

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

ČRT LENARČIČ

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**DINAMIČNI STOHAŠTIČNI MODEL SPLOŠNEGA RAVNOTEŽJA
Z NAFTNIMI ŠOKI**

LJUBLJANA, JUNIJ 2011

ČRT LENARČIČ

IZJAVA

Študent Črt Lenarčič izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Saša Polanca, in da v skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim njegovo objavo na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 20.06.2011

Podpis: _____

KAZALO

UVOD	1
1 NAFTA V STRUKTURI SLOVENSKEGA GOSPODARSTVA	2
1.1 Povezava strukture slovenskega gospodarstva z vplivom gibanja cen v nafti in naftnih derivatov	2
1.1.1 Razlogi za kratkoročno nihanje cen nafte na svetovnem trgu	2
1.2 Vpliv nihanja cen nafte na svetovnem trgu	3
1.2.1 Vpliv nihanja cen nafte na slovensko gospodarstvo	6
1.3 Empirična analiza z vektorsko avtoregresijo.....	7
1.3.1 Specifikacija modela vektorske avtoregresije.....	8
1.3.2 Ocena modela vektorske avtoregresije	11
1.3.3 Testiranje ocenjenega modela	12
1.3.4 Rezultati in napovedovanje	13
2 TEORETIČNI VIDIK DINAMIČNIH STOHAŠTIČNIH MODELOV	
SPLOŠNEGA RAVNOTEŽJA	15
2.1 Razvoj dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja	15
2.2 Struktura dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja.....	16
2.2.1 Gospodinjstva	17
2.2.2 Podjetja	17
2.2.3 Drugi ekonomski subjekti	18
2.2.4 Problem modelov odprtih gospodarstev	18
3 DINAMIČNI STOHAŠTIČNI MODEL SPLOŠNEGA RAVNOTEŽJA	
MALEGA ODPRTEGA GOSPODARSTVA Z NAFTNIMI ŠOKI	19
3.1 Podjetja.....	20
3.1.1 Domača podjetja	20
3.1.2 Uvozna podjetja	26
3.1.3 Izvozna podjetja	30
3.2 Gospodinjstva	32
3.2.1 Določanje domače obrestne mere	38
3.2.2 Indeks cen življenjskih potrebščin	39
3.2.3 Oblikovanje plač gospodinjstev	40
3.3 Država.....	42

3.4 Eksogeni procesi.....	45
3.5 Relativne cene	46
3.6 Tržna ravnovesja	46
3.7 Ustaljeno stanje	48
4 KALIBRACIJA PARAMETROV, OCENJEVANJE PARAMETROV IN	
REŠEVANJE MODELA.....	55
4.1 Kalibracija parametrov	55
4.2 Bayesijska metoda ocenjevanja parametrov	56
4.2.1 Bayesov teorem.....	56
4.3 Programski paket Dynare	58
4.4 Reševanje modela.....	58
4.5 Rezultati in simulacije	59
SKLEP	62
LITERATURA IN VIRI.....	64

KAZALO SLIK

Slika 1: Gibanje cen nafte glede na indeks cen potrošnih izdatkov v ZDA v obdobju od 1960 do 2004	4
Slika 2: Časovne serije posameznih spremenljivk v obdobju 1999M12-2011M3.....	9
Slika 3: CUSUM test ostankov posameznih spremenljivk	13
Slika 4: Impulzni odzivi posameznih spremenljivk na šok za 1 odstotno točko v cenah sodčka surove nafte	14
Slika 5: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na intervalu 20-ih obdobj	60
Slika 6: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na intervalu 40-ih obdobj	60
Slika 7: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na agresivne trošarine na intervalu 40-ih obdobj.....	61
Slika 8: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na agresivne trošarine na intervalu 20-ih obdobj.....	62

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vpliv naftnih šokov na nestanovitnost posameznih ekonomskih agregatov za ZDA v obdobju od 1960 do 2005	5
Tabela 2: Odstotna vrednost uteži za gorivo in energijo v indeksu cen življenjskih potrebščin (HICP) v obdobju od 2000 do 2011	7
Tabela 3: Opisne statistike spremenljivk posameznih časovnih serij	8
Tabela 4: ADF test logaritmiranih spremenljivk.....	10
Tabela 5: ADF test diferenciranih spremenljivk	10
Tabela 6: Johansenov test kointegracije.....	11
Tabela 7: Jarque-Berajev test normalnost porazdelitve ostankov	12

UVOD

Potreba po razumevanju odnosov med ekonomskimi politikami, inflacijo ter gospodarskimi poslovnimi cikli je pripeljala do razvoja novih makroekonomskih modelov, imenovanih dinamični stohastični modeli splošnega ravnotežja, ki jih danes večinoma uporabljajo pri analizi monetarne politike. Z namenom, da bi izboljšali življenjski standard različni ekonomski agenti spremljajo gibanje nekaterih ključnih ekonomskih spremenljivk, kot so inflacija, zaposlenost in gospodarska rast. Pomembno vlogo pri oblikovanju teh pa ima monetarna politika, ki jo izvajajo centralne banke v okviru nacionalnega ali tudi nadnacionalnega interesa. Spremembe v obrestnih merah imajo neposredni vpliv tako na vrednotenje finančnih sredstev ter njihovih pričakovanih donosov kot tudi na potrošne in investicijske odločitve gospodinjstev in podjetij (Galí, 2008, str. 1). Te odločitve se izražajo v bruto domačem proizvodu (v nadaljevanju BDP), gospodarski rasti, zaposlenosti in inflaciji. Metodologija dinamičnih stohastičnih modelov skuša pojasniti vpliv monetarnih in fiskalnih politik na ekonomske agregate na podlagi mikroekonomskih načel.

Dinamični stohastični modeli splošnega ravnotežja pa niso uporabni le pri teoretičnem opisu makroekonomske strukture, temveč predstavljajo tudi učinkovito orodje pri empiričnih makroekonomskih raziskavah napovedovanja ekonomskih agregatov in pri kvantitativni analizi različnih ekonomskih politik.

Namen magistrskega dela je na osnovi spoznanj, objavljenih v (predvsem tuji) strokovni literaturi, proučiti nov pristop k raziskovanju in razumevanju delovanja gospodarskih poslovnih ciklov celotnega slovenskega gospodarstva z vpeljavo cenovnih šokov v eni izmed najbolj pomembnih dobrin, to je nafte.

Cilj magistrskega dela je oblikovati eno-sektorski dinamični stohastični makroekonomski model splošnega ravnotežja malega odprtega gospodarstva na primeru slovenskega gospodarstva ter raziskati vpliv šokov v cenah nafte. Pri tem so me zanimali zlasti učinki šokov v cenah nafte na pomembne ekonomske spremenljivke in na njihovo gibanje v času po šokih. Prav tako sem skušal preko modela ugotoviti, kakšen učinek imajo oziroma lahko imajo davki (trošarine) na gibanje agregatnih ekonomskih spremenljivk v slovenskem gospodarstvu.

Magistrsko delo je razdeljeno na štiri glavna poglavja. V prvem poglavju sem predstavil osnovno strukturo slovenskega gospodarstva ter empirične značilnosti naftnih šokov, ki vplivajo na slovensko gospodarstvo. Skušal sem prikazati odvisnost slovenskega gospodarstva od cen nafte in njenih derivatov, ki predstavljajo pomembno surovino tako za podjetja kot tudi za gospodinjstva. Odvisnost slovenskega gospodarstva od gibanja cen nafte sem prikazal z enostavnim modelom vektorske avtoregresije.

V drugem poglavju sem podal krajši teoretični vidik dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja ter skušal prikazati njihov razvoj in razložiti temeljno strukturo takšnih makroekonomskih modelov.

Slovenija je v primerjavi s svetom značilno malo odprto gospodarstvo, kar pomeni, da nima bistvenega vpliva na svetovno gospodarstvo. Temu sledi tudi teoretična struktura dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja. Slovensko gospodarstvo tako sprejema tuje ekonomske spremenljivke kot eksogeno dane in na njih nima vpliva. Med temi spremenljivkami se nahaja tudi nafta, saj sem predpostavil, da se nafta uvaža, kar je za Slovenijo realistična predpostavka.

V tretjem poglavju magistrske naloge sem določil matematični del dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja, kar sem razdelil na podjetniški sektor, obnašanje gospodinjstev in njihovo povpraševanje po dobrinah, obnašanje države v ekonomiji ter eksogene procese. To sem zaključil tudi s prikazom tržnega ravnovesja in ustaljenega stanja.

Četrto poglavje sem namenil teoretičnemu ocenjevanju parametrov modela, predstavitvi uporabljenega programskega orodja Dynare in kalibraciji modela, s katero sem določil vrednosti parametrov, ki so potrebni za izvajanje simulacij gibanja ekonomskih spremenljivk. Na koncu je predstavljena teoretična matrična struktura rešitve dinamičnega stohastičnega modela.

V sklepu sem predstavil rezultate in razlage simulacij gibanja glavnih ekonomskih agregatov slovenskega gospodarstva.

1 NAFTA V STRUKTURI SLOVENSKEGA GOSPODARSTVA

1.1 Povezava strukture slovenskega gospodarstva z vplivom gibanja cen v nafti in naftnih derivatov

1.1.1 Razlogi za kratkoročno nihanje cen nafte na svetovnem trgu

Nafta predstavlja na svetovnem nivoju redko surovino, saj pogosto stopnja potrošnje nafte presega stopnjo njene proizvodnje in odkrivanja novih naftnih nahajališč. Rezultat tega je, da cena nafte raste, tudi ko je povpraševanje po njej dokaj konstantno. Ta vidik predstavlja pomembno osnovo za razumevanje dolgoročnega obnašanja gibanja cen nafte na svetovnem trgu (Heal & Chichilnisky, 1991, str. 1).

V magistrski nalogi sem se posvetil razlogom kratkoročnega nihanja cen nafte. Cena nafte lahko niha tako z motnjami na strani povpraševanja kot tudi motnjami na strani ponudbe. Odkritje novih naftnih polj poveča ponudbo nafte, zaradi česar se njena cena zniža. Tak

primer so petdeseta in šestdeseta leta 20. stoletja, ko je prišlo do odkritij velikih naftnih najdišč in ko so cene nafte bistveno padle. K padcu cene prispevajo tudi nova tehnološka odkritja v proizvodnji nafte, padec povpraševanja zaradi recesij, pojav alternativnih energetskih substitutov, kot so jedrska energija, vetrna energija ali sončna energija (Heal & Chichilnisky, 1991, str. 1-2). Na dvig cene nafte lahko vpliva povečanje povpraševanja po nafti, predvsem po zaslugi rasti gospodarstev, kot so Kitajska, Brazilija, Indija in Južna Koreja), šibkost dolarja, zavedanje o omejenih zalogah nafte v prihodnosti, politični nemiri v državah izvoznic nafte ter tudi naravne katastrofe (Geman, 2008, str. 187).

1.2 Vpliv nihanja cen nafte na svetovnem trgu

Makroekonomisti od sedemdesetih let 20. stoletja naprej gledajo na spremembe cen nafte in naftnih derivatov kot na ključni vir ekonomskih fluktuacij in kot na paradigmo globalnega šoka, ki lahko hkrati prizadene veliko število gospodarstev. Primer sta bila naftna šoka v sedemdesetih in osemdesetih letih 20. stoletja) s počasno gospodarsko rastjo, visoko brezposelnostjo in visoko inflacijo, to je stagflacijo.

Ker je kratkoročno povpraševanje po nafti skoraj povsem neelastično, imajo naftni šoki velik vpliv na gospodarsko aktivnost držav¹. Zviševanje stroškov zaradi povečanja cen nafte povzročijo, da so podjetja, ki maksimirajo dobiček, prisiljena zviševati ceno svojih produktov ter zmanjševati ravnovesni nivo svoje končne proizvodnje. Za koliko se bo profit zmanjšal podjetjem, je odvisno od elastičnosti povpraševanja po njihovih produktih. V primeru neelastičnega povpraševanja po določenih proizvodih lahko ta podjetja stroškovno breme povečanja cen nafte prevalijo na končnega kupca (Riley, 2006).

Kljub temu pa je v zadnjih desetletjih opaziti, da se spremembe naftnih cen ne odražajo več tako močno v gospodarskih ciklih. Od konca 90-ih let je bil svet priča še dvema naftnima šokoma, ki sta bila po primerjavi na nivoju naftnih šokov v 70-ih, a vendar bistvenega vpliva na gospodarsko rast in inflacijo ni bilo (Blanchard & Galí, 2007, str. 2). Ena izmed možnih teorij, da svetovno gospodarstvo ni bilo prizadeto, je, da je bilo v 90-ih letih obdobje ekonomske blaginje, znano kot "Velika Zmernost" (angl. *the Great Moderation*)², za katerega je bila značilna umiritev nestanovitnosti pomembnih ekonomskih agregatov v ekonomski aktivnosti (Stock & Watson, 2002, str. 41). Posledično se svetovna ekonomija ni odzivala na večja cenovna nihanja v nafti z ekonomskimi fluktuacijami.

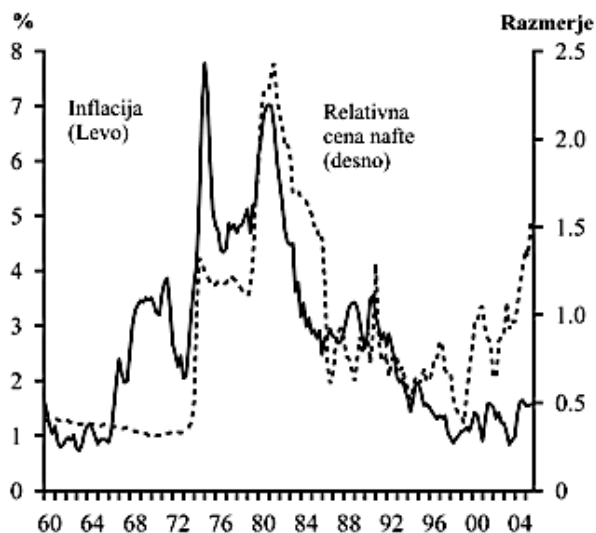
Graf na Sliki 1, ki prikazuje gibanje cene nafte relativno na gibanje indeksa cen potrošnih izdatkov v Združenih državah Amerike (v nadaljevanju ZDA) (angl. *Personal Consumption*

¹ Krichene (2005) ugotavlja, da je v obdobju od 1974-2004 elastičnost svetovnega kratkoročnega povpraševanja po nafti znašala -0.003 . Neelastičnost kratkoročnega povpraševanja po nafti so pokazali tudi drugi avtorji. Cooper (2003) je izračunal elastičnosti kratkoročnega povpraševanja po nafti za 23 različnih držav, vrednosti elastičnosti pa so med -0.016 in -0.109 .

² Besedna zveza, ki sta jo skovala Stock in Watson (2002).

Expenditures Price Index), potrjuje tezo, da se inflacija v 90-ih letih ni več gibala skupaj s cenami nafte (FRBSF, 2005, str. 1).

Slika 1: Gibanje cen nafte glede na indeks cen potrošnih izdatkov v ZDA v obdobju od 1960-2004



*Vir: Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letter,
Oil Price Shocks and Inflation, 2005*

Blanchard in Galí (2007) sta s pomočjo modeliranja impulznih odzivov na naftne šoke ter zgodovinsko dekompozicijo podatkov skušala potrditi teorijo "Velike Zmernosti". Tabela 1 prikazuje prispevek naftnih šokov na nestanovitnost drugih ekonomskih agregatov za ZDA v obdobju od leta 1960 do 2005, kjer je uporabljena dekompozicija povezana z ocenitvijo vektorske avtoregresije (angl. *Vector Autoregression*) šestih agregatnih ekonomskih spremenljivk. Nestanovitnost fluktuacij povzročenih s strani naftnih šokov je v primerjavi s prvim obdobjem (1960-1983) v drugem obdobju (1984-2005) praktično izginila, čeprav se je realna cena nafte v drugem obdobju celo povečala.

Tabela 1: Vpliv naftnih šokov na nestanovitnost posameznih ekonomskih agregatov za ZDA v obdobju 1960-2005

	Pogojni standardni odklon			Pogojni/nepogojni standardni odklon	
	60:1-83:4	84:1-05:4	Razmerje	60:1-83:4	84:1-05:4
Realna cena nafte	12,8	16,4	1,28	0,81	0,92
CPI inflacija	0,86	0,73	0,84	0,41	0,61
BDP inflacija	0,69	0,15	0,21	0,48	0,24
Inflacija plač	0,67	0,59	0,88	0,40	0,25
BDP	0,58	0,33	0,56	0,34	0,35
Število ur	0,75	0,51	0,68	0,41	0,35

Vir: O.J., Blanchard & J., Galí, *The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s*, 2007

Velike spremembe v cenah nafte so vedno vplivale na spremembe makroekonomskih politik, čeprav so bile slednje odvisne od trenutne državne oblasti in njenih razlik v makroekonomskih politikah. Analitično se neposredni vpliv povišanja naftnih cen na ekonomijo razdeli na dva dela, na substitucijski efekt (angl. *Substitution Effect*) in dohodkovni efekt (angl. *Income Effect*). Substitucijski efekt povišanja cen nafte povzroči prestrukturiranje obstoječih poslovnih procesov, ki manj slonijo na naftni energetski politiki in tipično obsegajo porabo večje količine dela in modifikacijo kapitala. Gospodinjstva se na povišanje naftnih cen odzovejo s spremembo svojih potrošniških navad. Višje cene nafte namreč vodijo v relativno višje cene proizvodov, ki temeljijo na naftnih vložkih. Pri dohodkovnem efektu pa povišanje cen nafte pomeni povečanje izdatkov za naftne proizvode, ter posledično pomanjšanje izdatkov za druge proizvode in storitve, ki ne temeljijo na nafti. To pomeni, da manjši izdatki za ostale dobrine vodijo v manjše povpraševanje po teh dobrinah, s tem pa zmanjšuje potrebo neke ekonomije po dodatnem delu in kapitalu. Kateri efekt prevlada pri spremembah cen v nafti, je seveda odvisno od danih začetnih pogojev cen nafte, dobičkov podjetij, in stanja ostalih ekonomskih agregatov. Povišanje cen nafte ima lahko stimulacijski efekt na povpraševanje po delu in kapitalu v primeru, da so bile začetne cene nafte nizke, in če gospodarstvo ni temeljilo na naftnih proizvodih. V nasprotnem primeru, da so začetne cene nafte visoke, ter da je neka ekonomija odvisna predvsem od naftnih proizvodov, pa ima povišanje cen nafte negativen efekt na gospodarstvo. Prav tako je potrebno izpostaviti na različen učinek povišanja cen nafte v državah proizvajalk nafte in državah porabnic nafte. Za države proizvajalke nafte povišanje cen nafte povzroči večje prihodke od izvoza, kar posledično pomeni tudi večja potreba uvoza držav proizvajalk nafte po proizvodih in storitvah iz držav porabnic nafte. Vendar je ta pozitiven učinek veliko manjši, kot je negativen dohodkovni učinek na državo porabnico nafte (Heal & Chichilnisky, 1991, str. 76-79).

Kljub temu empirične raziskave kažejo, da dandanes spremembe v cenah nafte nimajo več tolikšnega vpliva na ekonomske agregate, predvsem neposredno na inflacijo, kot so ga sicer imele v preteklosti. Razlago za to lahko poiščemo v aktivni monetarni politiki v bojevanju s spremembami v inflaciji. Posledično je bila inflacija v devetdesetih letih stabilna, prav tako pa je njena nestanovitnost v primerjavi z obdobjem v sedemdesetih letih veliko nižja (FRBSF, 2005, str. 2). LeBlanc in Chinn (2004) na podlagi statističnih ocen potrjujeta, da aktivnost monetarnih oblasti v zadnjih desetletjih preprečuje odzivnost inflacije na povečanje naftnih cen. Ugotavljata namreč, da danes (v primeru ZDA, Japonske in večjih evropskih držav) povečanje cen nafte za 10 odstotnih točk vpliva na povečanje inflacije za okrog **0,1 – 0,8** odstotne točke. Prav tako ugotavljata, da je med razlogi za manjši vpliv naftnih šokov na svetovno gospodarstvo potrebno poiskati v krepitvi konkurence na trgih končnih proizvodov.

1.2.1 Vpliv nihanja cen nafte na slovensko gospodarstvo

Slovensko gospodarstvo je zaradi svoje majhnosti močno odvisno od zunanjih dejavnikov. Zato je pomembno z vidika konkurenčnosti kot tudi stabilnosti slovenskega gospodarstva spremljanje svetovnih cen teh zunanjih dejavnikov. Najpomembnejši med njimi so spremembe svetovnih cen različnih dobrin (tudi nafta) ter tudi spreminjanje tujega povpraševanja po slovenskih dobrinah. Vemo, da je Slovenija, zaradi svoje majhnosti, tipično izvozno usmerjeno gospodarstvo.

Ključnega pomena je razumevanje prehoda sprememb cen surove nafte na spremembe cen naftnih derivatov (tu imam v mislih predvsem avtomobilsko gorivo ter kurilno olje), saj imajo spremembe cen naftnih derivatov večji vpliv na stopnjo inflacije v gospodarstvu, kot ga ima direktni vpliv sprememb cene surove nafte. Prenos sprememb cen surove nafte na spremembe cen naftnih derivatov se razlikuje med državami, vendar pa lahko identificiramo temeljne dejavnike, ki bistveno vplivajo na hitrost in obseg omenjenega prenosa. Ti dejavniki so (Arpa, Cuaresma, Gnan & Silgoner, 2006, str. 58-62):

1. konkurenca v energetske sektorju;
2. elastičnost povpraševanja po posameznih naftnih derivatih;
3. trošarine na energente.

Večja ko je konkurenca na trgu ter večja ko je elastičnost povpraševanja, manj se povišanje cen surove nafte pozna pri cenah naftnih derivatov, saj je konkurenca v energetske sektorju prisiljena prevzeti stroške povišanja cen na račun zniževanja marže na svoje proizvode. In obratno, manjša konkurenca in večja neelastičnost povpraševanja, večje breme cenovnega šoka nosijo končni potrošniki.

Slovenija nima lastne proizvodnje nafte, zato je v celoti odvisna od uvoza nafte in naftnih derivatov. Po podatkih podatkovnega portala Si-stat Statističnega urada Republike Slovenije se je utež za gorivo in energijo v indeksu cen življenjskih potrebščin (HICP) v zadnjih desetih

letih gibala med 6,5 % in 7,9 % (glej Tabela 2). Utež za gorivo in energijo za leto 2010 je bila 7,2 %, medtem ko ta utež v letu 2011 znaša 7,7 %.

Tabela 2: Odstotna vrednost uteži za gorivo in energijo v indeksu cen življenjskih potrebščin (HICP) v obdobju od 2000 do 2011

Leto	Goriva in energija
2000	6,8
2001	7,7
2002	7,4
2003	6,8
2004	6,5
2005	7,1
2006	7,9
2007	7,0
2008	7,1
2009	6,7
2010	7,2
2011	7,7

Vir: Statistični urad Republike Slovenije, Statistični letopis RS, 2010

V strukturi porabe končne energije za leto 2010 je znašal delež naftnih proizvodov 47,6 %, kar pomeni da so spremembe cen energentov znotraj indeksa HICP primarno posledica sprememb cen nafte (Ministrstvo za gospodarstvo RS, 2010, str. 16). Spremembe cen nafte na svetovnih trgih tako igrajo ključno vlogo pri vplivanju tega dejavnika na slovensko gospodarstvo. Po navedenih podatkih vidimo, da je Slovenija precej odvisna od nafte in njenih derivatov, zato je z vidika stabilnosti gospodarstva pomembno spremljanje gibanj cene surove nafte.

1.3 Empirična analiza z vektorsko avtoregresijo

V tem podpoglavju je izpeljana krajša empirična analiza vpliva nihanja cen surove nafte in cen v energentih na nihanje stopnje inflacije v primeru slovenskega gospodarstva. Medsebojno odvisnost večih spremenljivk, ki so podane kot časovne serije, lahko testiramo z metodo vektorske avtoregresije oziroma krajše VAR analizo³.

³ VAR analiza je bila opravljena v statistično-ekonometričnem orodju JMulti.

Za razliko od avtoregresijskega procesa⁴ (angl. Autoregression Process), ki se nanaša na eno samo časovno serijo, lahko VAR proces opredelimo kot proces večih, različnih spremenljivk, in sicer (Lütkepohl, 2006, str. 4-5)

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + B_1 v_t + u_t, \quad (1)$$

pri čemer upoštevamo, da je $y_t = (y_{1t}, \dots, y_{Kt})$ vektor spremenljivk, $u_t = (u_{1t}, \dots, u_{Kt})$ vektor napak, v_t vektor konstant, A_1, \dots, A_p predstavljajo matrice koeficientov ter B_1 pa matriko koeficientov vektorja v_t .

Za potrebe prikaza odvisnosti gospodarstev od cen nafte, VAR model vsebuje tri endogene spremenljivke, in sicer indeks cen energentov, indeks slovenske inflacije (HICP) ter indeks trenutnih svetovnih cen sodčka surove nafte. Podatke sem črpal iz podatkovne baze Eurostat (http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database) in podatkovne baze ameriške organizacije U.S. Energy Information Administration (<http://www.eia.gov/>), gre pa za časovne serije mesečnih podatkov v obdobju 1999M12-2011M3, kar pomeni, da imamo na razpolago 136 opazovanj. V Tabeli 3 so predstavljene opisne statistike proučevanih spremenljivk.

Tabela 3: Opisne statistike spremenljivk posameznih časovnih serij

Spremenljivka	Število opazovanj	Aritmetična sredina	Minimum	Maksimum	Standardni odklon
HICP	136	101,971	63,330	151,460	22,699
Energenti	136	99,296	72,760	117,510	12,508
Surova nafta	136	102,636	35,185	270,507	53,782

1.3.1 Specifikacija modela vektorske avtoregresije

Pogostokrat se pri obravnavanju časovnih vrst soočamo s problemom nenormalne porazdelitve, zato je potrebno pred VAR analizo vhodne spremenljivke ustrezno prilagoditi. Ena izmed možnosti odprave takega problema je logaritmiranje vrednosti spremenljivk posameznih časovnih vrst. S tem delno odpravimo asimetrijo pri porazdelitvah. Prav tako je

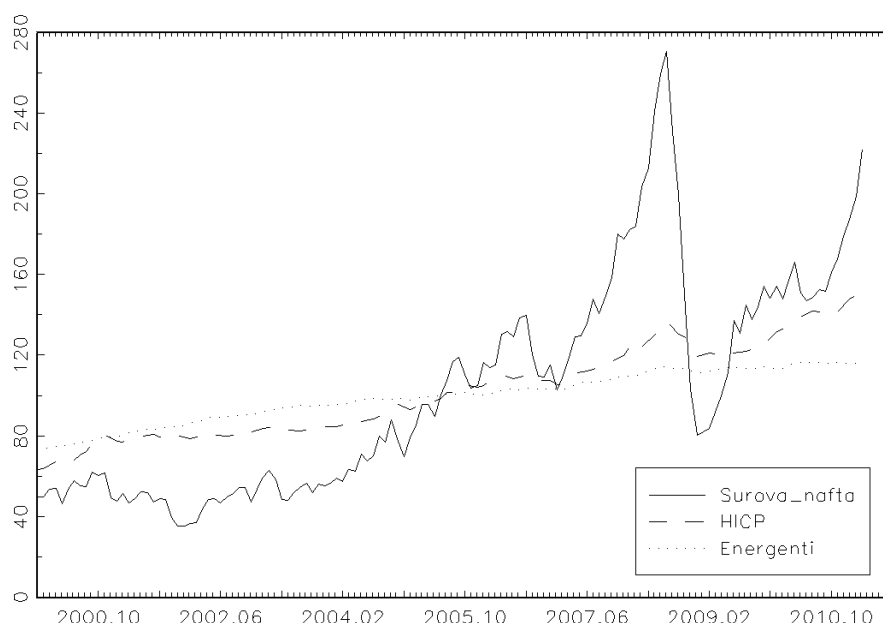
⁴ Avtoregresijski proces ali krajše AR proces je opredeljen kot (Lütkepohl, 2006, str. 4)

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \alpha_2 y_{t-2} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + v + u_t,$$

kjer so količine $y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$ in u_t naključne spremenljivke, v je konstanta, p pa predstavlja končno število, pri katerem so pretekle vrednosti spremenljivke y uporabljene pri napovedih. Pri AR procesu je potrebno predpostavljati tudi, da so napake v napovedih u_t nekorelirane.

potrebno preveriti stacionarnost spremenljivk, saj je razvidno iz Slike 2, da je v časovnih serijah posameznih spremenljivk prisoten trend.

Slika 2: Časovne serije posameznih spremenljivk v obdobju 1999M12-2011M3



To pomeni, da obstaja velika verjetnost, da spremenljivke ne ustrezajo pogojem stacionarnosti in da imamo opravka z enotskim korenem (angl. *Unit Root*). Obstaja več testnih statistik, ki potrjujejo ali zavračajo ničelno hipotezo o enotskem korenu (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 53). Predvsem se bom osredotočil na preverbo stacionarnosti časovnih serij z ADF testom (angl. *Augmented Dickey-Fuller Test*).

ADF test temelji na t statistiki koeficienta ϕ v OLS (angl. *Ordinary Least Squares*) cenitvi podani z enačbo (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 54-55)

$$\Delta y_t = \phi y_{t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_j^* \Delta y_{t-1} + u_t, \quad (2)$$

kjer je $\phi = -\alpha(1)$ in $\alpha_j^* = -(\alpha_{j+1} + \dots + \alpha_p)$. Potrebno je testirati ničelno hipotezo $\alpha(1) = 0$. V primeru, da testna statistika zavzame vrednost, ki je manjša od kritične vrednosti (angl. *Critical Value*), potem lahko ničelno hipotezo o enotskem korenu zavrnemo. V tem primeru je torej časovna serija stacionarna. Če pa je vrednost testne statistike večja od kritične vrednosti, potem ničelne hipoteze o enotskem korenu ne moremo zavreči, oziroma časovna serija je nestacionarna.

S statistično-empiričnim paketom JMulti izvedemo ADF test. Vse vrednosti t statistik posameznih spremenljivk so bile večje od 5 % kritičnih vrednosti, kar pomeni da so časovne serije vseh treh spremenljivk nestacionarne (glej Tabelo 4).

Tabela 4: ADF test logaritmiranih spremenljivk⁵

Spremenljivka	Število opazovanj	Število odlogov	AIC kriterij	Kritična vrednost	t statistika
HICPLog	133	2	2	-3,41	-3,2254
EnergentiLog	133	2	2	-3,41	-2,4733
SurovaNaftaLog	134	1	2	-3,41	-3,0708

V primeru nestacionarnosti spremenljivk lahko stacionarnost v časovno vrsto vsilimo z diferenciacijo. Ponovno izvedemo ADF test še za diferencirane spremenljivke. Rezultati so podani v Tabeli 5

Tabela 5: ADF test diferenciranih spremenljivk⁶

Spremenljivka	Število opazovanj	Število odlogov	AIC kriterij	Kritična vrednost	t statistika
HICPDif	134	0	0	-1,94	-8,8838
EnergentiDif	134	0	10	-1,94	-6,4098
SurovaNaftaDif	129	5	5	-1,94	-5,6479

Vidimo, da smo z diferenciacijo proučevanih spremenljivk odpravili nestacionarnost, saj so vse vrednosti t statistike spremenljivk manjše od 5 % kritičnih vrednosti.

Problem diferenciacije spremenljivk pa predstavlja upad pojasnjevalne moči diferenciranih spremenljivk. Johansenov test kointegracije omogoča, da v primeru kointegracije logaritmiranih spremenljivk v VAR modelu ni potrebno uporabiti diferenciranih spremenljivk. Pri Johansenevem testu testiramo ničelno hipotezo, da je število kointegriranih vektorjev manjše ali enako r . Tabela 6 prikazuje rezultate testa pri dveh odlogih.

⁵ AIC kriterij (angl. *Akaike Information Criterion*) definiran kot

$$AIC(n) = \log \hat{\sigma}_u^2(n) + \frac{2}{T} n,$$

predstavlja informacijski kriterij, ki predlaga število odlogov, s katerimi model optimalno napoveduje prihodnje gibanje proučevane spremenljivke (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 33).

⁶ Pri spremenljivki EnergentiDif sem upošteval Schwarzov kriterij (angl. *Schwarz Information Criterion*), ki predlaga 0 odlogov, namesto AIC kriterija, ki predlaga 10 odlogov. Schwarzov informacijski kriterij je definiran kot (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 34)

$$SC(n) = \log \hat{\sigma}_u^2(n) + \frac{\log T}{T} n.$$

Tabela 6: Johansenov test kointegracije

r	LR	P vrednost	Kritična vrednost
0	57,52	0,0007	42,77
1	31,01	0,0089	25,73
2	10,39	0,1120	12,45

Vidimo, da imamo opravka z najmanj dvema kointegriranimi vektorjema, saj zavrnamo ničelno hipotezo pri $r \leq 2$, kjer rezultat ne presega 95 % kritične vrednosti. Ker smo pokazali kointegracijo vektorjev, lahko pri oceni VAR modela uporabimo časovne serije logaritmiranih spremenljivk.

1.3.2 Ocena modela vektorske avtoregresije

VAR(p) model lahko zapišemo z naslednjo enačbo (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 88)

$$y_t = A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + B_1 v_t + u_t, \quad (3)$$

kjer je vektor $y_t = (\log HICP, \log Energenti, \log SurovaNafta)$, u_t je vektor napak, matrike A_1, \dots, A_p predstavljajo matrike koeficientov, v_t pa je vektor trenda in konstante. Matrika B_1 je matrika koeficientov vektorja v_t . Sedaj lahko VAR(p) model zapišemo v razširjeni obliki z dvema odlogoma (kolikor jih predlaga AIC kriterij)

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \log HICP_t \\ \log Energenti_t \\ \log SurovaNafta_t \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0.749 & -0.019 & -0.094 \\ -0.089 & 1.174 & 0.022 \\ -0.944 & -0.727 & 1.282 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \log HICP_{t-1} \\ \log Energenti_{t-1} \\ \log SurovaNafta_{t-1} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0.117 & -0.108 & -0.072 \\ 0.094 & -0.220 & -0.022 \\ 0.534 & 0.434 & -0.326 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \log HICP_{t-2} \\ \log Energenti_{t-2} \\ \log SurovaNafta_{t-2} \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 1.046 & 0.001 \\ 0.187 & 0.000 \\ 3.178 & 0.004 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} CONST \\ TREND_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (4)$$

1.3.3 Testiranje ocenjenega modela

Po spifikaciji in oceni VAR modela je potrebno še testirati ocenjeni model. Na ta način želimo preveriti ustreznost VAR modela. Če se z različnimi testi pokaže neustreznost VAR modela, potem ga je potrebno zavreči oziroma ga z različnimi metodami popraviti. Paket JMulti nam ponuja več različnih testov ocenjenega VAR modela. Avtokorelacijo ostankov lahko preverimo z LM testom avtokorelacije. p -vrednost testa pri dveh odlogih znaša 0,7190 in presega kritično vrednost v višini 0,05, kar pomeni, da v VAR modelu ni prisotna avtokorelacija. Z drugimi besedami, ne moremo zavreči ničelne hipoteze, ki pravi, da nimamo opravka z avtokorelacijo.

Z Jarque-Bera testom testiramo ničelno hipotezo o normalnosti porazdelitev ostankov. Iz Tabele 7 je razvidno, da zavrnemo ničelno hipotezo o normalnosti porazdelitev ostankov le pri spremenljivki Energenti, saj njen rezultat p -vrednosti presega kritično vrednost v višini 0,05.

Tabela 7: Jarque-Berajev test normalnost porazdelitve ostankov

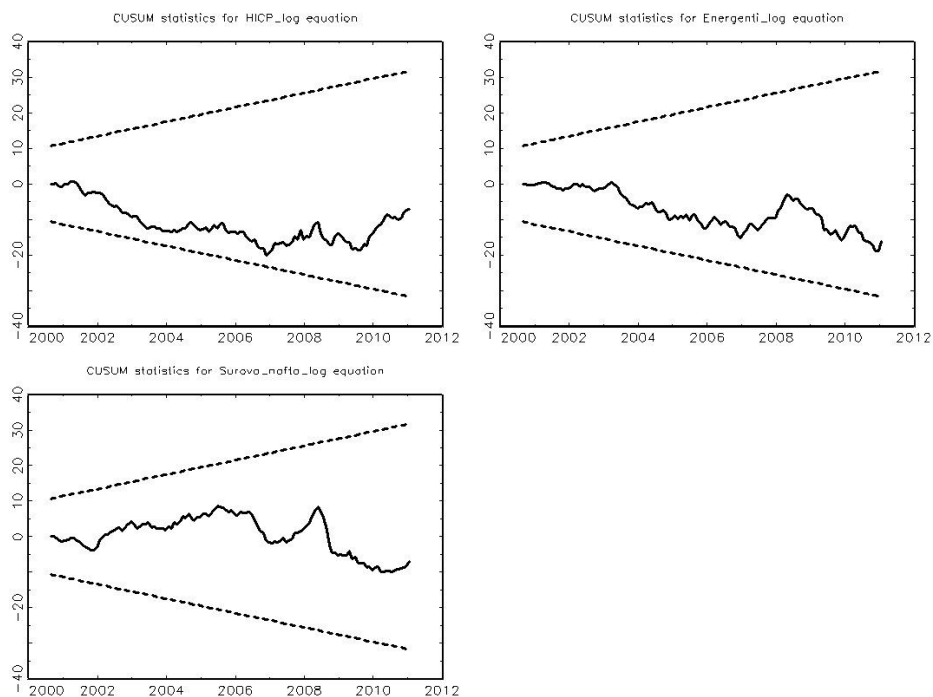
Spremenljivka	p vrednost
HICPLog	0,0131
EnergentiLog	0,6024
SurovaNaftaLog	0,0134

Za potrebe preverjanja analize stabilnosti ostankov, sem izvedel CUSUM test, ki je z enačbo opredeljen kot (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 53)

$$CUSUM_{\tau} = \sum_{t=K+1}^{\tau} \frac{\hat{u}_t^{(r)}}{\hat{\sigma}_u}. \quad (5)$$

Graf (glej Sliko 3) prikazuje, da kumulativna vsota rekurzivnih ostankov posameznih spremenljivk ne presega mej s 5 % nivojem značilnosti. To pomeni, da je VAR model stabilen.

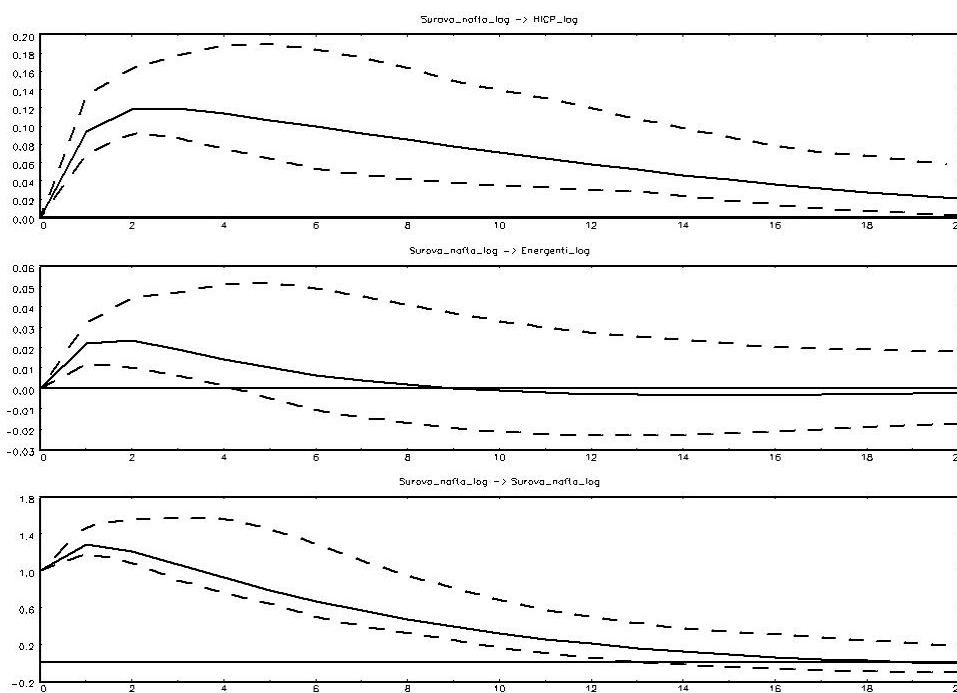
Slika 3: CUSUM test ostankov posameznih spremenljivk



1.3.4 Rezultati in napovedovanje

Na podlagi podatkov časovnih serij treh spremenljivk lahko razložimo rezultate z analizo impulznih odzivov (angl. *Impulse Response Analysis*). Začetni šok za 1 odstotno točko v indeksu cen sodčka surove nafte se pri indeksu cen energentov v Sloveniji pozna z dvigom za 0,24 odstotne točke z dvo-mesečnim zamikom, pri slovenskem HICP indeksu pa z dvigom za 0,12 odstotne točke z dvomesečnim zamikom, ko prikazuje Slika 4.

Slika 4: Impulzni odzivi posameznih spremenljivk na šok za 1 odstotno točko v cenah sodčka surove nafte



Prav tako je razvidno, da je začetni šok v indeksu cen sodčka nafte zelo persistenten v slovenski inflaciji. Šele po dvajsetih obdobjih (mesecih) se inflacija vrne na začetno izhodišče. Razvidno je tudi, da se slovenski indeks cen energentov hitreje vrne na začetno izhodišče, to je že pri 8 mesecih.

Med razloge za manjši odziv glavnih ekonomskih komponent na spremembe v cenah nafte lahko prištevamo vpliv države z acikličnimi trošarinami, saj slednje z ustrezno uporabo pripomorejo k razbremenitvi nihanj inflacije in drugih pomembnejših gospodarskih kazalcev. To pomeni, da država v primeru višanja cen naftnih derivatov skuša z nižanjem trošarin ublažiti pritisk na inflacijo. Velja tudi obratno, država viša trošarino v primeru nižanja cen naftnih derivatov. S trošarinami na naftne derivate skuša Slovenija preusmeriti energetske porabe k čistejšim in obnovljivim energetskim virom. Poleg trošarin ima Slovenija na voljo še en instrument pri blaženju vplivov zaradi sprememb v cenah naftnih derivatov. Gre za državni nadzor cen naftnih derivatov na podlagi modela sprotnega prilagajanja cen obrazcem povprečne 14-dnevne cene⁷.

⁷ Formula za izračun povprečne 14-dnevne cene naftnih derivatov je naslednja

2 TEORETIČNI VIDIK DINAMIČNIH STOHAŠTIČNIH MODELOV SPLOŠNEGA RAVNOTEŽJA

2.1 Razvoj dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja

Razpad Bretton-Woodskega sporazuma v 70-ih letih 20. stoletja je povzročil, da so se posamezna gospodarstva pričela soočati z vprašanjem nadzovanja in spodbujanja ekonomij s pomočjo ekonomskih politik, saj ni bilo več odvisnosti posameznih držav od fiksnih menjalnih tečajev. Centralne banke so tako ponovno pridobile moč izvajanja monetarne politike preko obrestnih mer, s katero so lahko vplivale na dobrobit lastnih gospodarstev. Vendar pa so za sistematično odločanje o obrestnih merah centralne banke potrebovale boljši konceptualni makroekonomski okvir, ki bi bolje povezoval odločitve v monetarni politiki s posameznimi ekonomskimi agregati in spodbujal stabilnost cen. Med razlogi, zakaj je bil potreben nov konceptualni okvir, je bil tudi ta, da so se dotedanji tradicionalni makroekonomski modeli soočali s težavo Lucasove kritike (Woodford, 2003, str. 1-4).

Razvoj dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja ali krajše DSGE modelov (angl. *Dynamic Stochastic General Equilibrium Model*)⁸ se je začel z različnimi prototipi modelov racionalnih pričakovanj. Bolj natančno, DSGE modeli so se razvili iz modelov realnih poslovnih ciklov, krajše RBC⁹ modelov, ki so bistveno prispevali k razumevanju in analizi ekonomskih fluktuacij (in so danes tudi jedro makroekonomske teorije). Pomemben premik sta leta 1982 v modeliranju ekonomije dosegla Kydland in Prescott, saj je z njunim delom makroekonomska veda pridobila koherentni dinamični model ekonomije sestavljen iz reprezentativnih agentov, racionalnih pričakovanj ter pogojev tržnega čiščenja. Z modelom se je dalo generirati podatke, ki so lahko zelo natančno aproksimirali želene opazovane spremenljivke (Fernández-Villaverde, 2010, str. 4-5). V zadnjih letih smo bili tako priča zamenjavi tradicionalnih ad hoc makroekonomskih modelov z dinamičnimi stohastičnimi modeli splošnega ravnotežja.

Sprva so bili ekonomisti skeptični, da so lahko dinamični stohastični modeli splošnega ravnotežja ustrezni za kvantitativno analizo ekonomskih podatkov, predvsem za kratkoročne

$$P_t = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{CIFMed}H_i e_i}{n} \right) \frac{\rho}{1000} \right] + r + M,$$

pri čemer je P_t modelska cena naftnega derivata v €/liter, ρ je gostota naftnega derivata, r je članarina za obvezne rezerve nafte in njenih derivatov, M predstavlja maržo distributerjev, i je dnevni podatek, t je 14-dnevni interval tekočega obdobja, $n = 14$ je 14-dnevno povprečje, e dnevni tečaj Banke Slovenije ter $\text{CIFMed}H_i$, ki predstavlja borzno kotacijo derivata (Uredba o oblikovanju cen naftnih derivatov, Uradni list RS, št. 5/2003).

⁸ Uporabljajo se tudi druga imena za omenjene modele, in sicer najbolj pogosto novo-keynesianski modeli. Corsetti in Pesenti (2001, str. 14) omenjata tudi ime modeli nove neoklasične sinteze. Bénassy (2007) pa jih poimenuje rikardijanski makromodeli, saj vsebujejo predpostavko rikardijanske ekvivalence. Fernández-Villaverde (2010) pa celotno področje poimenuje nova makroekonometrija (angl. *New Macroeconometrics*).

⁹ Angl. *Real Business Cycle*.

in srednjeročne projekcije makroekonomskih agregatov¹⁰. Zagotavljali naj bi le dobro osnovo za razumevanje poslovnih ciklov (Del Negro & Schorfheide, 2006, str. 21-23). Vendar pa dinamični stohastični modeli splošnega ravnotežja v zadnjih letih postajajo vse bolj pomembno orodje empiričnih raziskav, ekonomskega napovedovanja in kvantitativnih analiz makroekonomskih politik. Trend razvoja in ocenjevanja modelov dinamičnega splošnega ravnotežja je povzročil, da se jih vse bolj poslužujejo monetarne institucije in centralne banke, saj napovedi in ocene v omenjenih modelih zagotavljajo temelj za odločitve o višini obrestnih mer.

2.2 Struktura dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja

Kot pri vsakem ekonomskem modelu se je pri oblikovanju dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja potrebno držati nekega temeljnega teoretskega okvirja. Osnovni elementi za izgradnjo osnovnega DSGE modela so monopolistična konkurenca, denar v funkciji koristnosti ter institucijo, ki izvaja monetarno politiko. Monopolistična konkurenca (imamo namreč opravka z diferenciranimi proizvodi) potrebuje tržno moč za uveljavitev svojih cen. Tista podjetja, ki se niso sposobna prilagajati konkurenci s ceno oziroma niso sposobna reagirati na tržne spremembe, bodo kmalu izgubila svoje prihodke od prodaje. Najbolj pogost način uveljavitve monopolistične konkurence v model je preko Dixit-Stiglitzovega agregatorja¹¹, saj je enostaven in fleksibilen. Monetarna politika, ki jo izvaja centralna banka, se lahko definira kot proces rasti denarja ali pa kot Taylorjevo pravilo¹². Monetarna politika ima nalogo induciranja nominalnih šokov v model (Fernández-Villaverde, 2010, str. 6).

Model lahko razširimo tako, da vpeljemo komponento tujine (odprtost gospodarstva) ter dodatne šoke, in sicer v potrošnikove preference, stroške, investicije, fiskalno politiko itd. Poleg tega pa lahko v model vpeljemo tudi zakasnjene odzive na šoke (predstavlja realnejšo predpostavko), in sicer s pomočjo persistentnosti navad v potrošnji, rigidnosti cen, rigidnosti plač, itn. V zadnjem času, predvsem zaradi svetovne finančne krize, se skuša DSGE modele razširiti tudi tako, da se v model vpelje možnost bankrotiranja ekonomskih subjektov, kot so to storili Goodhart, Osorio in Tsomocos (2009, str. 1). Pomemben element v strukturi DSGE

¹⁰ Prvi enostavni DSGE modeli so se predvsem soočali s težavo natančnega napovedovanja ekonomskih agregatov.

¹¹ Dixit-Stiglitzev agregator zaseda naslednjo obliko

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_{i,t}^{\frac{1}{\varepsilon}} di \right]^{\varepsilon}$$

kjer Y_t predstavlja output v obdobju t , $Y_{i,t}$ predstavlja output i -tega podjetja za $i \in [0,1]$. Parameter ε pa je definiran kot ukrivljenost (elastičnost) agregacije (Dixit & Stiglitz, 1977, str. 298). Dixit-Stiglitzev agregator je znan tudi pod imenom CES agregator (angl. *Constant-Elasticity-of-Substitution Aggregator*).

¹² Taylorjevo pravilo (angl. Taylor Rule) pravi, da centralna banka dvigne obrestno mero, ko inflacija preseže ciljno inflacijo in ko output (BDP) preseže ravnotežni output (Burda & Wyplosz, 2009, str. 223).

modelov je tudi ta, da gospodinjstva in podjetja zrejo v prihodnost in temu tudi prilagajajo svoje obnašanje (angl. *Forward-looking Behaviour*).

V naslednjih podpoglavjih se bom še bolj natančno poglobil v posamezne ekonomske subjekte, ki sestavljajo osnovni DSGE model.

2.2.1 Gospodinjstva

Temeljna struktura dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja sloni na pogojih prvega reda medčasovnih maksimizacijskih problemov potrošnikov (ter podjetij) (Galí, 2008, str. 2). V dinamičnem stohastičnem modelu splošnega ravnotežja je potrebno specificirati preference reprezentativnih gospodinjstev. Cilj vsakega potrošnika oziroma gospodinjstva je maksimiranje svoje življenjske funkcije koristnosti (Romer, 2006, str. 347)

$$U = \sum_{t=1}^T u(C_t), \quad (6)$$

kjer je $u(\cdot)$ trenutna funkcija koristnosti in C_t potrošnja v času t nekega gospodinjstva, ki živi T obdobje. Velja tudi $u'(\cdot) > 0$ in $u''(\cdot) < 0$. Z upoštevanjem proračunske omejitve gospodinjstev pridemo do pogoja prvega reda potrošniškega maksimizacijskega problema, leta pa nas pripelje do medčasovne Eulerjeve enačbe potrošnje gospodinjstva, s katero prikažemo povezavo med potrošnjami v različnih časovnih obdobjih (Obstfeld & Rogoff, 1996, str. 1-3).

V primeru, da imamo opravka z modelom odprtega gospodarstva, je potrebno preference gospodinjstev definirati tako, da vpeljemo pojem elastičnosti substitucije med doma in na tujem proizvedenimi dobrinami (Lane & Ganelli, 2003, str. 308).

2.2.2 Podjetja

V nasprotju z gospodinjstvi, ki optimizirajo svojo funkcijo koristnosti, je cilj podjetij maksimizacija dobičkov v monopolistični konkurenci. Podjetja proizvajajo diferencirane proizvode, s katerimi tekmujejo na trgu preko postavljanja cen.

Podjetja se obnašajo v skladu s produkcijsko funkcijo, ki formalizira relacije med inputi (kapital K_t , delo L_t) v proizvodnji ter outputom (BDP Y_t). Med najbolj znanimi in uporabljenimi produkcijskimi funkcijami je Cobb-Douglasova produkcijska funkcija, ki ima naslednjo osnovno obliko (Burda & Wyplosz, 2009, str. 57)

$$Y_t = K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}, \quad (7)$$

kjer parameter α zavzame vrednosti med 0 in 1, in predstavlja elastičnost outputa glede na kapital. To pomeni, da se 1 % povečanje kapitala pozna v α -kratnem povečanju outputa. Posledično se 1 % povečanje dela pozna v $(1 - \alpha)$ -kratnem povečanju outputa. Za omenjeno produkcijsko funkcijo je prav tako značilna pojemajoča mejna produktivnost.

Prav tako je pri specifikaciji podjetij in njihove produkcijske funkcije potrebno biti pozoren na vpeljavo tuje komponente (uvoz vmesnih dobrin) v primeru modela odprtega gospodarstva, saj ta vidik predstavlja pomembno povezavo med različnimi ekonomijami (Lane & Ganelli, 2003, str. 308).

2.2.3 Drugi ekonomski subjekti

Poleg reprezentativnih gospodinjstev in podjetij se lahko v dinamične stohastične modele splošnega ravnotežja vpleje tudi druge subjekte, ki poskrbijo za realnejši vidik DSGE modela. Med najpomembnejšima subjekta spadata na eni strani država (oziroma izdatki države), ki ima nalogo izvajati fiskalno politiko, ter monetarna oblast (centralna banka), ki pa izvaja monetarno politiko preko obrestnih mer. Fiskalno in monetarno politiko se običajno v DSGE modelih opiše s fiskalnim in monetarnim pravilom.

2.2.4 Problem modelov odprtih gospodarstev

Računanje dinamike poslovnih ciklov v standardnem modelu odprtega gospodarstva zna biti problematičen. V takem modelu imajo rezidenti domače države dostop le do netveganih naložb (obveznice), pri katerih je donos določen eksogeno v tujini. Posledično je stacionarno stanje modela odvisno od začetnih pogojev, predvsem od začetne neto zunanje investicijske pozicije (angl. *Net Foreign Asset Position*). Povedano drugače, začasni šoki imajo dolgoročni učinek na stanje v ekonomiji, kar pomeni, da ima ravnotežna dinamika naključno (angl. *Random Walk*) komponento. Naključnost ravnotežne dinamike implicira, da je brezpogojna varianca spremenljivk, kot sta potrošnja in posest investicijskih sredstev, neskončna. Potemtakem se endogene spremenljivke v modelu ne ustalijo po sprožitvi šokov in predstavlja resno računsko težavo, saj je potrebno model ustaliti okrog stacionarnega stanja (Schmitt-Grohé & Uribe, 2003, str. 164).

Težava je rešljiva lahko na več načinov, bistvo vseh načinov pa je modificirati ekonomski model tako, da se vsili stacionarnost v ravnotežno dinamiko in tako odpravi naključnost kanoničnega modela.

3 DINAMIČNI STOHAŠTIČNI MODEL SPLOŠNEGA RAVNOTEŽJA MALEGA ODPRTEGA GOSPODARSTVA Z NAFTNIMI ŠOKI

Dinamični stohastični modeli splošnega ravnotežja so uporabni za ocenjevanje sprememb v ekonomskih politikah, saj se te spremembe kažejo v modelu tako na kratki rok kot tudi na dolgi rok (ravnotežna stanja). Za izgradnjo takega makroekonomskega modela je potrebna mikroekonomska osnova, kjer potrošniki in producenti z racionalnimi pričakovanji optimizirajo svojo koristnost in/ali proizvodnjo, imajo tržno moč nad cenami in plačami, ter sodelujejo na domačih in tujih finančnih trgih, na katerih država deluje pod proračunskimi omejitvami in pravili (McCandless, 2008, str. 1).

Svetovna ekonomija je modelirana kot kontinuum majhnih odprtih gospodarstev, ki ga predstavlja enotni interval (Galí, 2008, str. 151; Galí & Monacelli, 2005, str. 708). Ker je vsaka posamezna ekonomija v primerjavi s svetom zanemarljivo majhna, njeno gospodarsko obnašanje zato nima vpliva na preostali svet. Različne ekonomije so izpostavljene nepopolno koreliranim produktivnostnim šokom, vendar predpostavljamo, da si delijo identične preference, tehnologijo in tržno strukturo. Odprtost gospodarstva tujini povzroči, da je naravna obrestna mera poleg odvisnosti od domače produktivnosti odvisna tudi od pričakovane rasti končne proizvodnje svetovnega gospodarstva. Odprtost gospodarstva pa prav tako vpliva na senzitivnost vrzeli v končnem proizvodu glede na spremembe v obrestnih merah (Galí, 2008, str. 165).

Kompleksnost pričujočega modela predstavlja predvsem večje število različnih vrst dobrin, ki se jih obravnava ločeno. Tako razlikujemo med doma in v tujini proizvedenimi potrošnimi dobrinami ter doma in v tujini proizvedenimi investicijskimi dobrinami. Nepopolno konkurenco na trgu dobrin predstavljajo podjetja, za katera predpostavljamo, da proizvajajo diferencirane dobrine. Namesto, da podjetja jemljejo ceno dobrin kot dano, same postavljajo ceno svojim dobrinam. Prav tako bom upošteval omejitve, ki veljajo za mehanizem prilagajanja cen, in sicer, da le del podjetij lahko spreminja cene dobrin v nekem časovnem obdobju. Mehanizem prilagajanja cen bo torej sledil Calvovemu modelu postavljanja cen (Calvo, 1983, str. 383), kjer je okarakterizirano naključno cenovno trajanje. To pomeni, da vsako podjetje spremeni ceno svoje dobrine, ko prejme naključni signal za spremembo, in da cene torej niso podvržene kontinuiranemu ter sinhroniziranemu prilagajanju spremembam na trgu¹³. Metoda Calvovega modela postavljanja cen zahteva izpeljavo Phillipsove krivulje v modelu. (McCandless, 2008, str. 304). Manjši kot je delež podjetij, ki lahko prilagajajo svoje

¹³ Predpostavljamo, da verjetnost sprožitve signala v naslednjih τ obdobjih sledi geometrijski porazdelitvi, in je neodvisna od preteklih sprožitvev signala, prav tako pa je signal tudi stohastičen in neodvisen preko podjetij.

cene diferenciranih proizvodov v vsakem obdobju, večji učinek ima sprememba v monetarni politiki na realne spremenljivke. Lepljive cene v modelu povzročijo, da realne spremenljivke ne morejo biti določene neodvisno od monetarne politike (Galí, 2008, str. 49). Povedano drugače, monetarna politika v takem modelu ni nevtralna. Namen uporabe Calvovega modela je torej prikazati realizem pri odzivnosti gospodarstva na morebitne šoke, tako monetarne šoke, kot tudi naftne šoke.

Podobno kot veljajo omejitve pri oblikovanju cen po Calvovem modelu, bom uporabil isti model pri oblikovanju plač posameznih gospodinjstev. Predpostavlja se namreč, da so storitve dela, ki ga ponujajo gospodinjstva, diferencirana. Gospodinjstva so torej monopolistični ponudniki svoje inačice dela, ter imajo moč določanja plač. Na določeni višini plače, po kateri podjetja povprašujejo, je ponudba dela gospodinjstev neelastična. Z modelom lepljivih plač se želimo približati ekonomski realnosti. Plače so določene s pogodbami, tako da se v določenem obdobju le del delovne sile pogaja za višino plač za prihodnje obdobje, preostali del delovne sile pa že ima določene plače, ki so bile izpogajane v preteklem obdobju (Lim & McNelis, 2008, str. 157).

Spremembe cen v naftnih proizvodih vstopajo v model preko vpliva na inflacijo, natančneje indeks cen življenjskih potrebščin (HICP). Ker je Slovenija v primerjavi s svetom majhno odprto gospodarstvo, zato nima vpliva na spremembo povpraševanja svetovne ravni naftnih cen, ponudba naftnih proizvodov je torej popolnoma elastična. To pomeni, da je tujina pripravljena ponuditi poljubno količino nafte (v okviru mej, ki jih predstavlja gospodarstvo) ob za Slovenijo eksogenih danih cenah.

3.1 Podjetja

Ker imamo opravka z malim odprtim gospodarstvom, je potrebno opredeliti več ključnih kategorij podjetij:

1. domača podjetja,
2. uvozna podjetja,
3. izvozna podjetja.

Podjetja se soočajo z nominalnimi rigidnostmi, kar pomeni, da je potrebno opredeliti njihovo funkcijo poslovanja z določitvijo optimalne cene (določitev Phillipsove krivulje).

3.1.1 Domača podjetja

Domača podjetja se nadalje delijo še na tri tipe podjetij. Prva zaposlujejo gospodinjstva, njihovo delo pa pretvarjajo v homogeno končno dobrino L . Drugi tip domačih podjetij predstavljajo proizvajalci vmesnih dobrin, ki za proizvod vmesnih dobrin zaposlujejo delo L

in skupaj s kapitalom vmesne dobrine Y_t . Vmesne dobrine prodajajo proizvajalcem končnih trgovanih dobrin. Proizvajalci vmesnih dobrin se obnašajo kot monopolistični konkurenti, saj imajo določeno tržno moč na trgih proizvodov, na trgih produkcijskih faktorjev pa so popolni konkurenti.

Opredelimo najprej produkcijsko funkcijo producentov končnih dobrin. Končni proizvod predstavlja košarica diferenciranih končnih dobrin, ki jih ponuja kontinuum domačih podjetij na intervalu $i \in [0,1]$. Podjetja se ravnaajo v skladu z naslednjo funkcijo (Adolfson, Laséen, Lindé & Svensson, 2008, str. 23)

$$Y_t = \left[\int_0^1 Y_{i,t}^{\frac{1}{\lambda_t^d}} di \right]^{\lambda_t^d}, \quad \lambda_t^d \geq 1, \quad (8)$$

Produkcijska funkcija proizvajalcev končnih dobrin je tipični Dixit-Stiglitzev agregator oziroma CES funkcija. λ_t^d predstavlja stohastični proces, katerega naloga je v času spremenljiva marža na trgih doma proizvedenih dobrin, in se giblje v skladu z naslednjim pravilom

$$\lambda_t^d = (1 - \rho_{\lambda^d})\lambda^d + \rho_{\lambda^d}\lambda_{t-1}^d + \varepsilon_{\lambda^d,t}, \quad (9)$$

kjer predpostavljamo, da so šoki v marži beli šum (angl. *White Noise*)¹⁴ in ρ_{λ^d} je za potrebe simulacije postavljen na 0. λ^d je vrednost marže v ustaljenem stanju, ρ_{λ^d} avtoregresijski koeficient, $\varepsilon_{\lambda^d,t}$ pa slučajni šok v bruto marži. Za analizo senzitivnosti modela je lahko $\rho_{\lambda^d} > 0$, kar pomeni, da imamo opravka s persistentnim šokom (Adolfson, Laseén, Lindé & Villani, 2005, str. 5).

Proizvajalci končnih dobrin sprejmejo cene končne dobrine P_t in cene vmesnih dobrin $P_{i,t}$ kot eksogeno dane. Če podjetja maksimirajo dobiček, potem dobimo naslednji pogoj za podjetje, ki proizvaja inačico dobrine i

¹⁴ V ekonometriji beli šum predstavlja stacionarni proces, kjer so vse avtokorelacije enake 0 (Lütkepohl & Krätzig, 2004, str. 13). Bolj natančno, proces $u_t = (u_{1t}, \dots, u_{Kt})'$ je definiran kot beli šum, če u_t predstavlja kontinuirane naključne vektorje, ki zadovoljujejo pogoj $E(u_t) = 0$, $\Sigma_u = E(u_t u_t')$ pa je nesingularen, medtem ko sta u_t in u_s neodvisna za $s \neq t$, ter za neko končno konstanto c velja $E|u_{it}u_{jt}u_{kt}u_{mt}| \leq c$ za $i, j, k, m = 1, \dots, K, \forall t$. Zadnji pogoj pomeni, da obstajajo vsi štirje momenti in so omejeni. Torej, če so vektorji u_t normalno porazdeljeni, potem zadovoljijo pogoje momentov (Lütkepohl, 2006, str. 73).

$$Y_{i,t} = \left(\frac{P_t}{P_{i,t}} \right)^{\frac{\lambda_t^d}{\lambda_t^d - 1}} Y_t, \quad (10)$$

Z integriranjem se lahko ta izraz preoblikuje v cenovne indekse

$$P_t = \left[\int_0^1 P_{i,t}^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} di \right]^{1-\lambda_t^d}. \quad (11)$$

Producenti vmesnih dobrin, ki so definirani kot monopolistični konkurenti, imajo dostop do enake tehnologije, vendar pa proizvajajo diferencirane dobrine v skladu s standardno Cobb-Douglasovo produkcijsko funkcijo s konstantnimi donosi obsega ter tehnološkim napredkom, za katerega je značilno, da povečuje delovno produktivnost (Altig, Christiano, Eichenbaum & Lindé, 2004, str. 6)

$$Y_{i,t} = (z_t l_{i,t})^{1-\vartheta} K_{i,t}^\vartheta \epsilon_t - z_t \phi, \quad (12)$$

kjer z_t predstavlja permanentni tehnološki šok, ki se spreminja v času, ϵ_t pa predstavlja stacionarni produktivnostni šok. Z $l_{i,t}$ označujem količino dela, ki ga najema i -to podjetje, $K_{i,t}$ pa je obseg storitev kapitala v i -tem podjetju¹⁵. Parameter ϑ je elastičnost proizvodnje na obseg kapitala, $1 - \vartheta$ pa elastičnost proizvodnje na obseg količine dela. Zapis $z_t \phi$ predstavlja fiksne stroške (Adolfson et al., 2005, str. 5; Altig et al., 2004, str 6).

Permanentni tehnološki šok opredelimo kot eksogeno dan proces

$$\frac{z_t}{z_{t-1}} = \mu_{z,t}, \quad (13)$$

ter

$$\mu_{z,t} = (1 - \rho_{\mu_z}) \mu_z + \rho_{\mu_z} \mu_{z,t-1} + \varepsilon_{z,t}, \quad (14)$$

kjer $\varepsilon_{z,t}$ označuje stohastični produktivnostni šok. Opredeliti je še potrebno stacionarni produktivnostni šok, za katerega velja $E(\epsilon_t) = 1$, ter $\epsilon_t = \frac{\epsilon_t - 1}{1}$, in sicer

¹⁵ Obseg storitev kapitala se razlikuje od fizičnega obsega kapitala, saj se v modelu dopušča nihanje v stopnji izkoriščenosti produkcijskih kapacitet.

$$\hat{\epsilon}_t = \rho_\epsilon \hat{\epsilon}_{t-1} + \varepsilon_{\epsilon,t}, \quad (15)$$

Podjetja minimizirajo stroške ob danem obsegu proizvodnje $Y_{i,t}$ in danih cenah dela in kapitala. Ker v stroškovni funkciji nimamo dinamičnih elementov, za rešitev tega problema zadošča, če rešimo problem za poljubno časovno obdobje t . Minimizacijski problem nominalnih celotnih proizvodnih stroškov za reprezentativno podjetja v obdobju t je¹⁶

$$\min_{K_{i,t}, l_{i,t}} W_t R_t^f l_{i,t} + R_t^k K_{i,t} + v_t P_{i,t} \left[Y_{i,t} - (z_t l_{i,t})^{1-\vartheta} K_{i,t}^\vartheta \epsilon_t + z_t \phi \right], \quad (16)$$

pri čemer označujemo z W_t ceno homogenega dela $l_{i,t}$, z R_t^k pa bruto ceno najema kapitala. En del stroškov plač, χ_t , se financira vnaprej, pri tem pa se plača strošek na enoto plače R_t^f (Adolfson et al., 2008, str. 23-24)

$$R_t^f = \chi_t R_{t-1} + (1 - \chi_t). \quad (17)$$

Pogoji prvega reda enačbe (16) so torej

$$\begin{aligned} R_t^k &= \vartheta v_t P_{i,t} (z_t l_{i,t})^{1-\vartheta} K_{i,t}^{\vartheta-1} \epsilon_t, \\ W_t R_t^f &= (1 - \vartheta) v_t P_{i,t} z_t^{1-\vartheta} l_{i,t}^{-\vartheta} K_{i,t}^\vartheta \epsilon_t. \end{aligned} \quad (18)$$

Zaradi prisotnosti permanentnega tehnološkega šoka, ki prinaša nestacionarnost v model (prisotnost enotskega korena), je potrebno nestacionarne spremenljivke stacionirati. To lahko storimo tako, da nestacionarne spremenljivke delimo z z_t . Tako dobimo

$$r_t^k = \frac{R_t^k}{z_t}, \bar{w}_t = \frac{W_t}{P_t z_t}, k_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{z_t}, \bar{k}_{t+1} = \frac{\bar{K}_{t+1}}{z_t}, \quad (19)$$

pri čemer predstavlja \bar{K}_{t+1} obseg kapitala in je predeterminirana spremenljivka, ki je določena v obdobju t , zato se jo deli z z_t . Kljub temu, da je uporaba storitev kapitala K_{t+1} določena v obdobju $t+1$, je zaradi primerljivosti prav tako delimo z z_t . Upoštevajoč pogojev v enačbi (18) lahko zapišemo enačbo za donos na kapital v enotah stacionarnih spremenljivk, ki smo jih določili v enačbi (19)

$$r_t^k = \frac{\vartheta}{1 - \vartheta} \mu_{z,t} \bar{w}_t R_t^f l_t k_t^{-1}. \quad (20)$$

¹⁶ S podobnim minimizacijskim problemom se soočajo podjetja opredeljena v modelu Adolfsona in ostalih (2005, str. 6).

Lagrangev multiplikator v_t v enačbi (16) je interpretiran kot realni mejni strošek (Adolfson et al., 2005, str. 7; Christiano, Eichenbaum & Evans, 2005, str. 6)

$$mc_t^r = v_t = \left(\frac{\bar{w}_t R_t^f}{1 - \vartheta} \right)^{1-\vartheta} \left(\frac{r_t^k}{\vartheta} \right)^{\vartheta} \frac{1}{\epsilon_t}. \quad (21)$$

V modelu nastopa tudi cenovna rigidnost, kar je prvi vpeljal Calvo (1983, str. 385-387)¹⁷. Po Calvu se cenovno rigidnost doseže tako, da ne morejo vsa podjetja spreminjati cen v vsakem obdobju. Ker za podjetja velja, da so *ex-ante* enaka, velja, da imajo vsa podjetja enako verjetnost, da spremenijo svoje cene. Predpostavljamo, da podjetje postavi novo (optimalno) ceno P_t^{opt} v obdobju t z verjetnostjo $1 - \alpha_d$. Z verjetnostjo α_d pa preostala podjetja ne morejo spremeniti cene, ter ohranijo enako ceno kot v predhodnem obdobju. Velja opredeliti še predpostavko, da so vsa podjetja enako produktivna, zato velja $P_{i,t}^{opt} = P_t^{opt}$. Čeprav je predpostavka, da za katerokoli obdobje velja verjetnost $1 - \alpha_d$ za postavitev novih optimalnih cen, nerealistična, pa povzroči poenostavitev analize inflacijske dinamike v ravnotežnem stanju, saj zmanjša velikost prostora stanj, ki so potrebni za določitev omenjene dinamike (Woodford, 2003, str. 177). Tista podjetja, ki nimajo možnosti postavitve nove optimalne cene, svoje cene prilagajajo v skladu z naslednjo enačbo

$$P_{t+1} = \pi_t^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_d} P_t, \quad (22)$$

kjer je $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ verižni cenovni indeks domačih podjetij, $\bar{\pi}_{t+1}^c$ pa predstavlja ciljni inflacijski indeks. Parameter κ_d predstavlja geometrično utež pretekle inflacije, medtem ko $1 - \kappa_d$ predstavlja utež inflacijskega cilja. Podjetje, ki je postavilo novo ceno v obdobju t , in ki nima več možnosti spremeniti cene v naslednjih τ obdobjih, se pri postavitvi cen v obdobju $t + \tau$ drži naslednjega pravila

$$P_{t+\tau} = (\pi_t \pi_{t+1} \dots \pi_{t+\tau-1}) (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_d} P_t^{opt}. \quad (23)$$

Ciljni inflacijski indeks zapišemo v log-linearizirani obliki kot

$$\hat{\bar{\pi}}_t^c = \rho_\pi \hat{\bar{\pi}}_{t+1}^c + \varepsilon_\pi, \quad (24)$$

kjer parameter ρ_π predstavlja persistentnost inflacijske stopnje, ε_π pa stohastični šok v ciljnem inflacijskem indeksu.

¹⁷ V dinamične stohastične modele splošnega ravnotežja sta cenovno rigidnost prva vpeljala Smets in Wouters (2003, str. 11-12).

Podjetje, ki ima možnost postavitve nove optimalne cene, maksimira naslednjo diskontirano vsoto prihodnjih dobičkov

$$\max_{P_t^{opt}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_d)^\tau v_{t+\tau} \left[(\pi_t \pi_{t+1} \dots \pi_{t+\tau-1})^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_d} P_t^{opt \tau} Y_{i,t+\tau} - MC_{i,t+\tau} (Y_{i,t+\tau} + z_{t+\tau} \phi^d) \right], \quad (25)$$

kjer je β diskontni faktor¹⁸, $\beta v_{t+\tau}$ pa stohastični diskontni faktor, ki ga podjetje uporablja za ustvarjanje dobička glede na svojo funkcijo koristnosti (Adolfson et al., 2005, str. 7). Vrednost dobičkov je odvisna od mejne koristnosti dohodka $v_{t+\tau}$. Ob upoštevanju povpraševanja po i -ti inaciji, ki je definirano v enačbi (10) se pogoj prvega reda za optimalno ceno zapiše P_t^{opt} kot

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_d)^\tau v_{t+\tau} \left[\left(\frac{P_{t+\tau}}{P_t} \right)^{\frac{\lambda_{t+\tau}^d}{\lambda_{t+\tau}^d - 1}} \frac{P_{t+\tau} Y_{t+\tau}}{\left(\frac{P_{t+\tau-1}}{P_{t-1}} \right)^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_d}} - \lambda_{t+\tau}^d \frac{MC_{i,t+\tau}}{P_{t+\tau}} \right] = 0. \quad (26)$$

Nova optimalna cena je odvisna od pričakovanih mejnih stroškov ter od prihodnjih pričakovanih ravni cen. Zapišimo še agregatni cenovni indeks inacije v obdobju t

$$\begin{aligned} P_t &= \left[\int_0^{\alpha_d} (P_{t-1} \pi_{t-1}^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_d})^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} di + \int_{\alpha_d}^1 (P_t^{opt})^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} di \right]^{1-\lambda_t^d} \\ &= \left[\alpha_d (P_{t-1} \pi_{t-1}^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_d})^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} + (1 - \alpha_d) (P_t^{opt})^{\frac{1}{1-\lambda_t^d}} \right]^{1-\lambda_t^d}. \end{aligned} \quad (27)$$

Z log-linearizacijo pogoja prvega reda za optimalno ceno (26) ter z upoštevanjem (27) lahko izpeljemo Phillipsovo krivuljo na ravni domačih podjetij. Če log-lineariziramo cenovni indeks podan v enačbi (27), dobimo

$$\hat{\pi}_t = \alpha_d (1 + \kappa_d) \hat{\pi}_{t-1} + (1 - \kappa_d) \hat{\pi}_t^c + (1 - \alpha_d) \hat{\pi}_t^{opt}, \quad (28)$$

¹⁸ Manjšo vrednost, ki jo zavzame diskontni faktor, oziroma višjo vrednost, ki jo zavzame diskontna stopnja, manj je vredna prihodnja koristnost za reprezentativno gospodinjstvo (Romer, 2006, str. 49). Vemo, da velja $\beta = \frac{1}{1+\delta}$, kjer δ označuje diskontno stopnjo.

kjer sem upošteval $\hat{\pi}_t = \frac{d \log \pi_t}{\pi}$. Iz enačbe (28) izrazimo $\hat{\pi}_t^{opt}$, ter dobimo

$$\hat{\pi}_t^{opt} = \frac{\hat{\pi}_t - \alpha_d(1 + \kappa_d)\hat{\pi}_{t-1} - (1 - \kappa_d)\hat{\pi}_t^c}{1 - \alpha_d}. \quad (29)$$

Če združimo log-linearizirani pogoj prvega reda za optimalno ceno in log-linearizirani cenovni indeks, podana v enačbah (26) in (28), dobimo

$$\begin{aligned} \hat{\pi}_t - \hat{\pi}_t^c = & \frac{\beta}{(1 + \beta\kappa_d)} \left[E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c \right] + \frac{\kappa_d}{(1 + \beta\kappa_d)} \left[\hat{\pi}_{t-1} - \hat{\pi}_t^c \right] \\ & - \frac{\beta\kappa_d(1 - \rho_\pi)}{(1 + \beta\kappa_d)} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \alpha_d)(1 - \beta\alpha_d)}{\alpha_d(1 + \beta\kappa_d)} [\hat{m}\hat{c}_t^r + \lambda_t^d]. \end{aligned} \quad (30)$$

Phillipsovo krivuljo opisuje:

1. Odstopanje tekoče inflacije v domačih podjetjih od ciljne inflacije, ki je odvisno od deviacije realnih mejnih stroškov od ravnovesnega stanja.
2. Preseganje pričakovane inflacije nad ciljno inflacijo.
3. Preseganje pretekle inflacije nad tekočo ciljno inflacijo.
4. Odvisnost od povečanja ciljne inflacije.

Ko velja $\kappa_d = 0$, so pomembna le pričakovanja prihodnje inflacije in mejni stroški (angl. *Forward-looking Phillips Curve*), saj v tem primeru preteklost ni relevantna. Če pa velja $\kappa_d = 1$, potem ni vpliva ciljne inflacije.

3.1.2 Uvozna podjetja

Uvozna podjetja v tujini kupujejo homogene proizvode namenjenim potrošnji, katerih cena je enaka P_t^* . Poznamo dva različna tipa uvoznih podjetij. Prva uvožene homogene proizvode pretvarjajo v diferencirano potrošno dobrino $C_{i,t}^m$, drugi tip uvoznih podjetij pa uvažata investicijske dobrine, $I_{i,t}^m$. Za uvozna podjetja velja predpostavka, da imajo dostop do tehnologije, ki jim omogoča tuje homogene dobrine diferencirati. Uvozna podjetja so definirana kot kontinuum podjetij, ki prodajajo te diferencirane inačice dobrine gospodinjstvom (Adolfson et al., 2005, str. 8).

Upoštevati je potrebno, da so podjetja *ex-ante* enaka, vendar pa ne postavljajo enakih cen *ex-post*, saj se obnašajo v skladu Calvovim mehanizmom postavljanja cen. Pri uvoznikih potrošnih dobrin to pomeni, da le določen del $1 - \alpha_{m,c}$ podjetij lahko prosto postavlja cene v vsakem obdobju. Verjetnost $\alpha_{m,c}$ pa predstavlja delež podjetij, ki cen ne morejo spremeniti.

Enako velja za uvoznike investicijskih dobrin. Delež podjetij, $1 - \alpha_{m,i}$, lahko prosto postavlja cene v vsakem obdobju. Verjetnost $\alpha_{m,i}$ pa predstavlja delež podjetij, ki cen ne morejo spremeniti. Vsa uvozna podjetja, ki imajo možnost optimizirati novo optimalno ceno, postavijo ceno na nivo $P_t^{m,c,opt}$ ter $P_t^{m,i,opt}$. Preostala uvozna podjetja se ravnajo po naslednjem principu, in sicer upoštevajo preteklo inflacijo uvoženih dobrin $\pi_t^{m,j}$ za $j \in [c, i]$, ter pričakovano ciljno inflacijo $\bar{\pi}_{t+1}^c$

$$P_{t+1}^{m,j} = (\pi_t^{m,j})^{\kappa_{m,j}} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_{m,j}} P_t^{m,j}, j \in [c, i], \quad (31)$$

kjer je $\kappa_{m,j}$ utež pretekle inflacije, $1 - \kappa_{m,j}$ pa utež pričakovane ciljne inflacije. Analogno domačim podjetjem lahko zapišemo tudi ceno, ki jo uvozno podjetje postavi v obdobju $t + \tau$ v primeru, ko je imelo omenjeno podjetje v obdobju t priložnost postavitve nove cene, v naslednjih τ obdobjih pa ne

$$P_{t+\tau}^{m,j} = (\pi_t^{m,j} \pi_{t+1}^{m,j} \dots \pi_{t+\tau-1}^{m,j})^{\kappa_{m,j}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,j}} P_t^{m,j,opt}, j \in [c, i] \quad (32)$$

Zapišimo še optimizacijski problem reprezentativnega uvoznega podjetja potrošnih dobrin

$$\max_{P_t^{m,c,opt}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_{m,c})^{\tau} v_{t+\tau} \left[(\pi_t^{m,c} \pi_{t+1}^{m,c} \dots \pi_{t+\tau-1}^{m,c})^{\kappa_{m,c}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,c}} P_t^{m,c,opt} C_{i,t+\tau}^m - P_{t+\tau}^* (C_{i,t+\tau}^m + z_{t+\tau} \phi^{m,c}) \right], \quad (33)$$

in uvoznega podjetja investicijskih dobrin

$$\max_{P_t^{m,i,opt}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_{m,i})^{\tau} v_{t+\tau} \left[(\pi_t^{m,i} \pi_{t+1}^{m,i} \dots \pi_{t+\tau-1}^{m,i})^{\kappa_{m,i}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,i}} P_t^{m,i,opt} I_{i,t+\tau}^m - P_{t+\tau}^* (I_{i,t+\tau}^m + z_{t+\tau} \phi^{m,i}) \right]. \quad (34)$$

Dobički uvoznih podjetij so torej diskontirani ter so odvisni od prodane količini posamezne inačice v tujini proizveden dobrine. Opredeliti je potrebno še sestavo končne uvožene potrošne dobrine, in sicer je sestavljena iz kontinuuma vmesnih uvoženih dobrin, ki ga zapišemo z Dixit-Stiglitzevim oziroma CES agregatorjem

$$C_t^m = \left[\int_0^1 (C_{i,t}^m)^{\lambda_t^{m,c}} di \right]^{\frac{1}{\lambda_t^{m,c}}}, \quad \lambda_t^{m,c} \geq 1, \quad (35)$$

kjer $\lambda_t^{m,c}$ predstavlja maržo uvoznih podjetij naftnih dobrine (stohastični proces), ki se spreminja v času v skladu z naslednjo funkcijo

$$\lambda_t^{m,c} = (1 - \rho_{\lambda^{m,c}})\lambda^{m,c} + \rho_{\lambda^{m,c}}\lambda_{t-1}^{m,c} + \varepsilon_{\lambda^{m,c},t}, \quad (36)$$

pri čemer je $\rho_{\lambda^{m,c}}$ avtoregresijski koeficient, $\lambda^{m,c}$ je vrednost marže v ustaljenem stanju, $\varepsilon_{\lambda^{m,c},t}$ pa slučajni šok v tuji bruto marži.

Povpraševanje po posamezni inačici potrošne dobrine je enako

$$C_{i,t}^m = \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_{i,t}^{m,c}} \right)^{\frac{\lambda_t^{m,c}}{\lambda_t^{m,c}-1}} C_t^m. \quad (37)$$

Podobno lahko zapišemo CES agregator za uvožene investicijske dobrine, in sicer

$$I_t^m = \left[\int_0^1 (I_{i,t}^m)^{\frac{1}{\lambda_t^{m,i}}} di \right]^{\lambda_t^{m,i}}, \quad \lambda_t^{m,i} \geq 1, \quad (38)$$

kjer $\lambda_t^{m,i}$ predstavlja maržo uvoznih podjetij naftnih dobrine (stohastični proces), ki se spreminja v času v skladu z naslednjo funkcijo

$$\lambda_t^{m,i} = (1 - \rho_{\lambda^{m,i}})\lambda^{m,i} + \rho_{\lambda^{m,i}}\lambda_{t-1}^{m,i} + \varepsilon_{\lambda^{m,i},t}, \quad (39)$$

pri čemer je $\rho_{\lambda^{m,i}}$ avtoregresijski koeficient, $\lambda^{m,i}$ je vrednost marže v ustaljenem stanju, $\varepsilon_{\lambda^{m,i},t}$ pa slučajni šok v tuji bruto marži.

Povpraševanje po posamezni inačici potrošne dobrine je enako

$$I_{i,t}^m = \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_{i,t}^{m,i}} \right)^{\frac{\lambda_t^{m,i}}{\lambda_t^{m,i}-1}} I_t^m. \quad (40)$$

Upoštevajoč funkciji povpraševanj v enačbah (37) in (40), lahko pogoj prvega reda za optimalno ceno uvoznih podjetij zapišemo kot

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_{m,c})^\tau v_{t+\tau} \left[\begin{array}{l} \left(\frac{P_{t+\tau}^{m,c}}{P_t^{m,c}} \right)^{\frac{\lambda_{t+\tau}^{m,c}}{\lambda_{t+\tau}^{m,c}-1}} P_{t+\tau}^{m,c} C_{t+\tau}^m \\ \left(\frac{P_{t+\tau-1}^{m,c}}{P_{t-1}^{m,c}} \right)^{\kappa_{m,c}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,c}} \\ \times \left(\frac{P_{t+\tau-1}^{m,c}}{P_{t-1}^{m,c}} \right)^{\kappa_{m,c}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,c}} - \lambda_{t+\tau}^{m,c} \frac{P_{t+\tau}^{m,c}}{P_t^{m,c}} \end{array} \right] = 0, \quad (41)$$

ter

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_{m,i})^\tau v_{t+\tau} \left[\begin{array}{l} \left(\frac{P_{t+\tau}^{m,i}}{P_t^{m,i}} \right)^{\frac{\lambda_{t+\tau}^{m,i}}{\lambda_{t+\tau}^{m,i}-1}} P_{t+\tau}^{m,i} I_{t+\tau}^m \\ \left(\frac{P_{t+\tau-1}^{m,i}}{P_{t-1}^{m,i}} \right)^{\kappa_{m,i}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,i}} \\ \times \left(\frac{P_{t+\tau-1}^{m,i}}{P_{t-1}^{m,i}} \right)^{\kappa_{m,i}} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_{m,i}} - \lambda_{t+\tau}^{m,i} \frac{P_{t+\tau}^{m,i}}{P_t^{m,i}} \end{array} \right] = 0. \quad (42)$$

Agregatni cenovni indeks uvoznih podjetij je

$$P_t^{m,j} = \left[\int_0^1 (P_{it}^{m,j})^{\frac{1}{1-\lambda_t^{m,j}}} di \right]^{1-\lambda_t^{m,j}} \quad (43)$$

$$= \left[\alpha_{m,j} (P_{t-1}^{m,j} (\pi_{t-1}^{m,j})^{\kappa_{m,j}} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_{m,j}})^{\frac{1}{1-\lambda_t^{m,j}}} + (1 - \alpha_{m,j}) (P_t^{m,j,opt})^{\frac{1}{1-\lambda_t^{m,j}}} \right]^{1-\lambda_t^{m,j}},$$

za $j \in [c, i]$.

Z log-linearizacijo cenovnih relacij lahko izpeljemo Phillipsovo krivuljo za uvožene dobrine

$$\hat{\pi}_t^{m,j} - \hat{\pi}_t^c = \frac{\beta}{(1 + \beta \kappa_{m,j})} \left[E_t \hat{\pi}_{t+1}^{m,j} - \rho_\pi \hat{\pi}_t^c \right] + \frac{\kappa_{m,j}}{(1 + \beta \kappa_{m,j})} \left[\hat{\pi}_{t-1}^{m,j} - \hat{\pi}_t^c \right] \quad (44)$$

$$- \frac{\beta \kappa_{m,j} (1 - \rho_\pi)}{(1 + \beta \kappa_{m,j})} \hat{\pi}_t^c + \frac{(1 - \alpha_{m,j})(1 - \beta \alpha_{m,j})}{\alpha_{m,j}(1 + \beta \kappa_{m,j})} \left[\hat{m} \hat{c}_t^{r,m,j} + \lambda_t^{m,j} \right].$$

pri čemer je mejni realni strošek opredeljen kot razlika med uvoženimi cenami ter domačimi prodajnimi cenami $\widehat{mc}_t^{r,m,j} = \hat{p}_t^* - \hat{p}_t^{m,j}$, $j \in [c, i]$. Phillipsovo krivuljo za uvozna podjetja opisuje:

1. Odstopanje tekoče inflacije v uvoznih podjetjih od ciljne inflacije, ki je odvisno od deviacije realnih mejnih stroškov od ravnovesnega stanja.
2. Preseganje pričakovane inflacije nad ciljno inflacijo.
3. Preseganje pretekle inflacije nad tekočo ciljno inflacijo.
4. Odvisnost od povečanja ciljne inflacije.

3.1.3 Izvozna podjetja

Izvozna podjetja kupujejo končne doma proizvedene dobrine, ter jih prodajajo v tujino kot diferencirane dobrine (Adolfson et al., 2005, str. 10). Izvozna podjetja kupujejo končno domačo dobrino, jo diferencirajo ter nadalje prodajo gospodinjsvom v tujini. Cena doma proizvedenih inaic označujemo s P_t in hkrati predstavlja mejni strošek izvoznih podjetij. Reprezentativno izvozno podjetje i se torej sooča z naslednjo funkcijo povpraševanja

$$\tilde{X}_{i,t} = \left(\frac{P_t^x}{P_{i,t}^x} \right)^{\frac{\lambda_t^x}{\lambda_t^x - 1}} \tilde{X}_t \quad (45)$$

Celotno povpraševanje po izvoznih dobrinah, \tilde{X}_t , je sestavljeno iz potrošnih, C_t^x , in investicijskih dobrin, I_t^x . Cena posamezne inaiče na tujem trgu je označena s $P_{i,t}^x$, λ_t^x pa predstavlja bruto maržo na tujih trgih. Bruto marža λ_t^x se tudi na tujih trgih obnaša kot stohastični proces, in sicer

$$\lambda_t^x = (1 - \rho_{\lambda^x})\lambda^x + \rho_{\lambda^x}\lambda_{t-1}^x + \varepsilon_{\lambda^x,t} \quad (46)$$

kjer je λ_t^x marža v ustaljenem stanju, ρ_{λ^x} je avtoregresijski koeficient, ki meri vztrajnost marž in $\varepsilon_{\lambda^x,t}$ pa je stohastični šok na tujih trgih.

Tudi izvozna podjetja postavljajo cene glede na Calvov mehanizem. Delež izvoznih podjetij, ki lahko določijo novo optimalno ceno, je $1 - \alpha_x$ v vsakem obdobju. Optimalno ceno bom označil s $P_t^{x,opt}$ in je za vsa izvozna podjetja enaka. Delež izvoznih podjetij, ki pa ne morejo določiti nove optimalne cene, pa je α_x . Njihova cena se giblje na podlagi pretekle inflacije $\hat{\pi}_t^x$ in pričakovane ciljne inflacije $\bar{\pi}_{t+1}^c$

$$P_{t+1}^x = (\hat{\pi}_t^x)^{\kappa_x} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_x} P_t^x, \quad (47)$$

kjer je κ_x utež pretekle inflacije, ter $1 - \kappa_x$ utež pričakovane ciljne inflacije.

Kot vse vrste podjetij, tudi izvozna podjetja maksimirajo dobiček, in sicer v skladu z naslednjim optimizacijskim problemom

$$\max_{P_t^{opt}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_x)^\tau v_{t+\tau} \left[(\pi_t^x \pi_{t+1}^x \dots \pi_{t+\tau-1}^x)^{\kappa_x} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_x} P_t^{x,opt} \tilde{X}_{i,t+\tau} \right. \\ \left. - P_{t+\tau} (\tilde{X}_{i,t+\tau} + z_{t+\tau} \phi^x) \right]. \quad (48)$$

Pogoj prvega reda za novo optimalno ceno izvoznih podjetij je

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_x)^\tau v_{t+\tau} \left[\left(\frac{\frac{P_{t+\tau}^x}{P_t^x}}{\left(\frac{P_{t+\tau-1}^x}{P_{t-1}^x} \right)^{\kappa_d} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_d}} \right)^{\frac{\lambda_{t+\tau}^x}{\lambda_{t+\tau}^x - 1}} P_{t+\tau}^* \tilde{X}_{t+\tau} \right. \\ \left. \times \left(\frac{\left(\frac{P_{t+\tau-1}^x}{P_{t-1}^x} \right)^{\kappa_x} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_x}}{\frac{P_{t+\tau}^x}{P_t^x}} \right) - \lambda_{t+\tau}^x \frac{P_{t+\tau}^x}{P_t^x} \right] = 0. \quad (49)$$

Log-linearizacija pogoja prvega reda nas pripelje do Phillipsove krivulje izvoznih podjetij

$$\hat{\pi}_t^x - \bar{\pi}_t^c = \frac{\beta}{(1 + \beta \kappa_x)} \left[E_t \hat{\pi}_{t+1}^x - \rho_\pi \bar{\pi}_t^c \right] + \frac{\kappa_x}{(1 + \beta \kappa_x)} \left[\hat{\pi}_{t-1}^x - \bar{\pi}_t^c \right] \\ - \frac{\beta \kappa_x (1 - \rho_\pi)}{(1 + \beta \kappa_x)} \bar{\pi}_t^c + \frac{(1 - \alpha_x)(1 - \beta \alpha_x)}{\alpha_x (1 + \beta \kappa_x)} [\widehat{mc}_t^{r,x} + \lambda_t^x], \quad (50)$$

pri čemer je deviacija mejnih stroškov izvoznih podjetij od ravnovesnega stanja enaka razliki v stopnji rasti cen doma in v tujini, in sicer $\widehat{mc}_t^{r,x} = \hat{p}_t - \hat{p}_t^x$. Phillipsovo krivuljo opisuje:

1. Odstopanje tekoče inflacije v izvoznih podjetij od ciljne inflacije, ki je odvisno od deviacije realnih mejnih stroškov od ravnovesnega stanja.
2. Preseganje pričakovane inflacije nad ciljno inflacijo.
3. Preseganje pretekle inflacije nad tekočo ciljno inflacijo.
4. Odvisnost od povečanja ciljne inflacije.

Predpostavljamo, da je domače gospodarstvo v primerjavi s tujino majhno in nima vpliva na agregatno tujo potrošnjo. Agregatna tuja potrošnja sledi CES funkciji, in sicer je tuje povpraševanje po domači proizvodni dobrini C_t^x podano kot (Adolfson et al., 2005, str. 11)

$$C_t^x = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\theta_f} C_t^*, \quad (51)$$

kjer je C_t^* tuja agregatna potrošnja, P_t^* pa predstavlja raven cen v tujini.

Nadalje predpostavljamo, da so agregatne tuje investicije prav tako

$$I_t^x = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\theta_f} I_t^*, \quad (52)$$

kjer so I_t^* tuje agregatne investicije.

3.2 Gospodinjstva

Gospodinjstva so v gospodarstvu predstavljena kot skupek identičnih in homogenih neskončno živečih dinastičnih družin¹⁹ (Bénassy, 2007, str. 1). Predpostavljamo, da je v tipičnem malem odprtem gospodarstvu kontinuum gospodinjstev, ki jih indeksiramo s $j \in [0,1]$. Gospodinjstva črpajo korist iz potrošnje, prostega časa in količine držanega denarja. Reprezentativno gospodinjstvo zasleduje naslednjo pričakovano življenjsko funkcijo koristnosti, ki je zapisana kot pričakovana vrednost v izhodiščnem obdobju t vsote trenutnih (obdobnih) ravni koristnosti

$$E_0^j \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left[\zeta_t^c \log(C_{j,t} - \varpi C_{j,t-1}) - \zeta_t^L A_L \frac{l_{j,t}^{1+\varphi_L}}{1+\varphi_L} + \zeta_t^M A_M \frac{\left(\frac{M_{j,t}}{P_t Z_t} \right)^{1-\varphi_M}}{1-\varphi_M} \right], \quad (53)$$

pri čemer β predstavlja diskontni faktor. Trenutna funkcija koristnosti predstavlja koristnost gospodinjstva v času t in je sestavljena iz treh aditivno ločljivih členov. Prvi člen predstavlja koristnost, ki jo prinaša potrošnja dobrin, drugi člen se nanaša na psihični strošek dela, zadnji, tretji člen pa se nanaša na koristnost povezano z realno količino denarja. Najprej naj pojasnim na kratko drugi in tretji člen, nato pa lahko bolj podrobno opišem razlago prvega člena.

Drugi člen predstavlja psihični strošek dela, ki je odvisen od števila delovnih ur, $l_{j,t}$, ki jih ponuja reprezentativno gospodinjstvo. Parameter φ_L je definiran kot inverzna elastičnost dela in nam pove, kako hitro se spreminja zadovoljstvo potrošnika s številom delovnih ur. Večja

¹⁹ Predpostavljamo, da agent živi neskončno časa in tvori načrte glede prihodnjih nizov potrošenj. Neskončno živečega agenta se lahko obravnava kot družinsko dinastijo, katere danes živeči člani dinastije načrtujejo bodočo potrošnjo in premoženje tudi za prihodnje člane dinastije, ki se še niso niti rodili (McCandless, 2008, str. 33).

ko je vrednost parametra φ_L , tem večji je mejni strošek dela (strošek dela narašča hitreje), posledično gospodinjstvo zahteva večjo nagrado za delo. Konstanta A_L predstavlja raztezni faktor, njen namen pa je prilagajanje enot funkcije koristnosti in količine ponujenega dela. ζ_t^L pa zajema stohastično komponento, ki se v času spreminja v skladu z avtoregresijskim procesom

$$\hat{\zeta}_t^L = \rho_{\zeta^L} \hat{\zeta}_{t-1}^L + \varepsilon_{\zeta^L,t}, \quad E(\zeta_t^L) = 1. \quad (54)$$

Tretji člen zajema koristnost, ki izhaja iz držanja denarja. Korist držanja denarja je odvisna od realne količine, zato nominalno količino M_t delimo z ravno cen, P_t . Prav tako realno količino denarja normaliziramo s spremenljivko z_t z namenom stacionarnosti. Konstanta A_M je raztezni faktor, medtem ko je ζ_t^M mera šokov v povpraševanju po denarju, ki prav tako sledi analognemu avtoregresivnemu procesu

$$\hat{\zeta}_t^M = \rho_{\zeta^M} \hat{\zeta}_{t-1}^M + \varepsilon_{\zeta^M,t}, \quad E(\zeta_t^M) = 1. \quad (55)$$

Prvi člen predstavlja koristnost, ki jo prinaša gospodinjstvu celotna potrošnja. S $C_{j,t}$ opredelimo agregatni indeks celotne potrošnje. V funkciji koristnosti je opredeljena tudi vztrajnost navad (angl. Habit Persistence), in sicer s $\varpi C_{j,t-1}$. Parameter ϖ mera stopnje vztrajnosti navad, za katero velja $0 \leq \varpi \leq 1$ (Woodford, 2003, str. 333). ζ_t^c je mera preferenčnih šokov v povpraševanju po dobrinah, ki sledi avtoregresivnemu procesu

$$\hat{\zeta}_t^c = \rho_{\zeta^c} \hat{\zeta}_{t-1}^c + \varepsilon_{\zeta^c,t}, \quad E(\zeta_t^c) = 1. \quad (56)$$

Agregatna potrošnja C_t je sestavljeni CES indeks doma proizvedenih dobrin in uvoženih dobrin (Adolfson et al. 2008, str. 25)

$$C_t = \left[(1 - \omega_c)^{\frac{1}{\theta_c}} (C_t^d)^{\frac{\theta_c - 1}{\theta_c}} + \omega_c^{\frac{1}{\theta_c}} (C_t^m)^{\frac{\theta_c - 1}{\theta_c}} \right]^{\frac{\theta_c}{\theta_c - 1}}. \quad (57)$$

Parameter θ_c je elastičnost substitucije med uvoženimi in doma proizvedenimi dobrinami, ω_c pa je delež uvoženih dobrin uvoza v potrošnji gospodinjstev. Optimizacija enačbe (57) ob proračunski omejitvi $P_t C_t^d + P_t^{m,c} C_t^m = P_t^c C_t$ dobimo naslednji funkciji povpraševanja

$$C_t^d = (1 - \omega_c) \left(\frac{P_t}{P_t^c} \right)^{-\theta_c} C_t, \quad (58)$$

$$C_t^m = \omega_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} \right)^{-\theta_c} C_t,$$

kjer je indeks življenjskih potrebščin (HICP) definiran kot

$$P_t^c = \left[(1 - \omega_c) P_t^{1-\theta_c} + \omega_c (P_t^{m,c})^{1-\theta_c} \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}}, \quad (59)$$

Podobno kot pri potrošnih dobrinah, lahko podobno opredelimo agregatni indeks investicijskih dobrin

$$I_t = \left[(1 - \omega_i)^{\frac{1}{\theta_i}} (I_t^d)^{\frac{\theta_i-1}{\theta_i}} + \omega_i^{\frac{1}{\theta_i}} (I_t^m)^{\frac{\theta_i-1}{\theta_i}} \right]^{\frac{\theta_i}{\theta_i-1}}. \quad (60)$$

Parameter θ_i je elastičnost substitucije med domačimi in tujimi investicijskimi dobrinami, ω_i pa je delež uvoženih investicijskih dobrin. Funkciji povpraševanja po posameznih investicijskih dobrinah sta

$$I_t^d = (1 - \omega_i) \left(\frac{P_t}{P_t^i} \right)^{-\theta_i} I_t, \quad (61)$$

$$I_t^m = \omega_i \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_t^i} \right)^{-\theta_i} I_t,$$

kjer je agregatna raven cen investicijskih dobrin

$$P_t^i = \left[(1 - \omega_i) P_t^{1-\theta_i} + \omega_i (P_t^{m,i})^{1-\theta_i} \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}}. \quad (62)$$

Medtem ko podjetja uporabljajo kapital v svojih produkcijskih procesih, so dejanski lastniki kapitala gospodinjstva. Dinamika kapitala je določena z

$$\bar{K}_{t+1} = (1 - \delta) \bar{K}_t + Y_t f(I_t, I_{t-1}) + \Delta_t, \quad (63)$$

kjer je dinamika kapitala odvisna od določenih stroškov prilagajanja investicij ter stroškov spreminjanja izkoriščenosti proizvodnih kapacitet (Adolfson et al., 2005, str. 13-14). Parameter δ je opredeljen kot stopnja depreciacije kapitala. Spremenljivka Δ_t predstavlja dostop gospodinjstev do trga kapitala. Funkcija $f(I_t, I_{t-1})$ pa ima nalogo pretvarjanja investicij v kapital (Christiano, Eichenbaum & Evans, 2005, str. 9)

$$f(I_t, I_{t-1}) = \left(1 - \tilde{S}(I_t, I_{t-1})\right) I_t. \quad (64)$$

Funkcija \tilde{S} ima naslednje lastnosti: $\tilde{S}(\mu_z) = \tilde{S}'(\mu_z) = 0$ in $\tilde{S}''(\mu_z) \equiv \tilde{S}'' > 0$. Funkcija $\tilde{S}(I_t, I_{t-1})$ določa stroške prilagajanja pretvorbe investicij v kapital preko parametra S'' (Adolfson et al., 2008, str. 26). V enačbi (63) zasledimo tudi investicijski tehnološki šok Y_t , v log-linearizirani obliki pa ga lahko zapišemo

$$\tilde{Y}_t = \rho_Y \tilde{Y}_{t-1} + \varepsilon_{Y,t}. \quad (65)$$

Vrnimo se k optimizacijskemu problemu gospodinjstev. Kot sem že omenil v teoretičnem pregledu, je cilj vsakega reprezentativnega gospodinjstva maksimiranje svoje življenjske koristnosti (53), pri tem pa morajo gospodinjstva upoštevati neskončno število proračunskih omejitev. Obdobja proračunska omejitev vsebuje nabor odločitev nekega gospodinjstva. Predpostavljam, da imajo gospodinjstva na voljo tri različne hranilce vrednosti, in sicer:

1. denar (M),
2. domači vrednostni papirji (B),
3. tuji vrednostni papirji (B^*).

Tuji vrednostni papirji so denominirani v enaki valuti kot v Sloveniji, kar pomeni, da ni potrebno upoštevati deviznega tečaja. Držanje denarja ne prinaša nikakršnega donosa, medtem ko je za tuje in domače vrednostne papirje značilno, da njihovo držanje gospodinjstvu prinaša nek donos. Nominalni donos na domače vrednostne papirje opredelimo kot $R_t = 1 + r_t$, kjer je r_t nominalna obrestna mera. Velja opredeliti še nominalni donos na tuje vrednostne papirji, in sicer $R_t^* \Phi\left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t\right)$ (Benigno, 2001, str. 5-6). Pri obrestih na tuje vrednostne papirje je potrebno upoštevati premijo za tveganje, ki je odvisna le od eksogenega dela ϕ in realne neto zunanje investicijske pozicije. Če Slovenija ne bi bila članica evroobmočja, bi morali pri premiji za tveganje upoštevati tudi tveganja povezana z gibanjem valutnega tečaja. Realna neto zunanja investicijska pozicija je opredeljena kot

$$A_t = \frac{B_{t+1}^*}{P_t}. \quad (66)$$

Za izraz $\Phi\left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t\right)$ se predpostavlja, da je strogo padajoča funkcija. V ravnovesnem stanju pa zadošča pogoju $\Phi(0,0) = 1$. Na ta način je upoštevana popolna integracija mednarodnih finančnih trgov. Če velja $B_t^* < 0$, potem domači subjekti plačujejo pribitek na tveganje pri izposojanju v tujini. Obratno velja v primeru, da je $B_t^* > 0$ (Adolfson et al., 2005, str. 15). Kot sem že omenil v teoretičnem delu, je potrebno pri modeliranju dinamičnega stohastičnega

modela biti pozoren na problematičnost ustalovitve spremenljivk pri majhnem odprtem gospodarstvu. Eden izmed načinov za vsilitev stacionarnosti modela je preko pribitka za tveganje (Schmitt-Grohé & Uribe, 2003, str. 170-171).

Reprezentativno gospodinjstvo lahko povečuje finančno premoženje z dohodki od dela in kapitala. Dohodek od dela rezultat ponudbe dela v obliki neto plače, ki jo posamezno gospodinjstvo prejme. Pri tem upoštevamo, da se gospodinjstva soočajo z negotovostjo, ki je povezana s predpostavko, da so gospodinjstva monopolni ponudniki dela in s tem določevalci plač. Več o tem, kako gospodinjstva določajo plače, kasneje v naslednjem podpoglavju. Naslednja predpostavka je, da se lahko gospodinjstva pred tveganjem na trgu dela zavarujejo z nakupom ustreznih vrednostnih papirjev. S to predpostavko se izognemo frikcijam na trgu dela, ki bi lahko povzročala heterogenost med gospodinjstvi. Posledično ni potrebno spremljati premoženja gospodinjstev. To pomeni, da so gospodinjstva *ex-ante* enaka in so zato pripravljena vstopiti v takšne "zavarovalne pogodbe". V proračunsko omejitev gospodinjstva vstopajo tudi davki. Dohodnino bom tako označeval z linearno davčno stopnjo τ_w . Zaradi poenostavitve bom upošteval povprečno davčno stopnjo, in ne različna davčna bremena na dohodnino. Poleg tega bodo gospodinjstva obdavčena za kapitalske dobičke s povprečno davčno stopnjo τ_k . Potrošnja gospodinjstev bo obdavčena z davkom na dodano vrednost τ_c . Davčne stopnje τ_w , τ_k in τ_c so v modelu podane kot fiksne stopnje. Trošarine $\tau_{o,t}$ pa se lahko spreminjajo v času, saj so z vidika kratkoročnega cikličnega odzivanja pomembne. Opredelimo s TR_t še transfere države, ki jih prejemajo gospodinjstva. Z $D_{j,t}$ bom označeval neto gotovinsko blagajno, $W_{j,t}$ pa predstavlja nominalno plačo gospodinjstva. Gospodinjstva se soočajo tudi s plačilom stroška prilaganja kapitala $P_t a(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t}$ (Adolfson et al., 2005, str. 15). Funkcija $a(u_{j,t})$ predstavlja mero stroška uporabe kapitala, kjer je u_t stopnja zasedenosti proizvodnih kapacitet in je definirana kot $u_t = \frac{K_t}{\bar{K}_t}$ (Christiano, Eichenbaum & Evans, 2005, str 9). Ob vseh navedenih predpostavkah je proračunska omejitev reprezentativnega gospodinjstva j v obdobju t enaka

$$\begin{aligned}
& M_{j,t+1} + B_{j,t+1} + B_{j,t+1}^* + (1 + \tau_c) P_t^c C_{j,t} + P_t^i I_{j,t} + P_t a(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} + P_{k',t} \Delta_t \\
& = M_{j,t} + R_{t-1} B_{j,t} + R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right) B_{j,t}^* + (1 + \tau_w) W_{j,t} l_{j,t} + (1 + \tau_k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} \quad (67) \\
& - \tau_k \left[\left(R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right) - 1 \right) B_{j,t}^* + (R_{t-1} - 1) B_{j,t} \right] \\
& + (1 + \tau_k) \Pi_{j,t} + D_{j,t} + TR_{j,t}, \quad \forall t, j,
\end{aligned}$$

kjer leva stran enačbe prikazuje uporabo dohodka za potrošnjo in finančne naložbe, desna stran pa vire dohodkov in naložb.

Z opredeljeno proračunsko omejitvijo lahko sedaj zapišemo Lagrangev optimizacijski problem reprezentativnega gospodinjstva

$$\max_{\{C_{j,t}, B_{j,t+1}, B_{j,t+1}^*, \Delta_t, I_{j,t}, M_{j,t+1}, \bar{K}_{j,t+1}, u_{j,t}\}_{t=0}^{\infty}} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \tilde{L}_t, \quad (68)$$

pri čemer je

$$\tilde{L}_t = \left[\begin{array}{l} \zeta_t^c \log(C_{j,t} - \varpi C_{j,t-1}) - \zeta_t^L A_L \frac{l_{j,t}^{1+\varphi_L}}{1+\varphi_L} + \zeta_t^M A_M \frac{\left(\frac{M_{j,t}}{P_t Z_t}\right)^{1-\varphi_M}}{1-\varphi_M} \\ + v_t \left\{ \begin{array}{l} M_{j,t} + R_{t-1} B_{j,t} + R_{t-1}^* \Phi\left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\Phi}_{t-1}\right) B_{j,t}^* + (1 + \tau_w) W_{j,t} l_{j,t} \\ + (1 + \tau_k) R_t^k u_{j,t} \bar{K}_{j,t} + (1 + \tau_k) \Pi_{j,t} + D_{j,t} + T R_{j,t} \\ - \tau_k \left[\left(R_{t-1}^* \Phi\left(\frac{A_{t-1}}{Z_{t-1}}, \tilde{\Phi}_{t-1}\right) - 1 \right) B_{j,t}^* + (R_{t-1} - 1) B_{j,t} \right] \\ - M_{j,t+1} - B_{j,t+1} - B_{j,t+1}^* - (1 + \tau_c) P_t^c C_{j,t} - P_t^i I_{j,t} \\ - P_t a(u_{j,t}) \bar{K}_{j,t} - P_{k',t} \Delta_t \end{array} \right\} \end{array} \right]. \quad (69)$$

Sedaj je potrebno izpeljati pogoje prvega reda za vse spremenljivke, o katerih se gospodinjstva odločajo. Ker velja predpostavka, da so vsa gospodinjstva *ex-ante* enaka, lahko opustimo indeks j . Ponovno je potrebno spremenljivke normalizirati z ravnijo permanentnih šokov, z_t . Zato lahko realni Lagrangev multiplikator v_t preoblikujemo v nominalnega $\psi_t \equiv v_t P_t$ le-tega pa nato v multiplikator, ki vključuje še tehnološke šoke $\psi_{z,t} = \psi_t z_t = v_t P_t z_t$.

Pogoj prvega reda za optimalno raven potrošnje je

$$\frac{\zeta_t^c}{c_t - \varpi c_{t-1}} \frac{1}{\mu_{z,t}} - \beta \varpi E_t \frac{\zeta_{t+1}^c}{c_{t+1} \mu_{z,t+1} - \varpi c_t} - \psi_{z,t} \frac{P_t^c}{P_t} (1 + \tau_c) = 0. \quad (70)$$

Pogoj prvega reda za obseg domačih vrednostnih papirjev je

$$-\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1} R_t}{\mu_{z,t+1} \pi_{t+1}} - \frac{\psi_{z,t+1} \tau_k (R_t - 1)}{\mu_{z,t+1} \pi_{t+1}} \right] = 0. \quad (71)$$

Povsem analogno lahko zapišemo pogoj prvega reda za obseg tujih vrednostnih papirjev

$$-\psi_{z,t} + \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \frac{1}{\pi_{t+1}} \left(R_t^* \Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right) - \tau_k \left(R_t^* \Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right) - 1 \right) \right) \right] = 0. \quad (72)$$

Pogoj prvega reda za optimalno količino denarja v obtoku je

$$\zeta_t^M A_M m_t^{-\varphi_M} - (1 - \tau_k) \psi_{z,t} (R_{t-1} - 1) = 0. \quad (73)$$

Pogoj prvega reda optimalne stopnje zasedenosti proizvodnih kapacitet je

$$\psi_{z,t} [(1 - \tau_k) r_t^k - a'(u_t)] = 0. \quad (74)$$

Pogoj prvega reda optimalnega obsega kapitala je

$$\psi_{z,t} P_{k',t} \beta E_t \left[\frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} \left((1 - \delta) P_{k',t+1} + (1 - \tau_k) r_{t+1}^k - a(u_{t+1}) \right) \right] = 0. \quad (75)$$

Pogoj prvega reda optimalni obsega investicij pa je

$$\begin{aligned} & -\psi_{z,t} \frac{P_t^i}{P_t} + \psi_{z,t} P_{k',t} Y_t f_1(i_t, i_{t-1}, \mu_{z,t}) \\ & + \beta E_t \left[P_{k',t+1} \frac{\psi_{z,t+1}}{\mu_{z,t+1}} Y_{t+1} f_2(i_{t+1}, i_t, \mu_{z,t+1}) \right] = 0. \end{aligned} \quad (76)$$

3.2.1 Določanje domače obrestne mere

Banka Slovenije nima pravice izvajati lastne monetarne politike, odkar je Slovenija vstopila v Evropsko monetarno unijo s 1. januarjem 2007 (Banka Slovenije, 2006). Domača obrestna mera je zaradi tega določena lahko le na podlagi (tuje) obrestne mere²⁰ Evropske centralne banke (ECB) in razlike v tveganosti slovenskega gospodarstva (premija za tveganje $\Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right)$). S to predpostavko se upošteva nepopolno integriranost mednarodnih finančnih trgov. Zapišimo ta pogoj še z enačbo, in sicer združimo pogoja prvega reda držanja tako domačih kot tujih obveznic (71) in (72)

$$(1 - \tau_k) R_t^* \Phi \left(\frac{A_t}{z_t}, \tilde{\phi}_t \right) = (1 - \tau_k) R_t. \quad (77)$$

Z upoštevanjem funkcije za premijo tveganja (Adolfson et al., 2005, str. 16)

²⁰ Določanje tuje obrestne mere je predstavljeno v podpoglavju Eksogeni procesi.

$$\Phi\left(\frac{A_t}{Z_t}, \tilde{\phi}_t\right) = e^{-\tilde{\phi}_a(a_t - \bar{a}) + \tilde{\phi}_t}, \quad (78)$$

in z log-linearizacije enačbe (77), dobimo

$$\tilde{R}_t = \tilde{R}_t^* + \tilde{\phi}_t - \tilde{\phi}_a \hat{a}_t. \quad (79)$$

Domača obrestna mera je torej odvisna od eksogeno dane tuje obrestne mere ter eksogenih šokov v premiji za tveganje. Prav tako je potrebno upoštevati negativni vpliv ravni neto tuje investicijske pozicije.

3.2.2 Indeks cen življenjskih potrebščin

Z vidika oblikovanja plač gospodinjstev, ki je opredeljeno v naslednjem podpoglavju, je potrebno najprej opredeliti indeks cen življenjskih potrebščin. Gospodinjstva namreč pri višini svojih plač upoštevajo stopnjo inflacije oziroma indeks cen življenjskih potrebščin (HICP)

$$\hat{\pi}_t^c = (1 - \omega_o) \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{P_t}{P_t^c} \right)^{1-\theta_c} \hat{\pi}_t + \omega_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t^c} \right)^{1-\theta_c} \hat{\pi}_t^{m,c} \right] + \omega_o \hat{\pi}_t^o, \quad (80)$$

kjer je ω_o delež nafte v indeksu življenjskih potrebščin. $\hat{\pi}_t^o$ vstopa model kot eksogena spremenljivka in predstavlja stopnjo inflacije naftnih derivatov in je odvisna od nihanja svetovnih naftnih cen ter sprememb v trošarinah

$$\hat{\pi}_t^o = sh^{ow} \hat{\pi}_t^{ow} + (1 - sh^{ow}) \bar{d}\tau_{o,t}, \quad (81)$$

pri čemer $\bar{d}\tau_{o,t}$ predstavlja trošarinsko pravilo definirano v enačbi (102), $\hat{\pi}_t^{ow}$ pa stopnjo inflacije svetovnih cen nafte. $\hat{\pi}_t^{ow}$ je opredeljena kot stohastični proces

$$\hat{\pi}_t^{ow} = \rho_{\pi^{ow}} \hat{\pi}_{t-1}^{ow} + \varepsilon_{\pi^{ow},t}, \quad (82)$$

kjer je $\varepsilon_{\pi^{ow},t}$ slučajni šok v svetovnih cenah nafte.

V enačbi (81) parameter sh^{ow} predstavlja moč prenosa sprememb v svetovnih cenah nafte na spremembe v cenah naftnih proizvodov v slovenskem gospodarstvu, $1 - sh^{ow}$ predstavlja pa moč vpliva državnih trošarin na spremembe cen v naftnih proizvodih.

3.2.3 Oblikovanje plač gospodinjstev

Vsako gospodinjstvo je specializirano za različne storitve dela in jih ponuja na trgu dela kot monopolist. V vsakem obdobju le (konstantni) del gospodinjstev dobi priložnost, da se pogaja za optimalno plačilo svojega dela. Gre za Calvov model postavljanja cen (1983) Posledično se agregatna nominalna plača odziva z zamikom glede na šoke, ki prizadenejo gospodarstvo (Galí, 2008, str. 120).

Predpostavlja se torej kontinuirana monopolistično konkurenčna gospodinjstva na enotnem intervalu $j \in [0,1]$, za katere vemo, da ponujajo diferencirane storitve dela produkcijskemu sektorju (Erceg, Henderson & Levin, 2000, str. 286; Christiano, Eichenbaum & Evans, 2003, str. 9). Povedano drugače, proizvodna podjetja vidijo vsako storitev dela posameznega gospodinjstva kot nepopolni substitut za storitev dela nekega drugega gospodinjstva. Za prikaz povpraševanja po delu uporabimo Dixit-Stiglitzev agregator

$$l_t = \left[\int_0^1 l_{j,t}^{\frac{1}{\lambda^w}} dj \right]^{\lambda^w}, \quad \lambda^w \geq 1, \quad (83)$$

kjer parameter λ^w meri pribitek plač zaradi tržne moči ponudnikov dela. Upoštevati je potrebno tudi predpostavko, da imamo opravka z enotnim trgom dela, tako da vsa podjetja ne glede na proizvod najemajo enake storitve ponujenega dela in se tako soočajo z enakimi plačami (Woodford, 2003, str. 221). Podjetje torej jemlje plače kot dane, ter ob minimizaciji stroškov povprašuje po delu

$$l_{j,t} = \left[\frac{W_t}{W_{j,t}} \right]^{\frac{\lambda^w}{\lambda^w - 1}} l_t. \quad (84)$$

Pokažemo še, da je agregatni indeks plač, W_t , ki predstavlja ceno dela, l_t , povezana s plačo vsakega posameznega gospodinjstva, $W_{j,t}$, (Christiano, Eichenbaum & Evans, 2003, str. 9-10)

$$W_t = \left[\int_0^1 W_{j,t}^{\frac{1}{1-\lambda^w}} dj \right]^{1-\lambda^w}. \quad (85)$$

Gospodinjstva postavijo ceno svojega dela oziroma višino plače po Calvovem mehanizmu, in sicer z verjetnostjo $1 - \alpha_w$ reoptimizirajo plače za vsako obdobje. Gospodinjstva, ki dobijo možnost reoptimizacije, izberejo raven plače, W_t^{opt} , upoštevajoč, da z verjetnostjo α_w v prihodnjem obdobju ne bodo mogla ponovno reoptimizirati. Preostala gospodinjstva, ki v istem obdobju ne morejo reoptimizirati, pa svoje plače indeksirajo glede na preteklo inflacijo

indeksa cen življenjskih potrebščin (HICP) $\pi_t^c = 1 + \hat{\pi}_t^c$, ciljno inflacijo $\bar{\pi}_t^c = 1 + \bar{\pi}_t^c$, ter rast agregatnega indeksa produktivnosti $\mu_{z,t+1} = \frac{z_{t+1}}{z_t}$

$$W_{j,t+1} = (\pi_t^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t+1} W_{j,t}, \quad (86)$$

kjer κ_w predstavlja parameter indeksacije plač (Adolfson et al., 2005, str. 17). Gospodinjstvo, ki v obdobju t optimizira svojo plačo na $W_{j,t}^{opt}$, in ne bo moglo spremeniti plače v naslednjih τ obdobjih, bo njegova plača po τ obdobjih enaka

$$W_{t+\tau} = (\pi_t^c \pi_{t+1}^c \dots \pi_{t+\tau-1}^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t+\tau} W_t^{opt}. \quad (87)$$

Ob upoštevanju Calvovega mehanizma, lahko agregatni indeks plač v obdobju t zapišemo drugače, in sicer

$$\begin{aligned} W_t &= \left[\int_0^{\alpha_w} \left(W_{t-1} (\pi_{t-1}^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda^w}} dj + \int_{\alpha_w}^1 \left(W_t^{opt} \right)^{\frac{1}{1-\lambda^w}} dj \right]^{1-\lambda^w} \\ &= \left[\alpha_w \left(W_{t-1} (\pi_{t-1}^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_t^c)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t} \right)^{\frac{1}{1-\lambda^w}} + (1 - \alpha_w) \left(W_t^{opt} \right)^{\frac{1}{1-\lambda^w}} \right]^{1-\lambda^w}. \end{aligned} \quad (88)$$

Zadnjo enačbo lahko log-lineariziramo okrog ničelne (plačne) inflacije v ustaljenem stanju (Galí, 2008, str. 124), ter dobimo

$$\hat{w}_t = (1 - \alpha_w) \hat{w}_t^{opt} + \alpha_w \left(\hat{w}_{t-1} + \kappa_w \hat{\pi}_{t-1}^c + (1 - \kappa_w) \bar{\pi}_t^c + \hat{\mu}_{z,t} \right). \quad (89)$$

Tista gospodinjstva, ki reoptimizirajo, se pri določanju W_t^{opt} ob upoštevanju omejitve v enačbi (83) soočajo z naslednjim optimizacijskim problemom (kjer sem izraze, ki niso relevantni pri optimizacijskem problemu zanemaril)

$$\max_{W_t^{opt}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_w)^\tau \left[\begin{aligned} & -\zeta_{t+\tau}^L A_L \frac{l_{j,t+\tau}^{1+\varphi_L}}{1+\varphi_L} + v_{t+\tau} (1 - \tau_w) \\ & \times (\pi_t^c \pi_{t+1}^c \dots \pi_{t+\tau-1}^c)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_w} \mu_{z,t+\tau} W_t^{opt} l_{j,t+\tau} \end{aligned} \right]. \quad (90)$$

Izraz (90) lahko interpretiramo kot vsoto pričakovanih koristnosti ustvarjenih v (negotovem) obdobju v katerem plača ves čas ostaja na nivoju W_t^{opt} , ki je bila določena v času t (Galí, 2008, str. 122). V prihodnosti ustvarjena koristnost pod drugim nivojem plače je tako irelevantna z vidika optimiziranja trenutne plače.

Pogoj prvega reda nas pripelje do enačbe za določanje plače oziroma do Eulerjeve plače

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \alpha_w)^\tau l_{j,t+\tau} \left[\frac{-\zeta_{t+\tau}^L A_L l_{j,t+\tau}^{\varphi_L} + v_{t+\tau} (1 - \tau_w)}{\frac{W_t^{opt} P_{t+\tau} z_{t+\tau}}{P_t z_t} \frac{\left(\frac{P_{t+\tau}^c - 1}{P_{t-1}^c}\right)^{\kappa_w} (\bar{\pi}_{t+1}^c \bar{\pi}_{t+2}^c \dots \bar{\pi}_{t+\tau}^c)^{1-\kappa_w}}{\frac{P_{t+\tau}}{P_t}}} \right] \quad (91)$$

Realna plača bi v primeru popolnoma fleksibilnih plač ($\alpha_w = 0$) bila

$$(1 - \tau_w) W_t^{opt} = (1 - \tau_w) W_{j,t} = -\lambda^w \frac{\zeta_t^L A_L l_{j,t}^{\varphi_L}}{v_t}, \quad (92)$$

$$(1 - \tau_w) \bar{w}_{j,t} = -\lambda^w \frac{\zeta_t^L A_L l_{j,t}^{\varphi_L}}{\psi_{z,t}},$$

kjer je realna plača opredeljena z $\bar{w}_t = \frac{W_t}{P_t z_t}$.

Log-linearizacija enačbe (91) in uporaba kvazi-diferencialnega operatorja $1 - \beta \alpha_w L^{-1}$ (McCandless, 2008 str. 319) nas pripelje do dinamike realne plače

$$\begin{aligned} & b_w \alpha_w \widehat{\bar{w}}_{t-1} + [\lambda^w \varphi_L - b_w (1 + \alpha_w^2)] \widehat{\bar{w}}_t + \beta b_w \alpha_w E_t \widehat{\bar{w}}_{t+1} \\ & - b_w \alpha_w [\hat{\pi}_t - \widehat{\bar{\pi}}_t^c] + \beta b_w \alpha_w [E_t \hat{\pi}_{t+1} - \rho_\pi \widehat{\bar{\pi}}_t^c] + b_w \alpha_w \kappa_w [\hat{\pi}_{t-1}^c - \widehat{\bar{\pi}}_t^c] \\ & - \beta b_w \alpha_w \kappa_w [\hat{\pi}_t^c - \rho_\pi \widehat{\bar{\pi}}_t^c] + (1 - \lambda^w) \widehat{\psi}_{z,t} - (1 - \lambda^w) \varphi_L \hat{l}_t - (1 - \lambda^w) \zeta_t^L = 0, \end{aligned} \quad (93)$$

kjer je $b_w = \frac{\lambda^w \varphi_L - (1 - \lambda^w)}{(1 - \beta \alpha_w)(1 - \alpha_w)}$. Plačno enačbo lahko opišemo na naslednji način. Realna plača je odvisna od ravni pretekle realne plače ter pričakovane realne plače v prihodnosti. Gospodinjstvo pri določanju plače upošteva tudi odstopanje pričakovane inflacije od ciljne inflacije, odstopanje pretekle inflacije od ciljne inflacije, raven agregatne zaposlenosti, preferenc ter multiplizator tehnoloških šokov.

3.3 Država

Vloga države v gospodarstvu je bistvenega pomena. Med pomembnejšimi orodji vpliva na ekonomsko obnašanje gospodarstva so njene makroekonomske politike oziroma njena fiskalna politika, s katero lahko učinkuje na inflacijo, nezaposlenost (zaposlenost) ter finančno stanje države. Obnašanje države opisuje standardna enačba za dinamiko javnega dolga D_t

$$\begin{aligned}
D_t &= D_{t-1}(1 + R_t) + Def_t \\
&= D_{t-1}(1 + R_t) + Gex_t - T_t,
\end{aligned} \tag{94}$$

kjer je R_t obrestna mera, po kateri se zadolžuje država in je enaka obrestni meri državne potrošnje. Gex_t predstavljajo državne izdatke. T_t so celotni davčni prihodki. Z Def_t označimo tekoči proračunski primanjkljaj in je opredeljen kot razlika med državnimi izdatki in davčnimi prihodki. Davčni prihodki države izhajajo iz obdavčitve agregatnega delovnega dohodka, dohodka od kapitala, ki vključuje obresti na držane domače in tuje vrednostne papirje ter dobičke podjetij, potrošnje in nafto

$$T_t = T_{W,t} + T_{K,t} + T_{C,t} + T_{O,t}, \tag{95}$$

kjer $T_{W,t}$ predstavlja obdavčitev dela, kjer so zajeti linearni socialni prispevki za zdravstveno in pokojninsko zavarovanje, kot tudi progresivna dohodnina. Predpostavljamo, da so delovni dohodki linearna funkcija nominalnih bruto plač, $T_{W,t} = \tau_w W_t l_t$. Davčni dohodek od kapitala je enak vsoti $T_{K,t} = \tau_k (R_{t-1} - 1)B_t + \tau_k R_t^k u_t \bar{K}_t + \tau_k (R_{t-1}^* \Phi(a_{t-1}, \check{\phi}_{t-1}) - 1)B_t^* + \tau_k \Pi_t$. Tretji davčni prihodek predstavlja davek na prihodke $T_{C,t} = \tau_c P_t^c C_t$, ki vključuje tudi davek na dodano vrednost na nafto. Predpostavljamo, da so z izjemo trošarin vse davčne stopnje fiksne, se pravi τ_w , τ_k in τ_c , saj za analizo vpliva sprememb svetovnih cen nafte in trošarin na gospodarstvo nimajo bistvenega pomena. Davčni prihodek s strani prodaje nafte opredelimo na naslednji način $T_{O,t} = (1 - sh_t^{ow})P_t^o O_t$, kjer sta $P_t^o = P_t^{ow} + \tau_{o,t}$ in $sh_t^{ow} = \frac{P_t^{ow}}{P_t^{ow} + \tau_{o,t}}$. Z log-linearizacijo izraza sh_t^{ow} dobimo

$$\bar{sh}_t^{ow} = \bar{sh}_{t-1}^{ow} + (1 - sh^{ow})[\hat{\pi}_t^{ow} - \bar{d}\tau_{o,t}]. \tag{96}$$

Davčne prihodke (95) preoblikujemo v naslednji zapis

$$\begin{aligned}
T_t &= \tau_w W_t l_t + \tau_c P_t^c C_t + (1 - sh_t^{ow})P_t^o O_t \\
&+ \tau_k (R_{t-1} - 1)B_t + \tau_k R_t^k u_t \bar{K}_t + \tau_k (R_{t-1}^* \Phi(a_{t-1}, \check{\phi}_{t-1}) - 1)B_t^* + \tau_k \Pi_t.
\end{aligned} \tag{97}$$

Totalni državni izdatki Gex_t so opredeljeni kot vsota državne potrošnje, transferjev in javnega dolga

$$Gex_t = P_t^c G_t + TR_t + D_t. \tag{98}$$

Velja predpostavka, da država troši dobrine, ki jih kupuje po nominalni ceni P_t^c . Za transfere predpostavljamo, da so produkt nadomestitvenega razmerja transferov glede na povprečno

nominalno plačo, rr_t , in prostovoljne delovne neaktivnosti (D'Auria, McMorrow & Pichelmann, 2008, str. 27)

$$TR_t = rr_t W_t (1 - l_t), \quad (99)$$

kjer l_t predstavlja agregatni obseg zaposlenosti. Na ta način modeliramo transfere upokojencem, nadomestila za brezposelne in ostale transfere, ki so vezana na povprečno plačo. Za nadomestitveno razmerje predpostavljamo, da se giblje v skladu z avtoregresijskim procesom avtoregresijskim procesom (AR(1)) s stohastičnimi šoki

$$rr_t = (1 - \rho_{rr}) \overline{rr} + \rho_{rr} rr_{t-1} + \varepsilon_{rr,t}, \quad (100)$$

kjer je ρ_{rr} avtoregresijski koeficient nadomestitvenega razmerja, ter $\varepsilon_{rr,t}$ naključni šok v nadomestitvenih razmerjih.

Potrošnja državnega proračuna opredeljuje naslednje log-linearizirano fiskalno pravilo

$$\hat{g}_t = \rho_g \hat{g}_{t-1} - g g_\pi (\hat{\pi}_t - \overline{\hat{\pi}}_t^c) - g g_y \hat{y}_t - g g_d (\hat{d}_t - \hat{y}_t - \hat{d}_t^c) - g g_{def} (\overline{def}_t - \hat{y}_t - \overline{def}_t^c) + \varepsilon_{g,t}, \quad (101)$$

kjer je razmerje med potrošnjo države in z_t enako: $g_t = \frac{G_t}{z_t}$, parameter ρ_g predstavlja persistentnost državne potrošnje. $\varepsilon_{g,t}$ predstavlja stohastični šok v državnih izdatkih, $g g_\pi$, $g g_y$, $g g_d$ in $g g_{def}$ pa so uteži fiskalne politike, s katerimi se prilagaja moč odzivnosti fiskalne politike. Na podlagi fiskalnega pravila država zmanjšuje državno potrošnjo v primeru ko stopnja inflacije presega ciljno inflacijo, ko se rast končnega proizvoda gospodarstva povečuje (oziroma je rast pozitivna), ko rast javnega dolga presega rasti končnega proizvoda in ciljnega javnega dolga, in ko rast proračunskega primanjkljaja presega rasti končnega proizvoda in ciljnega proračunskega primanjkljaja. V nasprotnem primeru se državna potrošnja povečuje. V ustaljenem stanju velja, da sta ciljni javni dolg d_t^c in ciljni proračunski primanjkljaj def_t^c enaka nič.

Država lahko na naftne šoke odgovori s trošarinami, ki sledijo naslednjemu pravilu

$$\overline{d\tau}_{o,t} = \rho_{d\tau} \overline{d\tau}_{o,t-1} - \lambda_{ow} \hat{\pi}_t^{ow} - \lambda_\pi \hat{\pi}_t^c, \quad (102)$$

kjer je $\rho_{d\tau}$ moč persistentnosti trošarin, in je v ustaljenem stanju postavljena na vrednost 0,5. Parametra, λ_{ow} in λ_π , pa predstavljata uteži za posamezni spremenljivki (stopnja inflacije

svetovnih cen nafte, stopnja inflacije cen življenjskih potrebščin), ki vplivata na spremembo vrednosti trošarine. Država skuša z acikličnostjo trošarin zmanjšati negativni vpliv povečanja svetovnih cen nafte na stopnjo inflacije v državi. Povečana inflacija se namreč pozna pri zahtevi gospodinjstev po večjih realnih plačah, posledično pa se poveča pritisk na stroške podjetij. Podjetja so zato pripravljena zaposlovati manj, kar se na koncu pozna v manjšem agregatnem proizvodu gospodarstva. Po drugi strani pa država povečuje trošarine v primeru zmanjšanja svetovnih cen nafte. S tem preprečuje nastanek deflacije, hkrati pa polni davčno blagajno in s tem razbremenjuje proračunski primanjkljaj.

3.4 Eksogeni procesi

Kot sem že omenil, predpostavljamo, da je slovensko gospodarstvo, majhno odprto gospodarstvo, kar pomeni, da s svojim ekonomskim delovanjem nima vpliva na dinamiko tujih (svetovnih) spremenljivk. Tuje gospodarstvo in tuje ekonomske agregate zato z vidika domačega gospodarstva obravnavamo eksogeno. Predpostavlja se, da lahko dinamiko tuje inflacije in dinamiko tujega končnega proizvoda opredelimo s stacionarnima avtoregresivnima procesoma (AR(1)) oblike (Masten, 2008, str. 128)

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_t^* &= \gamma_\pi^* \hat{\pi}_{t-1}^* + \varepsilon_t^*, \\ \hat{y}_t^* &= \gamma_y^* \hat{y}_{t-1}^* + \eta_t^*,\end{aligned}\tag{103}$$

pri čemer sta ε_t^* in η_t^* bela šuma. Nadalje se predpostavlja, da so tuje potrošniške cene enake cenam tujih trgovanih dobrin. Tuja centralna banka (ECB) pa sledi Taylorjevemu pravilu

$$\hat{R}_t^* = f_\pi^* \hat{\pi}_t^* + f_y^* \hat{y}_t^* + \zeta_{i,t}^*,\tag{104}$$

kjer $\zeta_{i,t}^*$ predstavlja šok v monetarni politiki evropske centralne banke z ničelnim matematičnim upanjem, ter je neodvisno in enako porazdeljen v času (angl. *Independent and Identically Distributed*).

Eksogeni blok spremenljivk, sestavljenega iz tujega bruto domačega proizvoda, tuje inflacije in tuje obrestne mere (3-mesečni Euribor), modeliramo kot trivariatni vektorski avtoregresijski model. Uporabljene so časovne serije četrtnih podatkov evroobmočja²¹ v obdobju 1995Q1-2010Q1²² dolžina odloga v VAR pa sta dve četrletji, kot ga predlaga HQ informacijski kriterij. Predpostavljamo, da ima sprememba tuje monetarne politike takojšnji

²¹ Dva pomembna vidika sta razlog za izbiro podatkov evroobmočja. Prvič, skupina držav iz evroobmočja predstavlja najpomembnejše gospodarske članice Slovenije. Drugič, omenjena skupina držav s skupaj s Slovenijo tvori monetarno unijo (EMU), zato trgovinski tokovi med Slovenijo in preostalimi državami članicami evroobmočja niso podvrženi vplivom nihanja deviznega tečaja.

²² Podatki evroobmočja so črpani iz podatkovne baze Eurostat.

efekt na tujo obrestno mero, medtem ko na tujo inflacijo in končni proizvod vpliva s časovnim zamikom.

3.5 Relativne cene

Pričujoči model vsebuje različne tipe relativnih cen, ki jih morajo poznati vsa podjetja in se jih opredeljuje glede na cene različnih potrošnih oziroma investicijskih dobrin

$$\begin{aligned}
 \gamma_t^{mc,d} &\equiv \frac{P_t^{m,c}}{P_t}, \\
 \gamma_t^{mi,d} &\equiv \frac{P_t^{m,i}}{P_t}, \\
 \gamma_t^{c,d} &\equiv \frac{P_t^c}{P_t}, \\
 \gamma_t^{i,d} &\equiv \frac{P_t^i}{P_t}, \\
 \gamma_t^{x,*} &\equiv \frac{P_t^x}{P_t^*}.
 \end{aligned}
 \tag{105}$$

Za izvozna podjetja je pomembno, da spremljajo deviacije od zakona ene cene, saj jim le-te predstavljajo mejne stroške

$$mc_t^{r,x} \equiv \frac{P_t}{P_t^x}.
 \tag{106}$$

Razmerje med cenami dobrin doma in v tujini je

$$\gamma_t^f \equiv \frac{P_t}{P_t^*} = mc_t^{r,x} \gamma_t^{x,*}.
 \tag{107}$$

Mejni stroški uvoznikov so tako

$$\begin{aligned}
 mc_t^{r,m,c} &= \frac{P_t^*}{P_t^{m,c}} = \frac{1}{\gamma_t^{mc,d} \gamma_t^f} = \frac{1}{mc_t^{r,x} \gamma_t^{x,*} \gamma_t^{mc,d}}, \\
 mc_t^{r,m,i} &= \frac{P_t^*}{P_t^{m,i}} = \frac{1}{\gamma_t^{mi,d} \gamma_t^f} = \frac{1}{mc_t^{r,x} \gamma_t^{x,*} \gamma_t^{mi,d}}.
 \end{aligned}
 \tag{108}$$

3.6 Tržna ravnovesja

Za potrebe rešitve dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja je potrebno opredeliti še tržna ravnovesja. Na trgu dobrin se trg očisti, ko je povpraševanje gospodinjstev, države in tujine enako proizvodnji podjetij končnih proizvodov

$$C_t^d + I_t^d + G_t + C_t^x + I_t^x \leq (z_t l_t)^{1-\theta} K_t^\theta \epsilon_t - z_t \phi - a(u_t) \bar{K}_t. \quad (109)$$

V zadnjo enačbo (109) vstavimo enačbe (51), (52), (58) in (61), uporabimo predpostavko $Y_t^* = C_t^* + I_t^*$, ter normaliziramo K_t in \bar{K}_t z z_{t-1} , ostale spremenljivke pa z z_t , dobimo

$$\begin{aligned} & (1 - \omega_c) \left(\frac{P_t}{P_t^c} \right)^{-\theta_c} c_t + (1 - \omega_i) \left(\frac{P_t}{P_t^i} \right)^{-\theta_i} i_t + g_t + \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\theta_f} y_t^* \frac{z_t^*}{z_t} \\ & \leq l_t^{1-\theta} \left(\frac{k_t}{\mu_{z,t}} \right)^\theta \epsilon_t - \phi - a(u_t) \frac{\bar{k}_t}{\mu_{z,t}}. \end{aligned} \quad (110)$$

V ustaljenem stanju velja $\mu_{z,t} = \mu_{z,t}^*$, saj tako domače kot tudi tuja gospodarstva sledijo skupnemu trendu tehnološke produktivnosti oziroma rasti. Razmerje med domačim in tujim produktivnostnim šokom $\frac{\dot{z}_t}{z_t}$ opredeljuje asimetrični produktivnostni šok $\tilde{z}_t^* \equiv \frac{\dot{z}_t^*}{z_t}$, in ga v log-linearizirani obliki zapišemo kot

$$\tilde{z}_t^* = \rho_{\tilde{z}^*} \tilde{z}_t^* + \varepsilon_{\tilde{z}^*,t}, \quad (111)$$

kjer je $\varepsilon_{\tilde{z}^*,t}$ naključni šok, $\rho_{\tilde{z}^*}$ pa persistentnost asimetričnega produktivnostnega šoka.

Da bi dinamični stohastični model ustrezno zaprli, opredelimo še dinamiko neto zunanje investicijske pozicije

$$B_{t+1}^* = P_t^x (C_t^x + I_t^x) + P_t^* (C_t^m + I_t^m) + R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right) B_t^*, \quad (112)$$

kjer je $R_{t-1}^* \Phi \left(\frac{A_{t-1}}{z_{t-1}}, \tilde{\phi}_{t-1} \right)$ tveganju prilagojena obrestna mera, ki jo mora domača država plačevati na pretekli dolg do tujine, $a_t = \frac{A_t}{z_t} \equiv \frac{B_{t+1}^*}{P_t z_t}$. Enačbo (112) delimo s $P_t z_t$ in uporabimo

zapis $\frac{C_t^x}{z_t} + \frac{I_t^x}{z_t} = \left(\frac{P_t^x}{P_t^*} \right)^{-\theta_f} y_t^* \frac{z_t^*}{z_t}$ ter dobimo

$$a_t = \frac{(\gamma_t^{x,*})^{-\theta_f}}{m c_t^{r,x}} y_t^* \tilde{z}_t^* - \frac{c_t^m + i_t^m}{\gamma_t^f} + R_{t-1}^* \Phi(a_{t-1}, \tilde{\phi}_{t-1}) \frac{a_{t-1}}{\pi_t \mu_{z,t}}. \quad (113)$$

3.7 Ustaljeno stanje

V tem delu je predstavljeno ustaljeno stanje modela, ki ga je potrebno določiti, zaradi log-lineariziranega zapisa modela v programskem paketu Dynare. Vse endogene spremenljivke se mora izraziti s parametri, saj le tako obstaja stacionarno stanje dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja. Paket Dynare omogoča tudi zapis modela z nelinearnimi enačbami, vendar moramo vnaprej poznati začetne vrednosti endogenih spremenljivk v ustaljenem stanju (ali vsaj njihov približke vrednosti). Pri log-lineariziranemu zapisu pa lahko začetne vrednosti endogenih spremenljivk postavimo na $\mathbf{0}$, saj so vrednosti endogenih spremenljivk, ki jih Dynare izračuna, odstotne deviacije ustaljenega stanja (Mancini Griffolli, 2007, str. 23-24).

Pogoj prvega reda za obseg domačih vrednostnih papirjev, ki je podan v enačbi (71), je v ustaljenem stanju enak

$$-1 + \beta \left[\frac{1}{\mu_z \pi} (R - \tau_k (R - 1)) \right] = 0, \quad (114)$$

kar lahko zapišemo kot

$$R = \frac{\mu_z \pi - \beta \tau_k}{\beta (1 - \tau_k)}. \quad (115)$$

Ob predpostavki, da velja v ustaljenem stanju $R^* = R$, potem upoštevajoč enačbo prvega reda za obseg tujih vrednostnih papirjev (72) dobimo

$$\Phi \left(\frac{A}{z}, \tilde{\phi} \right) = 1, \quad (116)$$

pri čemer predpostavka $\Phi \left(\frac{A}{z}, \tilde{\phi} \right) = e^{-\tilde{\phi} \alpha \frac{A}{z} + \tilde{\phi}}$ implicira, da velja $B^* = A = 0$ in $\tilde{\phi} = 0$. To pomeni, da je v ustaljenem stanju neto zunanja investicijska pozicija enaka $\mathbf{0}$ (Adolfson et al., 2005, str. 42).

Pogoj prvega reda za optimalni obseg investicij v enačbi (76) se v ustaljenem stanju poenostavi v

$$P_{k'} = \frac{P^i}{P}, \quad (117)$$

saj velja $f_1 = 1, f_2 = 1$ in $Y = 1$ (Christiano et al., 2005, str. 11).

Sedaj se lahko osredotočimo na izpeljavo relativnih cen v ustaljenem stanju. Predpostaviti je potrebno, da poleg $R^* = R$, velja tudi $\pi^* = \pi$ ter $P_0^* = P$, kar pomeni, da so bile ravni cen v začetku časa v ustaljenem času enake (Adolfson et al. 2005, str. 43). Enačbo (59) se lahko preoblikuje tako, da jo lahko izrazimo z relativnimi cenami

$$\gamma_t^{c,d} \equiv \frac{P_t^c}{P_t} = \left[(1 - \omega_c) + \omega_c \left(\frac{P_t^{m,c}}{P_t} \right)^{1-\theta_c} \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}},$$

$$\gamma_t^{c,mc} \equiv \frac{P_t^c}{P_t^{m,c}} = \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{P_t}{P_t^{m,c}} \right)^{1-\theta_c} + \omega_c \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}}.$$
(118)

S kombiniranjem zgornjih dveh enačb dobimo v ustaljenem stanju

$$\gamma_t^{c,d} = \left[(1 - \omega_c) + \omega_c (\lambda^{m,c})^{1-\theta_c} \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}},$$
(119)

in

$$\gamma_t^{c,mc} = \left[(1 - \omega_c) \left(\frac{1}{\lambda^{m,c}} \right)^{1-\theta_c} + \omega_c \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}}.$$
(120)

Na podoben način lahko izpeljemo enačbo z relativnimi cenami investicijskih dobrin

$$\gamma_t^{i,d} \equiv \frac{P_t^i}{P_t} = \left[(1 - \omega_i) + \omega_i \left(\frac{P_t^{m,i}}{P_t} \right)^{1-\theta_i} \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}},$$

$$\gamma_t^{i,mi} \equiv \frac{P_t^i}{P_t^{m,i}} = \left[(1 - \omega_i) \left(\frac{P_t}{P_t^{m,i}} \right)^{1-\theta_i} + \omega_i \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}}.$$
(121)

S kombiniranjem zgornjih dveh enačb dobimo v ustaljenem stanju

$$\gamma_t^{i,d} = \left[(1 - \omega_i) + \omega_i (\lambda^{m,i})^{1-\theta_i} \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}},$$
(122)

in

$$\gamma_t^{i,mi} = \left[(1 - \omega_i) \left(\frac{1}{\lambda^{m,i}} \right)^{1-\theta_i} + \omega_i \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}}.$$
(123)

Združimo še enačbi, ki sta podani v (118)

$$\frac{P^{m,c}}{P} = \left[\frac{(1 - \omega_c) + \omega_c (\lambda^{m,c})^{1-\theta_c}}{(1 - \omega_c) \left(\frac{1}{\lambda^{m,c}}\right)^{1-\theta_c} + \omega_c} \right]^{\frac{1}{1-\theta_c}} \quad (124)$$

ter enačbi, ki sta podani v (121)

$$\frac{P^{m,i}}{P} = \left[\frac{(1 - \omega_i) + \omega_i (\lambda^{m,i})^{1-\theta_i}}{(1 - \omega_i) \left(\frac{1}{\lambda^{m,i}}\right)^{1-\theta_i} + \omega_i} \right]^{\frac{1}{1-\theta_i}} \quad (125)$$

V ustaljenem stanju prav tako velja, da je raven tujih cen enaka ravni izvoznih cen, $P^* = P^x$, kar implicira na to, da je pribitek na izvoznem trgu enak $P^x = P$.

Združitev enačb (74) in (117) in predpostavka, da velja v ustaljenem stanju $u_t = \frac{k_t}{k_t} = u = 1$ in $a(u) = a(1) = 0$ (Christiano et al., 2005, str. 11), omogočata

$$P_{k'} = \beta \left[\frac{1}{\mu_z} (1 - \delta) P_{k'} + (1 - \tau_k) r^k \right], \quad (126)$$

kar lahko preoblikujemo v

$$r^k = \frac{\mu_z P_{k'} - \beta (1 - \delta) P_{k'}}{(1 - \tau_k) \beta}. \quad (127)$$

Iz enačbe (20)

$$r^k = \frac{\vartheta}{1 - \vartheta} \mu_z \bar{w} R^f \frac{l}{k'} \quad (128)$$

medtem ko iz enačbe (17) v ustaljenem stanju velja

$$R^f \equiv \chi R + 1 - \chi. \quad (129)$$

Vemo, da so realni mejni stroški enaki inverzu bruto marže

$$\frac{MC}{P} = \frac{1}{\lambda^d}. \quad (130)$$

Prav tako pa se enačba (21) v ustaljenem stanju spremeni v

$$\frac{MC}{P} = \left(\frac{r^k}{\vartheta}\right)^\vartheta \left(\frac{\bar{w}R^f}{1-\vartheta}\right)^{1-\vartheta}, \quad (131)$$

kar upoštevajoč enačbo (130) preoblikujemo v

$$\frac{1}{\lambda^d} = \left(\frac{r^k}{\vartheta}\right)^\vartheta \left(\frac{\bar{w}R^f}{1-\vartheta}\right)^{1-\vartheta}. \quad (132)$$

Realni dobički, Π^r , so opredeljeni kot razlika med prihodki in stroški

$$\Pi^r = \frac{P}{MC}y - r^k \frac{k}{\mu_z} - \bar{w}R^f l - \phi, \quad (133)$$

kjer y predstavlja normaliziran output z z , ϕ pa predstavlja fiksne stroške. Ker imamo opravka z monopolistično konkurenco, podjetja zaračunavajo pribitek na mejne stroške, λ^d , in s tem ustvarjajo dobiček. Vemo, da bi v primeru popolne konkurence bili dobički 0 , in $y = r^k \frac{k}{\mu_z} + \bar{w}R^f l$. Ker bi radi vsilili pogoj, da v ustaljenem stanju velja $\Pi^r = 0$, lahko to storimo s pomočjo fiksnih stroškov ϕ . Tako dobimo naslednji pogoj

$$\Pi^r \equiv \lambda^d y - y - \phi = 0, \quad (134)$$

kar se lahko preoblikuje v

$$\phi = y(\lambda^d - 1). \quad (135)$$

$y(\lambda^d - 1)$ predstavlja presežek nad plačilom produkcijskim faktorjem v ustaljenem stanju. Ker je output izražen s fiksnimi stroški, se Cobb-Douglasova produkcijska funkcija spremeni v

$$\phi = (\lambda^d - 1)(\mu_z^{-\vartheta} l^{1-\vartheta} k^\vartheta - \phi). \quad (136)$$

Izpostavimo ϕ , in dobimo

$$\phi = \frac{\lambda^d - 1}{\lambda^d} \mu_z^{-\theta} l^{1-\theta} k^\theta. \quad (137)$$

Z normalizacijo obsega kapitala \bar{K}_{t+1} s produktivnostnim šokom z_t , lahko zakon dinamike kapitala podanega v enačbi (63) zapišemo kot

$$k = \frac{1 - \delta}{\mu_z} k + i, \quad (138)$$

oziroma

$$i = k \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z} \right). \quad (139)$$

Eulerjevo enačbo za obseg potrošnje v ustaljenem stanju zapišemo kot

$$\frac{1}{c - \varpi c \frac{1}{\mu_z}} - \beta \varpi \frac{1}{c \mu_z - \varpi c} - \psi_z \frac{P^c}{P} (1 + \tau_c) = 0, \quad (140)$$

oziroma

$$\psi_z = \frac{1}{c} \frac{\mu_z - \beta \varpi}{(1 + \tau_c)(\mu_z - \varpi)} \frac{P}{P^c}. \quad (141)$$

Plače so v ustaljenem stanju opredeljene s popolno fleksibilnostjo

$$(1 - \tau_w) \bar{w} = -\lambda^w \frac{A_L l^{\varphi_L}}{\psi_z}, \quad (142)$$

kar se lahko preoblikuje v

$$l = \left[\frac{\psi_z (1 - \tau_w) \bar{w}}{\lambda^w A_L} \right]^{\frac{1}{\varphi_L}}. \quad (143)$$

Enačba tržnega ravnovesja končnih dobrin je v ustaljenem stanju podana kot

$$c^d + i^d + c^x + i^x = (1 - g_r) \mu_z^{-\theta} l^{1-\theta} k^\theta - \phi. \quad (144)$$

Z uporabo enačb (51), (52), (58), (<61) in (137) zgornjo enačbo preoblikujemo v

$$(1 - \omega_c) \left(\frac{P^c}{P}\right)^{\theta_c} c + (1 - \omega_i) \left(\frac{P^i}{P}\right)^{\theta_i} c + c^x + i^x = \frac{(1 - g_r)}{\lambda^d} \mu_z^{-\vartheta} l^{1-\vartheta} k^\vartheta. \quad (145)$$

Predpostaviti je potrebno, da je v ustaljenem stanju izvoz enak uvoz

$$c^m + i^m = c^x + i^x. \quad (146)$$

Spremenljivki c^m in i^m enačb (58) in (61) preoblikujemo v

$$\begin{aligned} c^m &= \omega_c \left(\frac{P^{m,c}}{P^c}\right)^{-\theta_c} c, \\ i^m &= \omega_i \left(\frac{P^{m,i}}{P^i}\right)^{-\theta_i} i. \end{aligned} \quad (147)$$

Sledi, da v ustaljenem stanju velja

$$c^x + i^x = \omega_c \left(\frac{P^{m,c}}{P^c}\right)^{-\theta_c} c + \omega_i \left(\frac{P^{m,i}}{P^i}\right)^{-\theta_i} i. \quad (148)$$

Združimo enačbe (139), (145) in (148), ter tako dobimo

$$\begin{aligned} &\left[(1 - \omega_c) \left(\frac{P^c}{P}\right)^{\theta_c} + \omega_c \left(\frac{P^c}{P^{m,c}}\right)^{\theta_c} \right] c \\ &+ \left[(1 - \omega_i) \left(\frac{P^i}{P}\right)^{\theta_i} + \omega_i \left(\frac{P^i}{P^{m,i}}\right)^{\theta_i} \right] \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{l}\right) l \\ &= \frac{(1 - g_r)}{\lambda^d} \mu_z^{-\vartheta} \left(\frac{k}{l}\right)^\vartheta l. \end{aligned} \quad (149)$$

Z nekaj računске manipulacije zadnjo enačbo preoblikujemo v

$$\begin{aligned} &\left[(1 - \omega_c) \left(\frac{P^c}{P}\right)^{\theta_c} + \omega_c \left(\frac{P^c}{P^{m,c}}\right)^{\theta_c} \right] c \\ &= \left[\frac{(1 - g_r)}{\lambda^d} \mu_z^{-\vartheta} \left(\frac{k}{l}\right)^\vartheta \right. \\ &\quad \left. - \left[(1 - \omega_i) \left(\frac{P^i}{P}\right)^{\theta_i} + \omega_i \left(\frac{P^i}{P^{m,i}}\right)^{\theta_i} \right] \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{l}\right) \right] l. \end{aligned} \quad (150)$$

Zaradi lažjega zapisa vpeljemo nekaj definicij

$$\begin{aligned}
D_1 &= (1 - \omega_c) \left(\frac{P^c}{P}\right)^{\theta_c} + \omega_c \left(\frac{P^c}{P^{m,c}}\right)^{\theta_c}, \\
D_2 &= \left[\begin{array}{c} \frac{(1 - g_r)}{\lambda^d} \mu_z^{-\theta} \left(\frac{k}{l}\right)^{\theta} \\ - \left[(1 - \omega_i) \left(\frac{P^i}{P}\right)^{\theta_i} + \omega_i \left(\frac{P^i}{P^{m,i}}\right)^{\theta_i} \right] \left(1 - \frac{1 - \delta}{\mu_z}\right) \left(\frac{k}{l}\right) \end{array} \right], \\
D_3 &= \left[\frac{(1 - \tau_w) \bar{w}}{\lambda^w A_L} \right]^{\frac{1}{\varphi_L}}, \\
D_4 &= \left[\frac{\mu_z - \beta \varpi}{(1 + \tau_c)(\mu_z - \varpi)} \frac{P}{P^c} \right].
\end{aligned} \tag{151}$$

Opredelimo še naslednji sistem enačb

$$\begin{aligned}
D_1 c &= D_2 l, \\
l &= D_3 \psi_z^{\frac{1}{\varphi_L}}, \\
\psi_z &= \frac{1}{c} D_4,
\end{aligned} \tag{152}$$

kar preoblikujemo v

$$\begin{aligned}
l &= \left[D_3 D_4^{\frac{1}{\varphi_L}} \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{\frac{1}{\varphi_L}} \right]^{\frac{\varphi_L}{1 + \varphi_L}}, \\
c &= \frac{D_1}{D_2} l, \\
\psi_z &= \frac{1}{c} D_4.
\end{aligned} \tag{153}$$

Pokažimo še rešitev za y

$$y = \frac{1}{\lambda^d} \mu_z^{-\theta} \left(\frac{k}{l}\right)^{\theta} l, \tag{154}$$

medtem ko je ustaljeno stanje za vladne izdatke

$$g = g_r y. \tag{155}$$

4 KALIBRACIJA PARAMETROV, OCENJEVANJE PARAMETROV IN REŠEVANJE MODELA

Da bi našli zakone dinamike modela analitično nerešljivega modela, je potrebno omenjeno različico specificirati z danimi parametri, s katerimi kasneje lahko določimo vrednosti spremenljivk v stacionarnem stanju (McCandless, 2008, str. 89). Standardni pristop k temu problemu je metoda kalibracije. Osnovna ideja kalibracije je torej izbira vrednosti parametrov na podlagi mikroekonomskih dokazov, ter nato napovedi modela s pomočjo varianc in kovarianc različni serij primerjati z variancami in kovariancami v dejanskih podatkih. Kalibracija ima pomembno potencialno prednost pred ekonometričnim ocenjevanjem modelov. Ker so vrednosti parametrov izbrane na podlagi mikroekonomskih dokazov, lahko kalibrirani model vsebuje več informacij, kar pomeni, da je model lahko bolj kompleksen (Romer, 2006, str 208).

4.1 Kalibracija parametrov

Osnovni strukturni parametri dinamičnega stohastičnega modela so določeni v skladu z običaji kalibracije modelov majhnih odprtih gospodarstev. Kalibracija je tako potekala na podlagi podatkov Statističnega urada RS, Ministrstva za finance ter razpoložljivih ocen v literaturi. Določene parametre, ki prav tako vplivajo na ustaljeno stanje, je seveda mogoče tudi oceniti in je prepuščeno prihodnjemu razvoju modela. Četrtni diskontni faktor β zavzema vrednost 0,995, kar je v skladu s 2 % svetovno realno obrestno mero v stacionarnem stanju z ničelno inflacijo. Parameter negativne koristnosti dela φ_L zavzema vrednost 3, kar pomeni, da je vrednost medčasovne substitucije dela enaka 0,33 (Galí & Monacelli, 2002, str. 723). Stopnja deprecijacije δ je na četrtni stopnji kalibrirana na vrednost 0,013.

Elastičnost substitucije med doma in v tujini proizvedenimi investicijskimi dobrinami θ_i zaseda vrednost 1,669, medtem ko je elastičnost substitucije za tuje dobrine nastavljena na 1,460 (Adolfson et al., 2005, str. 58). Elastičnost substitucije med doma in v tujini proizvedenimi potrošnimi dobrinami θ_c zaseda vrednost 1,5 (Natalucci & Ravenna, 2002, str. 14, Smets & Wouters, 2002, str. 32).

Delež uvoženih potrošnih dobrin ω_c je določen z vrednostjo 0,67, medtem ko delež uvoženih investicijskih dobrin ω_i zaseda vrednost 0,4, delež nafte v indeksu HICP κ pa vrednost 0,04. Pri plačni enačbi posamezni parametri zasedajo naslednje vrednosti: $\lambda^w = 1,05$, $\alpha_w = 0,697$ in $A_L = 7,5$. (Adolfson et al., 2005, str. 25). Vrednost Calvovega parametra plačne rigidnosti $\alpha_w = 0,697$ pomeni, da je povprečno trajanje ene plače skoraj 10 mesecev.

V ustaljenem stanju so parametri pribitkov podjetij postavljeni na naslednje vrednosti: $\lambda^d = 1,168$, $\lambda^{m,i} = 1,226$ in $\lambda^{m,c} = 1,619$ (Adolfson et al., 2005, str. 58). Relativna cena med domačo ravno cen in tujo ravno cen γ^f je v ustaljenem stanju nastavljena na 1.

Potrebno je opredeliti tudi deleže posameznih ekonomskih agregatov. Potrošnja države v BDP g_r znaša 0,19, totalni državni izdatki $gex/y = 0,46$, potrošnja države v totalnih državnih izdatkih $g/gex = ((0,19)/(0,46))$, davki v BDP $t/y = 0,46$, delež obresti dolgov v BDP $r/y = 0,2$, delež obresti dolgov v totalnih državnih izdatkih $r/gex = r/y/gex/y = ((0,2)/(0,46))$, delež socialnih transferjev v totalnih državnih izdatkih $ben/gex = 0,46 - g/gex - r/gex$.

Ciljne vrednosti proračunskega primanjkljaja def^c in javnega dolga d^c sta postavljeni na 0. Parameter persistentnosti ciljne inflacije ρ_π pa zaseda vrednost 0,975.

Prav tako je potrebno določiti parametre obdavčevanja, kjer davek na dodano vrednost (DDV) τ_c zaseda vrednost 0,178, dohodnina τ_w zaseda vrednost 0,48, davek na dobiček. τ_k pa zaseda vrednost 0,22, ki je povprečna efektivna stopnja davka na dodano vrednost. Parametra trošarinskega pravila sta $\lambda_{ow} = 0,25$ in $\lambda_\pi = 0,1$. Moč prenosa sprememb v svetovnih cenah nafte na spremembe v cenah naftnih proizvodov v slovenskem gospodarstvu sh^{ow} zaseda vrednost v ustaljenem stanju 0,25, persistentnost naftnih šokov $\rho_{\pi^{ow}}$ pa 0,7. Preostali parametri so bili ocenjeni ali pa so izraženi s parametri, katerih vrednost je že določena.

4.2 Bayesijska metoda ocenjevanja parametrov

Bayesijske metode igrajo veliko vlogo v uporabni mikroekonometriji, še posebej takrat, ko imamo opravka s kompleksnimi ekonomskimi modeli, katerim manjka analitično-prilagodljivih funkcij verjetja (angl. *Likelihood Functions*). Funkcije verjetja namreč zahtevajo maksimiranje funkcij, pri tem pa se uporabi veliko število simulacij in posledično ogromno računskega časa. Zato so potencialno problematične pri večjih kompleksnejših modelih. Za razliko od metode največjega verjetja (angl. *Maximum Likelihood Method*) je pri Bayesijskem pristopu potrebna specifikacija verjetnostnega modela neznanih parametrov, in sicer s priorno porazdelitvijo parametrov²³ (Cameron & Trivedi, 2005, str. 419). Tako se z Bayesijskimi metodami lahko izognemo maksimizacijskim algoritmom.

4.2.1 Bayesov teorem

²³ Priorna porazdelitev parametrov predstavlja najbolj sporni del Bayesovske ekonometrije, saj omogoča vnos subjektivnih informacij v analizo. Vendar se izkaže, da je v analizah z velikimi vzorci vpliv priorov oziroma priorne porazdelitve zanemarljiv.

Bayesov teorem, ki se ga v literaturi omenja tudi kot inverzni zakon verjetnosti (angl. *Inverse Law of Probability*), je definiran na naslednji način (Cameron & Trivedi, 2005, str. 420-421). Z oznako θ bomo označili vektor vrednosti parametrov, z y pa podatke. Verjetnost, da se zgodita hkrati $p(y, \theta)$ lahko zapišemo kot produkt pogojne verjetnosti y in mejne verjetnosti θ ,

$$p(y, \theta) = p(y)p(\theta) = p(y|\theta) p(\theta). \quad (156)$$

Velja tudi obratno, in sicer

$$p(\theta, y) = p(\theta|y)p(y). \quad (157)$$

Bayesovo pravilo dobimo tako, da iz enačbe (157) izrazimo pogojno verjetnost dogodka θ ,

$$p(\theta|y) = \frac{p(\theta, y)}{p(y)}. \quad (158)$$

V zgornji enačbi (158) verjetnost dogodka y in θ nadomestimo z enačbo (156) ter tako dobimo Bayesovo pravilo, ki je enako produktu pogojne verjetnosti y in mejne verjetnosti θ , deljeno z mejno verjetnostjo y

$$p(\theta|y) = \frac{p(y|\theta)p(\theta)}{p(y)}. \quad (159)$$

Bayesovo pravilo lahko torej interpretiramo kot verjetnost regresijskih parametrov pri danih podatkih (Cameron & Trivedi, 2005, str. 421). Ker je v Bayesovem pravilu imenovalec $p(y)$ neodvisen od regresijskih parametrov θ , lahko enačbo (159) poenostavimo v proporcionalni produkt

$$p(\theta|y) \propto p(y|\theta)p(\theta), \quad (160)$$

kjer znak \propto pomeni proporcionalnost. V Bayesianski ekonometriji $p(\theta|y)$ predstavlja posteriorno porazdelitev parametrov oziroma posterior, $p(\theta)$ priorno porazdelitev parametrov oziroma prior, $p(y|\theta)$ pa predstavlja pogojno verjetnost podatkov oziroma funkcija verjetja. (Cameron & Trivedi, 2005, str. 421).

4.3 Programski paket Dynare

Programski paket Dynare je programski instrument, katerega naloga je reševanje, simuliranje in ocenjevanje dinamičnih stohastičnih modelov splošnega ravnotežja. Je opredeljen kot predprocesor, ki uporablja Matlabove rutine (ukaze) z namenom izpeljave zahtevanih operacij uporabnika in prikaza zelenih rezultatov (Mancini Griffolli, 2007, str. 2). Povedano natančneje, uporabnik sprva zapiše Dynarov program v obliki enačb, ki sestavljajo nek DSGE model, ter ga shrani kot .mod datoteko. Le-to se preko drugega programskega paketa Matlab zažene v Matlabovem ukaznem oknu. Dynare kot predprocesor prevede uporabnikovo .mod datoteko v programski jezik (rutine, ukazi), ki ga Matlabova koda razume, ter izvede vse zahtevane uporabnikove operacije opredeljene v .mod datoteki (rešitve, simulacije, ocene DSGE modelov). Prednost Dynara je v tem, da je izdelava in zagon DSGE modela (v primerjavi z izdelavo modela samo v Matlabu) veliko hitrejša in uporabniku prijaznejša. Dynare se torej (preko programa Matlab) drži naslednje operacijske strukture (Mancini Griffolli, 2007, str. 4):

1. izračun ustaljenega stanja DSGE modela,
2. izračun prvih in drugih aproksimacij rešitev DSGE modela,
3. ocenitev parametrov modela z uporabo metode največjega verjetja ali uporabo Bayesijske metode,
4. izračun optimalnih politik v linearno-kvadratnih modelih.

Pri specifikaciji modela v programu Dynare je potrebno biti pozoren, da model izpolnjuje Blanchard-Kahnov pogoj, ki pravi, da bi model imel edinstveno stabilno rešitev, mora vsebovati toliko spremenljivk, ki imajo lastno vrednost (angl. *Eigenvalue*) večjo kot **1**, kolikor je spremenljivk zazrtih v prihodnost (angl. *Forward-looking Variables*) (Blanchard & Kahn, 1980, str. 1305). Posledično se endogene spremenljivke po uveljavitvi šokov vrnejo v ustaljeno stanje. V nasprotnem primeru, kjer število spremenljivk z lastno vrednostjo večjo od 1 ni enako številu spremenljivk zazrtih v prihodnost, dinamični model eksplodira in nima stabilne rešitve. Dynare v takem primeru javi napako in ne izvede zahtevanih simulacij.

4.4 Reševanje modela

Osnovni model je nelinearen in bi ga lahko rešili z numeričnimi metodami, vendar je uspešnost takih metod v obsežnih dinamičnih stohastičnih modelih splošnega ravnotežja vprašljiva. Zato se model aproksimira z razvojem dinamike modela okrog ustaljenega stanja v Taylorjevo vrsto prvega reda, v kateri vrednosti spremenljivk izražamo kot odstotna odstopanja od ustaljenega stanja. Pri tem je potrebno upoštevati, da imamo opravka z aproksimacijo modela, to pa pomeni, da je model natančen le pri relativno majhnih odstopanjih od ustaljenega stanja modela (Adolfson et al., 2005, str. 53).

Sistem enačb modela zapišemo kot

$$E_t[\alpha_0 X_{t+1} + \alpha_1 X_t + \alpha_2 X_{t-1} + \beta_0 \theta_{t+1} + \beta_1 \theta_t] = 0, \quad (161)$$

kjer je X_t vektor aproksimiranih endogenih spremenljivk in θ_t vektor eksogenih spremenljivk. Rešujemo ga z AIM algoritmom, ki sta ga razvila Anderson in Moore (1985, str. 248) in je tudi implementirano v programskem paketu Dynare, ter uporabljeno pri reševanju in simulaciji pričujočega modela. Predpostavljamo, da proces eksogenih spremenljivk sledi avtoregresijskemu procesu

$$\theta_t = \rho_\theta \theta_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, \Sigma). \quad (162)$$

Rešitev modela je tako

$$X_t = AX_t + B\theta_t, \quad (163)$$

pri čemer model tekoče vrednosti spremenljivk izraža kot funkcijo lastnih odlogov (predeterminirane spremenljivke) ter tekočih vrednosti eksogenih spremenljivk. Matrika A je definirana kot matrika povratnih informacij (angl. *Feedback Matrix*), medtem ko je matrika B predstavljena kot matrika naprej usmerjenih informacij (angl. *Feedforward Matrix*) (Adolfson 2005, str. 53). Rešitev modela podanega v enačbah (162) in (163) se transformira v prostor stanj za vektor neopazovanih spremenljivk modela ξ_t

$$\xi_{t+1} = F_\xi \xi_t + v_{t+1}, \quad E_t(v_t' v_t) \quad (164)$$

enačba opazovanj pa je

$$Y_t = A_z Z_t + H' \xi_t + \xi_t, \quad (165)$$

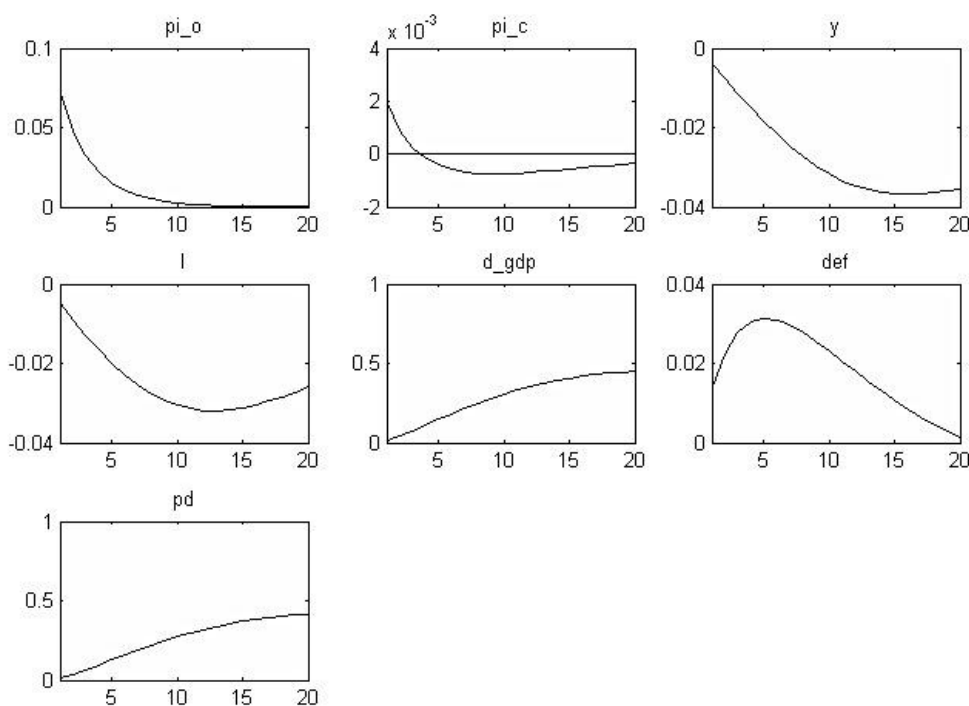
kjer Y_t predstavlja vektor opazovanih spremenljivk, Z_t pa vektor eksogenih spremenljivk oziroma predeterminiranih spremenljivk, merske napake ξ_t pa so normalno porazdeljene z ničelno sredino in variančno-kovariančno matriko $E_t\{\xi_t \xi_t'\}$. Na podlagi modela prostora stanj lahko uporabimo Kalmanov filter za oblikovanje funkcije verjetja modela, ki izraža porazdelitveno funkcijo opazljivih spremenljivk Y_t kot funkcijo parametrov modela in neopazljivih modelskih spremenljivk (Hamilton, 1994, str. 372-377). Ta funkcija verjetja se uporablja pri ocenjevanju modela bodisi z metodo največjega verjetja bodisi z Bayesijskimi metodami.

4.5 Rezultati in simulacije

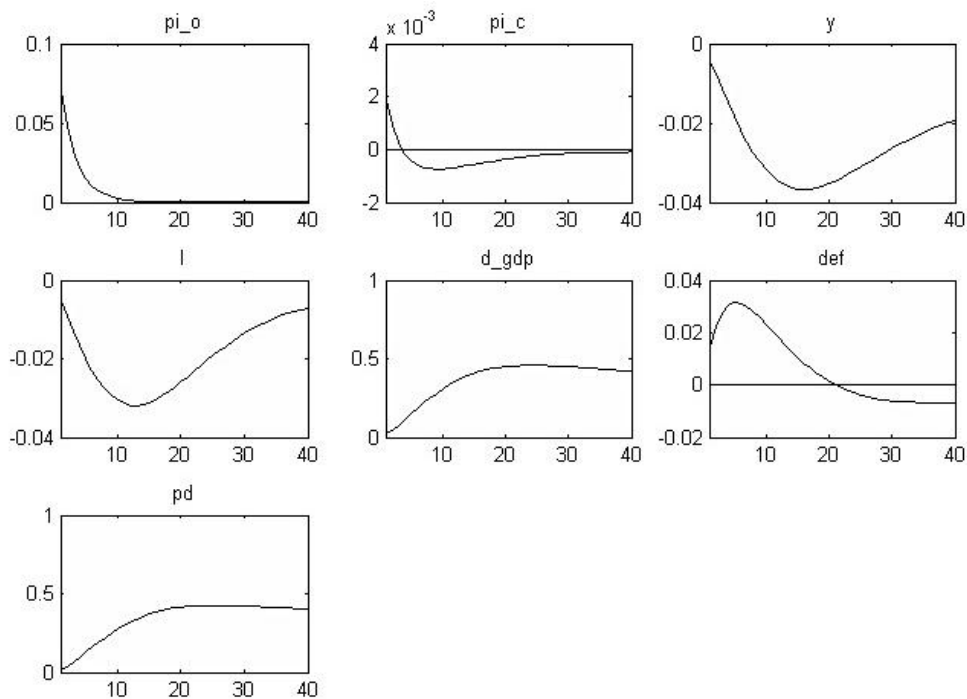
Preko simulacij sem skušal prikazati impulzne odzive modeliranega slovenskega gospodarstva. Dinamični stohastični model splošnega ravnotežja je nastavljen tako, da omogoča nadaljnjo širitev same kompleksnosti modela in analizo drugih šokov na gospodarstvo, saj vsebuje 18 različnih šokov (katerih vrednost je sicer postavljena na 0), vendar je z vidika analize pričujoče magistrske naloge pomembna predvsem interpretacija odziva pomembnejših endogenih spremenljivk slovenskega gospodarstva na eksterni šok v cenah nafte. Tako nas zanimajo gibanje indeksa cen življenjskih potrebščin (HICP), agregatne proizvodnje (BDP), obsega zaposlenosti, deleža javnega dolga v bruto domačem proizvodu, javnega dolga in proračunskega primanjkljaja.

Odziv slovenskega gospodarstva s trošarinskim pravilom na naftni šok je prikazan na Sliki 5 in Sliki 6. Slika 5 prikazuje odzive posameznih ekonomskih agregatov na intervalu 20. obdobj, medtem ko Slika 2 prikazuje odzive posameznih ekonomskih agregatov na intervalu 40. obdobj.

Slika 5: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na intervalu 20-ih obdobj



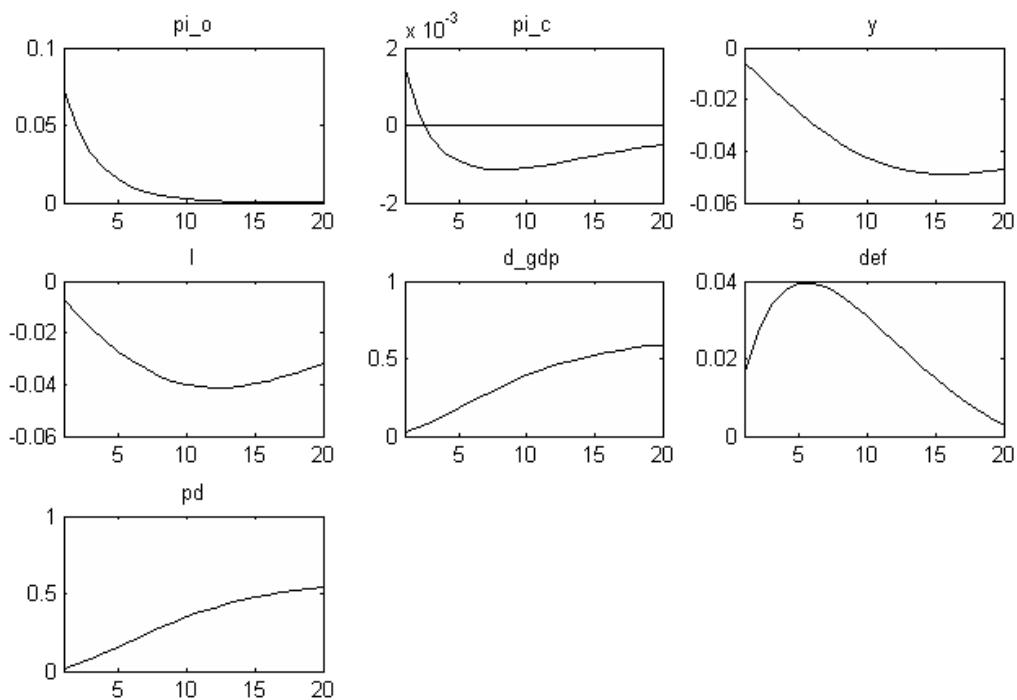
Slika 6: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na intervalu 40-ih obdobj



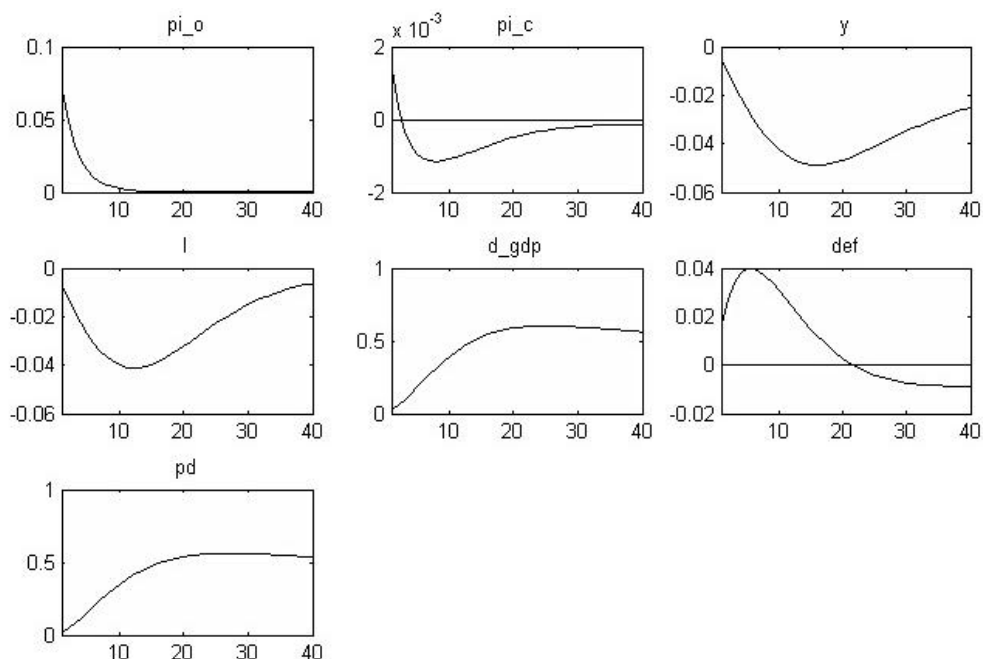
Vidi se, da ima šok v svetovnih cenah nafte (pi_o), ki je v modelu opredeljen s persistentnostjo (0,7), negativen vpliv na agregatno proizvodnjo (y) in agregatno zaposlenost (l). Agregatni proizvod oziroma BDP šele po 15 obdobjih spremeni trend padanja v vračanje v začetni izhodiščni položaj. Podobno velja za agregatno zaposlenost, ki pa trend padanja prekine po 11 obdobjih. Poveča se stopnja inflacije (pi_c), ki se v 3 obdobjih od nastopa naftnega šoka popolnoma umiri. Razlog tiči v tem, da država na povečanje svetovnih cen nafte odgovori s povečanjem trošarin, ki ublaži rast inflacije. Vendar znižanje trošarin za državo pomeni povečanje proračunskega primanjkljaja (def) in javnega dolga (pd). Prav tako se poveča delež dolga v bruto domačem proizvodu (d_gdp), ki je posledica padca agregatnega proizvoda in povečanja proračunskega primanjkljaja. Na grafu je razvidno, da se proračunski primanjkljaj popolnoma umiri po 20 obdobjih. Javni dolg pa se po 20 obdobjih postopoma prične zmanjševati, enako pa velja tudi za delež dolga v BDP.

Sliki 7 in 8 prikazujeta primer, ko država izredno agresivno reagira s trošarinami na naftni šok. Začetnemu povečanju stopnje inflacije (pi_c) zaradi naftnega šoka sledi hitro zmanjšanje v njeni stopnji. Še več, pojavi se celo deflacija, saj v času ko naftni šok (glej graf pi_o na Sliki 7) postopoma pojenja, je sprememba v zmanjšanju trošarin večja, kot je sama sprememba v povečanju svetovnih cen nafte. Posledično je zaradi manjšega davčnega priliva s strani trošarin pritisk na proračunski primanjkljaj (def) in javni dolg (pd) večji (kot je v primeru manjše agresivnosti trošarin, glej Sliki 1 in 2).

Slika 7: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na agresivne trošarine na intervalu 20-ih obdobj



Slika 8: Impulzni odziv ekonomskih agregatov na agresivne trošarine na intervalu 40-ih obdobj



Enako velja za delež javnega dolga v BDP (d_gdp). Zmanjšane trošarine pa niso edine, ki povečujejo delež javnega dolga v BDP, temveč tudi padec agregatne proizvodnje (y) zaradi naftnega šoka. V obeh primerih (pasivne in agresivne trošarinske politike države) obstaja negativni vpliv naftnega šoka na agregatno zaposlenost (l) in agregatno proizvodnjo (y). Med

pomembnejšimi razlogi je ta, da se kljub trošarinski politiki države, ki zmanjšuje pritisk na inflacijo, povečujejo mejni stroški podjetij zaradi večjih stroškov surovin in dražje delovne sile, na kar opozarjajo tudi empirični podatki, ki sta jih predstavila Heal in Chichilnisky (1991).

SKLEP

V prvem poglavju sem predstavil bistvene točke, tako teoretične kot tudi empirične, vlogo nafte v slovenskem kot tudi v svetovnem gospodarstvu. Z vektorsko avtoregresijo sem skušal prikazati odvisnost slovenskega gospodarstva od svetovnih cen nafte na podlagi razpoložljivih statističnih podatkih. Začetni šok za 1 odstotno točko v indeksu cen sodčka surove nafte se pri indeksu cen energentov v Sloveniji pozna z dvigom za 0,24 odstotne točke z dvo-mesečnim zamikom, pri slovenskem HICP indeksu pa z dvigom za 0,12 odstotne točke z dvomesečnim zamikom. Razvidno je tudi, da je začetni šok v indeksu cen sodčka nafte zelo vztrajen v slovenski inflaciji. Šele po dvajsetih obdobjih (mesečih) se inflacija vrača na začetno izhodišče. Poleg tega vidimo, da se slovenski indeks cen energentov hitreje vrne na začetno izhodišče, in sicer že po 8 mesecih. Podobno kot za druge tuje države (LeBlanc in Chinn, 2004) se tudi na slovenskih podatkih kaže manjši vpliv naftnih šokov na stopnjo inflacije v zadnjih 15-20 letih, kar je posledica aktivnosti monetarnih in fiskalnih oblasti pri obvladovanju cenovnih šokov.

Dinamične stohastične modele splošnega ravnotežja se lahko uporablja za analizo različnih ekonomskih politik. S specifikacijo preferenc posameznih agentov, tehnologije in institucij je preko kompleksne strukture modela možno napovedovati prihodnje interakcije med posameznimi ekonomskimi spremenljivkami s pomočjo naključnih eksternih šokov in sprememb v institucionalnih okvirih. Ker so DSGE modeli uporabni predvsem za analizo kratkoročnih gibanj posameznih agregatnih spremenljivk, se jih poslužujejo centralne banke in druge državne institucije, ki s svojim delovanjem skušajo (bodisi z monetarno politiko bodisi s fiskalno politiko) ugodno vplivati na gospodarstvo držav. Težava takih modelov je nenatančnost napovedi pri velikih odstopanjih (šokih) od ustaljenega stanja. Prav tako je njihova slabost, da se naslanjajo na nekatere nerealne mikroekonomske predpostavke ter popolnost finančnih trgov. Zato so bili v zadnjem času DSGE modeli pod veliko kritiko javnosti in nekaterih ekonomistov, zaradi nastopa svetovne finančne krize. Kljub temu, imamo pri DSGE modelih opravka s strukturnim modelom, ki vsebujejo teoretično opredeljene globoke strukturne parametre in strukturne eksogene šoke.

Bistvo magistrske naloge je zajeto v tretjem in četrtem poglavju s postavitvijo enosektorskega dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnotežja malega odprtega gospodarstva na primeru slovenskega gospodarstva. Strukturo omenjenega modela sestavljajo reprezentativna gospodinjstva in podjetja, ki imajo nalogo optimizirati svojo funkcijo koristnosti oziroma produkcijsko funkcijo. Poleg tega ključno vlogo pri uravnavanju gospodarstva igra država s svojim fiskalnim ter trošarinskim pravilom, ter dinamiko javnega dolga. Glede na to, da je slovensko gospodarstvo članica evro-območja, ni bilo potrebno posebej opredeliti delovanje centralne banke (Banke Slovenije), ampak to vlogo prevzema evropska centralna banka (ECB), ki vstopa v model eksogeno, in sicer preko tuje obrestne mere.

Pričujoči DSGE model pušča kar nekaj vprašanj odprtih v smislu različnih analiz slovenskega gospodarstva na podlagi induciranja preostalih naključnih šokov v model (šoki v pribitkih, preferencah, državnih izdatkih, tehnoloških šokih, šokih v obrestnih merah, itn.), prav tako pa se model z nekaj popravki v njegovi strukturi in lastnostih lahko aplicira na druga majhna odprta gospodarstva. Tu imam predvsem v mislih opredelitev delovanja centralne banke v primeru gospodarstev, ki niso članice kakšnega večjega monetarnega območja, kot je to značilno za slovensko gospodarstvo. Obstaja tudi možnost razširitve modela v sami strukturi kompleksnosti, kot je na primer razširitev podjetniškega sektorja na dva podjetniška sektorja (netrgovani in trgovani sektor), kjer je država omejena na kupovanje mednarodno netrgovanih dobrin. Povpraševanje po delu ni več homogeno v agregatnem smislu, ampak se razlikuje po svojih značilnostih glede na sektor. Različni šoki zaradi v lastnostih različnih sektorjev privedejo do pojava Harrod-Balassa-Samuelsonovega efekta, ki se pozna v različni produktivnosti posameznih sektorjev, ter posledično drugačnih realnih plačah delovne sile.

LITERATURA IN VIRI

1. Adolfson, M., Laseén, S., Lindé, J., & Svensson, L.E.O. (2008). Monetary Policy Trade-offs in an Estimated Open-Economy DSGE Model. *The National Bureau of Economic Research Working Paper*, 14510.
2. Adolfson, M., Laseén, S., Lindé, J., & Villani, M. (2005). Bayesian Estimation of an Open Economy DSGE Model with Incomplete Pass-Through. *Sveriges Riksbank Working Paper Series*, 179.
3. Altig, D., Christiano, L.J., Eichenbaum, M., & Lindé, J. (2004). Firm-Specific Capital, Nominal Rigidities and the Business Cycle. *Sveriges Riksbank Working Paper Series*, 176.
4. Anderson, G., & Moore, G. (1985). A Linear Algebraic Procedure for Solving Linear Perfect Foresight Models. *Economic Letters* 17(3), 247-252.
5. Arpa, M., Cuaresma, J.C., Gnan, E., & Silgoner, M.A. (2006). Oil Price Shock, Energy Prices and Inflation: A Comparison of Austria and the EU. *Monetary Policy & the Economy*, 06(Q1), 53-77.
6. D'Auria, F., McMorro, K., & Pichelmann, K. (2008). Economic Impact of Migration Flows following the 2004 EU Enlargement Process: a Model Based Analysis. *Economic Papers*, 349.
7. Banka Slovenije. (2006). *Evrosistem*. Najdeno 24. maja 2011 na spletnem naslovu <http://www.bsi.si/ekonomska-in-monetarna-unija.asp?MapaId=1266>.
8. Bénassy, J. (2007). *Money, Interest, and Policy: Dynamic General Equilibrium in a Non-Ricardian World*. Cambridge: The MIT Press.
9. Benigno, P. (2001). Price Stability with Imperfect Financial Integration. *New York University and CEPR*.
10. Blanchard, O.J., & Galí, J. (2007). The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: Why are the 2000s so different from the 1970s? *The National Bureau of Economic Research Working Paper*, 13368.
11. Blanchard, O.J., & Kahn, C.M. (1980). The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations. *Econometrica*, 48(5), 1305-1312.
12. Burda, M., & Wyplosz, C. (2009). *Macroeconomics: a European Text* (5th ed.). Oxford: Oxford University Press.
13. Calvo, G.A. (1983). Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 12, 383-398
14. Cameron, C.A., & Trivedi, P.K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
15. Christiano, L.J., Eichenbaum, M., & Evans, C.E. (2005). Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45.
16. Cooper, J.C.B. (2003). Price Elasticity of Demand for Crude Oil: Estimates for 23 Countries. *OPEC Review*, 27(1), 1-8.

17. Corsetti, G., & Pesenti, P. (2001). International Dimensions of Optimal Monetary Policy. *The National Bureau of Economic Research Working Paper*, 8230.
18. Del Negro, M., & Schorfheide, F. (2006). How Good Is What You've Got? DSGE-VAR as a Toolkit for Evaluating DSGE Models. *Economic Review, Q 2*, 21-37.
19. Dixit, A.K., & Stiglitz, J.E. (1977). A Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *The American Economic Review*, 67(3), 297-308.
20. Erceg, C.J., Henderson, D.W., & Levin, A.L. (2000). Optimal Policy with Staggered Wage and Price Contracts. *Journal of Monetary Economics*, 46, 281-313.
21. Eurostat. (b.1.). V *Eurostat Search Database*. Najdeno 24. maja 2011 na spletnem naslovu http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database.
22. Federal Reserve Bank of San Francisco Economic Letter - FRBSF. (2005). *Oil Price Shocks and Inflation*. San Francisco: Federal Reserve Bank of San Francisco.
23. Fernández-Villaverde, J. (2010). The Econometrics of DSGE Models. *Journal of the Spanish Economic Association*, 1, 3-49.
24. Galí, J. (2008). *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton & Oxford: Princeton University Press.
25. Galí, J., & Monacelli, T. (2005). Monetary Policy and Exchange Rate Volatility in a Small Open Economy. *Review of Economic Studies*, 72, 707-734.
26. Geman, H. (2008). Mean-Reversion and Structural Breaks in Crude Oil, Copper, and Shipping. Geman (ur.), *Risk Management in Commodity Markets: from Shipping to Agriculturals and Energy*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
27. Goodhart, C.A.E., Osorio, C., & Tsomocos, D.P. (2009). Analysis of Monetary Policy and Financial Stability: a New Paradigm. *CESifo Working Paper*, 2885.
28. Hamilton, J.D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press.
29. Heal, G., & Chichilnisky, G. (1991). *Oil and the International Economy*. Oxford: Clarendon Press.
30. Krichene, N. (2005). A Simultaneous Equations Model for World Crude Oil and Natural Gas Markets. *IMF Working Paper*, 32(5).
31. Lane, P.R., & Ganelli, G. (2003). Dynamic General Equilibrium Analysis: the Open Economy Dimension. S. Altug, J.S. Chadha & C. Nolan (ur.), *Dynamic Macroeconomic Analysis: Theory and Policy in General Equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.
32. LeBlanc, M., & Chinn, M.D. (2004). Do High Oil Prices Presage Inflation: the Evidence from G-5 Countries. *Business Economics*, 39(2), 38-48.
33. Lim, G.C., & McNelis, P.D. (2008). *Computational Macroeconomics for the Open Economy*. Cambridge: The MIT Press.
34. Lütkepohl, H. (2006). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Berlin: Springer-Verlag Berlin.
35. Lütkepohl, H., & Krätzig, M. (2004). *Applied Time Series Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.
36. Mancini Griffolli, T. (2007). *Dynare User Guide: an Introduction to the Solution and Estimation of DSGE Models*. Najdeno 7. marca 2011 na spletnem naslovu

- <http://www.dynare.org/documentation-and-support/user-guide/Dynare-UserGuide-WebBeta.pdf/view>.
37. Masten, I. (2008). Optimal Monetary Policy with Balassa-Samuelson-Type Productivity Shocks. *Journal of Comparative Economics*, 36, 120-141.
 38. McCandless, G. (2008). *The ABC's of RBC's: an Introduction to Dynamic Macroeconomic Models*. Cambridge: Harvard University Press.
 39. Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije. (2010). *Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2010*. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije.
 40. Natalucci, F.M., & Ravenna, F. (2002). The Road to Adopting the Euro: Monetary Policy and Exchange Rate Regimes in EU Candidate Countries. Discussion paper 2002-741. *Board of Governors of the Federal Reserve System, International Finance Discussion Papers*, 741.
 41. Obstfeld, M., & Rogoff, K. (1996). *Foundations of International Macroeconomics*. Cambridge: The MIT Press.
 42. Petroleum and Other Liquids (b.1.). V *U.S. Energy Information Administration*. Najdeno 24. maja 2011 na spletnem naslovu <http://www.eia.gov/>.
 43. Riley, G. (2006). *AS Markets & Market Systems: Market for Oil*. Najdeno 20. aprila 2011 na spletnem naslovu <http://tutor2u.net/economics/revision-notes/as-markets-oil.html>.
 44. Romer, D. (2006). *Advanced Macroeconomics* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill Irwin.
 45. Schmitt-Grohé, S., & Uribe, M. (2003). Closing Small Open Economies. *Journal of International Economics*, 61(1), 163-185.
 46. Smets, F., & Wouters, R. (2003). An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area. *ECB Working Paper*, 171.
 47. Statistični urad Republike Slovenije. (2010). *Statistični letopis Republike Slovenije 2010*. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije.
 48. Stock, J.H., & Watson, M.W. (2002). Has the Business Cycle Changed and Why? *The National Bureau of Economic Research Working Paper*, 9127.
 49. Uredba o oblikovanju cen naftnih derivatov. *Uradni list RS* št. 5/2003.
 50. Woodford, M. (2003). *Interest and prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton & Oxford: Princeton University Press.