente del Modelo 2: Complementariedad*

Función CES para producción del bien final Z utiliza importaciones de energía E^Z y trabajo N como insumos:

$$Z_t(i) = \varepsilon_t^{TFP} \left((1 - \alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} (N_t(i))^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}} + (\alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} (E_t^Z(i))^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}} \right)^{\frac{\psi_{ez}}{\psi_{ez}-1}} \quad (3)$$

donde ψ_{ez} es la elasticidad de sustitución entre trabajo y energía.

► detalles

► log-lin

Otros Aspectos del Modelo

- 1 Rigideces nominales en precios y fijación de salarios.
- 2 Sin capital; sin otras rigideces reales.
- 3 Política monetaria sigue Regla de Taylor; política óptima de Ramsey más adelante.
- 4 Tres shocks: (i) precio de la energía $p_t^{E,*}$, (ii) TFP ε_t^{TFP} , (iii) markup $\varepsilon_t^{M_Z}$.

*Comenzamos con energía como insumo y luego consideramos la energía como componente de cesta de consumo.

1. Modelo.
2. **Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.**
3. IRFs bajo Regla de Taylor.
4. Política monetaria optima.
5. Extensión: Energía en el consumo.
6. Conclusiones.

Efectos sobre la Demanda de un Shock al Precio de la Energía

Tomando el empleo agregado $\hat{n}_t \equiv \log(N_t/N_{ss})$ como medida del valor doméstico agregado (PIB), podemos derivar la siguiente ecuación IS:

$$\hat{n}_t = \underbrace{-\frac{1}{\sigma} \frac{C_{ss}}{Z_{ss}} \mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\hat{r}_{t+k} - \hat{\pi}_{t+k+1})}_{\text{Substitución inter-temporal (-)}} + \underbrace{\frac{X_{ss}}{Z_{ss}} \zeta^* \hat{q}_t}_{\text{ToT (-)}} + \underbrace{+\psi_{ez} \alpha_{ez} (\hat{p}_t^E - \hat{w}_t)}_{\text{Substitución intra-temporal in production (+)}} - \underbrace{\omega \frac{C_{ss}}{Z_{ss}} \hat{\gamma}_t}_{\text{Efecto demanda por restricciones al crédito (+/-)}}$$

Canales a través de los cuales un shock al precio de la energía afecta la actividad:

- **Trayectoria de la Tasa de Interés Real**: canal de transmisión de shocks de oferta habitual en RANK.
- **Precio Relativo de la Energía** $\hat{p}_t^E$: induce sustitución por parte de firmas.
- **Brecha de Consumo** $\hat{\gamma}_t$: efecto sobre la demanda debido a restricciones al crédito, solo en TANK.

→ sabemos: $\partial \hat{n}_t / \partial \hat{\gamma}_t < 0$ → descomponer $\hat{\gamma}_t$ y verificar: $\partial \hat{\gamma}_t / \partial \hat{p}_t^E = ?$

Brecha de Consumo: Descomposición en Ingresos y Endeudamiento

Descomponer la respuesta desigual en el consumo en: (1) diferente composición de **ingresos** (utilidades vs. salarios) y (2) diferencias en el acceso al **crédito**.

$$\Gamma_t \equiv \frac{C_{u,t}}{C_{c,t}} = \frac{INC_{u,t} - \mathcal{E}_t \Delta B_{u,t}^* + \mathcal{E}_t (\bar{R}^* - 1) B_{u,t-1}^*}{INC_{c,t}} = \underbrace{\Gamma_t^{inc}}_{\text{brecha de ingresos}} - \underbrace{\frac{1}{1 - \omega} \frac{TB_t}{INC_{c,t}}}_{\text{endeudamiento}}, \quad (4)$$

donde la 'brecha de ingresos' es el ratio entre los ingresos de los hogares $\Gamma_t^{inc} = INC_{u,t} / INC_{c,t}$ y $TB_t = P_t X_t - P_t^E E_t^Z$ denota la balanza comercial.

Reescribimos la ecuación (4) en términos de los márgenes de las firmas ($\mathcal{M}_t^Z$) y la participación del trabajo en el gasto total en factores ($\Xi_t \equiv W_t N_t / (W_t N_t + P_t^E E_t^Z)$).

Brecha de Consumo: Rol de los márgenes y participación del trabajo

- El gap de consumo aumenta con los **márgenes de las empresas**, $\partial \Gamma_t / \partial \mathcal{M}_t^Z > 0$.
- El gap de consumo disminuye con la **participación del trabajo**, $\partial \Gamma_t / \partial \Xi_t < 0$.

$$\Gamma_t = \underbrace{1 + \frac{1}{1-\omega} \frac{\mathcal{M}_t^Z - 1}{\Xi_t}}_{\text{brecha de ingresos}} + \underbrace{\frac{1}{1-\omega} \left(\frac{1}{\Xi_t} - 1 - \frac{P_t X_t}{INC_{c,t}} \right)}_{\text{endeudamiento}}. \quad (5)$$

- Márgenes y participación del trabajo dados por

$$\mathcal{M}_t^Z = \frac{\varepsilon_t^{TFP} P_t}{\left((1 - \alpha_{ez}) W_t^{1-\psi_{ez}} + \alpha_{ez} (P_t^E)^{1-\psi_{ez}} \right)^{\frac{1}{1-\psi_{ez}}}}, \quad \Xi_t = \left(1 + \frac{\alpha_{ez}}{1 - \alpha_{ez}} \left(\frac{P_t^E}{W_t} \right)^{1-\psi_{ez}} \right)^{-1}.$$

- Dada la rigidez de precios, un aumento en P_t^E reduce los márgenes, $\partial \mathcal{M}_t^Z / \partial P_t^E < 0$.
- Dada baja elast. sustitución ($\psi_{ez} < 1$), un aumento en P_t^E reduce Ξ_t , $\partial \Xi_t / \partial P_t^E < 0$.

Brecha de Consumo: Rol de los márgenes y participación del trabajo

Un aumento en el precio de la energía tiene dos efectos opuestos en la brecha de consumo:

1. **Un aumento en P_t^E reduce los márgenes**, lo que reduce la brecha de consumo. Las rigideces nominales determinan la fuerza de este canal.
2. **Suponiendo $\psi_{ez} < 1$, un aumento en P_t^E reduce la participación laboral en el gasto total**. Esto lleva a un aumento en la brecha de consumo. El grado de complementariedad en la producción ψ_{ez} determina la fuerza de este canal.

Para valores bajos de ψ_{ez} , el segundo canal dominará. Un aumento en los precios de la energía aumentará la brecha de consumo y reducirá el PIB.

Calibration

Standard values: share of constrained HHs $\omega = 0.25$; Energy share $\alpha_{ez} = 5\%$; CES-degree $\psi_{ez} = 0.15$

Households

β	Household Discount Factor	0.9994	Annual net nominal rate $r_{ss} \approx 2.25\%$
σ	Household Risk Aversion	1.0000	Literature
χ	Utility Weight of Labour	1.4102	$L_{ss} = 1$
φ	Inverse Frisch Elasticity	2	Literature
ω	Share of constrained Households	0.2500	Literature
α_{ec}	Energy share in consumption, unconstrained	0.05	5 % energy share in production
ψ_{ec}	CES Degree between energy and non-energy in consumption	0.15	UK estimates

Labour Unions

ϵ_w	Elasticity of substitution for labour	11.0000	10 % gross wage markup
ϕ_w	Calvo Wage Adjustment	0.9200	Schmitt-Grohe Uribe 2006

Firms

α_{ez}	Energy share in production	0.05	5 % energy share in production
ψ_{ez}	CES Degree between energy and labour in production	0.15	UK estimates
ϵ_z	Elasticity of substitution for goods	11.0000	10 % gross final goods markup
ϕ_z	Calvo Price Adjustment	0.6600	Avg lifetime of prices 3Q

Monetary Policy

θ_{Π}	Interest Rate Sensitivity to Inflation	1.5000	Literature
θ_Y	Interest Rate Sensitivity to Output	0.1250	Literature
θ_R	Interest Rate Smoothing	0.9000	Literature
$\bar{\Pi}$	Inflation Target	1.0050	2% Target

World Trade

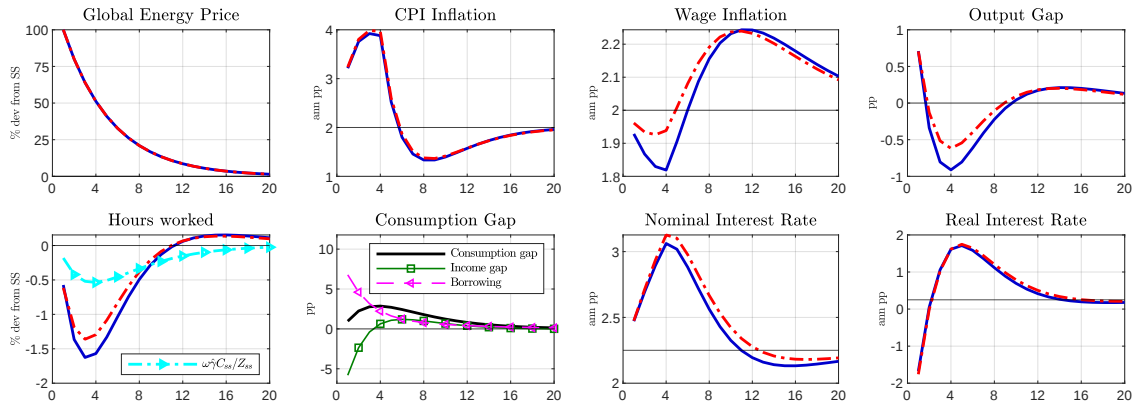
κ^*	Foreign preference for domestic exports	0.2632	export share $X_{ss}/Z_{ss}=0.25$
ς^*	Price elasticity of world demand for domestic exports	0.35	COMPASS

1. Modelo.
2. Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.
3. **IRFs bajo Regla de Taylor.**
4. Política monetaria optima.
5. Extensión: Energía en el consumo.
6. Conclusiones.

Impacto de shock Energético: TANK vs RANK bajo Regla de Taylor

- Shock induce contracción más profunda en TANK, debido al efecto sobre la demanda de energía más cara.
- Brecha de consumo aumenta: inicialmente debido a endeudamiento, luego a aumento en brecha de ingresos.

Figure 1: IRFs shock al Precio de la Energía: TANK (azul) vs RANK (rojo) bajo Regla de Taylor



— TANK Taylor (HtM share=0.25, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

- - - RANK Taylor (HtM share=0.00, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

Robustez y otros shocks de oferta

Robustez para las IRFs bajo Regla de Taylor

- Mayor elast. subs.: Un aumento en los precios de la energía provoca una caída en el precio relativo del trabajo, bajo mayor sustituibilidad entre energía y trabajo, aumenta la participación del trabajo. Efecto positivo sobre demanda.
- Papel de hogares constraint: Aumento en precio de energía induce una caída más pronunciada en la demanda agregada, lo que lleva a una recesión más profunda.

Shocks de oferta alternativos

- TFP: Diferente efecto sobre demanda en comparación con el shock energético, brecha de consumo *disminuye* ya que aumenta ingreso de hogares constrained; brecha de consumo está principalmente impulsado por brecha de ingresos.
- Margenes: Efecto sobre demanda similar al shock energético, pero el aumento en brecha de consumo se explica por la brecha de ingresos (en lugar de endeudamiento).

1. Modelo.
2. Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.
3. IRFs bajo Regla de Taylor.
4. **Política monetaria óptima.**
5. Extensión: Energía en el consumo.
6. Conclusiones.

Política Monetaria Óptima de Ramsey

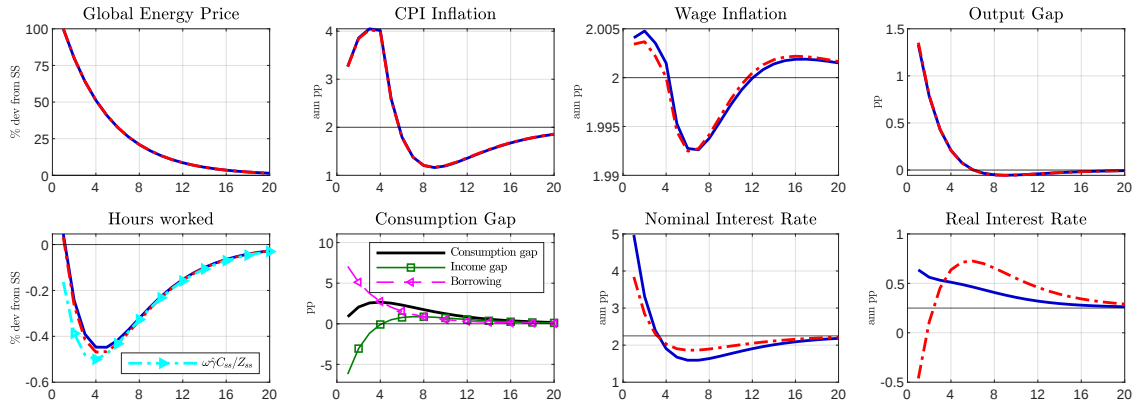
En modelo TANK, shock al precio de la energía tiene efectos tanto en la demanda como en la oferta.

- Precios de energía más altos aumentan la inflación $\rightarrow$ requiere una política monetaria más restrictiva.
- Precios de energía más altos reducen la demanda agregada $\rightarrow$ requiere una política monetaria más expansiva.
- Tanto en modelo RANK como TANK, la política monetaria óptima es en general contractiva para contrarrestar el efecto inflacionario del shock.
- Sin embargo, en modelo TANK, el impacto de precios de energía más altos sobre la demanda agregada mitiga sustancialmente las presiones inflacionarias.

Shock Energético: TANK vs. RANK bajo la Política de Ramsey

- Path similar para la inflación y el empleo, pero la implementación es diferente en TANK vs. RANK.
- Debido a impacto negativo del shock sobre la demanda, política monetaria es menos contractiva en TANK.

Figure 2: IRFs para shock al Precio de la Energía: Política de Ramsey - TANK vs. RANK



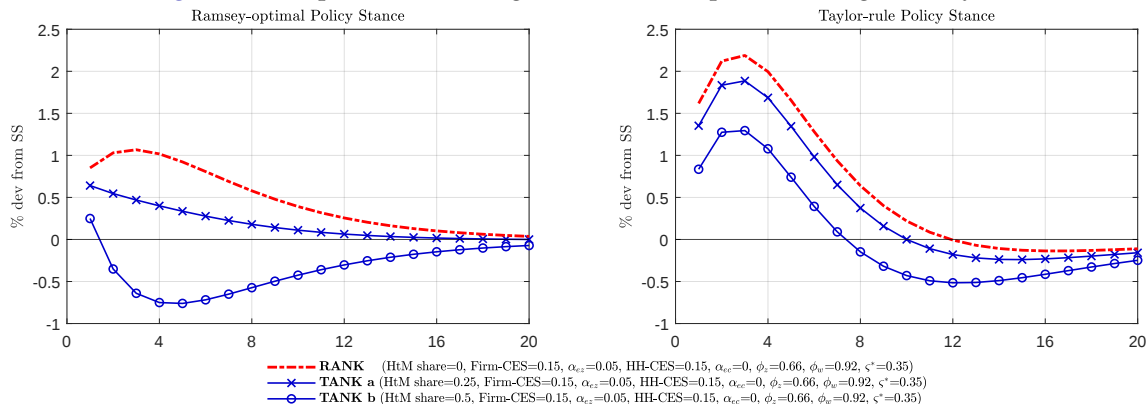
— TANK Ramsey (HtM share=0.25, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\zeta^*=0.35$)

- - - RANK Ramsey (HtM share=0.00, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\zeta^*=0.35$)

Shock Energético: Ramsey vs. Taylor con mayor proporción de hogares con restricciones financieras

- La figura muestra la posición de política monetaria, definida como $st_t \equiv \frac{1}{\sigma} \mathbb{E}_t \sum_{k=0}^{\infty} (\hat{r}_t - \hat{\pi}_{t+k+1})$.
- Con un mayor grado de fricciones financieras la posición se torna expansiva bajo la política óptima.

Figure 3: IRFs para Shock Energético: Política Óptima vs. Regla de Taylor



1. Modelo.
2. Efectos sobre la demanda de shocks al precio de la energía.
3. IRFs bajo Regla de Taylor.
4. Política monetaria óptima.
5. **Extensión: Energía en el consumo.**
6. Conclusiones.

Extensión: Energía en el Consumo - Descomposición de la Brecha de Consumo

La brecha de consumo log-lineal para el caso con energía solamente en el consumo es

$$\Gamma \hat{\gamma}_t = \underbrace{\frac{1}{1-\omega} \left(M_1 \mathcal{M} \hat{\mu}_t^Z \right)}_{\text{Brecha de ingresos}} + \underbrace{\frac{\mathcal{M}}{1-\omega} \left(B_2 \left(\hat{c}b_t - \hat{x}_t \right) + B_3 \hat{\mu}_t^Z + B_4 \left(1 - \frac{C}{Z} \psi_{ec} \right) \hat{p}_t^E \right)}_{\text{Endeudamiento}},$$

donde introducimos los términos auxiliares $M_1 > 1, B_2 > 0, B_3 < 0, B_4 > 0$.

Un $\uparrow$ en el precio de la energía aumenta la brecha de consumo ($\partial \hat{\gamma}_t / \partial \hat{p}_t^E > 0$) si la sustituibilidad entre energía y no energía en el consumo es lo suficientemente baja, $\psi_{ec} < Z/C$.

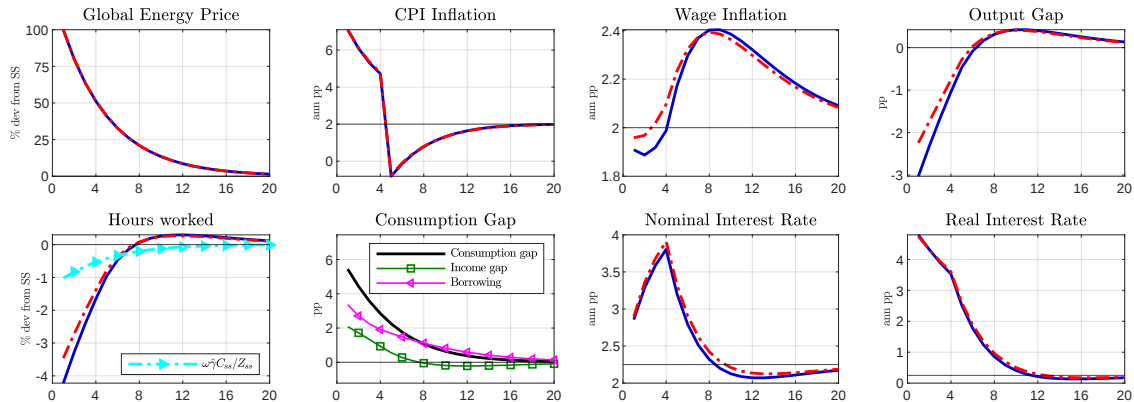
Con energía solamente en el consumo:

- Los márgenes de las firmas ya no 'absorben' parte del shock.
- Con energía en el consumo, el efecto sobre la demanda agregada es más fuerte que en el caso de energía en la producción.

Shock de Energía: Energía solo en el Consumo, Regla de Taylor

- El shock de energía induce una contracción más profunda en el TANK, debido a su efecto sobre la demanda.
- La brecha de consumo aumenta considerablemente: debido al endeudamiento y al aumento de la brecha de ingresos.

Figure 4: IRFs para un Shock al Precio de la Energía: TANK (azul) vs RANK (rojo) bajo Regla de Taylor



Conclusiones

Estudiamos la respuesta a un **shock al precio de la energía** en presencia de **heterogeneidad en los hogares**.

Resultados

- 1 Los shocks de energía afectan a la desigualdad debido a la heterogeneidad en los ingresos y el acceso al crédito.
- 2 Precios de energía más altos reducen los ingresos de los factores de producción domésticos, por tanto la demanda agregada cae más en TANK vs. RANK.
- 3 Shocks de energía son distintos a otros shocks de oferta (TFP, márgenes de las firmas).
- 4 En respuesta a un shock de energía, la política óptima de Ramsey prescribe una postura menos contractiva en TANK vs. RANK.

Appendix: UK Energy Prices

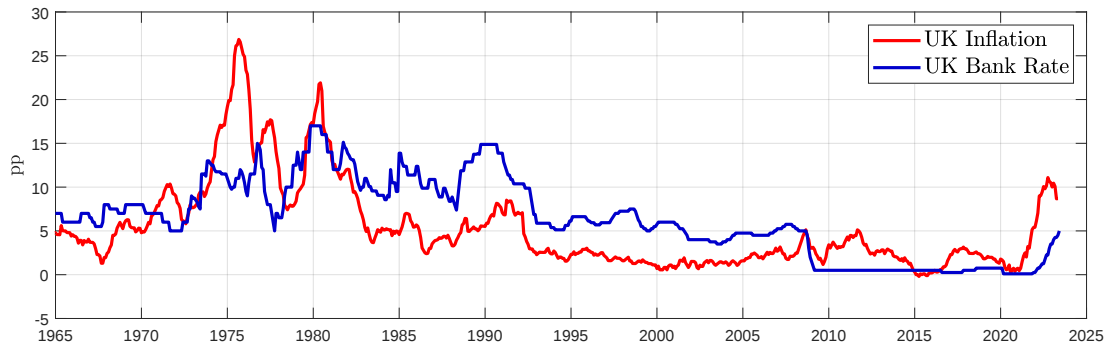
Figure 2.1: UK Energy Prices



Notes: This figure shows the real oil and gas spot prices for the UK, in £ per barrel and pence per therm, respectively. In mid-2022 the price of gas (blue line) had increased ten-fold, from an average of around 35 pence per therm before 2020 to a peak of around 350 pence per therm. Around the same time, the Sterling oil price (red line) reached a high of close to 100£ per barrel.

Appendix: UK Inflation and Bank Rate

Figure 2.2: UK CPI Inflation and Bank Rate

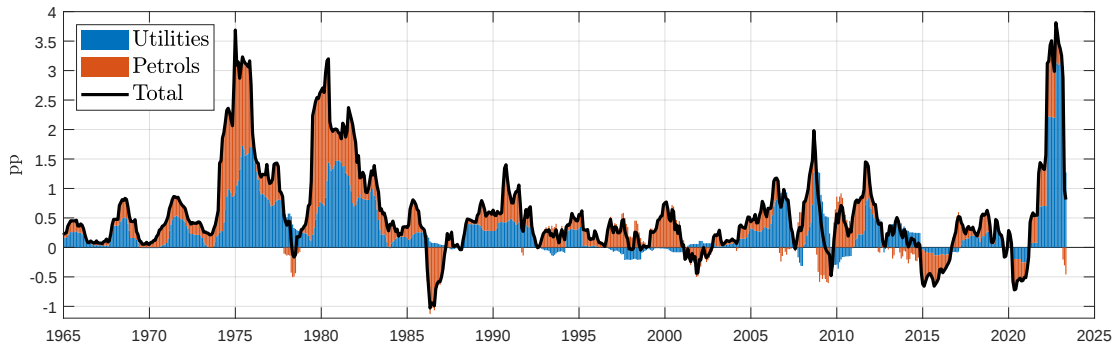


Notes: We show the UK's CPI inflation and Bank Rate series. For the period before 1988 we show RPI inflation rates.

Appendix: Direct Contribution of Energy Prices to UK CPI Inflation

Figure 2.3: Direct Contribution of Energy Prices to UK CPI Inflation

[▶▶ back](#)



Notes: We plot the direct contribution of energy prices to UK CPI inflation. In 2022, almost 4 percentage points of the UK's 11% CPI inflation could directly be attributed to energy price increases. While the energy price shocks of the 1970s contributed to inflation mainly via increases in petrol prices (red bars), the shock of 2022 mainly contributed to inflation via an increase in utility prices (blue bars).

Appendix: Model Equations (1)

Unconstrained Households maximise their lifetime utility

$$\mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{C_{u,t}^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} - \chi \frac{(N_{u,t}^h)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right).$$

$$\begin{aligned} \text{s.t.} \quad & W_t^h N_{u,t}^h + R_{t-1} B_{u,t-1} + \mathcal{E}_t \bar{R}^* B_{u,t-1}^* + DIV_{u,t}^F + DIV_{u,t}^L = P_t C_{u,t} + B_{u,t} + \mathcal{E}_t B_{u,t}^* + T_{u,t} + P_t \mathcal{T}_u, \\ & 1 = \mathbb{E}_t \left[\Lambda_{u,t,t+1} \frac{R_t}{\Pi_{t+1}} \right], \quad 0 = \mathbb{E}_t \left[\Lambda_{u,t,t+1} \frac{1}{\Pi_{t+1}} \left(R_t - \bar{R}^* \frac{\mathcal{E}_{t+1}}{\mathcal{E}_t} \right) \right]. \end{aligned} \quad (1)$$

where $\Pi_t \equiv P_t / P_{t-1}$ and $\Lambda_{u,t,t+1} \equiv \beta (C_{u,t} / C_{u,t+1})^\sigma$.

Constrained Households

$$P_t C_{c,t} = W_t^h N_{c,t}^h + DIV_{c,t}^L - T_{c,t} + P_t \mathcal{T}_c, \quad C_t = (1 - \omega) C_{u,t} + \omega C_{c,t}, \quad \Gamma_t \equiv \frac{C_{u,t}}{C_{c,t}}.$$

► back

Appendix: Model Equations (2)

Final Output Production

$$Z_t(i) = \varepsilon_t^{TFP} \left((1 - \alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} (N_t(i))^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}} + (\alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} (E_t^Z(i))^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}} \right)^{\frac{\psi_{ez}}{\psi_{ez}-1}}, \quad (2)$$

$$W_t = (1 - \alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} \frac{MC_t^Z}{\tau_t^Z} \left(\frac{Z_t(i)}{N_t(i)} \right)^{\frac{1}{\psi_{ez}}} \left(\varepsilon_t^{TFP} \right)^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}}, \quad P_t^E = (\alpha_{ez})^{\frac{1}{\psi_{ez}}} \frac{MC_t^Z}{\tau_t^Z} \left(\frac{Z_t(i)}{E_t^Z(i)} \right)^{\frac{1}{\psi_{ez}}} \left(\varepsilon_t^{TFP} \right)^{\frac{\psi_{ez}-1}{\psi_{ez}}}$$

Price & Wage Stickiness $\mathbb{E}_t \sum_{s=0}^{\infty} (\phi_z)^s \{ \Lambda_{u,t,t+s} Z_{t+s|t} (P_t^\# - \mathcal{M}_z MC_{t+s|t}^Z) \} = 0$, where $\mathcal{M}_z \equiv \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon_z - 1}$ is the desired final output price markup. Calvo Wage Stickiness a la Schmitt-Grohe Uribe 2006.

Energy Imports

$$p_t^E = \mathcal{Q}_t p_t^{E,*}, \quad p_t^{E,*} = \left(p_{ss}^{E,*} \right)^{1-\rho_E} \left(p_{t-1}^{E,*} \right)^{\rho_E} \varepsilon_t^E, \quad p_t^E = P_t^E / P_t \quad (3)$$

Non-Energy Exports

$$X_t = \kappa^* \left(\frac{P_t^{EXP}}{P_{ss}^{X*}} \right)^{-\zeta^*} Y_{ss}^*. \quad (4)$$

ζ^* is the substitution elasticity between differentiated non-energy exports in the rest of the world.

[▶ back](#)

Appendix: Log-linearised Model Equations (1)

Household Demand

$$\hat{c}_t = \mathbf{E}_t[\hat{c}_{t+1}] + \mathbf{E}_t[\omega \Delta \hat{\gamma}_{t+1}] - \frac{1}{\sigma} \left(\hat{r}_t - \mathbf{E}_t \left[\hat{\pi}_{t+1}^{CPI} \right] \right) - \psi_{ec} \alpha_{ec} \Delta \mathbf{E}_t \hat{p}_{t+1}^E \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \hat{c}_{u,t} = & \frac{N_{u,ss}^h}{E_{u,ss}^h + C_{u,ss}} \left(\hat{w}_t + \hat{n}_{u,t}^h \right) - \alpha_{ec} (1 - \psi_{ec}) \hat{p}_t^E + \frac{\left(b_{ss}^* (\hat{b}_t^* + \hat{q}_t) - \frac{\bar{R}^* b_{ss}^*}{\Pi_{ss}^*} (\hat{b}_{t-1}^* + \hat{q}_t) \right)}{\left(E_{u,ss}^h + C_{u,ss} \right) (1 - \omega)} \\ & + \frac{\left(Z_{ss} (\hat{\varepsilon}_t^{TFP} + (1 - \alpha_{ez}) \hat{n}_t + \alpha_{ez} \hat{e}_t^z) - (\hat{w}_t + \hat{n}_t) - E_{ss}^z (\hat{p}_t^E + \hat{e}_t^z) + X_{ss}(\hat{x}_t) - X_{ss}(\hat{x}_t) \right)}{\left(E_{u,ss}^h + C_{u,ss} \right) (1 - \omega)} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\hat{c}_{c,t} = \frac{N_{c,ss}^h}{C_{c,ss} + E_{c,ss}^h} (\hat{w}_t + \hat{n}_{c,t}) - \alpha_{ec} (1 - \psi_{ec}) \hat{p}_t^E, \quad E_{c,ss}^h / (E_{c,ss}^h + C_{c,ss}) = \alpha_{ec} \quad (7)$$

$$\hat{\gamma}_t = \hat{c}_{u,t} - \hat{c}_{c,t} \quad (8)$$

$$\hat{c}_t = \omega \hat{c}_{c,t} + (1 - \omega) \hat{c}_{u,t}, \quad \Leftrightarrow \quad \hat{c}_{u,t} = \hat{c}_t + \omega \hat{\gamma}_t \quad (9)$$

Appendix: Log-linearised Model Equations (2)

Market Clearing

$$\hat{w}_t^h = \widehat{mrs}_t = \varphi \hat{n}_t^h + \sigma \hat{c}_t + (\omega \alpha_{ec} + (1 - \omega) \alpha_{ec}) \hat{p}_t^E (1 - \sigma \psi_{ec}) \quad (10)$$

$$\hat{n}_t = \hat{n}_{u,t} = \hat{n}_{c,t} \quad (11)$$

$$\hat{c}_t = \frac{Z_{ss}}{C_{ss}} \left(\hat{\varepsilon}_t^{TFP} + (1 - \alpha_{ez}) \hat{n}_t + \alpha_{ez} \hat{c}_t^z \right) - \frac{X_{ss}}{C_{ss}} \hat{x}_t \quad (12)$$

Wage and Price Setting

$$\hat{\pi}_t^W = \frac{(1 - \phi_w \beta)(1 - \phi_w)}{\phi_w} \left(\hat{w}_t^h - \hat{w}_t \right) + \beta E_t \left[\hat{\pi}_{t+1}^W \right], \quad \hat{\pi}_t^W = \hat{w}_t - \hat{w}_{t-1} + \hat{\pi}_t \quad (13)$$

$$\hat{\pi}_t = \frac{(1 - \phi_z \beta)(1 - \phi_z)}{\phi_z} \left(\hat{m}c_t^Z \right) + \beta E_t \left[\hat{\pi}_{t+1} \right] \quad (14)$$

$$\hat{m}c_t^Z = \hat{w}_t + \hat{\varepsilon}_t^{\mathcal{M}_z} - \frac{1}{\psi_{ez}} (\alpha_{ez} \hat{c}_t^z - \alpha_{ez} \hat{n}_t) - \hat{\varepsilon}_t^{TFP} \quad (15)$$

$$\hat{m}c_t^Z = \hat{p}_t^E + \hat{\varepsilon}_t^{\mathcal{M}_z} - \frac{1}{\psi_{ez}} ((1 - \alpha_{ez}) \hat{n}_t - (1 - \alpha_{ez}) \hat{c}_t^z) - \hat{\varepsilon}_t^{TFP} \quad (16)$$

Appendix: Log-linearised Model Equations (3)

World

$$\hat{x}_t = \varsigma^* \hat{q}_t \quad (17)$$

$$\hat{r}_t = \mathbf{E}_t \hat{q}_{t+1} - \hat{q} + \mathbf{E}_t \hat{\pi}_{t+1} \quad (18)$$

$$\hat{p}_t^E = \hat{p}_t^{E,*} + \hat{q}_t \quad (19)$$

$$\hat{p}_t^{E,*} = \rho_E \hat{p}_{t-1}^{E,*} + \hat{\varepsilon}_t^E \quad (20)$$

Monetary Policy

$$\hat{r}_t = \theta_R \hat{r}_{t-1} + (1 - \theta_R) \left((\theta_\Pi / 4) \hat{\pi}_t^{CPI,a} + \theta_Y (\hat{n}_t - \hat{n}_t^{flex}) \right), \quad \hat{\pi}_t^{CPI,a} \equiv \sum_{j=0}^3 \hat{\pi}_{t-j}^{CPI} \quad (21)$$

$$\hat{\pi}_t^{CPI} = \hat{\pi}_t + \alpha_{ec} \Delta \hat{p}_t^E \quad (22)$$

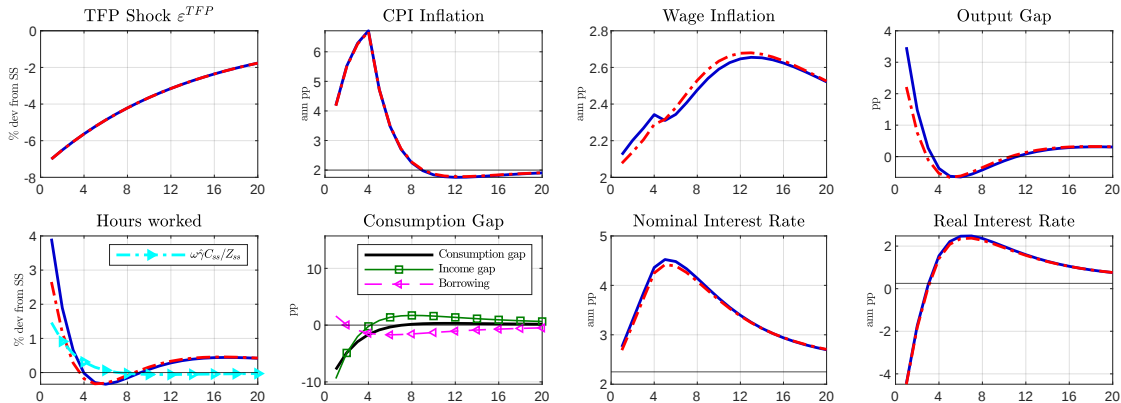
Shocks to (i) TFP, (ii) price markups and (iii) global energy prices

$$\hat{\varepsilon}_t^{TFP} = \rho_{TFP} \hat{\varepsilon}_{t-1}^{TFP} - \varsigma_{TFP} \eta_t^{TFP}, \quad \hat{\varepsilon}_t^{\mathcal{M}_z} = \rho_{\mathcal{M}_z} \hat{\varepsilon}_{t-1}^{\mathcal{M}_z} - \varsigma_{\mathcal{M}_z} \eta_t^{\mathcal{M}_z}, \quad \hat{\varepsilon}_t^E = \varsigma_E \eta_t^E$$

TFP Shock: TANK vs RANK under Taylor Rule

- Different demand-effect of TFP vs Energy shock: consumption gap $\downarrow$ as workers' income $\uparrow$.
- Consumption gap mainly driven by income gap.

Figure 2.4: IRFs for a TFP Shock: TANK (blue) vs RANK (red) under Taylor rule



— TANK Taylor (HtM share=0.25, Firm-CES=0.15, $\alpha_{e2}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

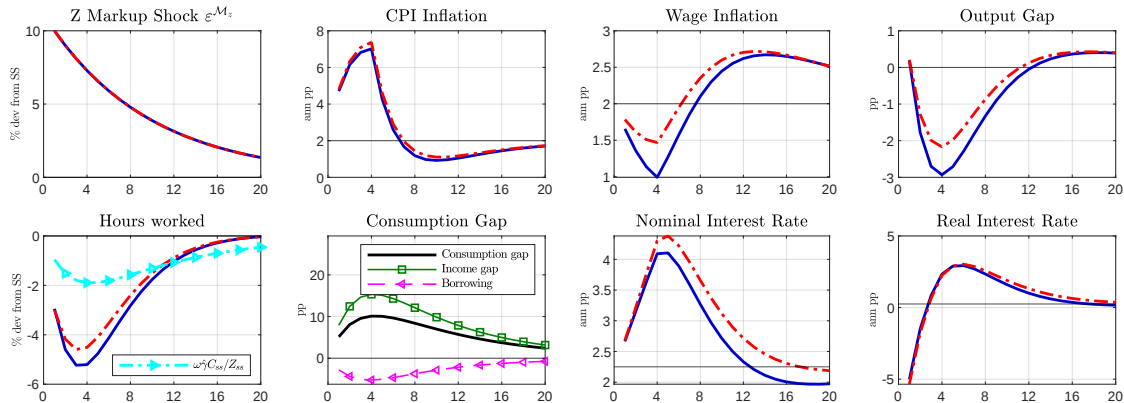
- - - RANK Taylor (HtM share=0.00, Firm-CES=0.15, $\alpha_{e2}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

►► back

Price Markup Shock: TANK vs RANK under Taylor Rule

- For the markup shock, rise in the consumption gap is largely explained by the income gap.
- Recall: for the energy shock, rise in consumption gap is largely explained by borrowing.

Figure 2.5: IRFs for a Markup Shock: TANK (blue) vs RANK (red) under Taylor rule



— TANK Taylor (HtM share=0.25, Firm-CES=0.15, $\alpha_{e2}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

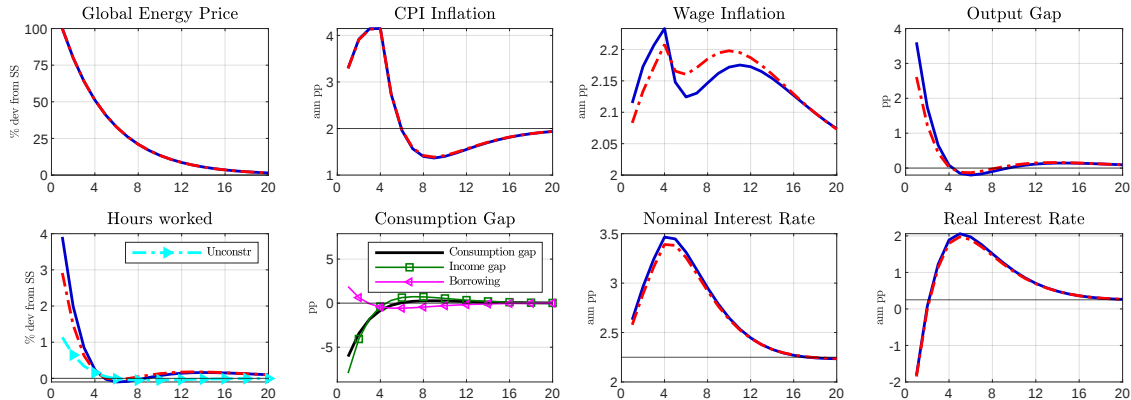
- - - RANK Taylor (HtM share=0.00, Firm-CES=0.15, $\alpha_{e2}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

►► back

Robustness: Energy Shock Under Higher Substitutability, $\psi_{ez} = 1$

- Increase in energy prices causes a fall in the relative price of labor.
- Under higher substitutability between energy and labour, employment increases.

Figure 2.6: Energy Shock IRFs under Higher Substitutability between Labour and Energy ($\psi_{ez} = 1$)



— TANK Taylor (HtM share=0.25, Firm-CES=1, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

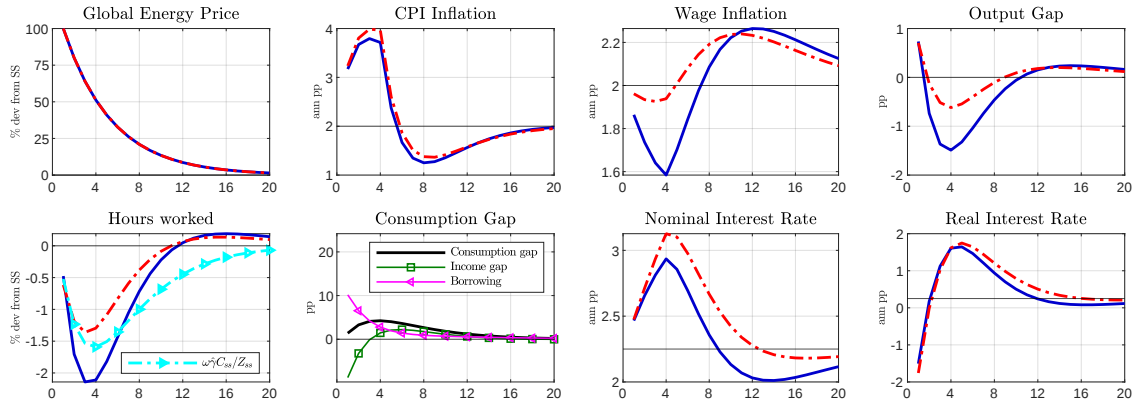
- - - RANK Taylor (HtM share=0.00, Firm-CES=1, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

» back

Robustness: Energy Shock Under Higher Constrained HH Share

- Under Higher Constrained HH Share ($\omega = 0.5$) an increase in energy prices induces a stronger fall in aggregate demand, leading to a deeper recession than in the baseline case.

Figure 2.7: Energy Shock IRFs under Higher Substitutability between Labour and Energy ($\psi_{ez} = 1$)



— **TANK Taylor** (HtM share=0.5, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

- - - **RANK Taylor** (HtM share=0.00, Firm-CES=0.15, $\alpha_{ez}=0.05$, HH-CES=0.15, $\alpha_{ec}=0$, $\phi_z=0.66$, $\phi_w=0.92$, $\varsigma^*=0.35$)

» back