



**MAGYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSADALMI ÉS
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE**

WP3 Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 2050-ig

D3.8

**ELEMZÉS A MODELLEZÉS
EREDMÉNYEIRŐL**

Készítette:

Farkas Jenő

Király Gábor

Koós Bálint

Lennert József

Sebestyén Tamás

Tagai Gergely

Zsibók Zsuzsanna

<http://nater.rkk.hu>

A jelen tanulmány kiadása Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-n keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A jelen dokumentum tartalmáért az MTA KRTK felelős.

A Projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

A szerződés azonosítószáma: EEA-C12-11



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Tartalom

DEMOGRÁFIAI ELŐREJELZÉS	4
A népesség-előreszámítás alaperedményei	12
Magyarország demográfiai jövőképe 2051-ig különös tekintettel a területi egyenlőtlenségekre.....	16
A status quo morbiditás és mortalitás modellek eredményeinek elemzése	24
A deprivációs modell eredményei.....	29
GAZDASÁGI ELŐREJELZÉS	35
A modell logikája	36
A DSGE modell részletes leírása	37
A hosszú távú vezérlők részletes leírása	47
A modell kalibrálása és becslése	51
A makroeredmények regionalizálása	59
A modellezés tapasztalatai, jövőbeli teendők.....	73
A FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁS MODELLEZÉSE	77
A modellezés folyamatának bemutatása	77
Az elkészült modellek validálása	81
A modellezés alapján előrejelzett földhasználati változások.....	88
A NATÉR adatbázisba átadni kívánt adatok bemutatása, értelmezése	96
IRODALOM	101

DEMOGRÁFIAI ELŐREJELZÉS

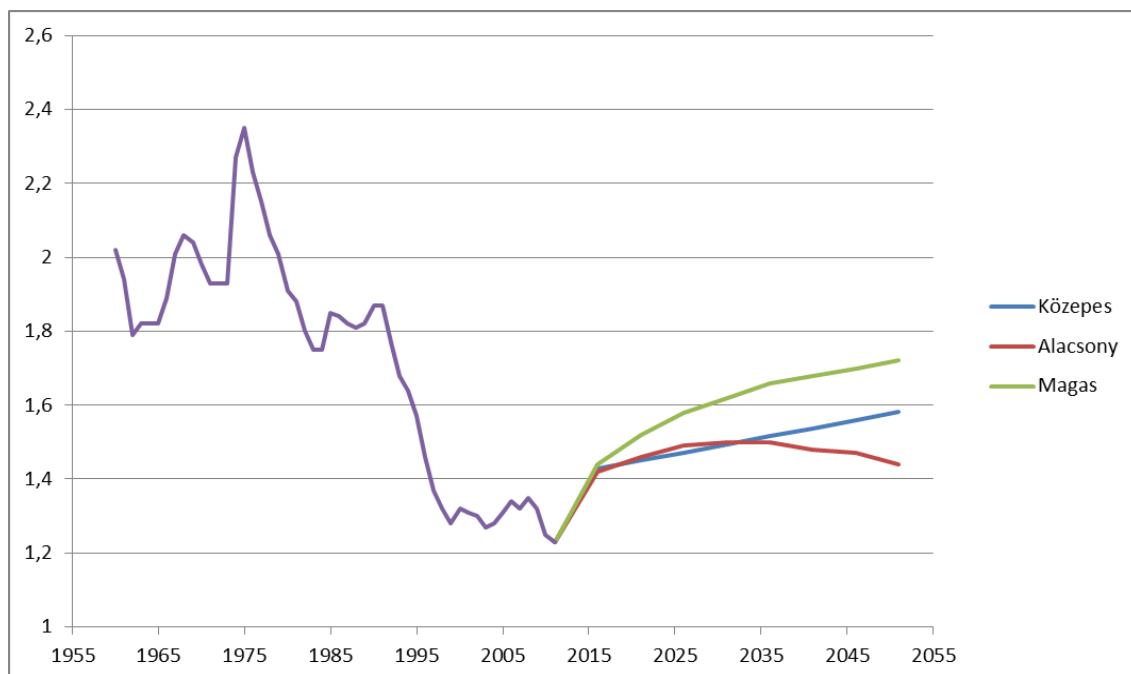
A népesség-előreszámításokban a népmozgalmi tényezők különböző hipotézisrendszereken keresztül kerülnek meghatározásra. Ez azt is jelenti, hogy a népességszám előrejelzését szolgáló szimuláció előre meghatározott demográfiai forgatókönyveket futtat le, és szolgáltat a modell eredményeképp. Így fontos, hogy kellően megalapozott kiindulópontból történjen a hipotézisépítés, a népességváltozási tényezők jövőbeli alakulásának felvázolása. A várható termékenységi helyzetképre, a halandósági viszonyokra és a vándorlási jellemzőkre vonatkozó feltételezések kiindulópontját részben múltbeli tendenciák értékelése adja, kivetítve ezek lehetséges jövőbeli irányait, másrészt a felállított modell az Eurostat népesség-előreszámítási modelljének (EUROPOP2013) hipotézisrendszerére is nagyban támaszkodik.

Magyarországon a termékenységi mutatók az 1970-es évek óta jelentősen csökkentek. Az évtized közepén a születések száma még elérte a 180 ezret, és a teljes termékenységi arányszám (szülőképes korú nőkre számított gyerekszám) még 1977-ben is meghaladta (utoljára) a népességreprodukciót biztosító 2,1-es értéket (1. ábra). Az azóta eltelt időszakban csak néhány kisebb hullámhegy fogta vissza a folyamatos születésszám csökkenést. A termékenységi mutatók magyarországi értékei utoljára a rendszerváltást követő években zuhantak meredeken. Az 1990-es évek vége óta eltelt másfél évtizedben a születések száma és ezzel együtt a teljes termékenységi arányszám is egy nagyjából állandó szinten mozgott, a legújabb minimumot (teljes termékenységi arányszám 2011-ben 1,23) a 2000-es évtizedvégi válságidőszak hozta el (Kapitány B. – Spéder Zs. 2015). Azóta a magyarországi termékenységi jellemzők újra némi javulást mutatnak (90 ezres születésszám mellett 1,3–1,4-es teljes termékenységi arányszám).

A termékenység jövőbeli alakulását több tényező (és ezek egymásrahatása) befolyásolja. A korábbi trendekből kiindulva azt lehetne feltételezni, hogy folytatódik a magyarországi termékenység jellemzők romlása. Azonban a születési számok, és a teljes termékenységi arányszám viszonylag stabilnak mutatkoztak az elmúlt tizenöt évben, jelentős változás csak a korcsoportos termékenységi jellemzőkben figyelhető meg. Míg az 1990-es évek közepén a legtöbb gyerek születés a 20–30 éves női korosztályokban történt, addig a 2010-es évekre ez a maximum a 25–35 éves korcsoportok felé tolódott. Mindeközben a korcsoportos termékenységi arányszámok értéke megfeleződött a 25 év alatti korosztályokban, és nagyjából megduplázódott 35 éves kor felett. Ezek az arányok a jövőben tovább változhatnak, és a szülések életkori kitolódásával együtt a gyermekvállalási időszak lerövidülhet. Bár szakértők egy hosszú

átalakulási folyamat közelmúltbeli lezáródását valószínűsítik (Kapitány B. – Spéder Zs. 2015). Emellett az is bekövetkezhet, hogy a fiatalabb korban elmulasztott vagy elhalasztott gyermekvállalást a nők ebben az időszakban bepótolják (Földházi E. 2015). A gyermekvállalási kedvet – a családok életkörülményein, kilátásain keresztül – befolyásolhatja az aktuális gazdasági helyzet is (pl. válságidőszak). Továbbá közvetett módon különböző kormányzati beavatkozások is nagymértékben hathatnak a gyermekvállalási hajlandóságra és a termékenység alakulására. Így hatékony szülésösztönzési szakpolitikával jelentős javulás is elérhető.

1. ábra: A teljes termékenységi arányszám változása Magyarországon, 1960–2051



Forrás: saját szerkesztés, 2011-ig – Eurostat Population Statistics alapján

A Magyarország demográfiai jövőképéről készített nemzetközi (ENSZ, Eurostat, US Census Bureau) és hazai (KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, lásd pl. Habcsek L. 2009, Földházi E. 2012, 2015) prognózisok hosszú távon a termékenységi mutatók emelkedésével számolnak, a gyermekvállalási minták kedvező átalakulását, illetve hatékony szakpolitikai intézkedéseket valószínűsítve. A járási népesség-előreszámítás népességváltozási hipotézisei megállapítása során referenciapontként használt Eurostat prognózis alapváltozata szerint a teljes termékenységi arányszám 2051-ig meghaladhatja az 1,7-es értéket. Az elmúlt időszak tendenciáiból kiindulva ez egy túlzón optimista jövőképet feltételez, így a hipotézis magas változataként ugyan, de beépült

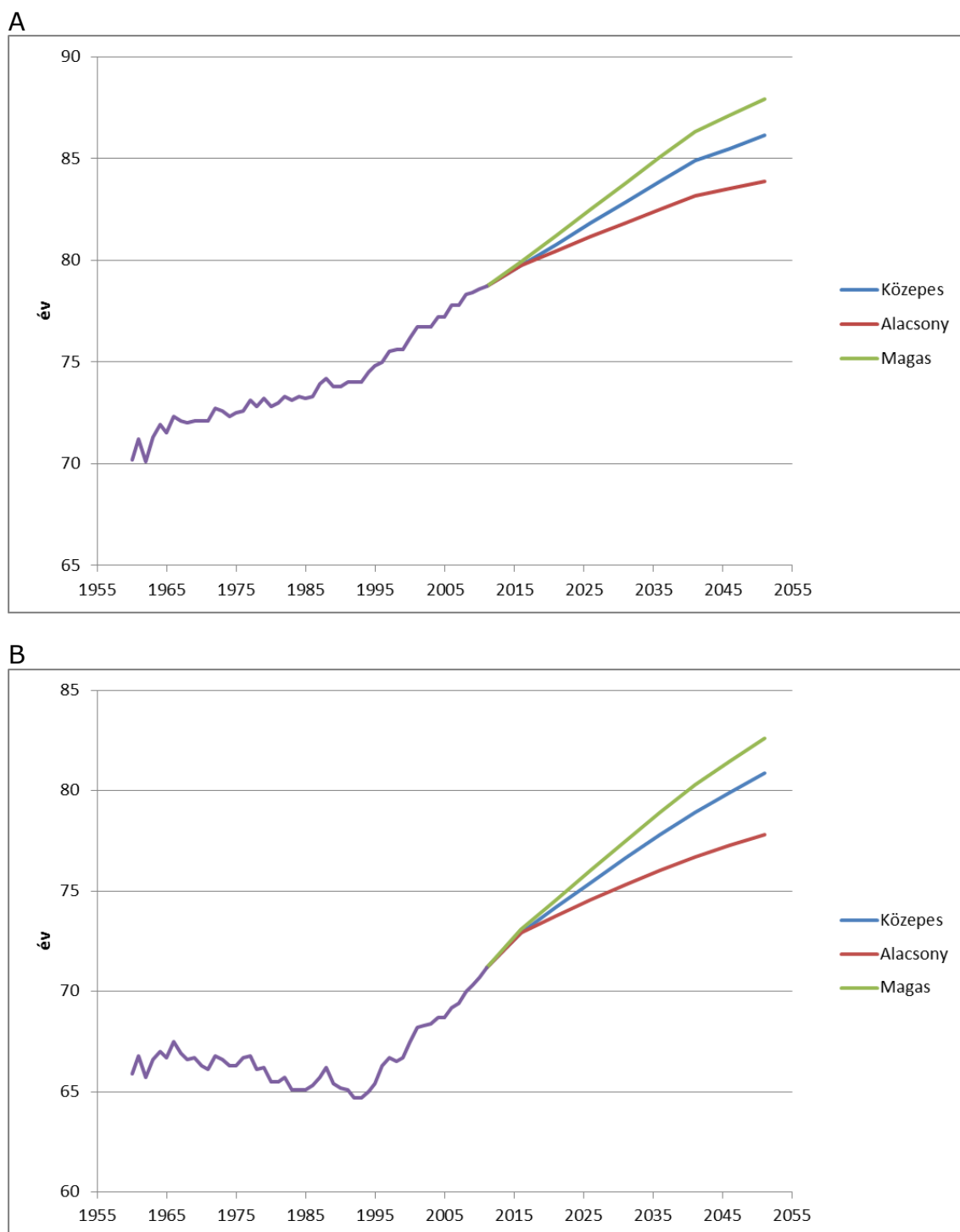
népesség-előreszámítási modellünkbe is. Az EUROPOP2013 előreszámítás alacsony termékenységi modellje rövid távú javulást, majd fokozatos visszaesést feltételez (a teljes termékenységi arányszám 1,5-ös maximumával), ez jelenti az általunk is valószínűsített jövőkép másik végétét. A járási modell alapváltozatában a két Eurostat termékenységi modell 2051-re vonatkozó átlaga került a fókuszba (országosan 1,58-as teljes termékenységi arányszám), a 2010-es évektől kezdve a gyermekvállalási kedv fokozatos javulását feltételezve. Az országos viszonyszámokat a módszertani leírásban ismertetett módon arányosítottuk járási szinten.

A termékenységi arányszámok valószínűsített emelkedése nem jelenti a születések számának hasonló mértékű növekedését, hiszen mindegyik népesség-előreszámítási modell népességfogyással kalkulál, ami a szülőképes korú nők számának csökkenését is eredményezi, ezzel is szűkítve a lehetségesen bekövetkező gyermekszületések bázisát.

A halandóságra vonatkozó hipotézisek megalapozását szintén az elmúlt időszak jellemző tendenciáinak elemzése segítette. A vizsgált időszak kezdete óta számottevő különbség mutatkozik a nők és férfiak halálozási viszonyaiban, bár a 20. század közepén ez még korántsem ért el olyan jelentős szintet, mint manapság. A várható átlagos élettartam adatok alapján az 1960-as évek óta a női halandósági mutatók fokozatosan, de igen lassú mértékben javultak az 1990-es évek közepéig, míg a férfiak esetében inkább stagnálást, illetve csökkenést lehetett megfigyelni ez idő alatt. 1993-ra a nők születéskor várható átlagos élettartama már meghaladta a 74 évet, míg a férfiak esetében még a 65 évet sem érte el ez az érték (2. ábra). Ebben az időszakban a halálozási esetszámok folyamatosan emelkedtek (főleg a születések számához viszonyítva). Már a népességi maximum idején is meghaladta a 145 ezret a halálozások száma, de az 1990-es évekre ez az érték még tovább emelkedett. 1995-től kezdve az éves halálozási esetszámok jelentősen csökkentek Magyarországon, ami a születéskor várható átlagos élettartamok intenzív javulását is eredményezte.

A korábban nagyon egyenlőtlenül alakuló női- és férfigalálozások markánsan befolyásolták a nem és kor szerinti népességarányokat. Ennek eredményeképpen az idősebb korosztályokban jelentős nőtöbblet alakult ki. Amikortól a halálozási esetszámok a fiatalabb és középkorú (férfi)korosztályokban egyre inkább csökkenni kezdtek, onnantól kezdve a halálozás egyre inkább időskori halálozás formájában volt jelen az országban (Bálint L. – Kovács K. 2015). Ez pedig nagyobb mértékben az idősebb korcsoportokban többségben lévő nőket sújtotta. Ennek a folyamatnak eredményeképpen a 2010-es évek kezdete óta már országosan kevesebb férfi hal meg, mint nő.

2. ábra: A születéskor várható átlagos élettartam változása Magyarországon, 1960–2051 (nők – A, férfiak – B)



Forrás: saját szerkesztés, 2011-ig – Eurostat Population Statistics alapján

Az elmúlt húsz év kedvezően alakuló halandósági folyamatai mögött változatos jelenségek állnak. Befolyásolta ezeket az egészségügyi ellátórendszerek fejlesztése, az elérhető gyógyászati eljárások fejlődése, de indirekt módon

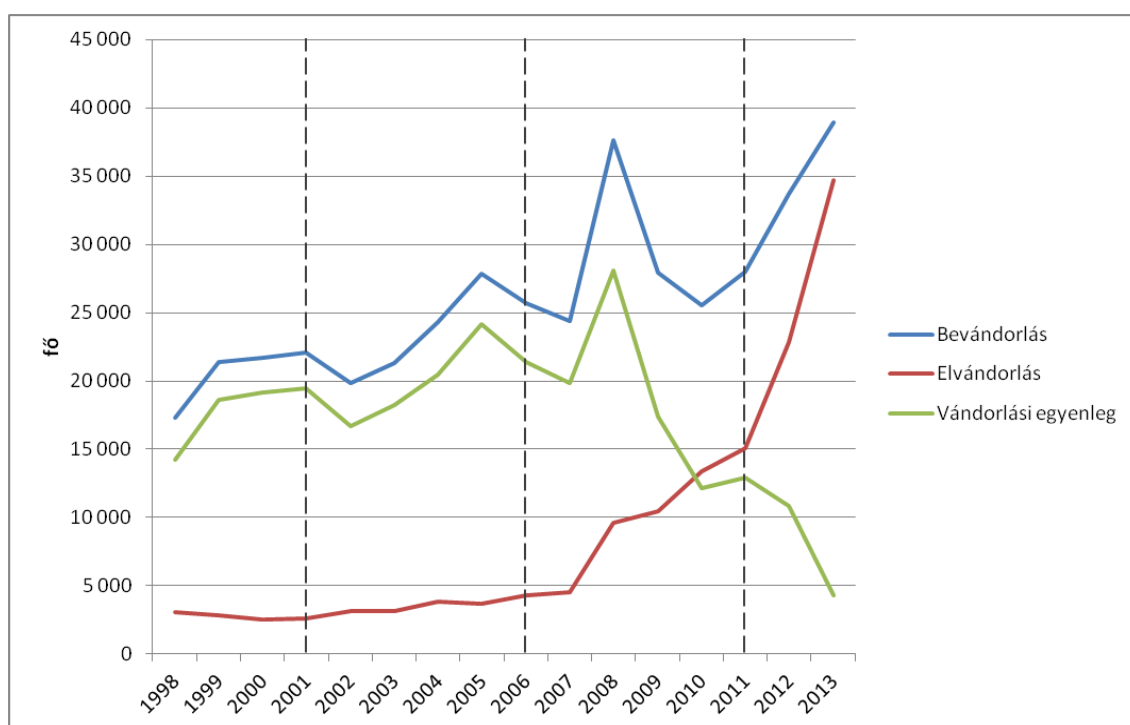
hatottak rájuk az elmúlt évtizedek társadalmi és gazdasági átalakulásai és a népesség körében tapasztalható egészségtudatosság-növekedés is. A halandósági viszonyok jövőbeli alakulása is hasonló tényezőktől függ (egészségügyi szolgáltatások és technológiák fejlődése, társadalmi-gazdasági helyzet, egyéni szempontok).

Mindezek alapján a jövőben is a halandósági tényezők javulása, a várható átlagos élettartam emelkedése valószínűsíthető. A születéskor várható átlagos élettartamadatokat nézve a megvizsgált demográfiai előreszámítások minden esetben további jelentős mértékű javulást prognosztizálnak, bár ez Magyarország esetében feltételezhetően nem fogja meghaladni az elmúlt két évtizedben tapasztalható intenzitást. A kiindulópontként használt EUROPOP2013 arányszámok egy magas és egy közepes változatban adták meg a jövőre vonatkozó halandósági hipotéziseket. Ezek a jelenlegi modellszámításba is magas és közepes változatként épültek be (járási szinten arányosítva). A népesség-előreszámítás alacsony hipotézisének megadásához azt feltételeztük, hogy a halálozási arányszámok a közepes forgatókönyvhöz képest lassabb mértékben fognak csökkenni, 2051-ig mindössze a 2030-as évek közepi alapértéket elérve.

A jelenlegi és jövőben várható halandósági trendek a nemek közötti halálozási viszonyok bizonyos mértékű kiegyenlítődése felé mutatnak (Bálint L. – Kovács K. 2015). Ezt a modell halandósági hipotézisei is visszatükrözik, a férfiak halálozási arányszámainak gyorsabban csökkenő tendenciáján keresztül. Mindezek alapján a születéskor várható átlagos élettartam különbségek a két nem között a jelenlegi 7 évről valószínűsíthetően 5–6 évre mérséklődhetnek.

A népességváltozás harmadik tényezőjével, a vándorlással kapcsolatos jövőbeli feltételezések bizonytalanabb kimenetelűek, mint a születéssel és halálozással kapcsolatos hipotézisek (Földházi E. 2015). A migrációs jellemzők más népesedési tényezőknél gyorsabban változnak, és kérdéses, hogy egy-egy markáns változás mennyiben jelent trendfordulót, amely hosszú távon is érvényes tendenciákat vetít előre. A korábbi időszakok vándorlási sajátosságainak értékeléséből kiinduló prognózis azonban így is egy megalapozott és modellszinten koherens forgatókönyv elkészítését segítheti. A járási népesség-előreszámítás modelljében a korcsoportos vándorlási egyenlegeket (a módszertani leírásnál ismertetett módon) maga az alkalmazás állítja elő egy referencia-időszakra támaszkodva. Ebben az esetben a 2001 és 2011 közötti két ötéves időszak migrációs jellemző jelentik a kiindulási pontot.

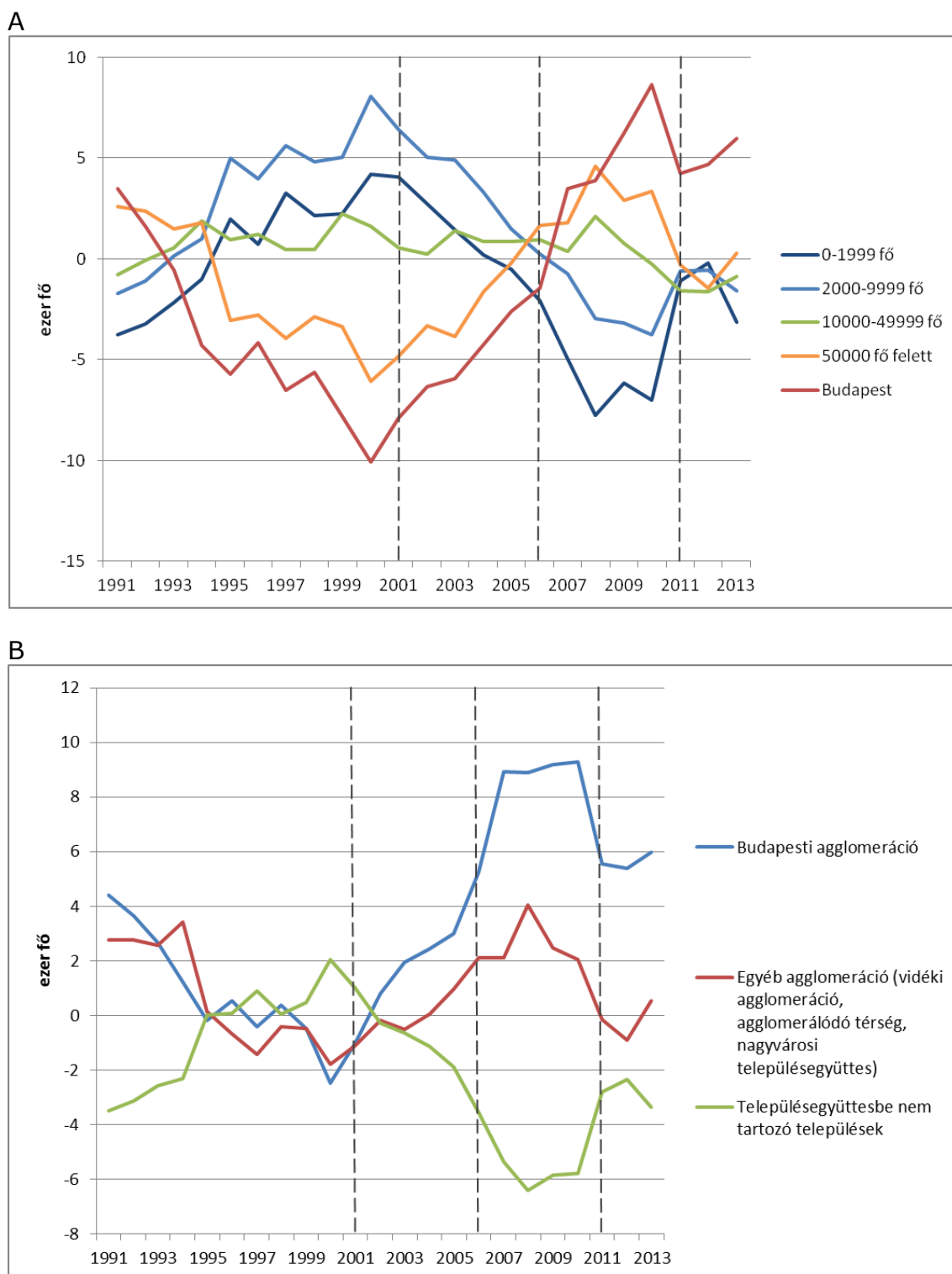
3. ábra: Magyarország nemzetközi vándorlási jellemzői, 1998–2013



Forrás: saját szerkesztés Eurostat Population Statistics alapján

A Magyarországot érintő nemzetközi vándorlás sajátosságai az elmúlt évtizedekben több irányban változtak. Az 1980-as évek végéig az országot vándorlási veszteség jellemezte, amely tendencia az 1990-es évekre megfordult, és 2011-ig mintegy 350 ezer fős migrációs többletet eredményezett (Földházi E. 2012). Ebből az időszakból a 2001 és 2011 közötti évtized különösen intenzív szakasznak mondható a bevándorlást tekintve, az Eurostat adatai szerint az évtized második felében az évi 20 ezer főt is meghaladta a (pozitív) migrációs egyenleg (3. ábra). A bevándorlók száma 2011-ig ugyan némileg visszaesett, de az utóbbi években újra emelkedésnek indult. A Magyarországról való elvándorlás a 2000-es évek végétől erősödött fel – feltehetően többek közt a gazdasági válság hatásaként –, és ennek következtében a vándorlási egyenleg is jelentősen csökkent az elmúlt években. A Magyarországról elvándorló népesség számáról ugyanakkor csak bizonytalanul lehet nyilatkozni, a nemzetközi tükröstatistikák egy hosszabb távú visszatekintésben is sokkal nagyobbra teszik az emigráló népességtömeget, mint a magyar forrású adatok (Gödri I. 2015).

4. ábra: Magyarország belföldi vándorlási jellemzői, 1991–2013
(településnagyság – A, agglomerációs típusok – B)



Forrás: saját szerkesztés KSH T-STAR alapján

A Magyarországon belüli vándorlási irányok a nemzetközi migrációs tendenciákhoz hasonlóan jelentősen módosultak az elmúlt évtizedekben. Az országon belüli költözések célterületeit az 1990-es évek elejéig a főváros, a nagyobb városok (megyeszékhelyek) és az agglomerációs települések jelentették, míg a jellemzően kisebb, vidéki települések/térségek vándorlási veszteséget könyvelhettek el (4. ábra). Az 1990-es években a szuburbanizációs és dezurbanizációs folyamatok együttes jelenlétével az odavándorlások súlypontja áthelyeződött a kisebb, főleg városkörnyéki településekre, míg Budapest és más nagyvárosi centrumok népességet veszítettek a fokozódó elvándorlások miatt. A trendforduló a 2000-es évekkel következett be, amikor a korábbi tendencia megváltozott, és ismét a nagyvárosi agglomerációk (a magtelepülések is) váltak migrációs célterületekké (Bálint L. – Gödri I. 2015). A 2000-es évek vége ismét fordulatot hozott, de ennek várható hosszú távú hatásai még nem láthatók.

Mint a visszatekintésből látható, a 2000-es évek mint a járási népesség-előreszámítási modell migrációs komponensének referencia-időszaka igen speciális periódust képvisel a vándorlási irányok és ezek intenzitása meghatározásához. Az évtized előtt is alapvetően más tendenciák érvényesültek, és a legutóbbi néhány év szintén a fenti trendektől való fokozatos eltérést feltételez. Ezek alapján a népesség-előreszámításhoz szükséges hipotézisek számszerűsítését a modell-alkalmazás által kalkulált migrációs egyenlegek módosításával alakítottuk ki, figyelembe véve az elmúlt néhány évben alakuló trendeket. A magas előreszámítási változatban a 2001 és 2011 közötti időszak korcsoportos vándorlási egyenlegeit vetítettük előre. Az alacsony hipotézis a modellezett irányok megmaradásával számol (bevándorlási nyereség, országon belül a nagyobb városok és agglomerációk maradnak migrációs célterületek), de a számított vándorlási intenzitást csökkentett mértékben (a számított egyenleg fele) veszi figyelembe mind az el-, mind az odavándorlások esetében. A középső (alap)modell esetében a vándorlások intenzitása a 2010-es évektől fokozatosan csökken 2051-ig a 2001–2011-es referencia-időszak értékének felére, járásonként minden korcsoportban.

Az országon belüli, de főleg a nemzetközi migrációs jellemzők a jövőre vonatkozó feltételezések tekintetében számos bizonytalan tényezőt hordoznak. Mekkora bázisa lehet a korábbi bevándorlási forrásoknak (pl. külföldi magyarok)? A kivándorlási statisztikák mennyiben tükrözik a valós folyamatokat? Mennyiben válhat Magyarország célországgá a jelenlegi és jövőbeli nemzetközi migrációs folyamatokban (pl. klímamigráció)? Ezek a kérdések olyan szempontokat vetnek föl, amelyek számszerűsítése és előrejelzése nagyon spekulatív lenne, így a modellszámításokba nem is épültek be.

A népesség-előreszámítás alaperedményei

A legutóbbi népszámlálás adatai szerint 2011-ben már kevesebb, mint tíz millió lakosa volt Magyarországnak. Az 1981 óta érvényes tendencia (népességcsökkenés), valamint a népességváltozás tényezőinek jövőbeli alakulásával kapcsolatos feltételezések alapján a következő mintegy negyven évben további jelentős népességfogyás valószínűsíthető. A népességi prognózisok készítésekor szokásos eljárás szerint a járási előreszámítási modellben is több hipotézis készült a népesedési tényezőkre vonatkozóan, amelyek kombinációi három főbb forgatókönyvet eredményeztek. Az alacsony és magas előreszámítási változatok a népességváltozás elképzelhető határait jelölik ki, míg a közepes (alap)változat a legvalószínűbbnek tartott hipotéziseket fogja össze (Földházi E. 2012). Az előbbiek csupán referenciaként szolgálnak a bemutatott modellben, a népességszámítás részletesebb eredményeinek ismertetése és a területi szempontú elemzések a közepes forgatókönyv alapján készültek.

1. táblázat: Magyarország népességszámának jövőbeli alakulása különböző forgatókönyvek szerint, 2011–2051

Népességszám (millió fő)	Alacsony változat	Közepes változat	Magas változat
2011	9,94	9,94	9,94
2021	9,56	9,65	9,67
2031	9,14	9,34	9,47
2041	8,57	8,88	9,22
2051	8,01	8,44	9,07

Forrás: saját szerkesztés, 2011 – KSH Népszámlálás

Modellszámításaink eredményei szerint Magyarország népessége 2051-ben 8 és 9 millió fő között alakulhat. Az alapmodell pedig ezen belül is 8,44 millió főre teszi népesség várható számát, negyven év alatt mintegy másfélmillió népességfogyást feltételezve (1. táblázat). Ez a korábbi időszakhoz képest gyorsuló ütemű népességcsökkenést jelent, hiszen míg az 1980-as népességcsúcs (10,7 millió fő) óta mintegy 700 ezer fővel csökkent az ország lakossága, addig 2051-ig ennek az értéknek a duplája is valószínűsíthető. Az alapmodell által kimutatott népességfogyás üteme többfázisú. Az előreszámítási

időszak első felében inkább a magas hipotézishez közelebb álló, mérsékeltebb népességcsökkenés következhet be, majd 2051-ig tovább gyorsul ez az ütem.

A népességszám változásával és a népesedési összetevők különböző forgatókönyveinek lefutásával a magyar népesség szerkezete, összetétele is jelentősen változhat a jövőben. A népszámlálás adatai szerint 2011-ben mintegy félmillió fővel több nő élt Magyarországon, mint férfi. Ez a nagymértékű különbség elsősorban a női népesség kedvezőbb továbbélési jellemzői miatt alakulhatott ki. A férfiak már jelenleg is fokozatosan – és a jövőben várhatóan tovább gyorsulva – javuló halandósági viszonyai jelentősen szűkíthetik a két nem közötti halandósági ollót. Ez viszont azt is jelentheti, hogy a jövőben megnő a női halálozási esetszámok férfiakéhoz viszonyított aránya (a nagyobb számú időskorú női népességből többen fognak elhalálozni), ami hosszú távon az országos nemi arányok fokozatos kiegyenlítődése irányába mutat – 2051-ben már csak 200 ezer fős nőtöbblet várható (2. táblázat).

2. táblázat: A női és férfi népesség számának változása 2011 és 2051 között Magyarországon

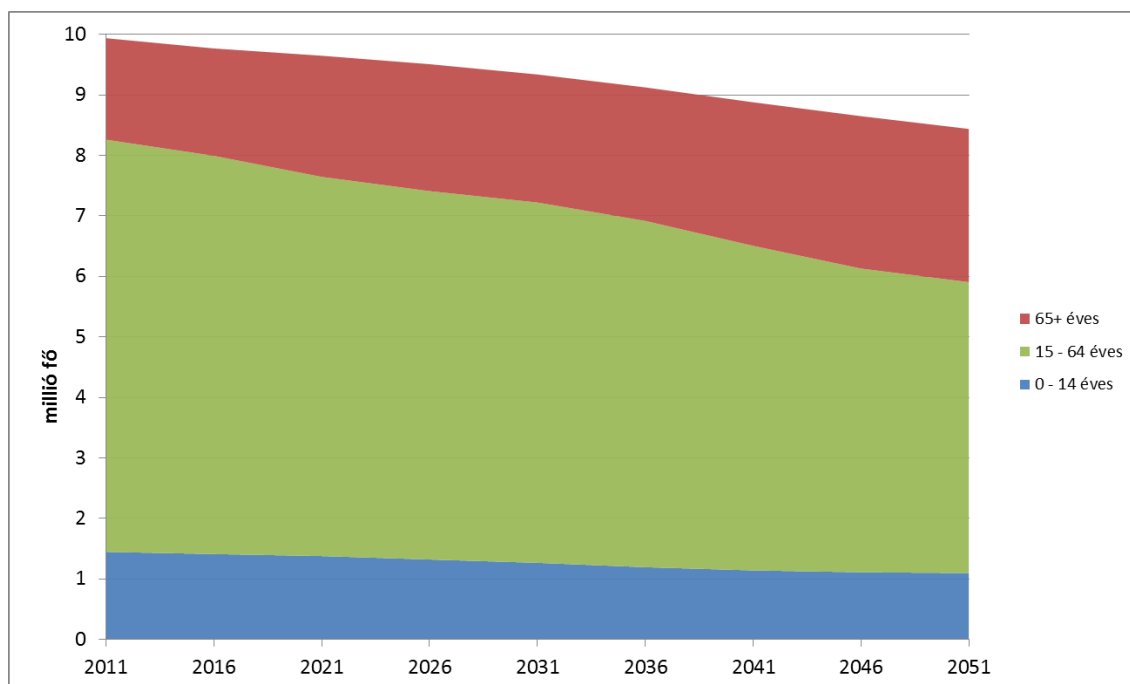
Népességszám (millió fő)	2011	2021	2031	2041	2051
Nők	5,21	5,03	4,84	4,56	4,31
Férfiak	4,72	4,62	4,50	4,31	4,13

Forrás: saját szerkesztés, 2011 – KSH Népszámlálás

A 2051-ig prognosztizálható népességfogyás jelentős változást hozhat Magyarország népességének korösszetételében is. A járási alapmodell szerint a fiatal- (0–14 éves), illetve munkaképes korú (15–64 éves) népesség abszolút száma negyven év alatt a 2011-es érték 70–75%-ára esik vissza, míg a 65 évnél idősebbek abszolút száma másfélszeresére nő (5. ábra). A korszerkezeti népességarányok pedig még nagyobb mértékben alakulnak át, hiszen ez idő alatt csökken az ország össznépessége is. A fiatalok aránya a valószínűsített forgatókönyv alapján az abszolút fogyás ellenére csak kismértékben csökken, köszönhetően a jövőben várhatóan javuló termékenységi trendeknek. Számában (-2 millió fő) és arányában is a legnagyobb veszteséget a 15 és 64 év közötti korcsoportok szenvedhetik el. Az előreszámítási időszak kezdetén mért 68,5%-os népességarányuk 57%-ra olvadhat. Az időskorú népesség számának önmagában is jelentős növekedése a korcsoport össznépességen belüli arányának nagyjából

duplázódásához vezet, 2051-ben a 65 évnél idősebbek már Magyarország népességének 30%-át fogják alkotni.

5. ábra: Magyarország népességének és a lakosság koreloszlásának változása 2011 és 2051 között

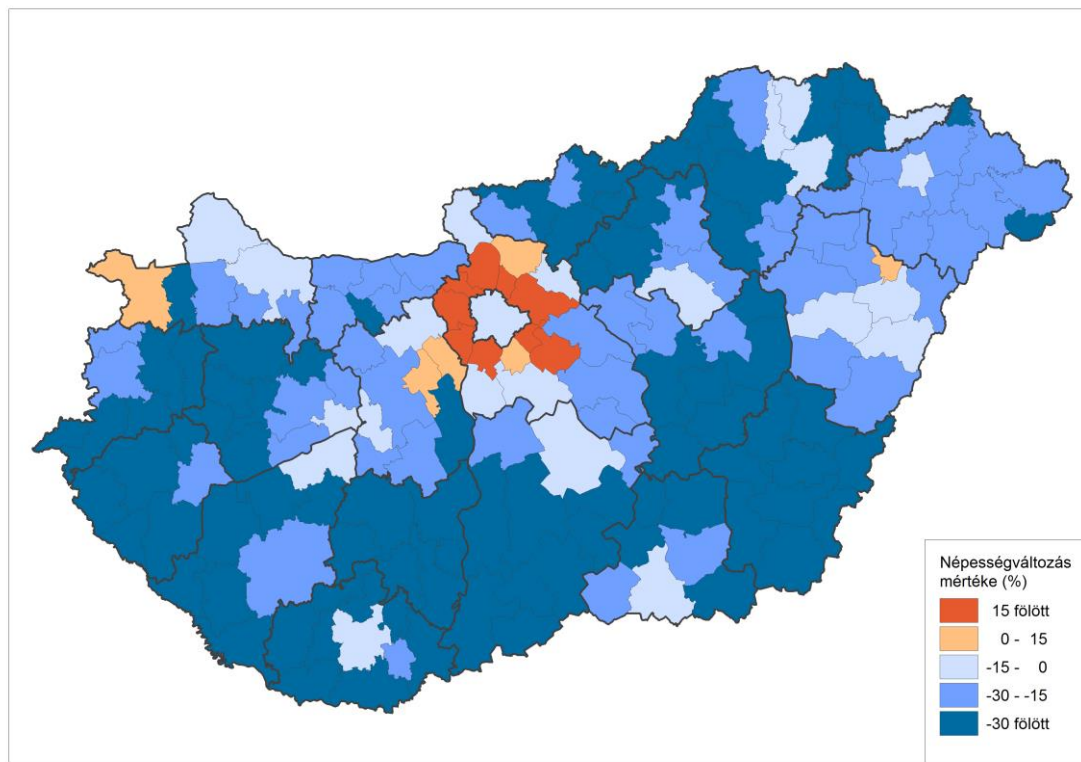


A 2051-ig valószínűsített népességváltozás területi képe járási szinten igen nagymértékű egyenlőtlenségeket mutat. A népesség-előreszámítási modell szerint még 2051-ben is lehetnek olyan járások, amelyek népessége növekszik, folyamatos pozitív migrációs egyenlegük illetve alacsony természetes fogyásuk (esetlegesen természetes szaporodás) miatt (Hablicsek L. 2007a). Néhány, a budapesti agglomerációs gyűrűben elhelyezkedő járás esetében a népességnövekedés a 15%-ot is meghaladhatja. Ezek azok a térségek, amelyek a jelenlegi szuburbanizációs folyamatok leginkább frekventált célterületei is egyben (például Szigetszentmiklós, Dunakeszi, Pilisvörösvár, Budakeszi vagy Gödöllő és környékük).

A tucatnyi kivételtől eltekintve Magyarország többi járását változó mértékű népességvesztés jellemezheti majd a következő négy évtizedben (6. ábra). Ezek a térségek emellett, hogy általánosságban hosszú távon erősödő természetes foggyással is számolhatnak, népességük csökkenését a legtöbb esetben vándorlási veszteség is tovább gyorsítja majd. A nagyobb városok, megyeszékhelyek járásainak egy része azonban a felvázolt forgatókönyv szerint a jövőben is migrációs célpont marad, így a bevándorló népesség némileg mérsékelheti a

természetes népmozgalmi tényezőkből következő fogyást (pl. Kaposvári, Pécsi, Szegedi, Kecskeméti vagy Szombathelyi járások).

6. ábra: A magyarországi járások népességváltozása 2011 és 2051 között



A nagyvárosi járások mellett némileg alacsonyabb mértékű vagy csak közepes a valószínűsíthető népességfogyás a Magyarország középső részén elhelyezkedő – de a budapesti agglomeráción kívül eső – járásokban, a Dunántúl északi és északnyugati térségeiben, illetve Északkelet-Magyarországon. Az előbbi országrészek kedvezőbb társadalmi-gazdasági pozícióban vannak (foglalkoztatási, képzettségi, jövedelmi helyzet stb.), így a megyeszékhely-jársókhoz hasonlóan a népességmozgások célterületei közé tarthatnak a jövőben is, de legalábbis az innen történő elvándorlás nem erősíti fel jelentős mértékben a várható természetes fogyást. A Magyarország északkeleti szegletében (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Szabolcs-Szatmár-Bereg megye, Hajdú-Bihar megye) fekvő járások jellemzően migrációs kibocsátó területek. Ezek viszont egyben jellemzően olyan térségek, ahol a természetes népességfogyás mértéke alacsonyabb (maradhat), mint az ország más területein.

A népességfogyás mértéke 2011 és 2051 között a magyarországi járások nagyjából felében a 30%-ot is meghaladhatja. Egy-két kivételtől eltekintve ebbe

a csoportba tartoznak Vas, Zala, Somogy, Baranya, Bács-Kiskun és Nógrád megye járásai, illetve Tolna és Békés megyék egésze. E forgatókönyv szerint a legnagyobb mértékű (akár 50%-ot is megközelítő) népességcsökkenés a Gönci, a Tabi, a Komlói, a Bácsalmási, Bélapátfalvi, a Sátoraljaújhelyi és a Bátorterenyi járásokat fogja érinteni.

Magyarország demográfiai jövőképe 2051-ig különös tekintettel a területi egyenlőtlenségekre

Az alapvető népességváltozási tendenciák felrajzolása mellett az elkészített népesség-előreszámítási modell lehetőséget nyújt arra is, hogy a magyar népesség tágabban értelmezett demográfiai helyzetével kapcsolatban is előre vetítse a valószínűsíthető folyamatokat. A bizonyos népmozgalmi tényezőkre és a népesség összetételére vonatkozó területi fókuszú forgatókönyvek ismertetése hozzájárulhat a Magyarország demográfiai jövőképeire vonatkozó információk árnyalásához.

A járási kohorsz-komponens modellbe épített hipotézisek hosszú távon a halandósági jellemzők további javulását feltételezik. Mindez a várható átlagos élettartam adatok jövőben valószínűsíthető alakulásában is nyomon követhető. A mutatószám értékét általában 0 éves korra (születéskor várható élettartam) szokták megadni, de jelentős információtartalommal bír az is, hogy későbbi életkorokban hogyan alakulnak a lakosság életkilátásai. 2011 és 2051 között Magyarországon a születéskor várható átlagos élettartam mintegy öt évvel nőhet a nők és hat évvel a férfi népesség körében (3. táblázat). Ugyanakkor a jelentős kiindulási különbségek miatt a 2051-re ez az elővetített várható élettartam érték a férfiak esetében még nem fogja elérni a női népesség 2011-es születéskor várható átlagos élettartamát sem.

A középkorúakra (pl. a 45 éves népességre) megadott várható élettartam adatok hasonló mértékű előrelépést valószínűsítenek az előrevetített negyven év távlatában, mint a születéskori értékek. Ez jelzi, hogy a halandósági jellemzők javulása egyre inkább az idősebb korosztályokat érinti, mivel a korábbi kedvező demográfiai, népegészségügyi folyamatok eredményeképpen jelentős mértékben fejlődtek a középkorúak életkilátásai. A 65 éves korban várható átlagos élettartam adatok szintén jelentős javulást mutatnak az előrevetített időszakban (kb. négy további életév mindkét nem esetében). A leginkább valószínűsített modellváltozat szerint átlagosan a nők 22, a férfiak mintegy 18 további életévet élhetnek meg ebben az életkorban. Ez a nyugdíjban eltöltött évek várható számáról is becslést ad.

3. táblázat: A várható átlagos élettartam változása 2011 és 2051 között
Magyarországon

		Nők			Férfiak	
(év)	Születéskor	45 éves korban	65 éves korban	Születéskor	45 éves korban	65 éves korban
2011	78,9	35,0	18,2	71,5	28,3	14,2
2021	80,4	36,8	19,6	73,8	30,6	15,8
2031	81,8	38,0	20,6	75,3	32,0	16,7
2041	83,2	39,2	21,6	76,7	33,3	17,6
2051	83,9	39,8	22,0	77,8	34,3	18,3

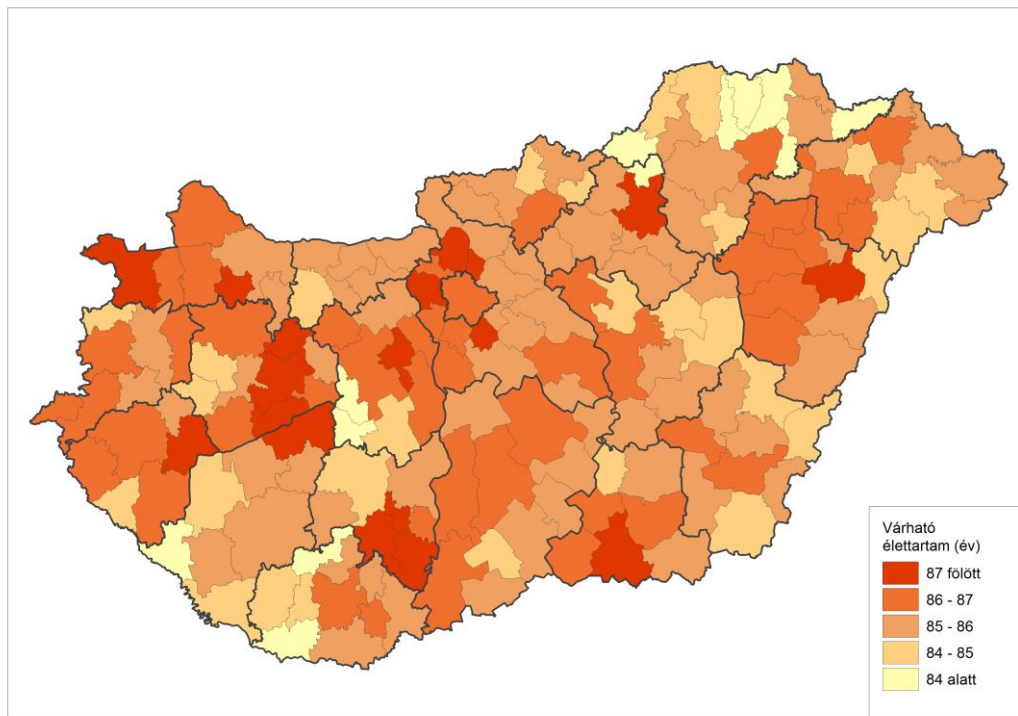
Forrás: saját szerkesztés, 2011 – KSH Tájékoztatási Adatbázis alapján

A halandósági-túlélési viszonyok járási szinten markáns területi különbségeket mutatnak. A születéskor várható átlagos élettartam 2051-re számolt maximális járási eltérése öt és fél év a nők (Gönci járás 82,6 év – Bonyhádi járás 88,1 év), hét és fél év a férfiak esetében (Gönci járás 75,4 év – Budakeszi járás 83 év). Ezeken az intervallumokon belül a járások zömének életkilátásaiban nincs jelentős eltérés (2–3 év), ugyanakkor a különbségek jellegzetes és jól értelmezhető területi mintázatként jelennek meg (7. ábra).

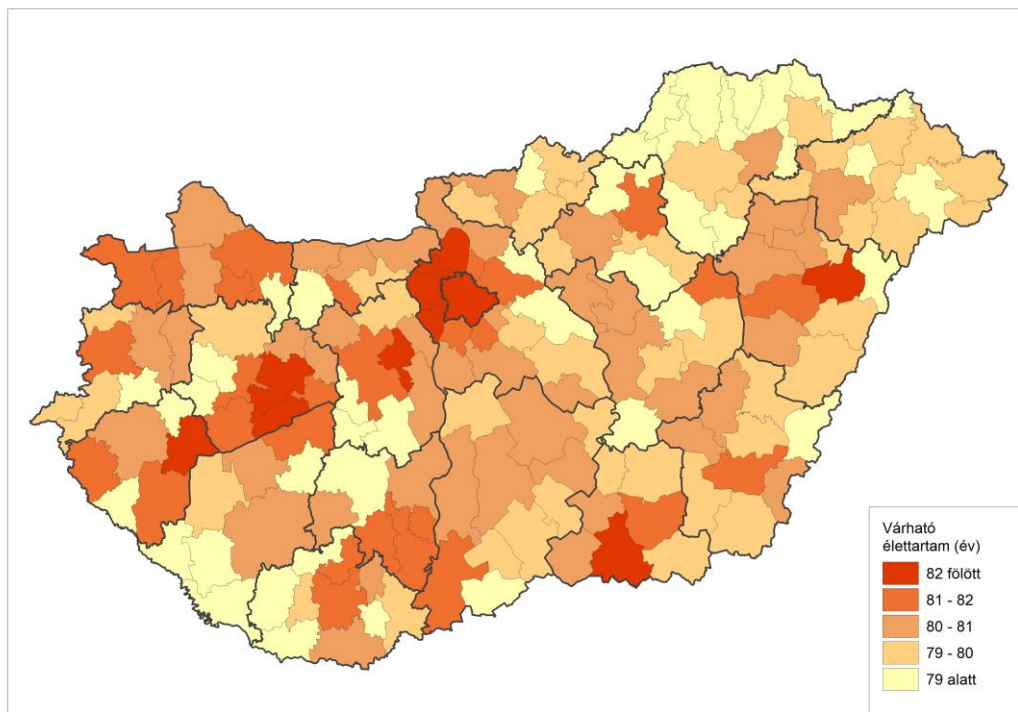
A 2051-ben is valószínűsíthető járási szintű helyzetkép alapjait tekintve nem különbözik a mai viszonyoktól, hipotéziseink a jelenleg fennálló struktúrák fennmaradásával számolnak. A születéskor várható átlagos élettartamok járási egyenlőtlenségei egyrészt a város–vidék különbségeit tükrözik vissza. A nagyobb magyarországi városok (megyeszékhelyek) járásaiban, a főváros környezetében jobban a népesség életkilátásai, mint az ország más területein. Különösen igaz ez a férfi népességre, amely esetben a városiasabb járások és akár közvetlen környezetük között is jelentősebb eltérés mutatkozhat a várható élettartam adatok alapján – például Pécs, Szeged, Debrecen, Eger vagy Békéscsaba járásai és e megyék többi része között.

7. ábra: A népesség születéskor várható átlagos élettartama a magyarországi járásokban, 2051 (nők – A, férfiak – B)

A



B

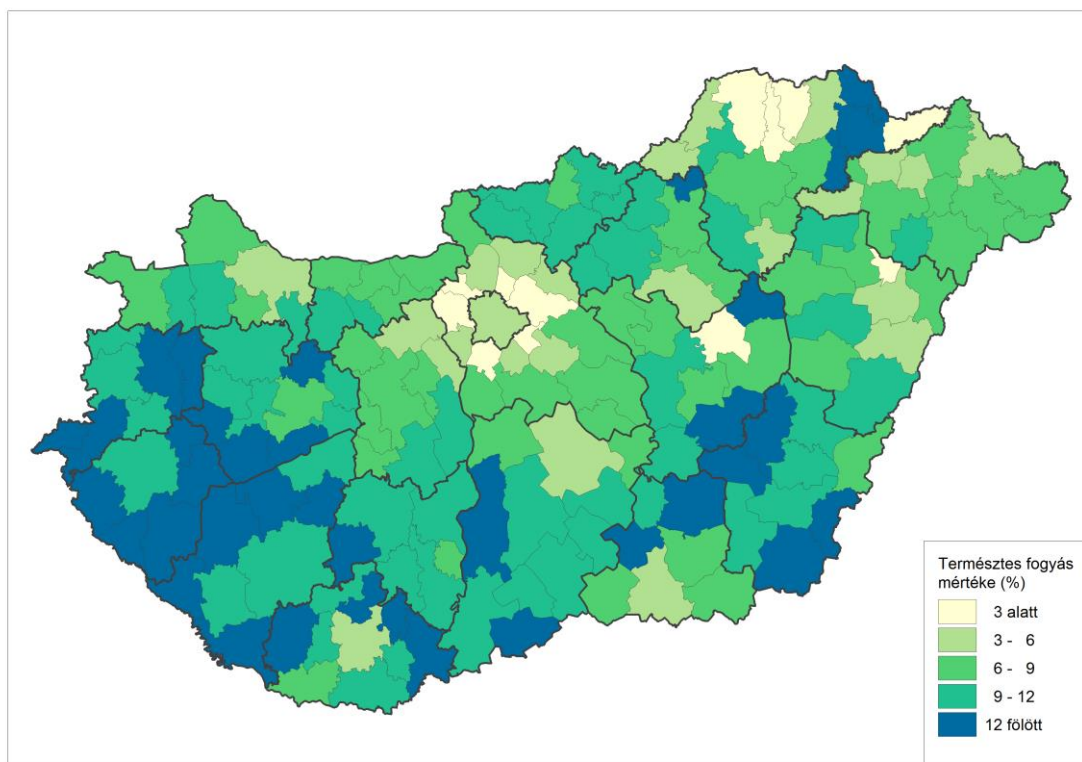


Előbbi egyenlőtlenségi viszonyokkal kapcsolatba hozható, hogy a várható életkilátások spektrumának másik végén jellemzően periférikus helyzetű járások állnak (pl. Északkelet- vagy Délnyugat-Magyarország). És nemcsak földrajzi értelemben perifériának tekinthető területek, hanem olyan belső perifériák, amelyek társadalmi-gazdasági szempontból lemaradó térségeket azonosítanak, többek közt. Jász-Nagykun-Szolnok megyében, Tolna, Fejér és Somogy megyék találkozásánál, illetve Veszprém, Zala és Vas megyék kontaktzónájában. A periférikus helyzetű járások halandósági viszonyai az ellátórendszerek elérhetőségével is kapcsolatban állhatnak. A 2051-ig előrevetített demográfiai forgatókönyv által valószínűsített területi különbségekről szóló információk így a jövőbeli szolgáltatáshiányok megelőzését is megalapozhatják.

Magyarország jelenlegi és jövőbeli népességfogyásának (járási szinten is) legfontosabb eleme a születések és halálozások számának alakulásából következő természetes fogyás. A 2051-ig tartó időszak jövőképe vonatkozó népmozgalmi hipotézisek a túlélési jellemzők javulásával és a termékenységi arányszámok emelkedésével számolnak. A halandósági oldalról mindez ténylegesen a halálozási esetszámok bizonyos csökkenéséhez vezethet majd, azonban a születésszámok növekedésével még kedvező esetben sem számolhatunk. A termékenységi jellemzők valószínűsített javulása mellett is várhatóan szűkülni fog a szülőképes női korcsoportok létszáma, így hosszú távon a születésszámok is tovább csökkennek. Mindez pedig az előreszámítási időszakban egyre intenzívebb természetes fogyáshoz vezethet. A természetes fogyást a migrációs sajátosságok is befolyásolhatják egyes esetekben, hiszen az el- vagy odavándorlók zömükben az aktív, gyermekvállalási korú népességből kerülnek ki. Így a betelepülő családokban születendő gyerekek és az elköltözők miatt elmaradt születések is felgyorsíthatják vagy mérsékelhetik adott térség természetes népességfogyását.

A jövőbeli természetes fogyás mértéke az országban járásonként igen eltérő képet mutathat. Ez viszont a népességfogyás általános területi képével párhuzamba állítva, ahhoz igen hasonló térbeli mintázatokat fed fel. A modellezett időszak utolsó periódusában (2041–51) már mindössze csak néhány olyan járás fordulhat elő Magyarországon, ahol a természetes fogyás mértéke kifejezetten alacsony, illetve a korábbi tendenciák egy-két kivételes esetben minimális természetes szaporodást alapoznak meg (pl. Szigetszentmiklósi vagy Encsi járás). Ezek a térségek vagy a hosszú távon is migrációs célterület budapesti agglomerációban vagy az eleve némileg magasabb termékenységi jellemzőkkel bíró északkeleti országrészben helyezkednek el (8. ábra).

8. ábra: Természetes fogyás a magyarországi járásokban 2041 és 2051 között

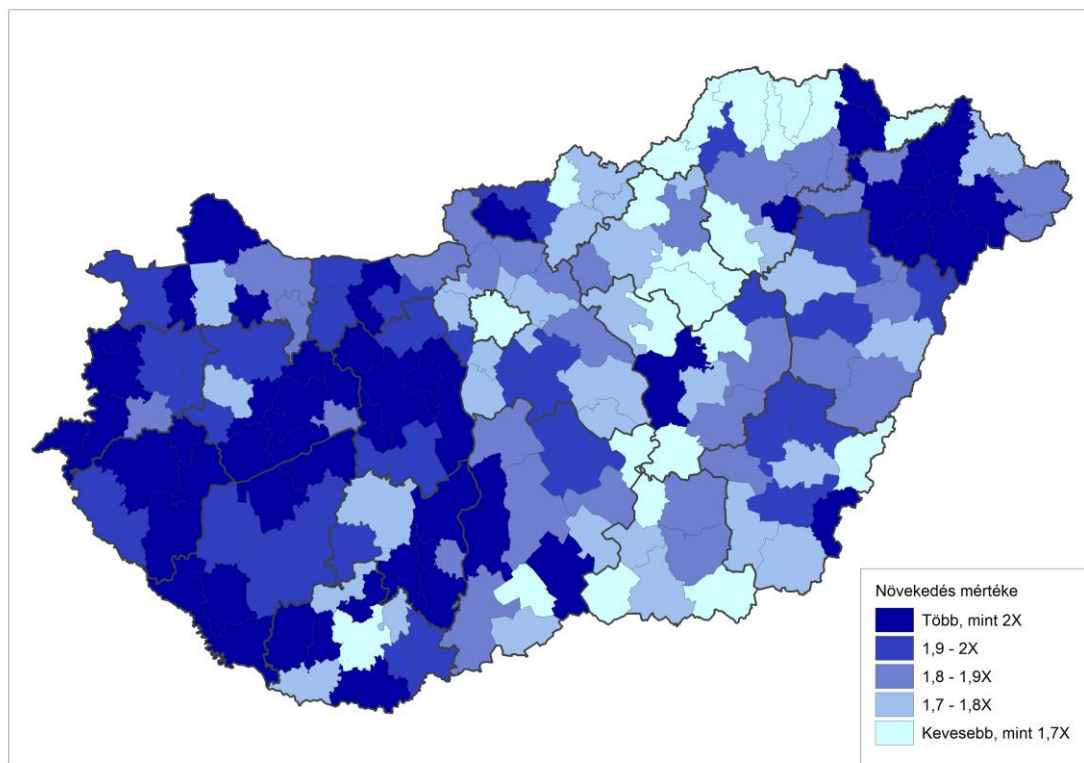


A természetes fogyás relatíve alacsonyabb mértékével még egyes megyeszékhely járások (például Pécsi, Szegedi, Kecskeméti vagy Győri járás) is kitűnhetnek környezetükből. Más, a demográfiai jövőképhez kapcsolódó tényezőkkel összhangban, ebben a tekintetben is feltűnő az ország északnyugat-dunántúli, középső és északkelet-magyarországi részeinek kedvezőbb helyzete szemben Magyarország déli, délnyugati területeivel. Különösen jelentős természetes fogyás valószínűsíthető a Dunántúl délnyugati felében, a Vas megyétől Baranya megyéig húzódó sávban.

Magyarország demográfiai jövőképeinek meghatározó tényezője a lakosság elöregedése. 2051-re az ország járásaink többségében az időskorú (65 vagy több éves) népesség részaránya meghaladhatja a 30%-ot. Csupán az ország középső területén és az észak-keleti országrész járosaiban maradhat ez az arány némileg alacsonyabb. A jövőben valószínűsíthető korszerkezeti helyzetkép mellé érdemes hozzátenni, hogy az időskorúak népességarányának növekedése is hordoz területi különbségeket. Bár a változás mértékének szóródása összességében nem nagy – a járások döntő többségében 1,6–2-szeres aránynövekedés feltételezhető –, élesen rajzolódnak ki bizonyos területi mintázatok (9. ábra). Elsősorban Dunántúl és a többi országrész elválása rajzolódik ki e kép alapján, gyorsabb elöregedési folyamatot prognosztizálva Magyarország nyugati területére

vonatkozóan. A keleti országrészből Szabolcs-Szatmár-Bereg megye járásaiban valószínűsíthető az időskorúak arányának legnagyobb mértékű növekedése.

9. ábra: A 65 évesnél idősebb népesség arányának növekedése a magyarországi járásokban 2011 és 2051 között



A magyar népesség korszerkezetének valószínűsíthető átalakulását szemléltetik az eltartottsági ráta és az öregedési index értékeinek változásai. A két mutatószám a legfontosabb korcsoportok (0–14 éves, 15–64 éves, 65+ éves) népességarányait összehasonlítva árnyalja a lakosság demográfiai helyzetképét a társadalmi intézmények fenntarthatóságának kérdését kihangsúlyozva (Monostori J. 2015). Az öregedési index az időskorúak arányát a gyermekkorúak százalékában megadva jelzi a két korcsoport népességaránya között egyre szélesebbre nyíló ollót. Az országban már 2011-ben is több 65 évesnél idősebb ember élt, mint 15 évnél fiatalabb, azonban az öregedési index értéke 2051-ig várhatóan megduplázódik (4. táblázat). Az eltartottsági ráta a gazdaságilag aktív korú népességtömegtől való függés mértékét fejezi ki a gyermek és időskorúak együttes arányát a 15–64 éves népesség arányához viszonyítva. 2011-ben Magyarországon még több mint két aktív korú lakosra jutott egy gyermek- és időskorú. A jövőben a 15–64 éves korosztályra nehezedő nyomás valószínűleg tovább nő, az előreszámítás adatai szerint 2051-re 75%-ra nő az eltartottsági

rata értéke, a 65 évesnél idősebb népesség számának jelentős növekedése miatt.

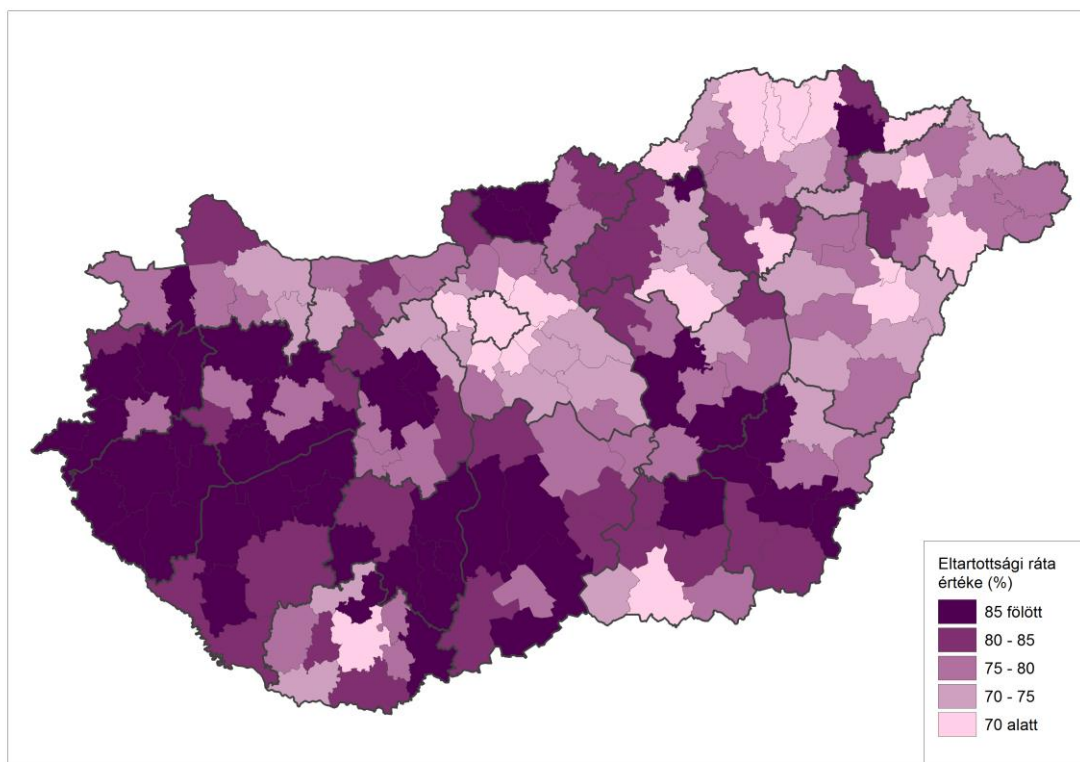
1. táblázat Az eltartottsági rata és az öregedési index változása 2011 és 2051 között Magyarországon

	Öregedési index (%)	Eltartottsági rata (%)
2011	115,9	45,9
2021	145,3	53,9
2031	167,1	56,8
2041	207,9	65,5
2051	230,8	75,5

Forrás: saját szerkesztés, 2011 – KSH Tájékoztatási adatbázis alapján

Az eltartottsági rata járási szintű különbségei jelentős térégi eltéréseket jeleznek a 2051-ig tartó időszakra. Az időskorúak alacsonyabb előreszámított népességarányából fakadóan várhatóan kisebb lesz az eltartottsági rata értéke a budapesti agglomeráció járaibaiban, illetve a tágabb középső országrészben, valamint Magyarország északkeleti területein, Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Hajdú-Bihar megyék nagy részén (10. ábra). Ezen kívül néhány hazai nagyvárosi járásban (például Pécsi járás, Szegedi járás, Debreceni járás), is valószínűsíthetően alacsonyabb szinten marad az aktív korú népességre hipotetikusan nehezedő nyomás. Magyarország déli és nyugati felében viszont 2051-ig nagyon összesűkül a munkaképes és az inaktív korú népesség közötti aránykülönbség. Vas megyétől Békés megyéig a járasok nagy részében 85% fölé is emelkedhet az eltartottsági rata értéke.

10. ábra: Eltartottsági ráta a magyarországi járásokban, 2051



A magyar lakosság korszerkezeti változásának forgatókönyvei és az ezzel kapcsolatos területi mintázatok még egy modellből kiindulva is fontos információt nyújthatnak arról, hogy a jövőben milyen társadalmi-demográfiai kihívásokkal lehet majd számolni az országban. Az eltartottsági ráta járási különbségei felfedik azokat a térségcsoportokat, amelyek lakossága a jövőben egyre sérülékenyebbé válhat a szociális védelemtől való erősödő függés miatt. Különösen nagy kihívást jelentenek az elöregedés valószínűsíthető területi következményei. Mivel a jövőben várhatóan jelentősen megnövekszik az időskorú népesség aránya Magyarország lakosságán belül, ezért például fontos kérdés, hogy hol vannak hiányosságok az időskori ellátórendszerekben, vagy milyen a különböző egészségügyi szolgáltatások elérhetősége. A népesség-előreszámítás demográfiai forgatókönyvein keresztül bemutatott lehetséges jövőkép ismerete hozzájárulhat a különböző aspektusú jövőbeli társadalmi sérülékenységeket megelőző beavatkozások megalapozásához, és ezen keresztül a demográfiai kockázatok mérsékeléséhez.

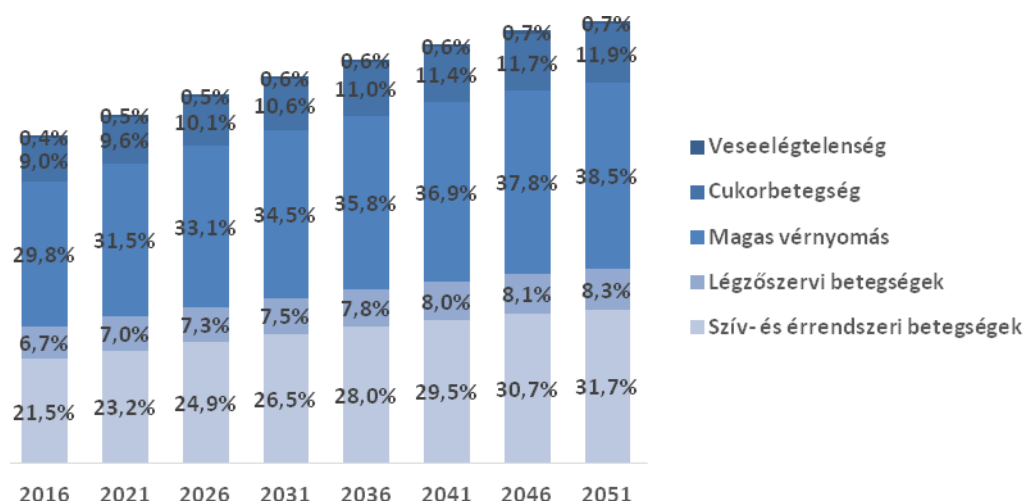
A status quo morbiditás és mortalitás modellek eredményeinek elemzése

A status quo morbiditás és mortalitás modellek az alap demográfiai becslés számításaira támaszkodó szimulációkat készítettek. Ezeknek a modelleknek az elkészítésével az volt a célunk, hogy bemutassunk egy olyan kísérletet, amivel megbecsülhetünk jövőbeli morbiditási és mortalitási trendeket. A modell eredményeinek bemutatásakor fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy a szimuláció kísérleti jellege miatt az eredmények hasznosíthatóságát inkább a figyelemfelkeltés, mint sem szakpolitikai döntések alátámasztásának területén tudjuk elképzelni.

A status quo morbiditás és mortalitás modellek szimulációival a hőhullám érzékenység szempontjából kiemelt betegségek és halálozási okok népességarányának megbecslésére tettünk kísérletet. A morbiditás becslés esetében korcsoportokra bontott prevalencia adatokat számoltunk a kijelölt időszakra (2016–2051). A korcsoportok megoszlása, a következőképpen alakult: 25–34, a 35–44, a 45–54, az 55–64, a 65–74 és a 75 évesnél idősebbek. Öt olyan betegségcsoport várható népességarányát vizsgáltuk meg, melyek kiemelten veszélyeztetetté teszik az ebben szenvedőket hőség stresszek idején. A következő öt betegségcsoporttal dolgoztunk: magas vérnyomás, szív és érrendszeri betegségek, légzőszervi betegségek, cukorbetegség és veseelégtelenség. A halálozási okok vizsgálatánál nem korcsoportos, hanem nemi bontásban készültek el a számítások. Négy olyan halálok került beépítésre a modellbe, amelyeknek gyakorisága jellemzően megnő hőhullámok ideje alatt. Ezek a következő halálokok voltak: hevenyszívizom leállás, egyéb ischaemiás szívbetegség, agyér betegség és hörghurut, tüdőtágulat vagy asztma. Az eredmények bemutatása előtt még fontos hangsúlyozni, hogy mind a két modell az alap demográfiai becslésből átvett korcsoportos népességszám változás dinamikájára épül, aminek az az eredménye, hogy az összes modellezett betegség és halálok trendben ugyanolyan irányú és mértékű elmozdulást láthatunk, különbségeket a jelenre jellemző népességarányok adják.

A 11-es ábra összesítve mutatja a betegségcsoportok népességarányát a teljes népességben. Figyelembe véve, hogy a betegség népességarányokat konstansként használtuk a modellben, a teljes népességre számított arányok nem változtak a jelenhez képest, vagyis az öt betegségcsoport gyakorisági sorrendje ugyanaz maradt.

11. ábra: Az öt betegségcsoport népességaránya a teljes népességben
Magyarországon, 2016–2051

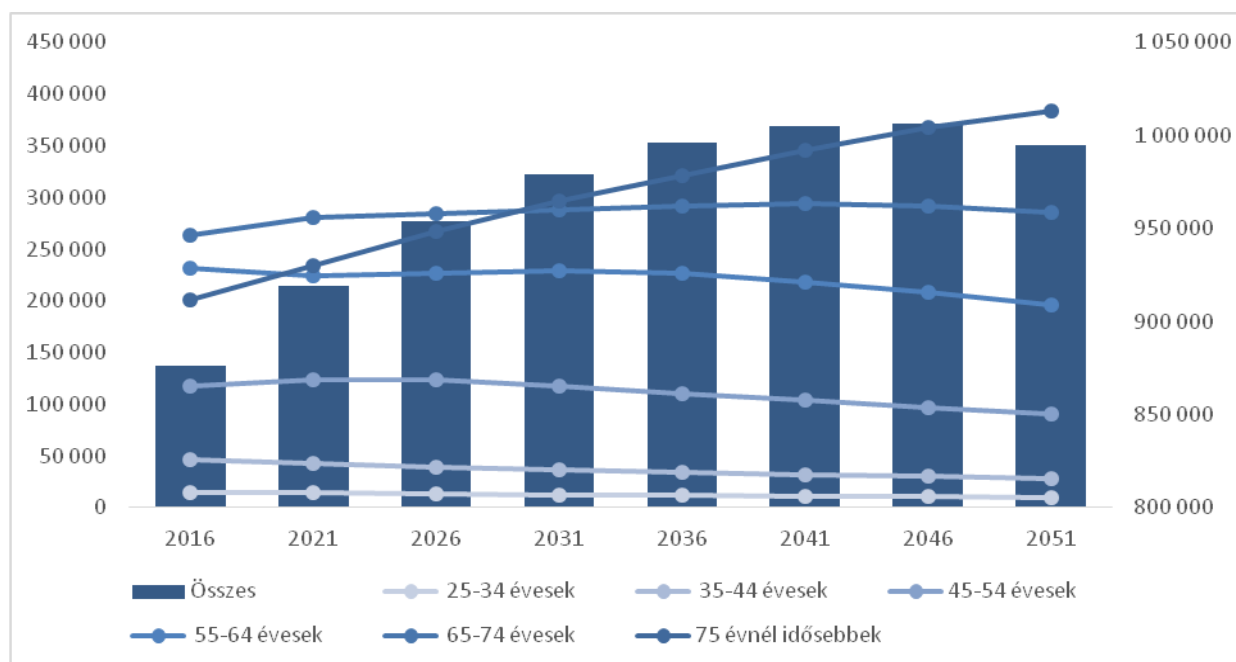


Ahogy az ábrán is látható, a veseelégtelenségben szenvedők száma lesz a legalacsonyabb, a teljes népességnek nem egészen 1 százalékát fogja érinteni ez a betegség. A légzőszervi betegségek és a cukorbetegség prevalenciáját közel azonosnak mutatja a modellünk, előbbi 6,67 százalékról, 8,27 százalékra fog nőni, utóbbi, 9,03 százalékról 11,90 százalékra fog módosulni a jövőben. Mindez azt jelenti, hogy légzőszervi betegségekkel közel 700 ezer, cukorbetegséggel pedig majdnem egy millió ember fog küzdeni Magyarországon 2051-re. Népességarányosan a legsúlyosabb problémát a jövőben is a szív- és érrendszeri betegségek, illetve a magas vérnyomás fogja jelenteni. Előbbi esetében 2,7 millió beteggel, utóbbi esetében pedig 3,2 millió beteggel lehet számolni a jövő közegészségügyi ellátórendszerének. A tanulmány következő részében áttekintjük annak a három betegségcsoportnak a korcsoportokra bontott népességarányait, melyek prevalenciáját modellünk a legmagasabbnak határozta meg.

Elsőként a cukorbetegséggel foglalkozunk, ezzel kapcsolatos számításainkat a 12-es ábra szemlélteti. A cukorbetegségben szenvedők érzékenységet a magas környezeti hőmérsékletre a korai elhalálozással és betegség szövődményeik kialakulásával lehet összefüggésbe hozni. Modellünk számításai szerint az összes cukorbetegségben szenvedő a század közepére meghaladja majd az egymillió főt, vagyis, minden nyolcadik embernek lesznek problémái ezzel a betegséggel. Az ábra remekül szemlélteti, hogy a demográfiai öregedés miatt ebben a betegségben elsősorban az legidősebbek száma fog a legdrasztikusabban megnőni. Modellünk szerint 368 ezer diabetezzel diagnosztizált 75 éven felülivel lehet számolni a század közepére. Valamelyest növekedni fog az eggyel fiatalabb

korosztály számaránya is, 264 ezerről, 292 ezerre. A fiatalabb korosztályok esetében a csökkenés vagy a stagnáláshoz közeli csökkenéssel lehet számolni.

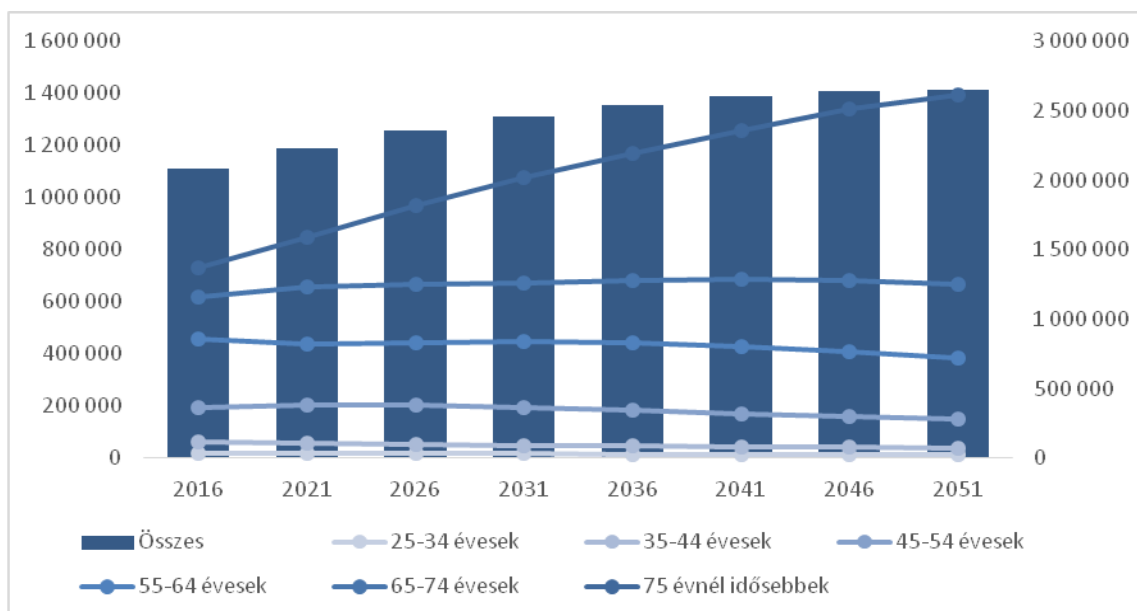
12. ábra: Cukorbetegségben szenvedők korcsoportos népességaránya Magyarországon, 2016–2051



A következő betegségcsoport, amivel kiemelten foglalkozunk a szív- és érrendszeri betegségeket tartalmazza. Ennek a betegségcsoportnak a korcsoportos megoszlását a 13-as ábrán lehet nyomon követni. Korábban említettük már, hogy ezt a betegségcsoportot négy, keringési rendszert érintő betegségből alkottuk meg, melyek a következők voltak: átmeneti agyi ischaemiás attackok, rokon szindrómák és agyi érszindrómák cerebrovasculáris betegségei; idült rheumás szívbetegségek; ischaemiás szívbetegségek; cerebrovasculáris betegségei és szívbetegségek egyéb fajtái. A teljes számot figyelembe véve azt látjuk, hogy az említett betegségekben érintettek száma 2051-ig közel fél millió fővel fog növekedni. Modellünk eredményei alapján itt is az kép rajzolódik ki, hogy az öregkorúak számarányának növekedésével lehet a legvalószínűbben számolni. Számszerűen ez azt jelenti, hogy szív- és érrendszeri betegségekkel élő 75 éven felüliek száma 2016 és 2051 között közel a duplájára fog növekedni. A legjelentősebb visszaesést a 35–44 évesek kohorszában mutatott ki a modell: az ő esetükben 38 százalékkal fog csökkeni az ebben a betegségcsoportban érintettek száma a következő évtizedekben. A modell szerint harmadával lesz kevesebb keringési beteg az eggyel fiatalabb korcsoportban, számuk közel 20 ezerről, 14 ezerre mérsékelődött. A 45 és 54 évesek esetében

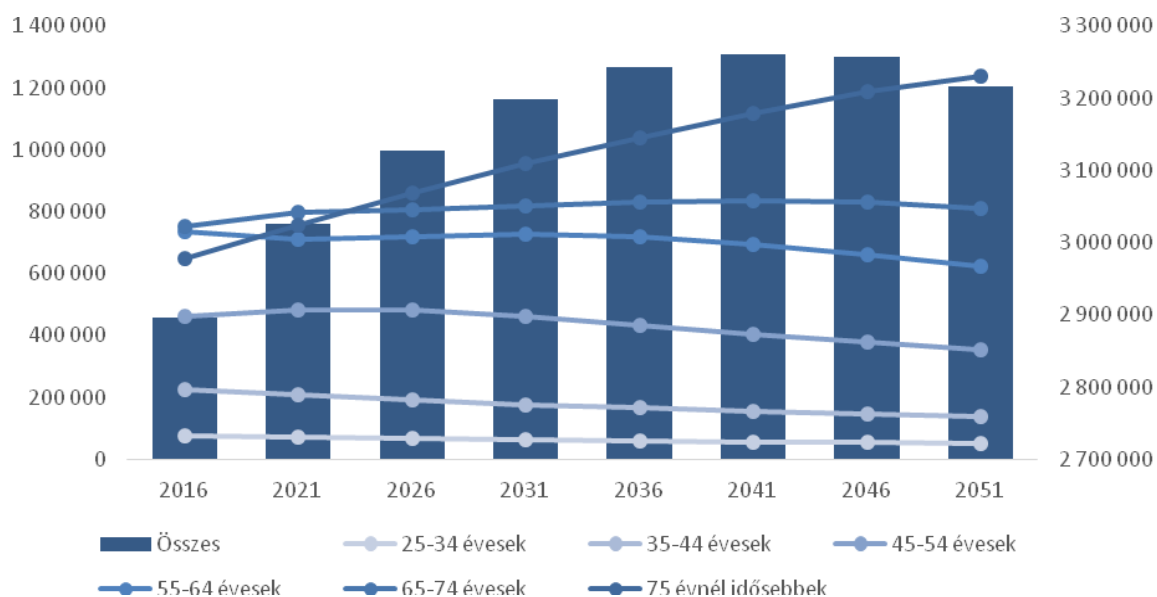
22 százalékos, az 55 és 64 évesek esetében 15 százalékos csökkenést, míg a 65 és 74 évesek körében enyhe növekedést látunk.

13. ábra: Szív- és érrendszeri betegségekben szenvedők korcsoportos népességaránya Magyarországon, 2016–2051



A magas vérnyomás korcsoportokra bontott népességarányának a bemutatásával zárjuk a morbiditás modell eredményeinek elemzését (14. ábra). A magas vérnyomás 2051-re 3 millió 200 ezer embernél is többnek okozhat majd egészségügyi gondokat. Eredményeink korcsoportos bontásban az előző esetekhez hasonló képet mutatnak, azzal a különbséggel, hogy itt a jelenre jellemző korcsoportos népességarányok jelentősen átrendeződnek a jövőben. Míg ma az 55–64 évesek és a 65–74 évesek közül kerül ki a legtöbb magas vérnyomásos beteg, a jövőben itt is a legidősebbek számának drasztikus növekedésével számolhatunk.

14. ábra: Magas vérnyomásban szenvedők korcsoportos népességaránya Magyarországon, 2016–2051



5. táblázat A négy kiemelt halálok becsült esetszáma a magyar lakosság körében, 2016–2051

	Heveny szívizom-elhalás		Egyéb ischaemiás szívbetegség		Agyér-betegség		Hörghurut, tüdőtagulat és asztma		Összes hőhullám érzékeny halálozás	
	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők
2016	2 277	3 108	6 329	14 687	3 306	7 672	1 600	2 158	13 512	27 625
2021	2 566	3 094	7 132	14 624	3 726	7 639	1 804	2 149	15 228	27 507
2026	2 815	3 050	7 826	14 413	4 088	7 529	1 979	2 118	16 708	27 109
2031	3 012	2 998	8 373	14 169	4 374	7 401	2 117	2 082	17 877	26 651
2036	3 149	2 930	8 752	13 846	4 572	7 233	2 213	2 035	18 686	26 043
2041	3 244	2 861	9 018	13 520	4 711	7 062	2 280	1 987	19 254	25 429
2046	3 445	2 916	9 576	13 779	5 002	7 198	2 421	2 025	20 445	25 918
2051	3 525	2 880	9 797	13 612	5 118	7 110	2 477	2 001	20 917	25 604

A status quo mortalitás jövőképi modell eredményeit az 5-ös táblázat foglalja össze. Tekintetbe véve, hogy a modell a jelenre jellemző halálteki népességarányokat vetíti ki 2051-ig, úgy, hogy a szimulációk dinamikáját a halálozási szám évenkénti változása adja, ezért értelemszerűen minden esetben ugyanazt a trendet figyelhetjük meg: enyhe növekedés a férfiak és enyhe csökkenés a nők halálozási számában. Összesítve azt látjuk, hogy a férfiak esetében közel 21 ezer, míg a hölgyek esetében körülbelül 26 ezer olyan hőhullám érzékeny halálesettel lehet számolni.

A status quo morbiditás és mortalitás modelljeink eredményeinek értékelésekor fontosnak tartjuk hangsúlyozni azok felhasználhatóságának korlátait. A módszertani részletek bemutatásakor elmondtuk már, hogy a modell által kreált morbiditás és mortalitás jövőkép legalább három alap feltételezésen nyugszik. Nem számol az egészségügyi ellátórendszer teljesítőképességének javulásával, nem számít életmódbeli és életviteli szokások jelentős javulásával, illetve nem feltételez előrelépést a kiemelt betegségek gyógyíthatóságában. Könnyen belátható, hogy a három feltétel között lesznek olyanok, amelyeknek jó eséllyel az ellenkezője fog bekövetkezni a jövőben, ami a várható morbiditási és mortalitási trendeket értelemszerűen pozitív irányba fogja módosítani. Ennek értelmében eredményeink validitását a várható betegség és halálotti népességarányok maximumaként lehet értelmezni, feltételezve, hogy a jövő egészségügyi ellátórendszerének valószínűleg nem kell majd ennél magasabb esetszámmal terveznie. Ugyanakkor egy ilyen számítás támpontot adhat a kapcsolódó ellátórendszerek jövőbeli kapacitástervezéséhez, még akkor is, ha elsősorban a figyelemfelkeltés eszközeként lehet rá számítani.

A deprivációs modell eredményei

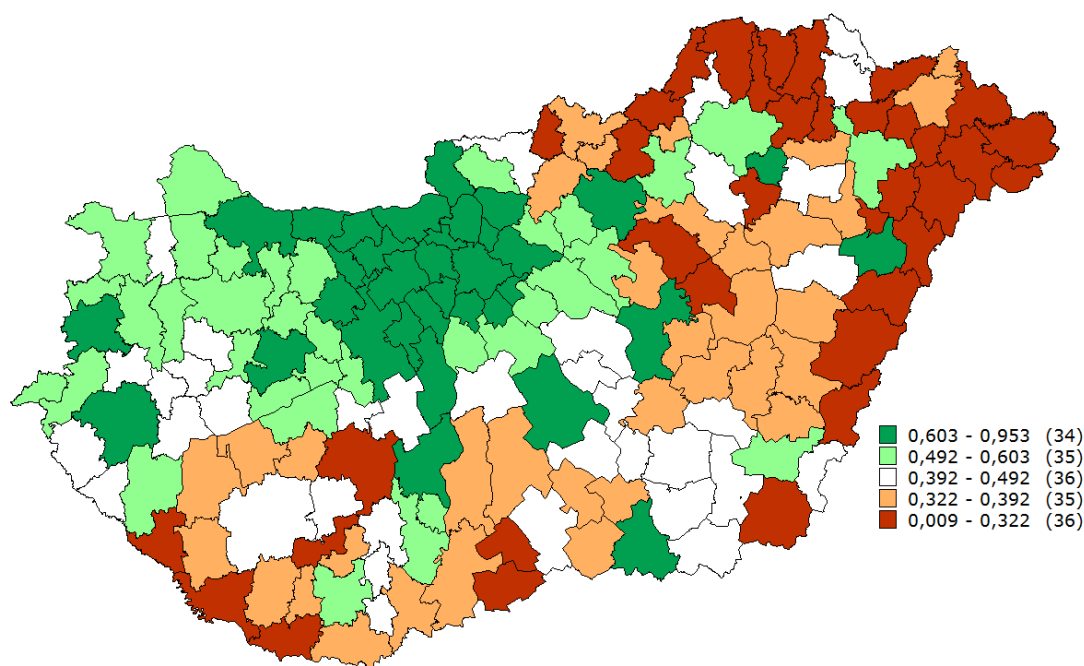
A 2011-es adatok alapján számított járási szintű deprivációs index értékei alapján készített 15. számú ábra a klasszikus, területfejlesztésben már jól ismert válságterületeket rajzolja ki: Nógrád megyétől az országhatár mentén Keleti irányba haladva Csongrád megyéig egy szinte egybefüggő kedvezőtlen szociális jellemzőkkel bíró térség rajzolódik ki, amelyből csak a nagyobb lélekszámú városok (Gyöngyös, Eger, Miskolc, Tiszaújváros, Nyíregyháza, Debrecen, Békéscsaba) járásai emelkednek ki. Világosan kirajzolódnak még az ábrán a Közép-Tisza kedvezőtlen helyzetű térségei (Hevesi és Kunhegyesi járás).

A határt nyugati irányba követve Szegedtől Nagykanizsáig egy hasonlóan kedvezőtlen helyzetű deprivált térség formálódik, ahol a Bácsalmási és Jánoshalmi kistérség erős előregedést mutat, a Dunántúl aprófalvas megyéi (Baranya, Somogy) mutatnak egy markáns kedvezőtlen pozíciót, amelyből csak a két megyeszékhely (Pécs, Kaposvár) illetve a Bólyi és Pécsváradi járás emelkedik ki, hiszen ezek átlagos helyzete is kedvezőnek tekinthető. Kedvezőtlen mutatók jellemzik még a Tolna megyében található Tamási székhelyű járást is, amely hasonló mutatókkal bír, mint a szomszédos Tabi és Sásdi járás.

Összességben megállapítható, hogy deprivációs szempontból 2011-ben az ország legkedvezőtlenebb helyzetű térségeinek az ország külső és belső periferiái (határmente, illetve Közép-Tisza) tekinthetők, ahol az aprófalvas jelleg jellemzően összekapcsolódik a kedvezőtlen közlekedési lehetőségekkel, s egy tartósan kedvezőtlen munkaerő-piaci helyzetet korlátozza a lehetőségeket. Deprivációs szempontból legkedvezőbb helyzetben a hazai viszonylatban

nagyvárosnak tekinthető városok (Budapest és a megyeszékhelyek), és szűkebb tágabb agglomerációjuk van. Legnagyobb ilyen, szinte egybefüggő zónát a Győr–Veszprém–Székesfehérvár–Paks–Budapest–Vác–Esztergom térsége jelenti, ahol a magyar lakosság durván egyharmada él.

15. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett magyarországi járásötödök 2011-ben



Forrás: saját szerkesztés és számítás Tagai Gergely demográfiai, illetve Márkusné Zsibók Zsuzsanna és Sebestyén Tamás gazdasági modellszámítási eredményei alapján

Mivel 2011. évre nem csupán modellszámítások, projekciók állnak rendelkezésre, fontos egy pillantást vetni arra, hogy mi is jellemzi napjainkban a depriváltnak tekinthető magyar járásokat. A 6. számú táblázat látható, hogy a deprivációs szempontból legkedvezőtlenebb helyzetű járásokban (1. kvintilis) – ahol tehát az indexszámítás alapján alacsony az egy adózóra jutó jövedelem és magas az egy foglalkoztatottra jutó eltartott – több dimenzióban is kedvezőtlen helyzetről adhatunk számot. Jellemző e járásokra:

- az országos átlagtól jóval elmaradó iskolai végzettség (a 7 évesnél idősebb népesség 41,4 százaléka csupán általános iskolát végzett);
- a kedvezőtlen lakhatási helyzet: a komfort nélküli háztartások aránya (15,6%) jóval meghaladja az országos értéket (5,8%);

- magas a nagy létszámú háztartások aránya (13,2% szemben az országos 6,6 százalékkal);
- a foglalkoztatásban még mindig fontos (9,3%) szerepet játszik a csupán szezonális foglalkoztatást és alacsony jövedelmet kínáló mező- és erdőgazdaság;
- a magát romának vallók aránya e deprivált járásokban, amely a 10 százalékot is meghaladja, az országos 3,2 százalékkal szemben.

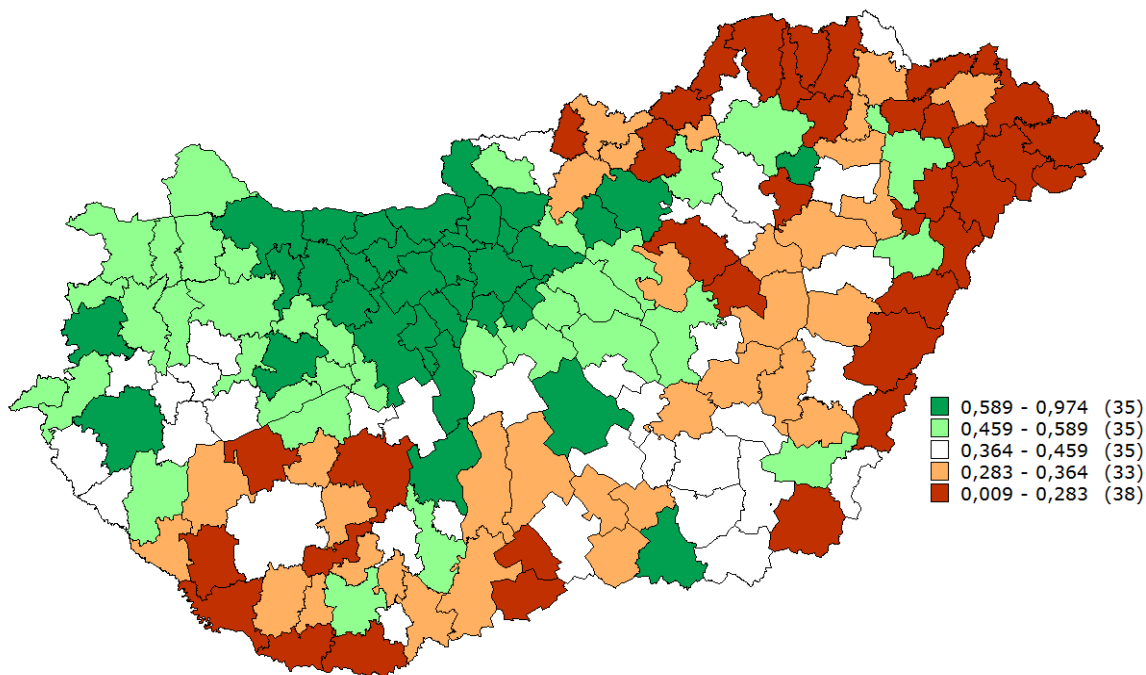
6. táblázat: A depriváció néhány jellemző dimenziója 2011-ben

Deprivációs index értékei alapján képzett kvintilisek, 2011	2011, Lakónépesség, fő	Magát romának vallók aránya, 2011 (%)	6-x fős háztartások aránya, 2011 (%)	Komfort nélküli háztartások aránya, 2011 (%)	Mezőgazdaságban foglalkoztatottak aránya, 2011 (%)	Általános iskolai végzettségűek aránya, 2011 (%)
1 - legrosszabb	977 082	10,6	13,2	15,6	9,3	41,4
2	1 152 895	5,4	8,5	10,5	9,9	36,9
3	1 260 600	3,1	7,6	8,9	8,4	33,3
4	1 981 817	2,5	7,5	4,8	4,3	29,1
5 - legjobb	4 565 234	1,3	4,7	2,3	2,7	22,7
Magyarország	9 937 628	3,2	6,6	5,8	5,5	28,6

Forrás: saját szerkesztés KSH Népszámlálás 2011 alapján

A demográfiai és gazdasági előreszámítás adatai alapján kiszámított deprivációs indexértékek 2031-ben és 2051-ben jelentős térbeli átstrukturálódást nem jeleznek a szegénység térbeliségét illetően. Ahogyan az a 16. és 17. ábrán is látható, az alapvető struktúra változatlan.

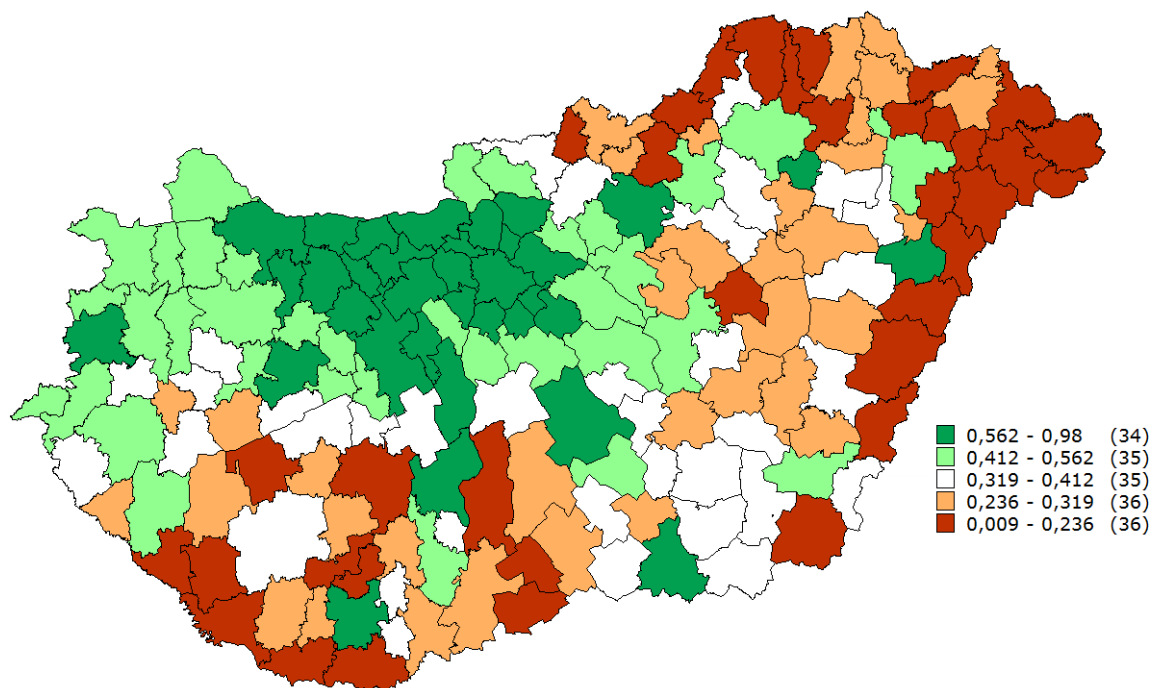
16. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett magyarországi járásötödök 2031-ben



Forrás: saját szerkesztés és számítás Tagai Gergely demográfiai, illetve Márkusné Zsibók Zsuzsanna és Sebestyén Tamás gazdasági modellszámítási eredményei alapján

Amennyiben a napjaink tendenciái érvényesülnek hosszabb távon is, arra számíthatunk, hogy az ország deprivációs szempontból még megosztottabbá válik, még inkább elkülönülnek majd a jó helyzetű, s rendkívül kedvezőtlen szociális helyzetű járások. Fontos rámutatni, hogy a depriváció területi mintázata nem mozaikos struktúrájú, azaz nem jellemző, hogy 2031-ben jó helyzetű járás mellett rossz helyzetű járást találunk – sokkal inkább elmondható, hogy ezek összekapcsolódnak, megyehatárokon átnyúló már-már egybefüggő zónákat, gettótérségeket alkotnak. Az ellenkező oldalon, a deprivációval legkevésbé sújtott területek tekintetében hasonló zónásodás valószínűsíthető. Győr, Paks és Gyöngyös jelöli ki a szociális szempontból egybefüggő jó helyzetű térséget („zöld-háromszög”), amelyhez szatellitként kapcsolódik Veszprém, Kecskemét, és Miskolc térsége.

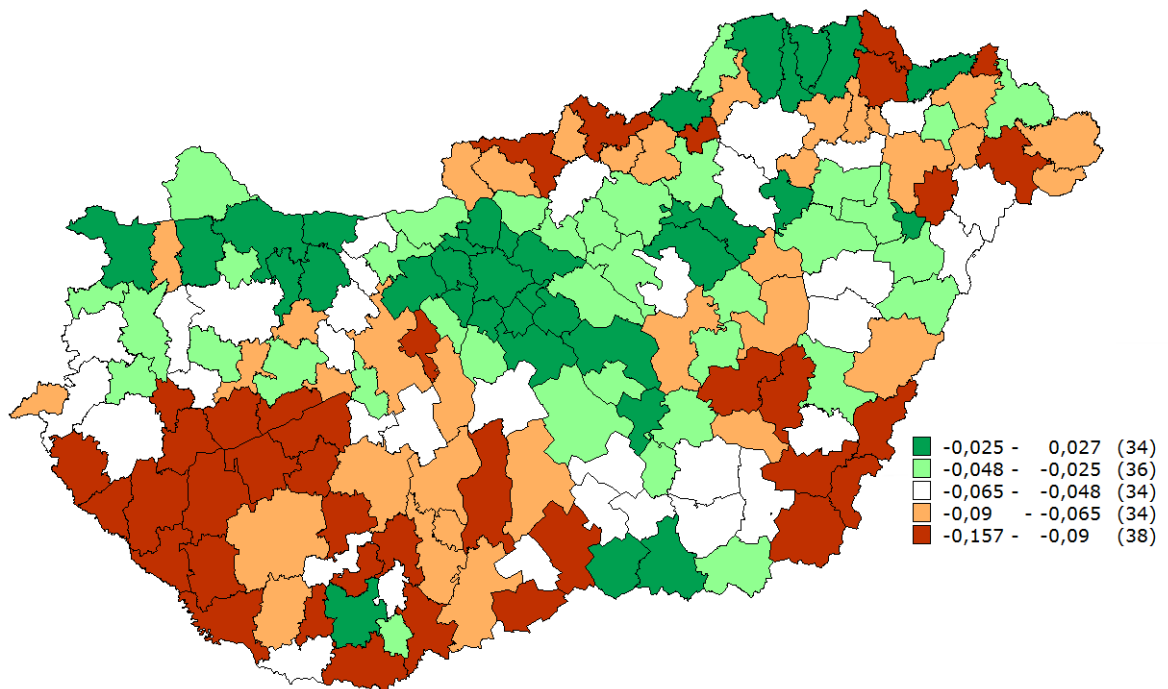
17. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett magyarországi járásötödök 2051-ben



Forrás: saját szerkesztés és számítás Tagai Gergely demográfiai, illetve Márkusné Zsibók Zsuzsanna és Sebestyén Tamás gazdasági modellszámítási eredményei alapján

Az általános képet árnyalhatjuk, ha azt vizsgáljuk meg, hogy az egyes járások deprivációs index tekintetében javítanak, vagy rontanak pozíciójukon (18. ábra). A változások sajátos módon némileg eltérő képet mutat, mint a legjobblegkedvezőtlenebb helyzetű térségeket bemutató 17. számú ábra. Megfigyelhető, hogy élesen elkülönül az Észak-Magyarországi térség (Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megye), ahol némi javulás várható, a Dél-Magyarországtól (Somogy, Baranya, Bács-Kiskun, Békés), ahol további pozícióromlás valószínűsíthető. Az erőteljes pozícióromlás a foglalkoztatottakra jutó eltartottak számának egyenlőtlen növekedéséből fakad, ami meghatározó mértékben az előregedés számlájára írható. Különösen Békés, Baranya és Somogy megye esetében jelentős az előregedésből fakadó depriváció veszélye.

18. ábra: A deprivációs index értékeinek változása 2011 és 2051 között
Magyarországon, járási szinten



Forrás: saját szerkesztés és számítás Tagai Gergely demográfiai, illetve Márkusné Zsibók Zsuzsanna és Sebestyén Tamás gazdasági modellszámítási eredményei alapján

GAZDASÁGI ELŐREJELZÉS

A NATÉR rendszer gazdasági moduljának célja, hogy hosszú távú előreszámítást adjon néhány fontosabb gazdasági változó alakulásáról, valamint lehetőség szerint olyan kapcsolódási pontokat nyújtson, amelyeken keresztül a klímaváltozás hatásai a gazdasági dinamikára modellezhetővé válnak. Mindemellett az országos gazdasági változók előreszámítása mellett lehetőség szerint finomabb területi bontásban is ad előreszámítást.

Az utóbbi szempont esetén kérdés a releváns területi bontás definiálása. Magyarország esetén logikus választás a megyei szint meghatározása, mivel (i) ezen a szinten az egyes makrogazdasági fogalmak (GDP, foglalkoztatottság, fogyasztás, stb.) még viszonylag jól értelmezhetők, (ii) ezen a szinten állnak rendelkezésre megfelelő adatok a modell kalibrálásához, becsléséhez és (iii) standard, összehasonlítható elemzési egységnek számítanak a hazai vizsgálatoknál.

A feladat összetettsége okán egy komplex, időben, térben és szektorálisan is dezaggregált modell kialakítása tűnik adekvátnak, azonban tekintetbe véve a jelen projektben rendelkezésre álló erőforrásokat ez nem lehet cél (megjegyzendő pl., hogy az OECD-nél jelenleg van folyamatban egy olyan modell fejlesztése, amely a klímaváltozás szektorális hatásait tudja számszerűsíteni). A komplex modellkeret kialakításához a jelenleg adott kereteken belül úgy tudunk közelebb kerülni, ha moduláris modellben gondolkodunk, amely a térbeli, szektorális, időbeli dezaggregációt külön blokkokba telepíti, amelyek elegendően kevés ponton kapcsolódnak ahhoz, hogy a modell ne váljon túlfutó komplexszé.

E gondolatok jegyében a következő logikát alkalmazzuk. A modell térkezelését hierarchikus struktúrába rendezzük: az alapmodell aggregált, országos adatokkal dolgozik és országos előreszámításokat ad, amelyet egy külön becslés során meghatározott módszerrel bontunk le megyei szintre. Az aggregált modell időkezelését továbbá két részre bontjuk: a középtávú dinamikát egy standard, a makroökonómiában elterjedten használt dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modell adja, amelyet különböző exogén sokkok mozgatnak, míg a hosszú távú dinamikát a technológia, a demográfia és a klíma diktálja. A szektorális dezaggregációtól jelen modell esetében eltekintünk, ez egy későbbi modellezési fázis feladata lehet.

A továbbiakban először a közép- és a hosszú-távú dinamikát adó, alapvetően makroökonómiai orientációjú modell részletes leírását adjuk meg, majd egy külön rész foglalkozik a regionális dezaggregációt adó módszertan leírásával.

A modell logikája

A makroökonómiai modell két blokkból áll. Az első blokk egy közepes méretű DSGE modell, amely a standard makroökonómiai modellezési irányzat megoldásait követi. E modellblokk célja, hogy periódusról-periódusra közgazdasági szempontból konzisztens (általános egyensúlynak megfelelő) eredményeket szolgáltatson a fő makrogazdasági változókra. Ebben a modellblokkban a változók, a DSGE modellek logikájából fakadóan, egy állandósult állapothoz konvergálnak. A hosszú távú tendenciákat így a DSGE modellblokkon kívüli második modellblokk, az ún. hosszú távú vezérlők adják meg. Ezek a vezérlők (klíma, népesség, stb.) a DSGE modell exogén sokkhatásain keresztül fejtik ki a hatásukat a DSGE modellben.

A DSGE modellblokk standard, az alkalmazott modellekben elterjedt és általánosan használt elemekre épít, és néhány speciális megoldást tartalmaz. Mivel az itt alkalmazott modell fő célja a hosszú távú folyamatok vizsgálata, így a DSGE modellekben rendszerint használt piaci súrlódásokat, alkalmazkodási költségeket és más, tipikusan a rövid távú folyamatok jobb megragadását segítő elemeket elhagytunk.

A modell hosszú távú vezérlői a trendpályát írják le. Három ilyen vezérlő került beépítésre a modellbe. Egyrészt a technológia, mint a termelés egyik hosszú távú meghatározója, a standard DSGE modellekben és az itt használt modellben is exogén tényező. Ennek hosszú távú alakulását egy külső mommodellblokk határozza meg, amely aztán a DSGE blokk számára külső adottságként generálja a megfelelő dinamikát.

Másrészt, szintén standard eleme a hasonló modelleknek, hogy a munkaerő-felhasználás hosszú távon egy adott kínálati szinthez konvergál, amely kínálati szintet viszont tipikusan demográfiai folyamatok határoznak meg. Ezt a kínálati szintet a NATÉR rendszer demográfiai moduljából származó előreszámítással tudjuk a modellbe építeni, ami így alkalmas a hosszú távú trendek megjelenítésére a foglalkoztatás (munkakínálat) oldaláról.

Harmadrészt, a modell fontos eleme, hogy a klímaváltozás hatásai megjelenhessenek a gazdasági dinamikában. E hatások nem részei a standard DSGE modelleknek, és jellegükből fakadóan szintén hosszabb távon fejtik ki hatásukat. A klíma hatásai egy index-idősoron keresztül épülnek be a modellbe, amely a DSGE modell egyes külső változóit (technológia, infrastruktúra) képes a megfelelő paraméterezéseken keresztül mozgatni.

A DSGE modell részletes leírása

A DSGE modellblokk tartalmazza a háztartások, a végső javakat termelő vállalatok, a beruházási javakat termelő szektor, az állam, valamint a külföld viselkedését leíró egyenleteket. A háztartások a modellben végtelen időhorizontra előretekintve döntenek, maximalizálva a jövőbeli hasznosságok jelenértékét. A háztartások adott időszaki hasznossága az adott időszak fogyasztásától függ, míg költségvetési korlátjuk kiadási oldalán a fogyasztás, a hazai (állam-) kötvényvásárlás, a külföldi kötvényvásárlás, a fizikai tőkeberuházás, valamint az adófizetés áll. A háztartások bevételét a munkajövedelmek, a fizikai tőkén képződő jövedelmek, a hazai és külföldi kötvények kamatai, valamint az államtól kapott transzferek képezik. A külföldi és a hazai kamatszint között kockázati prémiumként definiálunk egy részt.

A termelő szektort a DSGE modellekben megszokott módon kettéválasztjuk és eltérő technológiát feltételezünk a végső felhasználású termékek (háztartások és az állam fogyasztása, export) valamint a beruházási célú termékek tekintetében. A végső felhasználású javak szektora tökéletesen versenyző, és a termelési technológiát egy Cobb-Douglas típusú termelési függvény írja le, amely lineárisan homogén a munka- és a privát tőkefelhasználást tekintve. A termelés számára kétféle tőke áll rendelkezésre: privát tőke, amely a háztartások beruházási döntésének eredményeképpen jön létre és közösségi, vagy infrastrukturális tőke, amely a kormányzat beruházási tevékenységének eredménye. Az előbbi a vállalatok számára döntési változó (tőkekereslet), míg az utóbbi extern hatásként (egyfajta technológiai, hatékonyságjavító többletként) jelenik meg a termelési függvényben.

A beruházási javakat termelő szektor ugyancsak tökéletesen versenyző, azonban inputként nem közvetlenül az elsődleges erőforrásokat (tőkét és munkát) használ fel, hanem a végső javakat termelő szektor outputját.

Az állam szerepe kettős: egyrészt az adószedésen keresztül finanszírozza a kiadási tételeket: kormányzati fogyasztást, beruházást valamint transzfereket. Másrészt stabilizáló funkciót is betölt egyes változók tekintetében (államadósság, árfolyam). A kormányzati beruházás szerepe a modellben, hogy a közösségi (infrastrukturális) tőkeállományt gyarapítsa. A kormányzati transzferek nagyságát az ún. inaktivitási rátához kötjük, amely a gazdaságon belül az eltartottak és eltartók arányát ragadja meg – feltételezve, hogy a magasabb eltartotti arány magasabb fajlagos transzferfizetési kötelezettséget ró az államra. Az állam stabilizáló szerepe kettős. Egyrészt egyösszegű adókon keresztül az államadósságot stabilizálja (az államadósság célértéktől vett eltérésére reagálnak ezek az adók), másrészt egy egyszerű monetáris politikai szabályon keresztül az árfolyamot stabilizálja. Tekintve a modell hosszú távú szemléletét és az infláció

ebből adódó kevésbé lényeges szerepét, a monetáris politika alapvetően elhagyható a modellből – amiért mégis beépítendő, hogy az árfolyam stabilizálásán keresztül a modell dinamikusan stabil legyen, így megoldható.

A külföld adja az importjavak kínálatát valamint az export iránti keresletet. Feltesszük, hogy a végső felhasználók (háztartások, állam, beruházási szektor) közvetlenül egy hazai termelésű és importból álló kompozit termékkel szemben támasztanak keresletet, amely a hazai és import termékek CES aggregátuma. Ebből a CES aggregátumból következik a hazai termelés és az import iránti kereslet valamennyi felhasználó esetében. Feltesszük továbbá, hogy a külföld hasonló CES aggregátor mentén dönt a hazai termékek fogyasztásáról, ami az exportot adja a modellben. A külföldi árszínvonal, GDP és kamatláb a modell exogén változói.

A háztartások

A modellblokk alapját a háztartások képezik, amelyek a standard megoldás szerint végtelen időhorizontra előretekintve, a diszkontált jövőbeli hasznosságukat maximalizálva döntenek

- fogyasztásukról
- hazai és külföldi kötvényvásárlásról (megtakarításról)
- fizikai tőkeberuházásról

A reprezentatív háztartás preferenciáit az alábbi hasznossági függvény írja le (lásd pl. Galí (2015)):

$$U_t(C_t) = u_t^C \cdot \frac{C_t^{1-\sigma^C}}{1-\sigma^C}$$

ahol C_t a háztartások fogyasztása, σ^C az intertemporális helyettesítés rugalmassága, u_t^C pedig a preferenciát érő exogén sokkhatás. A háztartások hasznosságának jelenértéke ez alapján:

$$V_0 = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \cdot U_t(C_t)$$

ahol β a diszkontfaktor. A háztartások feladat ezt a jelenértéket maximalizálni az alábbi költségvetési korlát mentén:

$$(1+\tau^C) \cdot P_t^C \cdot C_t + (1+\tau^C) \cdot P_t^I \cdot I_t^I + NB_t + E_t \cdot NB_t^F + T_t = (1-\tau^W - ssc) \cdot W_t \cdot L_t + (1-\tau^P) \cdot i_t^K \cdot P_{t-1}^I \cdot K_{t-1} + (1 + (1-\tau^P) \cdot i_t) \cdot NB_{t-1} + (1+i_t^F) \cdot (1+RR_t + u_t^F) \cdot E_t \cdot NB_{t-1}$$

(M1)

ahol I_t^I a háztartások fizikai tőkeberuházása, NB_t a hazai kötvény állomány, NB_t^F a külföldi kötvényállomány, L_t a munkakínálat, K_t a fizikai (privát) tőkeállomány.

P_t^C a fogyasztási javak árszínvonala, P_t^I a beruházási javak árszínvonala, E_t a nominális árfolyam, W_t a nominálbér, i_t^K a fizikai tőkejavak hozama, i_t a hazai kötvényhozam, i_t^F , a külföldi kötvényhozam, RP_t pedig a (hazai) kockázati prémium. τ^C , τ^P , τ^W valamint ssc rendre a fogyasztási, a profit, a munkajövedelem adókulcsai valamint a társadalombiztosítási járulék kulcsa, T_t az egyösszegű adókat jelöli, TR_t pedig a transzfereket. u_t^F a kockázati prémiumot érő exogén sokkhatás.

A háztartások fenti költségvetési korláton kívüli második döntési korlátja a tőkefelhalmozási összefüggés:

$$K_t = (1 - \delta) \cdot K_{t-1} + I_t^P \quad (M2)$$

A V_0 hasznosságot az (M1) és (M2) korlátok mentén maximalizálva a következő elsőrendű feltételek adódnak, melyek egyben a modell háztartásokra vonatkozó viselkedési szabályait is megadják.

Az Euler-egyenlet, amely megadja a háztartások optimális (hazai) kötvénytartási döntését:

$$\beta \cdot (1 + (1 - \tau^P) \cdot i_{t+1}) = \frac{P_{t+1}^C}{P_t^C} \cdot \left(\frac{C_t}{C_{t+1}} \right)^{-\sigma^C} \cdot \frac{u_t^C}{u_{t+1}^C} \quad (M3)$$

Az optimális beruházási szintet megadó összefüggés:

$$\beta \cdot (1 - \tau^P) \cdot i_t^K \cdot P_t^I = (1 + \tau^C) \cdot \frac{P_{t+1}^C}{P_t^C} \cdot \left(\frac{C_t}{C_{t+1}} \right)^{-\sigma^C} \cdot \frac{u_t^C}{u_{t+1}^C} - \beta \cdot (1 + \tau^C) \cdot P_{t+1}^I \cdot (1 - \delta) \quad (M4)$$

A külföldi kötvénytartást meghatározó egyenlet pedig:

$$\beta \cdot (1 + i_t^F) \cdot (1 + RP_{t+1} + u_{t+1}^F) \cdot \frac{E_{t+1}}{E_t} = \frac{P_{t+1}^C}{P_t^C} \cdot \left(\frac{C_t}{C_{t+1}} \right)^{-\sigma^C} \cdot \frac{u_t^C}{u_{t+1}^C} \quad (M5)$$

A vállalatok

A végső javakat termelő vállalatok szektorát feltételezésünk szerint tökéletes verseny és állandó skálahozadék jellemzi a munkában és a privát tőkeállományban. Ezen felül a vállalatok termelékenységére hat a közösségi tőke, vagy másként infrastrukturális tőkeállomány nagysága is. Ezek alapján a

végső javakat termelő vállalatokat az alábbi, Cobb-Douglas termelési függvény írja le:

$$Y_t = a_t \cdot L_t^\alpha \cdot K_{t-1}^{1-\alpha} \cdot (K_{t-1}^G)^{\alpha^G} \quad (\text{M6})$$

ahol Y_t a végső javak outputja (GDP), a_t a teljes tényezőtermelékenység (TFP), K_t^G a közösségi (infrastrukturális) tőkeállomány, α a munka parciális termelési rugalmassága, α^G pedig a közösségi tőke parciális termelési rugalmassága. A tőkeállományok egy periódussal történő késleltetését az indokolja, hogy a modell periódus-végi állományokkal számol, vagyis a $t-1$ periódus beruházásai által létesített tőkeállomány a $t-1$ periódus végén áll a termelés számára rendelkezésre, így csak a t periódusban használható fel.

A reprezentatív vállalat profitfüggvénye:

$$\Pi_t = P_t \cdot Y_t - W_t \cdot L_t - i_t^K \cdot P_{t-1}^I \cdot K_{t-1}$$

ahol P_t a GDP árindexe. A fenti profitfüggvényt az (M6) technológiai korlát mellett maximalizálva kapjuk az alábbi elsőrendű feltételeket, amelyek a szokásos optimális munka- és tőke-felhasználási szabályok.

$$\frac{W_t}{P_t} = \alpha \cdot a_t \cdot L_t^{\alpha-1} \cdot K_{t-1}^{1-\alpha} \cdot (K_{t-1}^G)^{\alpha^G} \quad (\text{M7})$$

$$i_t^K \cdot \frac{P_{t-1}^I}{P_t} = (1-\alpha) \cdot a_t \cdot L_t^\alpha \cdot K_{t-1}^{-\alpha} \cdot (K_{t-1}^G)^{\alpha^G} \quad (\text{M8})$$

A beruházási szektor

A modell megengedi, hogy a beruházási javakat (tőkejavakat) a végső termékektől eltérő technológiával állítsa elő a gazdaság. Ennek érdekében egy külön, a feltételek szerint tökéletesen versenyző szaktort építünk be, amelynek termelési függvénye az alábbi:

$$I_t = a_t^I \cdot Z_t \quad (\text{M9})$$

ahol I_t az előállított összes beruházási jószág, a_t^I a szektor termelékenysége, Z_t pedig a felhasznált inputok mennyisége, amely feltevésünk szerint csupán a végső termékeket jelenti.

A fenti termelési függvényt zárja le a beruházási szektorra zero profitot előíró feltétel:

$$P_t^I \cdot I_t = P_t^Z \cdot Z_t \quad (\text{M10})$$

ahol P_t^Z a beruházási inputok árszínvonala.¹

Az állam

A modellben az állam alapvetően stabilizáló funkciót lát el, továbbá biztosítja a közösségi fogyasztást és közösségi beruházások révén építi az infrastrukturális tőkeállományt. A kormányzati fogyasztás GDP-n belüli arányára a következő összefüggést írjuk fel:

$$GY_t = GY_{t-1}^{1-\gamma^G} \cdot (\overline{GY} \cdot u_t^G)^{\gamma^G} \quad (\text{M11})$$

ahol GY_t a kormányzati fogyasztás GDP-n belüli aránya, $\overline{GY}$ ezen arány egyensúlyi értéke, γ^G egy alkalmazkodási paraméter, u_t^G pedig véletlen sokkhatás. Az (M11) alapvetően egy exogén (adott esetben véletlenszerű) értéket ad meg a kormányzati fogyasztás nagyságára, amelyhez attól való eltérés esetén a modellt visszavezeti. A fentivel analóg összefüggést írunk fel a kormányzati beruházás nagyságára is:

$$IGY_t = IGY_{t-1}^{1-\gamma^{IG}} \cdot (\overline{IGY} \cdot u_t^{IG})^{\gamma^{IG}} \quad (\text{M12})$$

A transzferek GDP-hez viszonyított értékét alapvetően az inaktivitási rátához kötjük. Minél nagyobb az inaktív, vagy nem munkaképes korú népesség a foglalkoztatottakhoz képest, annál nagyobb lesz az állam transzferfizetési kötelezettsége:

$$TRY_t = TRY_{t-1}^{1-\gamma^{TR}} \cdot (tr \cdot IR_t \cdot u_t^{TR})^{\gamma^{TR}} \quad (\text{M13})$$

ahol TRY_t a nominális transzferek (nominális) GDP-n belüli aránya, IR_t az inaktivitási ráta, tr a transzferek inaktivitási rátára adott reakcióját méri, γ^{TR} a szokásos alkalmazkodási paraméter, u_t^{TR} pedig véletlen sokkhatás.

¹ A beruházási inputok, mint végső javak árindexe valamint a GDP árindexe elvben eltérhet egymástól, mivel az előbbi importot is tartalmazhat.

A kormányzat költségvetési korlátja:

$$(1 + \tau^C) \cdot (P_t^G \cdot G_t + P_t^I \cdot I_t^G) + TR_t + PB_t = (\tau^W + ssc) \cdot W_t \cdot L_t + \tau^C \cdot (P_t^C \cdot C_t + P_t^G \cdot G_t + P_t^I \cdot I_t) + \tau^P \cdot (i_t^K \cdot P_{t-1}^I \cdot K_{t-1} + i_t \cdot NB_{t-1}) + T_t \quad (M14)$$

ahol P_t^G a kormányzati fogyasztás árindexe, I_t^G a kormányzati beruházás nagysága, PB_t pedig a költségvetés elsődleges egyenlege. Az államadósság dinamikáját adja meg a következő összefüggés:

$$D_t = (1 + i_{t-1}) \cdot D_{t-1} - PB_t \quad (M15)$$

Az egyösszegű adók az államadósság stabilizálását szolgálják:

$$T_t = T_{t-1} + \gamma^{T1} \cdot (DY_t - \overline{DY}) + \gamma^{T2} \cdot (DY_t - DY_{t-1}) \quad (M16)$$

ahol DY_t az államadósság GDP-hez viszonyított aránya (nominálisan), $\overline{DY}$ ezen arány egyensúlyi értéke, γ^{T1} és γ^{T2} pedig alkalmazkodási paraméterek.

A modellbe bevezetünk egy egyszerű Taylor szabályt is, amelynek mindössze az a célja, hogy stabilizálja a nominális árfolyamot és a modell megoldható legyen:

$$i_t = i_{t-1} + \gamma^{M1} \cdot (E_{t-1} - \bar{E}) + \gamma^{M2} \cdot (E_t - E_{t-1}) + u_t^M \quad (M17)$$

ahol $\bar{E}$ az árfolyam egyensúlyi nagysága, γ^{M1} és γ^{M2} a szokásos alkalmazkodási paraméterek, u_t^M pedig egy véletlen sokkhatás.

Külföld

A külföld alapvetően az exporton és importon keresztül jelenik meg a modellben. A végső felhasználás hazai elemeire (háztartások és kormányzat fogyasztása, valamint a beruházási szektor inputfelhasználása) igaz, hogy ezek részben a hazai, részben importtermékeket jelentenek. Feltesszük, hogy ezek az aggregátumok CES technológiával képzett kompozit termékeket jelentenek, amelyek hazai és import termékekből állnak az alábbi specifikációnak megfelelően:

$$X_t = \left[(s^M)^{\frac{1}{\sigma^M}} \cdot (X_t^M)^{\frac{\sigma^M-1}{\sigma^M}} + (1-s^M)^{\frac{1}{\sigma^M}} \cdot (X_t^D)^{\frac{\sigma^M-1}{\sigma^M}} \right]^{\frac{\sigma^M}{\sigma^M-1}}$$

ahol $X_t \in [C_t, G_t, Z_t]$, s^M az importhányad, σ^M pedig a hazai és importtermékek közötti helyettesítés rugalmassága. X_t^M az import, X_t^D pedig a hazai felhasználás.

A fenti CES aggregátor alapján az alábbi keresleti függvények határozhatóak meg a három felhasználási elemre:

$$C_t^D = \left(\frac{P_t^C}{P_t^D} \right)^{\sigma^M} \cdot (1 - s^M) \cdot C_t \quad (\text{M18})$$

$$C_t^M = \left(\frac{P_t^C}{P_t^M} \right)^{\sigma^M} \cdot s^M \cdot C_t \quad (\text{M19})$$

$$G_t^D = \left(\frac{P_t^G}{P_t^D} \right)^{\sigma^M} \cdot (1 - s^M) \cdot G_t \quad (\text{M20})$$

$$G_t^M = \left(\frac{P_t^G}{P_t^M} \right)^{\sigma^M} \cdot s^M \cdot G_t \quad (\text{M21})$$

$$Z_t^D = \left(\frac{P_t^Z}{P_t^D} \right)^{\sigma^M} \cdot (1 - s^M) \cdot Z_t \quad (\text{M22})$$

$$Z_t^M = \left(\frac{P_t^Z}{P_t^M} \right)^{\sigma^M} \cdot s^M \cdot Z_t \quad (\text{M23})$$

A fenti összefüggéseket az alábbi árindex-definíciók zárják le:

$$P_t^C \cdot C_t = P_t^M \cdot C_t^M + P_t^D \cdot C_t^D \quad (\text{M24})$$

$$P_t^G \cdot G_t = P_t^M \cdot G_t^M + P_t^D \cdot G_t^D \quad (\text{M25})$$

$$P_t^Z \cdot Z_t = P_t^M \cdot Z_t^M + P_t^D \cdot Z_t^D \quad (\text{M26})$$

Az exportra a fenti CES aggregátorhoz hasonló összefüggést írunk fel a hazai és a külföldi termékek vonatkozásában, így az export iránti keresletet is a korábbiakkal analóg összefüggéssel adhatjuk meg:

$$EX_t = \left(\frac{P_t^F \cdot E_t}{P_t^X} \right)^{\sigma^X} \cdot s^X \cdot Y_t^F \quad (\text{M27})$$

ahol EX_t az export volumene, P_t^F a külföldi árszínvonal, P_t^X az exportjavak árszínvonala, Y_t^F a külföldi GDP (jövedelem), s^X a külföld importhányada a hazai gazdaság felé, σ^X pedig a helyettesítés rugalmassága a külföldi és hazai termékek között, a külföld szempontjából.

A külföldi GDP, árszínvonal és kamatláb exogén adottságok, egy-egy specifikus véletlen hatással kiegészítve:

$$Y_t^F = \overline{Y^F} \cdot u_t^{YF} \quad (\text{M28})$$

$$i_t^F = \overline{i^F} \cdot u_t^{iF} \quad (\text{M29})$$

$$P_t^F = \overline{P^F} \cdot u_t^{PF} \quad (\text{M30})$$

Teljesülnie kell a vásárlóerő-paritásnak:

$$P_t^F \cdot E_t = P_t^X \quad (\text{M31})$$

Valamint az export és import árindexét a hazai GDP árindextől egy-egy sokkhatással térítjük el:

$$P_t^X = P_t \cdot u_t^{PX} \quad (\text{M32})$$

$$P_t^M = P_t \cdot u_t^{PM} \quad (\text{M33})$$

Lezárások

A modell lezárásai a következő egyenletek.

Az árupiaci egyensúly:

$$Y_t = C_t^D + G_t^D + Z_t^D + EX_t \quad (\text{M34})$$

A GDP árindexét meghatározó (zéró profit) összefüggés (mivel megengedjük az export árindex eltérést a GDP árindexétől, ez az egyenlet nem redundáns az előzővel):

$$P_t \cdot Y_t = P_t^D \cdot C_t^D + P_t^D \cdot G_t^D + P_t^D \cdot Z_t^D + P_t^X \cdot EX_t \quad (\text{M35})$$

A beruházási javak piacának egyensúlya:

$$I_t = I_t^P + I_t^G \quad (\text{M36})$$

A közösségi tőkeállomány mozgásegyenlete:

$$K_t^G = (1 - \delta^G) \cdot K_{t-1}^G + I_t^G \quad (\text{M37})$$

A hazai kötvények csak az államot finanszírozzák (a beruházások forrása ettől elkülönített a háztartások döntési problémájában):

$$NB_t = D_t \quad (\text{M38})$$

Az inaktivitási ráta exogén, egy véletlen hatással kiegészítve:

$$IR_t = \overline{IR} \cdot u_t^{IR} \quad (\text{M39})$$

A kormányzati fogyasztás definíciója:

$$G_t = GY_t \cdot Y_t \quad (\text{M40})$$

A kormányzati beruházás definíciója:

$$I_t^G = IGY_t \cdot Y_t \quad (\text{M41})$$

A transzferek definíciója:

$$TR_t = TRY_t \cdot P_t \cdot Y_t \quad (\text{M42})$$

Az államadósság definíciója

$$D_t = DY_t \cdot P_t \cdot Y_t$$

(M43)

A munkakínálat:

$$L_t = \bar{L} \cdot u_t^L$$

(M44)

Exogén folyamatok

Az exogén sokkokra az alábbi AR folyamatokat definiáljuk:

$$\ln(a_t) = (1 - \rho^a) \cdot \bar{a} + \rho^a \cdot \ln(a_{t-1}) + \varepsilon_t^a$$

(M45)

$$\ln(a_t^I) = (1 - \rho^{aI}) \cdot \bar{a}^I + \rho^{aI} \cdot \ln(a_{t-1}^I) + \varepsilon_t^{aI}$$

(M46)

$$\ln(u_t^G) = \rho^G \cdot \ln(u_{t-1}^G) + \varepsilon_t^G$$

(M47)

$$\ln(u_t^{IG}) = \rho^{IG} \cdot \ln(u_{t-1}^{IG}) + \varepsilon_t^{IG}$$

(M48)

$$\ln(u_t^C) = \rho^C \cdot \ln(u_{t-1}^C) + \varepsilon_t^C$$

(M49)

$$\ln(u_t^L) = \rho^L \cdot \ln(u_{t-1}^L) + \varepsilon_t^L$$

(M50)

$$u_t^M = \rho^M \cdot u_{t-1}^M + \varepsilon_t^M$$

(M51)

$$u_t^F = \rho^F \cdot u_{t-1}^F + \varepsilon_t^F$$

(M52)

$$\ln(u_t^{TR}) = \rho^{TR} \cdot \ln(u_{t-1}^{TR}) + \varepsilon_t^{TR}$$

(M53)

$$\ln(u_t^{PM}) = \rho^{PM} \cdot \ln(u_{t-1}^{PM}) + \varepsilon_t^{PM}$$

(M54)

$$\ln(u_t^{PX}) = \rho^{PX} \cdot \ln(u_{t-1}^{PX}) + \varepsilon_t^{PX}$$

(M55)

$$\ln(u_t^{YF}) = \rho^{YF} \cdot \ln(u_{t-1}^{YF}) + \varepsilon_t^{YF} \quad (\text{M56})$$

$$\ln(u_t^{iF}) = \rho^{iF} \cdot \ln(u_{t-1}^{iF}) + \varepsilon_t^{iF} \quad (\text{M57})$$

$$\ln(u_t^{PF}) = \rho^{PF} \cdot \ln(u_{t-1}^{PF}) + \varepsilon_t^{PF} \quad (\text{M58})$$

$$\ln(u_t^{IR}) = \rho^{IR} \cdot \ln(u_{t-1}^{IR}) + \varepsilon_t^{IR} \quad (\text{M59})$$

A hosszú távú vezérlők részletes leírása

A fenti részben kifejtett DSGE modell egy egyensúlyi állapothoz vezet a gazdaságot, ezen egyensúlyi állapot körül exogén sokkhatások mozgatják. Ahhoz, hogy a modell a szükséges hosszú időtávon képes legyen előrebecsléssel szolgálni az egyes makroökonómiai változók értékéről, ezeken az exogén sokkhatásokon keresztül tudjuk a múltbéli adatokra kalibrált/becsült modellt eltéríteni ettől az egyensúlytól és egy hosszú távú növekedési pályát szimulálni.

A teljes tényezőtermelékenység

A hosszú távú folyamatok egyik legfontosabb vezérlője a termelés hatékonysága, amely az itt bemutatotthoz hasonló modellekben tipikusan a teljes tényezőtermelékenységben ölt testet. Az itt használt modellben a technológia a végső javak termelési függvényének a_t paraméterében, valamint a beruházási szektor termelési függvényének a_t^I paraméterében ölt testet. E paraméterek értékét az (M45) és (M46) egyenletek, ezen belül is az ε_t^a és ε_t^{aI} exogén sokkhatások határozzák meg. Amennyiben ezek értéke 0, a két paraméter a modell kalibrálása során meghatározott $\bar{a}$ és $\bar{a}^I$ paraméterek határozzák meg hosszú távon a technológiai szintet. Így tehát az ε_t^a és ε_t^{aI} sokkhatásokon keresztül lehet hosszú távon vezetni a technológia változását.

A technológia hosszú távú alakulásánál az OECD ENV-growth modelljét (Chateau et al., 2012) vettük alapul. Ez alapján a TFP értéke egyfajta konvergenciát mutat: a hazai gazdaság TFP értéke bizonyos konvergencia-sebességgel felzárkózik a külföldi TFP értékhez, amely utóbbi önmagában is mutathat növekedést. A felzárkózás sebessége azonban nem exogén, hanem függ a gazdaság nyitottságától is, amelyet az export és a GDP hányadosával mérünk, és a DSGE modell időszakról időszakra számítja ezt az értéket. Jelölje a_t^F a külföld

TFP szintjét, ω_t a felzárkózás sebességét. Ekkor a hazai TFP-re a következő mozgásegyenletet írhatjuk fel:

$$a_t = a_{t-1} \cdot \left(\frac{a_t^F}{a_{t-1}^F} \right)^{\omega_t} \quad (\text{M60})$$

Amennyiben a külföldi TFP és a felzárkózási ütem konstans, a hazai TFP a külföldi TFP-től vett százalékos különbségének nagyjából a felzárkózási sebességnek megfelelő részével növekszik. A külföldi TFP egy paraméterként megadható állandó növekedési ütemét tételezzük fel:

$$a_t^F = (1 + \overline{g^F}) \cdot a_{t-1}^F \quad (\text{M61})$$

A felzárkózás sebességét pedig a gazai gazdaság nyitottságához kötjük:

$$\omega_t = \frac{\omega^0 + \omega^1 \cdot O_{t-1}}{1 + \omega^0 + \omega^1 \cdot O_t} \quad (\text{M62})$$

ahol ω^0 a TFP nyitottság nélkül adódó (alap-) felzárkózási ütemét adja meg, míg ω^1 a TFP felzárkózási ütemének reakcióját mutatja a nyitottságra. A nyitottságot a hazai export és GDP arányaként definiáljuk. Ezt az értéket a DSGE modell megadja, ugyanakkor az export alapvetően exogén elemként jelenik meg, így rövidebb távú ingadozásoktól eltekintve értéke állandó, ugyanakkor exogén sokkokon keresztül értéke hosszabb távon „vezethető”. Így lehetőség van arra, hogy a nyitottság hosszú távú alakulásába egy exogén módom megadható növekedési ütemet építsünk be. Így a nyitottság alakulására az alábbi összefüggést definiáljuk:

$$O_t = \frac{EX_{t-1}}{EX_{t-2}} \cdot \frac{Y_{t-2}}{Y_{t-1}} \cdot O_{t-1} \cdot (1 + \overline{g^O}) \quad (\text{M63})$$

ahol $\overline{g^O}$ a nyitottság exogén növekedési üteme. Amennyiben az export GDP-hez viszonyított aránya nem változott, a nyitottság $\overline{g^O}$ ütemben növekszik.

Klíma

A modell egy lényeges eleme, hogy hosszú távon a klímaváltozás érdemi hatást gyakorol egyes gazdasági változókra. A jelen modellben ezt a hatást két ponton építjük be, azonban lehetőség van további kapcsolódási pontok beépítésére is. Bár elméletben számos olyan hatás sorolható fel, amelyen keresztül a klímaváltozás a gazdasági működést befolyásolja, egy alkalmazott modell

számára a legnagyobb probléma e hatások számszerűsítése, amely külön kutatást igényelne. Jelen modellben éppen ezért két pontot jelölünk ki, amelyen keresztül a klímaváltozás hatása áttevődik a gazdasági változókra. Az egyik pont a teljes tényezőtermelékenység, míg a másik az infrastrukturális beruházás.

A TFP hatás alapja Dell et al. (2008) munkája, amelyben megmutatják, hogy a klímaváltozás milyen számszerűsíthető hatással van a GDP hosszú távú növekedésére. Mivel a GDP esetünkben endogén változó, ezt a hatást áttételesen a TFP-n keresztül tudjuk szimulálni, ami egy intuitíve jól értelmezhető megközelítés: a klímaváltozás hatására a meglévő erőforrások kihasználásának hatékonysága csökkenhet (pl. csökkenő terméshozamok a mezőgazdaságban, erőforrások felhasználása produktív tevékenységek helyett az időjárási körülmények leküzdésére, stb.) Az infrastrukturális tőke oldaláról azt állapíthatjuk meg, hogy a klímaváltozás számos esetben igényelhet addicionális infrastruktúrát, ami így megemeli az állami kiadások ezen részét (pl. gátak, öntözőrendszerek, stb.) Ugyanakkor a klímaváltozás kedvező hatással lehet a technológiai fejlesztésre is, új innovatív megoldásokra ösztönözve a gazdasági szereplőket, ami végső soron az erőforrások hatékonyabb felhasználásához vezethet. Ezt a hatást is megtestesíti az infrastruktúrába beépített klíma-hatás.

Az infrastruktúrára az alábbi összefüggést írjuk fel:

$$u_t^{IG} = u_{t-1}^{IG} \cdot (1 + \mu^{IG} \cdot (KL_t - KL_{t-1})) \quad (M64)$$

ahol u_t^{IG} a DSGE modellből ismert véletlen sokkhatás a kormányzati beruházásokon, KL_t a klímaváltozás hatását mérő változó (indexszám), μ^{IG} pedig a klímaváltozás közösségi beruházásokra gyakorolt hatását mutatja.

A TFP hatás pedig a fentihez hasonló módon kiegészíti a TFP változására korábban felírt felzárkózási folyamatot:

$$a_t = a_{t-1} \cdot \left(\frac{a_t^F}{a_{t-1}^F} \right)^{\omega_t} \cdot (1 + \mu^a \cdot (KL_t - KL_{t-1})) \quad (M65)$$

A fenti egyenletben szereplő KL_t klímaváltozó egyfajta indexszámként fogható fel, amely klímával kapcsolatos releváns mutatókat tömöríti. Tipikusan ilyen lehet a középhőmérséklet, a csapadékmennyiség, a szélsőséges időjárással jellemezhető napok száma, stb. A jelen modellben a csapadékmennyiséget használjuk, a későbbi pontokban részletezett okoknál fogva.

Demográfia

A hosszú távú vezérlők harmadik blokkja a demográfiai trendek beépítését teszi lehetővé a modellbe. A demográfia két ponton járul hozzá a hosszú távú dinamika alakításához: egyrészt a munkakínálat nagyságát határozza meg, másrészt pedig a modellben fontos szerepet betöltő inaktivitási rátát. Jelölje AN_t a munkaképes korú népesség számát, míg IN_t a nem munkaképes korú népesség számát, továbbá FR_t a foglalkoztatási rátát (a foglalkoztatottak és az aktív korú népesség hányadosát). Ekkor a munkakínálat nagyságát az alábbi összefüggés adja meg:

$$L_t = AN_t \cdot FR_t \quad (M67)$$

amiből könnyen megadható a DSGE modell hosszú távú vezetéséhez szükséges u_t^L exogén sokkhatás megfelelő értéke:

$$u_t^L = \frac{AN_t \cdot FR_t}{\bar{L}} \quad (M68)$$

Az inaktivitási ráta:

$$IR_t = \frac{IN_t}{AN_t} \quad (M69)$$

amiből szintén könnyen megadható a DSGE modell megfelelő sokkhatásának szükséges értéke:

$$u_t^{IR} = \frac{IN_t}{AN_t \cdot IR} \quad (M70)$$

A modell megoldása

Az (M1)-(M59) egyenletek által definiált DSGE modell megoldását a szakirodalomban használt standard algoritmusok segítségével, a Dynare szoftver használatával végeztük el (lásd Adjemian et al., 2011). Legyen az endogén változók vektora $\mathbf{y}$, az exogén változók vektora $\mathbf{\varepsilon}_t$, a paraméterek vektora pedig $\boldsymbol{\theta}$. Az (M1)-(M59) modell kompakt formában az alábbi módon írható fel, expliciten megjelenítve a racionális várakozások szerepét:

$$E_t[F(\mathbf{y}_{t-1}, \mathbf{y}_t, \mathbf{y}_{t+1}, \mathbf{\varepsilon}_t, \boldsymbol{\theta})] = \mathbf{0}$$

ahol E_t a várható érték operátor. A modell megoldása egy olyan

$$y_t = g(y_{t-1}, \varepsilon_t)$$

(S1)

függvény, amely kielégíti a fenti egyenletrendszert. A $g(\cdot)$ függvény pontos megkeresése helyett a standard megoldás annak elsőfokú vagy másodfokú közelítését használja. A szakirodalomban elterjedt megoldási módszer Uhlig (1999) algoritmusát követi, amely az alábbi lépésekből áll (lásd pl. Horváth, 2006):

1. A modellt leíró egyenletek felírása. Ez a szereplők döntéseiből adódó elsőrendű feltételek és piaci egyensúlyi feltételek összessége. Az (M1)-(M59) összefüggések, vagy kompakt formában az (S1) egyenlet adja meg ezt a lépést.
2. A modell állandósult állapotának (steady state) kiszámítása. Ez az endogén változók egy olyan $\bar{y} = y_{t-1} = y_t = y_{t+1}$ vektorának megkeresését jelenti, amely megoldja az (S1) egyenletet, feltéve, hogy a rendszert nem érik sokkhatások ($\varepsilon_t = 0$):

$$F(\bar{y}, \bar{y}, \bar{y}, \theta) = 0 \quad (S2)$$

Ezek alapján az állandósult állapot a paraméterek függvényként írható fel:

$$\bar{y} = s(\theta) \quad (S3)$$

A steady state meghatározása adott paraméter-vektor mellett standard módszerekkel (pl. Newton módszer) lehetséges.

3. A steady state körül loglinearizáljuk a modell egyenleteit. Ezt Taylor-sorba fejtéssel érhetjük el, ennek eredményeként az (A42) egyenletrendszert az alábbi mátrixformában tudjuk felírni:

$$y_t = E_t[A(\theta)y_{t+1}] + B(\theta)y_t + C(\theta)y_{t-1} + D(\theta)\varepsilon_t \quad (S4)$$

4. Mindezek alapján a modell megoldása az (S1) összefüggés alapján az

$$y_t = F(\theta)y_{t-1} + G(\theta)\varepsilon_t \quad (S5)$$

mátrixegyenlet, vagyis a feladat az $F(\theta)$ és $G(\theta)$ mátrixok megkeresése. Ezt többek között Blanchard-Kahn (1980) módszerével vagy általánosított sajátérték módszerrel tehetjük meg.

A kapott (S5) megoldás segítségével elemezhetjük a modell működését és szimulációkat végezhetünk.

A modell kalibrálása és becslése

A DSGE modell paramétereinek meghatározása

A hasonló nagyobb méretű makromodellek esetén számos kérdést vet fel a paraméterek meghatározása. Az általunk bemutatott modell összesen 66

paraméterrel működik. Ennyi paraméter meghatározásához a hosszabb idősorok elvégezhető becslések sem feltétlenül tudnak elegendő információt szolgáltatni. Jelen esetben a 2001 és 2014 között rendelkezésre álló adatok biztosan nem elegendők valamennyi paraméter kielégítő becsléséhez. Ezen felül a DSGE modellek struktúrájától megszokott módon a modell egy steady state állapothoz konvergál, amelyet a modell paraméterei befolyásolnak. A steady state állapothoz való alkalmazkodás mechanizmusait leíró paraméterekre vonatkozó információ az adatokból (trendszűrt idősorokból) könnyebben kinyerhetőek, míg a steady state állapotot determináló egyes paraméterek tipikusan a modell struktúrájától, mások pedig éppen az idősorok trend-jellemzőitől függenek. Mindezek alapján elterjedt módszer a szakirodalomban a paraméterek alapvetően három módon történő meghatározása, illetve e módok együttes alkalmazása:

- Paraméterek meghatározása szakirodalomból átvett „standard” vagy konvenciónak számító értékekkel.
- Paraméterek meghatározása „kalibrálással”, amely valamilyen módon az adatokhoz köti a paraméterek értékét, azonban nem része a paraméterek együttes becslésének.
- Paraméterek meghatározása becsléssel, amikor a modell egyes paramétereit egymással összhangban, ökonometriai módszerekkel határozzák meg.

Követve a fenti hármas megosztást, a paraméterek egy részét más eredmények átvételével, további részüket a modell steady state állapotához való kalibrálásával, a fennmaradó elemeket pedig bayesi becsléssel határozzuk meg.

A hosszú távú vezérlők paraméterezésének meghatározása

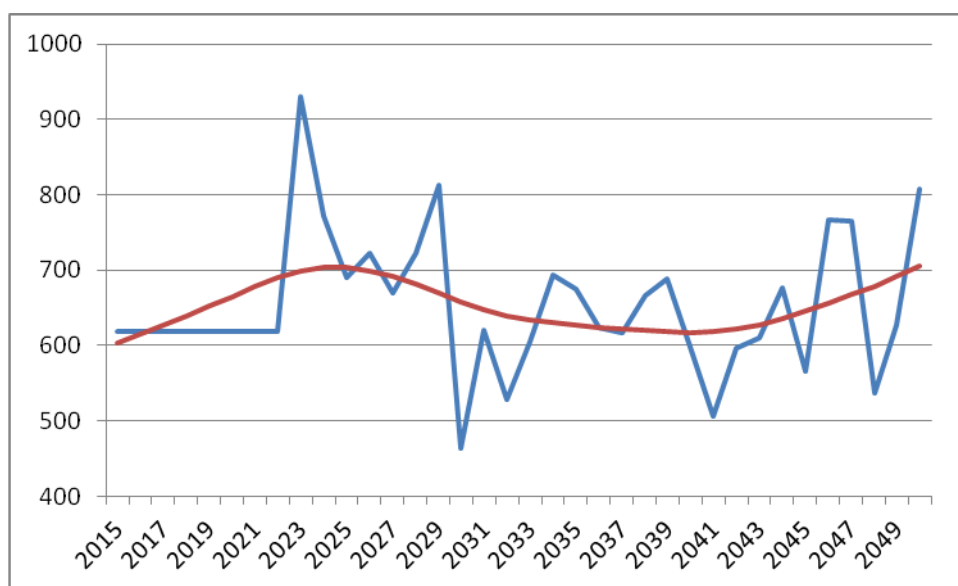
A modell DSGE blokkjának kalibrálása/becslése a fent bemutatott standard eljárást követi. A modell hosszú távú vezérlő egyenleteiben szereplő paraméterek beállításához ugyanakkor meglehetősen kevés támpontot találunk. Mivel a TFP alakulását leíró összefüggések az OECD ENV-Growth modellje alapján kerültek meghatározásra (Chateau et al., 2012), célravezető, hogy ezen egyenletek paraméterezését az ott használt kalibrálás mellett használjuk. Ez egyben azt is jelenti, hogy a modell alap-szcenáriója hosszú távon nagyjából a hivatkozott modell dinamikáját követi, mivel a TFP felzárkózási folyamata alapvetően meghatározza a hosszabb távú növekedési trendeket a gazdaságban.

A hosszú távú vezérlők második eleme, a klíma hatása mindössze két paraméterben jelentkezik: a klímá hatása a TFP-re, valamint a klíma hatása az infrastruktúrális beruházásokra. Az előbbi kapcsolat paraméterezésének alapja Dell et al. (2008) tanulmánya, amely a hőmérséklet és a csapadékmennyiség

változásának hatását vizsgálja a gazdasági növekedés ütemére. A szegény országokra szignifikáns negatív hatást találnak a hőmérséklet tekintetében, míg a gazdag országok esetében inkább a csapadékmennyiség minősül szignifikánsnak. Számos regressziós eredmény alapján az mondható, hogy a csapadékmennyiség 100ml-el történő emelkedése nagyjából 0,1 százalékponttal csökkenti a növekedés ütemét. Ezek alapján kalibráljuk a modell μ^a paraméterét. A klímaváltozás másik paramétere, az infrastruktúrára gyakorolt μ^{IG} hatás számszerűsítéséhez nem állnak rendelkezésre szakirodalmi adatok, így ennek használatától a jelen modellfuttatások esetén eltekintünk (értékét 0-ra állítjuk). A továbbiakban alkalmas adatok felhasználásával adható becslés e paraméter értékére, ez azonban további kutatást igényel.

A klíma, mint hosszú távú vezérlő megjelenése a modellben azt is igényli, hogy rendelkezésre álljon exogén adatsor a klímát leíró változók egy csoportjáról. Bár a modell KL_t változója indexváltozóként került definiálásra, azaz elvben tetszőleges klímával kapcsolatos változók kompozit indexét képes tükrözni, jelen modell építések és futtatások nem álltak rendelkezésünkre olyan megbízható adatok, amelyek egy összetettebb klíma-index használatát lehetővé tették volna. Így a modell futtatása során a csapadékmennyiségre korlátozzuk az elemzést, azaz a klímaváltozó (KL_t) szerepét ez az exogén változó tölti be. A Natér rendszerből rendelkezésre áll az éves csapadékmennyiség előrejelzése, amelyet a modell fel tud használni vezérlőként és a korábban jelzett pőparaméterezés mellett ez az adat befolyásolhatja a gazdaság dinamikáját.

19. ábra: Előreszámított éves átlagos csapadékmennyiség (ml): nyers adat (kék vonal) és HP-szűrt (piros vonal)



A 19. ábra mutatja az előreszámított éves csapadékmennyiséget, valamint ennek HP-szűrővel szűrt értékét. A szűrésre azért van szükség, mivel a nyers

előrejelzésben szereplő éles ingadozások az előreszámított gazdasági idősorokban az intuícióval és a gazdasági dinamikára jellemző perzisztenciával ellentmondó ingadozásokat eredményezne. Az ábrán látható módon azonban a trendszűrés a csapadékmennyiség változásának főbb trendjét változatlanul hagyja.

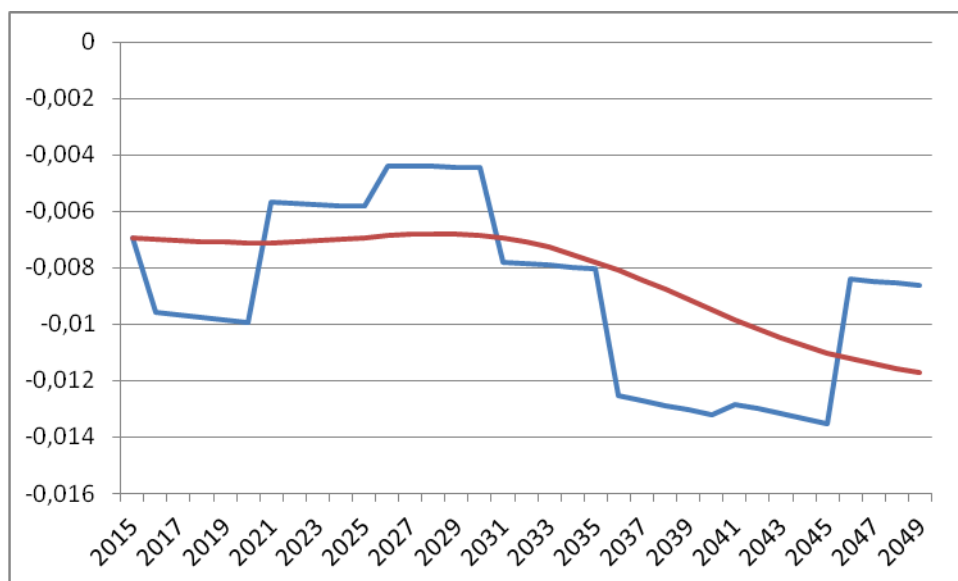
A hosszú távú vezérlők harmadik eleme a demográfiai trendeket építi be a gazdasági folyamatok hátterébe. A klímához hasonlóan, ez az elem is exogén és a Natér rendszer más blokkjából rendelkezésre áll a munkaképes korú valamint a nem munkaképes korú lakosságra vonatkozó előrejelzés. Ezek az értékek, a foglalkoztatási ráta exogén adottsága mellett meghatározzák az inaktivitási rátát, valamint a foglalkoztatottságot, amelyek a modell dinamikáját vezetik.

A makromodell futtatásának eredményei

A fent bemutatott modell futtatása azt jelenti, hogy a DSGE modell, valamint a hosszú távú vezérlők adott paraméterezése, továbbá néhány expliciten megadott exogén idősor (klíma index, munkaképes korú népesség, nem munkaképes korú népesség, foglalkoztatási ráta) mellett a modell megadja az endogén változók értékeit a futtatási időhorizonton, amely esetünkben a 2015 és 2050 közötti időszakot jelenti.

Amennyiben a kalibrált és becsült DSGE modell paraméterezését fixnek is vesszük, a hosszú távú vezérlők paraméterezése és az exogén idősorok beállítása meglehetősen nagy szabadsági fokot ad a modell felhasználójának arra, hogy különböző forgatókönyvek mellett vizsgálja az endogén változók lefutását. Az alábbiakban két ilyen forgatókönyvet mutatunk be. Az első, alappályának nevezett forgatókönyv a DSGE modell adott paraméterezése mellett a hosszú távú vezérlők paraméterezéséhez a korábbi pontokban bemutatott értékeket használja fel, nem számol klímaváltozási hatással (a klímaindex minden időszakban egységesen 1), a foglalkoztatási rátát egységesen a 2014-es empirikusan megfigyelt 60%-os értéken állítja be, továbbá a munkaképes és nem munkaképes korú lakosságra vonatkozó adatokat a NATÉR rendszer demográfiai előreszámításából veszi át. A foglalkoztatási ráta és a munkaképes korú lakosság szorzataként adódik a foglalkoztatottak száma (lásd az (M67) egyenletet), ami a DSGE modell exogén sokkhatását adja (lásd az (M68) egyenletet). Az eredeti előreszámítások alapján adódó sokkhatások részben a népesség-előreszámítások 5 éves időközönként történő megadása (és a köztes időszakra történő extrapolálás) miatt meglehetősen zajos, ezért az eredeti népesség-idősorokat HP-szűrővel simítottuk, hogy ezt a zajosságot elkerüljük. A foglalkoztatást érő sokkhatások eredeti és HP-szűrt adatok alapján kapott lefutását mutatja a 20. ábra.

20. ábra: A foglalkoztatást érő sokkhatások nagysága az eredeti népesség-adatok (kék vonal) és HP-szűrt népesség-adatok (piros vonal) mellett



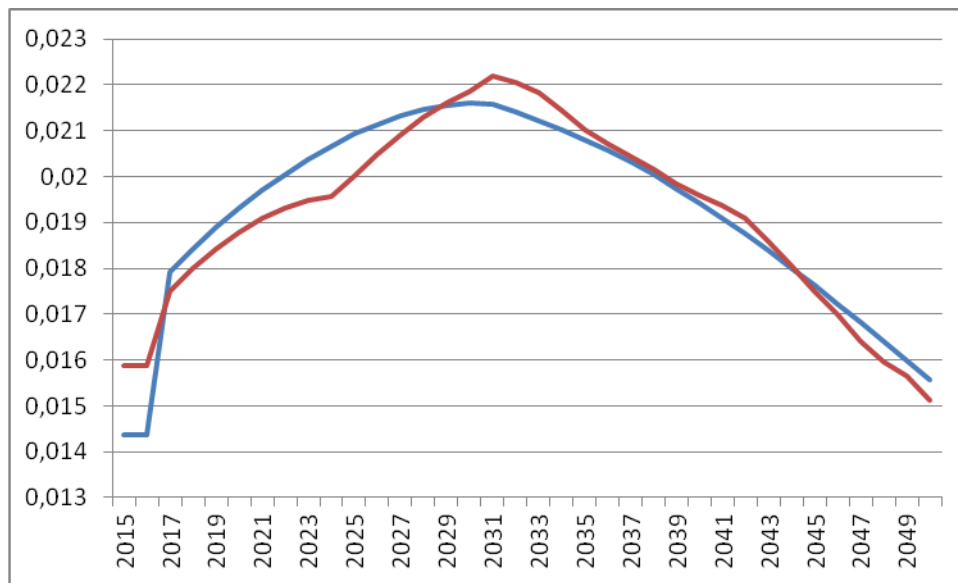
A második, klíma-pályának nevezett forgatókönyv mindössze abban különbözik az alappályától, hogy a klímaváltozás hatását a NATÉR rendszerből rendelkezésre álló klíma (csapadék-) adatok alapján bekapcsoljuk a modellbe, egészen pontosan a csapadékmennyiség változása és a TFP közötti kapcsolatot élővé tesszük azáltal, hogy a klíma-index esetén az alappálya egységnyi értékeit a tényleges előreszámítás HP-szűrt értékeivel helyettesítjük, amelyeket az 1. ábrán mutattunk be.

A futtatások során kiderül, hogy a klíma-pálya és az alappálya között viszonylag kevés különbség adódik, a klíma index egyébként számottevő változása kis mértékben tevődik át a modell növekedési rátáira, így a szintbeli változók esetén viszonylag kis eltéréseket mérünk. A továbbiakban három fontosabb változó, a GDP növekedési rátája, a technológiai szint és a tőkeállomány növekedési rátája esetén hasonlítjuk össze a két pályát.

A GDP alakulása

A 21. ábra mutatja a GDP növekedési rátájának alakulását az alappálya és a klíma-pálya mentén. Az ábrán jól látható, hogy az alappálya egy fordított U-alakú pályát ad a GDP növekedésére, amit alapvetően a hosszútávú vezérlők közül a TFP-re felírt felzárkózási dinamika határoz meg. A vizsgált időszak közepén, 2030 körül éri el a növekedés a legnagyobb értékét valamivel 2% fölött, majd csökken 1,5%-ra az időszak végére. A klíma-pályán nagyjából ugyanez a tendencia látható, minimális eltéréssel: az időszak elején a növekedés alatta marad az alappálya növekedésének, ami a növekvő csapadékmennyiségnek tudható be. Az előreszámítási horizont felétől a két pálya gyakorlatilag együtt halad.

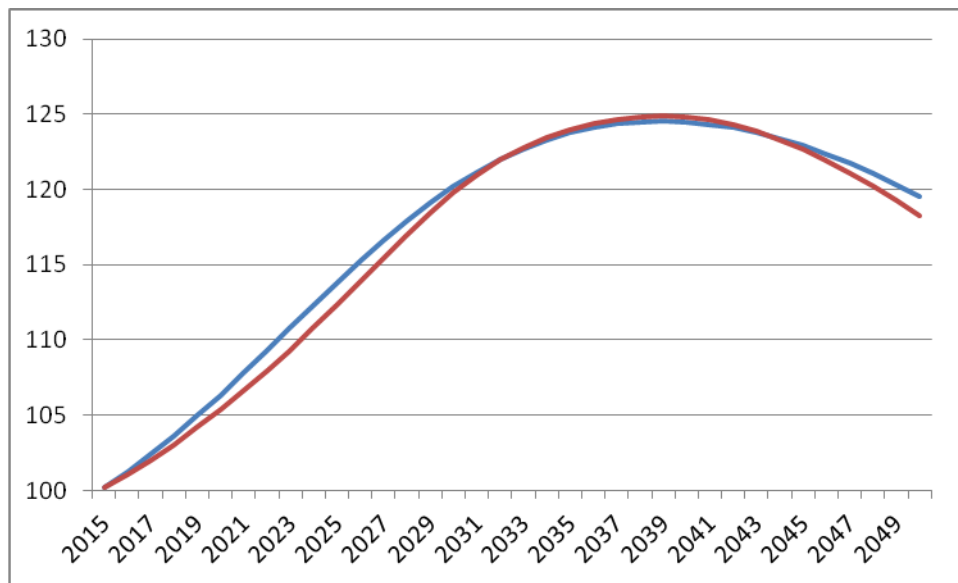
21. ábra: A GDP növekedési rátájának alakulása az alappálya (kék vonal) és a klíma-pálya (piros vonal) mellett



A technológia alakulása

Hasonlóan a GDP növekedési üteméhez, a 22. ábra mutatja a technológiai szint alakulását a két pálya mentén. Az ábra gyakorlatilag alátámasztja a GDP növekedés kapcsán elmondottakat, mivel hosszú távon a technológia (TFP) vezeti a GDP szintjét. Az időszak első felében látható a technológiai lemaradás a klíma-pálya mentén, azonban később a technológia felzárkózik. A jellegzetes fordított U-alakú kapcsolat a technológiában itt is a felzárkózási pályának köszönhető.

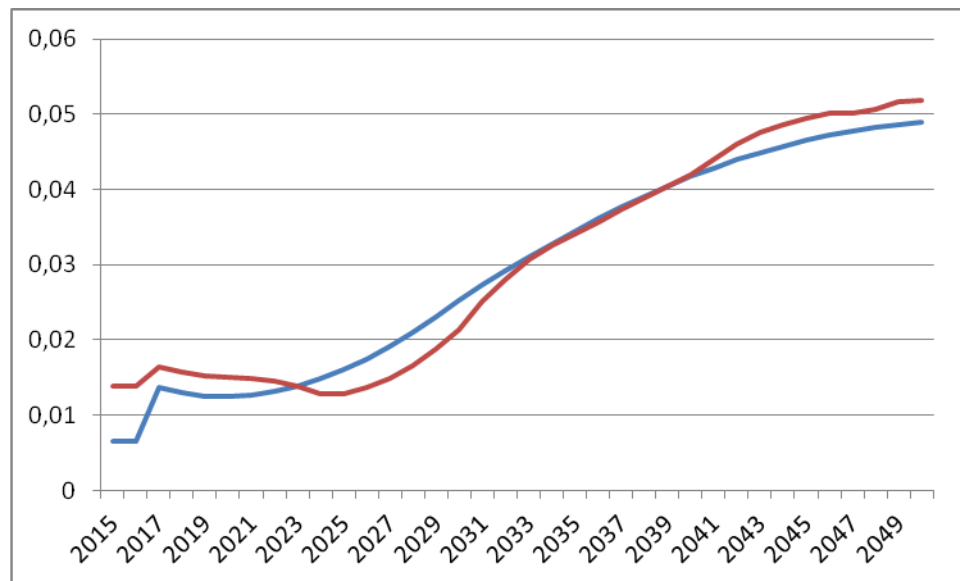
22. ábra: A technológiai szint alakulása az alappálya (kék vonal) és a klímapálya (piros vonal) mellett



A tőkeállomány növekedése

Egy további érdekes összehasonlítási pont lehet a tőkeállomány alakulásának összehasonlítása, ami tulajdonképpen a beruházási ráták különbségét tükrözi. Érdekes megfigyelni a tőkeállomány dinamikájának eltérését a technológia és a GDP alakulásától: elsősorban egy késleltetést látunk: a tőkeállomány növekedési üteme egyre nagyobb a vizsgált időszakon, és az időszak vége felé lassul. A megfigyelt első évtizedben a tőkeállomány gyorsabban bővül a klímipályán, azonban ezt követően az alappálya ad kedvezőbb növekedési ütemet. Az időszak végén a klímipálya ismét nagyobb növekedési ütemet biztosít.

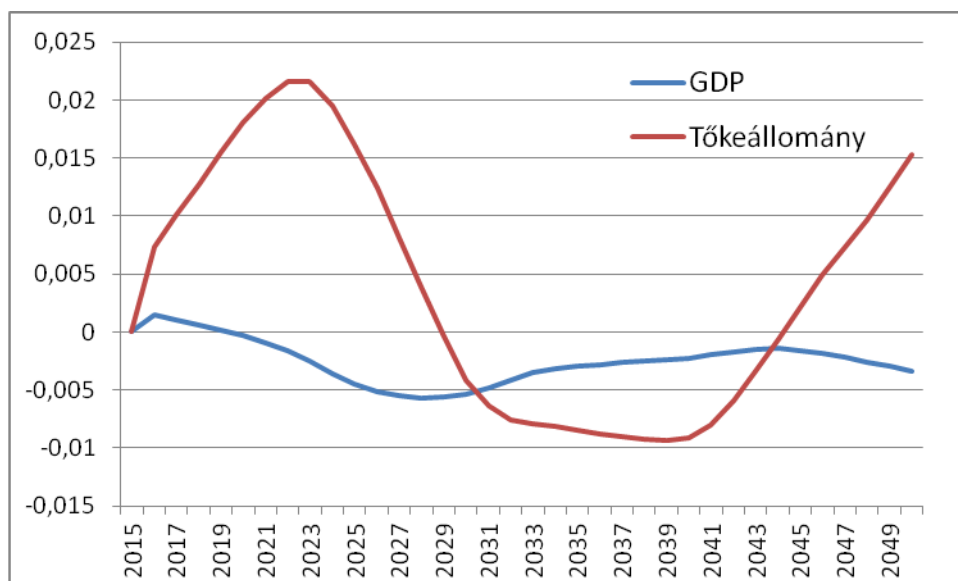
23. ábra: A tőkeállomány növekedési üteme az alappálya (kék vonal) és a klíma-pálya (piros vonal) mellett



Összefoglalás

Végül érdemes megvizsgálni, hogy a GDP és a tőkeállomány növekedési rátáiban adódó eltérések mennyiben változtatják meg hosszabb távon e változók szintjeit. A 24. ábra a klíma-pálya és az alappálya közötti százalékos eltérést mutatja a GDP és a tőkeállomány szintjét tekintve. Azt láthatjuk, hogy a GDP esetén a klíma-pálya az első néhány évtől leszámítva alacsonyabb GDP-szintet eredményez az alappályához képest, azonban ez a különbség átlagosan mindössze 0,25%, vagyis meglehetősen kicsiny. A tőkeállomány szintjénél ehhez képest jóval nagyobb eltérések tapasztalhatóak és az eltérések trendje kevésbé egyértelmű: az időszak elején a klíma-pálya nagyobb tőkeállományt eredményez, az eltérés a 2%-ot is eléri, azonban az időszak közepe és második fele csökkenti a különbséget, amely kevésbé számottevően de negatívba is fordul egy időre. Ugyanakkor az időhorizont végén a klímapálya ismét magasabb tőkeállományt hoz.

24. ábra: A klíma-pálya és az alappálya közötti relatív eltérés a GDP és a tőkeállomány szintjében



Összességében tehát az állapítható meg, hogy a klíma hatásának bekapcsolása a modellbe azt eredményezi, hogy a GDP alacsonyabb szintű pályát fut be, a tipikusan magasabb csapadékszintek a gazdasági teljesítményt visszafogják, ugyanakkor ezzel párhuzamosan jellemzően erőteljesebb tőkefelhalmozás figyelhető meg, ami értelmezhető úgy is, hogy a klíma hatására csökkenő termelékenységet egyfajta helyettesítési hatásként az erőteljesebb tőkefelhalmozás képes kompenzálni.

A makroeredmények regionalizálása

A projekt célja, hogy az előrejelzéseket egy részletes területi felbontásban adja meg. A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai rendszerben a klímaadatok egy 10x10 km-es rácson állnak rendelkezésre. Kíváncsú, hogy a gazdasági adatok előrejelzése is a lehető legjobban illeszkedjen ehhez a felbontáshoz, illetve a többi modellblokk területi léptékéhez. Gazdasági adatok esetében azonban nehezen átléphető korlátokkal kell számolni, ugyanis számos gazdasági mutató nem értelmezhető és/vagy nem áll rendelkezésre a régiós vagy a megyei szintnél kisebb területi léptékben (ld. például Dusek – Kiss, 2008 munkáját).

A makromodell regionalizálására többféle lehetőség kínálkozik:

1. Az egyszerűbb megoldás az, hogy az előrejelzést egy makroszintű modell alapján készítjük el, majd a nemzetgazdasági szintű adatokat visszaosztjuk megfelelő arányszámok alapján az egyes területi egységekre. Az előrejelzés időhorizontján reálisan a leosztási arányok

időbeli változásával is számolni kell. Területi egységek esetében a megyei, esetleg még az alatt a járási szint jöhet szóba.

2. A második, komolyabb módszertani eszköztárat igénybe vevő megoldás a regionális modell építése. Egy ilyen – például térbeli számítható általános egyensúlyi, SCGE – modell képes figyelembe venni az endogén hatásokat a térszerkezet változásában, ehhez viszont sokkal részletesebb, területi adatsorok gyűjtésére van szükség.

Az SCGE-modellek a krugmani új gazdaságföldrajz (Krugman, 1991) alapjaira épülnek: a növekvő hozadék, a szállítási költségek és a termelési tényezők térbeli mobilitásának interakciói révén, kumulatív módon létrejövő térszerkezet jelentőségét helyezik a modellstruktúrák középpontjába. Az SCGE-modellek a tér dimenzióját adják hozzá a CGE-modellekhez, vagyis a területi egységek száma megsokszorozódik, és a modellekbe beépülnek a pozitív és negatív agglomerációs hatások, amelyek a termelési tényezők régiók közötti migrációját befolyásolják (Járosi et al. 2009).

A projekt időkorlátja az első megoldási mód alkalmazását teszi lehetővé.

A regionális dezaggregálás módszerei

A területi dezaggregálás (az eljárás elnevezéseként hasonló kontextusban használják még a regionális dekompozíció kifejezést is, de a legalkalmasabb a térbeli leskálázás/downscaling használata) célja, hogy egy adott (esetünkben nemzeti) szinten rendelkezésre álló információt átalakítson egy részletesebb területi felbontásra (a projektben a megyei szintre).

A térbeli leskálázás módszere hasonlít a *térbeli interpolációra*, de ez utóbbi a meglévő adatainkon nem használható. A térbeli interpoláció a geostatisztika egyik módszere, és a lényege az, hogy egy adott hely valamely ismervének az értékét a szomszédos helyek értékei alapján becsüli meg. A módszerben a szomszédos helyek értékeinek a súlyozott átlaga számít, és ez az eljárás nyilván figyelembe veszi a távolságot: minél közelebb van egy szomszéd a becsülni kívánt területi egységhez, annál nagyobb súllyal számít az azon a helyen felvett érték. Meghatározható egy távolsághatár, amelyen kívül már zérus súllyal vesszük figyelembe az értékeket a becslésben. A térbeli interpolációnak – főként a klíamodellekben – gyakran hivatkozott módszere a „*kriging*” eljárás (lásd pl. Govaert, 1997). Ebben az esetben a szomszédos egységek súlyozásának az alapja a térbeli kovariancia. Jelen projektben akkor használhatnánk a térbeli interpoláció módszerét, ha rendelkezésünkre állna elegendő számú területi egységre vonatkozóan, kellő részletettségű információ. Mivel számunkra az előrejelzéshez csak egyetlen idősor áll rendelkezésre – a nemzeti szintű adatok – más módszert kell keresnünk.

A regionális adatok előrejelzésének egy gyakran alkalmazott módszere az autoregresszív osztott késleltetésű modellek (ADL, autoregressive distributed lag) becslése (Lehman – Wohlrabe, 2012). Ez az eljárás lehetővé teszi, hogy számos nemzetközi, nemzeti és regionális szinten mért változót bevonjanak az előrejelzés modelljébe, és azoknak a késleltetett (lag) vagy előretekintő indikátorait (leading indicator) is használják a minél pontosabb becsléshez. A módszerek előrejelző képességének a megítéléséhez leggyakrabban egy egyszerű autoregresszív modell-lel vetik össze az eredményeket.

Választásunk egy egyszerűsített *faktor-modellre* esett.² Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szintű változók a megyei szintű változók közös faktorai, és a faktorsúlyok (loadings) meghatározzák, hogy a megyei szintű változók milyen mértékben mozognak együtt a nemzeti szintű változóval. A múltbeli adatokon megfigyelt együttmozgás szabályai a jövőbeli területi trendek előrejelzésének az alapját adják.

Tekintettel arra, hogy a projekt előrejelzést szolgáltat a népesség jövőbeli alakulására vonatkozóan, ezzel a változóval kiegészíthetjük a modellt, és a megyei szintű változóknak nemcsak a nemzeti szintű változóval mért együttmozgását, hanem a népesség változásával mért együttmozgását is figyelembe vesszük. A népességet így egy vezérlő változónak tekinthetjük. Mivel az előrejelzésünk a gazdasági folyamatokra vonatkozik, nem a teljes népességet vesszük alapul, hanem a munkaképes korú (15-64 éves) lakosságot, mivel előrejelzési adatok erről is rendelkezésre állnak (megyenként, 5 éves gyakorisággal, 2011 és 2051 között).

A regionális dezaggregálás területi forgatókönyvei

Mivel az előrejelzés időhorizontja meglehetősen hosszú a makromodellezés gyakorlati kivitelezésének a szempontjából, több lehetséges területi forgatókönyvet is igyekszünk számításba venni, noha a NATÉR adatbázisába csak a legvalószínűbb/alappálya kerül bele. A klímamodellek esetében általános gyakorlat, hogy kétféle jövőbeli forgatókönyv alapján készítenek előrejelzéseket: egy a gazdasági szereplők változatlan magatartására alapozó (business-as-usual) forgatókönyv, ami nem tesz lépéseket a klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében. Ezt a forgatókönyvet egy összehasonlítási alapnak tekintik, és szembeállítják egy vagy több, különböző klímapolitikai beavatkozásokat tartalmazó forgatókönyvekkel. E két forgatókönyv kiegészíthető egy harmadikkal, amit alappálynak (baseline scenario) tekinthetünk, és a klímapolitikai beavatkozás nélküli esetet jelenti.

² A faktor-modell regionális dezaggregálásban történő alkalmazásáról lásd például Rapach-Strauss (2012), és Kopoin et al. (2013) munkáit.

A gazdasági előrejelzés az előző bekezdésben említettekhez hasonlóan háromféle területi forgatókönyvet vesz figyelembe. Mindegyik forgatókönyv a területi egyenlőtlenségek jövőbeli trendjeiről tesz feltételezéseket, és azt írja le, hogy egy területi egység – jelen esetben a megyék – hogyan változtatják meg egymáshoz képest, illetve az országos átlaghoz képest a pozíciójukat az előrejelzési horizont kiinduló időszakához viszonyítva. A három lehetséges területi forgatókönyv tehát a következő:

- alappályára épülő (baseline) forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozásokat teljesen nélkülöző, „laissez faire” regionális politika, melynek eredményeképpen a jelenlegi polarizációs trendek még jobban kiéleződnek, a területi polarizáció felgyorsul;
- business-as-usual forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozások jelenlegi mértékét extrapolálja a jövőre vonatkozóan, vagyis a területi polarizáció lassan, de folytatódik;
- felzárkóztatást feltételező forgatókönyv: egy aktív területpolitikára épülő, hatékony beavatkozások révén a homogenizálódást megvalósító forgatókönyv, ahol a leszakadó régiók felzárkóznak a fejlettebbekhez, és a megyék közötti fejlettségbeli különbségek csökkennek.

A lehetséges területi forgatókönyvek közül az első kettő viszonylag közel áll egymáshoz, egy irányba mutatnak, ezért nem kívánjuk külön kezelni őket. Feltételezzük, hogy a jövőbeli területi egyenlőtlenségek trendjei valahol az első kettő és a harmadik forgatókönyv között fognak megvalósulni.

Az aktív felzárkóztatási politikát feltételező forgatókönyvben a megyék felzárkózását a béta-konvergencia hipotézisének megfelelően képzeljük el. Eszerint azok a területi egységek (megyék), amelyeknek a kezdeti fejlettsége alacsonyabb, gyorsabb ütemben növekszenek, mint a fejlettebb térségek. Egy 100 éves felzárkózási időtartamot feltételezünk, ami azt jelenti, hogy a felzárkóztatási politika lépései abba az irányba mutatnak, hogy a hatásukra a jelenlegi területi különbségek 100 év alatt tűnhetnének el. Ebből következően a konvergencia felezési ideje 50 év. A béta paraméter ebből kiszámolható, mivel ismert az az összefüggés, hogy a felezési idő = $\log(2)/\text{béta}$ (Oblath, 2013).

A területi forgatókönyvek részletes kidolgozása és a NATÉR-be építése a munkánk továbbfejlesztésének egyik irányául jelölhető ki.

A regionális előrejelzés faktor-modellje

Egy regionális gazdasági előrejelzéshez kézenfekvő a múltbeli regionális adatokból kiindulni, azonban más régiók adatai, valamint a nemzeti szintű (esetleg nemzetközi szintű) adatforrások szintén hasznosnak bizonyulhatnak (Lehman-Wohlrabe, 2012; Kopoin et al. 2013).

A faktor-előrejelzés szakirodalmához jelentős hozzájárulást tett Stock és Watson (2002) tanulmánya, amelyben a faktorokat nagyszámú változó idősoraiból kiszűrt főkomponensek segítségével állították elő. A kutatások arra utalnak, hogy a modell előrejelző képessége ilyen módon jelentősen javítható (Kopoin et al. 2013). Megalapozottan feltételezhetjük azt, hogy ha területi idősorokból kiszűrünk közös faktorokat, akkor ezek (vagy legalább a variancia legnagyobb részét megmagyarázó első közös faktor) megfeleltethetők a nemzeti szintű, aggregált folyamatoknak, hiszen a hatásuk minden térségben érvényesül (Owyang et al. 2009). Ezen túl természetesen jelentős mértékű területi heterogenitás maradhat a közös faktor(ok) által meg nem magyarázott részben.

A faktor-modellben legyen $\mathbf{X}_t = (X_{1,t}, X_{2,t}, \dots, X_{N,t})$, $i = 1 \dots N$, $t = 1 \dots TN$ db magyarázó változó mátrixa, melyet y_{t+h} változónak a $t+h$ időpontbeli értékének az előrejelzéséhez felhasználunk. A faktor-modellen alapuló előrejelzés eljárásának az első lépésében minden $X_{i,t}$ változót két komponens összegeként írunk fel:

$$X_{i,t} = \lambda_i' \mathbf{F}_t + e_{it}, \quad (R1)$$

ahol $\mathbf{F}_t$ egy $(r, 1)$ vektor, ami az X_{it} -re ható közös faktorokat tartalmazza ($\mathbf{F}_t = F_{1,t}, F_{2,t}, \dots, F_{r,t}$). λ_i a faktorsúlyok (loadings) vektora ($\lambda_i = \lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{ir}$)' és azt mutatja meg, hogy az egyes faktorok miként befolyásolják $X_{i,t}$ -t, tehát $\lambda_i' \mathbf{F}_t$ a közös komponens, míg e_{it} egy független, azonos eloszlású egyedi (idioszinkratikus) komponens.

A második lépésben az $\mathbf{F}_t$ faktorokat arra használjuk, hogy y_{t+h} -t előrejelezzük a következők szerint:

$$y_{t+h} = a' \mathbf{W}_t + b' \mathbf{F}_t + v_{t+h}, \quad (R2)$$

ahol $\mathbf{W}_t$ az előrejelzéshez használt további, külső változókat tartalmazza (akár y_t késleltetett értékeit is), míg v_{t+h} egy véletlen előrejelzési hiba.

Kopoin et al. (2013) bemutatja, hogy nem feltétlenül célravezető a lehető legnagyobb számú magyarázó változó bevonása a modellbe, mert ha nem a releváns változókat választjuk, akkor romolhat az előrejelző képesség. Később látni fogjuk, hogy éppen ezzel a problémával kell szembe néznünk a bevont külső magyarázó változó esetében.

A faktor-modellre az előrejelzés regionális leskálázásában a következőképpen tekintünk: Rendelkezésünkre áll a nemzeti szinten előrejelzett változó y_{t+h} idősora (a későbbiekben ezt a GDP esetében $\Delta y_{HU,t+h}$ kifejezéssel fogjuk jelölni) az előrejelzési időszakra vonatkozóan. Ezen kívül a referenciaidőszakban adottak az előrejelzendő változó megyei szintű $X_{i,t}$ idősorai (a későbbi jelöléssel a GDP esetében: $\Delta y_{i,t+h}$). Azt feltételezzük, hogy y_t idősor (vagyis az országos GDP) az $X_{i,t}$ megyei szintű idősoroknak (megyei GDP) a közös faktora, vagyis csak

egyetlen faktorunk van ($r = 1$). λ'_i a faktorsúlyokat jelenti, tehát megmutatja, hogy egy megyei idősor milyen mértékben mozog együtt a nemzeti szintű idősorral.

A bevont külső változók adatbázisa ($\mathbf{W}_t$) egyetlen idősorból áll, ez pedig a munkaképes korú népesség, illetve annak növekedési rátája, amit később Δn_t -vel jelölünk.

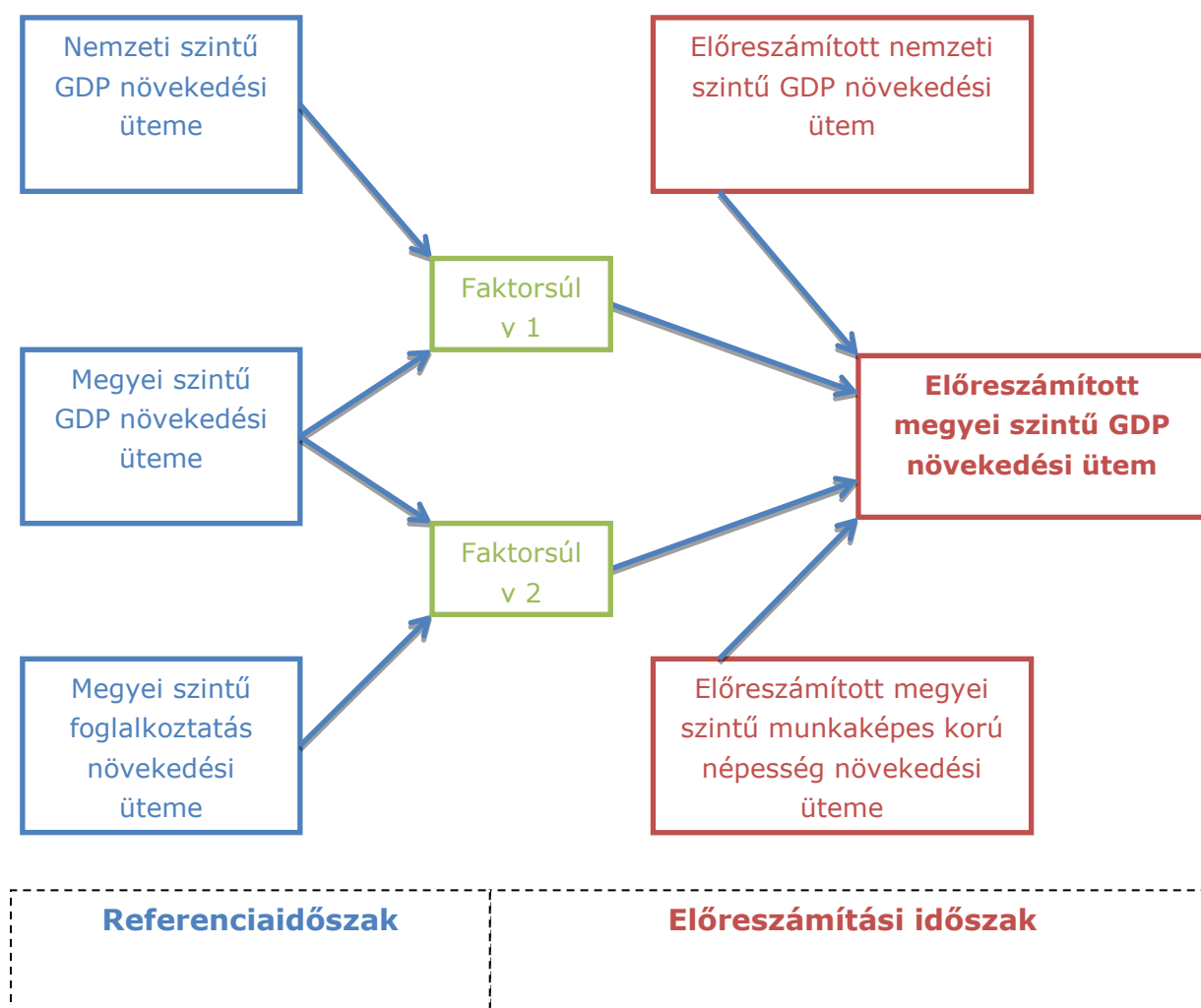
A faktor-modell láthatóan egy lineáris összefüggést feltételez a megyei és a nemzeti szintű változók között, ami egy olyan megszorítás, ami kritika tárgya lehet (Lehmann – Wohlrabe, 2014), ezért a becslés jövőbeli továbbfejlesztésének egyik irányául kijelölhetjük a modell nem-lineáris specifikálását.

A modell paraméterezése is kritika tárgya lehet, ugyanis a rendelkezésre álló múltbeli és előrejelzett adatok jelentősen korlátozzák a felhasználható magyarázó változók körét. A modell mintán belüli illeszkedése (in-sample fit) általában csak a mintán kívüli illeszkedésének (out-of-sample fit) a rovására javítható (lásd Rapach – Strauss, 2012).

A béta-módszer

A regionális leskálázás során a faktor-modellben egy fordított irányú gondolkodásra van szükség, mivel nem a nemzeti szintű idősorok előrejelzése a kérdés, hanem a nemzeti szintű idősor alapján, a λ'_i megyei faktorsúlyok segítségével becsüljük meg a megyei szintű előrejelzett idősorokat. Ehhez bevonhatunk a múltbeli adatokon túl további magyarázó változókat is, jelen esetben ez a foglalkoztatottság lesz. A megyei szintű idősorok előrejelzett értékeit tehát két magyarázó változó alapján becsüljük: a nemzeti szintű változó és a munkaképes korú népesség megyei szinten előrejelzett értékei alapján.

25. ábra: A megyei szintű GDP béta-előrejelzésének logikai vázlata



E becslések előállításához szükségünk van a faktorsúlyok meghatározására, amit regressziós módszerrel teszünk meg, innen ered a módszer elnevezése: a faktorsúlyok a regresszió béta értékeit veszik fel. Eszerint a megyei változók (a megyei GDP növekedési ütemének) bétája³ azt mutatja meg, hogy milyen mértékben mozog együtt a megyei változó a nemzeti szintű változóval (Rapach – Strauss, 2012). Ezt kiegészítjük még a modellben a megyei szintű munkaképes korú népesség növekedési ütemével is. A becsült béták alapján a modellből megkaphatjuk a megyei szintű előrejelzett idősorokat.

³ Az elnevezés utal arra, hogy az összefüggést jelképező béta paraméter hasonlóan értelmezhető a tőkepiaci árazás CAPM-modelljében (capital asset pricing model) alkalmazott béta fogalmához (ld. Rapach – Strauss, 2012): egy értékpapír bétája azt mutatja meg, hogy az adott értékpapír hozama milyen mértékben mozog együtt a piaci portfólió hozamával.

A becsült modell a következő:

$$dy_{i,t} = \alpha_i + \beta_{1,i} dy_{HU,t} + \beta_{2,i} dl_{i,t} + \varepsilon_{i,t} , \quad (R3)$$

ahol $dy_{i,t}$ a megyei szintű GDP növekedési üteme, $dy_{HU,t}$ az országos szintű GDP növekedési üteme, $dl_{i,t}$ a megyei szintű foglalkoztatottság növekedési üteme, $\varepsilon_{i,t}$ a becslés hibatagja.

A t -edik időszakig rendelkezésünkre álló információk alapján készített béta-előrejelzés a $t+h$ -adik időszakra vonatkozóan a következőképpen írható fel:

$$\widehat{\Delta y}_{i,t+h}^{h,\beta} = \widehat{\alpha}_{i,t} + \widehat{\beta}_{1i,t} \widehat{\Delta y}_{HU,t+h}^h + \widehat{\beta}_{2i,t} \widehat{\Delta n}_{i,t+h}^h , \quad (R4)$$

ahol $\widehat{\alpha}_{i,t}$, $\widehat{\beta}_{1i,t}$ és $\widehat{\beta}_{2i,t}$ a megfelelő regressziós paramétereknek a legkisebb négyzetek módszerével (OLS) becsült értékei, a kalappal jelölt változók pedig az előző egyenlet megfelelő változóinak előrejelzett értékei. Az (R3) egyenletben $l_{i,t}$ megyei foglalkoztatottság változóját az (R4) előrejelzésben a megyei szinten előrejelzett munkaképes korú lakossággal ($n_{i,t+h}$) mérjük, mert a demográfiai munkacsoporttól erre vannak megfelelő adataink.

Megyei szinten három idősort jelzünk előre: a kibocsátást (GDP), a foglalkoztatást és a fogyasztást, illetve ezek növekedési rátáit. A fenti, GDP-re felírt előrejelző modellt használjuk a fogyasztás megyei szintű előrejelzése során is, és a leskálázáshoz használt béta-paramétereknél a GDP-re készített becslések eredményeit vesszük figyelembe, a kutatás jelenlegi fázisában nem változtatunk azokon. Amennyiben növekedési ráták előrejelzéséről van szó, ez az álláspont védhető, hiszen ismert, hogy jelentős mértékű korreláció van a kérdéses változók között. A foglalkoztatás esetében egy alternatív modellt becslünk a foglalkoztatási ráták alapján.

A becslés adatai és eredményei

A GDP és a fogyasztás paramétereinek a becslése

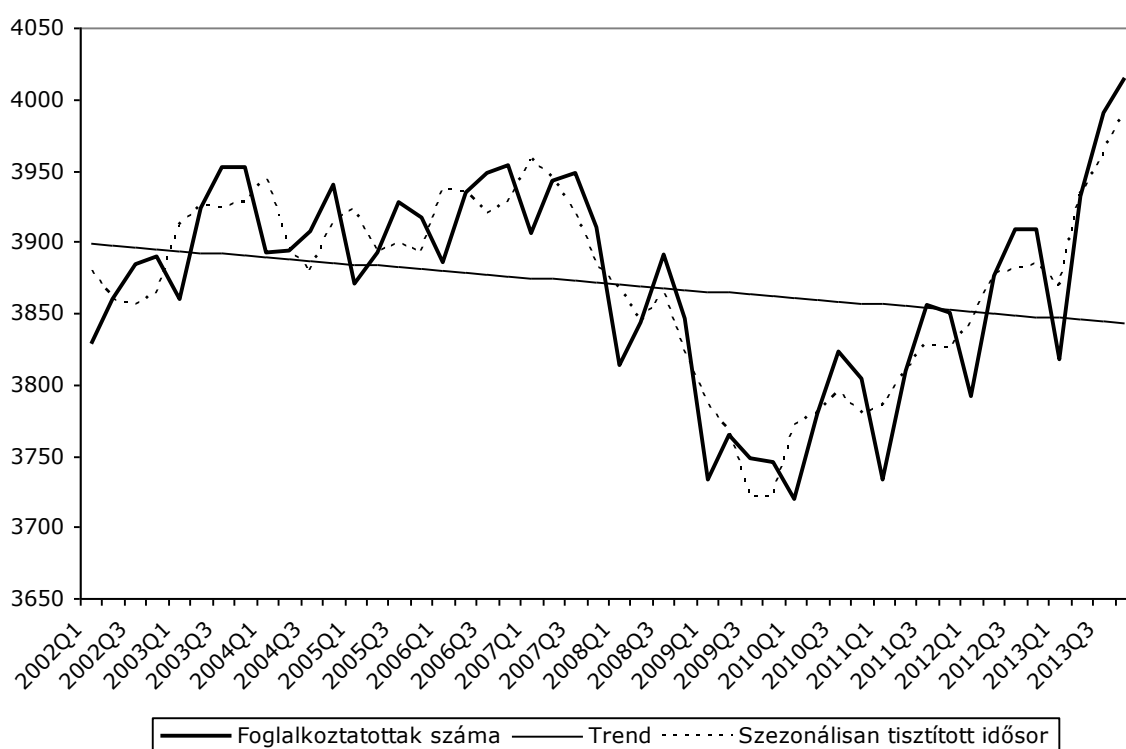
A GDP és a fogyasztás növekedési rátáihoz tartozó megyei szintű paramétereket az (R3) egyenletben leírtak alapján a nemzeti szintű GDP növekedési rátájával és a megyei szintű foglalkoztatás növekedési rátái alapján becsüljük meg.

A megyei GDP adatokat a KSH STADAT tábláiból gyűjtöttük éves gyakorisággal a 2001 és a 2013 közötti időszakra vonatkozóan. Mivel ezek folyóáras GDP adatok, át kellett számítani változatlan áras adatokra. Ehhez egy árindexet használtunk, ami a Magyar Nemzeti Bank DELPHI-modelljének az adatbázisából (2015 júniusi változat) származik. Ennek alapján a 2005-ös év árszintjét vettük egységnyinek, tehát a GDP értékeket a 2005-ös árakra számítottuk át. Ezekből növekedési rátákat képeztünk a következő képletnek megfelelően:

$$dy_{i,t} = (y_{i,t} / y_{i,t-1}) - 1 . \quad (R5)$$

A magyarázó változóként használt foglalkoztatási adatok (a KSH negyedéves statisztikai tájékoztatói⁴, illetve a STADAT-táblák alapján) jelentős mértékű szezonalitást tartalmaztak, ezért ez esetben az idősorokon szezonális igazítást hajtottunk végre. Ehhez az analitikus trendszámítási módszert választottuk⁵, országosan és minden megyére lineáris trendet becsültünk a legkisebb négyzetek módszerével (OLS), majd additív szezonális komponenst⁶ feltételezve kiszűrtük a negyedéves szezonalitást.

26. ábra: A KSH foglalkoztatási adatainak szezonális tisztítása (országos idősor)



Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés

⁴ http://www.ksh.hu/statisztikai_tajekoztatok

⁵ Az analitikus trendszámítás módszere a vizsgált jelenség tartós irányzatát az idő függvényében valamilyen regressziós függvénnyel határozza meg. Lineáris trendfüggvény esetén: $\hat{y}_t = b_0 + b_1 t$, ahol $\hat{y}_t$ a becsült trendérték, b_0 a tengelymetszet (vagyis az alapirányzat $t=0$ időpontban felvett értéke), b_1 a trend meredeksége (a trend szerinti változás mértéke), $t = 1, \dots, n$ pedig az időindex.

⁶ Additív szezonális komponenst szokás feltételezni akkor, ha a szezonális komponens értéke nem függ a trendértéktől.

Mink említettük, a foglalkoztatottságra nincsenek megyei szinten előrejelzett adataink, ezért a foglalkoztatottság változóját az előrejelzés során nem tudjuk továbbvinni. Proxyváltozóként ezért a munkaképes korú népességet használjuk. Ezt az előző részben említetteknek megfelelően a jelöléseinkben is követjük: $l_{i,t}$ a megyei foglalkoztatottság változója, és $n_{i,t+h}$ a megyei szinten előrejelzett munkaképes korú lakosság.

A megyénként elvégzett többváltozós regressziós becslésünk eredményeit (paramétereit és az azokhoz tartozó p -értékeket) a következő táblázat tartalmazza:

7. táblázat: A többváltozós regresszió eredményei

	Budapest	Pest	Fejér	Komárom- Esztergom	Veszprém	Győr- Moson- Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
α_i	0,0077	0,0009	-0,0056	-0,0011	-0,0137	0,0014	0,0003	-0,0099	-0,0157	-0,0071
p -érték	0,3180	0,9538	0,6988	0,9596	0,2528	0,9343	0,9853	0,5662	0,0083	0,2030
$\beta_{1,i}$	0,8764	1,0989	1,4456	1,5179	0,9342	1,2634	1,1439	0,8756	1,0483	0,7786
p -érték	0,0026	0,0467	0,0058	0,0481	0,0172	0,0256	0,0499	0,0960	0,0000	0,0006
$\beta_{2,i}$	-2,0458	2,4465	2,9144	3,4056	1,0423	1,7674	2,5464	-1,5551	-0,0883	1,9796
p -érték	0,1420	0,2419	0,1056	0,3449	0,5138	0,3050	0,2266	0,3442	0,7844	0,0116

	Tolna	Borsod- Abaúj- Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú- Bihar	Jász- Nagykun- Szolnok	Szabolcs- Szatmár- Bereg	Bács- Kiskun	Békés	Csongrád
α_i	0,0071	-0,0105	-0,0076	-0,0269	0,0009	-0,0024	-0,0063	0,0009	-0,0199	-0,0066
p -érték	0,4843	0,3508	0,1586	0,0224	0,8937	0,8765	0,3228	0,9355	0,0862	0,4183
$\beta_{1,i}$	0,1962	1,2961	0,8688	0,8663	0,6529	0,5852	0,5080	0,9878	0,9767	0,7863
p -érték	0,5073	0,0029	0,0002	0,0120	0,0102	0,2289	0,0159	0,0137	0,0101	0,0091
$\beta_{2,i}$	-0,9617	0,5100	1,6793	0,3047	1,0280	0,3639	1,7862	1,1025	-0,2270	-0,9052
p -érték	0,2020	0,6775	0,0019	0,6979	0,2031	0,8315	0,0354	0,6058	0,8849	0,3531

A 7. táblázat adatai alapján látható, hogy a foglalkoztatás mint magyarázó változó bevonása a modellbe nem szükséges, mert a hozzá tartozó becslött regressziós paraméter mindössze két megye (Somogy és Heves) esetében szignifikáns ($p < 0,02$). A továbbiakban ezért egy redukált, kétváltozós modellt becslünk a (4) egyenlet alapján, és ennek a paramétereit fogjuk használni az előrejelzés során.

$$dy_{i,t} = \alpha_i + \beta_i dy_{HU,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (R6)$$

A becslés eredményei a következő táblázatban foglalhatók össze:

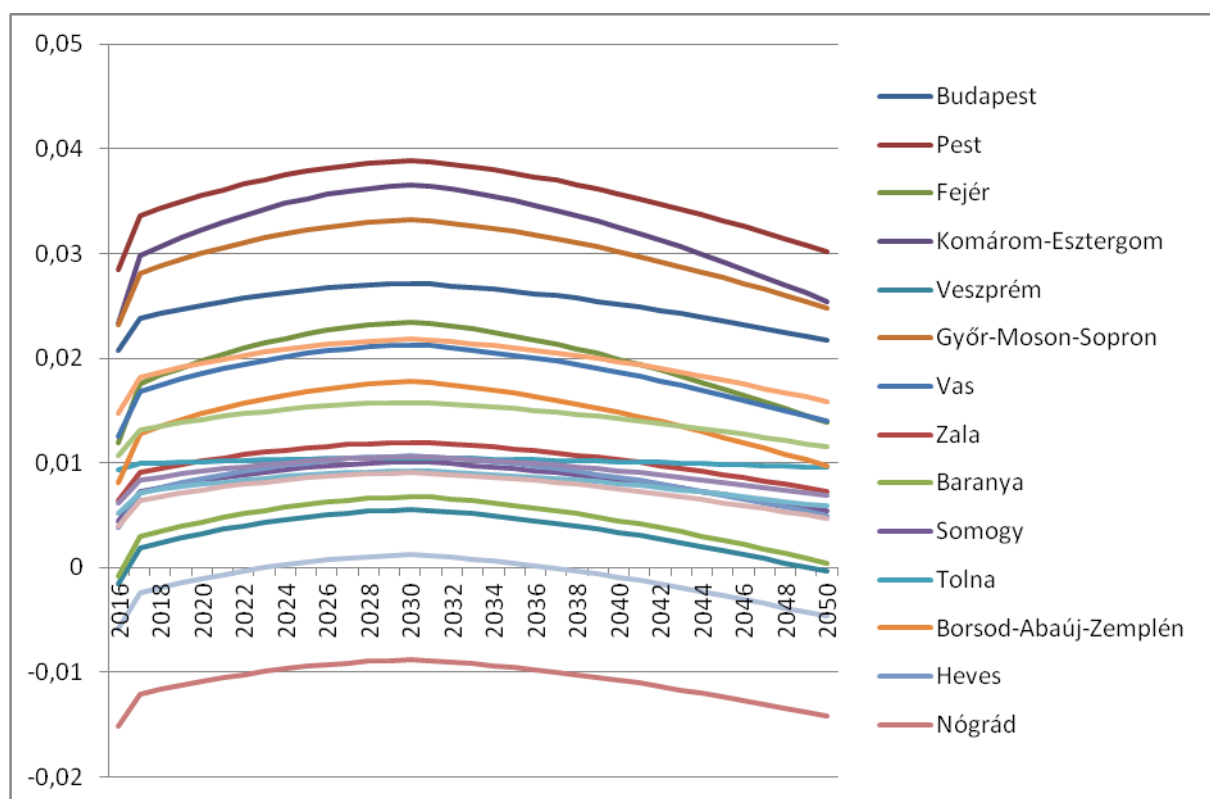
8. táblázat: A kétváltozós regresszió eredményei

	Budapest	Pest	Fejér	Komárom- Esztergom	Veszprém	Győr- Moson- Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
α_i	0,008008	0,008034	-0,01074	-0,003	-0,01549	0,003315	-0,00464	-0,00472	-0,01575	-0,00656
p -érték	0,333341	0,582239	0,491776	0,884715	0,172929	0,839641	0,800623	0,770984	0,005121	0,376063
β_i	0,883569	1,42474	1,578827	1,827762	0,972064	1,382719	1,19846	0,772265	1,041788	0,768808
p -érték	0,003182	0,006064	0,004793	0,010952	0,010067	0,013856	0,044092	0,123716	1,05E-05	0,003879
	Tolna	Borsod- Abaúj- Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú- Bihar	Jász- Nagykun- Szolnok	Szabolcs- Szatmár- Bereg	Bács- Kiskun	Békés	Csongrád
α_i	0,007152	-0,01101	-0,00962	-0,02787	0,000717	-0,00261	-0,00284	0,000714	-0,01982	-0,00635
p -érték	0,496356	0,306348	0,27137	0,011405	0,922065	0,85922	0,701943	0,948057	0,07071	0,430759
β_i	0,15316	1,330796	0,938442	0,880719	0,69641	0,610582	0,558504	0,974815	0,973091	0,71319
p -érték	0,614564	0,001182	0,002937	0,007254	0,007364	0,173686	0,023643	0,010563	0,006615	0,010013

A megyei szinten becsült β paraméterek azt mutatják meg, hogy ha egy egységgel változik a GDP országos növekedési rátája, akkor egy adott megyében átlagosan, várhatóan hány egységgel változik meg a megyei szintű GDP növekedési rátája. Az eredmények Zala megyében, Tolna megyében és Jász-Nagykun-Szolnok megyében nem bizonyultak szignifikánsnak, ugyanakkor Vas megyében a paraméter csak 5%-os szinten szignifikáns. Tekintettel arra, hogy a megyei becslések döntő többségében megfelelő szignifikanciaszinteket kaptunk, a becslési módszer egységességét minden megye esetén meghagyjuk.

A becsült paraméterek alapján előrejelezhetők a GDP növekedési rátái minden megyére. Ezeket a 27. ábra mutatja be.

27. ábra: A GDP előrejelzett növekedési rátái megyénként



A GDP millió Ft-ban mért értékeit a növekedési ráták alapján, a 2013-as indulóév adataiból tudjuk előre jelezni. Mivel a modell csak 2016-tól szolgáltat növekedési ütemet, ezért a 2014-es, 2015-ös és 2016-os évek GDP-értékeit a 2016-os megyei szintű növekedési ráták alapján becsüljük meg.

9. táblázat. Az előrejelzett GDP-értékek indulószintjei megyénként 2013-ban (millió Ft)

Budapest	Pest	Fejér	Komárom-Esztergom	Veszprém	Győr-Moson-Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
11205736	3070607	1231186	925016	750858	1640986	742554	675203	744983	599521
Tolna	Borsod-Abaúj-Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú-Bihar	Jász-Nagykun-Szolnok	Szabolcs-Szatmár-Bereg	Bács-Kiskun	Békés	Csongrád
533370	1305970	633119	257703	1172297	764603	913404	1142612	626458	910073

Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés

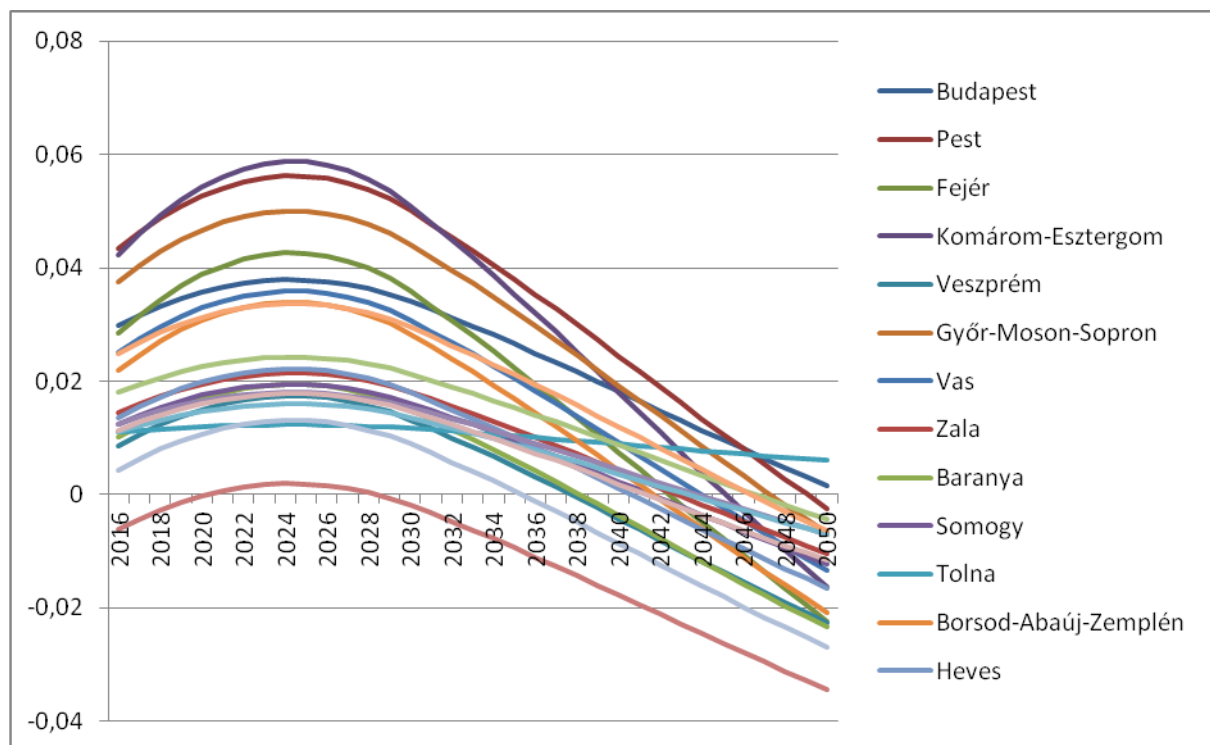
A szintértékek kiszámításánál ügyelni kellett arra, hogy a megyei szinten előrejelzett értékek összege megfelelően a makromodell által szolgáltatott országos értéknek. Amennyiben eltérés volt a kettő között, a megyei értékeket átskáláztuk egy szorzószámmal a következő képletnek megfelelően:

$$X_i' = X_i (X_{HU} / \sum X_i), \quad (R6)$$

ahol X'_i jelöli az átskálázott változót, X_{HU} a makromodell által adott országos értéket, míg ΣX_i a megyei értékek összegét.

A fogyasztás növekedési ütemét a 9. táblázatban bemutatott paraméterek alapján jeleztük előre megyei szinten, és az eredményeket a 28. ábra mutatja be.

28. ábra: A fogyasztás előrejelzett növekedési üteme megyénként



A fogyasztás milliárd forintban kifejezett értékét KSH-adatok alapján becsültük meg (KSH, 2014). A GDP-hez hasonlóan ebben az esetben is 2013-as adatok állnak rendelkezésünkre, de csak regionális bontásban. A KSH által közölt egy főre jutó regionális fogyasztási értékeket a megyei népességgel szorozva kaptuk a megyénkénti fogyasztások értékét.

10. táblázat. Az előrejelzett fogyasztás indulószintjei megyénként, 2013-ban (Mrd Ft)

Budapest	Pest	Fejér	Komárom-E	Veszprém	Győr-M-S	Vas	Zala	Baranya	Somogy
1668,66	1193,955	357,414	260,09	297,845	381,248	217,005	239,982	285,766	241,044
Tolna	Borsod-A-Z	Heves	Nógrád	Hajdú-B	Jász-N-Sz	Szabolcs-Sz-B	Bács-Kiskun	Békés	Csongrád
174,34	492,404	220,932	145,122	381,405	272,835	397,62	425,36	293,662	335,38

Forrás: KSH-adatok alapján saját szerkesztés

Az átskálázást a fogyasztás esetében is a fent jelzett módszer szerint végeztük el.

A foglalkoztatás paramétereinek a becslése

A foglalkoztatás becslésénél nem az előző modell által adott paramétereket használtuk. Erre azért volt szükség, mert néhány megyében nagyon erős trend került be az egyenletekbe, ami eltérítette az adatokat, ugyanakkor nincs a modellünkben – a kutatás jelenlegi fázisában – olyan strukturális összefüggés, amibe a megyei lebontás visszacsatolhatna. A megyénkénti becsléshez használt modell a következő:

$$dFR_{i,t} = a_i + b_1 dy_{HU,t} + b_2 dFR_t + \varepsilon_{i,t}, \quad (R7)$$

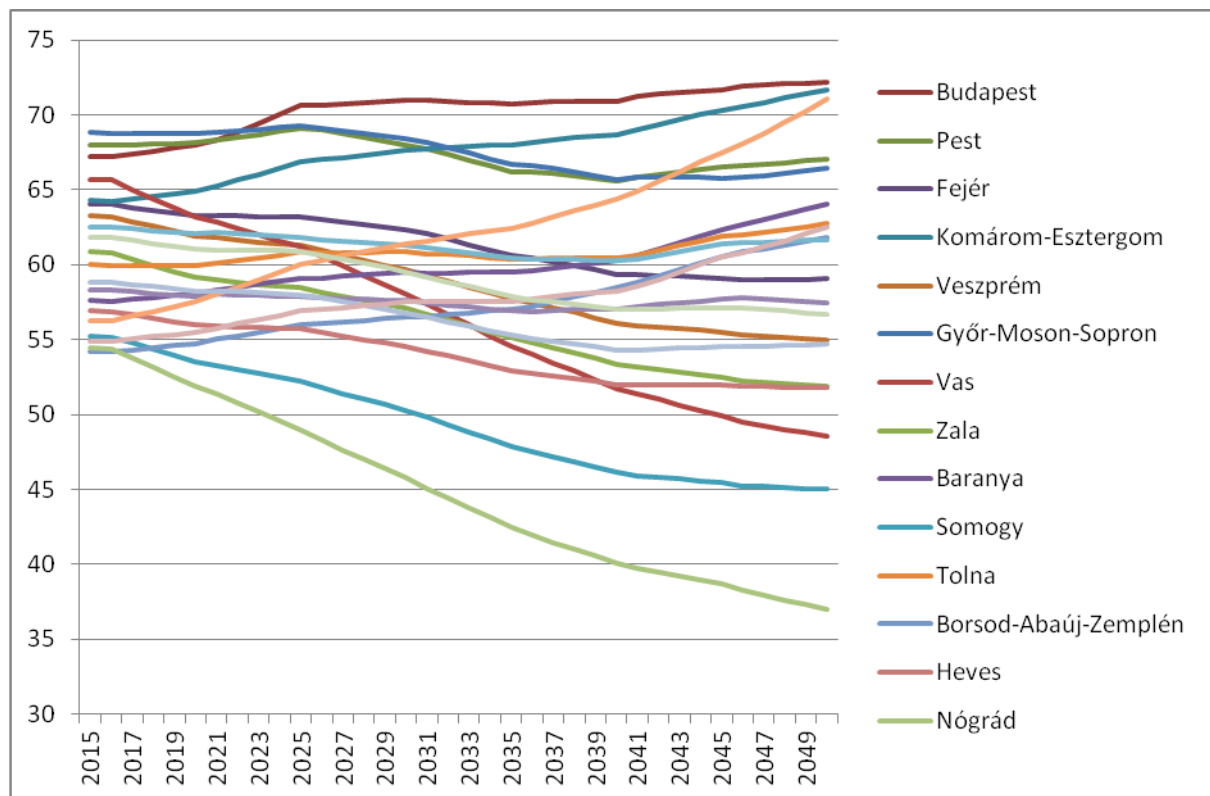
ahol $dFR_{i,t}$ a megyei szintű foglalkoztatási ráta növekedési üteme, dFR_t az országos foglalkoztatási ráta növekedési üteme, a többi változó és paraméter pedig a korábbi modellekkel analóg módon értelmezhető. Az (R7) egyenlet becslése során az egyes megyék esetében a következő paraméterértékeket kaptuk:

11. táblázat: A foglalkoztatás paramétereinek a becsült értékei

	Budapest	Pest	Fejér	Komárom- Esztergom	Veszprém	Győr- Moson- Sopron	Vas	Zala	Baranya	Somogy
a_i	-0,00027	-0,00212	-0,00388	-0,00437	-0,00576	0,000878	-0,00842	-0,0114	0,010561	0,001602
b_1	0,133997	0,104308	0,099051	0,403839	0,102475	-0,06998	0,001945	0,377565	-0,39706	-0,37977
b_2	0,633762	0,781059	1,246462	0,642354	1,26484	0,90042	1,46851	0,658527	0,719183	1,522726

	Tolna	Borsod- Abaúj- Zemplén	Heves	Nógrád	Hajdú- Bihar	Jász- Nagykun- Szolnok	Szabolcs- Szatmár- Bereg	Bács- Kiskun	Békés	Csongrád
a_i	0,002339	0,004341	-0,00372	-0,0032	-0,00326	0,003037	0,01309	0,001345	0,005604	-0,00041
b_1	-0,04166	-0,02707	0,044379	-0,40998	0,160308	-0,15017	-0,31444	-0,16978	-0,09536	-0,10845
b_2	1,11908	1,05985	1,128966	2,616573	1,166272	1,810728	1,437397	0,74844	0,538696	1,213121

29. ábra: Az előrejelzett foglalkoztatási ráták megyénként



A modellezés tapasztalatai, jövőbeli teendők

A továbbiakban bemutatjuk a modellezés legfontosabb tapasztalatait és felvázoljuk azokat az irányokat, amelyekben a jövőbeli továbbfejlesztést indokoltnak látjuk.

A NATÉR rendszer egy meglehetősen komplex célt tűzött ki azzal, hogy olyan gazdasági-társadalmi előre számítást, forgatókönyveket készítsünk, amelyek a klímaváltozás gazdasági-társadalmi hatásait időben és térben lebontva megjelenítik. E többdimenziós kihívásnak teljes körűen az e projektben rendelkezésre álló erőforrások mellett nem lehetséges teljes körűen megfelelni, ezért az itt bemutatott gazdasági modellblokk csupán egy első lépésnek tekinthető abban az irányban, hogy a térbeli és időbeli visszacsatolások a klímaváltozás kapcsán komplex módon kezelhetőek legyenek.

A legfontosabb megjegyzés a modellezés tapasztalataival kapcsolatban talán az, hogy a gazdasági előreszámítások, forgatókönyvek pusztán gazdasági vetületeivel kapcsolatban viszonylag standard módszertan áll rendelkezésre – ezt követtük a DSGE modell építésénél, valamint a hosszú távú vezérlők közül a TFP és a demográfia kapcsán. Természetesen ebben a dimenzióban is lényeges további kiegészítések, finomítások képzelhetők el.

- A DSGE modell számos ponton bővíthető, kiegészíthető. Bár most kifejezetten a hosszú távú dinamikát szem előtt tartva számos súrlódást kiiktattunk a DSGE modellek standard eszköztárából (és ezáltal inkább egy RBC modellhez közelálló verziót kaptunk), ezen elemek beépítése hasznos lehet abból a szempontból, hogy a külső sokkok hatásának átgyűrűzését a gazdasági rendszeren rövidebb időszakok viszonylatában is pontosabban megragadja a modell és ne csak a főbb trendeket tükrözze vissza.
- Kapcsolódva az előző ponthoz, cizelláltabb gazdaságpolitikai blokk beépítése hasznos lehet: egyrészt a monetáris politika és ezzel együtt a kamatkörnyezet szerepének irányába fontos kiegészítések tehetők, másrészt a fiskális politika megjelenítése a modellben pontosabb és részletesebb lehet, ami kifejezetten hasznos a klímaváltozás hatásainak beemelése szempontjából.
- A TFP hosszú távú alakulására felírt összefüggések parametrizálását alapvetően az OECD már hivatkozott ENV-Growth modellje alapján készítettük. Ez a módszer azonban továbbgondolható, a paraméterek ökonometria becslése is szóba jöhet a kalibrálás mellett.

A modell igazi kihívása azonban a klímaváltozás modellezése, valamint ezzel együtt a NATÉR rendszer más blokkjaival (földhasználat, demográfia) történő összekapcsolás. Jelen modell a klímaváltozást exogén elemként kezeli, a földhasználatot nem tartalmazza, a demográfia pedig szintén exogén elemként jelenik meg. Alapvetően két irányban találunk továbbfejlesztési pontokat itt: egyrészt a klímaváltozás komplexebb modellezése lenne fontos, másrészt a földhasználat és demográfiával kapcsolatos visszacsatolások modellezése.

A klímaváltozás komplexebb modellezése kapcsán az alábbi pontokat emelnénk ki. A modell jelen formájában mindössze két ponton kapcsolódik be a klíma-index a gazdasági hatásokba: egyrészt a TFP-re gyakorolt hatáson keresztül, másrészt az infrastrukturális beruházásokon keresztül. Nyilvánvalóan ennél jóval komplexebb hatásmechanizmusról van szó, ugyanakkor ennek megjelenítése értelemszerűen a modell komplexitásának növekedését is kívánja.

- A klímaváltozás hatásainak pontosabb megjelenítése mindenképpen valamilyen fokú szektorális dezaggregációt igényel. Alapvetően a mezőgazdaság különválasztása indokolt egy első körös dezaggregációban, mivel a legélesebben ez az ágazat van kitéve a klímaváltozás hatásainak, azonban a továbbgyűrűző hatások pontos számszerűsítése egy többszektoros modell keretében érhető el a leginkább.
- Pontosabb kép adható a technológia és a klímaváltozás kapcsolatáról, ami szintén egy többszektoros rendszerbe vezethető be a legalkalmasabban.

- A modell jelen formájában a klímaváltozás egy indexszámon keresztül jelenik meg, ami exogén változó. Érdekes lehet ennek többdimenzióssá tétele, amely mentén az egyes klíma-változók (pl. csapadék, hőmérséklet, szélsőséges időjárási körülményekkel jellemezhető napok száma, stb.) differenciált módon hatnak a gazdasági változókra, szektorokra.

A demográfiai és földhasználati rendszerek/modellekkel való kapcsolat egyes visszacsatolások beépítésével bővíthető.

- A mezőgazdaság különválasztásával a földhasználat fontos termelési tényezőként jelenhet meg a modellben és közvetlenül a klímahatások belépési pontja lehet, de akár a föld, mint termelési tényező rendelkezésre álló mennyiségén/minőségén keresztül, áttételesen is kezelhető a klímaváltozás hatása.
- A demográfia kapcsán fontos visszacsatolás a vándorlási egyenlegek szerepe, amely a gazdasági változók (reáljövedelem, bérek, stb.) függvényében alakul, ugyanakkor a vándorlási egyenlegek a munkakínálat befolyásolásán keresztül visszahatnak a gazdasági tevékenység szerkezetére.

A lehetséges továbbfejlesztési irányok között egy további fontos elem is szerepel. A jelen modell regionális (megyei) dimenziója egy egyszerű statisztikai összefüggésen alapul: a megyei változók múltbeli együttmozgása az országos változókkal ad egyfajta támpontot az előreszámított országos adatok megyei lebontására. Ez azonban semmiféle strukturális összefüggést nem feltételez az egyes régiók között. Egy lehetséges, ám igen komplex továbbfejlesztési lehetősége a modellnek, ahol nem országos szintű makromodellt építünk, hanem megyei szintű modelleket, amelyek migráción, kereskedelmen és tőkekapcsolatokon keresztül állnak kapcsolatban egymással.

Végül pedig egy általános megjegyzést tennénk a klímaváltozás hatásainak gazdasági modellezéséről. Valamennyi esetben, amikor a klímahatás komplexebbé tételéről beszélünk, egyben azt is rögzítenünk kell, hogy a modellben újabb és újabb paraméterek kerülnek, amelyek valamilyen módon az egyes gazdasági változók rugalmasságát mérik egyes klímaváltozókra (ilyen a jelenlegi modellben a TFP csapadékmennyiségre mért rugalmassága). Minél több ilyen paraméter kerül be a modellbe, annál nagyobb kihívást jelent ezek számszerűsítése. Egyrészt nehezen találhatóak olyan korábbi kutatások, amelyeknek a bázisán az ilyen paramétereket egyszerűen be lehetne állítani valamilyen standard, már megmért értékre. Másrészt, ismert paraméterezés hiányában viszonylag kevés adat áll rendelkezésre, amelyeknek a bázisán ezek az összefüggések megbecsülhetők. Harmadrészt pedig, ha rendelkezésre is állnak adatok, egyáltalán nem triviális a becslések módszertana.

Összegezve tehát, bár a modell számos továbbfejlesztési lehetőséget kínál, kifejezetten a klímaváltozás irányába történő lépések jelentős empirikus és elméleti kihívásokat is felvetnek a jövőben.

A FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁS MODELLEZÉSE

A modellezés folyamatának bemutatása

Az „Áttekintő tanulmány a modellezési lehetőségekről” című előtanulmányunkban ismertetett modellezési folyamatot kisebb változtatásokkal és kiegészítésekkel sikerült a projekt folyamán megvalósítanunk. A tervezetthez képest a módosítások egyrészt a tanulási folyamatból adódtak, mely során pontosan feltérképeztük a kiválasztott szoftverkörnyezet adta lehetőségeket, és tisztáztuk egyes elképzelések megvalósíthatóságát (pl.: a dinamikus magyarázó változók kezelése). Más esetekben a földhasználati modellezés módszertanához és gyakorlatához köthető problémák miatt kényszerültünk módosításokra. A gyakorlati munka során a tervezetthez képest a következő fontosabb módosítások történtek:

- két modellfuttatás helyett három készült el, melynek oka a szoftverkörnyezet működésének megismerése és a kialakított magyarázó változói kör tesztelése volt, felgyorsítva ezzel a tanulási folyamatot,
- a modellezési folyamat elkezdése előtt összeállított bemeneti indikátorok mellett a modellépítés folyamatával összhangban szükségessé vált azok körének bővítése, egyesek átdolgozása,
- terveink szerint a földhasználati változásokat 6 almodell segítségével jeleztük volna előre, ez azonban módszertani okok (az LCM-ben ugyan a kategóriák közötti átalakulások tetszőlegesen összevonhatók almodellekbe, ugyanakkor az MLP hálózat tanításánál az alkalmazható mintanagyságot ez befolyásolja, tehát jelentős nagyságrendbeli eltéréseknél csak a legkisebb mennyiségűnek megfelelő mintanagyságot lehet kijelölni, különben az a hálózat túltanításához vezethet), illetve a gyenge tanulási eredmények miatt nem volt megvalósítható. Mivel 6 felszínborítási kategóriára vállaltuk az előrejelzés elkészítését, így összesen 30 almodellt kellett megalkotnunk a munka folyamán.

Az átalakulási potenciál modellezése Simweight módszerrel

A modellezés lépéseinek kialakításakor az MLP neurális hálókat kívántuk felhasználni az átalakulási potenciáltérképek elkészítéséhez. Az MLP használatával elért kezdeti eredmények a legtöbb átalakulás esetében azonban várakozáson alulinak bizonyultak. Mivel a módszer sajátossága az, hogy

alapvetően egy „black box”-ként működik, így kevés visszacsatolás van az alkalmazók felé arról, hogy milyen problémák állnak ennek a hátterében. Valószínűsíthető volt, hogy a problémát a magyarázó erő hiánya okozta a kiválasztott indikátoraink egy részénél. Éppen ezért úgy döntöttünk, hogy megoldásként a SimWeight gépi tanulási módszerhez fordulunk, amely egyértelmű visszajelzést ad ezekről, és éppen ezért a modellezés első lépéseként előállítandó „transition potential”, vagyis átalakulási potenciál térképek egyszerűen előállíthatók. A SimWeight metódus alkalmazása vissza is igazolta sejtésünket, mely szerint bizonyos átalakulási almodellek esetében (pl.: a komplex és rét, legelő területeket érintők) nem rendelkezünk megfelelő input adatokkal azok megfelelő előrejelzéséhez, illetve azok területi felbontása (méretaránya) nem megfelelő az általunk választott 250 m-es modellezési felbontáshoz. Ezért a modellezés folyamán folyamatosan gyűjtöttünk és készítettünk új bemeneti indikátorokat, különösen olyanokat, amelyek eredeti felbontása jobban megközelítette a kiinduló felszínborítási térképekét.

A Simweight módszer használatával készített átalakulási potenciál térképeket azok relatíve alacsony megbízhatósága ellenére is úgy döntöttünk, hogy felhasználjuk egy modellfuttatáshoz, hiszen ez segítette az LCM programkörnyezet teljes megismerését. Az elkészített 2030-as felszínborítási és a „soft” előrejelzés térkép eredményeit a projekt során megrendezésre kerülő konferencia előadásainkon használtuk fel szemléltetésként, azonban azok további felhasználását nem javasoljuk, így a NATÉR-be sem tervezzük átadni.

Az átalakulási potenciál modellezése MLP módszerrel

A Simweight módszer által gyűjtött tapasztalatokból kiindulva, egyrészt új magyarázó változókat kerestünk, másrészt az ott „bevált” indikátorok felhasználásával elkezdtük felépíteni az MLP módszerrel a 30 almodellt. Az új bemeneti mutatók közül a távérzékelésből származó (MODIS 16 napos EVI) származtatott adatok, valamint a különböző felszínborítási típusoktól mért távolságot, a tájdiverzitás változását (áttételesen a zavarást) kifejező származtatott indikátorok emelhetők ki. Ezek további előnye a magyarázó erejük mellett a modellbe jobban illeszkedő térbeli felbontásuk volt. A települési társadalmi-gazdasági adatok integrálása meglehetősen nehéznek bizonyult, mert méretarányuk nem illeszkedett a modellezéséhez, így az MLP számára integrálásuk sok esetben nem hozott pontosságbeli javulást.

Az almodellek kialakítása során gondot jelentett az is, hogy az MLP által adott eredmények nem megismételhetők, tehát ugyanazt a végeredményt (pontosságot) ugyanazokkal a változókkal és paraméterekkel nem lehet teljesen pontosan reprodukálni két eltérő futtatás esetén. Az egyes futtatások kiértékelését segítő dokumentációból nyerhető következtetések nem mindig egyértelműek (pl.: indikátorok szerepének értékelése változhat), illetve a nagyon

kis tanítási mintaszámok esetén ugyan magas pontosságot, és alacsony RMS hibát jelez a szoftver, de ez inkább a túltanításra utal.

Tapasztalataink szerint a modellezés folyamán a szomszédsági hatás játszotta a döntő szerepet. Egyrészt úgy is, mint egy adott kategóriától való távolság, gondoljunk arra, hogy a települések növekedése a településből kivezető utak, és a beépítés határa mentén megy elsősorban végbe, illetve úgy is, hogy ahol már volt változás, ott nagyobb eséllyel lesz a jövőben is. Más tényezőknek kevésbé volt ennyire markáns megjelenése, ami nyilván a már említett méretarány/adatintegrációs problémából is következhetett.

Az MLP modell módosítása demográfiai, klíma és tervezési tényezőkkel

A „bázis” modell átalakulási potenciáljainak elkészítése és a modellezés lefuttatása után kezdtünk hozzá a tervezési tényezők (OTrT megfelelő rétegei), valamint más modellezési területek eredményeinek integrálásához. Az LCM szoftver lehetővé teszi, hogy minden almodellhez hozzárendeljünk egy „Constraints/Incentives Map”-et, tehát a megkötések és ösztönző erőket összefoglaló térképet rendeljünk. Ennek keretében lehetőség van akár egy adott területen teljesen megtiltani bizonyos átalakulásokat, vagy épp azok mennyiségét megemelni. Az LCM e térképek alapján módosítja a „bázis” modell átalakulási potenciál térképét és az új „szcenáriónak” megfelelőt hoz létre.

A figyelembe vett tervezési elemek:

- Natura2000 területek
- Nagyvízi meder területe
- Szükségtározók területe
- Erdősítésre alkalmasnak ítélt terület

További, itt beépített elemek:

- Demográfiai előrejelzéssel foglalkozó alcsoport eredményei
- Évi csapadékmennyiség jövőben várható változása
- Évi középhőmérséklet jövőben várható változása

A munka elején egy úgynevezett tervezési mátrixot alkottunk meg, amelyben a megszorító és ösztönző tényezőket hozzárendeltük az egyes felszínné alakulási almodellekhez (lásd 12. táblázat).

12. táblázat: A korlátozó és ösztönző tényezők és a földhasználat-változások összekapcsolása

	Natura 2000 ter.	Nagyvízi meder	Szükség-tározók	Erdősítésre kijelölt ter.	Demográfiai prognózis	Csapadék változás	Hőmérséklet változás
Mesterséges felszínre al.	0	0	0		0,7 – 1,5		
Szántóvá al.	0					0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Erdővé al.		1,2	1,2	1,2		0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Szőlő-gyümölcsre al.	0						

Mint a táblázatból látható, a gyepterületté alakulás és a komplex mezőgazdasági felszínre alakulás esetében nem állapítottunk meg korlátozó vagy ösztönző tényezőket. A 0-s értékek teljes korlátozást jelentenek, a 0 és 1 közé eső értékek arányosan csökkentik az átalakulási potenciáltérképek értékeit, az 1-es érték nem befolyásolja, az 1 feletti értékek pedig növelik az eredeti potenciáltérképekhez képest az átalakulás valószínűségét. Az értékeket az OTRT tartalmának figyelembe vételével és szakértői becsléssel állapítottuk meg.

A mesterséges felszínek esetén teljes korlátozást vezettünk be a nagyvízi mederre, szükségtározókra és Natura2000 területekre. Az ezeken kívül eső területeken az átalakulási potenciáloknak a demográfiai előrejelzés eredményei alapján felfelé vagy lefelé korrigált értékei érvényesek (30. ábra).

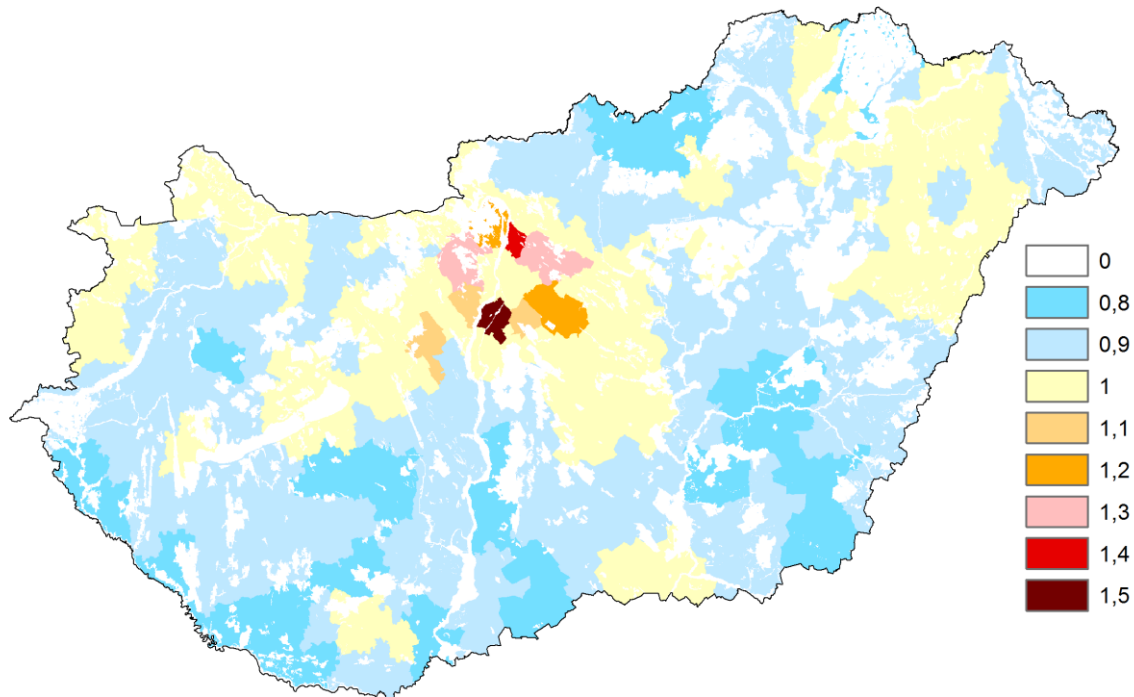
A szántóvá alakulást teljesen lekorlátoztuk a Natura2000 területeken, az ezen kívül eső területeken az évi középhőmérséklet és évi csapadékmennyiség prognosztizált változásának együttes hatása érvényesül.

Az erdővé alakulás valószínűségét ösztönöztük az árvízi szükségtározók, nagyvízi meder és az Országos területrendezési tervben erdőítésre kijelölt területek esetén, az ezen kívül eső területeken az évi középhőmérséklet és évi csapadékmennyiség prognosztizált változásának együttes hatása érvényesül.

Végül pedig a szőlő-gyümölcsre alakulás teljes körű korlátozásra került a Natura2000 területeken.

A különböző korlátozások és ösztönzések csak az adott kategória bővülését serkentik, akadályozzák vagy tiltják, az egyes területeken már meglévő mesterséges felszínek, szántók stb. átalakulási valószínűségein nem módosítanak.

30. ábra: Az egyes területekre vonatkozó korlátozások, ill. ösztönzések a mesterséges felszín alakulásra



Az elkészült modellek validálása

A 30 almodell elkészítésekor a szoftverhez kapcsolódó kézikönyvekben és példafeladatokban alkalmazott kritériumok elérését tűztük ki célul. Az MLP hálózat tanulási folyamatában többféle, a pontosságra utaló visszajelzés érkezik a felhasználó felé:

- az MLP hálózat pontossága – ennek előállítása során az adott almodellhez tartozó tanuló mintát tanulási és teszt adatbázisra osztja, majd minden tanulási iteráció befejezése után ez utóbbi tartalmát besorolja változatlan, vagy változó osztályokba, és megnézi a találati pontosságot %-ban kifejezve (a Clark Labs nem határoz meg erre vonatkozó konkrét ajánlást, de különböző mintafeladatokban, publikációkban a 80 % és afeletti eredményeket jónak tekintik)
- a „Skill Measure” – értéke -1 és 1 közötti lehet, ahol a 0 érték a véletlenszerű találatot jelenti, tehát a modellünknek csak abban az esetben van magyarázó ereje, amennyiben értéke nagyobb, mint 0 (erre sem adtak meg a fejlesztők konkrét határértékeket, de publikációkban a 0,6-nál magasabb eredményeket jónak tekintik),

- a tréning és a teszt RMS hibája – ez utóbbi mutatók alakulásának kijelzése alapvetően a tanítási fázis irányításához nyújt segítséget (pl.: hosszú ellaposodó görbe esetén meg lehet azt szakítani, hiszen érdemi javulás nem várható az elért eredményhez képest).

Ezek mellett a tanulási iterációk végén megjelenő eseménynapló nyújt még több információt annyiban, hogy a Skill Measure értékét felbontja „Transition” (változó) és „Persistence” (változatlan) kategóriákra.

A részmodellek kialakítása és az MLP hálózat tanítása során a fentiek alapján a célkitűzésünk a 80 % MLP pontosság (0,6 Skill Measure) elérése volt. Az általunk ténylegesen elért eredményeket a bázis modell esetében az alábbi táblázatban foglaltuk össze (13. táblázat).

A táblázatból látható, hogy a kitűzött pontossági célt nem minden esetben tudtuk elérni. A képet tovább árnyalja, hogy a 80 % feletti értékek esetében alapvetően mennyiségileg kis változásokról van szó, melyet az MLP módszer rosszul kezel, illetve a legrosszabb eredményeket mutató almodellek között nagy volumenű felszínborítás-változások is találhatók. Összefoglalva tehát ugyan az esetek többségében jó eredményeket értünk el, ugyanakkor a már korábban is említett Komplex és Rét, legelő területekből történő átalakulások modelljeinek további finomítására még szükség lenne, amelyet idő hiányában sem tudtunk a jelen projekt keretében elvégezni.

13. táblázat: Az egyes almodellek esetén elért pontosság és Skill measure értékek

Szubmodell	MLP Pontosság (%)	Transition SM	Persistence SM	Skill Measure
Mest. f. - Szántó	76.15	0.8081	0.2292	0.6231
Mest. f. - Szőlő-gyümölcs	85.19	0.5	0.8667	0.7037
Mest. f. - Rét, legelő	80.18	0.5536	0.6545	0.6036
Mest. f. - Komplex hasz.	78.24	0.6383	0.4949	0.5648
Mest. f. - Erdő	81.36	0.7241	0.5333	0.6271
Szántó - Mest. f.	77.88	0.3602	0.7587	0.5576
Szántó - Szőlő-gyümölcs	77.05	0.4028	0.6806	0.5411
Szántó - Rét, legelő	78.34	0.544	0.5899	0.5668
Szántó - Komplex hasz.	77.52	0.6051	0.495	0.5504
Szántó - Erdő	81.33	0.7314	0.5203	0.6266
Szőlő-gyümölcs - Mest. f.	83.16	0.6596	0.6667	0.6632
Szőlő-gyümölcs - Szántó	74.27	0.5522	0.4176	0.4853
Szőlő-gyümölcs - Rét, legelő	75.04	0.4881	0.5134	0.5007
Szőlő-gyümölcs - Komplex hasz.	75	0.5126	0.4877	0.5
Szőlő-gyümölcs - Erdő	80.88	0.6446	0.5898	0.6177
Rét, legelő - Mest. f.	81.32	0.6277	0.625	0.6263
Rét, legelő - Szántó	67	0.1883	0.4918	0.34
Rét, legelő - Szőlő-gyümölcs	73.88	0.6201	0.3333	0.4775
Rét, legelő - Komplex hasz.	75.02	0.6122	0.387	0.5004
Rét, legelő - Erdő	75.77	0.4464	0.5845	0.5153
Komplex hasz. - Mest. f.	73.12	0.5631	0.3619	0.4624
Komplex hasz. - Szántó	71.47	0.1501	0.7022	0.4295
Komplex hasz. - Szőlő-gyümölcs	80.87	0.6886	0.5463	0.6173
Komplex hasz. - Rét, legelő	67.01	0.392	0.2873	0.3402
Komplex hasz. - Erdő	74.4	0.4196	0.5562	0.4879
Erdő - Mest. f.	80.31	0.6087	0.604	0.6062
Erdő - Szántó	75.05	0.7445	0.2471	0.5009
Erdő - Szőlő-gyümölcs	75.11	0.6637	0.3448	0.5022
Erdő - Rét, legelő	78.13	0.5934	0.5319	0.5626
Erdő - Komplex hasz.	78.27	0.5948	0.5359	0.5654

Kappa elemzés eredményei

A modellezés tervezésekor is jeleztük, hogy az elkészült modell validációját a 2012-es Corine felszínborítási adatbázishoz mérve kívánjuk elvégezni, melyre az LCM korlátozottan ad csak lehetőséget (csak „találati” térképet készít, statisztikát nem), így a RIKS BV szoftverét, az ingyenesen elérhető „Map Comparison Kit”-et (MCK) kívánjuk használni. Az MCK-ban megtalálható módszerek közül a Kappa

asszociációs/hasonlósági együtthatót alkalmaztuk.⁷ Két mérést végeztünk el, az egyiket a „bázis”, a másikat a különböző tervezési, demográfiai és klímaváltozási tényezőkkel korrigált modellünk 2012-es eredményire, melyeket a Corine CLC2012-es valós földhasználati térképpel vetettünk össze.

Az MCK szoftver a Kappa meghatározását két tényező mentén végzi. A Kappa Location (KLoc) érték a a felszínborítási kategóriák térbeli elhelyezkedésének egyezését vizsgálja pixel szinten, míg a Kappa Histogram (KHisto) azok mennyiségi megjelenését. A két tényező szorzata adja meg a Kappa értékét. E mutatók meghatározhatók összevontan az egész térképre, és az összes felszínborítási kategóriára külön is. A Kappa érték azonban önmagában nem szolgáltat elegendő információt a modell értékeléséhez, tekintve, hogy egyes esetekben egy 0,7-es érték nagyon jónak, míg más esetekben közepes eredménynek számít (Hagen, 2002). A pontosabb kép meghatározásához a Corine CLC2012-es térképét egy korábbi referencia térképpel kell összehasonlítanunk, mely esetünkben a Corine CLC2000 volt (a táblázatokban referencia mérésnek szerepel). A három mérés eredményeit az alábbi táblázatok foglalják össze (14. és 15. táblázat).

14. táblázat: A Kappa elemzés eredményei

	A "bázis" modell	A korrigált modell	Referencia mérés
Kappa	0.87707	0.87793	0.85025
KLoc	0.9017	0.90258	0.88192
KHisto	0.97268	0.97268	0.96409

Mindkét modell esetében a Kappa együttható értéke 0,87-re adódott, ami abszolút értelemben és a referencia méréshez képest is jó eredménynek számít, annál minimálisan magasabb. A korrigált modellünk esetében a Kappa értéke pár ezreddel jobb, mint a „bázis” modellé, ami KLoc jobb eredményéből következik. Tehát a tervezési és egyéb tényezők, ha nagyon kis mértékben is, de pontosítottak a felszínborítás változás előrejelzésünk térbeli mintázatán. A KHisto értékek azonosak, hiszen az LCM a Markov láncok módszerével határozza meg az átalakulás mennyiségét, ami lényegében a bemeneti térképek alapján

⁷ Földhasználati modellek értékelésekor alkalmazzák még a Kappa szimuláció módszerét is, melyben kifejezetten a változás előrejelzésének pontosságát mérik a hely (KTransLoc) és a mennyiség (KTransition) vonatkozásában. Esetünkben azonban kifejezetten csak a változások pixel alapon történő statisztikai mérése nem szükséges, hiszen az adatokat települési szintű aggregálásban adjuk át a NaTÉR rendszerébe.

meghatározott fix területnagyság modellezési időtávra eső időarányos leképezésével áll elő.

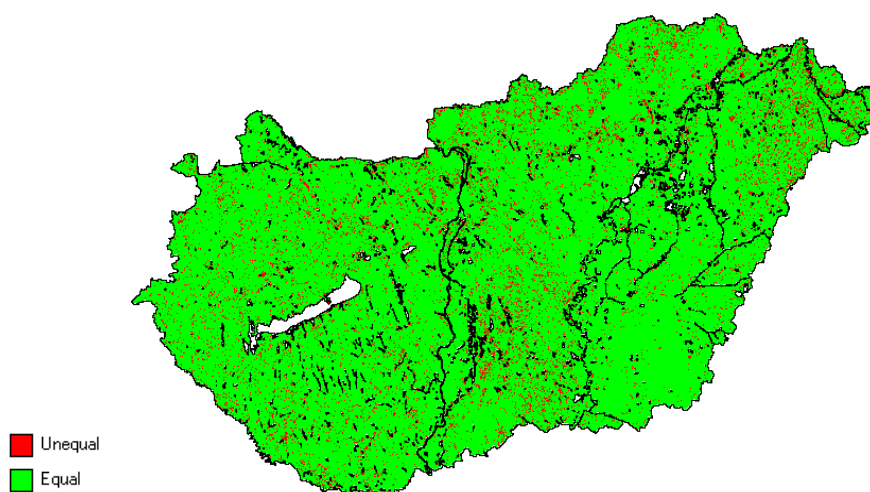
15. táblázat: A Kappa elemzés eredményei földhasználati kategóriák szerint

"Bázis" modell	Mest. Felsz.	Szántó	Szőlő-gyümölcs	Rét, legelő	Komplex ter.	Erdő
Kappa	0.92489	0.8868 1	0.67603	0.83314	0.75792	0.9276 1
KLoc	0.93189	0.9064	0.77721	0.85201	0.84376	0.9364 3
KHisto	0.99249	0.9783 8	0.86981	0.97785	0.89827	0.9905 9
Korrigált modell						
Kappa	0.92576	0.8876 5	0.6768	0.83447	0.75844	0.9283 7
KLoc	0.93276	0.9072 6	0.7781	0.85337	0.84433	0.9371 9
KHisto	0.99249	0.9783 8	0.86981	0.97785	0.89827	0.9905 9
Referencia mérés						
Kappa	0.90675	0.8689 1	0.61531	0.80843	0.69083	0.9110 8
KLoc	0.94037	0.8900 3	0.65286	0.82243	0.72122	0.9547 6
KHisto	0.96424	0.9762 7	0.94247	0.98298	0.95786	0.9542 5

Az egyes földhasználati kategóriák szintjén mért értékekkel kapcsolatban azt emelhetjük ki, hogy a szőlő-gyümölcs, a rét, legelő és a komplex területek KHisto értékei kivételével némileg jobbak a referencia mérésünk eredményeinél. Ez azt jelenti, hogy e területek esetében a mennyiségi (KHisto) előrejelzéssel vannak a problémák, melyet az LCM részben kötött rendszerében nehéz befolyásolni.

Az MCK a valós és a modellezett térképek összehasonlításakor készít egy különbségtérképet is, mely pixel szinten mutatja meg az eltéréseket. A korrigált modell eredményei a 2012-es Corine CLC-hez képest az alábbi térképeken láthatók (az egyezések zöld színnel, az eltérések pirossal) (31. ábra).

31. ábra: A tervezési elemekkel korrigált modell és a 2012-es Corine térkép közötti eltérések



A puha előrejelzés eredményeinek összevetése a 2006-2012 közötti valós változásokkal

Az előrejelzett és a Corine adatok szerinti 2006-2012 közötti változások egybeesésének megállapításához a puha előrejelzés eredményei is felhasználhatók. Ehhez a tervezési elemekkel korrigált puha előrejelzést használtuk, átlagolva az egyes felszínborítási kategóriák 2006 és 2012 között átalakuló, illetve nem változó celláira eső átalakulási valószínűségeket (16. táblázat). (Az adatok értelmezésénél nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a puha előrejelzés értékei nem feleltethetők meg százalékoknak, az adatok csak egymáshoz viszonyítva értelmezhetők!)

16. táblázat: A tervezési elemekkel korrigált puha előrejelzés cellaértékeinek átlaga a 2006-2012 között változatlan és átalakult cellák esetében.

	2006-2012 között változatlan cellák	2006-2012 között átalakult cellák
Mesterséges felszínek	0,577	0,681
Szántók	0,546	0,730
Szőlők, gyümölcsösök	0,647	0,680
Gyepterületek	0,518	0,710
Komplex mezőgazdasági ter.	0,634	0,677
Erdők	0,519	0,686

Az eredmények igazolják azt, hogy a létrehozott előrejelzés az általános trendek tekintetében helyes: az összes kategória esetében magasabb volt az átalakult

területekre előrejelzett felszínborítás-váltási potenciál a változatlanul maradó celláknál. Viszont látható az is, hogy a két érték közti különbség kategóriánként igen eltérő, a szőlők, gyümölcsösök és a komplex mezőgazdasági területek esetében például meglehetősen közel van egymáshoz, ami arra utal, hogy a modell az egyes felszínborítási kategóriák esetében eltérő bizonytalanságot hordoz.

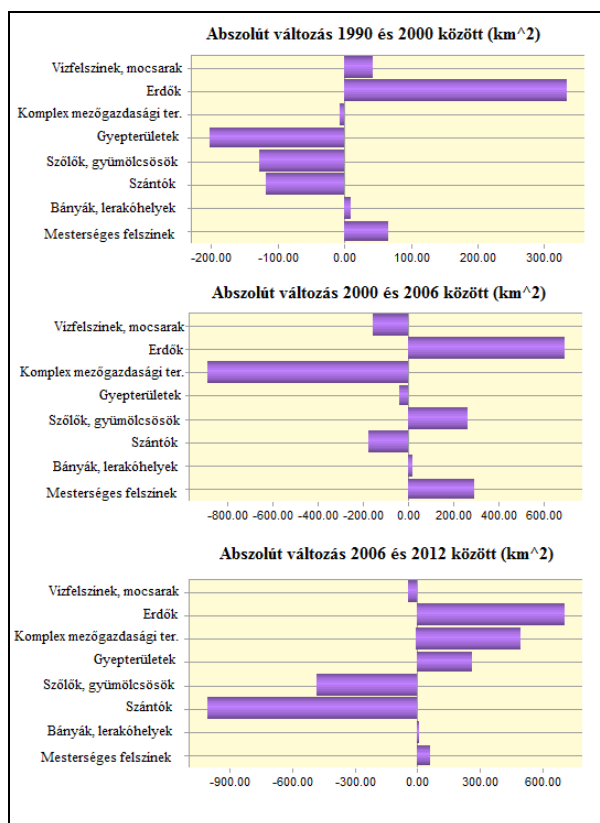
A 2012-re kapott eredmények településszintű összevetése a Corine CLC2012 adataival

A földhasználat-váltást magyarázó folyamatok jellegéből (és egyes magyarázó változók elégtelen felbontásából) következik, hogy egymáshoz szoros földrajzi közelségben sok azonos kategóriájú és hasonló átalakulási potenciálú cella van. A kemény előrejelzés során a Markov-láncmódszer ezek közül csak korlátozott számú esetében jelez átalakulást. Ha a jelzett átalakulás nem ott, hanem a szomszédos hasonló cellában következik be, a Kappa-elemzés validációs eljárása ugyanolyan jelentőségű hibaként tünteti fel, mintha az ország másik felében történt volna meg az átalakulás. Ennek a kiküszöbölésére vizsgáltuk meg a változásokat településszinten is. A 2006-2012 között bekövetkezetett és modellezett változások közti korrelációanalízis azonban csak a mesterséges felszínek és erdők esetében adott értékelhető eredményt (0,5 és 0,32). Ehhez hasonlóan a megfigyelt és modellezett változások 2006-os évhez viszonyított százalékos eltéréseinek négyzetes közepe sem hozta meg a várt eredményeket. A modell sikeres validálását azonban, mint a következőekben látni fogjuk, nagyban befolyásolják a Corine CLC2012-es adatbázis sajátosságai.

A Corine CLC2012-es adatbázis alkalmazásának problémái a validációban

A különböző validációs megközelítések részsikereinek okai részben magában a Corine CLC2012-es adatbázisban keresendők. A 2006-2012 közötti változások a korábbi trendektől számos ponton eltérnek, több kategória esetében előjelváltás következett be (szőlők, gyümölcsösök; komplex mezőgazdasági területek) (32. ábra). Ez magyarázattal szolgál a validálás során az egyes kategóriák eredményei közötti eltérésekre. Az egyes időszakok közötti éles különbségek pl. a szőlők, gyümölcsösök kategória esetében pl. nagy valószínűséggel a szabályozási környezet irányváltásainak tudhatók be (telepítés támogatása után kivágás támogatása). A hosszú távú trendek (lásd alább) alátámasztják azt, hogy az 1990-2006 közötti időszak alkalmas a modellezés kiindulópontjának, azonban a 2006-2012 közötti változások felhívják a figyelmet arra a bizonytalanságra, amit a szabályozási környezet hordoz magában.

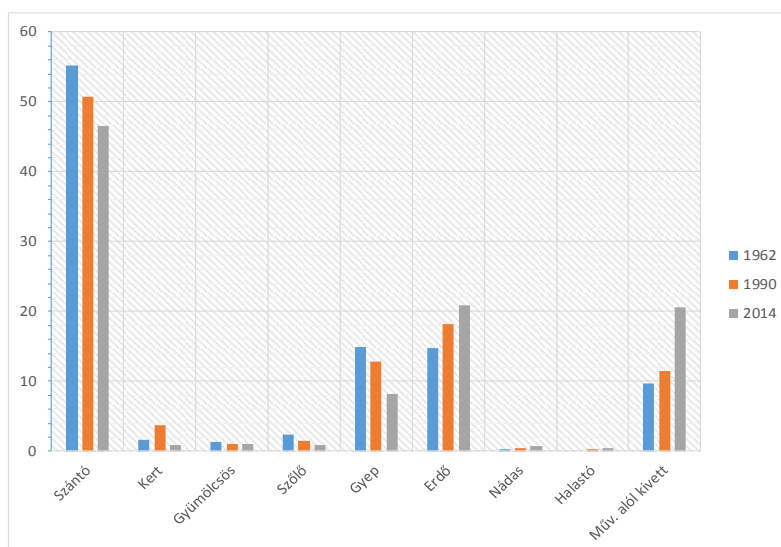
32. ábra: Az egyes földhasználati kategóriák területének változása 1990-2012 között



A modellezés alapján előrejelzett földhasználati változások

Az előrejelzés konkrét eredményeinek bemutatása előtt érdemes pár gondolatban összefoglalni a Magyarországra jellemző hosszú távú földhasználati trendeket. A KSH adatai alapján összeállított alábbi grafikonon három időpontban láthatóak az adatok: 1962-ben a második szövetkezetesítési hullám befejezésének évében, 1990-ben a rendszerváltozás elején, illetve 2014-ben (33. ábra).

33. ábra: Magyarország földhasználatának hosszú távú trendjei

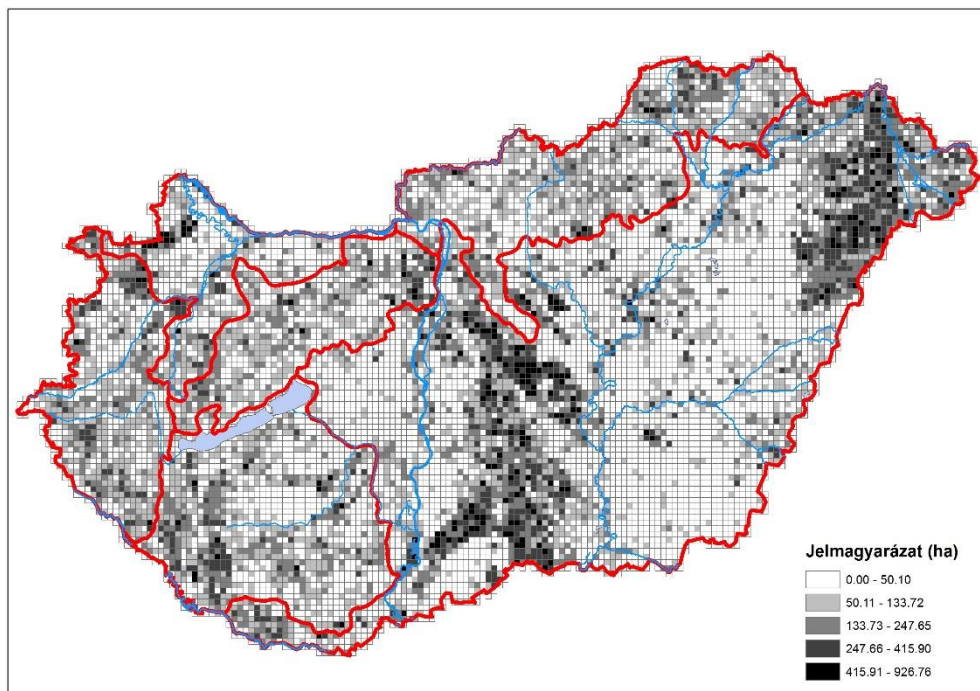


Forrás: Magyarország földterülete művelési ágak szerint, 1853–2014, KSH, https://www.ksh.hu/docs/hun/agrar/html/tabl1_3_1.html

Az ábráról látható, hogy vannak olyan több évtizedet felölelő trendek hazánk földhasználati rendszerének átalakulásában, melyek gazdasági-társadalmi rendszertől függetlenek. Erre példa a szántók, a szőlők és a gyepek területének csökkenése, valamint ellenkező előjelű folyamatként az erdő és a művelés alól kivett kategóriák növekedése. Természetesen a konverziók sebessége időben változik, hiszen a grafikonról is látható, hogy például a gyepek összterületének csökkenése, vagy a beépített területek növekedése 1990 után intenzívebbé vált. Míg 1962 és 1989 között évente kb. 25 e ha-on történt földhasználati változás, addig 1990 és 2014 között ez az érték közel 80 e ha-ra nőtt éves szinten, és csak a művelésből kivett kategória növekedése eléri az évi 30-35 e ha-t.

A KSH hosszú távú adatsorai sajnos e változások térbeliségéről nem adnak információt, így azt a Corine Land Cover Change 1990-2012 közötti adatbázisával tudjuk bemutatni. Eszerint 1990 és 2012 között a felszínborítás átalakulása 960 e ha-t érintett Magyarországon, melynek 57 %-a az Alföld nagytájára esett. Ezt az alábbi 34. számú ábra szemlélteti, amelyen 3x3 km-es referencia hálón ábrázoltuk a változással érintett terület nagyságát.

34. ábra: A felszínborítás változása 1990-2012 között, 3X3 km-es referenciahálóra vetítve



Forrás: Corine Land Cover Change 1990-2000, 2000-2006, 2006-2012, EEA, FÖMI, 2015

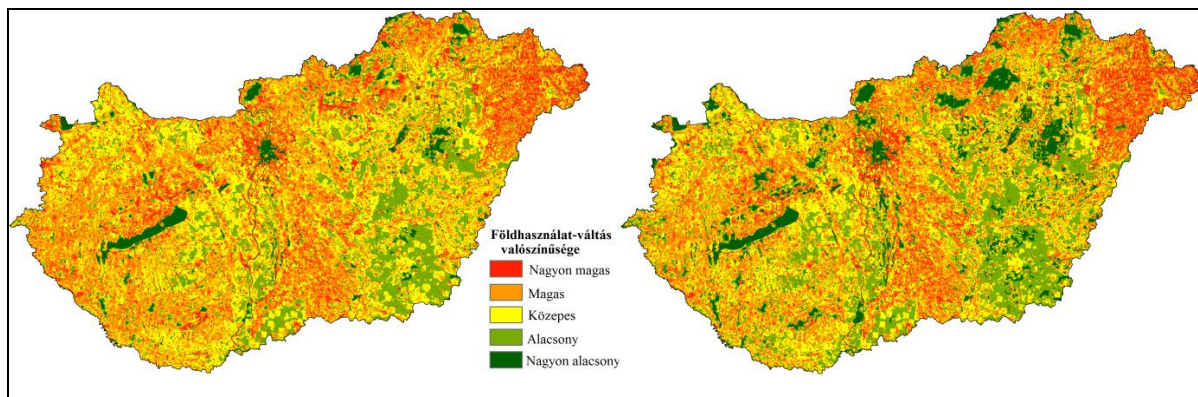
A puha előrejelzések értékelése

A kapott eredmények értékelésénél először célszerű az általános átalakulási valószínűséget bemutató puha előrejelzésekkel kezdeni. A puha előrejelzéseket alapvetően érzékenységi-sérülékenységi vizsgálatokban alkalmazzák, amikor is egy-egy élőhely és a hozzá kapcsolható földhasználat kitettségét kívánják modellezni, amelyre jó példa lehet a gyepek vagy az erdőterületek átalakulási potenciáljának meghatározása a különböző magyarázó tényezők függvényében. A jelen modellezésben a puha előrejelzést nem ebben a formában használtuk fel, hanem alapvetően a kemény előrejelzésünk utáni, 2030-tól 2050-ig terjedő időszak további trendjeinek felvázolására, amire konkrét számításokat a kiindulási időszak kis terjedelme (16 év) és időtávolsága miatt (több mint 30 év), már nem kívántunk végezni.

A 35. ábra a két modellfuttatás (a csak az átalakulási potenciálokat figyelembe vevő bázis és tervezési tényezőkkel korrigált modell) puha előrejelzéseinek eredményeit ábrázolja. Látható, hogy a nagytáblás mezőgazdasági területeken alacsony az átalakulás valószínűsége, viszont a főváros agglomerációja, de pl. a Nyírség és a Kiskunság esetében is nagy az átalakulás valószínűsége. A két puha előrejelzés-térkép viszonylag hasonlóknak mondható, de a korlátozások és ösztönzések bevezetése láthatóan befolyásolta a magasabb hegyekben a földhasználat-váltás valószínűségét, és például a Dunántúl esetében is sokkal

árnyaltabb eredményt hozott. Az egyes magyarzó változók alacsony területi felbontásának problémája a puha előrejelzésben is megjelenik: Bácska területén pl. jól kivehetők a természetes földhasználatához nem igazodó, a klímaadatok alacsony felbontású rácshálóját felidéző formák.

35. ábra: A földhasználat-váltás valószínűsége a bázis (bal) és a tervezési tényezőkkel korrigált modell (jobb) puha előrejelzése alapján



Az egyes almodellekhez köthető 30 darab átalakulási potenciál térképet különböző összevonások után kétféle módon alkalmazhatjuk:

- egyrészt egy adott helyen az ott meglévő felszínborítás kategória átalakulásának valószínűségét (tehát, hogy a területe csökken ott),
- másrészt pedig a megjelenésük valószínűségét (tehát, hogy nő a területe az adott pozícióban) számszerűsíthetjük.

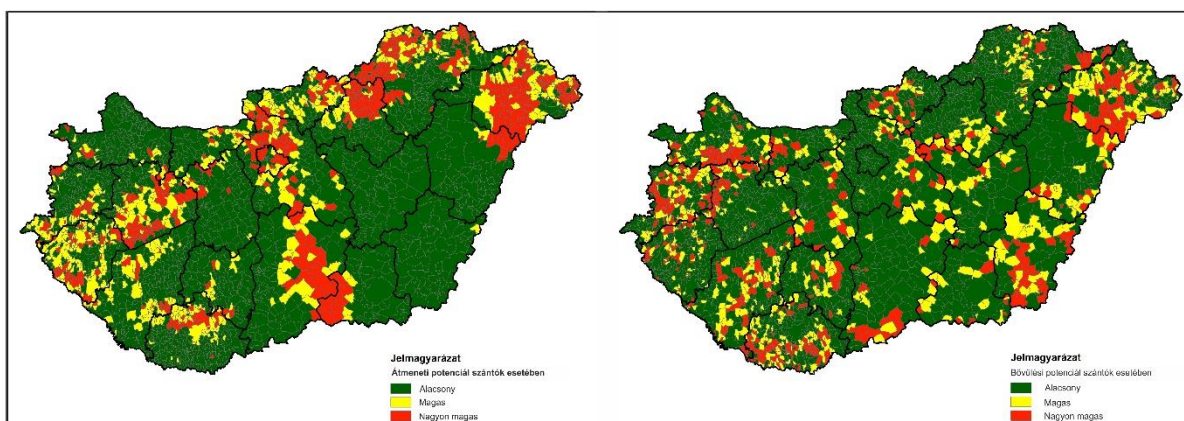
Ez utóbbi értelmezésnél figyelemmel kell lennünk arra is, hogy alapvetően minden földhasználati kategóriának van lehetősége egy adott helyen megjelenni (az LCM módszeréből következően), éppen ezért csak a magas valószínűségi értékekkel rendelkezőket szabad figyelembe venni az elemzésnél.

A szántóterületek esetében az átalakulási potenciált vizsgálva azt láthatjuk (36. ábra), hogy a jó mezőgazdasági adottságokkal bíró, nagytáblás rendszerben művelt területek nagyon alacsony értékeket vesznek fel e tekintetben. Ide tartozik az Alföld jelentős része, mint például a Mezőföld, Bácska, a Körös-Maros köze, a Nagykunság és a Hajdúság, de még a Kisalföld is. Nagy átalakulási potenciál alapvetően a homok vidékeinken a Kiskunságban, a Nyírségben, valamint a dombsági és hegyvidéki területeken (Zalai dombság, Balaton felvidék, a Cserehát és a Bükk) látható. Ezek mellett még Budapest és néhány nagyváros közvetlen környezete emelhető ki, ahol a szántóterületek visszaszorulhatnak. A szántóterületek potenciális konverziójának hátterében a kedvezőtlen környezeti adottságok (és az ezzel járó magasabb termelési költségek) és a települési

területek térnyerése (magasabb földjáradékot biztosít, mint a gazdálkodás) állhatnak.

A bővülési potenciálja e kategóriának kevésbé koncentrált területileg, alapvetően az alacsony átalakulási potenciállal rendelkező, jó mezőgazdasági adottságú területeken valószínűsíti a további térnyerést, mint a Körös-Maros köze, Nagykunság, Mezőföld és Kisalföld. Másik jellegzetes terület, ahol a szántóterületek bővíthetnek a domb és hegyvidékeink előterei, mint például a Mátra-alja, Dráva menti síkság, vagy a Tolnai dombság. A folyamat hátterében a szomszédsági hatásokat feltételezzük különösen az első térségi körben, hiszen itt alacsonyabbak lehetnek a konverzió költségei, valamint az agrártámogatási rendszer is ebbe az irányba tereli a földtulajdonosokat és földhasználókat (gondoljunk a jövedelmek maximalizálására). Az is látható azonban, ha a szomszédsági hatás ekkora szerepet játszik, és a szántóterületek hegemoniája tovább erősödik bizonyos térségekben, az a táj homogenizációjával, a tájökölógiai diverzitás csökkenésével és ezzel együtt a biodiverzitás sérülésével járhat.

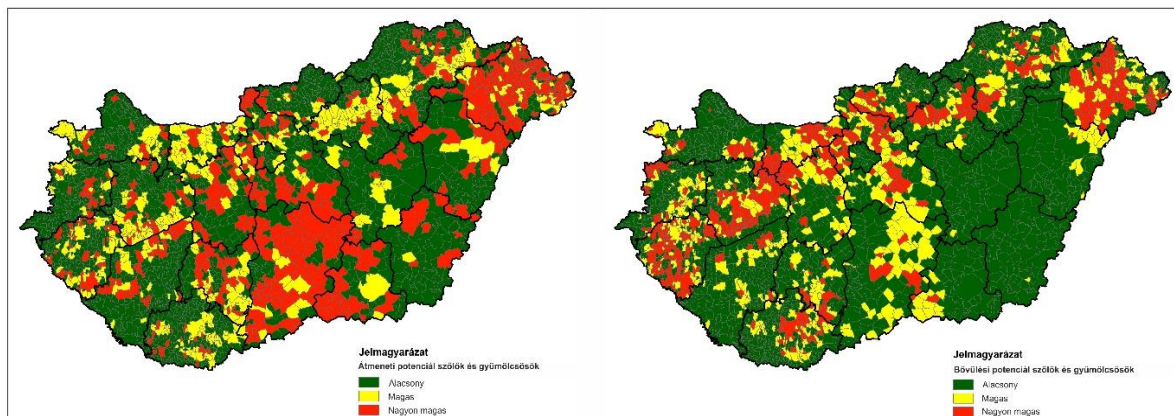
36. ábra: Átalakulási potenciál (bal) és bővülési potenciál (jobb) területi különbségei a szántók esetében



A puha előrejelzések közül a térképen megjelenő egyértelmű területi mintázatok közül érdemes megvizsgálni a szőlő-gyümölcs ültetvényekre vonatkozó eredményeinket (37. ábra). Az átalakulási potenciál térkép azt mutatja, hogy jelentősebb csökkenésre lehet számítani a Duna-Tisza közén, itt a homoki kultúra hagyományos területei és a környező tájak, mint Bácska az érintettek elsősorban, illetve az ország más térségei közül a Nyírséget emelhetjük ki. A lehetséges „expanzió” helyei: a Mecsek környezete, Tolnai dombság, a Balaton-felvidék, Bakony, Móri árok, Velencei hegység valamint a Vértes. A Nyírség itt is megjelenik, feltételezésünk szerint a szőlő és gyümölcssterületek összevonása miatt. Itt elsősorban azt gondoljuk, hogy a szőlőültetvények inkább átalakulnak,

míg a gyümölcsösök inkább bővíthetnek a területen. A dombságok és hegyvidékek esetében véleményünk szerint a szőlő területek növekedését jelentheti a magas potenciál, elsősorban a kapcsolódó adottságok és a szomszédsági hatás miatt (alacsonyabb konverziós költségek).

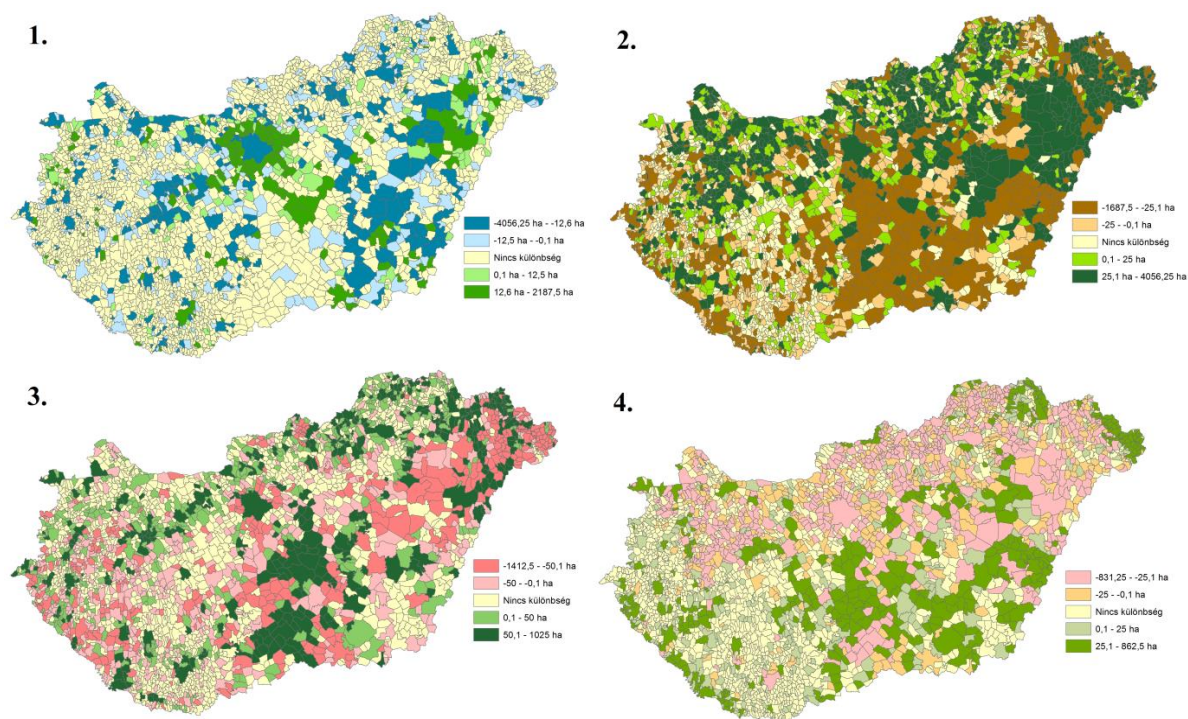
37. ábra: Átalakulási potenciál (bal) és bővülési potenciál (jobb) területi különbségei a szőlők és gyümölcsösök esetében



A „bázis” scenárió és a tervezési tényezőkkel korrigált modell eredményeinek összehasonlítása

A 2030-ra szóló kemény előrejelzések értékelésénél a tervezési tényezőkkel korrigált modell eredményeit vettük figyelembe. Mielőtt azonban erre rátérnénk, érdemes sorra venni a két futtatás közötti legfontosabb változásokat (38. ábra). A mesterséges felszínek esetében egyrészt különböző tervezési elemek (Natura2000 területek, szükségtározók, nagyvízi meder) másrészt a demográfiai munkacsoport előrejelzésének figyelembe vétele befolyásolta a modellt, ami így a korrigált modellben erősödött a mesterséges felszín fővárosi agglomerációba koncentrálódása. A szántók esetében a 2020-2050-es időszakra várható hőmérséklet- és csapadékváltozás figyelembe vétele eredményezte az északra tolódódást, míg az erdők esetében a klímaváltozás várható területi különbségeinek figyelembe vétele mellett az Országos Területrendezési Tervben erdősítésre kijelölt területre megállapított ösztönző is szerepet játszott a mintázat megváltoztatásában. Egyes felszínborítási kategóriáknál a bevont korlátozók és ösztönzők közvetetten jelentkeztek. Pl. a gyepterületek esetében, ahol az ország északi részében a korrigált modell a várható terület csökkenésével ellensúlyozta a szántóra és erdőterületre váltás megnövekedett valószínűségét.

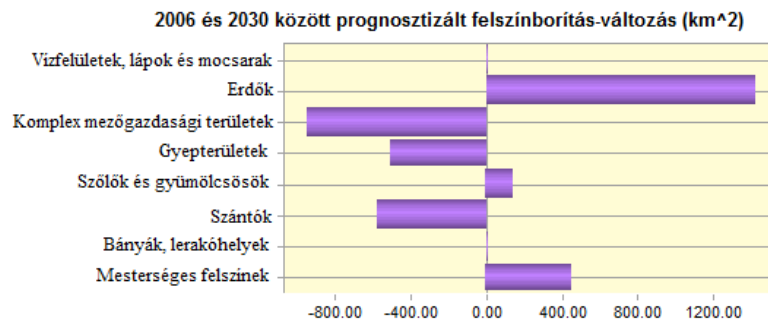
38. ábra: A bázis és a tervezési tényezőkkel korrigált modell eltérései a mesterséges felszínek (1.), a szántók (2.), az erdők (3.) és a gyepterületek (4.) esetében.



Főbb földhasználati trendek a korrigált modell eredményei alapján 2030-ig

A kemény előrejelzés kategóriaváltásainak abszolút értékét a modellezéshez használt két időpont közötti változások mennyisége határozza meg. Ennek alapján 2030-ig az erdők jelentős, valamint a mesterséges felszínek és szőlők gyümölcsösök csekélyebb bővülésére lehet számítani, ellenben a szántók, gyepterületek és komplex mezőgazdasági területek esetében csökkenés valószínűsíthető (39. ábra).

39. ábra: A 2030-ig előrejelzett földhasználat-változások különbözete az egyes kategóriák szerint



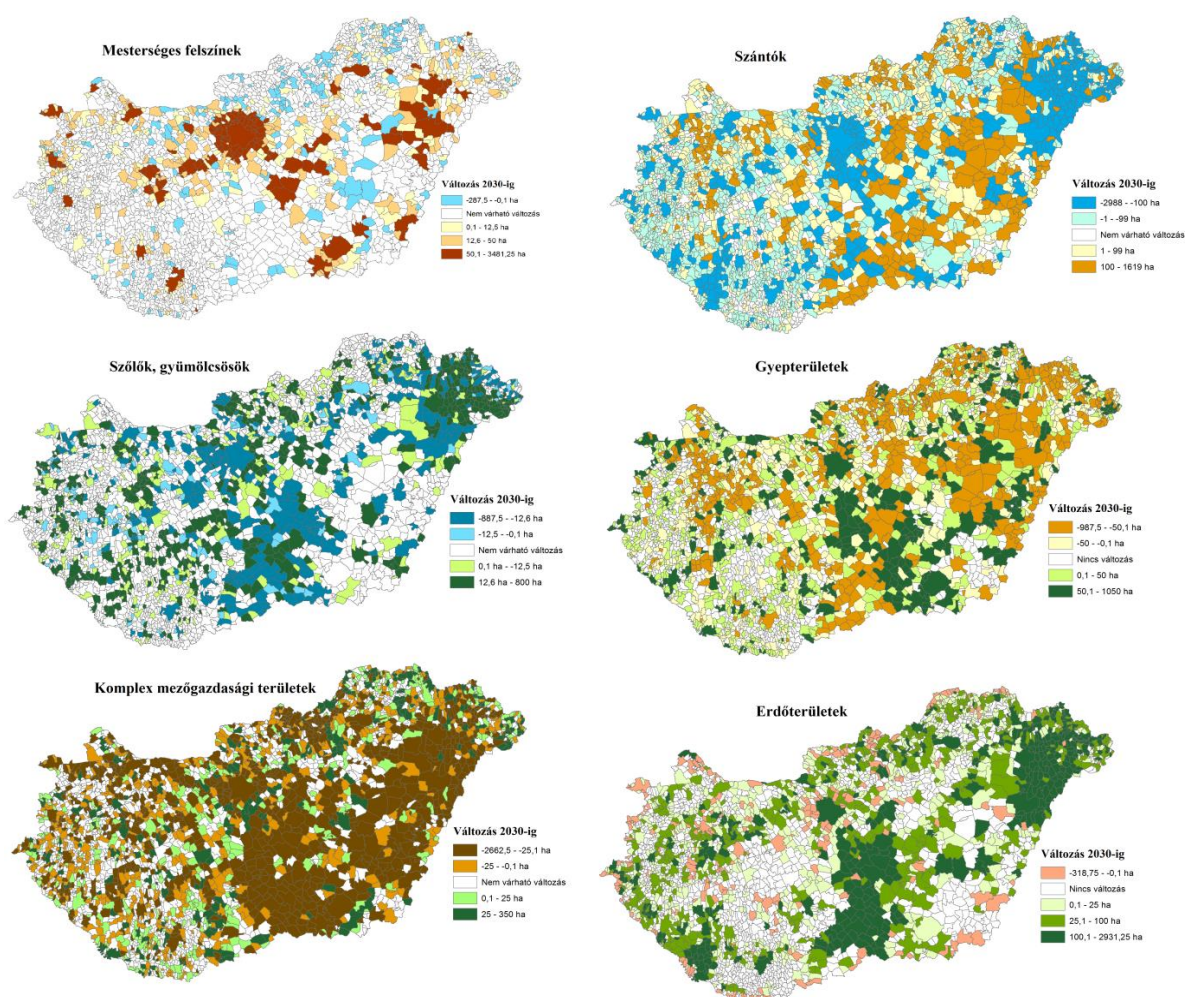
A mesterséges felszínek esetében növekedés 2030-ig a kemény előrejelzések alapján igen koncentráltan fog jelentkezni, elsősorban a fővárosi agglomerációban és néhány nagyobb vidéki városban és környezetükben (40. ábra). A mesterséges felszínek esetében az ország nagy részének negatív demográfiai kilátásai ellenére csökkenés csak korlátozottan és esetlegesen valószínű. A korábbi trendeknek megfelelően az elnéptelenedő területeken az elhagyott ingatlanokra – vagy éppen a volt iparterületek barnamezőire – rekultiválás és funkcióváltás helyett jó eséllyel lassú enyészet vár.

A szőlők és gyümölcsösök esetében látható, hogy az egyes termőközetek esetében eltérő trendek érvényesülnek: míg a Kiskunság szőlőültetvényei és gyümölcsösei esetében felhagyással kell számolni, addig Szabolcsban és Szatmárban a termőterület bővülése várható.

A komplex mezőgazdasági felszínek egy meglehetősen heterogén kategória. Egyrészt ide tartoznak a természetes gyepek vagy erdőfoltokat tartalmazó mezőgazdasági területek, a tanyás területek, valamint az alföldi mezővárosok kertségei. A rendszerváltás után ebben a kategóriában mentek végbe a legdrasztikusabb változások, és a jövőben is a trendek folytatódásával kell számolni. Az egyöntetű, nagyarányú csökkenés az Alföldön a tanyarendszer további felszámolódásának lehetőségét veti fel, ami nagy csapás lenne a hagyományos alföldi kultúrtáj számára.

Az erdők esetében látható, hogy az erdőállomány megoszlása – összhangban az erdőgazdálkodás célkitűzéseivel – a jövőben jóval kiegyenlítettebb lesz, jelentősebb bővülés elsősorban a Kiskunságban és a Nyírségben várható.

40. ábra: A 2030-ra előrejelzett változások a tervezési elemek figyelembe vételével



Zárszóként mindenképp említésre méltó, hogy a Shanon féle (H) diverzitás-index vizsgálata alapján a kapott eredmények összességében Magyarország felszínborításának homogenizálódását vetítik előre.

A NATÉR adatbázisba átadni kívánt adatok bemutatása, értelmezése

A fejezetben röviden ismertetni kívánjuk a NATÉR rendszerbe átadott egyes adatcsoportok előállításának módszerét és lépéseit, azok jobb megértése érdekében.

Az egyes földhasználati kategóriák aránya a településeken 2006-ban

A modellezési munka kezdetén módszertani okokból szükség volt arra, hogy a Corine-ban szereplő kategóriákat összevonjuk a tervezett előrejelzésnek

megfelelően. Az így előállt térkép egy sajátos egyedi adatbázist hozott létre, melyhez a kapcsolódó települési adatok máshol nem állnak rendelkezésre, így úgy gondoltuk egyfajta kiindulási referencia adatként szükséges ezek arányát települési szinten megadnunk.

Az adatokat az összevont 250m-es felbontású Corine 2006 térképből készítettük ArcGIS szoftverrel a Spatial Analyst Zonal Histogram moduljával. A hisztogram zónáit a NATÉR-ből átadott külterület adatbázis képezte. Az így előállt tábla adataiból Excel-ben számítottuk ki az előrejelezésben szereplő földhasználati kategóriák területi arányát a település területéből. Ez a százalékban megadott érték került be az adatbázisba.

A szerveren történő megjelenítésnél azt javasoljuk, hogy az adatokat az ArcGIS-be beépített Quantile osztályozással készített csoportokra színskálás megjelenítéssel ábrázolják.

A 2006-2030 között előrevetített változás

A két modellfuttatás végeredményeként az LCM-ben 2030-ra két földhasználati térképet állítottunk elő, ezek közül a tervezési elemeket is figyelembe vevő bővített változatot használtuk fel az átadott adatok előállításához. Ennek adatait az ArcGIS Spatial Analyst Zonal Histogram moduljával a NATÉR-ből átadott külterület adatbázisra leképeztük. Az így kapott táblát Excel-be exportáltuk, ahol kiszámítottuk az egyes kategóriák területi arányát a teljes települési területből. Ebből az értékből kivontuk a 2006-os referencia értékeinket, így kaptuk meg települési szinten az előrejelzett földhasználati kategóriák területi arányának változását a teljes települési területre vetítve. Az adatok értelmezését megkönnyítendő nem a konkrét számértékeket adjuk át, hanem azokat az SPSS programban transzformáltuk a Rank Cases Ntiles megoldásával, melyben 5 kategóriára osztottuk az egyes felszínborításokhoz rendelt adatainkat. A módszer az adatok eloszlásától függően alapvetően egyenlő esetszámú csoportokat képez. Esetünkben az egyes csoportok jelentése a következő:

1. csoport: az alsó 20 % esetei, ahol nagyobb arányú területvesztés történt egy adott kategóriában
2. csoport: a második 20%, ahol csökkent vizsgált terület,
3. csoport: a középső 20%, ahol minimális csökkenés, vagy növekedés volt jellemző, tehát összességében ezeket tekinthetjük olyannak, ahol nem változott érdemben az adott felszínborítás területe,
4. csoport: a negyedik 20 %, ahol már szignifikáns növekedést jeleztünk előre,
5. csoport: a felső ötödbe sorolható értékek vannak, tehát a legnagyobb növekedést ezeken a településeken tapasztaltuk egy-egy kategória esetében.

Végül három dologra hívnánk fel a figyelmet az eredményekkel kapcsolatban:

- az adatok eloszlásából következően lehetnek olyan felszínborítási kategóriák, ahol a hasonló elemszámú ötödökbe sorolás nem megoldható (pl. mert a települések jelentős részéhez a 0 érték tartozik) ott a besorolás csak 3 vagy 4 kategóriát tartalmaz,
- a változások abszolút nagyságát szándékosan nem adtuk meg, mert azok egy kisszámú esetben (anomáliák, vagy outlier-ek) erősen félrevezetőek lehetnek,
- az értékeléshez azt tudjuk elmondani, hogy általában a földhasználati változások üteme nagyon lassú, Nyugat-Európában a Corine adatai alapján egy 10 éves periódusban 1,5-2 % körüli értéket tesz ki területarányban, míg hazánkban a KSH adatai alapján jelenleg a terület kb. 1 %-án következik be változás évente, ami nagyon magas érték, és valószínűsíthetően ez az ütem a jövőben mérséklődni fog.

A földhasználat változás potenciálja 2050-ig

Az LCM az almodellek kialakításakor mindegyikhez (esetünkben 30-hoz) készít egy-egy átalakulási potenciál térképet (pl.: szántók és komplex területek között, vagy az erdők és mesterséges területek között). Az egyes földhasználati kategóriák esetében ezeknek a térképeknek az összevonásával állítottuk elő az átadott adatokat. Minden felszínborítási kategóriához 5 db ilyen térkép tartozik, melyek értékeit az ArcGIS Spatial analyst/Local Cell Statistics moduljával átlagoltunk (MEAN). (Azért nem a maximum értékek mellett döntöttünk, mert a jövőben véleményünk szerint csökkeni fog az átalakulás sebessége, tehát 2050-ben alacsonyabb potenciálok várhatók.) A következő lépésben a NATÉR-ből átadott külterület réteg településhatárait a Spatial Analyst Zonal Statistics modullal számítottuk ki ezek átlagértékeit (MEAN). Mivel azonban itt csak egy-egy földhasználati kategória területére esnek valójában az értékek, de az átlagszámítás a település teljes területére készült, így ezt korrigálni szükséges. A korrekciót excel-ben végeztük el a települési adatokon úgy, hogy a Zonal Statistics által kapott értéket elosztottuk az adott felszínborítás kategória területével, majd megszoroztuk a teljes területtel.

Ezután az SPSS-ben transzformáltuk a Rank Cases Ntiles megoldásával az adatokat 5 csoportba. Az egyes értékek a következő jelentéssel bírnak:

- 0: az alsó három-ötödbe tartozó esetek kerültek ide, ami azt jelenti, hogy itt nem várunk az adott kategóriából átalakulást (tehát nem valószínű, hogy csökkeni fog a területe),
- 4: a negyedik ötöd, ami magas átalakulási potenciált jelent,
- 5: a felső 20%, ami nagyon magas átalakulási potenciállal jellemezhetünk.

A fentiekől eltér a „A földhasználat általános változási potenciálja 2050-ig” megnevezésű mutatónk előállításának módja, hiszen itt az alaptérképet a modellezés során készült puha előrejelzés (soft prediction) térképe jelentette.

Ebből kettő készült, amelyekből a NATÉR rendszerébe a tervezési tényezőkkel korrigált verziót adjuk át. A települési szintű adatokat a soft prediction raszterből az ArcGIS Spatial Analyst Zonal Statistics moduljával nyertük ki a külterület adatbázis településeire. A települési adatokat SPSS-ben a Rank Cases Ntiles megoldással 5 csoportba transzformáltuk. Az egyes csoportok jelentése a földhasználat változás valószínűségét tekintve általában:

1. nagyon alacsony,
2. alacsony,
3. közepes/átlagos,
4. magas,
5. nagyon magas.

Egyes földhasználati kategóriák bővülésének potenciálja 2050-ig

Az egyes almodellekhez készült átalakulási potenciál térképek összevonása a szokásos módszertől eltérően is elképzelhető, amikor is nem egy adott kategóriából történő változásra (annak sérülékenységeire koncentrálunk), hanem arra, hogy az adott kategóriába történő átalakulásnak mekkora esélye van egy térségben. A szakirodalomban nem olvastunk hasonló megoldásról, aminek az lehet az oka, hogy komplex, a teljes felszínborítást érintő modellezés nagyon kevés van, és egy ilyen megoldáshoz erre van szükség. Tovább csökkenteni egy ilyen megoldás esélyét, hogy ezek is általában más módszerrel (pl: CLUES sejtautomata) dolgoznak, mint az LCM.

Ebben az esetben tehát a 30 átalakulási potenciál térképünket a célkategóriák szerint vontuk össze ötösével (tehát szántóból szőlő-gyümölcs és rétből szőlő-gyümölcs stb.). Az összevonást ebben az esetben is az ArcGIS Spatial Analyst/Local Cell Statistics moduljával végeztük. Mivel az öt összevonandó térképből 4 az adott cella esetében 0 értéket vesz fel (a célkategória területére mind az 5), az összevonás során a maximumértéket vettük figyelembe (MAX). Ezután a külterület réteg település adataira képeztünk belőlük átlag adatokat (MEAN) a Spatial Analyst Zonal Statistics moduljával. Az átlagszámítás hibája miatt (mivel a célkategória 0 értékeit is beleszámolta) az adatokat Excel-ben korrigáltuk úgy, hogy az ArcGIS-ben kapott átlagértéket elosztottuk a célkategória területével csökkentett településterülettel, majd ismét megszoroztuk a teljes településterülettel. Az így kapott korrigált értékeket SPSS-ben a Rank Cases Ntiles módszerével transzformáltuk 5 kategóriába. Az egyes értékek a következő jelentést hordozzák:

- 0: az első három-ötöd került ide, ebben az esetben nem tartjuk valószínűnek az adott kategória területének bővülését 2050-ig,
- 4: a negyedik 20 %, ahol magas az átalakulási valószínűség az adott kategóriába,
- 5: a felső ötöd, ahol nagyon magas a valószínűsége az adott kategória megjelenésének, vagy további bővülésének.

Ezt a típusú értelmezési megközelítést azért választottuk, mert az egyes földhasználatok között „verseny” van a területekért, tehát csak a legmagasabb potenciállal rendelkező „cél” kategóriákat érdemes figyelembe venni. Az így átalakított adatsor pedig ezt emeli ki, és teszi könnyen értelmezhetővé.

IRODALOM

Adjemian, S., Bastani, H., Juillard, M., Karamé, F., Mihoubi, F., Perendia, G., Pfeifer, J., Ratto, M., Villemot, S. (2011): *Dynare: Reference Manual, Version 4*, Dynare Working Papers, 1, CEPREMAP

Bálint L., Gödri I. (2015): Belföldi vándorlás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 171–186.

Bálint L., Kovács K. (2015): Halandóság. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 75–94.

Chateau, J., Dellink, R., Lanzi, E., Magne, B. (2012): *Long-Term Economic Growth and Environmental Pressure: Reference Scenarios For Future Global Projections*. Working Party on Climate, Investment and Development, ENV/EPOC/WPCID(2012)6

Dell, M., Jones, B.F., Olken, B.A. (2008): *Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century*. NBER Working Paper Series, WP14132, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Dusek Tamás, Kiss János Péter (2008) A regionális GDP értelmezésének és használatának problémái. In: Területi Statisztika, 2008. 3. pp. 264-280.

Földházi E. (2012): A népesség szerkezet és jövője. In: Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2012*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 155–168.

Földházi E. (2015): A népesség szerkezet és jövője. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 213–226.

Galí, J. (2015): *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework and Its Applications*. Princeton University Press.

Goovaerts, Pierre (1997) *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*, Oxford University Press.

Gödri I. (2015): Nemzetközi vándorlás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 187–211.

Hablicsek L. (2007a): Népeségünk következő évtizedei - különös tekintettel a területi különbségekre. *Demográfia*, 4., 392–429.

Hablicsek L. (2009): A népesség szerkezet és jövője. In: Monostori J., Őri P., S. Molnár E., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2009*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 133–144.

Hagen, A. (2002). Multi-method assessment of map similarity. In *Proceedings of the fifth AGILE conference on geographic information science, Palma, Spain* (pp. 171-182).

Horváth, Á. (2006): Nemlineáris, sztochasztikus differenciaegyenletek megoldása Uhlig-algoritmussal. *Közgazdasági Szemle*, LIII. évf., 235-252.o.

Járosi Péter, Atsushi Koike, Mark Thissen, Varga Attila (2009) Regionális fejlesztéspolitikai elemzés térbeli számítható általános egyensúlyi modellel: A GMR-Magyarország SCGE-modellje. PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok 2009/4.

Kapitány B., Spéder Zs. (2015): Gyermekvállalás. In: Monostori J., Őri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 41–56.

Kopoin, A., Moran, K., Paré, J-P. (2013) Forecasting regional GDP with factor models: How useful are national and international data? *Economics Letters* 121 pp. 267–270.

Központi Statisztikai Hivatal (2014) A háztartások életszínvonala. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/hazteletszinv/hazteletszinv.pdf>

Krugman, Paul (1991) Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy* 99, pp. 483-499.

Lehman, R., Wohlrabe, K. (2012) Forecasting GDP at the Regional Level with Many Predictors. CESIFO WORKING PAPER NO. 3956

Lehman, R., Wohlrabe, K. (2014) Regional economic forecasting: state-of-the-art methodology and future challenges. *Economics and Business Letters* 3(4), pp. 218-231.

Monostori J. (2015): Öregedés és nyugdíjba vonulás. In: Monostori J., Őri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 115–134.

Oblath Gábor (2013) Hány év múlva? – A konvergencia természetéről és időigényéről. *Statisztikai Szemle* 91. évf. 10. szám, pp. 925-946.

Owyang, M.T., Rapach, D.E., Wall, H.J. (2009) States and the business cycle. 65 (2), pp. 181-194.

Rapach, D.E., Strauss, J.K. (2012) Forecasting US state-level employment growth: An amalgamation approach. *International Journal of Forecasting* 28.pp. 315–327

Stock, J.H., Watson, M.W. (2002) Forecasting Using Principal Components From a Large Number of Predictors. *Journal of the American Statistical Association* Volume 97, Issue 460, pp. 1167 – 1179.

Uhlig, H. (1999): A Toolkit for Analyzing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily. In: Marimon, R., Scott, A. (eds): *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies*. Oxford University Press, New York.