

# Földhasználati modellezés módszertani megújítása, területi mintaértékelés elvégzése

---

Készítette a Agrárgazdasági Kutató Intézet  
a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat megbízásából  
a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosítószámú „NATÉR  
továbbfejlesztése” projekt keretében

---



**NAKFO** NEMZETI ALKALMAZKODÁSI KÖZPONT FŐOSZTÁLY  
Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat

2018, április

**SZÉCHENYI** 2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Kohéziós Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

Készítette:

Agrárgazdasági Kutató Intézet  
Horizontális Kutatási Igazgatóság

Témafelelős:

Dr. Molnár András

Szerzők:

Dr. Fekete Jenő

Dr. Gaál Márta

Lenner József

Dr. Molnár András

---

2018, április

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1</b>	<b>Bevezető.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Célok és módszertan .....</b>	<b>9</b>
2.1	A kutatás célkitűzései a feladatok meghatározása .....	9
2.1.1	A kutatás célkitűzései, kapcsolódó feladatok.....	9
2.1.2	A kutatási kérdések meghatározása .....	10
2.2	A regionális léptékű földhasználat-változás modellezés szakirodalmának áttekintése.....	11
2.2.1	A témához kapcsolódó modellalkotás általános elvi háttere és kiindulópontjai.....	11
2.2.2	A témához kapcsolódó modellalkotás általános elvi háttere és kiindulópontjai.....	13
2.2.3	A földhasználati- és klímamodellek integrációja.....	14
2.2.4	A városterjeszkedés és a földhasználat-változás együttes előrejelzésének szükségszerűsége és példái	17
<b>3</b>	<b>A Budapest Funkcionális Városrégió földhasználat-változásainak előzetes értékelése .....</b>	<b>22</b>
3.1	Urban Atlas adatbázis ismertetése .....	22
3.2	Urban Atlas adatbázis ismertetése .....	28
3.2.1	1959-1990 közötti változások áttekintése.....	28
3.2.2	Az 1990 és a 2012 közötti változások áttekintése.....	33
3.3	Urban Atlas adatbázis ismertetése .....	35
3.3.1	Az 1990 és a 2012 közötti változások áttekintése.....	36
3.3.2	Szuburbanizáció és re-urbanizáció .....	37
3.3.3	Vállalkozások számának változása.....	40
3.3.4	Vállalkozások számának változása.....	42
<b>4</b>	<b>A modellezésben felhasznált adatbázisok és indikátorok bemutatása.....</b>	<b>48</b>
4.1	Kiinduló felszínborítás adatok.....	48
4.1.1	Előzetes megfontolások.....	48
4.1.2	A modellezni kívánt felszínborítási kategóriák meghatározása .....	49
4.2	Magyarázó változók .....	53
4.3	Korlátozó és ösztönző tényezők.....	55
<b>5</b>	<b>A modellezésben felhasznált adatbázisok és indikátorok bemutatása.....</b>	<b>61</b>
5.1	A CLC90 és az Urban Atlas tematikai és területi harmonizációja.....	61
5.1.1	A Corine CLC1990 és az UA 2012 harmonizációjának fő lépései .....	62
5.1.2	A CLC90 pontosítása a CLC50 és CLC Change 1990-2000 adatbázisokkal .....	62
5.1.3	A CLC90 felülvizsgálata az UA2006 adataival .....	64
5.1.4	A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be.....	65
5.1.5	A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be.....	66
<b>6</b>	<b>A modellezésben felhasznált adatbázisok és indikátorok bemutatása.....</b>	<b>68</b>
6.1	A modell futtatások paraméterei.....	68
6.2	Az elkészült modellek validálása .....	70
6.2.1	A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be.....	70
6.2.2	A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be.....	73
<b>7</b>	<b>A modellezés eredményeinek bemutatása.....</b>	<b>75</b>
7.1	A modellek puha előrejelzéseinek bemutatása, értékelése .....	76

---

7.2	A 2040-ig terjedő „kemény” modellek eredményeinek áttekintése .....	78
7.3	Összevetés a Natér1 eredményeivel .....	83
<b>8</b>	<b>Eredmények kvalitatív értékelése .....</b>	<b>89</b>
8.1	Városi terjeszkedés hatása a mezőgazdaságra és természetközeli ökoszisztémákra .....	89
8.2	Szimulált változások összefüggései a városrégió klímaváltozással szembeni sérülékenységének alakulására .....	91
<b>9</b>	<b>Irodalomjegyzék.....</b>	<b>94</b>
<b>10</b>	<b>Melléletek.....</b>	<b>102</b>
10.1	Melléklet: A kutatási terület települési szintű meghatározása, valamint azok alapadatai	102

## TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti talajkategóriák általános jellemzői.....	23
2. táblázat: Urban Atlas kategóriák .....	26
3. táblázat: Corine CLC és Urban Atlas kategóriák megfeleltetés .....	26
4. táblázat: Egyes kategóriák mintavétel adatai.....	31
5. táblázat: Művelési ágak területarányának változása, 1959-2012 között.....	32
6. táblázat: CLC90 és UA2012 területi adatainak összehasonlítása .....	33
7. táblázat: CLC90 és UA2012 területi adatainak összehasonlítása .....	37
8. táblázat: CLC és UA harmonizált osztályok .....	50
9. táblázat: CLC és UA harmonizált osztályok .....	58
10. táblázat: Az egyes átalakulások klímaérzékenysége és a kiválasztott tényezők klímaforga- tókönyvek szerinti hatása.....	59
11. táblázat: A földhasználat-váltás korlátozó és ösztönző tényezői.....	60
12. táblázat: Egyes kategóriák közötti átalakulások nagyságrendjének bemutatása .....	69
13. táblázat: Kategóriák közötti átalakulások MLP eredményei .....	72
14. táblázat: Jelenlegi és 2015. évi MLP eredmények összehasonlítása.....	73
15. táblázat: Konverziós potenciál települési átlagértékeire elvégzett korreláció .....	76
16. táblázat: Mennyiségi eltérések a kiindulási 2012-es állapottal összevetve.....	79
17. táblázat: Korreláció analízis a települési szintű adatokra vonatkozóan.....	80
18. táblázat: Differencia indexek a bázis modellhez viszonyítva .....	81
19. táblázat: Főbb földhasználati kategóriák változása 2015. évi és a mostani modell alapján.....	84
20. táblázat: Jelenlegi és korábbi modellezési eredmények összehasonlítása .....	86
21. táblázat: Differencia index összehasonlítása .....	87
22. táblázat: 2015. évi és a jelenlegi modell eredmények közötti korreláció .....	88

## ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: A CLIP integratív elvi sémája .....	15
2. ábra: A földhasználat-változás dinamikus modelljének (LUCD) regionális klímamodell (RCM) szimulációba való beemelése sémája (folytonos vonal = információáramlás; szaggatott vonal = adatátvitel) .....	16
3. ábra: A földhasználati dinamikus modellek kidolgozásához szükséges (a politikák és a földhasználat-környezet kölcsönhatások elemzésére is alkalmas) elméleti és empirikus módszerek összefüggésrendszere .....	17
4. ábra: A városterjeszkedési modellek három fő alaptípusa és azok legfőbb jellemzői .....	18
5. ábra: A „New York Climate...” projekt modell-kapcsolódási sémája.....	19
6. ábra: A 2050 re szóló modell-projekció a) hőmérséklet-változás MM5 regionális modell; b) ózonszint-változás CMAQ model; c) területhasználati változás (városterjeszkedés és közlekedés figyelembe vételével) (SLEUTH model); and (d) ózónváltáshoz kötött halálozás .....	19
7. ábra: A döntéstámogató modell elvi működése .....	21
8. ábra: CLC2012 és UA2012 összehasonlítása .....	24
9. ábra: Budapesti várostérség FUA .....	27
10. ábra: CLC mesterséges felszínek tisztítása .....	29
11. ábra: Adattisztítási folyamat során kiválasztott mintaterületek .....	30
12. ábra: Kiértékelési minta .....	31
13. ábra: Mesterséges felszínek változása 1990-2012 között.....	34
14. ábra: 2011-es és az 1980-as lakónépesség arányszáma .....	38
15. ábra: Vállalkozások számának változása, 1990-2016 .....	40
16. ábra: Vállalkozások számának változása, 2001-2015 között.....	41
17. ábra: Ezer főre jutó társas vállalkozások száma, 2015 .....	41
18. ábra: Fajlagos agrártámogatások üzem típusok szerinti változása, 2001-2012.....	45
19. ábra: Adózás előtti eredmény üzem típusok szerinti változása, 2001-2012.....	45
20. ábra: Alaptérkép földhasználati kategóriák szerint, 1990.....	52
21. ábra: Alaptérkép földhasználati kategóriák szerint, 2012.....	52
22. ábra A kutatás elemzési keretének ábrázolása .....	54
23. ábra: Növénytermesztés Standard Termelési Érték (STÉ) eloszlása .....	55
24. ábra: CO <sup>2</sup> pályák a Cordex-ben.....	57
25. ábra: Harmonizáció utáni, módosított CLC90 .....	67
26. ábra: Harmonizáció utáni, módosított UA2012 .....	67
27. ábra: Becsült átalakulási potenciál .....	73
28. ábra: Települési aggregált becsült átalakulási potenciálok.....	74
29. ábra: A 2040. évi bázis modell és az EC85 modell összehasonlítása.....	77
30. ábra: Bázis modell és EC85 modellek átmeneti konverzió térképének összehasonlítása .....	77
31. ábra: A bázis és EC85 modell eredményeinek összehasonlítása.....	82
32. ábra: Bázis és az EC85 modell eltérése cella és települési szinten.....	83
33. ábra: 2015. évi és a mostani modell eredményeinek összehasonlítása .....	84
34. ábra: Differencia index .....	86

---

35. ábra: A városi hősziget keresztmetszeti képe és vázlatos horizontális struktúrája, ideális időjárási körülmények között .....	91
---	----

## 1 BEVEZETŐ

Jelen kutatás a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) támogatási rendszeréből megvalósuló, a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 pályázati azonosítószámú, a „NATÉR továbbfejlesztése” elnevezésű projekt keretében valósult meg. A projekt átfogó célja a sérülékeny ágazatokra és hatásviselőkre vonatkozó információk pontosítása, valamint az éghajlatvédelmi hatásvizsgálati tervezési és értékelési módszertanok fejlesztése volt. Ezen az általános témán belül a földhasználatra, illetve annak változására, modellezésére és a klímaváltozással kapcsolatos összefüggések feltárására fókuszáló átfogó kutatás elvégzésével a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI, jelenleg Magyar Földtani és Bányászati Szolgálat) az Agrárgazdasági Kutató Intézetet (AKI) bízta meg.

A kutatás közvetlen előzményének az EGT Alapok Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz programjában finanszírozott „Magyarország hosszú távú (2050-ig terjedő) társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése” című projekt tekinthető, melyet az MTA KRTK RKI valósított meg. A 2015-ben lezajlott kutatáson belül demográfiai, gazdasági és földhasználati előrejelzések születtek Magyarországon egész területére vonatkozóan.

A földhasználat-változás modul eredményeként települési szintű, a jelenlegi és a jövőbeni földhasználatra, valamint a változások valószínűségére utaló indikátorok kerültek be a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerbe (NATÉR). Az elvégzett előrejelzés során a Corine CLC 1990-es és 2006-os térképeiből levezetett változások továbbvezetése történt meg egy bázis szcenárió feltételezve. A modellezés során beépítésre kerültek a CarpatClim-Hu adatbázis múltbeli és jövőbeli klímaadatai, így az elkészült predikció figyelembe veszi a várható, becsült klímaváltozás feltételezhető következményeit is.

Jelen kutatás célja ennek a földhasználati modellezési munkának a folytatása, a korábbi kutatás tapasztalataira alapozva. Ennek megfelelően a jelenlegi kutatás nagyban támaszkodik a korábbi eredményekre, annak módszertani továbbfejlesztésének tekinthető. Kiemelendő, hogy a budapesti városrégió területére vonatkozó kutatás így egy társadalmi-gazdasági hajtóerők szemszögéből egységesebb területre fókuszál, valamint nagyobb felbontású adatok, illetve további mezőgazdasági földhasználatot befolyásoló tényezők bevonásával erősítettük a változások megértését.



## 2 CÉLOK ÉS MÓDSZERTAN

### 2.1 A kutatás célkitűzései a feladatok meghatározása

#### 2.1.1 A kutatás célkitűzései, kapcsolódó feladatok

A Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) támogatási rendszeréből megvalósítás alatt álló, a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 pályázati azonosítószámú, a „NATÉR továbbfejlesztése” elnevezésű projekt célja a sérülékeny ágazatokról és hatásviselőkről való információk pontosítása és az éghajlatvédelmi hatásvizsgálati tervezési és értékelési módszertanok fejlesztése.

Jelen kutatási projekt feladata ezen belül a 2015-ben megvalósított földhasználat-változás modellezés módszertani megújítása, egy területi mintaértékelés elkészítése, a munka eredményeinek rögzítése, kutatási tanulmányban történő dokumentálása.

A korábbi kutatásnak – elismerten – részben úttörő, a lehetőségeket feltérképező szerepe is volt, így a megszületett kutatási jelentések kitértek az egyes részterületeken elvégzett munka folytatásának lehetséges irányaira is. Az egyik ilyen új eredményekkel kecsegtető megközelítés a földhasználat-változás modellezés és előrejelzés megismétlése nagyobb térbeli és részletesebb tematikai felbontású adatok felhasználásával, illetve a korábban alkalmazott módszertan finomítása egy, a társadalmi-gazdasági hajtóerők szempontjából egységesnek tekinthető mintaterületen.

Az elkészítendő szakértői kutatás és tanulmány kötelező tartalmi elemei a következők:

- Térjen ki a földhasználat-változás modellezés nemzetközi és hazai szakirodalmi példáira, valamint alkalmazási gyakorlatára.
- Dolgozza ki a földhasználati modellezés módszertani továbbfejlesztését, melyben a Corine Land Cover felhasználása mellett javasolt egy nagyobb méretarányú felszínborítás adatbázis alkalmazása is, ajánlottan az Urban Atlas-é.
- A modellezés mintaértékelése során elvárt, egy funkcionális városrégió területét lefedő lokális szintű modellezés tényleges megvalósítása a budapesti agglomerációs térségre.
- A kapcsolódó tanulmány mutassa be a beépített területek növekedését részletesebben feltáró előrejelzés mögötti okokat. Ez a későbbiekben biztosíthatja a területi tervezésben és a területrendezésben felhasználhatóságot, valamint a klímaváltozással összefüggő problémák adaptációja kapcsán, mint például az árvízi védekezés tervezése, a városi hősziget probléma változásának előrejelzését, vagy a földhasználat változásából következő üvegház hatású gázok (ÜHG) egyenlegének várható módosulását.
- A kutatás vesse össze, a regionális szintű földhasználati modellezés új eredményeit a korábbi fázisban elkészült országos modellezés eredményeivel.
- Elvárás, hogy gyűjtse össze és értékelje a módszertani, a modell felépítésére, korlátaira és az eredményekre vonatkozó tapasztalatokat, és fogalmazzon meg javaslatokat azok későbbi javítására, kiegészítésére és lehetséges használatára.

A fenti kutatási elvárások megválaszolása érdekében a következő feladatok elvégzésére van szükség:

- Szakirodalmi kutatás, a városkörnyéki területek földhasználati modellezéséről, a klímaváltozás szerepéről.
- Urban Atlas (UA) alkalmazási lehetőségeinek értékelése, a Corine CLC és az UA adatbázisok harmonizálása, kiinduló földhasználati térképek előállítás.
- Budapesti városrégiót jellemző területhasználati transzformációk értékelése.

### 2.1.2 A kutatási kérdések meghatározása

A 2015-ös földhasználat-változás modellezés számos tapasztalattal szolgált annak továbbfejlesztési lehetőségeit illetően. Ezek a bemeneti adatok felbontásától a magyarázó változókon keresztül egészen a modellezési terület kiválasztásáig terjedtek. A felszínborítási alaptérképek kapcsán felmerült, hogy a Corine mellett esetleg másra is lehetne építeni, amely forrás mind felbontását, mind tematikáját tekintve lehetne részletesebb. Hiányként fogalmazódott meg, hogy az agrártámogatások adatai adathozzáférési korlátok miatt nem jelenhettek meg a magyarázó változók között. Fontos tapasztalatként merült fel, hogy az egyes felszínborítási kategóriák közötti átmeneti potenciálok meghatározásakor nem tudtunk regionális különbségeket figyelembe venni, így azok az egész országra érvényes egyfajta „kompromisszumként” születtek meg. Holott ugyanazon földhasználati változás mögött álló hajtóerők nagyon eltérőek lehetnek középtájként vagy régióként. A modell futtatása közben elsősorban az erdők, a gyepterületek vagy a szőlő-gyümölcsösök átalakulását magukban foglaló részmodellek esetében érzékeltük ezt a problémát. Az utóbbi kategória esetében célszerűnek látszott azok szétbontása is, tehát a jövőben egy részletesebb tematika alkalmazása, amely a területi tervezés, vagy településrendezés igényeit is jobban szolgálhatja.

A jelen kutatásban e felsorolt lehetőségeket igyekszünk megvalósítani, oly módon, hogy egy gazdasági-társadalmi szempontból funkcionálisan egységes városrégióra végezzük el egy prediktív modell elkészítését, amelyre a budapesti agglomerációt választottuk ki. Ennek oka, hogy a térségben él a magyar lakosság 30 %-a és itt állítják elő a magyar gazdaság termelésnek közel 50 %-át. Emellett olyan jól dokumentált térfolyamatok jellemzik, mint például a lakossági és vállalati szuburbanizáció, melyek következtében a térség felszínborítása és földhasználat dinamikusan átalakult a rendszerváltás óta. Nemcsak a lakó- és iparterületek, hanem a kapcsolódó infrastruktúra fejlesztése miatt is. Ugyanakkor városi térségként is jelentős mezőgazdasággal is bír, gondoljunk csak a zöldség/gyümölcs ellátó körzetekre. A Budai-hegységben, Gödöllői-dombságban, valamint a Duna-Tisza közén természeti értékeket is találhatunk a térségben. Összefoglalva ideális választás egy nagyobb térbeli és tematikai felbontású földhasználati modellezés futtatására, a korábbi eredmények továbbfejlesztése céljából.

A projekt során a következő módszertani és kutatási kérdésekre keressük a választ:

Módszertani kérdések:

- A területi szűkítés (regionális vs. országos modell) milyen hatással van a modell alkotásra és annak eredményeire?

- A nagyobb térbeli és tematikai felbontású adatok milyen hatással vannak a modell alkotásra és az eredményekre?
- A korábbi országos és az elkészülő regionális modell vizsgálati területre vonatkozó eredményei milyen egyezéseket és eltéréseket mutatnak?
- Lehet-e és ha igen milyen jellegű módszertani következtetéseket levonni a két modell összehasonlításából?

A modellezés eredményeire vonatkozó kutatási kérdések:

- Melyek a legjelentősebb felszínborítási/földhasználati átalakulási pályák a vizsgálati területen?
- Milyen hatással van a városnövekedés az agráriumra és a természetközeli területekre (természetvédelemre)?
- Milyen hatása van a klímaváltozásnak a földhasználat változására?
- Kialakulnak-e 2030/2040-ig olyan új összefüggő sűrűn beépített területek, melyek a klímaváltozás negatív hatásait erősítik, mint pl.: a városi hősziget hatás?

## **2.2 A regionális léptékű földhasználat-változás modellezés szakirodalmának áttekintése**

A földhasználat-változás modellezésének szakirodalma rendkívül bőséges és szerteágazó. Munkánk célja nem a teljes háttér áttekintése, hanem elsősorban azon referenciák bemutatása, amelyek a földhasználati modellezés klímamodellekkel való integrációját tárgyalják, illetve a tájhasználat és a klímaváltozás komplex, regionális léptékű előrejelezhetőségének összefüggéseire helyezik a hangsúlyt. A városterjeszkedés és a földhasználat-változás együttes megközelítésére és modellezésére vonatkozóan külön alfejezetben mutatunk be példákat.

### 2.2.1 A témához kapcsolódó modellalkotás általános elvi háttere és kiindulópontjai

A regionális földhasználat-változás modellezésének ma már egyik elfogadott alaptézise, hogy a természet-átalakító, táji beavatkozások komplex környezeti változás-mechanizmusokat idéznek elő. Az emberi behatások – a külső és belső erők mellett – erőteljesen befolyásolhatják az adott térségekre jellemző biogeofizikai komponenseket, a növényzeti borítást, a felszíni-morfológiai folyamatokat, a mikroklímát, sőt a nagyobb földrajzi egységekre kiterjedő éghajlatot és a biomokat is. Számos szerző egyetért azzal, hogy a földhasználatból és annak változásából fakadó visszacsatolások a globális ökológiai változások és a tájdegradáció legfőbb antropogén eredetű hajtóerejét képezik, sőt egyesek kihangsúlyozzák, hogy a földhasználat a lokális, regionális klimatikus jellegekkel és anomáliákkal is szoros összefüggésben áll (Foley et al. 1996; Sala et al. 2000; Verburg et al. 2002; Brovkin et al., 2006; Shaeffer et al., 2006; Dirmeyer et al. 2010). Egyre inkább elfogadottá válik az a nézet, amely szerint a jelenkori gyors ütemű klímaváltozást az elmúlt században elfajuló mesterséges tájhasználat miatti felszínváltozások és az azzal összefüggő meteorológiai, éghajlati kilengések idézik elő (Munroe–Müller 2007; Quillet et al. 2010; Strengers et al., 2010; Higgins et al., 2016).

A klíma- vegetáció- és felszínváltozások egymásra hatását, a modellezéssel foglalkozó kutatók felismerték, és modelljeikben is leginkább az összetett megközelítésnek megfelelően jártak el. A földhasználat,- éghajlat,- vegetáció interakcióját és a várható trendeket, következményeket, általános cirkulációs- illetve dinamikus (már a felszíni anomáliákat is jól felismerő) modellek sora próbálta bemutatni az elmúlt évtizedben (Bergengren et al., 2001; 2011; Pitman et al., 2009; Hibbard et al., 2010; Pilke et al 2011; Zhang et al 2013; stb). Voltak szakemberek, akik a modellalkotásban még elsősorban a klímaváltozást helyezték előtérbe. A Bergengren vezette (2011) NASA kutatócsoport pl. megállapította, hogy a klímaváltozás Földünk felszínének 50%-án (már csak az éghajlati következményeket alapul véve) olyan erőteljesen át fogja alakítani a vegetációt e század végére, hogy az megváltoztathatja a föld lakosságának területi elterjedését is. Ebben a modellben a klíma-vegetáció áll a középpontban, míg más előrejelzésekben a változások másik domináns mozgatórugója az antropogén területhasználat került előtérbe. Utóbbi, mint ahogy többen is fogalmaznak, drámaian megváltoztatta a természeti-környezetet és a továbbiakban még inkább megváltoztathatja a már átalakított kultúrtájakat (Williams–Jackson 2007; Sykes et al 2009; Syvitski, 2012; Oliver–Morecroft, 2014; Fuchs et al., 2015; Munteanu et al. 2015; Han et al., 2016). Foley és munkatársai szerint a rablógazdálkodással egyenértékű földhasználat még a klímaváltozás drasztikussá válása előtt determinálta a jelenlegi kedvezőtlen helyzet bekövetkezését, amit jól mutat, hogy az ezredfordulóra a bolygó felszínének természetes növénytakarója már 30-40%-ban művelt, vagy lakott területté alakult át. A modelleken alapuló becslések szerint ez évi, több millió hektárral tovább bővül (Foley et al., 1998; 2000; 2005).

Kétség nem férhet hozzá, hogy a nagyléptékű, világszerte megfigyelhető mesterséges térnyerés következtében – melyben a városi terjeszkedés is egyre nagyobb szerepet játszik – olyan értékes erőforrások és alapvető rendszeralkotók sérülnek és semmisülnek meg, mint a termőföld, a vízbázisok vagy az adott élőhelyek ökológiai egyensúlyát biztosító élővilág (Wohl 2013; FAO és MEAE 2005 jelentések). Számos tanulmány ezt olyan jövőre vonatkozó modellek segítségével igyekszik bemutatni és alátámasztani, amelyben egy-egy meghatározó környezeti indikátort vesznek alapul (pl.: üvegházgázok, folyóvízi üledékek, albedo, erdők) (Mendelsohn–Dinar, 2009; Routschek et al., 2014; 2009; Paroissien et al., 2015; Lehsten et al. 2015; Bussi et al. 2016; Jiao et al. 2017). A földhasználat optimalizálhatóságát is célzó holisztikus modellezés a társadalmi szempontok (intézmények, kormányzati beavatkozások) bevonásának irányába is kibővült. Így jelentek meg azok a döntéshozói mechanizmusokat és környezeti menedzsmentet segítő tanulmányok, mint pl.: az „Implications of climate and land-use change for landscape processes, biodiversity, ecosystem services, and governance” (Elmhagen et al., 2015) vagy a „Modelling Interactions between Land Use, Climate, and Hidrology along with Stakeholders’ Negotiation for Water Resources Management” (Farjad et al., 2017).

A modellek szinte kivétel nélkül két fő szempontra hívták fel a figyelmet: egyrészt, hogy a változások kedvezőtlen irányba zajlanak, másrészt pedig hogy a (geológiai értelemben vett gyors emberi beavatkozások miatt) megváltozott tájak éghajlatra gyakorolt hatása, mind regionális, mind globális szinteken új kihívásokat jelent a biológiai sokféleség és a környezeti fenntarthatóság szempontjából.

### 2.2.2 A témához kapcsolódó modellalkotás általános elvi háttere és kiindulópontjai

A regionális földhasználat-változás modellezésének ma már egyik elfogadott alaptézise, hogy a természet-átalakító, táji beavatkozások komplex környezeti változás-mechanizmusokat idéznek elő. Az emberi behatások – a külső és belső erők mellett – erőteljesen befolyásolhatják az adott térségekre jellemző biogeofizikai komponenseket, a növényzeti borítást, a felszíni-morfológiai folyamatokat, a mikroklimát, sőt a nagyobb földrajzi egységekre kiterjedő éghajlatot és a biomokat is. Számos szerző egyetért azzal, hogy a földhasználatból és annak változásából fakadó visszacsatolások a globális ökológiai változások és a tájdegradáció legfőbb antropogén eredetű hajtóerejét képezik, sőt egyesek kihangsúlyozzák, hogy a földhasználat a lokális, regionális klimatikus jellegekkel és anomáliákkal is szoros összefüggésben áll (Foley et al. 1996; Sala et al. 2000; Verburg et al. 2002; Brovkin et al., 2006; Shaeffer et al., 2006; Dirmeyer et al. 2010). Egyre inkább elfogadottá válik az a nézet, amely szerint a jelenkori gyors ütemű klímaváltozást az elmúlt században elfajuló mesterséges tájhasználat miatti felszínváltozások és az azzal összefüggő meteorológiai, éghajlati kilengések idézik elő (Munroe–Müller 2007; Quillet et al. 2010; Strengers et al., 2010; Higgins et al., 2016).

A klíma- vegetáció- és felszínváltozások egymásra hatását, a modellezéssel foglalkozó kutatók felismerték, és modelljeikben is leginkább az összetett megközelítésnek megfelelően jártak el. A földhasználat,- éghajlat,- vegetáció interakcióját és a várható trendeket, következményeket, általános cirkulációs- illetve dinamikus (már a felszíni anomáliákat is jól felismerő) modellek sora próbálta bemutatni az elmúlt évtizedben (Bergengren et al., 2001; 2011; Pitman et al., 2009; Hibbard et al., 2010; Pilke et al. 2011; Zhang et al. 2013; stb). Voltak szakemberek, akik a modellalkotásban még elsősorban a klímaváltozást helyezték előtérbe. A Bergengren vezette (2011) NASA kutatócsoport pl. megállapította, hogy a klímaváltozás Földünk felszínének 50%-án (már csak az éghajlati következményeket alapul véve) olyan erőteljesen át fogja alakítani a vegetációt e század végére, hogy az megváltoztathatja a föld lakosságának területi elterjedését is. Ebben a modellben a klíma-vegetáció áll a középpontban, míg más előrejelzésekben a változások másik domináns mozgatórugója az antropogén területhasználat került előtérbe. Utóbbi, mint ahogy többen is fogalmaznak, drámaian megváltoztatta a természeti-környezetet és a továbbiakban még inkább megváltoztathatja a már átalakított kultúrtájakat (Williams–Jackson 2007; Sykes et al. 2009; Syvitski, 2012; Oliver–Morecroft, 2014; Fuchs et al., 2015; Munteanu et al. 2015; Han et al., 2016). Foley és munkatársai szerint a rablógazdálkodással egyenértékű földhasználat még a klímaváltozás drasztikussá válása előtt determinálta a jelenlegi kedvezőtlen helyzet bekövetkezését, amit jól mutat, hogy az ezredfordulóra a bolygó felszínének természetes növénytakarója már 30-40%-ban művelt, vagy lakott területté alakult át. A modelleken alapuló becslések szerint ez évi, több millió hektárral tovább bővül (Foley et al., 1998; 2000; 2005).

Kétség nem férhet hozzá, hogy a nagyléptékű, világszerte megfigyelhető mesterséges térnyerés következtében – melyben a városi terjeszkedés is egyre nagyobb szerepet játszik – olyan értékes erőforrások és alapvető rendszeralkotók sérülnek és semmisülnek meg, mint a termőföld, a vízbázisok vagy az adott élőhelyek ökológiai egyensúlyát biztosító élővilág (Wohl 2013; FAO és MEAE 2005 jelentések). Számos tanulmány ezt olyan jövőre vonatkozó modellek segítségével igyekszik bemutatni és alátámasztani, amelyben egy-egy meghatározó környezeti indikátort vesznek alapul (pl.: üvegházgázok, folyóvízi üledékek, albedo, erdők) (Mendelsohn–Dinar, 2009; Routschek et al.,

2014; 2009; Paroissien et al., 2015; Lehsten et al. 2015; Bussi et al. 2016; Jiao et al. 2017). A földhasználat optimalizálhatóságát is célzó holisztikus modellezés a társadalmi szempontok (intézmények, kormányzati beavatkozások) bevonásának irányába is kibővült. Így jelentek meg azok a döntéshozói mechanizmusokat és környezeti menedzsmentet segítő tanulmányok, mint pl.: az „Implications of climate and land-use change for landscape processes, biodiversity, ecosystem services, and governance” (Elmhagen et al., 2015) vagy a „Modelling Interactions between Land Use, Climate, and Hidrology along with Stakeholders’ Negotiation for Water Resources Management” (Farjad et al., 2017).

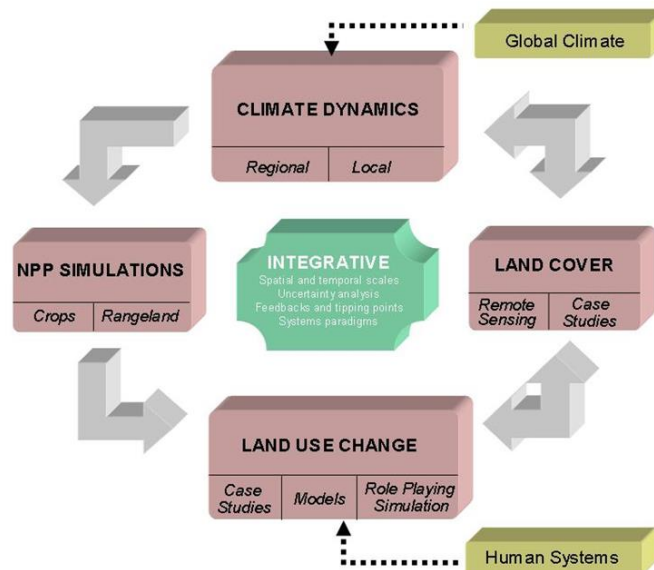
A modellek szinte kivétel nélkül két fő szempontra hívták fel a figyelmet: egyrészt, hogy a változások kedvezőtlen irányba zajlanak, másrészt pedig hogy a (geológiai értelemben vett gyors emberi beavatkozások miatt) megváltozott tájak éghajlatra gyakorolt hatása, mind regionális, mind globális szinteken új kihívásokat jelent a biológiai sokféleség és a környezeti fenntarthatóság szempontjából.

### 2.2.3 A földhasználati- és klímamodellek integrációja

A környezetért tenni akaró társadalmi erők (szakpolitika, civil mozgalmak) részéről számos súlyos kérdés vetődött fel: Hogyan befolyásolja a földhasználat és a települések terjeszkedése a klímát? Milyen hatások várhatók a konkrét területi szinteken közép- és hosszú távon? Hogyan csökkenthetők az éghajlatra ható tevékenységek? Hogyan optimalizálhatók a regionális földhasználati minták? Hogyan tudjuk mérsékelni a mesterséges térszínek terjedését? A jövőre vonatkozó számításokon alapuló előrejelzési modellek e kérdések megválaszolásában egyre pontosabb támpontokat nyújtanak, ugyanakkor a modellek alkotói felismerték, hogy a humán-tájrendszerekben (kultúrtájokban) bekövetkező változások – a különböző környezeti összetevők közötti kölcsönhatások rendkívüli bonyolultságából fakadóan – csak korlátok között szimulálhatók. Korábban a modellek nem voltak képesek egyszerre kezelni és egyben összegző értelmezéseket adni a földhasználati, társadalmi-gazdasági és éghajlati változások kapcsán. Állandó problémát jelentett, hogy azok a „holisztikus modellek”, amelyek mindent figyelembe kívántak venni, nem tudták a kellő részleteket bemutatni és a hibahatárok is túl nagyok, voltak, míg a specifikus modellek túl szűk mezsgyén haladva végezték számításaikat, így egy dinamikus változó környezeti- táji- regionális rendszerben szintén nem voltak alkalmasak pontos becslésekre. Még egy-egy kiemelt tényező, mint pl a földfelszíni borítottság és a regionális klíma lehetséges összefüggései is csak bizonyos fenntartásokkal volt előrejelezhető (Le et al., 2008; Liu–Deng 2010). A korszerű távérzékelés, térinformatika és a nagyteljesítményű számítógépes szoftverek segítségével, napjainkra azonban lehetővé vált a földhasználati és éghajlati szimuláció együttese, amely szükségszerű és meghatározó eszköze lehet a komplex előrejelzéseknek (Semboloni et al. 2004; Syphard et al. 2005; Liu et al 2005/a; 2005/b; Lau–Kham 2005; Shepherd et al. 2010).

A klíma- tájhasználat- agrárium- élelmiszerbiztonság- életminőség- regionális környezeti fenntarthatóság kulcsszavak komplexitását figyelembe véve kezdődtek el azok a kutatások, amelyek a gyakorlati területfejlesztésben is használható modelleket alkottak egy-egy régió számára. Ilyen úttörő vállalkozás volt a Michigan Állam Egyetem koordinációjával zajló CLIP (Climate Land Interaction Project), amely Kelet-Afrika egyes országainak térségeiben próbálta egyesíteni a klíma-, földhasználat-változás-, növénytermesztés- és szociális viszonyok előrejelezhetőségét (Moore et al., 2008; 2009; Doherty et al., 2009) (1. ábra). A projekt közvetlen előzménye volt a 2000-es években elinduló; „An Integrated Analysis of Regional Land-Climate Interactions” elnevezésű kezdeményezésre épülő „Land Use Change, Impacts and Dynamics”, azaz LUCID projekt. A klimatológusokból, tájökológusokból, távérzékelési szakemberekből és geográfusokból álló csapat

által feltett kérdés a következő volt: „What is the magnitude and nature of the interaction between land use and climate change at regional and local scales?” Ennek megválaszolására egymással párhuzamosan készítettek regionális légköri,- növénytermesztési,- földhasználati /változási modelleket és szerepjáték szimulációkat. Az így kialakított integratív modell termelési módszerekre, környezetpolitikai intézkedésekre, regionális, helyi, lakossági-háztartási szintű megoldásokra vonatkozó javaslatokat is megfogalmazott (túlmutatva sok más korábbi, „öncélú modellezési kísérleten”).

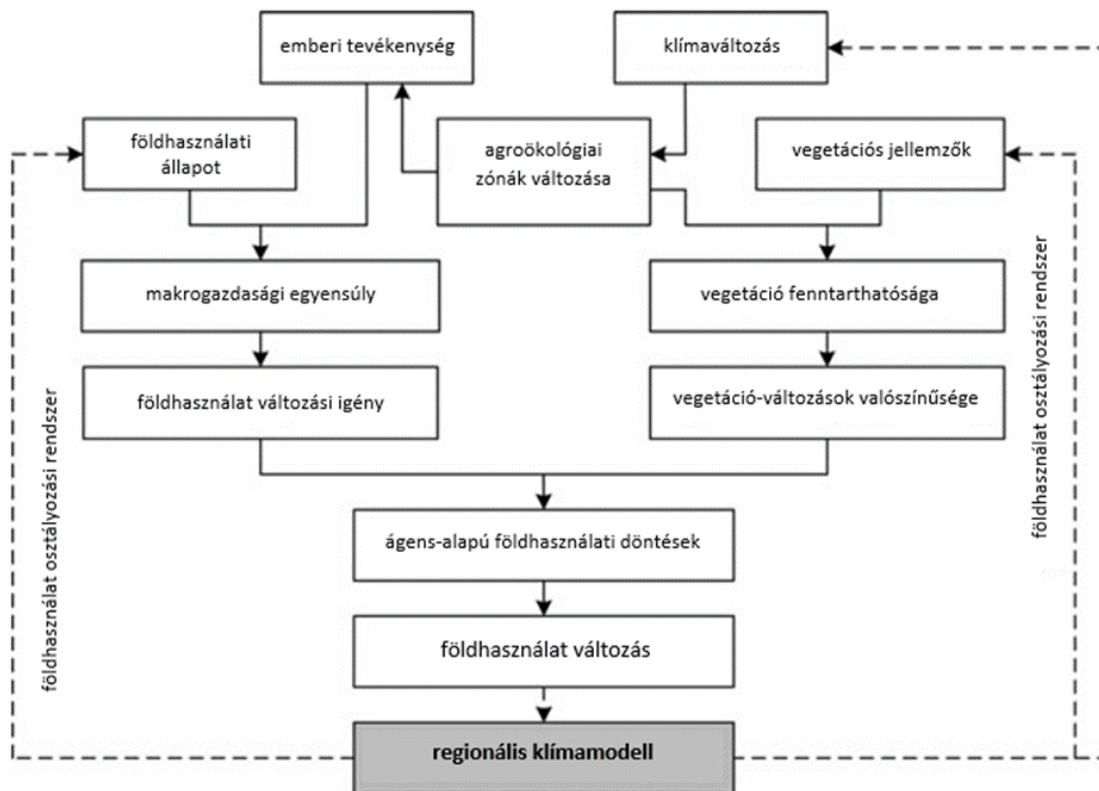


1. ábra: A CLIP integratív elvi sémája

Forrás: <http://clip.msu.edu/>

Az ilyen és ehhez hasonló átfogó (terepmunkát és matematikai konstrukciót egyszerre igénylő) területi kutatások fontos lépcsőfokok voltak és bizonyították, hogy érdemes még körültekintőbb megfontolásokkal és kiterjedtebb információkkal, adatokkal dolgozni, illetve számos olyan kutatás-fejlesztési ötletnek adtak kiindulópontot, mint a „klímatudatos mezőgazdaság”. Ezek az elképzelések különösen az egyre rosszabb klimatikus mutatókkal rendelkező, élelmiszertermelésben kiszolgáltatott régiók számára fontosak, ahol a szakpolitika bizonytalan a várható éghajlati változások miatt. Fontos, hogy a modellek eredményei a gyakorlatba is átkerüljenek. Mind a különböző termelők, fogyasztói társadalmi csoportoknak, mind a döntéshozóknak meg kell ismerniük és meg kell érteniük a különböző forgatókönyveket és a változásokra adható válaszokat, azokat a gazdasági-társadalmi kompromisszumokat, amivel a kihívásokra reagálnak. Az adaptáció jegyében született regionális szintű modellezés egyik jó példája a Mohamed VI. Műszaki Egyetem (UM6P) és partnerei által létrehozott Climate Interactive „éghajlat-változási és mezőgazdasági politika-szimulátor”, amely célja annak feltárása, hogy az agrárpolitikák és gyakorlatok kombinációja hogyan járulhat hozzá az élelmiszerbiztonság és az éghajlati problémák megoldásához.

A környezeti problémákat középpontba helyező komplex modellek legújabb generációja a társadalmi döntési útvonalakat is figyelembe veszi. Zhan és szerzőtársai (2014) a „globális változások értékelési modellből” (Global Change Assessment Model - GCAM) valamint a „földhasználat-változás dinamikus modelljéből” (land use change dynamic - LUCD) kiindulva és az ún. „agrárökológiai zónák” (agroecological zone - AEZ) együttes használatával állítottak elő egy új modellsémát. Ez a séma iteratív metodikával (a szimulációs eljárás egyre pontosabb értéket adó többszöri megismétlésével) is igazolhatóan, mintegy integrálja a regionális klímamodellek (Regional Climate Model - RCM) várható eredményeit és a földhasználat-változások regionális léptékű előrejelezhetőségét (2. ábra).



2. ábra: A földhasználat-változás dinamikus modelljének (LUCD) regionális klímamodell (RCM) szimulációba való beemelése sémája (folytonos vonal = információáramlás; szaggatott vonal = adatátvitel)

Forrás: Zhan et al. (2014) nyomán

A földhasználat-változás dinamikus modellt három modul támogatja: a gazdasági-, a vegetációs változás- és az ágens-alapú modul. A gazdasági modul kiszámítja a földhasználati igényeket valamennyi gazdasági tevékenység számára, úgy, hogy közben maximalizálja a földhasználat gazdaságosságát. A vegetációváltozási modul a növényzet (klímaváltozás általi) módosulásának valószínűségét mutatja. Végül az ágens-alapú modul azonosítja, (amennyiben a földhasználati igények és a vegetációváltozások képesek jelezni a földhasználat-változásokat) hogy melyek lesznek a regionális klímamodell által kezelhető alapfelületek. A modell értelmezéséhez a következő kitételek szolgáltatnak alapot:

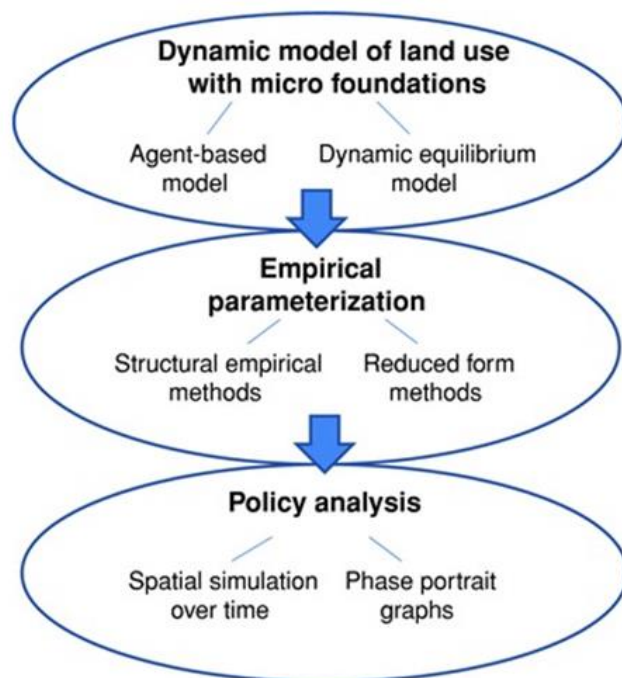
- Ahhoz, hogy a LUCD eredmények integrálhatók legyenek az RCM-be, a LUCD-nak konzisztensnek kell lennie az RCM felületekkel, amit a modell úgy ér el, hogy az RCM-et, mint mögöttes felszíni adatot értelmezi.
- A gazdasági modul értelmezése szerint az ember által vezérelt földhasználati változás korlátozott, mind a gazdasági tevékenységek, mind a földhasználati döntések oldaláról.
- A piacok hatással vannak a földhasználati keresletre.
- Az agrárökológiai zónák (AEZ) modell-konceptió (melyet a FAO és az IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis munkatársai fejlesztettek ki), összeköti az éghajlatváltozást és a vegetáció változását, és segíti az emberi tevékenység éghajlatváltozással való összekapcsolását is (Schmidhuber és Tubiello 2007).
- Az éghajlatváltozás az AEZ-k változását eredményezi, amely meghatározza a növényzet elterjedését (Stehfest et al., 2007). Következésképpen az éghajlatváltozás nem csak a természetes növényzet alakulásával, de az emberi tevékenységek, ideértve a földhasználat módosulását is együtt jár.



Ez az integratív modell rendkívül összetett és számos korábban mellőzött paramétert is figyelembe vett. Mindezek ellenére a szerzők hangsúlyozzák, hogy az előrejelzések még mindig bizonytalanságokat hordoznak, hiszen maguk az emberi tevékenységek időbeli kifutása kiszámíthatatlan. A modellbe bekerülő paraméterek pontosításával és többszöri lefuttatásával ugyan jobb rálátás lehet a bekövetkező eseményekre, de a „jövő sosem lesz teljesen kiszámítható”.

#### 2.2.4 A városterjeszkedés és a földhasználat-változás együttes előrejelzésének szükségessége és példái

A városok és főként a nagyvárosok, valamint azok peremzónái bolygónk legintenzívebben használt és folytonos átalakításban lévő területei és azok is maradnak a jövőben (Kalnay–Cai 2003). 2050-re az urbanizáció még inkább felgyorsul és a világ népességének minimum kétharmada, a szuburbiákkal együtt pedig 90%-a fog városokban élni (United Nations, 2015). A sokak szerint a 21. század legnagyobb kihívásának tartott városodási trendek legfőképpen a fejlődő országokban dinamizálódnak, ahol még egyelőre nem látható, hogy a társadalmi, gazdasági viszonyok mikor fogják lehetővé tenni a körszerű öko-tudatos környezet- és energiagazdálkodást (DeFries et al. 2010; Gong et al. 2012). A lakóövezeti igény miatt tovább zsugorodnak a minőségi mezőgazdasági területek, csökken a biodiverzitás, ellenben a nő az energiafogyasztás, a szennyezés, ezáltal egyre inkább begyűrűznek az egészségügyi problémák (Hunt et al. 2005; Weng 2012). A városnövekedés tehát számos kedvezőtlen folyamatot von magával (Ewing, 1997; Galster et al., 2001; Hasse–Lathrop, 2003; Besussi et al., 2010; Tewolde–Cabral, 2011; Gómez-Antonio et al., 2014). Mindezek elkerülésére és enyhítésére, a városi rendszerek hatékony és fenntartható tervezése érdekében, igen előremutatóak és fontosak lehetnek az urbanizációs folyamatokat, azok társadalmi vonzatait, valamint a földhasználati, klimatikus változásokat egyidejűleg figyelembe vevő előrejelző modellek (Batty 2008; 2009; Irwin 2010).

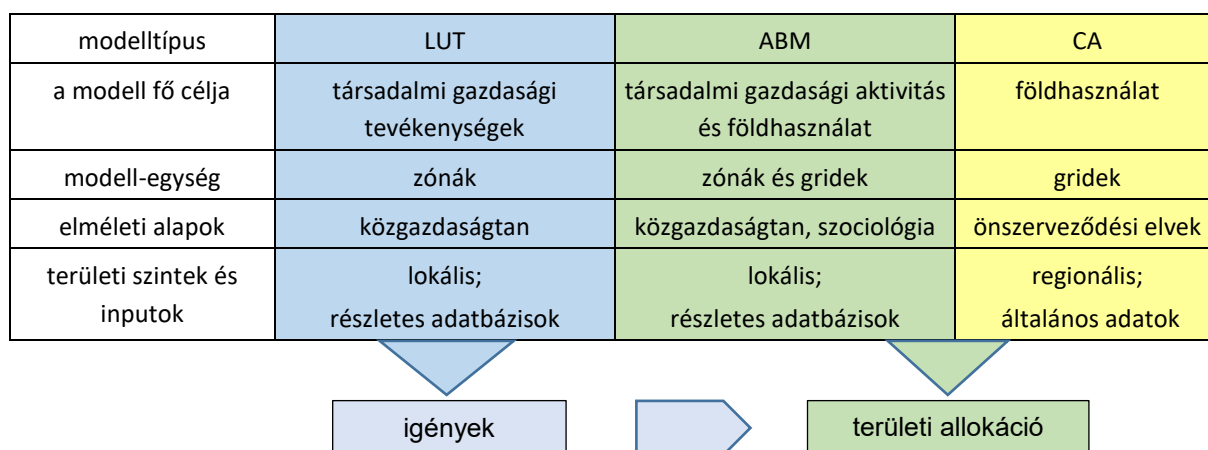


3. ábra: A földhasználati dinamikus modellek kidolgozásához szükséges (a politikák és a földhasználat-környezet kölcsönhatások elemzésére is alkalmas) elméleti és empirikus módszerek összefüggésrendszere

Forrás: Forrás: Irwin, 2010

A városi területek térhódításával járó következményeket a hazai szakemberek is felismerték, és az elmúlt években egyre többen hangsúlyozták, hogy a várostervezésben, a stratégiákat segítő jövőképalakításban a helyhez kötött erőforrásoknak (termőföld, édesvízkészlet, maga a táj) prioritást kell kapniuk, és meg kell teremteni a településeken megvalósuló különböző területhasználatok egyensúlyát (Vaszócsik 2016; 2017).

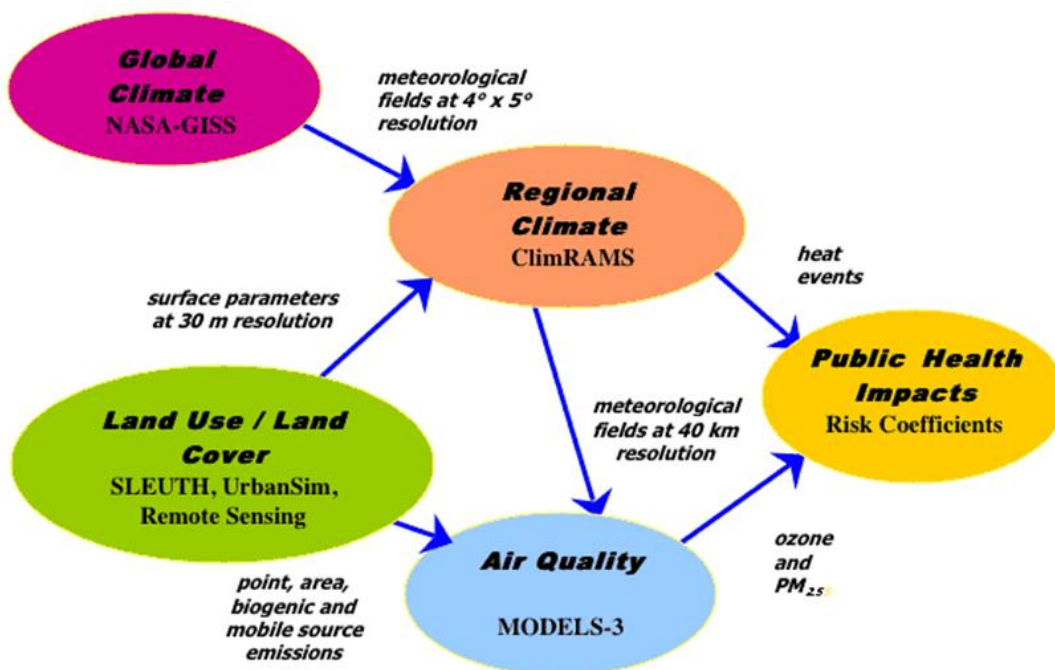
Az elmúlt két évtizedben városi növekedési modellek tutcatjait fejlesztették ki, amelyek módszereik és elveik tekintetében különböztek és eltérő problémákkal (ökológiai terhelés és épített környezeti degradáció, közlekedési túlterheltség, társadalmi polarizáció, stb.) foglalkoztak. A kapcsolódó publikációk többsége speciális modellekre fókuszált, hiányoztak a városi régiók komplex hierarchikus rendszerét, az emberi-természeti kölcsönhatásokat átfogóan értékelő és reális jövőképet adó írások. Később azonban az egyre több információt kezelő – dinamikus visszacsatolható, rugalmas komponenseken alapuló, modulokkal bővíthető – modellek egyre inkább képesek voltak összehangolni a különböző szakterületek tudáskészletét, és egyre alkalmasabbá váltak a különböző területi szintű döntési folyamatok alátámasztására (Van Delden et al. 2011). A modellek evolúciójában megfigyelhető a regionális, lokális- mikro szintek felé való elmozdulás, illetve a komplexitás (NRC 2013; Xuecao–Peng 2016). Utóbbi két szerző (valamennyi addig ismeretes modellt összevetve) alapvetően három modelltypust különít el: LUT - land use/transportation model, CA - cellular automata model és ABM - agent-based model, vagyis földhasználat- és közlekedéshálózat-változási modell, sejtautomata- és ágens-alapú modellt). Ezeket a következőképp jellemzik: (4. ábra).



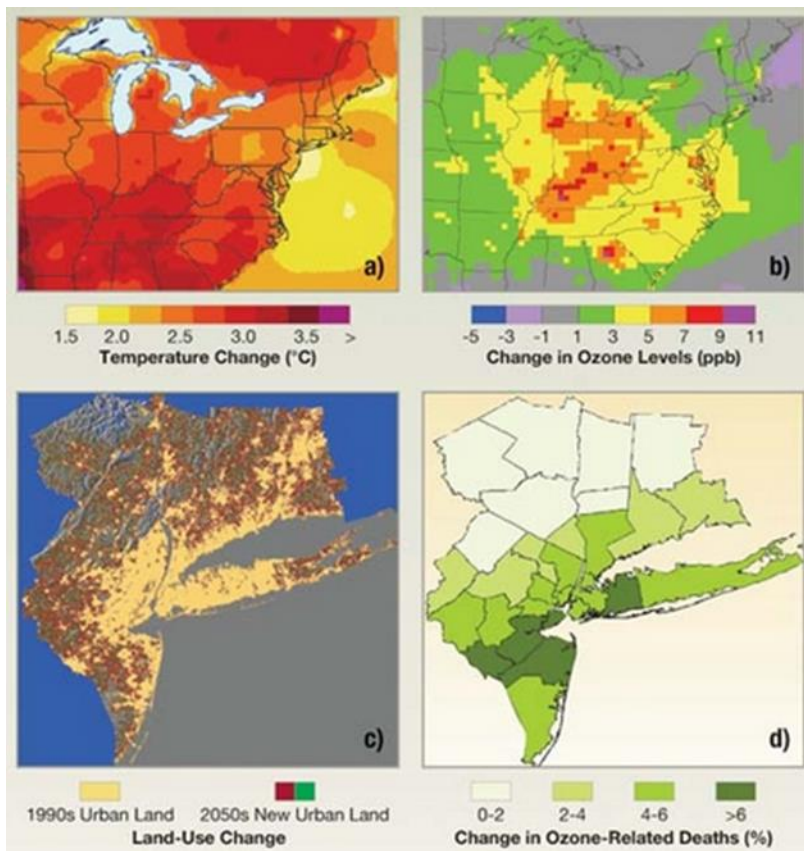
**4. ábra: A városterjeszkedési modellek három fő alaptípusa és azok legfőbb jellemzői**

**Forrás: Xuecao és Peng (2016) nyomán**

A klímaváltozás,- földhasználat,- és városterjeszkedés integrált modelljeit bemutató munkák közül az egyik iránymutató alaputatást a NASA Goddard Intézete és négy amerikai egyetem konzorciuma folytatta le. A „New York Climate and Health Project Staff: Modeling Heat and Air Quality Impacts of Changing Urban Land Uses and Climate” c. projekt az egyik legismertebb metropoliszra és annak 31 körzetére irányult, amelyben egyszerre kaptak prioritást a klíma,- táj, földhasználati és urbanizációs változások, valamint mindezek környezetegészségügyi hatásainak nyomkövetése, előrejelzése. A társadalom- és természettudományi módszereket egyaránt felvonultató modellezés a stresszfaktorok becslésére fókuszált a kutatástól számított a 2020-as 2050-es és 2080-as évekig előremenően. A szakemberek végső soron arra keresték a választ, hogy a változások miben és milyen mértékben befolyásolják a térség lakosságának egészségügyi állapotát, socio-gazdasági státuszát (beleértve a demográfiai, kisebbségi problematikára kifejtett hatásokat is).



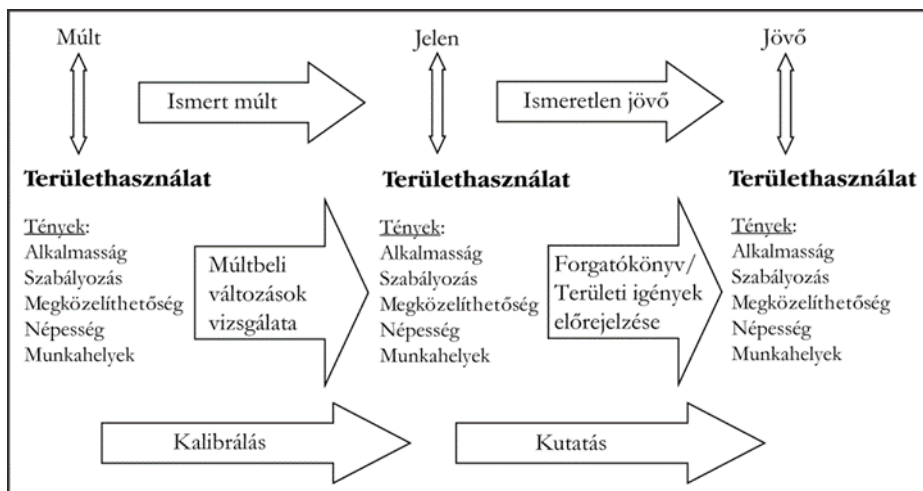
5. ábra: A „New York Climate...” projekt modell-kapcsolódási sémája  
 Forrás: Knowlton et al., 2008



6. ábra: A 2050 re szóló modell-projekció a) hőmérséklet-változás MM5 regionális modell; b) ózon-szint változás CMAQ model; c) területhasználati változás (városterjeszkedés és közlekedés figyelembe vételével) (SLEUTH model); and (d) ózonváltozáshoz kötött halálozás  
 Forrás: Hogrefe et al. 2008

A városfejlődés és a földhasználat változás lokális és regionális vizsgálatai rendkívül időszerűvé váltak a nagy népességű fejlődő országokban is. Az ázsiai kontinensen mindennapos fejlesztési igényné vált a városterjeszkedések térbeli és társadalmi hatásainak a várható előrejelzése (Simmons, 2007). Példaként említhető Irán, ahol a városi népesség száma az elmúlt 50 évben megtízszereződött, a népesség közel 75%-a (több mint 53 millió fő) lakik a városokban (Irán Statisztikai Központ, 2011). Mivel az iráni nagyvárosok termékeny mezőgazdasági térségek középpontjában helyezkednek el, a városi növekedés nagy hatást gyakorol a városrégiók földhasználati változásaira. E folyamat megértése, nyomon követése és a várható tendenciák előrejelzése egyre fontosabbá vált a tervezésben (Mosammam, et al. 2017). Tabriz város vonzáskörzetének példáján, Rahimi (2016) a földhasználat- és közlekedéshálózat- változási modell, valamint a mesterséges neurális hálók módszerét alkalmazva rámutat, hogy a zöldterületek és a mezőgazdasági földterületek jelentős része (30-60%-a) elpusztul, ugyanakkor az épített terület 40%-kal nő a 2005-től számított 2021-ig tartó időszakban. Ezért (más európai és amerikai szerzőkhöz csatlakozva) a meglévő lakott területek fejlesztését, a régi és elkopott textúrák javítását és rehabilitációját („infill development”) javasolja, nem a térbeli terjeszkedést (Freilich et al 2010; McConnell–Wiley 2011).

A komplex előrejelzések nem csupán a nagy népességű, nagy kiterjedésű országok régióiban, nagyvárosi körzeteiben, de olyan európai térségekben is fontosak, mint pl. a Kárpát-medence. A Magyarország tájait, településeit célzó területhasználat-változás modellezés egyik kiinduló motivációját épp a településrendezési tervek összehangolása, az urbanizált körzetek várható folyamatainak elemzése, értékelése jelenti. Az előrejelzések az érintett döntéshozók számára fontos támpontokat adnak. A hazai modellek sorában már megtalálhatók az ún. területi döntéstámogató rendszer(ek) (Spatial Decision Support System – SDSS), amelyek a hozzájuk kialakított szoftverek segítségével a bevitt adattartalmakat, elképzeléseket, opcionális intézkedéseket komplex módon tudják kezelni, és ezek ismeretében szimulációkat hoznak létre. Ilyen integrált megközelítést alkalmaztak – a Geonamica szoftverplatformon, a holland kutatóintézet (Research Institute for Knowledge System – RIKS) segítségével – a Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft. munkatársai. A kialakított DSS két modellkomponenst tartalmazott: A térbeli kölcsönhatások komponenst, (regionális modell) és a területhasználat-változás komponenst (sejtautomata modell). Az első az egyes régiók lakosságra és az iparra gyakorolt vonzerejét, míg a második a különböző szereplők szabad térért folyó versengését szimulálja, amely alapján kialakul a vizsgált terület térszerkezete. A regionális modell a gazdasági növekedést (népesség, munkahelyek) az egyes régiók (megyék) vonzereje alapján osztja szét, a vándorlási jellemzők, a kiindulási állapot és a relatív térbeli pozíció szerint. A területhasználat-változás modelljének fő tényezői: az egyes területhasználati kategóriák fizikai alkalmassága, az elérhetőség és a kategóriák egymás közötti térbeli és időbeli kölcsönhatásai. Ezek a hajtótényezők meghatározzák a különböző területhasználati kategóriák változási potenciálját, amely alapján cellaszinten kalkulálható a területhasználat (Vaszócsik 2017) (7. ábra).



7. ábra: A döntéstámogató modell elvi működése

Forrás: Vaszócsik, 2017

A Corine Land Cover adatbázis alapján a modellben rögzítették a döntéstámogatás szempontjából fontos területhasználatokat, és a 250x250 méteres raszterű országos kiindulási térképet, majd a rendelkezésre álló idősoros adatok összehasonlításával meghatározták az országra jellemző területhasználat-változási folyamatokat. A forgatókönyvek eredményei közül érdemes kiemelni a fővárosi agglomeráció-, beépíthetőség- és az árvízvédelem kérdéseinek összefüggéseit. A modell rávilágított, hogy „egy-egy övezeti szabályozás 15–25 éves távlatban képes megváltoztatni az adott terület térszerkezetét. Példa erre az újonnan bevezetett nagyvízi mederövezet hatása. E szabályozás alapján a nagyvízi mederterületen – árvíz kockázat-csökkentési megfontolásból – új beépítésre szánt terület nem jelölhető ki” (Vaszócsik 2017. 214 o.). Az ártéri tájgazdálkodás és vízviszataratás alá vonható területek, 2045-re vetített előrebecslése, pedig arra mutatott rá, hogy az így „kijelölt terület az ország 2%-a, 250 ezer hektár, ahol a rendszeres vízkivezetés, az ártéri tájgazdálkodás az árvízi kockázatok csökkentése mellett a klímaadaptációt (sőt az erdőtelepítések által a kockázatok enyhítését) is segíti,” vagyis a modellben kirajzolódó övezet a klímaváltozás mérséklése szempontjából is nagy jelentőségű (Vaszócsik 2017).

Az előremutató eredmények mellett, a hazai tervezési gyakorlat kapcsán egyetértünk fenti tanulmány összegzésével, miszerint: „az SDSS-ek alkalmazása még gyermekcipőben jár.” „Ugyanakkor már az eddigi tapasztalatok is megmutatták, hogy egy ilyen rendszer jelentősen támogatja a területi tervezést azzal, hogy képes: a területhasználatot érintő érvényes területi, ágazati politikák és jogszabályok következményeinek bemutatására, értékelésére (a jelenlegi és a jövőbeli terület- használat összehasonlítása alapján), – a területpolitikai és az ágazati döntések forgatókönyveinek elkészítésére a várható területhasználati hatások összehasonlítására (a különböző döntések esetén az egyes forgatókönyvek alapján milyen különbségek várhatók a területhasználat jövőbeli szerkezetében). - „ösztönözheti és megkönnyítheti a tervezés társadalmasítását, a társadalmi felelősségvállalást és a párbeszédet”.

## 3 A BUDAPEST FUNKCIONÁLIS VÁROSRÉGIÓ FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁSAINAK ELŐZETES ÉRTÉKELÉSE

### 3.1 *Urban Atlas adatbázis ismertetése*

Az Urban Atlas/Városi Területek adatbázist az európai városi térségek felszínborításának monitorozása céljából hozták létre. A nagyfelbontású és a Corine CLC-től részben eltérő fókuszú adatgyűjtés iránti igény a DG Regional and Urban Policy és a European Environmental Agency oldaláról jelentkezett. A háttérben az áll, hogy míg a különböző gazdasági és társadalmi adatok tekintetében jól összehasonlítható és kiterjedt mutatórendszerű adatbázisok állnak rendelkezésre a területi folyamatok elemzése céljából, addig a városi földhasználatról ilyen nem létezett. Emellett azt is fontos kiemelni, hogy az Unió egyik legfontosabb környezeti kihívása a városok területének jelentős növekedése, szétterülése (urban sprawl) (EEA 2006; EEA 2017). A városi területek egy sajátos városi ökoszisztéma rendszert alakítanak ki, melynek kutatásához alapvetően szükséges a megfelelő térbeli felbontású adatbázisok megléte.

A tematikai fókusz következtében az Urban Atlas adatbázisok létrehozásakor első körben a nagyobb európai városi zónák felmérésére törekedtek, így a 2006-s évre 305 ilyen terület térképe készült el. Ezeket a térségeket az Urban Audit során jelölték ki, és 305 db 100 000 főnél népesebb központi várost és a környező területeket ölelte fel. A 2012-es térképek elkészítésekor a hangsúly az ún. funkcionális várostérségekre (functional urban area, továbbiakban FUA) helyeződött, és a központi városok lakónépességét tekintve az 50 000 főnél népesebb központok kerültek bele az adatgyűjtésbe, európai szinten összesen 695 db FUA. Az két állapot felvétele mellett készültek változás térképek is, melyek a 2006 és 2012 közötti felszínborítás változásokat foglalják össze egy-egy térképezési területen. Emellett a 2012-es térképezés során az UA mellett elkészült egy ún. utcai fa réteg (street tree layer továbbiakban STL), amely azokat a fával borított területeket (fasorok, facsoportok, városi erdők) foglalta magába, amelyek szélessége elérte a 10 m-t és területe meghaladta 500 m<sup>2</sup>-t. További új elemként jelent meg a 2012-es térképek esetében a térképen ábrázolt területhasználati egységek (poligonok) lakónépesség adatának elérhetősége, melynek alapját a népszámlálás eredményei képezik.

Az UA alapvető különbsége a korábbról már ismert Corine felszínborítás térképekhez képest a tematikában és a felbontásban van. Ez utóbbi esetében leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy az mintegy 100X-sára nőtt. A Corine CLC és az UA térképek néhány mutatóját az 1. számú táblában hasonlítottuk össze.

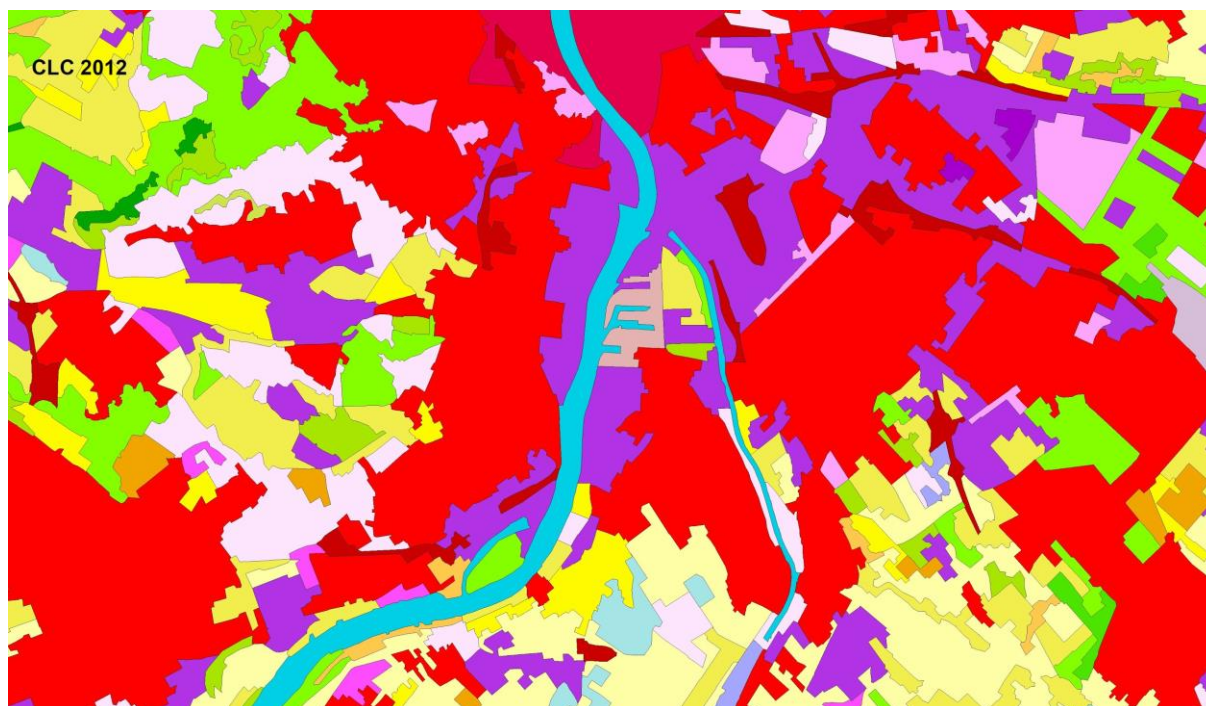
	Corine CLC	Urban Atlas
Méretarány	1:100 000	1:10 000
Minimális térképezési egység	25 ha	17 városi osztály: 0,25 ha 10 városon kívüli osztály: 1 ha
Minimális vonalas elem szélesség	100 m	10 m
Nómenklatúra	3 szint, 44 osztály	4 szint, 27 osztály
Idősor	1990, 2000, 2006, 2012, 2018	2006, 2012, 2018
Területi lefedettség	Ország teljes területe	Budapest, Debrecen, Miskolc, Nyíregyháza, Szeged, Kecskemét, Pécs, Székesfehérvár, Győr, Szombathely

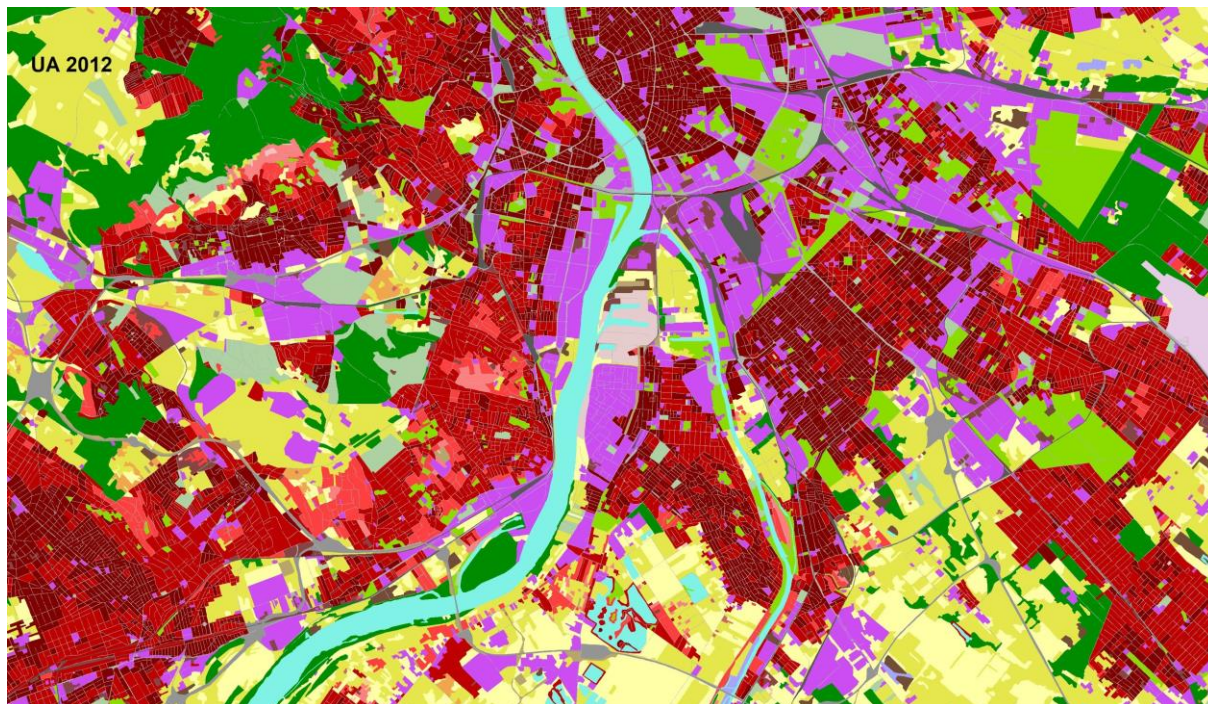
1. táblázat: A vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti talajkategóriák általános jellemzői

Forrás: saját összeállítás

Magyar szempontból fontos megjegyezni, hogy a térképezés jól halad, de a kijelölt célhoz képest jelenleg még nem minden 50 000 főnél népesebb városunk érhető el, amely FUA központként is funkcionál (pl.: Veszprém, Békéscsaba vagy éppen Szolnok).

A területi felbontásból adódó különbségeket a legegyszerűbb két térképi kivágattal szemléltetni ugyanarról a budapesti területről, mely a 8. számú ábrán látható.





8. ábra: CLC2012 és UA2012 összehasonlítása  
 Forrás: EEA

A felbontásbeli differenciák mellett, jelentős módszertani különbségek is vannak a Corine CLC és az UA között. Egyrészt a térképek előállításában egyre nagyobb szerepet kapnak az automatikus osztályozási módszerek - a távérzékelési szoftverek fejlődésével -, és ez különösen így van az UA esetében, hiszen szakértő interpretációval nagyon hosszú lenne ez előállítási folyamat, másrészt a tematikai irányultságából következően is. Az előbbieket a jelen kutatás szempontjából kevésbé érdekesek így inkább a felszínborítás kategóriákban megjelenő differenciákat fejtjük ki itt. Mivel a városi térségek nagyobb felbontású és a városi felszínek bővebb osztályozásáról van szó, így a távérzékelési adatok mellett a pontosság javítása érdekében más adatforrásokat is igénybe kell venni például az úthálózat esetében. Emellett a földhasználati osztályokat 4 szintbe sorolták be, melyeken belül a 17 városi és 10 nem városi kategóriát találunk. Az UA osztályok nomenklatúráját az 2. számú tábla mutatja be.

1 - Mesterséges felszínek	11 - Lakott területek	111 - Összefüggő településszerkezet	11100	Összefüggő településszerkezet (SL > 80%)
		112 - Nem összefüggő településszerkezet	11210	Nem összefüggő, magas beépítettségű településszerkezet (SL 50 - 80%)
			11220	Nem összefüggő, közepes beépítettségű településszerkezet (SL 30 - 50%)
			11230	Nem összefüggő, alacsony beépítettségű településszerkezet (SL 10 - 30%)



			11240	Nem összefüggő, nagyon alacsony beépítettségű településszerkezet (SL < 10%)
		113 - Különálló épületek/építmények	11300	Különálló épületek
	12 - Ipari, kereskedelmi, közösségi és katonai területek valamint közlekedési hálózat	121 - Ipari, kereskedelmi, közösségi és katonai területek	12100	Ipari, kereskedelmi, közösségi és katonai területek
		122 - Út- és vasúthálózat és csatlakozó területek	12210	Gyors tranzit utak és csatlakozó területek
			12220	Egyéb utak és csatlakozó területek
			12230	Vasúthálózat és csatlakozó területek
		123 - Kikötők	12300	Kikötők
		124 - Repülőterek	12400	Repülőterek
	13 - Nyerasanyag kitermelés, lerakó helyek és építési munkahelyek	131 - Bányák és lerakóhelyek	13100	Bányák és lerakóhelyek
		133 - Építési munkahelyek	13300	Építési munkahelyek
		134 - Használaton kívüli területek	13400	Használaton kívüli területek
	14 - Mesterséges, nem mezőgazdasági célú növényzet	141 - Városi zöldterületek	14100	Városi zöldterületek
		142 - Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	14200	Sport-, szabadidő- és üdülőterületek
2 - Mezőgazdasági, természet-közeli és vízenyős területek	21 - Szántóföldek		21000	Szántóföldek (egynyári kultúrák)
	22 - Állandó növényi kultúrák		22000	Állandó növényi kultúrák (szőlők, gyümölcsösök, olajfa-ültetvények )
	23 - Legelők		23000	Rét, legelő
	24 - Komplex, illetve vegyes művelési szerkezet		24000	Komplex, illetve vegyes művelési szerkezet
	25 - Településszéli gyümölcsöskertek		25000	Településszéli gyümölcsöskertek
3 - Erdők, lágyszárú	31 - Erdők		31000	Erdők

növényzet illetve ritkás növényzet	32 - Lágyszárú növényzet	32000	Lágyszárú növényzet (természetes gyepek, fenyérek ...)
	33 - Növényzet nélküli vagy ritkás növényzettel fedett területek	33000	Növényzet nélküli vagy ritkás növényzettel fedett területek
4 - Vizenyős területek		40000	Vizenyős területek
5 - Vízfelületek		50000	Vízfelületek

2. táblázat: Urban Atlas kategóriák

Forrás: EEA

A Corine-hoz képest a legfontosabb különbségeket a 112-es és a 122 osztályok további bontása adja, illetve olyanok megjelenése, amelyek ott nem szerepeltek. Az 3. számú táblában foglaltuk össze a differenciákat a városi területek esetében.

Corine CLC	UA kód	UA
112 - Nem összefüggő településszerkezet	11210	Nem összefüggő, magas beépítettségű településszerkezet (SL 50 - 80%)
	11220	Nem összefüggő, közepes beépítettségű településszerkezet (SL 30 - 50%)
	11230	Nem összefüggő, alacsony beépítettségű településszerkezet (SL 10 - 30%)
	11240	Nem összefüggő, nagyon alacsony beépítettségű településszerkezet (SL < 10%)
122 - Út- és vasúthálózat és csatlakozó területek	12210	Gyors tranzit utak és csatlakozó területek
	12220	Egyéb utak és csatlakozó területek
	12230	Vasúthálózat és csatlakozó területek
Corine-ban nincs	11300	Különálló épületek
Corine-ban nincs	13400	Használaton kívüli területek
Nyersanyag kitermelés	13100	Bányák és lerakóhelyek
Lerakóhelyek, meddőhányók	13100	Bányák és lerakóhelyek

3. táblázat: Corine CLC és Urban Atlas kategóriák megfeleltetés

Forrás: saját összeállítás

A bővülés mellett összevonásra is van példa, ami a bányákat és lerakóhelyeket érintette. Ezek a CLC-ben két külön osztályt kaptak, míg az UA-ban összevonásra kerültek.

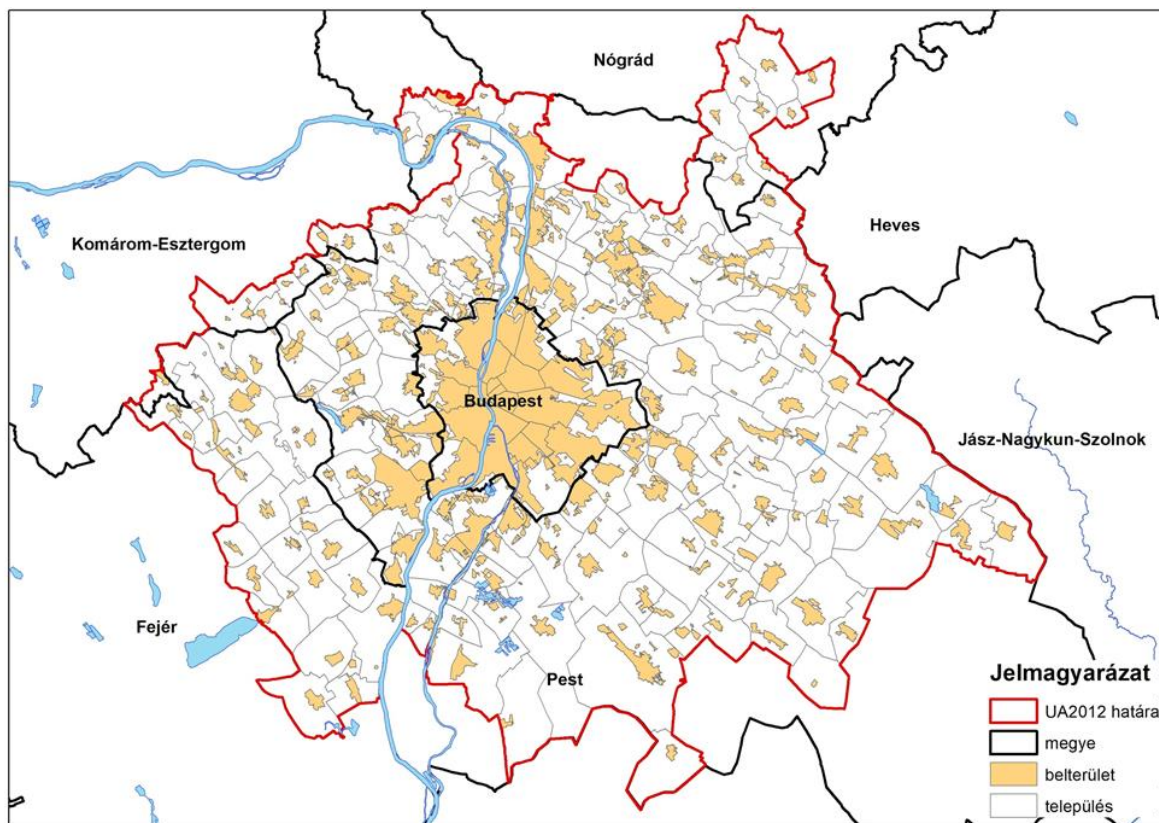
A városi területeken kívül kategóriák esetében azok összevonása a meghatározó, hiszen a Corine 33 osztályát az UA-ban 10-re csökkentették. Jelen kutatás során éppen ezért a nem mesterséges felszínek esetében a Corine CLC adott évre vonatkozó adatait alkalmaztuk.

Fontos megjegyezni, hogy a UA adatbázis bővítésére mind területi, mind tartalmi vonatkozásban vannak elképzelések. Térségi lefedettség tekintetében, mint ahogy korábban már említettük vannak hiányok az 50 000 főnél népesebb FUA-k tekintetében, illetve az EEA szeretné azt további országokra (pl.: Ukrajna) kiterjeszteni. Tematikai tekintetben az EAGLE projekt keretében zajlik jelenleg a

felszínborítás és földhasználat térképezés európai szintű megújítása, mely biztosan hatással lesz az UA-ra is, illetve konkrét elképzelésként említhetjük meg a különböző nagyfelbontású termékek jobb tartalmi összehangolását, a biofizikai paraméterek (pl. NDVI), vagy éppen a belvárosi épületek magasság adatainak beemelését az adatok közé, de a talajfedettség felülvizsgálatát és az úthálózati adatok javítását is (Dufourmont, 2015).

Az UA térképeket az egyes FUA térségekre vonatkozóan egy kötelező regisztráció után ingyenesen letölthetjük a GMES/Copernicus Land Monitoring Service oldaláról. Emellett a FÖMI honlapjáról regisztráció nélkül is elérhetőek, azonban ez a lehetőség nem teljes, hiszen csak Budapest, Pécs, Kecskemét, Szeged és Győr térképei elérhetőek.

A budapesti várostérséget tartalmazó UA adatbázis 2012-es verziójában 186 települést találunk, melyek összes lakónépessége meghaladja a 2,9 millió főt (KSH, 2016. jan. 1 állapot). A FUA területe a főváros mellett további négy megyére terjed ki, a kutatási terület települési szintű meghatározását, valamint azok alapadatait az 1. számú melléklet és a 9. számú ábra mutatja be.



9. ábra: Budapesti várostérség FUA

Forrás: saját összeállítás, UA2012 alapján

## 3.2 Urban Atlas adatbázis ismertetése

A felszínborítás-változások történeti áttekintését és a meghatározó folyamatok kiemelését három térképi adatbázisra alapozva végeztük el:

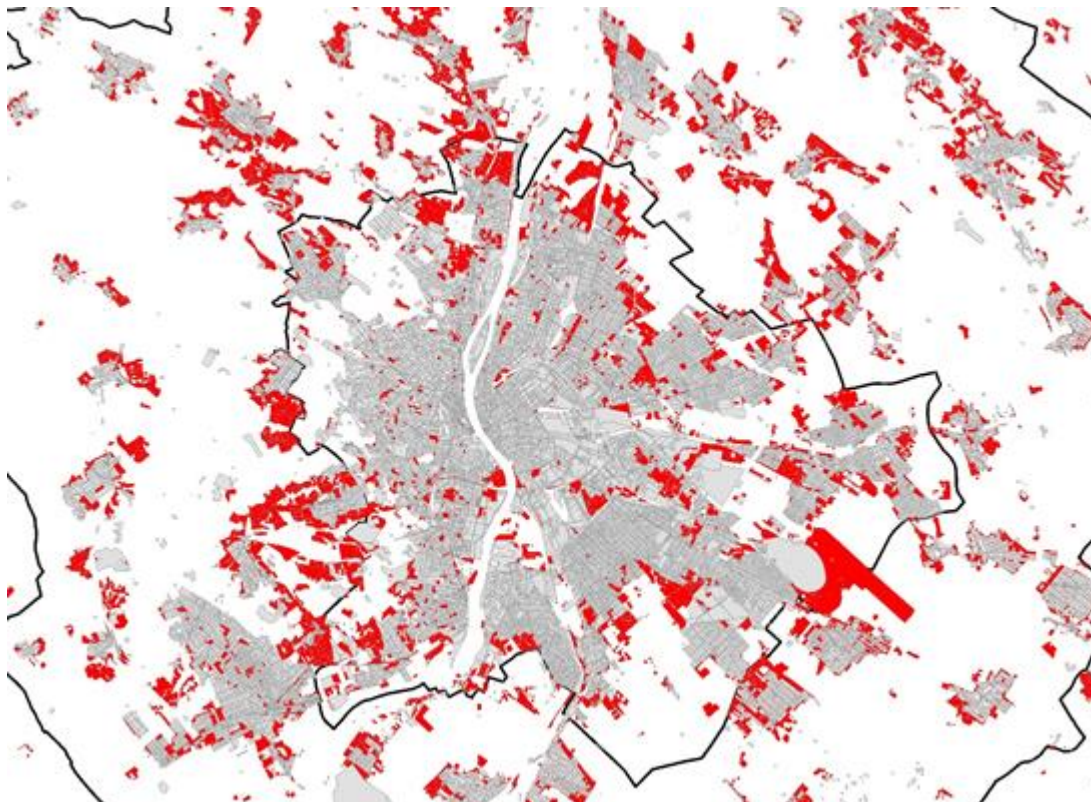
- Az 1959-es katonai térképre (1953-1959 között készült 1:25000-es méretarányú felmérés, amely elsősorban a II. VH előtt és alatt készült hasonló méretarányú lapokra, valamint fotogrammetriai módszerekkel kinyert adatokra támaszkodik),
- Az általunk a Corine CLC90 alapjaira készített az Urban Atlas-al harmonizált felszínborítás térképre,
- Az UA2012-es szintén általunk felülvizsgált verziójára.

A fentiek mellett kiegészítő adatként felhasználtuk az érintett megyék 1960-as évek elején megjelent megyei statisztikai évkönyveinek földhasználati adatait is, mintegy kontrollálva az általunk elvégzett munkát.

### 3.2.1 1959-1990 közötti változások áttekintése

Mivel az 1959-es katonai térkép csak raszteres formátumban áll rendelkezésre így annak teljeskörű kiértékelésére nem törekedtünk (jelen kutatásnak ez nem is volt feladata). Célkitűzésünk így az volt, hogy meghatározzuk azokat a területeket, amelyek az 1959-ben még nem, de 1990-ben már beépített területként szerepelnek. Az összevetéssel egyrészt lehatárolhatók azok térségek, ahol 1959-hez képest megszűnt a beépítés, másrészt azok, amelyeket a települések elfoglaltak a növekedésük során. További célunk volt, hogy ez utóbbi kategória részletesebb elemzésével meghatározzuk azokat a földhasználati kategóriákat, amelyek a beépített területek forrásául szolgáltak. Az elemzést Budapest és az agglomeráció belső gyűrűjének (80 település) területére végeztük el. Ezt egyrészt térképi (az agglomerációs gyűrű belső településeire) másrészt KSH statisztikai adatok elemzésével (a teljes kutatási területre) végeztük el.

A térképi elemzés során a digitlizált 1959-es belterület határt és a (később ismertetésre kerülő módszertan szerint) javított CLC90 mesterséges felszíneit vetettük össze az ArcGIS Symmetrical Difference eszközével. Az így előállt adatbázisban azok a területek jelennek meg, amelyek csak az egyik évben tartoztak a beépített kategóriákba (tehát azok is szerepelnek benne, amelyek beépített területről történő visszaalakulással érintettek 1990-re). Ebből a „különbség” adatbázisból ezután kiválasztottuk azokat, amelyek 1959-ben nem voltak beépítettek, de 1990-ben igen. Ebben jelentős számban voltak olyan „fattyú” poligonok, melyek a különböző adatbázisok illesztésének hibáiból álltak elő, tehát a határvonalak 1-2 m-es eltéréseiből jöttek létre kis területűek, és a tömbhatárok mintázatát rajzolták ki. Ezek jelentős részének kiszűrésére az 1000 nm alattiakat töröltük az adatbázisból. Az eredményül kapott térkép egy részletét az alábbi 10. számú ábra mutatja.



10. ábra: CLC mesterséges felszínek tisztítása

Forrás: saját összeállítás

A tisztított adatok szerint Budapest, valamint a belső agglomerációs gyűrű területén 10 311 db poligon adta ki a beépített területek növekedését. Ezek összterülete 21 760 ha-t tesz ki (tehát ennyivel nőtt a beépített terület 1959-1990 között), így a poligonok átlagos mérete 2,1 ha-ra adódik. A legnagyobb összefüggő terület 745 ha, amely a Liszt Ferenc repülőtér 1970-es évek végi 1980-as évek eleji bővítéséhez kapcsolható, míg a második összefüggő legnagyobb beépülő terület 250 ha-ral a Mol finomítója Százhalombatta és Ercsi határán.

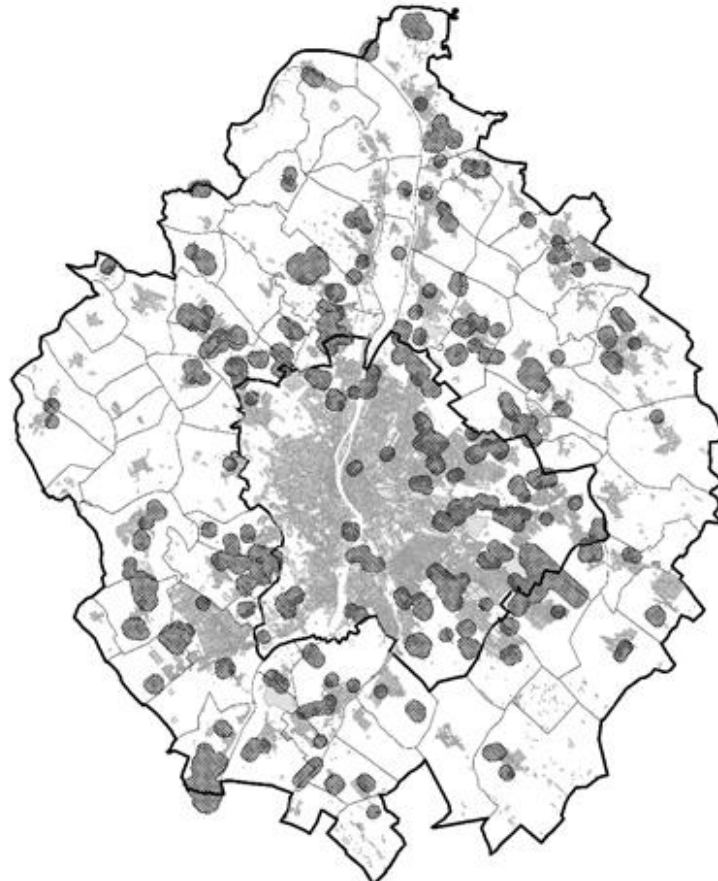
A 1959-1990 között beépített területek meghatározása után az elemzés feladata a forrás földhasználati kategóriák meghatározása volt a legjellemzőbb átalakulási pályák felderítése érdekében. A nagyszámú területegység és a rendelkezésre álló idő rövidsége miatt a feladat megoldását mintavételes eljárással valósítottuk meg.

A különbség poligonok adatainak tanulmányozása után azt a megoldást választottuk, hogy az adatbázisba eső rekordokat a területük szerint két csoportba osztottuk, amelyek a következők voltak:

1. csoport: nagy területű 15 ha feletti poligonok (117 db, területük: 4167 ha),
2. csoport: 15 ha-nál kisebb területűek (10 194 db).

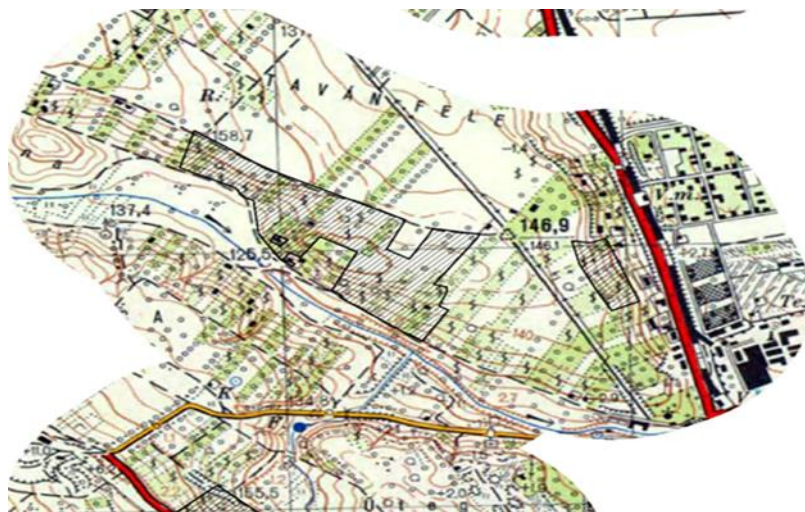
Az 1. csoportba tartozókat a viszonylagos kis szám és a magas 19,14 %-os területarány miatt kivétel nélkül bevontuk az elemzésbe, míg a 2. csoport esetében úgy döntöttünk, hogy egy 1 %-os véletlenszerű mintát veszünk. A mintavételt az SPSS programcsomag Data – Select Cases – Random cases megoldásával végeztük el. Ennek során 1 %-os mintavételt adtunk meg célként, melynek eredményeként 95 db esetet választott ki a szoftver. Összességében tehát 212 db poligont vizsgáltunk meg (az összes poligon 2 %-a), melyek területe 4326,6 ha-t tesz ki (az összes terület 19,88 %-a).

A fentiek szerint kiválasztott 212 db poligon köré az ArcGIS Geoprocessing – Buffer eszközzel 500 m-es puffer zónákat határoztunk meg. Erre azért volt szükség, mert egyrészt a mintában szerepelnek kis területű (néhány 1000 nm-es) egységek, melyekre az 1959-es katonai térkép rasztere nem értelmezhető, másrészt azért mert a nagyobb egybefüggő területek esetében is segít az, hogy a környező területekre vonatkozó információkat be tudjuk vonni az értékelésbe (feliratok, térképjelek, a táj struktúrája). A kiválasztott mintaterületeket a pufferzónákkal az alábbi 11. számú térkép mutatja be.



**11. ábra: Adattisztítási folyamat során kiválasztott mintaterületek**  
Forrás: saját összeállítás

Az 1959-es raszter kivágása után az 1959-1990 közötti beépítés forrásterületeinek földhasználati beosztása két lépésben történt meg. Az első változatban kb. a poligonok  $\frac{3}{4}$ -e kapott valamilyen kategória besorolást. Ennek során a szántó és rét területek elkülönítését még csak az 1959-es térkép alapján végeztük el. A fennmaradó kb. 50 poligon esetében azok megosztására volt szükség (így végül 261 db poligonunk lett), vagy nehezen besorolhatók voltak, további szakértői adatgyűjtést igényeltek. Az alábbi 12. számú ábra egy tipikus kiértékelési nézetet mutat be.



12. ábra: Kiértékelési minta

Forrás: saját összeállítás

A fennmaradó bizonytalanságok megszüntetésére a Mapire.hu adatbázisait is felhasználtuk (<http://mapire.eu/hu/>). Ezek lehetőséget adtak a katonai térképek, a kataszteri térképek és a jelenlegi állapot szinkronizált összevetésére.

Az általunk a mintavételes eljárással elkészített adatbázis a 4. táblázatban látható eredményt adta 1959-1990 vonatkozásában.

Kategória név	Kategória kód	Terület arány	Terület ha	Db
Szántóföldek	211	34.27%	1482.62	52
Szőlők	221	17.17%	742.96	38
Gyümölcsösök, bogyósok	222	5.77%	249.86	27
Rét, legelő	231	14.45%	625.38	55
Komplex művelési szerkezet	242	14.66%	634.33	38
Lomblevelű erdők	311	5.10%	220.75	15
Természetes gyepek, természetközeli rétek	321	1.55%	67.20	4
Átmeneti erdős-cserjés területek	324	0.59%	25.53	4
Szárazföldi mocsarak	411	0.54%	23.52	1
Magányos épületek	11300	0.01%	0.35	1
Egyéb közutak	12220	0.02%	0.91	2
Vasútvonalak	12230	0.50%	21.56	3
Nyersanyag kitermelés, lerakóhelyek	13100	2.57%	111.19	5
Építési területek	13300	2.78%	120.45	16
Összesen:		100%	4326.61	261

4. táblázat: Egyes kategóriák mintavétel adatai

Forrás: saját összeállítás

Megállapítható, hogy a beépített területek növekedése elsősorban a szántóföldek és a szőlőterületek „elfoglalásával” történt, hiszen e két kategória biztosította a növekedés forrásainak több mint 51 %-át. A szőlők esetében azt is megállapíthatjuk, hogy a területi arányához képest (1959-ben 4,3 % volt Pest megye területéből) felülreprezentáltan jelenik meg a beépítésekben. Ezt talán azzal magyarázhatjuk, hogy a települések környéki kertek, szőlők kézenfekvő területei voltak a bővülésnek, hiszen az 1962-re befejeződő „szövetkezeti” hullámban elsősorban a gépesíthető, iparszerű

mezőgazdaságot preferálták, és nem az élőmunkaigényes ágazatokat (kellett a munkaerő az ipar számára). További indok, hogy ezek a kertek általában közvetlenül a lakóterületek mellett feküdtek, így a települési növekedés természetes tartalék területei is voltak egyben.

Nem meglepő a komplex művelési szerkezetű területek 14 % feletti aránya sem, hiszen ez a kategória a digitalizálás során elsősorban a vegyes szőlő-gyümölcs területeket, a hozzájuk kapcsolódó gazdasági épületeket, TSZ központokat és elszórt tanyákat jelentette.

A rét-legelő területek esetében is a mezőgazdaság átalakulása (állattenyésztés struktúrájának és technológiájának változása), valamint a könnyű beépíthetőség jelentheti a kulcsot a magas arányhoz.

Az erdők kivágása és beépítése nem volt jellemző, ami abból is látszik, hogy részarányuk Pest megye területéből folyamatosan nő, bár 1959 és 1990 között minimálisan csak kb. 2 %-kal (1990 és 2012 között viszont 19 %-ról 27 %-ra).

Az általunk kapott táblázat adatait érdemes összevetni Pest megye földhasználatának alakulásával is, hiszen az egyezőség esetén az egyfajta megerősítést jelent az eredményeket illetően. Az 1959 és 1990 közötti adatokat átnézve hasonló képet kapunk, melyet az alábbi 5. táblázatban foglaltunk össze.

Művelési ág (%)	1959	1960	1961	1962	1963	1990	2006	2012
Szántó	53.2	52.2	51.7	53.6	49.1	47.6	45.1	41.8
Kert	2.3	2.4	2.7	3.2	2.5	5.3	2.1	1.7
Gyümölcsös					2.2	1.9	1.9	1.6
Szőlő	4.3	4.3	4.2	5.6	4.8	1.7	0.5	0.5
Rét	4.3	4.4	4.3	4.3	4.1	10.2	6.8	7.3
Legelő	7.9	7.9	9.0	7.6	7.2			
Erdő	17.7	17.9	17.3	14.3	18.0	19.0	22.0	27.4
Nádas	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3	0.6	0.6
Halastó						0.1	1.1	1.1
Művelés alól kivett	10.0	10.5	10.5	11.0	11.7	13.9	19.9	18.0
Összesen	100	100	100	100	100	100	100	100

5. táblázat: Művelési ágak területarányának változása, 1959-2012 között

Forrás: KSH adatok alapján, saját összeállítás

A KSH adatai alapján 1959 és 1990 között leginkább a szántóterületek nagysága csökkent, arányokat tekintve 53 %-ról 48 %-ra. A szőlők területének erőteljes csökkenése is visszaigazolódik, hiszen 1959-ben még 4,3 %-os a részesedése, míg 1990-ben már csak 1,7 %. (A szántóterületek 5 %-os aránycsökkenése mellett a szőlőé 2,6 %, ami szinte pontosan egybevág az általunk számított 34-17 %-os értékekkel). A rét-legelő kategóriák 12,2 %-os aránya 1990-re 10,2 %-ra csökken, arányaiban ez is visszaigazolja az általunk számított 14 %-os beépülést.

Az erdőterületek összességében folyamatosan nőnek köszönhetően az állami erdősítési programoknak, így a KSH statisztikája szerinti minimális növekedés 1959-1990 között nem mond ellent a mi eredményeinknek. Egyértelmű, hogy építettek be erdőterületeket, de ennek mértékét mindig is meghaladta az új erdők telepítése, különösen a rendszerváltás utáni időszakban.

Végül a KSH adatai szerint 1959-ben Pest megye területének 10 %-a tartozott az ún. FANET (földadó alá nem tartozó) területi kategóriába, amely lényegében a mai művelés alól kivett területeket jelentette. Ezek arány 1990-re 13,9 %-ra nőtt, mintegy 4 %-os növekedést mutatva. Az általunk Budapestre és a belső agglomerációs gyűrű területére mért 21 760 ha beépített terület növekedés



8,5 %-os aránynövekedésnek felel meg. Ez kb. duplája a teljes Pest megyére vonatkozó értéknek, és tekintve, hogy az átalakulások e szűkebb területen lehettek a legintenzívebbek alátámasztják az eredményeinket.

### 3.2.2 Az 1990 és a 2012 közötti változások áttekintése

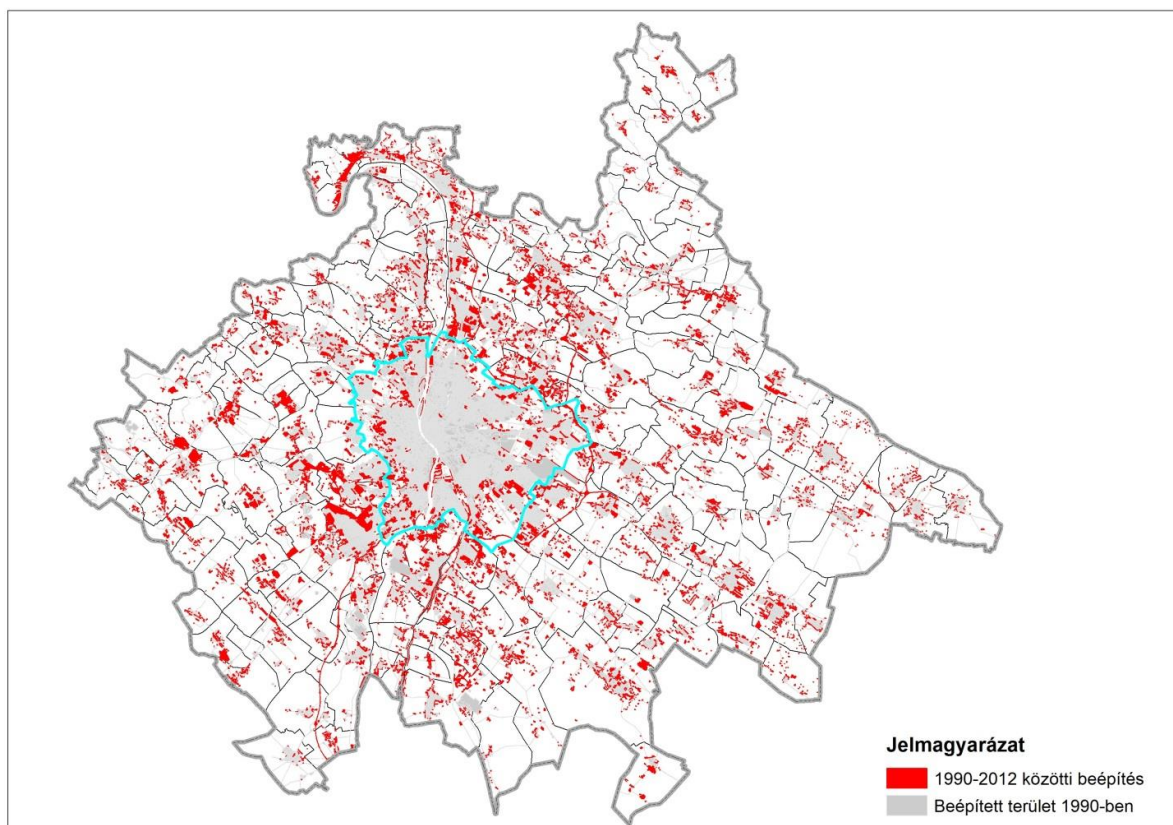
A harmonizált CLC 90 és Urban Atlasz 2012 térképeinek összevetése alapján a rendszerváltás utáni bekövetkezett változásokat az alábbi 6. táblában foglaltuk össze.

Kód	Kategória	CLC1990 terület (km <sup>2</sup> )	UA2012 terület (km <sup>2</sup> )	Változás (km <sup>2</sup> )
211	Szántóföldek	2857.38	2593.29	264.09
221	Szőlők	76.12	44.15	31.97
222	Gyümölcsösök, bogyósok	66.48	57.07	9.41
231	Rét, legelő	313.55	418.82	-105.27
242	Komplex művelési szerkezet	190.28	121.65	68.63
243	Elsődlegesen mg.-i területek természetes	102.72	94.36	8.36
311	Lomblevelű erdők	985.96	950.76	35.2
312	Tűlevelű erdők	49.67	48.37	1.3
313	Elegyes erdők	71.84	75.3	-3.46
321	Természetes gyepek, természetközeli rétek	106.53	97.23	9.3
324	Átmeneti erdős-cserjés területek	188.28	265.41	-77.13
333	Ritkás növényzet	0.45	2.56	-2.11
411	Szárazföldi mocsarak	29.18	20.38	8.8
412	Tőzeglápok	9.61	8.55	1.06
511	Folyóvizek, vízi utak	61.91	62.09	-0.18
512	Állóvizek	25.66	43.52	-17.86
11100	Folyamatos városszövet (beépítéssűrűség > 80%)	9.77	164.77	23
11210	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 50% - 80%)	444.33	379.71	64.62
11220	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 30% - 50%)	102.86	102.84	0.02
11230	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 10% - 30%)	19.39	24.76	-5.37
11240	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség < 10%)	0.83	3.78	-2.95
11300	Magányos épületek	0.14	10.64	-10.5
12100	Ipari, kereskedelmi, közösségi és katonai épületek	142.99	179.06	-36.07
12210	Gyorsforgalmi utak	8.73	19.14	-10.41
12220	Egyéb közutak	93.2	96.75	-3.55
12230	Vasútvonalak	17.11	17.11	0
12300	Kikötők	2.89	1.34	1.55
12400	Repülőterek	21.37	20.38	0.99
13100	Nyersanyag kitermelés, lerakóhelyek	12.16	25.36	-13.2
13300	Építési területek	8.42	4.69	3.73
13400	Parlagterületek	2.77	14.55	-11.78
14100	Városi zöldterületek	29.55	48.61	-19.06
14200	Sport- és szabadidő-területek	24.87	59.98	-35.11

6. táblázat: CLC90 és UA2012 területi adatainak összehasonlítása

Forrás: EEA adatok alapján, saját összeállítás

Az adatokból látható, hogy a rendszerváltás óta a mesterséges felszínek kiterjedése jelentősen gyarapodott. A folyamatos vagy szaggatott lakóövezet összterülete 577 km<sup>2</sup>-ről 676 km<sup>2</sup>-re bővült. A legnagyobb területnövekedés a fővárosban és közvetlen környékén, valamint az olyan nagyhatárú településeknél következett be, mint pl. Dabas. A százalékos gyarapodás nem a legbelső településsorban, hanem pl. a Zsámbéki-medence településeinek esetében a legnagyobb, tehát a legintenzívebb bővülés a rendszerváltás utánra már a főváros közvetlen környezeténél kijebb tevődött (13. ábra).



**13. ábra: Mesterséges felszínek változása 1990-2012 között**

Forrás: EEA adatok alapján, saját összeállítás

Bár az ipari, kereskedelmi, katonai és polgári közösségi területek kiterjedése is növekedett, részletesebben megvizsgálva árnyaltabb képet tárul a szemünk elé. Míg a növekedés a legintenzívebb Budapest délkeleti előterében, az M0-ás nyomvonalán és különösen az M1-es budapesti bevezető szakasza mentén (Budaörs, Törökbálint, Biatorbágy), Budapesten például – vélhetően a barnamezős területeket érintő városrehabilitációnak köszönhetően – csökkent a kategória területe.

A mesterséges felszínek bővülése elsősorban a szántóterületek, valamint a szőlők, gyümölcsösök és komplex területek rovására következett be. A szőlők, gyümölcsösök és komplex mezőgazdasági területek esetében ez nem jelent drasztikus, teljes felszámolódást, inkább a korábbi, jellemzően településperemi felszínborítási kategóriák benépesülését, fokozatos funkcióváltását lakóterületté.

A növekvő összterületű gyepterületek változásában markáns térbeli tendenciák rajzolódnak ki. Míg az agglomeráció külső peremén a gyepterületek csökkenése figyelhető meg, addig elsősorban Budapest északi előterében a gyepterületek jelentős növekedése figyelhető meg. Ez magyarázható egyrészt a

legeltetésnek, kaszálónak optimálisabb természeti környezettel, másrészt viszont a tájhasználat igazodhat az agglomeráció északnyugati, északi szektorára különösen jellemző magas státuszú kiköltözők igényeihez is. Mint arra az adatok harmonizálása során láthattunk példát, hogy a gyepterületek és a szabadidős területek nem mindenhol különíthetők el egyértelműen, így akár a gyepterületek egy része is részben szabadidős célokat szolgál (pl. lovasturizmus).

Ha az átmeneti erdős-cserjés területeket is beleszámítjuk – amelyek általában fiatal ültetvényeket jelentenek – akkor az erdők összterülete is növekedett. A bővülés elsősorban a Duna-Tisza közéhez és a Gödöllői-dombsághoz kötődik.

Összességében elmondható, hogy az 1990-2012 közötti változások összhangban vannak az 1959-1990 közöttiekkel, a földhasználat-váltás főbb trendjei számára a rendszerváltás nem jelentett töréspontot.

### **3.3 Urban Atlas adatbázis ismertetése**

A budapesti agglomeráció földhasználati változásai az általunk vizsgált időszakban a város növekedés vagy angol szakkifejezéssel élve az „urban sprawl” jegyeit mutatták. Az EEA definíciója a folyamatról a következő: „a földhasználat átalakulásának és a városi célú felhasználásának az aránya adott területen, meghatározott időszak alatt meghaladja a népességnövekedés mértékét” (EEA, 2006). A téma 2016-os felülvizsgálatakor az EEA már nem egyszerűen a városi növekedésről, hanem annak mértékéről ír, és annak hátterében nemcsak a népesség beáramlását és a lakóövezetek iránti fokozott igény megjelenését, hanem komplexen az azzal együtt járó infrastrukturális, ipari és kereskedelmi fejlesztéseket is a kulcstényezők közé sorolják. Kiemelik továbbá, hogy az adott régióra jellemző gazdasági-társadalmi fejlettség, a lakosság ezzel is összefüggésben álló életviteli igényei (kertvárosi lét), valamint a természeti környezetben rejlő lehetőségek (tágas terjeszkedést lehetővé tevő tér) együttes kontextusában kell vizsgálni egy adott városi tér növekedésének mértékét. Ebből kifolyólag már nem egyszerűen a beépített területek és a lakónépesség növekedésének arányosságára helyezik a hangsúlyt, hanem olyan komplex mutatókat alkalmaznak, mint a súlyozott városi proliferáció (weighted urban proliferation), vagy a hasznosítási sűrűség (utilisation density) (EEA 2016).

A városok, vagy funkcionális város régiók földhasználati változásainak hátterében történelmi korszakokként és vizsgálati léptékeként eltérő okok állnak. Mikro, vagy másképpen a földtulajdonosok szintjén ugyanakkor mindig is egyértelműen a földjáraadék maximalizálása volt a cél, így az átalakulások mindig ebben az irányban haladnak. Alonso (1964) városi térszerkezeti modellje erre az ingatlanpiaci egyensúly elképzelésre épül, mely szerint, egy területen a legmagasabb jövedelmet biztosító földhasználat alakul ki. Az általa leírt monocentrikus városi területhasználati modellt azóta sokan és sokféleképpen továbbfejlesztették, a mai kor folyamatainak integrálásának céljával is (Lengyel-Mozsár 2002).<sup>1</sup>

Makro szinten ugyanakkor a történelmi korszakokként eltérő, és az adott városi területre specifikus tényezők hatottak a folyamatra. Budapest esetében a teljesség igénye nélkül ilyen volt a szocialista

<sup>1</sup> [http://www.epa.oszk.hu/02200/02251/00009/pdf/EPA02251\\_Ter\\_es\\_tarsadalom3768.pdf](http://www.epa.oszk.hu/02200/02251/00009/pdf/EPA02251_Ter_es_tarsadalom3768.pdf)

iparfejlesztés, majd a lakossági beköltözési tilalom, a legfontosabb adminisztrációs és szolgáltatási központ státusza, a rendszerváltás után a kapuváros szerepkör erősödése, a meginduló szuburbanizáció, az ipari rozsdaterületek kezelése, vagy jelenleg a regionális és európai városversenyben folytatott „harc” a központi funkciókért. Ez utóbbi tényező jelentősége egyre fontosabb, hiszen kutatási területünk egy közel 3 millió fős lakossággal rendelkező FUA, amely a „globális vagy világvárosok” között 2014-ben a 46. helyet foglalta el.<sup>2</sup> Összefoglalva tehát makro szinten az általános gazdasági fejlődés és az urbanizáció előrehaladása áll a földhasználati transzformációk hátterében (Yichun Xie et al. 2007) a jelen kutatás célterületét tekintve is.<sup>3</sup>

A városi területek növekedése elsősorban a város és a vidék határán, az angol szakirodalomban használt kifejezéssel élve az „urban-rural fringe”-ben megy végbe. A növekedés forrásai így természeti vagy természetközeli, illetve leginkább a mezőgazdaság által hasznosított területek lehetnek, mint ahogy azt korábban ki is mutattuk. Alonso elméletére visszautalva a folyamat lassításában mindenképpen szerepet kapnak a mezőgazdasági támogatások, hiszen ezek hozzáadódnak az agrártermelés által megtermelt földjáradékhoz, így az ágazat versenyképesebbé válik az ingatlanpiacon. Ennek következtében a szubvenciók lelassíthatják, illetve megállíthatják a mezőgazdasági területek konverzióját a városok peremterületein (Freshwater, 2008).

Az agrártámogatásokhoz hasonló mérséklő szerepe lehet a városrészi revitalizációs programoknak, melyek irányulhatnak lakóövezetek, vagy ipari rozsdaterületek (összefoglalva barna övezetek) megújítására is. Ezek ellensúlyozhatják az új területek bevonása iránti igényt, és mivel a modellezés folyamán e két területtípust (lakó, valamint az ipari és kereskedelmi) külön kezeljük, így e folyamatok rövid áttekintése is fontos a témánk szempontjából, még akkor is ha ezek részben tervszerű fejlesztésből adódó, nem modellezhető tényezőkre világítanak rá.

A fentiek alapján a fejezetben ezért a kutatási területre vonatkozóan az alábbi tényezők és folyamatok változásait kívánjuk bemutatni, mint hajtóerőket a földhasználati változások tekintetében, alapvetően a rendszerváltás utáni időszakra koncentrálni:

- lakónépesség alakulása,
- szuburbanizációs és re-urbanizációs folyamatok,
- vállalkozások számának változása,
- agrártámogatások szerepe.

### 3.3.1 Az 1990 és a 2012 közötti változások áttekintése

Az alfejezetben az EEA eredeti definíciójához igazodva kívánjuk megvizsgálni a városi növekedést. A KSH népszámlálás adatai alapján a térség népessége az 1970-es évektől kezdődően a 2,8-3 milliós sávban mozog, melyet részletesen az 7. számú táblázat mutat be.

<sup>2</sup> <https://www.atkearney.com/documents/10192/4461492/Global+Cities+Present+and+Future-GCI+2014.pdf/3628fd7d-70be-41bf-99d6-4c8eaf984cd5>

<sup>3</sup> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3965218/>

	Lakónéesség száma, 1970	Lakónéesség száma, 1980	Lakónéesség száma, 1990	Lakónéesség száma, 2001	Lakónéesség száma, 2011	Lakónéesség száma, 2016
Budapest	2 001 083	2 059 226	2 016 681	1 777 921	1 729 040	1 705 272
Agglomerációs tel.	800 779	891 502	874 856	1 012 908	1 151 060	1 201 456
Összesen	2 801 862	2 950 728	2 891 537	2 790 829	2 880 100	2 906 728

7. táblázat: CLC90 és UA2012 területi adatainak összehasonlítása

Forrás: EEA adatok alapján, saját összeállítás

A stagnáló (1980-tól hosszú távon csökkenő) népességgel szemben a beépített területek növekedése a korábbi fejezetben bemutatottak szerint 1959 és 1990 között 21 760 ha-t, és 1990 és 2012 között további 23 200 ha-t tett ki. Összességében a vizsgálati területen a beépített területek aránya 7,4 %-kal (44 960 ha-ral) nőtt, míg a népesség száma stagnálást mutatott, így az EEA definíciója szerint a budapesti agglomerációban lejátszódó folyamatot mindenképpen az „urban sprawl” városi túlterjeszkedés kategóriába sorolhatjuk.

Mivel hazánk demográfiai mutatói kedvezőtlenek (1984 óta folyamatosan fogy a népesség), mely trend a jövőben is valószínűsíthető, így a vizsgálati területen sem valószínűsíthetünk jelentős lakónéesség gyarapodást. Inkább a központi szerepköréből fakadóan egy további stagnálást, mely a térség pozitív vándorlási egyenlegén alapszik.

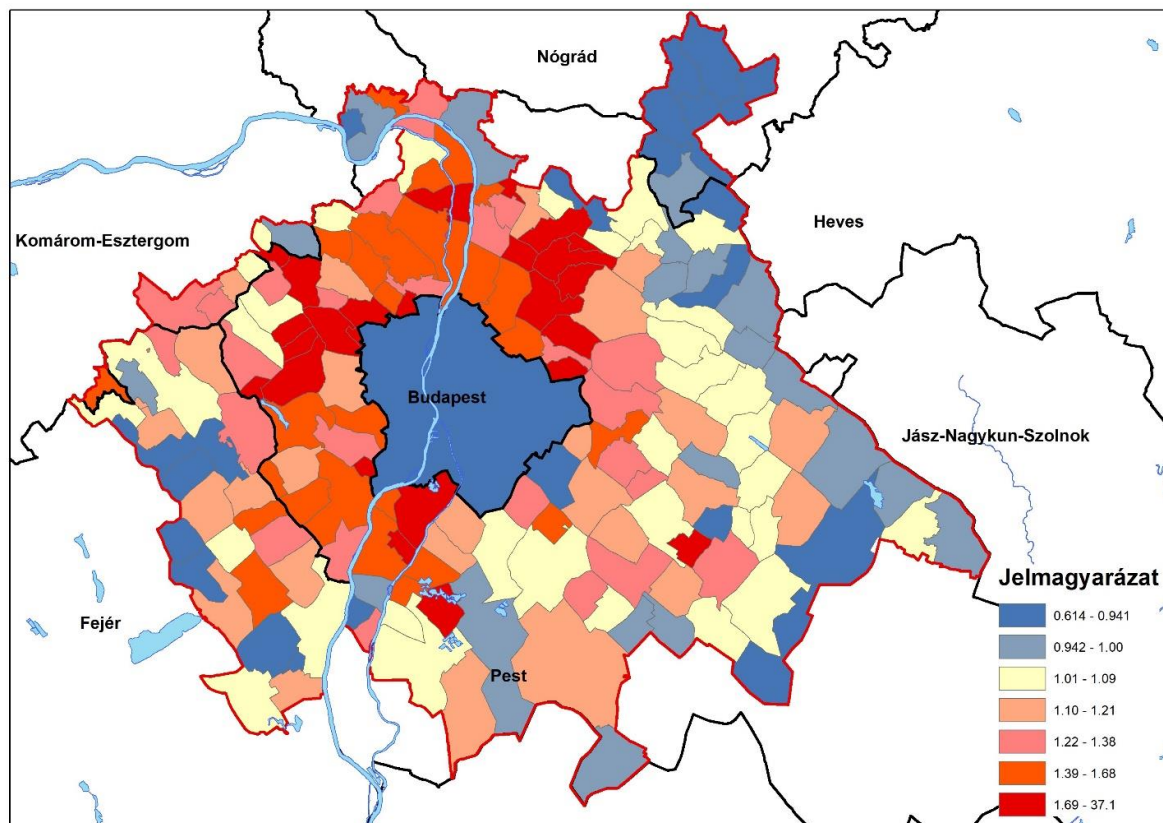
A földhasználat-változások az elmúlt 35 évben tehát nem a lakónéesség növekedéséből következnek, és a jövőben sem valószínűsíthető, hogy az emiatti lakóövezeti fejlesztések mozgatnák a földhasználati változásokat. Sokkal inkább a lakosság lakhatási igényeiben bekövetkezett változások képezhetik annak egyik fontos motorját, amit az 7. számú táblázat adatai is valószínűsítenek.

### 3.3.2 Szuburbanizáció és re-urbanizáció

Az urbanizáció ciklus elmélete szerint (Van den Berg 1982, Enyedi 2011) annak időben részben egymás mellett létező négy szakaszát különböztetjük meg. A témánk szempontjából a 2. szuburbanizációs és a 4. reurbanizációs bír jelentőséggel. A 2. szakasz általános jellemzője, hogy a központi város lakónéességének csökken, míg az elővárosi övben indul meg egy gyors lakosságszám emelkedés (ezek lesznek az új vándorlási célpontok). A folyamat globálisan mindenütt lejátszódik, ugyanakkor a fejlettségbeli különbségekből fakadóan időben elcsúszva lépnek az egyes szakaszokba a különböző országok városai. Magyarországon a szuburbanizációs folyamat, így a nyugat-európai után 25-30 évvel az 1980-as évek végén indult el Budapest környékén, majd az új lehetőségeknek köszönhetően a rendszerváltás után gyorsult fel.

A folyamat háttérben a összetett okok állnak, egyrészt egy igény a lakossági oldalról a kertes házas élet, illetve a szebb lakókörnyezet után (ezt a kertvárosok tudják nyújtani), másrészt a gazdasági fejlődéssel megjelenő magasabb jövedelmek, illetve a közlekedési infrastruktúra (közösségi és személyi) fejlődése lehetővé teszi az ingázó életformát, így a felmerült igények kielégítését. Az 14. számú ábra települési szinten mutatja be a 2011-es és az 1980-as lakónéesség arányszámát. Az 1-nél kisebb értéket felvevő területeken csökkent, míg az 1-nél nagyobb adatot mutató helyeken nőtt a lakónéesség száma a vizsgált 31 évben.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Társadalomföldrajz vizsgálatokban a szuburbanizáció vizsgálatokor szétválasztják és természetes szaporodást és a vándorlási egyenleget külön vizsgálják, így a települések több típusba sorolhatók be, pontosabb képet adva a szuburbanizációs folyamatról.



**14. ábra: 2011-es és az 1980-as lakónépeség arányszáma**

Forrás: KSH adatok alapján, saját összeállítás

A térkép jól mutatja, hogy a Budapestnek, mint központi városnak jelentősen csökkent a lakónépesége, illetve, hogy a közvetlen környezetében pedig jelentősen nőtt, különösen a város nyugati oldalán a Csepel-sziget északi részétől Gödöllőig tartó félkörben. Az elővárosi öv keleti oldalán is a népesedésváltozás dominál, ugyanakkor kisebb mértékű a növekedés, a központtól való távolsággal erőteljesebben is csökken. Csanádi és kutatótársai (2010) vizsgálatai alapján a kiköltözés indoka, célterülete és a társadalmi státusz között van összefüggés, ezek alapján a szuburbán kiköltözés három típusát azonosították<sup>5</sup>:

- Magas státuszúak kiköltözése: eleve jó környezetben élők, akik a rendszerváltás után kedvező feltételekkel tudtak az agglomeráció magasabb presztízzsel járó részeire költözni (nyugati részek, ÉK),
- Közepes státuszúak kiköltözése: esetükben a rendszerváltás előtt társadalmi státusz és a lakókörnyezet nem volt összhangban, tehát rosszabb körülmények között éltek, mint az a státuszukból következett volna. A szerényebb lehetőségeik miatt ők elsősorban az elővárosi gyűrű keleti és délkeleti, vagy Budapesttől távolabbi településeire költöztek.
- Szegények, alacsony státuszúak: a bérlakás privatizáció és a lakhatási költségek mesterségesen alacsonyan tartásának megszűnésével nem tudták fenntartani magukat, így kényszerűen kiköltöztek a városból. Jellemzően korábbi vidéki lakóhelyükre tértek vissza.

<sup>5</sup> Csanádi et al. 2010: Város-Tervező-Társadalom Sík Kiadó, Bp., 483p.

Az eredmények alapján helytálló az a feltételezésünk, hogy a megváltozott lakhatási igények jelenthették az egyik fő szempontot két típus esetében is, ugyanakkor a modellezés folyamán a lehetséges célterületek azonosításához nem ad plusz információt a típus specifikus magyarázó változók keresése.

Végül meg kell jegyeznünk, hogy a budapesti városrégió peremterületein különösen a Jász-Nagykun-Szolnok, Heves és Nógrád felé eső részeken pedig a szuburbanizáció nem érvényesült, e települések népessége csökkent.

A térkép alapján a következő faktorok alkalmazását gondoljuk hasznosnak a modellezésben magyarázó változóként alkalmazni:

- lakónépesség növekedése
- a lakások száma, azok számának változása,
- ingázók száma/aránya,
- természeti környezetre szépségére utaló változók, hiszen látszik, hogy alapvetően a hegy- és dombvidékek preferáltak, illetve a Duna-kanyar ugyan a távol esik Budapeستől, de mégis jelentős a népesség gyarapodása, amiben a természeti környezet játszhat szerepet – a tervezett változók: tengerszintfeletti magasság, erődktől való távolság, vízfelületektől való távolság, lejtő meredekség,
- közlekedési infrastruktúrával való ellátottság - autópálya csomópontoktól, egyéb utaktól, kompátkelőktől, vasútállomásoktól való távolság, egy főre jutó személygépkocsik száma,
- adott település közlekedési időtávolsága a Budapesttől,
- jövedelmi viszonyok – egy főre jutó összes belföldi jövedelem annak változása.

A szuburbanizáció mellett a re-urbanizációs folyamatot is meg kell említenünk a vizsgálati régiót illetően, hiszen a népesség mozgása nem egy irányú, és az X. számú tábla adataiból látjuk, hogy Budapest lakosságának dinamikus csökkenése az elmúlt évtizedben megállt. A 4. szakasz fő jellemzője éppen ez, illetve hogy a központok népessége lassan újra növekedni kezd. A folyamat háttérében a humántőke lehetőségei (karrier, társadalmi kapcsolatok), a történelmi, nagy hagyománnyal bíró városrészek vonzereje és az ott található épületállomány értéke áll. Természetesen ehhez az is kell, hogy a városvezetés revitalizálja ezeket a területeket, városmarketinggel újra vonzóvá tegye a poszt-fordi gazdaság fiatal technokrata elitje számára. Nemzetközi példák közül talán a London Docklands területének megújítása a legjobban ismert. Budapesten is találunk azonban ilyen dzsentrifikálódott belvárosi területeket, mint például Erzsébetváros, Corvin-negyed, Belső-Józsefváros, Belső-Ferencváros, Belső-Terézváros és a Magdolna negyed. Mivel alapvetően az itt a lakófunkciók megtartásáról és a lakosság egyfajta cseréjéről van szó, e folyamat általában a modellezésben nem jelenik meg.

Egy speciális esetben érinti ez munkánkat, amikor a belvárosban, vagy annak környékén található régi lepusztult iparterületek (barna övezet) kapnak új funkciókat. Ezek lehetnek kereskedelmi, vagy lakófunkciók egyaránt. Az előbbi a nem érinti a modellezésünket, hiszen az ipari és kereskedelmi területeket egyben kezeljük. A második igen, és erre is találhatunk példákat Budapesten, ezek elsősorban a belvárosi területek melletti, metró és villamos vonalához vagy csomópontokhoz közel eső területeken (Kukely et al. 2006).<sup>6</sup>

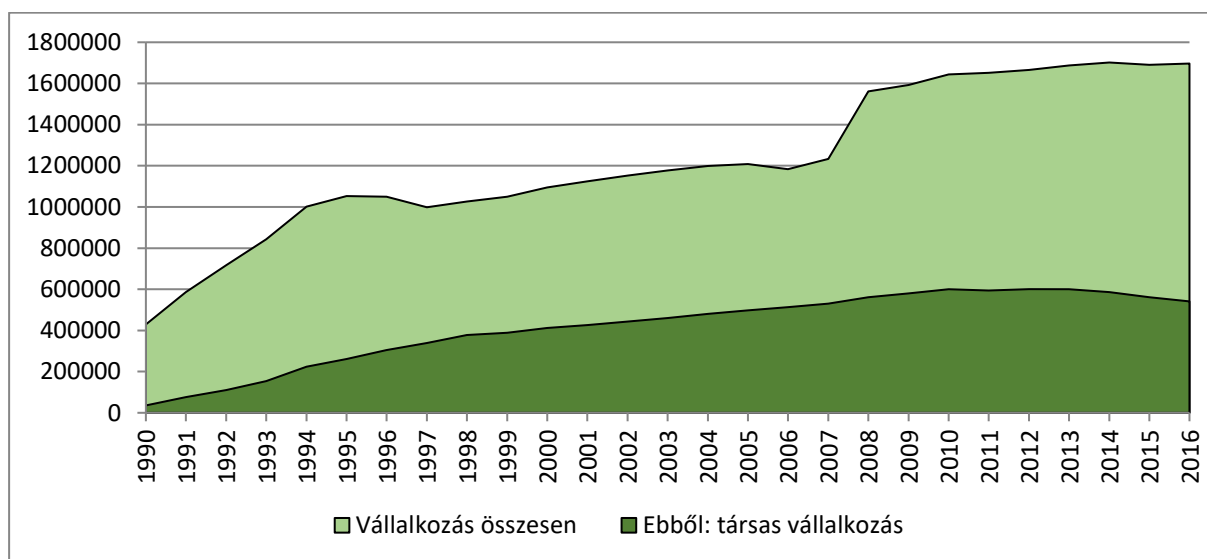
<sup>6</sup> [http://epa.oszk.hu/02200/02251/00022/pdf/EPA02251\\_Ter\\_es\\_tarsadalom2075.pdf](http://epa.oszk.hu/02200/02251/00022/pdf/EPA02251_Ter_es_tarsadalom2075.pdf)

A fenti jellemzőkből következően az alábbi magyarázó indikátorok lehetnek segítségünkre:

- metró- és villamosmegálló közelsége, (csomópontoktól való távolság),
- Budapest belvárosától való távolság,
- lakóövezettől való távolság.

### 3.3.3 Vállalkozások számának változása

A rendszerváltás után létrejövő új gazdasági környezetben a vállalkozások száma (egyéni és társas együttesen) dinamikusan nő egészen 1994-ig. 1994 és 2007 között egy lassabb de stabil növekedés mutatkozik, míg a válság éveiben újra egy gyors emelkedésnek lehetünk tanúi. 2009-től azonban a bővülés jelentősen visszaesik, az összes vállalkozások száma stagnál, míg ezen belül a társasvállalkozásoké enyhén csökken. A folyamatot az 15. számú grafikon mutatja be.

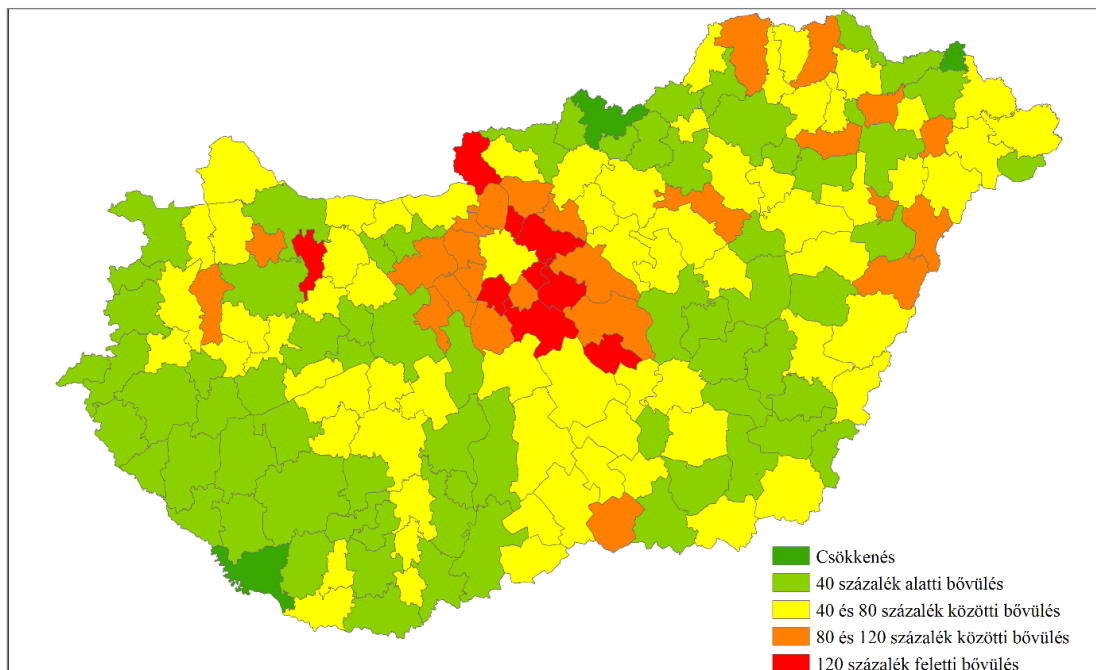


**15. ábra: Vállalkozások számának változása, 1990-2016**

Forrás: KSH adatok alapján, saját összeállítás

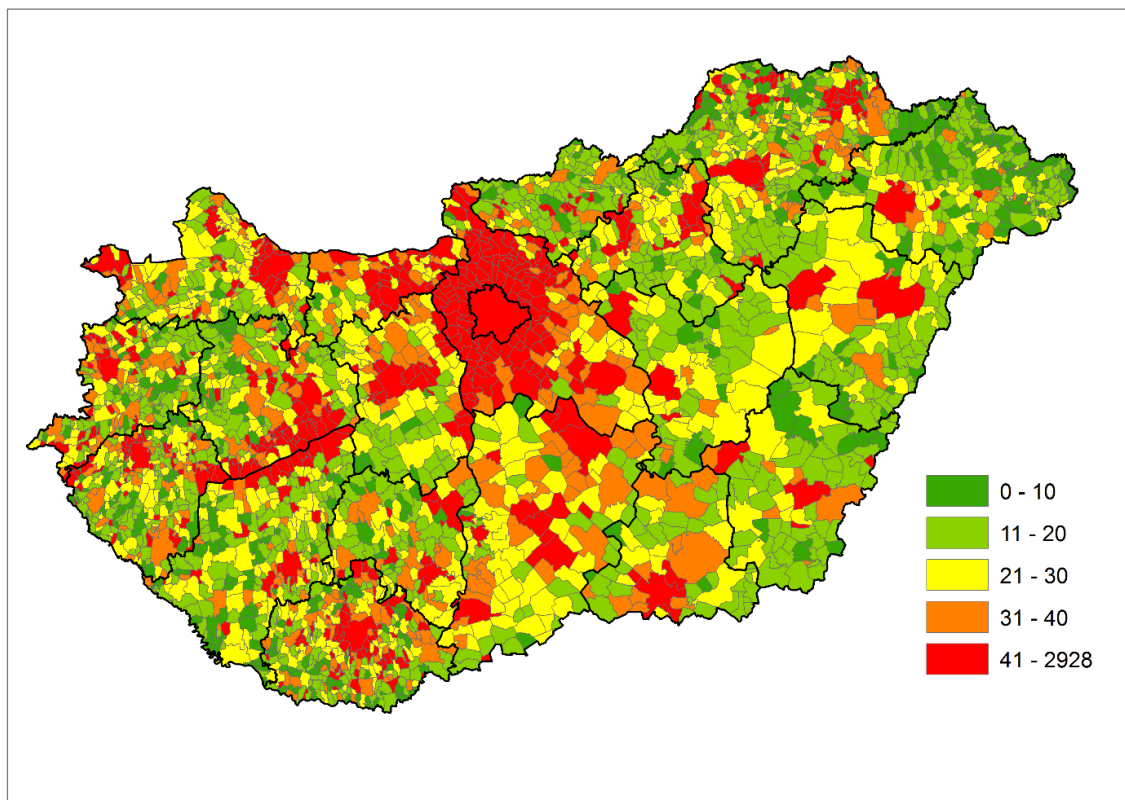
Területi szempontból a vállalkozásszám bővülése a rendszerváltás után az ország minden járására jellemző folyamat volt, azonban a legnagyobb ütemű gyarapodást a fővárosi agglomerációban figyelhettük meg, melyet az 16. számú ábra mutat be a 2001 és 2015 közötti időszakra.





**16. ábra: Vállalkozások számának változása, 2001-2015 között**  
Forrás: TeiR-KSH adatok alapján, saját összeállítás

A vállalkozások erős területi koncentrációja következtében Budapesten és agglomerációjában a legmagasabb az ezer főre jutó társas vállalkozások száma is, melyet az 17. számú ábrán mutatunk be a 2015-ös évre.



**17. ábra: Ezer főre jutó társas vállalkozások száma, 2015**  
Forrás: TeiR-KSH adatok alapján, saját összeállítás

A vállalkozások számának dinamikus bővülése a térségben összhangban van az 1990-2012 közötti 3600 ha-os ipari és kereskedelmi terület bővüléssel. A vállalkozások telephelyválasztási jellemzőinek áttekintése alapján azt mondhatjuk, hogy jelentős különbségek vannak a kis- és középvállalkozások (KKV) és a nagyvállalatok (NV) telep-helyválasztási szempontjai között. Esetünkben azonban célszerű a nagyobb vállalatok/vállalkozások igényeire koncentrálnunk, hiszen az ő döntéseik befolyásolhatják érdemben a földhasználat alakulását (gondoljunk arra, hogy pl. Az induló cégek sok esetben a tulajdonos garázsában kerülnek megalapításra, vagy épp a belvárosban bérelnek kisebb irodákat, műhelyeket a működéshez, ami kívül esik a modellezésünk léptékén).

Az NV-k napjainkban egyre tudatosabbak az elhelyezkedési kérdések kapcsán, és stratégiai döntésként kezelik a telephely kiválasztását, így igyekeznek a döntést minél több információ alapján meghozni (van Noort-Reijmer 1999). Esetünkben az új telephelyek megnyitásának háttérében leginkább a helyhiány megoldása áll, és sok esetben nem a teljes migrációt (hiszen megmarad az eredeti telephely is), hanem a gyártás bizonyos részének új helyre telepítését jelenti (s kecskeméti Mercedes üzem jó példa erre).

Az NV-k településen belüli helyválasztásában preferálják az ipari parkokat, melyekből jelentős számban találunk mind Budapesten, mind az agglomerációs gyűrűben. E területek közös jellemzője, hogy a beépített területek határán helyezkednek el, ami egyrészt a helyigényük, másrészt az elérhetőség miatt fontos (pl.: az autópálya csomópontok közelsége). Emellett fontos lehet a beszállítók, vagy épp a vásárlók (piac) közelsége is, amelyek okát a hatékonyabb működésben kereshetjük (van Noort-Reijmer 1999).

Végül külön ki kell térnünk a kereskedelmi ágazat szempontjaira is, hiszen a modellezésben az ipari és kereskedelmi területek egy felszínborítási kategóriában jelennek meg. Földhasználati szempontból a hipermarketláncok 1990-es évek második felében történő hazai megjelenésére, majd későbbiekben elterjedésére kell gondolnunk. Mivel az ország népességének 1/3-a a modellezési területen él, így ezek is ide koncentrálnának, mely jelentős területfoglalásban nyilvánul meg pl.: Budaörs-Törökbálint térségében. Telephelyválasztási szempontjaik hasonlóak a nagyvállalatokéhoz, tehát a jó közlekedési kapcsolatokkal, megfelelő nagyságú fejlesztési területtel rendelkező telkeket keresik, és fontos számukra a nagyobb népességkoncentrációk (vásárlók) közelsége.

Mindezek alapján az ipari és kereskedelmi területek bővüléséhez a következő magyarázó változók alkalmazását lehet megfontolni:

- vállalkozások száma (abszolút és ezer főre vetítve),
- a vállalkozások számának dinamikája,
- lakónépesség, népsűrűség,
- beépített területektől való távolság,
- más ipari/kereskedelmi területektől távolsága,
- autópálya és a egyéb közlekedési csomópontoktól való távolság.

### 3.3.4 Vállalkozások számának változása

Az új lakó, illetve ipar és kereskedelmi területek a legtöbb esetben a mezőgazdaság, különösen a nagyvárosok környéki szántók, rét és legelő, valamint komplex földhasználatú területek rovására terjeszkedtek. Ennek háttérében általában az agrárium alacsonyabb jövedelmezősége áll, ami azt jelenti, hogy más hasznosítási módokkal szemben alacsonyabb földjáradék összege, így az 1990 után kialakult piacgazdaságban a tulajdonosok a nagyobb hozamot adó földhasználatok felé fordultak. Ez

kedvezett a városok extenzív növekedésének, hiszen a zöldmezős beruházások költségei alacsonyabbak, megfelelő nagyságú terület áll rendelkezésre, és nem kell alkalmazkodni a már meglévő beépítéshez. E viszonyokat módosíthatják az agrártámogatások, melyek lényegében sok esetben a gazdálkodók számára különböző jogcímenek kifizetett jövedelem kiegészítő juttatások illetve a jellemzően beruházási jellegű fejlesztéseket támogató, potenciálisan strukturális változást is támogató támogatások. Ez utóbbiak legnagyobb arányban a 2004. évi EU csatlakozás után váltak számottevővé, a vidékfejlesztési támogatások formájában. A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy az agrártámogatások potenciális változása milyen változást idéz elő a földhasználatra. Az agrártámogatások általános feltételeit és keretrendszerét figyelembe véve a legfontosabb korszakok a következők: 1990-től az Európai Unió csatlakozásig, 2004 – 2007-ig, 2007 utáni időszak (ÚMVP, VP)

Az Európai Unió csatlakozást megelőző „felkészülési” időszak és a csatlakozást követően a mezőgazdaság és a vidék fejlesztésére elérhető uniós források felhasználására alapvetően öt tervdokumentum adja meg a keretet: a SAPARD (Special Accession Programme for Agriculture and Rural Development, azaz Speciális Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Csatlakozási Program), AVOP (Agrár és Vidékfejlesztési Operatív Program), NVT (Nemzeti Vidékfejlesztési Terv) és az ÚMVP (Új Magyarország Vidékfejlesztési Program) (Molnár et al. 2010) illetve a jelenleg is futó Vidékfejlesztési Program.

Prioritások megjelenése programonként:

SAPARD:

1. Az agrárgazdaság versenyképességének növelése.
2. A környezetvédelem szempontjainak előtérbe helyezése.
3. A vidéki térségek adaptációs képességének elősegítése.

AVOP/NVT (2004-2006):

1. Versenyképes alapanyagtermelés megalapozása a mezőgazdaságban (AVOP).
2. A termelők gazdasági életképességének, pénzügyi helyzetének és piaci pozícióinak javítása (NVT).
3. A környezeti állapot megőrzése és javítása (NVT).
4. A termőhelyi adottságokhoz és a piaci viszonyokhoz jobban igazodó termelési szerkezet kialakításának támogatása (NVT).
5. A mezőgazdasági tevékenységek fenntartása és fejlesztése, ezáltal kiegészítő jövedelem és munkahely teremtése különös tekintettel azon gazdálkodók számára, akik kedvezőtlen termőhelyi adottságú területeken gazdálkodnak (NVT).
6. Vidéki térségek fejlesztése (AVOP).

ÚMVP (2007-2013):

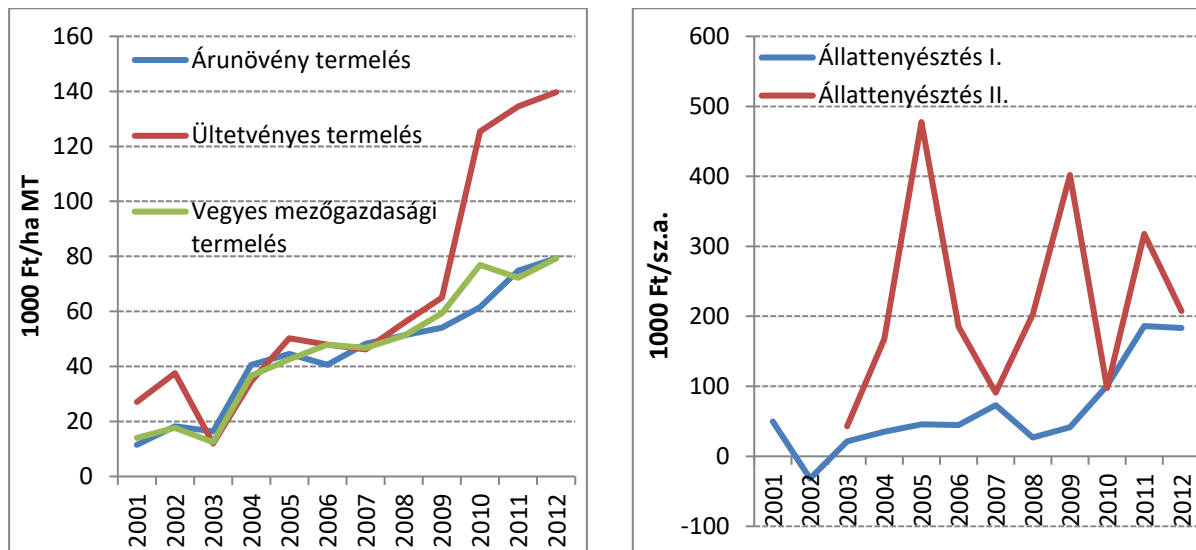
1. Mezőgazdasági és erdészeti ágazatok versenyképességének javítása.
2. A környezet és a vidék fejlesztése.
3. A vidéki élet minősége és a vidéki gazdaság diverzifikálása.

VP (2014-2020):

1. A tudásátadás és az innováció előmozdítása a mezőgazdaságban, az erdőgazdálkodásban és a vidéki térségekben

2. A mezőgazdasági üzemek életképességének javítása és a versenyképesség fokozása valamennyi régióban és a mezőgazdasági termelés valamennyi típusa esetében, valamint az innovatív gazdálkodási technológiák és a fenntartható erdőgazdálkodás előmozdítása
3. Az élelmiszerlánc szervezésének – többek között a mezőgazdasági termékek feldolgozásának és forgalmazásának, az állatjólétnek és a mezőgazdaság terén alkalmazott kockázatkezelésnek – az előmozdítása
4. A mezőgazdasággal és az erdőgazdálkodással összefüggő ökoszisztémák állapotának helyreállítása, megőrzése és javítása
5. Az erőforrás-hatékonyság előmozdítása, valamint a karbonszegény és az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodni képes gazdaság irányába történő elmozdulás támogatása a mezőgazdasági, az élelmiszer-ipari és az erdészeti ágazatban
6. A társadalmi befogadás előmozdítása, a szegénység csökkentése és a gazdasági fejlődés támogatása a vidéki térségekben

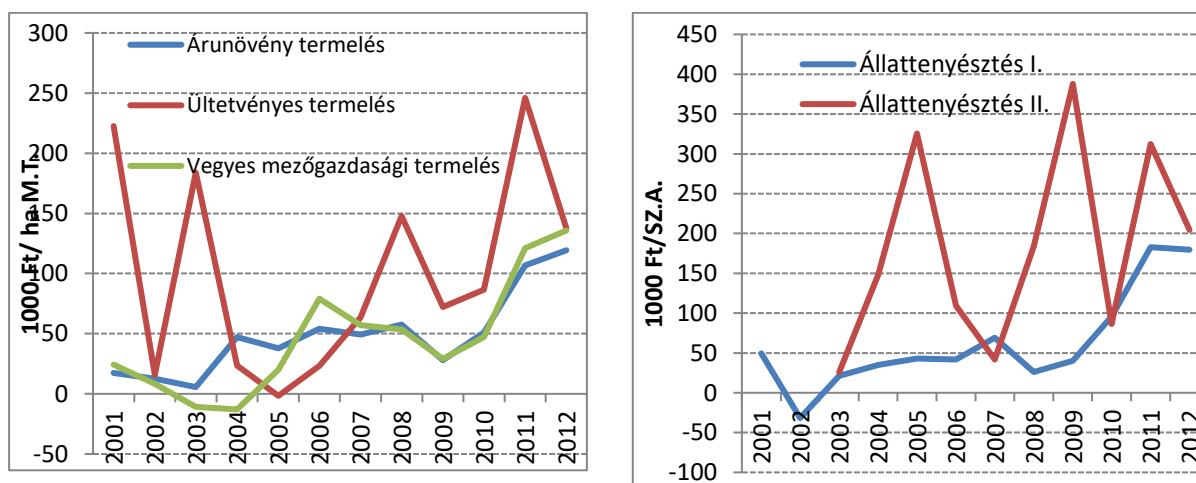
A támogatások nagy számára tekintettel, az áttekinthetőség érdekében a támogatásokat 2 csoportra osztottuk, a közvetlen jövedelemtámogatásokra és a beruházási támogatásokra. Az ÚMVP program megvalósításához a felkészülési időszakhoz képest tízszeres forrás állt rendelkezésre, és a versenyképesség fokozására kiemeleten jelentős forrás jutott. A földhasználat változás szempontjából a művelési ágak illetve az azzal szoros összefüggést mutató üzemtípusok szerinti agrártámogatás illetve jövedelmezőség alakulása érdemel figyelmet. A továbbiakban megvizsgáljuk, hogy az agrártámogatások potenciális változása milyen változást indukál a földhasználatra. Az üzemtípusok szerinti fajlagos agrártámogatások változását a 18. míg az adózás előtti eredmény változását a 19. ábra szemlélteti.



18. ábra: Fajlagos agrártámogatások üzemtípusok szerinti változása, 2001-2012

Forrás: Tesztüzemi adatok alapján, saját összeállítás

Megjegyzés: Állattenyésztés I. = tömegtakarmány-fogyasztó állatok: tehén, hízómarha, juh, ló stb. tartása illetve Állattenyésztés II. = abrakfogyasztó állatok: sertés, baromfi stb. tartása; M.T. = mezőgazdasági terület; SZ.A. = számosállat



19. ábra: Adózás előtti eredmény üzemtípusok szerinti változása, 2001-2012

Forrás: Tesztüzemi adatok alapján, saját összeállítás

A fenti ábrák alapján látható, hogy míg a növénytermesztés estében gyakorlatilag a specializációtól függetlenül 2004-2012 között folyamatosan növekedett a fajlagos támogatás, addig a döntően kérődzőket tartó gazdaságok esetében csak 2009 után figyelhető meg számottevő növekedés míg az abrakfogyasztók esetében jelentős ingadozások csökkentették a kiszámíthatóságot. Ehhez nagyon hasonló tendencia figyelhető meg a jövedelmezőséget kifejező adózás előtti eredmény alakulásánál. Ugyanakkor itt az is látható, hogy visszatükröződik az egyes ágazatok termelési, piaci sajátosságai,

A 2014–2020 közötti programidőszakban több mint 1200 milliárd forint fejlesztési forrás áll rendelkezésre az EMVA támogatásának felhasználásával megvalósuló Vidékfejlesztési Program keretében. A Program az 1305/2013/EU rendeletben foglaltaknak megfelelően három célterülethez – az élelmiszertermelés biztonsága és jövedelmezősége, a környezeti erőforrások kíméletes és fenntartható használata, valamint a területi és társadalmi különbségek kiegyenlítéséhez való hozzájárulás – kapcsolódik.

A 2014-2020 közötti időszakra irányuló Vidékfejlesztési Program forrásainak legnagyobb részét az élelmiszergazdaságot érintő beruházási típusú műveletek kötik le, amelyeket versenyképes mezőgazdasági termelők vehetnek igénybe. Magyarország termelési és jövedelmi viszonyait figyelembe véve a Program azokat az üzemeket tekinti versenyképesnek, amelyek elérik a 6000 euró STÉ-t.<sup>7</sup>

A korábbi programoktól eltérően a jelen program kimondottan a nagyobb hozzáadott értéket előállító és egyben a vidéki munkaerő számára jelentősebb munkaerő-igényt jelentő ágazatok felé fókuszál, úgymint az állattenyésztés és kertészet. Emellett a megközelítésben új hangsúlyt kap a környezeti és klímaváltozásból eredő kihívások célzott kezelése is (komplex vízgazdálkodási fejlesztések, erőforrás-hatékonyságot javító fejlesztések, üvegház hatású gázok csökkentése). Új elem továbbá a kis gazdaságok számára egyszerűen igénybe vehető, átalány jellegű fejlesztési támogatás biztosítása egyszerűsített üzleti terv mellett.

Az élelmiszergazdaságot is érintő beruházási típusú intézkedések közé a „Mezőgazdasági üzemek összteljesítményének és fenntarthatóságának javítása” és a „Mezőgazdasági termékek feldolgozásába/forgalmazásába és/vagy kifejlesztésébe történő beruházások támogatása” alintézkedések sorolandók. Emellett a „Mezőgazdasági üzemek és a vállalkozások fejlesztése” intézkedés keretében a „Mezőgazdasági kisüzemek fejlesztése alintézkedés” is beruházási támogatásokkal valósítható meg

Magyarország 2014-2020 között a „Beruházás tárgyi eszközökbe” intézkedés, a „Mezőgazdasági üzemek összteljesítményének és fenntarthatóságának javítása” alintézkedés keretében az alábbi öt területre helyezi a hangsúlyt:

- Az állattenyésztési ágazat fejlesztése;
- A kisméretű terménytárolók és szárítók építése, energiahatékonyságuk javítása;
- A kertészeti ágazat fejlesztése;
- Mezőgazdasági vízgazdálkodási ágazat fejlesztése;
- Az agrár-innovációs operatív csoportok innovatív projektjeinek megvalósításához szükséges beruházások megvalósítása.

A hazai állattartó telepek természetes mutatói – elsősorban technológiai hiányosságok miatt – elmaradnak a legfontosabb versenytársakétól. Kedvezőtlen az ágazat erőforrás-hatékonysága, a gazdák sok esetben környezetbarát technológiákat alkalmaznak. Az állattartás költségeit legnagyobb arányban a takarmányárak befolyásolják, ám a tartástechnológia fejlesztésén keresztül javítható az ágazat eredményessége és bővíthető az állomány nagysága, ami új férőhelyek kialakítását követeli meg.

Magyarországon duális (kétpólusú) üzemszerkezet jellemző, ezért a kisméretű gazdaságok erősítése és az életképes közepes méretű gazdaságok létrehozása a cél. Ebből kifolyólag a műveletek során alkalmazott STÉ felosztások felelnek meg legjobban Magyarország birtokpolitikai elveinek, továbbá ez feleltethető meg az alkalmazott degresszióval. A források 80 százaléka a kis- és közepes üzemmérettel rendelkező gazdaságok számára lesz elérhető, a maradék 20 százalék viszont mindenki számára rendelkezésre áll.

<sup>7</sup> A 2007-2013-as programozási időszakban versenyképes termelőnek az minősült, aki legalább 4 EUMÉ-val rendelkezett, ez nagyjából megfelel a 2014-2020 között alkalmazandó 6000 euró STÉ-nek.

A kertészeti ágazat jelentős részesedéssel jelenik meg a magyar mezőgazdaság kibocsátásában. A kistermelők nagy száma, az elaprózott birtokok és az ennek ellenére alacsony termelői szervezettség magával hozza a technológiai lemaradást, az elavult ültetvényszerkezetet. Az alintézkedés elsősorban az ágazat piaci igényeknek való jobb megfelelése érdekében elősegíti a technológiai háttér, a tárolókapacitások, a betakarítást követő tevékenység fejlesztését és az ültetvények korszerűsítését.

Az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését alapvetően az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével lehet elérni. A fosszilis energiahordozók magas ára ugyanakkor csökkenti az ágazatok jövedelemtermelő-képességét, tekintve, hogy a kertészeti és állattenyésztési ágazatokban is magas az energiaköltségek aránya, ami részben annak köszönhető, hogy nem megfelelő az energiafelhasználás hatékonysága. Éppen ezért az alintézkedés kiemelt célja a két ágazatban az épületek és a beépített technológiák energetikai szempontú korszerűsítésének támogatása, valamint a megújuló energiaforrások alkalmazásának elősegítése.

A termálvíz kihasználása a hazai zöldség- és dísznövénytermesztés fejlesztésének egyik potenciális tartaléka. Fontos szerepe van továbbá a földgázimport-függőség és a károsanyag-kibocsátás csökkentésében is. A kitermelt víz energiatartalmának azonban csak mintegy 45 százaléka hasznosul, a berendezések elavult műszaki színvonalának köszönhetően. Emiatt az alintézkedés célul tűzi ki az olcsóbb, a környezetileg és az ellátásbiztonság szempontjából is kedvezőbb termálenergia kertészeti hasznosítását és a meglévő termál kutak felújítását.

A kisgazdaságok felvásárló piaci kitettségből fakadó versenyképességi hátrányának mérséklését, valamint a növénytermesztés és állattartás közötti lokális üzleti kapcsolatrendszerek megerősödését a korszerű és energia hatékony, kisebb léptékű terménytároló és szárító tároló kapacitások támogatásával szükséges előmozdítani.

Az alintézkedés támogatja továbbá az állattartó telepeken keletkező trágya környezetvédelmi előírásoknak megfelelő kezelését, tárolását és további hasznosítását segítő építési és technológiai beruházásokat. Az ÜHG kibocsátás csökkentése érdekében a megfelelően alkalmazott trágyatárolási technológiák és a hozzájuk kapcsolódó kezelési eljárások, lehetővé teszik az irányított folyamatok végrehajtását, csökkentve a nem várt folyamatokból származó gáznemű, oldatban lévő, vagy porszerű anyagok távozását. A trágyakezelés megoldása egyben további hasznosítási lehetőségeket is jelent, különösen a komposztkészítés vagy energetikai hasznosítás formájában. Az alacsony jövedelmezőség következménye, hogy az állattenyésztési és a kertészeti ágazatok fejlesztéséhez nem áll rendelkezésére elegendő saját tőke, amit súlyosbít az idegen tőke magas költsége. Az alintézkedés lehetőséget biztosít kamattámogatás igénybevételére. A támogatások eléréséhez szükséges versenyképességi küszöbérték csökkentése valamennyi állattenyésztési és kertészeti ágazat szereplője számára kedvez.

## 4 A MODELLEZÉSBEN FELHASZNÁLT ADATBÁZISOK ÉS INDIKÁTOROK BEMUTATÁSA

### 4.1 *Kiinduló felszínborítás adatok*

#### 4.1.1 Előzetes megfontolások

A jelen kutatásban megvalósuló modellezés egyik kiindulópontja, hogy mind tematikájában, mind felbontásában a korábbinál részletesebb adatbázisra épüljön. A korábbi az egész ország területére kiterjedő munkában az alapokat a Corine felszínborítás szolgáltatta, amelyet az Európai Unióban több kutatási projektben már alkalmaztak erre a célra. Ennél nagyobb térbeli felbontású és tematikájában bővebb adatbázisként jelentek meg az Urban Atlas várostérség térképei. Kézenfekvő volt az az elgondolás, hogy ezek alkalmazásával próbáljunk meg továbblépni. Az UA térképek előnye, hogy kisebb területet ölelnek fel, amelyek gazdasági-társadalmi szempontból funkcionális egységnek tekinthetők. Ez ugyan nem zárja ki, hogy természetföldrajzi vonatkozásban jelentős különbségek legyenek az adott térségen belül, ugyanakkor ez az általunk választott kutatási térben ez nem meghatározó. Sokkal fontosabb az, hogy az egyes felszínborítás kategóriák változása mögött álló hajtóerők egységesek, így azonos folyamatok mögött azonos okok állnak a teljes területen.

Az Urban Atlas alkalmazása tehát egyfajta természetes továbblépés a Corine Land Cover-hez képest, ugyanakkor az adatbázis temporális lefedettsége nem elegendő egy modellezés lefolytatásához. A rendelkezésre álló 2006-os és 2012-es állapot közötti 6 év túl kevés ahhoz, hogy annak folyamatait előrevetítve az bármilyen útmutatást adjon a településfejlesztés és a klímaváltozásra való felkészülés tekintetében a különböző ágazatok tervezése számára.

További kapcsolódó problémaként merült fel, hogy a validálás elvégzéséhez nemcsak a CLC90 és az UA2012, hanem az UA2006 harmonizációja is szükséges, ami három adatbázisnak a 6. fejezetben majd ismertetésre kerülő átdolgozását jelentené, nagymértékben növelve annak időigényét, és a korábbi kutatás tapasztalatai alapján nem képezi annak kritikus részét. Egyrészt azért, mert az LCM a Markov láncok módszerével határozza meg az átalakulás mennyiségét, ami lényegében a bemeneti térképek alapján meghatározott fix területnagyság modellezési időtávra eső időarányos leképezésével áll elő, másrészt a modell a változások helyének pontos cellaszintű eltalálásában csak néhány részmodell esetében ért el valóban 60 % vagy afölötti pontosságot (települési szintre összevonva ez az érték sokkal magasabb). Mivel az eredeti vállalásaink között eleve szerepelt a korábbi modellezés eredményeivel való összehasonlítás, így a validálást ahhoz képest végezzük el, hiszen az egyébként is egy a bázis scenáriót feltételezve készült el. Két összehasonlításra van e szempontból is lehetőségünk, hiszen összehasonlíthatjuk a puha predikciót és a 2030-re elkészült kemény előrejelzést is. E két összevetés véleményünk szerint kiváltja a 2012-re történő validálást.

Ennek elhagyása mellett további érvként merült fel, hogy a mezőgazdasági adatok (különösen az agrártámogatások tekintetében, amelyek feltételezésünk szerint jelentősen befolyásolják a földhasználat-változást a mezőgazdasági területek esetében) alapvetően inkább 2000 utánra állnak rendelkezésünkre. Így viszont egy 1990-2006 közötti tanuló időszak esetében a hatásuk kevésbé mutatkozik meg, így ez is abba az irányba mutatott, hogy a 2006 helyett 2012 legyen a végdátum alaptérképe. Ez nemcsak az agrárium tekintetében, de azért is jobb választás, mert a rendszerváltás



utáni időszak területhasználati folyamatait jobban reprezentálja, illetve lehetővé teszi, hogy a kemény előrejelzés végső időpontját 2030 helyett 2040-re kitoljuk.

Az általános megfontolások között kell még említenünk a modellezés választott felbontásának meghatározását. A 2015-ös kutatásban Corine CLC alkalmazásakor 250 m-es pixelmérettel számolva a raszter térképek 2044 oszlopból és 1277 sorból álltak, ami 2,6 millió cellát jelent az ország területére. Ebből azonban csak 1,4 millió tartalmazott földhasználatra vonatkozó információt, míg a többi „háttér” (0 értékű) cella volt. A cellaszámnak két szempontból van jelentősége:

- amennyiben kevés a földhasználatra vonatkozó cellák száma, úgy bizonyos átalakulások esetén az érintett egységek száma is alacsony lesz, ebből következően az MLP hálózat tanítására és a tesztelésre nem áll rendelkezésre megfelelő nagyságú minta,
- amennyiben a cellák száma nagyságrendileg meghaladja a 2015-ös kutatásét, akkor azzal kell számolnunk, hogy az egyes részmodellek MLP általi betanulásának ideje futtatásának jelentősen megnő.

2015-ös tapasztalatainkra alapozva, ahol mind a futtatási idő, mind a cellaszámok megfelelőek voltak nagyságrendileg hasonló cellaszámmal kívántunk dolgozni. Mivel jelentősen kisebb területről van szó (6000 km<sup>2</sup> a 93 000 km<sup>2</sup> helyett), így ez önmagában is a felbontás jelentős növekedését jelenti. Az UA méretarányát is figyelembe véve három lehetséges cellaméret közül választhattunk:

- 100 m – ehhez 607 e cella tartozna felszínborítási információval,
- 75 m – ebben az esetben 1,08 millió pixellel tudnánk számolni, de ez még mindig elmarad a 2015-östől,
- 50 m – 2,43 millió földhasználati adatot tartalmazó cella.

Végül az adatok alapján az 50 m-es cellaméret mellett döntöttünk, melyet később visszaigazolt a részmodellek modellezési mátrixa is, hiszen ha 75 vagy 100 m-es cellaméret esetén az MLP tanításához szükséges cellák száma sok esetben nem bizonyult volna elegendőnek (lásd. 7.1.-es fejezet).

#### 4.1.2 A modellezni kívánt felszínborítási kategóriák meghatározása

A kutatási tervben tett vállalásunknak, illetve a validálás korábbi előrejelzésekhez történő elvégzéséhez olyan osztályokat kellett a jelen modellezéshez megalkotnunk, amelyek egymással tartalmukban kompatibilisek, tehát egy elemzés keretei között számszerűen is összevethetők. Ugyanakkor elvárásként jelent meg az is, hogy tartalmilag bővítsük azokat, a településfejlesztés és -rendezés, az agrárágazat információ igénye, valamint a klímaváltozásra való felkészülés tervezésének jobb elősegítése céljából. A jelen kutatáshoz kialakított felszínborítás kategóriákat és azok illeszkedését a 2015-ös vizsgálatban szereplőkhöz az alábbi 8. számú tábla foglalja össze. Ebben a már harmonizált Corine és UA osztályok szerepelnek, és azok összevonását a modellben használt kategóriákra, illetve azok illeszkedését mutatja.

CLC/UA kód	Kategória	Modell kat. kód	Modell kategória név	Modellezük	Kompatibilis 2015-el
211	Szántóföldek	4	Szántóföldek	I	I
221	Szőlők	5	Szőlők	I	I
222	Gyümölcsösök, bogyósok	6	Gyümölcsösök	I	I
231	Rét, legelő	7	Rétek	I	I
242	Komplex művelési szerkezet	8	Komplex művelés	I	I
243	Elsődlegesen mg.-i területek természetes formációkkal	8	Komplex művelés	I	I
311	Lomblevelű erdők	9	Erdők	I	I
312	Tűlevelű erdők	9	Erdők	I	I
313	Elegyes erdők	9	Erdők	I	I
321	Természetes gyepek, természetközeli rétek	7	Rétek	I	I
324	Átmeneti erdős-cserjés területek	9	Erdők	I	I
333	Ritkás növényzet	7	Rétek	I	I
411	Szárazföldi mocsarak	7	Rétek	I	N
412	Tőzeglápok	7	Rétek	I	N
511	Folyóvizek, vízi utak	10	Vízfelszínek	N	N
512	Állóvizek	10	Vízfelszínek	N	N
11100	Folyamatos városszövet (beépítéssűrűség > 80%)	1	Lakóterület	I	I
11210	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 50% - 80%)	1	Lakóterület	I	I
11220	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 30% - 50%)	1	Lakóterület	I	I
11230	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség 10% - 30%)	1	Lakóterület	I	I
11240	Szagatott városszövet (beépítéssűrűség < 10%)	1	Lakóterület	I	I
11300	Magányos épületek	2	Ipar és kereskedelem	I	I
12100	Ipari, kereskedelmi, közösségi és katonai épületek	2	Ipar és kereskedelem	I	I
12210	Gyorsforgalmi utak	3	Egyéb mesterséges	N	I
12220	Egyéb közutak	3	Egyéb mesterséges	N	I
12230	Vasútvonalak	3	Egyéb mesterséges	N	I
12300	Kikötők	3	Egyéb mesterséges	N	I
12400	Repülőterek	3	Egyéb mesterséges	N	I
13100	Nyersanyag kitermelés, lerakóhelyek	3	Egyéb mesterséges	N	I
13300	Építési területek	1 vagy 2	Lakó/Ipár	I	I
13400	Parlagterületek	1 vagy 2	Lakó/Ipár	I	I
14100	Városi zöldterületek	1	Lakóterület	I	I
14200	Sport- és szabadidő-területek	1	Lakóterület	I	I

8. táblázat: CLC és UA harmonizált osztályok

Forrás: saját összeállítás

A táblázat alapján látható, hogy a jelen modellezésben 10 felszínborítási kategóriát alakítottunk ki, tehát 3-mal többet, mint 2015-ben. A legfontosabb változás, hogy a térség jellegéből adódóan a mesterséges felszíneket 3 osztályra bontottuk, és külön modellezzük a lakóövezetek, valamint az ipari

és kereskedelmi területek változásait. Emellett létrehoztunk egy „Egyéb mesterséges” megjelölést, ahová közlekedési hálózatokhoz, valamint a nyersanyag kitermeléshez kapcsolódó területeket soroltuk be, és amelyek nem képezik az előrejelzés részét (tehát nem modellezzük). Szintén a táblából látható, hogy a 13300 és 13400 kódszámú építési és parlagterületek esetén azok kerülhettek a lakó, illetve a kereskedelmi területekhez is. Ennek eldöntését úgy végeztük el, hogy az adott térképi folt a kettő közül melyik kategóriához található a legközelebb, hiszen a szomszédság elv alapján valószínűsítettük, hogy fejlesztés esetén ebbe kerülne, vagy eleve olyan rendeltetésű ingatlan épül rajta jelenleg.

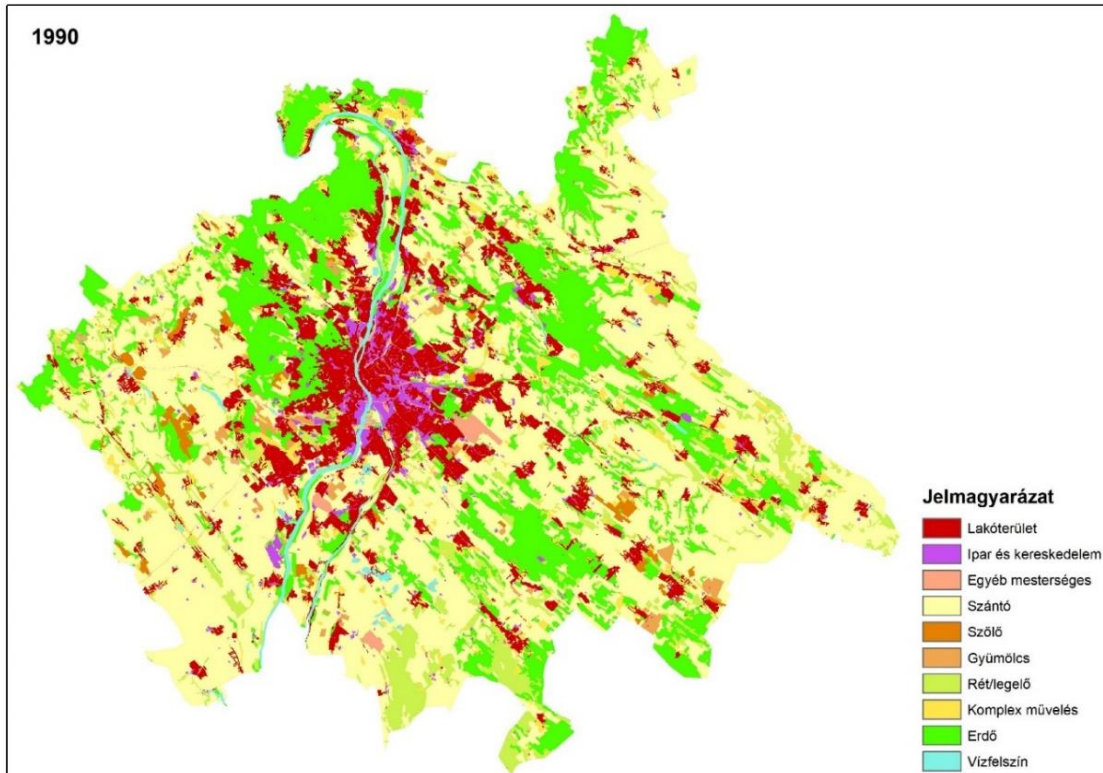
A 2015-ös modell beosztásához képest további változás, hogy a szőlő és a gyümölcsös területeket szétválasztottuk az agrárágazati igényekre figyelve.

Felmerült a rét/legelő területek szétválasztása is mezőgazdasági és természetvédelmi/agrár-környezetgazdálkodási célúakra, azonban ezzel tovább növeltük volna a részmodellek számát, illetve úgy ítéltük meg, hogy sem a Corine, sem az UA mögött álló módszertan alapján nem lehet igazán szétválasztani ezt a két területtípust. Az EU AKG támogatási adatai csak 2012-re állnak rendelkezésre, így az 1990-es térképen nem tudjuk elvégezni a területek kijelölését. E tekintetben korábbi modellezésben már bevált megközelítést alkalmaztunk, tehát a korlátozó és ösztönző tényezők között korlátozzuk az átalakulás dinamikáját a nemzeti parki, NATURA2000 és a vonatkozó AKG területeken.

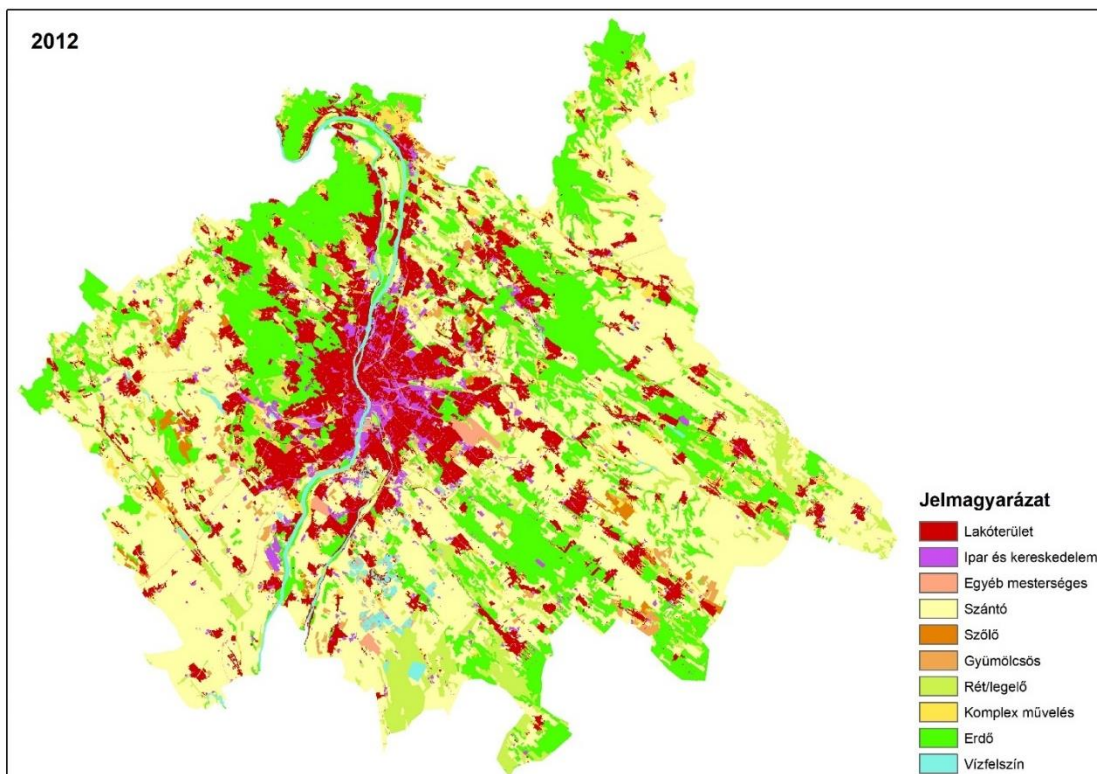
A táblázat jelöli az egyes kategóriák 2015-ös modellhez viszonyított kompatibilitását is, melyből látható, hogy 4 osztály esetében eltértünk attól. Korábban a 411-es tőzeglápok, illetve a 412-es szárazföldi mocsarak kategóriát a vízfelszínhez soroltuk, hiszen országos viszonylatban ez jobban igazodott a CLC térképezési gyakorlatához. A jelenlegi kutatási terület esetében viszont azt tapasztaljuk, hogy ezek jelentős része valójában a rét/legelő kategóriába sorolandó, így ezt a változtatást megtettük. 2012-ben e két osztályba kb. 30 km<sup>2</sup> terület tartozott, amely az összerületnek a 0,5 %-a, tehát úgy gondoljuk ettől a rét kategóriára kapott eredmények még összevethetők maradnak. A vízfelszínknél jelzett inkompatibilitás is e változásra vezethető vissza.

A kialakított 10 osztályból nem kívánjuk az előrejelzésbe bevonni az egyéb mesterséges területeket (közlekedési hálózatok területe), hiszen azok alapvetően területfejlesztési és –rendezési tervezés nyomán alakulnak ki, viszont a rendelkezésre álló fejlesztési tervek elképzeléseit beillesztjük a modellezésbe. Ehhez hasonlóan nem szerepelnek a predikciónkban a vízfelszín sem, így a fennmaradó 8 kategóriával számolva az összes lehetséges átalakulási irányok száma 56 db, azonban ezek közül csak 31 lett modellezve (lásd. 7.1.-es fejezet).

Végül az alaptérképek előállításakor az 50 m-es felbontásból következően még egy módszertani döntést kellett hoznunk. Mivel a később ismertetésre kerülő harmonizációs folyamat (6. fejezet) során vektoros adatbázisokkal dolgoztunk azokat az LCM-be történő importálás előtt raszter állományokká kellett alakítanunk. Az átalakítás során az közlekedési hálózat elemei (egyéb mesterséges felszínek) az 50 m-es cellaméretből következően szétestek, pontszerűen jelentek meg. Módszertanilag ugyan ez nem hiba, mégis úgy gondoltuk, hogy helyesebb ha ezeknek összefüggő, a térképi orientációt is elősegítő, legalább a legjelentősebb elemeket felismerhetően mutató elemei megmaradnak az alaptérképeken. Éppen ezért a raszterre alakítás során nem a cella középpont alapján, hanem a cella területére eső osztályok maximális területe alapján végeztük el a konverziót. Az előállt 1990-es és 2012-es térképeket az alábbi 20. és 21. számú ábrák mutatják be.



20. ábra: Alaptérkép földhasználati kategóriák szerint, 1990  
Forrás: Saját összeállítás



21. ábra: Alaptérkép földhasználati kategóriák szerint, 2012  
Forrás: Saját összeállítás

## 4.2 Magyarázó változók

A jelen modellezésben a 2015-ös modellhez előállított indikátorokat tekintettük kiindulási alapnak. Ezek 250 m-es felbontású raszter adatok, melyeket egyrészt 50 m-es felbontásba konvertáltunk (mivel ezek zömében települési szintű, vagy km-es felbontásúak, így ezeket nem kellett az alapoktól újra előállítani), másrészt a jelenlegi modell területéhez igazítottuk azokat. Az újrafelhasználás során azonban igyekeztünk az adatforrások és a magyarázó változók körét szűkíteni is, így kihagytunk minden olyan korábbi indikátort, amelyek, a korábbi kutatásban nem tettek hozzá az eredményekhez, illetve igyekeztünk olyan új adatbázisokat is keresni, amelyek a budapesti agglomeráció esetében relevánsak lehetnek. Ez utóbbiak közül elsősorban a tömegközlekedési, valamint a növénytermesztés Standard Termelési Érték (STÉ) (jövedelmezőségi) adatokat emelhetjük ki.

A 2015-ös modellezés tapasztalataiból kiindulva a magyarázó változók körét alapvetően négy csoportra oszthatjuk:

1. A felszínborítási és térinformatikai alaptérképekből levezetett a szomszédsági viszonyokat ábrázoló távolság térképekre, mint például a távolság a lakóterületektől, a kompátkelőhelyektől, autópálya-lehajtóktól stb.,
2. Természetföldrajzi tényezőkre – mint például tengerszint feletti magasság, lejtőszög,
3. Agrárágazat speciális adataira – üzemi és támogatási adatok, KSH ÁMÖ és Inspire
4. Egyéb gazdasági és társadalmi adatok – lakónépesség annak változása, jövedelmek.

A korábbi modellezés esetében visszatérő probléma volt a magyarázó változókkal kapcsolatban, hogy a felbontásuk meg sem közelítette a földhasználati alaptérképeket. A társadalmi-gazdasági változók jellemzően településszintű adatok, ami a közigazgatási határok jelentőségének túlhangsúlyozásához vezetett. Éppen ezért igyekeztünk olyan új adatbázisokat, vagy indikátorokat is alkalmazni, melyek térbeli felbontása jól passzolt a modellünkéhez, mint például a korábban említett szántó STÉ adat, vagy a KSH Inspire projekt 1 km-es rácsra megadott mutatói. Ezek azért fontosak, mert a települési szint alatti felbontással rendelkeznek, tehát elviekben jobban magyarázhatják a földhasználat változásokban meglévő térbeli különbségeket, segíthetik az MLP cellaszintű tanulását.

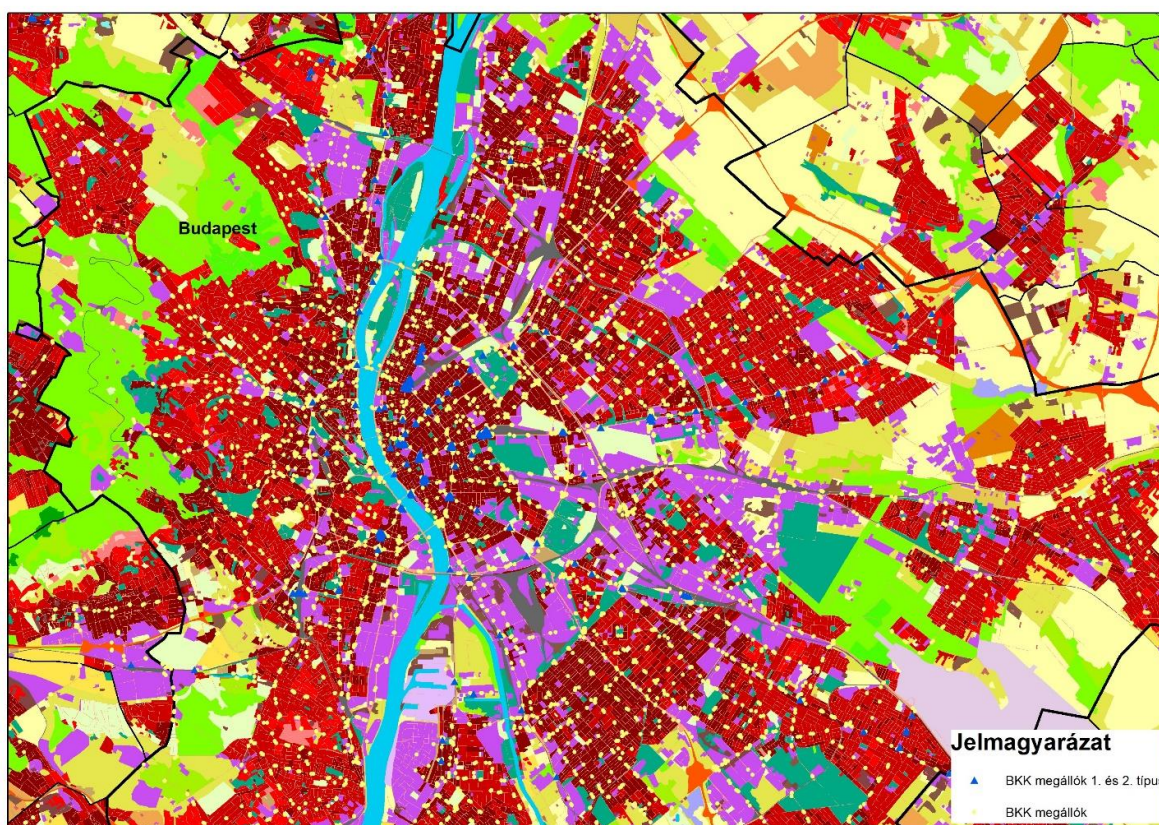
A felhasznált adatbázisok:

- Európai Környezetvédelmi Ügynökség és Copernicus Land Monitoring Service közös adatbázisa (Natura2000 területek, natúrparkok, domborzat)
- KSH Településstatisztikai adatbázisrendszer (T-STAR) (éves adatok, népszámlálás adatai, Általános Mezőgazdasági Összeírás adatai)
- INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) adatbázisa
- MTA TAKI Agrártopográfiai adatbázis (AGROTOPO),
- Országos Területrendezési és Területfejlesztési Információs Rendszer (TeIR),
- Nemzeti Adó és Vámhivatal (NAV).
- Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) (regionális klímamodellek adatai).

- Természetvédelmi Információs Rendszer (TIR),
- Agrárgazdasági Kutató Intézet
- Budapesti Közlekedési Központ GTFS (General Transit Feed Specification) adatbázisa.

A felhasznált adatbázisok közül ez utóbbi kettő mindenképpen ki kell emelni, hiszen a modellezési munka során sok részmodellben helyet kaptak.

A BKK tömegközlekedést leíró adatbázisa a menetrendi adatokat tartalmazza. A földhasználati modellezés szempontjából alapvetően az 5848 megálló adata fontos, melyek GPS koordinátákkal szerepelnek az adatbázisban. Ez lehetővé teszi, hogy a közösségi közlekedés elérhetőségét, – amely mind a lakó, mind az ipar és kereskedelmi területek alakulásában fontos szerepet játszik – beépítsük az átalakulási részmodellekbe. Az adatbázisban a megállók típusokba vannak sorolva, az 1. és 2. típusba tartoznak a csomópontok (313 db), melyeket külön is alkalmaztunk az almodellekben. Az adatbázis térképi megjelenését az 22. ábra mutatja.



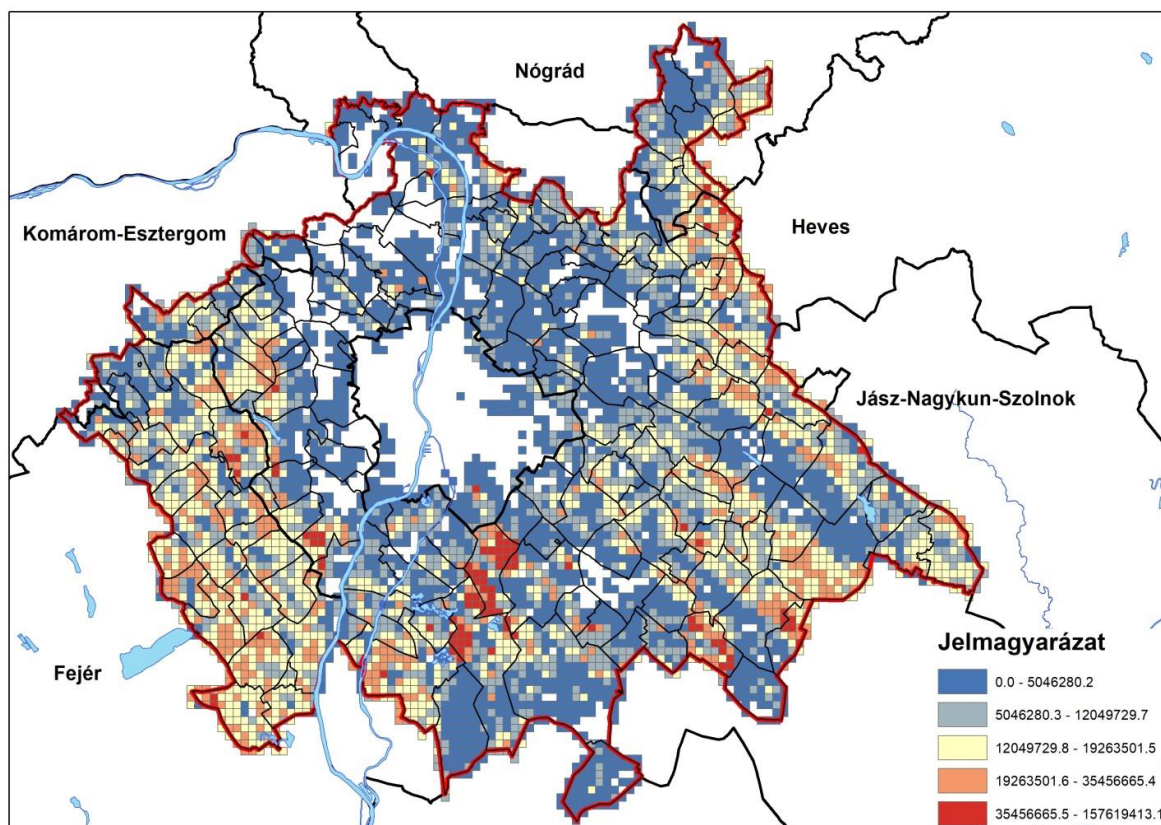
22. ábra A kutatás elemzési keretének ábrázolása

Forrás: Saját összeállítás

A MLP cellaszintű tanulását, az MLP pontosságot és „Skill measure” értéket javította a Standard Termelési Érték (STÉ) beépítése a modellbe.

Az STÉ a mezőgazdasági termelési érték közvetlen támogatással csökkentett értéke, az átlagos jövedelemtermelő képesség gyakran használt mutatószáma. A modellben a 2010-2014 évek átlagadataira számított STÉ értékek szerepelnek, az adatok az AGRATÉR projeknek köszönhetően már az AKI rendelkezésére álltak. A növénytermesztésre vonatkozó területi adatok a 2010- 2014 évekre vonatkozó SAPS igénylések adatai alapján voltak elérhetőek, 1x1 km felbontásban. Ezt a felbontást

azért választottunk, mert az AKI-ban végzett korábbi kutatások alapján a vetesváltásból fakadó esetleges torzítás kiküszöbölése és a minél nagyobb felbontás igénye között ez mutatkozott a legjobb kompromisszumnak. Tehát az eredményeket 1x1 kilométeres rácsra aggregáltuk, ahol a növények relatív aránya állandónak mondható. Az 23. ábrán láthatók a célterületre számított növénytermesztésre vonatkozó 1000 Ft-ban kifejezett STÉ értékek (1000 Ft-ban kifejezve).



23. ábra: Növénytermesztés Standard Termelési Érték (STÉ) eloszlása

Forrás: saját összeállítás

### 4.3 Korlátozó és ösztönző tényezők

Az alkalmazott LCM szoftverben két módon is lehetőség nyílik a földhasználati változásokat befolyásoló tényezők bevitelére. Az egyik megoldás, hogy minden befolyásolni kívánt almodellhez egy „Constraints/Incentives Map”-et, tehát a korlátozásokat és ösztönző erőket összefoglaló térképet rendelünk. A másik lehetőség, hogy a két felszínborítási alaptérképünkől képzett (az 1990-es és a 2012-es) Markov lánc mátrixát módosítjuk. Az első esetben a tényezők az adott részmodellre egy területileg meghatározott helyen hatnak (gyorsítják, vagy lassítják az átalakulást), de összességében nem befolyásolják a földhasználati konverzió mennyiségét, míg a második formában az adott átalakulás (szántóból erdő) nagyságrendjét befolyásolja, azonban minden térbeli megkötés nélkül. A modellezésben mindkét megoldást alkalmazzuk, hiszen a területi tervezési megkötések, mint például a nagyvízi meder területének beépítési tilalma adott helyre vonatkozik, ugyanakkor fagyos napok számának növekedése általában visszatarthatja attól a gazdálkodókat, hogy szőlő, vagy gyümölcsstermesztésbe fognanak, hiszen ezen intenzív kultúrák érzékenyek e tekintetben.

A korlátozó és ösztönző tényezők (constraints és incentives az LCM szoftverben) tekintetében is támaszkodtunk a 2015-ös kutatás tapasztalataira. Ez elsősorban a korábbi futtatás során már felhasznált „tervezési” térképek újbóli alkalmazását jelentette, a jelenlegi modell térbeli felbontásához és területi kiterjedéséhez igazodva. A következő korlátozó és ösztönző faktorokat vettük át a korábbi kutatásból:

- Natura2000 területek (ezek egyúttal a nemzeti parki és ex lege védett területeket is magukban foglalják) (Copernicus Land Monitoring Service),
- nagyvízi meder területe (OTRT),
- erdősítésre alkalmasnak ítélt terület (Nemzeti Erdőtelepítési Terv).

Hasonlóan a 2015-ös megoldáshoz jelen előreszámításba is beépítettünk demográfiai prognózist. Ehhez az e kutatással párhuzamosan készülő migrációs modell adatait integráltuk be a földhasználat változás előrejelzésébe. E modell alapját egy, a kohorsz-komponens módszeren alapuló népesség előreszámítás, valamint az azt módosító migrációs folyamatok (oktatási, gazdasági, jóléti migráció) push-pull tényezőkön alapuló korrekciója képezi települési szinten. E munkában ugyanazok az EU Cordex klímamodell gyűjteményéből származó (CNRM\_45, CNRM\_85, EC\_45, EC\_85) prognózisok kerülnek alkalmazásra, mint az LCM-ben. Így logikusnak tűnt az a megoldás, hogy a demográfiai korlátozó és ösztönző tényezők „Constraints/Incentives Map”-jét klímamodellenként álljuk elő minden érintett almodellhez, melyek használatát az LCM adott futtatásában alkalmazott klímamodelljéhez igazítunk (tehát a CNRM\_85-ös modell futtatásakor a demográfiai prognózisnak is a CNRM\_85-el készült verzióját alkalmazzuk). E megoldással a klíma hatása két helyen is megjelenik a predikcióban, egyrészt közvetlenül az egyes részmodellekhez rendelve (lásd X. számú tábla), másrészt a demográfián keresztül, mint a lakóövezetek, ipar és kereskedelmi területek iránti keresletet befolyásoló tényező.

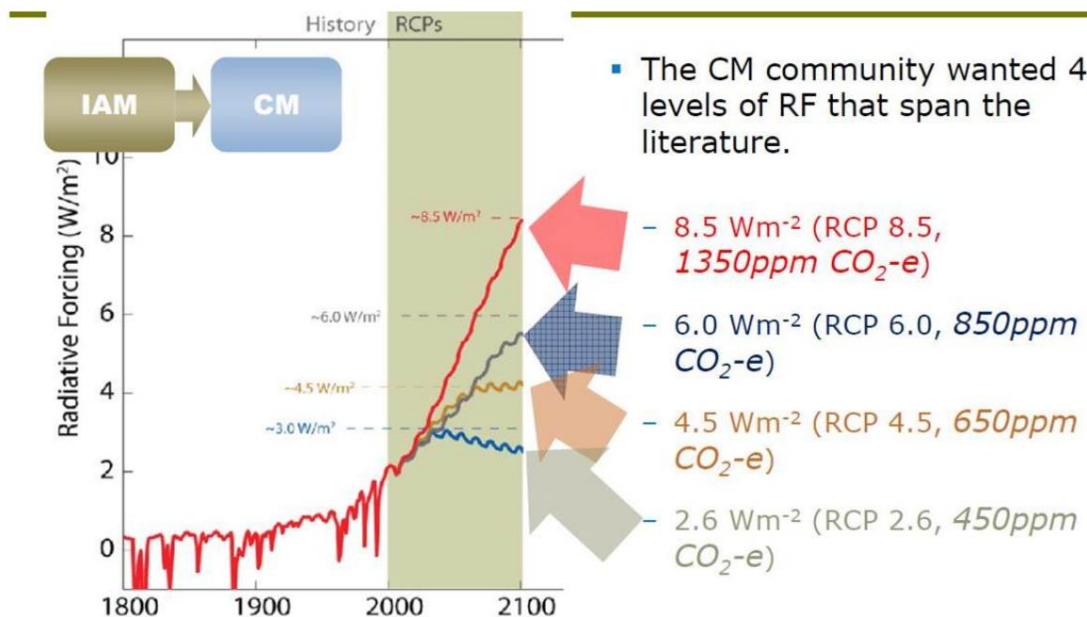
A klíma adatok és modellek tekintetében már a 2015-ös kutatásban is nehézségekbe ütköztünk. Egyrészt a kapott adatok térbeli felbontása jelentősen eltért az LCM modellétől (és ebben jelenleg sincs változás, hiszen a CORDEX adatbázisban is 0,11 fokos felbontású (kb. 12,5 km) cellaméretet alkalmaznak), másrészt a hőmérséklet, csapadék adatok a részmodellekben nem járultak hozzá a változások pontosabb előrejelzéséhez. Ebből következően a jelen modellezésben a részmodellekben nem használtunk éghajlati adatokat, azok csak a modellfuttatások során a korlátozó és ösztönző tényezőkben jelennek meg, az előző bekezdésben már kifejtett közvetlen és közvetett módon.

A 2015-ös modellezés során tapasztalt területi felbontás problémát, tehát, hogy a klímadatok cellahatárai a nyers (raszter) eredménytérképeken megjelentek a jelen kutatásban, el akartuk kerülni. Éppen ezért a kutatási területre és pufferzónájába eső klímadat rácsponthoz között a felhasználni kívánt tényezők esetében IDW (inverse distance weighted) interpolációt végeztünk. Ennek eredményképp egy a modell cellaméretével azonos kimeneti térképet kaptunk. Ezeket kapcsoltuk hozzá később területi szempontú korlátozó és ösztönző tényezőként az egyes részmodellekhez.

A kutatásban a megrendelő kérésére a Cordex klímamodell gyűjteményéből származó CNRM\_45, CNRM\_85, EC\_45, EC\_85 modellek kerültek alkalmazásra. A nevekben szereplő akronímok a modell futtatásokra utalnak, míg a 45 és 85 számok arra, hogy a Föld mint rendszer mennyivel több napenergiát nyel el, mint amennyit visszasugároz az űrbe (RF vagyis radiative forcing). Ez az üvegház gázok koncentrációjának növekedésével párhuzamosan nő, és ezt az egy adott légköri CO<sub>2</sub> koncentrációhoz kötik. A Cordex-ben négy ilyen „CO<sub>2</sub>” pályát határoztak meg, melyekből a 4,5 W/m<sup>2</sup>



RF érték elérése 2100-ban 650 ppm CO<sub>2</sub> koncentrációhoz kapcsolódik, míg a 8,5 W/m<sup>2</sup> RF értékhez 1350 ppm (lásd 24. számú ábra).



24. ábra: CO<sub>2</sub> pályák a Cordex-ben

Forrás: <https://climate4impact.eu/impactportal/documentation/backgroundandtopics.jsp?q=Scenarios>

A klímamodellek integrálása során első lépésként készítettünk egy elemzést arról, hogy a modellekben szereplő tényezők a bázis időszakhoz képest országosan mennyire változnak, ezt foglaltuk össze az 9. számú táblában.

Futtatás	Változás	Futtatás	Változás
cnrm_45_Evi napfenytartam1971-2000	3381.798	cnrm_45_Fagyos_napok_1971-2000	102.3189
cnrm_45_Evi napfenytartam 2036-2045	3373.978	cnrm45_Fagyos_napok_2036-2045	87.21212
cnrm_45_Evi_napfenytartam_valt	99.77%	cnrm45_Fagyos_napok_valt	<b>84.92%</b>
cnrm_85_Evi napfenytartam1971-2000	3381.798	cnrm_85_Fagyos_napok_1971-2000	102.3189
cnrm_85_Evi napfenytartam 2036-2045	3367.703	cnrm85_Fagyos_napok_2036-2045	85.86983
cnrm_85_Evi_napfenytartam_valt	99.58%	cnrm85_Fagyos_napok_valt	<b>83.73%</b>
ec_45_Evi_napfenytartam1971-2000	3405.756	ec45_Fagyos_napok 1971-2000	107.2656
ec_45_Evi_napfenytartam 2036-2045	3388.313	ec45_Fagyos_napok_2036-2045	80.72701
ec_45_Evi_napfenytartam_valt	99.49%	ec45_Fagyos_napok_valt	<b>75.04%</b>
ec_85_Evi_napfenytartam1971-2000	3405.756	ec85_Fagyos_napok 1971-2000	107.2656
ec_85_Evi_napfenytartam 2036-2045	3381.255	ec85_Fagyos_napok_2036-2045	80.72701
ec_85_Evi_napfenytartam_valt	99.28%	ec85_Fagyos_napok_valt	<b>75.04%</b>
Cnrm_45_PDI aszályindex 1971-2000	3.968744	cnrm_45_Évi átlaghőmérséklet 1971-2000	9.96869
Cnrm45_PDI_aszályindex_2036-2045	4.884812	cnrm45_évi átlaghőmérséklet_2036-2045	10.96514
Cnrm45_PDI_aszályindex_valt	<b>123.61%</b>	cnrm45_évi átlaghőmérséklet_valt	<b>110.14%</b>
Cnrm_85_PDI aszályindex 1971-2000	4.006858	cnrm_85_Évi átlaghőmérséklet 1971-2000	9.96869

Cnrm85_PDI_aszalyindex_2036-2045	4.099386	cnrm85_évi_átlaghőmérséklet_2036-2045	11.16705
Cnrm85_PDI_aszalyindex_valt	102.81%	cnrm85_évi_átlaghőmérséklet_valt	<b>112.16%</b>
ec45_PDI_aszalyindex_1971-2000	4.890304	ec45_Évi_átlaghőmérséklet_1971-2000	9.470993
ec45_PDI_aszalyindex_2036-2045	5.556661	ec45_Évi_átlaghőmérséklet_2036-2045	11.31589
ec45_PDI_aszalyindex_valt	<b>113.61%</b>	ec45_Évi_átlaghőmérséklet_valt	<b>119.82%</b>
ec85_PDI_aszalyindex_1971-2000	4.888225	ec85_Évi_átlaghőmérséklet_1971-2000	9.470993
ec85_PDI_aszalyindex_2036-2045	5.971192	ec85_Évi_átlaghőmérséklet_2036-2045	11.60714
ec85_PDI_aszalyindex_valt	<b>122.50%</b>	ec85_Évi_átlaghőmérséklet_valt	<b>122.95%</b>
cnrm45_Csapadék_1971-2000	739.1424	ec45_Csapadék_1971-2000	602.5852
cnrm45_Csapadék_2036-2045	682.3869	ec45_Csapadék_2036-2045	621.3641
cnrm45_Csapadék_valt	92.49%	ec45_Csapadék_valt	103.30%
cnrm85_Csapadék_1971-2000	739.1424	ec85_Csapadék_1971-2000	602.5852
cnrm85_Csapadék_2036-2045	784.3604	ec85_Csapadék_2036-2045	601.8033
cnrm85_Csapadék_valt	106.36%	ec85_Csapadék_valt	100.03%

9. táblázat: CLC és UA harmonizált osztályok

Forrás: saját összeállítás

Az eredményekből látható, hogy az éves napsütéses órák számában az ország területére vonatkozó adatokat figyelembe véve nem jeleznek előre jelentős változást a modellek, így ezen mutató alkalmazásától el is tekinthetünk. A csapadék éves mennyiségének előrejelzése már nagyobb 6-8 %-os változást mutat mindkét irányban, ami még az évről-évre történő változékonyságba is beleférne. Fontos azonban kiemelni, hogy a csapadékhoz és a hőmérséklethez egyaránt kapcsolódó aszályindexek értéke viszont jelentősen megnő, tehát általában véve szárazabb és melegebb nyári hónapokra készülhetünk, ami mindenképp befolyásolja az mezőgazdasági termelést. Ezt mutatják az évi átlaghőmérsékletre kapott %-os változás értékek is, melyek minden modellfuttatás esetében meghaladják a 10 %-os emelkedést. Ezzel a felmelegedéssel együtt jár a fagyos napok éves számának akár 25 %-al is csökkenése is. Ez elsősorban a szőlő és gyümölcsstermelés számára lehet kedvező fejlemény, hiszen különösen őket sújthatja fagykár.

Következő lépésként a modellezni kívánt 31 átalakulás tekintetében egyenként meghatároztuk azok klímaérzékenységét, és hogy a Markov láncukat (ami az átalakulás nagyságrendjét befolyásolja) mely klimatikus tényezők felhasználásával módosítsuk. Az éghajlati tényezők modellezésbe beépítése során figyelembe kell venni, hogy az egyes változások között jelentős az együtt mozgás, illetve egyes változók mások származtatott értékei (pl. aszályindex). Emiatt nem volt tanácsos minden index változását külön-külön figyelembe venni, mert az ugyanazon hatás megtöbbszöröződéséhez vezetett volna (pl. évi középhőmérséklet emelkedés és aszályindex változása esetében). A 10. tábla összegzi az egyes átalakulások klímaérzékenységét és a kiválasztott tényezők klímaforgatókönyvek szerinti hatását. Eszerint a 0 teljes korlátozást jelentene, a 0 és 1 közé eső értékek arányosan csökkentik a Markov-lánc mátrixában rögzített összes átalakuló cella mennyiségét, az 1-es érték nem befolyásolja, az 1 fölötti értékek pedig arányosan növelik az átalakulás volumenét. Egyes átalakulások és klimatikus tényezők esetében egy alsó- vagy felső korlátot is szabtuk annak, milyen mértékben tudja

a klimatikus tényezők változása befolyásolni az átalakulás mennyiségét (a lekorlátozott átalakulások a táblázatban félkövérrel vannak szedve).

Sor- szám	Kiindulás	Cél	Befolyásoló tényező	CNRM45	CNRM85	EC45	EC85
1	Szántó	Rétek	Aszályindex	1,24	1,03	1,14	1,23
2	Szántó	Erdő	Aszályindex	1,24	1,03	1,14	1,23
3	Komplex művelés	Lakóterület					
4	Szántó	Lakóterület					
5	Komplex művelés	Szántó	Aszályindex	0,76	0,97	0,86	0,77
6	Szántó	Ipar kereskedelem					
7	Rétek	Szántó	Aszályindex	0,76	0,97	0,86	0,77
8	Szántó	Gyümölcsös	Fagyos napok	1,15	1,16	1,25	1,25
9	Szántó	Komplex művelés					
10	Gyümölcsös	Szántó					
11	Ipar kereskedelem	Lakóterület					
12	Rétek	Erdő	Aszályindex	1,24	1,03	1,14	1,23
13	Erdő	Lakóterület					
14	Komplex művelés	Rétek					
15	Szőlő	Lakóterület					
16	Rétek	Lakóterület					
17	Szőlő	Komplex művelés					
18	Komplex művelés	Erdő					
19	Rétek	Komplex művelés					
20	Komplex művelés	Ipar kereskedelem					
21	Szőlő	Szántó	Aszályindex	<b>0,8</b>	0,97	0,86	<b>0,8</b>
22	Szántó	Szőlő	Fagyos napok	1,15	1,16	<b>1,20</b>	<b>1,20</b>
23	Rétek	Ipar kereskedelem					
24	Erdő	Komplex művelés					
25	Erdő	Ipar kereskedelem					
26	Erdő	Rétek	Aszályindex	0,76	0,97	0,86	0,77
27	Erdő	Szántó	Aszályindex	<b>0,8</b>	0,97	0,86	<b>0,8</b>
28	Lakóterület	Ipar kereskedelem					
29	Gyümölcsös	Rétek	Fagyos napok	0,85	0,84	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
30	Gyümölcsös	Komplex művelés	Fagyos napok	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
31	Szőlő	Rétek					

10. táblázat: Az egyes átalakulások klímaérzékenysége és a kiválasztott tényezők klímaforga-tókönyvek szerinti hatása

Forrás: saját összeállítás

Mint korábban említettük, a klímodellek hatásait korlátozó és ösztönző tényezők formájában is érvényre juttattuk. Az LCM constraints and incentives-ben minden egyes részmodellhez hozzárendelhető egy térkép, ami lokális korlátozások és serkentések révén módosítani tudja az

átalakulási potenciáltérkép által létrehozott mintázatot (tehát az átalakulás összmenyiségét már nem befolyásolja). Ez a megközelítés egyrészt kiváló arra, hogy a területi tervezés elemeit beintegráljuk a modellezés folyamatába (nagyvízi meder, természetvédelmi és Natura2000 területek, erdősítésre alkalmasnak ítélt területek), valamint hogy az átalakulás mintázatát potenciálisan befolyásoló tényezők változását (így például a klimatikus tényezőkben bekövetkező változásokat) érvényesítsük. Az általunk alkalmazott megközelítés a bizonyos kategóriákba átalakulás módosulása volt, az 11. tábla bemutatja a figyelembe vett tényezőket. Az értékek értelmezése a korábban bemutatotthoz hasonlóan alakul (0: teljes tiltás, 0 és 1 között: korlátozás, 1 fölött ösztönzés). Mivel a korlátozó/ösztönző térkép ezen tényezők együttes figyelembe vételével készül el, ezért a területi tervezés elemei a klímaváltozás hatásait egyes helyeken el is nyomhatják.

	Natura 2000 terület	Nagyvízi meder	Erdősítésre kijelölt terület	Demográfiai prognózis	Fagyos napok számának változása	Évi átlaghőmérséklet	Évi csapadék
Lakóterületté alakulás	0	0		(klímaforgató-könnyv függő)			
Ipar-kereskedelmi ter.-ré alakulás	0	0		(klímaforgató-könnyv függő)			
Szántóvá alakulás	0					Ford. arányosság (klímaforg. függő)	Egyenes ar. (klímaforg. függő)
Erdővé alakulás		1,2	1,2			Ford. arányosság (klímaforg. függő)	Egyenes ar. (klímaforg. függő)
Szőlővé alakulás	0,2				Ford. arányosság (klímaforg. függő)		
Gyümölcsössé alakulás	0,2				Ford. arányosság (klímaforg. függő)		

11. táblázat: A földhasználat-váltás korlátozó és ösztönző tényezői

Forrás: saját összeállítás

## 5 A MODELLEZÉSBEN FELHASZNÁLT ADATBÁZISOK ÉS INDIKÁTOROK BEMUTATÁSA

Az 5. fejezetben már ismertetett okok miatt a jelen kutatásban az UA és a Corine adatok egymással harmonizált alkalmazása mellett döntöttünk. Ennek kihívása abban állt, hogy lehetséges-e 1990-re és 2012-re olyan kiindulási adatbázisokat összeállítani, amelyek a modellezés alapját képezhetik, és egyesítik a két adatbázis előnyös vonatkozásait, mint például az UA nagyobb térbeli pontosságát, vagy a Corine részletesebb tematikai tartalmát a mezőgazdasági és a természetes felszínek esetében. Az 1990-es és a 2012-es földhasználati alaptérképünk előállításához, így mindkét időpontra új adatbázist kellett előállítanunk egyrészt a CLC90 „pontosításával”, másrészt az UA2012 mesterséges felszíneken kívüli területeinek CLC2012 alapú módosításával. A folyamat összefoglalását a következő 6.1-es fejezet tartalmazza.

### **5.1 A CLC90 és az Urban Atlas tematikai és területi harmonizációja**

Az UA2012-es állapotához 1990-es felszínborítás térkép készítése számos nehézségbe ütközik, melyek egy részét már ismertettük jelen tanulmány korábbi fejezeteiben. A térképezési/felbontási különbségeken túl egyéb megfontolásokra, problémákra is figyelemmel kell lenni, melyeket az alábbiakban foglaltunk össze:

- **Eltérő kategória-beosztás:** a két adatbázis kategória-beosztása jelentősen eltér egymástól, pl.: a mesterséges felszínek esetén az Urban Atlas a részletesebb (a 112 szaggatott városszövet négy, beépítés-sűrűség szerinti alkategóriára szétbontva), míg a természetes/természetközeli felszínek esetében a Corine osztályozása szolgáltat több információt.
- **Névleg azonos kategóriák eltérő értelmezése:** azonos nevű osztályok esetében is előfordulhat, hogy tartalmuk némileg eltérő, mint például a szaggatott városszövet értelmezése sokkal lazább az Urban Atlas-ban, és számos olyan tanyás területet, kertséget is magába foglal, amelyek a Corine-ban komplex területként vannak besorolva. De hasonló figyelhető meg a sport és szabadidő-területek esetében is, amelyek közé a Corine-ban olyan üdülőterületet is besoroltak, amely az UA-ban a városszövet részét képezik. A természetes erdők és a városi zöldterületek elkülönítése is hasonlóan problémás.
- **Korábbi hibás besorolás korrigálása:** a Corine és az UA felszínborítás adatai esetében a vállalt pontosság 85% feletti, így természetesen tartalmaznak hibákat. A hibák javítása a felhasználói észrevételek, illetve a lefolytatott ellenőrzések eredményeit figyelembe véve új verziók kiadásával történik meg (jelenleg a CLC a 18.5-ös verzióval tart). Ebből következően egyrészt fontos volt az elérhető legújabb verzió alkalmazása, illetve az időközben megjelenő újabbak javításainak átvétele.

### 5.1.1 A Corine CLC1990 és az UA 2012 harmonizációjának fő lépései

A harmonizációs feladat fő célja az volt, hogy a modellezéshez szükséges kiindulási térképként fel tudjuk használni mindkét adatbázist. A folyamat összetettségéből következően, és mivel a kutatás célja nem a két adatbázis összehangolásának felederítése volt, így jelen tanulmányunkban csak vázlatosan, a főbb lépéseket és problémákat tárgyaljuk a jelen fejezetben.

A mesterséges felszínek esetében az UA beosztása részletesebb, így ebben az esetben a CLC90-et igazítottuk ehhez, míg a mezőgazdasági és a természetes felszínek esetében pont fordítva, tehát az UA2012 adatait a CLC2012-vel pontosítottuk. Természetesen ezek esetében figyelembe vettük, hogy a Land Change Modeler-ben összevont osztályokkal dolgozunk majd, így minden kategória részletes egyeztetésére nincs szükség (pl.: 112-es kategória). A harmonizáció e megfontolások alapján a következő lépésekből tevődött össze:

- a CLC90 mesterséges felszíneinek pontosítása a CLC 50 és CLC Change 1990-2000 állományok felhasználásával,
- a CLC 90 mesterséges felszíneinek pontosítása a felülvizsgált 2006-os Urban Atlas állomány felhasználásával,
- a közlekedési hálózat elemeinek bemelése a CLC90-be,
- a CLC 2012 természetes felszíneinek behelyettesítése az Urban Atlas megfelelő kategóriáinak a helyébe.

A harmonizációs folyamatban a CLC50 állomány használata azért indokolt, mert a felbontása és térbeli pontossága lényegesen jobb a CLC90-nél, de időben közelebb áll hozzá, mint az UA2006, valamint a nómenklatúrája is megegyezik az eredeti Corine-nal. Emellett a CLC Change 1990-2000 közötti adatait is felhasználtuk, hiszen annak minimális térképezési egysége jóval kisebb, mint a CLC90-é (25 ha helyett 5 ha).

### 5.1.2 A CLC90 pontosítása a CLC50 és CLC Change 1990-2000 adatbázisokkal

A három adatforrás egyeztetését csak a mesterséges felszínek esetében végeztük el, a következő lépések mentén:

- egyesítettük a 3 térinformatikai réteg tartalmát (unió képzés),
- majd leválogattuk a beépített térségeket,
- a keletkező 1000 nm alatti fattyúpoligonokat felszámoltuk (a CLC50 osztálybesorolását elfogadva),
- a 20 ha feletti területet érintő változásokat egyedileg átvizsgáltuk (hiszen ez egy kezelhető esetszámot adott, ugyanakkor jelentős területet fednek le),
- míg a köztes esetekben az átalakulási kategóriák mentén kezeltük a poligonokat.

Össességében 190 db 20 ha feletti, 550 db 10-20 ha közötti, 2300 db 1-10 ha közötti valamint 900 db 1 ha alatti poligon felszínborítás besorolásáról kellett döntenünk. Ezek közül a 20 ha felettieket egyedileg is megvizsgáltuk, és más adatforrásokra is alapozva (FÖMI OKIR, Google Maps légifotók és műholdképek) pontosítottuk azok eredeti besorolását.

A 20 ha feletti átalakulások egyedi felülvizsgálatának tapasztalatai alapján azt mondhatjuk, hogy azok egy része olyan mesterséges felszínkategóriák között történt, amelyet most figyelmen kívül hagyhatunk, mert nem szükségesek a modellezéshez szükséges alaptérkép előállításához. Jellemző hibák voltak a korábbi katonai létesítmények (Vác-Máriaudvar szovjet üzemanyagraktára), termelő szövetkezetek, állami gazdaságok és majorok (többek között Kakucs, Szentmártonkáta, Sülysáp-Sűrűpuszta, Gomba-Felsőfarkasd Állami Gazdaság, Hatvan-haraszti major, Üllő) területének bizonytalan, vagy hibás besorolása. A katonai objektumok esetében többnyire problematikus volt, hogy a területük jelentős részét kitevő természetes felszín kategóriájába kerülnek-e, vagy a funkciójuknak megfelelően mesterséges felszínnek lesznek (Csévharaszt, Zsámbék, Budakeszi). A mezőgazdasági üzemek tekintetében a CLC90-ben zömében mezőgazdasági területként jelentek meg, míg a későbbi adatbázisban (CLC50) már ipari létesítményként szerepeltek.

Kirívó hiba volt a CLC90-es adatbázisban, hogy Herceghalom jó része, és Pettend településrész is ipari területként volt nyilvántartva, melyet az épületállomány alapján állapítottunk meg légifelvétel segítségével. Problémásak voltak továbbá a nagykiterjedésű, várostesten belüli, de jellemzően peremkerületi zöldterületek, amelyek nem egyértelműen parkok és gondozottak, és valószínűleg a felhasználásuk is átmeneti.

Köztes méretű poligonok esetében a CLC90-es és CLC50-es kategóriák közötti átalakulásokat minden egyes kategória szerint végig elemeztük, hogy eldönthessük, valódi átalakulásról (CLC90 állapota helyes), felbontás-növekedés miatti pontosításról (CLC50 osztályozása a helyes), vagy valós változás nélküli besorolás módosulásáról van szó. A CLC Change 1990-2000 adatait is folyamatosan figyeltük, és amennyiben nem jelzett változást, akkor az nagy valószínűséggel a poligon alakjának pontosítását jelentette csak. Továbbá itt is éltünk a logikai kizárás módszerével (pl. lakóterület felszámolódásának valószínűsége).

E poligonok szűrőpróba szerű vizsgálata esetén is az volt a tapasztalatunk, hogy a legnagyobb pontatlanságok az iparterületek besorolását érintették (hasonlóan a 20 ha felettiek esetében). Sok esetben tapasztaltuk nem ipari foltok ipariként feltűntetését, de volt olyan eset is, amikor iparterületeket tüntettek fel komplex mezőgazdasági felszínként. A következő általános kutatói döntéseket hoztuk e poligonokkal kapcsolatban:

- Erdőből (311) - sport szabadidő- üdülőterületté (142): legnagyobb átalakulások esetében valós változások és téves kategória-besorolások vegyesen előfordultak, egyedi döntések születtek, de 7 hektár alatt méretarányból adódó pontosítás dominált és a CLC50 kategóriája került elfogadásra az 1990-es évre.
- Erdőből (311) - ipari kereskedelmi területté (121): az átalakulások esetében a hamis átalakulások dominálnak, eleve gyanússá teszi, hogy nagyon sok a 10 ha feletti változás, ami nincs benne a CLC Change-ben.
- Szántóból (211) - mesterséges felszínre: az átalakulások valószínűségét erősíti, hogy nagyon sok átalakulást a CLC Change is jelez. Nagyterületű átalakulások szűrőpróbaszerű áttekintése igazolta azok valóságát – automatikusan a CLC90-es 211-et vettük figyelembe.
- Természetes felszínre tartozó mg.-i területből (243) - szaggatott városszövetté (112): valóban lakóterület van ott, de 10 poligon véletlenszerű vizsgálata rendszerváltás előtti

épületállományt mutatott, alakzat pontosításról, hibás CLC90-es kategóriáról van tehát szó. A CLC50 osztályozása került átvételre.

- Komplex mezőgazdasági területből (243) - ipari kereskedelmi területté (112): általában korábban is létező ipari létesítmények CLC90-es félrekatégorizálásáról van szó, a CLC50-es kategóriát vettük figyelembe.
- Komplex mezőgazdasági területből (243) - szaggatott városszövevé (112): a váltás poligonjai kettős eredetűek: 10 ha fölött elsősorban komplex, tanyás peremi területek besűrűsödését jelentik. A 10 hektáros küszöb alatt a hangsúly áttevődik a komplex területen belül felismert általában elnyúló alakú „urban area” foltokra. A kisebb területűek esetében célszerű a CLC50 átvétele.
- Komplex mezőgazdasági területből (243) - ipari, kereskedelmi területté (121): A legnagyobbak között vannak valós beruházások is, de a kisebb méretűek jellemzően szocialista maradványok átsorolását jelentik. Az Urban Atlas attól függetlenül, hogy valóban vannak ott gyepterületek is, iparinak tartja, így végül a 121-es kódra soroltuk be ezeket.
- Ipari, kereskedelmi területből (121) - más mesterséges felszínre: egyértelműen a kisebb felbontásnál ipariba vont, de nagyobb felbontásnál már elkülönülő foltok jelennek meg a CLC 50 eltérő katégorizálásában. Legtöbbször a CLC50 osztályozását vettük át.
- Szaggatott városszövevből (112) - más mesterséges felszínre: valós változás kizárt, pontosítás, téves katégorizálás jöhet szóba. A poligonok mérete is elsősorban pontosítást sejtet, a CLC50 kategóriát fogadtuk el ebben az esetben.
- Mesterséges felszínre - természetes vagy mezőgazdasági felszínre alakulása: mivel ez a folyamat valószerűtlen, ritka, a szűrőpróbákban a 90-es hamis besorolás, és a CLC 50-es alakzatpontosítás igazolódott, így a CLC50-ben rögzített állapotot fogadtuk el.

### 5.1.3 A CLC90 felülvizsgálata az UA2006 adataival

Általános irányelvünk volt a harmonizáció folyamán, hogy a „téves”, bizonytalan besorolásoknál elsősorban az Urban Atlas-ban lévő osztályokhoz igyekszünk igazodni. Ennek a háttérében az áll, hogy minél inkább szűrjük ki az 1990 és a 2012-es földhasználati alaptérképeinkből következő olyan változásokat, amelyek nem valóságok, csak az eltérő felmérési módszertanok eredményének tekinthetők. Éppen ezért második lépésként az UA2006-os állapotával is összevetettük a már CLC50-nel és a CLC Change 1990-2000 javított CLC90-es adatbázisunkat.

Ennek menete hasonlóan az előbbi folyamathoz az adatállományok uniójának létrehozásával indult. Eredményül egy 72 000 poligonból álló adatbázist kaptunk, melyből 40 000 poligon esetében mind a két állomány mesterséges felszínre tartalmazott. 20 000 poligon esetében a CLC90-ben nem mesterséges felszínre volt a besorolás, míg volt 10 000 poligon, ahol fordított volt a helyzet.

Munkánkat nagyban megkönnyítette, hogy a 40 000 poligon jó része 1990-ben és 2006-ban egymásnak megfeleltethető katégoriába esett, így további beavatkozást nem igényelt. A megjelenő változások jelentős része logikailag kizárható voltak (vagy elhanyagolható eséllyel következhetek be), és emiatt automatikusan elfogadható volt az UA katégorizálása 1990-re is, mint az alakzat pontosítása. Ide tartoznak például a 111-112-es osztályok - egyéb mesterséges felszínre alakulásai, hiszen a fővárosi agglomerációban valódi lakóterület felszámolódása nehezen feltételezhető! E



poligonok jelentős része kis kiterjedésű – 1 ha alatti, vagy akörüli, tehát az egyes osztályok területi határainak pontosításáról van szó.

Az unió képzés olyan mesterséges felszínek közötti átalakulásokat is feltárt, amelyek valóban végbementek, végbemehettek rendszerváltás óta. Ezekben az esetekben az UA vizsgálatának tapasztalatai alapján 2000 m<sup>2</sup>-nél húztuk meg a határt, ami alatt már csak a formák pontosításáról lehet szó, és itt az UA besorolását fogadtuk el. Egyéb esetekben maradtunk a CLC90-es besorolásnál.

A CLC90-ben természetes felszínként, az Urban Atlas-ban mesterséges felszínként szereplő poligonok esetében alapvetően a Corine-ban komplex hasznosítású területek besorolásának problémájába futottunk bele. E területek a CLC90-ben jelentős részben a települések peremén találhatóak, vagy éppen tanyás beépítést takarnak. Mivel az UA már 10 %-os beépítést is a mesterséges felszínek közé sorol, így e térségek jelentős része is átkerült, tehát nem valós átalakulás jelenik meg, hanem módszertani ok áll a háttérben. E poligonok besorolásához újra a CLC50-hez fordultunk és az abban megtalálható 24221 (Komplex művelési szerkezet szórt elhelyezkedésű épületekkel) és 24222 (Tanyák) kategóriák figyelembe vételével végeztük el a CLC90 javítását.

Utolsóként azokkal a poligonokkal foglalkoztunk, amelyek CLC90 szerint mesterséges felszínnek, ugyanakkor az UA2006-ban nem beépített kategóriaként jelentek meg. Egyes kategóriák esetében feltételezhető, hogy a döntő többségük valóban mesterséges felszín felszámolódás (és elfogadható a CLC90): ilyen a 131 – 132 – 133 (Nyersanyag-kitermelés, lerakóhelyek, meddőhányók, építési területek). Más esetekben pontosítás, vagy módszertani okok állhatnak a háttérben, ezek esetében az UA természetes felszín kategóriáit fogadtuk el.

#### 5.1.4 A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be

A Corine CLC adatbázis felbontása (minimális vonalas elem szélesség 100m) miatt nem, vagy csak szórványosan tartalmaz információt a közlekedési hálózatra vonatkozóan. Ezzel szemben az UA-ban a közlekedési hálózat teljes egészében megjelenik. Az utak/vasutak ugyan nem képezik a modellezés tárgyát, hiszen azok fejlesztése alapvetően tervezési/egyeztetési folyamat révén megy végbe, azonban a CLC90-be történő beemelésük mégis szükséges. Ennek oka, hogy a területarányuk magas, tehát ha a kiinduló 1990-es állapotban nem jelennek meg, akkor a lakó és ipari és kereskedelmi övezetek területe is nagyobb lesz ezzel, tehát a bővülésük mértéke alacsonyabb lesz a valóságosnál, illetve a másik oldalon az egyéb mesterséges felszínek jelentős bővülését fogjuk látni. Emellett a tervezett 50 m-es felbontás is szükségessé tette a CLC90-be történő beillesztésüket.

Könnyebbséget jelentett a feladat elvégzésében, hogy az úthálózat meglehetősen stabil, a már meglévő beépített területeken belül a rendszerváltás után igen ritkán módosulhatott – esetleg pl. nagyterjedésű városrehabilitáció, valamint az új építésű utak, autópályák esetén. Ezek azonban korábbi térképek felhasználásával jól azonosíthatók.

A kiindulási alapnak a 2006-os Urban Atlas idevágó osztályait vettük, melyekből eltávolítottuk az M0-ás rendszerváltás óta épült szakaszait, az M6-os autópálya, az M2-es autópálya, valamint a 405-ös főút nyomvonalát. Ezután a 90-es állapotba visszaállított autópályákat és a vasutakat külön kezeltük, és teljese egészében átvezettük a CLC90-be. Az alsóbbrendű közutakból az új mesterséges

felszínborítás határunkat és egy 30 m-es pufferzónát figyelembe véve kivágtuk az 1990-ben valószínűsíthetően meglévő belterületi utcahálózatot és beillesztettük a CLC90-be.

#### 5.1.5 A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be

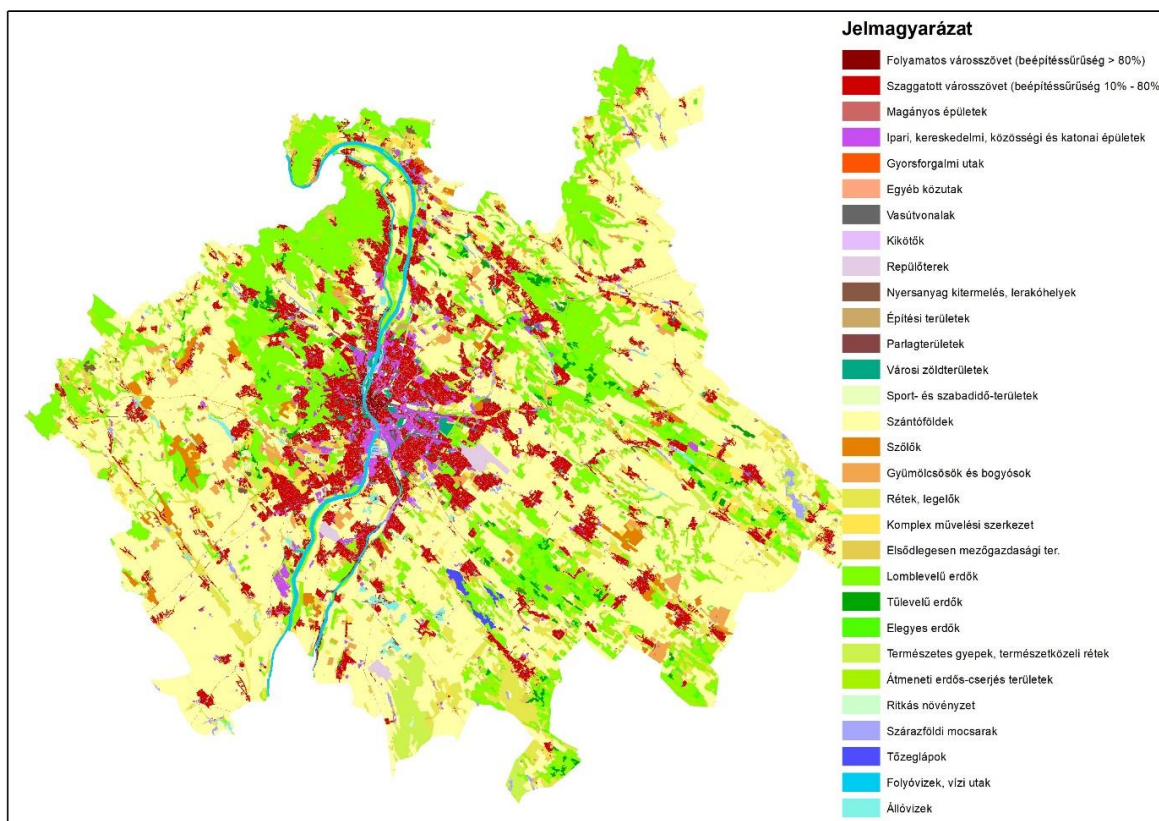
Az Urban Atlas mezőgazdasági és természetes felszíneinek nómenklatúrája kevésbé részletes, mint a 2012-es Corine-é, és a beosztás gyakorlati megvalósítása is eltér így jelentős különbség van a két adatbázis között.

Az UA2012 és CLC2012 egyesítése (unió képzés) után automatikusan elfogadásra kerültek az UA mesterséges felszínei, a maradék területen pedig a CLC2012 mezőgazdasági és természetes felszínei. A két réteg sajnos (módszertani okokból) nem illeszkedik folytonosan egymáshoz. Éppen ezért találunk olyan poligonokat, amelyek az UA szerint nem mesterséges felszínek, de a Corine szerint nem tartoznak sem a mezőgazdasági, sem a természetes felszínek közé.

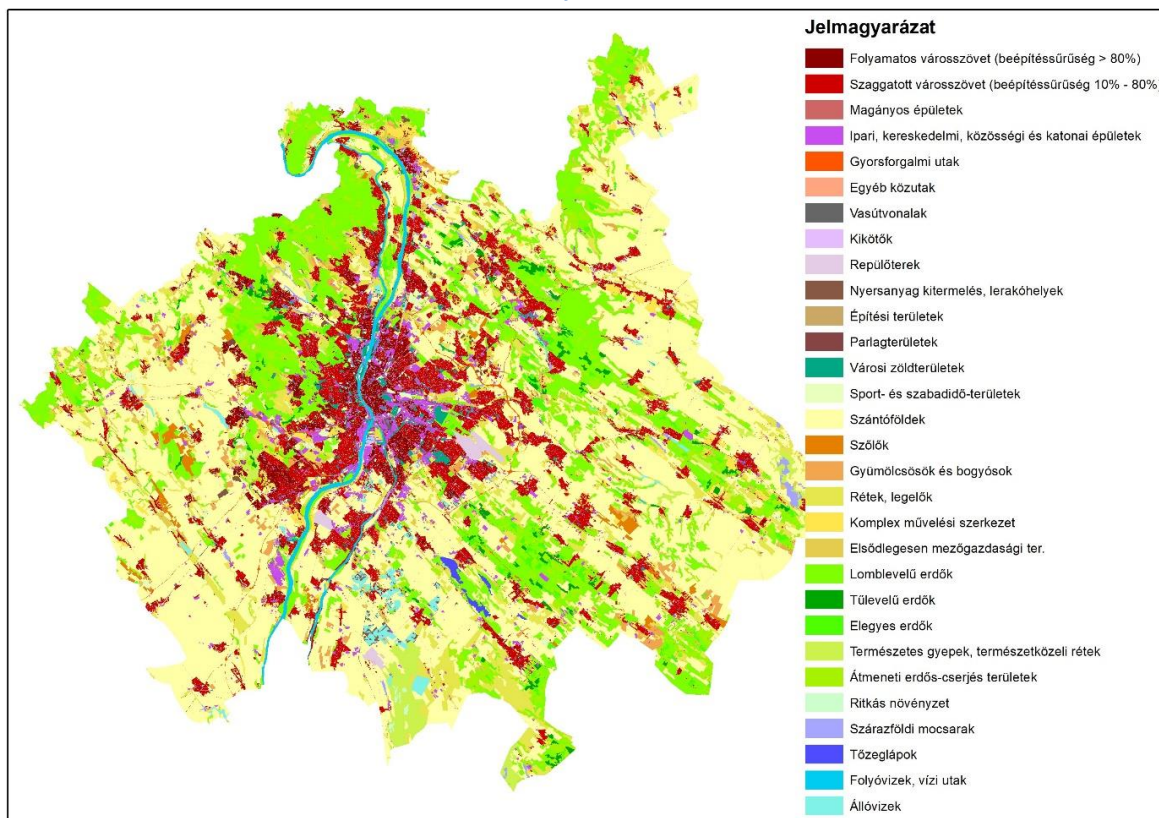
A CLC 1990 Urban Atlas mentén történő pontosításából már származott egy olyan réteg, amely azokat a területeket tartalmazta, amelyek a CLC-ben tévesen lettek mesterséges felszínként kategorizálva. Ezek jelentős területi egyezést mutattak most is kategória nélkül maradt poligonokkal így ennek segítségével végeztük el a besorolásukat.

A még mindig kategória nélkül maradt poligonok jelentős része a pár nm-es nagyságrendbe tartozott, így esetükben átvettük az eredeti UA fedvény kategóriáit.

A harmonizáció során elkészült módosított CLC90 és UA2012 adatbázisokat az 25. és 26. számú ábrák mutatják be.



25. ábra: Harmonizáció utáni, módosított CLC90  
Forrás: saját összeállítás



26. ábra: Harmonizáció utáni, módosított UA2012  
Forrás: saját összeállítás

## 6 A MODELLEZÉSBEN FELHASZNÁLT ADATBÁZISOK ÉS INDIKÁTOROK BEMUTATÁSA

### 6.1 A modell futtatások paramétereit

Az 5.1-es fejezetben kifejtett megfontolások mentén kialakított az MLP tanulási időszakának kezdő és végpontját jelentő 1990-es és 2012-es földhasználati térképek alapján megvizsgáltuk az egyes kategóriák közötti átalakulások nagyságrendjét, melyből az adódó modellezési mátrixot az 12. számú táblázat foglalja össze.

Sorszám	Kiindulás	Cél	Cella szám
1	Szántó	Rétek	53761
2	Szántó	Erdő	23356
3	Komplex_művelés	Lakóterület	21250
4	Szántó	Lakóterület	17536
5	Komplex_művelés	Szántó	16664
6	Szántó	Ipar_kereskedelem	15329
7	Rétek	Szántó	11722
8	Szántó	Gyümölcsös	10323
9	Szántó	Komplex művelés	10217
10	Gyümölcsös	Szántó	8451
11	Ipar_kereskedelem	Lakóterület	8149
12	Rétek	Erdő	8092
13	Erdő	Lakóterület	7836
14	Komplex_művelés	Rétek	7591
15	Szőlő	Lakóterület	5707
16	Rétek	Lakóterület	5166
17	Szőlő	Komplex művelés	5143
18	Komplex_művelés	Erdő	4779
19	Rétek	Komplex művelés	4177
20	Komplex_művelés	Ipar_kereskedelem	3997
21	Szőlő	Szántó	3860
22	Szántó	Szőlő	3480
23	Rétek	Ipar_kereskedelem	3094
24	Erdő	Komplex művelés	3073
25	Erdő	Ipar_kereskedelem	2757
26	Erdő	Rétek	2691
27	Erdő	Szántó	2372
28	Lakóterület	Ipar_kereskedelem	2274
29	Gyümölcsös	Rétek	2048
30	Gyümölcsös	Komplex művelés	1594
<b>31</b>	<b>Szőlő</b>	<b>Rétek</b>	<b>999</b>
32	Gyümölcsös	Lakóterület	919

33	Gyümölcsös	Ipar_kereskedelem	740
34	Szőlő	Erdő	596
35	Gyümölcsös	Erdő	463
36	Szőlő	Gyümölcsös	412
37	Lakóterület	Rétek	398
38	Ipar_kereskedelem	Szántó	391
39	Ipar_kereskedelem	Rétek	245
40	Komplex_művelés	Gyümölcsös	234
41	Szőlő	Ipar_kereskedelem	231
42	Rétek	Szőlő	214
43	Komplex_művelés	Szőlő	169
44	Gyümölcsös	Szőlő	134
45	Ipar_kereskedelem	Komplex művelés	111
46	Lakóterület	Szántó	98
47	Rétek	Gyümölcsös	77
48	Lakóterület	Erdő	75
49	Ipar_kereskedelem	Erdő	61
50	Lakóterület	Komplex művelés	33
51	Ipar_kereskedelem	Szőlő	7
52	Erdő	Gyümölcsös	7
53	Erdő	Szőlő	3
54	Lakóterület	Szőlő	2
55	Ipar_kereskedelem	Gyümölcsös	1
56	Lakóterület	Gyümölcsös	0

12. táblázat: Egyes kategóriák közötti átalakulások nagyságrendjének bemutatása  
 Forrás: saját összeállítás

Ennek vizsgálata azért volt lényeges, hogy a már ismertetett modellezni kívánt felszínborításokból adódó átalakulások (ezek egyben azok a részmodellek is, amelyek változási potenciál térképét az MLP segítségével meghatározzuk) modellezhetőségét felmérjük. Mint azt a korábbi fejezetekben jeleztük az MLP tanításhoz megfelelő számú cellára van szükség, amelyet egyrészt tanulásra, másrészt tesztelésre használ. Ennek határát 1000 cellánál húztuk meg, amelyet egyrészt az LCM is ajánl (1000 cella alatti változások figyelmen kívül hagyása), másrészt területileg is – az 50 m-es cellamérettel számolva – nem jelentősek. 1990 és 2012 között az átalakulással érintett cellák száma 277 488 db-ra adódott, míg az elvetett átalakulásokhoz tartozóké csak 5621-re (kb. 2 %-a változásoknak). Ez a modellezési folyamat tekintetében azt is jelenti, hogy az elméletileg lehetséges 56 részmodellből 31-re tudjuk előállítani a változási potenciál térképeket és azokat a puha és a 2040-ig terjedő kemény előrejelzésben szerepeltetni.

A részmodellek futtatása során törekedtünk a 80 %-os MLP pontosság és a 0,6 Skill Measure értékek elérésére, hasonlóan a 2015-ös első kutatáshoz. (A részletes eredményeket lásd a 7.2-es fejezetben.)

Az átmeneti potenciálok összesítésénél a Land Change Modeler MAX funkcióját választottuk, amely az adott cellára eső maximális értéket adja eredményül, szemben a LOG funkcióal, ami a versengő átalakulási potenciálok összességéből számítja ki annak értékét, ami magasabb mint a MAX funkcióé.

Ez módosíthatja ugyan, hogy mely cellák alakulnak át nagyobb valószínűséggel, de az átalakulások „mennyeségére” nincs hatással, hiszen az egy mátrix táblában kerül meghatározásra.

A következő modell futtatásokat végeztük el:

- korlátozó és ösztönző tényezők nélküli modell 2030-ig, ezt használtuk fel a 2015-ös hasonló modellel történő összevetésre, ez teszi lehetővé a két modell nyers összehasonlítását,
- korlátozó és ösztönző tényezőkkel lefuttatott 4 db modell 2040-ig, amelyek a 4 kiválasztott klímamodellben és azok várhatóan eltérő hatásaiban különböznek.

## **6.2 Az elkészült modellek validálása**

Az 5.1.-es fejezetben már jeleztük, hogy a két felszínborítási alaptérképnek a harmonizált 1990-es CLC-t, valamint a 2012-es Urban Atlas-t választottuk. Ebből következően a 2015-ös kutatáshoz hasonló validációt nem tudtunk elvégezni, hiszen nem volt másik kompatibilis térképünk, amely erre alkalmas lett volna. Ugyanakkor az általunk alkalmazott LCM szoftver az MLP tanulási fázisa során tesztelést is végez, melynek eredményei rendelkezésre állnak és jól jellemzik az elért pontosságot. E mutatók mellett a 2015 nyers (korlátozó és ösztönző tényezők nélküli) átalakulási potenciál térképeinek összevetését is e fejezetben mutatnánk be. Ez jól mutatja azt, hogy a két modell mennyire hasonlóan, vagy különbözően ítéli meg az egyes cellák átalakulásának a valószínűségét.

### **6.2.1 A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be**

Az MLP hálózat tanulási folyamatában többféle, a pontosságra utaló visszajelzés érkezik a felhasználó felé, mint például az MLP hálózat pontossága, vagy az ún. „Skill Measure” érték. Ezekre a Clarklabs fejlesztői nem adnak meg konkrét ajánlásokat, azonban a szoftverhez kapcsolódó mintafeladatban a 80 %-os MLP precizitás és a 0.6-os Skill Measure érték jónak számít. Az MLP pontosságot %-ban kifejezve adja meg a szoftver, a 100 %-os pontosság jelenti, a tökéletes előrejelzést. 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. Ez utóbbi mérőszámot tovább bontja a szoftver „transition” és „persistence” altípusokra. Ezt azt jelenti, hogy a tanulás és tesztelés fázisában az LCM kiválaszt egy olyan cellacsoportot, amelyek átalakultak és arra is elvégzi a mérést, illetve egy olyat is, amelyek átalakulhattak volna, de az nem történt meg. Értelmezését tekintve azt mondhatjuk az első az átalakulás pontosságára vonatkozik, míg a második azt mutatja meg a modell mennyire jól határozza meg azokat a cellákat, ahol nem történik a részmodellben változás. A kettő együtt adja meg a már említett „Skill measure” értéket. A kettő között jelentős eltérést is tapasztalhatunk lásd az X. számú táblát, ami egyfajta „bias”-ként (eltérülésként) értelmezhető, és valamelyik oldal felé eltolódik az előrejelzés pontossága. Ha a „transition” értéke magasabb akkor az átalakulást nagyobb pontossággal modellezzük, ha a „persistence”, akkor inkább abban jó a modellünk, hogy mi nem változik, mi marad az eredeti felszínborítási kategóriában. Az eltérés oka lehet a magyarázó változóban is, hiszen sok esetben vannak olyanok, amelyek inkább a változatlanságot (pl: a magas talajértékszám a szántóknál), míg mások a változást valószínűsítik (lakóterület alakulás esetén a közeli lakóövezetek). Egy modellben s tényezők magyarázó ereje nem

feltétlen van egyensúlyban, hiszen sok esetben nem állnak rendelkezésünkre a kívánt adatok, így ebből adódhatnak a jelentősebb különbségek néhány esetben.

Az 13. számú táblázat alapján azt mondhatjuk, hogy a modellezésben kitűzött pontosság célokat alapvetően sikerült telejsíteni, hiszen a 14 esetében 80 %-os vagy afeletti, míg további 16 részmodellnél 70 % vagy afeletti MLP pontosságot kaptunk. A legrosszabb eredményt az ipari és kereskedelmi területek lakóövezetté alakulásánál érték el 64 %-os MLP precizitással. Ennek oka egyértelműen az, hogy az ilyen jellegű átalakulás mögött egyedi tényezők állnak. Ezek elsősorban településrendezési célok mentén valósulnak meg, amikor az önkormányzat és a befektetők érdeke találkozik, és lehetőség nyílik egy ipari rozsdáövezet funkcióváltásának megvalósítására. A hajtóerőket e speciális esetre a 4.3.2-es alfejezetben összesítettük, azonban ezek magyarázó ereje a részmodell megalkotásakor kevésnek bizonyult.

A pontossági skála másik végén a szőlő területek rét/legelő területté alakulása áll 97,9 %-os MLP pontossággal. Az átalakulás 1990 és 2012 között csak 999 cellát érintett, így ez a modellezési határon volt. Az eredmény egyértelműen a mesterséges neurális hálózat túltanulásra utal, tehát az adatok mennyisége nem volt megfelelő, így ez is alátámasztja döntésünket, hogy a további átalakulásokat – 999 cella alatt – már nem modelleztük.

Sorszám	Kiindulás	Cél	Cella szám	MLP pontosság %	Skill measure	Transition SM	Persistence Smű
1	Szántó	Rétek	53761	77.33	0.5465	0.5313	0.5502
2	Szántó	Erdő	23356	78.11	0.5623	0.5873	0.5372
3	Komplex_művelés	Lakóterület	21250	71.59	0.4318	0.3835	0.4808
4	Szántó	Lakóterület	17536	85.74	0.7149	0.7572	0.6727
5	Komplex_művelés	Szántó	16664	72.46	0.4493	0.5142	0.3842
6	Szántó	Ipar_kereskedelem	15329	78.05	0.5610	0.5243	0.5987
7	Rétek	Szántó	11722	76.44	0.5288	0.6319	0.4258
8	Szántó	Gyümölcsös	10323	78.91	0.5782	0.4686	0.6864
9	Szántó	Komplex művelés	10217	80.01	0.6002	0.6245	0.5757
10	Gyümölcsös	Szántó	8451	77.50	0.5500	0.5650	0.5351
11	Ipar_kereskedelem	Lakóterület	8149	64.06	0.2812	0.2877	0.2746
12	Rétek	Erdő	8092	77.62	0.5524	0.6812	0.4236
13	Erdő	Lakóterület	7836	85.32	0.7065	0.7682	0.6438
14	Komplex_művelés	Rétek	7591	75.94	0.5188	0.5325	0.5048
15	Szőlő	Lakóterület	5707	82.00	0.6401	0.8002	0.4784
16	Rétek	Lakóterület	5166	81.11	0.6220	0.6903	0.5541
17	Szőlő	Komplex művelés	5143	82.03	0.6407	0.7027	0.5782
18	Komplex_művelés	Erdő	4779	76.71	0.5343	0.5513	0.5168
19	Rétek	Komplex művelés	4177	86.70	0.7339	0.7541	0.7133
20	Komplex_művelés	Ipar_kereskedelem	3997	70.19	0.4038	0.2566	0.5495
21	Szőlő	Szántó	3860	83.01	0.6602	0.8456	0.4798
22	Szántó	Szőlő	3480	86.27	0.7254	0.7184	0.7326
23	Rétek	Ipar_kereskedelem	3094	76.62	0.5324	0.5423	0.5224
24	Erdő	Komplex művelés	3073	76.85	0.5369	0.6029	0.4716

25	Erdő	lpar_kereskedelem	2757	73.30	0.4659	0.4862	0.4457
26	Erdő	Rétek	2691	80.25	0.6050	0.7413	0.4692
27	Erdő	Szántó	2372	82.70	0.6541	0.7858	0.5258
28	Lakóterület	lpar_kereskedelem	2274	71.12	0.4225	0.4406	0.4045
29	Gyümölcsös	Rétek	2048	87.71	0.7542	0.8056	0.7023
30	Gyümölcsös	Komplex művelés	1594	87.85	0.7569	0.6713	0.8432
31	Szőlő	Rétek	999	97.96	0.9591	0.9319	0.9875

**13. táblázat: Kategóriák közötti átalakulások MLP eredményei**  
 Forrás: saját összeállítás

A kétfajta „Skill measure” érték közötti legnagyobb különbségek a szőlőterületek átalakulása esetén adódtak. A szőlő-szántó átalakulás esetében 0,36, míg a szőlő lakóterület esetében 0,32, amely mindkét esetben azt jelenti, hogy a „transition” átalakuló cellák előrejelzése volt jóval pontosabb. Fordított esetre példa a komplex művelésű területek ipar és kereskedelmi övezetté alakulása (0,29) és a szántó gyümölcsös konverzi (0,21). E két esetben a „persistence” tehát a nem átalakuló cellák kiválasztása „működik” jobban a részmodellekben.

A következő lépésben érdemes összehasonlítani a két modellfuttatás eredményeit is. Az MLP pontosság átlaga 2015-ben 76,9 %-ra, míg jelen modellünkben 79,4 %-ra adódott. A „Skill measure” értékek hasonló trendet mutatnak, hiszen 2015-ös átlag 0,542, addig a mostani kutatásban 0,588. Ezekből az adatokból is látható, hogy az előzetes feltevésünk, miszerint egy környezeti, gazdasági és társadalmi szempontból homogénnek és funkcionálisan egy egységnek tekinthető régió esetében jobb eredményeket lehet elérni. Bár a számszerű adatokban az eltérés nem tűnik jelentősnek, ha azonban hozzávesszük, hogy a modell térbeli felbontását 250 m-ről 50 m-re növeltük, illetve részletesebb földhasználati kategóriákkal dolgozunk, akkor látható, hogy már az azonos pontosság elérése is jelentős eredmény lett volna.

Érdemes összehasonlítani a kapott eredményeket a 2015-ös modellel is, azokban az esetekben, ahol ugyanazokról az átalakulásokról van szó, lásd az 14. számú táblában.

Kiindulás	Cél	MLP Pontosság 2017 (%)	Skill measure 2017	Transition SM 2017	Persistence SM 2017	MLP Pontosság 2015 (%)	Skill Measure 2015	Transition SM 2015	Persistence SM 2015	MLP összehasonltás
Szántó	Rétek	77.33	0.5465	0.5313	0.5502	78.34	0.5668	0.544	0.5899	-1.01
Szántó	Erdő	78.11	0.5623	0.5873	0.5372	81.33	0.6266	0.7314	0.5203	-3.22
Komplex művelés	Szántó	72.46	0.4493	0.5142	0.3842	71.47	0.4295	0.1501	0.7022	0.99
Rétek	Szántó	76.44	0.5288	0.6319	0.4258	67	0.34	0.1883	0.4918	9.44
Szántó	Komplex művelés	80.01	0.6002	0.6245	0.5757	77.52	0.5504	0.6051	0.495	2.49
Rétek	Erdő	77.62	0.5524	0.6812	0.4236	75.77	0.5153	0.4464	0.5845	1.85
Komplex művelés	Rétek	75.94	0.5188	0.5325	0.5048	67.01	0.3402	0.392	0.2873	8.93
Komplex művelés	Erdő	76.71	0.5343	0.5513	0.5168	74.4	0.4879	0.4196	0.5562	2.31
Rétek	Komplex művelés	86.70	0.7339	0.7541	0.7133	75.02	0.5004	0.6122	0.387	11.68
Erdő	Komplex művelés	76.85	0.5369	0.6029	0.4716	78.27	0.5654	0.5948	0.5359	-1.42



Erdő	Rétek	80.25	0.6050	0.7413	0.4692	78.13	0.5626	0.5934	0.5319	2.12
Erdő	Szántó	82.70	0.6541	0.7858	0.5258	75.05	0.5009	0.7445	0.2471	7.65

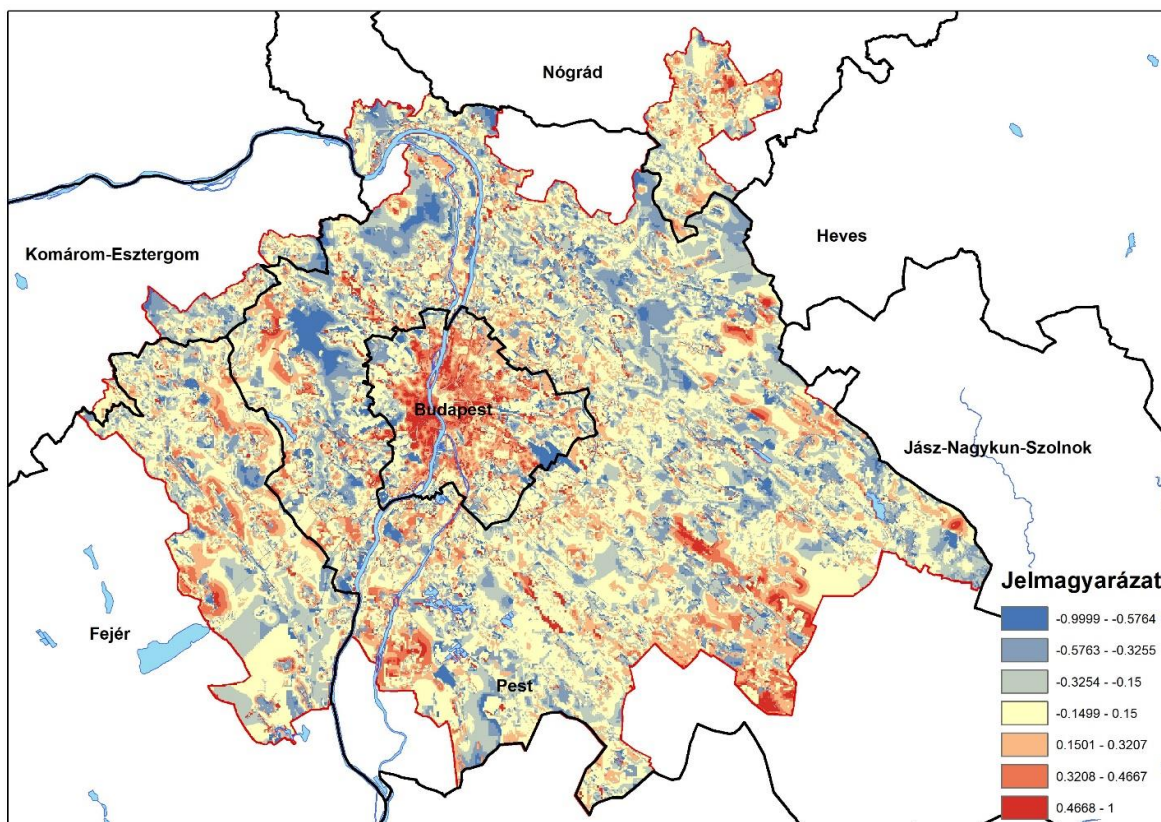
14. táblázat: Jelenelegi és 2015. évi MLP eredmények összehasonlítása

Forrás: saját összeállítás

Ezekben az esetekben is látható, hogy a jelen kutatásban az itt összehasonlított 12 részmodellből 9-ben jobb MLP pontosságot értünk el, míg háromban 1-3%-al rosszabbat. Összességében a 2017-es modell eredményei pontosabbak az LCM által generált mutatók szerint.

### 6.2.2 A közlekedési hálózat beemelése a CLC90-be

A modellek által becsült átalakulási potenciálokat települési és cella szinten is össze lehet hasonlítani. Az első egy átlagolt, a másik pedig egy nyers összevetést eredményez, mivel azonban a modellezett kategóriák és a térbeli felbontás is eltér, az utóbbi eredményei inkább tájékoztató jellegűek (lásd az 27. számú ábrát).



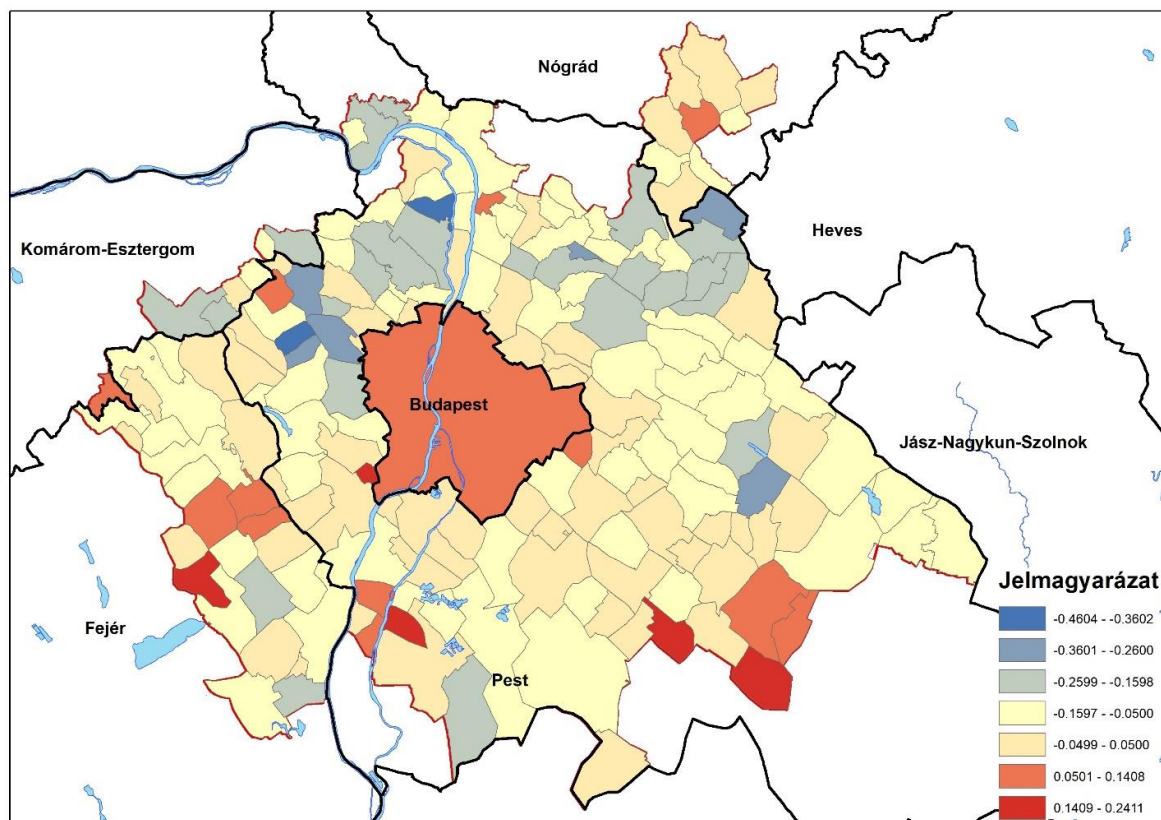
27. ábra: Becsült átalakulási potenciál

Forrás: saját összeállítás

A térképen a jelmagyarázat középső kategóriája mutatja azokat a cellákat, ahol a részmodellekből összesített (MAX módszerrel) átalakulási potenciálok értéke +/-15 %-on belül van. A pirossal jelzett cellákban a jelenlegi modell, míg a kézzel jelzetekben a 2015-ös vett fel magasabb átalakulási potenciál értéket. A Budapest belterületén látható jelentős eltérés annak köszönhető, hogy a mesterséges felszíneket három kategóriára bontottuk, melyek közül kettő átalakulásait modelleztük is. Ennek a szétbontásnak további pozitív eredménye, hogy például a Liszt Ferenc repülőtér, mint

egyéb mesterséges felszín nem került be a modellezett területbe, hiszen annak átalakulása nem várható, míg korábban az egységes mesterséges felszín kategóriánál erre nem volt lehetőség.

Az adatok települési szintű aggregálásával készült térképet az 28. számú ábra mutatja. Az ábra jelmagyarázatának 5. kategóriájába a -5 % és a 5 % közötti átlagos átalakulási potenciál eltéréssel rendelkező 62 db település került. Ez azt jelenti, hogy a területökön a két modell alapvetően azonosan határozta meg az egyes részmodellekből összálló átalakulási potenciálokat, tehát itt azonos esélyt mutat a konverzióra a két modell. A 4. kategória azt a 75 db települést mutatja, ahol az eltérés -5 és -15 % közé esik, tehát a 2015-ös modell nagyobb potenciált eredményezett. Ennél nagyobb eltérést csak 49 település aggregált átlaga mutat a 186 db-os sokaságból.



**28. ábra: Települési aggregált becsült átalakulási potenciálok**

Forrás: saját összeállítás

## 7 A MODELLEZÉS EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA

A fejezetben a jelen kutatás keretében végzett 6 modelfuttatás eredményeit mutatjuk be, melyek az alábbiak:

1. korlátozó/ösztönző tényezők nélküli bázis modell 2040-ig,
2. CNRM45 klímamodellel és tervezési tényezőkkel bővített verzió 2040-ig,
3. CNRM85 klímamodellel és tervezési tényezőkkel bővített verzió 2040-ig,
4. EC45 klímamodellel és tervezési tényezőkkel bővített verzió 2040-ig,
5. EC85 klímamodellel és tervezési tényezőkkel bővített verzió 2040-ig,
6. korlátozó/ösztönző tényezők nélküli bázis modell 2030-ig, melyet a 2015-ös kutatás bázis modelljével vetünk össze.

A jelen kutatás keretében végzett futtatások között a lényegi különbség az alkalmazott klímamodellekben van, melyek kétféleképpen is megjelennek egy-egy predikció esetében (lásd. az 5.3-as fejezetet).

A kutatási jelentés tervezett tartalmától a 8. fejezet esetében el kell térnünk, melynek okai között részben a korábban már ismertetett kutatói döntések (5. fejezet), részben és más külső tényezők állnak. A módosítások a tervezet képest:

- a 8.1-es alfejezet tervezett tartalma részben átkerült a 7.2-es fejezetbe, így itt csak a jelen kutatás 1-5 modelljének konverziós potenciál térképeit vetjük össze,
- a 8.4-es alfejezet esetében a tervezett együttműködés nem valósult meg a hasonló földhasználati modelleket készítő kollégákkal, így adatok hiányában ezt az egyébként is csak feltételes vállalásunkat nem tudtuk telejsíteni. (Ugyanakkor a Területi Statisztikában megjelent Vaszócsik Vilja által jegyzett tanulmányt a 3. fejezetben bemutattuk. Duray Balázs a 2017-es Tájökológiai Konferencián bemutatott modelljének eredményeit még nem publikálta.)

Az elemzés során cella és települési szintű térképet mutatunk be, azonban az előbbiekre elemzésre a felbontásuk miatt kevésbé alkalmasak, illetve a területi aggregálás, mint minden modellezés esetében elsimítja a kiugró értéket, ezáltal megbízhatóbb képet ad. A tanulmány szövegében néhány a megállapításokat alátámasztó térképet közölünk, hiszen az összes lehetséges alaptérkép és kombináció bemutatása áttekinthetlenné tenné a fejezet anyagát (a kimaradók a mellékletben találhatóak meg).

## 7.1 A modellek puha előrejelzéseinek bemutatása, értékelése

Az LCM Modeler működéséből következtetve a konverziós potenciál „modellezett” térképei az összes futtatás esetében megegyeznek, hiszen ezek a részmodellek potenciál térképeinek kvázi összegzésével állnak elő. A valós átmeneti valószínűséget meghatározó térképek a korlátozó és ösztönző tényezők alkalmazásával állnak elő. E tényezők közül a tervezési jellegűek azonosak minden futtatás esetében (mint például a nagyvízi meder területének építési tilalma, nemzeti parkok és NATURA2000 területek állapotának megőrzése). A különbséget jelen kutatás keretei között a 4 db klímamodell alkalmazása jelenti, amely területi eltérésekben is megnyilvánul. Éppen ezért a legjelentősebb különbséget a bázis modell és a korlátozó/ösztönző, valamint klíma modellekkel bővített futtatások között várhatjuk. További előfeltevésünk volt, hogy a klímamodelles predikciók között minimálisak lesznek a térbeli különbségek, hiszen az 5.3-as fejezetben már kimutattuk, hogy több tényező tekintetében országos szinten is nagyon hasonló eredményeket adnak a bázis állapothoz képest, és ez még tovább csökken, ha csak a modellezési területre nézzük meg az adataikat. A konverziós potenciál települési átlagértékeire elvégzett korreláció elemzésünk a fenti hipotéziseinket alátámasztotta, az eredményeket az 15. tábla mutatja be.

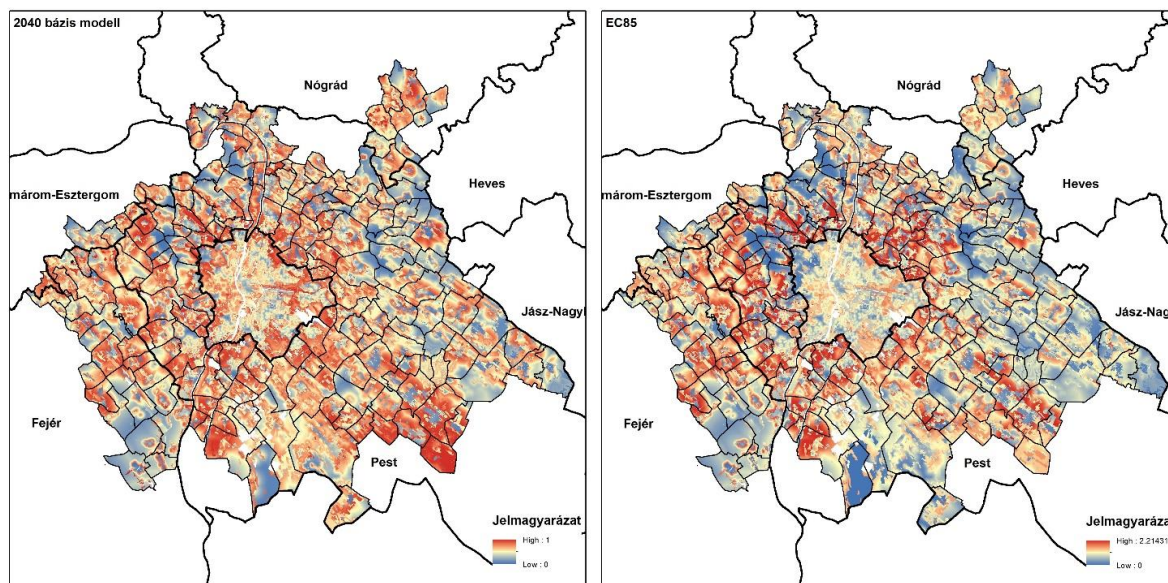
	MEAN_2040alap	MEAN_CNRM45	MEAN_CNRM85	MEAN_EC45	MEAN_EC85
MEAN_2040alap	1				
MEAN_CNRM45	0.879420787	1			
MEAN_CNRM85	0.907694838	0.989821324	1		
MEAN_EC45	0.879693945	0.995393564	0.989023422	1	
MEAN_EC85	0.862529084	0.993089792	0.978451069	0.997143438	1

15. táblázat: Konverziós potenciál települési átlagértékeire elvégzett korreláció

Forrás: saját összeállítás

A táblázat mutatja, hogy minden esetben erős pozitív korreláció áll fenn az adatsorok között, azonban a 2040-re vonatkozó bázis modell esetében a Pearson r értékei kisebbek. Ugyanakkor a 4 klímamodelles verzió között minimális az eltérés, leginkább talán a CNRM85 és az EC85 modell konverziós potenciál térképe különbözhet. Érdekes azonban, hogy e modellek áttekintésekor a CNRM45-ös tűnt a jelenlegipályához legközelebb állónak, azonban a bázismodellünk a CNRM85-el nagyobb korrelációt mutat (bár az eltérés minimális).

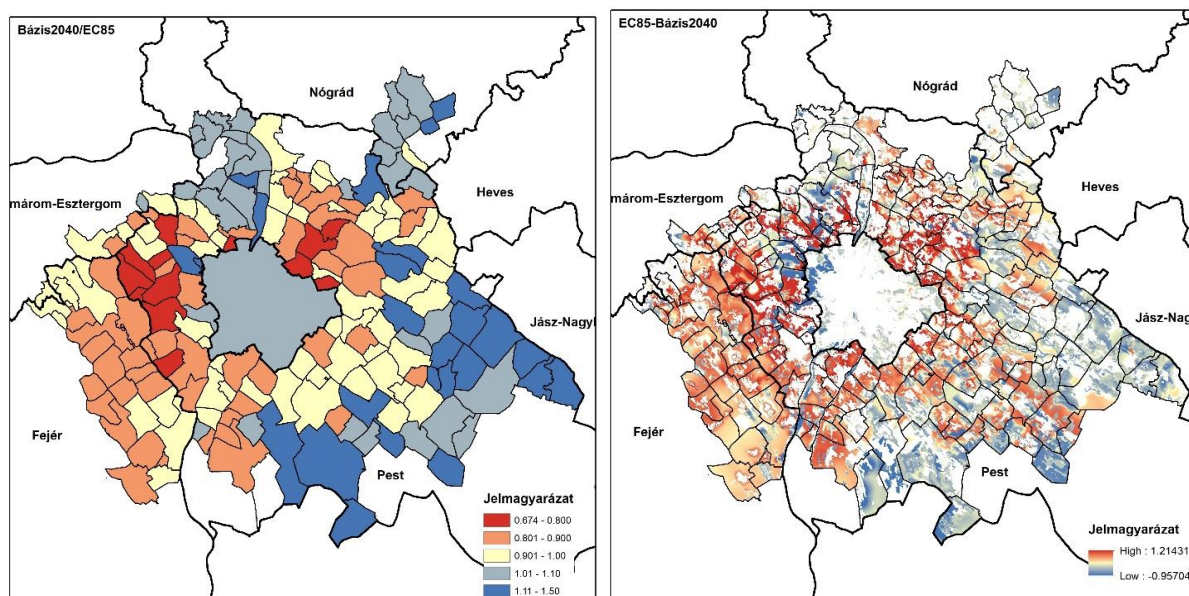
A korreláció elemzés szerint a leginkább eltérő két konverzió potenciál térképet mutatja be a cella, illetve települési szinten az 29. ábra.



29. ábra: A 2040. évi bázis modell és az EC85 modell összehasonlítása

Forrás: saját összeállítás

A két térkép alapján is jól látható, hogy a bázis modell átmeneti konverzió térképe a korlátozó/öztönző tényezők hiányában alapvetően magasabb potenciál értékeket mutat. Ugyanakkor az ösztönzőknek köszönhetően az EC85 modell térképén látható, hogy a skála maximuma jelentősen kitolódott (ez mesterséges felszínre előállított tervezési térképeknek köszönhető), ugyanakkor kisebb területen látunk magas értékeket, illetve a markánsabban megjelennek alacsony potenciállal pl. a védett területek.



30. ábra: Bázis modell és EC85 modellek átmeneti konverzió térképének összehasonlítása

Forrás: saját összeállítás

A két térképen a piros árnyalatai jelölik azokat a térségeket, ahol az EC85 magasabb konverziós potenciált jelöl a bázis modellhez képest, míg kék árnyalatai jelzik, ahol ez a helyzet fordított. Ez utóbbi területek elsősorban Dabas-Bugyi, valamint Nagykáta környékén található. Az első esetben a

mindenképpen a természetvédelmi területekre adott korlátozás játssza a különbségekben a fő szerepet. Az EC85 magasabb átalakulási potenciált alapvetően a szuburbán települések körében jelez Zsámbék, Biatorbágy és Páty környékén. Ez az eltérés a beépített demográfiai és migrációs modell előrejelzésén alapul, melynek eredményei azt jelzik, hogy a lakónépesség növekedése e térségben továbbra is dinamikus marad, így jelentős mesterséges felszín bővülést lehet itt valószínűsíteni. Hasonló folyamatokat jelez előre a modell Mogyoród és Szada térségében is. Összességében az agglomeráció déli, keleti, valamint észak-keleti peremén egy stabilabb földhasználat valószínűsíthető hosszútávon, tehát e térségek kevésbé érintettek a szuburbanizációs folyamatokkal (mind a lakosság, mind a gazdaság szempontjából, így az agrárterületek konverziójára is kisebb az igény), míg a Budapesttől nyugatra fekvő településeken folytatódik a már eddig is domináns agglomerálódás, melynek eredményeként az agglomeráció területi bővülése Komárom-Esztergom és Fejér megye felé koncentrálódik. Ennek tágabb térszerkezeti okai is vannak, hiszen az egyik irány a Budapest-Tatabánya-Győr tengely mentén halad, míg a másik a Budapest-Székesfehérvárra vonalra épül. A gazdasági kapcsolatokon kívül e területek előnyeként említhetjük a tájképi adottságokat, és az ehhez kapcsolódó életminőségbeli előnyeket is.

## 7.2 A 2040-ig terjedő „kemény” modellek eredményeinek áttekintése

Az 5.3 alfejezetben ismertetettek szerint a klímamodellek integrálása kétféleképpen történt meg a földhasználatváltozás modelljébe. Egyrészt a módosítottuk a modell Markov láncának mátrixát, amivel az egyes kategóriák közötti átalakulások mennyiségét befolyásoltuk, másrészt a klímamodellek bizonyos paramétereit korlátozó és ösztönző tényezőként is beépítettük, amely az átalakulások térbeli mintázatára van hatással. Ki kell emelnünk, azonban, hogy a mennyiségi változások, amelyek a különböző modellekben megjelennek szakértői becslésen alapulnak, melyet az 5.3-as fejezetben részletesen kifejtettünk (ebből látható, hogy alapvetően a . A modell futtatások eredményei közötti térbeli eltérések viszont az LCM működéséből erednek, hiszen a mesterséges neurális hálózat a tervezési és korlátozó/ösztönző tényezőknél megfelelően ciklusonként újraszámolja az átalakulási potenciálokat az egyes részmodellekre vonatkozóan.

Az alábbi 16. táblázat a szakértői becslésünk alapján meghatározott mennyiségi eltéréseket tartalmazza egymással és a kiindulási 2012-es állapottal összevetve.

Kategória	LC2012	B2040	CNRM45	CNRM85	EC45	EC85
Lakóterület	85784.75	103845	103845.3	103845.3	103845.3	103845.3
Ipar és kereskedelem	20127	24932.25	24935.5	24935.5	24935.5	24935.75
Egyéb mesterséges	8911.25	8911.25	8911.25	8911.25	8911.25	8911.25
Szántó	260686.3	234381.3	226280.3	232797.8	229060.8	226255.3
Szőlő	4424.75	2606.5	2902.75	2784.25	2887.25	2928.75
Gyümölcsös	5721.5	5329	5908.5	5941	6227.25	6227.25
Rét/Legelő	54842	61473.25	65130.25	61851.75	63554	64970.25
Komplex művelés	21798.75	16116.25	16990.25	16191.75	16612	16951
Erdő	134513.3	139214.8	141905.5	139551	140776.3	141784.8
Vízfelszínek	10578.25	10578.25	10578.25	10578.25	10578.25	10578.25
<b>Összesen</b>	<b>607387.8</b>	<b>607387.8</b>	<b>607387.8</b>	<b>607387.8</b>	<b>607387.8</b>	<b>607387.8</b>

<i>Lakóterület</i>	14.12	17.10	17.10	17.10	17.10	17.10
<i>Ipar és kereskedelem</i>	3.31	4.10	4.11	4.11	4.11	4.11
<i>Egyéb mesterséges</i>	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
<i>Szántó</i>	42.92	38.59	37.25	38.33	37.71	37.25
<i>Szőlő</i>	0.73	0.43	0.48	0.46	0.48	0.48
<i>Gyümölcsös</i>	0.94	0.88	0.97	0.98	1.03	1.03
<i>Rét/Legelő</i>	9.03	10.12	10.72	10.18	10.46	10.70
<i>Komplex művelés</i>	3.59	2.65	2.80	2.67	2.73	2.79
<i>Erdő</i>	22.15	22.92	23.36	22.98	23.18	23.34
<i>Vízfelszín</i>	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74	1.74
<b>Összesen</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

16. táblázat: Mennyiségi eltérések a kiindulási 2012-es állapottal összevetve

Forrás: saját összeállítás

A táblázatból (és az 5.3 alfejezetből is) kiderül, hogy a lakó, az ipar és a kereskedelmi területek esetében nem építettünk be mennyiségi különbségeket a modellek között, hiszen úgy gondoljuk a kategóriák változását a vizsgálati területen nem fogják érdemben befolyásolni a megváltozott klimatikus tényezők a modellezés időtávján belül. A mezőgazdasághoz és erdészethez kapcsolódó művelési ágak esetén ugyanakkor megjelenik egy a klíma paraméterekre alapozott mennyiségi „változékonyság”, mely a legjelentősebb eltérést a rétek/legelők esetében mutat, több mint 10 000 ha-ral. Némileg kisebb eltérést (max. kb. 8000 ha) becsültünk az erdők és a szántók esetében. A többi kategóriánál azok kiindulási nagyságából következően az eltérések is jóval kisebbek a néhány 100 és az 1-2 ezer ha közé esnek.

A fenti táblázat emellett mutatja azt is, hogy alaptérképekből levezetett változások alapján 2040-ig milyen mértékben módosul a térség földhasználata. A lakóterületek aránya 3 %, míg az ipari és kereskedelmi övezeteké 0,8 %-al nő, ami az előbbi esetében 18 000 ha-os, az utóbbit tekintve pedig 4800 ha bővülést jelent (az alapvető ok a lakónépesség növekedése a térségben). E két kategória mellett a legnagyobb növekedést 9-10 000 ha-t a rétet/legelő területek könyvelhetik el, míg az erdőterületek esetében 2-5000 ha lehet ez az érték modelltől függően. Szintén gyarapodhatnak a gyümölcsösök, mintegy 2-500 ha-ral, azonban ez a teljes terület arányában csak pár tized százalékot jelent.

A többi felszínborítási kategória területe a modell szerint csökkenő, melyek közül a abszolút értékben a legjelentősebb a szántóterületek kb. 30 000 ha-os konverziója (lényegében ez fedezi a mesterséges felszín bővülésének jelentős részét). A komplex művelésű területek kb. 5000-6000 ha-ral csökkennek, ami elsősorban a beépítésből következik (hiszen e területek eleve a belterületi határok mentén helyezkedtek el). Végül a szőlő ültetvények területnek csökkenését kell kiemelnünk, ami 2040-ig számításaink szerint eléri az 1500-1800 ha-t.

Az átalakulások területi változatosságát nézve – az átmeneti potenciál térképek alapján – azt várhatjuk, hogy a modellezett kategóriák esetében – cella és települési szinten is – minden esetben kisebb nagyobb területi különbségek lesznek a modellek között, hiszen a konverziós potenciál térképek is különböztek. A területi különbségek feltárására két módszert alkalmaztunk: egyrészt elvégeztünk egy korreláció analízist a települési szintű adatokra vonatkozóan (lásd. 17. táblázat), melyben az adott településre és kategóriára kiszámolt terület nagyság ha-ban megadott értékét

vetettük össze, másrészt készítettünk egy „differencia indexet”, amely a bázis modell előrejelzésétől való százalékos eltérés abszolút értékét tartalmazza településenként. Ezeknek később a települési átlagát vettük modellezett kategóriánként, és ezek összege kiadott egy átlagos pontszámot, így meg tudtuk határozni, hogy az egyes klímaszcenáriókra alapozott előrejelzések közül melyik tér el leginkább az alap modelltől (lásd. 17. táblázat).

Lakóterület	1_cnrm45	1_cnrm85	1_ec45	1_ec85	Gyümölcsös	6_cnrm45	6_cnrm85	6_ec45	6_ec85
1_cnrm45	1				6_cnrm45	1			
1_cnrm85	0.9999766	1			6_cnrm85	0.99810291	1		
1_ec45	0.99998914	0.99997965	1		6_ec45	0.99412792	0.99371048	1	
1_ec85	0.99998563	0.99997684	0.99998433	1	6_ec85	0.99438231	0.994087	0.99996535	1
<b>Ipar és kereskedelem</b>					<b>Rét/legelő</b>				
2_cnrm45	1				7_cnrm45	1			
2_cnrm85	0.99987505	1			7_cnrm85	0.99820272	1		
2_ec45	0.99989449	0.99989422	1		7_ec45	0.9992703	0.99921505	1	
2_ec85	0.99963173	0.99966204	0.99959494	1	7_ec85	0.99981083	0.99831557	0.9993751	1
<b>Szántó</b>					<b>Komplex műv.</b>				
4_cnrm45	1				8_cnrm45	1			
4_cnrm85	0.99856031	1			8_cnrm85	0.99417597	1		
4_e45	0.99959061	0.99935876	1		8_ec45	0.99871786	0.99665375	1	
4_ec85	0.99978094	0.9987847	0.99974153	1	8_ec85	0.99898707	0.99403902	0.99797112	1
<b>Szőlő</b>					<b>Erdő</b>				
5_cnrm45	1				9_cnrm45	1			
5_cnrm85	0.98940762	1			9_cnrm85	0.99918916	1		
5_ec45	0.97910247	0.99463645	1		9_ec45	0.99973775	0.99946445	1	
5_ec85	0.97820053	0.99386719	0.99951739	1	9_ec85	0.99980209	0.99915432	0.99985033	1

17. táblázat: Korreláció analízis a települési szintű adatokra vonatkozóan

Forrás: saját összeállítás

A táblázat mind a 4 vizsgált modell esetében nagyon szoros korrelációt mutat, tehát a települések nagy többségében az kategóriák előrejelzett nagyságában, így azok adott településen belüli megoszlásában jelentős különbségek nincsenek. Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy a szőlő és gyümölcsös területek esetében az egyes modellek között több 100 %-os eltérések alakulhattak ki a bázis modellhez képest. Ez arra vezethető vissza, hogy e kategóriák összterülete csekély, és ha a bázis modell 1,5 ha-t jelzett előre, a másik modell pedig 5 ha-t akkor az már 333 %-os eltérés, ugyanakkor a kutatási terület 6000 km<sup>2</sup>-hez, vagy egy település területéhez képest minimális az eltérés.



A „differencia indexünk” adatai ennél némileg árnyaltabb képet mutatnak, hiszen pontosan kiderül, hogy mely felszínborítások esetében vannak területi eltérések a modellek között, illetve ezeket sorrendbe is lehet állítani, illetve predikciónként lehet összesíteni (18. tábla).

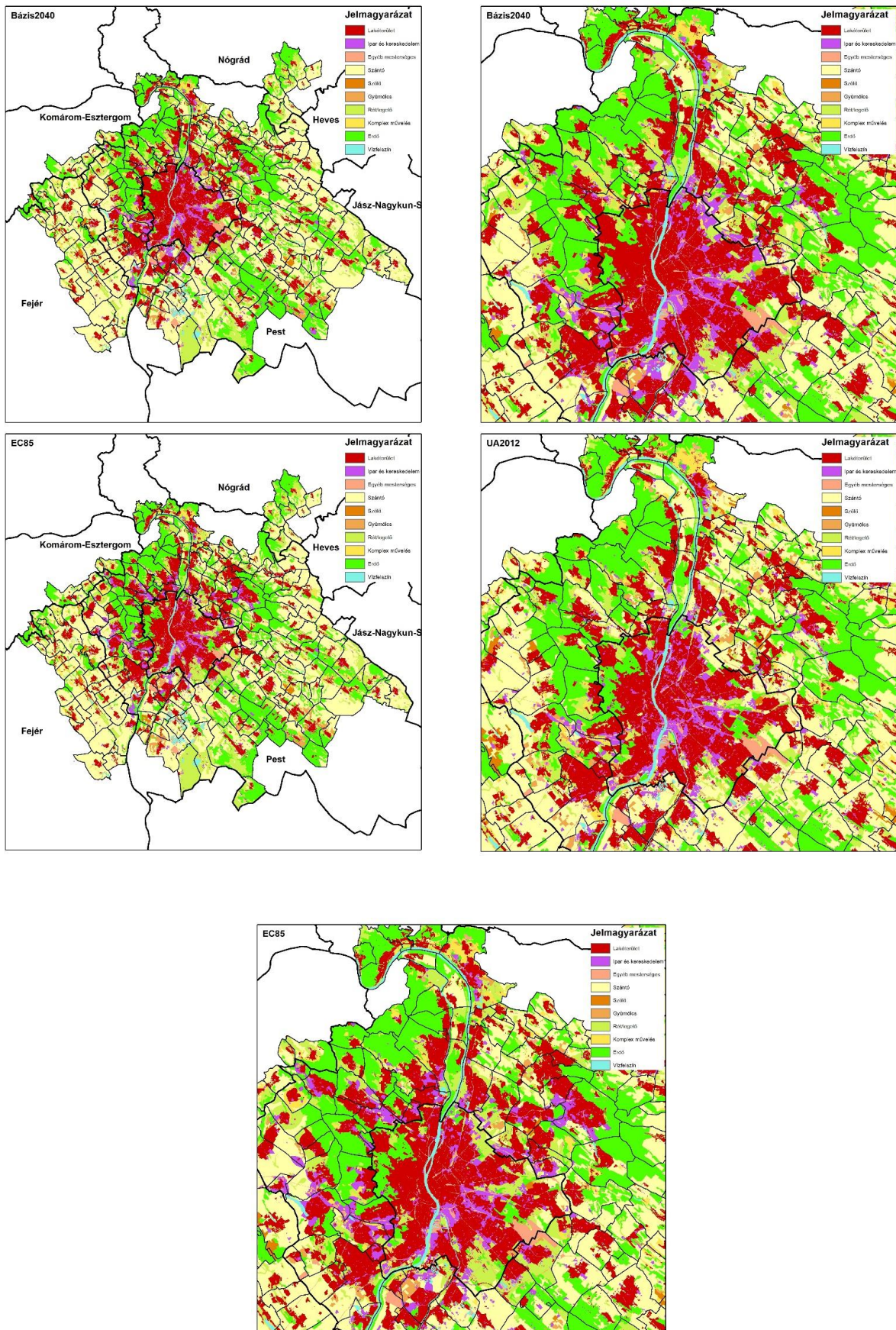
<b>Kategória</b>	<b>CNRM45</b>	<b>CNRM85</b>	<b>EC45</b>	<b>EC85</b>
<i>Lakóterület</i>	19.10	18.73	18.95	18.97
<i>Ipar és kereskedelem</i>	131.43	143.65	121.89	144.29
<i>Szántó</i>	44.64	41.34	42.94	31.29
<i>Szőlő</i>	100.28	78.20	103.81	108.75
<i>Gyümölcsös</i>	45.35	43.22	47.79	48.62
<i>Rét/Legelő</i>	39.91	33.44	35.80	43.20
<i>Komplex művelés</i>	68.81	58.89	61.83	67.88
<i>Erdő</i>	8.02	7.87	7.91	8.07
<b>Összesen</b>	<b>457.55</b>	<b>425.34</b>	<b>440.93</b>	<b>471.06</b>

18. táblázat: Differencia indexek a bázis modellhez viszonyítva

Forrás: saját összeállítás

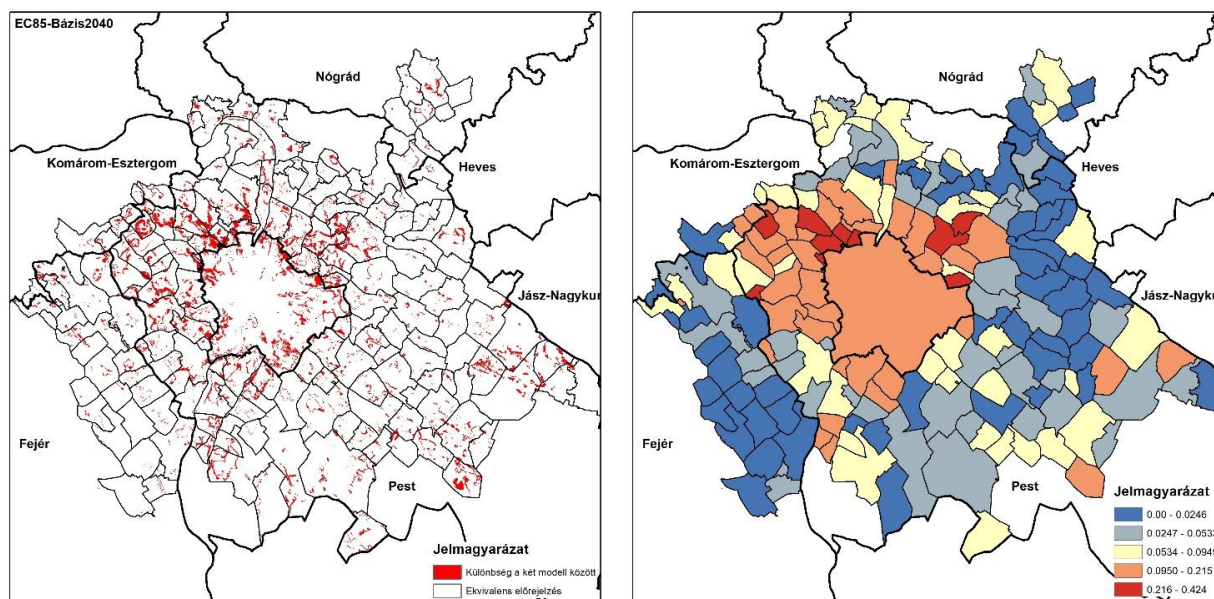
A táblázat alapvetően a konverziós potenciálok elemzésénél ismertetett korreláció elemzés eredményeit adja vissza, tehát a CNRM85 modellel bővített futtatás áll legközelebb a bázis modellhez, míg az EC85 tér el tőle a legjelentősebb mértékben a települési adatokat vizsgálva. Művelési kategóriák szerint alapvetően az ipari és kereskedelmi területek, a szőlő ültetvények, valamint a komplex művelés területeinek térbeli mintázata tér el leginkább a bázis modelltől (tehát ezek esetében hatottak leginkább a beépített korlátozó/ösztönző tényezők, köztük a klímametérek is). A legkisebb eltérést az erdőterületek, a lakóövezetek, valamint a rét/legelő kategória mutatja az alap predikcióhoz képest. Az erdőket abból a szempontból is kiemelhetjük, hogy itt a legkisebb az eltérés a klímamodell előrejelzések települési szintű adatai között. A lakóterületeknél is hasonló a helyzet, de némileg jelentősebb eltéréseket találhatunk a települési adatokban.

Térképi bemutatásban – hasonlóan az átmeneti potenciál elemzéshez – itt is alapvetően a bázis és az EC85-ös modell különbségeit kívánjuk bemutatni az alábbi 31. ábrán.



31. ábra: A bázis és EC85 modell eredményeinek összehasonlítása  
Forrás: saját összeállítás

A bázis és az EC85 modell eltéréseit az 32. ábra mutatja cella és települési szinten. Ezek részben hasonló eredményt mutatnak, mint a 8.1-es alfejezetben elemzett átmeneti potenciál térképek.

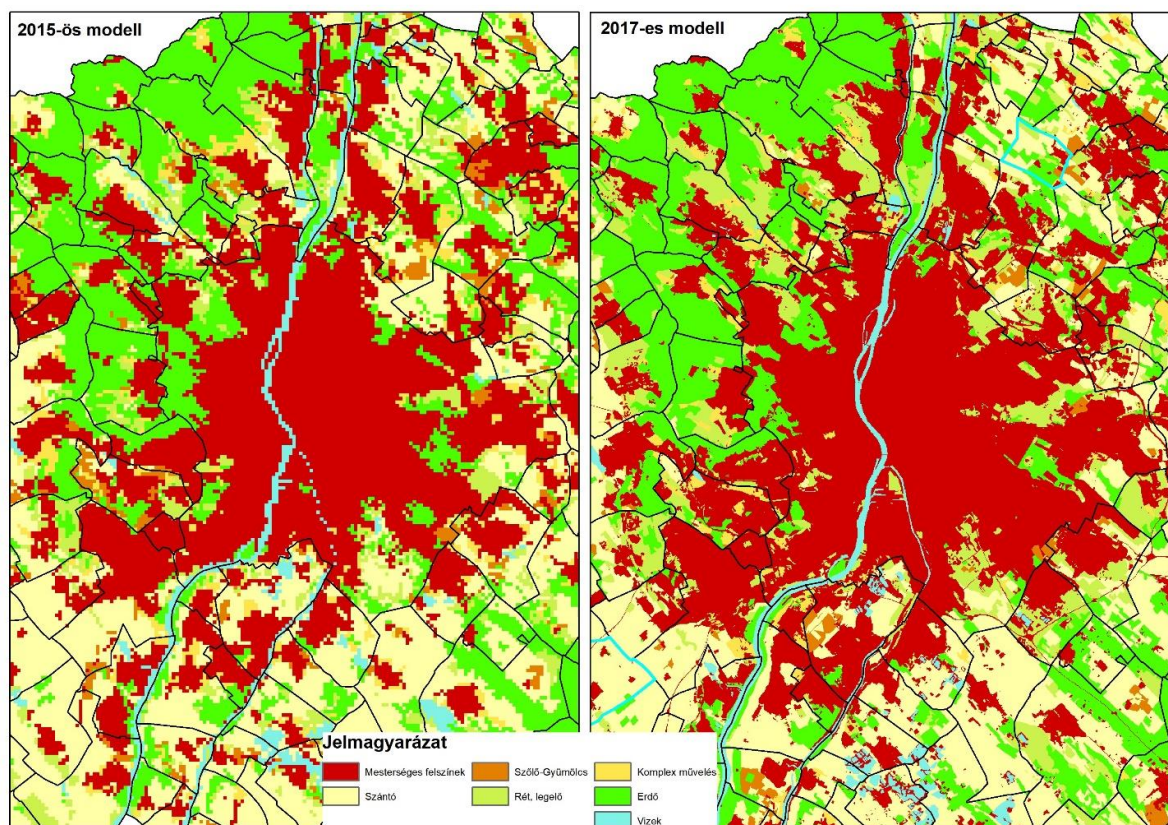


32. ábra: Bázis és az EC85 modell eltérése cella és települési szinten

Forrás: saját összeállítás

### 7.3 Összevetés a Natér1 eredményeivel

A 2015-ös és a jelen modellezés eredményeinek összevetéséhez 2030-as évre vonatkozó „kemény” előrejelzéseket használtunk fel, melyek nélkülözték a korlátozó és ösztönző tényezőket, így egyfajta nyers összehasonlítást téve lehetővé. A két raszteres eredménytérkép felszínborítási kategória beosztása ugyan eltérő, de ezt az 5.1.2-es alfejezetben ismertetett tábla alapján korrigáltuk a rasztereket újraosztályoztuk. Jelentős különbség van a két térkép cellaméretében is, hiszen a 2015-ös 250 m-es felbontású, míg a mostani 50 m-es (lásd 35. ábra). Éppen ezért a két térkép cellánkénti összevetése nem lehetséges, helyette összesített és települési szintű földhasználati adatokkal hasonlítottuk össze a két modellt.



33. ábra: 2015. évi és a mostani modell eredményeinek összehasonlítása

Forrás: saját összeállítás

A modellek által 2030-ra előrejelzett földhasználati adatokat a budapesti agglomeráció területére az 19. tábla foglalja össze.

Felületborítás	Összesen ha 2015M	Összesen %	Összesen ha 2017M	Összesen %	Eltérés ha	Eltérés %
Mesterséges felszín	110139.75	18.13	129839.5	21.38	19699.75	3.24
Szántó	262073.5	43.15	243485.25	40.09	18588.25	-3.06
Szőlő-Gyümölcs	14587.25	2.40	8538.25	1.41	6049.00	-1.00
Rét-legelő	45404.5	7.48	59456.5	9.79	14052.00	2.31
Komplex művelés	23739.5	3.91	17874.75	2.94	5864.75	-0.97
Erdő	137897.25	22.70	137615.25	22.66	282.00	-0.05
Vizek	13553.75	2.23	10578.25	1.74	2975.50	-0.49

19. táblázat: Főbb földhasználati kategóriák változása 2015. évi és a mostani modell alapján

Forrás: saját összeállítás

A táblázat adatai alapján jól látszik, hogy az egyes földhasználati kategóriákban az eltérések 3,5 %-on belül maradnak a teljes vizsgálati területre vonatkozóan, ami azt mutatja, hogy az alapvető trendekben, illetve a változások volumenében a két futtatás nagyon hasonló eredményeket ad. Az egyes felületborítások eredményeire a következő megállapításokat fűzhetjük:

- Mesterséges felszínek – a 3,24 %-os pozitív eltérés a lakó, ipar és kereskedelmi területek gyorsabb bővülésére utal, mely egyrészt következhet abból, hogy az 1990-2006 tanuló időszak helyett az új modell esetében 1990-2012 közöttit alkalmaztunk, és ebben a további 6 évben erősödött ez a trend a vizsgálati területen, illetve abból is adódhat, hogy a 2015-ös modell az egész országra működött optimálisan, így alábecsülte a beépítések növekedését Budapesten és környékén.
- Szántók – a -3,06 %-os csökkenés szinte egybevág a beépített területek növekedésével, azok forrását jelenti, így az előzőekben ismertetettek következménye.
- Szőlő-gyümölcs területek – az 1 %-os területarány különbség egyértelműen a tanulási időszakból adódik, hiszen 2006-2012 között tovább folytatódott a szőlő és gyümölcs területek csökkenése, így a jelenlegi modell ezt a trendet vitte tovább.
- Rétek és legelők – országosan tekintve a gyepterületek 1990 és 2000 között jelentősen csökkentek, 2000-2006 között ez a folyamat megállt, majd 2006 és a 2012 közötti időszakban növekedésnek indultak, a vizsgálati területen e folyamatnak az egyenleg 105 km<sup>2</sup>-es bővülés 1990 és 2012 viszonylatában. A jelenlegi modell 2,31 %-os területarány bővülésében a 2015-öshöz képest mindenképpen az mutatkozik meg, hogy 2006-2012 között a rét és legelő területek növekedtek és ez fokozottan igaz volt a kutatási területünkre. A háttérben számos ok állhat az agrárátmozgatóstól a befektetői döntésekig. Ez utóbbiak alatt azt értjük, hogy az agglomerációban számos mezőgazdasági területet vásároltak fel annak reményében, hogy később oda, valamilyen lakó vagy gazdasági funkciót telepítsenek, ám azok megvalósulásáig az eredeti földhasználattal felhagyva ezek parlag területekké alakulnak (az Urban Atlas 2012 állományában ez külön felszínborítás kategóriaként is megjelenik). Végül azt is meg kell említenünk, hogy az 5.1-es fejezetben ismertetett kutatói megfontolások mentén a rét/legelő területek kialakítása során a szárazföldi mocsarak, valamint a tőzeglápok területét is ide soroltuk, ami megemelte a területarányt, ennek a mértéke kb. 0,4-0,5 % lehet (a vizek kategóriából következően).
- Komplex művelésű területek – a kategória területaránya a kutatási területen 1990-2012 között csökkenő, az 1 %-on belüli eltérés a két modell között minimálisnak mondható.
- Erdők – a két modell között minimális 0,05%-os az előrejelzett területben az eltérés, tehát lényegében megegyezőnek vehetjük.
- Vizek – nem modellezett felszínborítás, így a rét és legelő területeknél már említett átsorolásból következik, valamint a két modell felbontásbeli különbségéből következik az eltérés.

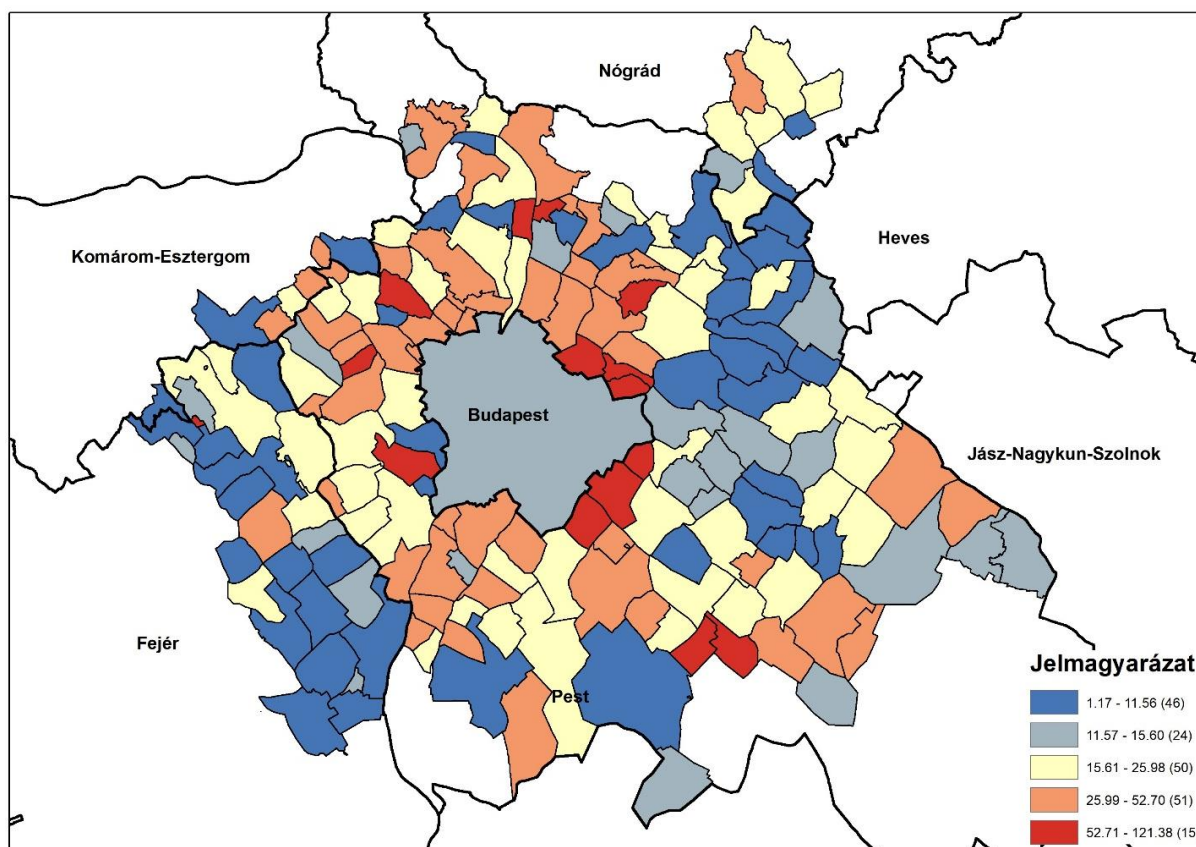
Összességében azt mondhatjuk, hogy a két modell eredményei erősítik egymást, az eltérések a kutatási terület és az országos földhasználat-változási trendek közötti különbségekből, valamint a jelenlegi modell esetében alkalmazott 1990-2012 közötti tanulási időszakból adódnak.

Az összesített eredmények mellett megnéztük azt is, hogy ha települési szinten vizsgáljuk meg az egyes felszínborítási kategóriáinkat, akkor a 2015-ös modellhez képest, mekorra az átlagos eltérés, melyet a 20. tábla mutat be.

Felszínborítás	Települési eltérések átlaga % 2017-2015
Mesterséges felszín	2.65
Szántó	-2.8
Szőlő-Gyümölcs	-1.24
Rét-legelő	2.31
Komplex művelés	-0.86
Erdő	0.52
Vizek	-0.38

20. táblázat: Jelenlegi és korábbi modellezési eredmények összehasonlítása  
 Forrás: saját összeállítás

Ez lényegében az összesített számokat adja vissza, és egyben arra is utal, hogy kevés kiugró eltérés lehet települési szinten, az modellek közötti különbségek eloszlanak a térben. Ennek mérésére készítettünk egy differencia indexet, melyet úgy állítottunk elő, hogy megnéztük az egyes földhasználatok településen belüli területi arányát mindkét modellre, majd azok eltéréseinek abszolút értékéből egy mutatószámot képeztünk. Ennek eredményét az 34. ábra és 21. tábla mutatja.



34. ábra: Differencia index  
 Forrás: saját összeállítás

A térkép alapján látható, hogy a jelentősebb eltérések a két modell között elsősorban Budapest szűkebb agglomerációját érintik (belső gyűrű). A várostól távolodva csak néhány település esetében

láthatunk kiugró értéket, mint például Újhartyán, vagy Újlengyel. Minimális eltéréseket találunk viszont Fejér és Pest megye határán, Pest megye Heves és Nógrád megye felé eső részén.

A 21. táblázatban a legnagyobb eltéréseket mutató település adatait mutatjuk be. Az első néhány esetben a jelentős különbséget általában egy-egy földhasználati kategória (lakó, vagy ipar-kereskedelem) 2015-ös modell általi jelentős túlbecslése adja. Telki esetében például a lakóterületek aránya 55 %-al, a komplex művelés 39 %-al tér el, míg Ecser adataiban az ipar és kereskedelmi, valamint a gyepterületek mutatnak 40 és 50 %-os eltérést.

Település	Differencia index 2017 vs. 2015
Telki	121.38
Ecser	110.16
Csömör	84.80
Újbarok	75.42
Újlengyel	71.72
Pilisvörösvár	67.83
Gyál	65.61
Szódliget	63.22
Pócsmegyer	61.34
Kistarcsa	59.97
Törökbálint	55.90
Vecsés	55.58
Újhartyán	54.64
Szada	54.46
Nagytarcsa	54.04
Budajenő	50.38
Dánszentmiklós	50.38
Monorierdő	50.32
Halásztelek	48.97
Bér	48.19

21. táblázat: Differencia index összehasonlítása

Forrás: saját összeállítás

Emellett készítettünk egy korreláció analízist is a 2015-ös és a jelenlegi modell összevetésére települési szinten. Az eredményeket az 22. táblázat mutatja be.

Felszínborítás	Korreláció (r)
Mesterséges felszínek	0.90
Szántó	0.94
Szőlő-Gyümölcs	0.65
Rét-legelő	0.69
Komplex művelés	0.53
Erdő	0.96
Vizek	0.91

22. táblázat: 2015. évi és a jelenlegi modell eredmények közötti korreláció  
Forrás: saját összeállítás

A 6 modellezett kategóriából háromban 0,9 feletti pozitív Pearson-féle  $r$  érték adódott, ami szoros együttváltozásra utal települési szinten. Ha ehhez még hozzátesszük azt, hogy a nem modellezett vizek kategóriánál is magasabb az erdő és szántóterületek korrelációja, akkor látható, hogy települési aggregációban a két modell nagyon hasonló területi mintázatot ad. Két további esetben (szőlő-gyümölcs és gyepterületek) 0,6 feletti  $r$  értéket kaptunk, ami még mindig erős kapcsolatnak tekinthető. Ettől gyengébb közepesen erős kapcsolatot mutattak a komplex művelés adatsorai, ami jól egybeesik azzal, hogy mindkét modellezés folyamán a legalacsonyabb MLP pontosságot komplex műveléshez kapcsolódó részmodellek mutatták, így ennek a kategóriának a legnagyobb a bizonytalansága (ami alapvetően abból is következik, hogy ez eleve egy mindent összeolvasztó felszínborítás, így a modellezése komoly kihívást jelent).

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a két modell mind a változások mennyiségét, mind azok területi allokációját illetően nagyon hasonló előrejelzéseket ad, erősítik egymás eredményeit. Természetesen minél kisebb területegységre vonatkozóan vetjük őket össze, annál jelentősebbek lehetnek a lokális különbségek, de ezek általában az egész terület minimális hányadát jelentik. A települési adatok részletesebb vizsgálatából az is kiderül, hogy a több földhasználati kategória, a nagyobb méretarányú kiindulási térképek alkalmazása, valamint a gazdasági-társadalmi folyamatokat tekintve homogénebb mintaterület kiválasztása növelheti a modellezés pontosságát, mint az látható a jelen futtatás esetében is.



## 8 EREDMÉNYEK KVALITATÍV ÉRTÉKELÉSE

Az utolsó előtti fejezetben a korábbi kvantitatív elemzést túlhaladva az eredmények kvalitatív értékelését kívánjuk adni, melynek fő iránya a városi terjeszkedés és annak hatása a mezőgazdaságra és a természetközeli ökoszisztémákra, illetve a szimulált változások összefüggései a városregió klímaváltozással szembeni sérülékenységének alakulásával.

### **8.1 Városi terjeszkedés hatása a mezőgazdaságra és természetközeli ökoszisztémákra**

Az ökoszisztéma-szolgáltatások térképezésének térbeli alapegységeit maguk az ökoszisztémák jelentik. Ökoszisztéma alatt az élő szervezetek és abiotikus környezetük együttesét és a köztük levő összetett kapcsolatrendszerét értjük (Juhász-Nagy 1993). Az eredeti definíció (Tansley 1935) a biológiai alrendszer (organism-complex) a legfontosabb tényezőnek tekinti, és ez utóbbi a nemzetközi szakirodalomban is elterjedtebbnek tekinthető. Később a fogalmat kiterjesztették az ember által befolyásolt, nem természetes, ám az ökoszisztémák térbeli pozícióját elfoglaló rendszerekre is, ideértve azok biológiai és épített komponenseit (agrár, városi ökoszisztéma; Maes et al. 2014). Az európai uniós irányelvekhez igazodva ez a felfogás tükröződik a jelenlegi térképezés során is.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások térképezésekor az ökoszisztémák konkrét, adott földrajzi helyeken megjelenő előfordulásait tekintjük ökoszisztémáknak, amik a térképezés kitűzött léptékében az ökotópoknak (élőhelyeknek) feleltethetők meg. Ezek térbeli lehatárolását olyan módszerrel kell megvalósítani, ami a szolgáltatások biztosítása szempontjából a lehető leghomogénebb, és egyben a térképezés méretarányának legmegfelelőbb méretű területegységeket eredményez. Ezek az ökotópok nagyjából megegyező klimatikus és talajadottsággal, vegetációtípussal és fajkészlettel, valamint tájhasznosítási formával jellemezhetők. (Az ökoszisztémán belül az elemek közötti interakciók erősek, míg az ökoszisztéma határain túl gyengék az interakciók – Kelemen 2013, de ezen túl lehatárolásuk akár függhet/változhat az értékelte szolgáltatástól is. Így az ökotóp-kategóriák megválasztásánál is szem előtt kell tartani a cél kettősségét, miszerint 1. minél jobban adja vissza az adott szolgáltatás térbeli differenciáltságát, 2. legyen egységes az összes értékelte ökoszisztéma-szolgáltatásra, az összehasonlíthatóság végett.

Az európai és nemzeti ökoszisztéma-térképek létrehozása számos szakmai célt szolgálhat. A természetvédelmi döntéselőkészítés, a tájhasználati konfliktusterületek kijelölése mellett egy jól értelmezhető ökoszisztéma-térkép megfelelő kommunikációs eszköz is lehet az érintettek bevonásához, az ökoszisztémák és szolgáltatásaik közötti kapcsolatok azonosításához. A térképek legalapvetőbb felhasználási lehetősége az egyes ökoszisztéma-típusok elterjedési területeinek vizsgálata, az ezzel kapcsolatos statisztikai elemzések (Erhard et al. 2016).

A legegyszerűbb modellek, értékelési sémák (Tier 1 szint) területek áttekintő jellemzéséhez használhatók. Az értékelés alapja általában a felszínborítási vagy tájhasználati mintázat, vagy más egyszerű térbeli magyarázó változók, a térképezés ezekhez kötött egyszerű állandók (proxy-k) segítségével történik. Ezeknek lehetőség szerint biofizikai indikátorok értékein kell alapulniuk, de

forrásuk lehet más jellegű irodalmi adat, szakértői becslés vagy hagyományos ökológiai tudás is. A módszert használják nagyléptékű területhasználat-váltások előzetes értékelésében, ökoszisztéma-szolgáltatás kifizetési rendszerek tervezésében is (Kareiva et al. 2011).

Az ökoszisztéma-szolgáltatás modellek komplexitásának következő szintjét összetettebb modellek képviselik (Tier 2 szint), melyek az ökoszisztémák térbeli mintázatán kívül több bemenő adatot, paramétert is igényelnek, és a szolgáltatások biztosításának komplex folyamatát több aspektusból képesek jellemezni. Ezeket a komplexebb összefüggéseket statisztikai modellekkel lehet leírni, vagy az összefüggések jellemzésére szabályokat lehet alkotni (szabály-alapú modelleket). Pl. az értékelési (térbeli) alapegységek altípusai is megkülönböztethetők, és azok elérhetőségére vonatkozó információ is része lehet a modellnek. A szolgáltatások használóival, illetve a tájhasznosítással kapcsolatos információk is összetettebbek lehetnek. Az ökoszisztéma-típusokon belül altípusok megkülönböztetése a térbeli le- és felskálázást is lehetővé teheti, statisztikai alapon (bizonyos ökoszisztéma-típusok elterjedtsége és az adott szolgáltatás tapasztalt mennyiségéből kiindulva).

A legösszetettebb, általában szolgáltatás-specifikus biofizikai modellek (Tier 3 szint) az adott szolgáltatás biztosításának komplex folyamatát közel teljeskörűen leírják, folyamat-alapú matematikai modellek alkalmazásával. Ehhez az adott szolgáltatást létrehozó ökológiai folyamatok alapos, szaktudományos ismerete, szakértői részvétel szükséges. Ez a modelltípus a legalkalmasabb a szcenárióanalízis különböző formáira, a feltételes valószínűségek kezelésére, vagy a tájhasználati intenzitás hatásának pontos számszerűsítésére. Bizonyos ökoszisztéma-típusok szolgáltatásai gyakorlatilag csak ilyen jellegű modellekkel értékelhetők (pl. városi ökoszisztémák). Ebbe a modelltípusba sorolhatók az elsősorban táji léptékű döntés-előkészítés céljából kimondottan ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére alkotott GIS-alapú modellek, szoftverek (pl. InVEST, ARIES).

A térképezési eljárások komplexitási szintekbe való sorolása elvileg minden típusú ökoszisztéma-szolgáltatásnál megvalósítható, és így általános keretrendszerként használható az ökoszisztéma-szolgáltatások költséghatékony felmérésében és monitorozásában. Az eljárás lényegileg ugyanaz a különböző szolgáltatásoknál: alapvetően a tudományos vagy gyakorlati értékelési kérdés/cél, a leendő felhasználás határozza meg, hogy milyen komplexitási szintű térkép készülhet, de értelemszerűen jelentősen befolyásolja a rendelkezésre álló adatok, erőforrások mennyisége is (Grêt-Regamey et al. 2015). Az értékelési cél meghatározása tehát az első lépés. Ezt követi az adott szolgáltatás működésének feltárása és a változók körének kialakítása a vonatkozó korábbi tanulmányok vagy önálló kutatások alapján, végül a változóknak a megfelelő komplexitási szinteken való alkalmazása. Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésének egyik legfontosabb eleme az integrált megközelítés. A szolgáltatások közötti átváltások megbízható vizsgálatához az adott komplexitási szintű modellek egységes alkalmazása szükséges a kérdéses szolgáltatásoknál.

A természetközeli ökoszisztémák hazánkban jellemzően többé-kevésbé agrár ökoszisztémák által határoltak és befolyásoltak. Ez szükségszerűen kölcsönös egymásra hatással jár, ugyanakkor elmondható, hogy a mezőgazdaságban a kisebb környezetterheléssel járó gazdálkodási módok előtérbe helyezése és az agrártáj heterogenitásának, mozaikosságának a növelése kedvező befolyással van a természetközeli ökoszisztémákra (Czucz, 2010).

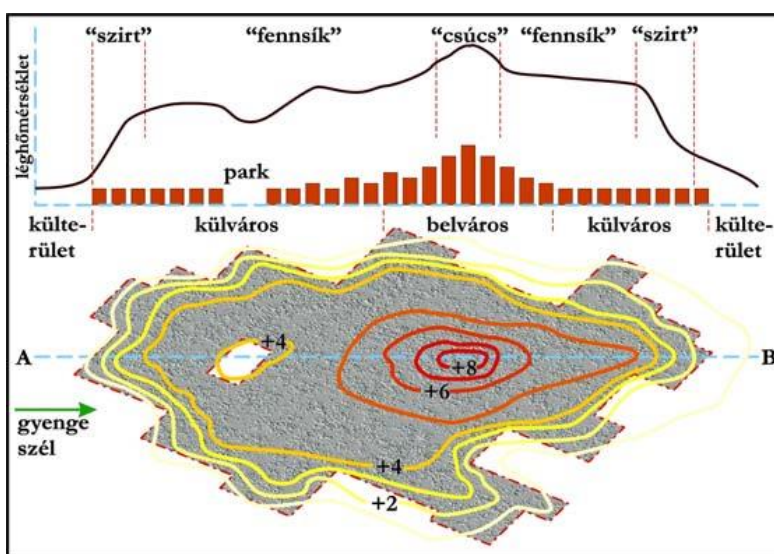
## 8.2 Szimulált változások összefüggései a városrégió klímaváltozással szembeni sérülékenységének alakulására

A városi hősziget (urban heat island, továbbiakban UHI) kutatásával ma Magyarországon több kutatóműhely is foglalkozik, melyek közül a legjelentősebbek az ELTE TTK Meteorológia Tanszéke, illetve az SZTE TTK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszéke. A továbbiakban elsősorban e műhelyek eredményeire támaszkodunk a jelenség és a földhasználati modell kapcsolatának leírásánál.

A városi hőszigetet a városokban jelentkező hőtöbbletként értelmezhetjük, melyet a város és a városkörnyék közötti hőmérséklet-különbségként jelenik meg (Landsberg, 1981). A kialakulás okai elsősorban a következő tényezőkre vezethetők vissza:

- a mesterséges felületek és anyagok sugrás-visszaverő képessége kisebb, míg hővezetésük és hőelnyelésük nagyobb, mint a természetes anyagoké,
- a városokban található különböző épületek blokkolják a szelet, illetve csökkentik annak sebességét, így korlátozzák a teljes turbulens hőszállítást, illetve elősegítik a szennyező anyagok nagyobb koncentrációjának a kialakulását, ami a sugárzási paramétereken keresztül plusz hőhöz vezet,
- a beépítéssel csökken a természetes vegetáció területe, így a növények általi párolgás mértéke is, mely egyébként hőt von el a környezetből, illetve ennek hiányában csökken a relatív légnedvesség is,
- a mesterséges felszínek túlnyomó többsége vízzáró és vízhatlan tulajdonsággal rendelkezik, így a lehullott csapadék gyorsabban eltávozik a felszínről a csatornahálózaton keresztül, ami módosítja a helyi párolgási paramétereket.

A hősziget elnevezés arra utal, hogy a városi hőmérsékleti viszonyokat ábrázoló zárt izotermák „szigetszerű” formákat rajzolnak ki. Unger és Sümeghy (2000) kutatásai Szeged esetében jól illusztrálják ezt a jelenséget, melyet az 35. ábrán mutatunk be.



35. ábra: A városi hősziget keresztmetszeti képe és vázlatos horizontális struktúrája, ideális időjárási körülmények között

Forrás: Unger és Sümeghy, 2000

Méréseik szerint a legnagyobb eltérés a hőmérsékletben a belvárosban található (+ 8 C fok), melyet egy egyenletes hőmérséklet csökkennés követ (a helyi viszonyokhoz igazodva) egészen a beépített terület pereméig, ahol az izotermák besűrűsödnek és hirtelen csökkenés következik be. A Budapestre vonatkozó vizsgálatok szerint az UHI belvárosi eltérése a Budai-hegység léghőmérsékleteihez képest akár a 15 C fokot is elérheti, ami jóval magasabb érték, mint Szeged esetben (Soósné 2009). Az eredményeik alapján feltételezhetjük, hogy amennyiben a meglévő városi földhasználat terjeszkedik, akkor annak megfelelően az UHI területe és esetlegesen intenzitása is nőni fog (ez utóbbinak vannak légkör fizikai korlátai). Előrejelzésünk szerint a lakó-, ipari és kereskedelmi övezetek területe 2040-ig több mint 17 000 ha-ral nő, ami a meglévő települési terület kb. 20 %-os bővülését jelenti. Természetesen nem minden beépített terület növekedés Budapestre koncentrálódik, ugyanakkor az elkészült „kemény” előrejelzések szerint a várost körbevevő települések összenövése révén – a kivezető utak vonalát követve – jelentős konurbáció alakulhat ki, mely hozzájárulhat a hősziget egyre nagyobb kiterjedéséhez. Emellett fontos azt is kiemelni, hogy összességében az erdő, a rét/és legelő területek ugyan abszolút értékben gyarapdnak, ugyanakkor a természetes vagy kultúr vegetációval borított felszínek területe összességében csökken. Ebből következően tehát a modellezésünk eredményei alapján az UHI területi kiterjedésének növekedésére számíthatunk Budapest esetében. Azonban azt fontos kihangsúlyozni, hogy önmagában az elkészült felszínborítási modellek a várható városi hősziget intenzitásáról és területi szerkezetéről nem tudnak pontos előrejelzést adni, de segítségükkel ezek modellezhetővé válnak (László 2017, Balázs 2008), hiszen az egyes klímamodellekhez kapcsolódó földhasználat predikciók tartalmazzák a szükséges geometriai és részben beépítés adatokat is. Végső soron a felszínborítás-változás előrejelzések hozzájárulhatnak egy fenntarthatóbb és élhetőbb funkcionális városregió kialakításához, hiszen előre fel lehet készülni e problémák jelentkezésére.

A városi hősziget mellett fontos megjegyezni, hogy a 20 %-os beépített felszín bővülés komoly feladatokat vetít előre a városüzemeltetés, településrendezés számára is, melyet a következőkben foglalhatunk össze:

- a csapadék elvezetés problémája a mesterséges felszínek területének növekedésével együtt fokozódik, melyhez hozzájárul még a klíma növekvő változékonysága, a rendkívüli időjárási események számának gyakoribbá válása, így összességében nő a városi villámárvizek valószínűsége, a havaria események bekövetkezése,
- a települési területek konurbációja a Budapestre vezető utak mentén 2040-ig tovább folytatódik, mely együtt jár a nyílt szabad területek tájképi látványának eltűnésével (Hollandiához hasonlóan), amely összességében az életkörülmények és az életminőség romlásához vezet, amely egyébként a szuburbán települések egyik fő előnye lehetne a központi városhoz képest,
- a népesség számának és koncentrációjának növekedése fokozza a városokban megjelenő környezeti és infrastruktúrális problémákat, melyek sok esetben összefüggnek egymással, mint például a légszennyezés és a közlekedés, vagy a lakossági fűtés,
- az utak mentén összeérő mesterséges felszínek azonban nemcsak a társadalom hanem a növényzet és az állatvilág számára is problémát jelentenek, hiszen a korábbi fő- és

---

alsóbbrendű utak részleges átjárhatósága ugyanúgy megszűnik, mint az autópályák esetében, így ökológiai folyósokat vág ketté és populációkat szakít el egymástól ez a folyamat.

Végül egy további lehetőség is adódik a földhasználati kemény előrejelzések alkalmazására a településrendezésben, melynek alapjait Burkhard és kutatótársai (2009) dolgozták ki. Munkájukban a földhasználatra alapozottan becsülték meg egy térség különböző típusú ökoszisztéma szolgáltatásainak potenciális kapacitását, melyet a kiindulási alaptérképekre, és a modellezett állapotokra is kiszámíthatunk, így hosszabb időtávon lehet követni a térségben az ökoszisztéma szolgáltatások potenciális színvonalának alakulását. Ezek közül elsősorban a kulturális jellegűek egyértelműen, de akár mások is a várostervezés és településrendezés hatókörébe tartozhatnak.

## 9 IRODALOMJEGYZÉK

A.T. Kearney (2014). 2014 Global Cities Index and Emerging Cities Outlook. Global cities present and future.

<https://www.atkearney.com/documents/10192/4461492/Global+Cities+Present+and+Future-GCI+2014.pdf/3628fd7d-70be-41bf-99d6-4c8eaf984cd5>

Balázs B. (2008). Az átlagos városi hősziget területi szerkezetének modellezése és a modell kiterjesztése. SZTE, Szeged. [http://doktori.bibl.u-szeged.hu/1224/1/Balazs\\_Bernadett\\_Doktori\\_ertekezes.pdf](http://doktori.bibl.u-szeged.hu/1224/1/Balazs_Bernadett_Doktori_ertekezes.pdf)

Batty, M. (2008): The size, scale, and shape of cities. *Science*, 319 (5864) (2008), pp. 769-771 DOI: 10.1126/science.1151419

Batty, M. (2009) Urban modeling. *International encyclopedia of human geography*. Elsevier, Oxford

Berg, L. van Den et al. (1982): *Urban Europe. Vol. I. Study of Growth and Decline*. Pergamon Press, New York, Oxford

Bergengren, J.C., Thompson, S.L., Pollard, D., DeConto R.M. (2001): Modeling Global Climate–Vegetation Interactions in a Doubled CO<sub>2</sub> World *Climatic Change* July 2001, Volume 50, Issue 1–2, pp 31–75. DOI: 10.1023/A:1010609620103

Bergengren, J.C. Waliser, D.E., Yung, Y.L. (2011): Ecological sensitivity: a biospheric view of climate change *Climatic Change* 107: pp. 433–457. DOI: 10.1007/s10584-011-0065-1

Besussi, E. Chin, N. Batty, M. Longley P. (2010): The structure and form of urban settlements Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, Springer, Netherlands (2010), pp. 13-31

Brovkin, V., Claussen, M., Driesschaert, E., et al. (2006): Biogeophysical Effects of Historical Land Cover Changes Simulated by Six Earth System Models of Intermediate Complexity. *Climate Dynamics* 26(6): pp. 587-600. DOI: 10.1007/s00382-005-0092-6

Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., & Windhorst, W. (2009). Landscapes' capacities to provide ecosystem services—a concept for land-cover based assessments. *Landscape online*, 15(1), 22.

Bussi, G., Dadson, S. J., Prudhomme, C., Whitehead, P. G. (2016): Modelling the future impacts of climate and land-use change on suspended sediment transport in the River Thames (UK). *Journal of Hydrology* Volume 542, Nov. 2016, pp. 357-372 DOI:10.1016/j.jhydrol.2016.09.010

Czúcz, B. (2010). Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése, doktori értekezés

Csanádi et al. (2010): *Város-Tervező-Társadalom*. Sík Kiadó, Bp., 483 p.

DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. et al (2010) Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3 (3):178–181 DOI: 10.1038/ngeo756

Dirmeyer, P.A. Niyogi, D., Noblet-Ducoudré, N., Dickinson, R.E., Snyder, P.K. (2010): Impacts of land use change on climate. *International Journal of Climatology* Volume 30, Issue 13 pp. 1905–1907. DOI: 10.1002/joc.2157

Doherty, R. M ., Sitch, S., Smith, B., Lewis, S. L., & Thornton, P. K . (2009). Implications of future climate and atmospheric CO<sub>2</sub> content for regional biogeochemistry, biogeography and ecosystem services across East Africa. *Global Change Biology*. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.01997.x

Duformont, H.: Copernicus Land monitoring: lessons learnt, challenges & perspectives. EEA-ESRIN, 21 April, 2015.

[http://old.esaconferencebureau.com/custom/15M34/Ppt%20Copernicus%20only%20PDF/02%20Day-2/session%206/05\\_150420Copernicus-ESA-WS\\_Dufourmont.pdf](http://old.esaconferencebureau.com/custom/15M34/Ppt%20Copernicus%20only%20PDF/02%20Day-2/session%206/05_150420Copernicus-ESA-WS_Dufourmont.pdf)

EEA (2016): Urban sprawl in Europe. Joint EEA-FOEN report.

[https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/urban-sprawl-in-europe/at_download/file)

EEA (2006): Urban sprawl in Europe - The ignored challenge.

[https://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_10/eea\\_report\\_10\\_2006.pdf](https://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf)

EEA (2017): Unsustainable land use threatens European landscapes.

<https://www.eea.europa.eu/highlights/unsustainable-land-use-threatens-european-landscapes>

Elmhagen B., Eriksson, O., Lindborg, R. (2015): Implications of climate and land-use change for landscape processes, biodiversity, ecosystem services, and governance. *Ambio*. 2015 Jan; 44(Suppl 1): 1–5. doi:10.1007/s13280-014-0596-6

Enyedi Gy. (2011): A városnövekedés szakaszai – újragondolva. *Tér és Társadalom*, 25:(1), 5-19.

Ewing, R. (1997): Is Los Angeles-Style Sprawl Desirable? *Journal of the American Planning Association*. Vol. 63, Issue 1, Winter 1997, pp. 107-126.

Farjad B., Pooyandeh M., Gupta A., Motamedi M., Marceau, D. (2017): Modelling Interactions between Land Use, Climate, and Hydrology along with Stakeholders' Negotiation for Water Resources Management. *Sustainability* 2017, 9(11), 2022; doi:10.3390/su9112022

Feddema, J. Oleson, K., Bonan, G., Mearns, L., Washington, W., Meehl, G., Nychka, D. (2005) A comparison of a GCM response to historical anthropogenic land cover change and model sensitivity to uncertainty in present-day land cover representations. *Climate Change* 25(6): pp. 581–609. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/227050781DOI> 10.1007/s00382-005-0038-z

Foley, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Levis, S., Pollard, D., Sitch, S., and Haxeltine, A.: 1996): An Integrated Biosphere Model of Land Surface Processes, Terrestrial Carbon Balance, and Vegetation Dynamics. *Global Biogeochem. Cycles* 10,603–628

Foley, J. A., Levis, S., Prentice, I. C., Pollard, D., and Thompson, S. L.: (1998): 'Coupling Dynamic Models of Climate and Vegetation', *Global Change Biology* 4,561–579. Google Scholar

Foley, J. A., Levis, S., Costa, M. H., Cramer, W., and Pollard, D.: 2000, 'Incorporating Dynamic Vegetation Cover within Global Climate Models', *Ecological Applications* 10(6): pp.1620-1632

Foley, J.A., DeFries, R. et al. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science* 22. Jul 2005: Vol. 309, Issue 5734, pp. 570-574. DOI: 10.1126/science.1111772

Freilich, R.H., Sitkowski, R.J., Mennillo, S. D. (2010): *From Sprawl to Sustainability: Smart Growth, New Urbanism, Green Development, and Renewable Energy* (revised ed.). Chicago: American Bar Association. p. 269. ISBN 978-1-60442-812-4.

Freshwater, D. (2008). Maintaining Farmland: A New Focus for Agricultural Policy. In *Multifunctionality in Agriculture: Evaluating the Degree of Jointness. Policy Implications*, OECD Publishing, pp. 47-65

Fuchs, R., Herold, M., Verburg, P.H., Clevers, J.G.P.W., Eberle, J. (2015): Gross changes in reconstructions of historic land cover/use for Europe between 1900-2010. *Global Change Biology*, 21, 299–313.

Galster, G.R., Hanson, R., Ratcliffe, M.R., Wolman, H., Coleman, S., Freihage, J. (2001): Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12 (4) (2001), pp. 681-717.

Gómez-Antonio, M., Hortas-Rico, L., Li, L. (2014): *The Causes of Urban Sprawl in Spanish Urban Areas: A Spatial Approach* (No. 1402) Universidade de Vigo, GEN-Governance and Economics Research Network (2014)

Gong, P. (2012) Remote sensing of environmental change over China: a review. *Chinese Science Bulletin* 57:2793–2801 doi:10.1007/s11434-012-5268-y

Gong, P., Liang, S., Carlton, EJ et al (2012) Urbanisation and health in China. *Lancet* 379:843–852. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61878-3

Irwin E.G. (2010): New Directions for Urban Economic Models of Land Use Change: Incorporating Spatial Dynamics and Heterogeneity. *Journal of Regional Science* 50(1):65-91 DOI: 10.1111/j.1467-9787.2009.00655.x

Han M., Brierley G.J., Cullum C., Li X. (2016) Climate, Vegetation and Human Land-Use Interactions on the Qinghai–Tibet Plateau Through the Holocene. In: Brierley G., Li X., Cullum C., Gao J. (eds) *Landscape and Ecosystem Diversity, Dynamics and Management in the Yellow River Source Zone*. Springer Geography. Springer, Cham DOI:10.1007/978-3-319-30475-5\_12

Hasse, J.E., Lathrop, R.G. (2003): Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography* 23 (2) (2003), pp. 159-175 DOI: 10.1016/j.apgeog.2003.08.002

Hibbard K, Janetos A, van Vuuren DP, Pongratz J, Rose SK, Betts R, Herold M, Feddema JJ. (2010): Research priorities in land use and land cover change for the earth system and integrated assessment modelling. *International Journal of Climatology* 30: 2118–2128.

Higgins, S.I., Buitenwerf, R., Moncrieff, G.R. (2016): Defining functional biomes and monitoring their change globally. *Global Change Biology*, 2016; DOI: 10.1111/gcb.13367

Hogrefe C. et al. (2004) Modeling the Impact of Global Climate and Regional Land use Change on Regional Climate and Air Quality Over the Northeastern United States. In: Borrego C., Incecik S. (eds)



Air Pollution Modeling and Its Application XVI. Springer, Boston, MA. DOI: 10.1007/978-1-4419-8867-6\_12

Jiao, T., Williams, C.A., Ghimire, B., Masek, J., Gao, F., Schaaf, S. (2017). Global climate forcing from albedo change caused by large-scale deforestation and reforestation: quantification and attribution of geographic variation. *Climatic Change* (2017) 142: pp. 463-476 DOI: 10.1007/s10584-017-1962-8

Kalnay, E, Cai, M. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature* 423(6939):528–531. DOI:10.1038/nature01675

Knowlton, K et al. (2008): Impacts of Heat and Ozone on Mortality Risk in the New York City Metropolitan Region Under a Changing Climate. Thomson, M. C., Garcia-Herrera, R., Beniston, M. eds 2008: Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. pp. 143-160. Springer DOI: 10.1007/978-1-4020-6877-5

Kukely, G., Barta, G., Beluszky, P. and Győri, R. 2006. Barnamezős területek rehabilitációja Budapesten. *Tér és Társadalom*, 20:(1), 57–71.

László E. (2017). A városi hősziget-intenzitás jellemzése, statisztikus modellezése Debrecen és Beregszász példáján. Doktori értekezés, DE, Debrecen.  
[https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/241529/L\\_E\\_phd\\_dolgozat\\_titkosított.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/241529/L_E_phd_dolgozat_titkosított.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Landsberg, H., E. (1981). *The Urban Climate*. Academic Press, 275 p

Lau, KH., Kam. BH. (2005) A cellular automata model for urban land-use simulation. *Environ Plann Plann Des* 32(2):247–263

Le, QB, Park SJ, Vlek PL, Cremers AB (2008). Land-Use Dynamic Simulator (LUDAS): A multi-agent system model for simulating spatio-temporal dynamics of coupled human–landscape system. I. Structure and theoretical specification. *Ecol Informa* 3(2):135–153

Lengyel I., Mozsár F. (2002): A városi területhasználat monocentrikus modelljéről. *Tér és Társadalom*, 16:(3), 1-26. Liu, J., Tian H, Liu M, Zhuang D, Melillo JM, Zhang Z (2005a) China's changing landscape during the 1990s: Large-scale land transformations estimated with satellite data. *Geo-phys Res Lett* 32(2):173

Liu, J., Zhan, J, Deng, X. (2005b) Spatio-temporal patterns and driving forces of urban land expansion in China during the economic reform era. *AMBIO J Hum Environ* 34(6):450–455

Liu, J., Deng, X. (2010) Progress of the research methodologies on the temporal and spatial process of LUCC. *Chin Sci Bull* 55(14):1354–1362

Lehsten, V., Sykes, M.T., Scott, A.V., Tzanopoulos, J., Kallimanis, A., Mazaris, A., Verburg, P.H., Schulp, C.J.E., Potts, S.G., Vogiatzakis, I. (2015): Disentangling the effects of land-use change, climate and CO2 on projected future European habitat types. *Global Ecology and Biogeography*, 24(6): 653-663.

Mapire térképek. <http://mapire.eu/hu/>

McConnell, V., Wiley, K. (2011): "Part IV: Urban Land-Use and Transportation Policy, Chapter 21: Infill Development: Perspectives and Evidence from Economics and Planning". In Brooks, Nancy; Donaghy, Kieran; Knaap, Gerrit-Jan. *The Oxford Handbook of Urban Economics and Planning*. New York: Oxford University Press. pp. 473–502. doi:10.1093/oxfordhb/9780195380620.013.0022. ISBN 978-0-19-538062-0.

Mendelsohn, R., Dinar, A. (2009): Land Use and Climate Change Interactions. *Annual Review of Resource Economics* Vol. 1:309-332 DOI: 10.1146/annurev.resource.050708.144246

MEAE - Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well Being: Synthesis World Resources Institute, Washington, DC (2005)

Molnár, A., Hamza, E., Székely, E., Varga, E. (2011): Az EU társfinanszírozásával megvalósuló főbb vidékfejlesztési intézkedések átfogó értékelése. *Agrárgazdasági Tanulmányok*. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest

Moore, N., Torbick, N., Lofgren, B., Wang, J., Pijanowski, B., Andresen, J., Kim, D.Y., & Olson, J. (2009, August 24). Adapting MODIS-derived LAI and fractional cover into the RAMS in East Africa. *International Journal of Climatology*, Published Online, DOI: 10.1002/joc.2011

Moore, N., Pijanowski, B., Lofgren, B., Alagarswamy, G., Andresen, J., & Olson, J. (2008). Modeling Future Land Use, Regional Climate, and Maize Yields in East Africa, *EOS Trans AGU*, 88(52) Fall Meet. Supp., B43H-07, San Francisco, CA, 2007.

Mosammam, M.H., Nia, J.T., Khani, H., Teymouria, A., Kazemia, M. (2017): Monitoring land use change and measuring urban sprawl based on its spatial forms: The case of Qom city. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* Vol. 20, Issue 1, June 2017, pp. 103-116 doi: 10.1016/j.ejrs.2016.08.002

Munteanu, C., Kuemmerle, T., Nicholas, S. et al. (2015): Legacies of 19th century land use shape contemporary forest cover. *Global Environmental Change* Volume 34, September 2015, pp. 83-94

Munroe, D.K., Müller, D. (2007): Issues in spatially explicit statistical land-use/cover change (LUCC) models: Examples from western Honduras and the Central Highlands of Vietnam. *Land Use Policy* Vol. 24, (3), July 2007, pp. 521-530

National Research Council (2013) *Advancing land change modeling: opportunities and research requirements*. The National Academies Press, Washington

Niyogi D, Mahmood R, Adegoke JO. 2009. Land-use/land-cover change and its impacts on weather and climate. *Boundary-Layer Meteorology* 133: 297–298, DOI: 10.1007/s10546-009-9437-8.

Oliver, T.H. - Morecroft, M.D. (2014): Interactions between climate change and land use change on biodiversity: attribution problems, risks, and opportunities. in: *Wires Climate Change* Volume 5, Issue 3 May/June 2014 pp. 317–335. DOI: 10.1002/wcc.271

Paroissien, J. B., - F. Darboux, A. Couturier, B. Devillers, F. Mouillot, D. Raclot, Y. Le Bissonnais (2015): A method for modeling the effects of climate and land use changes on erosion and sustainability of soil in a Mediterranean watershed (Languedoc, France) in: *J. Environ. Manage.*, 150 (2015), pp. 57-68, DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.10.034

Pilke, R.A., Pitman, A., Niyogi, Dev et al. (2011): Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. *WIREs Climate Change* 2011, 2:828–850. doi: 10.1002/wcc.144.

Pitman AJ, de Noblet-Ducoudré N, Cruz FT, Davin EL, Bonan GB, Brovkin V, Claussen M, Delire C, Ganzeveld G, Gayler V, van den Hurk BJM, Lawrence PJ, van der Molen MK, Müller C, Reick CH, Seneviratne SI, Strengers BJ, Voldoire A. 2009. Uncertainties in climate responses to past land cover change: First results from the LUCID intercomparison study. *Geophys. Res. Lett.* 36: L14814, DOI: 10.1029/2009GL039076.

Quillet, A., Peng, C., Garneau, M. (2010): Toward dynamic global vegetation models for simulating vegetation–climate interactions and feedbacks: recent developments, limitations, and future challenges. *Environmental Reviews*, 2010, 18(NA): pp. 333-353, doi:10.1139/A10-016

Rahimi, A. (2016): A methodological approach to urban land-use change modeling using infill development pattern—a case study in Tabriz, Iran. *Ecological Processes* 2016 5:1 DOI: 10.1186/s13717-016-0044-6

Routschek, A. J. Schmidt, F. Kreienkamp 2014: Impact of climate change on soil erosion – a high-resolution projection on catchment scale until 2100 in Saxony/Germany *Catena*, 121 (2014), pp. 99-109, DOI: 10.1016/j.catena.2014.04.019

Rounsevell, M.D.A., Reay, D.S. Land use and climate change in the UK. *Land Use Policy*, 26 (2009), pp. S160-S169 *Land Use Futures*

Sala, O.E., Chapin F.S., Armesto J.J. et al., (2000) "Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science*. 287 (5459): pp. 1770-1774. DOI:10.1126/science.287.5459.1770.

Schaeffer, M., Eickhout, B., Hoogwijk, M., Strengers, B., vanVuuren, D., Leemans, D., Opsteegh, T. (2006): CO<sub>2</sub> and albedo climate impacts of extratropical carbon and biomass plantations. *Global Biogeochemical Cycles* Volume 20, (2) DOI: 10.1029/2005GB002581

Semboloni F, Assfalg J, Armeni S, Gianassi, R, Marsoni F (2004) CityDev, an interactive multi- agents urban model on the web. *Comput Environ Urban Syst* 28(1):45–64

Shepherd JM, Carter M, Manyin M, Messen D, Burian S (2010) The impact of urbanization on current and future coastal precipitation: a case study for Houston. *Environ Plann Plann Des* 37(2): 284–304

Soósné Dezső Zs. (2009). A magyarországi és közép-európai nagyvárosokban kialakuló városi hősziget vizsgálata finom felbontású műholdképek alapján. Doktori értekezés, ELTE, Budapest. [http://teo.elte.hu/minosites/tezis2009/soosne\\_dezso\\_zs.pdf](http://teo.elte.hu/minosites/tezis2009/soosne_dezso_zs.pdf)

Stehfest E, Heistermann M, Priess JA, Ojima DS, Alcamo J (2007) Simulation of global crop production with the ecosystem model dayCent. *Ecol Model* 209(2):203–219

Strengers B, Müller C, Schaeffer M, Haarsma R, Severijns C, Gerten D, Schaphoff S, van den Houdt R, Oostenrijk R. (2010): Assessing 20th century climate–vegetation feedbacks of land-use change and natural vegetation dynamics in a fully coupled vegetation–climate model. *International Journal of Climatology* 30: 2055–2065. Published online 6 April 2010 in Wiley Online Library ([wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)) DOI: 10.1002/joc.2132

- Sykes, M. T. (2009): Climate Change Impacts: Vegetation. eLS. DOI: 10.1002/9780470015902.a0021227
- Syphard AD, Clarke, K. C., & Franklin, J (2005) Using a cellular automaton model to forecast the effects of urban growth on habitat pattern in southern California. *Ecological Complex* 2(2)185–203
- Syvitski, J. P.M., (2012): Anthropocene: An epoch of our making IGBP's Global Change magazine Issue 78, March 2012
- Tewelde, M.G., Cabral, P. (2011): Urban sprawl analysis and modeling in Asmara, Eritrea. *Remote Sensing* 3 (10) (2011), pp. 2148-2165
- Unger J., Sümeghy Z., (2000). A városi hőmérsékleti többlet - Szeged példáján keresztül, A földrajz tanítása 8/4, 8-13
- United Nations (2015) World urbanization prospects: the 2014 revision. Google Scholar
- Xuecao, L., Peng G. (2016): Urban growth models: progress and perspective. *Science Bulletin* 61(21), 1637-1650(2016); DOI: 10.1007/s11434-016-1111-1
- Van Noort, E. A., & Reijmer, I. J. T. (1999). Location Choice of SMEs: The Most Important Determinants. EIM, Small Business Research and Consultancy.
- Verburg PH, Soepboer W, Veldkamp A, Limpiada R, Espaldon V, Mastura SS (2002) Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environl Manage* 30(3):391–405
- Van Delden, H.–Seppelt, R.–White, R., Jakeman, A. J. (2011): A methodology for the design and development of integrated models for policy support *Environmental Modelling and Software* 26 (3): 266–279.
- Vaszócsik, V. (2016): Hazai tájhasználat változási folyamatok modellezése In: Horváth, G. (szerk.) *Tájhasználat és tájvédelem – kihívások és lehetőségek* pp. 190. Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet Környezet-és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest.
- Vaszócsik, V. (2017): Meddig nőhetnek a városok? A területhasználat-változási folyamatok modellezése. *Területi Statisztika*, 2017, 57(2): 205–223; DOI: 10.15196/TS570205
- Wegener, M. (2004): Overview of land-use transport models. *Handb Transp Geogr Spat Syst* 5:127–146.
- Hunt, JD., Kriger, DS., Miller, E. (2005): Current operational urban land-use-transport modelling frameworks: a review. *Transport Reviews* 25, (3). doi: 10.1080/0144164052000336470
- Weng, Q. (2012): Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: requirements, methods, and trends. *Remote Sens Environ* 117:34–49
- Williams, J. W., & Jackson, S. T. (2007): Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 475–482.
- Wohl, E. (2013): Wilderness is dead: Whither critical zone studies and geomorphology in the Anthropocene? *Anthropocene*, 2, 4–15.

Xie, Y., Fang, C., Lin, G. C. S., Gong, H., & Qiao, B. (2007). Tempo-Spatial Patterns of Land Use Changes and Urban Development in Globalizing China: A Study of Beijing. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 7(11), 2881–2906.

Zhang T, Zhan J, Huang J, Yu R, Shi C (2013): An agent-based reasoning of impacts of regional climate changes on land use changes in the three-river headwaters region of China. *Adv Meteorol* 2013, Article ID 248194, 9 pages, doi: 10.1155/2013/248194

## 10 MELLÉKLETEK

### 10.1 Melléklet: A kutatási terület települési szintű meghatározása, valamint azok alapadatai

Településnév	Jogállás	Járás	Megye	Népesség (fő) 2016	Nő (fő) 2016	Férfi (fő) 2016
Budapest	főváros		Budapest	1705272	911942	793330
Alcsútdoboz	község	Bicskei	Fejér	1461	714	747
Baracska	község	Martonvásári	Fejér	2771	1372	1399
Beloianisz	község	Dunaújvárosi	Fejér	1140	552	588
Besnyő	község	Dunaújvárosi	Fejér	1746	885	861
Bicske	város	Bicskei	Fejér	12430	6103	6327
Bodmér	község	Bicskei	Fejér	240	115	125
Csabdi	község	Bicskei	Fejér	1270	656	614
Ercsi	város	Martonvásári	Fejér	8413	4116	4297
Etyek	nagyközség	Bicskei	Fejér	4310	2199	2111
Felcsút	község	Bicskei	Fejér	1888	953	935
Gyúró	község	Martonvásári	Fejér	1262	627	635
Iváncsa	község	Dunaújvárosi	Fejér	2798	1410	1388
Kajászó	község	Martonvásári	Fejér	1090	553	537
Kápolnásnyék	község	Gárdonyi	Fejér	3750	1921	1829
Mány	község	Bicskei	Fejér	2516	1257	1259
Martonvásár	város	Martonvásári	Fejér	5699	2912	2787
Pázmánd	község	Gárdonyi	Fejér	2135	1047	1088
Pusztaszabolcs	város	Dunaújvárosi	Fejér	6066	3078	2988
Ráckeresztúr	község	Martonvásári	Fejér	3360	1669	1691
Szár	község	Bicskei	Fejér	1686	855	831
Tabajd	község	Bicskei	Fejér	1009	533	476
Tordas	község	Martonvásári	Fejér	2078	1029	1049
Újbarok	község	Bicskei	Fejér	424	216	208
Vál	község	Martonvásári	Fejér	2549	1284	1265
Vereb	község	Gárdonyi	Fejér	824	420	404
Óbarok	község	Bicskei	Fejér	829	404	425
Gyermely	község	Tatabányai	Komárom-Esztergom	1473	718	755
Leányvár	község	Esztergomi	Komárom-Esztergom	1799	926	873
Máriaalom	község	Esztergomi	Komárom-Esztergom	669	331	338
Piliscsév	község	Esztergomi	Komárom-Esztergom	2435	1245	1190
Szárliget	község	Tatabányai	Komárom-Esztergom	2471	1230	1241
Szomor	község	Tatabányai	Komárom-Esztergom	1119	571	548
Úny	község	Esztergomi	Komárom-Esztergom	733	358	375
Bér	község	Pásztói	Nógrád	350	184	166
Buják	község	Pásztói	Nógrád	2128	1103	1025
Csécse	község	Pásztói	Nógrád	914	487	427

Erdőkürt	község	Pásztói	Nógrád	535	274	261
Erdőtarcsa	község	Pásztói	Nógrád	541	281	260
Kálló	község	Pásztói	Nógrád	1568	782	786
Kisbágyon	község	Pásztói	Nógrád	441	240	201
Szirák	község	Pásztói	Nógrád	1143	573	570
Vanyarc	község	Pásztói	Nógrád	1281	666	615
Albertirsa	város	Ceglédi	Pest	12616	6583	6033
Alsónémedi	nagyközség	Gyáli	Pest	5257	2672	2585
Apaj	község	Ráckevei	Pest	1223	585	638
Áporka	község	Ráckevei	Pest	1208	579	629
Aszód	város	Aszódi	Pest	6151	3228	2923
Bag	nagyközség	Aszódi	Pest	3836	1970	1866
Bénye	község	Monori	Pest	1225	640	585
Biatorbágy	város	Budakeszi	Pest	13030	6604	6426
Budajenő	község	Budakeszi	Pest	2033	1031	1002
Budakalász	város	Szentendrei	Pest	10879	5596	5283
Budakeszi	város	Budakeszi	Pest	14575	7552	7023
Budaörs	város	Budakeszi	Pest	29455	15266	14189
Bugyi	nagyközség	Dabasi	Pest	5283	2709	2574
Ceglédbercel	község	Ceglédi	Pest	4332	2321	2011
Csévharaszt	község	Monori	Pest	1964	975	989
Csobánka	község	Szentendrei	Pest	3346	1678	1668
Csomád	község	Dunakeszi	Pest	1575	777	798
Csömör	nagyközség	Gödöllői	Pest	9300	4742	4558
Csörög	község	Váci	Pest	2081	1032	1049
Dabas	város	Dabasi	Pest	16818	8742	8076
Dánszentmiklós	község	Ceglédi	Pest	2977	1488	1489
Dány	község	Gödöllői	Pest	4343	2234	2109
Délegyháza	község	Szigetszentmiklósi	Pest	3945	1961	1984
Diósd	város	Érdi	Pest	9813	5061	4752
Domony	község	Aszódi	Pest	2170	1093	1077
Dunabogdány	község	Szentendrei	Pest	3240	1674	1566
Dunaharaszti	város	Szigetszentmiklósi	Pest	21596	11196	10400
Dunakeszi	város	Dunakeszi	Pest	43320	22440	20880
Dunavarsány	város	Szigetszentmiklósi	Pest	7805	3970	3835
Ecser	nagyközség	Vecsési	Pest	3837	1987	1850
Érd	megyei jogú város	Érdi	Pest	66556	33930	32626
Erdőkertes	község	Gödöllői	Pest	7984	4010	3974
Farmos	község	Nagykátai	Pest	3569	1805	1764
Felsőpakony	nagyközség	Gyáli	Pest	3510	1775	1735
Fót	város	Dunakeszi	Pest	19409	9819	9590
Galgahévíz	község	Aszódi	Pest	2591	1323	1268
Galgamácsa	község	Aszódi	Pest	1876	965	911
Göd	város	Dunakeszi	Pest	19817	10058	9759
Gödöllő	város	Gödöllői	Pest	32110	16842	15268

Gomba	község	Monori	Pest	2990	1519	1471
Gyál	város	Gyáli	Pest	24016	12247	11769
Gyömrő	város	Monori	Pest	17236	9033	8203
Halásztelek	város	Szigetszentmiklósi	Pest	9891	5069	4822
Herceghalom	község	Budakeszi	Pest	2425	1182	1243
Hévízgyörk	község	Aszódi	Pest	3104	1626	1478
Iklad	község	Aszódi	Pest	2083	1069	1014
Inárcs	nagyközség	Dabasi	Pest	4626	2325	2301
Isaszeg	város	Gödöllői	Pest	11334	5699	5635
Kakucs	község	Dabasi	Pest	3024	1477	1547
Kartal	nagyközség	Aszódi	Pest	5890	2986	2904
Káva	község	Monori	Pest	648	334	314
Kerepes	város	Gödöllői	Pest	10352	5180	5172
Kiskunlacháza	nagyközség	Ráckevei	Pest	8890	4575	4315
Kismaros	község	Szobi	Pest	2260	1149	1111
Kisnémedi	község	Váci	Pest	707	355	352
Kisoroszi	község	Szentendrei	Pest	1001	498	503
Kistarcsa	város	Gödöllői	Pest	12579	6563	6016
Kóka	község	Nagykátai	Pest	4455	2279	2176
Leányfalu	nagyközség	Szentendrei	Pest	3772	1962	1810
Maglód	város	Vecsési	Pest	12392	6264	6128
Majosháza	község	Szigetszentmiklósi	Pest	1642	802	840
Mende	község	Nagykátai	Pest	4225	2182	2043
Mikebuda	község	Ceglédi	Pest	732	362	370
Mogyoród	nagyközség	Gödöllői	Pest	6617	3326	3291
Monor	város	Monori	Pest	18291	9465	8826
Monorierdő	község	Monori	Pest	4538	2281	2257
Nagykátai	város	Nagykátai	Pest	12678	6556	6122
Nagykovács	nagyközség	Budakeszi	Pest	7922	4061	3861
Nagymaros	város	Szobi	Pest	4876	2431	2445
Nagytarcsa	község	Gödöllői	Pest	4000	2024	1976
Nyáregyháza	község	Monori	Pest	3725	1881	1844
Órbottyán	város	Váci	Pest	7222	3647	3575
Pánd	község	Monori	Pest	2001	1002	999
Páty	község	Budakeszi	Pest	7437	3801	3636
Pécel	város	Gödöllői	Pest	15892	8151	7741
Perbál	község	Budakeszi	Pest	2088	1066	1022
Péteri	község	Monori	Pest	2278	1168	1110
Pilis	város	Monori	Pest	11752	5898	5854
Pilisborosjenő	község	Pilisvörösvári	Pest	3725	1873	1852
Piliscsaba	város	Pilisvörösvári	Pest	8034	4099	3935
Pilisjászfalu	község	Pilisvörösvári	Pest	1680	846	834
Pilisszántó	község	Pilisvörösvári	Pest	2536	1273	1263
Pilisszentiván	község	Pilisvörösvári	Pest	4473	2304	2169
Pilisszentkereszt	község	Szentendrei	Pest	2164	1127	1037



Pilisszentlászló	község	Szentendrei	Pest	1223	625	598
Pilisvörösvár	város	Pilisvörösvári	Pest	14421	7584	6837
Pomáz	város	Szentendrei	Pest	17595	8996	8599
Pusztazámor	község	Érdi	Pest	1211	612	599
Pócsmegyer	község	Szentendrei	Pest	2223	1103	1120
Remeteszőlős	község	Budakeszi	Pest	816	432	384
Solymár	nagyközség	Pilisvörösvári	Pest	10746	5538	5208
Sülysáp	város	Nagykátai	Pest	8240	4192	4048
Szada	nagyközség	Gödöllői	Pest	4985	2545	2440
Százhalombatta	város	Érdi	Pest	19357	10136	9221
Szentendre	város	Szentendrei	Pest	27229	14355	12874
Szentmártonkátá	nagyközség	Nagykátai	Pest	5002	2507	2495
Szigetcsép	község	Ráckevei	Pest	2417	1260	1157
Szigethalom	város	Szigetszentmiklósi	Pest	18005	9138	8867
Szigetmonostor	község	Szentendrei	Pest	2617	1292	1325
Szigetszentmárton	község	Ráckevei	Pest	2254	1176	1078
Szigetszentmiklós	város	Szigetszentmiklósi	Pest	37152	19135	18017
Szigetújfalu	község	Ráckevei	Pest	2131	1068	1063
Sződ	község	Váci	Pest	2824	1433	1391
Sződliget	község	Váci	Pest	4547	2320	2227
Sóskút	község	Érdi	Pest	3308	1681	1627
Tahitótfalu	község	Szentendrei	Pest	5800	2916	2884
Taksony	nagyközség	Szigetszentmiklósi	Pest	6308	3195	3113
Tápióbicske	község	Nagykátai	Pest	3657	1822	1835
Tápiógyörgye	község	Nagykátai	Pest	3511	1809	1702
Tápióság	község	Nagykátai	Pest	2738	1417	1321
Tápiószecső	nagyközség	Nagykátai	Pest	6203	3138	3065
Tápiószele	város	Nagykátai	Pest	6244	3137	3107
Tápiószentmárton	nagyközség	Nagykátai	Pest	5437	2793	2644
Tárnok	nagyközség	Érdi	Pest	9543	4857	4686
Tatárszentgyörgy	község	Dabasi	Pest	1989	1003	986
Telki	község	Budakeszi	Pest	3987	2005	1982
Tinnye	község	Pilisvörösvári	Pest	1706	837	869
Tök	község	Budakeszi	Pest	1388	702	686
Tököl	város	Szigetszentmiklósi	Pest	10433	5388	5045
Törökbálint	város	Érdi	Pest	13837	7132	6705
Tura	város	Aszódi	Pest	7833	4101	3732
Tóalmás	község	Nagykátai	Pest	3460	1770	1690
Újhartyán	város	Dabasi	Pest	2764	1455	1309
Újlengyel	község	Dabasi	Pest	1715	911	804
Üllő	város	Vecsési	Pest	11749	6041	5708
Úri	község	Nagykátai	Pest	2545	1341	1204
Üröm	község	Pilisvörösvári	Pest	7380	3745	3635
Vác	város	Váci	Pest	34663	18054	16609
Vácegres	község	Aszódi	Pest	863	430	433

Váchartyán	község	Váci	Pest	1837	942	895
Váckisútfalu	község	Váci	Pest	485	241	244
Vácrátót	község	Váci	Pest	1808	927	881
Vácszentlászló	község	Gödöllői	Pest	2083	1085	998
Valkó	nagyközség	Gödöllői	Pest	2413	1237	1176
Vasad	község	Monori	Pest	2015	997	1018
Vecsés	város	Vecsési	Pest	20997	10827	10170
Veresegyház	város	Gödöllői	Pest	17756	9122	8634
Verőce	község	Szobi	Pest	3720	1900	1820
Verseg	község	Aszódi	Pest	1367	713	654
Zebegény	község	Szobi	Pest	1261	612	649
Zsámbék	város	Budakeszi	Pest	5532	2834	2698
Zsámbok	község	Gödöllői	Pest	2411	1210	1201
Ócsa	város	Gyáli	Pest	9513	4808	4705