

Mérő Bence

# Hitelciklusok modellezése empirikus és ágensalapú megközelítésben

# Matematikai Közgazdaságtan és Gazdaságelemzés Tanszék

Témavezető:  
Vincze János, DSc  
egyetemi tanár

Budapesti Corvinus Egyetem

Általános és Kvantitatív Közgazdaságtan  
Doktori Iskola

Hitelciklusok modellezése empirikus  
és ágensalapú megközelítésben  
doktori értekezés

Mérő Bence

Budapest, 2019



# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés</b>	<b>13</b>
<b>2. Egy- és többváltozós szűrők a hitelrés alakulásának meghatározására</b>	<b>19</b>
2.1. Szakirodalmi áttekintés . . . . .	19
2.2. A hitelállomány-adatok . . . . .	22
2.3. Az egyváltozós szűrők . . . . .	26
2.3.1. Hodrick–Prescott-szűrő . . . . .	28
2.3.2. Christiano–Fitzgerald-szűrő . . . . .	32
2.4. Többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő . . . . .	36
2.4.1. A többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő módszertana . . . . .	36
2.4.2. Az eredmények bemutatása . . . . .	41
2.5. Összegzés . . . . .	48
<b>3. Bankrendszerrel bővített ágensalapú makromodellek fejlesztési irányai</b>	<b>51</b>
3.1. Bevezetés . . . . .	51
3.2. Az ágensalapú makromodellezésről általánosságban . . . . .	54
3.3. Makroökonómia alulról . . . . .	59
3.4. Ingatlanár-buborékok és üzleti ciklusok . . . . .	65

3.5. Keynes és Schumpeter . . . . .	72
3.6. Reflexió a modellekre a tapasztalatok fényében . . . . .	76
3.7. Összegzés . . . . .	79
<b>4. Hitelciklusok és anticiklikus tőkepuffer egy ágensalapú keynesi modelben</b>	<b>81</b>
4.1. Bevezetés és irodalomáttekintés . . . . .	81
4.2. A modell . . . . .	85
4.2.1. Egy periódus eseményei . . . . .	86
4.2.2. Az egyes ágensek viselkedési szabályai . . . . .	88
4.2.3. Elterések a kiinduló modellhez képest . . . . .	96
4.3. Eredmények . . . . .	97
4.4. Összegzés . . . . .	102
<b>5. Keresletvezérelt lakáspiaci modell a lakáshitelezést szabályozó makroprudenciális eszközök tanulmányozására</b>	<b>103</b>
5.1. Bevezetés . . . . .	103
5.2. Szakirodalmi áttekintés . . . . .	106
5.3. A modell bemutatása . . . . .	110
5.3.1. A háztartások . . . . .	111
5.3.2. A bankrendszer és a lakáspiac . . . . .	116
5.3.3. Egy időszak eseményei . . . . .	118
5.4. Adatok . . . . .	119
5.4.1. Háztartások generálása . . . . .	120
5.4.2. Kamatok és munkanélküliség . . . . .	123
5.4.3. A modell egyensúlyi illeszkedése . . . . .	124
5.5. Szimulációk . . . . .	125

5.5.1. Sokkforgatókönyvek . . . . .	126
5.5.2. Különböző LTV- és PTI-korlátok hatásának összehasonlítása	132
5.6. Robusztusságvizsgálat . . . . .	141
5.7. Összegzés . . . . .	145
<b>6. Összegzés</b>	<b>149</b>
<b>Hivatkozások</b>	<b>155</b>
<b>A Függelék: a hitelrés alakulásának meghatározásához használt egy- és többváltozós szűrőkkel kapcsolatos kiegészítő információk</b>	<b>169</b>
A.1. Az általunk használt és a szakirodalomban fellelhető többváltozós HP-szűrők közötti különbségek . . . . .	169
A.2. A többváltozós HP-szűrő ciklikus komponensének és trendjének regressziójához vizsgált magyarázóváltozók . . . . .	171
A.3. A bemutatott eljárásoknál alkalmazott feltevésekre végzett érzékenységvizsgálatok . . . . .	177
<b>B Függelék: az ágensalapú keynesi modellel kapcsolatos kiegészítő információk</b>	<b>181</b>
<b>C Függelék: a lakáspiaci modellel kapcsolatos kiegészítő információk</b>	<b>185</b>
<b>Saját publikációk a témában</b>	<b>193</b>





# Táblázatok jegyzéke

2.1. Egyváltozós szűrők és a többváltozós szűrő összehasonlítása – robusztusság (százalékpont) . . . . .	47
3.1. Mérlegösszefüggések (mérlegmátrix) . . . . .	64
4.1. Átlagos éves GDP-növekedés különböző szabályozói feltételezések mellett (százalék) . . . . .	101
5.1. A felhasznált adatbázisok főbb jellemzői . . . . .	120
5.2. A felvett hitelösszegek és a lakások árának átlagos modellbeli és empirikus értékei (millió Ft) . . . . .	125
5.3. A gazdasági visszaesés jellemzői az 1-4. forgatókönyvek esetében . .	127
5.4. Különböző sokkforgatókönyvek összehasonlítása (PTI=50 százalék, LTV=80 százalék) . . . . .	131
5.5. Átlagos profit az alapkombinációhoz képest különböző PTI–LTV kombinációk mellett, normál időszakban . . . . .	133
5.6. A vásárolt lakások átlagos alapterületének eltérése az alapkombinációhoz képest, normál időszakban . . . . .	134
5.7. A normál időszaki profittól való eltérések kumulált összege a sokk bankrendszeri hatásának vizsgálati időszaka alatt (1. forgatókönyv, Mrd Ft) . . . . .	134

5.8. A különböző PTI–LTV kombinációk összevetése az alapkombinációval a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából (1. forgatókönyv) . .	136
5.9. Nemteljesítővé váló háztartások számának eltérése az alapkombinációhoz képest (1. forgatókönyv) . . . . .	137
5.10. Jövedelmezőségi vizsgálat (2. forgatókönyv: 20 százalékos visszaesés 5 év alatt) . . . . .	142
5.11. Jövedelmezőségi vizsgálat (3. forgatókönyv: 10 százalékos visszaesés 2,5 év alatt) . . . . .	142
5.12. Jövedelmezőségi vizsgálat (4. forgatókönyv: 10 százalékos visszaesés 5 év alatt) . . . . .	143
5.13. Jövedelmezőségi vizsgálat $\mu_F = 0,3$ paraméter mellett (1. forgatókönyv)	143
5.14. Jövedelmezőségi vizsgálat $\mu_F = 0,5$ paraméter mellett (1. forgatókönyv)	144
5.15. Jövedelmezőségi vizsgálat $s = 0,15$ paraméter mellett (1. forgatókönyv)	145
5.16. Jövedelmezőségi vizsgálat $s = 0,25$ paraméter mellett (1. forgatókönyv)	145
A.1. Háztartási szegmens – ciklikus komponens regressziója . . . . .	171
A.2. Háztartási szegmens – trend regressziója . . . . .	172
A.3. A háztartási szegmens ciklus- és trendegyenleteinek összefoglaló táblázata . . . . .	172
A.4. Vállalati szegmens – ciklikus komponens regressziója . . . . .	175
A.5. Vállalati szegmens – trend regressziója . . . . .	175
A.6. A vállalati szegmens ciklus- és trendegyenleteinek összefoglaló táblázata . . . .	176
B.1. A modellben szereplő paraméterek értékei . . . . .	182
C.1. A lakáscélú jelzáloghitel kamatát meghatározó regressziós együtthatók	189
C.2. A modellben szereplő paraméterek értékei . . . . .	190
C.3. A modell változóinak jelölése . . . . .	191

# Ábrák jegyzéke

2.1. A háztartási hitelállomány összetétele a hitelnyújtó szektor szerint .	23
2.2. A vállalati hitelállomány összetétele a hitelnyújtás formája és a hitelnyújtó szektor szerint . . . . .	24
2.3. A hitelintézetektől és egyéb pénzügyi vállalatoktól felvett háztartási és vállalati hitelek árfolyamszűrt állománya a GDP arányában (százalék)	26
2.4. Egyoldali HP-trendek különböző ciklushosszokkal számolva . . . . .	30
2.5. Kétoldali HP-trendek különböző ciklushosszokkal számolva . . . . .	30
2.6. Kétoldali HP-trendek különböző időintervallumokon becsülve . . . . .	31
2.7. Egyoldali CF-trendek különböző ciklushosszokkal számolva . . . . .	34
2.8. Kétoldali CF-trendek különböző időintervallumokon becsülve . . . . .	35
2.9. A többváltozós HP-szűrő által becsült trendek eloszlása . . . . .	42
2.10. Többváltozós HP-trendek különböző időintervallumokon becsülve .	43
2.11. Egyváltozós szűrők és a többváltozós HP-szűrő összehasonlítása – trend	44
2.12. Egyváltozós szűrők és a többváltozós HP-szűrő összehasonlítása – hitelrés . . . . .	45
2.13. Egyváltozós szűrők és a többváltozós szűrő összehasonlítása a teljes állományra . . . . .	46
4.1. Gazdasági és hitelciklusok . . . . .	99
4.2. A standardizált hitel/GDP és munkanélküliség periodogramja . . .	100

5.1. A lakáspiaci ciklus alakulása az 1. forgatókönyv esetén . . . . .	128
5.2. A hitelciklus alakulása az 1. forgatókönyv esetén . . . . .	129
5.3. A lakáspiaci ciklus alakulása az 5. forgatókönyv esetén . . . . .	130
5.4. A hitelciklus alakulása az 5. forgatókönyv esetén . . . . .	131
5.5. A háztartások tényleges jövedelemarányos törlesztőrészleteinek kvan- tilisei 50 százalékos PTI-korlát és különböző LTV-korlátok mellett . . . . .	138
5.6. A háztartások tényleges jövedelemarányos törlesztőrészleteinek kvan- tilisei 80 százalékos LTV-korlát és különböző PTI-korlátok mellett . . . . .	138
5.7. A bankrendszer jövedelmezősége és a háztartásokat érintő csődese- mények közötti átváltás (1. forgatókönyv) . . . . .	140
A.1. A háztartási és a vállalati hitel/GDP egyoldali Christiano–Fitzgerald- trendje különböző ciklushosszokkal, a trendszűréskor determinisztikus trendet feltételezve . . . . .	177
A.2. A háztartási és a vállalati hitel/GDP kétoldali többváltozós Hodrick– Prescott-trendje a változókkal kapcsolatos különböző szignifikancia- kritériumok mellett . . . . .	178
A.3. A háztartási és a vállalati hitel/GDP kétoldali többváltozós Hodrick–Prescott- trendje különböző indulóértékek mellett . . . . .	179

# 1. fejezet

## Bevezetés

A bankrendszer makroökonómiai vizsgálatának jelentősége a pénzügyi válság óta megnövekedett. Míg korábban jellemzően eltekintettek a pénzügyi rendszer működésének makrogazdaságra gyakorolt hatásától, az utóbbi időben egyre több modell vizsgálja a bankrendszer hatását a reálgazdaságra. A vizsgálódások középpontjában elsősorban a bankrendszer aggregált keresletre való hatása áll, amely rövid távon képes eltéríteni a kibocsátást potenciális szintjétől. Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a hatékonyan működő bankrendszer hosszú távon is segíti a gazdaság működését, vagyis képes növelni a potenciális kibocsátást is (vö. Beck és szerzőtársai, 2000, Pradhan és szerzőtársai, 2014).

A bankrendszer kibocsátásra gyakorolt hatása (rövid távon) prociklikus (vö. Athanasoglou és szerzőtársai, 2014), vagyis gazdasági fellendülés alatt a bankrendszer jellemzően nagyobb mértékű hitelezési tevékenységet folytat, ami a hitelezett személyek és vállalatok fogyasztásán és beruházásán (és ezek tovaryűrűző hatásán) keresztül növeli az aggregált keresletet és a kibocsátást, recesszió alatt azonban a veszteségek és az esetlegesen növekvő kockázatkerülés miatt a bankrendszer csökkenti hitelkínálatát, ami tovább mélyítheti a recessziót. A fellendülés alatt az optimista kilátásoknak köszönhetően a bankok könnyebben hitelezhetnek olyan vállalatokat vagy háztartásokat, melyek kisebb sokkok hatására is nagyobb valószínűséggel mennek csődbe. Sőt, amennyiben az egész bankrendszer növeli az ilyen típusú hitelezési tevékenységét, azzal rendszerszinten is kockázatok épülnek fel, ami a sokk bekövet-

keztekor az egész rendszerre negatívan hat vissza. A túl nagy mértékű hitelezési tevékenység akár külső sokk nélkül, endogén módon is eredményezhet recessziót.

A makroprudenciális politika célja az, hogy megakadályozza a rendszerszintű kockázatok felépülését. Bár rövid távon a kockázatos hitelek felfutása növelheti a kibocsátást, ez nem feltétlenül jelenti az erőforrások hatékony allokációját, a kockázatok materializálódásakor pedig akár a kibocsátás trendjére is negatív hatással lehet (Cerra és Saxena, 2008). A hatékony makroprudenciális politika tehát a pénzügyi stabilitás biztosításával párhuzamosan a hosszú távú növekedéshez is hatékonyan járulhat hozzá.

Magyarországon a Magyar Nemzeti Bank tölti be a makroprudenciális hatóság szerepét, a monetáris politika mellett tehát a makroprudenciális politika viteléért is felel. A makroprudenciális politika eszköztára igen széles. Az egyik eszköz az anticiklikus tőkepufferráta, ami a bankrendszer prociklikálisitását csökkentheti. Az anticiklikus tőkepufferráta lényege, hogy a hitelállomány gyors növekedése esetén ad-dicionális tőkekövetelményt írnak elő a teljes bankrendszerre, ami ezáltal visszafogja a hitelezés növekedését, és így a bankrendszer is kisebb mértékben járul hozzá a kibocsátás növekedéséhez. Ez segíthet abban, hogy a bankok végeredményben kevesebb nagy kockázatú adóst finanszírozzanak. Azonban hasonlóan fontos, hogy recesszió során – amikor a bankrendszer jelentősen visszafoghatja a hitelezési tevékenységet abból kifolyólag, hogy a veszteségek miatt nincsen kellő tőkéje a biztonságos hitelezéshez – a felfutás alatt ad-dicionális tőkekövetelményként felhalmozott puffert fel lehet oldani. Az így feloldott puffer lehetővé teszi, hogy a hitelezés visszaszorulásának mértéke kisebb legyen, vagyis recesszió során ez az eszköz tompítja az aggregált kereslet bankrendszeri hatások által kiváltott zsugorodását.

Míg az anticiklikus tőkepufferráta minden banki hitelkonstrukcióra vonatkozik, közvetlenül a háztartási hitelezésre hatnak az adósságfék szabályok, melyek a háztartások túlzott eladósodását hivatottak fékezni. Magyarországon jelenleg két ilyen típusú eszközt alkalmaz a makroprudenciális hatóság, a jövedelemarányos törlesztőrészlet mutató szabályozását (a továbbiakban angol elnevezése – *payment-to-income* – miatt PTI-ként hivatkozunk rá), valamint a hitelfedezeti mutató szabályozását (amire a továbbiakban angol elnevezése – *loan-to-value* – miatt LTV-ként hivatkozunk). A PTI-szabályozás a hitelezés során korlátokat ír elő az egyes háztartási

hitelekhez tartozó PTI értékére. Ennek megfelelően egy háztartás nem kaphat nagyobb hitelt, mint aminek a törlesztőrésze a háztartás saját, beszámítható havi nettó jövedelméhez viszonyítva meghaladná a maximális szabályozói értéket. Ehhez hasonlóan jelzáloghitelek esetén a felvett hitel értéke a fedezet értékéhez viszonyítva nem lehet nagyobb, mint a maximális szabályozói érték. Az LTV-korlát nem csak az érintett háztartások eladósodottságát csökkenti, hanem ezzel párhuzamosan az adós nemteljesítővé válása esetén (aminek a valószínűségét a PTI-korlát is csökkentheti) a bankot ért veszteséget is csökkenti. Az adósságfékszabályok a kockázatosabb háztartások eladósodottságát csökkentik, így hatásukra rendszerszinten kevesebb kockázat épül fel a háztartási szegmensben, és ezzel párhuzamosan a hitelezés felfutását is mérsékelhetik. A disszertációban az anticiklikus tőkepufferrátával és az adósságfékszabályokkal foglalkozunk, de ezeken kívül vannak más makroprudenciális eszközök is, melyekről Ligeti (2017) részletes leírást ad.

A 2008-ban kitört pénzügyi válság előtti szakaszban Magyarországon is a hitelezés nagymértékű felfutása volt megfigyelhető, a válság kitörését követően pedig sok kockázat materializálódott, ami a bankrendszernek nagy veszteségeket okozott, és a hitelezési tevékenységet is csökkentette (MNB, 2013). A devizában eladósodott háztartásoknak jelentős része vált nemteljesítővé, de sok háztartás az árfolyam-emelkedés hatására még magasabb törlesztőrészekkel szembesült, ami miatt a fogyasztását is visszafogta. A magas törlesztőrészek és az adósságok törlesztése tovább súlyosbította a recessziót, valamint a növekedési kilátásainkat. A pénzügyi válságot megelőző hitelezési felfutás során Magyarországon nem alkalmaztak makroprudenciális eszközöket, hanem a magyar tapasztalat is rávilágított ezen eszközök fontosságára.

A makroprudenciális politika elősegíti a pénzügyi stabilitást, ami az alacsonyabb hitelezési tevékenység miatt rövid távon kisebb kibocsátást eredményez, hosszú távon viszont akár javíthatja is a növekedési kilátásokat. A túl szigorú eszközök azonban akár hosszú távon is csökkenthetik a potenciális kibocsátást: a növekedéshez szükség van kockázatok vállalására, így ha minimalizálják a pénzügyi stabilitást érhető kockázatokat, akkor lehet, hogy a bankrendszer sem fogja kellő hatékonysággalallokálni a gazdaság erőforrásait a nagyobb növekedéshez szükséges beruházásokhoz.

A makroprudenciális politika hatékony viteléhez fontos tehát megérteni az egyes eszközök hatását a hitelezésre, és a hitelezés makrogazdasági visszacsatolásait. A disszertáció is ehhez a kutatási irányhoz próbál hozzájárulni olyan modellek építésével, melyek továbbfejlesztve elméleti síkon még pontosabb képet adhatnak a pénzügyi közvetítőrendszer és a makrogazdaság kapcsolatáról, gyakorlati szempontból pedig a magyarországi makroprudenciális döntéshozókat is támogathatják.

A disszertáció második fejezetében<sup>1</sup> egy ökonometriai modellt mutatunk be a magyarországi hitelrés számszerűsítésére. A hitelrés a GDP-arányos hitelállomány trendtől való eltérését számszerűsíti. A hitelrés mértéke az anticiklikus tőkepufferráta meghatározásának legfontosabb szempontja (Detken és szerzőtársai, 2014). Az Európai Rendszerkockázati Testület ajánlása (ERKT, 2014) szerint az összehasonlíthatóság miatt egyrészt egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrővel kell számszerűsíteni a hitelrest, de amennyiben az adott ország sajátosságai ezt indokolják (pl. a pénzügyi rendszer szerkezete és fejlettségi foka vagy a hiteladatok minősége és elérhetősége), akkor a hitelrest egyéb módon is számszerűsíteni lehet. Mivel Magyarországon az elmúlt hitelciklus pénzügyi mélyüléssel esett egybe, az egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrő nem képes jól megragadni a hitelezés trendjét, ahogyan ezt be is mutatjuk. Ennek következtében olyan többváltozós Hodrick–Prescott-szűrőt fejlesztettünk, ami a válságot követően elsőként a magyarországi hitelrésre elméleti szempontból és szakértői szemmel is megalapozott becslést adott. A hitelrés mértékét külön vizsgáltuk a vállalati és a háztartási szegmens esetében, mert más mozgatórugók lehetnek az egyes szegmensek hiteldinamikájának hátterében.<sup>2</sup> Mind a vállalati, mind a háztartási szegmens esetében megfigyelhetjük a hitelciklust: az egyes szegmensek eladósodottságának növekedését, majd csökkenését.

A hitelrés számszerűsítése az anticiklikus tőkepufferráta meghatározásában segítheti a makroprudenciális politikai döntéshozókat. Az elméleti modellek fejlesztése ugyanakkor a mögöttes folyamatok és hatásmechanizmusok megvilágítása révén

---

<sup>1</sup>A fejezet Hosszú és szerzőtársai (2016) szerkesztett változata.

<sup>2</sup>A Pénzügyi Stabilitási Jelentésben rendszeresen megjelenik a fejlesztett módszertannal számított vállalati hitelrés értéke, és a Magyar Nemzeti Bankban más számítások alapját is ez a módszertan képezi.



hosszú távon a makroprudenciális eszközök hatékonyabb, a pénzügyi stabilitást és a reálgazdasági teljesítményt is figyelembe vevő alkalmazását segíthetik elő. Ennek megfelelően a disszertációban bemutatásra kerül két elméleti modell: egyet a vállalati, egyet pedig a háztartási szegmenset érintő hitelciklusra fejlesztettünk.

Mivel a vállalati és a lakossági hitelezést elsősorban makroprudenciális szempontból szeretnénk vizsgálni, nem tekinthetünk el az egyes adósok heterogenitásától, hiszen a nemteljesítés valószínűsége és a nemteljesítésből fakadó veszteség az egyes adósok és hitelek jellemzőitől függ. A bankrendszer és a makroprudenciális eszközök modellezéséhez éppen ezért a gazdasági szereplők nagymértékű heterogenitását lehetővé tevő modellezési gyakorlatot, az ún. ágensalapú modellezést használjuk a főáramú DSGE-modellek helyett. Ezért a disszertációban külön fejezetet szentelünk az ágensalapú, bankrendszert is tartalmazó makromodellezés bemutatásának.<sup>3</sup> Kitérünk rá, hogy miért tartjuk kézenfekvőbbnek ezt a modellezési megközelítést a pénzügyi közvetítőrendszer és a makrogazdaság kapcsolatának modellezéséhez, ismertetjük az ágensalapú modellek legfontosabb jellemzőit, valamint bemutatunk három különböző ágensalapú makromodellt, melyen keresztül betekintést nyerhetünk az ágensalapú makromodellezés lehetőségeibe, de a saját tapasztalataink fényében reflektálunk is az ágensalapú modellek fejlesztésének kihívásaira is. A harmadik bemutatott makromodell (Dosi és szerzőtársai, 2015) egyben előkészíti a disszertáció 4. fejezetét is, az ott tárgyalt elméleti modell ugyanis ezt veszi alapul.

Az ágensalapú modellezés ismertetését követően térünk rá két külön fejezetben az elméleti modellek taglalására: a vállalati modellel<sup>4</sup> kezdünk, és a háztartási modellel<sup>5</sup> folytatjuk.

A vállalati hitelezést tárgyaló modell Dosi és szerzőtársai (2015) munkáján alapuló, a bankrendszert részletesebben kifejtő makrogazdasági modell, amelyben a hitelezési tevékenység (és a csődök) visszahatnak a makrogazdaságra. A modellben a makrogazdaságot termelékenységi sokkok érhetik, amelyek üzleti ciklusokat ge-

---

<sup>3</sup>Az ágensalapú makromodellezést bemutató fejezet a megjelenés alatt álló Mérő (2019) szerkesztett változata.

<sup>4</sup>A modellt taglaló fejezet Hosszú és Mérő (2017) szerkesztett változata.

<sup>5</sup>A modellt taglaló fejezet Mérő és Vágó (2018) szerkesztett változata.

nerálnak, a modellben azonban hitelezési ciklusok is megjelennek endogén módon, amelyek átlagosan hosszabbak az üzleti ciklusnál. A hitelezési ciklusok jelenlétének köszönhetően a modellben megvizsgáltuk az anticiklikus tőkepufferráta hatásosságát, és azt kaptuk, hogy ez a makroprudenciális eszköz a hitelciklus felívelő szakaszában kismértékben alacsonyabb növekedést eredményez, a recessziós időszakok folyamán azonban jelentősen tompíthatja a visszaesés mértékét.

A háztartási hitelezést tartalmazó modell egy keresletvezérelt ágensalapú lakáspiaci modell, amelyben a lakásvásárláshoz a háztartások jelzáloghitelt vehetnek igénybe a PTI- és LTV-szabályozás jelenléte mellett. A makrogazdaság exogén módon hat a háztartások jövedelmére, ezt leszámítva azonban a makrogazdasági beágyazottságot még nem vizsgáltuk (így a lakossági jelzáloghitelezés makrogazdasági visszacsatolásait sem). A modellt magyar adatokra kalibráltuk, sőt, a modellben szereplő 1 millió háztartást magyar adatbázisok felhasználásával generáltuk. A modellben a jelenleg érvényben lévő PTI- és LTV-szabályozást vetettük össze a két adósságfék szabályra vonatkozó különböző kombinációkkal. A kapott eredmények alapján nem szükséges az LTV-korlát további szigorítása.

Az összegzésben részletesebben ismertetjük az egyes fejezetek legfontosabb üzeneteit, és kitérünk a két ágensalapú modell továbbfejlesztési lehetőségeire is. Az optimális makroprudenciális eszköztár kialakításához olyan makromodellre van szükség, melyben egyszerre van jelen a vállalati és a lakossági hitelezés, és egyszerre lehet vizsgálni a különböző makroprudenciális eszközöket, figyelembe véve azok kölcsönhatását is. Ehhez tehát idővel a lakáspiaci modellt integrálni kell a vállalati makromodellbe. Ugyanakkor a modellek jelenlegi verziójukban is fontos mérőszámok számítanak. Nem célszerű ugyanis egyből olyan ágensalapú modellt építeni, melyben egy adott gazdaság minden jellemzőjét szerepeltetjük, különben a modell mechanizmusai kibogozhatatlanokká válnak, és a cél szempontjából fontos modellösszetevőket is nehéz azonosítani. A két külön modell ugyanakkor segítheti az ágensalapú modellezőket a megfelelő szabályok és modellösszetevők beépítésében egy olyan időszakban, amikor még sok megközelítés verseng az egyre terjedő makroprudenciális célú ágensalapú modellezésben.

## 2. fejezet

# Egy- és többváltozós szűrők a hitelrész alakulásának meghatározására

### 2.1. Szakirodalmi áttekintés

A hitelpiacok ciklikus pozíciójának, a túlzott hitelezési időszakoknak a vizsgálata nem ismeretlen az irodalomban, és különösen a 2008-ban kezdődő válság hatására lett egyre népszerűbb téma. A kérdés fontosságára Magyarországon a lakossági deviza-hitelezéssel kapcsolatos, társadalmi szinten is jelentős problémák világítottak rá. Számos, a későbbiekben bemutatott tanulmány alapján a túlzottan pozitív hitelrész (hitelciklus pozitív szakasza) makrogazdasági egyensúlytalanságok kialakulására utaló jel lehet, ami válságot okozhat. Ugyanakkor a túlságosan negatív hitelrész arra mutat rá, hogy a pénzügyi közvetítőrendszer nem tölti be megfelelően a szerepét, és a gazdaság szereplői számára nem képes elég pénzügyi forrást juttatni a gazdaságba.

A hitelrész alakulásának szabályozói szempontból is jelentős szerepe van. Magyarországon is – hasonlóan sok más országhoz – a makroprudenciális eszközrendszer egyik fontos eleme az anticiklikus tőkepuffer, amelynek meghatározása a hitelrészmutató alapján történik. Ezért is fontos egy olyan hitelrész kialakítása, amely

időben stabil, megbízható eredményeket ad, és nem mutat nagy korrekciókat. A Bázeli Bankfelügyeleti Bizottság által kiadott útmutató (BCBS, 2010) szerint az anticiklikus tőkepuffer elsődleges célja, hogy a bankok tőkepuffert alakítsanak ki azokban az időszakokban, amelyekben nemzetgazdasági szinten túlzott hitelkiáramlás valósul meg, mivel ekkor jelentős rendszerszintű kockázatok épülhetnek fel. A tőkepuffer mértékének meghatározását támogatandó több tanulmány és nemzetközi ajánlás is született. A Bázeli Bankfelügyeleti Bizottság már említett útmutatója a GDP-arányos hitelállomány trendtől való eltérését (hitelrést) állítja a középpontba: részben a túlzott hitelnövekedés jelenségével való közvetlen kapcsolata miatt, részben pedig azért, mert széles nemzetközi mintát vizsgálva megfelelő indikátornak találta a rendszerszintű kockázatok kialakulásának előrejelzésére.<sup>1</sup>

Az anticiklikus tőkepuffer bevezetésével kapcsolatban az Európai Rendszerkockázati Testület (*European Systemic Risk Board, ESRB*) is fogalmazott meg ajánlást (ERKT, 2014; lásd még Detken és szerzőtársai, 2014). Ebben a Bázeli Bankfelügyeleti Bizottság által javasolt GDP-arányos hitelrés számítása mellett indokoltnak tartják alternatív számítási módszerek kidolgozását is, amennyiben az adott ország sajátosságai (pl. a pénzügyi rendszer szerkezete és fejlettségi foka vagy a hiteladatok minősége és elérhetősége) ezt indokolják. Az ERKT (2014) nem tartalmaz támpontot az alternatív módszerekkel kapcsolatban, Detken és szerzőtársai (2014) azonban bemutatnak egy többváltozós logit-modellt is.

Edge és Meisenzhall (2011) azt tesztelte, hogy milyen teljesítményt nyújtott volna a nemzetközi ajánlásban szereplő egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrő, ha az anticiklikus tőkepufferre vonatkozó előírásokat korábban bevezették volna az Egyesült Államokban. Eredményeik alapján a módszer jelentős mérési hibákat követ el a valós idejű számításoknál, ami a téves jelzések miatt számottevő reálgazdasági költségekkel járt volna. Más egyváltozós trendszűrési módszerekkel is elvégezték a számításaikat, és ezekkel is hasonló következtetésre jutottak. A tanulmány eredményei azért is nagyon informatívak, mert a magyar idősorok az Egyesült Államok adataihoz képest sokkal rövidebbek, így a felmerült problémák itt fokozottabban jelentkezhetnek. Detken és szerzőtársai (2014) nem a Hodrick–Prescott-szűrőre

---

<sup>1</sup>A részletes eredményeket Drehmann és szerzőtársai (2010) tartalmazza.

épülő módszertan hibáinak javítására törekszik, hanem azt mutatja meg, hogy bár az így számított hitelrés az egyik legjobb válság-előrejelző indikátor, ennél is jobb eredményeket kaphatunk több indikátorra épülő rendszerek alkalmazásával. Ez a megállapítás viszont magára a hitelrésszámítás módszertanára vonatkozóan is lényeges: érdemes lehet megpróbálni a többváltozós szűrési módszereket, hogy magába a hitelrés számításába is beépíthessünk minél több információt.

Többváltozós módszerek tekintetében a leggyakrabban használt eljárás a fellelhető szakirodalomban a hibakorrekciós modellek (*vector error correction model*, *VECM*) becslése. A kelet-közép-európai hitelciklusokat Backé és szerzőtársai (2006) és Kiss és szerzőtársai (2006) is vizsgálja hibakorrekciós modellel. Mivel ezek az országok felzárkózó periódusban vannak, és igen rövid idősorok állnak rendelkezésre, a kointegrációs egyenlet paramétereit az euróövezet országainak adatai alapján becslik meg, feltételezve, hogy ezek lennének érvényesek a vizsgálandó országokra is, amennyiben azok hitelállománya elérné a fejlettségüknek megfelelő szintet. A hosszú távú, egyensúlyi GDP-arányos hitelállományt a kointegráción keresztül az egy főre jutó GDP-vel, a reálkamattal és az inflációval ragadják meg. Kiss és szerzőtársai (2006) az egyensúlyi hitelállomány becslését szektorális (vállalati és háztartási) szinten is elvégzi.

Endrész (2011) szintén magyar adatokon becsült hitelezést is figyelembe vevő VECM-et. Ennek során a vállalati hitelpiac és a nemzetgazdasági beruházások egymásra hatását vizsgálta hibakorrekciós modellkeretben. A tanulmány elsődleges célja nem a hitelrés becslése volt, hanem a hitelezés és a reálgazdaság kapcsolatának vizsgálata, de a hosszú távú kapcsolatot leíró egyenletekből ebben az esetben is származtatható egyensúlyi vállalati hitelpálya.

Végül az irodalom e részéből meg kell említenünk Buncic és Melecky (2014) tanulmányát, amelyben anticiklikus tőkepuffer számításához használták fel a panel-adatokon elvégzett, VECM-ből kapott hitelrésbecslést. A tanulmány az egyensúlyi hitelállományt úgy számítja, hogy a kointegráció hosszú távú összefüggésének becslése után ciklusoktól megszűrt magyarázóváltozókat (GDP és GDP-deflátor) helyettesít a kapott összefüggésbe.

A VECM-ek mellett előforduló eljárás még, hogy a reálgazdaság és a hitelezés egyensúlyi kapcsolatának és egymásra hatásának megragadására állapottermodelleket (elsősorban Kálmán-szűrőt) használnak. Compton és da Costa e Silva (2005) a pénzügyi ciklust is figyelembe véve becsli meg az Egyesült Államok potenciális kibocsátását, illetve Mody és szerzőtársai (2007) az észak-amerikai és fejlett európai országok egyensúlyi GDP-jét. Az állapottermodellek a fent bemutatott modellekhez képest azzal az előnnyel rendelkeznek, hogy képesek strukturális, közgazdasági összefüggéseket is figyelembe venni a becslés során, méghozzá a VECM-ekhez képest általánosabb módon. Ugyanakkor minél több összefüggést szeretnénk szerepeltetni egy állapottermodellben, általában annál nagyobb a becsült paraméterek száma, így a mintanagyság ebben az esetben is jelentős korlátozó tényező, amelyet paneladatok, illetve bayesi becslési eljárások alkalmazásával lehet ellensúlyozni.

A fejezet további részében mi is áttekintjük a leggyakrabban alkalmazott egyváltozós szűrők magyar idősorokon számított hitelréseit. Ezek eredményeiből már körvonalazódnak a magyar idősor sajátosságai és információtartalma. A Hodrick–Prescott-szűrőnek ismert többváltozós módosítása is, amely már képes bizonyos egyszerű közgazdasági összefüggések figyelembevételére is, így a hitelrés és a trend összefüggésbe hozható bizonyos reálgazdasági, illetve banki változókkal. Ezen eljárásnak létezik állapotter-reprezentációja is, tehát a becslés mögötti közgazdasági összefüggések megegyeznek egy egyszerű Kálmán-szűrővel felírható modellével. A különbség a becslési eljárásban van: míg a többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő kis mintán is képes lehet megbecsülni viszonylag sok paramétert egy Kálmán-szűrőhöz képest, utóbbi kevesebb feltevést igényel (a feltevések bemutatását a többváltozós szűrővel foglalkozó alfejezetben tesszük meg). Az itt bemutatott eredmények egy lehetséges továbbfejlesztésének tartjuk az állapottermodellekre való áttérést.

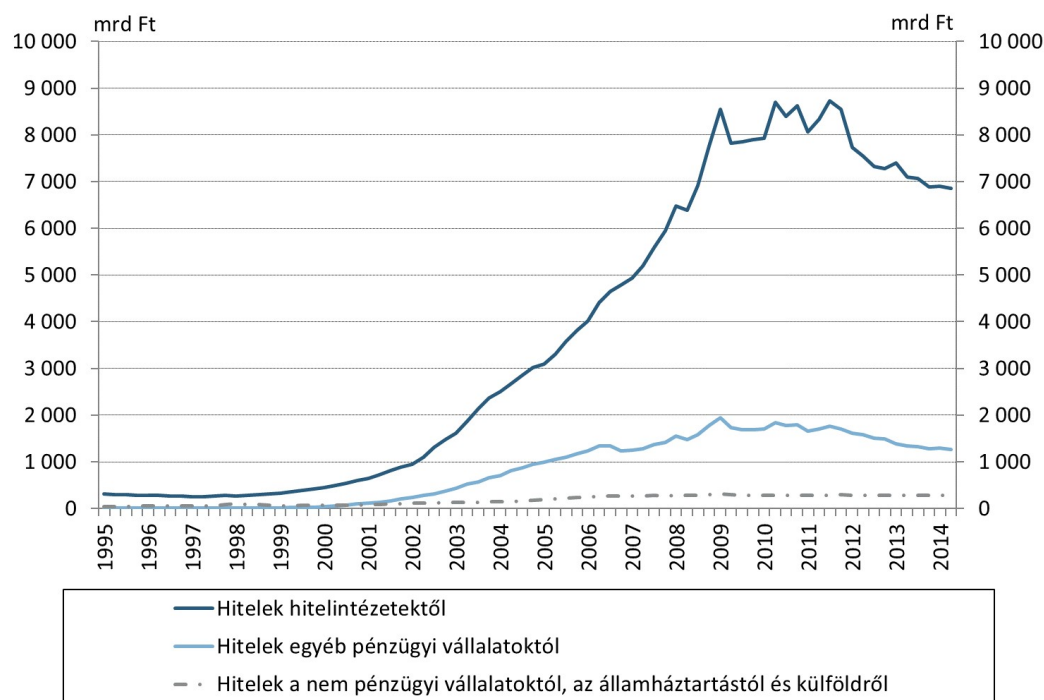
## 2.2. A hitelállomány-adatok

A vizsgálandó hitelállomány kijelölésekor egyrészt mindenképpen külön kívántuk választani a vállalati és a háztartási hitelállományt, másrészt törekedtünk a hitel-

nyújtó szerint lehető legszélesebb értelemben vett hitelállomány vizsgálatára, az adattartalom statisztikai következményeinek figyelembevétele mellett. A vállalati és háztartási hitelállomány szétválasztását fontosnak tartjuk, mert a két szektor hitelezési folyamatai erőteljesen eltérhetnek, és már az is súlyos következményekkel járhat, ha a kettő közül az egyik szektor hitelezése nem megfelelő. A két hitelállományt külön-külön vizsgálva, majd az eredményeket utólag összegezve kevesebb információ veszhet el, mintha csak egyben vizsgálnánk az állományokat. Modellezési szempontból is ez az egyszerűbb megoldás, mivel eltérő gazdasági szerepük miatt más-más indikátorok segíthetnek azonosítani a két hitelállományban megfigyelhető ciklusokat.

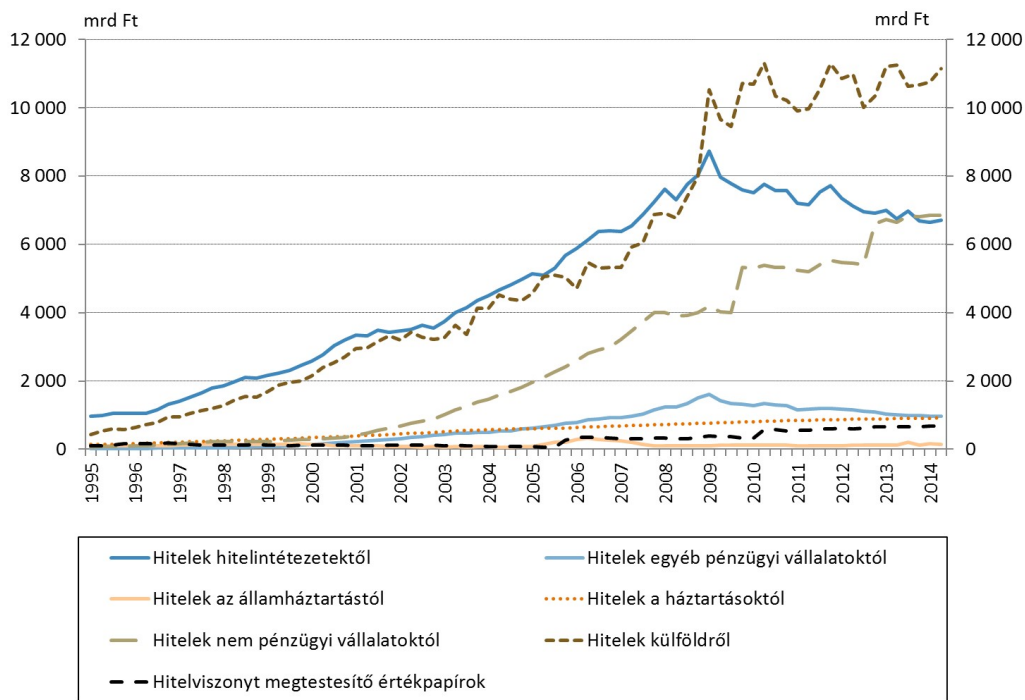
A hitelnyújtók szerinti lehető legszélesebb kör meghatározását a pénzügyi számlák adatainak vizsgálatával, értelmezésével kezdtük (2.1. és 2.2. ábra).

2.1. ábra: A háztartási hitelállomány összetétele a hitelnyújtó szektor szerint



Forrás: MNB.

2.2. ábra: A vállalati hitelállomány összetétele a hitelnyújtás formája és a hitelnyújtó szektor szerint



Forrás: MNB.

A háztartási hitelek túlnyomó részét a hitelintézetek és az egyéb pénzügyi vállalatok nyújtják Magyarországon, így az, hogy a nem pénzügyi vállalatok, az államháztartás és a külföld által nyújtott hiteleket bevegyük-e a vizsgálatba, csupán elvi jelentőségű, gyakorlati tétje nincsen. Hasonló okok miatt a nem pénzügyi vállalatok államháztartás és háztartások által nyújtott hiteleitől is eltekinthetünk, a külföld által nyújtott hitelekkel azonban más a helyzet. A külföldről felvett hitelek nagyrészt vállalatcsoporton belüli hitelek, ennek megfelelően előfordulhatnak olyan jelentős mértékű állományváltozások, amelyek alig vagy egyáltalán nem befolyásolják a magyarországi nem pénzügyi vállalati szektor kockázatát. Ilyen tranzakciók lehetnek, amikor egy anyavállalat magyarországi leányvállalatán keresztül nyújt forrást egy másik országban működő leányvállalatának, de az is jelentős állománymozgást idézhet elő, ha az anyavállalat változtat az általa nyújtott finanszírozáson belül a tőke



és a hitel arányán. Mivel az említett esetekre nem tudunk adatsorainkban szűrni, és a becslésekre ezek az események torzító hatással lehetnének, a nem pénzügyi vállalatok külföldi hitelei nem kerültek be a vizsgált hitelaggregátumba.

A nem pénzügyi vállalatok hiteleinek nem csekély része szektoron belüli hitel. Bár tudjuk, hogy a szállítói hitelek túlzott mértéke és a körbetartozások növekedése likviditási nehézségeket okozhat, ami emeli a szektor hitelkockázatát, mégis úgy döntöttünk, hogy számításaink során a szektoron belüli hiteleket nem vesszük figyelembe, mivel ezen állomány változása jelentős részben nem strukturális okokra vezethető vissza.

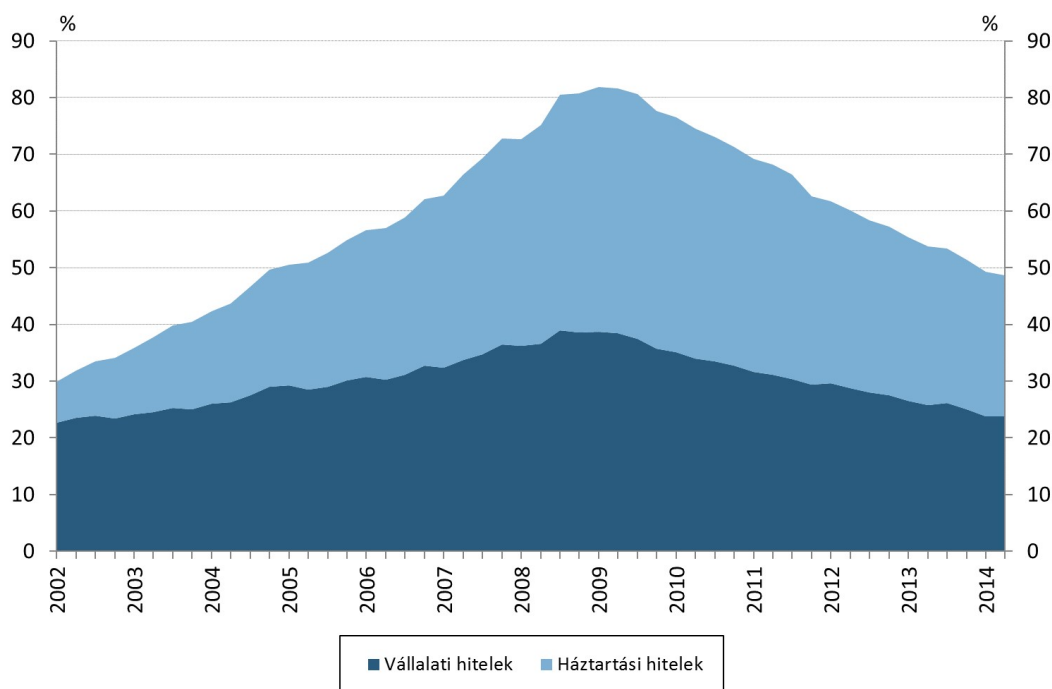
Bár a háztartások és a nem pénzügyi vállalatok hiteleinek vizsgálatát külön-külön végezzük el, biztosítani szeretnénk, hogy az eredmények összegezhetőek legyenek. Emiatt a két szektor esetében azonos módon érdemes kijelölni a vizsgált hitelkört. A leírtaknak megfelelően végül a hitelintézetektől és az egyéb pénzügyi vállalatoktól felvett hiteleket vizsgáljuk a továbbiakban.

A magyar hitelállomány-adatok vizsgálatakor kulcsfontosságú kérdés a forint-árfolyam kezelésének módja. Nemcsak azért, mert az állomány nagy hányada devizában denominált, hanem azért is, mert jelentős része még természetes módon sem fedezett, így az árfolyamkockázat közvetlenül megjelenik a hitelkockázatban. Maga a kockázat már a hitelek folyósításának pillanatától kezdve létezik, az árfolyam-elmozdulás „csupán” a kockázat realizációját jelenti, ezért olyan módszereket igyekeztünk keresni, amelyek lehetőleg az állomány felépülési periódusában képesek a kockázatokat jelezni, és nem magát az árfolyam-elmozdulás miatti automatikus átértékelést azonosítják túlzott hitelezésnek. Ezen okok miatt az árfolyamszűrés mellett döntöttünk. Az árfolyamszűréshez a 2010. december 31-i árfolyamokat használtuk. Az árfolyamszűrt hitelállomány tárgyidőszak végi értékét a szezonálisan igazított, elmúlt négy negyedéves nominális GDP arányában vizsgáltuk, így a mutatóban az infláció sem okoz problémát.

A vizsgálat időhorizontjával kapcsolatban a háztartási hitelek jelentik a szűk keresztmetszetet. Bár már 1989 decemberétől rendelkezünk adatokkal, a háztartások hitelezése az ezredfordulóig csekély jelentőségű volt. A háztartási hitelállomány

érdemi növekedése csak a kamattámogatásos lakáshitelek bevezetésével kezdődött el, ezért döntöttünk úgy, hogy vizsgálatunkat 2002 elejétől indítjuk. A leírtak alapján a vizsgált GDP-arányos hitelállomány alakulását a 2.3. ábra mutatja.

2.3. ábra: A hitelintézetektől és egyéb pénzügyi vállalatoktól felvett háztartási és vállalati hitelek árfolyamszűrt állománya a GDP arányában (százalék)



Forrás: MNB.

## 2.3. Az egyváltozós szűrők

A következőkben a leggyakoribb egyváltozós trendszűrési eljárásokat tekintjük át, illetve megvizsgáljuk, milyen eredményeket kapunk ezek alkalmazásakor a GDP-arányos hitelállományra. Áttekintjük azt is, milyen előnyös és hátrányos tulajdonságok szólnak e szűrők használata, illetve mellőzése mellett. Számos egyváltozós trendszűrési eljárást ismerünk és használunk a közgazdasági idősorok vizsgálatára. Ezek nevüket onnan kapták, hogy a trend meghatározásához kizárólag a vizsgált

idősorból indulnak ki, más információt vagy közgazdasági összefüggést nem használnak. E tulajdonság előnye és egyben hátránya is a módszer családnak: előnye, mert kicsi az adatigénye, hátránya, mert figyelmen kívül hagy számos információt, amelyek segítik a dekompozíciót, így gyakran téves eredményre juthatunk ezekkel a módszerekkel. Minden ilyen szűrési eljárásnál a trend-rés felbontás a kérdéses idősor valamilyen matematikai/statisztikai tulajdonságán alapul, a módszereket az különbözteti meg egymástól, hogy az idősort pontosan milyen jellemzője alapján vizsgáljuk.<sup>2</sup> Ezek kiszámítása általában könnyen végrehajtható és nem igényel sok időt.

A felbontani kívánt változón kívül minden módszerhez szükséges némi külső információ: általában meg kell adnunk, hogy milyen hosszúságúnak gondoljuk az átlagos ciklus hosszát, ami a modellekben paraméterként jelenik meg. Ezeket a paramétereket többnyire empirikus adatok, szimulációk, illetve más trendszűrési módszerek eredményei alapján határozzák meg. Bizonyos módszereknél és idősoroknál már kialakult a konszenzus az optimális paraméterezésről. Az egyes megközelítések azonban számos esetben nem állnak egymással összhangban, különböző országokra és idősorokra eltérő paraméterek lehetnek indokoltak, ezért a kevésbé vizsgált esetekben a paraméterezés jelentős becslési bizonytalanságot okozhat.

Egyváltozós módszerekkel az idősort fel lehet bontani egyoldali és kétoldali módon is. Egyoldali felbontás esetén a trend minden pontjának meghatározásához csak az adott időpontig rendelkezésre álló információt használjuk fel, míg kétoldali esetben a teljes minta alapján becsüljük meg a trendértékeket. Az egyoldali számítás előnye, hogy új adatok beérkezésével a korábbi időszakokban kapott trend-rés felbontás nem változik meg. Kétoldali esetben ezzel szemben minden új megfigyelés hatással lehet a trend múltbeli értékére is, viszont – mivel ebben az esetben bővebb információs halmazt használunk fel a becsléshez – általában pontosabb képet kaphatunk a trend és a rés alakulásáról. Az egyoldali módon számított trendek első néhány időszakát kénytelenek vagyunk kétoldali módon számítani, mivel nagyon kevés adatpontra nem lehet értelmes módon trendet illeszteni.

---

<sup>2</sup>Erről részletesen a konkrét szűrők bemutatásánál fogunk írni.

Végül meg kell jegyeznünk e módszerek egy nagyon fontos problémáját: általában nagy végponti bizonytalanság jellemzi az egyváltozós szűrőket, ami miatt az új adatok beérkezésével a múltból alkotott képünk jelentősen megváltozhat. Ez a kétoldali felbontások esetén jelentős korrekciót igényel, ami bizonytalanná teszi a trendek és rések nagyságából levonható következtetéseket, illetve az ezeken alapuló gazdasági döntéseket. Az egyoldali felbontások technikailag ugyan nem értékelődnek újra, de a végponti bizonytalanság okozta probléma ebben az esetben is fennmarad, csak épp az egyoldali megközelítés elfedi. Erős végponti bizonytalanság esetén az egyoldali szűrők a trend meghatározása helyett a bizonytalan végpontok idősorba fűzését végzik.

### 2.3.1. Hodrick–Prescott-szűrő

Az egyváltozós módszerek közül a konkrét esetek bemutatását a közgazdasági idősorokra leggyakrabban alkalmazott szűrővel, a Hodrick–Prescott-szűrővel (a továbbiakban röviden HP-szűrő) kezdjük (a módszerről részletesebben lásd Hodrick–Prescott, 1997). Ebben az esetben a trend a (2.1) minimalizálási feladat eredményeképpen adódik, ahol  $r_t$  a vizsgált idősort,  $\bar{r}_t$  a trendjét jelöli a  $t$ -edik időszakban:

$$\min_{\bar{r}_1, \dots, \bar{r}_T} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r}_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} [(r_{t+1} - \bar{r}_t) - (r_t - \bar{r}_{t-1})]^2 \quad (2.1)$$

Az első szumma azt a célt szolgálja, hogy a trend illeszkedjen a tényadatokra, míg a második értéke annál kisebb, minél „simább a trend”, azaz minél egyenletesebb a növekedési üteme. A két szempont relatív fontosságát fejezi ki a  $\lambda$  paraméter. Ha csak az első szumma lenne a feladatban ( $\lambda = 0$ ), a trend megegyezne a ténnyel, míg ha csak a második részt tekintenénk ( $\lambda$  közelít a végtelenhez), a trend teljesen lineáris lenne.

Minél hosszabb egy idősnál a feltételezett átlagos ciklushossz, annál nagyobb  $\lambda$  optimális értéke. Gazdasági ciklusok vizsgálatánál azt találták, hogy ezek átlagos hossza körülbelül 6-8 év. Negyedéves adatok esetében ennek körülbelül 1600-as  $\lambda$  felel meg. Pénzügyi ciklusoknál ezzel szemben sokkal hosszabb ciklusokat tapasztaltak,

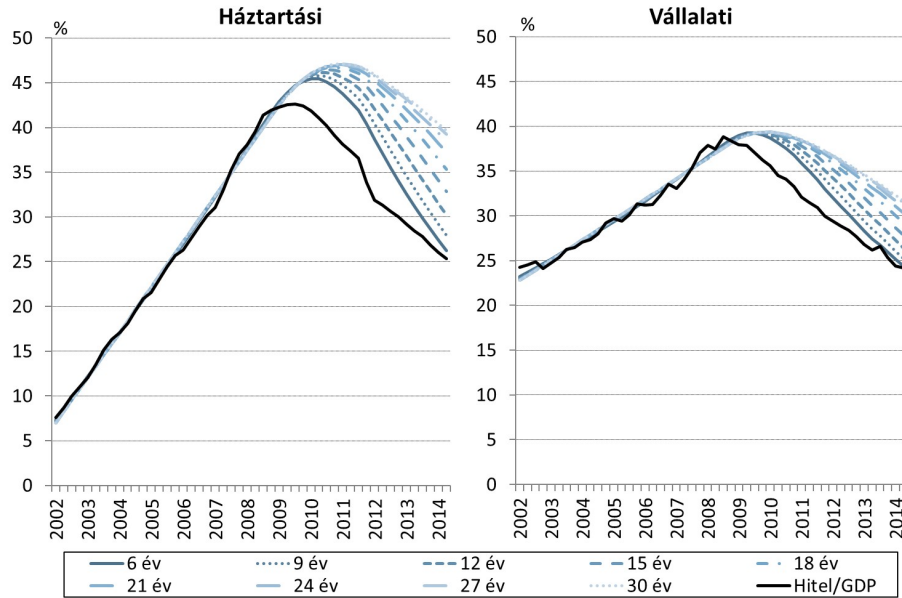
az átlagos hossz ezek esetében körülbelül 30 év volt, ami 400 ezres  $\lambda$ -nak felel meg (vö. Borio és Lowe, 2002; Ravn és Uhlig, 2002; Schüller és szerzőtársai, 2015). A magyar pénzügyi ciklus esetén használható adatok 2002-től 2014 első feléig állnak rendelkezésre, azaz a mintánk hossza 12 és fél év, ami alatt még valószínűleg nem zárult le egy teljes pénzügyi ciklus, ezért nem egyértelmű, milyen  $\lambda$ -t érdemes választani.

A 2.4. ábrán kilenc különböző (hat és harminc év közötti) ciklushosszt feltételezve kiszámítottuk az egyoldali HP-szűrt trendeket a hitel/GDP idősorokra. 2008 végéig kétoldali módon számítottuk a szűrőt, majd onnan tértünk át az egyoldali módszerre. Eredményeink alapján mind a vállalati, mind a háztartási szegmensben a 2010-es évig a HP-szűrő egy szinte teljesen sima, lineáris trendet becsül, majd a hitelezés csökkenésével a becsült trendek egyre alacsonyabb értéket vesznek fel. Minél kisebb a  $\lambda$  értéke, a szűrt trend annál inkább követi a tényadatok alakulását, így annál gyorsabban húz vissza a tényadathoz: a hatéves ciklushosszt feltételező trend a minta végére közel megegyezik a tényadattal, míg harmincéves ciklushossz esetén a hitelrész 15, illetve 7 százalékos. Látható tehát, hogy a kapott eredményeket nagymértékben befolyásolja a  $\lambda$  értékének megválasztása.

Ha egyoldali helyett a kétoldali módon számított HP-szűrők eredményeit vizsgáljuk (2.5. ábra), látható, hogy hatéves ciklushosszal számolva a becsült trend szinte teljesen illeszkedik az adatokra, érdemi eltérést csak a 2008–2010-es időszakban tapasztalunk. Ezzel szemben a legnagyobb ciklushossznál a trend közel lineáris. Mivel trendbecslés esetén sem a tökéletes illeszkedés, sem a teljesen sima trend nem kívánatos, helyettük a két szempont optimális arányát szeretnénk látni, ezért a meglévő mintán a helyes ciklushossz valahol a két érték között, 15–20 év körül lehet.

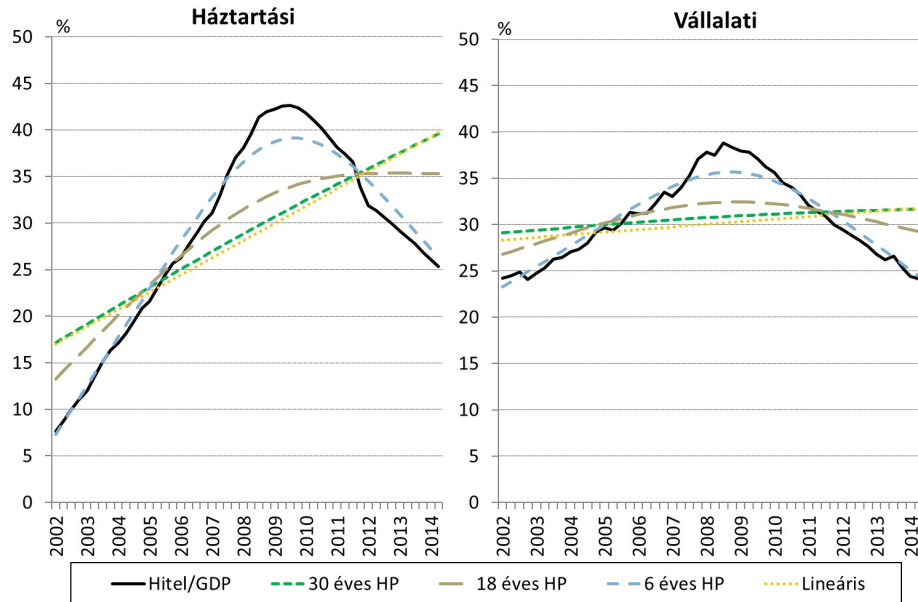
Ahogy a 2.4. és a 2.5. ábrát összehasonlítjuk, látható, hogy az egyoldali és a kétoldali módon készített HP-trendek meglehetősen eltérő képet mutatnak. Ahogy említettük az egyváltozós módszerek általános bemutatásánál, ezeknél az eljárásoknál egy-egy új adat beérkezése jelentősen megváltoztathatja a múltból alkotott képünket is.

2.4. ábra: Egyoldali HP-trendek különböző ciklushosszokkal számolva



Forrás: MNB.

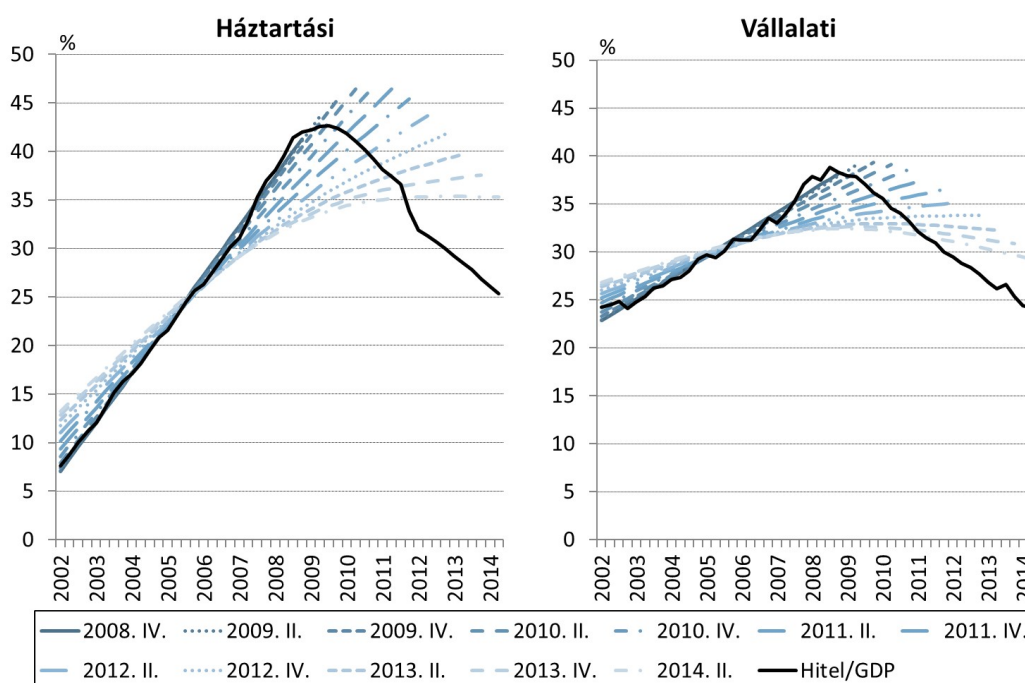
2.5. ábra: Kétoldali HP-trendek különböző ciklushosszokkal számolva



Forrás: MNB.

Az új adatok miatti korrekciók eredményét mutatja a 2.6. ábra. Ezen kétoldali módon számítottuk ki a trendeket, először csak a 2008-as év végéig bejövő adatokat vettük figyelembe, majd mindig két negyedévvel bővítettük a megfigyelési időszakot.<sup>3</sup> Ahogy látható, már két új adat beérkezése következtében is akár 3 százalékponttal megváltozhat az előző időszak végpont, míg hosszabb távon akár több mint 10 százalékpontos különbséget is tapasztalhatunk az eltérő időszakokon számított trendértékek között.

2.6. ábra: Kétoldali HP-trendek különböző időintervallumokon becsülve



Forrás: MNB.

Az ábrákon az is jól látható, hogy bár az egyoldali HP-szűrő használatával nem történik korrekció a trendben, ugyanakkor a hitelciklus azonosításában nem nyújt segítséget. Sem a háztartási, sem a vállalati szegmensben semmilyen, túlzott hitelezésre utaló jelet nem lehet tapasztalni (korrekciók híján hosszabb időszakon

<sup>3</sup>Mivel a túl kicsi és a túl nagy  $\lambda$  értékeknél túlságosan szélsőséges megoldásokat ad a szűrő, ennél a számításnál közepes nagyságú, meglévő mintánknál kicsit hosszabb, 18 éves ciklushosszt feltételeztünk.

sem), a trend szinte teljes mértékben együtt mozog a tényadattal. Ez egyben azt is jelenti, hogy a HP-szűrő a teljes lakossági devizahitelezést egyensúlyi folyamatként azonosítja, amely erősen megkérdőjelezi a módszer hitelességét. Ugyanakkor a válság kitörése óta – a legkisebb  $\lambda$ -jú trendet leszámítva – mindkét szektorban jelentősen kisebb a tényadat a becsült trendnél, azaz a hitelrés szignifikánsan negatív tartományban van. Így a jelenleg rendelkezésre álló adatok segítségével az egyváltozós HP-szűrő semmilyen  $\lambda$  paraméterérték mellett nem alkalmas pénzügyi ciklusok azonosítására.

### 2.3.2. Christiano–Fitzgerald-szűrő

Tekintve, hogy a HP-szűrő nem nyújt megbízható teljesítményt a hitelciklus azonosításakor, érdemes más – de egyelőre továbbra is egyváltozós – szűrési eljárást is tesztelni. A továbbiakban a Christiano–Fitzgerald-féle szűrési eljárást mutatjuk be (a szűrőről bővebben lásd Christiano és Fitzgerald, 2003), és megvizsgáljuk, milyen eredményre vezet a GDP-arányos hitelállomány-idősorainkon.

A Christiano–Fitzgerald-szűrő (a továbbiakban röviden CF-szűrő) a frekvenciaszűrők (*band-pass*) csoportjába tartozik. Az effajta szűrési eljárások logikája a következő: az egyes idősorok különböző frekvenciájú részekből épülnek fel, és az adott ciklushosszal jellemezhető részek eltávolításával kapható meg a trend. Ezért ezeknél a szűrőknél meg kell adni egy alsó és egy felső határt a ciklushosszra, amely alapján az idősor azon részeit, amelyek hossza a két érték közé esik, ciklusnak tekintjük, a felső határ fölötti részt trendnek, az alsó határ alattit pedig zajnak. Ezek az eljárások a trendet az eredeti idősor valamilyen kétoldali súlyozott mozgóátlagolásával állítják elő. A frekvenciaszűrők egymástól abban különböznek, hogy pontosan hogyan határozzák meg az átlagoláshoz a súlyokat.

Az eljárásoknak két csoportja van: a szimmetrikus és az aszimmetrikus eljárások. Szimmetrikus esetben egy adott pontban a trendérték kiszámításához ugyanannyi időszakot használ fel a szűrő az időpont előtről, mint az időpont utánról, ezért a súlyok az időtől függetlenek. Ez azt eredményezi, hogy az idősor első és utolsó néhány megfigyelésére a szimmetrikus eljárások nem tudnak trendértéket mondani.



Mivel számunkra a minta utolsó időszakai is fontosak, aszimmetrikus szűrőre van szükségünk. Ebben az esetben az átlaghoz használt súlyok függenek attól, hogy melyik időpontra szeretnénk kiszámolni a trend értékét és az adatoktól is, azaz:

$$\bar{r}_t = \sum_{c=1}^T w(t, c) r_c \quad t = 1, \dots, T. \quad (2.2)$$

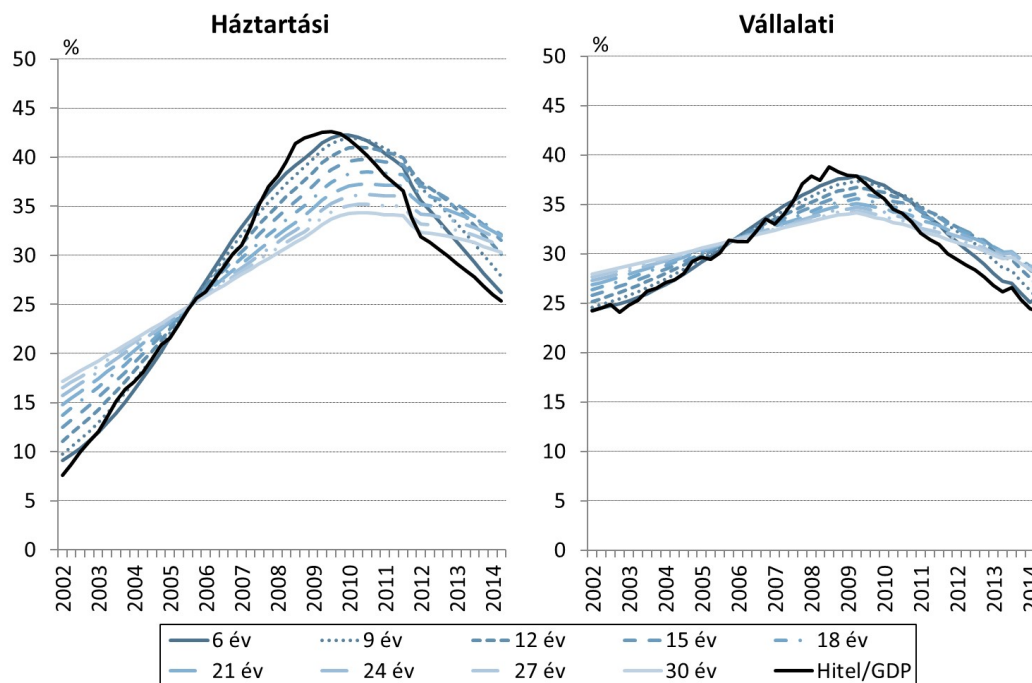
ahol  $\bar{r}_t$  jelöli a trend értékét a  $t$ -edik időpontban,  $r_c$  az idősor  $c$ -edik megfigyelése és  $w$  az átlagoláshoz használt súly. Az aszimmetrikus frekvenciaszűrők közül a CF-szűrőt választottuk. Ahogy a HP esetében, itt is bemutatjuk a feltételezett ciklushosszra való érzékenységet és az új adatok beérkezésénél tapasztalható korrekció mértékét. A 2.7. ábra mutatja a feltételezett ciklushossz hatását. A HP-hoz hasonlóan először kiszámoltuk 2008 végéig kétoldali módon a trendeket, majd innen egyoldali eljárással hosszabbítottuk meg az idősorokat. Számításaink során az alsó ciklushossz értékének mindig két negyedévet adtunk meg (vagyis nem bontjuk fel külön zajra és ciklusra a trenden kívüli részt), míg a felső értéket hat és harminc év között változtattuk. Ebben az esetben a HP-szűrőhöz képest annyi a különbség az értelmezésben, hogy például a hat év a HP-trendnél azt a feltételezést jelentette, hogy hat év az átlagos ciklushossz, míg a CF-szűrőnél a hat évnél nem hosszabb periodikus mozgásokat tekintjük a ciklus részének. A HP-szűrővel összehasonlítva a CF-szűrőt szembetűnő különbség van az ábrák között: míg a HP-szűrőnél 2010-ig egyáltalán nem volt eltérés a különböző  $\lambda$ -jú trendek között, addig a CF-szűrőnél már a minta kezdetétől fogva különböznek az eltérő paraméterezésű trendek.<sup>4</sup>

Az is látható a 2.7. ábrán, hogy 2006-ig a háztartási szegmensben a trend szinte minden paraméterérték mellett meghaladta a tényadatot (azaz a hitelrés negatív volt), majd 2006-tól 2010–2012-ig a tényadat vett fel magasabb értéket (pozitív

---

<sup>4</sup>Meg kell említenünk, hogy a CF-szűrőre alkalmazott bizonyos feltételek érdemben befolyásolják ezeket az eredményeket. Egy CF-szűrő becslésekor meg kell adnunk egy trendszűrési feltételt, amire több lehetőségünk van. Az itt bemutatott eredményeknél azzal a feltételezéssel élünk, hogy egy konstansból kiinduló véletlen bolyongás a trend. Ha ehelyett azt tesszük fel, hogy a trend eltolásos véletlen bolyongás, a HP-szűrőhöz nagyon hasonló eredményeket kapunk (lásd az A.1. ábrát). Ezt a feltevést azonban nem tartjuk helyesnek, mivel közgazdasági megfontolások alapján a fenntartható hitel/GDP csak bizonyos korlátok között vehet fel értéket.

2.7. ábra: Egyoldali CF-trendek különböző ciklushosszokkal számolva



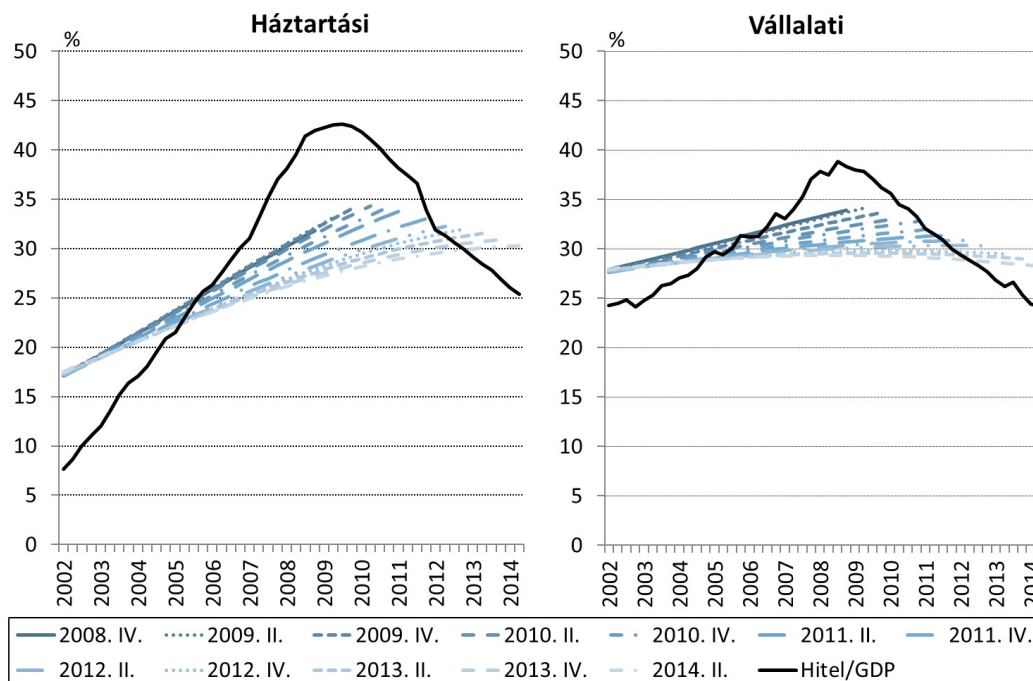
Forrás: MNB.

hitelrés), végül azóta újra negatív hitelrés figyelhető meg. Továbbá, minél nagyobb a megengedett ciklusok felső határa, annál távolabb van egymástól a minta nagy részén a tény- és trendidősor. A háztartási szektor válság előtti túlzott hitelezésére utaló jelek ezért leginkább a 30 év hosszúságú ciklust is megengedő trendidősorban mutatkoznak meg. A vállalati szektorban a háztartásihoz hasonlóan alakult a trend és a tény egymáshoz való viszonya, csak a kettő közötti különbség kisebb, így ebben a szegmensben túlzott hitelezésre utaló jelet nem lehet látni.

Mivel a háztartási szektorban a hitelrés a harmincéves paraméterezésű trend mellett a legnagyobb, ezt a trendet vizsgáltuk meg korrekciók szempontjából (2.8. ábra).

Ahogy a HP-szűrőnél, itt is 2008 végéig futtattuk először a szűrőt, majd mindig két negyedévvél növeltük meg a becslési mintát. Két új adat beérkezésével általában csak kismértékben változik a trend múltbeli értéke. Ez alól egy kivétel van a háztar-

2.8. ábra: Kétoldali CF-trendek különböző időintervallumokon becsülve



Forrás: MNB.

tási idősről: a 2011. második félévi adatok beérkezése, ez a két negyedév azonban speciális volt, ekkor a végtörlesztés miatt hirtelen nagymértékben csökkent a háztartási hitelek állománya, ami a trend értékét visszamenőlegesen 1-2 százalékponttal csökkentette. Ezzel együtt is, mind a háztartási, mind a vállalati szegmensben az öt és fél évnél új adat okozta korrekció sehol sem haladta meg a 6 százalékpontot, és összességében a korrekciók mértéke a HP-szűrőhöz képest körülbelül feleakkora. Ez valószínűleg arra utaló jel, hogy a CF-szűrő eljárása jobban képes kezelni azt az inkonzisztenciát, hogy a megfigyelési mintánk jelenleg valószínűleg rövidebb, mint egy hitelciklus hossza. A korrekciók mérete mellett ez az előny abban is megmutatkozik, hogy a CF-szűrővel kapott trendek a rövidebb mintaperiódusokon is közelebb állnak a hitelezési ciklus trendjéről alkotott elképzeléseinkhez.

## 2.4. Többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő

A többváltozós módszerek lehetőséget adnak arra, hogy a célváltozó mellett más változókból nyert információkat is figyelembe vegyünk a rés meghatározásához. A szakirodalomban elsősorban a GDP-idősorok trendjének becslésére találunk többváltozós HP-szűrő eljárásokat. Laxton és Tetlow (1992) a kanadai GDP trendjét próbálta meg számszerűsíteni az egyváltozós HP-szűrő továbbfejlesztésével: a HP-szűrő minimalizálandó kifejezését további két összefüggéssel egészítették ki, a Phillips-görbe egyenletével és az Okun-törvényt megragadó egyenlettel. A Phillips-görbe a kibocsátási rés és az infláció közötti kapcsolatot ragadja meg, az Okun-törvény pedig a kibocsátási rés és a munkanélküliség közötti összefüggést. Így a kibocsátási rés becsléséhez felhasználhatjuk kiegészítő információként az infláció és a munkanélküliség idősorát. Hirose és Kamada (2003) Japán esetében becsülték szimultán módon a potenciális kibocsátást és a Phillips-görbét többváltozós HP-szűrő alkalmazásával, ahol potenciális kibocsátáson azt a kibocsátási szintet értették, amely esetében az infláció változatlan.

### 2.4.1. A többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő módszertana<sup>5</sup>

A többváltozós HP-szűrő esetében az egyváltozós változatot újabb összefüggésekkel bővítjük: közgazdasági megfontolások alapján a trend és egy vagy több változó között regressziós egyenleteket írunk fel, amelyeket szintén figyelembe veszünk az idősor szűrése során. A trend és a bevont változó közötti logikai kapcsolat iránya tetszőleges lehet: a regressziós kapcsolatot akkor is felírhatjuk, ha a trend alakulása befolyásolja a bevont változóét, hiszen ebben az esetben is lehet következtetni a bevont változó értékéből a trend értékére.

Az egyváltozós esethez hasonlóan – amikor a trend megfigyeléstől való eltérését hibatagként szerepeltetjük a minimalizálandó kifejezésben – a többváltozós szűrő felírásakor a trend és a magyarázóváltozók közötti regressziós kapcsolat hibatagját

---

<sup>5</sup>Az általunk használt módszertan és a szakirodalomban fellelhető többváltozós HP-szűrők közötti különbségeket a Függelékben ismertetjük.

vesszük figyelembe. Mivel azt gondoljuk, hogy a regresszióval leírt kapcsolatnak fenn kell állnia, büntetjük az attól való eltérést. Amennyiben több kapcsolat meglétét is feltételezzük egyszerre, több regressziós egyenlet hibatagját is szerepeltetnünk kell. A regressziós kapcsolat együtthatóit nem kell előre ismernünk, azokat a trend szűrésével együtt becsülhetjük.

A GDP-arányos hitelállomány trendjének meghatározásakor két regressziós egyenletet veszünk figyelembe: egyes változók a ciklikus komponenst (hitelrést) magyarázhatják, vagyis a megfigyelt adat trendtől való eltérését, míg más változók közvetlenül a trend nagyságát. Ennek megfelelően az alkalmazott többváltozós HP-szűrőt a következő formulával adhatjuk meg:

$$\min_{\{\bar{r}_t\}_{t=1}^T, \{\beta_i\}_{i=1}^N, \{\gamma_i\}_{i=1}^M, c_C, c_T} \left\{ \lambda_C \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r}_t)^2 + \lambda_{HP} \sum_{t=2}^{T-1} (\Delta \bar{r}_{t+1} - \Delta \bar{r}_t)^2 + \lambda_\epsilon \sum_{t=1}^T \epsilon_t^2 + \lambda_\nu \sum_{t=1}^T \nu_t^2 \right\} \quad (2.3)$$

$$r_t - \bar{r}_t = c_C + \sum_{i=1}^N \beta_i x_{it} + \epsilon_t \quad (2.4)$$

$$\bar{r}_t = c_T + \sum_{i=1}^M \gamma_i y_{it} + \nu_t \quad (2.5)$$

ahol (2.3) a szűrés során minimalizálandó kifejezés, (2.4) a ciklikus komponensre, (2.5) pedig a trendre felírható regressziós egyenlet;  $r_t$  a GDP-arányos hitelállomány mutató értéke,  $\bar{r}_t$  pedig a GDP-arányos hitelállomány trendjéé,  $x_{it}$  a ciklikus komponenst magyarázó változók,  $\beta_i$  pedig ezek együtthatói,  $y_{it}$  a trendet magyarázó változók,  $\gamma_i$  pedig ezek együtthatói,  $c_C$  és  $c_T$  a becsült egyenletek konstansai.

A minimalizálandó kifejezés az egyváltozós HP-szűrő két komponense mellett még két tagot tartalmaz: a ciklikus komponensre és a trendre felírt regressziós kapcsolat hibatagjait. Mivel a ciklikus komponens és a trend egyenletében nem ismerjük a magyarázóváltozók együtthatóit, ezeket is meg kell becsülnünk, mégpedig a trend értékével együtt. Így a (2.3) kifejezést nemcsak az egyes időszakokra vonatkozó trendértékek alapján minimalizáljuk, hanem a magyarázóváltozók együtthatói alap-

ján is. A minimalizálás során a (2.3) kifejezésben szereplő  $\epsilon_t$ -t és  $\nu_t$ -t helyettesíteni kell a (2.4)-ből és (2.5)-ből származó kifejezésekkel.

A becslés során meg kell adnunk az egyenletekben szereplő magyarázóváltozókat, illetve az egyes tagokhoz tartozó, a minimalizálás során alkalmazott súlyok  $\lambda$  értékét. Ezek meghatározása ugyanakkor nem magától értetődő: optimális értékük függhet például az egyes idősorok szórásától, a ciklus hosszára vonatkozó elképzelésektől vagy az egyes idősorok kölcsönhatásától a regressziós egyenletekben. A magyarázóváltozók meghatározása sem egyértelmű, hiszen a különböző kombinációik más és más eredményre vezetnek. A problémák kezelése érdekében amellett döntöttünk, hogy sokfajta módon – a potenciális magyarázóváltozók és a  $\lambda$ -k megfelelő kombinációi mellett – futtatjuk le a többváltozós HP-szűrőt, majd átlagoljuk azokat, amelyek az alábbi elvárásainknak eleget tesznek:

1. 2008 második negyedére a trend értéke a tényadat 60 és 95 százaléka között legyen, hiszen szakértői képünk alapján a válság kitörésekor már túlfutás volt a hitelezésben.
2. A szűréshez felhasznált regressziós egyenletekben a bevont magyarázóváltozók együtthatójának előjele közgazdaságilag indokolt legyen.
3. A bevont magyarázóváltozók hatása legyen közgazdaságilag szignifikáns. A becslés sajátosságai miatt a magyarázóváltozók standard hibái alapján nem következtethetünk a szignifikanciára, ezért azt a változót tekintettük szignifikánsnak, amelyik a vizsgált időhorizonton legalább 2 százalékpontos hatással van a trend értékére. Ez azt jelenti, hogy az adott magyarázóváltozó legnagyobb és legkisebb értékét behelyettesítve a megfelelő egyenletbe, a GDP-arányos hitelállomány trendjére vonatkozó hatások között legalább két százalékpontnyi különbségnek kell lennie.
4. Az alkalmazott becslés legyen robusztus: ha változtatunk (rövidítünk) a becsléshez felhasznált időhorizont hosszán (maximum két évet), a rövidebb idősor utolsó időszakára kapott trend értéke maximum 2 százalékponttal térjen csak el a teljes időhorizont alapján becsült trend adott időszakra vonatkozó

értékétől, illetve a rövidebb időszoron becsült trendidőorra is teljesüljenek az 1–3. feltételek.

A GDP-arányos háztartási hitelállomány idősorának szűrése során a ciklikus komponens egyenletéhez a következő változókat használtuk:

- globális hitelrész<sup>6</sup> – a becsült együtthatónak pozitívnak kell lennie, mert a globális folyamatok begyűrűzhetnek egy kis nyitott gazdaságba;
- reál-GDP ciklikus komponense (magyar kibocsátási rész, Kálmán-szűrővel számítva)<sup>7</sup> – a becsült együtthatónak pozitívnak kell lennie, mivel a gazdasági túlfűtöttség általában növeli a kockázatvállalási kedvet;
- a lakáshitelek és a fogyasztási hitelek súlyozott állományi kamatlába – a becsült együtthatónak negatívnak kell lennie, mert a kamatok emelkedése nehezíti a hitelfelvételt és csökkenti a keresett hitelmennyiséget;
- Bubor – az együtthatójának szintén negatívnak kell lennie, hiszen a Bubor növekedése általában a hitelkamatok növelésével társul;
- bankrendszeri tőkeáttétel (a teljes bankrendszer eszközállományának saját tőkéhez viszonyított aránya) – a becsült együtthatónak pozitívnak kell lennie, mert a tőkeáttétel növekedése hitelezési felfutást jelezhet;
- hitel/betét mutató a bankrendszer egészére – a becsült együtthatónak pozitívnak kell lennie, mert a hitel/betét mutató növekedése hitelezési felfutást jelezhet;

---

<sup>6</sup>A globális hitelrész kiszámításához 12 OECD-tagállam (Ausztrália, Belgium, Dél-Korea, Egyesült Államok, Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Japán, Németország, Norvégia, Spanyolország és Svájc) GDP-arányos hitelállományait súlyoztuk össze vásárlóerő-paritáson 1980 és 2014 között, az így kapott időszorból pedig egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrő segítségével határoztuk meg a hitelrész egyoldali módon (vö. Alessi és Detken, 2011).

<sup>7</sup>A GDP-idősor szintén felosztható trendre és kibocsátási részre: a kibocsátási rész feltételezhetően inkább csak rövid távon növeli a hitelezést, illetve a hitelfelvételt, a hitelezés hosszú távú egyensúlyi szintjét pedig valószínűleg inkább a potenciális GDP határozza meg.

- marketingköltségek (bankrendszeri szinten, reálértéken, a szezonális hatások szűrése érdekében mozgóátlagolással) – a becült együttthatónak pozitívnak kell lennie, mert a lakossági hitelkínálat bővülését általában jelentős marketingkampányokkal igyekeznek a bankok az ügyfelek tudomására hozni.

A vállalati hitel/GDP idősorának szűrése során a ciklikus komponens egyenletében szintén szerepeltettük a háztartási hitel/GDP idősora esetében is használt globális hitelrész, kibocsátási rész, Bubor, tőkeáttétel és hitel/betét mutatókat, ezek mellett pedig az új kihelyezésű vállalati hitelek kamatlábát vizsgáltuk, valamint a GKI üzleti bizalmi indexet. A kamatláb esetében negatív, az üzleti bizalmi indexnél pedig pozitív együttthatót írtunk elő.

A háztartási és a vállalati trendegyenletben a reál-GDP logaritmusát szerepeltettük, az együttthatónak pedig pozitívnak kellett lennie, mert empirikus adatok alapján a magasabb GDP arányaiban is növekvő hitelfelvételt indokolhat hosszú távon (vö. Kiss és szerzőtársai, 2006). A logaritmikus transzformálásra két okból volt szükség: egyrészt a GDP növekedésének hatása a GDP-arányos hitelállományra egyre kisebb lehet, másrészt a kapott együtttható értelmezése is kézenfekvőbb: azt mutatja meg, hogy egyszázalékos GDP-növekedés hány százalékponttal növeli a GDP-arányos hitelállomány hosszú távú értékét. A trendegyenletben a reál-GDP logaritmus mellett ugyanezen idősor Kálmán-szűrővel nyert trendjét is vizsgáltuk. Emellett a háztartási trendegyenletben pozitív előjellel a reál-munkajövedelem logaritmusát is szerepeltettük, hiszen a magasabb munkajövedelmek nagyobb mértékű hitelfelvételt tesznek lehetővé a háztartások számára.<sup>8</sup>

A felsorolt változók mellett mind a háztartási, mind a vállalati becslés során vettük az összes olyan lehetséges kombinációt, amikor a ciklikus komponens egyenletében egy, kettő vagy három változó szerepelt, a trend egyenletében azonban egyszerre csak egy változót használtunk. Vizsgáltuk azokat a lehetőségeket is, amikor nem szerepeltettük a ciklikus komponens vagy a trend regresszióját.

---

<sup>8</sup>Itt csak azon változókat soroljuk fel, amelyek szerepeltek valamelyik, a feltételeknek eleget tevő trendidősor becslésében. Az A függelékben az összes vizsgált változót felsoroljuk a várt együttthatóval együtt.



A szűrő képletében négy  $\lambda$  szerepel, ezeknek azonban csak az egymáshoz viszonyított nagysága számít, ezért az egyiket szabadon megválaszthatjuk. Ennek megfelelően  $\lambda_{HP}$ , vagyis a trend növekedésének egyenletességét tartalmazó komponens értékét 1-nek vettük. Mivel a harmadik komponens a tényadattól való eltérést magyarázza, ezért ha a becslésben szerepel a ciklikus komponens regressziója, felesleges pozitív súllyal büntetni a tényadattól való abszolút eltérést, vagyis az első komponens. Az első és a harmadik komponens közül tehát a továbbiakban egyszerre mindig csak az egyikkel számolunk: ha szerepel a becslésben a ciklikus komponens regressziója, akkor  $\lambda_c$  pozitív, és  $\lambda_C$  értéke 0, ellenkező esetben pedig fordítva. A továbbiakban az első és a harmadik komponens közül a (2.3) kifejezés ciklikus komponensének azt fogjuk hívni, amelyiket pozitív súllyal szerepeltetjük. Összességében tehát legfeljebb csak két  $\lambda$ -t kell meghatároznunk: a ciklikus komponensét és a trendegyenlethez tartozót (amikor van trendegyenlet). Az egyszerűség kedvéért csak a  $\lambda$ -k nagyságrendjén változtattunk, mindkét esetben a következő  $\lambda$ -értékeket vizsgáltuk: 0,0001, 0,001, 0,01, 0,1, 1, 10, 100 és 1000.

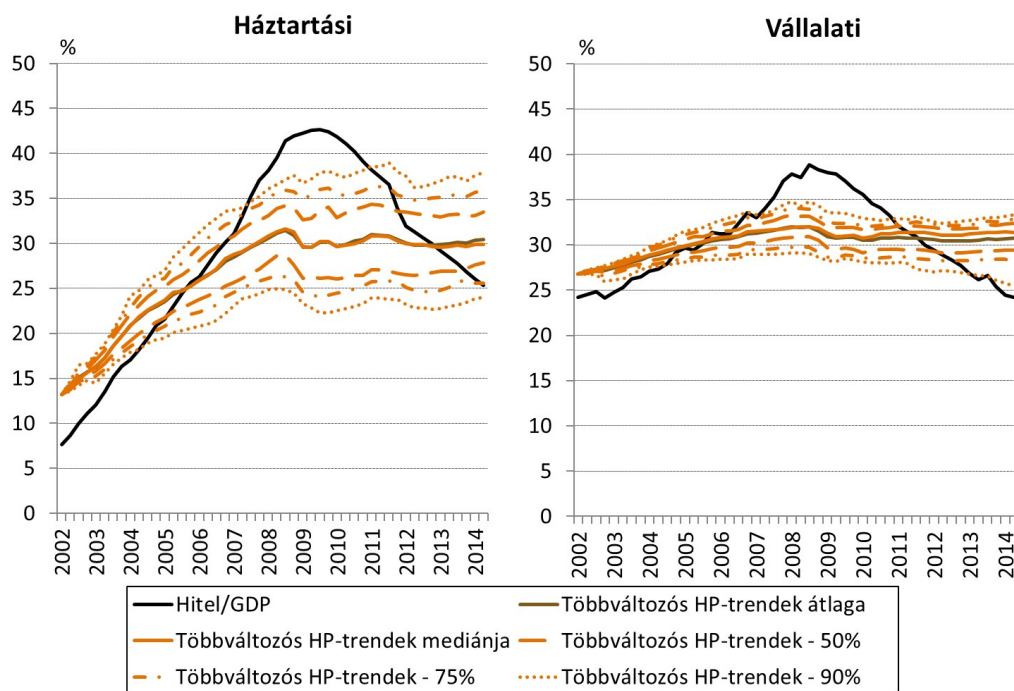
Mivel a ciklikus komponens regressziójában és a trendegyenletben is szerepel konstans, a kapott trend tetszőleges eltolása esetén is ugyanakkora lenne a cél-függvény értéke, vagyis a minimalizálási feladat nem lenne jól determinált. Ennek kiküszöbölésére valamelyik időpontra rögzítenünk kell a trend értékét, hogy ezáltal egyértelmű legyen a megoldás. A háztartási és a vállalati idősor esetében is az első időszak trendjének értékét rögzítettük: mivel megfelelt szakértői képünknek, a teljes mintán egyváltozós HP-filterrel becsült trend értékét vettük, vagyis a háztartási hitel/GDP trendjének becslésekor az első időszaki trend értékét 13,2, a vállalati idősornál pedig 26,8 százalékon rögzítettük.

### 2.4.2. Az eredmények bemutatása

A 2.9. ábrán láthatjuk, hogy az alkalmazott módszertan milyen trendet becsül a GDP-arányos háztartási, illetve vállalati hitelállomány-mutatóra a 2002 első negyedéve és 2014 második negyedéve közötti időszakon. A megadott feltételeknek sok idősor megfelel, az idősorok átlaga és mediánja mellett feltüntettük azt is, hogy

az adott időszakra milyen intervallumba került a becsült trendértékek 50, 75, illetve 90 százaléka. A középső 90 százalék eredményei alapján az intervallum terjedelme a háztartási idősor esetében az utolsó időszakra körülbelül 14 százalékpont, a vállalati idősor esetében pedig nagyjából 8 százalékpont. Amennyiben a kapott idősorok átlagaként értelmezzük a többváltozós módszertan segítségével számított trendet, a háztartási idősor esetében a kezdeti növekedés után a háztartási trend nagyjából 31 százalékon tetőzik, majd némileg csökken, a vállalati trend pedig enyhe növekedést követően 30 százalék körüli szinten stagnál.

2.9. ábra: A többváltozós HP-szűrő által becsült trendek eloszlása



Forrás: MNB.

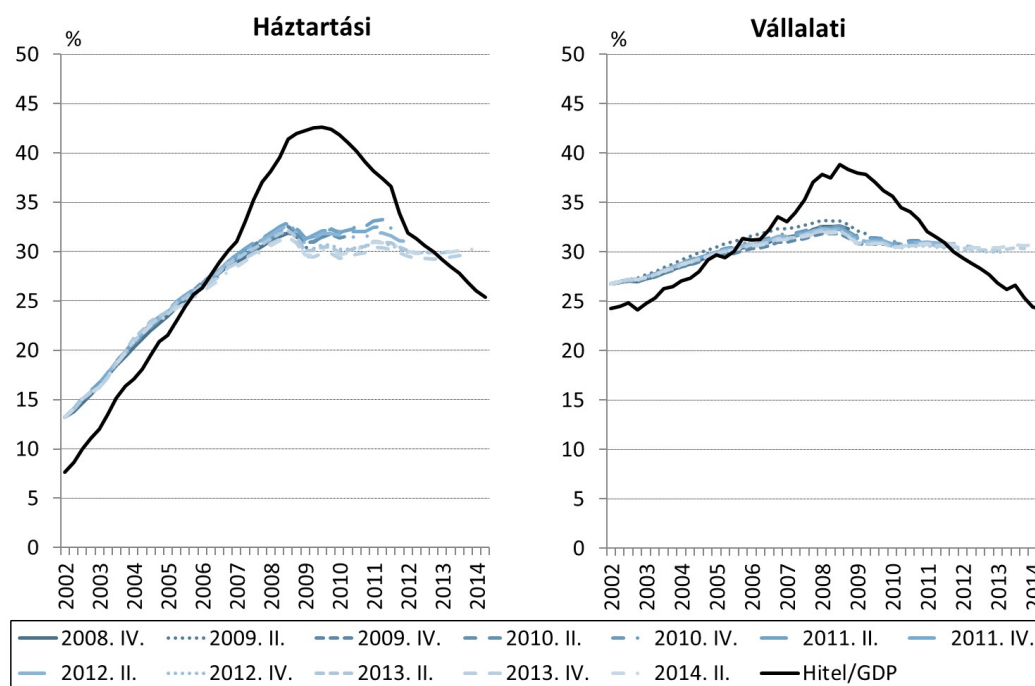
Az eredményt kismértékben változtatná meg, ha a becslésbe bevont változókkal kapcsolatban minimum két százalékpontos hatás helyett más szignifikanciakritériumot alkalmaznánk: egy vagy három százalékpontos kritérium esetén a háztartási szegmensben a változás mértéke elhanyagolható, míg a vállalati szegmensben ez körülbelül fél-egy százalékponttal módosítja az egyes negyedévekre kapott eredményeket (lásd A.2. ábra). Ez azt jelenti, hogy a háztartási szegmens esetében a

bevont változók hatása kellően nagy, míg a vállalati szegmensben az elvárt hatás növelésével több változó kimarad a becslésből.

Ha a megadott kezdőértéket növeljük vagy csökkentjük 2 százalékponttal, akkor a háztartási szegmensben a kapott trendértékek a felépülési szakasz alatt konvergálnak, a vállalati szegmens esetében azonban inkább eltolódnak (lásd A.3. ábra).

Érdemes megvizsgálni, mennyire robusztus az alkalmazott többváltozós szűrő, ha az átlagokat nézzük. A 2.10. ábrán láthatjuk, hogyan alakul a becsült trend értéke, ahogyan növeljük a szűréshez – és ezzel párhuzamosan a becsléshez – felhasznált idősor hosszát 2008 negyedik negyedétől egészen 2014 második negyedévéig. Összevetve korábbi ábráinkkal, láthatjuk, hogy a többváltozós HP-szűrő a többi szűrőhöz képest robusztusabb eredményeket produkál.

2.10. ábra: Többváltozós HP-trendek különböző időintervallumokon becsülve

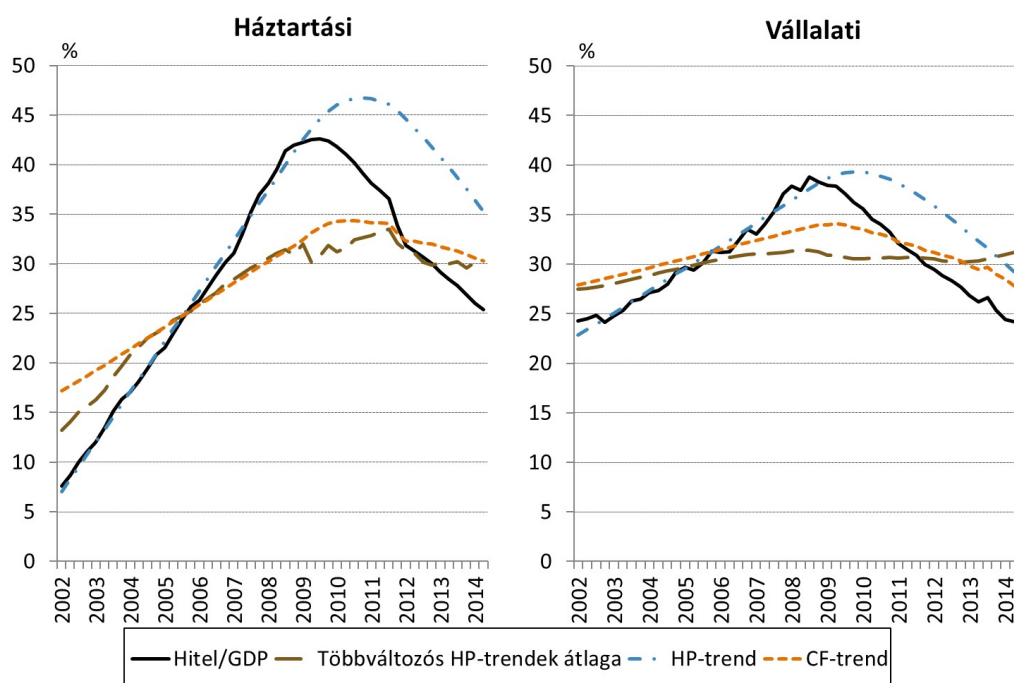


Forrás: MNB.

A kapott trendet összevethetjük az egyváltozós módszerek által becsült eredményekkel (2.11. és 2.12. ábra), mégpedig az egyváltozós HP-szűrővel, valamint

a hitel/GDP idősor szűrésére legjobbnak tűnő egyváltozós módszer, a Christiano–Fitzgerald-szűrő eredményével. Az összevetéskor az egyoldali módon<sup>9</sup> számított értékekből indulunk ki, hogy lássuk, mekkora hitelrést jeleztek volna az egyes mutatók a különböző időpontokban. Az ábrák alapján látható, hogy az egyváltozós HP-szűrő nem jelez túlfutást, sőt az állomány leépülése miatt a válságot követően igen nagy negatív hitelrést mutat. A CF-szűrő és a többváltozós HP-szűrő azonban jelzi a pozitív hitelrés felépülését.

2.11. ábra: Egyváltozós szűrők és a többváltozós HP-szűrő összehasonlítása – trend

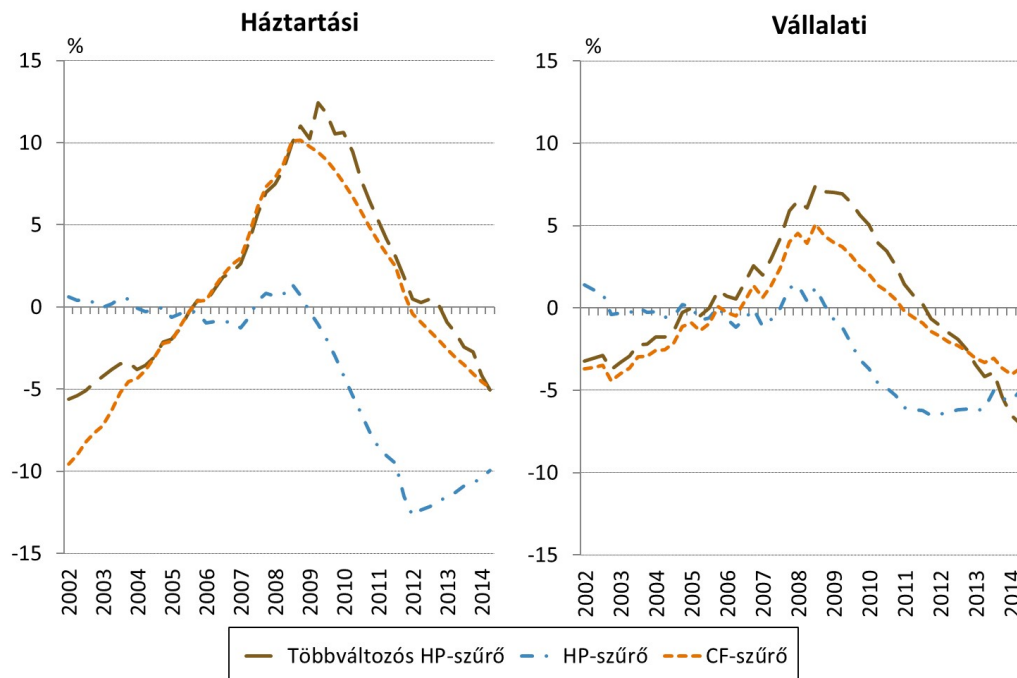


Forrás: MNB.

A válság kitörésekor a háztartási szegmensben az egyváltozós HP-szűrő szerint mindössze 1 százalékpontos volt a hitelrés mértéke, míg a másik két szűrő alapján körülbelül 10-10 százalékpontos. A vállalati szegmensben az egyváltozós HP-szűrő

<sup>9</sup>Mivel a többváltozós HP-szűrő regressziós egyenleteinek becsléséhez kell egy kiindulási mintaidőszak, a szűrőket 2008 végéig kétoldali módon becsültük, majd onnantól kezdve egyoldali módon hosszabbítottuk meg.

2.12. ábra: Egyváltozós szűrők és a többváltozós HP-szűrő összehasonlítása – hitelrés



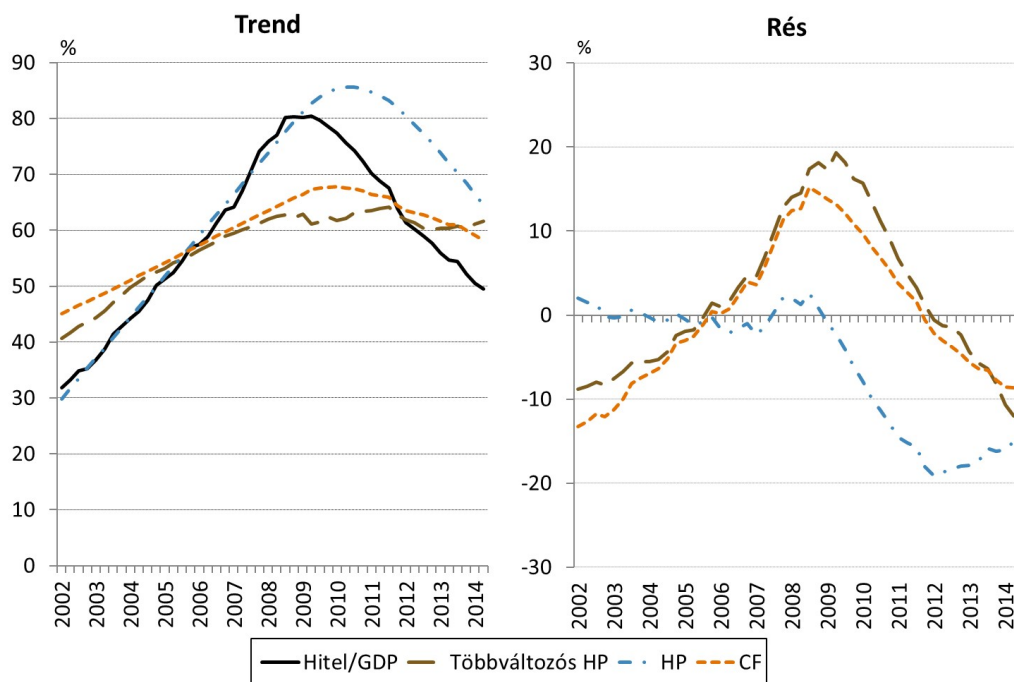
Forrás: MNB.

1 százalékpont körüli hitelrest becsült, miközben a másik két szűrő 5, illetve 7 százalékpontot.

A többváltozós HP-szűrő trendje a válság kitörését követően mindkét szegmensben megtorpan, a végtörlesztéssel párhuzamosan pedig körülbelül 3 százalékpontot csökken az értéke a háztartások esetében. A trend megtorpanása és a válság kitörésekor meglevő hatalmas hitelrés miatt a hitelállomány csökkenése szinte teljes mértékben a hitelrés csökkenését vonja maga után, amely 2014-ben már negatív tartományba kerül. A CF-szűrő esetében hasonló a lefutás, csak a trend megtorpanása kicsit később következik be, és a vállalati szegmensben a trend is korrigálódik. Az egyváltozós HP-szűrő azonban – mivel nem jelzett pozitív hitelrest a hitelezés csúcspontján – a hitelállomány csökkenését eleinte igen nagy mértékű negatív hitelrésnek érzékeli, majd a trendérték csökkenésének hatására a negatív hitelrés kismértékben zárul.

Ha a háztartási és a vállalati szegmenst összegezzük (2.13. ábra), láthatjuk, hogy az egyváltozós HP-szűrő a válság kitörésekor igen alacsony, körülbelül 2,5 százalékpontos hitelrést jelzett volna, miközben a CF-szűrő 15, a többváltozós HP-szűrő pedig 17 százalékpontos hitelrést mutatott volna.

2.13. ábra: Egyváltozós szűrők és a többváltozós szűrő összehasonlítása a teljes állományra



Forrás: MNB.

A három szűrőt érdemes robusztusság szempontjából is összehasonlítani, ezért mindhárom szűrő esetében összevetettük a leghosszabb, vagyis a 2014 második negyedévéig tartó időhorizont eredményeit a legrövidebb és a második leghosszabb vizsgált (vagyis 2008 negyedik negyedévéig, illetve 2013 negyedik negyedévéig tartó) időhorizont eredményeivel. Mindkét összehasonlításnál megnéztük, hogy a leghosszabb időhorizonton kapott eredményekhez képest abszolút értékben átlagosan mennyivel térnek el az egyes időszakokra becsült trendek, illetve mekkora a legnagyobb eltérés (2.1. táblázat).

2.1. táblázat: Egyváltozós szűrők és a többváltozós szűrő összehasonlítása – robusztusság (százalékpont)

		Egyváltozós HP-szűrő	CF-szűrő	Többváltozós HP-szűrő
Átlagos abszolút eltérés	háztartási	3,65	1,98	0,39
2008 negyedik negyedévéig	vállalati	2,41	2,04	0,24
Maximális abszolút eltérés	háztartási	8,42	4,82	0,85
2008 negyedik negyedévéig	vállalati	5,73	4,60	0,78
Átlagos abszolút eltérés	háztartási	0,61	0,26	0,29
2013 negyedik negyedévéig	vállalati	0,32	0,21	0,12
Maximális abszolút eltérés	háztartási	2,25	0,72	0,09
2013 negyedik negyedévéig	vállalati	1,18	0,57	0,28

Forrás: MNB

A kapott eredményeket úgy is értelmezhetjük, hogy milyen mértékben változtatná meg az egyes időszakok trendjére kapott korábbi értékeket a hosszabb időszakon való futtatás. Az eredmények alapján látszik, hogy összességében a többváltozós HP-szűrőt tekinthetjük időben a legstabilabbnak: a 2008 negyedik negyedévéig való futtatás eredményeit az öt és fél évvel hosszabb időhorizonton való futtatás átlagosan csak 0,4 százalékponttal módosította a háztartási és 0,2 százalékponttal a vállalati szegmens esetében – szemben a Christiano–Fitzgerald-szűrő körülbelül 2 százalékpontos és az egyváltozós HP-szűrő 2,5–3,5 százalékpontos értékeivel. A maximális abszolút eltérést figyelembe véve a különbség még inkább szembetűnő. A 2013 negyedik negyedévéig való futtatás eredményei esetében a rövidebb időbeli távolság miatt a korrekciók mértéke kisebb, és ismét a többváltozós HP-szűrő értékei módosulnak a legkevésbé (leszámítva a háztartási szegmens átlagos abszolút eltérését, ahol viszont minimális a különbség a CF-szűrőhöz képest).

A bemutatott módszertan az első, ami a válságot követően a magyarországi hitelrésre elméleti szempontból és szakértői szemmel is megalapozott becslést adott. Érdekes azonban a kapott eredményeket más, többváltozós módszerrel dolgozó

tanulmányok magyarországi hitelrésre vonatkozó adataival is összevetni. Az IMF (2015) a CESEE országok esetében számszerűsítette a hitelrest 2013-ra panel VECM alapján. A panelbecslés pontosabbá teheti a rövid időszoron végzett becslést, azonban kevésbé enged teret az országokkal kapcsolatos egyéni megfontolásoknak. A tanulmány szerint 2013-ban Magyarországon pont zárult a hitelrés, miközben a többváltozós HP-szűrőnk 2013-ra már közel 5 százalékos negatív hitelrest jelzett, ami összhangban van a válságot követő gyors mérlegalkalmazkodással, amit a hitelezés drasztikus visszaesése okozott. Mivel a hitelrest felbontottuk lakossági és vállalati szegmensre, részletesebben is rálátunk a folyamatokra: eredményeink alapján 2013-ban a háztartási szegmensben zárult a hitelrés, és a vállalati szegmens esetében maradt el már közel 5 százalékponttal az egyensúlyi értéktől.<sup>10</sup> Kocsis és Sallay (2018) már az itt bemutatott módszertant veszi alapul, többváltozós HP-szűrőjüket azonban állapotterben írják fel, hogy statisztikai kritériumok alapján dönthesse-nek a bevont magyarázóváltozók köréről. A hitelrésre kapott eredményeik a válság kitöréséig egybevágnak az itt bemutatott eredményekkel, esetükben azonban a válságot követően sokkal gyorsabb a hitelrés csökkenése, 2013-ra pedig már körülbelül 10 százalékos negatív hitelrest kaptak. A jelentősen magasabb negatív hitelrest a háztartási szegmens okozza 7-8 százalékpontos értékével, miközben a vállalati szegmensben az általunk kapottnál alacsonyabb, mindössze 2-3 százalékpontos a negatív hitelrés mértéke.

## 2.5. Összegzés

A fejezetben a piaci szektor GDP-arányos hitelállományának idősorát bontottuk fel trendre és ciklikus komponensre (hitelrésre). A dekomponáláshoz több szűrőeljárás is rendelkezésre áll, amelyből hármat vizsgáltunk meg részletesebben: az egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrőt, a Christiano–Fitzgerald-szűrőt és a többváltozós Hodrick–Prescott-szűrőt. A dekomponálást külön végeztük a háztartási és a vállalati idősor esetében, majd a kapott értékeket összegeztük.

---

<sup>10</sup>A Magyar Nemzeti Bank 2013-ban a kkv-szektor hitelezésének segítésére útjára is indította a Növekedési Hitelprogramot, amit László (2016) részletesebben is megvizsgál.



Az egyváltozós szűrők előnye, hogy adatigényük kicsi, hiszen csak a vizsgált idősor értékeit használják fel, kevés paramétert kell kívülről megadni, illetve könnyen és gyorsan előállíthatók. A módszer alkalmazásakor azonban jelentős lehet a végponti bizonytalanság, emiatt az újabb adatok beérkezésével a korábbi időszakokra becsült értékek is változnak. Ennek nagysága az egyváltozós HP-szűrő esetében olyan mértékű volt, hogy az a módszertan használatát megbízhatatlanná tette, míg a Christiano–Fitzgerald-szűrő esetében ez a hatás lényegesen kisebbnek mutatkozott.

A többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő lehetővé teszi egyéb információk beépítését a szűrésbe, aminek köszönhetően pontosabb képet kaphatunk a folyamatok alakulásáról. A szűrő beállítása ugyanakkor több szakértői döntést igényel, ami a kapott trend értékére is hatással van. A többváltozós szűrőt bizonyos keretek között különböző lehetséges módokon futtattuk, és végül az eredmények átlagát használtuk a trend értékeként az összehasonlítás során. Azt tapasztaltuk, hogy a többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő esetében a legkisebb a végponti bizonytalanság, illetve a kapott eredmények nagyjából egybevágnak a hitelrés alakulásáról kialakított szakértői képpel. Ezért összességében a vizsgált módszerek közül a többváltozós szűrő a legalkalmasabb szabályozói célokra (anticiklikus tőkepuffer meghatározására). Az ERKT (2014) ajánlását figyelembe véve Magyarország esetében a rendelkezésre álló idősorok és a hitelezési folyamatok sajátosságai miatt szükséges volt az egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrőtől eltérő módon is meghatározni a hitelrés alakulását, és a fejezetben bemutatott többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő az első, ami a válságot követően a magyarországi hitelrésre elméleti szempontból és szakértői szemmel is megalapozott becslést adott.

A többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő alapján a 2000-es évek elején, a pénzügyi mélyülés során a kezdetben negatív hitelrés zárult, de a további hitelállomány-növekedés jelentős mértékben emelte a pozitív értékű hitelrest mind a háztartási, mind a vállalati szektorban. A háztartási szektorban a válság kitörésekor a hitelrés értéke a szűrő alapján 10, míg a vállalati szektorban 7 százalékpont volt. A válságot követő alkalmazkodás során a hitelrés ismét zárult, sőt a nagymértékű csökkenés miatt megint negatív lett az értéke.



## 3. fejezet

# Bankrendszerrel bővített ágensalapú makromodellek fejlesztési irányai

### 3.1. Bevezetés

A pénzügyi válság hatására megnövekedett az igény olyan modellek fejlesztésére, amelyben vizsgálható a hitelezés szerepe a reálgazdasági visszacsatolások szempontjából, valamint amelyekkel a pénzügyi közvetítőrendszer működését lehet modellezni különböző szabályozási előírások mellett, különös tekintettel a pénzügyi stabilitást szolgáló makroprudenciális szabályozásra.

A tapasztalatok fényében egyre több főáramú modell épít be pénzügyi sűrűlódásokat (pl. Gertler és Kiyotaki, 2010; Gertler és Karádi, 2011; Christiano és szerzőtársai, 2010, 2014; Cúrdia és Woodford, 2016; Lindé és szerzőtársai, 2016). A hitelezést tartalmazó DSGE-modellek döntő többsége pénzügyi közvetítőként modellezi a bankokat, amelyek a megtakarításokat folyósítják hitelként. A gazdaság tényleges működése során a bankrendszer azonban a hitel folyósításával párhuzamosan teremti meg a betéteket (McLeay és szerzőtársai, 2014). Ezt a megközelítést vezeti be a DSGE-modellekbe Benes és szerzőtársai (2014), valamint Jakab és Kumhof (2015). Utóbbi a makroprudenciális politika szempontjából fontos hitelciklusokat is generál, igaz, ehhez több olyan egymást követő, független exogén sokkra van szükség, melyet

a szereplők egyáltalán nem látnak előre, vagyis az egyes sokkok bekövetkeztekor sem számítanak újabb sokkra a következő időszakokra vonatkozóan.

A hitelezés mibenléte és különösen az ezzel fellépő rendszerszintű kockázatok a háztartások és vállalatok nagymértékű heterogenitásán alapulnak. Míg a korábbi DSGE-modellek esetében a hitelezést sok esetben csak két típusú, egy türelmes és egy türelmetlen háztartás interakciója adta, a hitelezési kockázatok modellezéséhez szükséges a szereplők heterogenitásának a növelése. A HANK (Heterogenous Agent New-Keynesian) modellek tovább bővítik a heterogenitást, kontinuum számosságú háztartást bevezetve (pl. Kaplan és szerzőtársai, 2018).

A bankrendszer kockázatoságának szempontjából is meghatározó egyensúlytalanságok kialakulásához részben a szereplők korlátozott racionalitása vezethet. A korlátozott racionalitás a várakozásokat változtatja meg a főáramú makromodellekben. De Grauwe (2012) újkeynes-i alapokon nyugvó modellje viselkedési közgazdaságtani megközelítést is tartalmaz, és egyszerű heurisztikák beépítésével képes endogén módon hullámzásokat generálni a kibocsátásban. Békési és szerzőtársai (2016) modelljében a háztartások reáljövedelemre és reálkamatra vonatkozó várakozásai nem modellkonzisztensek, hanem azt feltételezik, hogy meghatározott negyedév alatt érik el állandósult állapotbeli értékeiket.

A DSGE-modellek képesek a bankrendszerre vonatkozó szabályozási kérdéseket is modellezni: Chadha és Corrado (2012) a makroprudenciális politika likviditási vonatkozásait vizsgálja főáramú modelljében, Alpanda és szerzőtársai (2018) pedig olyan DSGE-modellt fejlesztettek, melyben együtt vizsgálják a monetáris és a makroprudenciális politikát.

Az említett példák alapján látható, hogy különböző technikákkal sokkal valószerűbbé lehet tenni a DSGE-modelleket, és a kutatók igyekeznek olyan modelleket alkotni, melyben a monetáris és a makroprudenciális politikát is lehet elemezni. Az egyes területeken elért nagymértékű fejlődés ellenére azonban sok vezető közgazdász ad hangot annak, hogy szükséges más megközelítésben is modellezni a makrogazdaságot (vö. Farmer és Foley, 2009; Krugman, 2011; Stiglitz, 2011; Romer, 2016). Ezzel párhuzamosan meg is jelent a makroökonómiában egy másik megközelítés, az

ún. ágensalapú modellezés (vö. Tesfatsion és Judd, 2006). Az ágensalapú makromodellek a főáramú modellek egyenletrendszereinek megoldása helyett a gazdasági szereplők (ágensek) viselkedésének a szimulációjából állnak: az ágensek viselkedésük (pl. fogyasztási vagy termelési döntésük) során viszonylag egyszerű ökölszabályokat követnek egymás után.

Az ágensalapú modellek a gazdaságot heterogén szereplőkből kiindulva modellezik. A különböző típusú szereplőkből (mint például háztartás és vállalat) több ágens is lehet a gazdaságban, és mindegyik ágensnek megvannak a saját paraméterei és változóinak épp aktuális állapota. Az egyes ágensek korlátozott racionalitással rendelkeznek, gazdasági döntéseiket pedig nem optimalizálással (és a teljes rendszer ismeretében) hozzák meg, hanem egyszerű szabályok alapján. Ezen döntések eredőjeként alakulnak az aggregált változók (alulról építkező megközelítés).

Az egyes szereplők viselkedési szabályainak meghatározásakor fel lehet használni a különböző viselkedési közgazdaságtani eredményeket, és ennek köszönhetően egyre realisztikusabb feltevések mentén lehet a gazdaságot modellezni. Ezeket a feltevéseket ráadásul nem kötik matematikai korlátok: szinte bármilyen szabályt be lehet vezetni, nem kell arra ügyelni, hogy a modell analitikusan vagy a jelenlegi megoldóalgoritmusok segítségével kezelhető maradjon.

Az ágensalapú modellezés tulajdonságainak köszönhetően minden adott ahhoz, hogy a feltevések szintjén megfelelő módon lehessen kezelni a bankrendszert, a hitelezés és a reálgazdaság kapcsolatát, a heterogenitásból fakadó hitelezési kockázatokat, a különböző mikro- és makroprudenciális szabályokat, stb. Az ágensalapú modelleket kevesebb korlát köti, mint a főáramú modelleket, és ezért megvan bennük a lehetőség arra, hogy a valóságnak jobb leképezését adják, és ennek megfelelően megbízhatóbb módon lehessen a különböző monetáris és makroprudenciális intézkedéseket vizsgálni. Ennek ellenére korai lenne kijelenteni, hogy az ágensalapú makromodellek valaha jobb alternatívát fognak jelenteni, hiszen nekik is nagymértékben kell még fejlődniük, és egyelőre ennek a fejlesztési iránynak is sok akadályt kell leküzdenie. Mindenesetre érdemes áttekinteni, hogy jelenleg milyen ágensalapú makromodellek találhatók a szakirodalomban, mivel lehet, hogy később ezek továbbfejlesztett változatának segítségével (is) fognak különböző előrejelzéseket végezni vagy szabályozást

hozni a hitelintézeti szektorral kapcsolatban. Az ágensalapú makromodellezésről átfogó leírást nyújt pl. Haldane és Turrell (2018), valamint Dawid és Delli Gatti (2018). Fagiolo és Roventini (2017), valamint Dilaver és szerzőtársai (2018) a főáramú modellekkel vetik össze az ágensalapú makromodelleket. Ennek a fejezetnek az a célja, hogy három konkrét ágensalapú makromodell ismertetésén keresztül működés közben láttassa az irányzatban lévő lehetőségeket, különös tekintettel a bankrendszer működésére, mert megfelelő mértékű továbbfejlesztést követően az ilyen típusú modellek később akár a szabályozói döntések alapjául is szolgálhatnak.

A következő alfejezetben röviden áttekintjük az ágensalapú makromodellezés legfontosabb jellemzőit, és meghatározzuk a bemutatandó ágensalapú makromodellek körét. Az azt követő alfejezetekben ismertetjük a kiválasztott modellek jellemzőit. Az ágensalapú makromodellek fejlesztése során szerzett saját tapasztalatok fényében reflektálunk az egyes modellekre és általánosságban is az ágensalapú makromodellekre, végezetül összegzéssel zárunk.

## 3.2. Az ágensalapú makromodellezésről általánosságban

Pyka és Fagiolo (2007) alapján az ágensalapú makromodellek építéskor jellemzően az alábbiakból indulnak ki:

1. *Alulról építkező (bottom up) megközelítés:* a modell alapjában véve a gazdasági szereplők egyedi (mikroszintű) döntésein nyugszik, a makroszintű dinamika ezen döntések eredőjeként áll elő.
2. *Heterogenitás:* az azonos szerepet betöltő ágensek (pl. vállalatok vagy háztartások) több dimenzió mentén különbözhetnek egymástól – ami lehet valamilyen egyszerű változó (pl. vagyon vagy jövedelem), de akár viselkedési szabály is. A valós gazdaság heterogén szereplőit tehát nem helyettesítjük reprezentatív fogyasztóval (vagy vállalattal), hanem az egyes szereplők külön-külön hoznak döntéseket, figyelembe véve a sajátosságaikat.

3. *Korlátozott racionalitás*: az egyes szereplők a véletlent leszámítva sem ismerik tökéletesen a gazdaság működését, így a várakozásaik nem feltétlenül modell-konzisztensek. Az egyes szereplők döntéseit befolyásolják a várakozásaik, de ezeket a legkülönbébb szabályok alapján hozhatják meg. A modellekbe be lehet vezetni tanulást is, például tapasztalat alapján a szereplők változtathatnak a várakozási szabályaikon. Leggyakrabban azonban valamilyen adaptív várakozási szabályt alkalmaznak az ágensek.
4. *Közvetlen (endogén) interakciók*: az ágensek döntései függhetnek a többi ágens döntésétől (például térbeli modell esetén a szomszédos ágensek döntésétől), beleértve azt is, hogy az egyes ágensek mely más ágensekkel lépnek kapcsolatba. Idővel az ágensek kapcsolati struktúrája is változhat.
5. *Választásalapú piaci mechanizmusok*: az ágensek sok esetben piaci mechanizmusok alapján választhatják meg, hogy kivel lépnek kapcsolatba (pl. egy fogyasztó melyik vállalatától vásárol), ami a kevésbé jövedelmező vállalatok megszűnéséhez és új vállalatok megjelenéséhez vezethet.

A felsorolt feltételekből az alábbi jellemzők következnek:

1. *Állapotfüggő dinamika*: az adaptív várakozásokból következik, hogy állapotfüggő módon alakul a gazdaság pályája.
2. *Komplex fejlődő rendszeren alapuló megközelítés*: a modell szereplői komplex rendszerben élnek, amely az idő múlásával változhat.
3. *Endogén és perzisztens innováció*: az ágensek döntései folyamán endogén módon alakulhatnak ki strukturális változások.

Az ágensalapú makromodellek egymást követő diszkrét időszakokból állnak, melyek általában negyedévek vagy hónapok. Míg az újkeynes-i modellekben az egyes időszakokban minden szimultán módon határozódik meg, addig az ágensalapú modellekben minden időszakban előre meghatározott sorrendben követik egymást az események, a korábbi események pedig hatással lehetnek a későbbi döntésekre. Egy

ágensalapú modell tehát események szekvenciális láncolata. A modell logikája nem zárja ki, hogy néhány esemény egymással párhuzamosan fusson (például a vállalatok egymással párhuzamosan hozhatnak döntést a termelendő mennyiségekről).

Az ágensalapú modellezés gyakorlatilag számítógépes szimuláció, ahol nem a modell egyenleteit vezetik le, hanem az egymást követő algoritmusokat programozzák le. Jellemzően objektumorientált programnyelvet használnak, az ágenseket ugyanis könnyű objektumoknak megfeleltetni. Minden ágensnek (objektumnak) megvannak a maga paraméterei és változói, amelyek a modell alakulásától függően változhatnak. És minden ágensnek megvannak a maga (gyakran paramétereiktől vagy egyéb változóktól függő) metódusai, például hogy hogyan dönt egy vállalat az adott időszaki termeléséről, vagy egy fogyasztó az adott időszaki fogyasztásáról.

Az ágensalapú makromodellekben igen változatos modellezési struktúrákat lehet létrehozni, de egyelőre kevés a kiforrott szabály, szemben a DSGE-modellekkel. A bankrendszerrel kapcsolatban azonban van egy íratlan szabály: az ágensalapú makromodellek a bankrendszert úgy modellezik, hogy a bankok a hitelnyújtással párhuzamosan hozzák létre a betéteket, mint ahogyan az a valóságban is van. Könnyű lenne azt a megközelítést beépíteni, miszerint a bankok a megtakarításokat hitelezik tovább, de mivel az ágensalapú modellek a valósághoz minél közelebbi feltevéseket szeretnének szerepeltetni, ezért egyből a bankrendszer valós működési mechanizmusát implementálják.

A DSGE-modellek teljesen konzisztens modellek, ami a vagyonfelhalmozásra is vonatkozik, beleértve a tőkefelhalmozást és a pénzügyi eszközöket is: világos, hogy milyen erőforrásokból lesz a tőke, és a pénzügyi vagyon mellett egyből megjelenik ugyanakkora mértékű pénzügyi tartozás is. A modell egyenletei ezeket automatikusan biztosítják. Mivel az ágensalapú modellezésben nem egyenleteket oldunk meg, figyelni kell arra, hogy a modell elindításakor (a kezdőértékek megadásakor) az egyes ágensek vagyoni jellegű változói makroszinten is összhangban legyenek egymással: egy szereplőnek csak úgy lehet pénzügyi megtakarítása, ha másnak tartozása van, beleértve a bankok mérlegét is. Arra is kell figyelni, hogy a háztartások, vállalatok és egyéb szereplők vagyona legyen összhangban a gazdaság reáleszközeivel. Erre pedig nemcsak a kezdőértékek megadásánál kell figyelni, hanem az egyes szereplők



változóinak frissítésénél is a különböző döntések, tranzakciók során. Az így felépített modelleket stock-flow-konzisztens modelleknek hívjuk. Míg a DSGE-modellek a költségvetési korlátoknak és az egyensúlyi egyenleteknek köszönhetően szükségszerűen stock-flow-konzisztensek, az ágensalapú modelleknél erre külön figyelni kell. A pénzügyi eszközök és egyéb vagyonelemek konzisztens modellezését nagyban segíti a mérlegmátrix és tranzakcióáramlás-mátrix alkalmazása (*balance sheet matrix*, *transaction flow matrix*). Ezek a mátrixok szereplőtípusonként aggregált értékeket tartalmaznak, és átlátható módon szemléltetik, hogy a modell adott állapotában az egyes szereplők vagyona mely más szereplők adósságával párosul (*balance sheet matrix*), valamint hogy adott időszak folyamán hogyan változnak a vagyonelemek (*transaction flow matrix*). Ezzel párhuzamosan az egyes szereplőtípusok egyedi mérlegeit is érdemes elkészíteni.

A stock-flow-konzisztens modellek a Copeland (1949) által megjelenített négy-szeres könyvelésen alapulnak (*quadruple entry principle*): egy tranzakció mindkét szereplőjénél alkalmazzuk a kettős könyvelést. Godley és Lavoie (2007) ezt fejlesztette tovább, és egy keynesi gazdaságon belül teljesen konzisztens keretben tárgyalja a hitel, a pénz, a jövedelmek és a vagyon keletkezését és áramlását. Az ő modelljük ugyan nem ágensalapú, ám az ismertetendő ágensalapú modellek majdnem mind az ő stock-flow-konzisztens megközelítésükön alapulnak. Ez a megközelítés endogén pénzt tartalmaz, ami (a monetáris bázis mellett) hitelezéssel jön létre, a bankok pedig a hitelezéssel hozzák létre a betéteket, és nem a korábban összegyűjtött betéteket hitelezik tovább.

Az ágensalapú makromodellek sokfélék, de az elmúlt évek folyamán három megközelítés kezdett el kiemelkedni, amelyek kiindulási alapul szoktak szolgálni más kutatások számára is. Az egyik alapmodellt Delli Gatti és szerzőtársai (2011) fejlesztették, írásuk egyben érthető és alapos bevezetést is nyújt az ágensalapú paradigmába. A modell viszonylag egyszerű szabályokon alapul, amelyek a piaci alkalmazkodási mechanizmusokat is jól szemléltetik. A EURACE-modell (Deissenberg és szerzőtársai, 2008, és további fejlesztések) ezzel szemben a valóság sok szegmensét próbálja meg egyszerre szerepeltetni, ennek következtében azonban a mechanizmusok nyomon követése nehezebb. Dosi és szerzőtársai (2015) olyan modellt mutatnak

be, amely kellően összetett ahhoz, hogy fiskális és monetáris politikai kérdéseket is lehessen vele vizsgálni, a folyamatok mégis nagyjából átláthatók maradnak. A következő alfejezetekben az első két modell egy-egy továbbfejlesztett változatát mutatjuk be, melyek a bankrendszerre jobban fókuszálnak, valamint ismertetjük Dosi és szerzőtársai (2015) modelljét, mert ezen alapul a 4. fejezet modellje, melyben szintén nagyobb hangsúlyt kap a bankrendszer.

A modellek ismertetése során bemutatjuk alapfeltevéseiket, magyarázóerejük kapcsán röviden kitérünk arra, hogy milyen empirikus megfigyeléseket tudnak visszaadni, a kalibráció és a validáció problémakörét azonban nem ismertetjük (ehhez ld. pl. Grazzini és Richiardi, 2015; Grazzini és szerzőtársai, 2017; valamint Lamperti és szerzőtársai, 2018).

A kiválasztott modellek ismertetése segít az ágensalapú makromodellek megértésében és annak bemutatásában, hogy mennyire szerteágazó feltételezések mellett alkotnak modelleket az irányzat kutatói. Érdemes azonban utalni rá, hogy mindezek mellett más modellek is léteznek, melyek több-kevesebb hasonlóságot mutatnak egymással, illetve az ismertetendő modellekkel, és lehet, hogy a későbbiekben ezek közül fog valamelyik meghatározóbbá válni. Caiani és szerzőtársai (2016) például olyan stock-flow-konzisztens modellt ismertetnek, amelyet kifejezetten kiindulási alapul szánnak a későbbi modellekhez, és a kezdőértékek meghatározásához is bemutatnak egy alkalmazható módszert.

Chiarella és Di Guilmi (2011) pénzügyi válságok esetén vizsgálja a pénzügyi szektor gyengélkedésének transzmisszióját a reálszektorra, majd azt is megnézi, hogy milyen kimenetele lehet a sokkoknak különböző fiskális politikai és szabályozói lépések esetén (Chiarella és Di Guilmi, 2012). Salle és szerzőtársai (2013) ágensalapú modelljükben próbálnak minél közelebb maradni az újkeynesi hagyományokhoz, miközben a szereplők várakozásait egyszerű szabályok határozzák meg, amelyek tanulás útján változnak is. Ezt bővíti tovább Salle (2015) a jegybank által nyújtott információkkal.

Delli Gatti és szerzőtársai (2010) a pénzügyi akcelerátort modellezik, ahol az egyes vállalatok és bankok között hitelezési hálózatok alakulnak ki. Ezt a modellt

Riccetti és szerzőtársai (2013) többidőszakos hitelekkel egészítették ki, Riccetti és szerzőtársai (2016) pedig bevezették a vállalatok piaci kapitalizációját, és monetáris politikai vizsgálatokat is végeztek.

Popoyan és szerzőtársai (2017) modellje viszonylag egyszerű feltevései ellenére már képes a monetáris és makroprudenciális politika interakciójának vizsgálatára, a hitelintézeti szektor szempontjából pedig az ilyen vonatkozású kutatások egyre nagyobb jelentőséggel bírnak. Modelljük Ashraf és szerzőtársai (2017) modelljének egy korábbi verzióján alapul. Krug (2018) szintén a monetáris politika és a makroprudenciális politika interakcióját vizsgálja, a vállalati szektort pedig Stolzenburg (2015) ágensalapú, Solow-típusú növekedési modelljének segítségével írja fel.

### 3.3. Makroökonómia alulról

Delli Gatti és szerzőtársai (2011) könyvet írtak az ágensalapú modelljükéről, *Macroeconomics from the Bottom-up* címmel. Az alulról építkező megközelítés minden ágensalapú modellre igaz, a könyv célja az, hogy bevezetést nyújtson az ágensalapú modellezésbe, és ehhez egy prototípus modellt is bemutat, amelynek egy egyszerűbb változata már Delli Gatti és szerzőtársai (2008) munkájában is megtalálható. A modellben már szerepel egy kezdetleges hitelnyújtó bankrendszer is, de a továbbiakban ennek Assenza és szerzőtársai (2015) által továbbfejlesztett verzióját mutatjuk be, amelyben a bankrendszer is hangsúlyosabb szerepet kap.

A modellben három szereplőtípus van: háztartások, vállalatok, bankok. A háztartások vagy munkajövedelemből élnek (munkások), vagy a vállalatok tulajdonosaként osztalékjövedelemből (tőkések). Minden tőkés egy-egy vállalatot tulajdonol. A vállalatok között megkülönböztetünk fogyasztási jószágot termelő vállalatokat (*C*-vállalatok) és tőkejószágot termelő vállalatokat (*K*-vállalatok). A *C*-vállalatok munkaerő és tőke segítségével állítják elő a homogén fogyasztási jószágot, a *K*-vállalatok pedig munkaerő felhasználásával termelik a tőkejószágot. A technológia mindkét termelőszektorban lineáris: a munkatermelékenység mindkét szektorban

konstans, a fogyasztási jószágot termelő szektorban pedig a tőke és a munka tökéletes kiegészítők.

A vállalatok és a háztartások is halmozhatnak fel pénzügyi vagyont betétek formájában, a vállalatok pedig a termelési költségek vagy a beruházás finanszírozásához hitelt vehetnek fel, amennyiben az adott időszaki kiadásaik fedezéséhez nincsen elég felhalmozott pénzügyi vagyonuk, vagyis betétük. A modellben nincsen készpénz, minden pénzügyi tranzakció a bankrendszeren keresztül kerül lebonyolításra. A modell egyelőre eltekint a bankok közötti versenytől, valamint a bankrendszer likviditási kérdéseitől, ezért egyszerűsítésként a jegybank mellett egyetlen kereskedelmi bank szerepel, a hitelezés ciklusokban betöltött szerepét azonban ezen keresztül is megfelelőképpen lehet vizsgálni. A bankot a tőkések egyenlő arányban tulajdonolják.

A modellben összességében 4 piac van: a fogyasztási jószág piaca, a tőkejószág piaca, a munkaerőpiac és a hitelpiac. A fogyasztási jószág piacán a vállalatok ugyanazt a terméket termelik, viszont eltérő áron értékesíthetik. A munkaerő homogén, és minden vállalat ugyanakkora bért fizet minden időszakban. A hitelpiacon a vállalatok kockázatosságuk függvényében megállapított kamatláb alapján kaphatnak hitelt, a kockázatosságuk pedig a felvehető hitel nagyságát is befolyásolja.

Adott időszak folyamán az alábbi sorrendben követik egymást az események:

1. A tervezett kibocsátás függvényében a vállalatok a munkaerőpiacon új álláshelyeket hirdetnek meg, amennyiben több munkaerőre lenne szükségük, mint az előző időszakban. Ellenkező esetben véletlenszerűen elbocsátanak annyi munkavállalót, amennyit az alacsonyabb termelés indokol.
2. Megnyílik a munkaerőpiac: a munkanélküliek meghatározott számú vállalatot keresnek fel véletlenszerűen, és az első olyan vállalat veszi fel őket, ahol még van betöltetlen állás. (Az új munkavállalók mindaddig az adott vállalatnál maradnak, amíg az el nem bocsátja őket.)
3. A bank a korábbi időszaki adatok alapján logisztikus regressziót becsül a hitelért folyamodó vállalatok csődvalószínűségére.

4. Amennyiben egy vállalatnak a munkabérek kifizetéséhez vagy a beruházás költségeihez a betétállományán kívül további forrásra van szüksége, hitelért folyamodik a bankhoz. A bank az adott vállalat kockázatosságának függvényében dönt az újonnan folyósított hitel kamatlábáról, valamint a folyósítható hitel nagyságáról.
5. Ha egy vállalat nem kapott elegendő hitelt, véletlenszerűen elbocsát a munkavállalói közül annyit, hogy a megmaradt munkavállalók bérét ki tudja fizetni. Megtörténik a termelés mindkét szektorban, és a vállalatok kifizetik az alkalmazottaik bérét. A termeléshez felhasznált tőke adott százaléka amortizálódik.
6. Megnyílik a tőkejóság piaca: a  $C$ -vállalatok meghatározott számú  $K$ -vállalatot keresnek fel véletlenszerűen, és addig vásárolnak tőlük, amíg el nem érik a tervezett beruházásuk nagyságát (vagy ameddig az egyes  $K$ -vállalatok készlete, illetve a  $C$ -vállalatok pénze el nem fogy). A tőkejóság tartós, ezért az el nem adott tőkejóság raktáron marad (és a következő időszakban ismét árulni fogják).
7. A háztartások döntenek az adott időszaki fogyasztási kiadásukról.
8. Megnyílik a fogyasztási jóság piaca: minden háztartás meghatározott számú vállalat árait látja, és mindig a legolcsóbb vállalatnál vásárol egészen addig, amíg fogyasztási keretét ki nem meríti (és van még eladó termék az általa véletlenszerűen felkeresett vállalatoknál). Az el nem adott termékek megsemmisülnek.
9. A vállalatok kamatot fizetnek, és törlesztik a hitelek megfelelő részét. Pozitív profit esetén osztalékot fizetnek a tulajdonosuknak.
10. A bank pozitív profit esetén osztalékot fizet a tőkéseknek.
11. A  $C$ -vállalatok üzembe helyezik az újonnan vásárolt tőkejavakat.
12. A csődbe ment vállalatok helyett tulajdonosaik újat hoznak létre saját megakarításaikból.

13. A  $C$ - és  $K$ -vállalatok döntenek a következő időszakra vonatkozó tervezett termelés nagyságáról és a termékük áráról, valamint a  $C$ -vállalatok a tervezett beruházás nagyságáról is.

A fogyasztási jószágot termelő vállalatok az adott időszaki termelésről és árazásról való döntés során azt veszik számításba, hogy az utolsó időszakban a termékük ára hogyan viszonyult az átlagárhoz, valamint hogy a termékükből túlkereslet volt-e, vagy túlkínálat. Egy vállalat adott időszakban vagy a tervezett termelés mértékén változtat, vagy az árazáson, mégpedig az alábbi szabály alapján:

$$Y_{i,t+1} = \begin{cases} Y_{i,t} + \rho(-\Delta_{i,t}), & \text{ha } \Delta_{i,t} \leq 0 \text{ és } P_{i,t} \geq P_t \\ Y_{i,t} - \rho(-\Delta_{i,t}), & \text{ha } \Delta_{i,t} > 0 \text{ és } P_{i,t} < P_t \end{cases} \quad (3.1)$$

$$P_{i,t+1} = \begin{cases} P_{i,t}(1 + \eta_{i,t+1}), & \text{if } \Delta_{i,t} \leq 0 \text{ és } P_{i,t} < P_t \\ P_{i,t}(1 - \eta_{i,t+1}), & \text{if } \Delta_{i,t} > 0 \text{ és } P_{i,t} \geq P_t \end{cases} \quad (3.2)$$

ahol  $\Delta_{i,t}$  az  $i$ . vállalat tényleges termelése és a terméke iránti keresett mennyiség közötti különbség a  $t$ . időszakban,  $P_{i,t}$  az  $i$ . vállalat által alkalmazott ár,  $P_t$  az átlagár,  $\rho$  paraméter,  $\eta_{i,t+1}$  pedig egyenletes eloszlásból származó idioszinkratikus sokk. A képlet alapján látható például, hogy ha egy vállalat az utolsó időszakban az átlagárnál magasabb áron értékesített ( $P_{i,t} \geq P_t$ ), és mégis túlkereslet volt a terméke iránt ( $\Delta_{i,t} \leq 0$ ), akkor a következő időszakban a túlkereslet mértékével arányosan tervezi növelni a kibocsátását, míg amennyiben túlkereslet volt a termékei iránt, miközben az átlagárnál alacsonyabban értékesített ( $P_{i,t} < P_t$ ), akkor a vállalat nem a termelését tervezi növelni, hanem az árat. A  $K$ -vállalatok is hasonló logika alapján döntenek a termelésről és az árazásról.

A beruházásról való döntés során a vállalatok figyelembe veszik, hogy a termeléshez átlagosan mennyi tőkét kellett használniuk az elmúlt időszakok folyamán (exponenciális súlyozással). A modellben szerepel egy hosszútávú tőkekihasználtsági mutató, és a vállalatok annyit ruháznak be, hogy az ennek megfelelő tőkekihasználtsággal tudjanak termelni. A tőkekihasználtsági mutató egynél kisebb, aminek köszönhetően a vállalatoknak rövid távon is van mozgásterük a termelés bővítésére.

Egy háztartás adott időszaki jövedelme vagy munkajövedelemből áll, vagy – tőkések esetén – a vállalatuktól (és a banktól) kapott osztalékból. Amikor a háztartások a fogyasztási kiadásukról döntenek, megbecsülik permanens jövedelmüket, a korábbi időszakok bevételeinek exponenciálisan súlyozott átlagaként. Fogyasztási kiadásuk permanens jövedelmükkel egyezik meg, valamint pénzügyi megtakarításuk egy bizonyos hányadával.

A háztartások és a vállalatok minden pénzügyi vagyoniukat a kereskedelmi banknál vezetett számlán tartják. A bank a betétek után nem fizet kamatot, ellenben betétteremtéssel hitelt helyezhet ki, amiért a bank egyedi kamatot számít fel. A bank a  $C$ - és a  $K$ -vállalatok esetében a korábbi megfigyelések alapján a csődvalószínűsége egy-egy logisztikus regressziót ír fel az egyes vállalatok tőkeáttételének függvényében. Az így kapott logisztikus regresszió a csődbemenetel szélén álló vállalatok esetében (amelyeknél túl nagy a tőkeáttétel) a csőd valószínűségét szisztematikusan alulbecsli. A vállalatok minden évben vehetnek fel hitelt, és ezeket a hiteleket külön törlesztik, mindegyiket a felvételkor megszabott kamatláb alapján. Minden hitel esetén az egyes periódusokban az eredeti összeg egyre kisebb hányadát törlesztik. Amikor a hitel nyújtásakor a bank megszabja a kamatlábat, figyelembe veszi a törlesztés folyamán várható kamatbevételeket, valamint a várható tőkeveszteséget az említett logisztikus regresszió segítségével. A bankra nem vonatkozik tőkemegfelelési előírás, hitelkínálatát azonban egy belső szabály korlátozza: egy vállalatnak adott időszakban maximum akkora új hitelt folyósít, hogy a logisztikus regresszió alapján becsült várható tőkeveszteség (nemteljesítés valószínűsége  $\times$  kihelyezett új hitel) ne haladja meg a bank tőkéjének egy meghatározott hányadát. A bank tőkeállományának növekedése tehát növeli a kihelyezhető hitelek nagyságát vállalatonként, míg a bank tőkeállományának csökkenése esetén egyre több vállalatot köthet a hitelkorlát.

A modell stock-flow-konzisztens, az egyes szereplők mérlegei közötti összefüggéseket a 3.1. táblázat tartalmazza. A mérlegmátrix alapján látható, hogy a modellben az egyes szereplők pénzügyi vagyona más szereplők adósságával párosul. Ezért az egyes ágensek mérlegében szereplő kezdeti mérlegadatokat is úgy kell megadni, hogy azok aggregált szinten összhangban legyenek egymással. Ezt követően, négyszeres

3.1. táblázat: Mérlegösszefüggések (mérlegmátrix)

Mérlegtétel	Háztart.	C-váll.	K-váll.	Bank	Jegybank	Összesen
Tőke		K				K
Készletek		$\Delta^C$	$\Delta^K$			$\Delta$
Betétek	$D^H$	$D^C$	$D^K$	$-D$		0
Tartalékok				$R^b$	$-R^b$	0
Hitelek		$-L^C$	$-L^K$	$L$		0
Államkötv.					$B$	$B$
Saját tőke	$-E^H$	$-E^C$	$-E^K$	$-E^B$		$-(K + \Delta + B)$

A negatív értékek az egyes szereplők mérlegeinek forrás oldalát képezik, a pozitív értékek pedig az eszköz oldalt.  $K$ =fizikai tőke könyv szerinti értéken,  $\Delta$ =készletek,  $D$ =betét,  $R$ =tartalék,  $L$ =hitel,  $B$ =államkötvény,  $E$ =saját tőke (háztartások esetén pénzügyi vagyon)

Forrás: Assenza és szerzőtársai (2015).

könyvelést alkalmazva biztosítható, hogy a mérlegösszefüggések aggregált szinten is teljesüljenek.

A modellben rendszertelenül jelennek meg kismértékű oszcillációk a hosszú távú GDP körül, amit olykor jelentős mértékű visszaesés tör meg, lassú kilábalással. Az Egyesült Államok GDP-, beruházási, fogyasztási és munkanélküliségi idősorait összevetve a modell vonatkozó idősoraival az egyes változók HP-szűrővel szűrt ciklikus tagjaira hasonló szórásokat és autokorrelációkat kapunk (egyedül a beruházás szórása tér el jelentősebben, ami a modellben az empirikus értéknek kétszerese). Az egyes változók késleltetettjeinek GDP-vel vett korrelációi is az empiriához hasonló lefutást mutatnak.

A modell alapján a likviditás szektorok közötti áramlásának vizsgálatával könnyen meg lehet érteni a nagy válságok kirobbanását: a válság kirobbanása előtt a  $C$ -vállalatoknál a rendszerben lévő likviditás 30 százaléka található, míg a nagy válság alatt ez 5 százalékra csökken, miközben a  $K$ -vállalatoknál lévő likviditás 20 százalékról 60 százalékra nő. A felfutás alatt a  $C$ -vállalatok egyre többet ruháznak be, megnő a kereslet a tőkejóság iránt, aminek az ára is elkezd növekedni. Ezzel párhuzamosan a  $C$ -vállalatok likviditása, ahogyan növelik a beruházási kiadásait,



leépül, ráadásul ehhez egyre több hitelt kell felvenniük. A *C*-vállalatok eladósodottságának növelésével kockázatok épülnek fel a szektorban, a bank egyre magasabb kamatok mellett ad hitelt, ráadásul a sérülékenységi miatt egyre több vállalatnál korlátozza a kihelyezett hitel nagyságát. Ezáltal csökken az aggregált kereslet, ami a profitok csökkenésén keresztül növeli a vállalatok tőkeáttételét és a nemteljesítés valószínűségét, ezen keresztül pedig tovább csökkenti a banki hitelezést. Ez a mechanizmus tovább súlyosbítja a recessziót. A válság alatt végül elkezdődik a fogyasztási szektorban az adósságállomány leépülése, majd a *C*-vállalatok likviditásból való részesedése elkezd emelkedni, az egészségesebb szerkezetnek köszönhetően pedig a banki hitelezés is növekedni kezd.

### 3.4. Ingatlanár-buborékok és üzleti ciklusok

A EURACE-modell fejlesztését 2006-ban kezdték el az Európai Unió támogatásával, célja pedig eredetileg az egész Európai Uniót megjelenítő, ágensalapú modell létrehozása volt, nagyszámú ágenssel. Komplexitása és a szükséges nagy számítási kapacitás miatt a modell implementálásához a programozást külön erre a célra fejlesztett környezetben végzik, ami a FLAME nevet viseli (Flexible Large-scale Agent Modelling Environment). Deissenberg és szerzőtársai (2008) bemutatják a modell tervezett építőköveit. A végső modellben az összes tagállamot szerepeltetnék, a vállalatokat, háztartásokat, üzleteket és más egyéb ágenseket térben elosztva. Ezenkívül az EU-t nyitott gazdaságként tervezik vizsgálni, és az inputok között az energiát is számításba vennék. Az ágensek döntései akár napi szintű tevékenységeket is takarhatnak. A végső modell még nem készült el, ellenben több cikk is bemutatja a EURACE valamelyik modellverzióját (pl. Cincotti és szerzőtársai, 2012; Raberto és szerzőtársai, 2012; Holcombe és szerzőtársai, 2013).

Ebben a fejezetben az ICEACE nevű modellt ismertetjük (Erlingsson és szerzőtársai, 2014), ami sok egyszerűsítést tartalmaz a EURACE modellhez képest, másrészt azonban lakáspiaccal és építőiparral bővíti azt. A modellben vizsgálják a jelzáloghitelezés hatását az ingatlanárakra, az ingatlanárak alakulása pedig köz-

vetlenül hat a fogyasztásra, valamint az építőipari aktivitásra. Így összességében a modellben a jelzáloghitelezés és a reálgazdaság kapcsolatát vizsgálják, miközben a jelzáloghitelezéssel kapcsolatos pénzügyi stabilitási kérdéseket is elemzik.

A modellben termelők (fogyasztási jószágot termelő vállalatok, építőipari vállalatok), kereskedelmi bankok és háztartások szerepelnek, valamint egy tőkealap, egy központi bank és egy kormányzat. A vállalatok és a háztartások is vehetnek fel hitelt.

A fogyasztási jószágot termelő és az építőipari vállalatok is munkaerő segítségével termelnek, lineáris technológia alapján. Minden vállalatnak van fizikai tőkéje is, amelynek szintje állandó. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok esetében ennek nincsen hatása a termelésre, a fizikai tőke értéke azonban hatással van a saját tőke nagyságára. Az építőipari cégek esetében a fizikai tőke nagysága felső korlátot ad a termelésnek. A cégek eladósodhatnak, de hitelt nem közvetlenül a termeléshez vesznek fel, hanem azért, hogy kellő likviditás híján osztalékot tudjanak fizetni, valamint hogy fedezni tudják a kamatkiadásait. Az általuk felvett hitelek esetében nem törlesztenek, mindig csak a tőketartozás után járó kamatot fizetik ki.

A fogyasztási jószágot termelő vállalatok egységköltség alapján áraznak, az egységköltség azonban tartalmazza a kamatkiadásokat is. A saját egységköltségére minden fogyasztási jószágot termelő vállalat azonos felárat tesz. A vállalatok minden hónapban annyit próbálnak termelni, hogy a korábbi időszakról megmaradt készleteiket figyelembe véve a várható keresletet ki tudják elégíteni. A várható kereslet a korábbi időszak eladásaival egyezik meg, ha azonban nem maradt készletük, akkor meghatározott arányban növelik a várható keresletet. A felesleges oszcillációk elkerülése érdekében a tervezett termelésen egy viszonylag egyszerű formula segítségével még korrigálnak.

A lakáspiacon homogén lakásegységek cserélnek gazdát, amelyeket a háztartások vásárolják meg. Az eladók a háztartások, valamint az építőipari cégek. Az építőipari cégek havonként döntenek az új termelésről, egy egység elkészítése azonban 12 hónapot vesz igénybe. A termelési szabály igen egyszerű: növekvő lakásárak esetén az egyes vállalatok véletlenszerűen növelik a termelési szintjüket, ami a

jelenlegi termelésük és a fizikai tőkéjük által meghatározott maximális termelési szint különbsége közötti véletlen egész szám, csökkenő lakásárak esetén pedig 1 és a jelenlegi termelési szintjük közötti véletlen egész szám. Növekvő lakásárak esetén tehát növekszik az egyéni és az aggregált termelés is, csökkenő lakásárak esetén pedig csökken. Az építőipari cégek az újonnan elkészült, valamint a már korábban elkészült, de még eladatlan egységeket viszik a piacra. A háztartások meghatározott valószínűséggel lesznek eladók egy adott hónapban (normál eladók), és ugyanekkora valószínűséggel lesznek vásárlók is. Ezenkívül a háztartásoknak akkor is piacra kell vinniük egy egységet (meg kell próbálniuk likvidálni), ha túl kockázatos adósokká váltak, ami abban az esetben áll fenn, ha a negyedéves hitelköltségük meghaladja az elmúlt negyedéves jövedelmük egy meghatározott százalékát. Az eladó háztartások is egy-egy egységet visznek piacra, és a vevők is egy-egy egységet vásárolnak egy adott hónapban. Az építőipari cégek és a véletlenszerűen választott eladó háztartások az egységeiket egyenletes eloszlásból származó felár mellett viszik a piacra, ahol a felárat az előző időszaki tranzakciók átlagára teszik rá. A likvidálásra kényszerített háztartások az előző időszaki tranzakciók átlagára alatti árat választanak egyenletes eloszlásból. A vásárlásra kiválasztott háztartások véletlenszerű sorrendben jönnek egymás után, és mindig a még eladó legolcsóbb egységet vásárolják meg. Amennyiben az adott vásárlónak nincsen elég likviditása, jelzáloghitelért folyamodik egy általa választott banknál. A hitelt akkor kapja meg, ha a jelenlegi hitelei és az új hitel törlesztőrészeleteinek az összege nem haladja meg negyedéves jövedelmének egy meghatározott részét. A jelzáloghitelek változó kamatozása, de fix futamidejű hitelek.

A háztartások minden hónapban a buffer-stock-elmélet alapján határoznak a fogyasztási kiadásuk nagyságáról (Carroll, 2001; Deaton, 1992), amihez a törlesztőrészekkel csökkentett negyedéves nettó jövedelmüket veszik alapul. A buffer-stock-elmélet alapján számított fogyasztást azonban korrigálják az ingatlanárak változásából fakadó vagyonhatással: vagyis az ingatlanárak növekedése esetén többet, az ingatlanárak csökkenése esetén kevesebbet fognak fogyasztani.

A bankok csak úgy hitelezhetnek, ha a saját tőkéjük meghaladja a kihelyezett hitelek egy részét, vagyis a modellben van tőkemegfelelési előírás. Ha az egyes

hitelezett vállalatok tőkéje relatíve túl alacsony, vagy ha egyes háztartások törlesztési terhe relatíve túl magas, akkor az érintett hitelek megfelelő részét leírják a bankok, ami csökkenti a tőkéjüket, és így a hitelkínálatukat is.

A jegybank minden hónapban Taylor-szabály alapján dönt az alapkamatról. A kormányzat adót szed be és munkanélküli segélyt, valamint általános transzfert ad a háztartásoknak. Ezek mértékét időről-időre változtathatja, azonban nullszaldós egyenlegre törekszik.

A vállalatok és a bankok a tőkealapnak fizetnek osztalékot, és a tőkealap ezt egyrészt szétosztja a háztartások között, másrészt ebből nyújthat forrást olyan vállalatoknak, amelyek a kereskedelmi bankoktól nem kaptak hitelt, de még tőkeerősnek tekinthetők.

A modellben bizonyos események negyedéves, mások havi vagy heti frekvencián történnek. Egy negyedév eseményei két részre bonthatók: először a havi frekvenciájú események játszódnak le, majd ezt követően a negyedévet záró lépések következnek. Vagyis az események az alábbi sorrendben követik egymást:

- Havi frekvenciájú események (egy negyedéven belül háromszor egymás után):
  1. A vállalatok (beleértve az építőipari vállalatokat is) döntenek a termelés adott havi tervezett szintjéről, az árakról, valamint meghatározzák a tervezett termeléshez szükséges munkaerő nagyságát.
  2. A munkaerőpiacon az alábbi események követik egymást:
    - Azon vállalatok, amelyek növelni akarják a munkaerő-felhasználásukat, az általuk felkínált bért meghatározott százalékkal növelik. A hiányzó munkahelyekre állást kínálnak.
    - Azon vállalatok, amelyek csökkenteni akarják a munkaerő-felhasználásukat, elbocsátják a megfelelő számú alkalmazottat (akik átmenetileg munkanélküliek lesznek).
    - Minden alkalmazott meghatározott valószínűséggel elhagyhatja a munkahelyét, magasabb fizetés után nézve. Az így felszabaduló munkahelyekre szintén új állást kínálnak a vállalatok. Ezek a munkavál-

- lalók sorban a legjobban fizetett ajánlatokat fogadják el (ameddig még van állásajánlat).
- A munkanélküli háztartások sorban egymás után elfogadják a legjobban fizetett ajánlatokat (ameddig még van állásajánlat).
3. A lakáspiacon az alábbi események követik egymást:
- Az építőipari cégek piacra viszik elkészült egységeiket, valamint a véletlenszerűen eladónak kiválasztott háztartások és a kényszerértékesítésre kötelezett háztartások egy-egy egységet a megfelelő áron piacra visznek.
  - A véletlenszerűen választott vásárlók sorban egymás után az elérhető legolcsóbb egységet veszik meg, amennyiben van kellő likviditásuk, vagy fel tudnak venni jelzáloghitelt. Amennyiben az eladónak volt jelzáloghitele, a bevételből a tőketartozását csökkenti.
4. A háztartások meghatározzák a havi fogyasztási kiadásuk nagyságát.
5. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok meghatározzák termékeik árát.
6. A háztartások hetente fogyasztanak (négyyszer egymás után): minden héten véletlenszerűen sorba rendezve őket, egymás után megpróbálják elkölteni havi fogyasztási kiadásuk megfelelő részét egy véletlenszerűen választott vállalatnál (amennyiben az adott vállalatnál van elegendő termék). Minél alacsonyabb egy vállalat termékének az ára, annál nagyobb valószínűséggel fogják a háztartások az adott vállalatot választani. Az el nem adott termékek készleten maradnak.
7. A foglalkoztatott háztartások bért kapnak a munkáltató vállalatuktól és jövedelemadót fizetnek az államnak, a munkanélküliek munkanélküli segélyt kapnak az államtól. Minden háztartás azonos mértékű általános transzfert kap az államtól.
8. Az alkalmazott munkaerő felhasználásával megtörténik a termelés: az elkészült fogyasztási javak készletre kerülnek, a megkezdett lakásegységek (megfelelő felhasznált munkaerő esetén) egy hónappal előrébb lévő állapotba kerülnek. Az elkészült termékek és egységek készletre kerülnek.

9. A jegybank változtat az alapkamaton.

- Negyedév végi események:

1. A háztartások törlesztőrészletet fizetnek a bankoknak. A túl magas törlesztő-részlettel rendelkező háztartások hitelének megfelelő részét leírják. A bankok az alapkamat függvényében változtatnak a jelzálogkamatokon.
2. A vállalatok hitelért folyamodnak, amennyiben nincsen kellő likviditásuk az osztalék- és a kamatfizetéshez.
3. Amennyiben egy vállalat nem kapott kellő mennyiségű hitelt, csökkenti a szándékolt osztalékkifizetést, és a tőkealaphoz fordul tőkéért.
4. Ha egy vállalat a tőkealaptól sem kaphatott forrást, illikviditási procedúrán megy keresztül, amely során tartozásának egy részét leírják. A negatív tőkével rendelkező vállalatok esetében a teljes hiteltartozást leírják, és helyettük új vállalatok lépnek a piacra.
5. A vállalatok kamatot fizetnek a bankoknak, valamint a vállalatok és a bankok osztalékot fizetnek a tőkealapnak.
6. A tőkealap osztalékot fizet a háztartásoknak, a háztartások adót fizetnek az osztalékjövedelem után.
7. A kormányzat változtat az adók és a transzferek mértékén.

A modellben a háztartások csak akkor kaphatnak jelzáloghitelt, ha az új hitellel együtt a törlesztőrészletek összege nem haladja meg jövedelmük meghatározott ( $\beta$ ) részét. Magasabb  $\beta$  tehát kockázatosabb, míg alacsonyabb  $\beta$  óvatosabb banki hitelezést jelent. A modellt több  $\beta$  mellett is lefuttatták, és a magasabb értékek magasabb lakásárakat és volatilisabb GDP-t eredményeztek. A modell kellően nagy  $\beta$  esetén endogén módon üzleti és lakásárciklusokat is generált, a magasabb  $\beta$  pedig magasabb kilengésekhez vezetett. Ennek hátterében a jelzáloghitelezésnek a lakáspiacra és a reálgazdaságra való visszacsatolása áll. Magasabb  $\beta$  esetén egyre több háztartás tud újabb és újabb lakásegységet venni a lakáspiacon, ami kezdetben

minden időszakban egyre feljebb hajtja a lakásárakat. A lakásárak növekedése két módon is visszahat a reálgazdaságra: egyrészt az építőipari cégek az árak emelkedésének hatására többet építenek, és növelik a munkaerőkeresletüket és a kifizetett béreket, ami növeli a háztartások fogyasztását. Másrészt a lakásárak növekedése a vagyonhatáson keresztül is többletfogyasztásra ösztönzi a háztartásokat. A megnövekedett fogyasztás hatására az építőipar vállalatai mellett a fogyasztási szektor vállalatai is növelik a termelésüket. Minél lazábbak a hitelezési korlátok, kezdetben annál gyorsabb a GDP növekedése. A fellendülés alatt a lakásárak növekedésével párhuzamosan azonban a háztartások egyre inkább eladósodnak az egyre drágább lakásegységek megvásárlásával. A fellendülés alatt a központi bank is emeli az alapkamatot, ami tovább növeli a háztartások törlesztési terheit. Mivel a háztartások a törlesztőrészlettel csökkentett nettó negyedéves jövedelmük alapján fogyasztanak, egy idő után a gazdasági növekedés és a vagyonhatás már nem tudja ellensúlyozni a törlesztőrészletek emelkedésének fogyasztásra gyakorolt negatív hatását. Ráadásul bizonyos háztartások esetében az alapkamat növekedésével oly mértékűvé válhat a törlesztőrészlet, hogy kényszerértékesíteniük kell egy-egy háztartási egységet, vagy nemteljesítővé is válhatnak, főként, ha munkanélküliek lesznek. A kényszerértékesítések hatására a lakásárak elkezdnek csökkenni, ami az építőipari tevékenység és a vagyonhatás csökkenésén keresztül mélyíti a recessziót. Az első recesszió főként a háztartások nemteljesítővé válásával jár együtt, a vállalatokat ez kevésbé jellemzi, ugyanakkor a vállalatok tőkéje csökken. A második ciklus során a meggyengült vállalatok erősítik fel a ciklust: az első recessziót követően a lakásárak normalizálódásával és a háztartások eladósodottságának csökkenésével ismét kezdetét veheti egy újabb növekedési szakasz, azonban a modellben a vállalatok alacsonyabb tőkével indulnak neki a második ciklusnak. Amikor ismét recesszióba fordul a gazdaság, akkor a háztartások mellett a vállalatok is nagyobb mértékben válnak nemteljesítővé, ami a bankrendszer tőkéjének nagyobb mértékű csökkenésén keresztül tovább erodálja a kereskedelmi bankok hitelezési képességét és még tovább mélyíti a recessziót.

A modell jól rámutat a jelzáloghitelezés és a reálgazdaság közötti visszacsatolásokra, ugyanakkor a lakáspiac modellezése sok súrlódástól eltekint azzal a feltevéssel,

hogy a háztartások egy-egy egységgel növelik vagy csökkentik a lakásvagyonukat. Léteznek azonban olyan ágensalapú lakáspiaci modellek, amelyben teljes ingatlanok cserélnek gazdát. Axtell és szerzőtársai (2014) Washington, D.C. lakáspiacát modellezi a ténylegesen megfigyelt tranzakciók alapján, és modelljük szintén a lakásárak ciklikus változását eredményezi. Baptista és szerzőtársai (2016) részegységek helyett szintén teljes lakások adásvételét modellezik. Megkülönböztetnek befektetési célú lakásvásárlást, és modelljükben a befektetők jelenléte eredményezi a lakásárciklusok kialakulását. A dolgozat 5. fejezete magyar adatokra épített keresletvezérelt lakáspiaci modellt tartalmaz, melyben a lakásárciklusok generálása mellett a lakáshitelezést szabályozó makroprudenciális eszközök hatását is lehet vizsgálni. Mindhárom modell mikroadatbázisokból kiindulva generál háztartásokat és/vagy lakásokat. Bár utóbbi modellek realizistikusabb feltevésekkel élnek a lakáspiaccaal kapcsolatban, egyelőre hiányzik belőlük a reálgazdasági visszacsatolás.

### 3.5. Keynes és Schumpeter

Dosi és szerzőtársai (2015) egy olyan ágensalapú modellt mutatnak be, amelyben a kereslet keynesi, a technológiai fejlődés pedig schumpeteri alapokon nyugszik, és amiben fiskális és monetáris politikai döntések hatását is elemezni tudják. Dosi és szerzőtársai (2006) mutatja be az első modellváltozatot, amelyben már endogén módon alakulnak ki az üzleti ciklusok. Ezt a modellt több lépcsőben bővítették (Dosi és szerzőtársai, 2008, 2010, 2013), a továbbiakban pedig Dosi és szerzőtársai (2015) változatát mutatjuk be (de a modell további változataival kapcsolatban lásd pl. Dosi és szerzőtársai, 2017a, valamint Dosi és szerzőtársai, 2017b).

A modellben (a többi bemutatott modellhez hasonlóan) egy fogyasztási jószág van, amit heterogén vállalatok termelnek, és eltérő áron értékesíthetnek. A fogyasztási jószágot munka és fizikai tőke segítségével állítják elő. A tőkét a tőkejószágot termelő heterogén vállalatok állítják elő munkaerő felhasználásával, és különböző termelékenységű tőkét tudnak előállítani az egyes időszakokban. A háztartások a fogyasztási és a tőkejószágot termelő vállalatoknak kínálják fel a homogén mun-



kaerejüket, és fogyasztanak. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok a bankoktól vehetnek fel kölcsönt. A jegybank minden időszakban meghatározza az alapkamatot, a kormányzat pedig adót szed és munkanélküli segítyt ad a munkanélküli háztartásoknak, valamint kisegíti a csődbe ment bankokat.

Egy időszak folyamán az alábbi sorrendben követik egymást az események:

1. A központi bank és a kormányzat megállapítja az adott időszakra vonatkozó alapkamatot, a tőkekövetelményt és az adókulcsot.
2. A bankok meghatározzák a hitelkínálatukat.
3. A tőkejószaot termelő vállalatok kutatás-fejlesztést hajtanak végre, amivel hatékonyabb tőkejószaot tudnak előállítani és/vagy a tőkejószaot tudják hatékonyabban előállítani. A tőkejószaot termelő vállalatok másolás útján is fejleszthetik a technológiájukat. A tőkejószaot termelő vállalatok elküldik az általuk termelt tőkejószaot termelékenységet és árát a megfelelő fogyasztási jószágot termelő vállalatoknak.
4. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok döntenek a termelés és a beruházás szintjéről. Ha nincsen elég belső forrásuk (betétjük), akkor kölcsönért folyamodnak a bankjukhoz. Ha szeretnének beruházni, leadják a megrendelésüket az általuk választott tőkejószaot termelő vállalatnak.
5. Mindkét szektorban felveszik a termeléshez szükséges munkaerőt és termelnek. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok ehhez hitelt vehetnek fel a bankoktól.
6. A kormányzat meghatározza a munkanélküli segíty nagyságát.
7. A fogyasztók fogyasztanak az adott évi bérükből (jövedelmükből). Az egyes fogyasztási jószágot termelő vállalatok részesedése az általuk felkínált ár függvényében alakul.
8. A vállalatok kiszámolják a profitjukat, pozitív profit esetén visszafizetik a hiteleiket, nettó megtakarításaikat pedig betétként helyezik el a bankokban.

9. A bankok számszerűsítik a profitjukat és a nettó vagyonukat. Amennyiben a nettó vagyonuk negatív, a kormányzat kimenti őket.
10. Vállalati ki- és belépések: a nulla közeli piaci részesedéssel, valamint a negatív likvid eszközökkel rendelkező vállalatok kilépnek, helyettük pedig újak lépnek be.
11. Az időszak folyamán rendelt tőkejószágot beüzemelik a fogyasztási jószágot termelő vállalatok.

A fogyasztási jószágot termelő vállalatok tőke és munkaerő segítségével termelnek. Minden egységnyi tőke egy egységnyi fogyasztási jószág előállítását teszi lehetővé, vagyis a tőkeállomány megadja a fogyasztási jószágot termelő vállalat kapacitását. Az egyes tőkejóságok azonban különböző termelékenységűek lehetnek, ami azt mutatja meg, hogy hány egységnyi munkaerőre van szükség ahhoz, hogy az adott tőkével megtermeljék a fogyasztási jószágot. A fogyasztási jószágot termelő vállalat egy időszakban egy vállalattól vásárol tőkét, így a különböző időszakban vásárolt tőkék eltérő termelékenységűek lehetnek.

A munkaerő homogén, a munkabér pedig makroszinten határozódik meg, így minden vállalat ugyanakkora bért fizet. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok kiszámítják, hogy átlagosan mekkora munkaerőköltséggel tudják előállítani a terméket, és erre tesznek valamekkora változó nagyságú felárat. A felár mértéke függ a piaci részesedésüktől.

A vállalatok termelési döntése a korábbi időszakok keresletétől függ. Ez alapján számszerűsítik az adott időszaki keresletre vonatkozó várakozásukat és a várt kereslet  $\iota$  részének megfelelő készlettöblettel szeretnének megjelenni a fogyasztási jószág piacán. A megmaradt készletet átvihetik egyik időszakról a másikra. Ha az adott időszaki tervezett termelési szintet a tőkeállományuk szűkössége miatt nem tudják megvalósítani, akkor bővítési beruházási igénnyel lépnek fel. A bővítési beruházási kereslet mellett azonban lehetőségük van hatékonyságnövelő beruházásra is, ami a kevésbé hatékony tőkeállomány lecserélését jelenti, és így az egységköltségük fog csökkenni. A hatékonyságnövelési beruházás mértéke egyszerű szabály alapján

határozódik meg: tőkeállományuk azon részét próbálják meg lecserélni a számukra az adott évben elérhető tőkére, amely esetében a beruházás az egységköltségen való megtakarítás alapján meghatározott időszakon belül megtérül.

A tőkejószágot termelő vállalatok a rendeléssel együtt megkapják a tőkejóság árát, így nekik likviditási kérdéseik nincsenek, nem vesznek fel hitelt. Vagyont ettől függetlenül halmoznak fel betétek formájában, amiből a fejlesztést finanszírozhatják majd. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok ezzel szemben csak a termelés után kapják meg a fogyasztótól a pénzt, így esetükben szükséges lehet hitelt felvenni. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok nettó pénzügyi vagyona betéteik és hitelállományuk különbözete, ami természetesen évről évre változik a bevételek, a társasági adó, a kamatfizetések és a beruházási költségek függvényében.

A bankok hitelkínálatát nettó vagyonuk (saját tőkéjük) határozza meg. A bankok államkötvényeket vásárolhatnak és hitelt nyújthatnak, tőkét a nyújtott hitel után kell tartaniuk. A kötelező tőkekövetelményen felül pénzügyi sebezhetőségük függvényében puffert tartanak. A bankok és a vállalatok kapcsolata rögzített, tehát a vállalatok nem váltanak bankot, még akkor sem, ha a bankjuk nem tud elég hitelt folyósítani számukra. Viszont mindegyik bank árazási stratégiája ugyanolyan: a hitelért folyamodó vállalatokat 4 osztályba rangsorolják, és minél hátrébb lévő osztályban van egy vállalat, annál nagyobb kamatfelárat kell fizetnie. Az alkalmazott kamatfelárak ugyanakkorák a bankoknál. A kamatfelár az alapkamatra rakódik rá, amit Taylor-szabály alapján határoz meg a központi bank. A bankok a kihelyezett hitelek, az államkötvények és a jegybanki tartalékaik után kamatot kapnak, a vállalati betétek után pedig kamatot fizetnek.

A fogyasztók minden évben elköltik a kapott jövedelmet, nem halmoznak fel, így betéteik sincsenek. A vállalatok és a bankok nem fizetnek osztalékot, nyereségükkel nettó vagyonukat gyarapítják.

Ebben a modellben is endogén módon generálódnak üzleti ciklusok, és sok stilizált tényt visszaad a modell: a beruházás volatilitása nagyobb, mint a GDP-é, a fogyasztásé pedig alacsonyabb. A fogyasztás, a nettó beruházás, a produktivitás, a

nominálbérek és az infláció prociklikus; a munkanélküliség anticiklikus; a növekedési ráták eloszlásában megjelennek a szélsőségek.

Ami a pénzügyi rendszert illeti, a vállalatok adóssága és a bankok profitja szintén prociklikus, a hitelezési veszteségek pedig anticiklikusak, a hitelezési felfutásokat pedig gyakran bankválságok követik. A hitelek és a vállalatok pénzügyi helyzete Minsky-féle utat jár be (vö. Minsky, 1986): a felfutás alatt a vállalatok profitja és cash flow-ja javul, miközben a termelés és a beruházási kiadások is növekednek, ami az adósság emelkedéséhez is vezet. Az adósság emelkedése a kamatkiadások emelkedéséhez vezet, ami ront a vállalatok cash flow-ján, ami pedig idővel magasabb csődrátákhoz vezethet. A magasabb csődráták a bankok mérlegét és hitelezési képességét is rontják. A modellben a gazdasági válságok általában rövidek, időtartamuk eloszlása az empiriával összhangban exponenciális (Wright, 2005). A bankválságok GDP-hez viszonyított fiskális költségének eloszlása igen csúcsos, miközben a szélső értékek is gyakoribbak (vö. Laeven és Valencia, 2008).

### **3.6. Reflexió a modellekre a tapasztalatok fényében**

Az ágensalapú modellek igen sokfélék lehetnek, bár néhány közös vonás – mint például a hitelnyújtással történő betétkeremtés és a stock-flow-konzisztencia – kezd bevett gyakorlattá válni. Azonban minden modellnek megvan a saját világa, amit elsőre nehéz átlátni. A DSGE-modellek felírásakor sok esetben csak az a kérdés, hogy az épp vizsgált problémát milyen egyenlet segítségével jelenítik meg a szerzők, de a gondolkodási keret lényegében egységes, emiatt könnyebben átláthatók a modellek. A mechanizmusokat sok esetben az olvasó is magától felismeri, amikor látja a modell felépítését. Az ágensalapú modelleknél a teljes és biztos megértés érdekében azonban meglehetősen részletesen kellene leírni a modell mechanizmusait. Nem elég csak a szabályokat leírni, mert az olvasóknak még nem feltétlenül van akkora gyakorlatuk, hogy a szabályrendszer a fejükben koherens egészszé álljon össze. Delli Gatti és szerzőtársai (2011) könyvet jelentettek meg a modelljükről, ami lehetővé tette, hogy részletesen írják le a modellt, közben sok utalást téve a mechanizmusokra. A

folyóiratokban lévő publikációk esetében azonban igen fáradságos munkát igényelhet az olvasó részéről, hogy pontosan értse a modell működését.

Nagy előnye az ágensalapú modelleknek, hogy az alkalmazott döntési szabályok megalkotásakor viszonylag könnyen képesek beépíteni az empirikus megfigyeléseket, de vigyázni kell arra, hogy a sok alkalmazott szabály a modell egészének szintjén is kezelhető maradjon. Mivel nem kell arra figyelni, hogy a modell egésze analitikusan kezelhető maradjon, az ágensalapú modellezők esetében nagy a kísértés, hogy egyszerre mindenféle valósághoz közeleink tűnő szabályt beletegyenek a modellbe. Emiatt a modell igen gyorsan átláthatatlanná válhat: bár a modellezőnek lehet elképzelése arról, hogy egy-egy szabály alapján véve milyen eredményeket fog szülni, az egyes szabályok interakcióját részletesen meg kell érteni. A EURACE-modell bővítései kapcsán sokszor előfordul, hogy annyi feltevést tesznek bele egyszerre, hogy a gazdaság hatalmas kilengéseket képes produkálni akár rövid idő alatt is. Ugyan az eredményeket nem kell levezetni, minden szabály esetében pontosan át kell gondolni néhány példafuttatás segítségével, hogy az milyen dinamikát vihet a rendszerbe, és miért. Ha megértjük a folyamatokat, az segíthet a szabályok megfelelő módosításában és kiegészítésében is. Delli Gatti és szerzőtársai (2011) és Dosi és szerzőtársai (2015) egyébként kevesebb feltevéssel élnek, mint a EURACE modell, és alapján véve valószínűbb eredményeket is adnak a vizsgált változók esetében.

Az ágensalapú modellekben fontos a szabályok megalkotásakor a simítás (például, hogy a hirtelen megugró keresletet ne akarja egy vállalat teljes egészében kielégíteni), amint azt például a EURACE modell esetében is láthattuk. Amennyiben nem alkalmazunk simítást, néhány folyamat képes egyre nagyobb kilengéseket eredményezni. Ugyanakkor arra is kell figyelni, hogy a modellbe legyenek valamilyen mértékben automatikus stabilizátorok beépítve, amelyek valahogyan vissza tudják húzni a gazdaságot a nagyon szélsőséges értékektől. Míg a DSGE-modellekben a racionális várakozások a modellt nem engedik elszállni, az ágensalapú modellek esetén könnyű úgy megalkotni egy modellt, hogy a gazdaság idővel vagy felrobbanjon, vagy eltűnjön. Dosi és szerzőtársai (2015) modelljében például a nem megfelelően megválasztott munkanélküli segély esetén bármelyik véglet bekövetkezik, amennyiben a kormányzat eladósodásának nem szabnánk gátat. Ha túl nagy a munkanélküli

segély, akkor túl nagy lehet az aggregált kereslet, túl alacsony munkanélküli segély mellett pedig az aggregált kereslet fokozatosan akár el is halhat. Ez azért van, mert a fogyasztók vásárlásai után a vállalatok a felárat nem juttatják vissza a fogyasztóknak, így a fogyasztók más jövedelemforrás híján egyre kevesebbet tudnának csak fogyasztani.

Ami az ágensalapú modellek által reprodukált stilizált tényeket illeti, a modellek azokat az eredményeket emelik ki, amelyek legalább kvalitatíve megvannak, arról azonban értelemszerűen nem esik szó, hogy mennyi mindenben kellene a valósághoz közelebbi eredményeket kapni. Assenza és szerzőtársai (2015) például utalnak rá, hogy a különböző makrováltozók szórásai és autokorrelációi, valamint a GDP és a többi makrováltozó késleltetettjei közötti korrelációk mennyire hasonlítanak az empirikus értékekre, a modellben keletkezett endogén recesszió azonban túlságosan elnyújtott.

Az ágensalapú modellek gyakran hivatkoznak arra, hogy endogén módon alakulnak ki bennük a ciklusok. Delli Gatti és szerzőtársai (2011) modelljében 100 vállalat van, és megjegyzik, hogy az endogén ciklust a vállalatokat érő idioszinkratikus sokkok okozhatják szemben a DSGE-modellek exogén termelékenységi sokkjával. A vállalatok mérete ugyanakkor balra ferde eloszlás szerint alakul, és (endogén módon) kialakul néhány relatíve nagy méretű vállalat. Ha azonban az idioszinkratikus sokk valamelyik nagyvállalatot érinti, ami a termelésnek jelentős hányadát adja, akkor ez a sokk nem feltétlenül áll távol egy exogén aggregált sokktól. A recesszió kialakulásához ugyanakkor a sérülékenységek továbbra is endogén módon épülnek fel.

Az ágensalapú modellek fejlesztése igen nagy kihívás elé állítja a fejlesztőket: analitikus levezetések helyett rengeteg szabály közvetlen hatását és kölcsönhatását kell kielemezni, és a kalibráció is sok esetben fáradságos munkát vesz igénybe, finomhangolni kell az egyes szabályokban szereplő paraméterek értékét, különben könnyen kapunk a valóságtól elrugaszkodott dinamikákat.

Az ágensalapú modellek igen számításigényesek lehetnek. Assenza és szerzőtársai (2015), valamint Dosi és szerzőtársai (2015) esetében még viszonylag kevés a szereplő:

az alkalmazott bonyolultsági szintnél néhány száz ágens döntéseit végigszámolni nem számításigényes. Amikor azonban néhány nagyságrenddel változik az ágensek száma (amit a EURACE tűzött ki célul), egy-egy modell futtatása sok ideig is eltarthat. Ez a fejlesztés és a kalibráció során is problémákat okozhat. A fejlesztés során nagyon sokszor kell lefuttatni a kódokat a folyamatok megértése, a sok szabály kipróbálása és a hibakeresés miatt egyaránt. A kalibráció során a helyes paraméterek megtalálásához szintén sok futtatás szükséges. A bankrendszer megfelelő modellezéséhez pedig az ágensek számát növelni kell: például minden időszakban kellő megfigyelés kell a csődbe ment vállalatokat illetően, ha ugyanis átlagosan csak néhány vállalat mehet csődbe egy időszak folyamán, akkor a hitelezési veszteségek túl nagy volatilitást mutathatnak. Ha a makromodellt lakáspiaccaal is szeretnénk bővíteni, akkor ahhoz, hogy minden időszakban legyen kellő számú tranzakció, szintén sok háztartást kell szerepeltetni.

### 3.7. Összegzés

A válság hatására egyre több közgazdász kezdett el ágensalapú modelleket fejleszteni a főáramú modellek helyett. Ezekben a modellekben jelenleg könnyebb a reálgazdaságra, a lakáspiacra és a hitelezésre vonatkozó súrlódásokat egyszerre szerepeltetni. Az ágensalapú modellek egyre inkább próbálják beépíteni a viselkedési közgazdaságtani eredményeket az alkalmazott feltevések során, hogy minél realisztikusabbá tegyék a modellezést. A bankrendszert is úgy jelenítik meg, hogy a betétek a hitelezéssel együtt jönnek létre. A hitelezésben jelen lévő kockázatok vizsgálata során fontos szempont az adósok heterogenitásának figyelembevétele, ha pedig a heterogenitást mikroadatbázisok alapján építik be a modellbe, azzal a valós veszteségeket is megalapozottabban lehet számszerűsíteni. Ezen tulajdonságaiknak köszönhetően egyre több ágensalapú makromodellt fejlesztenek egyre szofisztikáltabb pénzügyi közvetítőrendszerrel és/vagy lakáspiaccaal kiegészítve. Sok modell egyelőre néhány kvalitatív jellemzőt ad vissza, más modelleket ugyanakkor már sikerült több kvantitatív összefüggésre is kalibrálni. Idővel ezek a modellek alkalmas-

sá válhatnak arra, hogy szabályozói döntésekhez szolgáltatassanak megalapozott szimulációkat.



## 4. fejezet

# Hitelciklusok és anticiklikus tőkepuffer egy ágensalapú keynesi modellben

### 4.1. Bevezetés és irodalomáttekintés

A 2007-ben kezdődő világválság újra rávilágított a pénzügyi közvetítőrendszer makrogazdasági folyamatokra gyakorolt jelentős hatására. A vállalatok és a háztartások beruházásainak, valamint egyéb kiadásainak fedezésére részben a bankrendszer biztosít megfelelő forrásokat, ezzel támogatva a növekedést. A felfokozott várakozások következtében kialakuló eszközárborék az azonban a kibocsátási rés túlzott kinyílásához vezetnek, míg a bankokhoz kapcsolódó, rendszerszintű csődesemények tartós recessziót idézhetnek elő. Így a gazdaság ciklikus mozgásainak értékelésekor a hitelezési folyamatok alakulása is kulcsszerepet játszik. Ezért a pénzügyi közvetítőrendszer a költségvetési és monetáris politikai döntéshozatalra is hatással van, ráadásul egyre növekvő figyelmet kap a makroprudenciális politika, azaz azok az intézkedések, amelyek figyelemmel kísérik és szabályozzák a bankok rendszerszintű kockázatait és makrogazdaságra gyakorolt hatásait.

A makroprudenciális politika célja, hogy biztosítsa a stabil (azaz megfelelő tőke- és likviditási helyzetben lévő) bankrendszert – amely elengedhetetlen a modern piacgazdaságok működéséhez –, ugyanakkor megakadályozza a rendszerkockázatok kiépülését. Számos eszköz áll a szabályozóhatóságok rendelkezésére, amelyek különböző szempontok alapján hivatottak biztosítani a pénzügyi stabilitást. A szolvencia szempontjából ezek közül az egyik legfontosabb az anticiklikus tőkepuffer (countercyclical capital buffer, CCB). Az anticiklikus tőkepuffer lényege, hogy a túlzott hitelezés időszakában a bankoknak többlettőkepuffert kell képezniük, amelyet a recesszió időszakában felszabadíthatnak. Így a válság okozta veszteségeket fedezni tudják a felszabaduló tőkéből, és nem kényszerülnek hitelezési tevékenységük visszafogására.<sup>1</sup>

Az új makroprudenciális intézkedések előkészítésével párhuzamosan természetes módon merül fel az igény az új eszközök várható hatásainak vizsgálatára, valamint a monetáris, illetve a költségvetési politikával való összehangolhatóság elemzésére. Mivel ezeket az eszközöket főként a válság után vezették be, az empirikus vizsgálatoknak korlátokat szab a megfelelő mintaméret hiánya. Ezért ökonometriai eszközökkel viszonylag kevés tanulmány vizsgált ilyen jellegű kérdéseket. Az anticiklikus tőkepuffer és egyéb tőkeemelések hatása kapcsán inkább a hitelciklus mérésére és a válság-előrejelzésre helyezik a hangsúlyt, a kutatások a várható reálgazdasági hatásokat kevésbé képesek megragadni (kivételt képez például: Edge és Meisenzahl, 2011, illetve Jiménez és szerzőtársai, 2012).

Egy másik modellezési megoldás lehetne a makrogazdasági módszerek között a dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi (DSGE) modellek használata. Ezek azonban számos ponton nem képesek megragadni a bankrendszer működésének és hatásmechanizmusának sajátosságait. Fontos például, hogy a modell a makroprudenciális politika számára endogén módon generálódó, hosszú (akár harminc évig is tartó) hitelciklusokat tartalmazzon, azaz tartós egyensúlytalanságok is megjelenhessenek a gazdaságban, különben nem értelmezhető az anticiklikus tőkepuffer szerepe. Jakab és Kumhof (2015) modellje hosszú lefutású hitelciklusok generálására

---

<sup>1</sup>Az anticiklikus tőkepufferről bővebb leírás olvasható: Drehmann és szerzőtársai (2010), Detken és szerzőtársai (2014), illetve Hosszú és szerzőtársai (2016) cikkeiben.

teszt kísérletet DSGE-keretben. Eredményeik szerint fontos, hogy a bankrendszer pénzteremtő megközelítésben kell modellezni az irodalomban megszokott pénzügyi közvetítő feltételezés helyett. A makroprudenciális eszközök vizsgálatakor szintén lényeges, hogy a szereplők nagyfokú heterogenitását és korlátozottan racionális várakozásait is modellezni lehessen. E szempontok szerepeltetése szintén jelentős korlátokba ütközik DSGE-modellek esetén. Miközben a korlátozott racionalitás eleve segíthet a súrlódások beépítésében és a tartós egyensúlytalanságok felépülésének modellezésében, a makroprudenciális politikát illetően a bankrendszer stabilitásának, illetve a hitelezési veszteségek vizsgálatának szempontjából különösen fontos a hitelezők heterogenitása: sok egyedi tényezőtől függ, hogy végül mely adósok válnak nemteljesítővé, és nemteljesítés esetén is az egyes hitelszerződéseknél igen eltérő lehet a hitelezési veszteségek nagysága. A makrogazdasági visszacsatolásokat az aggregált keresletre vonatkozó hatás is befolyásolja, hitelezési korlátok esetén pedig az aggregált kereslet attól is függ, hogy az egyes szereplők milyen mértékben vannak korlátozva a banki források igénybevételekor.

Az említett okok miatt az ágensalapú megközelítés mellett döntöttünk. Az ilyen típusú modellekben a gazdaság szereplői általában nem haszon- és profitmaximalizáló ágensek, hanem korlátozottan racionálisak, viselkedési ökölszabályokat követnek, de képesek tanulni (ahogy az evolúciós gazdaságtani modellekben általában, utóbbira példa Nelson és Winter, 1982). Az ágensalapú modellek egyre elterjedtebbek a közgazdaságtan minden területén, mivel rugalmasan alakíthatók, nemlineáris összefüggések esetén is használhatók, és alkalmasak komplex rendszerek modellezésére is (lásd Tesfatsion és Judd, 2006, illetve LeBaron és Tesfatsion, 2008).

Benedek (2005) az ágensalapú megközelítéssel rokon genetikus algoritmust használja evolúciós szimulálásra, Farkas és szerzőtársai (2010) a lakáspiacot vizsgálja ágensalapú szimulációval, Hau és szerzőtársai (2013) pedig a piaci alkalmazkodási folyamatokat. Király és Simonovits (2016) a nyugdíj-megtakarításokat modellezte ágensalapon, Varga és Vincze (2016) pedig a megtakarítási típusokat vizsgálta adaptív-evolúciós megközelítéssel, amelynek eredményeit későbbi ágensalapú makromodellek építésekor is fel lehet használni.

Az ágensalapú modellek között találunk olyanokat, amelyek csak a bankrendszerre koncentrálnak, de nem vizsgálják a makrogazdasági beágyazottságot (Poledna és szerzőtársai, 2014), valamint olyan makromodelleket is, amelyekben nem szerepel pénzügyi közvetítőrendszer (Lengnick, 2013). Egyre több olyan modell van azonban születőben, amely a bankrendszert a makrogazdaságba ágyazottan vizsgálja (például Cincotti és szerzőtársai, 2010).

A bankrendszerre összpontosító modellek közül Lenzu és Tedeschi (2012) a bankközi piac kiépülését vizsgálja, elsősorban azt, hogy az endogén módon kialakuló bankközi hálózatok milyen rendszerszintű kockázatokat hordozhatnak. Delli Gatti és szerzőtársai (2011) makromodelljében a ciklus kialakulását sok DSGE-modelltől eltérően nem tényezőtermelékenységi sokk okozza, hanem a kereslet változása, ami bizonyos vállalatok csődjén keresztül továbbgyűrűzik. Miközben a makroprudenciális eszközök hozzájárulhatnak a pénzügyi stabilitás növekedéséhez, a stabilabb környezet sok esetben alacsonyabb szintű hitelezéssel és így alacsonyabb szintű kibocsátással párosul. A makroprudenciális eszközök kibocsátásra gyakorolt hatását akkor tudjuk modellezni, ha figyelembe vesszük a hitelezés és a kibocsátás kapcsolatát, amely a gazdasági ciklusok során pénzügyi akceleratorként jelentkezhet (Bernanke és szerzőtársai, 1999). A pénzügyi akcelerator hatásának lényege, hogy a gazdasági ciklusok negatív szakaszában a rosszabb környezet miatt a bankok kevesebb hitelt nyújtanak a vállalatoknak, amelyek így kevesebbet termelnek, ami még nagyobb visszaeséshez vezethet a hitelezésben és ezen keresztül a kibocsátásban. Hálózatalapú pénzügyi akcelerator modellezett Delli Gatti és szerzőtársai (2010), amelyben néhány nagy tőkeáttétellel rendelkező vállalat csődje generál még nagyobb visszaesést, amit Riccetti és szerzőtársai (2013) többidőszakos hitelekkel, Riccetti és szerzőtársai (2016) pedig a vállalatok piaci kapitalizációjával egészített ki. Kimondottan makroprudenciális politika vizsgálatára is alkalmazható ágensalapú modellt mutat be Popoyan és szerzőtársai (2017), amely a makroprudenciális és a monetáris politika összehangolásának kérdését is tárgyalja.

Dosi és szerzőtársai (2015) ágensalapú makromodelljében a technológiai fejlődésnek köszönhetően a gazdaságban endogén módon alakulnak ki a gazdasági ciklusok. A technológiai fejlődést, illetve az innovációt schumpeteri alapokra helyezték, a

vállalatok a termeléshez és a beruházáshoz hitelt vehetnek fel, a vállalati csődök visszahatnak a banki tevékenységre, a modellben pedig monetáris és fiskális politikai döntések is szerepelnek, amelyek befolyásolják a ciklusok alakulását is. A modell fő összetevőit az irodalomösszefoglaló fejezetben már ismertettük. Mivel a modell makrogazdasági feltevéseit plauzibilisnek találtuk, a gazdasági ciklusokkal kapcsolatos következtetései pedig számos stilizált tényt képesek visszaadni, ezért a saját modellünk felépítéséhez ezt vettük alapul, és sok építőkövet átvettünk belőle. Célunk az volt, hogy makroprudenciális kérdéseket is vizsgálhassunk, ezért arra törekedtünk, hogy modellünk képes legyen a gazdasági ciklusoknál hosszabb hitelciklusokat generálni. Ez okból részletesebben jelenítjük meg a bankrendszert, mint az eredeti cikkben, és más viselkedési szabályokon is változtattunk, hogy perzisztensebb eredményeket kapjunk. Megvizsgáltuk azt is, hogyan hat modellünkben az anticiklikus tőkepufferráta: egy ilyen szabályozói eszköz képes csökkenteni a bankrendszer prociklikus viselkedését, ezáltal pedig stabilabb gazdaságot eredményez.

A következő alfejezetben bemutatjuk modellünk működését. Az eredmények című alfejezetben leírjuk a ciklusok felépülésének mechanizmusát, illetve a ciklusok hosszára vonatkozó eredményeinket. Ezután az anticiklikus tőkepufferráta GDP-re gyakorolt hatását tárgyaljuk. Végül összegezzük a legfontosabb megállapításokat, és kitérünk a modell továbbfejlesztési lehetőségeire.

## 4.2. A modell

Egy zárt gazdaságban kétféle terméket termelnek, tőkejavakat és fogyasztási javakat. A tőkejavakat a fogyasztási szektor használja fel, a fogyasztási javakat pedig a háztartások vásárolják meg. A termeléshez és a vásárláshoz a szereplőknek pénzre van szükségük, amely a bankrendszeren keresztül áll rendelkezésre. A vállalatok és a háztartások heterogének, a bankrendszert viszont egy kereskedelmi bank reprezentálja. A vállalatokon, a háztartásokon és a kereskedelmi bankon kívül még három szereplője van a gazdaságnak: a központi bank, a kormányzat és a makroprudenciális hatóság. A központi bank végső hitelezőként (*lender of last resort*) lép fel. A kormányzat a

nyereségek után adót szed be, valamint transzfereket nyújt a munkanélküli háztartásoknak. A makroprudenciális hatóság felügyeli a bankokat: tőkeelőírással biztosítja a pénzügyi stabilitást. A vállalatok és a háztartások pénzüket betétekben tartják, a vállalatok pedig hitelt vehetnek fel a banktól, amennyiben nincsen elegendő betétjük: forgóeszközhitelt a termelés munkaerőköltségének fedezésére, illetve beruházási hitelt a tőkeállomány bővítéséhez vagy egy részének hatékonyabb tőkejószágra való cseréléséhez. A gazdaság hitelpénz segítségével működik: a pénzállomány mögött a vállalatok hitelei, valamint államkötvények állnak. A gazdaság keynesi alapokon nyugszik: a vállalatok termelésüket a múltban megtapasztalt keresletük alapján, a háztartások fogyasztásukat vagyonuk és jövedelmük alapján határozzák meg. Ha azonban a bank nem hitelez egy adott vállalatot (saját döntése vagy különböző prudenciális szabályok jelenlétéből fakadóan), a szűkös hitelkínálat visszahat a termelésre és a beruházásra, az alacsonyabb termelésen (jövedelmen) keresztül pedig a keresletre is. A vállalatok csődjei veszteségeket generálhatnak a banknak, ami akár fizetéseképtelenséghez is vezethet.

#### **4.2.1. Egy periódus eseményei**

A modell egymást követő periódusokból áll. Egy periódus egy negyedévnek feleltethető meg, ahogyan a GDP-idősorok esetében is negyedéves frekvencián vannak adataink. Minden periódusban a következő sorrendben követik egymást az események:

1. Adott időszakra érvényes nominális bérek meghatározása. A makroprudenciális hatóság meghatározza az anticiklikus tőkepufferráta nagyságát.
2. A fogyasztási szektor vállalatai meghatározzák az áraikat.
3. A tőkeszektor vállalatainak technológiáját idioszinkratikus sokk éri, a tőkeszektor vállalatai meghatározzák az általuk termelt tőke árát, és elküldik az árat és a tőkejóságuk technológiai tulajdonságát a velük kapcsolatban lévő fogyasztási vállalatoknak.

4. A bank meghatározza a még kihelyezhető hitel mennyiségét, és rangsorolja a vállalatokat hitelképesség (jövedelmezőség) szerint.
5. A fogyasztási szektor vállalatai meghatározzák, hogy az adott időszakban mennyit termeljenek és mennyit ruházzanak be kapacitásnövelési, valamint lecserélési (termelékenységnövelési) céllal. A termeléshez és a beruházáshoz szükséges pénzmennyiség és a vállalati betétek függvényében a vállalatok elküldik hitelkérelmüket a banknak.
6. A bank hitelt nyújt a vállalatoknak, figyelembe véve a banki hitelkorlátot. A hitelnyújtást a vállalati rangsor alapján végzi: először az adott időszaki termeléshez szükséges forgóeszközhitelt folyósítja a vállalatoknak, majd ismét a rangsor alapján a beruházási hitellel folytatja.
7. Termelés: amennyiben a fogyasztási szektor vállalatai az általuk kérvényezett hitelösszegnek csak egy részét kapták meg, akkor először a kitűzött termelési szintet próbálják elérni, és csak az ezen felül maradó likvid forrásból kívánnak beruházni, a beruházási szándékukat pedig elküldik a velük kapcsolatban álló tőkeszektorbeli vállalatnak. A tőkeszektor és a fogyasztási szektor vállalatai is felveszik a szükséges munkaerőt, bért fizetnek, a megtermelt termékek pedig raktárkészletre kerülnek. A termelést követően a fogyasztási vállalatok tőkéjének egy része amortizálódik. Az állam munkanélküli-segélyt fizet a munkanélkülieknek.
8. Fogyasztás: kialakul a fogyasztási szektor vállalatainak piaci részesedése, a háztartások pedig meghatározzák fogyasztási kiadásuk nagyságát. Az egyes háztartások fogyasztási kiadásukat a piaci részesedés alapján osztják szét az egyes vállalatok között, túlkereslet esetén azonban a piaci részesedést figyelmen kívül hagyva a még felesleggel rendelkező vállalatoktól is vásárolhatnak. A vállalatok megvásárolják a tőkejavakat, üzembe helyezik azokat, a szükséges mennyiséget pedig lecserélik.
9. Időszak végi pénzáramlások:

- (a) a vállalatok adót fizetnek az államnak; kamatfizetések meghatározott sorrendben: a vállalatok kamatot fizetnek az előző időszaki záró hitel-állományuk, valamint az adott időszaki forgóeszközhitelük után; a bank kamatot kap az előző időszaki záró államkötvény-állománya után; a bank kamatot fizet az előző időszaki záró betétállománya után, valamint az előző időszak végi jegybanki hitele után (ha volt);
- (b) a vállalatok megpróbálják visszafizetni a forgóeszközhitelüket, végül a beruházási hitelek előző időszaki záróállományának egy részét is törlesztik;
- (c) az állam kimenti a bankot, ha az túl kevés saját tőkével rendelkezik, és nem felel meg a szabályozói előírásoknak;
- (d) a vállalatok osztalékot fizetnek a háztartásoknak;
- (e) a bank adót fizet az államnak, majd osztalékot a háztartásoknak;
- (f) az időszak végén rögzítjük az egyes szereplők tartozásait és az adott időszaki kamatlábak függvényében azt, hogy a következő időszak folyamán milyen kamatfizetési kötelezettségeik lesznek.

#### **4.2.2. Az egyes ágensek viselkedési szabályai**

##### **A tőkeszektor vállalatai**

A tőkeszektor vállalatai a fogyasztási szektor vállalatai számára állítják elő a szükséges tőkejavakat. Minden egységnyi tőkejóság egy időszak (negyedév) alatt egységnyi fogyasztási jóság előállításához elegendő, a tőkejóság működtetéséhez azonban munkaerőre is szükség van. Minden tőkejóságnak van munkaintenzitási paramétere, amely azt mutatja meg, hogy hány egységnyi munkaerőre van szükség ahhoz, hogy az adott tőkejósággal megtermeljék a fogyasztási jóságot. A továbbiakban azonban ennek a reciprokát használjuk, vagyis hogy az adott típusú tőkét használva egységnyi munkaerő egy időszak alatt hány fogyasztási jóságot állítana elő (előállítási termelékenység). A tőkejóság előállításának technológiáját a beruházási termelékenységgel írhatjuk le, amely azt mutatja meg, hogy egységnyi munkaerő egy időszak alatt hány tőkejóságot állítana elő. Egy tőkeszektorbeli vállalat technológiáját tehát



adott időszakban az előállítási és a beruházási termelékenységgel lehet jellemezni. Az egyszerűség kedvéért a két paraméter aránya konstans ( $r_{PI}$ ), és minden vállalat esetében megegyezik, az egyes paraméterek nagysága azonban eltérhet.

A tőkeszektor egyes vállalatainak technológiáját minden periódusban idioszinkratikus sokk éri ( $e_{i,t}$ ), amely az előállítási és a beruházási termelékenységet is ugyanakkora mértékben növeli. Az  $e_{i,t}$  csonkolt normális eloszlásból származik, várható értéke 0,005, varianciája pedig 0,001. Ezenkívül 0,03 valószínűséggel az egyik tőkeszektorbeli vállalat technológiáját  $u_t$  sokk éri, amelynek várható értéke 0,07, varianciája pedig 0,01.

A fejlesztés mellett egy periódusban a tőkeszektor minden vállalata  $\varsigma$  valószínűséggel másolhat technológiát: amennyiben a vállalatnak lehetősége adódik másolásra, véletlenszerűen kiválaszt egy másik vállalatot, amelynek átveheti az előző időszaki technológiáját, ha az adott technológia hatékonyabb a sajátjánál. A késleltetés miatt nem lehet a legjobb technológiát egyből eltanulni, ugyanakkor a másolás révén az új technológia összességében hamarabb elterjed, és gyorsabban nőhet a gazdaság. A másolásnak köszönhető, hogy a nagy  $u_t$  sokkok végeredményben gazdasági ciklusokhoz vezetnek.

Minden fogyasztási jószágot termelő vállalat egy tőkeszektorbeli vállalattal áll kapcsolatban, vagyis egyetlen vállalattól rendelheti a tőkejavakat. Mivel modellünk fókusza a hitelezés vizsgálata, a tőkeszektorra igyekeztünk viszonylag egyszerű módon szerepeltetni, ezzel a feltevessel pedig eltekintettünk a tőkeszektor vállalatai közötti verseny vizsgálatától. A tőkeszektor vállalatai minden időszakban megküldik a velük kapcsolatban álló vállalatoknak, hogy milyen áron milyen előállítási termelékenységű tőkét vásárolhatnak tőlük. A tőkeszektor mindegyik vállalata saját egységköltségén értékesít.

A tőkeszektor vállalatai nem halmoznak fel készleteket, hanem megrendelésre termelnek, megrendelőik pedig előre fizetnek nekik. Mivel nem kell előre felvenniük a munkaerőt, finanszírozási problémáik nincsenek: a fogyasztási vállalatok által fizetett pénzből meg tudják termelni a szükséges mennyiséget.

## A fogyasztási szektor vállalatai

A fogyasztási szektor vállalatai tőke és munkaerő segítségével termelnek. A tulajdonukban többféle tőkejószer van, ugyanis a különböző időszakokban vásárolt tőkejavaknak más-más lehet az előállítási termelékenysége (de továbbra is mindegyik tőkejószer egységnyi fogyasztási cikk előállítását teszi lehetővé). A tőkejószerok esetében azt tartják nyilván, hogy a különböző termelékenységu tőkejavakból hany darab van a birtokukban. A termelés során (nem teljes kapacitaskihasznaltsag esetén) a tőkejavakat egyenletesen hasznositják, vagyis nem a leghatékonyabb tőkejószerrel termelnek először. Ennek következtében a termelés szempontjából az egyes vállalatok technológiája nem csökkenő mérethozadékú.

A vállalatok az adott időszaki munkabérek ismeretében határozzák meg az áraikat: figyelembe veszik, hogy átlagosan hany egység munkaerőre van szükségük egy fogyasztási jószag előállításához, az átlagos egységköltségre pedig meghatározott mértékű árrést tesznek. Ha az előző időszak beruházásai révén a vállalat termelékenységnövekedése  $r_{AL}^{tr}$ -nél nagyobb mértékű, akkor a vállalat a munkabérek emelkedésével növeli az előző időszaki árat, a tényleges árrése pedig így magasabb lesz az előző időszaki árrésnél. Ezt azért teheti meg, mert a nagy termelékenységnövekedéssel előnyre tehetett szert a versenytársaihoz képest. Ugyanakkor a költséges beruházások miatt szükség is van arra, hogy a hatékonyságnövelő beruházások árrése magasabb legyen, mert ennek következtében válik kifizetődővé a beruházás. Ha a vállalat termelékenységnövekedése  $r_{AL}^{tr}$ -nél kisebb mértékű volt, a vállalat az egységköltségre a (4.1) módon meghatározott árrést ( $\mu_{i,t}$ ) teszi:

$$\mu_{i,t} = (1 - \rho)\mu_C + \rho\mu_{i,t-1}, \quad (4.1)$$

ahol  $\mu_C$  a fogyasztási szektor célárrése,  $\rho$  pedig egy autoregresszív paraméter. Vagyis, ha egy vállalat árrése eltérne a szektorban kívánatos árréstől, akkor autoregresszív alkalmazkodás során térne vissza ehhez az értékhez. Így a versenyelőnyt biztosító beruházások profitabilitásra gyakorolt hatása idővel lecseng, a gazdaságban végbemenő termelékenységnövekedés pedig átgyűrűzik a reálberekbe.

A vállalatok az időszak elején meghatározzák termelési, valamint beruházási tervüket. A vállalatok a tapasztalt kereslethez ( $D_{i,t}^e$ ) igazítják a termelésüket és a

beruházásukat is. A tapasztalt keresletet a korábbi  $n_D$  időszak tényleges keresletének ( $D_i$ ) exponenciálisan súlyozott átlagaként számítják:

$$D_{i,t}^e = \frac{D_{i,t-1} + \alpha_D D_{i,t-2} + \cdots + \alpha_D^{n_D-1} D_{i,t-n_D}}{1 + \alpha_D + \cdots + \alpha_D^{n_D-1}}. \quad (4.2)$$

A vállalatok a tapasztalt keresletnek megfelelő mennyiségen felül  $\iota$  arányú tartalékkal szándékoznak rendelkezni, valamint a termelékenységük növekedésével arányos többlettermelést szeretnének megvalósítani. Ennek megfelelően az  $i$ -edik vállalat  $t$ -edik időszaki szándékolt termelését ( $Q_{i,t}^p$ ) a (4.3) képlet írja le:

$$Q_{i,t}^p = D_{i,t}^e \left( 1 + \eta \left( \frac{AL_{i,t}}{AL_{i,t-1}} - 1 \right) + \iota \right), \quad (4.3)$$

ahol  $AL_{i,t}$  a vállalat átlagos előállítási termelékenysége,  $\eta$  pedig a termelékenységnövekedéshez tartozó korrekciós együttható. Mivel a vállalat nem rendelkezik információval versenytársai termelékenységének változásáról, jobb híján saját termelékenységének növekedésével próbálja megbecsülni a gazdaság termelékenységnövekedését is. Ennek megfelelően pedig saját termelékenységnövekedésének hatására azért akar többlet termelni, mert ebből aggregált termelékenységnövekedésre is következtet, a magasabb aggregált termelékenység pedig idővel magasabb kereslethez vezet.

A vállalatok kapacitásbővítési, valamint hatékonyságnövelési (lecserélési) céllal ruházhatnak be. Kapacitásbővítési keresletüket a szándékolt termelés és a tőkeállományuk különbsége adja meg, függetlenül a tőkejószág árától. A hatékonyságnövelési kereslet esetén a vállalat mindegyik típusú tőkéjéről eldönti, hogy azt az állományt le akarja-e cserélni. A vállalat tőkeállományának azon részét cseréli le, amely esetében  $b$ -nél nagyobb mértékű hatékonyságnövekedést tud elérni.

A vállalatnak előre kell fizetnie a beruházási javakért, valamint az adott időszaki termelésének teljes munkaerőköltségét is meg kell fizetnie a háztartásoknak, mielőtt elkezdődne a termékek adásvétele. A vállalat a szándékolt termelés és beruházás ismeretében számszerűsíti a szükséges pénz mennyiségét. Amennyiben nem rendelkezik elegendő betéttel, a bankhoz fordul a különbözetnek megfelelő hitelkereslettel. Ha a vállalat betétállománya a tervezett munkaerőköltséget sem fedezi, akkor a kettő különbözetét forgóeszközhitelként kérelmezi, a maradék hitelkereslete pedig beruházási hitelkereslet, hiszen abból tőkejavakat fog vásárolni. Amennyiben a bankjától

nem kap elegendő hitelt, akkor a termelést részesíti előnyben a beruházáshoz képest, vagyis csak annyit ruház be, amennyi tőkejóság megvételére lehetősége marad a termeléshez szükséges munkabérek megfizetése után. A vállalatok a forgóeszközhitelként kapott forrást mindig csak a munkabérek fedezésére, míg a beruházási hitelként kapott forrást csak kapacitásbővítésre vagy a tőkejóságok cseréjére használhatják fel.

A termelés során a vállalat minden típusú tőkejósága  $\delta$  mértékben amortizálódik.

A fogyasztás előtt minden vállalat esetében meghatározzuk a piaci részesedést. Az aktuális piaci részesedés ( $ms_{i,t}$ ) a vállalat előző időszaki piaci részesedésétől függ, valamint a vállalat termékének relatív árától, mégpedig a (4.4) képlet alapján:

$$ms_{i,t} = ms_{i,t-1} \left( 1 + \chi \frac{\bar{p}_t - p_{i,t}}{\bar{p}_t} \right), \quad (4.4)$$

ahol  $p_{i,t}$  az  $i$ -edik vállalat termékének eladási ára a  $t$ -edik időszakban,  $\bar{p}_t$  pedig a  $t$ -edik időszaki átlagár az előző időszaki piaci részesedésekkel súlyozva. Ha tehát egy adott időszakban a vállalat olcsóbban kínálja a termékét az átlagárnál, piaci részesedése növekszik. Ennek a mértékét  $\chi$  határozza meg.

A háztartások a fogyasztási döntés során a fogyasztásra fordítandó összeget határozzák meg, és nem azt, hogy mennyi terméket szeretnének vásárolni. Az egyes vállalatok piaci részesedésük arányában részesülnek a háztartások fogyasztásra fordítandó összegéből, de ha egyes vállalatok készletei nem elegendők a velük szemben támasztott kereslet kielégítésére, az így megmaradt pénzt a fogyasztók véletlenszerűen próbálják meg elkölteni más vállalatoknál. Az el nem adott készletek megsemmisülnek.

A vásárlást követően a vállalatok  $tr^C$  arányú társasági adót fizetnek az államnak adózás előtti eredményük után, ami a termékeladásból származó bevételek és a munkaerőköltség különbözete, csökkentve a beruházási hitelek után fizetett kamattal (vagyis a vállalatok magát a beruházást nem tüntetik fel eredménycsökkentő tételként). Az adott időszakban kapott forgóeszközhitelt egyből kamatostul fizetik vissza, a beruházási hitelek esetében azonban csak az előző időszaki záróállomány után fizetnek kamatot. A beruházási hitelek esetében az előző időszaki záróállomá-

mány  $c$  hányadát törlesztik minden évben. A vállalatok azonban arra is törekednek, hogy egyik időszakban se növekedjen a hitelállományuk  $n_1$ -nél nagyobb mértékben, valamint hogy a hitelállományuk ne haladja meg a termelési költségük  $n_2$  hányadát. Így előfordulhat, hogy egy vállalat  $c$ -nél nagyobb hányadot törleszt, amennyiben pozitív a betétállománya. Ha egy vállalat kamatfizetési vagy  $c$  arányú törlesztési kötelezettségének nem tud eleget tenni, csődbe megy. Betéteinek felszámolását követően tőkeállománya megmarad, fizetési kötelezettsége viszont nem.

Az adó-, a kamatfizetést és a hiteltörlesztést követően a vállalatok osztalékot fizetnek a háztartásoknak, az adózás utáni eredményük  $d$  hányadát, amennyiben van elegendő betétjük.

### Háztartások

A háztartások minden pénzüket a bankban elhelyezett betétben tartják, és ezt használják fizetésre, amikor vásárolnak. A háztartások a vállalatoktól bért kapnak a munkájukért, a banktól kamatot a betétükért, a kormányzattól esetlegesen munkanélküli-segélyt, ezen felül pedig a bankoktól és a vállalatoktól osztalékra tehetnek szert. A munkabért  $tr^H$  arányú jövedelemadó terheli, amit a háztartások átutalnak a kormányszatnak.

Elttekintünk annak vizsgálatától, hogy a vállalatok bérezési gyakorlatának milyen makrogazdasági visszacsatolásai lehetnek. Egyszerűsítésképpen azzal a feltevéssel élünk, hogy a nominális bérek minden időszak elején  $g_w$  mértékben emelkednek. Az egyes vállalati árrések változásának függvényében azonban a reálbérek emelkedése változó. A fogyasztási szektor vállalatai az egységnyi bérköltségre tesznek felárat, a fogyasztási szektor célárrése pedig konstans. Ennek következtében az állandó mértékű nominális béremelkedés mellett hosszú távon átlagosan olyan mértékben emelkednek a reálbérek, mint a termelékenység.

Mindegyik háztartás munkakínálata egységnyi. A háztartásokat a vállalatok véletlenszerűen foglalkoztatják, egy háztartást akár több vállalat is foglalkoztathat, de összességében egy háztartást sem alkalmazhatnak egy egységnél nagyobb mértékben. Azok a háztartások, amelyeket egy egységnél kisebb mértékben foglalkoztatnak,

munkanélküli-segélyre jogosultak, amit közvetlenül a kormányzattól kapnak, és a betétszámlájukon írják jóvá. A munkanélküli-segély a munkabér  $\phi$ -ed része, és a részben foglalkoztatottaknak is arányosan jár.

A háztartások minden időszakban permanens jövedelmük  $\psi$  hányadát fordítják fogyasztásra. A fogyasztók permanens jövedelmüket minden időszakban az előző  $n_H$  időszak nominális jövedelmének ( $Y$ ) számtani átlagaként értelmezik. Adott időszak nominális jövedelmébe az adott időszakban kapott munkabért, munkanélküli-segélyt, kamatot és osztalékot számítják bele. Az  $i$ -edik háztartás fogyasztásra szánt kiadása a  $t$ -edik időszakban (a fogyasztási függvény) ennek megfelelően a következő:

$$C_{i,t} = \psi \frac{Y_{i,t-1} + \alpha_H Y_{i,t-2} + \dots + \alpha_H^{n_H-1} Y_{i,t-n_H}}{1 + \alpha_H + \dots + \alpha_H^{n_H-1}}. \quad (4.5)$$

## Bank

A háztartások és a vállalatok megtakarításait a bankban helyezik el betétek formájában, a bank pedig hitelt adhat a fogyasztási vállalatoknak a bérek és a beruházások egy részének finanszírozásához. (A tőkeszektor vállalatai és a háztartások csak betétet helyezhetnek el, hitelt nem vehetnek fel.) A hitelezéssel új betétek jönnek létre, azaz a pénzmennyiség endogén: a pénzkínálat a bank hitelkínálatától, valamint a hitelkereslettel függ. A bank mérlegének forrásoldalát a saját tőkéje, vállalati és háztartási betétek, valamint jegybanki források alkotják. Eszközoldalán vállalati hitelek, államkötvények és a jegybankban elhelyezett tartalékok szerepelnek.

A bank hitelkínálatát a tőkemegfelelési előírás szabályozza. A szolvenciakritérium alapján a bank maximális hitelkínálata a  $t$ -edik időszakban:

$$TCS_t = \frac{TOF_{t-1}}{\tau_t^{CCB}}, \quad (4.6)$$

ahol  $TOF_{t-1}$  az előző időszak végi tőkeállomány,  $\tau_t^{CCB}$  a tőkemegfelelésre vonatkozó szabályozói előírás az anticiklikus tőkepufferrátával együtt ( $\tau_t^{CCB} = \tau + CCB_t$ ), amelyet a makroprudenciális hatóság határoz meg.

A bank a vállalatokat az előző időszak bevételek arányos nyereség (adózás utáni eredmény bevételekhez viszonyított aránya) alapján rangsorolja, és sorban elégti ki a

hitelkeresleteket: először a bérekre felvenni kívánt hiteleket, azután a beruházásra szánt hitelkeresletet. Ebből a megkülönböztetésből fakadóan, ha hitelkínálati korlátba ütköznek egy recesszió során a vállalatok, először a beruházásokat halasztják el, a termelés kevésbé esik vissza. A hitelcélról függően megkülönböztetve kezeltük a hiteleket futamidő szerint: a bérekre felvett hitelekre forgóeszközhitelként tekintünk, amelyet a vállalatoknak minden időszakban kamatostul vissza kell fizetniük. A beruházási hitelek ezzel szemben hosszú távú hitelek, amelyek esetén a tőketartozás adott százalékat kell minden időszakban megfizetni (a kamatok mellett).

A bank a betétek  $rr$  részének megfelelő tartalékot helyez el a központi bankban, a maradék likvid eszközét államkötvényben tartja.

A modellben minden kamatláb rögzített, és az alapkamathoz ( $r$ ) képest van meghatározva. A vállalati hitelek kamatfelára  $\mu^C$  (kockázatoságtól függetlenül), a betétek kamatfelára  $\mu^D$ , az államkötvényeké pedig  $\mu^G$ .

A bank nyeresége a kamatbevételek és -kiadások, valamint a hitelezési veszteségek egyenlegeként adódik. A bank a nyeresége után  $tr^B$  arányú bankadót fizet a kormánzatnak, az adózás utáni nyereségből pedig osztalékot fizet a háztartásoknak. Az osztalék mértékét a bank szolvenciahelyzete határozza meg. A banknak van egy tőkemegfelelési célmutatója ( $\tau_t^{max}$ ), amelyet az új kihelyezéseket követő teljes hitelállományhoz képest szeretne elérni. Amennyiben az időszak végén a banknak több tőkéje van, mint amely  $\tau_t^{max}$  eléréséhez szükséges, a különbözetet osztalékként kifizeti, ellenkező esetben azonban nem fizet osztalékot. A tőkemegfelelési célmutató  $\tau_t^{CCB}$ -nek  $\tau^P$ -vel növelt értéke. A visszatartott profit a bank tőkéjét növeli.

Ha a bank tőkemegfelelési mutatója  $\tau$  alá csökken (ami válságperiódusokban következik be, ebből kifolyólag az anticiklikus tőkepufferráta értéke 0 százalék), a kormánzat feltőkésíti a bankot annyira, hogy megfeleljen a szabályozói előírásoknak. A kormánzat így meg tudja akadályozni, hogy a hitelkínálat további szűkülése még jobban elmélyítse a válságot.

## **Költségvetési, monetáris és makroprudenciális politika**

A kormányzat kiadásai a következő tételekből állnak: munkanélküli-segély folyósítása, államkötvények kamatfizetése, valamint a kereskedelmi bank esetleges feltőkésítése. A bevételeket a vállalatoktól, a háztartásoktól és a banktól beszedett adók teszik ki.

A központi bank jelenleg nem folytat aktív monetáris politikát, nem követi nyomon az inflációt, az alapkamatot változatlanul hagyja. Elsősorban könyveléstechnikai okokból szerepel a modellben.

A makroprudenciális politikai hatáság a likviditási követelményeket rögzített szinten tartja, azonban minden időszakban meghatározza az anticiklikus tőkepufferráta nagyságát.

### **4.2.3. Eltérések a kiinduló modellhez képest**

Annak érdekében, hogy a hitelciklus és az anticiklikus tőkepuffer elemzésére alkalmas keretet kapjunk, a kiindulópontul használt modellen a következő főbb változtatásokat hajtottuk végre:

1. A pénzügyi közvetítőrendszer koherens modellezése érdekében minden pénzügyi tranzakciót elkönyvelünk a bankrendszer mérlegeiben.
2. A monetáris politikát figyelmen kívül hagytuk, az alapkamat konstans.
3. Megkülönböztettünk rövid és hosszú lejáratú hiteleket.
4. A bank és a vállalatok is osztalékot fizetnek a háztartásoknak, a háztartások pedig permanens jövedelmük alapján fogyasztanak.
5. Módosítottunk a fogyasztási és a beruházási függvényen is. Míg a kiinduló modellben a piaci ágensek a döntéshozatalkor a jövedelem és a keresett mennyiség utolsó megfigyelt értékét vették alapul, mi e változók exponenciálisan súlyozott korábbi megfigyeléseit használtuk fel. Ez a szabály nagymértékben csökkenti az egyes idősorok volatilitását.



6. A technológia fejlődése exogén, nem függ a beruházások nagyságától. A tőkeszektor vállalatait minden periódusban idioszinkratikus sokk éri ( $e_{i,t}$ ), ami csonkolt normális eloszlásból származik, és aminek várható értéke 0,005, varianciája pedig 0,001. Ezenkívül 0,03 valószínűséggel az egyik tőkeszektorbeli vállalat technológiáját  $u_t$  sokk éri, amelynek várható értéke 0,07, varianciája pedig 0,01. Ezek az addicionális sokkok indíthatják el a gazdasági ciklusokat.
7. Modellünkben szerepeltetjük a makroprudenciális hatóságot, amely meghatározza az anticiklikus tőkepufferráta értékét. A szabályozást a Bázeli-III követelményekkel összhangban építettük be a modellbe (lásd Detken és szerzőtársai, 2014). Az adott időszaki tőkepuffer értékét ( $CCB_t$ ) az előző időszaki hitelrész ( $GAP_{t-1}$ ) alapján határozza meg a hatóság, mégpedig a következő képlet szerint:

$$CCB_t = \begin{cases} 0\%, & \text{ha } GAP_{t-1} \leq 2\% \\ 2,5 * (GAP_{t-1} - 2\%) / 8\%, & \text{ha } 2\% < GAP_{t-1} \leq 10\% \\ 2,5\%, & \text{ha } 10\% < GAP_{t-1} \end{cases} \quad (4.7)$$

A tőkepuffert azonban feloldják ( $CCB_t$  értékét 0 százalékra csökkentik), amennyiben legalább 5 százalékpontos csökkenést tapasztalnak a GDP-arányos hitelállomány értékében (a GDP trendjéhez viszonyítva). Erre azért van szükség, mert a tőkepuffert csak a hitelciklus pozitív szakaszában kell megképezni, a válságidőszakban fel kell szabadítani, és a hitel/GDP-rész késve jelzi a válság kezdetét. A hitelállomány csökkenése viszont pozitív hitelrész esetén is jelezheti, hogy elkezdődött a recesszió, amennyiben a veszteségek miatt a bank kevesebbet hitelez.

### 4.3. Eredmények

A következőkben először a ciklusok felépülésének mechanizmusát mutatjuk be, majd a modell által generált ciklushosszok vizsgálatát végezzük el, végül az anticiklikus tőkepufferráta hatását számszerűsítjük. Modellünkben a gazdasági ciklus mindig egy nagymértékű, pozitív technológiai sokkkal kezdődik ( $u_t$ ). A vállalatok technológiájuk

javítása érdekében a sokk hatására lecserélik tőkejószaik egy részét (beruháznak). Így a munkanélküliség csökken, a fogyasztás és a hitelállomány nő, a növekvő kereslet hatására pedig a vállalatok bővítik kapacitásaikat (további beruházásokat valósítanak meg). A technológiai sokk nem minden vállalatra hat a tőkeszektorban azonnal, azonban a vállalatok megtanulhatják egymástól az új technológiát, így az fokozatosan elterjed.

Mivel a fogyasztási szektor vállalatai különböző vállalatokkal vannak kapcsolatban a tőkeszektorból, néhány vállalat előbb lecseréli a fizikai tőkéjét, mint mások (ők az első innovátorok a szektorban). E vállalatok magasabb profitot és piaci részesedést érhetnek így el, mint a többiek. A vállalatoknak a beruházáshoz hitelre van szükségük, azonban a követő vállalatok között (akik a fejlesztésbe csak később kapcsolódnak be) lehet olyan, amelyik nem képes a hitelei törlesztéséhez elegendő profitot termelni, mert túlbecsüli a termékei iránt jelentkező keresletet. A gyengébb technológiával rendelkező vagy eladósodottabb vállalatok csődbe mennek. Ha túl sok vállalat nem tudja fizetni a hitelét egyszerre, a tömeges csődök recesszióhoz vezetnek, a mély gazdasági recesszió pedig pénzügyi válságot is okozhat.

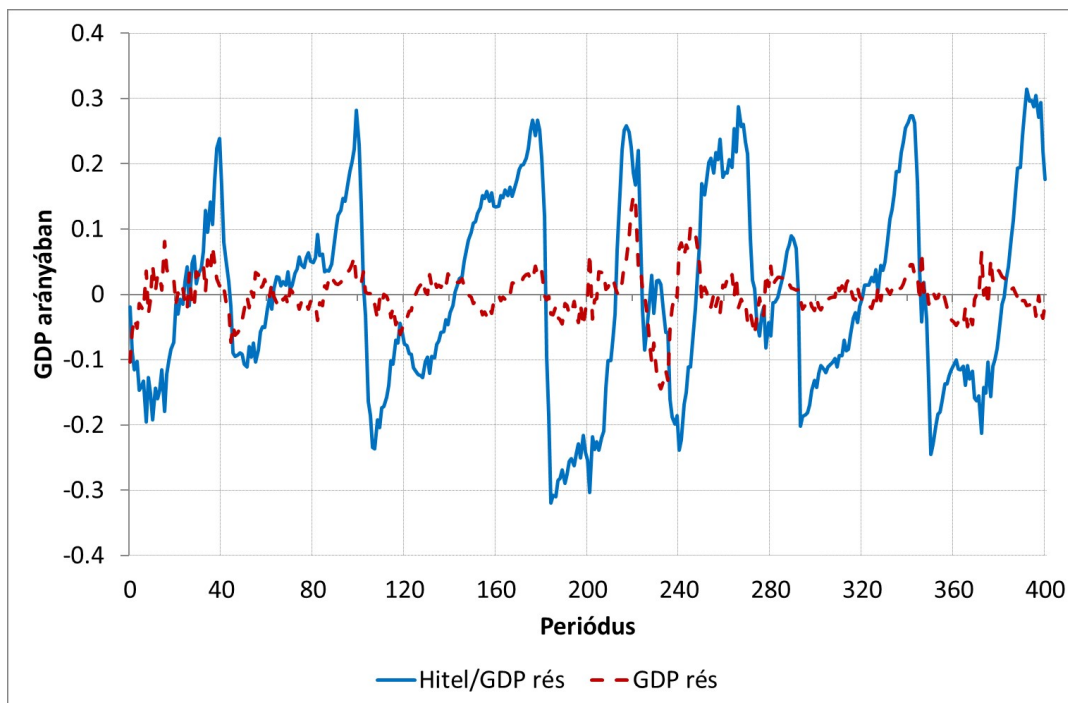
A 4.1. ábrán a modell segítségével szimulált két ciklusidősort mutatunk be (egy periódus egy negyedévnek tekinthető). A hitel/GDP-rés méri a hitelciklust, míg a GDP-rés feleltethető meg a gazdasági ciklusnak (mindkét idősort kétoldali Hodrick–Prescott-szűrővel számítottuk ki).<sup>2</sup> Az ábra alapján modellünk 6–10 év hosszúságú gazdasági ciklusokat generál, és ezeknél kétszer-háromszor hosszabb hitelciklusokat, így sikeresen reprodukálja az ezekre vonatkozó empirikus értékeket.

A pontosabb vizsgálatokhoz 200 független szimulációt futtattunk, minden futás 800 periódusból állt. Minden egyes szimulációra kiszámítottuk a hitel/GDP és a munkanélküliség periodogramját, a 4.2. ábra mutatja az így készült periodogramok mediánját. Minden idősor egyértelműen felbontható különböző hosszúságú ciklusok összegére. A periodogram megmutatja, hogy melyek a legtipikusabb ciklushosszok

---

<sup>2</sup>A számításokhoz a  $\lambda$  paramétert a szakirodalomban megszokott módon határoztuk meg: 400 000 volt az értéke a hitelciklus esetében, míg 1600-nak választottuk a gazdasági ciklusnál (Borio–Lowe, 2002; Ravn–Uhlig, 2002). Előbbi körülbelül 30 év hosszúságú ciklusokat feltételez, utóbbi 6–8 év hosszú ciklusokra alkalmazható (vö. Schüller és szerzőtársai, 2015).

4.1. ábra: Gazdasági és hitelciklusok

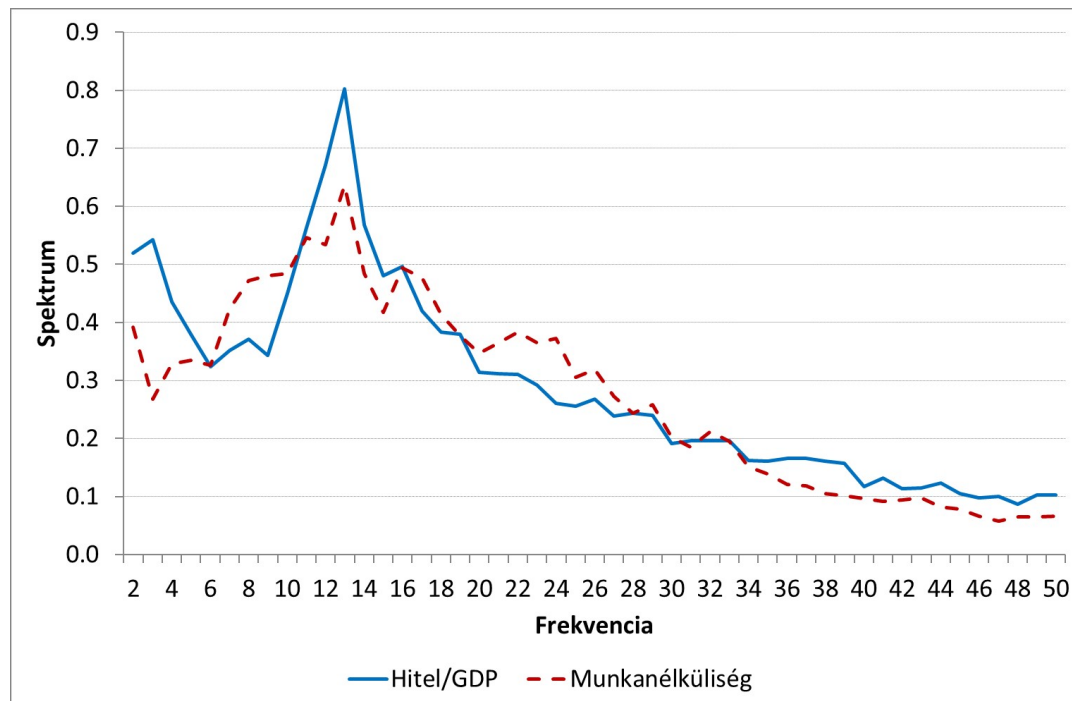


Forrás: saját számítás.

az adott idősorban. A vízszintes tengely értékei megfeleltethetők különböző ciklus-hosszoknak, a kisebb értékek hosszabb ciklusokat jelölnek (a tengely értékei és a ciklushosszok között fordított arányosság áll fenn). Jelen esetben például az 5-ös érték tartozik a 40 év hosszúságú ciklushoz, míg a 10-es érték 20 évet jelöl. A függőleges tengely értékei a ciklusok fontosságát mutatják az eredeti idősorban, azaz a magasabb értékek a dominánsabb ciklusokat jelölik.<sup>3</sup> A hitelciklus esetében (amelyet a hitel/GDP-ből számítottunk) a legfontosabb ciklushosszok 10 és 65 év között vannak, míg a gazdasági ciklusoknál (amelyet stacionaritási kritériumok miatt a munkanélküliségből származtattunk) a legtipikusabb ciklushosszok 7 és 25 év közé esnek. Így a periodogram több, egymástól független szimuláció alapján is visszaadja azt az eredményt, hogy modellünkben a hitelciklusok lényegesen hosszabbak a gazdasági ciklusoknál.

<sup>3</sup>A periodogramokról pontosabb és részletesebb leírás található például Shumway és Stoffer (2017)-ben.

4.2. ábra: A standardizált hitel/GDP és munkanélküliség periodogramja



Forrás: saját számítás.

Annak mérésére, hogy hogyan hatnak az anticiklikus tőkepufferrátára vonatkozó szabályok, a 200 szimuláció felét úgy futtattuk, hogy a makroprudenciális hatóság alkalmazta ezt a szabályozói eszközt, míg a futtatások másik felében nem éltek vele. A 4.1. táblázat mutatja a GDP növekedését ebben a két esetben. A táblázat első sora mutatja, hogy az átlagos éves GDP-növekedés 0,02 százalékponttal alacsonyabb az anticiklikus tőkepufferrátá hatására, a különbség azonban nem jelentős. A második sor azon időszakokban hasonlítja össze a GDP növekedését, amikor a hitelrész 10 százalékpontnál magasabb, azaz amikor az anticiklikus tőkepufferrátá a maximális értékét veszi fel (ha alkalmazták). Ezekben az időszakokban aktív makroprudenciális politika mellett a banknak tőkepuffert kell felhalmoznia, így azokhoz a futtatásokhoz képest, amikor nincs tőkepufferrátára vonatkozó előírás, kevesebb osztalékot fizet ki a bank a háztartásoknak, ami csökkenti a fogyasztást és a GDP-t. Ez a csatorna a releváns időszakokban évente 0,09 százalékponttal csökkenti a kibocsátás növekedését. Az utolsó sor mutatja a tőkepufferrátá hatását recessziós periódusok-

4.1. táblázat: Átlagos éves GDP-növekedés különböző szabályozói feltételezések mellett (százalék)

Vizsgált időszak	Van anticiklikus tőkepuffer	Nincs anticiklikus tőkepuffer
Teljes minta	3,36	3,38
10 százaléknál magasabb hitelrés esetén	3,60	3,69
Recesszióban	-4,65	-5,19

Forrás: saját számítás.

ban (a hitel/GDP 5 százalékpontos esése után, amikor a bank felhasználhatja az anticiklikus tőkepuffert). Ha van felszabadítható tőkepuffer, a bank fedezheti belőle a hitelezési veszteségeit, és nem kell csökkentenie hitelkínálatát. Ha azonban nincs, a hitelezés – és vele együtt a GDP – nagyobb mértékben esik vissza annál, mint amit a kereslet indokolna. A szimulációk alapján ennek a csatornának jelentős a hatása: a GDP csökkenése 0,54 százalékponttal magasabb, amikor nem ír elő a makroprudenciális hatóság anticiklikus tőkepufferrátát. Az eredmények egybevágnak az anticiklikus tőkepufferrel kapcsolatos irodalom várakozásaival: az anticiklikus tőkepufferráta hatása nagyobb a recessziós periódusokban, mint a túlzott hitelezés, azaz a rendszerkockázatok felépülésének idején (vö. Tchana Tchana, 2012; Rubio és Carrasco-Gallego, 2016). Eredményeink alapján tehát a gazdaság pénzügyi stabilitása növelhető anticiklikus tőkepufferrátára vonatkozó szabályok előírásával, amely képes csökkenteni a bankrendszer prociklikus viselkedését. A nagyobb pénzügyi stabilitás azonban a felívelő szakasz alatt kismértékű növekedési áldozattal jár.

Hasonló eredményekhez vezet Popoyan és szerzőtársainak (2017) szintén ágensalapú modellje. Modelljük makrogazdasági feltevései kevésbé szokványosak, azonban több makroprudenciális eszköz és a monetáris politika kölcsönhatását is vizsgálják. A megfelelő monetáris politikai szabályokkal kiegészítve a makroprudenciális eszközök közül az anticiklikus tőkepuffert találják a leghatékonyabbnak a gazdaság volatilitásának csökkentésében, valamint a pénzügyi stabilitás növelésében. Modelljük azonban nem vizsgálta a hitelciklusok üzleti ciklusokon átívelő kialakulását. Dosi és szerzőtársai (2015) modelljében nincsen makroprudenciális politika, a modell a

fiskális és a monetáris politika szerepét vizsgálja. Bemutatják azonban azt is, hogy a munkanélküliséget is figyelembe vevő Taylor-szabály az anticiklikus tőkepufferhez hasonló mechanizmusokon keresztül szintén növeli a pénzügyi stabilitást. Modellünk eredményei tehát a szakirodalommal megegyező irányba mutatnak, miközben sikerült a makroprudenciális politika fő fókuszának tekintett hitelezést részletesebben beépíteni az ágensalapú modellekbe, ami kellően hosszú hitelciklusokat eredményezett.

## 4.4. Összegzés

Dosi és szerzőtársai (2015) modelljét fejlesztettük tovább, elsősorban a bankrendszer részletesebb kidolgozásával. Modellünk a valós folyamatok számos jellemzőjét képes volt reprodukálni, és makroprudenciális szempontból különösen fontos, hogy a gazdasági ciklusnál hosszabb hitelezési ciklusokat tartalmaztak a kapott idősorok. Így lehetővé vált, hogy a makroprudenciális eszközök közül az anticiklikus tőkepufferráta hatását megvizsgálhassuk.

A túlzott hitelkiáramlással jellemezhető időszakokban a tőkepufferráta-előírás enyhén csökkentette a GDP növekedését, míg recesszióban jelentős pozitív hatást gyakorolt a kibocsátásra. Összességében az anticiklikus tőkepufferráta előírása segít fenntartani a pénzügyi stabilitást, és csökkenti a bankrendszer prociklikusságát.

Modellünk számos ponton továbbfejleszthető. Mivel pénzügyi ciklust és részletes banki mérleget is tartalmaz, további makroprudenciális szabályozói eszközökkel is bővíthető (likviditásfedezeti és nettó stabil források aránya mutató, a bankközi források és kitettségek szerepeltetésével pedig a rendszerszinten fontos pénzügyi intézményekre vonatkozó tőkeelőírások is vizsgálhatók). Az ingatlanpiac bevezetése és a háztartások hitelfelvételének lehetővé tétele a lakáspiaci buborékok és ennek kapcsán a jövedelemarányos törlesztőrészlet, illetve a hitelfedezeti mutató vizsgálatát is lehetővé tenné. Végül, egy külföldi szektor megjelenésével a külkereskedelem és a külföldi banki források áramlása is modellezhető lenne.

## 5. fejezet

# Keresletvezérelt lakáspiaci modell a lakáshitelezést szabályozó makroprudenciális eszközök tanulmányozására

### 5.1. Bevezetés

A gazdaság fenntartható növekedéséhez stabilan működő bankrendszerre van szükség, ami a gazdaságot vagy közvetlenül a pénzügyi rendszert érő sokkok esetén is képes megbízhatóan folytatni a hitelezési tevékenységet. A makroprudenciális politika célja olyan szabályozói előírások meghatározása, amelyek rendszerszinten mérsékelni tudják a kockázatok felépülését, valamint ellenállóbbá teszik a bankrendszert a sokkokkal szemben a kockázatok materializálódása esetén. Mivel a hitelezési tevékenység jelentős része a háztartási szegmenshez, azon belül is a lakáscélú jelzáloghitelekhez (továbbiakban lakáshitelekhez) kapcsolódik,<sup>1</sup> olyan modelleket kell

---

<sup>1</sup>A pénzügyi számlák adatai alapján 2017. negyedik negyedévében a vállalatok hitelintézetektől származó hitelállománya 6 487 Mrd Ft, a háztartások hitelintézetektől származó hitelállománya 5 844 Mrd Ft volt (<https://www.mnb.hu/letoltes/npvszla-hu.xlsx>, letöltés

kifejleszteni, amelyek segíthetnek a lakáspiac működésének megértésében: különös tekintettel a lakáshitelezési gyakorlat és az ingatlanpiac helyzetének kölcsönhatására, valamint az ingatlanpiaci ciklusoknak a fennálló lakáshitelek kockázatosságára gyakorolt hatására.

Magyarországon a lakáshitelezést jelenleg két makroprudenciális szabály korlátozza közvetlenül, az ún. adósságfékszabályok. Az adósságfékszabályok a háztartások túlzott mértékű eladósodását korlátozzák, hogy rendszerszintű sokkok esetén ne érje túl nagy veszteség a bankrendszert a túlzottan eladósodott háztartások tömeges nemteljesítővé válásával. Az egyik adósságfékszabály a jövedeleमारányos törlesztőrészlet (*payment-to-income*, a továbbiakban PTI) mértékét szabályozza, a másik pedig a hitelfedezeti mutató (*loan-to-value*, a továbbiakban LTV) nagyságára ír elő maximális értéket. A PTI maximális értéke 50 százalék lehet, vagyis egy bank csak olyan mértékű lakáshitelt folyósíthat egy háztartásnak, amelynek a havi törlesztőrésze nem haladja meg a háztartás igazolt havi nettó jövedelmének 50 százalékát.<sup>2</sup> Az LTV maximális értéke 80 százalék lehet, vagyis a lakáshitel mértéke nem lehet nagyobb, mint az abból megvásárolt ingatlan értékének 80 százaléka, ily módon legalább 20 százalék önerőre van szükség a lakáshitel felvételéhez. A PTI-korlát azt a célt szolgálja, hogy minél kisebb valószínűséggel váljon egy háztartás nemteljesítővé, az LTV-korlát pedig elsősorban azt, hogy csőd esetén minél kisebb veszteség érje a bankot.

Ennek megfelelően a tanulmányban egy olyan lakáspiaci modellt építünk, melyben vizsgálni tudjuk a PTI és LTV előírások hatását a lakáspiacra, valamint a bankrendszer stabilitására. A PTI- és LTV-korlátok pénzügyi stabilitásra vonatkozó aggregált hatását nagyban befolyásolja a hitelt felvevő háztartások heterogenitása.

---

ideje: 2019. augusztus 26.), a lakáscélú hitelek állománya pedig 3 015 Mrd Ft-ot tett ki ([http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_evkozi/e\\_zrh001.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_zrh001.html), letöltés ideje: 2019. augusztus 26.).

<sup>2</sup>Az előírás a forintHITELEKRE vonatkozik, és havi nettó 400 ezer Ft alatti háztartási jövedelem esetén érvényes, eFÖLÖTTI jövedelem esetén 60% a maximális érték. A devizahitelekre a fentieknél szigorúbb korlátok vonatkoznak, míg a legalább 5 éves kamatperiódusokban rögzített kamatozású hitelszerződések esetén lazábbak az előírások. Az adósságfékszabályozás részletei a 32/2014. (IX. 10.) MNB rendeletben találhatók.



A nemteljesítés valószínűségét és az ebből fakadó hitelezési veszteségeket minden hitelnél egyedi jellemzők befolyásolják, emiatt félrevezető lehet egyetlen reprezentatív szereplővel modellezni a különböző makroprudenciális eszközök bankrendszerre gyakorolt hatását. Bár a makroprudenciális politikát vizsgáló dinamikus általános egyensúlyi (DSGE) modellek között találunk olyanokat, melyek oldják a reprezentatív háztartás feltevését, és több típusú háztartást szerepeltetnek, az egyensúlyi modell megoldhatósága korlátot szab a megfelelő mértékű heterogenitás bevezetésének. Emiatt a kutatási kérdés vizsgálatára ágensalapú modellt fejlesztettünk, mivel abban megjeleníthető az ágensek tetszőleges mértékű heterogenitása.

Az ágensalapú modellek az egyensúlyi modellek egyenletrendszereinek megoldása helyett szimulációra épülnek: az egyes szereplők viszonylag egyszerű, de általában az empiria által alátámasztott szabályok szerint döntenek, és ezen döntések kölcsönhatásaként jelenhetnek meg makroszintű mintázatok a modellben, mint például a lakásárak ciklikus változása. A döntési szabályoknak nem kell az egyensúlyhoz kötniük, emiatt a heterogenitásból fakadó előnyökön túl az ágensalapú modellekben a DSGE-modellekben megszokottaknál realisztikusabb feltevésekkel is élhetünk a szereplők viselkedéséről.

A fejezetben bemutatásra kerülő, heterogén háztartásokból álló ágensalapú lakáspiaci modellben a lakásvásárlás és az ehhez kapcsolódó hitelezés fő jellemzőire koncentrálnak. Emiatt a kínálati oldal súrlódásaitól eltekintünk, és keresletvezérelt lakáspiacot szerepeltetünk.<sup>3</sup> A modell a lakáspiacra fókuszál, makrogazdasági részt nem tartalmaz, ennek megfelelően a jövedelmek és a foglalkoztatás alakulása exogén. A szimulációk során azt elemezzük, hogy a jövedelmeket és a foglalkoztatást érő sokkok miként hatnak a lakáshitelezésre és a lakáspiacra. Vizsgálódásunk fókusza a különböző PTI- és LTV-korlátok hatása a bankrendszer jövedelmezőségére, stabilitására, valamint a háztartások jólétére, amikor a gazdaságot különböző sokkok

---

<sup>3</sup>A modell jelenlegi változata nem tartalmazza az ágensek közötti közvetlen kapcsolatokat, ebből a szempontból tehát inkább közelebb áll egy mikroszimulációs modellhez. Ha azonban a háztartások nem egy központi szereplőtől vennének lakásokat (lásd később), hanem közvetlenül egymástól, akkor már egyértelműen ágensalapú modellről beszélhetnénk. A disszertációban azonban végig ágensalapú modellként hivatkozom a bemutatott változatra.

érhetik. A modellben 1 millió háztartást szerepeltettünk, melyek jellemzőit magyar adatok felhasználásával generáltuk.

Tudomásunk szerint az itt ismertetett modell az első olyan lakáshitelezést vizsgáló ágensalapú modell, amelyben különböző PTI- és LTV-kombinációk hatását elemzik.<sup>4</sup> Az ágensalapú irodalomban néhány példát találunk arra, hogy az ágenseket mikroszintű adatok felhasználásával generálják, mint például Axtell és szerzőtársainak (2014) Washington, D. C. lakáspiacára vagy Baptista és szerzőtársainak (2016) az Egyesült Királyság lakáspiacára felírt modelljében. Modellünkben 5 magyar adatbázis felhasználásával generáltuk a háztartásokat, nem csupán eloszlások alapján, hanem a legtöbb jellemzőt tekintve konkrét megfigyelések segítségével, így csak kevés jellemző esetében kellett feltevással élnünk a mögöttes adatgeneráló folyamatról. Ennek köszönhetően a modell jelenlegi verziójában is segít a különböző PTI- és LTV-korlátok hatásának pontosabb számszerűsítésében Magyarország esetében.

A következő alfejezetben betekintést nyújtunk a releváns szakirodalomba. A 3. alfejezet tartalmazza a modell leírását. A 4. alfejezetben részletesen tárgyaljuk, hogy milyen adatbázisok és módszerek segítségével próbáltuk a modellt a magyar adatokhoz igazítani. Az 5. alfejezetben először különböző makrogazdasági sokkscenáriók hatását elemezzük, majd különböző PTI és LTV-korlátok mellett vizsgáljuk egy sokk hatását, hogy támpontot kapjunk a makroprudenciális szabályozást illetően. A 6. alfejezetben robusztusságvizsgálatokat végzünk, majd összegzéssel zárunk.

## 5.2. Szakirodalmi áttekintés

A lakáspiacot és a lakáshitelezést kezdetben jellemzően dinamikus általános egyensúlyi modellkeretben vizsgálták. Kiyotaki és Moore (1997) az üzleti ciklusok, az endogén – fedezet értékétől függő – hitelfelvételi korlátok és az ingatlanárak kapcsolatát vizsgálták, kizárólag vállalati hitelfelvétel mellett. A hitelkorlátok és az ingatlanárak közötti kölcsönhatás a sokkok hatásának fennmaradásához, felerő-

---

<sup>4</sup>Az irodalomban jellemzőbb az LTV-korlátok vizsgálata, mint például Axtell és szerzőtársai (2014), valamint Erlingsson és szerzőtársai (2014) modelljében.

sődéséhez és továbbterjedéséhez vezetett. Iacoviello (2005) olyan modellt épített, melyben a vállalatok mellett a háztartások is felvehetnek hitelt ingatlanfedezet mellett. Kiyotaki és Moore (1997) modelljéhez hasonlóan a felvehető hitel nagysága függ a fedezet értékétől, vagyis közvetetten az ingatlanárak alakulásától; a háztartások hiteltörlesztési terhei pedig nominálisan jelentkeznek. Az eredmények alapján a háztartási hitelezés beépítése, illetve a nominális adósság szerepeltetése hatással van a sokkok lefutására, valamint a monetáris politika hatásmechanizmusára.

Kiyotaki és szerzőtársai (2011) a lakásárak, az aggregált termelés és a háztartások viselkedése közötti kapcsolatot vizsgálja egy olyan modellben, amelyben föld és tőke segítségével építenek ingatlanokat. Kalibrált modelljük eredménye szerint az ingatlanárak nagyobb mértékben reagálnak az exogén kamatlábak vagy a várható termelékenység változására, ha az adott gazdaság ingatlanáraiban relatíve nagy súllyal jelenik meg a földterület nagysága, ami jelentős mértékű újraelosztáshoz vezet a nettó lakásvásárlók és eladók között. A hitelezési korlátok változtatásának azonban alig van hatása a lakásárakra. Kuang (2014) modellje, melyben a racionális várakozások feltevésével szemben a háztartások nem ismerik egymás preferenciáit és várakozását, képes megjeleníteni lakáspiaci és hitelciklusokat. A modellben endogén módon kialakuló lakásárciklus, illetve a háztartások adósságállományának és aggregált fogyasztásának alakulása összhangban van az Egyesült Államokban 2001 és 2008 között megvalósuló folyamatokkal. A modellben a nagyobb tőkeáttétel az ár- és mennyiségi ingadozások felerősödéséhez, és ezáltal jelentős gazdasági volatilitáshoz vezet, ami egy újabb érv lehet a bankok tőkeszabályozása mellett.

A lakáspiacot tartalmazó dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modellek egy része a makroprudenciális politika szerepének, valamint a monetáris- és makroprudenciális politika kapcsolatának vizsgálatára fókuszál. Kannan és szerzőtársai (2012) a modellszimulációk alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális monetáris- és makroprudenciális politika meghatározásához elengedhetetlen pontosan felmérni, hogy milyen sokk áll a pénzügyi kondíciók és eszközárak változásának hátterében. Rubio és Carrasco-Gallego (2014) modelljében a hitelezési folyamatokra reagáló LTV-szabályozás jelenik meg makroprudenciális politikai eszközként, míg a monetáris politika működését az inflációtól és a kibocsátástól függő

Taylor-szabály határozza meg. Eredményeik alapján optimumban mind a monetáris, mind a makroprudenciális hatóság saját céljára összpontosítva hozza meg döntését, mivel így hatékonyabban tudják elősegíteni a makrogazdasági és a pénzügyi stabilitást. A szerzők továbbá felhívják a figyelmet arra, hogy az össztársadalmi szinten érdemi jóléti nyereséggel járó makroprudenciális szabályozás eltérően érinti a hitelfelvevő és megtakarító háztartásokat: a pénzügyi stabilitás erősítése révén a hitelfelvevők jólétére jelentős pozitív hatással van, miközben a megtakarítókat kissé kedvezőtlenül érinti.

Rubio és Comunale (2016) a makroprudenciális politika szerepét egy két gazdaságból álló DSGE-modellben vizsgálta, ahol az egyik fél az eurozónát reprezentálja, a másik pedig a litván gazdaságot mintázza. A makroprudenciális eszköz a modellben a hitelre reagáló LTV-korlát, melyre optimumban az eurozóna LTV-szabályozásától eltérő előírás vonatkozik. Ortalo-Magné és Rady (2006) olyan egyensúlyi életciklus-modellt fejlesztett, melyben a háztartások heterogének, és hitelkorlátok kötik őket. Ez hatással van a megtakarításukra, bizonyos esetekben a lakásvásárlás idejére, és a vásárolt lakás méretére is. A modellben a jövedelmek változása a lakásárakban nagymértékű ingadozást okozhat. A háztartások heterogenitásának bevezetése valóban fontos a lakáspiac vizsgálatakor. A legkönnyebben az ágensalapú modellekben lehet megjeleníteni a szereplők nagymértékű heterogenitását.

A szakirodalomban számos olyan ágensalapú modell található, mely alkalmas a lakáspiac vizsgálatára. Gilbert és szerzőtársai (2009) az angol ingatlanpiacot modellezik vevőkkel, eladókkal és ingatlanközvetítőkkel, s modelljükben exogén a háztartások jövedelme. A brit ingatlanpiacra kalibrált modellen végzett szimulációk alapján az LTV-korlát 100 százalékról 80 százalékra történő mérséklése nemcsak jelentősen alacsonyabb lakásárakhoz vezetne, hanem egyúttal érdemben csökkentené a jelentőségét egy – a piac élénkítése érdekében végrehajtott – kamatcsökkentésnek. Ge (2014) azt mutatja be, hogy bizonyos hitelezési korlátok oldása miként vezet az ingatlanárak magas volatilitásához. Carstensen (2015) a dán lakáspiacot vizsgálja, modelljében a háztartások saját lakásban laknak vagy lakást bérelnek, a költözés valószínűsége pedig korszpecifikus. A lakásokat felárral viszik a piacra, az eladatlan lakások felára azonban fokozatosan csökken. A modellben elemezhető a kamatot

és a jövedelmet érő sokkok hatása. Axtell és szerzőtársai (2014) Washington, D.C. lakáspiactól modellezik, és az elérhető adatbázisok segítségével generálnak bizonyos karakterisztikákat. A felhasznált adatbázisok többek között tartalmazzák az 1997-2009 közötti összes ingatlanpiaci tranzakciót. Ágensalapú modelljük több mint 2 millió háztartást tartalmaz, és endogén módon jönnek létre benne ingatlanár-buborékok. Következtetésük szerint a szigorúbb kamatpolitika csak kismértékben csökkenti a buborék nagyságát, a tőkeáttétel szigorításának viszont jelentős hatása lehet.

Axtell és szerzőtársai (2014) modelljét alapul véve, Baptista és szerzőtársai (2016) az angol ingatlanpiacra fejlesztett ágensalapú modellt. A lakások egyetlen tulajdonságban különböznek egymástól, amit minőségnek vagy méretnek is lehet tekinteni, a háztartások pedig mindig a rezervációs árukból elérhető legjobb minőségű piacon lévő lakást vásárolják meg. A modellben a lakások piacra vitele függ a piac telítettségétől, a ciklusok pedig a befektetési céllal vásárlók döntéseinek következtében alakulnak ki. Megvizsgálták a Bank of England által 2014 óta alkalmazott makroprudenciális eszköz, a jövedelemarányos hitelre vonatkozó (*loan-to-income*, LTI) korlát hatását, és azt találták, hogy az LTI-korlát alkalmazása mérsékelni tudja a lakáspiaci ciklusokat.

A lakáspiactól makrogazdaságba ágyazottan vizsgálja Erlingsson és szerzőtársai (2014), valamint Ozel és szerzőtársai (2016). Mindkét modell a jelenleg egyik legösszetettebbnek tekinthető ágensalapú makromodellt, a EURACE-t veszi alapul (ld. Deissenberg és szerzőtársai, 2008). A modellben a lakáshitelezéshez köthető endogén pénzteremtés segít az aggregált kereslet stabilizálásában. A jelzáloghitelezés feltételeinek lazítása esetén azonban a többletpénz már kevésbé javít a makrogazdaság teljesítményén, miközben pénzügyi stabilitási kockázatok alakulhatnak ki.

### 5.3. A modell bemutatása

A modell szereplői a heterogén háztartások, akik a lakáspiacon vásárlóként, eladóként vagy bérlőként jelennek meg, valamint a kereskedelmi bank, mely bizonyos feltételek mellett lakáshitelt nyújt a háztartások számára.

A háztartások egy adott időszakban vagy lakást bérelnek, vagy saját tulajdonú lakásban laknak. Egy háztartás kezdetben lakást bérel, majd megveszi első lakását, amiből később a családméret változásával párhuzamosan egy nagyobbba költözik, végül pedig egy kisebbbe. A lakások méretükben különböznek egymástól, az azonos méretű lakások méretkategóriákat alkotnak. A lakások ára méretükkel arányos, így egy méretkategórián belül a lakások ára megegyezik. Minden lakásvásárláskor elsőként a háztartás dönt a maximális vételárról, melyet lakásvásárlásra kíván fordítani. A maximális vételárat a hitelezési korlátok módosíthatják. A háztartás költözéskor az általa elérhető legnagyobb méretkategóriájú lakást választja.

A modell fejlesztésének célja annak vizsgálata, hogy a különböző makroprudenciális szabályok hogyan hatnak vissza a bankrendszer jövedelmezőségére, stabilitására, valamint a háztartások helyzetére. Mivel nem cél a lakáspiaci tranzakciók részletes modellezése, így költözéskor a háztartás egyből el tudja adni saját tulajdonú lakását. A keresési súrlódások elkerülése érdekében pedig a háztartások nem közvetlenül egymástól veszik meg a lakásokat: az eladó lakást a piac szívja fel, és az adott háztartás egyből megkapja ingatlana piaci értékét. Vásárláskor szintén közvetlenül a piactól vásárol a háztartás, és a piac mindig tud minden méretkategóriában lakást biztosítani: ha a piac által megvásárolt ingatlanok között nem volna megfelelő méretű, a piac egyből tud újat építeni vagy meglévő lakást átalakítani. A lakáspiac tehát keresletvezérelt a modellben és súrlódásmentesen működik.

A modellben egy kereskedelmi bankot szerepeltetünk, mely a PTI- és LTV-korlátok betartása mellett bármekkora összeget tud hitelezni az egyes háztartásoknak. Egyedi szinten tehát lehetnek hitelezési korlátok, bankrendszeri szinten azonban a hitelszűke nem befolyásolja a háztartások lakásvásárlását.

### 5.3.1. A háztartások

Egy háztartás feltevés szerint 60 évig szerepel a modellben. Egy időszak egy negyedévnek felel meg a modellben, így a háztartások  $n_L = 240$  időszakra szerepelnek benne, mely időtartam az egyének felnőttkori élethosszát jeleníti meg.<sup>5</sup> A háztartások minden időszakban munkából vagy nyugdíjból származó jövedelmet realizálhatnak ( $y_{i,t}$ ), amennyiben nem munkanélküliek. Jövedelmüket fogyasztásra ( $c_{i,t}$ ) és lakhatásra fordítják, valamint megtakarítanak belőle (továbbiakban a modellben megtakarítás alatt lakáscélú megtakarítást értünk). Amennyiben egy háztartásnak nincsen saját tulajdonú lakása ( $F_{i,t} = 0$ ), akkor lakást bérel, a lakhatási költség pedig ebben az esetben a bérleti díjat ( $r_{i,t}^F$ ) jelenti. Ha a háztartás saját tulajdonú lakásban lakik ( $F_{i,t} = 1$ ), és van a lakáshoz kapcsolódó lakáshitele ( $L_{i,t} > 0$ ), akkor a lakhatási költség a hitel törlesztőrészlete ( $l_{i,t}$ ). Ha nincs hitel a saját tulajdonú lakáson, akkor a háztartásnak nincsen lakhatási költsége. A háztartás a felnőttkora kezdetén ( $a_{i,t} = 1$ ) valamekkora kezdővagyonnal rendelkezik betét formájában ( $B_i^0$ ), a további időszakokban pedig pénzügyi vagyonának változását a fentiek alapján az alábbi költségvetési korlát írja le:

$$B_{i,t+1} - B_{i,t} = y_{i,t} - c_{i,t} - r_{i,t}^F - l_{i,t} - c_{i,t}^F \quad (5.1)$$

ahol  $c_{i,t}^F$  a lakásvásárláshoz és -eladáshoz kapcsolódó pénzmozgásokat jelöli.

A háztartásokat megkülönböztetjük végzettség szerint, három kategóriába osztva: képzetlen háztartások (legfeljebb alapfokú végzettséggel rendelkezők), közepesen képzett háztartások (középfokú végzettséggel rendelkezők) és magasan képzett háztartások (felsőfokú végzettséggel rendelkezők).

A háztartás lehet egyfős ( $n_i^H = 1$ ) és kétfős ( $n_i^H = 2$ ). Kétfős háztartás esetén a háztartás tagjai külön-külön kapnak munkajövedelmet, és a háztartás tagjai egymástól függetlenül válhatnak munkanélkülivé. Ennek a megkülönböztetésnek éppen ezért a hitelezési kockázatoknál lesz szerepe: kétfős háztartás esetén van adóstárs, és emiatt kisebb valószínűséggel fog nemteljesítővé válni a hitel.

---

<sup>5</sup>Az alkalmazott paraméterek értékét a Függelék C2. táblázata tartalmazza, a változók jelölését pedig a Függelék C3. táblázatában összegezzük.

A foglalkoztatási helyzetet leszámítva, a kétfős háztartások tagjai feltevés szerint mindenben megegyeznek egymással: képzettségüket tekintve ugyanabba a kategóriába tartoznak; amennyiben dolgoznak, munkabérük ugyanakkora; közösen fogyasztanak és halmoznak fel; valamint életkoruk is megegyezik. A továbbiakban ezért mindig a háztartás képzettségére, bérére, betétállományára és életkorára fogunk hivatkozni. Kétfős háztartás esetén egy-egy fő bére a háztartás bérének a fele.

Egy háztartás 240 időszaka a felnőttkori élethosszt jeleníti meg, amikor az egyének már jövedelemmel rendelkeznek: munkajövedelemmel ( $w_{i,t}$ ) vagy nyugdíjjal ( $y_{i,t}^P$ ). Az első időszakban a háztartások kapnak valamekkora kezdővagyonot és kezdőbért ( $w_i^0$ ). Az életkor előrehaladtával nő a háztartások potenciális bére ( $w_i^P$ ).<sup>6</sup> Mindhárom képzettségi típusnak megvan a rá jellemző bérnövekedési pályája, valamint a képzettségére jellemző munkanélkülivé válás valószínűsége, továbbá munkanélkülivé válás esetén a munkanélküliség hossza. A nyugdíjaskor elérésével ( $n_P = 180$ ) a háztartások bér helyett nyugdíjat kapnak. Mindhárom képzettségi kategóriában ugyanakkora arányban ( $r^P$ ) csökken a rendszeres jövedelem mértéke nyugdíjba vonuláskor, és ez teljesen kiszámítható, mert a nyugdíjas háztartások nem válhatnak munkanélkülivé.

A háztartások eleinte lakást bérelnek (potenciális bérük  $\beta$  részéért, vagyis  $r_{i,t}^F = \beta w_{i,t}^P$ ), majd később lakást vesznek lakhatási céllal. A modellben nincsenek befektetési céllal vásárló háztartások, és egy háztartásnak egyszerre legfeljebb egy saját tulajdonú ingatlana lehet (amelyben éppen lakik). A háztartások a felnőttkor kezdetén rendelkezhetnek induló vagyonnal betétek formájában, azonban kezdetben nincsen saját lakásuk (ezért bérelnek). A bérléssel párhuzamosan jövedelmük egy részét megtakarítják. Az így felhalmozott betétállományuk szolgál önerőként az első lakás vásárlásakor.

Ha a háztartás mindkét tagja foglalkoztatott, fogyasztási-megtakarítási döntése függ egyrészt attól, hogy rendelkezik-e saját tulajdonú lakással, illetve fennálló

---

<sup>6</sup>A potenciális bér az a munkajövedelem, amit a háztartás akkor realizál, ha az adott időszakban foglalkoztatott. Ha egy kétfős háztartásnak csak az egyik tagja foglalkoztatott, akkor a háztartás munkajövedelme a potenciális bér fele.



lakáshitel esetén még a jövedelemarányos törlesztőrészlet nagyságától is. Abban az esetben, ha egy háztartásnak nincs saját tulajdonú lakása ( $F_{i,t} = 0$ ), akkor a fogyasztása és megtakarítása az (5.2) és (5.3) egyenletekkel írható le:<sup>7</sup>

$$c_{i,t} = (1 - s_{i,t})y_{i,t}, \quad (5.2)$$

$$s_{i,t} = s_0^R + \xi \frac{y_{i,t}}{100000 \times n_i^H}, \quad (5.3)$$

vagyis a bérleti időszak alatt a háztartások megtakarítási rátája a háztartás egy főre jutó jövedelmétől függ oly módon, hogy a megtakarítási ráta minimuma  $s_0^R$ , amely érték százezer forintonként  $\xi$ -vel nő.

Mivel a törlesztőrészletek módosítanak a havi kiadásokon, lakástulajdonosként a háztartások eltérő szabály alapján takarítanak meg és fogyasztanak:

$$c_{i,t} = (1 - s^R)y_{i,t}, \text{ ha } \frac{l_{i,t}}{y_{i,t}} < s^R, \quad (5.4)$$

$$c_{i,t} = y_{i,t} - l_{i,t}, \text{ ha } \frac{l_{i,t}}{y_{i,t}} \geq s^R, \quad (5.5)$$

vagyis a háztartások egységesen a jövedelmük  $s^R$  részét takarítják meg, viszont ebből fedezik a lakáshitel törlesztőrészletét is. Ha a jövedelemarányos törlesztőrészlet nagyobb a megtakarítási rátánál, akkor az (5.5) képletnek megfelelően a háztartás a törlesztőrészleten felüli jövedelmét fogyasztásra fordítja. Mivel a törlesztőrészlet egy része a háztartás tőketartozását csökkenti, a háztartás szemszögéből nézve megtakarításnak tekinthető, emiatt a tényleges megtakarítási ráta továbbra is háztartásonként eltérő marad.

Az első lakásvásárlást követően modellünkben a háztartások alapvető motivációja a költözésre a családméret változása: ennek következtében azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a háztartások fiatalon viszonylag kisebb méretű lakást vásárolnak, majd a gyermekszám növekedésével párhuzamosan nagyobb lakásba költöznek, végül nyugdíjasként kisebbbe. Amiatt, hogy nyugdíjasként kisebb méretű lakásba költöznek, hitelfelvételre ekkor már jellemzően nincsen szükség. Az első lakás vásárlásának ideje háztartásonként eltérő lehet, a második lakásvásárlást egységesen 10 évvel

---

<sup>7</sup>Ha a háztartás legalább egyik tagja munkanélküli, a fogyasztást az (5.7) egyenlet írja le.

(40 időszakkal) később próbálják megejteni, a harmadik lakásvásárlásra pedig a nyugdíjkorhatár elérésekor kerül sor.

Amikor egy háztartás lakást vásárol, a rezervációs árát ( $p_{i,t}^R$ ) a preferenciái határozzák meg a következő módon:

$$p_{i,t}^R = \begin{cases} \theta_{i,t} w_i^0, & \text{első lakásvásárlás esetén} \\ \varsigma_1 \theta_{i,t} w_i^0, & \text{második lakásvásárlás esetén} \\ \varsigma_2 \varsigma_1 \theta_{i,t} w_i^0, & \text{harmadik lakásvásárlás esetén} \end{cases} \quad (5.6)$$

Minden háztartásnak van egy rá jellemző kiinduló lakásarány-paramétere ( $\theta_{i,t}$ ), ami azt mutatja meg, hogy kiinduló jövedelmének hányszorosát szeretné az első lakására fordítani. Az egyedi lakásarány-paraméter a második lakásvásárlásnál minden háztartás esetében a  $\varsigma_1 = 1,5$ -szeresére nő, a harmadik vásárlásnál pedig egységesen a megnövelt érték  $\varsigma_2 = 0,8$ -szeresére csökken. A preferenciabeli különbségek tehát végig megmaradnak, de az egységes, hogy a háztartások második vásárlásuknál nagyobb lakásba költöznek, harmadik vásárlásuknál pedig kisebbbe (de az elsőnél nagyobbba), és a méretváltozás aránya is egységes.

Ha egy háztartás betétállománya kisebb a rezervációs áránál, a különbözet előteremtéséhez hitelért folyamodik a bankhoz. A felvehető hitelösszeget két korlát befolyásolja: a törlesztőrészlet nem haladhatja meg a háztartás jövedelmének egy bizonyos százalékát (PTI-korlát), a felvehető hitelösszeg pedig nem haladhatja meg az ingatlan értékének egy bizonyos hányadát (LTV-korlát), vagyis a háztartásnak kellő önerővel kell rendelkeznie. A hitelezési korlátokat figyelembe véve kialakul a maximális vételár, amelyet a háztartás ki szeretne és ki is tud fizetni a lakásért, és ez alapján az általa elérhető legnagyobb méretkategóriájú lakást választja. Az egymást követő méretkategóriák között 5 százalékos különbség van a lakás alapterületében.

Azok a háztartások, melyek a költözés tervezett időszakában rendelkeznek már saját lakással, elsőként értékesítik meglévő lakásukat a piacon (nem közvetlenül egy másik háztartásnak adják el), s megkapják érte a lakás piaci értékét, amivel növekszik a betétállományuk. Így közvetlenül a lakásvásárlás előtt egy háztartás összes vagyona betétben van, ami teljes egészében beszámítható önerőnek. Ennek

az egyszerűsítésnek köszönhetően a lakás eladásakor nem merülnek fel tranzakciós nehézségek, így az áthidaló hiteleket sem kell modellezni.

Amennyiben a háztartás legalább egy tagja munkanélküli a lakásvásárlás tervezett időpontjában, a lakásvásárlást elhalasztják egészen addig, amíg a háztartás összes tagja ismét foglalkoztatott lesz. Ennek oka egyrészt, hogy munkanélküli háztartásoknak a bank nem hitelez, másrészt a háztartás sem bocsátja magát nagy költségekbe.

Amikor a háztartás legalább egyik tagja munkanélkülivé válik, fogyasztása a következőképpen alakul:

$$c_{i,t} = c_{i,t}^U = \max\{y_{i,t} - l_{i,t}, \min(B_{i,t} + y_{i,t}, \delta w_{i,t}^P)\}, \quad (5.7)$$

vagyis a háztartás nem takarít meg, és a hiteltörlesztésen felüli jövedelmét igyekszik elfogyasztani. A háztartásoknak van minimális fogyasztásuk ( $\delta w_{i,t}^P$ ) is, ami a potenciális bérüknek egy meghatározott része. Ezt a fogyasztást akkor engedheti meg magának a háztartás, ha az adott időszaki jövedelméből és a korábbi időszakok pénzügyi megtakarításaiból fedezni tudja. A napi szükségletek miatt a minimális fogyasztást előnyben részesíti a hiteltörlesztéshez képest. Ha a háztartásnak volt hitele, a törlesztőrészletet csak a minimális fogyasztást követően fizeti meg a banknak. Ha ennek a kötelezettségének mégsem tudna teljes mértékben eleget tenni, akkor nemteljesítővé válik.

A nemteljesítővé válás elsődleges forrása a munkanélküliség. Recesszió esetén ez kiegészül az erkölcsi kockázattal: a háztartások egy része úgy dönt, hogy nem törleszt, bár képes lenne rá.<sup>8</sup> Minél magasabb az aktuális jövedelemarányos törlesztőrészlet vagy a fennálló tartozásnak az ingatlanfedezet piaci értékéhez viszonyított aránya, annál nagyobb az erkölcsi kockázatból eredő nemteljesítés valószínűsége. Ez a kapcsolat az (5.8) képlettel írható le:

$$\pi_{i,t}^m = \eta(PTI_{i,t} - PTI^m)LTV_{i,t}, \text{ ha } PTI_{i,t} > PTI^m, \quad (5.8)$$

---

<sup>8</sup>Dancsik és szerzőtársai (2015) mikroszintű adatbázisokon végzett elemzésben bemutatta, hogy a magyar bankrendszerben 2015. január 31-én fennálló nemteljesítő jelzaloghitel-állománynak egy érdemi – becslésük szerint 10-20 százalékos – része erkölcsi kockázatból eredően vált nemteljesítővé.

ahol  $\pi_{i,t}^m$  a  $t$ -edik (recessziós) időszakban az  $i$ -edik háztartás erkölcsi kockázatból fakadó nemteljesítővé válásának valószínűsége,  $PTI_{i,t}$  az  $i$ -edik háztartás aktuális jövedeleमारányos törlesztőrészlete,  $PTI^m$  az erkölcsi kockázathoz szükséges minimális törlesztési kötelezettség a jövedelem arányában,  $LTV_{i,t}$  az  $i$ -edik háztartás aktuális fedezetarányos hitelállománya,  $\eta$  pedig skálázási együttható. A modellben az erkölcsi kockázatot azért korlátoztuk a recesszió időszakára, mert a nemteljesítés társadalmi szintű problémává eszkalálódásával sok háztartás arra számíthat, hogy az állam aktívan beavatkozik az eladósodott háztartások megsegítése érdekében.

Miután egy háztartás elérte a maximális életkort, a helyére egy vele azonos jellemzőkkel rendelkező fiatal, felnőttkorának első időszakában járó háztartás kerül.

### 5.3.2. A bankrendszer és a lakáspiac

A bankrendszert a modellben egy kereskedelmi bank képviseli, a lakáspiacon pedig egy közvetítő tevékenykedik, mely biztosítja a lakáspiac súrlódásmentes működését.

A bankrendszer működésére hatással van a makroprudenciális hatóság, amely maximális PTI- és LTV-korlátokat határoz meg. A bank korlátlanul hitelezhet a háztartásoknak a PTI- és LTV-korlátok betartása mellett. A bank által alkalmazott PTI- és LTV-korlát lehet alacsonyabb a makroprudenciális hatóság által előírt maximumértékeknél, főként amikor bizonyos időszakokban eltérő kockázatvállalási hajlandóság jellemzi a bankot. Az egyes háztartásoknak pedig kockázatoságuknak megfelelően különböző kamatok ( $i_{i,t}$ ) mellett ad hitelt a bank. A lakáshitel annuitásos, fix kamatozású, futamideje pedig egységesen 25 év (100 időszak a modellben).<sup>9</sup>

Amennyiben valamelyik háztartás munkanélküliség miatt nemteljesítővé válik egy adott időszakban ( $B_{i,t} + y_{i,t} - c_{i,t}^U < l_{i,t}$ ), a bank felszámolási eljárás keretében értékesíti az ingatlant az ingatlan piaci értékének  $\gamma$  részéért. A modellünkben nem különítettük el területileg és minőségileg a lakásokat, ezek azonban a valóságban mind hatással vannak egy ingatlan forgalomképességére. A jelzáloggal terhelt ingatlanok

---

<sup>9</sup>A szimulációkban alkalmazott magas futamidővel nem kell a háztartások futamidőre vonatkozó döntését modelleznünk, mert ekkora futamidő esetén már csak minimális alkalmazkodási lehetősége lenne a hitelkorlátos háztartásoknak.

között jelentős lehet azon ingatlanoknak a száma, amelyeket nehéz értékesíteni (főként lakáspiaci pangás esetén), és ebben az esetben sokkal kisebb áron lehet eladni a fedezetet. Így a  $\gamma$  által megragadott értékcsökkenés a makroszinten felmerülő átlagos veszteségeket takarja, beleértve a felszámolási eljárással felmerülő költségeket is. A fedezet érvényesítéséből befolyt összegből a fennálló hiteltartozást megkapja a bank. Ha a befolyt összeg nem elegendő a teljes fennálló adósság visszafizetésére, akkor a különbözetet a bank elkönyveli veszteségként:

$$l_{i,t}^B = L_{i,t} - (B_{i,t} + y_{i,t} - c_{i,t}^U + \gamma p_{i,t}^M - i_{i,t} L_{i,t}). \quad (5.9)$$

Ha valamelyik háztartás erkölcsi kockázatból adódóan válik nemteljesítővé, akkor a fennálló tartozás  $\kappa$  részét könyveli el a bank veszteségként, makroszinten ugyanis a bank behajtások révén hozzá szokott jutni a tartozások egy részéhez.

A lakáspiaci közvetítő minden eladó ingatlant megvesz, és minden méretkategóriában tud lakást eladni. A négyzetméterárak egy adott időszakban egységesek, azonban a kereslet változásának hatására a négyzetméterárak emelkedhetnek vagy csökkenhetnek. Az alap-négyzetméterárakra a kereslet függvényében valamekkora felár rakódik:

$$m_t = \begin{cases} \mu_F \left( \frac{A_{t-1}}{\sum_{i=t-n_F}^{t-1} A_i/n_F} - 1 \right), & \text{ha } A_{t-1} > \sum_{i=t-n_F}^{t-1} A_i/n_F \\ \phi m_{t-1}, & \text{ha } A_{t-1} \leq \sum_{i=t-n_F}^{t-1} A_i/n_F \end{cases} \quad (5.10)$$

vagyis amennyiben az elmúlt időszakban vásárolt lakások összterülete ( $A_{t-1}$ ) nagyobb az elmúlt  $n_F$  időszak átlagánál, akkor a felár a százalékos eltérés  $\mu_F$  része, ellenkező esetben a felár az előző időszaki értékének  $\phi$ -ed részére csökken.

Az ingatlanárak változására a háztartások is reagálnak, az (5.11) képlet alapján:

$$\theta_{i,t} = \theta_i^0 (1 + m_t \omega), \quad (5.11)$$

ahol  $\theta_i^0$  a kiinduló lakásárárány-paraméter időfüggetlen értéke. A háztartások a négyzetméterárak emelkedésével párhuzamosan tehát hajlandók valamivel többet fordítani lakhatásra a jövedelmükből, az árak csökkenése esetén pedig arányaiban kevesebbet hajlandók fizetni, vagyis megváltozik kiinduló lakásárárány-paraméterük. A változás mértéke a piacra jellemző (pozitív vagy negatív) felár értékének  $\omega$  része. A háztartások ezzel a viselkedésükkel felerősítik a lakásárciklusokat.

### 5.3.3. Egy időszak eseményei

Egy ágensalapú modellben egy időszak eseményei nem szimultán történnek, hanem jól meghatározott sorrendben. A modellben egy időszakban (egy negyedévben) a következő események követik egymást:

1. A maximális életkort elérő háztartások helyett újak jönnek létre azonos kiinduló paraméterekkel. A háztartások munkabére emelkedik képzettségük és életkoruk alapján, de ezt a bért csak az időszak végén kapják meg, amennyiben az adott időszakban foglalkoztatottak voltak.
2. Ha valamelyik háztartás költözési korba lép, ingatlanát eladja a piacon. Amennyiben az ingatlanon volt hitel, a bevételből a fennálló hiteltartozást visszafizeti, a betétállománya pedig a lakás értékének és a hitel különbözetének összegével nő.
3. Kiderül a háztartások tagjainak foglalkoztatottsági státusza: az egyes háztartások tagjai a képzettségükre jellemző valószínűséggel válnak munkanélkülivé.
4. A költözési korba lépő háztartások megpróbálnak lakást venni, de az a háztartás, ahol legalább egy tag munkanélküli, kénytelen elhalasztani az új lakás vásárlását. Azon háztartások, amelyek korábban elhalasztották a vásárlást, de most már foglalkoztatottak, szintén lakásvásárlóként jelennek meg. Minden egyes háztartás esetében a lakásvásárlás folyamata az alábbi elemekből áll:
  - (a) a háztartás kialakítja a rezervációs árát a rá jellemző lakásárarányparaméter alapján;
  - (b) ha egy háztartás betétállománya kisebb a rezervációs áránál, a különbszetre hitelajánlatot kér a banktól. A bank korlátozza a felvehető összeget, ha a háztartás önereje nem felel meg a maximális LTV-korlátnak, illetve ha a becsült törlesztőrészlet jövedelmének nagyobb arányát tenné ki, mint a bank által alkalmazott PTI-korlát. A becsült törlesztőrészlet meghatározásához a bank előzetesen megbecsüli a leendő hitel kamatát

az adott háztartás életkora, jövedelme, mérete (van-e adóstárs), a szerződéses összeg, valamint az önerő alapján (lásd C.1. táblázat). Ha az önerő és a felvehető hitel összege kisebb a rezervációs árnál, a lakásvásárlás maximális vételára csökken;

- (c) a háztartás a maximális árért elérhető legnagyobb méretkategóriájú ingatlant vásárolja meg;
- (d) a háztartás szükség esetén megfelelő mértékű hitelt vesz fel a banktól.

5. A háztartások megkapják a bérüket. A saját lakással nem rendelkező háztartások bérleti díjat fizetnek. Minden háztartás fogyaszt. Ezt követően kerül sor a hiteltörlesztésekre:

- (a) recesszió esetén a háztartások egy része erkölcsi kockázat alapján nemteljesítővé válik. A többi foglalkoztatott törleszt;
- (b) azon munkanélküliséggel sújtott háztartások, amelyeknek van elég betétállományuk, törlesztenek, a többi nemteljesítővé válik;
- (c) a munkanélküliség miatt nemteljesítővé váló háztartások esetében felszámolási eljárás keretében értékesítik az ingatlanfedezetet. A háztartás betétállománya az ingatlan fedezetértvényesítésével szerzett összeggel (az ingatlan aktuális piaci értékének  $\gamma$  része) nő, a bank pedig ebből megpróbálja behajtani a fennálló tartozást;
- (d) az erkölcsi kockázat következtében nem teljesítő háztartások esetében a bank megkapja a fennálló tartozás  $(1 - \kappa)$ -ad részét.

## 5.4. Adatok

A modellben szereplő háztartások jellemzőit és a foglalkoztatással kapcsolatos paramétereket a Magyar Nemzeti Bank L11 kódú adatszolgáltatása, a Központi Hitelinformációs Rendszer (KHR), az szja-adatbázis, a Bértarifa-felmérés, valamint

a Munkaerő-felmérés (MEF) adatai alapján számszerűsítettük, a továbbiakban ismertetett módon. A felhasznált adatbázisok főbb jellemzői az 5.1. táblázatban láthatók, részletesebb leírásuk pedig megtalálható a függelékben.

5.1. táblázat: A felhasznált adatbázisok főbb jellemzői

	Összekötött adatbázisok		
	L11	KHR	SZJA
Adatgazda:	MNB	BISZ Zrt.	NAV
Mikroegység:	hitelszerződés	hitelszerződés	adóköteles egyén
Főbb változók:	ügyletadatok, szerződés jellemzői, fedezetérték	adóstárs, futamidő	jövedelmek, adóterhek
Felhasználás:	háztartások generálása, kamatregresszió	háztartások generálása, kamatregresszió	háztartások generálása
	Különálló adatbázisok		
	Bértarifa	MEF	
Adatgazda:	NFSZ	KSH	
Mikroegység:	munkavállaló	háztartás és tagjai	
Főbb változók:	bruttó keresetek, kor, iskolai végzettség	gazdasági aktivitás, demográfiai jellemzők	
Felhasználás:	háztartások generálása,	munkanélkülivé válás valószínűsége, időtartama	

*Rövidítések:* L11: Magyar Nemzeti Bank L11 kódú adatszolgáltatása, KHR: Központi Hitelinformációs Rendszer, SZJA: NAV szja-adatbázisa, Bértarifa: Nemzeti Munkaügyi Hivatal bértarifa-felmérése, MEF: Munkaerő-felmérés, NFSZ: Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat.

#### 5.4.1. Háztartások generálása

Az ágensalapú modellek egyik előnye abban rejlik, hogy nagymértékű heterogenitás szerepeltetésére képesek. A hitelezési kockázatoknál különösen fontos ez a heterogenitás: amennyiben több dimenzióban is eltérnek a szereplők, a nemteljesítés valószínűségét és a nemteljesítésből fellépő hitelezési veszteségek mértékét pontosabban és a valósághoz közelebb álló módon lehet számszerűsíteni. A nemteljesítés valószínűsége és a hitelezési veszteségek nagysága ugyanis nem az átlagos eladósodottságtól függ, hanem az eladósodottság eloszlásától, valamint a mögöttes háztartási



jellemzőktől. A makroprudenciális eszközök bankrendszerre gyakorolt hatásának számszerűsítéséhez ebből kifolyólag elengedhetetlen a háztartások heterogenitásának szerepeltetése, a valósághoz minél közelebb álló eloszlásokat feltételezve.

Ágens alapú megközelítés esetén a hitelezési kockázatok és a lakáspiaci tranzakciók modellezése külön-külön is megkívánná a háztartások nagy számát: egy időszakban ugyanis a szereplőknek csak töredéke válik nemteljesítővé, vagy vásárol lakást a piacon, és így az egyes időszakok aggregált adataiban nagy volatilitást figyelhetnénk meg, amennyiben kis mintát használnánk.

A fentiek miatt a modellben egymillió háztartást szerepeltettünk, és a háztartások jellemzőit magyar adatbázisokra támaszkodva határoztuk meg a következő lépésekben:

1. Az L11-adatbázist leszűkítettük a 2016-ban folyósított lakáscélú hitelekre.
2. Az így kapott megfigyelésekhez anonim azonosítók felhasználásával hozzánkötöttük a KHR, valamint a NAV 2016-os szja-adatbázisát. Így rendelkezésünkre álltak a hitelszerződések következő jellemzői: a hitelfelvevő háztartás bruttó jövedelme (adóstars esetén adós és adóstars jövedelme), a háztartásfő életkora, adóstars jelenléte, vásárolt ingatlan értéke és a felvett hitel nagysága.
3. A háztartásfő életkora alapján minden megfigyeléshez hozzárendeltük, hogy az a modellbeli feltevések alapján első vagy második lakásvásárlásnak feleltethető-e meg: a 35 éves kor alattiak által felvett hitelek esetében beszélhetünk első, míg a 35 és 45 év közöttiek által felvett hitelek esetében második lakásvásárlásról. Utóbbi határ annak következménye, hogy a modell feltevése szerint a második lakásvásárlásra 10 évvel az első lakásvásárlás után kerül sor. Annak érdekében, hogy a modell feltevéseivel konzisztensek maradjunk, a 45 év feletti hitelfelvevők szerződéseit nem vettük figyelembe, melyek a 2016-os lakáscélú hitelszerződések 17 százalékát tették ki.
4. Az életkor és bruttó jövedelem alapján az egyes megfigyelésekhez képzettséget rendeltünk (alapfokú, középfokú vagy felsőfokú végzettség) a 2016-os

Bértarifa-adatbázis segítségével, mely anonim módon tartalmazza az adatbázisban szereplő személyek bruttó bérét és képzettségét. Képzettségi szintenként jövedelem és életkor alapján gyakorisági táblákat készítettünk. A gyakorisági táblák segítségével valószínűségeket rendeltünk a képzettségekhez, és az L11-adatbázisban szereplő háztartásokhoz a háztartásfő életkora és (adó társ esetén egy keresőre jutó) bruttó jövedelme alapján a kapott valószínűségeknek megfelelően rendeltünk végzettséget.

5. A Bértarifa-adatbázis alapján megbecsültük a bér életkor szerinti növekedésének trendjét mindhárom képzettségi típusra. A bérnövekedés dinamikájának felhasználásával minden megfigyeléshez kezdő nettó bért rendeltünk (a továbbiakban bér alatt nettó béreket értünk).
6. Minden megfigyeléshez előállítottuk a megfelelő lakásárarány-paramétert (kiinduló vagy középkori), amely a vásárolt lakás értékének az adott háztartás kezdőbéréhez viszonyított aránya, majd kiszámítottuk a másik lakásárarány-paramétert is. A középkori lakásárarány-paraméter másfélszerese a kiinduló lakásárarány-paraméternek, összhangban azzal, hogy az L11-adatbázisban a 35-45 éves kor közötti lakásvásárlók átlagosan kb. 50 százalékkal magasabb áron vásároltak ingatlant, mint a 35 év alattiak.
7. A megfigyelésekből véletlenszerűen 1 milliószor húzunk, és az így kapott sorok képezik a modellben szereplő 1 millió háztartás háttéradatait.
8. Az L11-adatbázisban az első és második lakásvásárlónak tekintett megfigyelések esetében nem egyezik az adó társak aránya. Célunk, hogy a modellbeli adó társak aránya az L11-adatbázis második lakásvásárlóit jellemző aránnyal legyenek összhangban. Ennek érdekében az L11-adatbázis második lakásvásárlónak tekintett háztartásainál képzettségi szintenként meghatároztuk az adó társ létének a valószínűségét. Ezt követően a modellbeli háztartásokat egyfőssé alakítottuk (egy főre jutó értékkel számolunk tovább), majd a kapott valószínűségek alapján rendeltünk hozzájuk adó társat (úgy, hogy az egy főre eső értékek ne változzanak).

9. Minden modellbeli háztartáshoz kezdővagyonot rendeltünk oly módon, hogy a megtakarítási szabálya alapján a valós hitelszerződésben szereplő önerővel rendelkezzen a lakásvásárlás időpontjában, amely háztartásonként eltérő.
10. Minden modellbeli háztartás esetén a kiinduló hitelszerződés-adatok alapján rögzítettük, hogy milyen korban vásárolja meg az első és a második lakást (10 éves különbséget feltételezve), a tényleges életkorokat azonban újrageneráltuk egyenletes eloszlás alapján. Erre azért volt szükség, hogy a modell működését ne zavarja meg a demográfiai jellemzők változása.
11. A modellben szereplő háztartások tehát a következő egyedi, az empíriából származó jellemzőkkel rendelkeznek (életkort leszámítva): kiinduló nettó jövedelem ( $w_i^0$ ), kezdővagyon ( $B_i^0$ ), lakásárárány-paraméter időfüggetlen értéke ( $\theta_i^0$ ), adóstárs ( $n_i^H$ ), lakásvásárlási életkor, képzettség.

A fentiek eredményeképpen a modellben szereplő egymillió háztartás a 2016-ban lakáshitelt felvevő háztartások jellemzőit tükrözi vissza, egyenletes koreloszlással.

#### 5.4.2. Kamatok és munkanélküliség

A háztartások különböző kamatok mellett kapnak hitelt a banktól, ami a háztartás kockázatosságától függ. A háztartások egyedi kamatainak meghatározásához lineáris regressziós modellt becsültünk az L11- és az szja-adatbázis felhasználásával. A regressziós becslés eredményei a Függelékben találhatók (C.1. táblázat).<sup>10</sup>

Az ágensalapú modellben a háztartások által felvett hitel kamatának meghatározásakor a futamidőt és a kamatozás módját egységesen kezeltük: a futamidő 25 év, a felvett hitel pedig fix kamatozású, modellünkben jelenleg ugyanis nincs szerepe az alapkamat pályájának.

A munkanélküliségi adatok tekintetében a három képzettségi szint munkanélkülivé válásának valószínűségét a MEF-adatbázis 2017. III. negyedévi munkanélküliségi

---

<sup>10</sup>Aczél és szerzőtársai (2016) részletesen foglalkoznak a kamatok és felárak kérdésével, és a magyar lakáshitelekre vonatkozó regressziós eredményeik hasonlóak.

rátái alapján határoztuk meg ( $\pi_{U,1} = 10,4$  százalék,  $\pi_{U,2} = 3,8$  százalék,  $\pi_{U,3} = 1,5$  százalék). A munkanélküliként eltöltött idő hosszát szintén a MEF-adatbázis értékeit alapul véve határoztuk meg: alacsonyan képzettek esetén hat negyedév, közepesen képzettek esetén öt negyedév, magasan képzettek esetén négy negyedév. Ezek az időtartamok 1998 és 2015 között viszonylag stabilak maradtak, a válság időszakában sem mutattak érdemi kilengést.

### 5.4.3. A modell egyensúlyi illeszkedése

A részletezett módszertan alapján egymillió háztartással futtattuk a modellt. A modell feltevései (súrlódásmentes és keresletvezérelt lakáspiac, egyenletes koreloszlás) következtében a modellben nem alakulnak ki endogén módon ciklusok, hanem a megfigyelt értékek idővel egyensúlyi állapot körül ingadoznak. Az ágensalapú modellek futtatására jellemző, hogy az első időszakok eredményeit figyelmen kívül hagyják (ez az úgynevezett burn-in szakasz). Ezt a szakaszt követően sokkok hiányában a modellünk el is érte az egyensúly körüli állapotot: a lakásvásárlásra fordított összeg, a vásárolt összterület, valamint a lakásárak apró eltéréseket mutattak csak az átlagos értékektől.

A modell futtatásához azon paramétereket, amelyeket nem közvetlenül az empiria alapján határoztunk meg, szakértői becsléseket figyelembe véve úgy állapítottuk meg, hogy a modell egyensúlyi viselkedése minél jobban leképezze a magyar lakáshitelezést. A lakáspiac szempontjából a legfontosabb információ a (hitel felhasználásával) vásárolt ingatlanok átlagos értéke, míg hitelezés szempontjából az átlagos kihelyezett hitelösszeg. Érdemes ezen átlagos értékeket külön vizsgálni fiatal és középkorú hitelfelvevők szerint (a koreloszlás ugyanis a modell feltevése szerint egyenletes). Fontos kiemelni, hogy az egyensúlyi illeszkedés vizsgálatát a jelenlegi szabályozásnak megfelelően 50 százalékos PTI- és 80 százalékos LTV-korlát mellett végeztük.

A vásárolt lakások áraira és a felvett hitelösszegek értékére vonatkozó modellbeli és valós átlagos értékeket az 5.2. táblázat tartalmazza fiatal és középkorú bontásban. A táblázat alapján látható, hogy a modellbeli és a valós értékek alig különböznek egymástól.

5.2. táblázat: A felvett hitelösszegek és a lakások árának átlagos modellbeli és empirikus értékei (millió Ft)

	Fiatal		Középkorú	
	modell	valós	modell	valós
Hitelösszeg	6,2	6,0	8,0	7,8
Lakásár	11,1	11,1	17,2	17,4

A magyar bankrendszer hitelezési veszteségének nettó kamatjövedelemhez viszonyított aránya a válság előtti időszak átlagában (2005. I. negyedév és 2008. II. negyedév között) 12 százalék volt. A modell egyensúlyi helyzetében szinte ugyanekkor, 11 százalékos nettó kamatjövedelem-arányos hitelezési veszteséget produkált.

## 5.5. Szimulációk

A modell fejlesztésének hosszú távú célja, hogy támogassa a pénzügyi stabilitási kockázatelemzést és a makroprudenciális döntéshozatal folyamatát. A jelenlegi makroprudenciális eszköztár elemei közül az adósságfék- (PTI- és LTV-) szabályok hatnak a leginkább közvetlen módon a lakáshitelezés piacára. Pénzügyi stabilitási szempontból elsősorban a bankok jövedelmezőségét, illetve a bankrendszer stabilitását szükséges vizsgálni. A bankrendszert akkor tekintjük stabilnak, ha a tőkehelyzete negatív sokkok esetén is kellően erős marad ahhoz, hogy megfelelő mértékű hitelezési tevékenységet tudjon folytatni. Ennek megfelelően a modellben stabilitási szempontból azt vizsgáltuk, hogy a recesszió idején bekövetkező jövedelemcsökkenés hogyan viszonyul a normál időszakok jövedelmezőségéhez. A fenti szempontok mellett ugyanakkor a hitelezéssel fellépő társadalmi költségek miatt figyelembe kell venni a háztartásokat érintő jóléti hatásokat: intenzívebb hitelezés mellett a háztartások jobban tudják érvényesíteni a lakhatással kapcsolatos preferenciáikat, mindemellett ez magasabb kockázatokkal is jár (aminek a mértékét a háztartások gyakran nem tudják megfelelően felmérni), ami nemcsak a bankrendszerre ró költségeket, hanem a háztartásokra is. Ha túlzott eladósodottság esetén a háztartás nem tudja törlesz-

teni a hitelét, és csődbe megy, elveszítheti ingatlanát és az ingatlan formájában felhalmozott vagyonának egy részét vagy egészét. A modellben a háztartások jólétét az átlagos lakásmérettel és a csődök számával vizsgáljuk. A csőd ténye és az ezzel járó bizonytalanság nagyobb hatással lehet a háztartások szubjektív jólétére, mint a tényleges pénzügyi veszteség.<sup>11</sup>

A jelenlegi szabályozás 50 százalékos PTI- és 80 százalékos LTV-korlátja mellett a bankrendszer negyedéves profitja a modellben 12,5 milliárd forint,<sup>12</sup> a lakáshitelek 13 százaléka válik nemteljesítővé bármikor a 25 éves futamidő alatt, az átlagos lakásár pedig 13,1 millió forint.

### 5.5.1. Sokkforgatókönyvek

A PTI- és LTV-mutatók maximális értékére vonatkozó rögzített előírás másként hathat vissza a bankrendszerre különböző makrogazdasági forgatókönyvek esetén.<sup>13</sup> Ennek megfelelően az alábbi forgatókönyvek szerint vizsgáltuk a feltételezett exogén sokkok bankrendszerre és háztartásokra gyakorolt hatását:

- 1-4. forgatókönyv: gazdasági visszaesés következtében a bérek egyenletes ütemben csökkennek, majd a recesszióval megegyező hosszúságú alkalmazkodási

---

<sup>11</sup>A konkrét veszteségek erkölcsi kockázat esetében nem is összehasonlíthatók.

<sup>12</sup>A bankrendszer profitját úgy határoztuk meg, hogy a kamatjövedelemből kivontuk a hitelezési veszteségeket. A kamatjövedelmet a kamatbevétel  $\rho$  hányadaként határoztuk meg, a magyar bankrendszer kamatjövedelmének és kamatbevételének átlagos arányából kiindulva. A feltüntetett bankrendszeri profit nem összehasonlítható a bankok eredménykimutatásában szereplő profittal, mert a modell csak lakáscélú jelzáloghiteleket tartalmaz, a háztartások száma is kevesebb, és költségoldalán a hitelezési veszteségen túl nem jelennek meg egyéb banki költségek, mint például a működési költségek.

<sup>13</sup>Magyarországra a válság 2008 harmadik negyedévében gyűrűzött be, a tartós növekedés beindulására pedig 2013-ig kellett várni. Ezen időszak alatt átlagosan 3 százalékponttal volt magasabb a munkanélküliségi ráta, mint a válság kezdetekor. A reál-GDP a mélypontján több mint 9 százalékkal volt alacsonyabb a válság előtti csúcshoz képest. A válság által mélyen sújtott országok között azonban találhatunk olyanokat is, amelyek 20 százalék körüli GDP-visszaesést szenvedtek el (például balti államok). A szimulációk során emiatt 10 és 20 százalékpontos visszaesések hatását vizsgáltuk.

időszakban fokozatosan érik el a kiinduló értéküket. Az egyes forgatókönyvek esetén a gazdasági visszaesés mértékét és időtartamát az 5.3. táblázat tartalmazza.

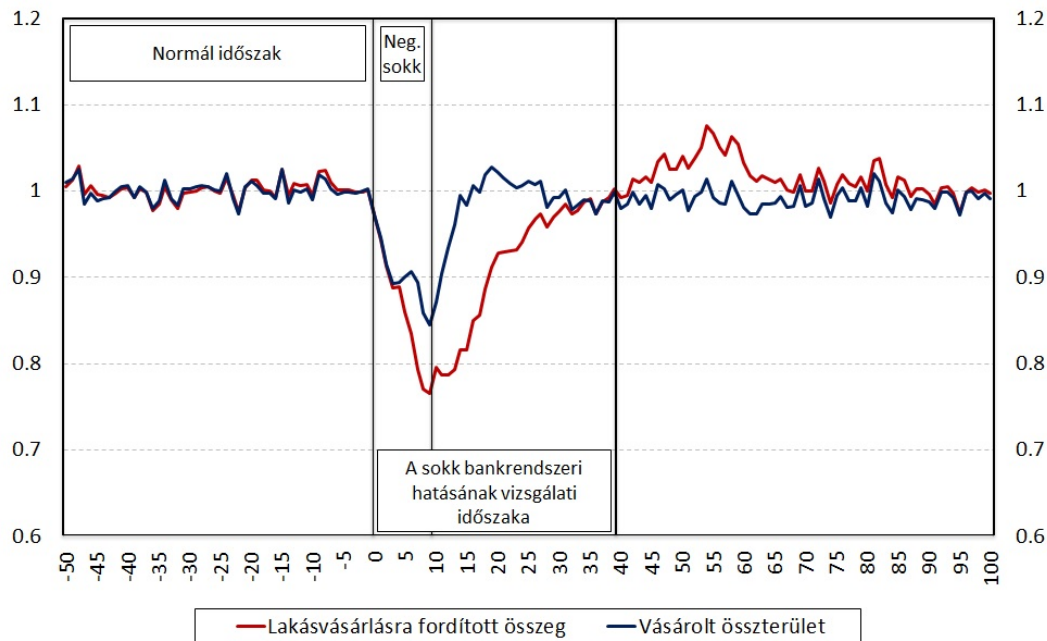
- 5. forgatókönyv: a gazdaságot először pozitív, majd negatív sokk éri: a kezdeti ötéves gazdasági felfutás alatt a bérek egyenletes ütemben összesen 20 százalékkal nőnek, majd egy negatív sokk hatására feleannyi idő alatt visszaáll a kiinduló bérszint. A felfutás idején a munkanélküliségi ráta 1 százalékpontot csökken, a recesszió alatt az eredeti értéknél 3 százalékponttal magasabb.
- 5.A forgatókönyv: a háztartások lakásárárány-paramétere független a lakások változásától ( $\omega = 0$ ).
- 5.B forgatókönyv: a lakások egységára rögzített, a felár 0 százalék (ennek következtében a háztartások sem változtatják a lakásárárány-paraméterüket a ciklus hatására, vagyis minden prociklikus csatornát lekapcsolunk).
- 5.C forgatókönyv: a bankrendszer is prociklikusan viselkedik: a gazdaság növekedése alatt a PTI- és LTV-korlátok fokozatosan 10 százalékponttal lazulnak, a recesszió alatt pedig fokozatosan visszaállnak az eredeti értékükre (a többi prociklikus csatorna megléte mellett).

5.3. táblázat: A gazdasági visszaesés jellemzői az 1-4. forgatókönyvek esetében

Forgatókönyv	A bérek csökkenése		A munkanélküliségi ráta növekedése	
	mértéke (százalék)	időtartama (év)	mértéke (százalékpont)	időtartama (év)
1.	20	2,5	3	2,5
2.	20	5	3	5
3.	10	2,5	3	2,5
4.	10	5	3	5

Szemléltetésképpen az 5.1. ábrán láthatjuk, hogy az 1. forgatókönyv esetében hogyan alakul a lakáspiaci forgalom az ár és a volumen szempontjából. A jövedelem

5.1. ábra: A lakáspiaci ciklus alakulása az 1. forgatókönyv esetén

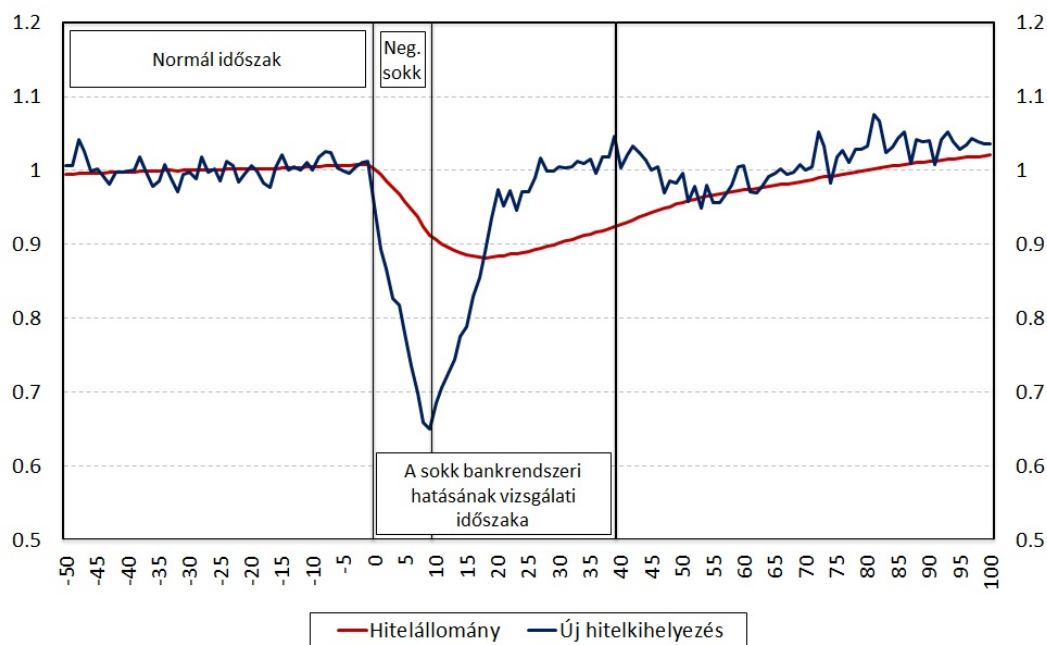


*Megjegyzés:* Mindkét változó esetében a normál időszak átlagához viszonyított értékek szerepelnek. A vízszintes tengelyen a negyedévek száma látható. A 0. negyedévben éri a negatív sokk a gazdaságot.

csökkenésével párhuzamosan a lakásvásárlásra fordított összeg is csökken. A kereslet csökkenésére a kínálati oldal a négyzetméterárak mérséklésével reagál, ezért a vásárolt összterület kisebb mértékben esik vissza. A recessziót követő alkalmazkodás során a bérek és így a lakásvásárlásra fordított összeg is nő, valamint a lakások négyzetméterára is emelkedik. Azt követően, hogy a bérek elérték kiinduló értéküket – mivel a lakáspiac felfutó szakaszban van –, a négyzetméterárak emelkednek. Tekintettel arra, hogy a lakásvásárlók érzékelik a lakáspiac felfutását, hajlandók valamivel többet fizetni a lakásokért, mint ami a normál időszakra jellemző. A magasabb négyzetméterárak következtében azonban a vásárolt összterület már megegyezik a normál időszaki értékkel. A recesszió hatására tehát megfigyelhetünk egy ciklust a lakásárakban, de az alkalmazkodás következtében (mind a kínálati, mind a keresleti oldal viselkedése révén) endogén módon kialakul egy második, kisebb mértékű ciklus is.



5.2. ábra: A hitelciklus alakulása az 1. forgatókönyv esetén

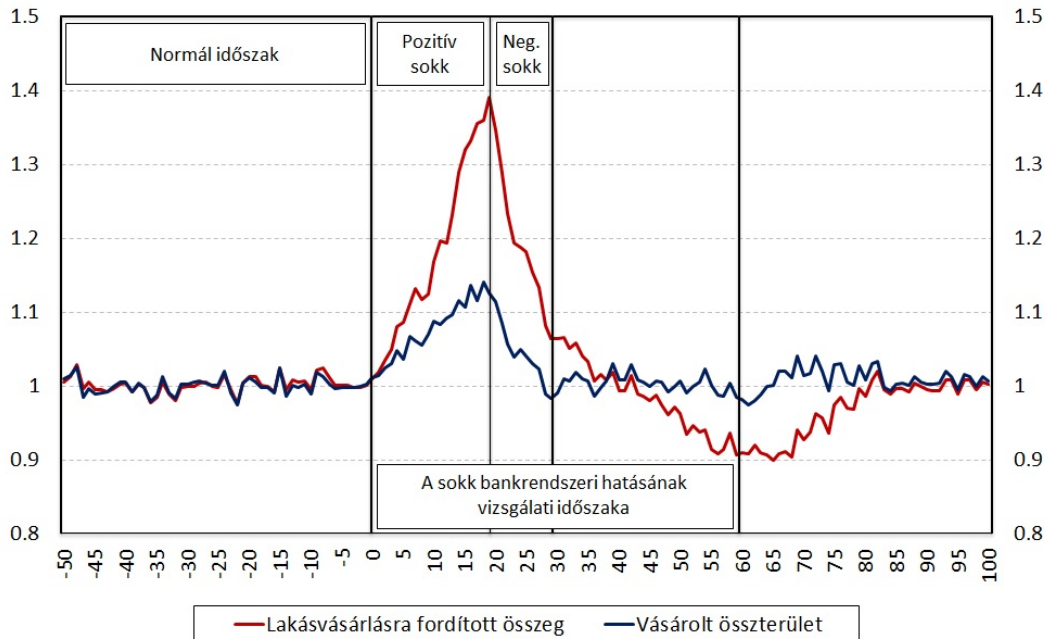


*Megjegyzés:* Mindkét változó esetében a normál időszak átlagához viszonyított értékek szerepelnek. A vízszintes tengelyen a negyedévek száma látható. A 0. negyedévben éri a negatív sokk a gazdaságot.

A lakáspiaci ciklussal párhuzamosan hitelciklus is megfigyelhető a gazdaságban, amit az 5.2. ábra szemléltet. A recesszió kitörését követően mind a hitelkereslet, mind a hitelkínálat mérséklődik: a háztartások az alacsonyabb jövedelmük miatt kisebb értékű ingatlanokat próbálnak megvásárolni, amihez átlagosan kevesebb hitelre van szükségük. Kínálati oldalról a háztartások hitelképessége szabhat korlátot: több olyan háztartás van, amelynek az alacsonyabb felhalmozott önerő, valamint az alacsonyabb jövedelem következtében az érvényben lévő PTI- és LTV-szabályok mellett a bankok csak kisebb hitelt nyújtanak. A gazdaság alkalmazkodásával párhuzamosan a hitelezés volumene is fokozatosan visszatér az átlagos szintjére. A hitelállomány alakulásában is láthatjuk a ciklust, ez azonban perzisztensebb a lakáspiaci ciklusnál, amit a hitelek hosszú futamideje magyaráz.

Az 1. forgatókönyv egy exogén sokk hatására bekövetkező visszaesést, majd azt követő alkalmazkodást tartalmaz. Az 5. forgatókönyv dinamikája ennek fordí-

5.3. ábra: A lakáspiaci ciklus alakulása az 5. forgatókönyv esetén



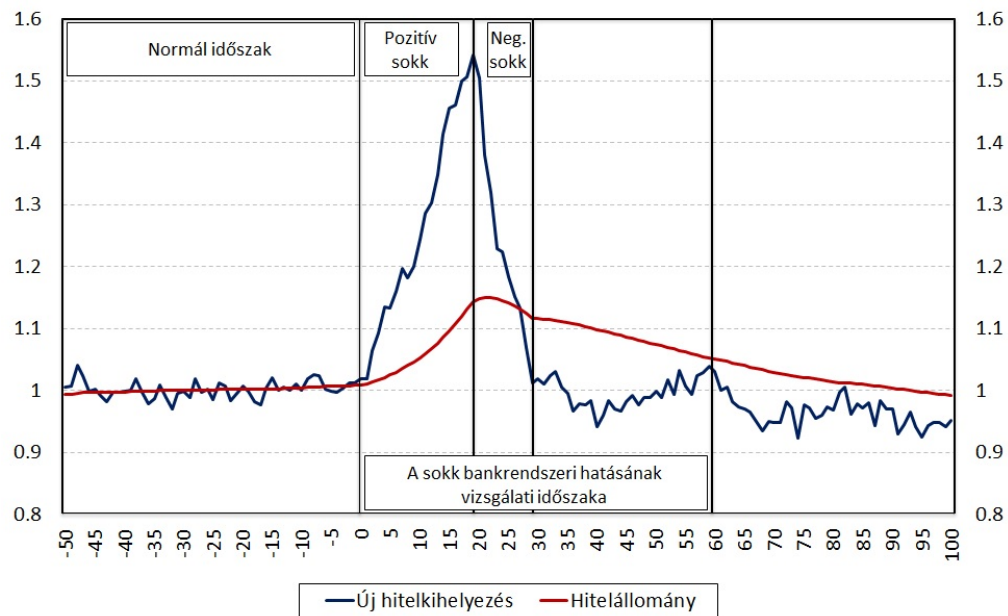
*Megjegyzés:* Mindkét változó esetében a normál időszak átlagához viszonyított értékek szerepelnek. A vízszintes tengelyen a negyedévek száma látható. A 0. negyedévben éri a pozitív, míg a 20. negyedévben a negatív sokk a gazdaságot.

tottja, a lakáspiaci- és a hitelciklus alakulása ennek megfelelően a fent részletezett mechanizmusok alapján alakul, de ellentétes irányban (ld. 5.3. és 5.4. ábra).

Az 1-4. forgatókönyvek esetén a sokk hatását 10 éves, az 5-5C. forgatókönyvek esetén 15 éves intervallumon vizsgáltuk (ld. 5.1-5.4. ábra), mivel utóbbi esetben ötéves fellendülés előzi meg a recessziót. Az egyes forgatókönyvek esetén kiszámítottuk a sokk idejére jellemző és a sokkot megelőző átlagos profit arányát, az átlagos csődök arányát és a lakásméret változását (5.4. táblázat).

Az 1-4. forgatókönyvek esetében látható, hogy a negatív sokk hatására a bankrendszer jövedelmezősége csökken a csődök növekedésével párhuzamosan. Az átlagos lakásméret szintén csökken, mivel a háztartások jövedelme visszaesik, és így kevesebbet hajlandók lakásvásárlásra fordítani, valamint a háztartások a nagyobb munkanélküliség miatt kisebb önerőt tudnak felhalmozni, ami sok esetben hitelfel-

5.4. ábra: A hitelciklus alakulása az 5. forgatókönyv esetén



*Megjegyzés:* Mindkét változó esetében a normál időszak átlagához viszonyított értékek szerepelnek. A vízszintes tengelyen a negyedévek száma látható. A 0. negyedévben éri a pozitív, míg a 20. negyedévben a negatív sokk a gazdaságot.

5.4. táblázat: Különböző sokkforgatókönyvek összehasonlítása (PTI=50 százalék, LTV=80 százalék)

Forgatókönyv:	1	2	3	4
Átlagos profit aránya	0,7886	0,6646	0,8559	0,6758
Átlagos csődök aránya	1,2329	1,4765	1,1958	1,4026
Átlagos lakásméret aránya	0,9682	0,9269	0,9806	0,9335
Forgatókönyv:	5	5A	5B	5C
Átlagos profit aránya	0,9766	0,9789	0,9861	1,0035
Átlagos csődök aránya	1,1442	1,0724	1,0811	1,1797
Átlagos lakásméret aránya	1,0343	1,0239	1,0525	1,0374

*Megjegyzés:* az egyes arányok a sokk időtartama alatti átlagos értékeknek a normál időszak alatti átlagos értékekhez viszonyított arányát jelentik. Az 5.C forgatókönyv esetében a PTI- és LTV-korlátok változnak, és a felfutás alatt érik el a maximális PTI=50 százalék és LTV=80 százalék értékeket.

vételi korlátot is jelenthet. Látható, hogy a jobban elhúzódó visszaesések esetében (2. és 4. forgatókönyv) a negatív hatás erőteljesebb, mivel a hosszabb időtartam alatt még több háztartást sújt munkanélküliség. Megállapítható továbbá, hogy a hosszabb időszakon át tartó magasabb munkanélküliségi ráta hatása erőteljesebb a jövedelemcsökkenés hatásánál: az 1. forgatókönyv 20 százalékos jövedelemcsökkenése esetében (ahol a recesszió két és fél éven át tart) mérsékeltebb a társadalmi kár, mint a 4. forgatókönyv 10 százalékos jövedelemcsökkenésekor, ami viszont öt év alatt megy végbe.

Az 5-5C. forgatókönyvek esetében a negatív sokkot gazdasági fellendülés előzi meg, így még a negatív sokk idején is összességében magasabb a háztartások lakhatásra fordítható jövedelme (a GDP csökkenő szakaszában is magasabb az értéke, mint a normál időszakában). Emiatt a háztartások többet költenek lakhatásra, és nagyobb lakásokba költöznek. Az 5.B forgatókönyv esetén a legnagyobb a lakásméret növekedése, mert ebben az esetben a lakásárak nem emelkednek a kereslet növekedésével (lezártuk a modell prociklikus csatornáit), és így a nagyobb jövedelmekből arányosan nagyobb lakásokat tudnak vásárolni. Az 5-5.B forgatókönyvek esetében a bankrendszer profitja összességében mégis csökken, mert a negatív szakaszban bekövetkezett csődökből eredő veszteség meghaladja a fellendüléskor elkönyvelt profitnövekményt. Ezzel szemben az 5.C forgatókönyv esetében a bankok a fellendülés idején oldják a hitelezési feltételeket, ezért többet hiteleznek, és az ebből származó bevétel meghaladja a recesszió során keletkezett veszteséget. Fontos azonban azt is megjegyezni, hogy a bankrendszeri profit emelkedésével párhuzamosan a csődök száma ebben az esetben volt a legmagasabb, vagyis a hitelezési korlátok oldása miatt ebben az esetben a recesszió idején jóval több háztartás volt kénytelen értékesíteni az ingatlanát.

### **5.5.2. Különböző LTV- és PTI-korlátok hatásának összehasonlítása**

Az eddigiekben a különböző sokkok hatását a jelenleg érvényben lévő PTI- és LTV-korlátok mellett vizsgáltuk. A következőkben elemzésünk keretét kibővítjük,

5.5. táblázat: Átlagos profit az alapkombinációhoz képest különböző PTI–LTV kombinációk mellett, normál időszakban

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	-14,4%	-8,0%	-3,9%	+0,1%
PTI=40%	-13,1%	-6,4%	-1%	+2,6%
PTI=50%	-12,5%	-5,5%	alap	+4,0%
PTI=60%	-12,1%	-5,1%	+0,6%	+4,8%

és bemutatjuk, hogy különböző PTI–LTV kombinációk mellett hogyan alakul a bankrendszer jövedelmezősége (átlagos profitja), a háztartások esetében a csődök száma, valamint az átlagos lakásméret az 50 százalékos PTI- és a 80 százalékos LTV-korlátok eredményeihez viszonyítva.

Az 5.5. táblázat mutatja, hogy normál időben hogyan alakul a bankrendszer átlagos profitja. A PTI- és LTV-korlátok oldásával a hitelezés és így a kamatbevétel is növekszik. A táblázat értékei alapján láthatjuk, hogy ezzel párhuzamosan a bankrendszer profitja is nő. Ez nem szükségszerű, mert a hitelezés növekedésével a hitelezési veszteség is nőhet, mindenesetre az eredmények alapján a vizsgált nyugalmi időszakban a bevételnövelő hatás nagyobb. A korlátok oldódásával a háztartások is egyre nagyobb alapterületű lakásokat tudnak vásárolni (ld. 5.6. táblázat).

Normál időszakban mind a bankrendszer, mind a háztartás szempontjából kedvezőbbnek bizonyult a magasabb korlátok alkalmazása. Amikor azonban az alkalmazott PTI- és LTV-korlátok hatását szeretnénk összehasonlítani, nem elég a normál időszakot alapul venni, hiszen éppen a különböző sokkok esetén materializálódhatnak olyan kockázatok, amelyek a megfelelően alkalmazott makroprudenciális eszközök segítségével csökkenthetők. A következőkben az 1. forgatókönyv alapján vizsgálódunk.

Minden kombináció esetében kiszámítottuk, hogy a sokkintervallumban a profit mennyivel tér el az egyes negyedévekben a normál időszaki értékéhez képest. A sokkintervallumra kumulált hatást az 5.7. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a

5.6. táblázat: A vásárolt lakások átlagos alapterületének eltérése az alapkombinációhoz képest, normál időszakban

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	-6,8%	-4,3%	-2,0%	+0,2%
PTI=40%	-6,2%	-3,4%	-0,6%	+2,1%
PTI=50%	-5,9%	-2,9%	alap	+3,0%
PTI=60%	-5,7%	-2,6%	+0,3%	+3,5%

5.7. táblázat: A normál időszaki profittól való eltérések kumulált összege a sokk bankrendszeri hatásának vizsgálati időszaka alatt (1. forgatókönyv, Mrd Ft)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	-31,5	-37,3	-51,3	-53,2
PTI=40%	-41,3	-62,7	-78,5	-97,4
PTI=50%	-51,1	-72,4	-106,0	-135,1
PTI=60%	-57,3	-90,4	-113,7	-152,6

*Megjegyzés:* a vizsgálati időszak a sokk kezdetétől számított 40 negyedév.

magasabb PTI- és LTV-korlátok a sokk bekövetkeztének hatására nagyobb kumulált veszteséget okoznak, mivel a bankok lazább hitelezési gyakorlata magasabb kockázatokhoz vezet, amelyek a sokk bekövetkeztével materializálódnak. A magasabb kumulált veszteség azonban nem feltétlenül jelenti azt, hogy az összprofit is alacsonyabb, hiszen ha normál időben jóval több jövedelemre tesznek szert a bankok, akkor nagyobb profitcsökkenés mellett is jövedelmezőbbek maradhatnak. A bankrendszer stabilitása szempontjából ugyanakkor fontos, hogy mekkora veszteséget kell elkönyvelniük a bankoknak: még ha összességében a normál időszak alatti nyereség felül is múlja a sokk hatására elszenvedett kumulált veszteséget, akkor sem egyértelmű, hogy kedvezőbbnek tekinthető egy olyan kombináció, amely válsághelyzetben jóval nagyobb tőkeszükséglettel jár, hiszen nem garantált, hogy a bankok a sokk bekövetkezésekor elegendő pufferrel vagy megfelelő tőkebevonási képességgel rendelkeznek ahhoz, hogy szolvensek maradjanak.

A lazább hitelezési standardok normál időben magasabb jövedelmezőséghez vezetnek, a vizsgált negatív sokk esetében viszont nagyobb veszteséggel párosulnak, így a bankrendszer szempontjából sem egyértelmű, hogy a hitelezési korlátok milyen kombinációja kívánatos. A bankrendszer szempontjából optimális kombináció kiválasztása nagyban függ attól, hogy milyen gyakran és milyen nagyságú negatív sokkok érik a gazdaságot. Emiatt megvizsgáltuk, hogy a sokk milyen gyakorisága mellett lennének a különböző PTI–LTV kombinációk kedvezőbbek az alapesethez képest. Ezen eredményeket az 5.8. táblázat tartalmazza. Az alapkombináció a bankrendszer szempontjából négy kombinációnál egyértelműen jobb, kilenc kombináció esetében nem dönthető el egyértelműen, mert függ a sokk bekövetkezésének gyakoriságától, két kombinációnál pedig egyértelműen kedvezőtlenebbnek mondható. Ha az 1. forgatókönyv által meghatározott negatív sokkról feltételezzük, hogy várhatóan legalább 10 és legfeljebb 25 normál év után következik be, akkor csak egyetlen bizonytalan kombináció marad (ld. az 5.8. táblázat színezését). Ilyen feltevések mellett a bankrendszer hosszú távú jövedelmezősége szempontjából nem célszerű a jelenlegi 80 százalékos LTV-korlátnál szigorúbb előírást alkalmazni.

5.8. táblázat: A különböző PTI–LTV kombinációk összevetése az alapkombinációval a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából (1. forgatókönyv)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	$s < 0,3$ alacsonyabb	$s < 7,2$	$s < 26,1$	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	jövedelmezőség alacsonyabb	$s < 3,5$	$s < 42,9$	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	jövedelmezőség alacsonyabb	$s < 2,1$ alacsonyabb	alap	$s > 4,6$
PTI=60%	jövedelmezőség	jövedelmezőség	$s > 14,6$	$s > 9,5$

*Jelmagyarázat:* a táblázat színezése azon feltételezés mellett mutatja, hogy mely kombináció esetén magasabb/alacsonyabb a bankrendszer átlagos jövedelmezősége a jelenlegi szabályozáshoz képest, hogy a normál időszak várható hossza 10 és 25 év közé esik ( $10 < s < 25$ ). Narancssárga: alacsonyabb jövedelmezőség, zöld: magasabb jövedelmezőség, szürke: nem egyértelmű, kék: jelenlegi szabályozás.

*Megjegyzés:* a táblázat elemei azt mutatják meg, hogy milyen esetben jövedelmezőbb az adott PTI–LTV kombináció az alapkombinációhoz képest. Az  $s$  jelentése: normál időszak várható hossza években. Ha a profitabilitás alacsonyabb az alapesethez képest mind a normál időszakban, mind a sokkot követően vizsgált időszakban, akkor a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából az adott kombináció egyértelműen *kedvezőtlenebb*. Ha a profitabilitás magasabb az alapesethez képest mind a normál időszakban, mind a sokkot követően vizsgált időszakban, akkor a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából az adott kombináció egyértelműen *kedvezőbb*. Egyéb esetben az egyes cellákban szereplő értékeket úgy számítjuk ki, hogy a sokk bankrendszeri hatásának vizsgálati időszaka alatti kumulált profitkülönbséget (az alapkombináció kumulált profitja *minusz* az adott kombináció kumulált profitja) elosztjuk a normál időszaki éves profitkülönbséggel (az adott kombináció normál profitja *minusz* az alapkombináció normál profitja). Ha adott kombináció esetén normál időszakban magasabb a bankrendszer profitja az alapkombinációhoz képest (az 5.5. táblázat azonos cellájában lévő érték 1-nél nagyobb), a sokkot követően vizsgált időszakban pedig kisebb, akkor az adott kombináció abban az esetben *kedvezőbb*, ha a normál időszak várható hossza meghaladja ezt az értéket. Ha adott kombináció esetében normál időszakban alacsonyabb a bankrendszer profitja az alapkombinációhoz képest (az 5.5. táblázat azonos cellájában lévő érték 1-nél kisebb), a sokkot követően vizsgált időszakban pedig nagyobb, akkor az adott kombináció abban az esetben *kedvezőbb*, ha a normál időszak várható hossza kisebb ennél az értéknél.



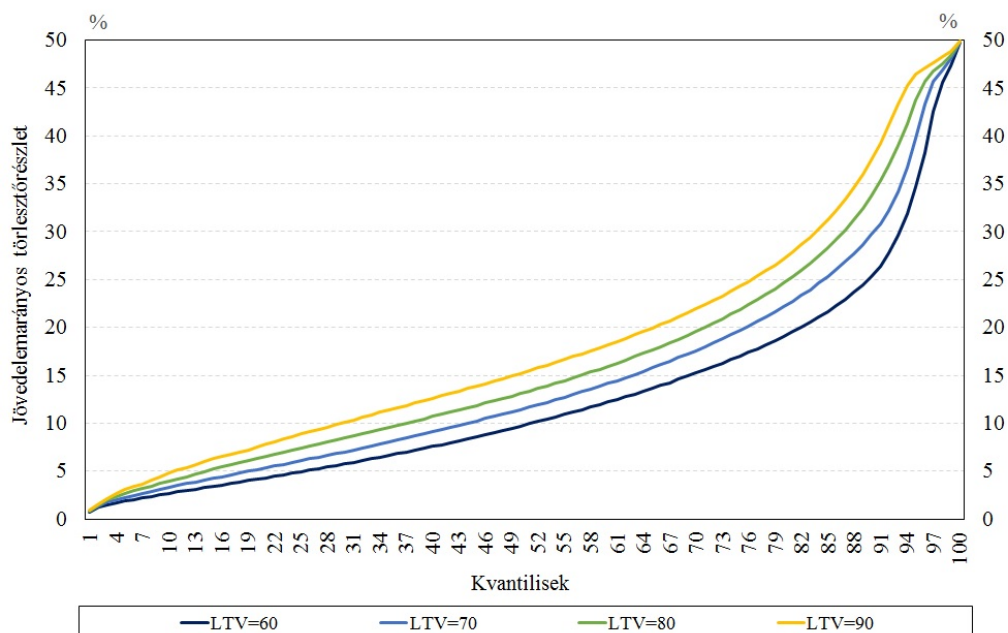
Érdemes azonban a hitelfelvevő háztartások szemszögéből is összehasonlítani a különböző kombinációk hatását egy sokkot követően. Az 5.9. táblázat azt tartalmazza, hogy az alapkombinációhoz képest hány százalékkal tér el a nemteljesítővé váló háztartások száma. Ha a normál időszak legalább 10 évig tart, a 90 százalékos LTV-korlát ugyan a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából kedvezőbb lenne az alapesethez képest mindegyik vizsgált PTI-korlát mellett, a háztartások szempontjából azonban jóval kedvezőtlenebbnek bizonyulna, mivel jelentősen több háztartás válna nemteljesítővé.

5.9. táblázat: Nemteljesítővé váló háztartások számának eltérése az alapkombinációhoz képest (1. forgatókönyv)

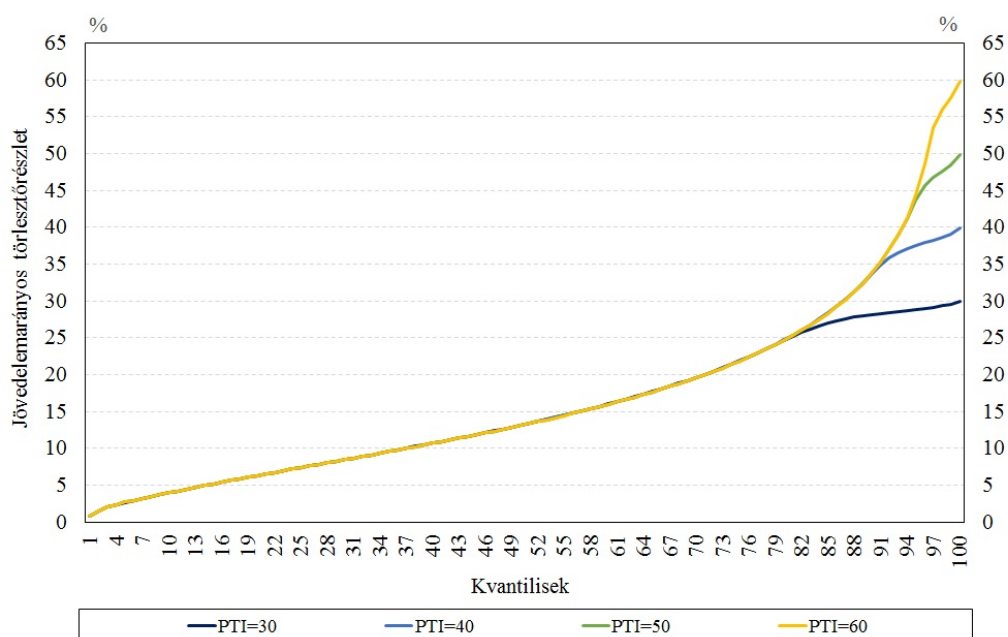
	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	-35,5%	-17,9%	-8,2%	+6,9%
PTI=40%	-32,3%	-15,5%	-2,0%	+14,4%
PTI=50%	-30,6%	-12,7%	alap	+19,9%
PTI=60%	-30,1%	-12,0%	+2,2%	+21,9%

Ha egy háztartásnak magasabb a jövedelemarányos törlesztőrészlete, akkor nagyobb valószínűséggel fog nemteljesítővé válni. Miközben az LTV-korlátok oldódnak, a háztartások a nagyobb hitel mellé nagyobb törlesztőrészletet vállalnak, és így arányaiban sokkal több háztartás esetében nő olyan szintre a jövedelemarányos törlesztőrészlet, hogy munkanélküliség esetén hamar nemteljesítővé válnak (ld. 5.5. ábra). Végző soron tehát mindkét korlát lazításával a magasabb jövedelemarányos törlesztőrészletek előfordulási gyakorisága miatt válik több háztartás nemteljesítővé. Az 5.9. táblázat alapján az is látható, hogy a nemteljesítővé válás valószínűsége az LTV-korlátok oldásával nagymértékben nő, míg a PTI-korlát növelésének ennél jelentősen kisebb a hatása. Ez annak köszönhető, hogy a legtöbb háztartást az LTV-korlát köti, és nem a PTI, aminek következtében az LTV-korlátok oldódásával nagyobb arányban jelennek meg magas jövedelemarányos törlesztőrészletek, mint amikor rögzített LTV mellett csak a PTI-korlátot növeljük (ld. 5.6. ábra).

5.5. ábra: A háztartások tényleges jövedelemarányos törlesztőrészleteinek kvantilisei 50 százalékos PTI-korlát és különböző LTV-korlátok mellett

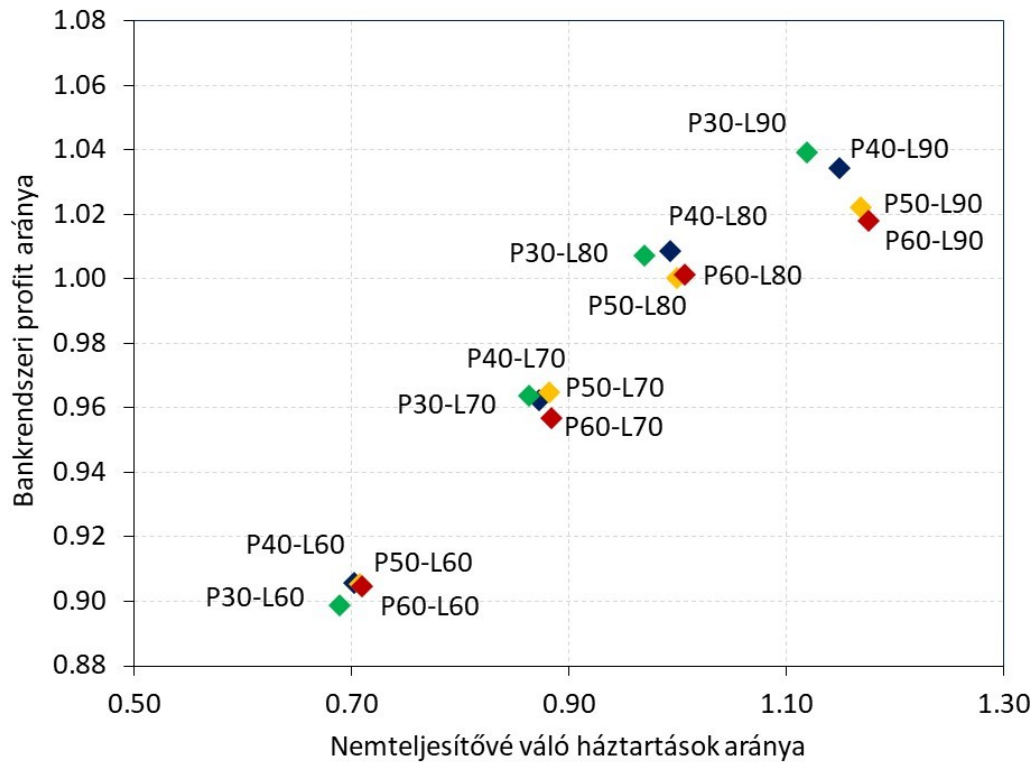


5.6. ábra: A háztartások tényleges jövedelemarányos törlesztőrészleteinek kvantilisei 80 százalékos LTV-korlát és különböző PTI-korlátok mellett



Az eredmények alapján a következő megállapításokat tehetjük: a makroprudenciális döntéshozónak több szempontot is mérlegelnie kell az optimális PTI–LTV-kombináció meghatározásakor. A jelen modell szerint a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából a 80 százaléknál alacsonyabb LTV nem lenne kedvezőbb, míg a jelenlegi szabályozásnál magasabb LTV-korlát összességében jövedelmezőbb bankrendszert eredményezhet. Magasabb LTV-korlát mellett azonban jóval több háztartás válna nemteljesítővé (az 5.7. ábra a különböző szabályozások esetén a bankrendszer jövedelmezősége és a háztartásokat érintő csődesemények közötti átváltást szemlélteti), illetve a bankrendszer által a sokk hatására elszenvedett kumulált veszteség is jelentősen nagyobb lehet, ami a hirtelen jelentkező nagyobb tőkeszükséglet miatt jelenthet kihívást.

5.7. ábra: A bankrendszer jövedelmezősége és a háztartásokat érintő csődesemények közötti átváltás (1. forgatókönyv)



*Jelmagyarázat:* Az egyes pontok felirataiban "P" a PTI-ra, "L" az LTV-re vonatkozik. Például a P30–L60 felirat a 30 százalékos PTI és 60 százalékos LTV kombinációt jelöli.

*Megjegyzés:* az ábra pontjai azt mutatják meg, hogy az adott PTI–LTV kombináció melletti átlagos profit, illetve átlagos csődszám hogyan aránylik az alapesetben (PTI=50 százalék és LTV=80 százalék) realizált értékekhez. Az ábra értékeinek (a normál időszakot és a sokkot követő negyedéveket is magában foglaló átlagos profit, illetve átlagos csődszám) kiszámításához azzal a feltételezéssel éltünk, hogy a normál időszak hossza 20 év. Ha a normál időszak hosszát 10, 15 vagy 25 évre állítjuk, akkor is kvalitatíve ugyanezeket az eredményeket kapjuk.

A makroprudenciális szabályozás országonként különböző, olykor az alkalmazott eszközök is eltérnek egymástól.<sup>14</sup> Az eltérő szabályozást országspecifikus tényezők indokolhatják, például a háztartások törlesztési fegyelve és megtakarítási szokásai, a

<sup>14</sup>Fáykiss és szerzőtársai (2018) részletesen bemutatják az Európai Gazdasági Térség országaiban alkalmazott adósságfék-szabályokat.

munkaerőpiac jellegzetességei, valamint az ingatlanpiacot, a jelzálogot és az adósokat érintő jogszabályi környezet. Ebből adódóan a magyar adatok felhasználásával kapott eredményekből nem lehet más országokra vonatkozóan következtetéseket levonni.

## 5.6. Robusztusságvizsgálat

A háztartások jellemzőit empirikus adatok alapján generáltuk. A modellben szereplő paramétereket pedig oly módon választottuk meg, hogy a modell egyensúlyi helyzetben minél jobban illeszkedjen a magyar lakás- és hitelpiac 2016. évi jellemzőihez. A ciklikus tényezőket nem kalibráltuk, mivel egyelőre csak egyetlen, a legutolsó magyar lakás- és hitelpiaci ciklusról áll rendelkezésünkre adat, ami nem elegendő stilizált tények megállapítására. A kapott eredményeinket azonban befolyásolhatja, hogy milyen sokk váltja ki a ciklust, valamint hogy a ciklus során milyen viselkedést feltételezünk. Emiatt érdemes megvizsgálni, hogy változnak-e az optimális PTI–LTV kombinációkkal kapcsolatos következtetések, ha más negatív sokkforgatókönyvet feltételezünk, illetve ha a ciklust befolyásoló paramétereket módosítjuk.

A 5.10–5.12. táblázatok tartalmazzák a visszaeséssel kezdődő 2–4. forgatókönyvek esetén az 5.8. táblázattal megegyező tartalmú jövedelmezőségi vizsgálatot, amely a bankrendszer szempontjából értékeli a különböző PTI–LTV kombinációkat. Látható, hogy az eredmények robusztusak a gazdasági visszaesés mértékére és hosszára. A jelenleginél alacsonyabb LTV-korlát egyik alternatív negatív forgatókönyv mellett sem lenne kedvezőbb a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából. Az 5.8. és 5.11. táblázatok, valamint az 5.10. és 5.12. táblázatok nagyon hasonló eredményre vezetnek, ugyanis az eredményeket jobban befolyásolja a visszaesés hossza (munkanélküliségnek való hosszabb kitettség), mint a jövedelemcsökkenés mértéke. Az eredmények alapján megállapítható, hogy rövidebb ideig tartó recessziók esetén akár egy magasabb PTI-korlát is kifizetődő lehet, míg egy hosszabban elnyúló recesszió esetén egy jelenleginél magasabb PTI-szabályozás kedvezőtlen lenne a bankrendszer stabilitása szempontjából.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>Érdemes megjegyezni, hogy az alternatív forgatókönyvek esetén is azzal a feltevessel éltünk, hogy a normál időszakok hossza 10 és 25 év közötti. Feltételezhető azonban, hogy egy olyan

5.10. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat (2. forgatókönyv: 20 százalékos visszaesés 5 év alatt)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	s<6,6	s<14,3	s<45,7	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	s<4,9	s<11,2	s<50,9	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	s<3,6	s<5,6 alacsonyabb jövedelmezőség	alap	s>24,0
PTI=60%	s<1,4		s>91,4	s>29,3

*Megjegyzés:* a táblázat elemei azt mutatják meg, hogy milyen esetben jövedelmezőbb az adott PTI–LTV kombináció az alapkombinációhoz képest. Az *s* jelentése: normál időszak várható hossza években. A táblázat értelmezésének részletes leírását az 5.8. táblázathoz tartozó megjegyzés és jelmagyarázat tartalmazza.

5.11. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat (3. forgatókönyv: 10 százalékos visszaesés 2,5 év alatt)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	alacsonyabb jövedelmezőség	s<2,7	s<20,7	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	alacsonyabb jövedelmezőség	s<0,6	s<27,4	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	alap	s>5,5
PTI=60%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	s>30,2	s>11,5

*Megjegyzés:* lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

sokk, amely hosszabban elhúzódik, relatív kisebb valószínűséggel következik be. Hasonlóan az is feltételezhető, hogy egy nagyobb mértékű visszaeséssel járó sokk is relatíve ritkábban fordul elő. Ezt figyelembe véve a makroprudenciális ajánlások szemszögéből még több esetben találnánk egyezést.

5.12. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat (4. forgatókönyv: 10 százalékos visszaesés  
5 év alatt)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	s<6,3	s<15,8	s<47,9	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	s<5,1	s<11,2	s<51,7	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	s<3,2	s<7,3	alap	s>17,6
PTI=60%	s<1,1	s<1,6	s>46,5	s>25,7

Megjegyzés: lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

A ciklus lefutása a modellben leginkább a lakáspiaci felár változékonyságától ( $\mu_F = 0,4$ ) függ, emiatt megvizsgáltuk, hogy változtat-e a PTI–LTV kombinációkra vonatkozó következtetéseken, ha kisebb ( $\mu_F = 0,3$ ) vagy nagyobb ( $\mu_F = 0,5$ ) paraméterértéket alkalmazunk. Az 5.13. és 5.14. táblázatok alapján a paraméter vizsgált módosításai érdemben nem változtatnak a modell következtetésein.

5.13. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat  $\mu_F = 0,3$  paraméter mellett (1. forgatókönyv)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	alacsonyabb jövedelmezőség	s<4,8	s<22,6	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	alacsonyabb jövedelmezőség	s<1,0	s<32,9	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	alap	s>7,4
PTI=60%	nem preferált	alacsonyabb jövedelmezőség	s>55,1	s>12,8

Megjegyzés: lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

5.14. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat  $\mu_F = 0,5$  paraméter mellett (1. forgatókönyv)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	alacsonyabb jövedelmezőség	$s < 5,7$	$s < 24,4$	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	alacsonyabb jövedelmezőség	$s < 2,4$	$s < 27,6$	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	alap	$s > 5,3$
PTI=60%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	$s > 40,2$	$s > 11,1$

Megjegyzés: lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

A modellben eltérő megtakarítási szabály vonatkozik azon háztartásokra, amelyek lakást bérelnek, illetve amelyek saját tulajdonú ingatlanban laknak. A lakást bérlő háztartások megtakarítási szabályában lévő paramétereket úgy határoztuk meg, hogy a lakásvásárlás időpontjában a háztartás az empiriának megfelelő önerővel rendelkezzen a hitelfelvételhez. A lakástulajdonosok törlesztőrészletet is tartalmazó megtakarítási rátájára ( $s = 0,2$ ) azonban érdemes érzékenységi vizsgálatot készíteni. Az 5.15. táblázat 15 százalékos megtakarítási ráta, míg az 5.16. táblázat 25 százalékos megtakarítási ráta mellett tartalmazza a jövedelmezőségi vizsgálat eredményeit. Ezek alapján a 25 százalékos megtakarítási ráta hasonló következtetésekre vezet, mint a 20 százalékos. A 15 százalékos megtakarítási ráta mellett szintén igaz, hogy a 80 százalékos LTV-korlát csökkentése kedvezőtlenül érintené a bankrendszer jövedelmezőségét, emellett azonban megállapítható, hogy nincs egyetlen olyan PTI-LTV kombináció sem, amely egyértelműen kedvezőbb lenne a jelenlegi szabályozáshoz képest (a normál időszak hosszára tett feltevés mellett). Ez azonban nem meglepő, mivel a háztartások alacsonyabb megtakarítási hajlandósága szükségképpen nagyobb veszteségeket eredményez nemteljesítés esetén.



5.15. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat  $s = 0,15$  paraméter mellett (1. forgatókönyv)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	$s < 2,8$	$s < 10,8$	$s < 23,0$	$s < 23,2$
PTI=40%	$s < 2,6$	$s < 7,2$	$s < 18,3$	$s > 14,5$
PTI=50%	$s < 0,9$	$s < 2,1$	alap	$s > 44,0$
PTI=60%	$s < 0,4$	$s < 2,3$	$s > 62,3$	$s > 35,2$

Megjegyzés: lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

5.16. táblázat: Jövedelmezőségi vizsgálat  $s = 0,25$  paraméter mellett (1. forgatókönyv)

	LTV=60%	LTV=70%	LTV=80%	LTV=90%
PTI=30%	alacsonyabb jövedelmezőség	$s < 2,2$	$s < 30,7$	magasabb jövedelmezőség
PTI=40%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	$s < 46,4$	magasabb jövedelmezőség
PTI=50%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	alap	magasabb jövedelmezőség
PTI=60%	alacsonyabb jövedelmezőség	alacsonyabb jövedelmezőség	$s > 43,3$	$s > 2,8$

Megjegyzés: lásd az 5.10. táblázat alatti megjegyzést.

## 5.7. Összegzés

Olyan keresletvezérelt ágensalapú lakáspiaci modellt mutattunk be, amelyben a heterogén háztartások lakásvásárlásukat részben hitelből finanszírozhatják. A modellszimulációban szereplő háztartások jellemzőit magyar adatbázisok felhasználásával határoztuk meg, elsősorban a 2016-ban folyósított lakáshiteleket tartalmazó mikroszintű adatbázisra (L11) támaszkodva. Minden hitelszerződésnek meg kell felelnie a makroprudenciális politika által meghatározott adósságfékszabályoknak, vagyis a

PTI- és az LTV-előírásnak. A modellt különböző makrogazdasági sokkok mellett futtattuk, amelynek során a szimulációkban lakásár- és hitelciklus alakult ki.

A makroprudenciális politika célja olyan PTI–LTV szabályozás kialakítása, amely a bankrendszer stabilitása mellett nem ró túl nagy költséget a reálgazdaságra. Ennek megfelelően megvizsgáltuk, hogy a különböző PTI–LTV kombinációk hogyan hatnak a bankrendszer jövedelmezőségére, valamint a háztartások jólétére. Az eredmények alapján nem lehet egyértelmű iránymutatást megfogalmazni, az függ a sokkokra vonatkozó feltételezésektől, valamint a döntéshozó preferenciájától, mivel a bankok jövedelmezőségét és a háztartások jólétét eltérően befolyásolják a különböző előírások. A jelen modell szerint a bankrendszer jövedelmezősége szempontjából a 80 százaléknál alacsonyabb LTV nem lenne kedvezőbb, míg a jelenlegi szabályozásnál magasabb LTV-korlát összességében jövedelmezőbb bankrendszert eredményezhet. Magasabb LTV-korlát mellett – elsősorban az ebből fakadó magasabb jövedelemarányos törlesztőrészek miatt – azonban jóval több háztartás válna nemteljesítővé. Emellett a bankrendszer által a sokk hatására elszenvedett kumulált veszteség is jelentősen nagyobb lehet, ami a hirtelen jelentkező nagyobb tőkeszükséglet miatt jelenthet kihívást.

A modell jelenlegi állapotában is képes megjeleníteni lakásár- és hitelciklusokat, az eredményekből leszűrhető kvalitatív következtetések pedig intuitívak. Annak érdekében, hogy a modell kvantitatív eredményeinek megbízhatóságát növeljük, a modellt számos ponton érdemes bővíteni. A modell keresletvezérelt jellegét az építőipar szerepeltetésével, valamint a lakáspiaci alkuk modellbe illesztésével oldhatjuk. Ha a négyzetméterárakat a lakások összterületétől tesszük függővé, a jövedelmek növekedése rövid távon még nagyobb ciklust generálhat a lakásárakban, ha pedig folyamatosan növekvő gazdaságot modellezünk, vizsgálhatjuk a jövedelmek emelkedésének hosszú távú hatásait is. A befektetési célú lakásvásárlók jelenléte felerősítheti a lakásárciklusokat, az ő szerepeltetésükhöz pedig szükséges a bérleti piac részletes modellezése. A bankrendszer szempontjából fontos elkülöníteni egymástól a fix és változó kamatozású lakáshiteleket, valamint érdemes bevezetni a lakások területi heterogenitását, mivel a fedezetértvényesítés lehetősége és költsége (és így a bankok potenciális vesztesége) az egyes alpiacokon eltérhet egymástól. A bankok heterogeni-

tását például az eltérő hitelezési stratégiák megjelenítésével lehet bevezetni (az egyes bankok más-más korlátok mellett hajlandók hitelezni) és így megvizsgálható, hogy egy makrogazdasági sokk esetén a bankok sokkellenálló képességére hogyan hat, ha különböző kockázatvállalási hajlandóságot tanúsítanak. A hitelek átstrukturálásának lehetősége a hitelezési veszteségek pontosabb modellezését teheti lehetővé. Mivel a magyar PTI-szabályozás differenciált (elsősorban jövedelmi helyzet szerint), a későbbiekben szofisztikáltabb PTI-szabályokat is érdemes vizsgálni. Kamatemelési ciklus esetén a változó kamatozású hitelek kockázatosabbá válnak, így érdemes megvizsgálni a monetáris politika és a makroprudenciális politika kölcsönhatását is. Végezetül a lakáspiaci modell makrogazdasági modellbe való ágyazásával pontosabb képet kaphatunk a hitelezés, a lakáspiac és a reálgazdaság közötti visszacsatolási mechanizmusok hatásáról, ami lehetőséget nyújt a monetáris és a makroprudenciális politika interakciójának még pontosabb elemzésére.



## 6. fejezet

### Összegzés

A doktori értekezés elején a magyar hitelpiac ciklikus pozíciójának néhány lehetséges mérési módját hasonlítottuk össze. A GDP-arányos hitelállomány trendtől való eltérésének, a hitelrésnek a számszerűsítéséhez három különböző trendszűrő eljárás segítségével dekomponáltuk a vizsgált idősort trendre és ciklikus részre: egyváltozós Hodrick–Prescott-szűrővel, egyváltozós Christiano–Fitzgerald-szűrővel, valamint egy többváltozós Hodrick–Prescott-szűrővel, amit a magyar sajátosságokat figyelembe véve fejlesztettünk. A dekomponálást és a hitelrés meghatározását a vállalati és a háztartási szegmensre külön végeztük. A három módszer közül az erre a célra fejlesztett, más változók információtartalmát is felhasználó Hodrick–Prescott-szűrő mutatta a legkisebb végponti bizonytalanságot, a kapott eredmények pedig összhangban vannak a magyarországi hitelezési folyamatokkal kapcsolatos szakértői képpel: a 2008-as válság kitöréséig a hitelrés folyamatosan nyílt, elsősorban a háztartási devizahitelezés felfutása miatt. A válságot követő alkalmazkodás során azonban a hitelrés zárult, a hitelállomány nagymértékű leépülése miatt pedig az időszak végére negatív lett a hitelrés értéke.

A Bázeli III. tőkeszabályozás keretében a makroprudenciális hatóságok a rendszerszintű kockázatok felépülésének ideje alatt anticiklikus tőkepuffer képzését írhatják elő. Az ajánlások szerint a GDP-arányos hitelrés nagysága alapján érdemes meghatározni a tőkepuffer nagyságát. A többváltozós Hodrick–Prescott-szűrő a

makroprudenciális politika számára pontosabb és megalapozottabb képet adhat a magyarországi hitelrész alakulásáról.

Az ökonometriai modell mellett a disszertáció két elméleti modellje is makroprudenciális fókusszal rendelkezik. A fejlesztett modellek ágensalapúak, mivel az ágensalapú modellek a bankrendszer sajátosságait könnyebben tudják modellezni, mint a DSGE- modellek, különösen ami az egyensúlytalanságok felépülését illeti. Az ágensalapú modellek a gazdaságot heterogén szereplőkből kiindulva modellezik, és a gazdaságot egyenletrendszerek megoldása helyett számítógépes szimulációval vizsgálják. Ennek köszönhetően mikroszinten tetszőleges viselkedési és döntési szabályokat lehet bennük szerepeltetni, amelyek makroszintű mintázatokat eredményezhetnek. A monetáris és a makroprudenciális politika vitelét ennek megfelelően a jövőben az ágensalapú modellek is segíthetik. A két elméleti modell bemutatása előtt ezért röviden összefoglaltuk az ágensalapú makromodellezés jellemzőit, amely bevezetést nyújtott az ágensalapú makromodellezés jelenlegi állapotába. Ismertettük az általunk három legfontosabbnak ítélt ágensalapú makromodell alapjait egy-egy olyan változatukon keresztül, amelyek már részletesebben foglalkoznak a hitelezéssel. Az ismertetés során rámutattunk az ágensalapú modellezés előnyeire és a modellfejlesztéssel járó nehézségekre is.

Mivel rámutattunk a vállalati és a háztartási szegmensben is a hitelciklus meglétére Magyarországon, külön modellt fejlesztettünk a vállalati hitelezésre és a lakossági jelzáloghitelezésre is. A vállalati modell makromodell, és fejlesztése során az egyik ismertetett ágensalapú makromodell építőköveit vettük át. Olyan ágensalapú keynesi makromodellt fejlesztettünk, amely a háztartásokon és a vállalatokon kívül részletesen kidolgozott bankrendszert tartalmaz, a fiskális politika mellett pedig makroprudenciális szabályozás is szerepel benne. A fogyasztási jószágot termelő vállalatok hitelfelvétele során a gazdaságban hitelciklusok alakulnak ki, a modell által generált hitelciklusok pedig hosszabbak az üzleti ciklusoknál. A bankrendszer a hitelezésen keresztül támogatja a gazdaság növekedését, recesszió esetén azonban a hitelezés csökkenése miatt tovább mélyül a válság. Az endogén módon felépülő hitelciklusok lehetővé tették, hogy a modellben vizsgáljuk a bankrendszer prociklikálisitását csökkentő makroprudenciális eszköz, az anticiklikus tőkepufferrátát

alkalmazását. Eredményeink alapján ez a szabályozói eszköz a pénzügyi stabilitás növelése mellett recesszió esetén csökkenti a GDP visszaesésének mértékét, a felívelés alatt ugyanakkor kismértékű növekedési áldozattal jár.

A makroprudenciális politikának a lakáshitelezés folyamán fellépő rendszerszintű kockázatokat is csökkentenie kell. Ennek megfelelően a másik elméleti modellként olyan ágensalapú lakáspiaci modellt fejlesztettünk, amelyben lehetőség van két széles körben alkalmazott makroprudenciális eszköz, a jövedelemarányos törlesztőrészlet mutató (PTI), valamint a hitelfedezeti mutató (LTV) hatásának vizsgálatára. A modellben szereplő lakáspiace keresletvezérelt: a háztartások lakásvásárlását nem kötik kínálati korlátok, hanem azt a háztartások preferenciája, jövedelme, valamint a makroprudenciális szabályokból fakadó hitelezési korlátok határozzák meg. A modellben szereplő egymillió háztartást magyar adatbázisok felhasználásával generáltuk. Értékeljük a jelenlegi szabályozás hatását különböző makrogazdasági sokkok esetén, valamint megvizsgáltuk, hogy a PTI- és LTV-korlátok különböző kombinációi mellett hogyan alakul a bankrendszer jövedelmezősége, stabilitása, valamint a háztartások jóléte. Az eredmény függ a sokkokra vonatkozó várakozásoktól és a döntéshozó preferenciájától, mivel a bankok jövedelmezőségét és a háztartások jólétét eltérően befolyásolják az adósságfékszabályok. Emiatt különböző szempontok alapján más-más LTV-PTI kombináció lehet optimális. A modell eredményei alapján azonban a bankrendszer hosszú távú jövedelmezősége szempontjából nem célszerű a jelenlegi 80%-os LTV-korlátnál szigorúbb előírást alkalmazni.

A két fejlesztett modell egy későbbi makroprudenciális modell kezdeti stádiumának tekinthető. A cél egy olyan modell fejlesztése, amiben a legfontosabb makroprudenciális eszközök mindegyikét egyszerre, a monetáris politikával való kölcsönhatásban lehet vizsgálni. Ez ugyanis segíthet abban, hogy megtaláljuk a makroprudenciális eszközök optimális kombinációját, figyelembe véve a pénzügyi stabilitást és a gazdasági növekedést is, valamint annak vizsgálatát is lehetővé teheti, hogy milyen esetben erősíti fel vagy gyengíti egymást a monetáris, valamint a makroprudenciális politika. Az aktív monetáris politika a makroprudenciális eszközök optimális mértékére is hatással lehet.

Az ágensalapú modellek fejlesztése során viszonylag gyorsan lehetne olyan szimulációt készíteni, amely mindegyik makroprudenciális eszközt tartalmazza. Kalibrálható modellt (ami nem túl zajos és amiben nincsenek valószínűtlenül nagy kilengések) azonban csak lassan és fokozatosan lehet építeni. Fontos, hogy a modell fejlesztői értsék a modell dinamikájának magyarázatát. A két bemutatott modell fejlesztése során is az volt a cél, hogy az összetettebb modell fejlesztéséhez legyenek jó kiindulási alapok. A makromodellben rávilágítottunk arra, hogyan lehet az üzleti ciklusoknál hosszab hitelciklusokat generálni, a lakáspiaci modellben (a hitelezés vizsgálata mellett) pedig bemutattuk, hogy különböző adatbázisokat felhasználva hogyan lehet az ágensalapú modellek heterogenitását kihasználni, és a valósághoz minél közelebbi adatokkal futtatni a modellt.

A kutatás későbbi fázisában a két modellt egyesíteni kell: a lakáspiaci modellt integrálni kell a makromodellbe. Az egyesítés előtt azonban mindkét modell esetében célszerű további fejlesztéseket is tenni. Mivel Magyarország kis nyitott gazdaság, a makromodellbe be kell építeni a külkereskedelmet. Ez a hitelezés makrogazdaságra gyakorolt hatását is jobban modellezhetné, a hitelek egy részét ugyanis importra fordítják a beruházó vállalatok. Mivel a modellben rövid- és hosszúlejáratú hitelek is vannak, több kereskedelmi bankot szerepeltetve és bevezetve a bankközi piacot, a likviditásfedezeti és a nettó stabil források aránya mutatót is vizsgálhatjuk, valamint a rendszerszinten fontos pénzügyi intézményekre vonatkozó tőkeelőírásokat is. A lakáspiacot vizsgáló modellben célszerű feloldani a keresletvezérelt jelleget, és pontosabban modellezni a lakáspiaci alkukat és az építőipart. A nemteljesítő hitelek tekintetében a hitelek átstrukturálásának modellbe való illesztése jelenthet komolyabb előrelépést. Amennyiben a négyzetméterárakat a lakások összterületétől is függővé tesszük (a telkek szűkössége miatt), akkor vizsgálhatjuk a jövedelmek emelkedésének hosszútávú hatását is, ami kifejezetten hasznos lehet, amikor összeillesztjük a növekedést tartalmazó makromodellt a lakáspiaci modellel. A befektetési célú lakásvásárlók jelenléte pedig felerősítheti a ciklusokat.

A vállalati hitelciklusokat tartalmazó makromodell és a lakáspiaci ciklust tartalmazó modell integrációja révén megfelelő kalibrációt követően tehát olyan modell lehet a kezünkben, amely alkalmas a legfontosabb makroprudenciális eszközök szere-



peltetésére, és amely segítségével pontosabb képet alkothatunk a makroprudenciális eszközök és a monetáris politika kölcsönhatásáról.



# Hivatkozások

- [1] Aczél, Á. – Banai, Á. – Borsos, A. – Dancsik, B. (2016): A lakáshitelek felárát meghatározó tényezők azonosítása a magyar bankrendszerben, *Hitelintézeti Szemle*, 15(4), 5–44.
- [2] Alessi, L. – Detken, C. (2011): Quasi real time early warning indicators for costly asset price boom/bust cycles: a role for global liquidity. *European Journal of Political economy*, 27, 520–533.
- [3] Alpanda, S. – Cateau, G. – Meh, C. (2018): A policy model to analyze macroprudential regulations and monetary policy. *Canadian Journal of Economics*, 51, 828–863.
- [4] Ashraf, Q. – Gershman, B. – Howitt, P. (2017): Banks, market organization, and macroeconomic performance: An agent-based computational analysis. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, 135, 143–180.
- [5] Assenza, T. – Delli Gatti, D. – Grazzini, J. (2015): Emergent dynamics of a macroeconomic agent based model with capital and credit. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 50, 5–28.
- [6] Athanasoglou, P. P. – Daniilidis, I. – Delis, M. D. (2014): Bank procyclicality and output: Issues and policies. *Journal of Economics and Business*, 72, 53–83.
- [7] Axtell, R. – Farmer, D. – Geanakoplos, J. – Howitt, P. – Carrella, E. – Conlee, B. – Goldstein, J. – Hendrey, M. – Kalikman, P. – Masad, D. – Palmer, N. – Yang, C.-Y. (2014): An Agent-Based Model of the Housing Market Bubble in Metropolitan Washington, D. C., Deutsche Bundesbank’s Spring

- Conference on "Housing markets and the macroeconomy: Challenges for monetary policy and Financial stability". Kézirat, George Mason University, Oxford University, Yale University, Brown University.
- [8] Backé, P. – Égert, B. – Zumer, T. (2006): Credit Growth in Central and Eastern Europe: Emerging from Financial Repression to New (Over)Shooting Stars? European Central Bank, Working Paper Series 687.
- [9] Bak, D. – Szabó, L. T. (2016): Munkaerőpiac, MNB Oktatási füzetek, 6. szám.
- [10] Baptista, R. – Farmer, J. D. – Hinterschweiger, M. – Low, K. – Tang, D. – Uluc, A. (2016): Macroprudential policy in an agent-based model of the UK housing market, Bank of England Staff Working Paper, 619.
- [11] BCBS (2010): Guidance for national authorities operating the countercyclical capital buffer. Basel Committee on Banking Supervision, Bank for International Settlements.
- [12] Beck, T. – Ross, L. – Loayza, N. (2000): Finance and the sources of growth. *Journal of Financial Economics*, 58, 261–300.
- [13] Békési, L. – Köber, Cs. – Kucsera, H. – Várnai, T. – Világi, B. (2016): The macroeconomic forecasting model of the MNB. MNB Working Papers 2016/4.
- [14] Benedek, G. (2005): Evolúciós gazdaságok szimulációja. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [15] Benes, J. – Kumhof, M. – Laxton, D. (2014): Financial Crises in DSGE Models: A Prototype Model. IMF Working Papers 14/57.
- [16] Bernanke, B. S. – Gertler, M. – Gilchrist, S. (1999): The financial accelerator in a quantitative business cycle framework. Elsevier, Handbook of Macroeconomics, 1. kötet, C rész, 21. fejezet.
- [17] Borio, C. – Lowe, P. (2002): Asset prices, financial and monetary stability: exploring the nexus. BIS Working Papers, 114.

- [18] Buncic, D. – Melecky, M. (2014): Equilibrium credit: The reference point for macroprudential supervisors. *Journal of Banking and Finance*, 41, 135–154.
- [19] Caiani, A. – Godin, A. – Caverzasi, E. – Gallegati, M. (2016): Agent based-stock flow consistent macroeconomics: Towards a benchmark model. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 69, 375–408.
- [20] Carroll, C. D. (2001): A theory of the consumption function, with and without liquidity constraints. *Journal of Economic Perspectives*, 15, 23–45.
- [21] Carstensen, C. L. (2015): An agent-based model of the housing market, Steps toward a computational tool for policy analysis, University of Copenhagen, MSc szakdolgozat.
- [22] Cerra, V. – Saxena, S. Ch. (2008): Growth Dynamics: The Myth of Economic Recovery. *American Economic Review*, 98, 439–457.
- [23] Chadha, J. S. – Corrado, L. (2012): Macro-prudential policy on liquidity: What does a DSGE model tell us? *Journal of Economics and Business*, 64, 37–62.
- [24] Chiarella, C. – Di Guilmi, C. (2011): The financial instability hypothesis: A stochastic microfoundation framework. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 35, 1151–1171.
- [25] Chiarella, C. – Di Guilmi, C. (2012): The Fiscal Cost of Financial Instability. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 16(4), 1–29.
- [26] Christiano, L. – Motto, R. – Rostagno, M. (2010): Financial factors in economic fluctuations. European Central Bank, Working Paper Series 1192.
- [27] Christiano, L. – Motto, R. – Rostagno, M. (2014): Risk shocks. *American Economic Review*, 104, 27–65
- [28] Christiano, L. J. – Fitzgerald, T. J. (2003): The Band Pass Filter. *International Economic Review*, 44, 435–465.
- [29] Cincotti, S. – Raberto, M. – Tegli, A. (2010): Credit Money and Macroeconomic Instability in the Agent-based Model and Simulator Eurace.

- Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, Discussion Paper, 2010-4.
- [30] Cincotti, S. – Raberto, M. – Tegli, A. (2012): The EURACE macroeconomic model and simulator, in: Aoki, M. - Binmore, K. - Deakin, S. - Gintis, H. (szerk.): *Complexity and Institutions: Markets, Norms and Corporations*, 81–106. Palgrave MacMillan.
- [31] Compton, R. A. – Da Costa e Silva, J. R. (2005): Finance and Business Cycle: a Kalman Filter Approach with Markov Switching. The Banco Central do Brasil Working Papers, 97.
- [32] Copeland, M. A. (1949): Social accounting for moneyflows. *The Accounting Review*, 24, 254–264.
- [33] Cúrdia, V. – Woodford, M. (2016): Credit frictions and optimal monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 84, 30–65.
- [34] Dancsik, B. – Fábián, G. – Fellner, Z. – Horváth, G. – Lang, P. – Nagy, G. – Oláh, Zs. – Winkler, S. (2015): A nemteljesítő lakossági jelzáloghitel-portfólió átfogó elemzése mikroszintű adatok segítségével, MNB-tanulmányok különszám.
- [35] Dawid, H. – Delli Gatti, D. (2018): Agent-Based Macroeconomics. *Bielefeld Working Papers in Economics and Management*, 02-2018.
- [36] De Grauwe, P. (2012): Booms and busts in economic activity. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, 83, 484–504.
- [37] Deaton, A. (1992): Household Saving in LDCs: Credit Markets, Insurance and Welfare. *The Scandinavian Journal of Economics*, 94, 253–273.
- [38] Deissenberg, C. – van der Hoog, S. – Dawid, H. (2008): EURACE: A massively parallel agent-based model of the European economy. *Applied Mathematics and Computation*, 204, 541–552.
- [39] Delli Gatti, D. – Desiderio, S. – Gaffeo, E. – Cirillo, P. – Gallegati, M. (2011): *Macroeconomics from the Bottom-up*. Springer-Verlag, Olaszország.

- [40] Delli Gatti, D. – Gaffeo, E. – Gallegati, M. – Giulioni, G. – Palestrini, A. (2008): Emergent Macroeconomics. An Agent-Based Approach to Business Fluctuations. Springer-Verlag, Olaszország.
- [41] Delli Gatti, D. – Gallegati, M. – Greenwald, B. – Russo, A. – Stiglitz, J. (2010): The financial accelerator in an evolving credit network. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 34, 1627–1650.
- [42] Detken, C. – Weeken, O. – Alessi, I. – Bonfim, D. – Boucinha, M. M. – Castro, Ch. – Frontczak, S. – Giordana, G. – Giese, J. – Jahn, N. – Kakes, J. – Klaus, B. – Lang, J. H. – Puzanova, N. – Welz, P. (2014): Operationalising the countercyclical capital buffer: indicator selection, threshold, identification and calibration. ESRB Occasional Paper series, 5.
- [43] Dilaver, O. – Jump, R. – Levine, P. (2018): Agent-based macroeconomics and dynamic stochastic general equilibrium models: Where do we go from here? *Journal of Economic Surveys*, 32, 1134–1159.
- [44] Dosi, G. – Fagiolo, G. – Napoletano, M. – Roventini, A. (2013): Income distribution, credit and fiscal policies in an agent-based Keynesian model. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 37, 1598–1625.
- [45] Dosi, G. – Fagiolo, G. – Napoletano, M. – Roventini, A. – Treibich, T. (2015): Fiscal and monetary policies in complex evolving economies. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 52, 166–189.
- [46] Dosi, G. – Fagiolo, G. – Roventini, A. (2006): An evolutionary model of endogenous business cycles. *Computational Economics*, 27, 3–34.
- [47] Dosi, G. – Fagiolo, G. – Roventini, A. (2008): The microfoundations of business cycles: an evolutionary, multi-agent model. *Journal of Evolutionary Economics*, 18, 413–432.
- [48] Dosi, G. – Fagiolo, G. – Roventini, A. (2010): Schumpeter meeting Keynes: A policy-friendly model of endogenous growth and business cycles. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 34, 1748–1767.

- [49] Dosi, G. – Napoletano, M. – Roventini, A. – Treibich, T. (2017a): Micro and macro policies in the Keynes+Schumpeter evolutionary models. *Journal of Evolutionary Economics*, 27, 63–90.
- [50] Dosi, G. – Pereira, M. C. – Roventini, A. – Virgillito, M. (2017b): When more flexibility yields more fragility: The microfoundations of Keynesian aggregate unemployment. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 81, 162–186.
- [51] Drehmann, M. – Borio, C. – Gambacorta, L. – Jiménez, G. – Trucharte, C. (2010): Countercyclical capital buffers: exploring options. BIS Working Paper, 317.
- [52] Edge, R. M. – Meisenzhall, R. R. (2011): The Unreliability of Credit-to-GDP Ratio Gaps in Real Time: Implications for Countercyclical Capital Buffers. *International Journal of Central Banking*, 7, 261–298.
- [53] Endrész, M. (2011): Business Fixed Investment and Credit Market Frictions. A VECM Approach for Hungary. MNB Working Papers, 2011/1.
- [54] ERKT (2014): Az Európai Rendszerkockázati Testület ajánlása (2014. június 18.) az anticiklikus tőkepufferráták meghatározására vonatkozó útmutatásról (ERKT/2014/1). Az Európai Unió Hivatalos Lapja, 2014. szeptember 2. 2014/C 293/01.
- [55] Erlingsson, E. – Teglio, A. – Cincotti, S. – Stefansson, H. – Sturluson, J. – Raberto, M. (2014): Housing Market Bubbles and Business Cycles in an Agent-Based Credit Economy. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 8, 1–42.
- [56] Fagiolo, G. – Roventini, A. (2017): Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models Redux: New Developments and Challenges Ahead. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(1) 1, <<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/20/1/1.html>>.
- [57] Farkas, M. – Horváth, Á. – Vincze, J. (2010): Ágensalapú tanulás a lakáspiac Wheaton-féle modelljében. MKE éves konferencia, Budapest, november 19.



- [58] Farmer, J. D. – Foley, D. (2009): The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460, 685–686.
- [59] Fáykiss, P. – Palicz, A. – Szakács, J. – Zsigó, M. (2018): Az adósságfék-szabályok tapasztalatai a magyarországi lakossági hitelezésben, *Hitelintézeti Szemle*, 17(1), 34–61.
- [60] Ge, J. (2014): Who Creates Housing Bubbles? An Agent-Based Study. In: Alam, S. – Parunak, H. (szerk.) Multi-Agent-Based Simulation XIV. MABS 2013. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8235. Springer, Berlin–Heidelberg.
- [61] Gertler, M. – Kiyotaki, N. (2010): Financial Intermediation and Credit Policy in Business Cycle Analysis. *Handbook of Monetary Economics*, Volume 3, 547–599.
- [62] Gertler, M. – Karadi, P. (2011): A model of unconventional monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 58, 17–34.
- [63] Gilbert, N. – Howksworth, J. C. – Swinney, P. A. (2009): An Agent-Based Model of the English Housing Market. Association for the Advancement of Artificial Intelligence.
- [64] Godley, W. – Lavoie, M. (2007): Monetary economics – An Integrated Approach to Credit, Money, Income, Production and Wealth. Palgrave MacMillan, New York.
- [65] Grazzini, J. – Richiardi, M. (2015): Estimation of ergodic agent-based models by simulated minimum distance. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 51, 148–165.
- [66] Grazzini, J. – Richiardi, M. – Tsionas, M. (2017): Bayesian estimation of agent-based models. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 77, 26–47.
- [67] Haldane, A. G. – Turrell, A. E. (2018): An interdisciplinary model for macroeconomics. *Oxford Review of Economic Policy*, 34, 219–251.

- [68] Hau, O. – Mellár, T. – Sebestyén, T. (2013): Láthatóvá tehető-e a láthatatlan kéz? Egy ágensalapú piaci modell tapasztalatai. *Közgazdasági Szemle*, 60, 992–1024.
- [69] Hirose, Y. – Kamada, K. (2003): A New Technique for Simultaneous Estimation of Potential Output and the Phillips Curve. *Monetary and Economic Studies*, Bank of Japan, 21/2. 93–112.
- [70] Hodrick, Y. – Prescott, E. C. (1997): Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29, 1. 1–16.
- [71] Holcombe, M. – Coakley, S. – Kiran, M. – Chin, S. – Greenough, C. – Worth, D. – Cincotti, S. – Raberto, M. – Teglioni, A. – Deissenberg, C. – van der Hoog, S. – Dawid, H. – Gemkow, S. – Harting, P. – Neugart, M. (2013): Large-scale modeling of economic systems. *Complex Systems*, 22, 175–191.
- [72] Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő, B. (2016): Egy- és többváltozós szűrők a hitelrés alakulásának meghatározására. *Közgazdasági Szemle*, 63, 233–259.
- [73] Hosszú, Zs. – Mérő, B. (2017): Hitelciklusok és anticiklikus tőkepuffer egy ágensalapú keynesi modellben. *Közgazdasági Szemle*, 64, 457–475.
- [74] Iacoviello, M. (2005): House Prices, Borrowing Constraints, and Monetary Policy in the Business Cycle, *American Economic Review*, 95, 739–764.
- [75] IMF (2015): Central, Eastern, and Southeastern Europe: Mind the Credit Gap. Regional Economic Issues. Kézirat. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/reo/2015/eur/eng/pdf/REI0515.pdf> Letöltés ideje: 2019. augusztus 24.
- [76] Jakab, Z. – Kumhof, M. (2015): Banks are not intermediaries of loanable funds - and why this matters. Bank of England Working Papers, No. 529.
- [77] Jiménez, G. – Ongena, S. – Peydró, J.-L. – Salas, J. S. (2012): Macroprudential policy, countercyclical bank capital buffers and credit supply: Evidence from the Spanish dynamic provisioning experiments. *Economics Working Papers*, 1315. Department of Economics and Business Universitat Pompeu Fabra.

- [78] Kannan, P. – Rabanal, P. – Scott, A. (2012): Monetary and Macroprudential Policy Rules in a Model with House Price Booms. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, De Gruyter, 12 (1), 1–44.
- [79] Kaplan, G. – Moll, B. – Violante, G. L. (2018): Monetary Policy According to HANK. *American Economic Review*, 108, 697–743.
- [80] Király, B. – Simonovits, A. (2016): Megtakarítás és adózás egy önkéntes nyugdíjrendszerben – ágensalapú modellezés. *Közgazdasági Szemle*, 63, 473–500.
- [81] Kiss Gergely – Nagy Márton – Vonnák Balázs (2006): Credit Growth in Central and Eastern Europe: Convergence or Boom? MNB Working Papers, 2006/10.
- [82] Kiyotaki, N. – Moore, J. (1997): Credit Cycles. *Journal of Political Economy*, 105(2), 211–248.
- [83] Kiyotaki, N. – Michaelides, A. – Nikolov, K. (2011): Winners and losers in housing markets. *Journal of Money, Credit and Banking*, 43, 255–296.
- [84] Kocsis, L. – Sallay, M. (2018): Credit-to-GDP gap calculation using multi-variate HP-filter. Magyar Nemzeti Bank, Occasional Papers 136.
- [85] Krug, S. (2018): The interaction between monetary and macroprudential policy: should central banks ‘lean against the wind’ to foster macro-financial stability? *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 12-7, 1–69.
- [86] Krugman, P. (2011): The Profession and the Crisis. *Eastern Economic Journal*, 37, 307–312.
- [87] Kuang, P. (2014): A model of housing and credit cycles with imperfect market knowledge, *European Economic Review*, 70, 419–437.
- [88] László, A. (2016): A Növekedési Hitelprogram hatása a magyar gazdaságra. *Hitelintézeti Szemle*, 15(4), 65–87.
- [89] Laeven, L. – Valencia, F. (2008): Systemic Banking Crises: A New Database. IMF Working Papers, 08/224.

- [90] Lamperti, F. – Roventini, A. – Sani, A. (2018): Agent-based model calibration using machine learning surrogates. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 90, 366–389.
- [91] Laxton, D. – Tetlow, R. (1992): A simple multivariate filter for the measurement of potential output. Bank of Canada Technical Report, 59.
- [92] LeBaron, B. – Tesfatsion, L. (2008): Modeling macroeconomies as open-ended dynamic systems of interacting agents. *American Economic Review*, 98, 246–250.
- [93] Lengnick, M. (2013): Agent-based macroeconomics: A baseline model. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 86, 102–120.
- [94] Lenzu, S. – Tedeschi, G. (2012): Systemic risk on different interbank network topologies. *Physica A*, 391, 4331–4341.
- [95] Ligeti, S. (2017): A makroprudenciális politika egyes kérdései. *Köz-Gazdaság*, 12(2), 211–217.
- [96] Lindé, J. – Smets, F. – Wouters, R. (2016): Challenges for Central Banks’ Macro Models, in: Taylor, J. B. – Uhlig, H. (szerk.): *Handbook of Macroeconomics*. North Holland, Volume 2, 2185–2262.
- [97] Magyar Nemzeti Bank (2013): Jelentés a pénzügyi stabilitásról. Magyar Nemzeti Bank, november.
- [98] McLeay, M. – Radia, A. – Thomas, R. (2014): Money creation in the modern economy. Bank of England, Quarterly Bulletin 2014Q1, 14–27.
- [99] Mérő, B. (2019): A pénzügyi közvetítőrendszer működésének újszerű modellezése – Ágensalapú makromodellek. *Hitelintézeti Szemle*, megjelenés alatt.
- [100] Mérő, B. – Vágó, N. (2018): Keresletvezérelt lakáspiaci modell a lakáshitelezést szabályozó makroprudenciális eszközök tanulmányozására. *Közgazdasági Szemle*, 65, 1115–1153.
- [101] Minsky, H. (1986): *Stabilising an Unstable Economy*. Yale University Press, New Haven.

- [102] Mody, A. – Sarno, L. – Taylor, M. (2007): A cross-country financial accelerator: Evidence from North America and Europe. *Journal of International Money and Finance*, 26, 149–165.
- [103] Nelson, R. R. – Winter, S. G. (1982): An evolutionary theory of economic change. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- [104] Ortalo-Magné, F. – Rady, S. (2006): Housing market dynamics: On the contribution of income shocks and credit constraints. *The Review of Economic Studies*, 73, 459–485.
- [105] Ozel, B. – Nathanael, R. C. – Raberto, M. – Teglio, A. – Cincotti, S. (2016): Macroeconomic implications of mortgage loans requirements: An agent based approach. Economics Department, Universitat Jaume I, Castellón, Working Papers, 2016/05.
- [106] Poledna, S. – Thurner, S. – Farmer, J. D. – Geanakoplos, J. (2014): Leverage-induced systemic risk under Basle II and other credit risk policies. *Journal of Banking and Finance*, 42, 199–212.
- [107] Popoyan, L. – Napoletano, M. – Roventini, A. (2017): Taming macroeconomic instability: Monetary and macro-prudential policy interactions in an agent-based model. *Journal of Economic Behaviour & Organization*, 134, 117–140.
- [108] Pradhan, R. P. – Arvin, M. B. – Hall, J. H. – Bahmani, S. (2014): Causal nexus between economic growth, banking sector development, stock market development, and other macroeconomic variables: The case of ASEAN countries, *Review of Financial Economics*, 23, 155–173.
- [109] Pyka, A. – Fagiolo, G. (2007): Agent-based modelling: A methodology for Neo-Schumpeterian economics, in: Hanusch, H. - Pyka, A. (szerk.): The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics. Cheltenham, Edward Elgar Publishing.
- [110] Raberto, M. – Teglio, A. – Cincotti, S. (2012): Debt, Deleveraging and Business Cycles. An Agent-Based Perspective. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 6, 1–49.

- [111] Ravn, M. – Uhlig, H. (2002): On Adjusting the Hodrick–Prescott Filter for the Frequency of Observations. *The Review of Economics and Statistics* 84, 371–376.
- [112] Riccetti, L. – Russo, A. – Gallegati, M. (2013): Leveraged network-based financial accelerator. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 37, 1626–1640.
- [113] Riccetti, L. – Russo, A. – Gallegati, M. (2016): Stock market dynamics, leveraged network-based financial accelerator and monetary policy. *International Review of Economics & Finance*, 43, 509–524.
- [114] Romer, P. (2016): The Trouble With Macroeconomics. *The American Economist*, megjelenés alatt. <https://paulromer.net/wp-content/uploads/2016/09/WP-Trouble.pdf>. Letöltés ideje: 2018. április 15.
- [115] Rubio, M. – Carrasco-Gallego, J.A. (2014): Macroprudential and Monetary Policies: Implications for Financial Stability and Welfare. *Journal of Banking and Finance*, 49, 326–336.
- [116] Rubio, M. – Carrasco-Gallego, J.A. (2016): The new financial regulation in Basel III and monetary policy: A macroprudential approach. *Journal of Financial Stability*, 26, 294–305.
- [117] Rubio, M. – Comunale, M. (2016): Lithuania in the Euro Area: Monetary Transmission and Macroprudential Policies. Bank of Lithuania, Working Papers, 2016/34.
- [118] Salle, I. (2015): Modeling expectations in agent-based models - An application to central bank’s communication and monetary policy. *Economic Modelling*, 46, 130–141.
- [119] Salle, I. – Yildizoglu, M. – Sénégas, M-A. (2013): Inflation targeting in a learning economy: An ABM perspective. *Economic Modelling*, 34, 114–128.

- [120] Schüler, Y. – Hiebert, P. – Peltonen, T. (2015): Characterising the Financial Cycle: A Multivariate and Time-Varying Approach. ECB Working Paper, 1846.
- [121] Shumway, R. – Stoffer, D. (2017): Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. Springer, New York.
- [122] Stiglitz, J. (2011): Rethinking Macroeconomics: What Failed, and How to Repair It. *Journal of the European Economic Association*, 9, 591–645.
- [123] Stolzenburg, U. (2015): The agent-based Solow growth model with endogenous business cycles. Economics Working Papers 2015-01, Christian-Albrechts-University of Kiel, Department of Economics.
- [124] Tchana Tchana, F. (2012): The welfare cost of banking regulation. *Economic Modelling*, 29, 217–232.
- [125] Tesfatsion, L. – Judd, K. szerk. (2006): Handbook of Computational Economics. Volume 2: Agent-Based Computational Economics. North Holland.
- [126] Varga, G. – Vincze J. (2016): Megtakarítási típusok: egy adaptív-evolúciós megközelítés. *Közgazdasági Szemle*, 63, 162–187.
- [127] Wright, I. (2005): The duration of recessions follows an exponential not a power law. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 345, 608–610.





# A Függelék: a hitelrész alakulásának meghatározásához használt egy- és többváltozós szűrőkkel kapcsolatos kiegészítő információk

## A.1. Az általunk használt és a szakirodalomban fellelhető többváltozós HP-szűrők közötti különbségek

Ahogy azt a Többváltozós Hordick–Prescott-szűrő című alfejezetben említettük, többfajta többváltozós HP-becslési megoldás is létezik, amelyek közül a Laxton–Tetlow és a Hirose–Kamada eljárásokat emeltük ki. Laxton és Tetlow két regressziós összefüggéssel egészítette ki az egyváltozós HP-szűrőt, és a regressziós egyenletek hibatagjait szerepeltették a megoldandó feladat célfüggvényében. Hirose és Kamada ezzel szemben közvetlenül a célfüggvényben cserélték ki az egyváltozós HP-szűrő illeszkedést előíró tagját egy regressziós egyenlettel. Utóbbi eljárás ezért csak egy közgazdasági összefüggést tud figyelembe venni. Az általunk használt modell felírásában megegyezik a Laxton–Tetlow-féle megoldással, azonban két fontos tulajdonságában eltér attól. Ezek elsősorban technikai tulajdonságok, amelyek cikkünk megértésében nem játszanak fontos szerepet, ugyanakkor a modell mélyebb megismerésében segítenek.

Mindkét korábbi cikkben a modellek becslése iterációs lépéseken keresztül történt. Ezzel szemben mi analitikus úton oldottuk meg az optimalizálási feladatot, így programfutas szempontjából gyorsabban jutottunk el az eredményekhez. A két regressziós összefüggést átrendezve és behelyettesítve a célfüggvénybe, egy lépésben megkaphatók az optimális paraméter- és trendértékek.

A másik jelentős különbség a korábbi tanulmányokhoz képest a regressziós egyenletek meghatározásában van. A két hivatkozott irodalomban a potenciális GDP-t becsülték meg, amelyhez egy vagy két konkrét közgazdasági összefüggést illesztettek hozzá: a Phillips-görbét és az Okun-törvényt. Ezzel szemben mi olyan változókat kerestünk, amelyek együtt mozoghatnak a hitelezés trendjével vagy ciklusával, ezért segíthetnek az identifikációban. Mivel nem tudtuk, pontosan mely változók fognak megfelelően működni, ezért több specifikációt is kipróbáltunk és csak bizonyos feltételekkel fogadtuk el a becslési eredményeket, szemben a korábbi cikkekkel. Mivel nem ok-okozati alapon fogalmaztuk meg az egyenleteket, csak együttmozgást kerestünk, ezért a regressziós egyenletek között előfordulhat hamis regresszió. Emiatt nem használhattuk a változók kiválasztásánál a p-értékeket, ugyanakkor a hamis regresszió a mi esetünkben nem ad teljesen használhatatlan eredményeket. Mivel ebben a becslésben a célváltozó látens (ebből kifolyólag becslendő), ezért identifikálásában segíthet egy olyan összefüggés, amely a látens változó és a megfigyelt magyarázóváltozó közötti összefüggést ragadja meg.

## A.2. A többváltozós HP-szűrő ciklikus komponensének és trendjének regressziójához vizsgált magyarázóváltozók

A.1. táblázat: Háztartási szegmens – ciklikus komponens regressziója

Magyarázóváltozó	Alkalmazott transzformálás	Elvárt előjel	Szerepelt-e a feltételeknek eleget tevő futtatásban?
globális hitelrész	nincs	pozitív	igen
reál GDP ciklikus komponense (Kálmán filter alapján)	logaritmus	pozitív	igen
lakás- és fogyasztási hitelek súlyozott állományi kamatlába	nincs, a 2002-es év adatait a modell linearitása miatt módosítottuk	negatív	igen
BUBOR	nincs	negatív	igen
bankrendszeri tőkeáttétel	nincs	pozitív	igen
hitel/betét mutató	nincs	pozitív	igen
reál marketingköltségek	mozgóátlag	pozitív	igen
FHB reál lakásárindex	nincs	pozitív	nem
létesítendő lakások száma	szezonális igazítás	pozitív	nem
létesítendő lakóépületek száma	szezonális igazítás	pozitív	nem

A.2. táblázat: Háztartási szegmens – trend regressziója

Magyarázóváltozó	Alkalmazott transzformálás	Elvárt előjel	Szerepelt-e a feltételeknek eleget tevő futtatásban?
reál GDP	logaritmus	pozitív	igen
reál GDP trendje (Kálmán filter alapján)	logaritmus	pozitív	igen
reál munkajövedelem	logaritmus	pozitív	igen

A.3. táblázat: A háztartási szegmens ciklus- és trendegyenleteinek összefoglaló táblázata

Ciklus-egyenlet változó	Trendegyenlet változója	Egyenletek száma	Ciklus $\lambda$ minimuma	Ciklus $\lambda$ maximuma	Trend $\lambda$ minimuma	Trend $\lambda$ maximuma
globális hitelrész	-	1	0,001	0,001	-	-
hitel/betét	-	1	0,01	0,01	-	-
globális hitelrész, kibocsátási rész	-	1	0,001	0,001	-	-
globális hitelrész, kamatláb	-	1	0,001	0,001	-	-
globális hitelrész, hitel/betét	-	2	0,001	0,01	-	-
kamatláb, tőkeáttétel	-	1	0,001	0,001	-	-
-	reál GDP	10	0,0001	0,01	0,001	1000
-	reál GDP trendje	9	0,0001	0,001	0,001	1000
globális hitelrész	reál GDP	23	0,0001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész	reál GDP trendje	10	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész	munkajövedelem	4	0,0001	1000	0,01	100
kamatláb	reál GDP	7	0,001	1000	0,0001	0,1
BUBOR	reál GDP	6	0,001	0,1	0,01	1000
tőkeáttétel	reál GDP	12	0,0001	1	0,0001	1000
tőkeáttétel	reál GDP trendje	4	0,0001	0,001	0,001	10

tőkeáttétel	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01
hitel/betét	reál GDP	5	0,01	1000	0,0001	0,1
hitel/betét	reál GDP trendje	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
hitel/betét	munkajövedelem	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
marketingköltség	reál GDP	2	0,001	0,01	0,01	1
globális hitelrész, kamatláb	reál GDP	18	0,001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész, kamatláb	reál GDP trendje	7	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész, kamatláb	munkajövedelem	9	0,0001	1000	0,001	100
globális hitelrész, BUBOR	reál GDP	25	0,0001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész, BUBOR	reál GDP trendje	6	0,0001	0,01	0,001	1000
globális hitelrész, BUBOR	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01
globális hitelrész, tőkeáttétel	reál GDP	4	0,0001	0,01	0,0001	0,01
globális hitelrész, tőkeáttétel	reál GDP trendje	10	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész, tőkeáttétel	munkajövedelem	3	0,0001	0,001	0,001	1
globális hitelrész, hitel/betét	reál GDP	6	0,01	1000	0,0001	0,1
globális hitelrész, hitel/betét	reál GDP trendje	9	0,001	1000	0,0001	1
globális hitelrész, hitel/betét	munkajövedelem	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
globális hitelrész, marketingköltség	reál GDP	1	0,001	0,001	0,0001	0,0001
globális hitelrész, marketingköltség	reál GDP trendje	2	0,0001	0,001	0,0001	0,0001
globális hitelrész, marketingköltség	munkajövedelem	3	0,0001	10	0,001	1
kamatláb, tőkeáttétel	reál GDP	3	0,001	0,1	0,0001	0,01
kamatláb, tőkeáttétel	reál GDP trendje	3	0,0001	0,001	0,0001	1
kamatláb, tőkeáttétel	munkajövedelem	1	1000	1000	10	10
kamatláb, hitel/betét	reál GDP	4	1	1000	0,01	0,1
BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP	22	0,0001	1000	0,0001	1000
BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP trendje	2	0,0001	0,0001	0,001	0,01
BUBOR, tőkeáttétel	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01
BUBOR, marketingköltség	reál GDP	5	0,001	0,1	0,001	1000
tőkeáttétel, marketingköltség	reál GDP	2	0,0001	0,001	0,0001	0,0001
tőkeáttétel, marketingköltség	reál GDP trendje	4	0,0001	0,001	0,0001	10
tőkeáttétel, marketingköltség	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01
globális hitelrész, kamatláb, BUBOR	reál GDP	3	0,1	1000	0,1	1

globális hitelrész, kamatláb, BUBOR	reál GDP trendje	4	0,0001	0,01	0,001	1000
globális hitelrész, kamatláb, tőkeáttétel	reál GDP	1	0,001	0,001	0,0001	0,0001
globális hitelrész, kamatláb, tőkeáttétel	reál GDP trendje	6	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész, kamatláb, tőkeáttétel	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,001	0,001
globális hitelrész, kamatláb, hitel/betét	reál GDP	4	1	1000	0,01	0,1
globális hitelrész, BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP	25	0,0001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész, BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP trendje	9	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész, BUBOR, tőkeáttétel	munkajövedelem	2	0,0001	0,0001	0,001	0,01
globális hitelrész, BUBOR, marketingköltség	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01
globális hitelrész, tőkeáttétel, marketingköltség	reál GDP trendje	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
globális hitelrész, tőkeáttétel, marketingköltség	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,001	0,001
kamatláb, BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP trendje	2	0,0001	0,001	0,001	1
BUBOR, tőkeáttétel, marketingköltség	reál GDP	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
BUBOR, tőkeáttétel, marketingköltség	reál GDP trendje	3	0,0001	0,0001	0,0001	0,01
BUBOR, tőkeáttétel, marketingköltség	munkajövedelem	1	0,0001	0,0001	0,01	0,01

A.4. táblázat: Vállalati szegmens – ciklikus komponens regressziója

Magyarázóváltozó	Alkalmazott transzformálás	Elvárt előjel	Szerepelt-e a feltételeknek eleget tevő futtatásban?
globális hitelrész	-	pozitív	igen
reál GDP ciklikus komponense (Kálmán filter alapján)	logaritmus	pozitív	igen
új kihelyezésű vállalati hitelek kamatlába	nincs	negatív	igen
BUBOR	nincs	negatív	igen
bankrendszeri tőkeáttétel	nincs	pozitív	igen
hitel/betét mutató	nincs	pozitív	igen
GKI üzleti bizalmi index	nincs	pozitív	igen
GKI konjunktúra-index	nincs	pozitív	nem

A.5. táblázat: Vállalati szegmens – trend regressziója

Magyarázóváltozó	Alkalmazott transzformálás	Elvárt előjel	Szerepelt-e a feltételeknek eleget tevő futtatásban?
reál GDP	logaritmus	pozitív	igen
reál GDP trendje (Kálmán filter alapján)	logaritmus	pozitív	igen
reál munkajövedelem	logaritmus	pozitív	igen

A.6. táblázat: A vállalati szegmens ciklus- és trendegyenleteinek összefoglaló táblázata

Ciklus egyenlet változói	Trend egyenlet változója	Egyenletek száma	Ciklikus $\lambda$ minimuma	Ciklikus $\lambda$ maximuma	Trend $\lambda$ minimuma	Trend $\lambda$ maximuma
globális hitelrész	-	2	0,0001	0,001	-	-
tőkeáttétel	-	1	0,0001	0,0001	-	-
hitel/betét	-	1	0,01	0,01	-	-
globális hitelrész, kibocsátási rész	-	2	0,0001	0,001	-	-
globális hitelrész, tőkeáttétel	-	2	0,0001	0,001	-	-
globális hitelrész, hitel/betét	-	2	0,001	0,01	-	-
kibocsátási rész, tőkeáttétel	-	1	0,0001	0,0001	-	-
globális hitelrész, kibocsátási rész, tőkeáttétel	-	2	0,0001	0,001	-	-
globális hitelrész, tőkeáttétel, üzleti bizalmi index	-	1	0,0001	0,0001	-	-
-	reál GDP	19	0,0001	10	0,0001	1000
-	reál GDP trendje	28	0,0001	100	0,0001	1000
globális hitelrész	reál GDP	29	0,0001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész	reál GDP trendje	30	0,0001	1000	0,0001	1000
tőkeáttétel	reál GDP	12	0,0001	0,1	0,0001	1000
tőkeáttétel	reál GDP trendje	7	0,0001	0,001	0,0001	1000
hitel/betét	reál GDP	4	0,01	10	0,0001	0,1
hitel/betét	reál GDP trendje	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
globális hitelrész, tőkeáttétel	reál GDP	24	0,0001	1000	0,0001	1000
globális hitelrész, tőkeáttétel	reál GDP trendje	15	0,0001	0,01	0,0001	1000
globális hitelrész, hitel/betét	reál GDP	30	0,01	1000	0,0001	1000
globális hitelrész, hitel/betét	reál GDP trendje	1	0,01	0,01	0,0001	0,0001
kamatláb, tőkeáttétel	reál GDP	1	0,01	0,01	10	10
BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP	4	0,0001	0,01	0,001	10
BUBOR, tőkeáttétel	reál GDP trendje	3	0,001	0,001	10	1000
tőkeáttétel, hitel/betét	reál GDP	17	0,01	1000	0,01	1000

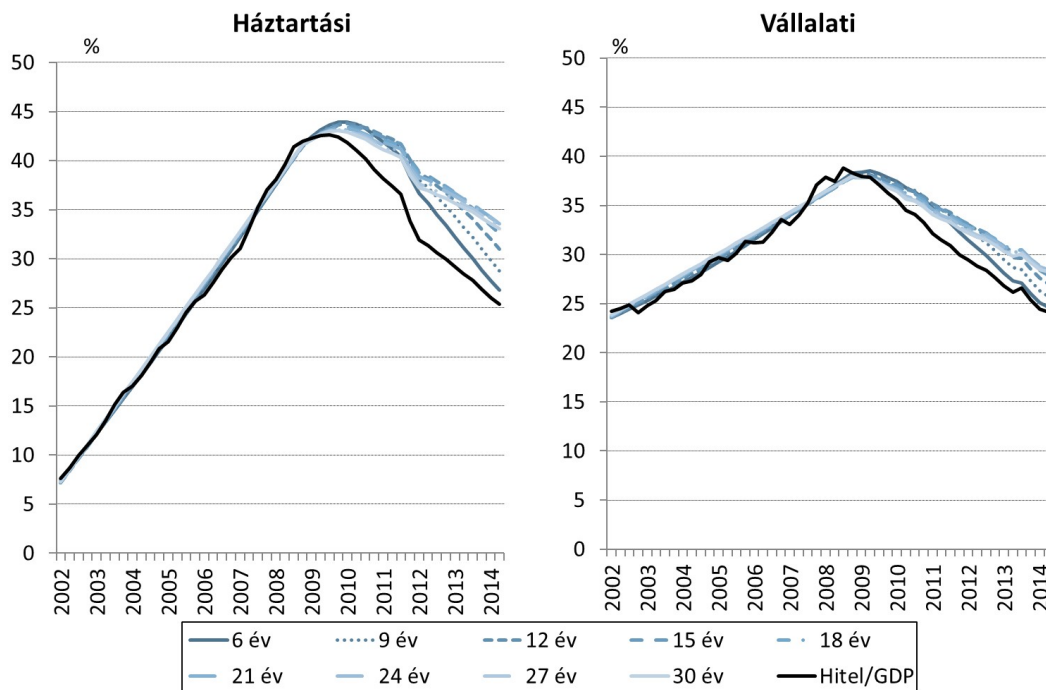


globális hitelrész, tőkeáttétel,  
üzleti bizalmi index

reál GDP trendje 24 0,0001 1000 0,0001 1000

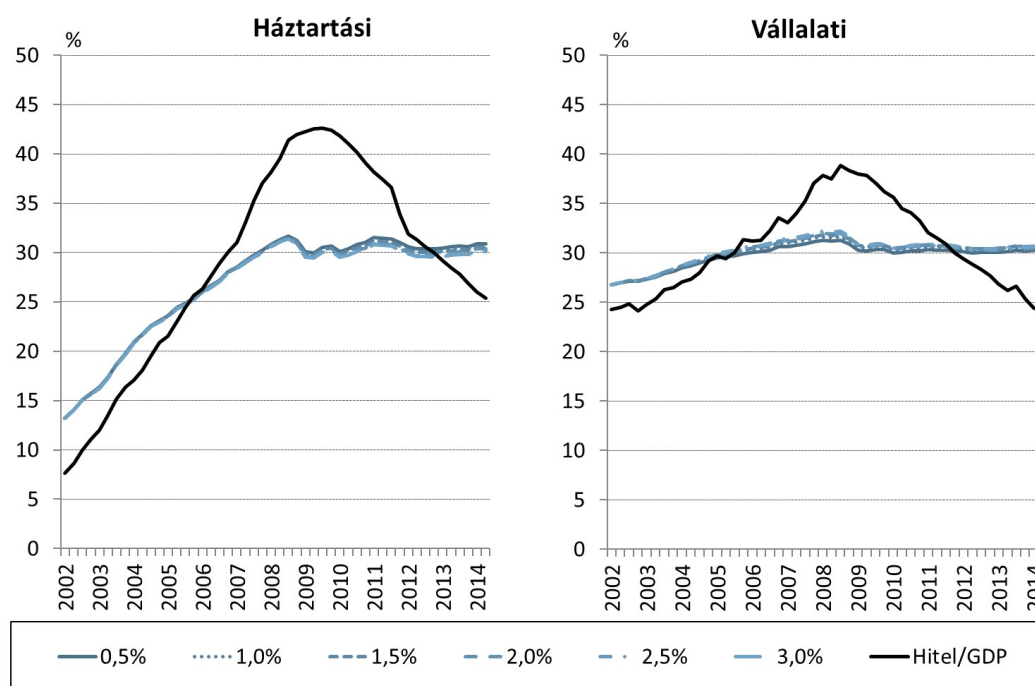
### A.3. A bemutatott eljárásoknál alkalmazott feltevésekre végzett érzékenységvizsgálatok

A.1. ábra: A háztartási és a vállalati hitel/GDP egyoldali Christiano–Fitzgerald-trendje különböző ciklushosszokkal, a trendszűrőkor determinisztikus trendet feltételezve



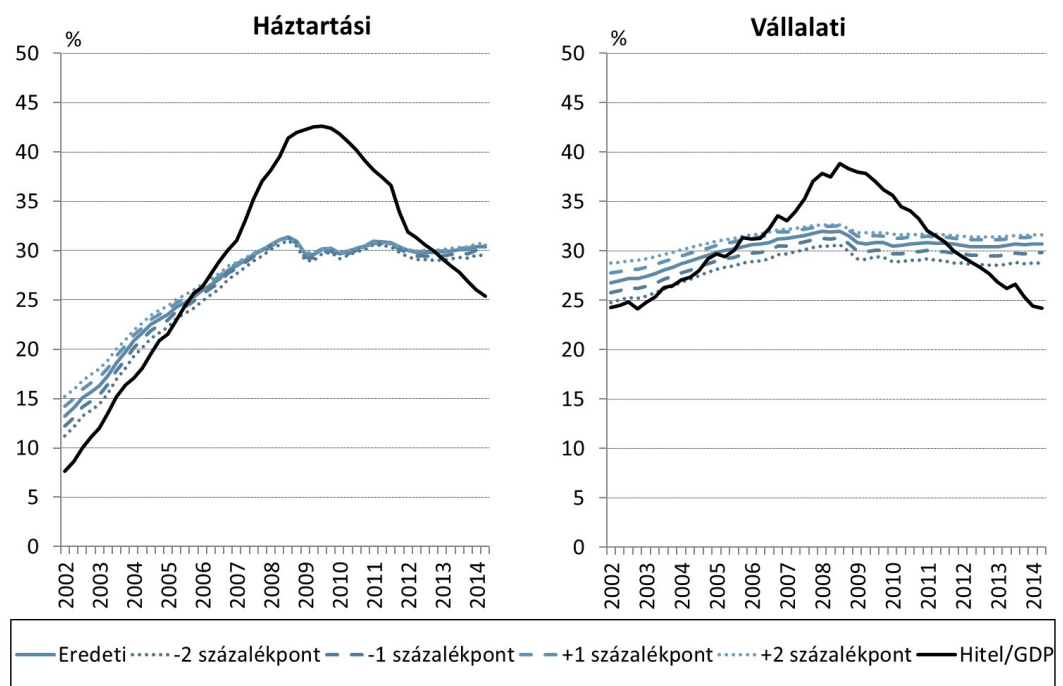
Forrás: MNB.

A.2. ábra: A háztartási és a vállalati hitel/GDP kétoldali többváltozós Hodrick–Prescott-trendje a változókkal kapcsolatos különböző szignifikanciakritériumok mellett



Forrás: MNB.

A.3. ábra: A háztartási és a vállalati hitel/GDP kétoldali többváltozós Hodrick–Prescott-trendje különböző indulóértékek mellett



Forrás: MNB.



## B Függelék: az ágensalapú keynesi modellel kapcsolatos kiegészítő információk

A paraméterek meghatározásakor – amiben csak lehetett – Dosi és szerzőtársai (2015) paraméterválasztásait követtük. A háztartások fogyasztási szabálya, a technológiai haladás és a bankrendszer eltérő viselkedése azonban egyrészt eltérő tartalmú paramétereket eredményezett, másrészt az azonos jelentésű paramétereknél is más érték tűnt indokoltnak. Utóbbi esetekben bemutatjuk, miért tartottuk fontosnak az eredeti cikktől való eltérést.

A háztartások számát lecsökkentettük 10-re, mivel ezen ágensek száma és heterogenitása jelenleg a modellben nem fontos, csak a munkakínálatot kellett úgy meghatározni, hogy nagyságrendileg egyezzen a vállalatok munkakeresletével. Ugyanakkor a nagyszámú háztartás a modell számítási idejét jelentősen megnövelné. A tőkeszektorbeli vállalatok számát ugyanakkor 200-ra növeltük, mert a technológia terjedése a mi modellünkben sokkal hangsúlyosabb szerepet játszik, ez okozza a ciklusokat. Ehhez pedig több vállalatra volt szükségünk, különben túlságosan gyorsan tanulják el egymástól a technológiát, és nincs kellő mértékű heterogenitás a termelékenységükben. Az eredeti cikkben a beruházás csupán 1-2 százalékát tette ki a GDP-nek, ez nálunk a realisabb 20 százalék körül ingadozik. Így Dosi és szerzőtársai modelljében a fogyasztási szektor vállalatainak sokkal kisebb árrés is elegendő volt a beruházások megvalósításához. A magasabb beruházási rátához így modellünkben a fogyasztási vállalatok árrését meg kellett növelnünk 0,5-re. Végül,

modellünkben megkülönböztettünk társasági adót és bankadót, utóbbit magasabb szintre állítottuk (20 százalék). Az emögött húzódó érvelés: mivel a kormányzat fizetéseképtelen helyzetben feltőkésíti a bankot, cserébe több adót szed be tőle, mint a vállalatoktól.

B.1. táblázat: A modellben szereplő paraméterek értékei

Paraméter	Jelölés	Érték
Tőkeszektor vállalatainak száma	$N_K$	200
Fogyasztási szektor vállalatainak száma	$N_C$	200
Háztartások száma	$N_H$	10
Technológiai fejlődés üteme (rendkívüli sokk nélkül)	$E(e)$	0,005
Technológiai fejlődés ütemének szórása	$\sigma^e$	0,001
Rendkívüli technológiai sokk bekövetkezési valószínűsége	$pr^u$	0,03
Rendkívüli technológiai sokk várható értéke	$E(u)$	0,07
Rendkívüli technológiai sokk szórása	$\sigma^u$	0,01
Technológiamásolási valószínűség	$\varsigma$	0,3
Fogyasztási vállalatok célárrése	$\mu_C$	0,5
Vállalati árrés dinamikájának autoregresszív paramétere	$\rho$	0,9
Termelékenységnövekedés küszöbértéke az endogén árréshez	$r_{AL}^{tr}$	0,01
Tapasztalt kereslet számításához figyelembe vett időszakok száma	$n_D$	8
Tapasztalt kereslet számításában a súlyok alapja	$\alpha_D$	0,99
Termelékenységnövekedéshez tartozó korrekciós együttható	$\eta$	1
Tartalékok tervezett aránya	$\iota$	0,1
Tőkelecserélést generáló hatékonyságnövekedés mértéke	$b$	0,2
Előállítási és beruházási termelékenység aránya	$r_{PI}$	8
Amortizációs ráta	$\delta$	0,02
Relatív ár piaci részesedésre gyakorolt hatásának együtthatója	$\chi$	0,025
Hiteltörlesztés aránya	$c$	0,015
Vállalati hitelállomány növekedésének maximális mértéke	$n_1$	0,02

Vállalati hitelállomány maximális aránya a termelési költségekhez képest	$n_2$	3
Vállalatok osztalékfizetési rátája	$d$	0,5
Nominális bérek emelkedésének mértéke	$g_w$	0,005
Fogyasztás aránya a permanens jövedelemből	$\psi$	0,9
Permanens jövedelem számításához figyelembe vett időszakok száma	$n_H$	8
Permanens jövedelem számításában a súlyok alapja	$\alpha_H$	0,99
Kötelező tartalékráta	$rr$	0,02
Alapkamat (évesített érték)	$r$	0,04
Vállalati hitelek kamatfelára (bázispont)	$\mu^C$	200
Betétek kamatfelára (bázispont)	$\mu^D$	-360
Államkötvények kamatfelára (bázispont)	$\mu^G$	-40
Tőkekövetelmény anticiklikus tőkepuffer nélkül	$\tau$	0,08
Maximális tőkepuffer	$\tau^P$	0,03
GDP-arányos hitelállomány csökkenésének minimális mértéke az anticiklikus tőkepuffer feloldásához	$\theta$	0,05
Munkanélküli-segély bérhez viszonyított aránya	$\phi$	0,4
Társasági adó kulcsa	$tr^C$	0,1
Jövedelemadó kulcsa	$tr^H$	0,1
Bankadó kulcsa	$tr^B$	0,2

---





# C Függelék: a lakáspiaci modellel kapcsolatos kiegészítő információk

## Felhasznált adatbázisok

A Magyar Nemzeti Bank L11 kódú adatszolgáltatása révén rendelkezésünkre áll egy mikroszintű adatbázis, amelyben a 2015. január 1-jét követően folyósított háztartási hitelszerződések adatai találhatóak.<sup>1</sup> A változók között szerepelnek az adósra, a szerződés jellemzőire, kockázati paramétereire, valamint a mögöttes fedezetekre vonatkozó információk is. Az L11-adatbázis azon hitelekre vonatkozó megfigyeléseit használtuk fel, amelyeket 2016-ban folyósítottak forintban lakáscélú felhasználásra jelzálogfedezet mellett (nem vettük figyelembe a hitelkiváltás céljából felvett hiteleket). A modell háztartásainak létrehozásához felhasznált adatok közül az L11-adatbázisból származnak a háztartásfő életkorára, az ingatlanfedezet értékére, valamint a felvett hitel összegére vonatkozó információk. A háztartások egyedi hitelkamatainak előállításához pedig felhasználtuk az L11-adatbázis következő változóit: ügyleti kamat, kamatozás módja, PTI, LTV, felvett hitel összege, a háztartásfő életkora. Ezen felül az L11-adatbázis tartalmaz anonim ügyfél-, illetve szerződésazonosítót, amelyek révén összeköthető a Központi Hitelinformációs Rendszer adatbázisával, valamint a NAV szja-adatbázissal.

A Központi Hitelinformációs Rendszer (KHR) lakossági alrendszerében megtalálhatók a bankok és pénzügyi intézmények által – a törvényi előírásnak megfelelően – havi rendszerességgel jelentett adatok minden magánszemélyeknek nyújtott hitel- és hiteljellegű szerződésről, valamint az adósról és adóstársakról. Az L11- és

---

<sup>1</sup>Az adatszolgáltatásban szereplő változók leírása megtalálható az MNB honlapján.

KHR-adatbázisok összekötése lehetővé teszi az adóstársak beazonosítását, ami elengedhetetlen ahhoz, hogy meghatározzuk a kétfős háztartások jövedelmét. Ezenkívül a KHR-ben szerepel a szerződés lejáratát, így az egyedi kamat meghatározásához figyelembe lehet venni a futamidő nagyságát is.

A Nemzeti Adó- és Vámhivatal (NAV) által gondozott szja-adatbázis részletes bontásban tartalmazza az adóköteles személyek személyijövedelemadó-bevallásban szereplő jövedelemtétteleit és adóterheit. Ezen információkat anonim módon hozzá lehet kapcsolni a mikro szintű L11-adatbázis megfigyeléseihez. A modell háztartásainak előállításához az adósok és adóstársak 2016-ra vonatkozó, munkaviszonyból származó bérjövedelmét, az összevont adóalapba tartozó jövedelmek összegét, valamint a jövedelemadó nagyságát használtuk fel.

A Bértarifa-felmérés munkavállalói adatokat anonim módon tartalmazó, mikro-szintű adatbázis, amelyben szerepelnek a bruttó bérelemek, a munkavállaló néhány egyedi jellemzője, a munkaszerződés egyes elemei, továbbá számos vállalati jellemző. Ezek közül a bruttó keresetekre, valamint a munkavállaló iskolai végzettségére és korára vonatkozó 2016-os információkat használtuk fel a modell háztartásainak létrehozásához. A felmérést a Nemzeti Foglalkoztatási Szolgálat végzi éves gyakorisággal, aminek eredményeképpen jellemzően évi 100-200 ezer megfigyeléssel bővül az adatbázis. A mintavétel módjáról, valamint az adatbázisban szereplő változokról bővebb tájékoztatást nyújt például az MNB munkaerőpiaccal foglalkozó kiadványa (Bak és Szabó, 2016).

A Munkaerő-felmérés (MEF) célja a gazdasági aktivitás és a munkaerőpiaci folyamatok nyomon követése. A felmérés a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) megbízásából készül havi rendszerességgel, többlépcsős, rétegzett mintavétellel. A mintába bekerülő háztartások hat egymást követő negyedéven keresztül szerepelnek a felmérésben, s negyedévente cserélődik a minta hatodrésze. Az adatbázis a megkérdezett háztartások tagjainak demográfiai jellemzőit, valamint a 15-74 éves személyek gazdasági aktivitására vonatkozó információkat tartalmazza. A felmérésben szereplő információk alapján állítottuk elő a háztartások munkanélkülivé válásának valószínűségét végzettségi szintenként, valamint a munkanélküliként eltöltött idő hosszát.

## A kamatregresszió eredményei

A magyarázó változók szelekciója során figyelembe vettük, hogy az ágensalapú modellben mely változókat tudtuk szerepeltetni. A regressziós becslés során (a végső modellben) felhasznált magyarázó változók az alábbiak voltak:

- kamatozás módja (változó vagy fix<sup>2</sup>): a hosszabb távra rögzített kamatozású hitelek esetén magasabb a bank által viselt kamatkockázat, amit a bank fedezhet, ez azonban várhatóan emelkedő hozamkörnyezetben a forrásköltségét növeli,
- adóstárs jelenléte: adóstárs bevonása (modellben kétfős háztartás) csökkenti a bank kockázatát,
- PTI: magasabb jövedelemarányos törlesztőrészlet a háztartás relatíve magasabb törlesztési terhe miatt növeli a nemteljesítés kockázatát,
- LTV: magasabb LTV mellett a hitel alacsonyabb fedezettsége miatt a bank potenciális vesztesége nagyobb,
- futamidő: egyfelől hosszabb futamidő alatt nagyobb valószínűséggel éri a háztartást olyan hatás, ami miatt nemteljesítővé válik, másfelől a lejárat eltérésebből többletkockázata származik a banknak,
- szerződéses összeg és négyzete: a nagyobb szerződéses összeg mellett alacsonyabbak a bank egységnyi hitelre jutó költségei, de ez a hatás fokozatosan csökken,
- háztartás jövedelme: a magasabb jövedelemmel rendelkező háztartás kockázatosága kisebb, mivel a magasabb jövedelműek kisebb valószínűséggel lesznek munkanélküliek, és nagyobb tartalékot tudnak felhalmozni,
- háztartási jövedelem és adóstárs interakciója: a háztartás jövedelmével járó kockázatcsökkenés mértéke adóstárs esetén kisebb,

---

<sup>2</sup>Fix kamatozásúnak tekintettük azon hiteleket, melyeknél a szerződésben rögzített kamatperiódus hossza meghaladja az 5 évet.

- életkor: feltételezésünk szerint az életkor növekedésével a hitelfelvevő kockázata csökken (a stabilabb munkapiaci helyzet miatt), ezzel összhangban áll a magyar bankok gyakorlata, mivel az L11-es megfigyeléseink alapján a 30 és 40 év közötti hitelfelvevők szignifikánsan alacsonyabb kamat mellett kaptak hitelt (*ceteris paribus*).

C.1. táblázat: A lakáscélú jelzáloghitel kamatát meghatározó regressziós együtthatók

Magyarázó változó	Becsült együttható
5 éven túl rögzített a kamatlab (indikátorváltozó)	1.849*** (0.0151)
PTI (százalék)	0.016*** (0.0007)
LTV (százalék)	0.009*** (0.0005)
Futamidő (hónap)	0.002*** (0.0001)
Szerződéses összeg (forint, logaritmus)	−3.511*** (0.3210)
Szerződéses összeg (forint, logaritmus) négyzete	0.095*** (0.0104)
Adóstárs kapcsolódik a hitelhez (indikátorváltozó)	−0.825*** (0.3070)
Háztartás jövedelme (forint, logaritmus)	−0.070*** (0.0197)
Háztartás jövedelme (forint, logaritmus) × Adóstárs	0.057** (0.0239)
Hitelfelvevő életkora (indikátorváltozó)	−0.099*** (0.0160)
Konstans	35.480*** (2.5230)
$N$	22 527
$R^2$	0.421

(Megjegyzés: zárójelben a standard hiba látható.)

\*\*\*  $p < 0.01$ ; \*\*  $p < 0.05$ ; \*  $p < 0.1$

C.2. táblázat: A modellben szereplő paraméterek értékei

Paraméter neve	Jelölés	Érték
Háztartások száma	$N_H$	1 000 000
Felnőttkor hossza negyedévekben	$n_L$	240
Nyugdíjaskor kezdő negyedéve	$n_P$	180
Bérleti díj háztartási jövedelemhez viszonyított aránya	$\beta$	0,3
Nyugdíj aránya az utolsó munkajövedelemhez képest	$r^P$	0,8
Kamatjövedelem aránya a kamatbevételekhez	$\rho$	0,45
Lakástulajdonosok megtakarítása rátája	$s^R$	0,2
Lakásbérlők minimális megtakarítási rátája	$s_0^R$	0,05
Lakásbérlők megtakarítási határrátája	$\xi$	0,01
Középkori és kiinduló lakásárárány-paraméterek egymáshoz viszonyított aránya	$\zeta_1$	1,5
Nyugdíjaskori és középkori lakásárárány-paraméterek egymáshoz viszonyított aránya	$\zeta_2$	0,8
Fiatal korban vásárolt lakásban eltöltött negyedévek száma	$n_Y$	40
Minimális fogyasztási kiadások normál jövedelemhez viszonyított aránya	$c_0$	0,4
Lakáshitelek futamideje negyedévekben	$l_P$	100
Fedezetérvényesítéből befolyt összeg aránya az ingatlan piaci értékéhez	$\gamma$	0,45
Erkölcsei kockázat miatti bedőlés esetén a bank veszteségének mértéke a fennálló tartozáshoz viszonyítva	$\kappa$	0,8
Lakáspiаци felár meghatározásakor a figyelembe vett korábbi időszakok száma	$n_F$	50
Lakáspiаци felár aránya a lakások összterületének átlagtól való százalékos eltéréséhez képest	$\mu_F$	0,4
Lakáspiаци felár csökkenésének mértéke átlag alatti összterület esetén	$\phi$	0,9
Lakásárárány paraméterek érzékenysége a lakáspiаци felárakra	$\omega$	0,7
Erkölcsei kockázathoz szükséges minimális jövedelemarányos törlesztőrészlet	$PTI^m$	0,3
Erkölcsei kockázat skálázási együtthatója	$\eta$	0,2

C.3. táblázat: A modell változóinak jelölése

A változó neve	Jelölés
<i>Háztartások</i>	
Kezdővagyon	$B_i^0$
Vagyon	$B_{i,t}$
Jövedelem	$y_{i,t}$
Fogyasztás	$c_{i,t}$
Lakástulajdon: saját tulajdonú lakás esetén értéke 1, különben 0	$F_{i,t}$
A lakás bérleti díja	$r_{i,t}^F$
A fennálló lakáshitel nagysága (tőketartozás)	$L_{i,t}$
A lakáshitel törlesztőrészlete	$l_{i,t}$
Életkor	$a_{i,t}$
Lakásvásárláshoz, -eladáshoz kapcsolódó pénzmozgás	$c_{i,t}^F$
Munkajövedelem	$w_{i,t}$
Nyugdíj	$y_{i,t}^P$
Potenciális bér	$w_{i,t}^P$
A lakásbérlet megtakarítási rátája	$s_{i,t}$
A tagok száma (1 vagy 2)	$n_i^H$
Kezdőbér	$w_i^0$
Az első lakásvásárlás rezervációs árának kezdőbérhez viszonyított aránya	$\theta_{i,t}$
A lakásárárány-paraméter időfüggetlen értéke	$\theta_i^0$
Az erkölcsi kockázatból fakadó nemteljesítés valószínűsége	$\pi_{i,t}^m$
Jövedelemarányos törlesztőrészlet	$PTI_{i,t}$
Fedezetarányos hitelállomány	$LTV_{i,t}$
A lakáshitel kamata	$i_{i,t}$
A bank vesztesége a nemteljesítő lakáshitelen	$l_{i,t}^B$
A saját tulajdonú lakás piaci értéke	$p_{i,t}^M$
<i>Makrogazdasági változók</i>	
Lakáspiari felár	$m_t$
Az eladott lakások összterülete	$A_t$





# Saját publikációk a témában

## 1. Magyar nyelvű referált szakmai folyóiratcikkek

- Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő, B. (2016): Egy- és többváltozós szűrők a hitelrés alakulásának meghatározására. *Közgazdasági Szemle*, 63, 233–259.
- Hosszú, Zs. – Mérő, B. (2017): Hitelciklusok és anticiklikus tőkepuffer egy ágensalapú keynesi modellben. *Közgazdasági Szemle*, 64, 457–475.
- Mérő, B. (2019): A pénzügyi közvetítőrendszer működésének újszerű modellezése – Ágensalapú makromodellek. *Hitelintézeti Szemle*, megjelenés alatt.
- Mérő, B. – Vágó, N. (2018): Keresletvezérelt lakáspiaci modell a lakáshitelezést szabályozó makroprudenciális eszközök tanulmányozására. *Közgazdasági Szemle*, 65, 1115–1153.

## 2. Magyar nyelvű műhelytanulmányok

- Banai, Á. – Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő B. (2014): A kamatcsökkentés hatása a banki jövedelmezőségre, *MNB-szemle*, 2014. július, 18–22.
- Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő B. (2015): Egy- és többváltozós szűrők a hitelrés alakulásának meghatározására. *MNB-tanulmány*, 118.

### 3. Angol nyelvű referált szakmai folyóiratcikkek

- Mérő, B. (2019): Novel Modelling of the Operation of the Financial Intermediary System – Agent-based Macro Models. *Financial and Economic Review*, megjelenés alatt.

### 4. Angol nyelvű műhelytanulmányok

- Banai, Á. – Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő B. (2014): Impact of base rate cuts on bank profitability. *MNB Bulletin*, 2014. július, 18–22.
- Hosszú, Zs. – Körmendi, Gy. – Mérő, B. (2015): Univariate and multivariate HP-filters to measure the credit gap. *MNB Occasional Paper*, no. 118.
- Hosszú, Zs. – Mérő, B. (2017): An agent based Keynesian model with credit cycles and countercyclical capital buffer. *MNB Working Paper*, 2017/5.