

# MAKROEKONOMICKÉ MODELOVÁNÍ – PŘEDNÁŠKA 12

## New Keynesian economics

### Vlastnosti modelu

RBC modely se vyznačovaly těmito charakteristikami

- *Efektivnost hospodářských cyklů.* Hospodářské fluktuace – odezvy na změny reálných faktorů (TFP, technologie). Rovnovážné, efektivní (optimální reakce agentů). Dokonalá konkurence, flexibilní ceny. Stabilizační politika nemá význam.
- *Velký význam technologických šoků* jako zdroje hospodářských fluktuací. (TFP, Solowovo residuum). ALE technologie je spíše zdrojem dlouhodobého ekonomického růstu, ne hospodářských cyklů.
- *Omezená role monetárních faktorů.* Modely bez nominálních (peněžních) veličin. Zavedení peněz do modelu (MIU, CIA) nemá význam – peněžní neutralita. (To je v kontrastu s empirickými studiemi.) Monetární politika nemá vliv na reálnou ekonomiku. Pokud existuje, tak je divná (Friedmanovo pravidlo).

New Keynesian (NovoKeynesiánské, NK) modely přebírají některé vlastnosti z RBC.

- Nekonečně žijící agenti, kteří maximalizují užitek vůči rozpočtovému omezení
- Velký počet firem, produkční funkce se změnou technologie. Ale chybí kapitál, jen ve větších modelech.
- Reakce na exogenní šoky, agenti reagují, trhy se čistí. Je tam všeobecná rovnováha (general equilibrium).

Co je navíc?

- *Monopolistická konkurence.* Cena není pro firmu daná, ale firma ji sama nastavuje (price maker).
- *Nominální rigidity.* Firmy čelí omezení na změnu ceny produktu, který prodávají. Nebo čelí nákladům na změnu změnu ceny (menu cost). Obdobně pro pracovníky a změnu mezd.
- *Krátkodobá non-neutralita monetární politiky.* Změna krátkodobé nominální úrokové míry se plně neodrazí ve změně očekávané inflace  $\Rightarrow$  změna reálné úrokové míry  $\Rightarrow$  změna spotřeby, investic  $\Rightarrow$  výstupu, zaměstnanosti. (Firmy upraví nabízené množství podle změny poptávky). V dlouhém období se ceny a mzdy přizpůsobí a ekonomika se vrátí na svou přirozenou rovnováhu.

Tyto charakteristiky byly přítomny i v původních Keynesiánských modelech (70. a 80. léta), ale tyto modely byli většinou statické, v redukované podobě, neodvozené z dynamické optimalizace domácností a firem. New Keynesian tak převzali formální přístup k modelování, na kterém byly založeny RBC modely. Důsledky:

- (i) Odezva ekonomiky na šoky je neefektivní.
- (ii) Non-neutralita monetární politiky v krátkém období (kvůli nominálním rigiditám) vytváří prostor pro intervence monetární autority (centrální banky), která tak může zvýšit blahobyt. (Porovnání režimů monetární politiky).

## **Jsou novokeynesiánská vylepšení opodstatněná?**

### **Důkaz nominálních rigidit**

Ceny se mění pouze občas. Studie na U.S. data, průměrná změna 4 - 6 měsíců, další studie 8 - 11 měsíců. Velké rozdíly mezi statky/sektory (služby vs. potravin, energie). Obrázek.

### **Důkaz monetární non-neutrality**

Efekt likvidity. Změna nominální úrokové míry ovlivní reálnou úrokovou míru (obdobně změna peněžní nabídky ovlivní reálné peněžní zůstatky). Centrální banka může ovlivnit reálné veličiny.

Empirické ověření. Problémy s identifikací. Nominální úroková míra jako nástroj centrální banky je sama endogenní veličinou.

Christiano, Eichenbaum and Evans (1999). VAR model, restriktce pro identifikaci, identifikace exogenního šoku monetární politiky. Reakce veličin na šok (impulsní odezvy).

- Zvýšení úrokové míry, pokles reálného HDP (hump-shaped) – monetární šok má persistentní reálný dopad na HDP.
- Cenová hladina (HDP deflator) pokles, opožděná reakce – cenová rigidita.
- Peněžní agregát poklesl – snížení nabídky peněz kvůli zvýšení nominální úrokové sazby. (Efekt likvidity.)

### **Technologické šoky jako zdroj fluktuací?**

Galí (1999), VAR model.

- Proměnné: odpracované hodiny (zaměstnanost) a produktivita (HDP na pracovníka).
- Šoky: technologický a netechnologický, (technologický šok má dlouhodobý dopad na produktivitu).
- Identifikace: korelace a impulsní odezvy.

- Výsledky: Negativní korelace mezi odpracovanými hodinami a produktivitou při reakci na technologický šok. Naopak pozitivní korelace při reakci na netechnologický šok (např. poptávkový).
- Robustní výsledek (rozšířený model, jiné země než U.S.)
- Výsledky proti RBC teorii. Tam je zdrojem fluktuací technologický šok, který vyvolá *procyklické* chování zaměstnanosti a výstupu. To odporuje datům, technologický šok způsobí *proticyklické* chování zaměstnanosti.

## Základní novokeynesiánský model

Model se skládá ze tří rovnic

Dynamická IS křivka (rovnováha na trhu statků)

$$\tilde{y}_t = E_t \tilde{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1} - \rho) + \epsilon_{yt} \quad (1)$$

Novokeynesiánská Phillipsova křivka

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa \tilde{y}_t + \epsilon_{\pi t} \quad (2)$$

Monetární pravidlo (např. Taylorovo pravidlo)

$$i_t = \rho + \phi_\pi \pi_t + \phi_y \tilde{y}_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

kde  $\pi_t$  je míra inflace,  $\tilde{y}_t$  je mezera výstupu (odchylka od přirozené úrovně výstupu, kde „přirozená“ znamená při absenci nominálních rigidit).  $i_t$  je nominální úroková míra,  $\rho$  je diskontní míra (= rovnovážná reálná úroková míra).  $\epsilon$  jsou šoky, zbytek jsou parametry.

## Odvození IS křivky

Domácnosti řeší standardní optimalizační problém

$$\max E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right)$$

kde

$$C_t = \left[ \int_0^1 C_t(i)^{1-\frac{1}{\epsilon}} di \right]^{\frac{\epsilon}{1-\epsilon}}$$

vzhledem k

$$\int_0^1 P_t(i) C_t(i) di + B_t \leq (1 + i_t) B_{t-1} + W_t N_t + D_t$$

a no-Ponzi game omezení

$$\lim_{t \rightarrow \infty} B_t \geq 0$$

$D_t$  jsou dividendy z firem, které domácnosti vlastní,  $B_{t-1}$  jsou obligace pro přenos bohatství mezi obdobími, jinak značení obvyklé. Odbočka:

Řešením optimální alokace výdajů na různé typy statků  $C_t(i)$ , tedy

$$\max \left[ \int_0^1 C_t(i)^{1-\frac{1}{\varepsilon}} \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}$$

vzhledem k

$$\int_0^1 P_t(i)C_t(i)di = Z_t$$

je poptávková křivka

$$C_t(i) = \left( \frac{P_t(i)}{P_t} \right)^{-\varepsilon} C_t$$

kde  $\varepsilon$  je elasticita substituce mezi jednotlivými statky. Cenová elasticita poptávky je  $-\varepsilon$ .

$$C_t P_t = \int_0^1 C_t(i)P_t(i)di$$

Řešením mezičasové optimalizace (pomocí Lagrangiánu) dostáváme podmínky prvního řádu a po dosazení

$$\frac{C_t^{-\sigma}}{P_t} = \beta E_t \left\{ \frac{C_{t+1}^{-\sigma}}{P_{t+1}} \right\} (1 + i_t)$$

Po úpravách a využití vztahu pro reálnou úrokovou míru

$$1 + r_t = \frac{1 + i_t}{1 + E_t \pi_{t+1}}$$

dostáváme Eulerovu rovnici

$$\left( \frac{C_{t+1}}{C_t} \right)^{\sigma} = \beta(1 + r_t)$$

Využitím  $\beta = \frac{1}{1+\rho}$

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \left( \frac{1 + r_t}{1 + \rho} \right)^{\frac{1}{\sigma}}$$

Po zlogaritmování

$$c_t = E_t c_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1} - \rho)$$

případně odečtení steady-statové hodnoty  $\ln \bar{C} = \bar{c}$  dostaneme rovnici IS křivky v odchylkách

$$\hat{c}_t = E_t \hat{c}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1} - \rho)$$

Podmínka vyčištění trhu (model bez investic)  $Y_t = C_t$  dostáváme

$$\hat{y}_t = E_t \hat{y}_{t+1} - \frac{1}{\sigma} (i_t - E_t \pi_{t+1} - \rho)$$

Intratemporální podmínka

$$\frac{N_t^\varphi}{C_t^{-\sigma}} = \frac{W_t}{P_t}$$

$$N_t^\varphi C_t^\sigma = \frac{W_t}{P_t}$$

Po zlogaritmování

$$w_t - p_t = \sigma c_t + \varphi n_t = m r s_t$$

## Odvození Phillipsovy křivky

Nominální rigidity ala Calvo (1983). Je dána pravděpodobnost  $(1 - \theta)$ , že firma může v daném období přenastavit cenu. Praděpodobnost je nezávislá na historii změny cen a také nezávislá napříč firmami.  $\theta \in [0, 1]$  udává míru cenové strnulosti. Implikovaná průměrná délka kontraktů je  $\frac{1}{1-\theta}$ .

Optimalizace firem. Je zde kontinuum monopolisticky konkurečních firem na intervalu  $[0, 1]$ , každá vyrábí diferencovaný statek. Produkční funkce

$$Y_t(i) = A_t N_t(i).$$

Podle Galího

Representativní firma maximalizuje současnou hodnotu budoucích zisků vzhledem k podmínce, že nemůže změnit cenu dalších  $k$  období.

$$\max_{P_t^*} \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \{ Q_{t,t+k} (P_t^* Y_{t+k,t} - X_{t+k}(Y_{t+k,t})) \}$$

kde  $X$  je nákladová funkce,  $Y_{t+k,t}$  je budoucí poptávka,  $P_t^*$  is the nová cena, optimální cena,  $\theta$  is pravděpodobnost, že firma nebude schopna přenastavit cenu v dalším období.

$$Y_{t+k,t} = C_{t+k} \left( \frac{P_t^*}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon}$$

My trochu jiný přístup: kombinace Calvo (1983) a Rotemberg (1987) (nákladná změna cen).

Reprezentativní firma  $i$  nastavuje cenu tak, aby minimalizovala kvadratickou ztrátovou funkci: rozdíl mezi skutečnou cenou firmy v čase  $t$  ( $p_{it}$ ) a cílovou (optimální) cenou ( $p_t^*$ ).<sup>1</sup> Cena  $p_t^*$  je cenou maximalizující zisk při nepřítomnosti jakýchkoli omezení či nákladů spojených s úpravou ceny.

Při nastavení ceny v čase  $t$  firma minimalizuje ztrátovou funkci

$$\frac{1}{2} E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j (p_{it+j} - p_{t+j}^*)^2$$

vzhledem k podmínce, že nebude moci cenu v budoucnu upravovat (s pravděpodobností  $\theta$ ).

<sup>1</sup>Frimy jsou identické, proto je index  $i$  u cílové ceny vynechán.

Můžeme rozepsat členy zahrnující cenu stanovenou v čase  $t$  ( $p_{it}$ ).

$$(p_{it} - p_t^*)^2 + \theta\beta E_t(p_{it} - p_{t+1}^*)^2 + \theta^2\beta^2 E_t(p_{it} - p_{t+2}^*)^2 + \dots$$

neboli

$$\frac{1}{2} \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j E_t(p_{it} - p_{t+j}^*)^2,$$

$\theta$  je pravděpodobnost, že firma nemůže upravit cenu, takže cena stanovená v čase  $t$  platí i v čase  $t+1$ ,  $t+2$  ...

Podmínka prvního řádu pro optimální volbu ceny  $p_{it}$  je

$$p_{it} \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j - \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j E_t p_{t+j}^* = 0$$

Parametry  $\theta$  i  $\beta$  jsou kladná čísla mezi nulou a jedničkou, součet nekonečné řady můžeme přepsat jako  $\frac{1}{1-\theta\beta}$ . Jelikož firmy jsou identické, agregací dostaneme optimální cenu nastavenou všemi firmami, které přenastavují cenu.

$$\int_0^1 p_{it} = p_t^{opt}$$

Dostaneme

$$p_t^{opt} = (1 - \theta\beta) \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j E_t p_{t+j}^* \quad (4)$$

cena nastavená firmou v čase  $t$  je váženým průměrem současné a očekávaných budoucích optimálních (cílových) cen  $p^*$ . (je-li  $\theta$  malá, je doba mezi úpravami cen krátká, budoucím cílovým cenám je přidělena menší váha.)

Rovnici (4) posuneme o jednoho období dopředu a spočítáme očekávanou (střední) hodnotu

$$E_t p_{t+1}^{opt} = (1 - \theta\beta) \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j E_t p_{t+1+j}^*.$$

vynásobíme výrazem  $\theta\beta$

$$\theta\beta E_t p_{t+1}^{opt} - \theta\beta(1 - \theta\beta) \sum_{j=0}^{\infty} \theta^j \beta^j E_t p_{t+1+j}^* = 0$$

přičteme k pravé straně rovnice (4) dostaneme po úpravách rekurzivní formulaci.

$$p_t^{opt} = (1 - \theta\beta)p_t^* + \theta\beta E_t p_{t+1}^{opt} \quad (5)$$

Nyní si vyjádříme agregátní cenou hladinu, což je vážený průměr firem, které nastavují cenu (těch je  $(1 - \theta)$ ) a těch ostatních, kteří drží starou cenu (těch je  $\theta$ ).

$$p_t = (1 - \theta)p_t^{opt} + \theta p_{t-1} \quad (6)$$

Rovnici (6) posuneme o krok dopředu a aplikujeme střední hodnotu. Dostaneme

$$E_t p_{t+1} = (1 - \theta)E_t p_{t+1}^{opt} + \theta p_t$$

$$E_t p_{t+1}^{opt} = \frac{E_t p_{t+1} - \theta p_t}{(1 - \theta)}$$

a dosadíme do rovnice (5)

$$p_t^{opt} = (1 - \theta\beta)p_t^* + \theta\beta \frac{E_t p_{t+1} - \theta p_t}{(1 - \theta)} \quad (7)$$

a poté do rovnice (6)

$$p_t = (1 - \theta) \left[ (1 - \theta\beta)p_t^* + \theta\beta \frac{E_t p_{t+1} - \theta p_t}{1 - \theta} \right] + \theta p_{t-1}$$

$$p_t = (1 - \theta)(1 - \theta\beta)p_t^* + \theta\beta E_t p_{t+1} - \theta^2 \beta p_t + \theta p_{t-1} \quad (8)$$

V prostředí monopolistické konkurence je optimální cena při absenci rigidit (tedy za předpokladu flexibilních cen) nastavena jako přírážka (mark-up) k (nominálním) mezním nákladům.

$$P_t^* = \frac{\epsilon}{1 - \epsilon} MC_t = \mathcal{M} MC_t$$

kde  $\epsilon$  je elasticita substituce mezi různými statky. V logaritmech

$$p_t^* = \mu + mc_t$$

kde  $\mu = \ln \mathcal{M}$  a  $mc_t = \ln MC_t$ .

Obdobně pro reálné mezní náklady platí (ted' ale již v případě přítomnosti nominálních rigidit)

$$\frac{P_t^*}{P_t} = \mathcal{M}_t \frac{MC_t}{P_t} = \mathcal{M}_t RMC_t$$

kde  $\mathcal{M}_t$  je průměrný mark-up (liší se v zahrnutí indexu  $t$ ). V logaritmech

$$p_t^* = \mu_t + p_t + rmc_t \quad (9)$$

Rovnici (9) vložíme do rovnice (8) a po roznásobení a úpravách dostaneme

$$p_t - p_{t-1} = \beta(E_t p_{t+1} - p_t) + \frac{(1 - \theta)(1 - \theta\beta)}{\theta}(rmc_t + \mu_t)$$

a využitím vztahu pro inflaci  $\pi_t = p_t - p_{t-1}$  dostaneme

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \lambda (rmc_t - \mu_t) \quad (10)$$

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

Pokud chceme rovnici 10 vyjádřit jako odchylku od steady-statu s flexibilními cenami využijeme vztah pro reálné mezní náklady. V případě flexibilních cen všechny firmy nastaví stejnou cenu  $P_t^* = P_t$  tedy  $RMC = \frac{1}{\mathcal{M}}$  a v logartimech  $rmc = -\mu$ .

Dosazením do 10 dostaneme

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \lambda (\mu - \mu_t) \quad (11)$$

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} - \lambda (\mu_t - \mu) \quad (12)$$

Je vidět, jak rozdíl mezi průměrnou přírážkou ( $\mu_t$ ) a požadovanou přírážkou ( $\mu$ ) ovlivňuje míru inflace. Pokud je průměrná přírážka ( $\mu_t$ ) pod svou steady statovou (požadovanou) hodnotou ( $\mu$ ), firmy, které budou mít možnost přecenit, zvýší cenu (nad průměrnou úroveň v ekonomice), aby se přiblížili požadované úrovni přírážky. To pak má kladný vliv na inflaci.

Nyní si ukážeme, jak je rozdíl v mark-upech svázán s mezerou výstupu (odchylkou of flexibilní rovnováhy). Pro reálné mezní náklady platí,

$$RMC_t = \frac{W_t/P_t}{MPL_t}$$

s využitím produkční funkce a intratemporální podmínky

$$\frac{W_t}{P_t} = \frac{A_t}{\mathcal{M}_t} = \frac{N_t^\varphi}{C_t^{-\sigma}}$$

a podmínky vyčištění trhu  $y_t = c_t$  a produkční funkce  $y_t = a_t - n_t$  (v logartimech) můžeme psát pro průměrný mark-up

$$\mu_t = a_t - (w_t - p_t) = a_t - \varphi n_t - \sigma c_t = a_t - \varphi n_t - \sigma y_t = a_t - \varphi y_t + \varphi a_t - \sigma y_t = (1 + \varphi)a_t - (\sigma + \varphi)y_t$$

v případě flexibilních cen

$$\mu = (1 + \varphi)a_t - (\sigma + \varphi)y_t^n$$

kde  $y_t^n$  je úroveň přirozeného výstupu (při flexibilních cenách). Odečtením dvou výrazů dostaneme

$$\mu_t - \mu = -(\sigma + \varphi)\tilde{y}_t$$

kde  $\tilde{y}_t$  mezera výstupu.

Dosazením do 12 dostaneme „New Keynesian Phillips curve“

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa \tilde{y}_t + u_t \quad (13)$$

kde  $\kappa = -(\sigma + \varphi)\lambda$  a  $u_t$  je (nákladový, cost-push) šok.

Vlastnosti PC:

- Vpředhledící charakter. Pro současnou hodnotu inflace mají velký význam očekávání budoucí inflace.
- Sklon Phillipsovy křivky závisí na míře cenové rigidity. Sklon  $\kappa$  klesá s  $\theta$ . PC má menší sklon při vyšší pravděpodobnosti, že firmy nemohou změnit cenu.



- Rovnici (13) můžeme iterovat dopředu a dostaneme

$$\pi_t = \kappa E_t \sum_{j=0}^{\infty} \beta^j \tilde{y}_{t+j} \quad (14)$$

Současná inflace je tak funkcí budoucích (diskontovaných) ekonomických podmínek. Proměnná  $\tilde{y}_{t+j}$  zachycuje pohyby v mezních nákladech spojené s kolísáním přebytečné poptávky.

- Existuje zde persistence v cenové hladině, ale nikoliv v inflaci. To je bývá v rozporu s daty.

Pro zvýšení schopnosti zachytit chování v datech je proto často přidáván člen zahrnující minulou inflaci, který může být behaviorálně vysvětlen jako indexace cen k minulé inflaci

$$\pi_t = \gamma \pi_{t-1} + (1 - \gamma) \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa \tilde{y}_t + u_t \quad (15)$$

### Acknowledgement

Tisíceré díky Tomáši Motlovi za podpůrné materiály. Případné chyby jsou moje vlastní :)