



ökoszisztéma-
szolgáltatások
a természet ajándékai



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális
Fejlesztési Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI 2020

Szintézis-elemzés



sokszínű zöld
a természetem

KEHOP-4.3.0-VEKOP-15-2016-00001



ökoszisztéma-
szolgáltatások
a természet ajándékai

KEHOP-4.3.0-VEKOP-15-2016-00001

A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését,
valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű
megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok.

Nemzeti ökoszisztéma-szolgáltatások térképezése és -értékelése projektlem
(NÖSZTÉP)

II/4M ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSOK TÉRKÉPEZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

AZ ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSOK ÉS -ÁLLAPOT SZINTETIZÁLÓ
ELEMZÉSE - ÁTFOGÓ ÉRTÉKELŐ JELENTÉS

Szerkesztette: Tanács Eszter



sokszínű zöld
a természetem

Kedvezményezett: Agrárminisztérium

Budapest, 2021.



A dokumentumot készítette: Tanács Eszter, Vári Ágnes, Kiss Márton, Endrédi Anett, Mészáros János, Pásztor László, Bede-Fazekas Ákos, Rezneki Rita, Koncz Péter, Csákvári Edina, Fabók Veronika, Kovács-Hostyánszki Anikó, Kisné Fodor Lívია, Zsembery Zita, Török Katalin

Konzorciumvezető: Agrárminisztérium

A projektben résztvevő partnerintézmények:

Lechner Tudásközpont (LTK)
Talajtani és Agrokémiai Intézet (TAKI)
Ökológiai Kutatóközpont (ÖK)
Agrárgazdasági Kutatóintézet (AKI)

Kapcsolat:

Levelezési cím: 1052 Budapest, Apáczai Csere János utca 9.

E-mail: okoszisztemaszolgaltatasok@termeszetem.hu

Információk a projektről: <https://termeszetem.hu/hu>

Hivatkozás:

A publikáció megosztható és sokszorosítható. Felhasználása esetén használandó hivatkozás a következő:

Tanács E., Kiss M., Endrédi A., Mészáros J., Pásztor L., Bede-Fazekas Á., Rezneki R., Koncz P., Csákvári E., Fabók V., Kovács-Hostyánszki A., Kisné Fodor L., Zsembery Z., Török K., Vári Á. (2021): Az ökoszisztéma-szolgáltatások és -állapot szintetizáló elemzése - átfogó értékelő jelentés. *A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok projekt, Ökoszisztéma-szolgáltatások projektelem.* Agrárminisztérium, Budapest, pp. 131

Szövegekzi hivatkozás: Tanács et al. (2021)

DOI szám: [10.34811//osz.szinteziselemzes.tanulmany](https://doi.org/10.34811/osz.szinteziselemzes.tanulmany)

A KEHOP-4.3.0-VEKOP-15-2016-00001 „A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok” című projekt az Európai Regionális Fejlesztési Alap (ERFA), valamint a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program és a Versenyképes Közép-Magyarország Operatív Program támogatásával valósult meg.

1. Tartalomjegyzék

1.	Tartalomjegyzék	2
1.	Bevezetés	4
1.1.	Előzmények	4
1.2.	Célkitűzések.....	6
1.3.	A szintézis alapjai, a kaszkárendszer használata a projektben és a szintézis során	6
1.4.	Az ökoszisztéma-állapot és kapcsolata az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal.....	8
1.5.	Az ökoszisztéma-szolgáltatások közötti kapcsolatok.....	10
1.6.	A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis-elemzése	12
2.	Az indikátorok kiválasztása	14
2.1.	A kaszkárendszer módosítása.....	14
2.2.	Kiválasztott ökoszisztémaszolgáltatás-indikátorok.....	17
2.3.	Kiválasztott állapot-indikátorok	19
2.4.	Az elemzéshez felhasznált egyéb adatok.....	21
3.	A szintézisben alkalmazott elemzési módszerek bemutatása	23
3.1.	Térbeli tagolás	23
3.2.	A multifunkcionalitás értékelése hotspot elemzéssel	25
3.3.	Az egyes szolgáltatás- és állapot-indikátorok összefüggéseinek elemzése.....	26
3.3.1.	Korreláció-elemzés	26
3.3.2.	A korrelációk hálózat-alapú vizsgálata	27
3.3.3.	Főkomponens-analízis (PCA)	27
3.3.4.	Szolgáltatás-csoportok térbeli lehatárolása k-means klaszteranalízissel	28
3.4.	A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis-elemzésének módszertana ...	28
4.	Eredmények	31
4.1.	Az egyes szolgáltatás-indikátorok térbeli mintázatai	31
4.2.	A multifunkcionalitás értékelése hotspot elemzéssel	33
4.2.1.	A multifunkcionalitás országos értékelése	34
4.2.2.	Néhány gondolat a potenciális és a tényleges szint értékelése kapcsán	40
4.2.3.	A multifunkcionalitás és a területi védelem összefüggései	41
4.3.	Az egyes szolgáltatás- és állapot-indikátorok összefüggéseinek elemzése (korreláció, főkomponens-analízis, illetve hálózatok segítségével).....	44
4.3.1.	Országos értékelés	44

4.3.2.	Erdők	51
4.3.3.	Gyepek	56
4.3.4.	Szántók	58
4.4.	Hasonló ökoszisztémaszolgáltatás-készlettel jellemezhető területek lehatárolása klaszteranalízissel (ökoszisztémaszolgáltatás-csoportok).....	60
4.5.	A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis-elemzésének eredményei.....	63
5.	Összegzés	66
6.	Hivatkozások	68
	Rövidítések jegyzéke	77
	Mellékletek listája	78
1.	Melléklet	Hiba! A könyvjelző nem létezik. 9
2.	Melléklet	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.	Melléklet	119

1. Bevezetés

Az ökoszisztéma-szolgáltatások (ÖSz) alatt mindazokat a kézzelfogható és kézzel nem fogható javakat és szolgáltatásokat értjük, amelyeket az ökoszisztémák nyújtanak, s amelyek hozzájárulnak az emberi jóllét fenntartásához és növeléséhez (MEA, 2005). Az ökoszisztéma-szolgáltatásoknak három fő típusát különböztethetjük meg, az ellátó, a szabályozó és a kulturális szolgáltatásokat. Az ellátó szolgáltatások közé a társadalom számára közvetlen hasznot nyújtó anyagi javak sorolhatók (tápanyagok, nyersanyagok, állati és növényi energiaforrások). A szabályozó és fenntartó szolgáltatások közé tartoznak mindazon felszíni vagy felszín alatti természeti folyamatok, melyek biztosítják az ökoszisztémák működésének egyensúlyát (pl. talaj, víz, légkör állapotainak, folyamatainak szabályozása, beporzás, biológiai védelem). Kulturális szolgáltatásoknak tekinthetjük azokat a nem materiális szolgáltatásokat, amelyeket az emberek a természetből meríthetnek (pl. rekreáció, kikapcsolódás a természetben, spirituális gazdagodás) (ld. Kovács-Hostyánszki et al. 2019). Az ökoszisztéma-szolgáltatások a természet és társadalom határmezsgyéjén állnak, így kettős meghatározottságú jelenségek: vizsgálatuk nem önmagában a természet (által nyújtott) értékekre vonatkozik, hanem ezeket emberi, társadalmi szempontok alapján értékeli (Kelemen & Pataki 2014).

Az ökoszisztéma-szolgáltatások térképezésének és értékelésének térbeli alapegységeit maguk az ökoszisztémák jelentik. A hagyományos ökológiai megközelítésben ökoszisztéma alatt az élő szervezetek és abiotikus környezetük együttesét és a köztük lévő összetett kapcsolatrendszerért értették. 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 ökoszisztémák) (Maes et al. 2014). Az ökoszisztéma-szolgáltatások térképezésekor az ökoszisztémák konkrét, adott földrajzi helyeken megjelenő előfordulásait tekintjük ökoszisztémáknak, amik a térképezés kitűzött léptékében az ökotópoknak (élőhelyeknek) feleltethetők meg. Jelen projektben első lépésként előállított Ökoszisztéma-alapterkép¹ (Agrárminisztérium 2019, Tanács et al. 2019) szolgáltatta az ökoszisztéma-szolgáltatások minőségi és mennyiségi becslésének térképi alapját.

Jelen dokumentum célja a projekt során értékelt és térképezett ökoszisztéma-szolgáltatások együttes elemzése, továbbá ezek összevetése az ökoszisztéma állapot (ÖÁ) mutatóival. A hasonló, szintetizáló jellegű elemzés lehetősége az ökoszisztémaszolgáltatás-értékelések legfőbb előnye - ez teszi lehetővé, hogy ténylegesen többszemponútú legyen az értékelés. Ilyen módon az egyes részértékelések eredményeit egységesen, egy keretrendszerben lehet megjeleníteni, áttekinteni és a döntéshozók elé tárni. A jövőbeli döntéshozás fontos szempontja lehet az adott területre jellemző szolgáltatások optimalizálása, a multifunkcionalitás növelése, egy-egy szolgáltatás maximális kiaknázása helyett.

1.1. Előzmények

A Millenniumi Ökoszisztéma Értékelés (Millenium Ecosystem Assessment – MEA 2005) az elmúlt évtizedben ráirányította a figyelmet a természetes élőhelyek degradálódásának gyors ütemére és a természet emberi jólléthez való hozzájárulásának fontosságára. Ennek köszönhetően

¹ <http://alapterkep.termeszetem.hu/>

az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma beépült a nemzetközi szakpolitikába és az Európai Unió természetvédelemre vonatkozó intézkedéseinek, célkitűzéseinek központi elemévé vált. Az Európai Unió 2020-ig tartó Biodiverzitás Stratégiájának egyik fő célkitűzése az ökoszisztémák szolgáltatásainak minél teljesebb megőrzése volt. Ennek érdekében a Biodiverzitás Stratégia 2. célkitűzésének 5. intézkedése előírta az Európai Unió tagországai számára, hogy térképezzék és értékeljék a területükön található ökoszisztémák állapotát, valamint az általuk nyújtott szolgáltatások helyzetét, gazdasági értékét. Továbbá törekedjenek arra, hogy 2020-ig ezek az értékek beépüljenek az uniós és nemzeti szintű számviteli és jelentéstételi rendszerekbe.

A magyarországi, 2015-2020-ig tartó Nemzeti Biodiverzitás Stratégiában is kiemelkedő helyet kapott az ökoszisztéma-szolgáltatások témaköre. Előirányozta az ökoszisztéma-szolgáltatásokat leíró adatbázis elkészítését, illetve a szolgáltatások indikátorok és pénzügyi mutatók segítségével történő értékelését, majd azok eredményeinek a hatásvizsgálati eljárásokba, a költség-haszon elemzésekbe, az infrastrukturális fejlesztési folyamatokba és a támogatási rendszerekbe tervezett beépítését.

Az Európai Bizottság 2012-ben egy munkacsoportot állított fel az ökoszisztémák és szolgáltatásaik térképezésére és értékelésére (Working Group on Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services – MAES), amelynek fő feladata volt, hogy módszertani ajánlásokkal segítse a tagországokat az uniós biodiverzitás stratégiában előírt térképezési és értékelési feladatok megvalósításában tagállami és uniós szinten (EC 2012). Azóta szinte valamennyi tagállamban elindultak nemzeti ökoszisztéma-szolgáltatás értékelési és térképezési projektek. Egyes országokban korán lezárult az értékelési folyamat (pl. Angliában, Luxemburgban és Spanyolországban; ld. Becerra-Jurado et al. 2015, Santos-Martín et al. 2013), de sok országban még nem teljes (Burkhard et al. 2018), vagy az eredmények nemzetközi közzététele még várat magára. Több ország publikált tervezeteket az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésének folyamatához (Dimopoulos et al. 2017, Bukvareva et al. 2017) vagy az értékelni tervezett szolgáltatások körét (Grunewald et al. 2017, Kokkoris et al. 2020, Vogiatzakis et al. 2020), esetleg részterületekre esettanulmányokat (Crouzat et al. 2019, Kotsiras et al. 2020, Nedkov et al. 2018). Egyes országokból még csak ökoszisztéma-alaptérképet közöltek (Blasi et al. 2017), vagy csupán az értékelésre fókuszáltak, míg a térképezés későbbi megvalósításra vár (Crouzat et al. 2019).

Magyarországon 2016 őszén indult az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztálya (AM TMF) által koordinált „A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok” című projekt. „Ökoszisztéma-szolgáltatások” (korábban Nemzeti Ökoszisztéma-szolgáltatás Térképezés és Értékelés; röviden NÖSZTÉP) nevű projektemének fő feladatai a hazai ökoszisztémák alaptérképeinek elkészítése, erre épülően az ökoszisztémák egyes állapotjellemzőinek és egyes, a hazai viszonyok között kiemelt fontossággal bíró ökoszisztéma-szolgáltatásoknak az országos térképezése és értékelése, valamint ezekhez kapcsolódóan gazdasági, jóléti értékelések és jövőképelemzések készítése voltak. Az értékelendő szolgáltatások listáját az ökoszisztéma-szolgáltatások nemzetközi kategóriarendszerének (CICES 4.3, Haines-Young & Potschin 2012) magyar fordítású, részben már a hazai viszonyokra adaptált verziója (CICES-HU) alapján dolgozta ki a NÖSZTÉP ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésért és térképezésért felelős munkacsoport széles körből bevont szakértők segítségével. A bevonás prioritizáló workshopok keretében, valamint a projekt Vezetői Szakértői Pannellel történő

folyamatos konzultációval történt (Kovács-Hostyánszki et al. 2019). 12 szolgáltatás került kiválasztásra, a szakértői munkacsoportok (SZMCS) ezeket értékelték és térképezték.

1.2. Célkitűzések

Az ökoszisztéma-szolgáltatások keretrendszere, melyen belül a kiválasztott szolgáltatásokat értékeljük, lehetőséget ad arra, hogy több szolgáltatást és ökológiai állapotjelzőt térben explicit módon felmérjünk és összevegyünk. A jelen dokumentumban bemutatott szintetizáló elemzés közvetlen célja a hazai ökoszisztémák szolgáltatásnyújtó-képességének több szempontú értékelése a folyamat elején kiválasztott szolgáltatások együttes elemzésével, pontosabban:

- az ökoszisztéma-szolgáltatás potenciál szempontjából kiemelkedő területek körvonalazása,
- az ökoszisztéma-szolgáltatások közötti nagyléptékű összefüggések, kölcsönhatások feltárása,
- az ökoszisztéma-szolgáltatások összefüggése az ökoszisztéma-állapot (ÖÁ) indikátorokkal.

A térképezett ökoszisztéma-szolgáltatásokon végzett szintézis-elemzés alapját képezheti továbbá területhasználati alternatívák mérlegelésének, valamint segítheti a zöldinfrastruktúra-fejlesztéseket (célterület-lehatárolás, tipizálás, minősítés). Hasonlóra a projektben már született is egy lehetséges alkalmazás, a Zöldinfrastruktúra projektelem keretében (Csószai et al. 2021).

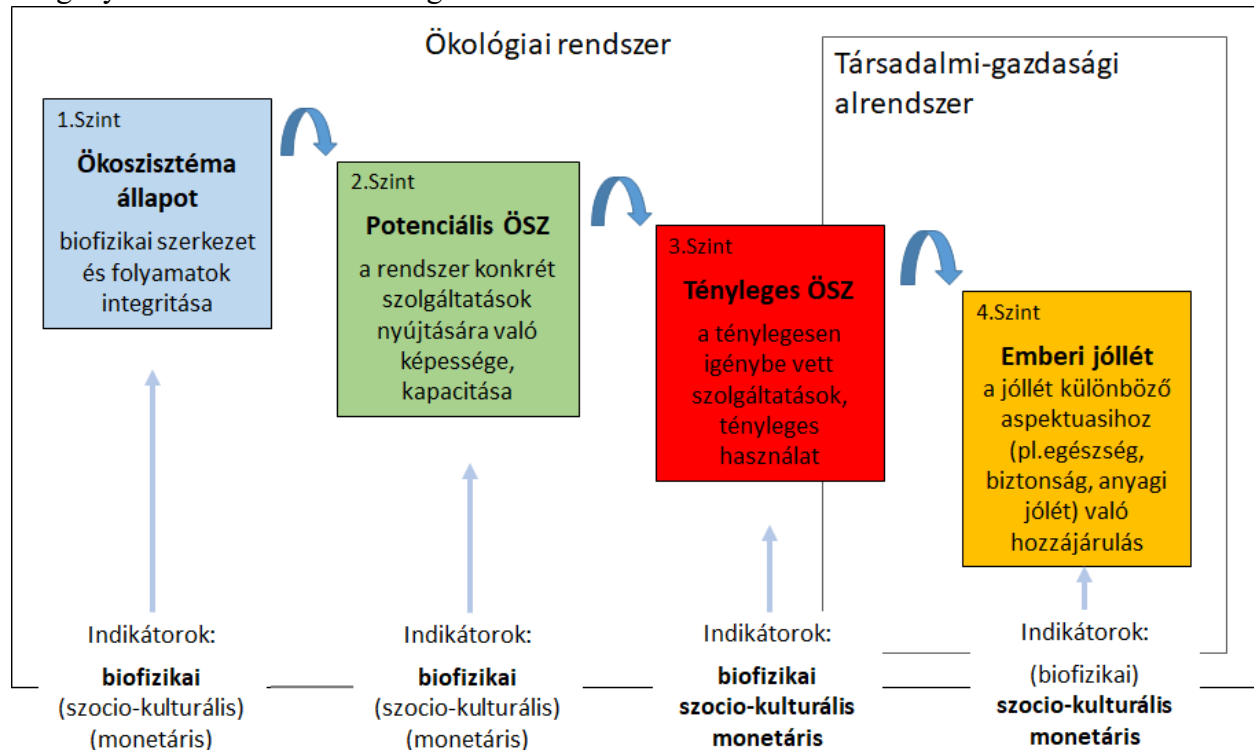
A szintetizáló elemzés elméleti alapjait az 1.3-1.6 fejezetekben mutatjuk be. Az ökoszisztéma-szolgáltatások átfogó értékeléséhez valamennyi, a kezdeti prioritizálás során kiválasztott szolgáltatás indikátoraiból, illetve elemzéséből merítettünk. A 2. fejezetben ismertetjük a szempontokat, melyek alapján kiválogattuk a közös értékelésre legalkalmasabb indikátorokat. Az elemzésben alkalmazott módszereket részletesen a 3. fejezetben, eredményeit a 4. fejezetben ismertetjük.

A beépített felszínek, városi területek a szolgáltatásokat országosan együttesen vizsgáló elemzésben nem szerepelnek, mivel sok kiválasztott szolgáltatás nem releváns ebben a területtípusban. Emellett a rájuk vonatkozó elemzések, értékelések nem országosan, hanem négy nagyvárosi mintaterületen zajlottak. Ugyanakkor a népesség érintettségét, illetve területi eloszlását is figyelembe véve, a városokban nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások mégis kiemelt szereppel bírnak. Erre tekintettel az összefoglaló értékelésben külön ismertetjük néhány kifejezetten városi relevanciával bíró, nagyrészt klimatikus vonatkozású ökoszisztéma-szolgáltatás szintézis-elemzését is, melyet a projekt városi szakértői munkacsoportja végzett el a vizsgált mintaterületeken.

1.3. A szintézis alapjai, a kaszkádrendszer használata a projektben és a szintézis során

Ahhoz, hogy az egyes szolgáltatások értékelésének eredményeit, térképeket érdemben össze tudjuk hasonlítani, elemezni, elengedhetetlen az egységes struktúra követése, valamint

bizonyos értékelési szabályok betartása. Az értékelés alapjaként elfogadott kaszkád-modell (Haines-Young & Potschin 2010) négy, különböző módon értékelhető szintre osztja be a folyamatot, amelynek során az ökoszisztémák által nyújtott szolgáltatások befolyásolják az emberi jóllétet: 1. ökoszisztémák állapota, 2. ökoszisztéma-szolgáltatás kapacitások, 3. ténylegesen igénybe vett szolgáltatások, 4. jóllét fenntartása vagy növelése. Az ökoszisztéma-szolgáltatások kaszkádszerű folyamának elképzelése arra a felismerésre vezethető vissza, hogy valamennyi tájhasználati döntés mögött társadalmi igények állnak. Az élővilág és sokszínűségének védelmét csak akkor fogjuk tudni kellő mértékben megvalósítani, ha ennek fontosságát sikerül közérthető módon összekötnünk a társadalom igényeivel és az emberi jólléttel. Ez a holisztikus felfogás a Convention on Biological Diversity² (CBD), valamint a Millenium Ecosystem Assessment (MEA 2005) alapelveiben is megtalálható. A mostanában alapként használt kaszkád-rendszert Haines-Young és Potschin 2010-ben írta le (1.3.1 ábra). A MEA-tól eltérően szétválasztják azokat az ökoszisztémákra jellemző struktúrákat és funkciókat (tehát az ökológiai rendszerek működéséhez szükséges folyamatokat - Kovács et al. 2017), azoktól az ökoszisztémákból vett javaktól (vagy szolgáltatásoktól), amelyeket az emberek közvetlen módon/valójában élveznek. A funkciók tehát az igénybevétel által válnak szolgáltatásokká.



(Haines-Young és Potschin 2010, ill. Kovács et al. 2014, 2015 alapján, módosítva)

1.3.1 ábra: A kaszkárendszer NÖSZTÉP-ben alkalmazott eredeti sémája (“a kaszkád-modell”)

A kaszkád-modell (1.3.1 ábra) kiindulópontja az ökoszisztémák állapota, a végpontja pedig a társadalom jólléte. Az ökoszisztémák állapota (1. kaszkádszint) azért fontos, mert csak a megfelelő állapotban lévő ökoszisztémák képesek arra, hogy a szolgáltatások széles körét nyújtsák az emberiség számára. Az állapot alapvetően meghatározza tehát az ökoszisztémák

² <https://www.cbd.int/ecosystem/principles.shtml>

szolgáltatásnyújtó-képességét (ökoszisztéma funkciókat, potenciális ökoszisztéma-szolgáltatást, ökoszisztéma-szolgáltatás kapacitást) (2. kaszkádszint). Potenciál alatt elvben a fenntartható módon potenciálisan igénybe vehető “mennyiséget” értjük (Hein et al. 2016), bár az, hogy pontosan mi a fenntartható igénybevétel, sokszor nem egyértelmű. A ténylegesen igénybe vett szolgáltatásokat (3. kaszkádszint) azonban még sok tényező befolyásolhatja, pl. a társadalom igényei, lehetőségei, vagyis a kereslet jellemzői. Ezzel összefüggésben a tényleges használat a gyakorlatban a fenntartható kapacitástól függetlenül alakul: az aktuális ökoszisztéma-állapot rovására mehet, degradációt okozhat, veszélyeztetheti az ökoszisztéma épségét/ állapotát. Az igénybe vett szolgáltatások a társadalom tagjainak jóllétének fenntartásához vagy növekedéséhez (4. kaszkádszint) járulnak hozzá.

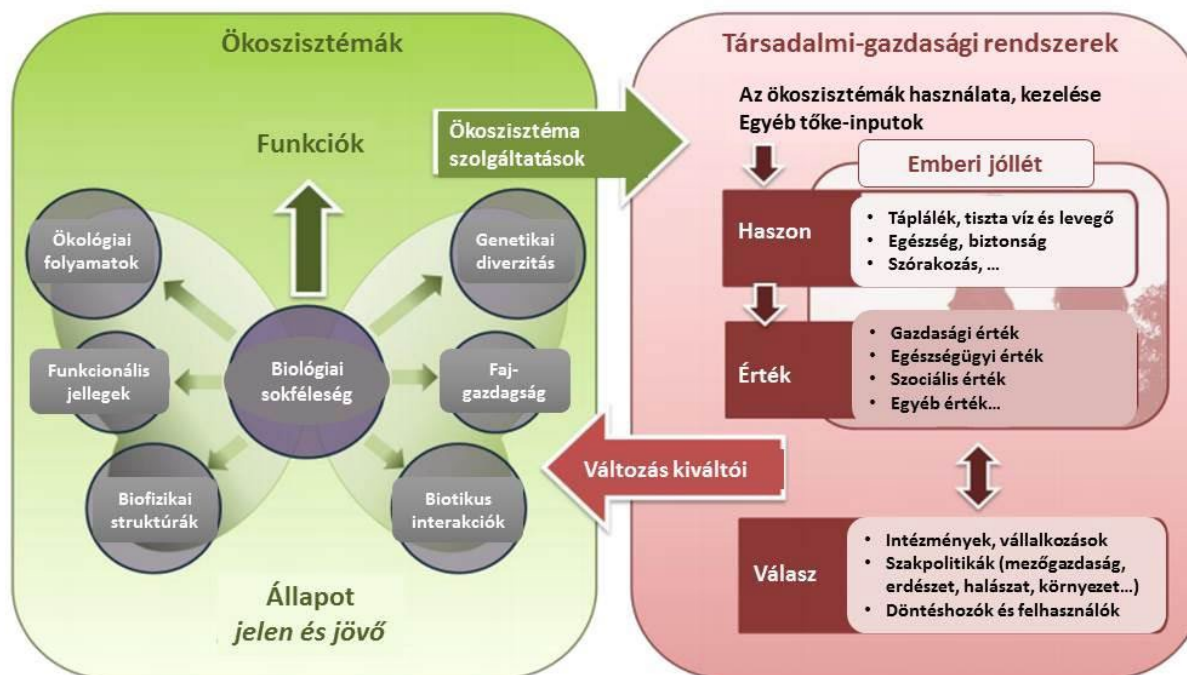
Mindegyik szinthez más-más indikátor-típusok tartoznak, olykor más mértékegységekkel, mivel a folyamat különböző aspektusait próbálják megragadni. Lehetnek pl. biofizikai, szocio-kulturális és pénzügyi indikátorok, melyek segítenek jellemezni/számszerűsíteni az adott szolgáltatásokat. A természeti rendszerhez tartozó ökoszisztémák állapotának és szolgáltatásnyújtó képességének értékelésében inkább a biofizikai, míg a jóllét megragadása során inkább a szocio-kulturális és monetáris indikátorok alkalmazása a jellemzőbb. Míg a potenciális ökoszisztéma-szolgáltatás szinteket inkább modellezzük, a “tényleges ökoszisztéma-szolgáltatás használat” leírására sokszor mért adatokat, statisztikákat tudunk mérőszámként alkalmazni.

Az ÖSz-kaszád megjelenése óta sokan dolgoztak azon, hogy az szolgáltatás-értékelések gyakorlatába átültessek, újabb szempontokat elemezve, a rendszert tovább tisztázva (pl. La Notte et al. 2017, Hein et al. 2016, Potschin-Young et al. 2017, Czúcz et al. 2020). A legtöbb ilyen értékelés azonban csak egy-két szintet emel ki és értékel (Czúcz et al. 2020). A NÖSZTÉP értékelésében a teljes kaszkád mentén, minden egyes szintet érintve terveztük a szolgáltatásokat értékelni. Az országos léptékű értékelés során az adatok különböző elérhetősége miatt végül nem minden szintet lehetett térképezni, főleg a kaszkád magasabb szintjein (emberi jóllét).

1.4. Az ökoszisztéma-állapot és kapcsolata az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal

A kaszkád-modell az ökoszisztémák állapotának (ÖÁ) közvetlenül a szolgáltatásokra és közvetve a jóllétre gyakorolt hatását hangsúlyozza. Ez az állapot definícióiban is megjelenik, pl. Czúcz és Condé (2017) szerint *“az ökoszisztéma-állapot egy konkrét ökoszisztéma olyan tulajdonságok által meghatározott minősége, amelyek alapját képezik az ökoszisztéma ökoszisztémaszolgáltatás-nyújtó képességének”*. Ez, valamint a Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) által alkalmazott ökoszisztéma-állapot definíció, amely szerint az állapot nem más, mint *„az ökoszisztémák valós szolgáltatóképessége (“effective capacity to provide ES”) a potenciális szolgáltatóképességükhöz (“potential capacity”) mérten”*, kifejezetten az ember szükségletei szempontjából értelmezi az ökoszisztémák állapotát. Ezt a felfogást az is tükrözi, hogy a kezdeti uniós (MAES) ajánlások elsősorban a szolgáltatások értékelésére vonatkoztak (Maes et al. 2015), a figyelem csak később fordult az állapot értékelése felé (Maes et al. 2018). Az ökoszisztéma-szolgáltatások potenciálja, használatuk és az ökoszisztémák állapota viszont mindkét irányba összefüggenek, mint ahogyan ez a szolgáltatások és az állapot viszonyrendszerét bemutató 1.4.1 ábrán is látható. Az ökoszisztéma-szolgáltatások túlzott használata (pl. intenzív

fakitermelés, intenzív mezőgazdaság) hosszabb távon visszahat az ökoszisztéma állapotára. Az állapot-értékelések során gyakran használnak olyan ún. terhelés- (“pressure”) alapú indikátorokat, amelyek az emberi hatást mérik, vagy becsülik, és ezen keresztül közvetve utalnak az állapotra. Amennyiben ilyen terhelés-alapú állapot-indikátorokat használunk, az összefüggések inkább a fordított irányban vizsgálhatóak (ÖSz→ÖÁ). A 2.1 fejezetben bemutatott, általunk javasolt módosított kaszkád az eredetivel szemben már tartalmazza a visszacsatolást is.



1.4.1 ábra: A természeti és társadalmi-gazdasági rendszerek összefüggései (Forrás: EC 2013, változtatás nélküli fordítás)

A releváns állapot-indikátorok, amelyek hatása ismert, illetve kimutatható az adott ökoszisztéma-szolgáltatásra nézve, minden egyes ökoszisztéma-szolgáltatás esetében különbözhetnek. Ezek, a NÖSZTÉP-ben **szolgáltatás-alapozónak** nevezett állapot-indikátorok, az adott szolgáltatásra vonatkozó kaszkád többi szintjének térképezésekor bemenő (input) információként (is) értelmezhetőek, illetve felhasználhatóak. Ugyanakkor az ökoszisztémák egészsége, integritása, amely szintén állapot-indikátorok segítségével írható le, hosszabb távon közvetve vagy közvetlenül valamennyi szolgáltatás potenciálját befolyásolja. Ezt a megkülönböztetést, illetve kettős megközelítést már korábban, nemzetközi szinten is felvetették, pl. a német nemzeti értékelés kapcsán (Albert et al. 2016). Ugyanezt tükrözik azok a nemrég elkészült nemzetközi ajánlások, és az ezek mellékleteként közzétett “factsheet”-ek, melyek az ökoszisztémák állapotának és szolgáltatásainak beépítését segítik a nemzetközi elszámolási rendszerekbe (UN 2021, Czúcz et al 2018b, Keith et al. 2020).

A NÖSZTÉP értékelések során a fentebb leírt szolgáltatás-alapozó állapot-indikátorokat az SZMCS-k vagy külön térképezték, mint az első kaszkádszint indikátorait, vagy közvetlenül beépültek az egyes szolgáltatásokra kidolgozott kaszkádokba (pl. a gombatermő-képesség meghatározásánál, vagy a rekreációs potenciál esetében). Ezen túl azonban értékeltük az ökoszisztémák természetvédelmi és egyéb, fenntarthatósági szempontok alapján értelmezett „minőségét” is (Tanács et al. 2020, Tanács és Standovár 2021), amely a szolgáltatásokhoz

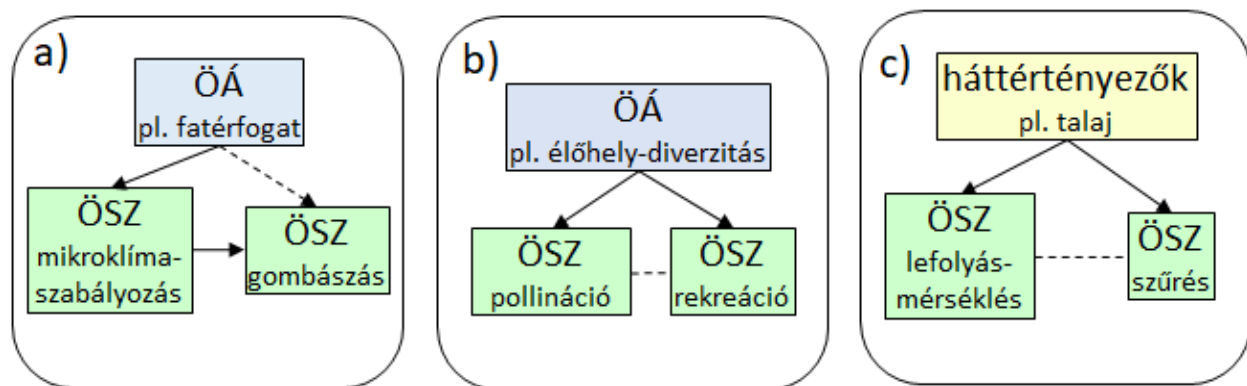
általában közvetlenül kevésbé köthető, azonban hosszabb távon jelzi a használat fenntarthatóságát. Ezeket **általános állapot-indikátoroknak** neveztük, és különböző megközelítésekkel, illetve különböző léptékben számítottuk ki (egy-egy élőhely-foltra, csak bizonyos ökoszisztéma-típusra érvényesen, vagy foltnál durvább léptékben). Jellegüket tekintve ide sorolhatóak pl. a különféle, biodiverzitást leíró adatokon alapuló indikátorok (pl. a projektben alkalmazott/kidolgozott madárfaj jelenlét-index) - ezek jól jelzik a természetes élőhelyek “épségét” illetve ”egészségét”. Ahol ilyen jellegű adatok nem állnak rendelkezésre, ott valamilyen helyettesítő (ún. proxy) indikátorok alkalmazhatóak. Ezek is többfélék lehetnek, pl. alapozhatnak az ökoszisztéma valamely jobban mérhető komponensének tulajdonságaira (pl. erdőknél a faállomány tulajdonságai, szántóknál a táblák mérete), vagy az emberi terhelés mértékét leíró közvetlen (pl. adott területre adott időszak alatt kijuttatott műtrágya-mennyiség) vagy közvetett (pl. utaktól való távolság, beépített területek aránya) változókra. Ezek az általános állapot-indikátorok, illetve a belőlük készült térképek egyrészt a természetvédelem számára közvetlenül felhasználhatóak, másrészt az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal összefüggésben vizsgálva akár a jelenlegi szabályozás, illetve használat hatásaira vonatkozólag is szolgáltatathatnak (közvetett) információt.

1.5. Az ökoszisztéma-szolgáltatások közötti kapcsolatok

Egy adott területen az ökoszisztéma-szolgáltatások védelmével és az azokra alapozott integrált fejlesztéssel kapcsolatos döntéshozatalt segíti, ha a szolgáltatások minél teljesebb körét figyelembe vevő háttérelmézésen alapszik. Az ilyen típusú integrált elemzésekben mutatkozik meg az ökoszisztéma-szolgáltatásokon alapuló megközelítés egyik legfőbb hozzáadott értéke. A természet megőrzésének szempontjai várhatóan nagyobb eséllyel tudnak érvényesülni a területi tervezésben, ha megmutatható, hogy valamilyen javasolt vagy tervezett intézkedésnek, szabályozásnak több szolgáltatásra is pozitív hatása lehet, vagy elősegíti bizonyos szolgáltatások megőrzését (Gimona és van der Horst 2007). Illetve fordítva, egy-egy beavatkozást megelőzően, az adott terület szolgáltatásaira gyakorolt potenciális hatását áttekintve jobban mérlegelhető, hogy az adott beavatkozás összességében milyen hatásokkal jár. Lehetőséget ad továbbá olyan szempontok figyelembe vételére is, mint például a szabályozó szolgáltatásokra, és ezen keresztül az ember jóllétére gyakorolt hatás, amelyek pénzübeli értékelése még nehézségekbe ütközik

Az ökoszisztéma-szolgáltatások többféle interakcióban állhatnak egymással. Elkülöníthető két fő jellemző típus, az egyik az úgynevezett **szinergia**, amikor két szolgáltatás potenciálja, vagy használata hasonlóan alakul (ha az egyik értéke magas, akkor a másiké is, és fordítva). A másik típus az úgynevezett csereviszony vagy **trade-off**, amikor az egyik szolgáltatás magas értékei (legyen szó potenciálról, vagy tényleges használatról) a másik alacsony értékeivel járnak együtt. Mindkét interakció-típusnál lehetséges, hogy egy “hajtóerő” (driver) (ami lehet vagy az ökoszisztéma állapota, vagy valamilyen egyéb, pl. társadalmi háttértényező) hat egy vagy több ökoszisztéma-szolgáltatásra, de az is lehet, hogy valós interakciók vannak a szolgáltatások között és ezek közvetlen módon egymást befolyásolják (Bennet et al. 2009). Kapcsolatukat legegyszerűbben korreláció-elemzéssel tudjuk vizsgálni, ahol az együtthatók lehetnek pozitívak (szinergia) vagy negatívak (trade-off, csereviszony). A hatások lehetnek egyirányúak vagy kétirányúak (ld. 1.5.1 ábra). Csupán a korrelációk megléte alapján azonban nem tudhatjuk, hogy a hatások iránya milyen, és azt sem, hogy pontosan milyen jellegű a kapcsolat (tehát egy közös

háttértényező hat a két, vagy több szolgáltatásra, melyek ezáltal párhuzamosan mozognak, vagy valóban a szolgáltatások közti érdemi interakciót látunk). Szakmai tájékozottság alapján (ill. további vizsgálatok után) lehet azonban bizonyos kijelentéseket tenni, összefüggéseket és hatásirányokat valószínűsíteni. Az ökoszisztéma- szolgáltatások közötti teljes kapcsolatrendszerek nagyon összetettek, elemzésüket többféle módon lehet bővíteni, és érdemes a teljes rendszer megértésére törekedni. Az elemzések eredményeképpen kirajzolódó szinergiák és trade-off-ok valóságáról további elemzésekkel, illetve társadalmi bevonással deríthetünk fényt (Martín-López et al. 2012). Amennyiben az adott trade-off jelenség valóban létezik, valószínűleg kimutathatóak az érintett szereplők közötti valós érdekellentétek, konfliktusok (Kovács et al. 2015).



1.5.1 ábra: Közös hatótényezők (ökoszisztéma állapot (ÖÁ), háttértényezők) és ökoszisztéma-szolgáltatások (ÖSz) közti kapcsolatok. Közvetlen kapcsolatok: folytonos vonalak/nyilak, közvetett kapcsolatok: szaggatott vonalak/nyilak.

A kapcsolatrendszerek feltárásának egyik módja a jellemzően együtt mozgó szolgáltatások összefoglalása - ezek összességét és kapcsolatrendszerét a szakirodalom ún. ökoszisztéma-szolgáltatás **“csomagoknak”** (“ES bundles”) nevezi (Martín-Lopez et al. 2012, Manning et al. 2018). A továbbiakban az egyszerűség kedvéért **“csoportoknak”** nevezük őket. Ezek a csoportok regionálisan, illetve ökoszisztéma-típusonként eltérőek lehetnek, mind a szolgáltatásokat, mind ezek összefüggéseit tekintve (Cord et al. 2017). A csoportok meghatározásával egyben lehatárolhatóak olyan területek, ahol a jellemző szolgáltatások köre hasonló, illetve a kapcsolatrendszerek hasonlóan működnek (Mouchet et al. 2014, Dittrich et al. 2017). A szolgáltatások interakcióinak vizsgálata idősoros adatok hiányában jellemzően térbeli adatok, illetve mintázatok alapján történik, bár a valódi ok-okozati viszonyok feltárásához inkább az időbeli változások vizsgálata vihet közelebb (mint ahogyan azt a spanyol nemzeti ökoszisztémaszolgáltatás-felmérésben tették 50 éves adatsorokkal; Santos-Martín et al. 2013). A térben explicit elemzések előnye ugyanakkor, hogy segítenek azonosítani az ökoszisztéma-szolgáltatások szempontjából kiemelt jelentőségű területeket (Raudsepp-Hearne 2010), és megfelelő felbontás, valamint adattartalom esetében az ilyen vizsgálatok eredményei akár közvetlenül felhasználhatóak a területi tervezésben is. Az ökoszisztéma-szolgáltatás csoportokat gyakran többváltozós statisztikai módszerekkel, pl. főkomponens-elemzéssel is vizsgálják (Maes et al. 2012, Raudsepp-Hearne 2010). Ennek során a szolgáltatások leírására használt változók információtartalmát minél kevésbé korrelált komponensekbe sűrítik, és e tengelyek mentén ábrázolják őket. Az ökoszisztéma-szolgáltatások egymáshoz való pozíciójából körvonalazódhatnak a (hasonlóságukon, illetve különbségeiken alapuló) csoportok.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások vizsgálatára irányuló összetett értékelések egy másik nagy csoportja azt vizsgálja, hogy az ökoszisztémák hányféle funkciónak tudnak egyidejűleg megfelelni. Ez a fajta összetett, multifunkcionalitás-értékelés azért szükséges, mert az emberek által lakott és használt tájakat több szempontnak és több igénynek megfelelően kell kezelni, használatukat szabályozni (Hölting et al. 2019, Wiggering et al. 2003). Ezen túl az ökoszisztéma-szolgáltatások potenciáljában megmutatkozó magasabb multifunkcionalitás gyakran együtt jár a nagyobb faji, illetve funkcionális diverzitással is (Lavorel et al. 2011), ezért ennek vizsgálata természetvédelmi szempontból is kiemelt jelentőséggel bír. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy míg a multifunkcionális tájhasználat, kiemelten az agrártájak esetében, sokszor előnyös megoldásokat kínál és növeli a biodiverzitást (Kovács-Hostyánszki et al. 2017), természetvédelmi célkitűzések teljesítésénél nem szabad, hogy ez egyedüli szempont legyen (Erős és Bányai 2020, Grass et al. 2021, Turkelboom et al. 2018).

Az egyes szolgáltatások értékelése során minden egyes terület esetében meghatározásra kerül, hogy mennyire "jó" az adott terület adott szolgáltatás tekintetében (attól függően, hogy a kaszkád mely szintjét nézzük, ez egy szám, ami megadja pl. az adott szolgáltatás potenciálját, vagy a ténylegesen igénybe vett mennyiségét). A multifunkcionalitást különböző módokon mérhetjük, de fontos, hogy ennél a típusú elemzésnél egyszerre egy kaszkádszintet van értelme elemezni. A szintek keverése teljességgel hamis eredményekhez vezethet (Czucz et al. 2018) A legegyszerűbb módja az adott területen az összes ökoszisztéma-szolgáltatás adott kaszkádszintre kapott értékének összeadása, mely akkor végezhető el, ha ezeket egy skálán tudjuk megadni. Ezért vagy eleve az összes ökoszisztéma-szolgáltatást egy összevethető, ordinális skálán értékeljük (pl. Burkhard et al. 2009, Nikolaidou 2017, Vári et al. 2020) vagy az összes szolgáltatás-értéket standardizáljuk, gyakran az adott szolgáltatás maximumához viszonyítva (Hölting et al. 2019, példák: Nedkov & Burkhard 2012, Stürck et al. 2014). Feltételezhetjük, hogy minden ökoszisztéma-szolgáltatás egyformán jelentős, de súlyozhatjuk is őket az érintettek szempontjai alapján (Manning et al. 2018). Egy másik lehetőség, hogy meghúzunk egy bizonyos értékhatárt, ami fölött már jelentősnek tekintjük az ökoszisztéma-szolgáltatás értékét, és csak ott vesszük figyelembe az értékelésnél, ahol ezt a határt meghaladja. Esetenként a standardizálás, azaz az egy mértékegységre átszámolás a szolgáltatások pénzben történő kifejezését jelenti (pl. Frélichova et al. 2014, Pinke et al. 2018, Vermaat et al. 2020). A pénzbeli értékelésnek – habár nagyon kézenfekvőnek tűnik – sok nehézsége van, amelyek miatt általános alkalmazhatósága gyakran korlátozott (Bateman et al. 2011, Spangenberg & Settele 2016).

Mindegyik esetben többé vagy kevésbé befolyásolja az eredményünket, hogy milyen szolgáltatásokat választottunk az elemzésünkhöz. Minél több szempontot, illetve szolgáltatást felölel az elemzés, annál kiegyensúlyozottabb, és a valóságot jobban tükröző eredményre számíthatunk.

1.6. A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis-elemzése

A városi ökoszisztéma-szolgáltatások mikro- vagy legfeljebb lokális léptékű folyamatok eredményei, ezért az értékelésükben – az országos modellekkel ellentétben – az ebben a méretarányban használható értékelő eszközök, modellek kapnak vezető szerepet. Mivel sok kapcsolódó folyamat ilyen léptékben értékelhető legmegbízhatóbban (pl. a mikroklíma teljes körű

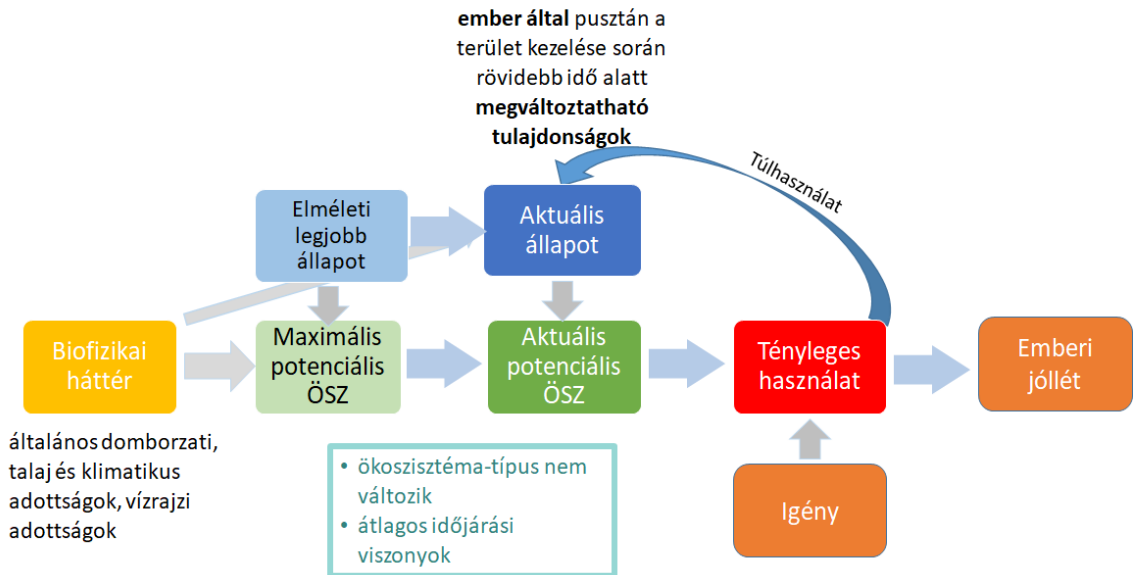
humánkomfort-szemléletben), ezért általánosabb jelleggel is elmondható, hogy a várostervezésben magas komplexitás-szintű modellekkel támasztható alá az ökoszisztéma-szolgáltatásokra alapozó területi tervezési folyamat. Például a városi fák ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékelésére világszerte leggyakrabban használt eszköz, az i-Tree Eco modell az USA városaiban már sok éve a napi szintű zöldfelület-menedzsment eszköze. Emellett egyre több európai városban is érdemi hatása van a kapcsolódó tervezési folyamatokra (Raum et al. 2019), és a NÖSZTÉP Városi SZMCS által vizsgált szolgáltatások értékelési módszertanának kialakításában is szerepet kapott. Elmondható, hogy sok esetben lényegében faegyed-léptékű szolgáltatás-értékelés szerepel a településmenedzsment fontos részterületeinek háttéréként, a rendelkezésre álló eszköztár a városrész vagy települési kiterjedésű értékelésekhez is jó alapot adhat. Cortinovis és Geneletti (2018) például egy barnamezős terület rekonstrukciójának lehetőségeit vizsgálták (térben explicit módon) a mikroklíma-szabályozás és a rekreációs potenciál értékelésével. Az integrált, a társadalmi háttérrel is figyelembe vevő döntéshozókészítő értékelésre pedig jó példát jelent Geneletti et al. (2020) munkája, mely az ökoszisztéma-szolgáltatások iránti igény (ecosystem service demand) térképezésében jelenítette meg az érzékeny társadalmi csoportok térbeli elhelyezkedését. A szolgáltatások biztosításának, az irántuk való igénynek, valamint azok elérhetőségének az elemző szintézisét egy egyszerű arányszámmal, az elérhetőség és az igény hányadosával adták meg (mivel előbbi magában foglalta a szolgáltatások biztosítását is).

2. Az indikátorok kiválasztása

Mivel a szolgáltatások értékelését az egyes szakértői munkacsoportok külön végezték el, és a különböző szolgáltatás-típusok (ellátó, kulturális és szabályozó) esetében a kaszkádszintek sokféleképpen értelmezhetőek, az egyes ökoszisztémaszolgáltatás-értékelésekre változatos megközelítések születtek. Annak érdekében, hogy a szintézisünk során – melyben több szolgáltatás-indikátort összegzünk – valóban összevethető szempontokat értékeljünk, az összes kidolgozott értékelést áttekintettük és rendszereztük. Rendszerünkben, az “alternatív kaszkádban” nem csak az (1.3.1 ábrán látható) egyes alapelemeket vettük figyelembe, hanem kiegészítettük több, eddig nem kellően körülírt szemponttal, melyek az irodalomban általában vegyesen, illetve rendezetlenül, egymással összefonódva szerepelnek. Ennek keretében 1. részletesebben megvizsgáltuk és több komponensre bontottuk az ökoszisztéma-állapotot meghatározó tényezőket; 2. különbséget tettünk az ökoszisztéma-állapot és az emberi hatótényezők mentén meghatározott ökoszisztémaszolgáltatás-kapacitás között.

2.1. A kaszkárendszer módosítása

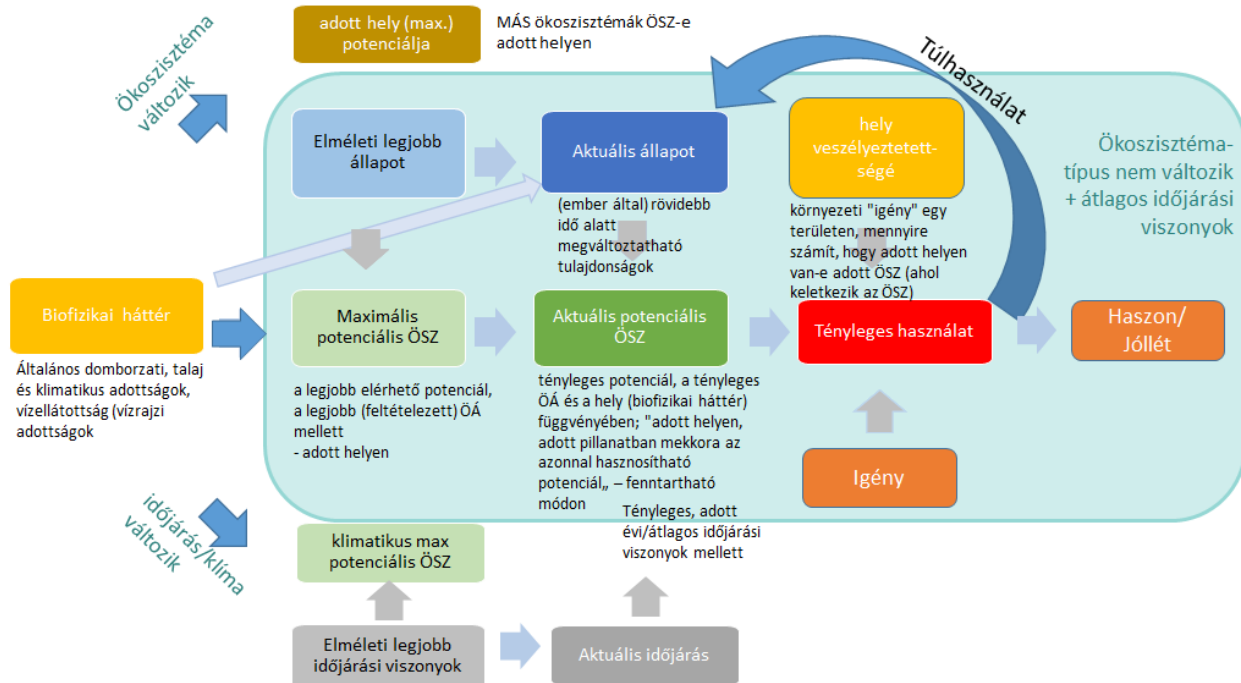
Az ökoszisztéma-állapot kaszkádszinten belül több, jellegében eltérő komponensre azonosítottunk, amelyek együtt határozzák meg az ökoszisztémák szolgáltatás-nyújtó képességét. A “biofizikai háttérhez” tartoznak az általános domborzati, talaj és klimatikus adottságok, vízrajzi adottságok (vízellátottság). Ez a háttér általában lassan változik, tehát néhány éves vagy évtizedes időléptékben állandónak fogható fel. Egy adott biofizikai háttér mellett (egy bizonyos helyen, és időben, adott környezeti változók eredőjeként) adott szolgáltatás szempontjából feltételezhetünk egy optimális ökoszisztéma-állapotot (amire semmilyen emberi hatás, illetve ebből eredő degradáció nem jellemző), amely meghatározza, hogy adott helyen mi az adott szolgáltatás lehetséges maximális kapacitása (2.1.1 ábra).



2.1.1 ábra: Az ökoszisztéma (elméleti) maximális szolgáltató-kapacitása (“maximális potenciális ökoszisztéma-szolgáltatás”), az ezt befolyásoló biofizikai háttér, és az elméleti “legjobb ökoszisztéma állapot” mint új elemek a kaszkádmódelben. A türkizzöld keret az alkalmazott peremfeltételeket jelzi.

A szolgáltatásokat alapvetően meghatározó, egy emberöltő időléptékében elvben stabilnak tekinthető földrajzi háttértényezők (domborzat, klíma, talaj) közül a klíma jelentősége kiemelkedő. A klíma ugyanis az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján napjainkban egyértelműen változik (IPCC 2014). A hosszútávú trendeken túl az adott év időjárása is jelentősen befolyásolhatja az ökoszisztémák állapotát, és ezen keresztül bizonyos szolgáltatások “pillanatnyi” potenciálját, pl. szélsőséges időjárási eseményeken keresztül (pl. adott területen bekövetkező jégtörés rövid idő alatt jelentősen csökkentheti a tűzifa, mint szolgáltatás aktuális potenciálját, és ez a hatás hosszabb távon érvényesül. Egy aszályesemény szintén viszonylag rövid idő alatt okoz csökkenést pl. a gyephezban, ennek a hatása viszont rövidebb távú). Ez emberi hatás nélkül is az egyes évek közötti jelentős ingadozásokhoz vezethet (ún. évjárat-hatás). Az értékelések során, főleg a sokrésztevős workshopokon, rendszeresen fel is merült, hogy az értékeléseket milyen időjárási viszonyokra szeretnénk értelmezni? “Van jó év, van rossz év” - hangzik el sokszor. Általában a jellemző megoldás az, hogy az átlag-értékeket keressük, nem pedig az egyik vagy másik extrémumot, bár az értékelendő szolgáltatástól, illetve az ökoszisztéma-típustól is függhet, milyen megközelítést választunk. Ez esetben az erdő “átlagos” (sok év folyamán tapasztalt) növekedését nézzük, a gyepekre feltételezünk egy sok év alapján tapasztalt “normál” időjárás melletti hozamot, és a szabályozó szolgáltatásoknál is általában inkább az átlagos időjárásra készítjük a modelleket. Így megkapjuk az adott helyen (=adott biofizikai háttér mellett) feltételezett legjobb ökoszisztéma-állapot mellett lehetséges maximális potenciált. Azonban ennél a lépésnél az is elképzelhető, hogy a jellemző időjárási viszonyok helyett az adott szolgáltatás nyújtása szempontjából ideális időjárási körülmények között elérhető maximumot célozzuk meg a “potenciál” értékelésénél (tehát egy, a klíma fokozott figyelembe vételével meghatározott “klimatikus maximális potenciált” - 2.1.2 ábra). Ezt talán a legegyszerűbb egy természetett növény példáján megérteni, hiszen terméshozam szempontjából nem mindegy, hogy egy, az adott növény szempontjából ideális időjárású évet nézünk, vagy egy kedvezőtlen időjárású évet. Az Élelmiszer SZMCs a terméshozamok potenciáljának értékelésekor például ideális időjárási körülményeket feltételezett. Attól függően,

hogyan mi az értékelés célja, az is egy lehetőség, hogy a “klimatikus maximális potenciálhoz” viszonyítjuk az adott év, vagy egy átlag év potenciálját.



2.1.2 ábra: A módosított kaszkádmoddell a “klimatikus maximális potenciális ökoszisztéma-szolgáltatással és a “hely potenciáljával” kiegészítve

Egy ökoszisztéma állapotát a biofizikai háttéren túl az emberi tevékenység is meghatározza, hiszen a szolgáltatások igénybevétele során általában többféle emberi hatás is éri. A tájhasználat során ezek viszonylag rövid idő alatt visszahatnak az élőhely tulajdonságaira (pl. talajdegradáció, biodiverzitás-csökkenés, tápanyag-feldúsulás stb), és összességében annak állapotára. Valójában ez az “aktuális állapot” az, ami a biofizikai háttérrel együtt meghatározza, hogy adott helyen adott időpontban egy konkrét szolgáltatás tekintetében ténylegesen mekkora az ökoszisztéma kapacitása: ez az ökoszisztéma aktuális ökoszisztémaszolgáltatás-nyújtó képessége (“aktuális potenciális szint”).

Fentiek alapján tehát az eredeti kaszkád-modellben szereplő “ökoszisztéma-állapot” szint három különálló komponensre bontható szét, amelyek együttesen határozzák meg az ökoszisztémák állapotát, és ezen keresztül azt, hogy milyen mennyiségben és minőségben képesek az emberiség számára az adott szolgáltatást nyújtani. A három komponens: 1. a nagyjából állandó, biofizikai háttértényezők, melyek meghatározzák, hogy adott helyen egyáltalán milyen ökoszisztéma-típus alakulhat ki, és az mit képes nyújtani; 2. a többi háttértényezőnél időben változókéonyabb klimatikus tényezők; 3. a szintén rövidebb távon ható, és jelentős befolyással bíró egyéb emberi hatások.

A maximális és aktuális potenciál elkülönítésének nem csak elméleti, hanem gyakorlati jelentősége is lehet. A NÖSZTÉP-ben végzett értékelések során az a döntés született, hogy az egyes SZMCS-k kizárólag a jelenlegi területhasználat által megszabott kereteken belül értékeljenek. A potenciális ökoszisztémaszolgáltatás-szintek értelmezésénél tehát a kérdés

eredetileg úgy fogalmazódott meg, hogy mit tud adott ökoszisztéma-típus nyújtani? Egy terület használatának, az egyes szolgáltatások igénybevételének hatására alapvetően az állapot változik meg (pl. túlhasználat által egy jó állapotú gyepek degradálódhat - de gyepek marad). Azonban előfordulhat az is, hogy valamilyen emberi tevékenység hatására maga az ökoszisztéma-(fő)típus módosul (pl. egy terület vízelvezetés, vagy túlzott vízkivétel miatti szárazodása eredményezheti, hogy egy vizes élőhely kiszárad és átalakul). Ilyen jelentős mértékű változások napjainkban többnyire tudatos területhasználati döntések eredményeként következnek be (pl. egy terület beerdősítése). A projekt során kezdettől fogva sok olyan, területhasználati konfliktushoz kapcsolódó kérdés merült fel, amelyek megválaszolásához nem egy-egy jelenlegi szolgáltatás aktuális potenciáljának, hanem több szolgáltatás (maximális) potenciáljának együttes vizsgálatára lett volna szükség (ezt nevezhetjük az adott hely potenciáljának). Ilyen kérdések pl., hogy miért nem érdemes az alföldi gyepek helyére faültetvényeket telepíteni, mit érdemes kezdeni az időnként elöntés alá kerülő ártéri területekkel, vagy miért lenne érdemes a belvizes területeket a víz megtartására hasznosítani. Azonban az a döntés született, hogy ilyen jellegű értékeléseket (a jelenlegi területhasználat fényében elkészült elemzések tapasztalataira támaszkodva) inkább egy részletes jövőkép-építés részeként érdemes végezni. Így az itt bemutatott szintetizáló elemzések az egyes szolgáltatásoknak a jelenlegi területhasználat melletti aktuális potenciáljára vonatkoznak.

A következő fejezetben bemutatjuk a szintézishez kiválasztott indikátorokat, illetve az egységesebb kezelés érdekében végrehajtott módosításokat.

2.2. Kiválasztott ökoszisztémaszolgáltatás-indikátorok

Első lépésként az egyes szolgáltatás-indikátorokat besoroltuk a 2.1 fejezetben bemutatott módosított szintekhez. Az elemzéshez az “aktuális potenciális ökoszisztéma-szolgáltatás” szintet választottuk ki. Egyrészt praktikus okokból, mivel itt volt a legtöbb átfedés az elkészült értékelésekben, ezen a szinten valamennyi vizsgált ökoszisztéma-szolgáltatást tudtuk országosan értékelni. Másrészt az éppen rendelkezésre álló potenciálok összevetése, térképi ábrázolása mind a természetmegőrzés, mind a területi tervezés szempontjából hasznos információt szolgáltat. Alkalmanként a munkacsoport értékelésétől eltérően ítéltük meg a kiválasztott szolgáltatás-indikátorok elhelyezését a kaszkádszinteken belül, a koherenciát szem előtt tartva. Minden, a projektben értékelt szolgáltatást bevontunk az elemzésbe, az SZMCS tanulmányokat alapul véve (Csákvári et al. 2021, Kiss et al. 2021, Koncz et al. 2021, Kovács-Hostyánszki et al. 2021, Rezneki et al. 2021, Vári et al. 2021). A kiválasztott indikátorokat a 2.2 táblázat mutatja be, míg ezek előállításának részletes módszertani leírásait az 1. Melléklet tartalmazza.

2.2.1 táblázat: A szintézis-elemzésekhez kiválasztott ökoszisztémaszolgáltatás-indikátorok, valamint rövid leírásuk. Az “eredeti” megjelölés a munkacsoport eredeti kaszkádszint beosztását mutatja.

ÖSZ	Indikátor	Rövid leírás
Termesztett növények	Szántó, gyümölcsös hozam	Tényleges hozam adatok (t/ha) alapján; adott helyen termesztett növény hozama az adott növény országos maximumához képest [eredeti: 3. szint]
Tenyésztett állatok és termékeik	Gyep hozam	Gyepek hozama; Á-NÉR-kategóriák alapján, MÉTA vegetációtípusokra ” végzett becslés (t/ha)

		[eredeti: 2. szint része]
Tűzifa	Fatérfogat	Élőfakészlet (m ³ /ha) [eredeti 1. szint]
Tűzifa	Folyónövedék	Folyónövedék (évi átlagos faprodukción, pontosabban a faállomány korától számított következő 10 éves időszakban várható összfatermésének átlagos egy évi növedéke) (m ³ /ha/év) [eredeti 2. szint]
Éghajlat-szabályozás	Üvegházgáz (ÜHG) mérleg	Egy hosszabb időszak ÜHG-mérlege (modell); (t CO ₂ ekv./ha/év) [eredeti: 2. szint módosítva: az ökoszisztéma-típusokra külön készült térképek egyesítésével, a nem fás vizes élőhelyekre egy konstans érték]
Mikroklíma-szabályozás	Lokális klímaindex	Szakértői becslés szakirodalom alapján, hazai viszonyokra adaptálva. NÖSZTÉP élőhely kategóriákhoz rendelt értékszám, amely jellemzi, hogy az adott ökoszisztéma milyen mikroklímát teremt. [eredeti: 1. szint]
Mikroklíma-szabályozás	F-index (párolgás)	Potenciális párologtatóképesség - a nemzetközi szakirodalom alapján megadott, felszínborítottságtól függő párologtatóképesség [eredeti: 1. szint]
Pollináció	Relatív beporzási potenciál	Élőhelyek relatív potenciálja a növények beporzásában fontos szerepet játszó vadméh fajok segítségével (virágforrások és fészkelőhelyek); szakértői pontozás. Módosító tényezők: erdőkben a virágos fafajok aránya; szegélyek [eredeti: 2. szint]
Szűrés	Szűrőképesség	A növényzet szűrőképessége, a talaj (víztartó-kapacitása) és a domborzat (topographic wetness index) figyelembe vételével (növényzeti értékek szakértői becslés alapján); [eredeti: 2. szint]
Erózió elleni védelem	Erózió	A nem-lehordott talaj mennyisége; empirikus egyenlet (USLE), szakértői becsléssel a növényzeti értékekre (t/ha/év) [eredeti: 3. szint]
Aszálymérés-klés	Belvív-veszélyeztetettség mértéke	Potenciális belvív-tározási kapacitás; a Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Valószínűségi térkép (eredeti állománya)
Dombvidéki árvíz-kockázat-csökkentés	Lefolyás- mérséklés	A növényzet lefolyás-mérséklése (sűrűsége), a talaj (víztartó-kapacitása) és a domborzat (topographic wetness index) figyelembe vételével (növényzeti értékek szakértői becslés alapján); [eredeti: 2. szint]
Rekreáció	Gyalogos természetjárás	természeti, táji és antropogén vonzerők összeadva: 1. szint: "Természetközelség" (ökoszisztéma-típusok-szakértői pontozás), védettség, vizek (távolság, vízfelület mérete; part természetközelsége), a táji diverzitás (domborzat és élőhelyek) + 2. szintből: feltártság (gyalogos túraútvonalak) +

		vonzerők (természeti + épített) [eredeti 1. szint + 2. szint, kivéve “megközelíthetőség” komponens]
Gombászás	Gombatermő-képesség	szakértői pontozás, mennyire jó gomba termőhely + erdő- ÖÁ, talaj pH, klímátípus (Feddema-index), mint módosító tényezők [eredeti 2. szint]

2.3. Kiválasztott állapot-indikátorok

Ahogy fentebb leírtuk, a kaszkádmódel egyik alapvetése, hogy (hosszabb távon) az ökoszisztémák jó állapota biztosítja azok szolgáltató-képességét. Ugyanakkor a szolgáltatások igénybevétele visszahat az ökoszisztémák állapotára. Ennek a bonyolult kapcsolatrendszernek a vizsgálata céljából az ökoszisztéma-szolgáltatások mellé különböző ökoszisztéma-állapot indikátorokat is bevontunk a szintézis elemzéseibe. A szolgáltatás-alapozó indikátorok (ld. 1.4 fejezet) közül azok kerültek bele külön a szintézis során végzett elemzésekbe, amelyek általánosabb érvényűek, több ökoszisztéma-típuson átívelnek, és több szolgáltatásra is közvetlenül kihathatnak: három, a talaj állapotára vonatkozó indikátor, és egy, amely az összes ökoszisztéma (élőhely) diverzitását mutatja.

A projektben számított, illetve térképezett általános állapot-indikátorok közül valamennyi vizsgált fő ökoszisztéma-típus esetében a saját specifikus állapot-indikátorát használtuk, illetve az erdőknél a pontosabb kép érdekében a kidolgozott komplex mutató két részindikátorát külön vettük figyelembe. A felhasznált indikátorokat, és rövid leírásukat a 2.3.1 táblázat tartalmazza. A részletes számítási módszertan pedig megtalálható az állapot-értékelés módszertani dokumentációjában (Tanács et al. 2021).

2.3.1 táblázat: A felhasznált állapot-indikátorok, illetve rövid leírásuk

Indikátor	Mely szolgáltatáshoz / ökoszisztémaállapot-kategóriához kapcsolódik?	Rövid leírás
Lefolyási tényező (talaj)	Szolgáltatás-alapozó indikátor: Szűrés 1. kaszkádszint	A talaj víztartó és vízvezető-képessége (talajtípusok alapján modellezett)
Faállomány-szerkezet (erdőállapot)	Ökoszisztéma-specifikus - Általános állapot-indikátor	Szakértői pontozás az alábbiak alapján: korcsoportok száma, legalább 30 év korkülönbség, idős fák jelenléte, átmérőosztályok száma, átmérőosztály-diverzitás, méretes fák jelenléte, cserjeszint. Az elemzésben használt indikátor a fenti szempontokra kapott összpontszám országos maximumhoz viszonyított %-os aránya.

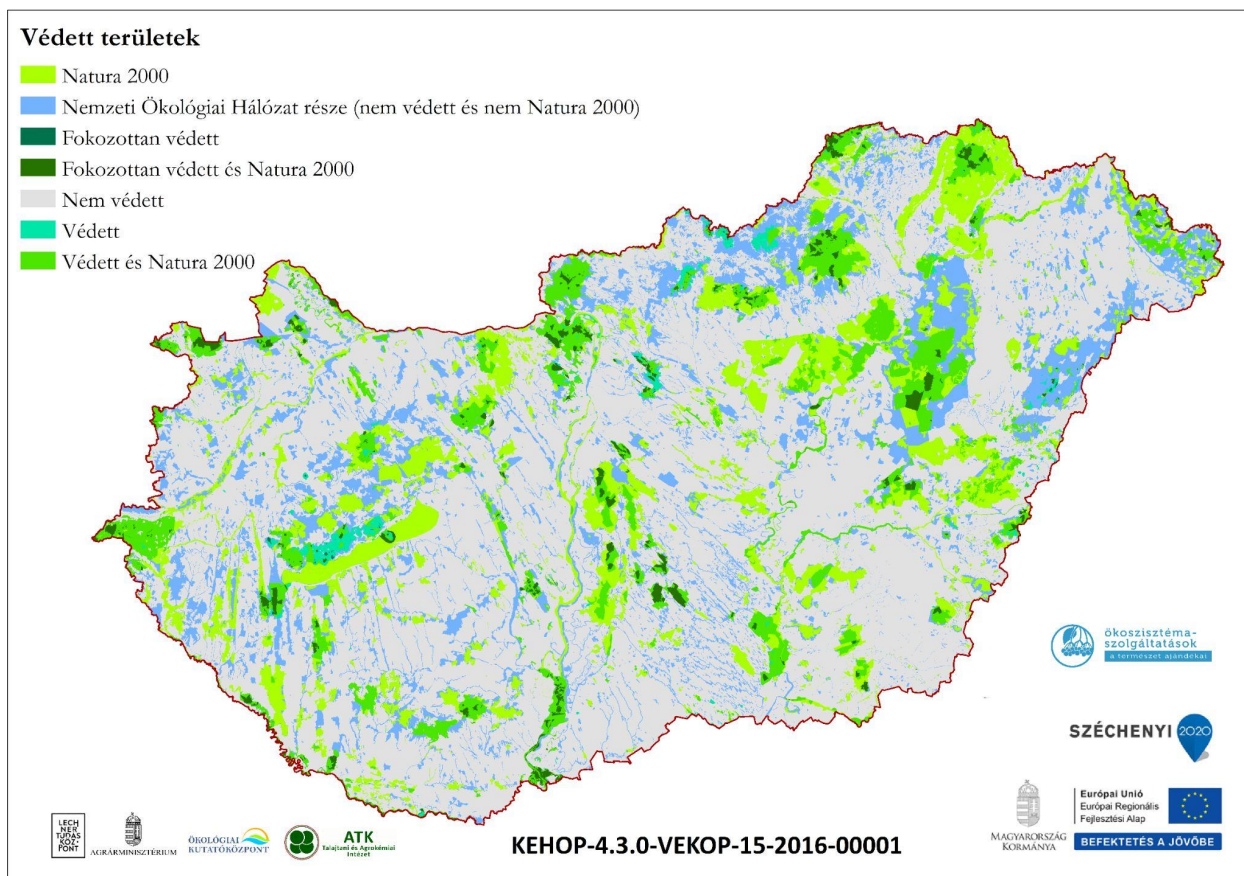
Fafajösszetétel (erdőállapot)	Ökoszisztéma-specifikus - Általános állapot-indikátor	Szakértői pontozás az alábbiak alapján: <i>Nem ültetvénytípusú erdők:</i> őshonos elegyfajok fajszáma (teljes), idegenhonos fajok összelegaránya, agresszívan terjedő fajok összelegaránya, főfajok megfelelő elegaránya, őshonos elegyfajok aránya az elvárthoz képest <i>Faültetvények:</i> Őshonos fajok fajszáma, őshonos fajok összelegaránya, agresszívan terjedő fajok összelegaránya Az elemzésben használt indikátor a fenti szempontokra kapott összpontszám országos maximumhoz viszonyított %-os aránya
Talaj szerves szén (C)	Szolgáltatás-alapozó indikátor: Éghajlat-szabályozás 1. kaszkádszint	A TAKI DoSoReMi adatbázisa alapján, 10-fokozatú skálára egyszerűsített térkép
Talajértékszám	Általános állapot- indikátor	Általános talaj-termőképesség: az 1970-es években fejlesztett talajbonitációs rendszer alapján, térbeli leskálázással javított felbontás; pontozásos értékelés (100 pontról 1-10-es skálára egyszerűsítve)
Élőhely-diverzitás	Foltnál durvább léptékű - Általános állapot-indikátor	Élőhelytípusok (Shannon) diverzitása a pixel 1 km sugarú környezetében, a maximum érték %-ában megadva
Gyep-állapot	Ökoszisztéma-specifikus - Általános állapot-indikátor	Proxy terhelés-indikátorok segítségével gépi tanulási módszerrel (CART osztályozó) előállított modell. Tanító adatok: terepen felmért 5-fokozatú Németh-Seregélyes-féle természetesség. Változók: gyepek és természetstípusú élőhelyek aránya különböző 300, 500 és 1000 m-en belül, utaktól/vizektől való távolság, MTÉT és AKG gyepek jelenléte, vízborítottság gyakorisága (Copernicus WWPI) A felhasznált indikátor két értéket vehet fel (1: rosszabb 2: jobb állapotú gyepek)
Vizes élőhelyek állapota	Ökoszisztéma-specifikus - Általános állapot-indikátor	Szakértői pontozás a következőkből: adott cellában: vízborítottság gyakorisága (Copernicus WWPI), utak jelenléte; a környezetben: vizes élőhelyek aránya, víz/vizes területek jelenléte, Vizes élőhelyek heterogenitása, természetstípusú élőhelyek aránya. Az elemzésben használt indikátor a fenti szempontok alapján kapott összpontszám.

Szántók állapota	Ökoszisztéma-specifikus - Általános állapot-indikátor	Szakértői pontozás a következőkből: természetszerű élőhelyek aránya (a pont környezetében), átlagos táblaméret, természetű növényfélék száma, zöldugar/lucerna területi aránya, Pihentetett területek aránya, Kukorica aránya, védelemből fakadó kötelezettséggel érintett területek aránya. Az elemzésben használt indikátor a fenti szempontok alapján kapott összpontszám.
------------------	--	---

A 4.2.1 fejezetben szereplő elemzés esetében az egyszerűség kedvéért a szántók és az erdők esetében is az 5 kategóriára egyszerűsített összesített állapot-mutatókat használtuk (a pontos módszertan kapcsán ld. Tanács et al. 2021). Mindkét esetben az 1-es jelenti a legkevésbé kedvező, az 5-ös pedig a leginkább kedvező állapotot.

2.4. Az elemzéshez felhasznált egyéb adatok

Magyarországon egy területet több jogszabály alapján helyezhetnek természetvédelmi oltalom alá, ami különböző szintű védelmet, számos esetben korlátozásokat jelenthet az adott területen folytatható tevékenységek szempontjából. Fontos kérdés, hogy látható-e szignifikáns különbség a különböző szinten védett, illetve a nem védett területek között az általunk készített értékelések eredményei alapján. Az ezt vizsgáló elemzések során a különböző jogszabályok alapján védelem alatt álló területek lehatárolásához a konzorciumvezető Agrárminisztérium által 2019. februárban rendelkezésre bocsátott térképi adatokat használtuk fel. Az elemzésben „védett területek”-ként külön kategóriát képeznek a védett természeti területek (Nemzeti Park, Tájvédelmi Körzet, Természetvédelmi Terület) és ahol ezek térben értelmezhető kiterjedéssel rendelkeznek, a védett természeti emlékek is. Több esetben külön kiemeltük a fokozottan védett területeket. Külön kategóriaként szerepelnek a Natura 2000 területek (az egyes típusok megjelölése nélkül). Mivel a két területtípus között jelentős átfedések tapasztalhatóak, például a Natura 2000 területek általában egyben védett természeti területek is, a fenti kategóriákat részben kombináltuk.



2.4.1 ábra A különböző típusú védett területek és kombinációik. A Nemzeti Ökológiai Hálózatnak csak azokat az elemeit tüntettük fel külön, amelyek nem védett, és nem Natura 2000 területek

3. A szintézisben alkalmazott elemzési módszerek bemutatása

Az alábbiakban röviden ismertetjük az elemzések során alkalmazott módszereket.

3.1. Térbeli tagolás

Az elemzéseket az árnyaltabb megközelítés érdekében többféle térbeli szinten is elvégeztük, tehát nemcsak a teljes ország területére, hanem adott szempontok szerint lehatárolt részterületekre is. A lehatárolás részben nagyobb tájegységek szerint történt (alföldi, illetve hegy- és dombvidéki területek), részben pedig fő ökoszisztéma-típusok (erdők, gyepek, szántók) szerint. Ahogy a 3.1.1 táblázat mutatja, a kétféle megközelítést bizonyos esetekben kombináltuk is. Az egyes lehatárolásokra a továbbiakban “maszkokként” utalunk.

A földrajzi elkülönítéshez nem a domborzatot vettük alapul, tehát nem kizárólag magassági alapon történt, hanem Magyarország földrajzi nagytájain alapul. Alföldi területnek számít a Kisalföld és a Nagyalföld, a többi nagytáj pedig a “Hegy és dombvidékek” kategóriába került.

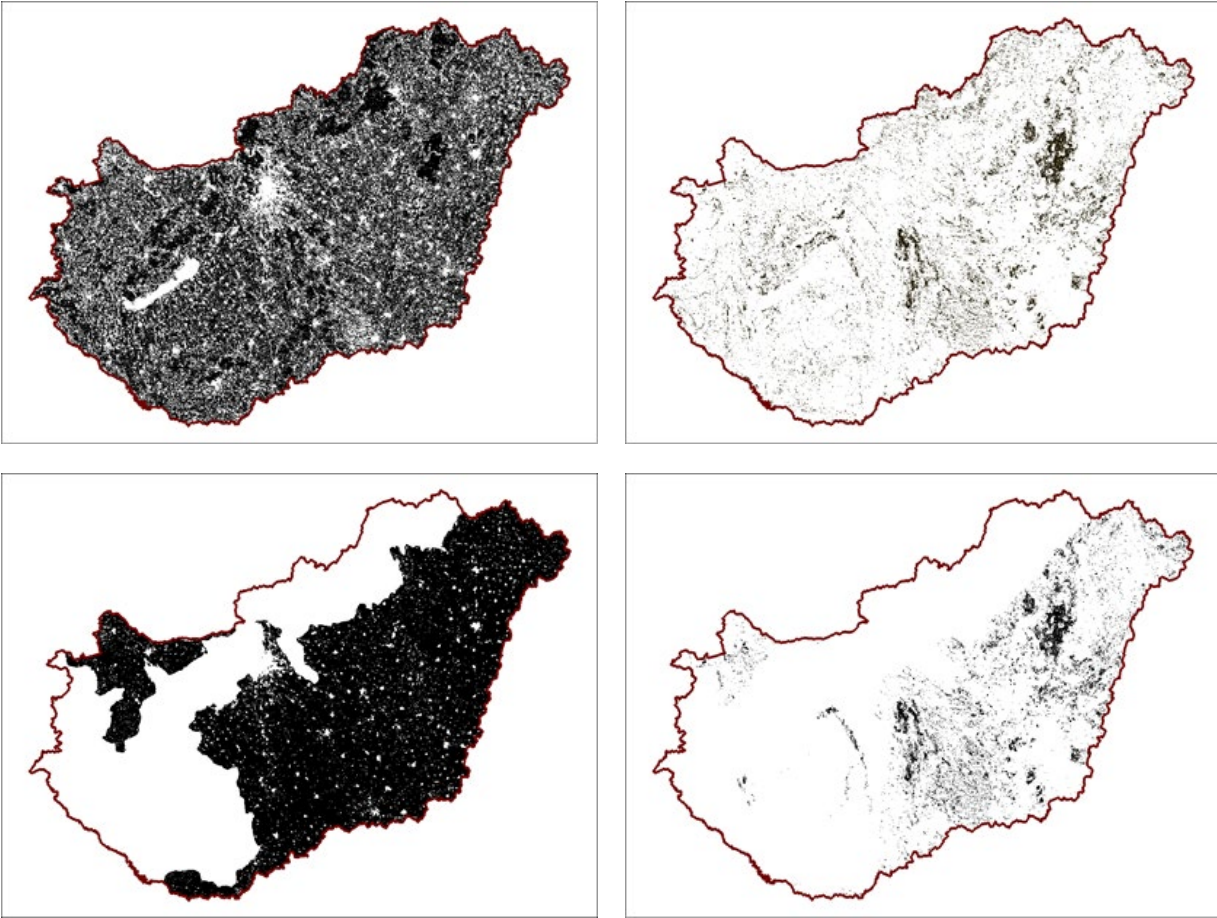
A fő ökoszisztéma-típusok esetében csak azokkal a területekkel dolgoztunk, ahova rendelkezésre álltak adatok, tehát például az Ökoszisztéma-alaptérkép “Erdő” kategóriájába eső területek közül hiányoznak azok az erdőterületek, amelyek az Országos Erdőállomány Adattárban nem szerepelnek. Hasonlóképpen a szántók közül is csak azokat vettük figyelembe, amelyekre rendelkezésre álltak hozam adatok. Egy ökoszisztéma-szolgáltatás (az aszálymérséklés) esetében az elkészült és az elemzéshez felhasznált térkép nem fedte le az egész ország területét. Ugyanakkor nem szeretnénk volna az aszálymérséklést teljes mértékben kihagyni az elemzésből, emiatt azokban az esetekben, ahol ezt a szolgáltatást relevánsnak tartottuk (főleg az alföldi területeken), az elemzést kétféle maszkkal, az aszálymérséklés térkép területi kiterjedésének figyelembevételével, és anélkül, a szolgáltatás teljes kihagyásával is elvégeztük. Így összesen, az országos elemzést is beleszámítva, 12-féle maszkkal dolgoztunk (3.1.1. táblázat).

3.1.1. táblázat: A különböző szempontok szerint kijelölt részterületek

Sorszám	Maszk neve	Releváns ökoszisztéma	Területi korlát
1	Országos elemzés	összes típus	teljes terület
2	Gyepek	gyepek	teljes terület
3	Gyepterületek aszálymérsékléssel	gyepek	síkvidék, ahová rendelkezésre állt belvízveszélyeztetettség adat (KBV)
4	Agrárterületek	agrárterületek (szántók és gyümölcsösök), ahol van terméshozam-adat	teljes terület
5	Agrárterületek aszálymérsékléssel	agrárterületek, ahol van terméshozam-adat	síkvidék, ahová rendelkezésre állt belvízveszélyeztetettség adat (KBV)

6	Alföld	összes típus	Kis- és Nagyalföld nagytájak
7	Alföld aszálymérsékléssel	összes típus	Kis- és Nagyalföld nagytájak
8	Hegy és dombvidékek	összes típus	minden terület, ami nem esik bele az alföld maszkba
9	Erdő - teljes	üzemtervezett erdők	teljes terület
10	Erdő - alföld	üzemtervezett erdők	Kis- és Nagyalföld nagytájak
11	Erdő - alföld aszálymérsékléssel	üzemtervezett erdők	síkvidék, ahol van belvízveszélyeztetettség adat (KBV)
12	Erdő - hegy és dombvidékek	üzemtervezett erdők	minden terület, ami nem esik bele az alföld maszkba

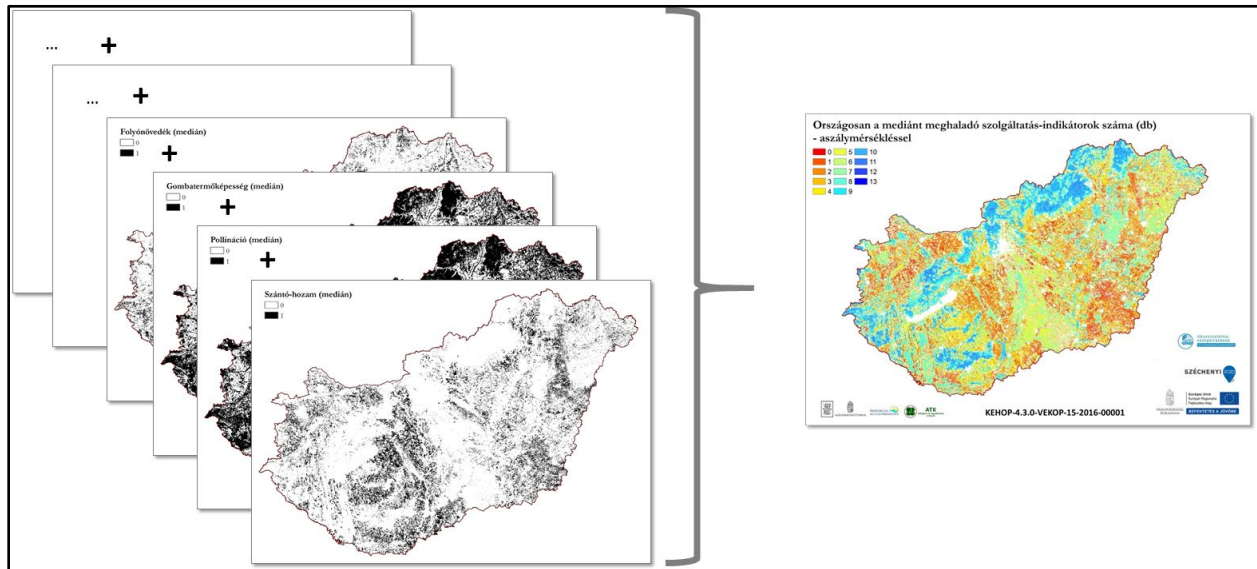
A vizeket, mesterséges felszíneket és a 4600-as (“Máshová nem besorolható fás szárú növényzet”) kategóriát kizártuk az elemzésből, valamint azokat a szántókat is, amelyekre nincs adat. A vizek és mesterséges felszínek azért kerültek ki, mert esetükben a vizsgált szolgáltatások jelentős része nem, vagy nehezen értelmezhető, így a vizek esetében kevés szolgáltatást tudunk volna figyelembe venni és emiatt az összevetésben torzultak volna az eredmények (nem tekinthetünk kevésbé “jónak” egy vizet azért, mert mondjuk a pollináció szolgáltatás szempontjából irreleváns). A többi kihagyás adathiány miatt történt. A maszkokra néhány példa 3.1.1 ábrán látható.



3.1.1 ábra: bal felső: országos elemzés maszkja; jobb felső: gyepek; bal alsó: alföldi területek; jobb alsó: gyepek csak ott, ahol van aszálymérséklés adat

3.2. A multifunkcionalitás értékelése hotspot elemzéssel

A **hotspot térképek** azokat a területeket emelik ki, amelyek egyszerre sokféle szolgáltatást képesek magas szinten nyújtani, tehát magasabb a multifunkcionalitás értékkel rendelkeznek. Az eredeti potenciál-térképeket 100 m-es felbontásra aggregáltuk (az eredetileg 20 m-s felbontású térképek esetén az értékek mediánját vettük). Minden térképen egyedileg zártuk ki a nem releváns, vagy adathiányos területeket (ált. vizek, települések). Valamennyi szolgáltatás esetében egyenként meghatároztuk azokat a területeket, ahol országos viszonylatban magas az adott szolgáltatás potenciálja. Az, hogy mi számít magasnak, definíció kérdése, gyakran valamilyen percentilis alapján definiálják (pl. országosan a felső 5, 10, 20%), de lehet úgy is tekinteni, hogy magas (tehát értékes) mindenhol, ahol meghaladja az ország egészére számolt medián értéket (tehát az 50%-ot). A megadott küszöbértékek segítségével minden szolgáltatásra bináris térképeket készítettünk, ahol 1-es értéket kapnak az adott szolgáltatás szempontjából magas potenciállal rendelkező területek, és 0-t minden más terület (ld. 3.2.1 ábra). A bináris térképek összeadásával olyan összesítő térképet kaptunk, amely **megmutatja, hogy adott helyen hány szolgáltatás potenciálja magas**. A hotspot térképeket országosan készítettük el, többféle percentilis (a felső 5, 10, 20 és 50%) alapján képzett küszöbértékekkel.



3.2.1 ábra: Bináris ökoszisztéma-szolgáltatás térképek, melyek az egyes szolgáltatásokra nézve jelzik a kiemelkedő (itt: medián feletti) területeket. A raszterek összeadásából származik az országos hotspot térkép, mely a kiemelkedő ökoszisztéma-szolgáltatások számát mutatja az egyes cellákban

3.3. Az egyes szolgáltatás- és állapot-indikátorok összefüggéseinek elemzése

Az itt ismertetett elemzések segítségével azt vizsgáltuk, hogy az egyes ökoszisztéma-szolgáltatások, illetve a szolgáltatások és az állapot indikátorai hogyan viszonyulnak egymáshoz. Az értékeléshez (a hotspot elemzéshez hasonlóan) minden szolgáltatás esetében 100 x 100 m-es terület egységeket használtunk, ahol eredetileg nagyobb volt a felbontás (pl. 20 x 20 m), ott aggregáltunk, a szolgáltatásra kapott értékek mediánját vettük. Annak érdekében, hogy az egy-egy főtípusra jellemző ellátó szolgáltatásokat ne kelljen kizárnunk az elemzésből, ahol az adott szolgáltatás nem volt releváns, ott értékét 0-nak tekintettük (pl. szántó hozam az erdőben). Ennél az elemzésnél nem az eredeti értékekkel dolgoztunk, hanem standardizáltuk őket, ún. studentizálással, ahol az elemzésben felhasznált értékek a következőképpen állnak elő: $(x - \text{átlag}) / \text{szórás}$ (ahol x az adott pontra kapott eredeti érték). Ez lehetőséget ad a különböző változók értékének összevetésére. Az elemzéseket külön elvégeztük valamennyi, a “3.1 Térbeli tagolás” c. fejezetben ismertetett maszkkal (3.1.1 táblázat), tehát összesen 12 változatban.

3.3.1. Korreláció-elemzés

A korrelációs elemzések segítenek feltárni az egyes változók, indikátorok (mint például az ökoszisztéma-szolgáltatások) közötti kapcsolatokat. A korrelációs együttható az egyes változók közötti kapcsolatok erősségéről és irányáról is szolgáltat információt. Mivel a vizsgált indikátorok (főleg az állapot-indikátorok) között vannak ordinális skálán értékelhető változók, és az eloszlásuk sem feltétlenül normális eloszlás, Spearman-féle rangkorrelációt (Spearman’s rho) számítottunk. A szignifikáns korreláció megléte nem jelent feltétlenül ok-okozati összefüggést, akkor sem, ha a

kapcsolat erős. Térbeli adatokon alapuló elemzéseknél a tapasztalt tendenciák egyébként is csak közvetve utalhatnak ok-okozati viszonyokra, szemben az idősoros adatokkal, amelyekkel a valós kölcsönhatások jobban kimutathatóak.

3.3.2. A korrelációk hálózat-alapú vizsgálata

Bár a módszer összetett elemzéseket is lehetővé tesz, és hosszabb távon fontos továbblépési lehetőséget jelent, a rendelkezésre álló időben az első, vizualizációs lépésig jutottunk. A korrelációs elemzés eredményeit így tehát hálózatokban, az összes vizsgált ökoszisztéma-szolgáltatás és ökoszisztéma-állapot indikátor közötti összefüggések sokaságaként tudtuk megjeleníteni. A hálózat-ábrázolás az R statisztikai szoftverben, az *igraph* csomag segítségével történt. Az előzetesen kiszámított korrelációs együtthatókat maszkonként jelenítettük meg, az alapvető hasonlóságok/különbségek feltárása érdekében.

A jobb áttekinthetőség, a túlszűfolt teljes gráfok elkerülése érdekében egy második lépésben megszürtük a kapcsolatokat és csak a viszonylag erősebb kapcsolatokat ábrázoltuk. A nagy elemszám miatt a korreláció minden esetben szignifikáns volt, így nem azt az egyébként bevett módszert választottuk, hogy csak a szignifikáns kapcsolatokat jelenítjük meg. Helyette megállapítottunk egy küszöbértéket ($\rho > 0.3$ a pozitív kapcsolatoknál és $\rho < -0.3$ a negatív kapcsolatoknál), amin túllépve már releváns erősségűnek tekintettünk egy kapcsolatot. Valamennyi maszkra három változat készült, egy, ami ezeket az erősebb kapcsolatokat ábrázolja, illetve egy-egy olyan, melyen csak a pozitív, illetve csak a negatív kapcsolatok lettek feltüntetve.

Az ábrákon a változók helyét az egymáshoz való viszonyuk határozza meg (az erősen, pozitívan korreláló változók egymáshoz közel, míg az erősen negatívan korrelálók egymástól távolra kerültek). A koordináták kiszámítása a Fruchterman-Reingold algoritmussal (automatikus beállításokkal) történt, minden hálózatváltozatra külön-külön. A kapcsolatokat szimbolizáló vonalak vastagsága az adott korreláció erősségével arányos.

3.3.3. Főkomponens-analízis (PCA)

A főkomponens-analízist (“Principal Component Analysis”, PCA) gyakran használják a térben explicit (pl. távérzékelte) adatoknál dimenziócsökkentésre, mivel néhány főkomponensbe sűríti össze a különböző, adott esetben egymással is kölcsönhatásban álló változók információ-tartalmát úgy, hogy a kapott főkomponensek között már a lehető leggyengébb a korreláció. Az így létrejött változók kapcsolata vizsgálható az egyes szolgáltatásokkal, illetve más változókkal (pl. ÖÁ-indikátorokkal, vagy magyarázó háttértényezőkkel) is. Az elvégzett PCA-elemzések eredményeképpen megkaptuk az egyes ökoszisztéma-szolgáltatások összefüggéseit a főkomponensekkel, melyek pl. pontdiagramokon ábrázolhatóak. Az első három főkomponensből térképeket is készítettünk, melyeken az első főtengely a piros, a második a zöld, a harmadik pedig kék színnel szerepel. A felhasznált R csomagok listája: *raster*, *xlsx*, *corrplot*, *Hmisc*, *vegan*, *scales*.

3.3.4. Szolgáltatás-csoportok térbeli lehatárolása k-means klaszteranalízissel

A PCA eredményeképpen kapott ábrák, illetve táblázatok segítségével már azonosíthatóak “együtt mozgó” változócsoportok. Az egyes főtengeleket ábrázoló térképek viszont önmagukban nem alkalmasak csoportok térbeli lehatárolására (noha a színek alapján vizuálisan elkülöníthetők hasonló területek). A csoportok kialakítása és egyértelmű térbeli lehatárolása, bár nyilván egyszerűsítést jelent, célszerűbb, könnyebb felhasználást tesz lehetővé, emellett a szolgáltatások és az állapot-indikátorok csoportokon belüli viszonyai is könnyebben értelmezhetőek, mint a PCA-eredmények esetében. A csoportosítást klaszteranalízissel végeztük el, amihez az indikátorokat az előzőekhez hasonlóan 100 méteres területegységekre aggregáltuk (a medián segítségével). Az R program *H2O* csomagjának *k_means* osztályozóját használtuk. Ebben egy modellt hozunk létre, melyben a klaszterek száma és középpontja egy iteratív megoldással dinamikusan változik, a végén egy megadott küszöbfeltétel teljesülése állítja le az iterációt. A részletes leírást a 2. Melléklet tartalmazza.

A felhasznált indikátorok közül ebben az elemzésben nem szerepel egy, a szűréssel nagyon erősen korreláló, és egyébként is inkább csak a hegy- és dombvidékeken értelmezhető változó (lefolyás-mérséklés), valamint egy, csak részterületre számított indikátor (aszálymérséklés).

A kapott csoportok jellemzését rózsadiagramok segítségével végeztük el. A rózsadiagram az egyes csoportok több tulajdonságának együttes ábrázolását teszi lehetővé olyan módon, hogy valamennyi vizsgált szolgáltatás standardizált átlag (potenciál)értékét egy-egy tengely mentén helyezi el.

3.4. A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis-elemzésének módszertana

A városok esetében az ökoszisztéma szolgáltatás-alapú területhasználat-tervezéshez a megfelelő módszerválasztás jelentősége azért különösen nagy, mivel egyrészt az ilyen sűrűn lakott környezetben található ökoszisztémák arányaiban sokkal több ember egészségére közvetlen hatást jelentő szolgáltatást nyújtanak (pl. szennyezőanyag-megkötés, hőstressz-csökkentés). Másrészt a rendelkezésre álló terület szűkössége miatt a minél több szempontra kiterjedő, optimális területhasználat kialakításának a lehető legjobb módszertani megalapozása ennél a tájtípusnál különösen indokolt. Ezek miatt a városi ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése, valamint az elemzések szintézise valamelyest eltér az országosan alkalmazott módszerektől. Ahogy a bevezetésben említésre került, a városi ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésében a finom léptékben használható, magas komplexitási szintű modellek kapnak vezető szerepet.

A NÖSZTÉP városi ökoszisztémákkal foglalkozó szakértői munkacsoportja három szabályozó szolgáltatás (3.4.1 táblázat) értékelését és térképezését végezte el, négy nagyvárosi mintaterületre. A négy kiválasztott nagyváros Debrecen, Sopron, Szeged, valamint Budapest XI. és XXII. kerülete, kiegészülve Budaörrrel és Törökbálinttal. A munkacsoport által a NÖSZTÉP értékelésben alkalmazott modellek összetettebb eljárásokon (pl. a bevezetésben említett faegyed-szintű *i-Tree* modell) alapuló, de egyszerűsített módszerek voltak, melyek alapvetően a felszínborításból indulnak ki. Ezek eredménytérképei képezték a szintézis-elemzések alapját.

3.4.1 táblázat: A szintézis-elemzésbe bevont városi ökoszisztéma-szolgáltatások indikátorai

ÖSZ	Indikátor	Rövid leírás
csapadékvíz-megtartás	levélfelületeken (ideiglenesen) tározódó csapadékmennyiség	m ³ /ha/év - az i-Tree Eco modell által számított egységnyi felületre vonatkozó intercepciós értékekből és a levélfelületi index térképéből számítva
légszennyezés-megkötés	PM ₁₀ éves szinten ülepedő mennyisége	g/m ² /év - az EMEP-MSW modell által számított átlagkoncentrációk, a szennyező ülepedési sebessége és a levélfelületi index térképe alapján számítva
mikroklíma-szabályozás	MCI (mikroklíma-index)	InVEST Urban Cooling modell által számított, léghőmérséklet-dimenziójú (Celsius-fok) érték, nyári hőségnapokra

A szakirodalmi előzmények és a projekt jelenlegi lehetőségeinek fényében a NÖSZTÉP-ben az alábbi egyszerű szintézis-módszertant alkalmaztuk a vizsgált városi ökoszisztéma-szolgáltatások esetében: a térképezett szolgáltatások szinergiáinak térbeli elemzését az egyes szolgáltatások normalizált értékei alapján végeztük. A normalizálás a minimum és maximum értékekből képzett 0-1 skála segítségével történt. Mivel a mikroklíma-szabályozás esetében a NÖSZTÉP Városi SZMCS eredménytérképei az (abszolút) hőmérsékleti értékeket ábrázolják, ezért a szintézis-vizsgálat céljára a szolgáltatás értékeket úgy határoztuk meg, hogy az egyes pixelek értékét kivontuk az adott térkép maximum értékéből. Az egyik alkalmazott szintézis mutató - hasonlóan az országos hotspot elemzés menetéhez - **a három szolgáltatás normalizált értékeinek egyszerű összege**, szintén 0-1 skálára vetítve (Cortinovis és Geneletti 2020 alapján – a matematikai aggregálás a városökológiai kompozit indikátorokban is megjelenik – Alam et al. 2016).

A fenti, egy szám- vagy kvartilisértékkel megadható jellemzés mellett szükség lehet olyan, döntéselőkészítésben alkalmazható megközelítésre is, ami az egyes szolgáltatások jelenlétét, az azok szempontjából való „teljesítményt” is valamilyen mértékben figyelembe veszi. Ennek megfelelően a normalizált szolgáltatástérképek értékei alapján kvartilis-alapú minősítést végeztünk (0-25%: alacsony, 25-50%: mérsékelt, 50-75%: magas, 75-100%: nagyon magas), és ezen származtatott térképek alapján az alábbi osztályozást készítettük a mintaterületekre: a legmagasabb (4) kategóriába azok a területrészek kerültek, amelyek mindhárom szolgáltatás szempontjából a nagyon magas értéket kapták. Ezek esetében elsődleges területhasználati cél lehet az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartásának biztosítása, ezért „védendő” kategóriának is nevezhető. A két szolgáltatás szempontjából nagyon magas (vagyis a kvartilis-beosztás szerint maximális) szolgáltatás értékkel jellemezhető területeket „magas potenciálú” területeknek tekinthetjük (3). Ahol legalább két szolgáltatás értéke a magas kategóriába került, tehát a szolgáltatás biztosítása szempontjából a területek „jobb részeinek” tekinthetők, azokat „másodlagos potenciálú” területnek mondhatjuk ebben a gondolatmenetben (2). A fennmaradó területeket „mérsékelt” potenciállal rendelkezőnek nevezhetjük (1), de természetesen ez nem jelenti az ökoszisztéma-szolgáltatások teljes hiányát, ill. ezek lehatárolása a fejlesztési célterületek

kijelölését segítheti. Ez a kiemelkedő szolgáltatások számán alapuló kategorizálás nagyjából megfeleltethető az országos szintézisben végzett hotspot elemzésnek. A kvartilisek alapján történő lehatárolásnál a két legjobb kategória feleltethető meg az országos hotspotok kijelöléséhez alkalmazott medián-szabálynak.

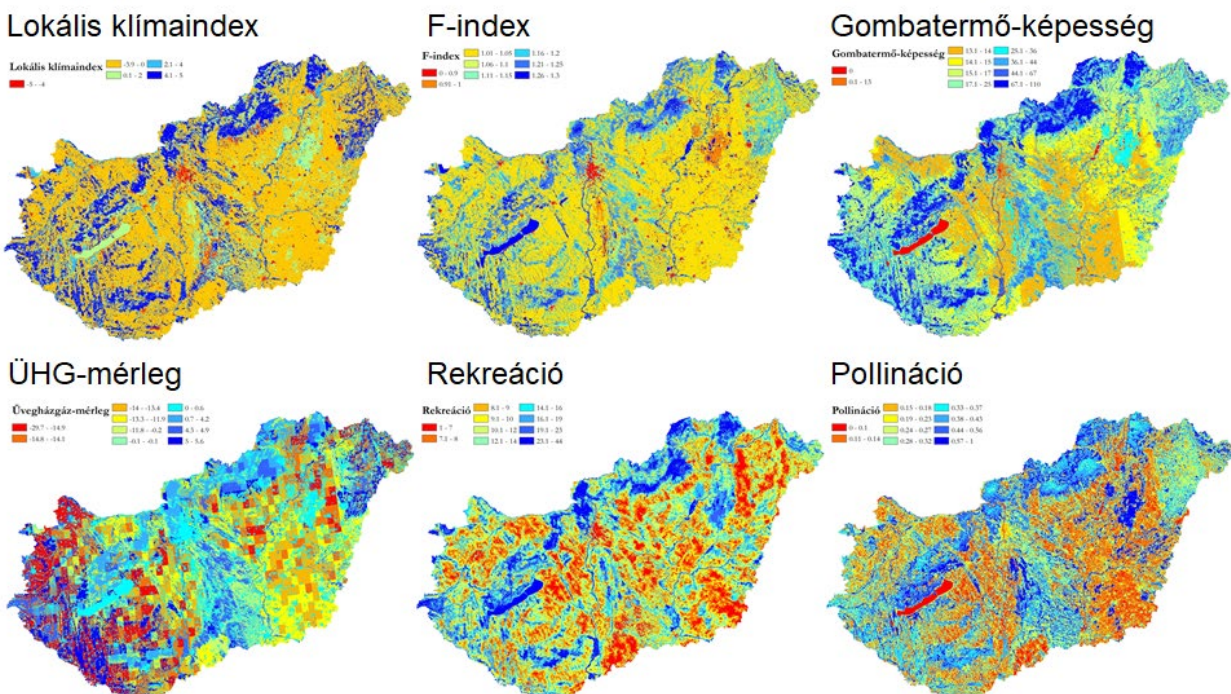
Tágabb értelemben ez a megközelítés Pena et al. (2018) módszertanát veszi alapul. Ezek a térképek önmagukban még nem alkalmasak a zöldinfrastruktúra-fejlesztést alapozó célterület-lehatárolásra, ugyanakkor ez a megközelítés lehetővé teszi (akár a normalizált szolgáltatás-térképek valamilyen más felhasználásával) a társadalmi háttér adatok bevonásával történő későbbi integrált értékelést, és a külföldi példákhoz hasonló módszertant követve az eredmények nemzetközi összehasonlíthatóságát is segítheti.

4. Eredmények

4.1. Az egyes szolgáltatás-indikátorok térbeli mintázatai

A szolgáltatás-indikátorok térképeinek elkészítése lehetőséget ad az indikátorok térbeli mintázatainak értékelésére. A 4.1.1-4.1.3 ábrákon megtalálhatóak az egyes szolgáltatások aktuális potenciáljának 10%-os küszöbértékek (lásd 3.2.) szerint színezett térképei, amelyek majd segítik az összetett térképek, elemzések értelmezését. A kék színek jelentik a magas, a pirosas árnyalatok az alacsony értékeket. A térképeket 3 csoportba rendezve mutatjuk be.

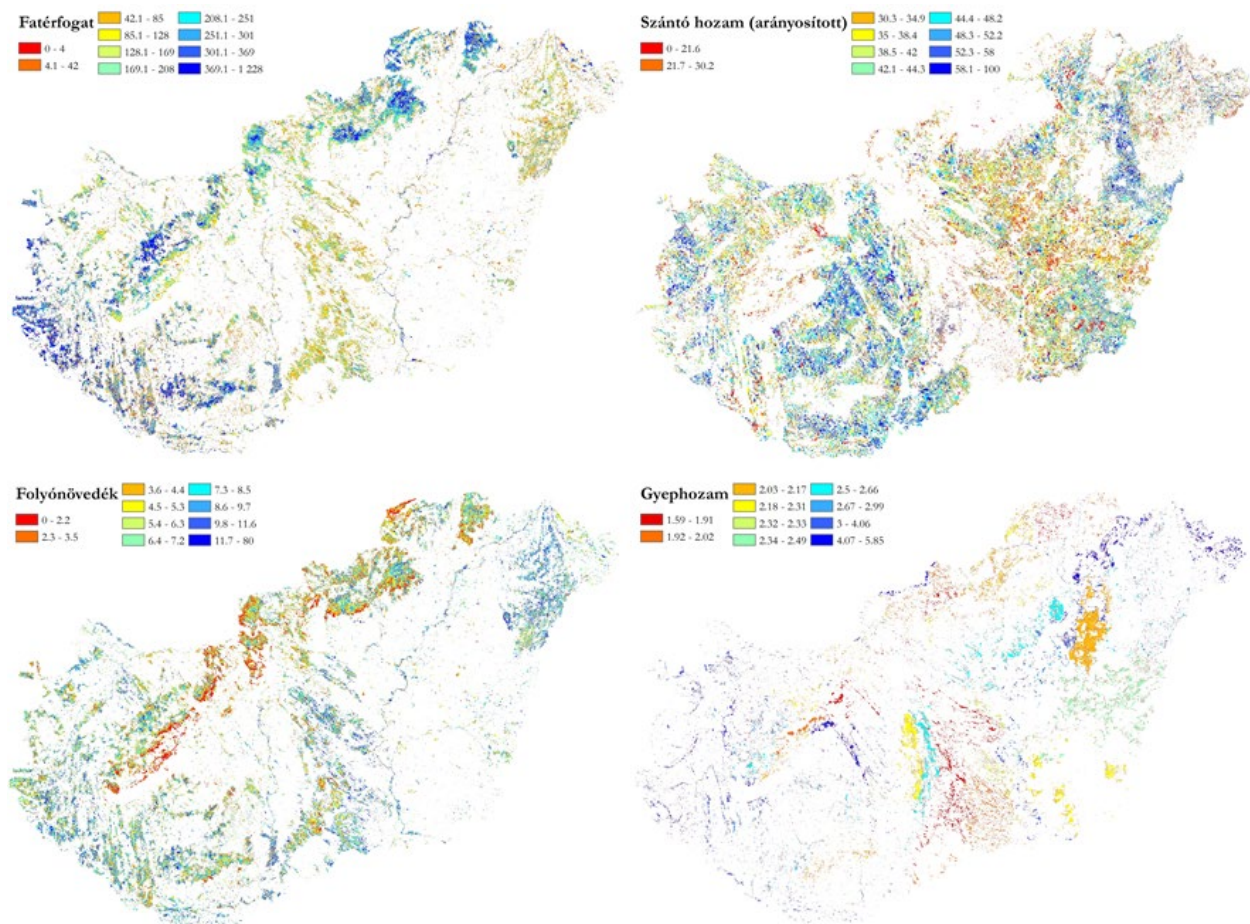
A 4.1.1 ábrán azok a szolgáltatás-indikátor térképek láthatóak, amelyeknél az Ökoszisztéma-alaptérkép ökoszisztéma-típusaira adott szakértői becslések hangsúlyos szerepet játszanak, vagy a típusok (tehát tulajdonképpen a növényzet) egyéb oknál fogva erősen meghatározó a kapott értékek alakulásában. Ezeknél az indikátoroknál a mintázatokban jelentős mértékben visszaköszönnek az alaptérképen is látható mintázatok. Ezek között is vannak olyan indikátorok (pl. rekreáció, pollináció), amelyek készítésekor sok egyéb szempont is hangsúlyosan szerepelt, így ezek az ökoszisztéma-típusokon belül is jobban képesek differenciálni, mintázatuk kevésbé egyértelműen tükrözi az alaptérképet (tehát a felszínborítást). A gombatermő-képesség és az üvegházgáz-mérleg esetében durvább felbontású (pl. klíma-)adatbázisok is felhasználásra kerültek, ezek láthatóak a darabosabb mintázatokban.



4.1.1 ábra: Az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriái által erősen meghatározott szolgáltatás-indikátorok 10%-os küszöbértékek szerint színezett térképei

A 4.1.2 ábrán látható négy térkép olyan szolgáltatások térbeli mintázatait mutatja be, amelyek elsősorban egy-egy ökoszisztéma főtípushoz (pl. erdők, vagy szántók) kötődnek. A szolgáltatás potenciális szintje ugyan elvileg számítható lenne olyan területekre is, ami jelenleg

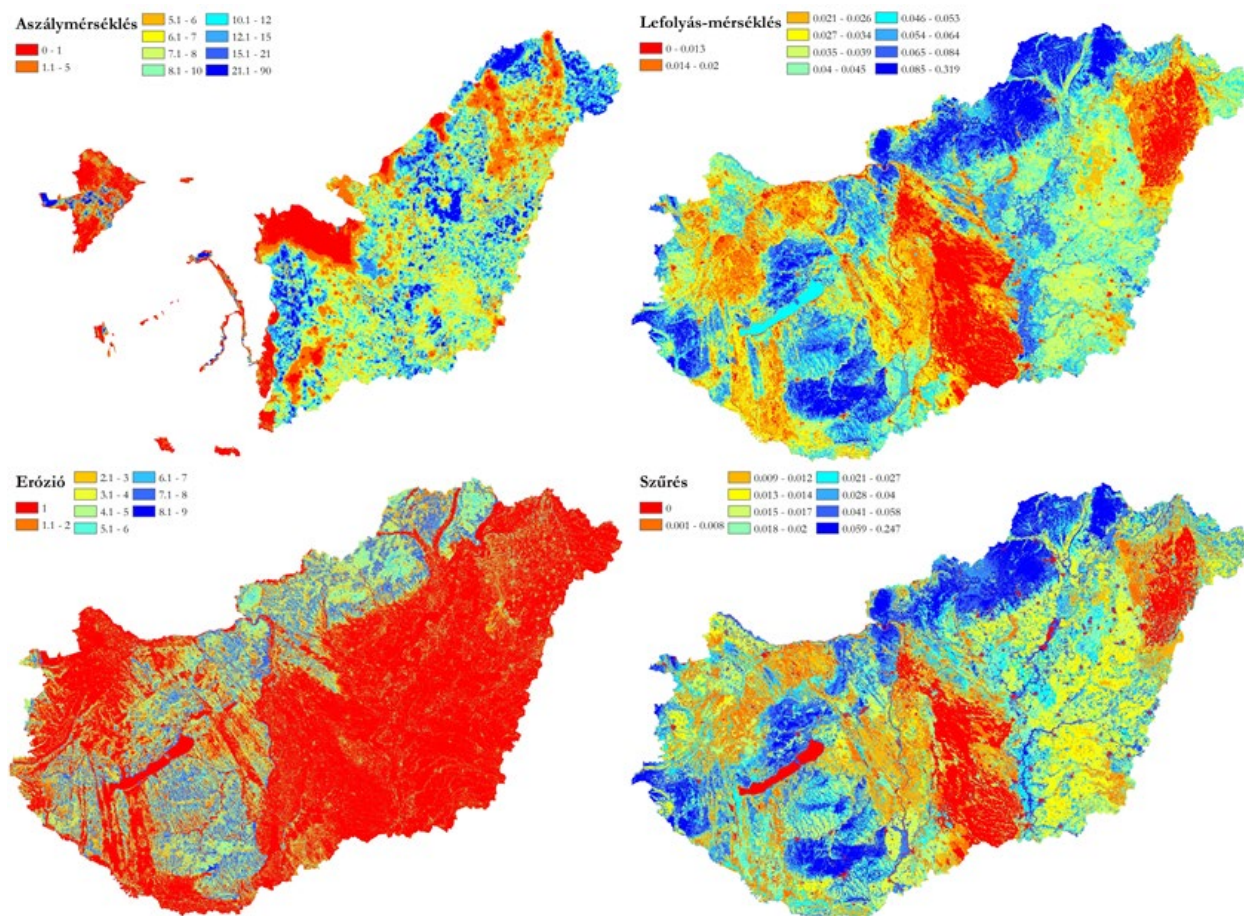
más főtípusban van (tehát pl. egy szántóra is kiszámítható lenne egy elméleti tűzifa-hozam), de a projekt a művelésiág-váltást csak a jövőkép-elemzés keretében tervezte figyelembe venni. Emellett a felhasznált adatok sem feltétlenül álltak rendelkezésre az adott főtípus területén kívül (pl. az Erdőállomány Adattár adatai csak az üzemtervezett erdők területét fedik le). A gyephozam kivételével, ami adathiány miatt kevéssé mutat típusokon belüli mintázatot, ezek a térképek jellemzően finomabb léptékű, mért (illetve bevett ágazati módszertan szerint becsült) adatok alapján, és nem (ökoszisztéma-típusokra vonatkozó) szakértői becslések alapján készültek, ezért térben finomabb mintázatok vizsgálatára is alkalmasak. Az erdők esetében a tűzifa-termeléshez kötődően két indikátort is figyelembe vettünk, mivel a kettő kiegészíti egymást, és úgy ítéltük meg, hogy bármelyiket választjuk, információt veszítünk: a fatérfogat a jelenleg meglévő, adott helyen potenciálisan akár teljes egészében kitermelhető mennyiséget mutatja meg, a folyónövedék pedig a potenciál növekedésének, adott esetben újratermelődésének sebességére utal. Utóbbi adja meg azt a mennyiséget, amely (elvben) fenntartható módon kitermelhető. Ez az összeadásnál kis mértékben torzíthat az erdők javára, bár a két indikátor sok esetben ellentétesen mozog.



4.1.2 ábra: Egy-egy ökoszisztéma főtípusra értelmezhető (ellátó) szolgáltatás-indikátorok 10%-os küszöbértékek szerint színezett térképei

A harmadik ábra (4.1.3) a hidrológiai szolgáltatásokat foglalja össze, melyek erősebben kötődnek a domborzathoz és a talajhoz, és azok országos mintázatait tükrözik vissza. Kettő

közülük, a lefolyás-mérséklés és a szűrés térképei, nagyon hasonló módszertannal készültek, emiatt nagyon hasonlóak a mintázataik is. A multifunkcionalitás vizsgálatánál azonban valamennyi szolgáltatásnak jelentősége van, ezért ebbe az elemzésbe mindkét szolgáltatást bevontuk. Az aszálymérséklés térképén látható, hogy a területnek csak egy részére álltak rendelkezésre adatok, noha a szolgáltatás a kimaradt területek egy részén is értelmezhető lenne. Emiatt az összegző térképeket két változatban készítettük el, melyek közül az egyik tartalmazza ezt a szolgáltatást, a másik nem.



4.1.3 ábra: A hidrológiai ökoszisztéma-szolgáltatások 10%-os küszöbértékek szerint színezett térképei

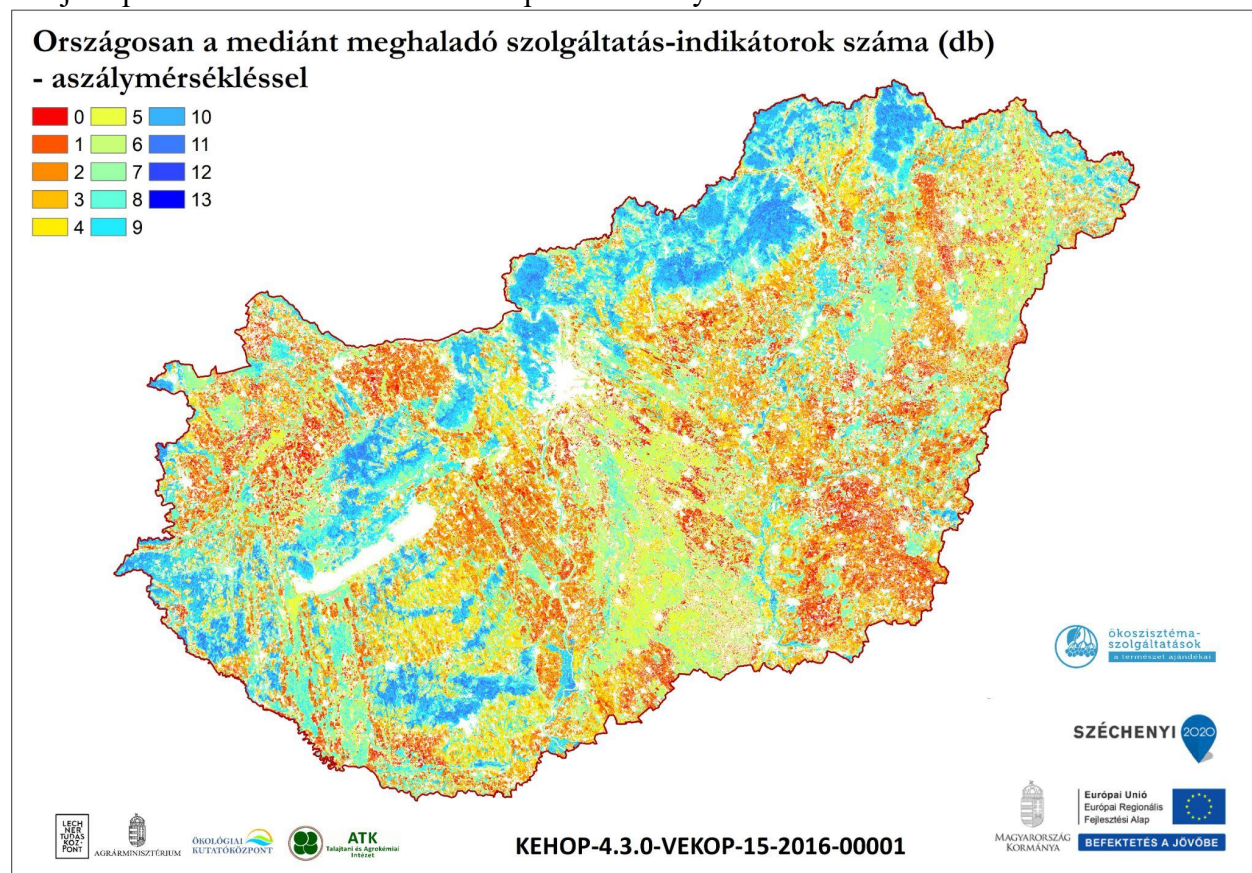
4.2. A multifunkcionalitás értékelése hotspot elemzéssel

A hotspot elemzésekkel a multifunkcionalitás szempontjából kiemelkedő területeket kerestük, így ennek elemzéséhez az egyes ökoszisztéma-szolgáltatások szempontjából kiemelkedően teljesítő területek leválogatását és összegzését választottuk (tehát ha egy terület az országosan jellemző értékekhez képest csekély szolgáltató-képességet mutatott egy bizonyos szolgáltatás szempontjából, akkor azt nem tekintettük szolgáltatóképesnek, nem vontuk be a multifunkcionalitás értékelésébe). A “kiemelkedőnek” ítélt területeket előbb a középérték (medián, azaz 50%-os percentilis) feletti, majd a legjobb 20%-nál meghúzott küszöbérték alapján mutatjuk be. A multifunkcionalitást külön szolgáltatás-típusok szerint is vizsgáltuk, valamint

területi összehasonlítást is végeztünk, a természetvédelmi oltalom mértéke alapján. Két fő ökoszisztéma-típus (a szántók és az erdők) esetében a multifunkcionalitást az általános állapot-értékelés eredményeivel is összevetettük.

4.2.1. A multifunkcionalitás országos értékelése

A 4.2.1 ábra térképen mutatja be az országosan a medián (50%-os percentilis) értéket meghaladó szolgáltatások számát. A vizek és a mesterséges felszínek, települések nem szerepelnek az értékelésben, mert a vizsgált szolgáltatások többsége ezekre a vizsgált léptékben nem informatív, vagy nem releváns. Szembetűnő a domborzat hatása az eredményre, hiszen több olyan, hidrológiai folyamatokhoz köthető szolgáltatást vizsgáltunk, melyek mintázatainak alakulásában (a talajjal együtt) ez a háttértényező meghatározó. Ezek közül mind az erózió elleni védelem, mind a dombvidéki lefolyás-mérséklés olyan szolgáltatások, amelyek eleve a hegy- és dombvidéki területeken relevánsak. Az aszálymérséklésnek éppen fordítva, elsősorban az alföldi területeken van jelentősége. Ilyen módon már a szolgáltatásoknak az egész értékelési folyamat kezdetén lezajlott prioritizálása is hatással van a kapott eredményekre.



4.2.1 ábra: Országos hotspot térkép, amely adott ponton az országos mediánt meghaladó szolgáltatások darabszámát mutatja. A fehérrel jelölt vizek, mesterséges felszínek, települések nem szerepelnek az értékelésben, mert a vizsgált szolgáltatások többségének értékelése ezekre nem releváns.

Az egyes ökoszisztéma-(fő)típusok leginkább jellemző multifunkcionalitás-értékét (azaz, hogy jellemzően hány szolgáltatás teljesít kiemelkedően az adott ökoszisztéma-típusú cellákban) a 4.2.1 táblázat szemlélteti. A jobb értékelhetőség kedvéért az alaptérkép második szintű kategóriái felhasználásával az erdő főtypust szétválasztottuk természetszerűbb (elsősorban őshonos fajokból álló) erdőkre és idegenhonos faültetvényekre. A térképen és az ábrán első pillantásra szembevető az erdők (illetve ezzel részben összefüggésben a jellemzően erdőborította hegy- és dombvidékek) kiemelt szerepe. A hegy- és dombvidéki erdőkben a vizsgált 14 szolgáltatás-indikátor közül jellemzően legalább 9 azoknak a száma, amelyek a mediánál magasabb értéket mutatnak, és a természetszerű erdők esetében még az alföldi területeken is jellemzőek a magasabb értékek. Bizonyos ellátó szolgáltatások kizárják egymást, így még a kevert pixelek esetében sem kaptunk 13-nál magasabb értéket.

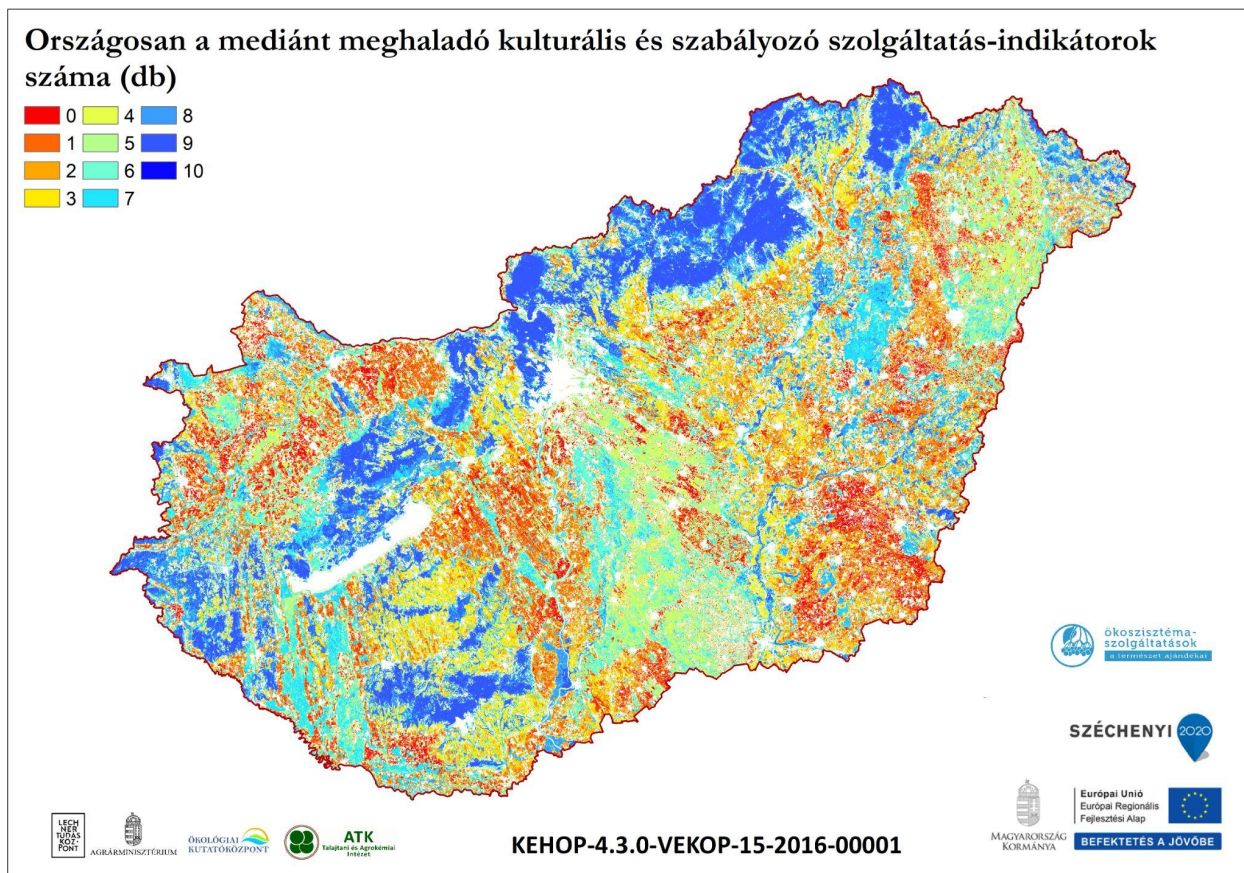
4.2.1. táblázat: Az egyes ökoszisztéma-típusok leginkább jellemző multifunkcionalitás-értékei, valamennyi szolgáltatást, illetve csak a szabályozó és kulturális szolgáltatásokat figyelembe véve

Főtípus	Terület (ha)	A leggyakoribb multifunkcionalitás értékek - <u>összes szolgáltatás</u>
Természetszerűbb erdők	1082459	10
Gyepek	922446	8
Vizes élőhelyek	348627	7
Idegenhonos faültetvények	772220	6
Agrárterületek	28007560	2
		A leggyakoribb multifunkcionalitás értékek - <u>szabályozó és kulturális szolgáltatások</u>
Természetszerűbb erdők	1082459	9
Gyepek	922446	8
Vizes élőhelyek	348627	7
Idegenhonos faültetvények	772220	5
Agrárterületek	2800756	1

A gyepek és vizes élőhelyek erdőkhez mérten alacsonyabb multifunkcionalitás értékei valószínűleg elsősorban a választott szolgáltatások, illetve indikátorok jellegéből, vagy ezen ökoszisztéma-típusok adathiányos voltából adódnak. Az adathiány miatt, ami a projekt során a térképezés valamennyi lépését megnehezítette, a gyepeken és vizes élőhelyeken belül eleve kevés ökoszisztéma-típust tudtunk elkülöníteni. Ezeknél a szolgáltatás-értékelések típuson belüli differenciálhatósága is rosszabb volt, mint pl. az erdők esetében. Ez különösen látványos például a gyepfózam, vagy a vizes élőhelyeknél az üvegházgáz mérleg esetében. Ez azt jelzi, hogy ezekről a típusokról finom léptékben (és komplex összefüggéseiben) jelenleg egyszerűen túl keveset tudunk, és ezt mihamarabb orvosolni kellene.

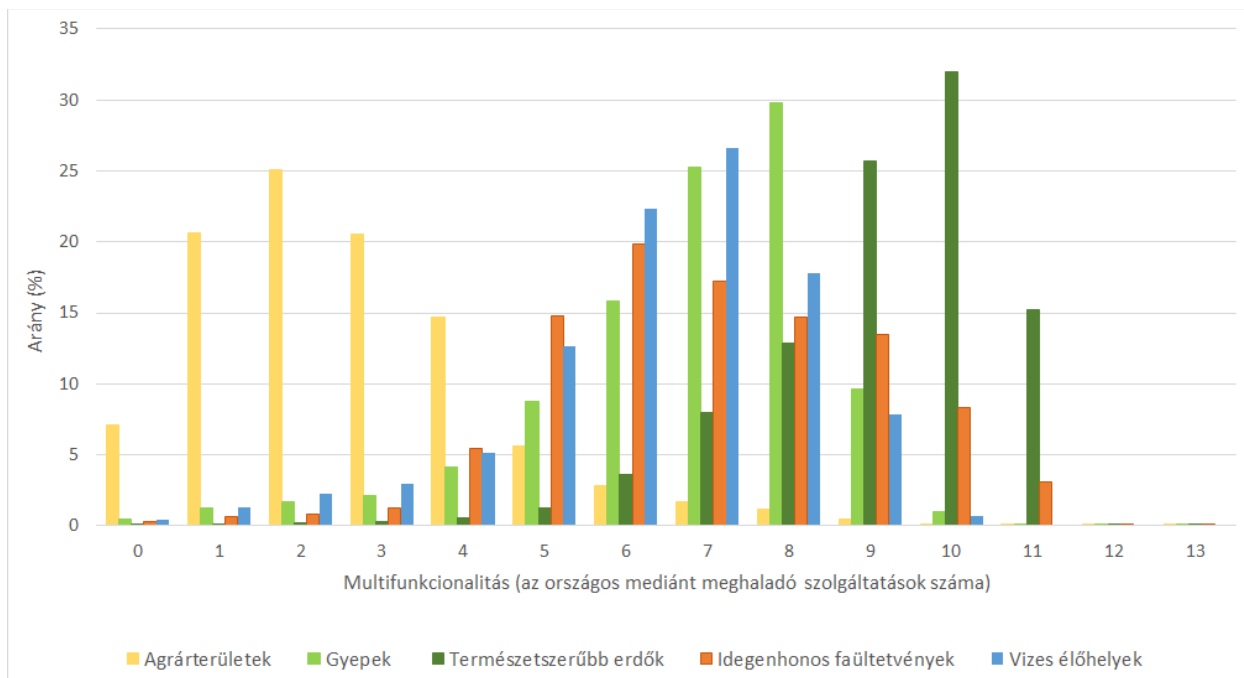
Jelentős különbségek adódnak a természetszerűbb erdők, és az idegenhonos faültetvények között az előbbiekre javára; noha az ültetvények is akár több szolgáltatás esetében is tudnak kiemelkedőt nyújtani, a természetszerűbb erdők többféle funkciót képesek hatékonyan betölteni.

A 4.2.3 ábra a csak a szabályozó és kulturális szolgáltatások figyelembevételével számolt multifunkcionalitást mutatja. A térképen is kirajzolódik a gyepek és vizes élőhelyek, illetve általában a természetközeli ökoszisztéma-típusok hangsúlyos szerepe.

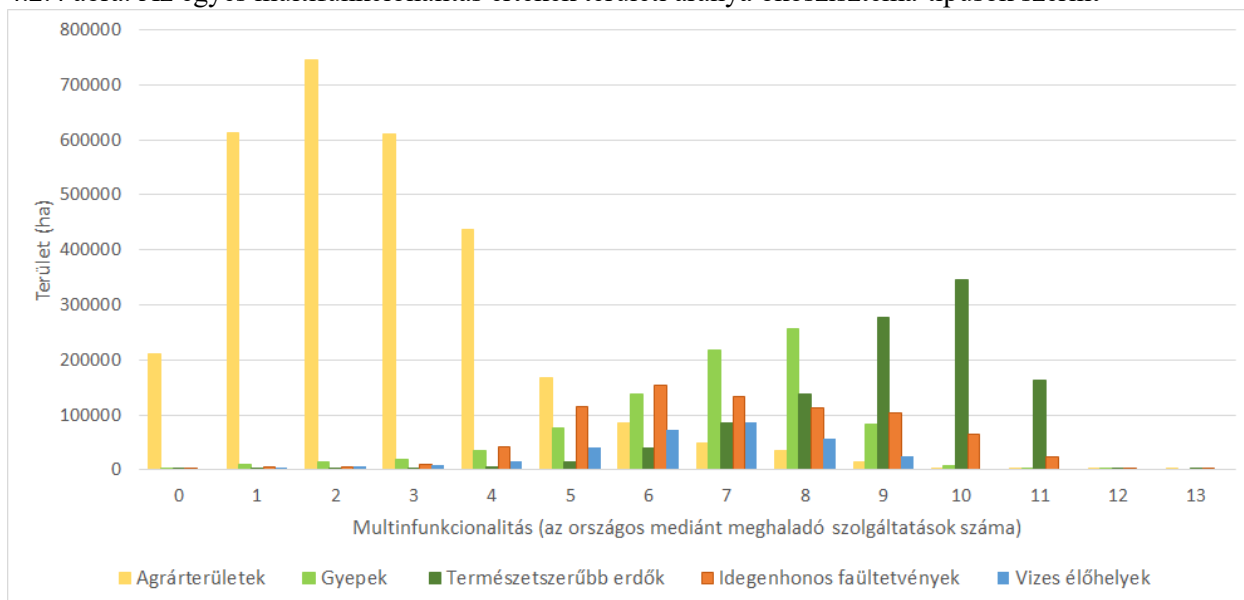


4.2.3 ábra: Országos hotspot térkép, amely adott ponton az országos mediánt meghaladó kulturális és szabályozó szolgáltatások darabszámát mutatja. A fehérrel jelölt vizek, mesterséges felszínek, települések nem szerepelnek az értékelésben, mert a vizsgált szolgáltatások többségének értékelése ezekre nem releváns.

A 4.2.4 ábra az egyes multifunkcionalitás értékek (tehát a kiemelkedő szolgáltatások darabszáma) területi arányát mutatja be ökoszisztéma-típusonként. Minél inkább jobbra tolódik az eloszlás, annál inkább elmondható, hogy az adott főtípus sokféle szolgáltatást nyújt kiemelkedő mértékben. A mesterségesebb (agrár) és a természetközeli típusok esetében az értékek eloszlása látványosan különbözik egymástól. Az agrárterületek nagy részén az alacsony multifunkcionalitás értékek (1-3) a jellemzőek, azonban előfordulhatnak magasabb értékek is. Ezek részben a szolgáltatások szempontjából általában magasabbra pontozott komplex művelésű területek (Ökoszisztéma-alaptérkép 2310, 2320 kategóriák) miatt állhatnak elő, részben pedig az állapotértékelés során a táji környezet, vagy a kisebb táblaméretnek nyomán jobb állapotúnak adódott szántók okozhatják (ld. lejjebb, 4.2.6 ábra). A hasonló “alacsony intenzitással művelt” agrárterületek regionális szinten kiemelten fontosak az agrártáj multifunkciós ökoszisztéma-szolgáltatás biztosításában (Hölting et al. 2019). Ezzel részben összefüggésben szerepet játszhat még a szolgáltatások 100 m-re aggregált felbontása, és a típushatárokon ebből adódó kevert pixelek.



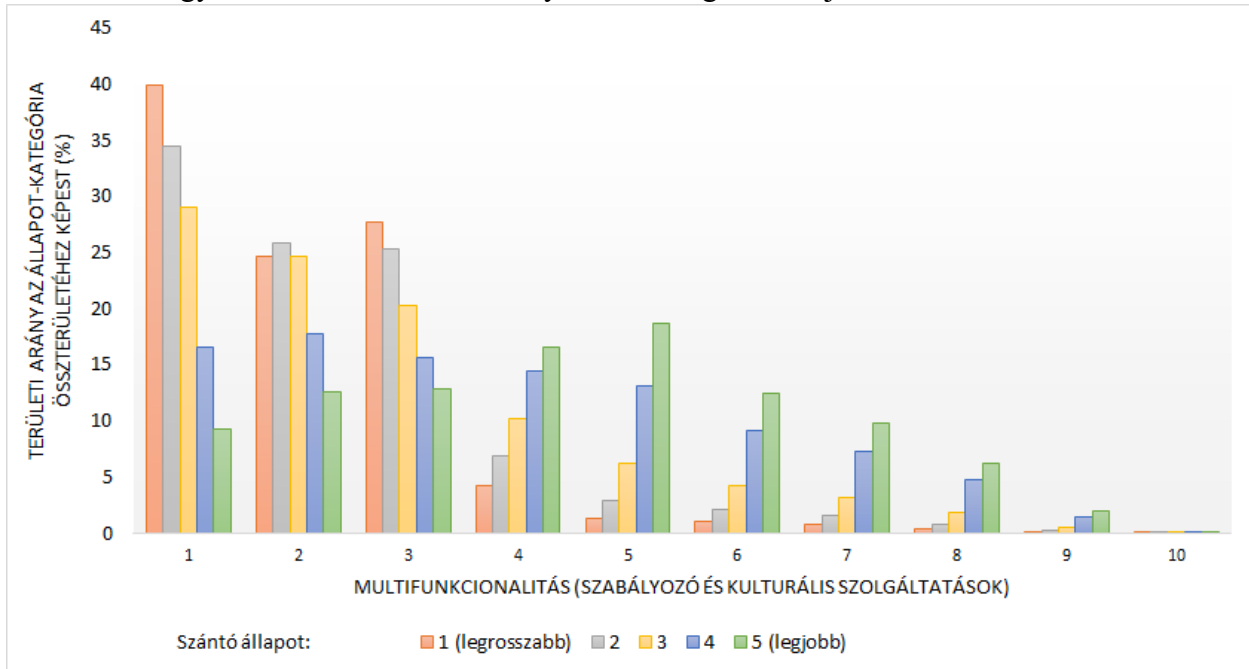
4.2.4 ábra: Az egyes multifunkcionalitás értékek területi aránya ökoszisztéma-típusok szerint



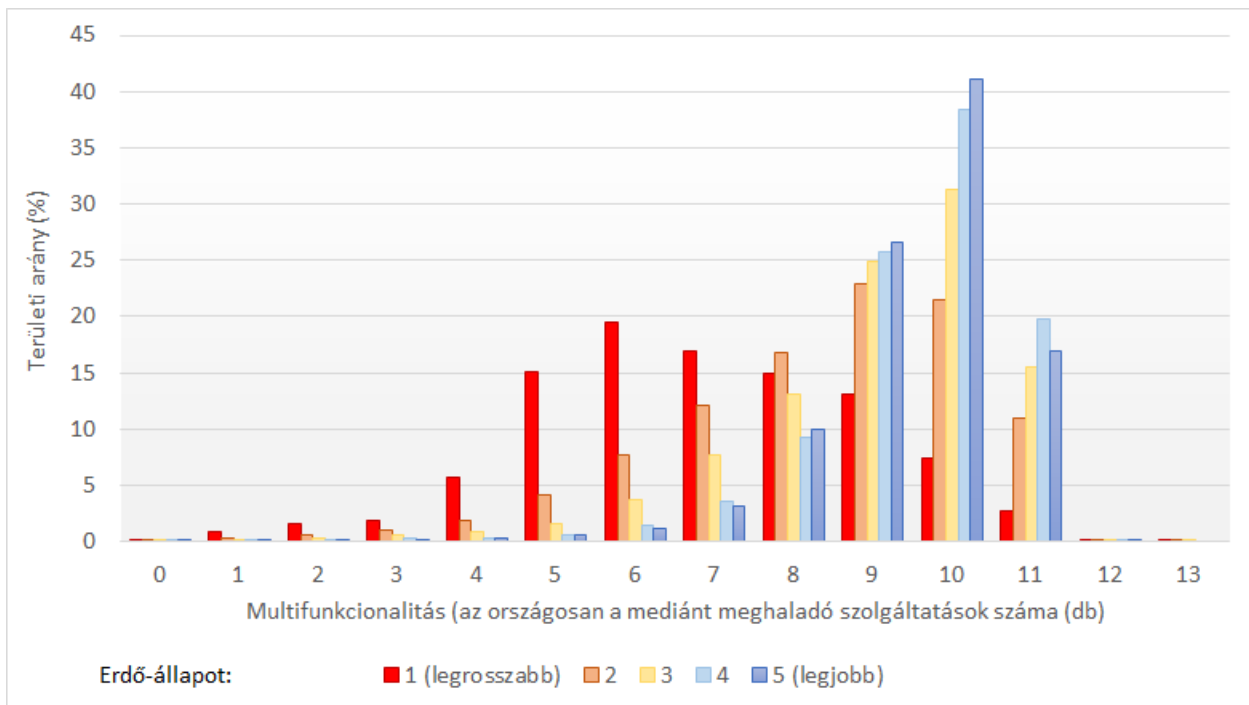
4.2.5 ábra: Az egyes multifunkcionalitás értékek összterülete ökoszisztéma-típusok szerint

A gyepek, a vizes élőhelyek és az erdők esetében az értékek eloszlása nagyon hasonló, bár egymáshoz képest kissé eltolódnak. Itt is látható, hogy az erdőkre jellemző leginkább a magasabb multifunkcionalitás. Ugyanakkor, ahogy feljebb említettük, a gyepek és a vizes élőhelyek esetében részben a vizsgált szolgáltatások jellege, részben a adathiány okozza az alacsonyabb értékeket. A középértékek emellett elmosás a területi különbségeket, tehát számos olyan gyeppel, vagy vizes élőhellyel fordulhat elő, amely lokálisan magasabb multifunkcionalitás értékkel rendelkezik, mint egy közeli erdőfolt. Nagyon érdekes a faültetvények esetében látható eloszlás, ami ugyan magasabb multifunkcionalitás értékekkel jellemezhető, de alakját tekintve jobban hasonlít az agrárterületekéhez, mint a természetes típusokéhoz. A 4.2.5 ábra ugyanezt nem területi arányok,

hanem az összterület segítségével mutatja be, ami a görbék lefutásán nem változtat, azonban képet ad arról is, hogy a fentebb bemutatott arányok az országban valójában mekkora területet takarnak.

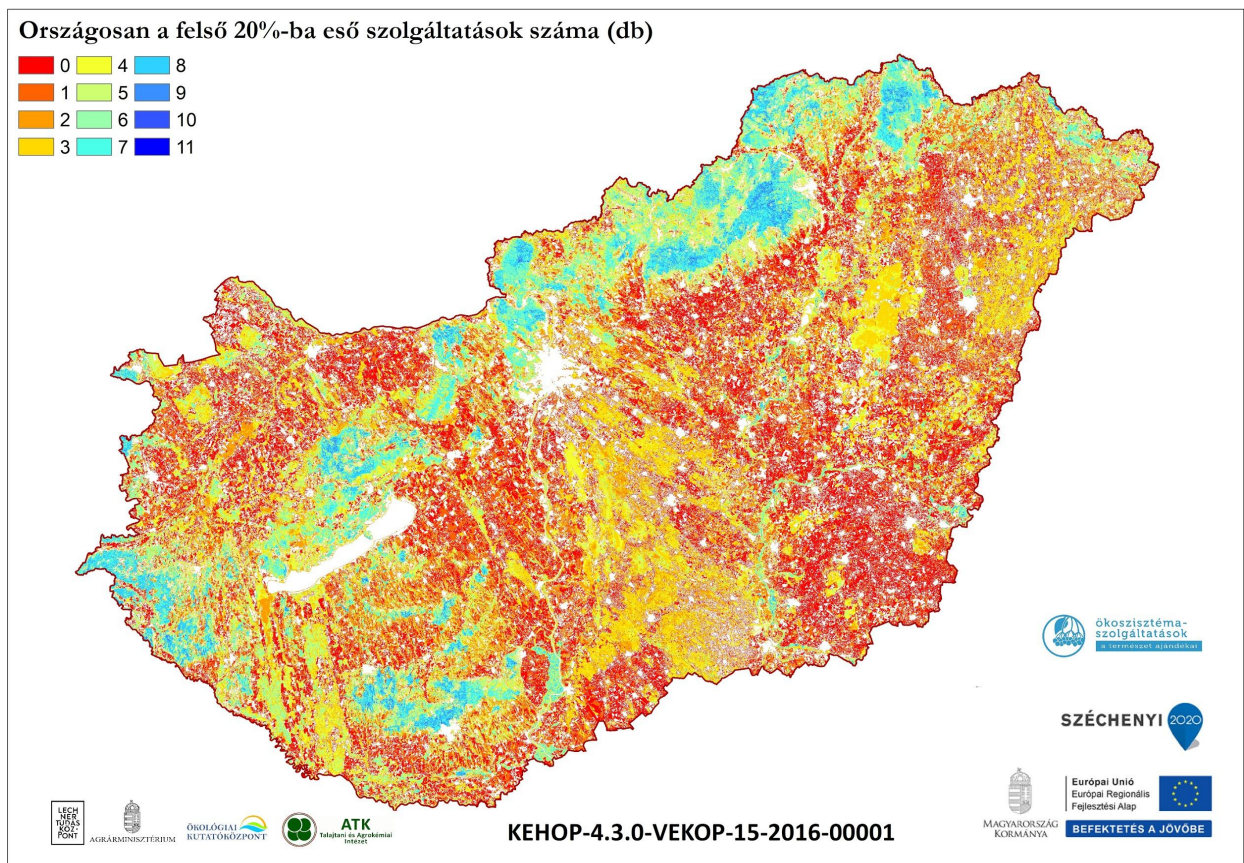


4.2.6 ábra: A szántók főkategóriára a kulturális és szabályozó szolgáltatások alapján (medián küszöbértékkel) számított multifunkcionalitás értékek területi eloszlása a szántók állapotának függvényében (5 fokozatú skála)



4.2.7 ábra: Az erdőkre valamennyi vizsgált szolgáltatás alapján (medián küszöbértékkel) számított multifunkcionalitás értékek területi eloszlása az erdő-állapot függvényében

A már említett 4.2.6 ábra a szabályozó és kulturális szolgáltatások multifunkcionalitását a (ökológiai szempontú) szántó állapot függvényében mutatja be. Látható, hogy a jobb állapotúnak (4-es, 5-ös kategória) adódott szántók esetében az eloszlás különbözik, a viszonylag nagyobb multifunkcionalitással bíró területek aránya nagyobb, mint a rosszabb kategóriák esetében (az ábra nem mutatja, de nem szabad megfeledkezni arról, hogy jó állapotú területből sokkal kevesebb van). A 4.2.7 ábra pedig az összes vizsgált szolgáltatás multifunkcionalitását mutatja be az 5-fokozatú erdőállapot-minősítés függvényében. A legrosszabb, 1-es kategória esetén az értékek eloszlása szinte azonos a faültvények esetében tapasztalattal (ami nem meglepő, hiszen ebbe a kategóriába szinte csak ilyenek esnek). A 2-es kategória azonban, amelynek egy része szintén faültvény, már átmenetet képez a természetesebb erdőkre jellemző eloszlás felé, a 3-as (közepes) állapottól kezdve pedig a vizsgált adatok alapján nem látszik jelentős különbség. Ebben azonban már szerepet játszhat az is, hogy a szolgáltatás-indikátorok térképei a térben finomabb mintázatokat az adatelérhetőség jelentette korlátok mellett nem feltétlenül adják vissza.



4.2.8 ábra: Hotspot térkép, amely adott ponton az országosan a felső 20%-ba eső szolgáltatások darabszámát mutatja. A fehérrel jelölt vizek, mesterséges felszínek és települések nem szerepelnek az értékelésben, mert a vizsgált szolgáltatások többségének értékelése ezekre nem releváns.

Az összesített térképeket többféle küszöbértékkel is elkészítettük, és azt tapasztaltuk, hogy minél jobban szűkítjük a „legjobb terület” definícióját (az 50%-tól a 20, 10, illetve 5% felé haladva), annál kevésbé differenciálnak az elemzésben jellemzően alacsonyabb

multifunkcionalitásának adódott területeken (ez főleg az alföldön látványos). A jelenség illusztrálására az országosan a legjobb 20%-ba eső szolgáltatások számát mutatjuk be 4.2.8 ábra).

Összességében elmondható, hogy az erdők kiemelt szerepén túl általában kirajzolódik a természetszerű élőhelyek jelentősebb multifunkcionalitása. Elsősorban a mezőgazdasági területek azok, amelyeket “coldspot”-ként, azaz kevés szolgáltatásra kiemelkedő értékeket mutató területként tarthatunk számon. Ezek a területeken csupán egy (ellátó) szolgáltatásra, az élelmiszertermelésre optimalizálnak, ami ugyan kulcsfontosságú a lakosság ellátása szempontjából, de mellette az egyéb szolgáltatások háttérbe szorúlnak. A multifunkcionalitás értékek alakulása az idegenhonos faültetvények esetében inkább a szántókhoz hasonlít, noha állapotuktól függően jóval többféle szolgáltatást nyújtanak kiemelkedő mértékben, mint a szántók.

4.2.2. Néhány gondolat a potenciális és a tényleges szint értékelése kapcsán

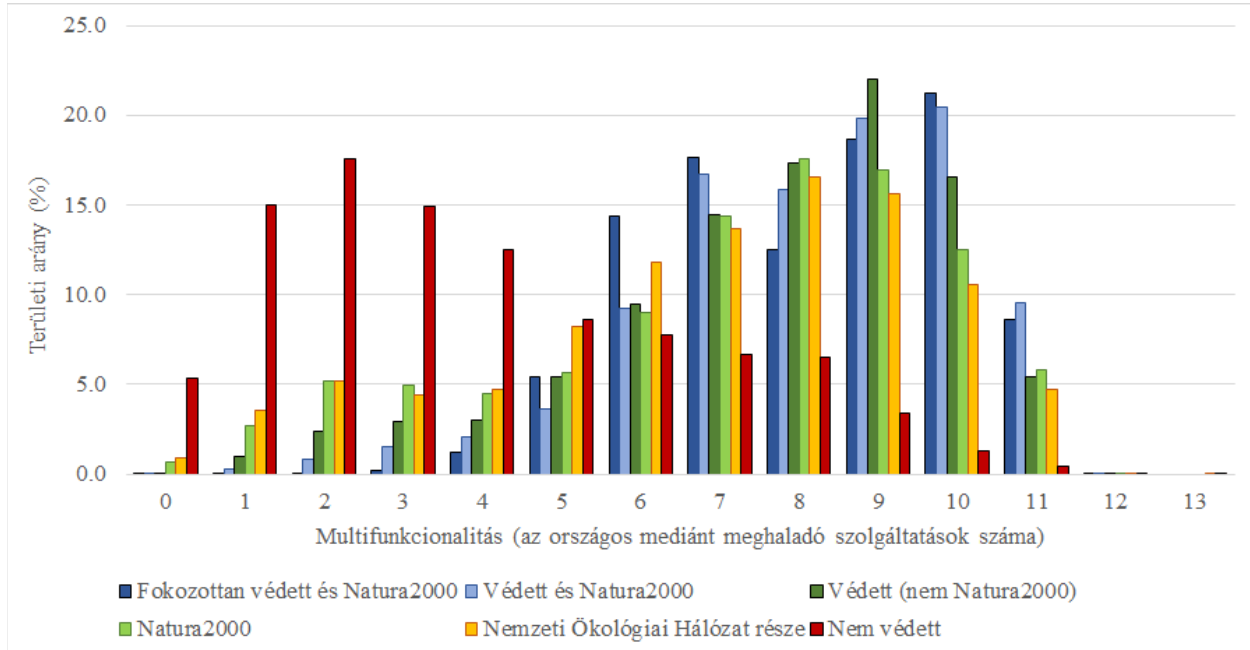
Az itt bemutatott multifunkcionalitás elemzés a szolgáltatások potenciálján alapul, nem pedig a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeken. Ugyanakkor előfordulhat, hogy miközben két szolgáltatás potenciáljánál szinergia áll fent, a tényleges használatnál az egyik ökoszisztéma-szolgáltatás igénybevétele már kizárja a másik megvalósulását, illetve igénybe vételét. Ilyen helyzet általában az ellátó szolgáltatásoknál jöhet létre.

Az erdők esetében - amelyek szintén fontos ellátó szolgáltatásokat (tűzifa, illetve egyéb faanyag) nyújtanak, és kezelésük általában ennek optimalizálására törekszik - **a magasabb multifunkcionalitás értékek arra hívják fel a figyelmet, hogy a fatermesztés túlzott előtérbe helyezése esetén számos más fontos szolgáltatás sérülhet.** A vizsgált nyolc szabályozó szolgáltatásból öt szerepel általában kiemelkedően az erdőkben (lokális klímaszabályozás, éghajlat-szabályozás, lefolyás-mérséklés, erózió elleni védelem, szűrés), és emellett mindkét vizsgált kulturális szolgáltatás (rekreáció, gombászás) nagyon hangsúlyos. Ez nem újdonság, hiszen már az 1972. évi Buenos Aires-ben tartott VII. Erdészeti Világkongresszuson kimondták, hogy az erdők háromféle szerepet töltenek be: termelés, védőhatás kifejtése és szociális szerep. Ez Magyarországon az erdőtörvénybe (Evt - 2009. évi XXXVII. törvény) is beépült, az erdők rendeltetésének meghatározásával. Az ökoszisztéma-szolgáltatások keretrendszere azonban tovább árnyalja ezt a képet azzal, hogy a fenti három “szerepet” külön szolgáltatásokra bontja szét. A hangsúly sokszor az ellátó szolgáltatásokra, jelesül a fakitermelésre kerül. Ugyanakkor egy a klíma és a társadalom szempontjából hasonló területre (cseh ökoszisztémákra) végzett, sok ökoszisztéma-szolgáltatásra kiterjedő irodalmi áttekintő munka, amely pénzületi értékeket is rendelt az egyes ökoszisztémák által nyújtott szolgáltatásokhoz azt találta, hogy **a fakitermelés az összes érték csupán 28%-át adja** (Frélichova et al. 2014). Ez annak a fényében is fontos lehet, hogy a fentiek ellenére Magyarországon az erdőterület nagy részén ma is olyan vágásos gazdálkodás zajlik, amely időszakosan a faállomány nagymértékű, vagy teljes eltávolításával jár, aminek következtében az adott területen a különféle egyéb szolgáltatások potenciálja hosszabb-rövidebb időre jelentősen csökken. Kiemelendő, hogy **ezek csak közvetlenül az ember szempontjából értelmezett szolgáltatások, amelyekbe nem értjük bele az élővilág helyzetét, az ökológiai értelemben vett állapotot, holott utóbbi, általában ugyan közvetve és hosszabb távon, de jelentősen visszahathat magára a fakitermelés potenciáljára is** (Jonsson et al. 2019).

4.2.3. A multifunkcionalitás és a területi védelem összefüggései

A 4.2.9 ábra a multifunkcionalitás értékek területi megoszlását ábrázolja a különböző természetvédelmi területi kategóriákban, a 4.2.2 táblázat pedig ezek jellemző értékeit mutatja be kategóriánként.

A legmagasabb átlagos multifunkcionalitás értékeket a hazai szabályozás alapján azok az országos jelentőségű védett, illetve fokozottan védett területek mutatják, melyek egyben a Natura 2000 hálózat részei is. A vizsgált szolgáltatások alapján e két kategória között minimális különbséget tapasztalhatunk. Azok az országos jelentőségű védett területek, amelyek nem fednek át a Natura 2000-es hálózattal, vagy fordítva, valamivel alacsonyabb átlagos értékekkel rendelkeznek. A legcsekélyebb mértékű multifunkcionalitást a védettséggel nem rendelkező területek mutatják. A Natura 2000 hálózatban kijelölt területekre, illetve a Nemzeti Ökológiai Hálózatra (NÖH) kapott értékek alapvetően a védett természeti területek értékeire hasonlítanak, de több ide tartozó terület alacsony multifunkcionalitással jellemezhető. Átlagban tehát az országos jelentőségű védett területeknél alacsonyabb értékeket mutatnak, de a védelem alá nem eső területeknél jelentősen magasabbat. Ennek az az oka, hogy jellegénél fogva mindkettőnek olyan, összekötő funkciót betöltő elemei is vannak, melyek nem önmagukban értékesek, hanem a zöldinfrastruktúrában betöltött szerepük teszi őket azzá. **Az értékek megoszlása a kategóriák között látványosan különbözik a védett és a nem védett területek esetében** (nyilván nem függetlenül attól, hogy a természetközeli élőhelytípusok nagyobb hányada esik természetvédelmi oltalom alá, mint például agrárterület).



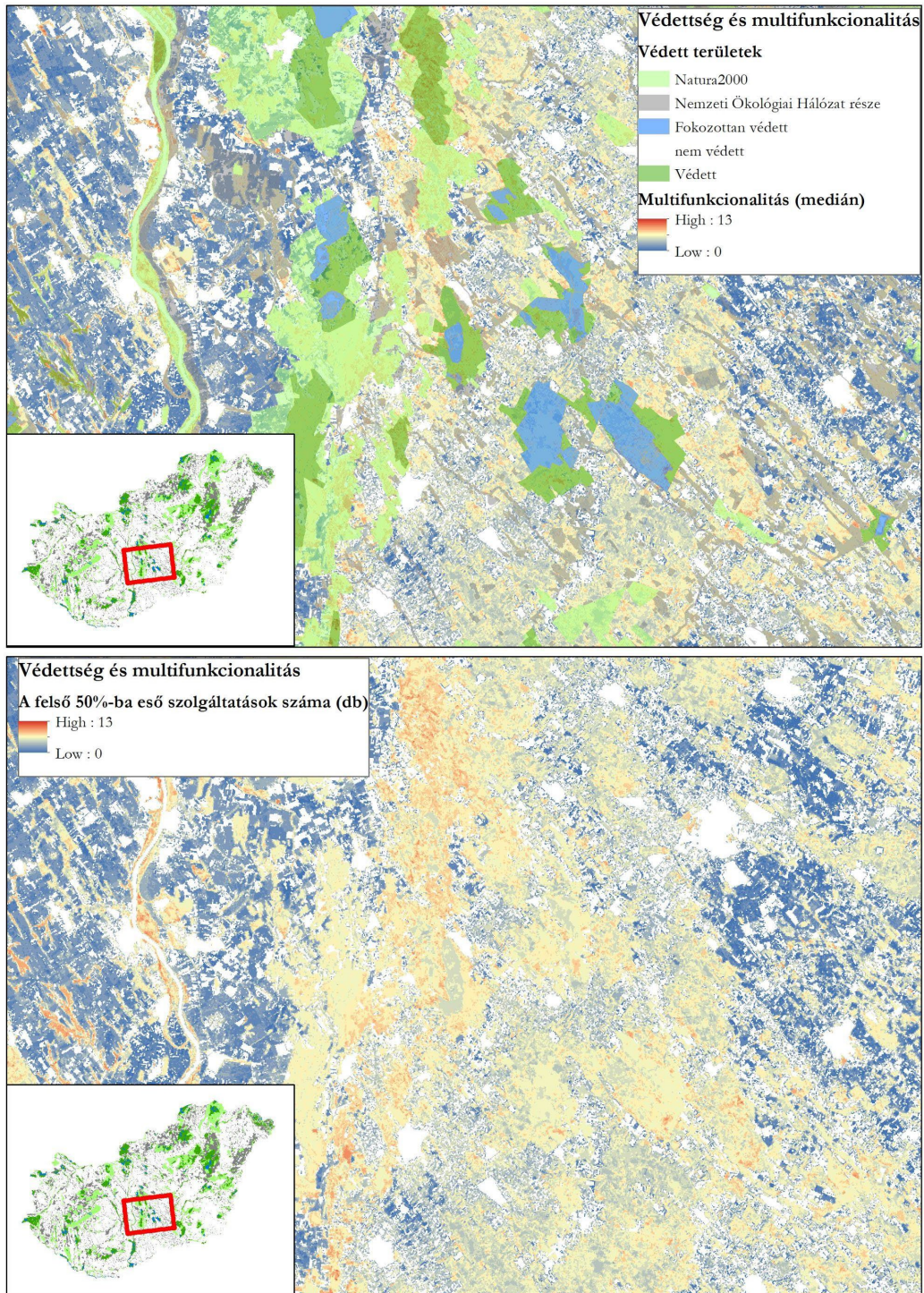
4.2.9 ábra: A multifunkcionalitás értékek területi megoszlása a különböző védettségi kategóriákban

4.2.2 táblázat: A különféle védettségi kategóriák jellemző multifunkcionalitás értékei (50%-os küszöbértékkel, az aszálymérséklés szolgáltatást is figyelembe véve).

Védettségi kategóriák	Terület (ha)	Leginkább jellemző multifunkcionalitás értékek	
		Összes szolgáltatás	Szabályozó és kulturális szolgáltatások
Védett és Natura 2000	609674	10	9
Fokozottan védett és Natura 2000	110687	10	9
Védett (nem Natura 2000)	59182	9	9
Natura 2000 (nem védett)	991317	8	9
Nemzeti Ökológiai Hálózat része	1166306	8	9
Nem védett	3943230	2	1

Az eredmények alátámasztják, hogy egy természetvédelmi szempontból értékes terület nem csupán önmagáért, vagy az ott található fajokért, hanem a társadalom által fontosnak ítélt szolgáltatások szempontjából is kiemelten értékes. Ezek alapján egy, az ökoszisztéma-szolgáltatásokon alapuló összetett értékelés nem a természetmegőrzés rovására megy, hanem annak céljaival összhangban van (ld. Smith et al. (2017)). Eredményeink összecsengnek Maes et al. (2012) azon megállapításával is, miszerint a természetvédelmi szempontból jobb területek (a tanulmányukban pontosan: a kedvezőbb besorolású Natura 2000-es élőhelyek) európai szinten több szabályozó és rekreációs szolgáltatást nyújtanak, valamint azzal a görög tanulmánnyal, ahol szintén magasabb ökoszisztémaszolgáltatás-szinteket találtak többszörös védelem alatt álló területeknél (Nikolaidou 2017).

A hotspot térképek egyik fontos felhasználási lehetősége pl. a zöldinfrastruktúra-tervezés (Csősz et al. 2021). A 4.2.10 ábrán látható két térkép a védett területekkel való térbeli összevetés lehetőségére mutat be példát, egy kiskunsági mintaterületen. A multifunkcionalitás új védett területek, ökológiai folyosók kijelölésekor, restaurációs célterületek kiválasztásakor (egyéb szempontok figyelembe vétele mellett) fontos tényező lehet.



4.2.10 ábra: A védett területek összevetése a hotspot térképpel egy kiskunsági mintaterület példáján (a jobb láthatóság kedvéért ezen az ábrán a magas ökoszisztémaszolgáltatás-potenciállal rendelkező területeket a pirosas színek jelzik). A védett területeknél a kategóriák egy része átfed egymással, ilyen esetekben a védett/fokozottan védett felülírja a Natura2000-et, és mindhárom felülírja a Nemzeti Ökológiai Hálózatot.

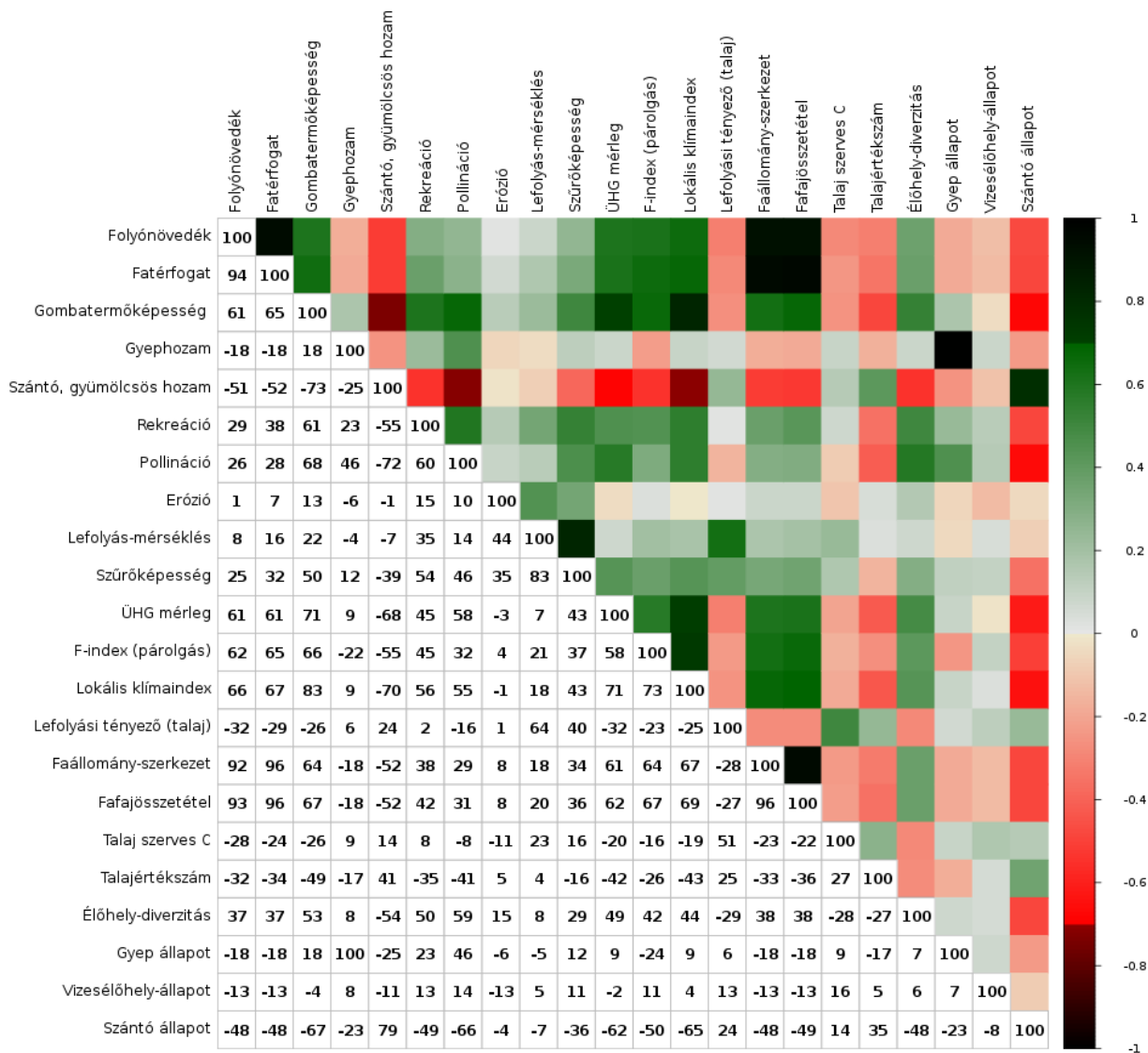
4.3. Az egyes szolgáltatás- és állapot-indikátorok összefüggéseinek elemzése (korreláció, főkomponens-analízis, illetve hálózatok segítségével)

Az alábbiakban az elemzések során kapott korrelációk segítségével bemutatjuk azokat az összefüggéseket, melyek alapján körvonalazódnak a bevezetésben ismertetett “ökoszisztémaszolgáltatás-csoportok”. Rámutatunk olyan látszólagos összefüggésekre is, amelyek az országos térképek jellegéből, illetve előállításának módjából fakadnak. Az ökoszisztéma szolgáltatás csoportokat részletesebben a klaszterelemzésnél mutatjuk be (4.4. fejezet). Az elemzést egyenként a különböző maszkokra is elvégeztük, de itt csak a legfontosabb eredményeket emeljük ki. A 3.1 fejezetben ismertetett 12-féle térkép-verzióra elkészült valamennyi táblázat a konkrét értékekkel a 3. mellékletben található meg.

4.3.1. Országos értékelés

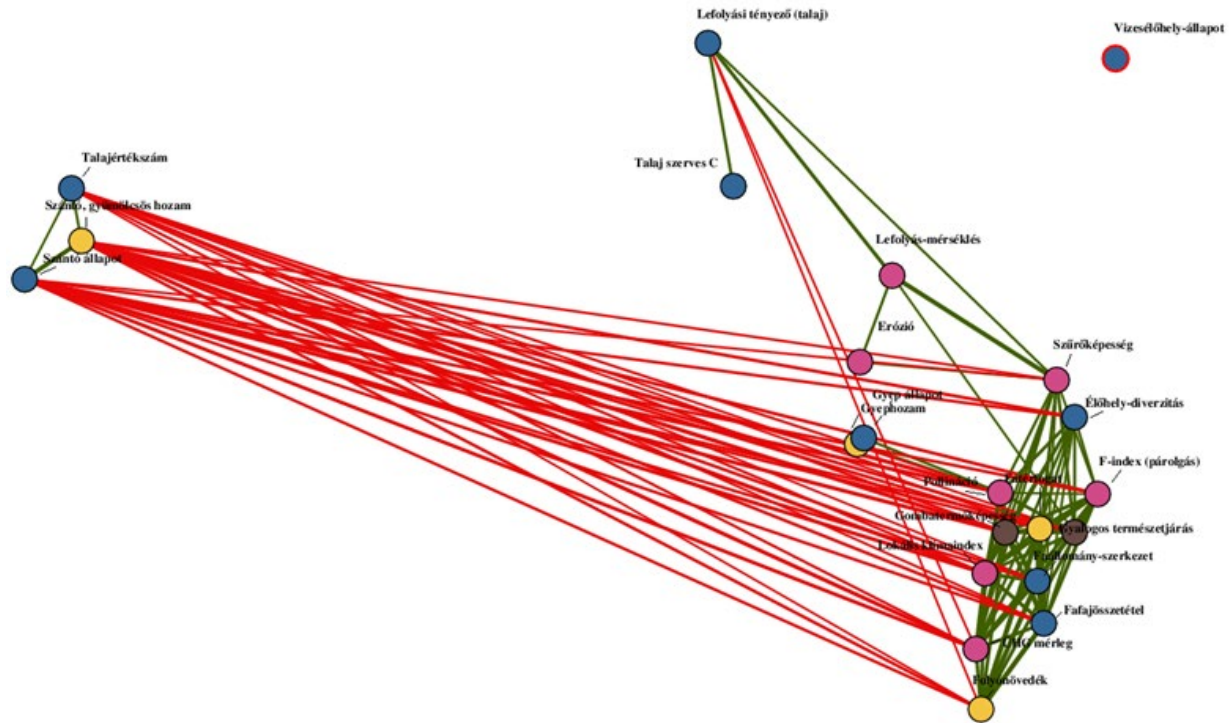
Az országos korreláció-elemzés eredményét részletesen, táblázatos formában a 4.3.1 ábra mutatja be, hálózatos formában pedig a 4.3.2-4.3.5 ábrák. A PCA (főkomponens-analízis, lásd 3.3.3. fejezet) értékelés eredményeit a 4.3.6. ábrán foglaltuk össze.

Az erősebb korrelációkat hálózatosan bemutató 4.3.2 ábrán jól látható, hogy országosan az egyes változók közötti kapcsolatok főleg az ökoszisztéma főtípusok térbeli elkülönülésére reflektálnak. Külön csoportosulnak a szántókhoz, gyepekhez, erdőkhöz köthető változók, illetve elkülönülnek a talaj jellemzői, és az ezekhez jobban kötődő (hidrológiai) szolgáltatások. **A természetszerű ökoszisztémák és a mezőgazdasági területek különülnek el leginkább egymástól, ami összhangban van a multifunkcionalitás vizsgálat eredményeivel is. E két fő csoporthoz kötődő indikátorok között a kapcsolatok inkább negatívak, az élelmiszertermelés biztosítására fenntartott területek az egyéb szolgáltatások tekintetében nem teljesítenek jól.** Látványosan külön áll a vizes élőhelyek állapota, amely az Ökoszisztéma-alaptérkép 5110-es (“Vízben álló mocsári/lápi növényzet”) kategóriájára vonatkozik. Ez nem mutat erős kapcsolatot egyik vizsgált szolgáltatás- vagy állapot-mutatóval sem, valószínűleg azért, mert ezekről az élőhely-típusokról kevés az információ, és a vizsgált szolgáltatások egyike sem kötődik kifejezetten a vizes élőhely-típusokhoz.



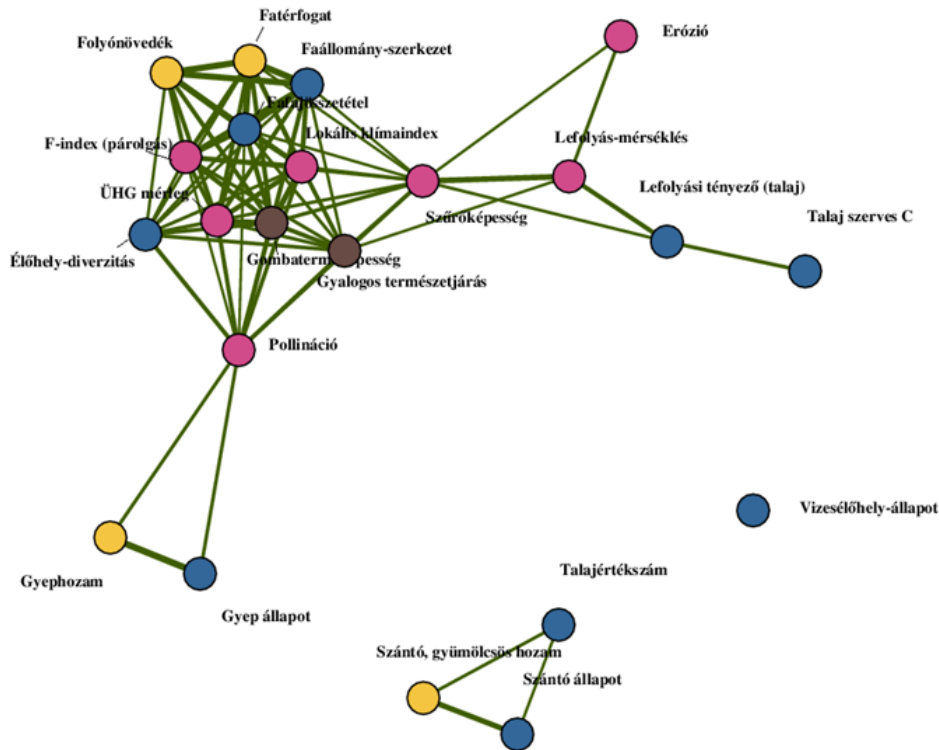
4.3.1 ábra: Spearman's rho korrelációk a teljes országra (a szinkód a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százzal felszorozva ábrázolják)

Az élőhely-diverzitás országosan szintén a kulturális, a szabályozó, valamint az erdőhöz köthető indikátorokkal mutat viszonylag erős pozitív kapcsolatot, és az agrárterületekhez köthető mutatókkal negatívat. Ezt a képet azonban árnyalja majd az egyes típusokra szűkített elemzés.



4.3.2 ábra: Az országos korreláció-elemzés eredménye hálózatos megközelítésben (minden erősebb kapcsolat, $\rho > 0,3$). Piros vonalak - negatív kapcsolatok; zöld vonalak - pozitív kapcsolatok. A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma- szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

A 4.3.3 ábra csak az erősebb pozitív kapcsolatokat mutatja be. Ezen az ábrán tisztábban kivehetőek a fent említett csoportok, és ezek kapcsolatrendszerei. A csak adott ökoszisztéma-típusra jellemző ellátó szolgáltatások és állapot-jellemzők jobban elkülönülnek, hasonlóan a talajtulajdonságok által erősen befolyásolt (elsősorban hidrológiai) szolgáltatásokhoz és talaj-jellemzőkhöz, míg a kulturális és szabályozó szolgáltatások között erősek a pozitív kapcsolatok. Utóbbiak az erdők szolgáltatásaihoz és állapotához több szálon, erősebben kapcsolódnak, mint a többi típushoz. A hidrológiai szolgáltatások közül pedig a szűrőképesség az, ami több indikátorral mutat erős pozitív kapcsolatot.

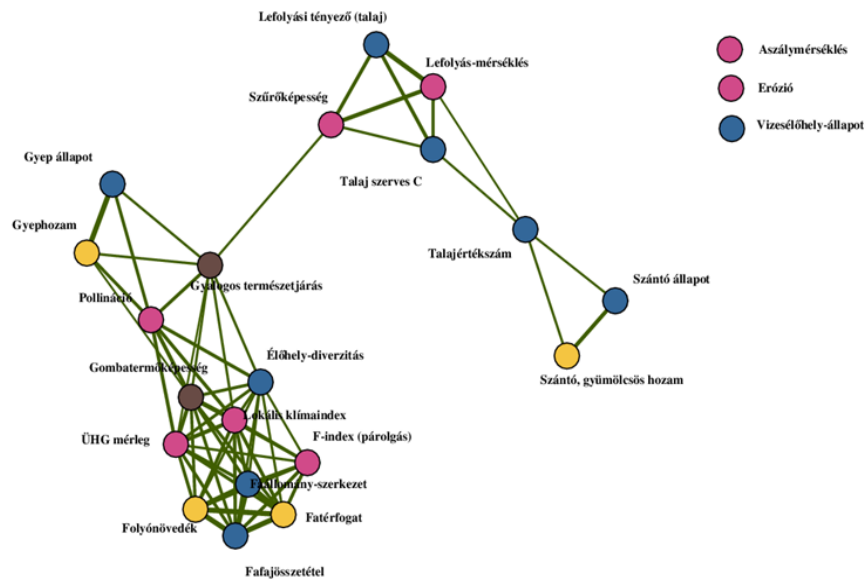


4.3.3 ábra: Az országos korreláció-elemzés eredménye hálózatos megközelítésben (csak erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna: kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások.

A 4.3.4 és 4.3.5 ábrák a földrajzi nagytájak alapján lehatárolt alföldi és hegy-dombvidéki területekre külön elvégzett elemzés alapján kapott erősebb pozitív kapcsolatokat ábrázolják. Az alföldi területek esetében a természetszerű ökoszisztémák közelebb állnak egymáshoz, több az erős pozitív kapcsolat. Ezen túl a talaj-jellemzők, a talaj által erősebben meghatározott hidrológiai szolgáltatások, valamint az élelmiszertermelés közötti kapcsolatrendszer is jobban kirajzolódik.

A víz okozta erózió elleni védelem, mint szolgáltatás, az alföldön kevésbé releváns. Ez megmagyarázhatja az erős kapcsolatok hiányát, az viszont érdekes, hogy az aszálymérséklés esetében sincsen erős kapcsolat. Mivel az ÖSz értékelése a belvíz-veszélyeztetettségén alapul, a térképen nem a vízhiányos területek rajzolódnak ki, hanem azok, ahol potenciálisan lehetőség lenne az aszály enyhítésére a belvíz megtartása által.

A konkrét szolgáltatások, valamint a szolgáltatások és az állapotjellemzők közötti közvetlen kölcsönhatásokra az országos, illetve területi alapú lehatárolásokra (alföld, hegy-és dombvidék) kapott korrelációk alapján csak nagyon korlátozottan lehet következtetni, mivel az erős összefüggések ebben az esetben főleg az egyes változókat meghatározó közös háttértényezőkre (ökoszisztéma-típus, domborzat) vezethetőek vissza. Ezek közvetlen kapcsolatait ezért az adott ökoszisztéma-típusokra külön elvégzett értékelések alapján a 4.3.2-4.3.4 fejezetekben mutatjuk be részletesebben.



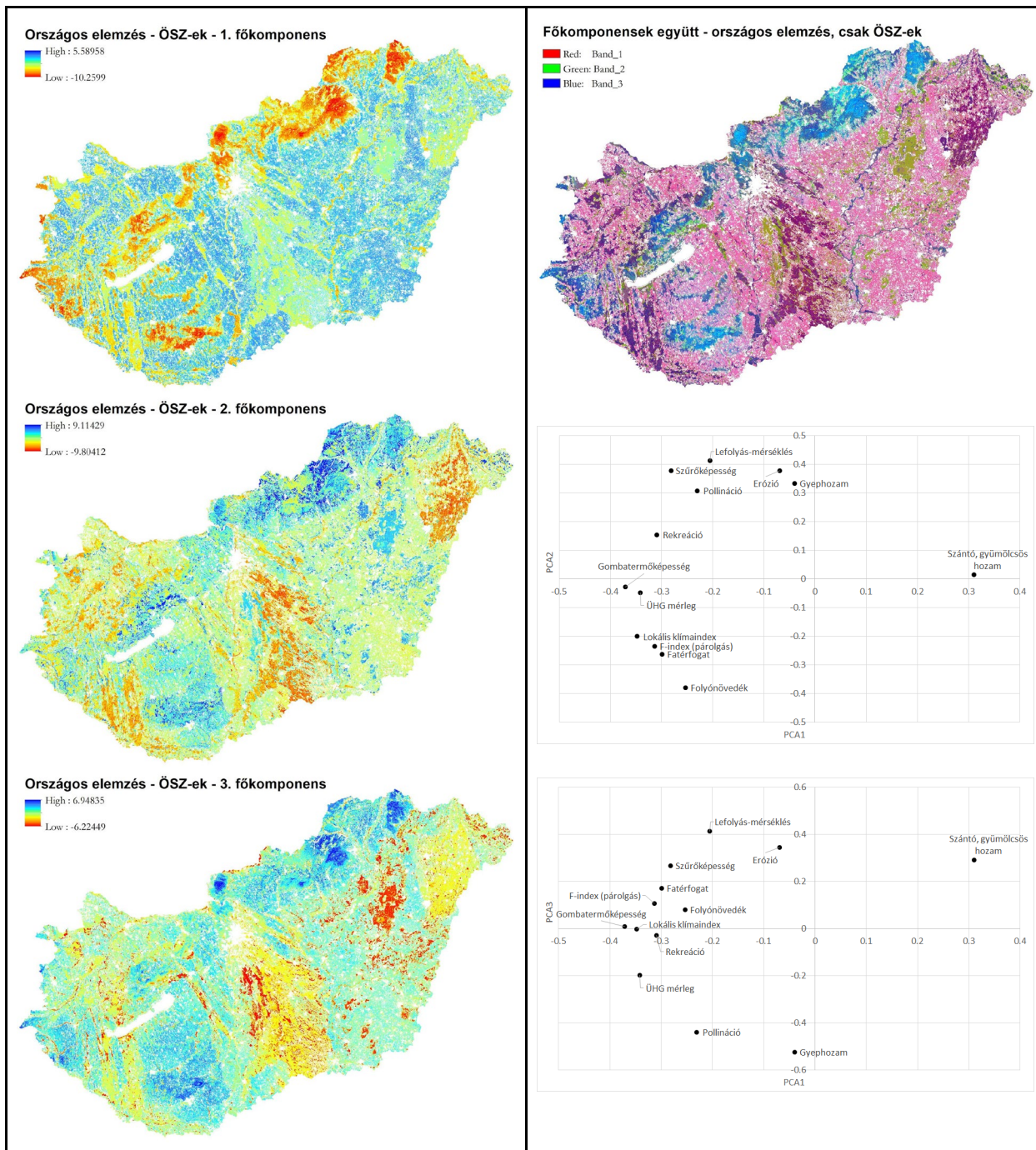
4.3.4 ábra: Az alföldi területek ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások



4.3.5 ábra: A hegy-és dombvidéki területek ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

A főkomponens analízis (PCA) egy másik lehetőség arra, hogy a szolgáltatások csoportokba rendeződését vizsgáljuk. Az értékelés eredményeit bemutató 4.3.6 ábrán is kirajzolódik, ami az országos hálózatot bemutató ábrán (4.3.2) látható, vagyis elsősorban az élelmiszertermelés (szántók, gyümölcsösök hozama) áll szemben a többi, nem-agrár ökoszisztéma által biztosított szolgáltatással. Az első, legtöbb információt tömörítő főtengeley mentén itt is elég jól elkülönülnek a fő ökoszisztéma-típusok. Viszonylag jól elkülöníthető az a főként erdőkhöz köthető szolgáltatás-csoport is, ami a tűzifa-ellátáson túl számos szabályozó szolgáltatást is jelent (folyónövedék, fatérfogat; a mikroklimatikus ökoszisztéma-szolgáltatások indikátorai: f-index és lokális klímaindex; valamint az ÜHG-mérleg és a gombatermő-képesség). A másik két főtengeley esetében a domborzat, illetve a talajok típusa tűnik meghatározónak. Tehát országosan egyben vizsgálva az eredményeket, azt, hogy hol milyen szolgáltatások jellemzőek, elsősorban a fő ökoszisztéma-típus, valamint a talaj és a domborzat határozza meg.

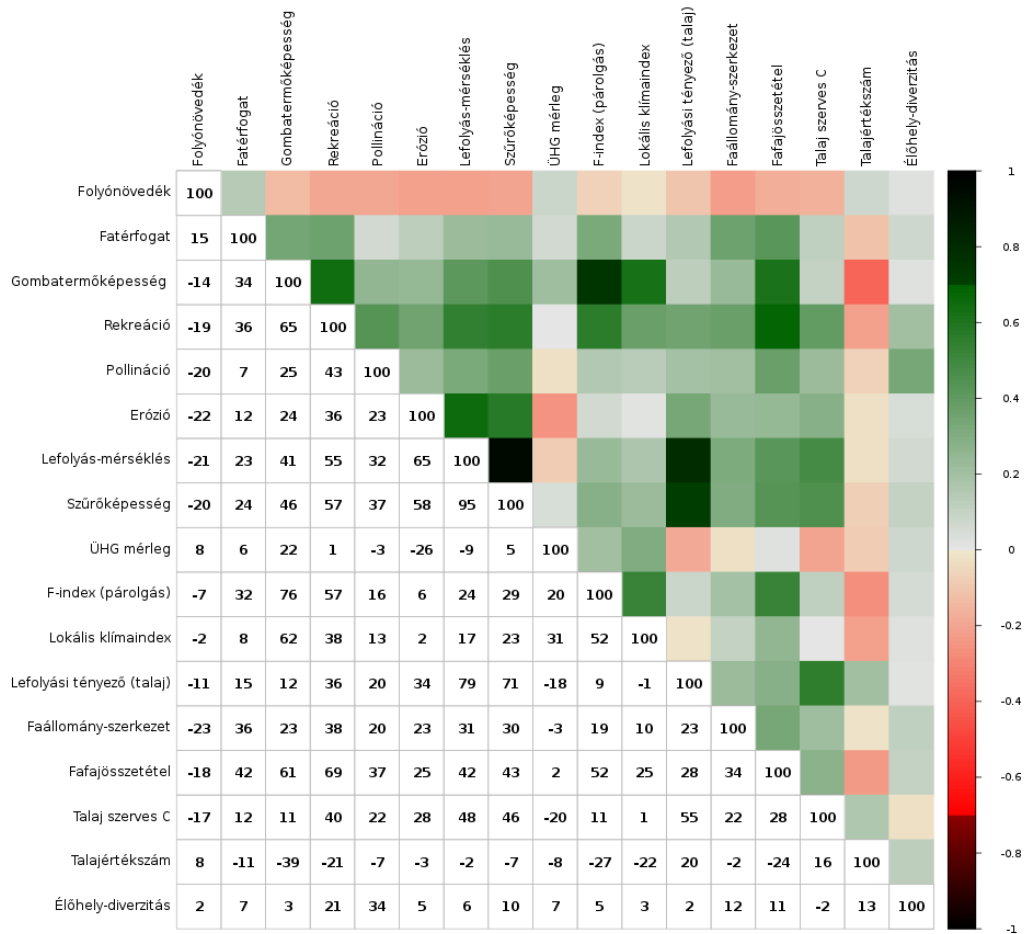
Mivel a PCA-eredmények nehezebben értelmezhetőek, ugyanakkor a vizsgálatok során nagyon hasonló eredményeket kaptunk, mint az ökoszisztéma szolgáltatások viszonyait vizsgáló többi módszer segítségével, ezek további részletes bemutatásától eltekintünk. Az elemzés során létrehozott (korrelálatlan) tengelyek, illetve változók azonban a későbbiekben felhasználhatóak további elemzésekhez.



4.3.6 ábra: a baloldalon az egyes főkomponensek térképei, a jobboldalon a belőlük készült hamis színes kompozit (az első főtengety a piros, a második a zöld, a harmadik a kék sáv). A jobb oldali két diagram az elemzés eredményeképpen előállt három főkomponens összefüggéseit (korrelációs együttható) ábrázolja az egyes szolgáltatás-indikátorokkal

4.3.2. Erdők

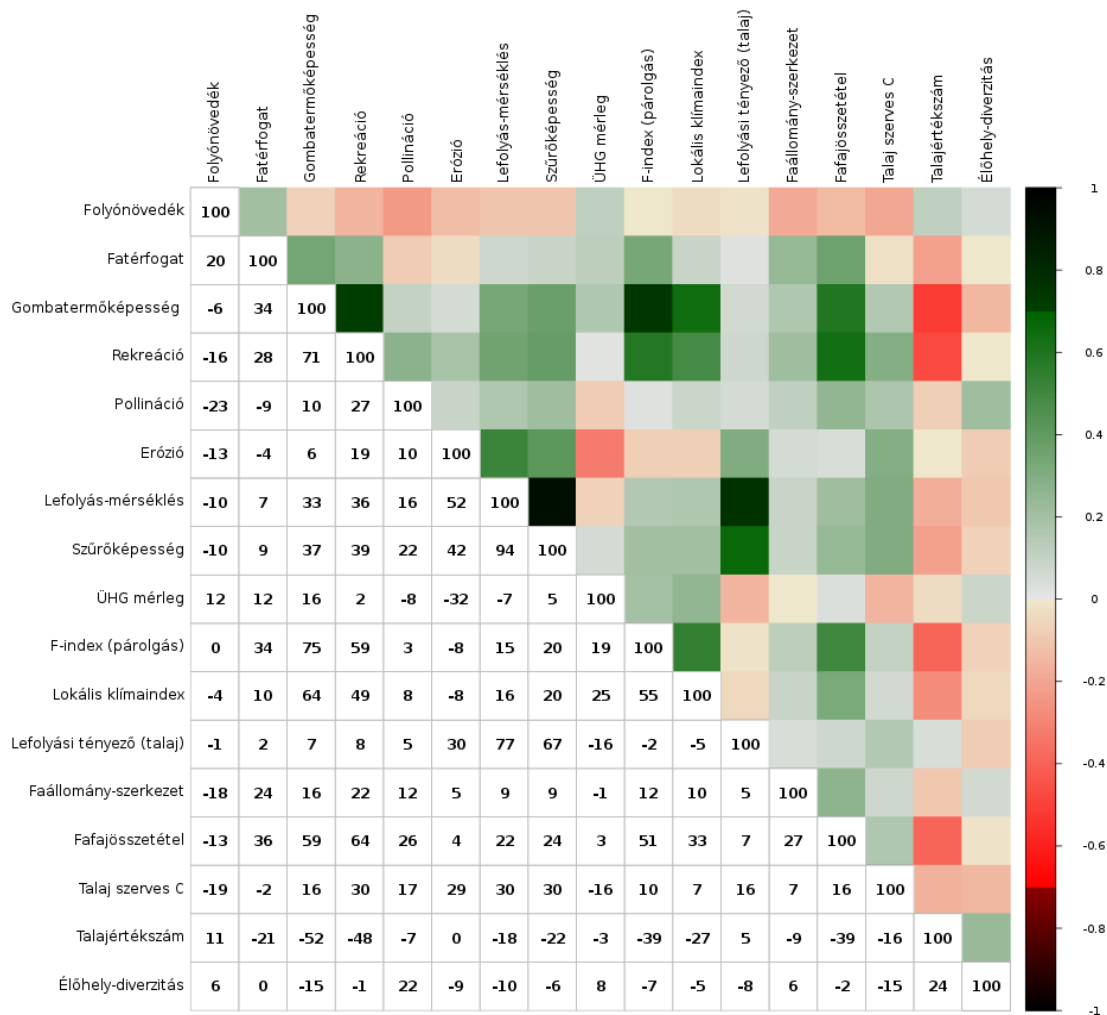
A 4.3.7 ábra valamennyi erdőre, míg a 4.3.8 és 4.3.9 ábrák a hegy- és dombvidéki, valamint az alföldi erdőkre kapott korrelációkat mutatják be. A 4.3.1 ábrával összevetve őket látható, hogy az országos értékelés alapján akár kifejezetten erősnek mutakozó kapcsolatok itt többnyire jóval gyengébbek. Például a fatérfogat és a folyónövedék, amelyek ott nagyon erős pozitív kapcsolatot ($r= 0,94$) mutattak egymással, csak az erdőket vizsgálva már jóval gyengébb összefüggést produkálnak ($r=0,2$ a hegy- és dombvidéken, illetve $0,25$ az alföldön).



4.3.7 ábra: Spearman's rho korrelációk az összes erdőre (a színek a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százszal megszorozva ábrázolják)

Ez alapján az országos elemzésben tapasztalt erős összefüggés feltehetően annak köszönhető, hogy mindkét indikátor csak az erdők esetében releváns, és a vizsgált terület nagy részén emiatt az értékük 0. Azzal, hogy a vizsgált területet leszűkítettük az erdőkre, az igazán erős kapcsolatok néhány kivétellel azoknál a változóknál maradtak meg, ahol az összefüggés a hasonló számítás-módszertanból, vagy valamilyen, mindkét változót befolyásoló háttértényezőből fakad (pl. lefolyás-mérséklés, szűrés, és a talaj lefolyási tényezője). Ezek az eredmények az erdőkre jellemző kapcsolatrendszeret bemutató hálózatokban (4.3.10-12 ábrák) is szembetűnőek,

például a talajtulajdonságok által erősen befolyásolt hidrológiai szolgáltatások és a talajhoz kapcsolódó állapotjellemzők szorosan összefüggő blokkot alkotnak.



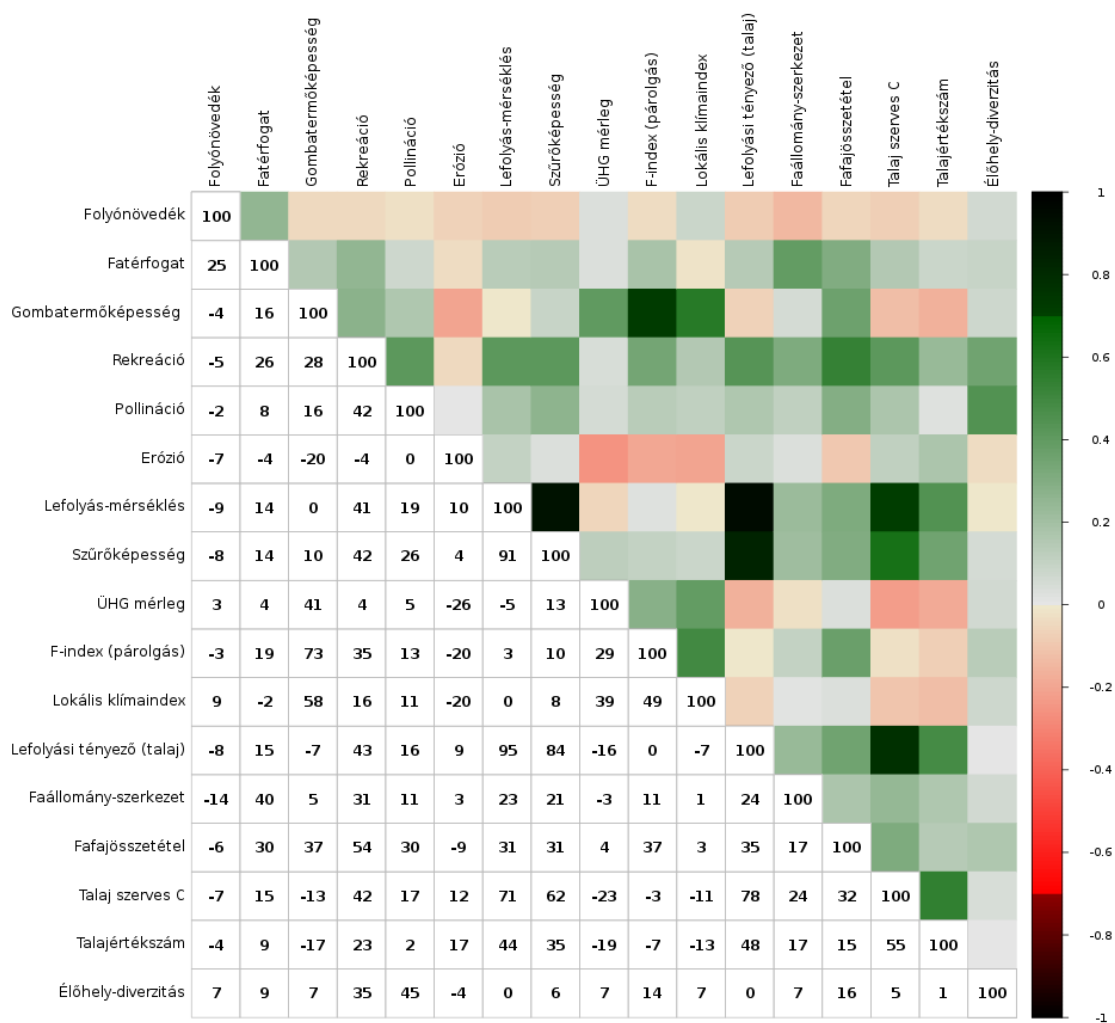
4.3.8 ábra: Spearman's rho korrelációk a hegy- és dombvidéki erdőkre (a színek a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százzal felszorozva ábrázolják)

Az erdők általunk vizsgált fontos ellátó szolgáltatása, a tűzifa-termelés potenciálját jellemző indikátorok közül a folyónövedék egyik vizsgált változóval sem mutat erős kapcsolatot. Viszont gyenge negatív összefüggést kaptunk a kulturális szolgáltatásokkal, a szabályozó szolgáltatások többségével, a talaj-jellemzőkkel, és mindkét erdőállapot-jellemzővel. Ezek a negatív összefüggések jobban tetten érhetőek a hegy- és dombvidéki erdők vizsgálata esetében, az alföldi erdőknél a kapcsolat nagyon gyenge. A másik ellátó szolgáltatást jellemző mutató, a fatérfogat, ezzel ellentétben pozitívan korrelál a fafajösszetételi és szerkezeti állapot-indikátorral is, valamint a gombatermő-képességgel, és a párolgást jelző f-indexszel. A gombatermő-képesség pozitív kapcsolatot mutat a mikroklíma szabályozás indikátoraival is.

Az erdőkre készült, csak a pozitív kapcsolatokat ábrázoló hálózatokban (4.3.10-12 ábrák) központi helyre került a két kulturális szolgáltatás, melyek egymással is erősen korrelálnak. A gomba-termőképesség potenciáljának meghatározásakor a szakértők módosító tényezőként

figyelembe vették az erdő-állapotot, így nem meglepő az összefüggése ennek mutatóival. Ugyanakkor érdekes, hogy a kettő közül jóval erősebb a kapcsolata a fafajösszetétel természetességével, míg a szerkezettel kevésbé. Érdekes még a gyalogos természetjárás potenciáljának (rekreáció) viszonylag erős összefüggése is az erdő-állapot tőle teljesen függetlenül számított jelzőivel, főleg a faállomány-szerkezettel. Kérdés, hogy ezek az összefüggések valóban ok-okozati kapcsolatot jelentenek-e, vagy azt tükrözik, hogy a szolgáltatások térképezésénél a szakértők erősen támaszkodtak az alaptérkép kategóriáira, melyek maguk is jelentősen különbözhetnek mind a fafajösszetétel természetessége, mind a faállomány-szerkezet tekintetében (Tanács et al. 2021).

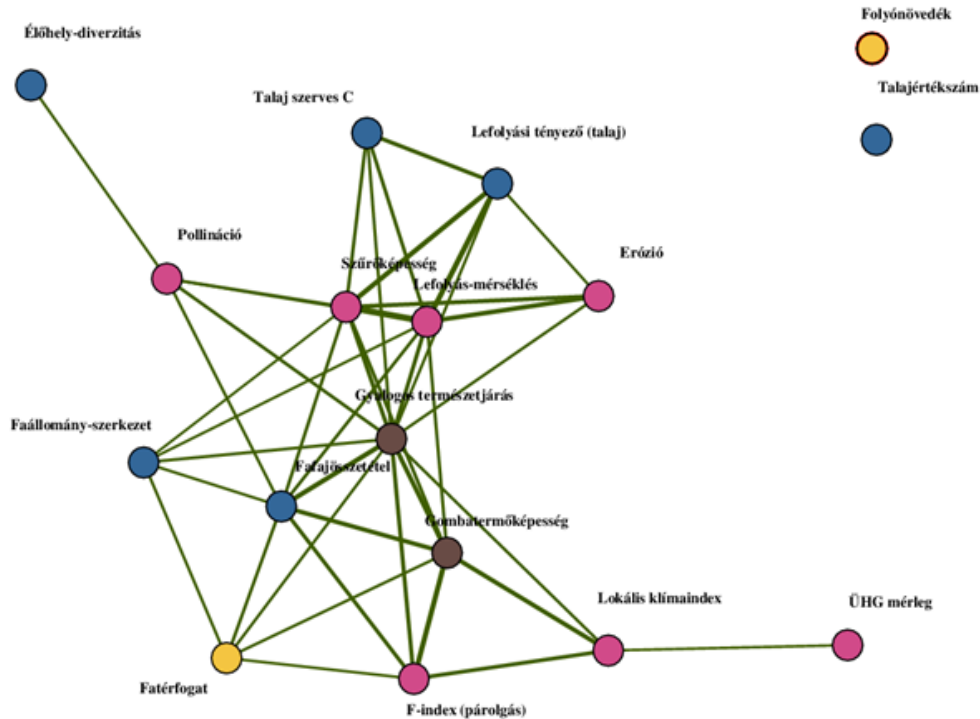
Az alföldi és hegyvidéki erdőket szétválasztva a kép tovább árnyalható. Az alföldi erdőknél kevesebb az erősebb (pozitív) kapcsolattal egyáltalán nem rendelkező változók száma.



4.3.9 ábra: Spearman's rho korrelációk az alföldi erdőkre (a színek a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százszorozva ábrázolják)

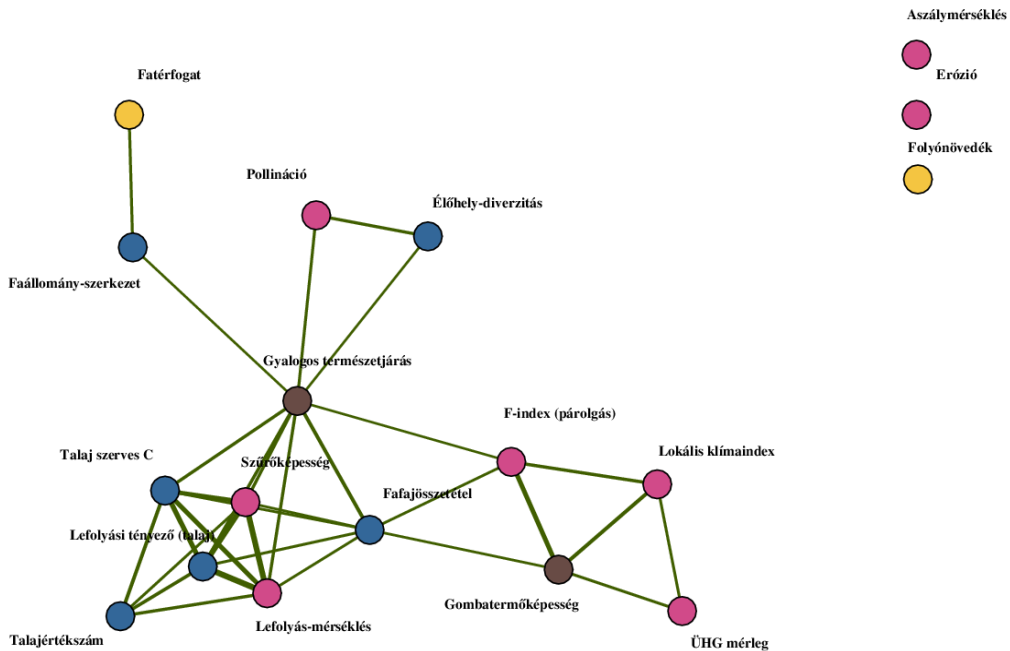
Az élőhely-diverzitás az összes erdőt tekintve csak a pollinációval mutat viszonylag erősebb (pozitív) összefüggést, illetve az alföldi erdők esetében a gyalogos természetjárással. A talajértékszámval való korrelációja, amely országosan negatívnak adódott, az erdők esetében

pozitívba fordul, feltehetően a változatosabb dombvidéki, illetve hegylábi területek miatt (ezt alátámasztja, hogy a hegy- és dombvidéki erdőknél erősebb a kapcsolat, az alföldi erdőknél pedig egyáltalán nincs összefüggés a kettő között).

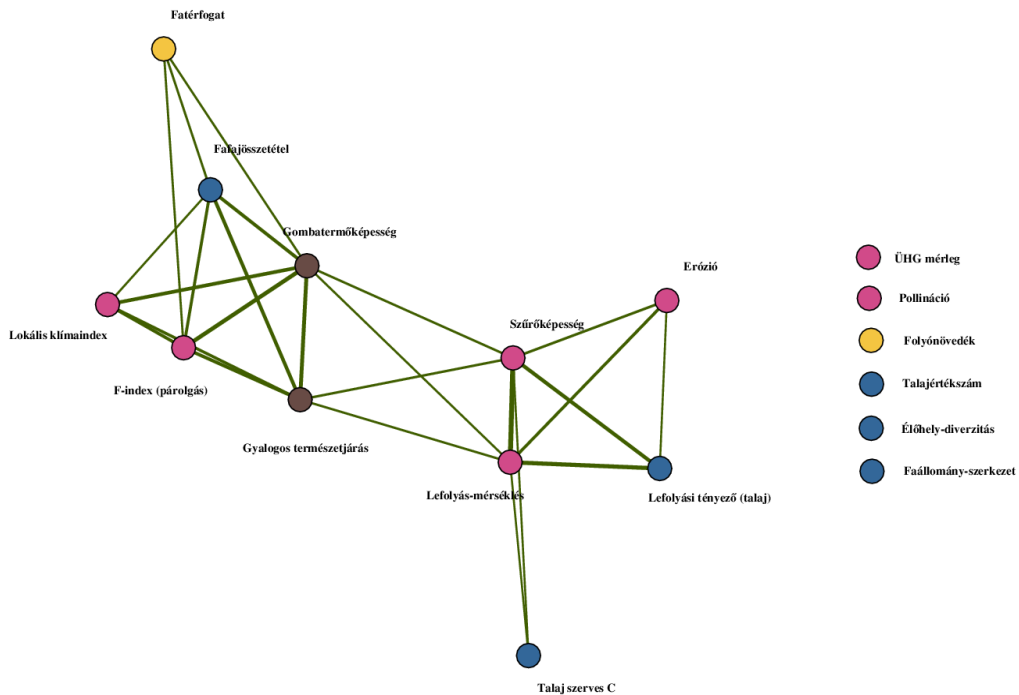


4.3.10 ábra: Erdők ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

A hegy- és dombvidéki erdők esetében érdekes még a talajértékszám (negatív) összefüggése több szabályozó és mindkét vizsgált kulturális szolgáltatással, valamint az erdők fajösszetételét jellemző állapot-mutatóval, ami az alföldi területeken nem jellemző. A mezőgazdasági művelésre alkalmas talajon álló egykori dombsági, hegylábi erdők helyén ma már nagyrészt művelés folyik. Ahol megmaradt az erdő, sok esetben ott is idegenhonos fajokból álló ültetvényeket, vagy inváziós fajokkal erősen fertőzött állományokat találunk, melyek potenciálját a szakértők a legtöbb szolgáltatás esetében eleve alacsonyabbnak ítélték, mint a természetesebb hegyvidéki erdőkét.



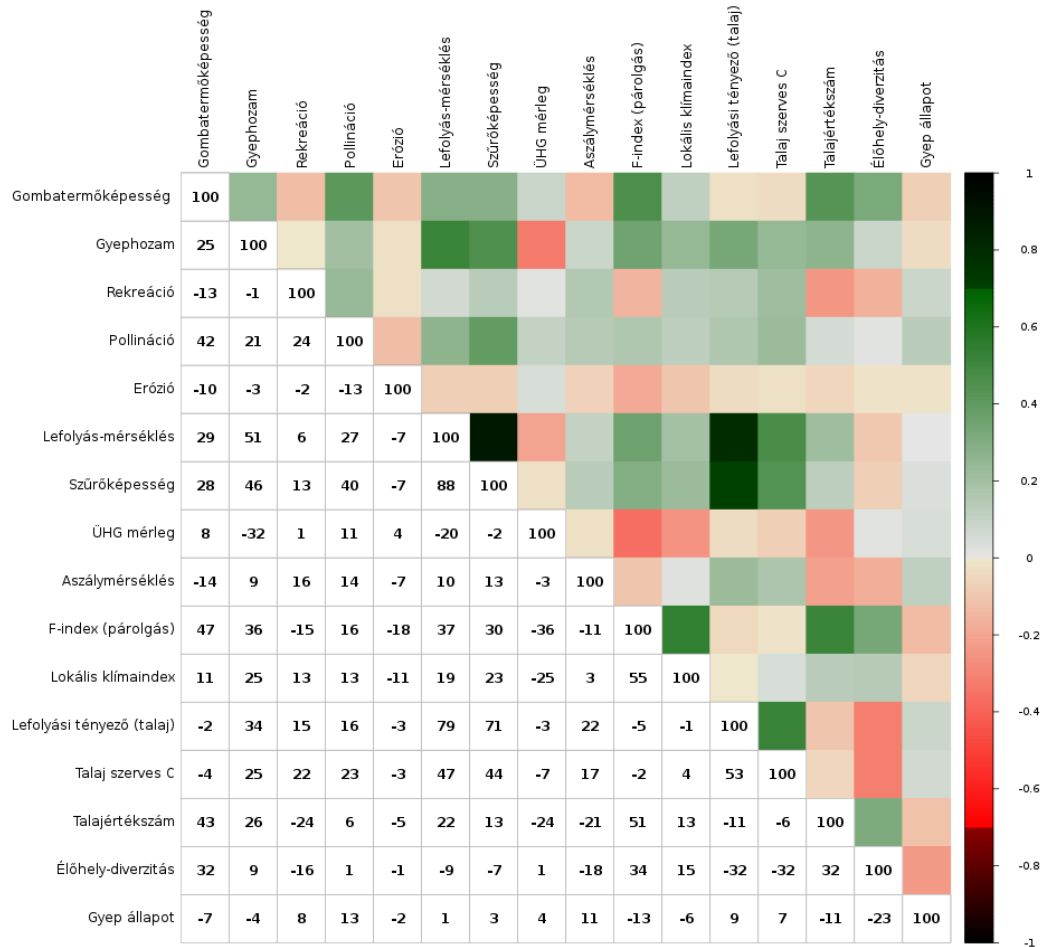
4.3.11 ábra: Alföldi erdők ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások



4.3.12 ábra: Hegy- és dombvidéki erdők ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

4.3.3. Gyeppek

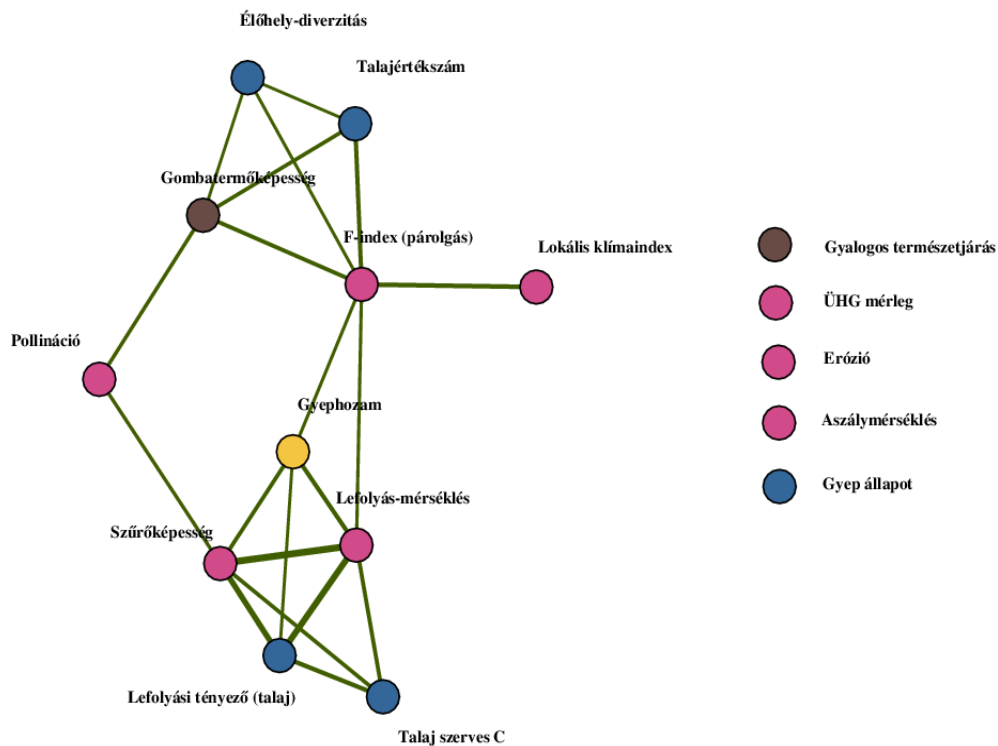
A gyepök ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékelését és térképezését már az alaptérkép készítésétől kezdve kísérte az adat- és ismerethiány problémája. Emiatt országosan mind az állapotra, mind az egyetlen kifejezetten gyephez kötődő vizsgált szolgáltatásra (gyepfózam) viszonylag durva becslések születtek. Ez nem hazai sajátosság, Frélichová et al. (2014) is megállapította, hogy a gyepök ökoszisztéma-szolgáltatásaira kevés tudományos figyelem jut, miközben kiemelkedő biodiverzitásukról és a gyepes ökoszisztémák működéséről számos elemzés születik (Hönigová et al. 2012, Viloslada et al. 2018). E hiányosságok miatt a gyepök esetében az ökoszisztéma-szolgáltatások és kapcsolatrendszereik térbeli értékelésének lehetősége korlátozott. Nem tartjuk szerencsésnek teljesen kihagyni őket az eredmények bemutatásából, de a gyepekre kapott eredmények fenntartásokkal kezelendők, értelmezésüknél fokozott figyelmet igényel a számításmódszertanból adódó esetleges “műtermék” kapcsolatok megjelenésének lehetősége. A korrelációkat a 4.3.13 ábra, a kapcsolatrendszereket a 4.3.14 ábra mutatja be.



4.3.13 ábra: Spearman's rho korrelációk a gyepekre (a színek a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százzal felszorozva ábrázolják)

A legerősebb (pozitív) korrelációt csak a gyepeket tekintve is a két, hasonló módon számított hidrológiai szolgáltatás (szűrés és lefolyás-mérséklés), valamint az értékelésük során is felhasznált, erősen meghatározó állapot-mutató, a talaj lefolyási tényezője mutatja, és mindhárom pozitívan korrelál a gyephozammal. Utóbbi kiszámítása a vegetációtájak felhasználásával történt, és ezek kijelölésénél közvetlen és közvetett módon talajtényezőket is figyelembe vettek (pl. talajtípus térképet, helyenként alapkőzetet - Molnár et al. 2008). A lefolyás-mérséklés és a szűrés pedig a lejtési viszonyoktól, a talajtól és a növénytakarótól is függ.

A gyephozam összefüggéseit leginkább a gyepeken belül elkülöníthető típusok, és ezek környezeti meghatározottsága magyarázza meg. Mind a gyephozam, mind a párolgást leíró f-index, mind a lefolyás-mérséklés és szűrés tekintetében a zárt gyepek teljesítenek legjobban, utánuk a szikesek, és a nyíltabb típusok felé haladva egyre alacsonyabbak az értékek. A talajértékszám azonban nem mutatható ki erősebb pozitív kapcsolat, mivel ott a sorrend más, a zárt gyepeket a nyíltabb gyepek követik, és a sor végén a szikesek állnak.



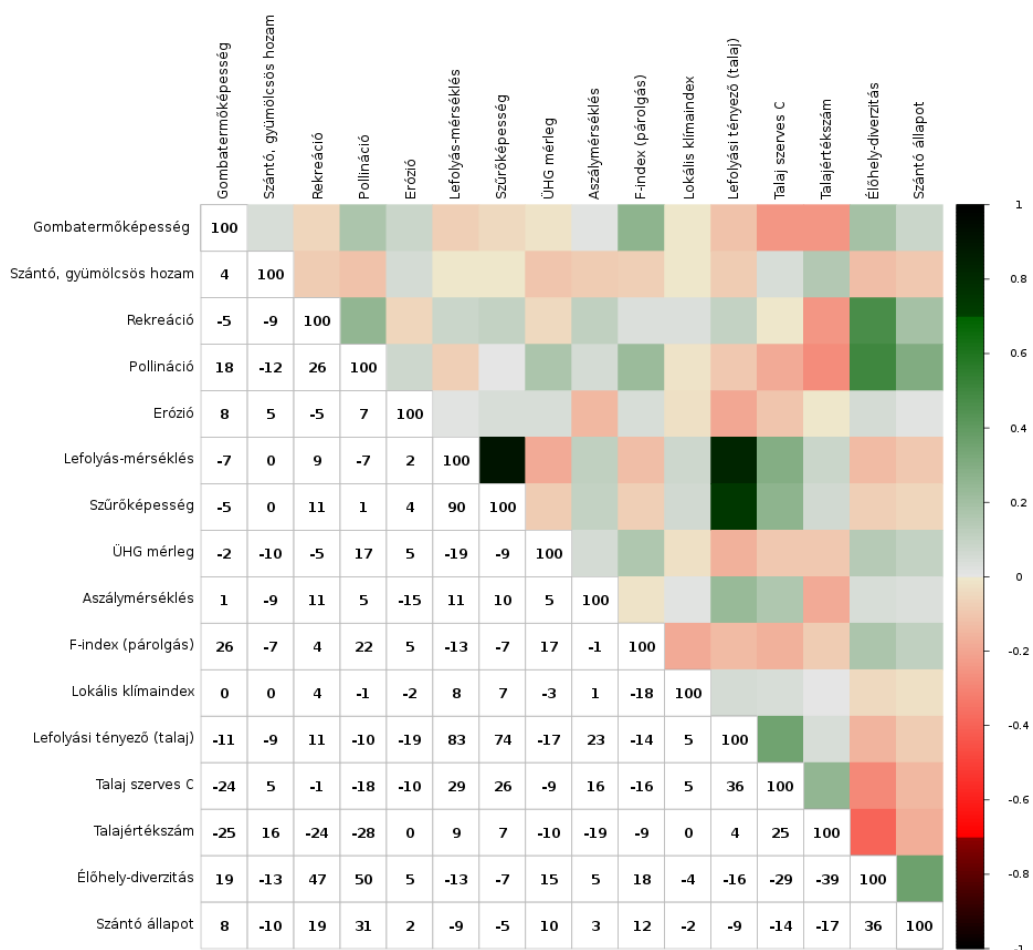
4.3.14 ábra Gyepek ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

A pozitív kapcsolatokat mutató ábrán a másik jelentősebb csoportosulás az élőhely-diverzitás, a gombatermő-képesség, a talajértékszám és az f-index négyese. Ennél a kapcsolatrendszerénél elképzelhető, hogy a sok tekintetben eltérő alföldi és hegyvidéki gyepek jellegzetességeinek keveredése okozza (a gyepek esetében nem választottuk szét a kettőt). Az élőhely-diverzitás mutató pedig éppen a nagyobb kiterjedésű alföldi gyepek esetében a legkevésbé

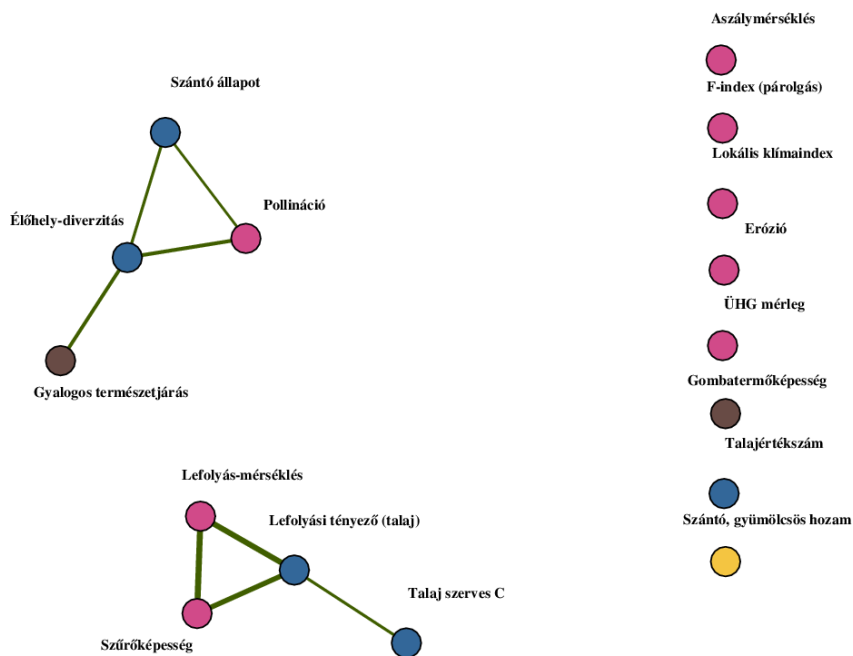
megbízható, mivel az itt előforduló altípusok differenciálásához az Ökoszisztéma-alaptérkép készítése során nem állt rendelkezésre megfelelő adat.

4.3.4. Szántók

A szántókra kapott összes korrelációt a 4.3.15 ábra mutatja be, az erősebb pozitív kapcsolatok hálózatát pedig a 4.3.16 ábra. Az ábrákon a változók két összefüggő csoportja rajzolódik ki. Az egyik a szántó-állapot, a pollináció, és az élőhely-diverzitás összefüggő hármasa, amit az élőhely-diverzitáshoz kapcsolódva még kiegészít a gyalogos természetjárás is. Ez a kapcsolatrendszer megfelel a vártnak, hiszen az állapot-értékelés kialakítása során kifejezetten az élővilág igényeire koncentráltunk. Azokat a területeket tekintettük jó állapotúnak, melyekről szakirodalmi információk alapján feltételezhető, hogy a különféle élőlény-csoportok (köztük pl. a pollinátorok) túlélése szempontjából kedvezőek. Például a kisebb táblák miatt több a szegély, vannak a közelben olyan természetyszerű élőhelyek, amelyek táplálékot, búvóhelyet nyújthatnak, vagy változatosabb a természetett növények köre. A természetyszerű élőhelyek jelenléte az agrárterületek esetében közvetlenül növeli az élőhely-diverzitást is.



4.3.15 ábra: Spearman's rho korrelációk a szántókra (a színek a jobb oldalon látható, a számok az r együttható értékét százzal felszorozva ábrázolják)



4.3.16 ábra: Szántók ökoszisztéma-szolgáltatás - ökoszisztéma-állapot hálózata (erősebb pozitív kapcsolatok). A vonalak vastagsága a korrelációk erősségét mutatja. Pontok színe: kék - állapot-indikátor; rózsaszín - szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások; sárga - ellátó ökoszisztéma-szolgáltatások; barna - kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások

A másik, pozitív összefüggéseket mutató csoport itt is két hidrológiai szolgáltatás, a lefolyás-mérés és a szűrés, valamint két, hozzájuk kapcsolódó talaj-jellemző, ezek erősebb kapcsolata alapvetően a számításmódszertanra vezethető vissza.

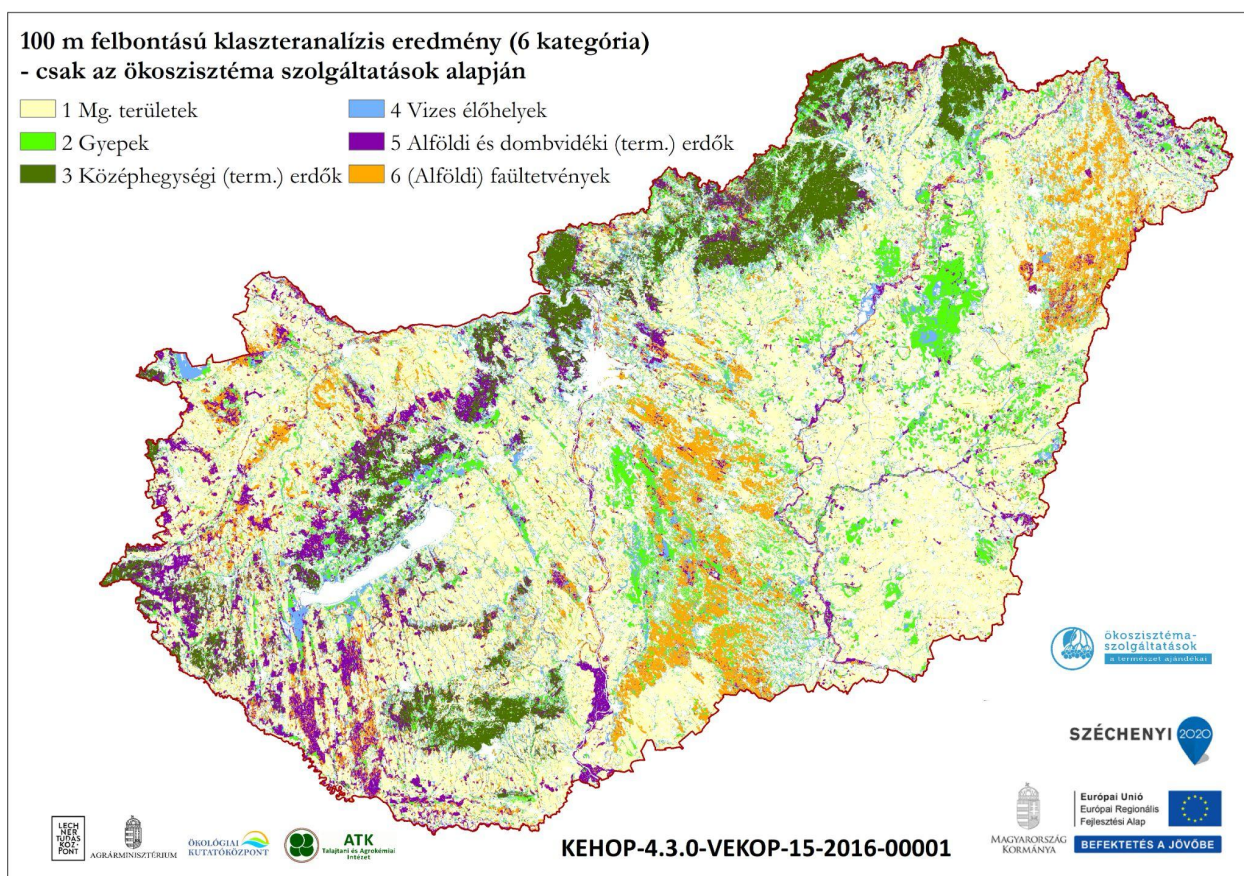
A negatív kapcsolatok közül a szántók esetében a talajértékszám nem túl erős negatív kapcsolata tűnhet fel több szolgáltatás, illetve állapot-indikátorral, különösen az élőhely-diverzitással (4.3.16 ábra). Az állapot-térképek eredményeinek értékelésénél már kimutattuk, hogy a talajértékszám mutató növekedésével nő a szántóként hasznosított területek aránya (Tanács et al. 2021). Tehát a jó minőségű földeket nagyobb arányban hasznosítják szántóként, ami oda vezet, hogy akár nagyobb területeken szinte teljesen hiányozhatnak a természetesebb élőhelyek a tájból, ez pedig alacsony élőhely-diverzitás értékeket jelent.

A látható összefüggéseken túl bizonyos kapcsolatok hiánya, vagy gyenge volta is érdekes kérdéseket vet fel. Míg az országos elemzés (nem túl erős korrelációval, $r=0,4$) arra mutat, hogy valóban a legtermékenyebb talajainkat használjuk szántónak/gyümölcsösnek, a csak a szántókra szűkített elemzésben a szántó-hozam csak gyenge összefüggést mutat a talajértékszámmal, ami pedig a talaj termékenységét hivatott jelezni ($r=0,16$). Szintén nem látszik összefüggés ebben a léptékben a szántók terméshozama és a belvíz-veszélyeztetettség (amit a potenciális aszálymérés indikátoraként használtunk) között. A gyenge összefüggéseknek többféle oka is lehet. Egyrészt a hozamokat a talaj mellett számos egyéb tényező befolyásolja (az időjárástól a gazdálkodói tevékenységig, melyet a támogatások, valamint a kereslet-kínálat alakulása is befolyásol). Másrészt a felhasznált adatok a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerből

(MKR) származnak, ahol termelőként nyilvántartva és összesítve szerepelnek, nem pedig táblánként (ld. 1. Melléklet), ami megnehezíti a térbeli összevetést.

4.4. Hasonló ökoszisztémaszolgáltatás-készlettel jellemezhető területek lehatárolása klaszteranalízissel (ökoszisztémaszolgáltatás-csoportok)

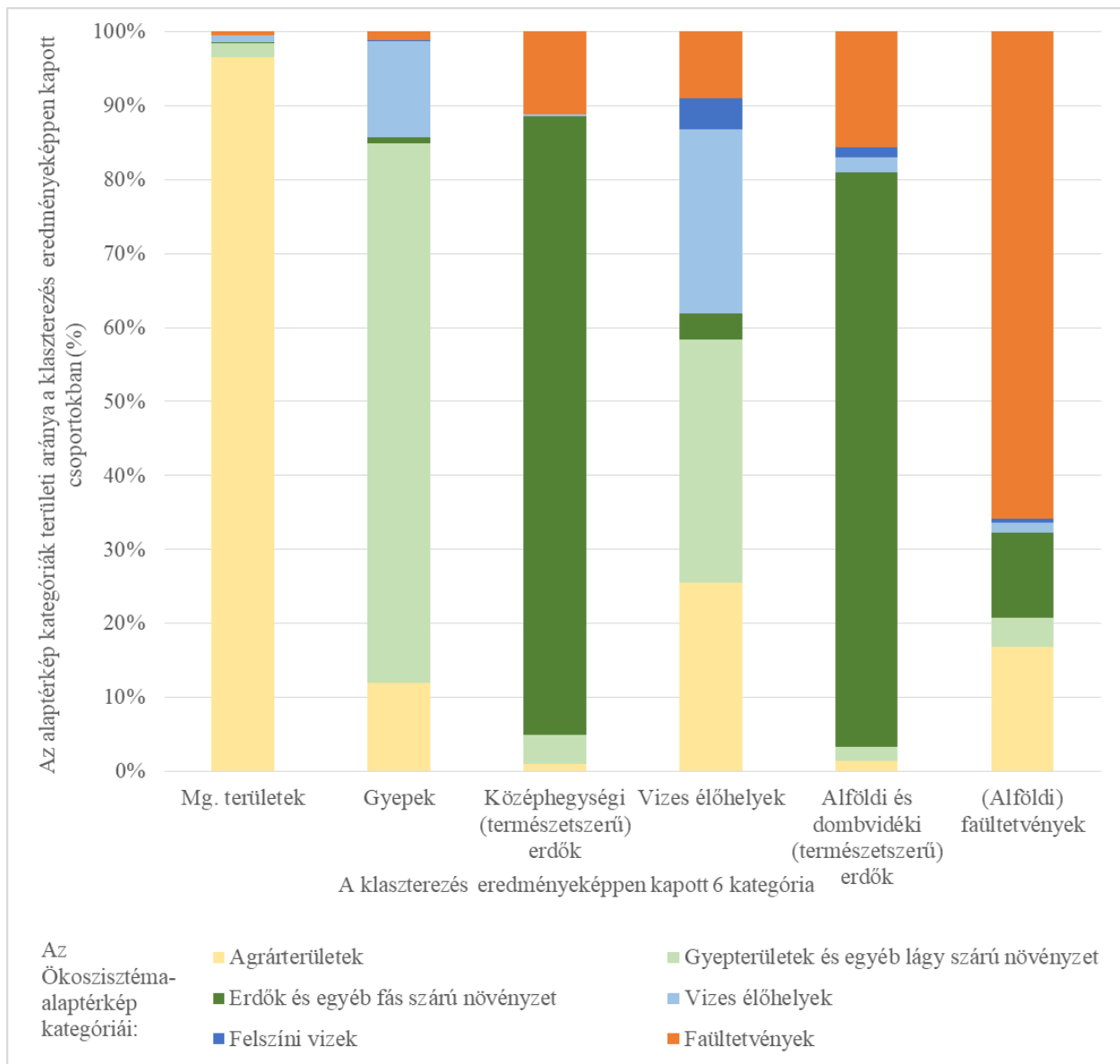
A szolgáltatás-indikátorokon lefuttatott k-means klaszteranalízis eredményeképpen előállt térképet a 4.4.1 ábra, az egyes indikátorok alakulását az egyes csoportokban pedig a 4.4.2 ábra rózsadiagramjai, valamint a 4.4.3 ábra boxplotjai mutatják be. A statisztikailag optimálisnak adódott klaszterszám (tehát az osztályok száma) 6. Feltűnő, hogy a kapott csoportok erősen összefüggnek az Ökoszisztéma-alaptérkép főkategóriáival, valamint a domborzattal, ami alátámasztja a korábbi elemzések következtetéseit. A klaszteranalízis során létrejött hat csoportból három döntően erdős (3: középhegységi erdők, 5: alföldi és dombvidéki, őshonos fajokból álló erdők, 6: alföldi faültetvények), emellett elkülönülnek a mezőgazdasági területek (1), a gyepek (2) és a vizes élőhelyek (4).



4.4.1 ábra: A 100 m felbontású adatokon végzett klaszterezés eredménye

A 4.4.2 ábrán a kapott csoportok, és az Ökoszisztéma-alaptérkép főbb kategóriáinak átfedése látható. Mivel az alaptérkép térben finomabb felbontású (20 x 20 m), mint a szolgáltatás-

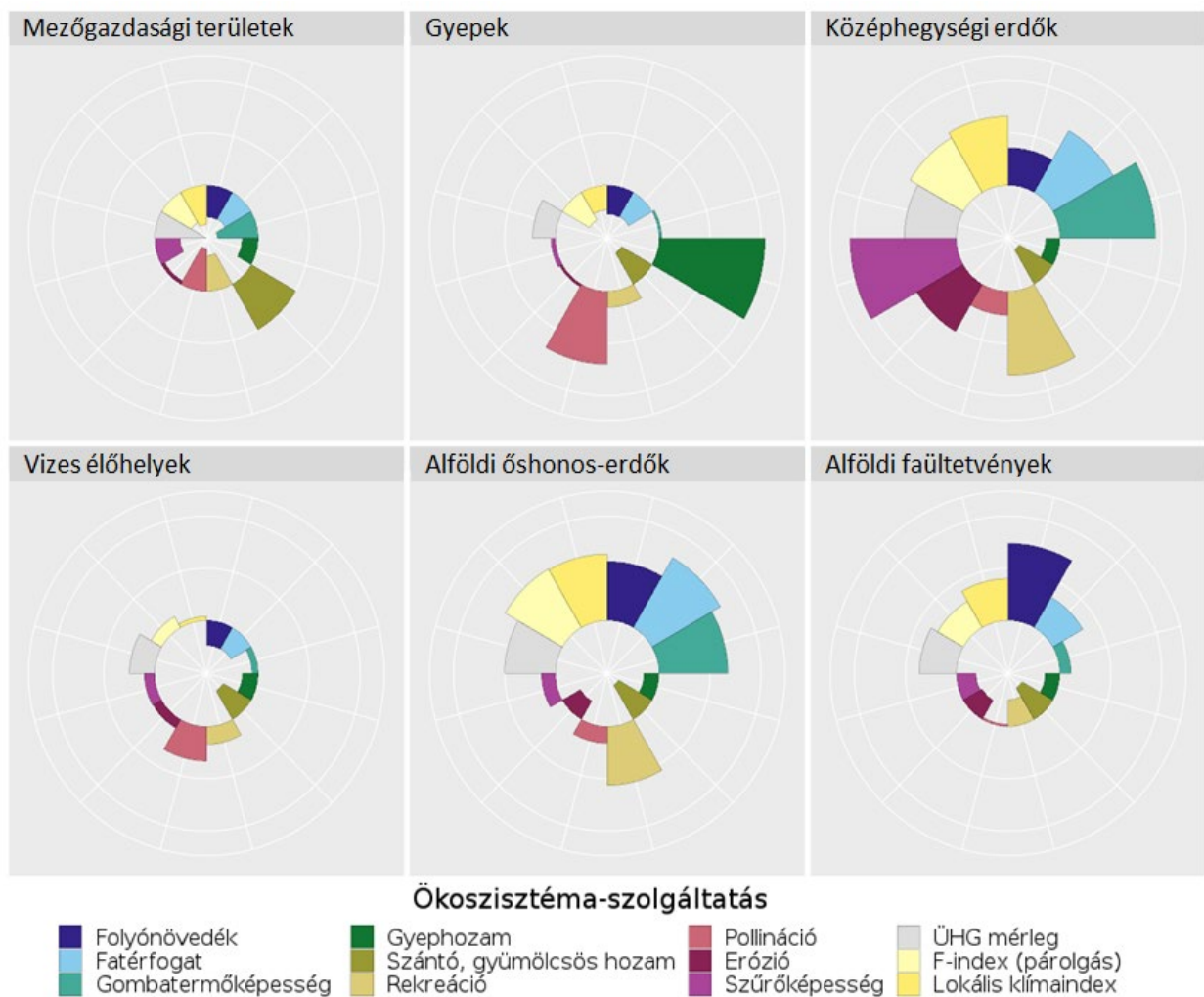
térképek, ezért előfordulhatnak ebből adódó kategória-keveredések (pl. a szántókkal vagy az ültetvényekkel való átfedések), különösen ott, ahol változatos a tájhasználat, mint pl. a Kiskunság területén. De az ábra alapvetően alátámasztja a kategóriák általunk bemutatott értelmezését/megnevezését, hiszen a klaszterezés eredményeképpen kapott csoportok nagy részében egy-egy főkategória domináns. Ez alól kivételt jelentenek a vizes élőhelyek, a róluk elnevezett csoport elég heterogén, de dominánsan vizes élőhelyek és gyepek tartoznak ide. Az erdők esetében a természetszerű (elsősorban őshonos fajokból álló) erdők és az ültetvények keveredése adódhat a már említett felbontásbeli különbségből, de előfordulhatnak olyan esetek is, amikor ez nem hiba, hanem ténylegesen a rá jellemző szolgáltatás-értékek miatt került egy-egy erdő az adott kategóriába.



4.4.2 ábra Néhány főbb Ökoszisztéma-alaptérkép kategória területi megoszlása a klaszterezés eredményeképpen kapott csoportokban (%)

A rózsadiagramok megmutatják, hogy hogyan alakulnak az egyes szolgáltatások (standardizált) értékei egymáshoz képest az egyes csoportokban. A 4.4.3. ábra alapján látható, hogy a mezőgazdasági területeken (1) a növénytermesztés potenciálját leíró hozam az egyetlen olyan indikátor, ami kiemelkedő értéket mutat, ez a meghatározó. A gyepek (2) esetében a gyephozam és a pollináció potenciálja kiemelkedő.

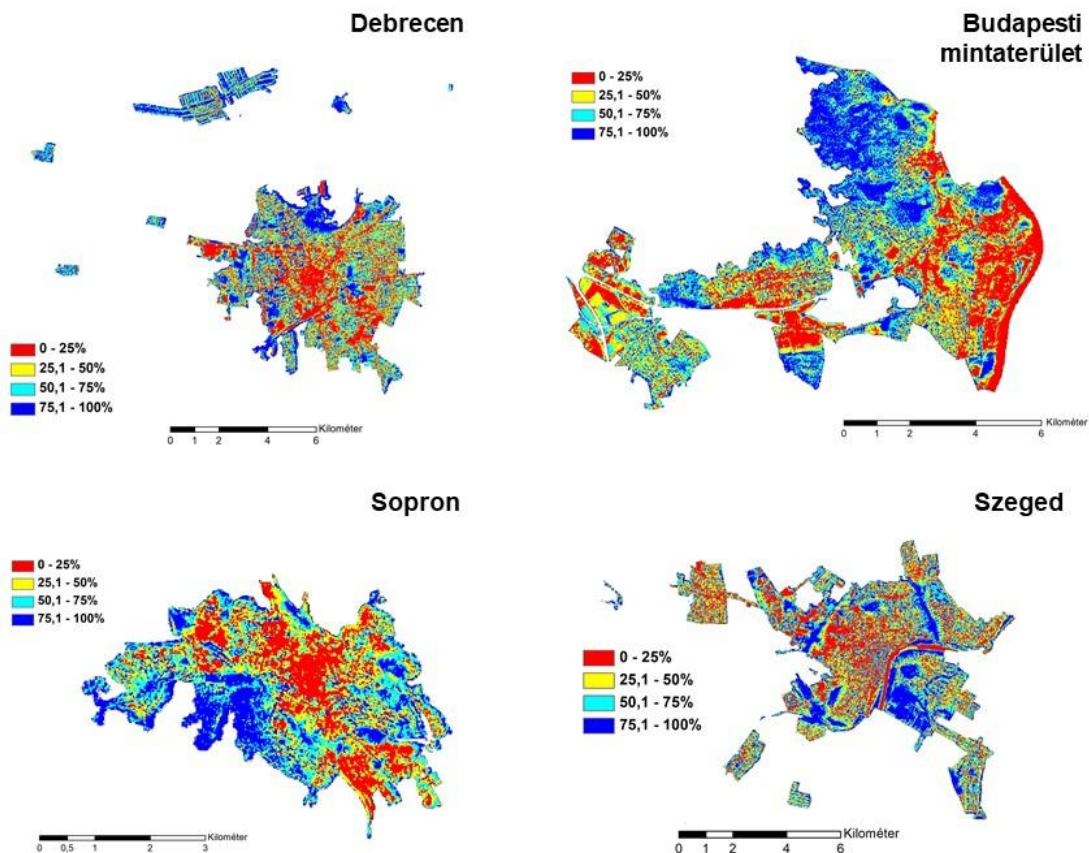
A középhegységi erdőkben (3) számos szolgáltatás-indikátor jellemző értéke kiemelkedő, általában magas az f-index, a fatérfogat, az üvegházgáz-mérleg, a rekreációs potenciál, a gombatermő-képesség, az erózió elleni védelem és a szűrés potenciálja, és még pollináció tekintetében is viszonylag jól teljesítenek ezek a területek. A vizes élőhelyeknél nincs olyan kiemelt szolgáltatás a vizsgáltak között, ami kifejezetten ezekhez kötődne, de viszonylag magas értékeket mutatnak pl. pollináció és szűrés tekintetében. Az alföldi és dombvidéki, őshonos fajokból álló erdők (5) szolgáltatások tekintetében a hegyvidékiekhez hasonlóak, kisebb eltérésekkel (pl. gombatermő-képesség vagy szűrés ill. rekreációs potenciál tekintetében kissé elmaradnak tőlük). Az utolsó, elsősorban alföldi faültetvényeket magába foglaló csoport (6) főleg a folyónövedék és az üvegházgáz-mérleg tekintetében kiemelkedő.



4.4.3 ábra: A klaszterezés eredményeképpen létrejött 6 csoport jellemző ökoszisztémaszolgáltatás-összetétele (ökoszisztéma-szolgáltatás indikátorok studentizált értékei)

4.5. A városi ökoszisztéma-szolgáltatások szintézis- elemzésének eredményei

A kétféle módszertani megközelítéssel előállt két térkép a négy nagyvárosi mintaterületre a 4.5.1 és 4.5.2 ábrán látható. Az eredménytérképeken kirajzolódik, hogy a nagyvárosok belterületeinek is igen nagy része sorolható a módszertanunk szerint legalább „másodlagos potenciálú” (vagy ennél magasabb) kategóriába, vagyis ahol legalább két ökoszisztéma-szolgáltatás „magas” értéket vesz fel. A legelső kvartilishez tartozó, ill. a „mérsékelt” potenciálú területek elsősorban a legsűrűbben beépített, belvárosi vagy ipari zónákat mutatják.

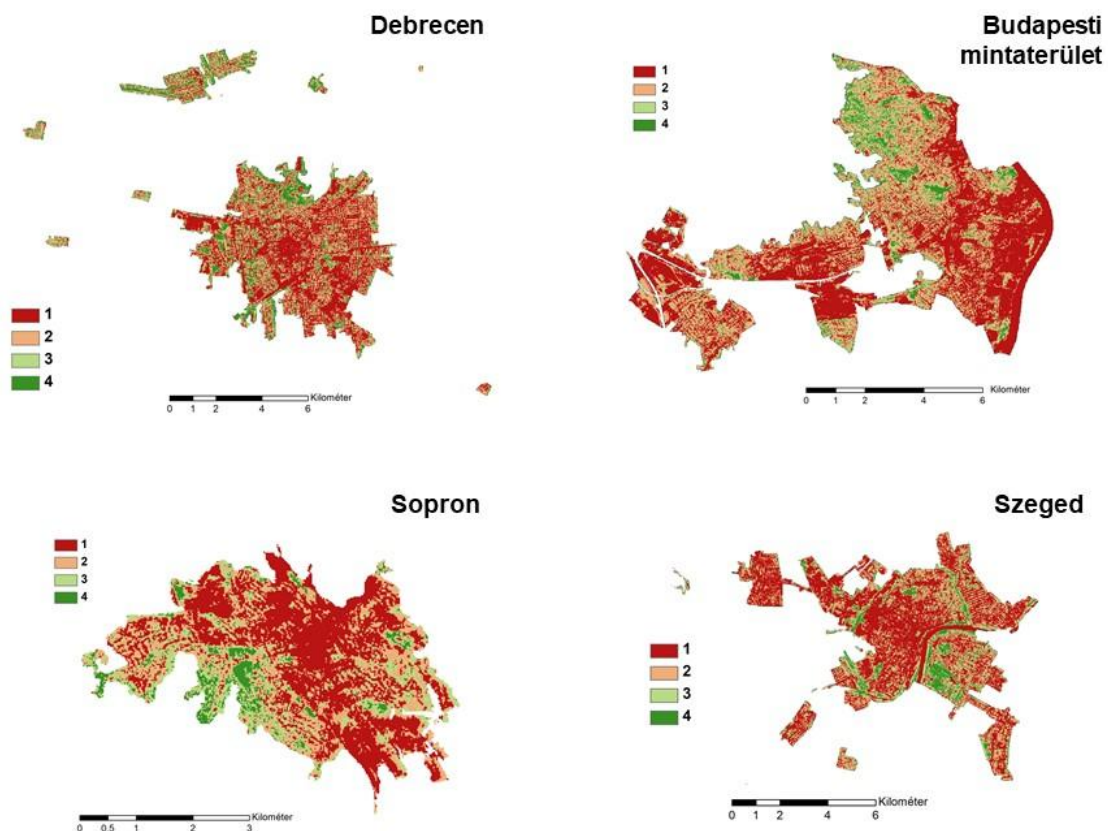


4.5.1 ábra: A három vizsgált ökoszisztéma-szolgáltatás normalizált értékeiből levezett aggregált mutató kvartilisei a négy nagyvárosi mintaterületen

További fontos szempont az eredmények értelmezésénél az, hogy a NÖSZTÉP városi munkarészben értékelt és így a szintézis alapját képező három ökoszisztéma-szolgáltatás olyan értelemben hasonló mintázatok szerint szerveződik, hogy klimatológiai vonatkozású szabályozó szolgáltatásokról van szó (csapadékvíz-megtartás, légszennyezés-megkötés, mikroklíma-szabályozás). Ez abban is megmutatkozik, hogy előbbi kettőnél közös az ökoszisztémák szerkezeti

indikátora (ami az értékelési folyamatban a második kaszkádszint mérőszámaként jelenik meg), a levélfelületi index (LAI). A városi növényzetnek a mikroklíma-szabályozással kapcsolatos potenciálja (árnyékolás, párologtatóképesség) is a biomaszra mennyiségétől és állapotától függ. Mindezek miatt az aggregált mutatók térképein is a magas levélfelületi indexszel jellemezhető területrészek, elsősorban a nagy, egybefüggő városi zöldfelületek jelennek meg a legmagasabb értékekkel.

A két, LAI-tól közvetlenül függő szolgáltatás térbeli mintázatában a kis területen belüli változatosság némileg kisebb, mint az inkább felszínborítási kategóriák alapján jellemzett mikroklíma-szabályozásnál (bár pl. a nagyobb zöldfelületek környezetében jelentkező hűtőhatás az utóbbi esetben is egy területtípusokon át érvényesülő hatást jelent). Emiatt az aggregált, normalizált mutatók térképein is az értékek nagyobb heterogenitását látjuk, ez valamennyire még a kvartilis-térképeken is megfigyelhető.



4.5.2 ábra: A három vizsgált ökoszisztéma-szolgáltatás normalizált értékeiből levezetett, szakértői döntés-alapú osztályozás a négy nagyvárosi mintaterületen. Az osztályok elnevezése a saját módszertanban: 4 – „védendő”, 3 – „magas potenciálú”, 2 – „másodlagos potenciálú”, 1 – „mérsékelt potenciálú” területek

Ezektől a kisebb különbségektől eltekintve a két módszertannal előállított térképek nagyon hasonló területi mintázatokat mutatnak, értelemszerűen hasonló területhasználati döntéseket alapozhatnak meg. Alapvetően **mindkét megközelítés alkalmas lehet az**

ökoszisztémaszolgáltatás-alapú zöldinfrastruktúra-fejlesztés háttérvizsgálataiban való későbbi alkalmazásokra. A települési zöldfelület-tervezésnek az ökológiai mellett funkcionális szempontokat is figyelembe kell vennie (az alaptérképezésben és az erre épülő, az ökoszisztémaszolgáltatásokat figyelembe vevő módszertanokban is). Ezért a felszínborítási (vagy területhasználati) kategóriákon alapuló szolgáltatás-térképezés, és az ezeket is figyelembe vevő, szakértői döntéseket is tartalmazó szintézis-módszerek kapnak véleményünk szerint vezető szerepet a jövőben. Amennyiben az értékelt szolgáltatások között más jellegű, némileg más tényezők által befolyásolt folyamatok is szereplnének (pl. rekreáció), az várhatóan jelentősebb különbségeket eredményezne a tisztán kvantitatív, és a tervezési szempontokat is figyelembe vevő, szakértői osztályozási módszerek között. A jövőre vonatkozóan fontosnak érezzük az osztályozási, döntési szabályoknak a helyi városökológiai és tervezési szempontok alapján való pontosítását, optimalizálását.

5. Összegzés

A szintézis-elemzések egyik eredménye a projektben az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésének alapot adó kaszkárendszer kritikai elemzése és módosító javaslatok megfogalmazása.

Elkészültek a projektben vizsgált ökoszisztémaszolgáltatás-potenciál indikátorok térképei, illetve ezek alapján a multifunkcionalitás szempontjából kiemelkedő területek országos térképe.

Országos léptékben a vizsgált szolgáltatás- és állapot-indikátorok kapcsolatait alapvetően a fő ökoszisztéma-típusok, és az ezek közötti különbségek, valamint a domborzat határozzák meg. Így tehát a rendelkezésre álló indikátorok alapján sokkal markánsabb a különbség az erdők és gyepek, vagy erdők és mezőgazdasági területek között az általuk nyújtott szolgáltatások szempontjából, mint pl. az erdőkön vagy a gyepeken belül.

A vizsgált szolgáltatások potenciálját összességében tekintve egyértelműen kirajzolódik a természetszerű ökoszisztéma-típusok kiemelkedő multifunkcionalitása a mesterségesebb (agrárterületek, faültetvények) típusokkal szemben. Ezek közül is kiemelkednek az (őshonos fajokból álló) erdők, amelyek a szolgáltatások legváltozatosabb körét lehetnek képesek kiemelkedően nyújtani. Az erdők esetében - amelyek fontos ellátó szolgáltatásokat (tűzifa, illetve egyéb faanyag) nyújtanak, és kezelésük általában ennek optimalizálására törekszik - a magasabb multifunkcionalitás értékek arra hívják fel a figyelmet, hogy a fatermesztés túlzott előtérbe helyezése esetén számos más fontos szolgáltatás sérülhet. Az erdők és a szántók esetében összefüggés látható az állapot és a multifunkcionalitás között is, a jobb állapotúnak értékelt területek általában több szolgáltatást nyújtanak kiemelkedő szinten. Ezt alátámasztja az is, hogy a kapott ökoszisztéma-szolgáltatás "csoportok", illetve ezek alapján lehatárolt területek között a faültetvények elkülönülnek a természetszerűbb erdőktől. Ezekkel összefüggésben egyértelműen látszik a védett területek kiemelt szerepe is az ökoszisztéma-szolgáltatások biztosításában. A legmagasabb átlagos multifunkcionalitás értékeket a hazai szabályozás alapján azok az országos jelentőségű védett, illetve fokozottan védett területek mutatják, melyek egyben a Natura 2000 hálózat részei is. Az eredmények alátámasztják, hogy egy természetvédelmi szempontból értékes terület nem csupán önmagáért, vagy az ott található fajokért, hanem a társadalom által fontosnak ítélt szolgáltatások szempontjából is kiemelten értékes.

A hasonló multifunkcionalitással rendelkező területek osztályozása 6 csoportot mutatott meg, amelyek megfeleltethetők a fő ökoszisztéma-típusoknak. Így egy-egy fő ökoszisztéma-típusban áttekinthetővé vált, hogy mely szolgáltatásokat és milyen mértékben nyújthatják, illetve jól láthatók a szolgáltatások közötti trade-offok, azaz egyes szolgáltatások nagyobb arányú használata a többi szolgáltatás minőségének romlását hozza magával.

Az összetett értékelés lehetőségeit és fő irányait alapvetően meghatározta a kezdetben priorizálással kiválasztott ökoszisztéma-szolgáltatások köre. Ugyanakkor az adott helyen fontos szolgáltatások köre regionálisan jelentősen eltérhet - erre már jelen elemzésben is láthatunk példát az alföldi és hegyvidéki erdők markáns elkülönülésével. Ezen túl **az itt bemutatott multifunkcionalitás elemzések a szolgáltatások potenciálján alapulnak, a ténylegesen igénybe vett szolgáltatásokról nem adnak képet.** Ez okozhatja azt, hogy sokkal több pozitív, mint negatív kapcsolatot találtunk, még az ellátó és egyéb szolgáltatások között is. Azonban előfordulhat, hogy miközben két szolgáltatás potenciáljánál - tehát hogy mennyit *tudna* nyújtani a természet - szinergia áll fenn, a tényleges használatnál megfordul a helyzet, és amint az egyik ökoszisztéma-szolgáltatást igénybe vesszük, a másik szolgáltatás megvalósulása (időszakosan) ellehetetlenül. Ezért **fontos, hogy a jövőben - különösen természetvédelmi oltalom alatt álló területek kezelésének meghatározásakor - ne csak a potenciálokat, hanem a ténylegesen megvalósult szolgáltatásokat is elemezzük.** A tényleges használat szintjének vizsgálatakor hangsúlyosabb szerepet kell kapnia a szolgáltatások közötti kapcsolatrendszernek, különösen, ha az értékelés célja a tervezés, illetve a döntéstámogatás. A multifunkcionalitás mellett más, különböző szempontokat is figyelembe kell venni (pl. a terület veszélyeztetettsége, természet(védelm)i értéke, társadalmi igények, stb.) prioritásokat kell felállítani. Az ökoszisztémaszolgáltatás-értékelés hozzáadott értéke akkor tud igazán megmutatkozni, ha az elérhető szolgáltatások minél szélesebb körét tudjuk vizsgálni, lehetőség szerint a teljes kaszkád mentén, az ökoszisztéma-állapotot is figyelembe véve, valamint reflektálva az emberi jólétre is. Országosan ez kiváló adat-ellátottságot feltételezne (mely feltétel jelenleg nem teljesül) - egy-egy kisebb régióra vonatkozóan azonban sokszor több és részletesebb információra támaszkodhatunk, ami komplexebb értékeléseket is lehetővé tesz. Az itt bemutatott első, országos léptékben végzett értékelést és térképezést a folyamat kezdetétől végigkísérte a megfelelő minőségű és mennyiségű országos adatok hiánya. Ezek különösen a gyepes és a vizes élőhelyek esetében nehezítették meg az értékelést. Ahhoz, hogy ezekre a típusokra akár az országos, akár a helyi tervezésben jól használható térképeket és értékeléseket készíthessünk, mindenképpen **a rendelkezésre álló adatbázisok és módszerek átgondolt, célirányos továbbfejlesztésére és folyamatos, rendszerszintű frissítésére lenne szükség** (beleértve a megfelelő adatok gyűjtését is). Ahhoz, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások védelme a konkrét szabályozások, jogszabályi szintű kötelezettségek szintjén is meg tudjon jelenni, és ilyen módon érdemben erősítse a természetvédelem eszköztárát, elengedhetetlen, hogy az értékelés finomabb térléptékben is pontosabbá váljon.

6. Hivatkozások

- Agrárminisztérium, 2019. Ökoszisztéma alaptérkép és adatmodell kialakítása. Budapest.
- Alam, M., Dupras, J., Messier, C., 2016. A framework towards a composite indicator for urban ecosystem services. *Ecological Indicators* 60, 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.035>
- Albert, C., Aronson, J., Fürst, C., Opdam, P., 2014. Integrating ecosystem services in landscape planning: requirements, approaches, and impacts. *Landscape Ecol* 29, 1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s10980-014-0085-0>
- Albert, C., Bonn, A., Burkhard, B., Daube, S., Dietrich, K., Engels, B., Frommer, J., Götzl, M., Grêt-Regamey, A., Job-Hoben, B., Koellner, T., Marzelli, S., Moning, C., Müller, F., Rabe, S.-E., Ring, I., Schwaiger, E., Schweppe-Kraft, B., Wüstemann, H., 2016. Towards a national set of ecosystem service indicators: Insights from Germany. *Ecological Indicators, Developing and Applying Ecosystem Services Indicators in Decision-Support at Various Scales* 61, 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.050>
- Allan, J.D., McIntyre, P.B., Smith, S.D.P., Halpern, B.S., Boyer, G.L., Buchsbaum, A., Burton, G.A., Campbell, L.M., Chadderton, W.L., Ciborowski, J.J.H., Doran, P.J., Eder, T., Infante, D.M., Johnson, L.B., Joseph, C.A., Marino, A.L., Prusevich, A., Read, J.G., Rose, J.B., Rutherford, E.S., Sowa, S.P., Steinman, A.D., 2013. Joint analysis of stressors and ecosystem services to enhance restoration effectiveness. *PNAS* 110, 372–377. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213841110>
- Batáry, P., Báldi, A., Ekroos, J., Gallé, R., Grass, I., Tschardtke, T., 2020. *Biologia Futura: landscape perspectives on farmland biodiversity conservation. BIOLOGIA FUTURA.* <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00015-7>
- Bateman, I.J., Mace, G.M., Fezzi, C., Atkinson, G., Turner, K., 2011. Economic Analysis for Ecosystem Service Assessments. *Environ Resource Econ* 48, 177–218. <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9418-x>
- Becerra-Jurado, G., Philipsen, C., Kleeschulte, S., 2015. Mapping and Assessing Ecosystems and their Services in Luxembourg – Assessment results.
- Bennett, E.M., Peterson, G.D., Gordon, L.J., 2009. Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters* 12, 1394–1404. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01387.x>
- Blasi, C., Capotorti, G., Alós Ortí, M.M., Anzellotti, I., Attorre, F., Azzella, M.M., Carli, E., Copiz, R., Garfi, V., Manes, F., Marando, F., Marchetti, M., Mollo, B., Zavattoni, L., 2017. Ecosystem mapping for the implementation of the European Biodiversity Strategy at the national level: The case of Italy. *Environmental Science & Policy* 78, 173–184. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.09.002>
- Bukvareva, E., Zamolodchikov, D., Kraev, G., Grunewald, K., Narykov, A., 2017. Supplied, demanded and consumed ecosystem services: Prospects for national assessment in Russia. *Ecological Indicators* 78, 351–360. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.034>
- Burkhard, B., Kroll, F., Müller, F., 2009. Landscapes' Capacities to Provide Ecosystem Services – a Concept for Land-Cover Based Assessments. *Landscape Online* 1–22. <https://doi.org/10.3097/LO.200915>

- Burkhard, B., Maes, J., Potschin-Young, M., Santos-Martín, F., Geneletti, D., Stoev, P., Kopperoinen, L., Adamescu, C., Esmail, B.A., Arany, I., Arnell, A., Balzan, M., Barton, D.N., Beukering, P. van, Bicking, S., Borges, P., Borisova, B., Braat, L., Brander, L.M., Bratanova-Doncheva, S., Broekx, S., Brown, C., Cazacu, C., Crossman, N., Czúcz, B., Daněk, J., Groot, R. de, Depellegrin, D., Dimopoulos, P., Elvinger, N., Erhard, M., Fagerholm, N., Frélichová, J., Grêt-Regamey, A., Grudova, M., Haines-Young, R., Inghe, O., Kallay, T., Kirin, T., Klug, H., Kokkoris, I., Konovska, I., Kruse, M., Kuzmova, I., Lange, M., Liekens, I., Lotan, A., Lowicki, D., Luque, S., Marta-Pedroso, C., Mizgajski, A., Mononen, L., Mulder, S., Müller, F., Nedkov, S., Nikolova, M., Östergård, H., Penev, L., Pereira, P., Pitkänen, K., Plieninger, T., Rabe, S.-E., Reichel, S., Roche, P., Rusch, G., Ruskule, A., Sapundzhieva, A., Sepp, K., Sieber, I., Hribar, M.Š., Stašová, S., Steinhoff-Knopp, B., Stępniewska, M., Teller, A., Vackar, D., Weelden, M. van, Veidemane, K., Vejre, H., Vihervaara, P., Viinikka, A., Villoslada, M., Weibel, B., Zulian, G., 2018. Mapping and assessing ecosystem services in the EU - Lessons learned from the ESMEERALDA approach of integration. *One Ecosystem* 3, e29153. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e29153>
- Cord, A.F., Bartkowski, B., Beckmann, M., Dittrich, A., Hermans-Neumann, K., Kaim, A., Lienhoop, N., Locher-Krause, K., Priess, J., Schröter-Schlaack, C., Schwarz, N., Seppelt, R., Strauch, M., Václavík, T., Volk, M., 2017. Towards systematic analyses of ecosystem service trade-offs and synergies: Main concepts, methods and the road ahead. *Ecosystem Services*, SI:Servicing ES-EcoSummit16 28, 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.012>
- Cortinovis, C., Geneletti, D., 2020. A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 201, 103842. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103842>
- Cortinovis, C., Geneletti, D., 2018. Mapping and assessing ecosystem services to support urban planning: A case study on brownfield regeneration in Trento, Italy. *OE* 3, e25477. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25477>
- Crouzat, E., Zawada, M., Grigulis, K., Lavorel, S., 2019. Design and implementation of a national ecosystem assessment – insights from the French mountain systems’ experience. *Ecosystems and People* 15, 288–302. <https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1674383>
- Csákvári, Edina, Fabók, Veronika, Babai, Dániel, Dósa, Henrietta, Kisné Fodor, Lívia, Jombach, Sándor, Kelemen, Eszter, Kovács, Eszter, Könczey, Réka, Mártonné Máthé, Kinga, Michalkó, Gábor, Tanács, Eszter, Valánszki, István, Zölei, Anikó, 2021. A Kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások Szakértői Munkacsoport tanulmánya - az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.
- Csőszi Mónika, Vaszócsik Vilja, Török Katalin, Kollányi László, Schneller Krisztián, Teleki Mónika, Bánhidai András, Kiss Dániel, Konkoly-Gyuró Éva, Jáger Katalin, Csecserits Anikó, Szitár Katalin, 2021. A zöldinfrastruktúra megőrzését és fejlesztését biztosító stratégiai keretek és fejlesztési célok, prioritások meghatározása, országos szintű alkalmazása. Agrárminisztérium.
- Czúcz, B., Condé, S., 2017. Note on definitions related to ecosystem conditions and their services based on different glossaries. Technical paper 1–19.
- Czúcz, B., Götzl, M., Schwaiger, E., Sonderegger, G., 2018a. Fact sheets on ecosystem condition: a synthesis., ETC/BD report to the EEA.

- Czúcz, B., Haines-Young, R., Kiss, M., Bereczki, K., Kertész, M., Vári, Á., Potschin-Young, M., Arany, I., 2020. Ecosystem service indicators along the cascade: How do assessment and mapping studies position their indicators? *Ecological Indicators* 118, 106729. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106729>
- Czúcz, B., Kalóczkai, Á., Arany, I., Kelemen, K., Papp, J., Havadtóti, K., Campbell, K., Kelemen, M., Vári, Á., 2018b. How to design a transdisciplinary regional ecosystem service assessment: a case study from Romania, Eastern Europe. *One Ecosystem* 3. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e26363>
- Dick, J., Maes, J., Smith, R.I., Paracchini, M.L., Zulian, G., 2014. Cross-scale analysis of ecosystem services identified and assessed at local and European level. *Ecological Indicators* 38, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.023>
- Dimopoulos, P., Drakou, E., Kokkoris, I., Katsanevakis, S., Kallimanis, A., Tsiafouli, M., Bormpoudakis, D., Kormas, K., Arends, J., 2017. The need for the implementation of an Ecosystem Services assessment in Greece: drafting the national agenda. *One Ecosystem* 2, e13714. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e13714>
- Dittrich, A., Seppelt, R., Václavík, T., Cord, A.F., 2017. Integrating ecosystem service bundles and socio-environmental conditions – A national scale analysis from Germany. *Ecosystem Services* 28, 273–282. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.08.007>
- Erős, T., Bányai, Z., 2020. Sparing and sharing land for maintaining the multifunctionality of large floodplain rivers. *Science of The Total Environment* 728, 138441. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138441>
- European Commission, 2012. Working group on Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES)(final version: December 2012). European Commission Directorate-General Environment Directorate B–Nature, Biodiversity & Land Use ENV. B.
- European Commission (EC), 2013. Mapping and assessment of ecosystems and their services: an analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020 : discussion paper – final, April 2013. Publications Office, LU.
- Frélichová, J., Vačkář, D., Pártl, A., Loučková, B., Harmáčková, Z.V., Lorencová, E., 2014. Integrated assessment of ecosystem services in the Czech Republic. *Ecosystem Services* 8, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.03.001>
- Geneletti, D., Cortinovis, C., Zardo, L., Esmail, B.A., 2020. Planning for Ecosystem Services in Cities, SpringerBriefs in Environmental Science. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20024-4>
- Gimona, A., van der Horst, D., 2007. Mapping hotspots of multiple landscape functions: a case study on farmland afforestation in Scotland. *Landscape Ecol* 22, 1255–1264. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9105-7>
- Grass, I., Batáry, P., Tschardt, T., 2021. Combining land-sparing and land-sharing in European landscapes, in: *Advances in Ecological Research*. Elsevier, pp. 251–303. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2020.09.002>
- Grunewald, K., Syrbe, R.-U., Walz, U., Richter, B., Meinel, G., Herold, H., Marzelli, S., 2017. Germany's Ecosystem Services – State of the Indicator Development for a Nationwide Assessment and Monitoring. *One Ecosystem* 2, e14021. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e14021>

- Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being, in: Raffaelli, D.G., Frid, C.L.J. (Eds.), *Ecosystem Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 110–139. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511750458.007>
- Hein, L., Bagstad, K., Edens, B., Obst, C., Jong, R. de, Lesschen, J.P., 2016. Defining Ecosystem Assets for Natural Capital Accounting. *PLOS ONE* 11, e0164460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164460>
- Hölting, L., Jacobs, S., Felipe-Lucia, M.R., Maes, J., Norström, A.V., Plieninger, T., Cord, A.F., 2019. Measuring ecosystem multifunctionality across scales. *Environ. Res. Lett.* 14, 124083. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5ccb>
- Hönigová, I., Vačkář, D., Lorencová, E., Melichar, J., Götzl, M., Sonderegger, G., Oušková, V., Chobot, K., Hošek, M., 2012. Survey on Grassland Ecosystem Services (Report to the EEA – European Topic Centre on Biological Diversity). Nature Conservation Agency of the Czech Republic, Prague.
- Howe, C., Suich, H., Vira, B., Mace, G.M., 2014. Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: A meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. *Global Environmental Change* 28, 263–275. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.07.005>
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jonsson, M., Bengtsson, J., Gamfeldt, L., Moen, J., Snäll, T., 2019. Levels of forest ecosystem services depend on specific mixtures of commercial tree species. *Nature Plants* 5, 141–147. <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0346-z>
- Kehoe, L., Kuemmerle, T., Meyer, C., Levers, C., Václavík, T., Kreft, H., 2015. Global patterns of agricultural land-use intensity and vertebrate diversity. *Diversity and Distributions* 21, 1308–1318. <https://doi.org/10.1111/ddi.12359>
- Keith, H., Czúcz, B., Jackson, B., Driver, A., Nicholson, E., Maes, J., 2020. A conceptual framework and practical structure for implementing ecosystem condition accounts. *One Ecosystem* 5, e58216. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e58216>
- Kelemen Eszter, Pataki György (Eds.), 2014. *Ökoszisztéma -szolgáltatások a természet- és társadalomtudományok metszéspontjában*. Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő.
- Kiss, Márton, Báthoryné Nagy, Ildikó Réka, Buzás, Kálmán, Csósz, Mónika, Gulyás, Ágnes, Lenkei, Péter, Mészáros, Róbert, Pinke, Zsolt, Tanács, Eszter, 2021. A Városi Szakértői Munkacsoport tanulmánya. Nemzeti Ökoszisztéma-Szolgáltatás Térképezés és Értékelés Projekt (NÖSZTÉP). Agrárminisztérium, Budapest.
- Kokkoris, I.P., Mallinis, G., Bekri, E.S., Vlami, V., Zogaris, S., Chrysafis, I., Mitsopoulos, I., Dimopoulos, P., 2020. National Set of MAES Indicators in Greece: Ecosystem Services and Management Implications. *Forests* 11, 595. <https://doi.org/10.3390/f11050595>
- Koncz, Péter, Horváth, László, Somogyi, Zoltán, Kottek, Péter, Weidinger, Tamás, Ács, Ferenc, Kröel-Dulay György, Fogarasi, József, Molnár András, Pásztor, László, Popp, József, 2021. A Klíma és Energia Szakértői Munkacsoport tanulmánya. Nemzeti Ökoszisztéma-Szolgáltatás Térképezés és Értékelés Projekt (NÖSZTÉP). Agrárminisztérium, Budapest.

- Kotsiras, K., Kokkoris, I.P., Strid, A., Dimopoulos, P., 2020. Integrating Plant Diversity Data into Mapping and Assessment of Ecosystem and Their Services (MAES) Implementation in Greece: Woodland and Forest Pilot. *Forests* 11, 956. <https://doi.org/10.3390/f11090956>
- Kovács, E., Kelemen, E., Kalóczkai, Á., Margóczy, K., Pataki, G., Gébert, J., Málovics, G., Balázs, B., Roboz, Á., Krasznai Kovács, E., Mihók, B., 2015. Understanding the links between ecosystem service trade-offs and conflicts in protected areas. *Ecosystem Services* 12, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.09.012>
- Kovács, E., Pataki, Gy., Kelemen, E., Kalóczkai, Á., 2011 Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. *Magyar Tudomány*. 2011:7.
- Kovács-Hostyánszki, A., Bereczki, K., Czucz, B., Fabók, V., Fodor, L., Kalóczkai, Á., Kiss, M., Koncz, P., Kovács, E., Rezneki, R., Tanács, E., Török, K., Vári, Á., Zölei, A., Zsembery, Z., 2019. Nemzeti ökoszisztéma-szolgáltatás térképezés és értékelés, avagy a természetvédelem országos programja. *Természetvédelmi Közlemények* 25, 80–90. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2019.25.80>
- Kovács-Hostyánszki, A., Espíndola, A., Vanbergen, A.J., Settele, J., Kremen, C., Dicks, L.V., 2017. Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecol Lett* 20, 673–689. <https://doi.org/10.1111/ele.12762>
- Kovács-Hostyánszki, Anikó, Belényesi, Márta, Geng, Imola, Kemencei, Zita, Kisné Fodor, Livia, Lehoczki, Róbert, Medveczky, Péter, Naszádos, Anna, Pataki, Róbert, Petrik, Ottó, Sárospataki, Miklós, Szalai, Márk, Szekeres, Ádám, Tanács, Eszter, Zajác, Edit, 2021. A Pollináció Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésig. Agrárminisztérium, Budapest.
- La Notte, A., D’Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M.L., Liqueste, C., Egoh, B., Geneletti, D., Crossman, N.D., 2017. Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological Indicators* 74, 392–402. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030>
- Lavorel, S., Grigulis, K., Lamarque, P., Colace, M.-P., Garden, D., Girel, J., Pellet, G., Douzet, R., 2011. Using plant functional traits to understand the landscape distribution of multiple ecosystem services. *Journal of Ecology* 99, 135–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01753.x>
- MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Maes, J., Fabrega, N., Zulian, G., Barbosa, A., Vizcaino, P., Ivits, E., Polce, C., Vandecasteele, I., Rivero, I.M., Guerra, C., Perpiña Castillo, C., Vallecillo, S., Baranzelli, C., Barranco, R., Batista e Silva, F., Jacobs-Crisoni, C., Trombetti, M., Lavallo, C., European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2015. *Mapping and assessment of ecosystems and their services: trends in ecosystems and ecosystem services in the European Union between 2000 and 2010*. Publications Office, Luxembourg.
- Maes, J., Paracchini, M.L., Zulian, G., Dunbar, M.B., Alkemade, R., 2012. Synergies and trade-offs between ecosystem service supply, biodiversity, and habitat conservation status in Europe. *Biological Conservation* 155, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.06.016>
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Grizzetti, B., Paracchini, M.L., Somma, F., Orgiazzi, A., Jones, A., Zulian, G., Petersen, J.-E., Marquardt, D., Kovacevic, V., Abdul Malak, D., Marin, A.I., Mauri, A., Löffler, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Christiansen, T., Werner, B., European

- Commission, Directorate-General for the Environment, 2018. Mapping and assessment of ecosystems and their services an analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU: discussion paper.
- Maes J, Teller A, Erhard M, Liquete C, Braat L, Berry P, Egoh B, Puydarrieux P, Fiorina C, Santos F, Paracchini ML,, European Commission, 2014. Mapping and assessment of ecosystems and their services: Indicators for ecosystem assessments under action 5 of the EU Biodiversity Strategy to 2020. European Commission, Environment, Brussels.
- Manning, P., van der Plas, F., Soliveres, S., Allan, E., Maestre, F.T., Mace, G., Whittingham, M.J., Fischer, M., 2018. Redefining ecosystem multifunctionality. *Nature Ecology & Evolution* 2, 427–436. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0461-7>
- Marjainé Szerényi, Z., Széchy, A., 2020. Az ökoszisztéma-szolgáltatások közgazdasági értékelése, módszertan kidolgozása: a klímaszabályozás, az árvízi kockázat-csökkentés és a rekreáció pénzbeli értékelésének megalapozása.
- Marsboom, C., Vrebos, D., Staes, J., Meire, P., 2018. Using dimension reduction PCA to identify ecosystem service bundles. *Ecological Indicators* 87, 209–260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.049>
- Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado-Arzuaga, I., Amo, D.G.D., Gómez-Baggethun, E., Oteros-Rozas, E., Palacios-Agundez, I., Willaarts, B., González, J.A., Santos-Martín, F., Onaindia, M., López-Santiago, C., Montes, C., 2012. Uncovering Ecosystem Service Bundles through Social Preferences. *PLOS ONE* 7, e38970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>
- Mouchet, M.A., Lamarque, P., Martín-López, B., Crouzat, E., Gos, P., Byczek, C., Lavorel, S., 2014. An interdisciplinary methodological guide for quantifying associations between ecosystem services. *Global Environmental Change* 28, 298–308. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.07.012>
- Mouchet, M.A., Paracchini, M.L., Schulp, C.J.E., Stürck, J., Verkerk, P.J., Verburg, P.H., Lavorel, S., 2017. Bundles of ecosystem (dis)services and multifunctionality across European landscapes. *Ecological Indicators* 73, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.09.026>
- Nedkov, S., Borisova, B., Koulov, B., Zhiyanski, M., Bratanova-Doncheva, S., Nikolova, M., Kroumova, J., 2018. Towards integrated mapping and assessment of ecosystems and their services in Bulgaria: The Central Balkan case study. *OE* 3, e25428. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25428>
- Nedkov, S., Burkhard, B., 2012. Flood regulating ecosystem services—Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecological Indicators* 21, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.022>
- Nikolaidou, C., Votsi, N.-E., Sgardelis, S., Halley, J., Pantis, J., Tsiafouli, M., 2017. Ecosystem Service capacity is higher in areas of multiple designation types. *One Ecosystem* 2, e13718. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e13718>
- Paracchini, M.L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J.P., Termansen, M., Zandersen, M., Perez-Soba, M., Scholefield, P.A., Bidoglio, G., 2014. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators* 45, 371–385. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.018>
- Peña, L., Onaindia, M., Fernández de Manuel, B., Ametzaga-Arregi, I., Casado-Arzuaga, I., 2018. Analysing the Synergies and Trade-Offs between Ecosystem Services to Reorient Land Use

- Planning in Metropolitan Bilbao (Northern Spain). *Sustainability* 10, 4376. <https://doi.org/10.3390/su10124376>
- Pinke, Z., Kiss, M., Lövei, G.L., 2018. Developing an integrated land use planning system on reclaimed wetlands of the Hungarian Plain using economic valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services* 30, 299–308. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007>
- Potschin-Young, M., Czucz, B., Liqueste, C., Maes, J., Rusch, G.M., Haines-Young, R., 2017. Intermediate ecosystem services: An empty concept? *Ecosystem Services* 27, 124–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.001>
- Qiu, J., Turner, M.G., 2013. Spatial interactions among ecosystem services in an urbanizing agricultural watershed. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 12149–12154. <https://doi.org/10.1073/pnas.1310539110>
- Raudsepp-Hearne, C., Peterson, G.D., Bennett, E.M., 2010. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes. *PNAS* 107, 5242–5247. <https://doi.org/10.1073/pnas.0907284107>
- Raum, S., Hand, K.L., Hall, C., Edwards, D.M., O'Brien, L., Doick, K.J., 2019. Achieving impact from ecosystem assessment and valuation of urban greenspace: The case of i-Tree Eco in Great Britain. *Landscape and Urban Planning* 190, 103590. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103590>
- Reznek, Rita, Pásztor, László, Molnár András, Fodor, Nándor, Gaál, Márta, Zubor-Nemes, Anna, Tasi, Julianna, Orosz, Szilvia, 2021. Az Élelmiszertermelés Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az Ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.
- Sály, P., Erős, T., 2016. Vízfolyások ökológiai állapotminősítése halakkal: minősítési indexek kidolgozása - Ecological assessment of running waters in Hungary: compilation of biotic indices based on fish. *Pisces Hungarici* 10 (2016) 15–45.
- Santos-Martín, F., Martín-López, B., García-Llorente, M., Aguado, M., Benayas, J., Montes, C., 2013. Unraveling the Relationships between Ecosystems and Human Wellbeing in Spain. *PLoS ONE* 8, e73249. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073249>
- Schröter, M., Crouzat, E., Hölting, L., Massenberg, J., Rode, J., Hanisch, M., Kabisch, N., Palliwoda, J., Priess, J.A., Seppelt, R., Beckmann, M., 2021. Assumptions in ecosystem service assessments: Increasing transparency for conservation. *Ambio* 50, 289–300. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01379-9>
- Smith, A.C., Harrison, P.A., Pérez Soba, M., Archaux, F., Blicharska, M., Egoh, B.N., Erős, T., Fabrega Domenech, N., György, á. I., Haines-Young, R., Li, S., Lommelen, E., Meiresonne, L., Miguel Ayala, L., Mononen, L., Simpson, G., Stange, E., Turkelboom, F., Uiterwijk, M., Veerkamp, C.J., Wyllie de Echeverria, V., 2017. How natural capital delivers ecosystem services: A typology derived from a systematic review. *Ecosystem Services* 26, 111–126. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.006>
- Spangenberg, J.H., Settele, J., 2016. Value pluralism and economic valuation – defensible if well done. *Ecosystem Services* 18, 100–109. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.02.008>
- Stürck, J., Poortinga, A., Verburg, P.H., 2014. Mapping ecosystem services: The supply and demand of flood regulation services in Europe. *Ecological Indicators* 38, 198–211. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.010>

- Tanács E., Bede-Fazekas Á., Standovár T., Pásztor L., Szitár K., Csecserits A., Kiss M., Vári Á. (2021): Az általános ökoszisztéma-állapot indikátorok térképezésének módszertana. A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok projekt, Ökoszisztéma-szolgáltatások projektetem. Agrárminisztérium, Budapest, pp. 154, https://www.termeszetem.hu/files/download/documents/document_img/98/?2022-01-07%2000:17:34
- Tanács, E., Belényesi, M., Lehoczki, R., Pataki, R., Petrik, O., Standovár, T., Pásztor, L., Laborczi, A., Szatmári, G., Molnár, Z., Bede-Fazekas, Á., Kisné Fodor, L., Varga, I., Zsembery, Z., Maucha, G., 2019. Országos, nagyfelbontású ökoszisztéma- alaptérkép: módszertan, validáció és felhasználási lehetőségek. Természetvédelmi Közlemények 25, 34–58. <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2019.25.34>
- Tanács, E., Standovár, T., 2021. Az általános ökoszisztéma-állapot indikátorok térképezésének eredményei. A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU biológiai sokféleség stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok projekt, Ökoszisztéma-szolgáltatások projektetem. Agrárminisztérium, Budapest. https://termeszetem.hu/files/download/documents/document_img/99/?2021-10-19%2019:15:06
- Turkelboom, F., Leone, M., Jacobs, S., Kelemen, E., García-Llorente, M., Baró, F., Termansen, M., Barton, D.N., Berry, P., Stange, E., Thoonen, M., Kalóczkai, Á., Vadineanu, A., Castro, A.J., Czúcz, B., Röckmann, C., Wurbs, D., Odee, D., Preda, E., Gómez-Baggethun, E., Rusch, G.M., Pastur, G.M., Palomo, I., Dick, J., Casaer, J., van Dijk, J., Priess, J.A., Langemeyer, J., Mustajoki, J., Kopperoinen, L., Baptist, M.J., Peri, P.L., Mukhopadhyay, R., Aszalós, R., Roy, S.B., Luque, S., Rusch, V., 2018. When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning. *Ecosystem Services* 29, 566–578. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.10.011>
- United Nations, 2021. SEEA - System of Environmental-Economic Accounting Ecosystem Accounting. Final Draft.
- van der Plas, F., 2019. Biodiversity and ecosystem functioning in naturally assembled communities. *Biological Reviews* brv.12499. <https://doi.org/10.1111/brv.12499>
- Vári, Á., Arany, I., Kalóczkai, Á., Kelemen, K., Papp, J., Czúcz, B., 2020. Berries, greens, and medicinal herbs—mapping and assessing wild plants as an ecosystem service in Transylvania (Romania). *J Ethnobiology Ethnomedicine* 16, 13. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-0360-x>
- Vári, Á., Podschun, S.A., Erős, T., Hein, T., Pataki, B., Iojă, I.-C., A..., Báldi A., (in press). Freshwater systems and ecosystem services: challenges and chances for cross-fertilization of disciplines. *Ambio*.
- Vári, Ágnes, Kozma, Zsolt, Pataki, Beáta, Jolánkai, Zsolt, Kardos, Máté, Decsi, Bence, Pásztor, László, Bakacsi, Zsófia, Tóth, Brigitta, Laborczi, Annamária, Pinke, Zsolt, Jolánkai, Géza, Centeri, Csaba, Mattányi, Zsolt, Dóka, Richárd, Kisné Fodor, Lívia, Zsembery, Zita, 2021. A Hidrológiai Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az Ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.

- Vermaat, J.E., Immerzeel, B., Pouta, E., Juutinen, A., 2020. Applying ecosystem services as a framework to analyze the effects of alternative bio-economy scenarios in Nordic catchments. *Ambio* 49, 1784–1796. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01348-2>
- Villoslada, M., Vinogradovs, I., Ruskule, A., Veidemane, K., Nikodemus, O., Kasparinskis, R., Sepp, K., Gulbinas, J., 2018. A multitiered approach for grassland ecosystem services mapping and assessment: The Viva Grass tool. *One Ecosystem* 3. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25380>
- Vogiatzakis, I., Zotos, S., Litskas, V., Manolaki, P., Sarris, D., Stavriniades, M., 2020. Towards implementing Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services in Cyprus: A first set of indicators for ecosystem management. *OE* 5, e47715. <https://doi.org/10.3897/oneeco.5.e47715>
- Wiggering, H., Müller, K., Werner, A., Helming, K., 2003. The Concept of Multifunctionality in Sustainable Land Development, in: Helming, K., Wiggering, H. (Eds.), *Sustainable Development of Multifunctional Landscapes*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 3–18. https://doi.org/10.1007/978-3-662-05240-2_1
- Zulian, G., Paracchini, M.-L., Maes, J., Lique Garcia, M.D.C., 2013. ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale. <https://doi.org/10.2788/64713>

Rövidítések jegyzéke

Á-NÉR - Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer

KBV - Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Valószínűségi térkép

LAI – „leaf area index”, levélfelület-index

MCI – mikroklíma-index

MÉTA - Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa

ÖÁ - ökoszisztéma állapot

ÖSz - ökoszisztéma-szolgáltatás

PCA - főkomponens analízis

SZMCS - szakértői munkacsoport

ÜHG - üvegházgáz

VSZP - Vezetői Szakértői Panel

Mellékletek listája

1. Melléklet: A kiválasztott ökoszisztémaszolgáltatás-indikátorok előállításának részletes módszertani leírásai
2. Melléklet: A k-means klaszteranalízis módszertana
3. Melléklet: Az egyes maszkokra készített korrelációs táblák

1.Melléklet:

A szintézishez felhasznált ökoszisztémaszolgáltatás-indikátorok módszertani leírása

Tartalom

1.	Élelmiszertermelés – (termesztett) szántóföldi növények, gyümölcsösök és szőlők tényleges hozama (t/ha).....	3
1.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	3
1.2.	Tovább-feldolgozás	4
1.3.	Adathiány kezelése	4
2.	Élelmiszertermelés - Gyeppek hozama.....	4
2.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	4
2.2.	Tovább-feldolgozás	8
2.3.	Adathiány kezelése	8
3.	Klíma és energia – növényi energia: fakitermelésből származó fa/tűzifa – folyónövedék.....	9
3.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	9
3.2.	Tovább-feldolgozás	9
3.3.	Adathiány kezelése	9
4.	Klíma és energia – növényi energia: fakitermelésből származó fa/tűzifa – hektáronkénti fatérfogat (élőfakészlet).....	9
4.1.	SZMCS tanulmány	9
4.2.	Tovább-feldolgozás	10
4.3.	Adathiány kezelése	10
5.	Klíma és energia – éghajlat-szabályozás – üvegházgáz-mérleg	10
5.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	10
5.2.	Tovább-feldolgozás	11
5.3.	Adathiány kezelése	11
6.	Klíma és energia – mikroklíma-szabályozás – lokális klímaindex.....	11
6.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	11
6.2.	Tovább-feldolgozás	12
6.3.	Adathiány kezelése	12
7.	Klíma és energia – mikroklíma-szabályozás – potenciális párologtató-képesség (f-index)	12
7.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	12
7.2.	Tovább-feldolgozás	13

7.3.	Adathiány kezelése	13
8.	Pollináció - élőhelyek relatív potenciálja a növények beporzásában fontos szerepet játszó vadméhfajok segítésére	13
8.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	13
8.1.1.	Élőhelykategóriák pontozása	13
8.1.2.	Virágos fafajok aránya (erdőknél)	15
8.1.3.	Szegélyek pontozása	15
8.1.4.	A vadméhek általi beporzási potenciál számítása.....	15
8.2.	Tovább-feldolgozás	16
8.3.	Adathiány kezelése	16
9.	Hidrológia – szűrés: diffúz tápanyagterhelés szabályozása.....	16
9.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	16
9.2.	Tovább-feldolgozás	19
9.3.	Adathiány kezelése	19
10.	Hidrológia – erózió elleni védelem: ténylegesen nem-lehordott talaj mennyisége	19
10.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	19
10.2.	Tovább-feldolgozás	22
10.3.	Adathiány kezelése	22
11.	Hidrológia – aszálymérséklés: belvízveszélyeztetettség mértéke.....	22
11.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	22
11.2.	Tovább-feldolgozás	23
11.3.	Adathiány kezelése	23
12.	Hidrológia – dombvidéki árvíz kockázat-csökkentés: potenciális lefolyás mérséklés	23
12.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	23
12.2.	Tovább-feldolgozás	26
12.3.	Adathiány kezelése	26
13.	Kulturális szolgáltatások – a természetjáráshoz kapcsolódó rekreációs állapot	26
13.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	26
13.1.1.	Részindikátor: Természetközelség.....	28
13.1.2.	Részindikátor: Védetség és ökológiai hálózat	30
13.1.3.	Részindikátorok: Felszíni vizek	30
13.1.4.	Részindikátorok: Táj diverzitás	31
13.1.5.	Részindikátor: gyalogos túraútvonalak - kék, piros, sárga, zöld sávos turistautak	31

13.1.6.	Részindikátor: Vonzerők - tanösvények, látogatóközpontok, barlangok, épített kilátók, kilátóhelyek, források.....	32
13.2.	Tovább-feldolgozás	32
	Védettség és ökológiai hálózat.....	32
13.3.	Adathiány kezelése	33
14.	Kulturális szolgáltatások – Gombászás	33
14.1.	SZMCS tanulmány módszertan.....	33
	Az ökoszisztémák értékelése a gombatermő-képesség szempontjából szakértői becsléssel	33
	A szakértői becslést módosító tényezők.....	35
14.2.	Tovább-feldolgozás	36
14.3.	Adathiány kezelése	36
	Irodalomjegyzék.....	36

Az alábbiakban röviden ismertetjük a szintézisben felhasznált indikátorok számításának módszertanát. A leírások alapját a Szakértői Munkacsoportok (SZMCS) által készített tanulmányok képezik (Csákvári et al. 2021, Kiss et al. 2021, Koncz et al. 2021, Kovács-Hostyánszki et al. 2021, Rezneki et al. 2021, Vári et al. 2021). A kidolgozott indikátorokat többnyire változtatás nélkül használtuk fel a szintézisben, néhány esetben tettünk kivételt. A mellékletben az indikátorok esetében ismertetjük az eredeti, SZMCS-k által kidolgozott módszertant (“SZMCS tanulmány módszertan” fejezetek), és külön a szintézisben történő felhasználás céljából tett módosításokat, tovább-feldolgozást (“tovább-feldolgozás” fejezetek).

1. Élelmiszertermelés – (termesztett) szántóföldi növények, gyümölcsösök és szőlők tényleges hozama (t/ha)

Az SZMCS által eredetileg “potenciális” szintként számított modelleredmények minden szempontból ideális környezetet tételeznek fel (pl. a csapadék nem limitál, csak a napsütés), tehát a kiválasztáshoz használt “módosított kaszkád” rendszer szerint inkább az adott hely maximális potenciálját jellemzik. Az egyes termények 2016-ban tapasztalt tényleges hozama ennél közelebb áll a szintézisben megcélzott “aktuális potenciálhoz”. Természetesen ez is csak egy durva becslés, egyrészt az évjárat-hatás miatt, másrészt azért, mert a tényleges hozamot számos egyéb tényező (közvetve pl. a jövedelmezőség, közvetlenül pedig az ember által hozzáadott műtrágya, növényvédőszer, az öntözés stb.) is meghatározzák, és ezek hatásának szétszálazásához nem állt rendelkezésünkre megfelelő adat.

1.1. SZMCS tanulmány módszertan

A szántó, a zöldség, az ültetvény és a szőlő esetében a Szakértői Munkacsoport a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer (MKR) használatával határozta meg a hozam adatokat. Az értékelés Dr. Gaál Márta vezetésével a NAIK AKI-ban készült.

Az MKR a mezőgazdaság legfontosabb természeti és időjárási kockázatait kezeli. A rendszer jogszabályi hátterét „A mezőgazdasági termelést érintő időjárási és más természeti kockázatok kezeléséről szóló 2011. évi CLXVIII. törvény” (a továbbiakban Mkk. törvény), továbbá „A kárenyhítési hozzájárulás megfizetésével, valamint a kárenyhítő juttatás

igénybevételével kapcsolatos egyes kérdésekről szóló 27/2014. (XI. 25.) FM rendelet” teremt meg (Kemény Gábor, Lámfalusi Ibolya [szerk.] (2018)). A rendszer három pillérre osztható, az elsőt az állami támogatást nyújtó agrárkár-enyhítési rendszer jelenti - a munkacsoport ennek az adatait használta fel. Az I. pillérben a mezőgazdasági termelők az egységes kérelemben bejelentett területek után kárenyhítési hozzájárulást fizetnek, amihez bizonyos méret felett kötelező csatlakozni, illetve önkéntes belépésre is nyílik lehetőség. Az agrárkárenyhítési rendszernek az Mkk. törvény alapján kötelezően tagja azon mezőgazdasági termelő, aki meghatározott nagyságú termőterülettel rendelkezik: ez szántóföldi növények esetében 10, illetve szántóföldi zöldség növények esetében 5 hektár, szőlő-gyümölcs ültetvényénél pedig 1 hektár. Önkéntesen a fenti termőterület nagyságot el nem érő területen gazdálkodó mezőgazdasági termelő is csatlakozhat a rendszerhez (NÉBIH honlap). Az adatok ezekre a területekre állnak rendelkezésre. Az MKR rendszerben érintett gazdálkodók egy növényre csak egy hozam adatot adnak meg, ami az ügyfél összes területének összes hozama alapján számolt átlaghozam. Mivel pontosabb, a területek közötti eltéréseket is jellemző hozamadat nem áll rendelkezésre, ezt a hozamadatot rendeltük hozzá a gazdálkodó összes olyan parcellájához, amin az adott növényt termesztette. Az MKR-ben résztvevők szűkebb köre miatt a hozammal jellemezhető terület kisebb, mint az Egységes Kérelemben szereplő termőterület.

A parcellák pontos térbeli elhelyezkedése nem állt rendelkezésünkre. A Nemzeti Földügyi Központ egy 0,001 fokos (kb. 100 m-es) rács középpontjaihoz rendelte hozzá az EK-ben szereplő parcellákat, és megadta a hozzá tartozó egyedi azonosítót, valamint az ott szereplő hasznosítási kódot. Az MKR hozamból számolt adatokat ezen információk alapján rendeltük hozzá a rácsokhoz, de a módszerből adódóan kisebb területek kimaradnak – egyrészt kimaradhatnak olyan kicsi parcellák, amikre nem esett rácspon, másrészt a két adatforrás eltérő időbeli vonatkozása miatt nem sikerült az adatok közötti pontos kapcsolat megteremtése. Az adatbázis alapján hozammal jellemzett területek 1,9%-át nem lehetett a fenti okok miatt térképen ábrázolni.

1.2. Tovább-feldolgozás

Egy adott négyzetben több hozamérték is szerepelhetett. Amennyiben azonos növényekről volt szó, különböző hozammal, az AKI által a szintézis elemzés céljára átadott állományban az utolsó rekord szerepelt. Mivel a különböző növények esetében jelentősen eltérnek a lehetséges hozamok, az adatokat az elemzés céljára át kellett alakítani; minden cella esetében az ott megtalálható növény hozamát ugyanannak a növénynek az országos maximum hozamához viszonyítottuk, tehát egy %-os értéket számoltunk. Amennyiben egy négyzetben több különböző növény hozama is szerepelt, akkor a magasabb értéket vettük figyelembe.

1.3. Adathiány kezelése

Az adathiányos területeket kimaszkoltuk, tehát nem vettük figyelembe az elemzésben.

2. Élelmiszertermelés - Gyeppek hozama

2.1. SZMCS tanulmány módszertan

A hozam adatok meghatározásához a Szent István Egyetem munkatársai által a témában végzett kutatásokat vettük alapul (Tasi J. és munkatársai 2014). Munkájuk során a gyeppeket ÁNÉR kategóriákba sorolták, és ezek szerint vizsgálták a termőképességet, hozamot. Dr. Tasi Julianna gyepgazdálkodási szakértő első lépésben az Ökológiai Kutatóközponttal együttműködésben a mezőgazdasági szempontból releváns ÁNÉR kategóriák kiválasztását

végezte el (1. táblázat). A következő lépésben a kiválasztott élőhelytípusok (továbbiakban gyeptípusok) esetében a fent említett kutatási adatok alapján készített hozambecslést. Megfelelő adatok híján a kaszálókat/legelőket nem különítettük el, azokat vegyes hasznosításúnak tekintettük.

A hozambecslés módszere

Magyarország területéről 63 mintavételi helyszínről származó adatok kerültek feldolgozásra. Az adatok az 1965-2017-es éveket ölelik fel. A feldolgozott adatállomány száz-as nagyságrendű. A rendelkezésre álló hozamadatokból csak azok kerültek felhasználásra a gyeptípusok szerinti hozambecslésre, amelyek ún. kontroll területekről származnak, vagyis bizonyítottan nem részesültek tápanyagellátásban, vagy egyéb gyepművelésben (pl. felületés, új gyepterelítés, talajlazítás).

A hozamok megállapítása kétféleképpen történt: kaszálási próbával és Balázs-féle kvadrát módszerrel. A kaszálási próba több ismétlésben, véletlenszerűen lekaszált mintaterületeken a tarlómagasság feletti biomassa mérleggel történő megmérését jelenti. A Balázs-féle módszer a növényállomány botanikai összetételének megállapítása faji szinten, a faj által a véletlenszerűen, több ismétlésben kijelölt 2x2 méteres mintanégyszetekben elfoglalt terület nagysága (dominancia) alapján. A kvadrátokban megtörtént a gyepterelítés átlagos magasságának becslése is. A felmért adatokból a Balázs-féle termésbecslési képlet segítségével nemcsak a gyepterelítés, hanem a hozam is megállapítható.

A magyarországi gyeptípusok átlagos termőképessége

A gyepek hozamára több tényező gyakorol jelentős hatást. A termőhely tulajdonságainak hatása nyilvánul abban, hogy milyen növénytársulás (gyepterelítés) alakul ki. Ezért szükséges a hozambecslést gyepterelítésekre elvégezni. A gyepterelítésen belül évek között jelentős különbségek alakulhatnak ki akkor is, ha a tápanyagellátás (főleg a nitrogén) - ami a hozamot meghatározó legjelentősebb tényező - szintje nem változik. Az évszám hatása gyepterelítésenként eltérő, a száraz és aszályos években hozamcsökkenésben, míg a csapadékos években hozamnövekedésben nyilvánul meg. A vizsgálatok alapján a legkisebb ingadozás a cickóros puszták hozamában volt, mintegy 10%, míg a legnagyobb ingadozás a homoki sztyeppréteken tapasztalható (120%). Az átlagos ingadozás a legtöbb gyepterelítés esetében 50% körüli. A legtöbb gyepterelítésnél a csökkenés nagyobb arányú, mint a többletcsapadék hatására bekövetkező növekedés, de vannak kivételek. A fentiek miatt a hozam-kategóriákat a legtöbb esetben úgy határoztuk meg, hogy a két szélső érték (alsó és felső értékek) közötti különbség tükrözze a tapasztalt hozam-ingadozásokat. A kiválasztott 20 gyepterelítésre meghatározott hozam-kategóriákat a 2.1 táblázat mutatja be.

2.1 táblázat: Az értékelésbe bevonásra kerülő kategóriák az ÁNÉR 2011 szerint, valamint az egyes gyepterelítések hozamadatai

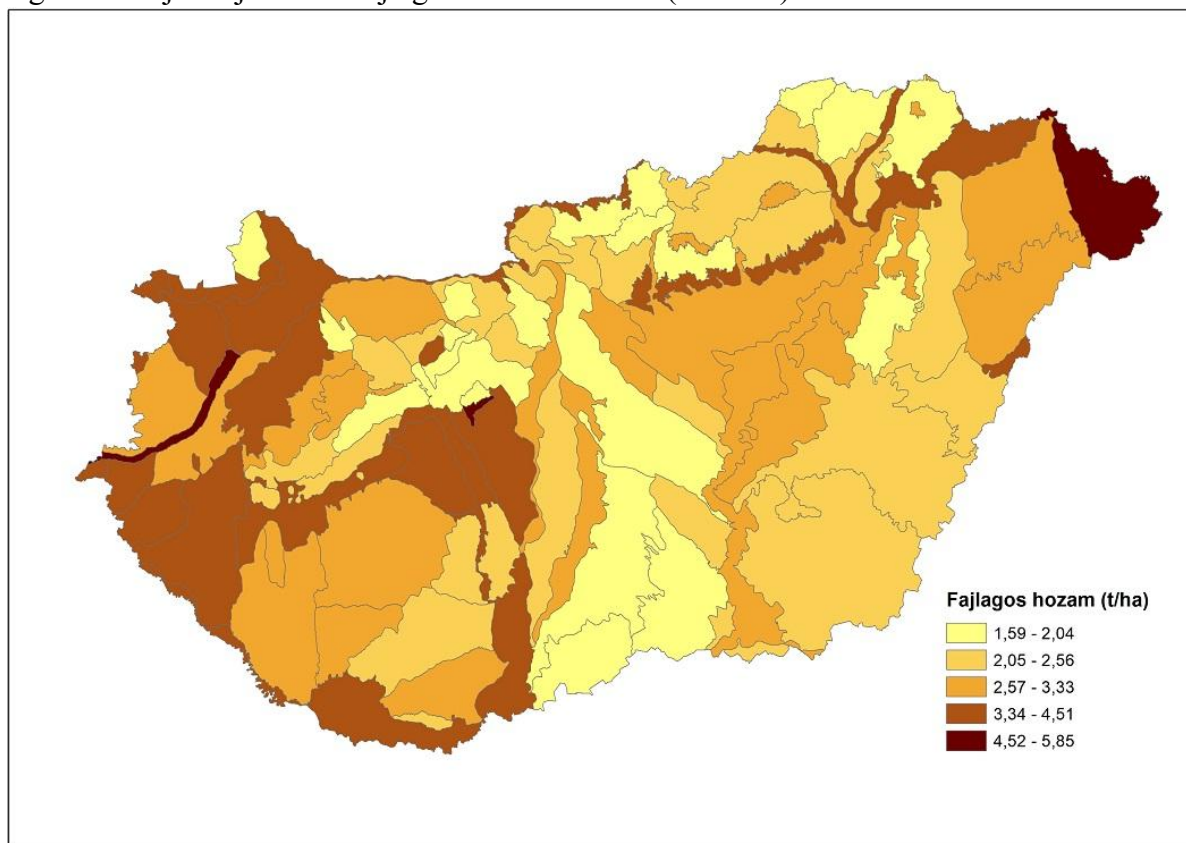
Gyepterelítés		Nettó hozam, t/ha		
ÁNÉR-kódja	megnevezése	alsó értéken	felső értéken	átlag
B5	Nem zsombékoló magasságrétek	0,75	1,00	0,875
D2	Kékperjés rétek	0,40	0,60	0,5
D34	Mocsárrétek	5,40	7,20	6,3
E1	Franciaperjés rétek	3,80	4,75	4,275
E2	Veres csenkeszes rétek	2,94	3,92	3,43

F1a	Ürmöspuszták	0,99	1,98	1,485
F1b	Cickóros puszták	0,99	1,98	1,485
F2	Szikes rétek	1,88	2,82	2,35
F4	Üde mézpázsitos szikfokok	1,96	2,94	2,45
G1	Nyílt homokpusztagyeppek	0,71	1,42	1,065
H2	Felnyíló, mészkedvelő lejtő- és törmelékgyeppek	1,92	2,88	2,4
H3a	Köves talajú lejtősztyepek	1,20	1,80	1,5
H4	Erdőssztyepprétek, félszáraz irtásrétek, száraz magaskórósok	2,64	3,52	3,08
H5a	Löszgyeppek, kötött talajú sztyepprétek	2,85	3,80	3,325
H5b	Homoki sztyepprétek	0,94	1,88	1,41
OB	Jellegtelen üde gyeppek	3,88	5,82	4,85
OC	Jellegtelen száraz- félszáraz gyeppek	0,93	1,86	1,395
P2b	Galagonyás-kökényes-borókás száraz cserjések	0,90	1,35	1,125
P45	Fáslegelők, fáskaszálók, legelőerdők, gesztenyeligetek	1,80	3,60	2,7
P7	Hagyományos fajtájú, extenzíven művelt gyümölcsösök	1,96	3,92	2,94

A gyepfhozam-adatok területhez rendelése

A térképes értékelés során az ÁNÉR élőhelytípusok használata feltételezi, hogy ismerjük valamennyi gyep ÁNÉR típusát. Ilyen térkép azonban országosan nem áll rendelkezésre, és az ÁNÉR kategóriák közvetlenül nem feleltethetők meg az Ökoszisztéma alaptérkép kategóriáinak. Emiatt valamilyen aggregált megközelítésre volt szükség. A 1:200.000-es vegetációs szempontú tájbeosztás a MÉTA program keretében került kidolgozásra, térinformatikai állománya a www.novenyeterkep.hu honlapon szabadon elérhető (Molnár és mtsai. 2008.). A beosztás összesen 109 vegetációtípusot foglal magában. Az egyes vegetációs tájakra a MÉTA-adatbázis segítségével meghatározhatók voltak azok a mezőgazdaság szempontjából releváns ÁNÉR kategóriák, amelyek a legnagyobb kiterjedésben vannak jelen. Minden kiválasztott gyepes ÁNÉR kategória esetében megtörtént a vegetációs tájra vonatkozó összterület meghatározása is.

Ezekhez a területadatokhoz hozzárendeltük a fent meghatározott gyephozamokat. A nettó, éves hozam-intervallumok középértékeit (átlagát) vettük figyelembe (2.1. táblázat). Mivel a táblázatban szereplő intervallumok szélső értékeit alapvetően az időjárási körülmények, a csapadék határozza meg, a középérték figyelembe vételét azért is indokoltnak tartottuk, mert a vizsgált év, 2016, időjárási szempontból viszonylag átlagosnak volt mondható. Vegetációs tájanként összegeztük az egyes ÁNÉR gyepterületek hozamadatait, majd az így kapott össz-hozamot elosztottuk a vegetációs táj területnagyságával, hogy megkapjuk az egyes vegetációs tájakra jellemző fajlagos hozamadatokat (2.1 ábra).



2.1. ábra: A vegetációs tájak fajlagos gyephozam adatai

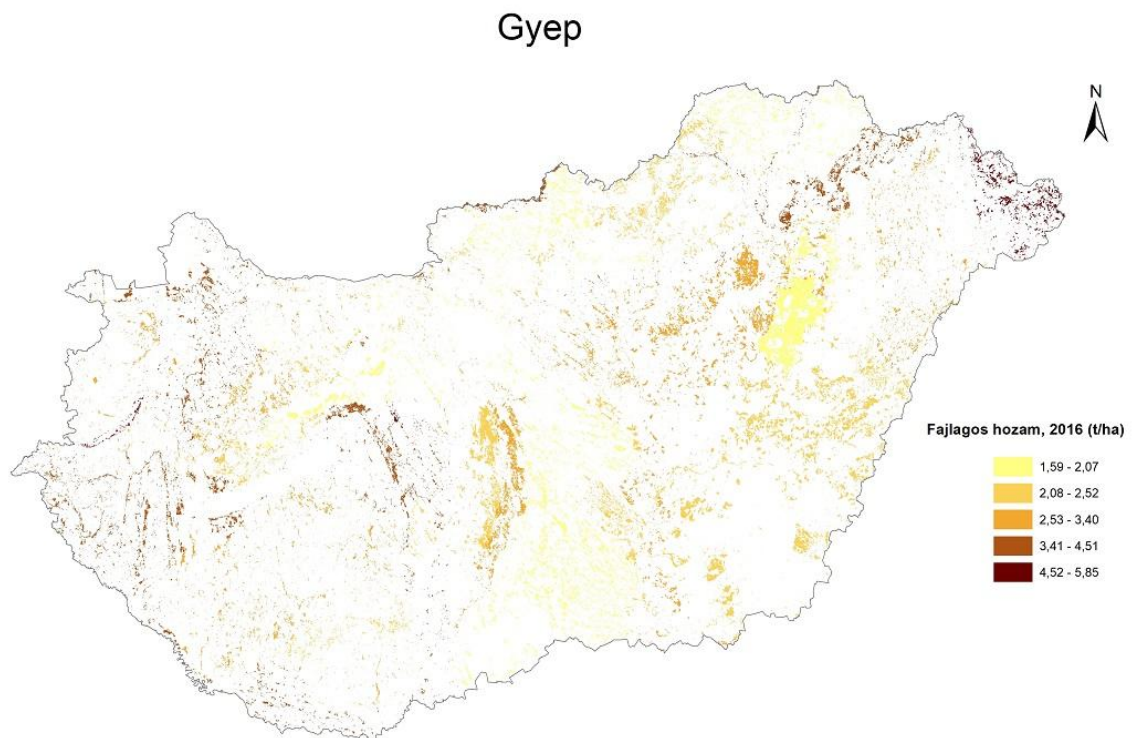
A vegetációs tájakra megállapított hozamokat csak a 2016-ban gyepként hasznosított területekre értelmezzük. Ehhez a Nemzeti Földügyi Központtól kapott, 0,001 fokos (kb. 100 m-es) rácshoz rendelt, 2016. évi Egységes Kérelemben bejelentett gyepterületeket válogattuk le, egész pontosan az alábbi területhasznosítási típusokat (2.2 táblázat).

2.2. táblázat: Gyep hasznosítású területkategóriák

Hasznosítási kód	Megnevezés	Definíció
ALL01	Állandó gyep (legeltetett)	Gyep vagy egyéb egynyári takarmánynövények természetes (vetés nélküli) vagy művelés útján(vetéssel) történő termesztésére használt, a mezőgazdasági üzem vetésforgójában legalább öt éve nem szereplő, az őszi tisztító kaszáláson kívül legfeljebb évi egy kaszálás mellett legeltetésre hasznosított földterület.
ALL02	Állandó gyep (kaszált)	Gyep vagy egyéb egynyári takarmánynövények természetes (vetés nélküli) vagy művelés útján(vetéssel) történő

		termesztésére használt, a mezőgazdasági üzem vetésforgójában legalább öt éve nem szereplő, kizárólag kaszálással hasznosított földterület.
GYE01	Ideiglenes gyepek (legeltetett)	Olyan gyepek vagy egyéb egynyári takarmánynövény fajokból álló vetés nélküli vagy vetéssel történő termesztésre használt földterületek, melyek a telepítéstől számítva 5 évnél fiatalabbak, és nem állandó gyepek visszaállítási kötelezettségük miatt kerültek telepítésre.
GYE02	Ideiglenes gyepek (kaszált)	Olyan gyepek vagy egyéb egynyári takarmánynövény fajokból álló vetés nélküli vagy vetéssel történő termesztésre használt földterületek, melyek a telepítéstől számítva 5 évnél fiatalabbak, és nem állandó gyepek visszaállítási kötelezettségük miatt kerültek telepítésre.

A vegetációs tájakra becsült gyephozam adatok és az Egységes Kérelem adatainak felhasználásával készült térképet a 2.2 ábra mutatja.



2.2. ábra: Az Egységes Kérelemben bejelentett gyepterületek becsült fajlagos gyephozam adatai

2.2. Tovább-feldolgozás

A munka során változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

2.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

3. Klíma és energia – növényi energia: fakitermelésből származó fa/tűzifa – folyónövedék

3.1. SZMCS tanulmány módszertan

A kiválasztott indikátor ebben az esetben a 2015-ös évre vonatkoztatott fajlagos folyónövedék ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$). A folyónövedék jól jellemzi az erdőrészek éves fatömeg-növekedésének mértékét, tehát közelebb áll a keresett “aktuális potenciálhoz”, ami adott hely körülményei között és állapotában megvalósulhat, mint a másik hasonló mutató, az átlagnövedék, ami inkább a módosított kaszkádban meghatározott “maximális potenciált” jellemzi.

A folyónövedék a faállományok korától számított következő 10 éves időszakban várható összfatermésének (összes faprodukciónak) átlagos évi növedéke ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{év}$) (Veperdi 2008). Egyszerűbb megfogalmazás szerint a folyónövedék a faállomány által évente termelt összes biomassza vágáslap feletti része (a vágáslap, a fa kivágásának síkja, kb. 20 cm-rel a talaj felszíne felett, a vágáslap alatti rész a gyökér és a tuskó). A folyónövedék számított mennyiség, terepen közvetlenül nem határozható meg, ehelyett fatermési táblákból becsüljük. A fatermési táblák készítésekor (Solymos 1969) a folyónövedéket fafajonként és termőhelyi osztályonként határozták meg a mintaterületek fakészletének részletes, faegyedenkénti detektálásából és a fakészlet változásából.

A fajlagos folyónövedék adatokat az Országos Erdőállomány Adattár (OEA) erdőrészekre vonatkozóan, azon belül fafajonként adja meg. Az adatok a fatermési táblákból olvashatóak ki és ezek kerülnek be az OEA adatbázisába az adott faállomány fajtája, eredete (mag vagy sarj), kora és átlagmagassága alapján. Az indikátor számításakor az erdőrészlet területére, illetve az ennek megfelelő pixelek halmazára adtuk meg az 1 ha-ra eső fajlagos folyónövedéket, az érintett erdőrészleten belül előforduló fajokra összesen (pl. egy 50 éves cseres-tölgyesben ez kb. $5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ -et jelenthet).

3.2. Tovább-feldolgozás

Az SZMCS-től megkapott térképet használtuk.

3.3. Adathiány kezelése

Azokra a területekre, amelyeket az Ökoszisztéma-alaptérkép erdőként jelöl, de az OEA-ban nem szerepelnek, nem állnak rendelkezésre adatok. Ezeknek már a besorolása is nehézségekbe ütközött, így egységesen a 4600-as kategóriába kerültek. Mivel ez a kategória nagyon változatos élőhelyeket takarhat (őshonos fajokkal spontán cserjésedett vagy beerdősült területektől az idegenhonos inváziós fajokkal borított állományokig), kihagytuk őket az összesített elemzésből.

4. Klíma és energia – növényi energia: fakitermelésből származó fa/tűzifa – hektáronkénti fatérfogat (élőfakészlet)

4.1. SZMCS tanulmány

Az élőfakészlet jól jellemzi a termőhely biofizikai állapotát, amelyből a faanyag-produkció, tehát a potenciális és a tényleges felhasználási szint is levezethető. Az Országos Erdőállomány Adattárban nyilvántartott élőfakészletet az erdészeti igazgatás és a körzeti erdőtervezés folyamatában, 10 éves visszatérési idővel határozza meg terepi mérések és

megfigyelések alapján erdőrésztelenként, azon belül fafajonként. A 10 éves cikluson belül a faállományok növekedését algoritmusokkal modellezik, az észlelt fahasználatokat és az erdőkárok okozta csökkenést a fakészletből levonják. Ezeknek az eljárásoknak a hibái, illetve az adatgyűjtés korlátai mind beépülnek az aktuális élőfakészlet adataiba. A pontatlanság elfogadott mértéke 20-30% – a szakmai normák szerint erdőrésztelenként ennyivel térhet el a valós élőfakészlet a nyilvántartott adattól. A fakészlet-becslés megbízhatósága és pontossága az utóbbi időben sok kritikára ad okot, amire a közeljövőben a távérzékelési módszerek bevezetése jelenthet választ; de az mindenképpen elmondható, hogy az élőfakészlet-adatok a faállományok kor- és fafajok szerint változatosságát viszonylag jól írják le, és jó felbontású, térinformatikai feldolgozásra alkalmas információt adnak.

4.2. Tovább-feldolgozás

Az ESZIR OEA adatbázisban erdőrésztelenként és fafajsoronként szereplő hektáronkénti fatérfogat adatok erdőrésztelre számított összegét vettük. Minden rásztercella annak az erdőrésztelnek az értékét tartalmazza, amelybe a középpontja esik.

4.3. Adathiány kezelése

Azokra a területekre, amelyeket az Ökoszisztéma-alaptérkép erdőként jelöl, de az OEA-ban nem szerepelnek, nem állnak rendelkezésre adatok. Ezeknek már a besorolása is nehézségekbe ütközött, így egységesen a 4600-as kategóriába kerültek. Mivel ezek nagyon változatos élőhelyeket takarhatnak (öshonos fajokkal spontán cserjésedett vagy beerdősült területektől az idegenhonos inváziós fajokkal borított állományokig), kihagytuk őket az összesített elemzésből.

5. Klíma és energia – éghajlat-szabályozás – üvegházgáz-mérleg

5.1. SZMCS tanulmány módszertan

Az éghajlat-szabályozás szempontjából egy adott területen és időben ténylegesen hasznosított ökoszisztéma szolgáltatás az adott ökoszisztéma szén-dioxid (t CO₂/ha/év) és üvegházgáz (ÜHG) mérlege (t CO₂ekv./ha/év). Mivel az Ökoszisztéma-alaptérkép új, élőhely-kategóriáira vonatkozóan a Nemzeti Üvegházgáz Leltár alapján nem állnak rendelkezésre adatok. Egy biogeokémiai modellrendszer (Biome-BGC-Mag 2.0 modell) és a Nemzeti Üvegházgáz Leltár értékei szolgáltatják a három üvegházhatású gáz (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid) fluxusaiból és a laterális széntranszferekből származó, szén-dioxid egyenértékben kifejezett éves nettó üvegházgáz mérleget. A modell alapján különböző ökoszisztémákra (erdő, gyepek, szántó), időintervallumokra (1988-2014 és 2015), valamint különböző, az üvegházgáz mérlegen fontos komponensekre (paraméterekre) készültek térképek.

A szintézisben az összesített elemzéshez az alábbi térképeket használtuk fel:

Erdők, nincs fakitermelés (hipotetikus modellbeállítás) – 1988-2014 közötti időszak átlaga

E modellbeállítás esetében feltételezzük, hogy az erdőkben nincs fakitermelés. Fontos, hogy ez egy elméleti állapot, jelen szociális, gazdasági, társadalmi környezet mellett a teljes területen nem kivitelezhető és nem is cél.

Gyepek, nincs kezelés (hipotetikus modellbeállítás)

A gyepek lehetséges nettó üvegházgáz-mérlegének területi eloszlása, feltételezve, hogy nincs kaszálás, legeltetés, gyepgazdálkodás.

Extenzív kukorica-termesztés szántón:

Feltételezzük, hogy valamennyi szántón kukoricát vetnek, az alábbi paraméterekkel. Vetés: április 20-a, aratás: október 10-e, 100 kg/ha/év N műtrágya használatával, a melléktermés (a földfeletti biomassa azon része, ami nem termés: leginkább a szár és a levél tömegének összege) pedig a területen marad.

5.2. Tovább-feldolgozás

A felsorolt térképek egymással térben nem fednek át, hiszen eltérő ökoszisztéma típusokat jellemeznek, ezért egyszerűen kombináltuk őket.

5.3. Adathiány kezelése

A vizes élőhelyek jelentették a legnagyobb hiányt. Ezek esetében a Nemzeti Üvegházgáz leltár 2015-re vonatkozó adata lett az input minden élőhelyfoltra (0.85 t CO₂ekv/ha/év kibocsátás). Az adathiányos területeket (pl. mesterséges felszínek, vizek) kimaszkoztuk.

6. Klíma és energia – mikroklíma-szabályozás – lokális klímaindex

6.1. SZMCS tanulmány módszertan

Az ökoszisztémák állapotát a mikroklíma-szabályozás szempontjából leginkább a kedvező mikroklímikus hatású élőhelyek jelenléte fejezi ki. Erre két indikátort használtunk, amelyből az első, a lokális klímaindex került be a szintézisbe. Ez az élőhely-térképen megjelenített kategóriákhoz rendelt értékszám, amely jellemzi, hogy az adott ökoszisztéma milyen mikroklímát teremt. Az indikátor -5 (kedvezőtlen) és +5 (kedvező) közötti értékeket vehet fel. Az Ökoszisztéma-alaptérképen alkalmazott felszínborítottsági kategóriákra jellemző értékeket Burkhard és Maes (2017) alapján az alábbiakban foglaljuk össze (6.1 táblázat).

6.1. táblázat Tájéltékű mikroklíma szabályozási indikátorok a NÖSZTÉP alaptérkép 1-3 adatszintjéhez tartozó hazai felszínborítottság kategóriáira. *Potenciális párologtatóképeség* (f-index, ld. 10. fejezet) és a *lokális klíma index*: -5 (kedvezőtlen), +5 (kedvező) (Schwarz et al. 2011, Burkhard et al., 2012, Burkhard és Maes 2017).

1. szint (MAES 2)	Kód	2. szint (~ EUNIS 2)	Kód	f-index	Lokális klíma index
Mesterséges felszínek (Urban)	1	Épületek	1.1	0,35 – 0,45	-5
		Utak és vasutak	1.2	0,60 – 0,70	-4 – -2
		Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	1.3	0,85	-2
		Zöldfelületek mesterséges környezetben	1.4	1,05 – 1,10	0 – 1
Agrárterületek (Croplands)	2	Szántóföldek	2.1	1	0
		Állandó kultúrák	2.2	1,10 – 1,20	-4 – 0
		Komplex területek	2.3	1,15	1
Gyepterületek és egyéb lágy szárú növényzet (Grasslands and other herbaceous vegetation)	3	Homoki gyepek	3.1	0,90 – 1	1
		Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	3.2	0,90	1
		Sziklakibúvásokkal tarkított gyepek	3.3	0,90	1
		Zárt gyepek kötött talajon vagy domb- és hegyvidéken	3.4	1	1

		Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	3.5	1	1
Erdők és egyéb fás szárú növényzet (Forests and woodlands)	4	Többletvízhatástól független (TVFLN) erdők	4.1	1,10 – 1,25	5
		Természetszerűbb galériaerdők	4.2	1,25	5
		Egyéb vízhatás alatt álló (TVHA) erdők	4.3	1,10 – 1,25	5
		Idegenhonos fajok dominálta erdők, faültetvények	4.4	1,10 – 1,20	1 – 5
		Erdőként nyilvántartott faállomány nélküli, vagy felújítás alatt álló területek	4.5	1,05 – 1,10	1
		Máshová nem besorolható fás szárú növényzet	4.6	1,15	4
Vizes élőhelyek (Wetlands)	5	Lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	5.1	1,20 – 1,25 (1,30 – 1,40*)	3 – 4
		Fás szárú dominanciájú vizes élőhelyek	5.2	1,20	2
Felszíni vizek (Rivers and lakes)	6	Állóvizek	6.1	1,30 (1,40*)	2
		Vízfolyások	6.2	1,25	4

6.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

6.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

7. Klíma és energia – mikroklíma-szabályozás – potenciális párologtató-képesség (f-index)

7.1. SZMCS tanulmány módszertan

Az ökoszisztémák állapotát a mikroklíma-szabályozás szempontjából leginkább a kedvező mikroklímikus hatású élőhelyek jelenléte fejezi ki. Az ennek leírására használt két indikátor közül a második az f-index, amely az optimális vízellátottságú fűfelszínhez ($f = 1$) képesti párologtatást jelöli (jó vízellátottság mellett). Az indikátort a nemzetközi szakirodalom alapján az Ökoszisztéma-alaptérkép élőhely-kategóriáira adtuk meg. Természetesen a kategorizálásban – a CORINE adatbázisból az alaptérkép felszínborítottsági kategóriáira való áttérés miatt – szubjektív elemek is vannak, alapvetően azonban szakirodalmi adatokra és SVAT (Soil-Vegetation-Atmosphere Transport, talaj-bioszféra-légkör transzport) modellekkel végzett számításokon alapul (pl. Breuer, 2012). A nagy számok a jó párologásra utalnak, s ehhez kapcsolódva a kedvező mikroklímával rendelkező területeket jellemzik, míg a kis f-értékek a kedvezőtlen területeket mutatják. Például sűrűn beépített városi területen 0,35-ös, míg vízfelszín felett 1,2-1,4-es értékkel vesszük számításba (Christen és Vogt 2004, Larondelle et al. 2014). Az egyes kategóriákhoz megadott pontos értékeket a 6.1. táblázat mutatja be.

7.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

7.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

8. Pollináció - élőhelyek relatív potenciálja a növények beporzásában fontos szerepet játszó vadméhfajok segítésére

8.1. SZMCS tanulmány módszertan

A vadméhek általi beporzás értékelésénél a fészkelési helyek és a táplálékforrás elérhetőségét vettük figyelembe (mint ökoszisztéma-állapot), majd ezeket átlagolva jutottunk a potenciális pollináció ÖSz-hoz (azzal a feltételezéssel, hogy az élőhelyek és táplálék biztosítása arányos a beporzók abundanciájával, valamint diverzitásával). Az ökoszisztéma állapot értékelésnél a következő főbb szempontok szerint jártunk el:

1. Az Ökoszisztéma-alaptérkép 3. (erdők esetében 4.) szintű élőhely kategóriáit a virágforrás (foraging availability, FA) és a vadméhek számára nyújtott fészkelési alkalmasság (nesting suitability, NS) szerint pontoztuk (mindkét szempontra 0-1 között) Zulian et al. (2013) alapján, a hazai viszonyokhoz adaptálva, szakértői becslés alapján (8.1-8.5 táblázatok).
2. Erdőknél az FA értékek számításakor az erdőrészekre jellemző virágos fajok arányát is figyelembe vettük az alapértékeken felül.
3. A szegélyeket differenciáltan vettük figyelembe az erdőszegélyek, szántók, vizes élőhelyek és víztestek esetében.

8.1.1. Élőhelykategóriák pontozása

8.1. Táblázat: Az Ökoszisztéma-alaptérkép és a Corine Land Cover (CLC) kategóriáinak összekapcsolása, valamint Zulian et al. (2013) által alkalmazott, és a NÖSZTÉP Pollináció SZMCS által becsült virágforrás (foraging availability, FA) és fészkelési hely (nesting suitability, NS) lehetőségek szerinti pontozása mesterséges felszíneken. Az FA és NS értékeket 0-1 között adtuk meg, ahol az egyre nagyobb értékek egyre jobb táplálkozási és fészkelési lehetőségeket jeleznek.

ÖKOSZISZTÉMA-ALAPTÉRKÉP	NÖSZTÉP	
	FA	NS
3. szint megnevezés		
Alacsony épület	0,05	0,15
Magas épület	0,05	0,1
Szilárd burkolatú utak	0,1	0,15
Földutak	0,25	0,4
Vasutak	0,1	0,2
Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	0,1	0,15
Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal	0,2	0,3
Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	0,25	0,3

8.2. Táblázat: Agrárterületek

ÖKOSZISZTÉMA-ALAPTÉRKÉP	NÖSZTÉP	
	FA	NS
3. szint megnevezés		

Szántóföldek	0,05	0,1
Szőlők	0,3	0,3
Gyümölcsösök, bogyósok	0,4	0,3
Energiatültvények	0,05	0,1
Komplex művelési szerkezet épületekkel	0,4	0,4
Komplex művelési szerkezet épületek nélkül	0,4	0,4

8.3. Táblázat: Gyeppek

ÖKOSZISZTÉMA-ALAPTÉRKÉP	NÖSZTÉP	
	FA	NS
3. szint megnevezés		
Nyílt homokpuszta gyeppek	0,35	0,6
Zárt gyeppek homokon	0,7	0,7
Szikes és szikessedésre hajlamos gyeppek	0,4	0,7
Sziklakibúvásokkal tarkított mészkedvelő gyeppek	0,5	0,45
Sziklakibúvásokkal tarkított egyéb gyeppek	0,5	0,45
Zárt gyeppek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	0,9	0,6
Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	0,4	0,5

8.4. Táblázat: Erdők

ÖKOSZISZTÉMA-ALAPTÉRKÉP	NÖSZTÉP	
	FA	NS
3. szint megnevezés		
Bükkösök	0,2	0,3
Gyertyános kocsánytalan tölgyesek	0,3	0,3
Cseresek	0,4	0,3
Molyhos tölgyesek	0,6	0,3
Ny-Dunántúl erdei fenyvesei	0,1	0,3
Ny-Dunántúl erdeifenyő-elegyes lomberdei	0,2	0,3
Hazai nyárasok	0,2	0,3
Hegy- és dombvidéki pionír erdők	0,2	0,3
Gyertyános kocsányos tölgyesek	0,35	0,3
Elegyetlen és kőriselegyes kocsányos tölgyesek	0,4	0,3
Egyéb, többletvízhatástól független őshonos dominanciájú erdők*	0,3	0,3
Egyéb elegyes lomberdők	0,3	0,3
Puhafás ártéri erdők	0,3	0,3
Keményfás ártéri erdők	0,35	0,3
Elegyetlen és kőriselegyes kocsányos tölgyesek TVHA	0,3	0,3
Égeresek	0,2	0,3
Többletvízhatás alatti gyertyános kocsányos tölgyesek	0,25	0,3
Ártéren kívüli füzesek	0,4	0,3
Ártéren kívüli, többletvízhatás alatti nyárasok	0,3	0,3
Nyíresek	0,2	0,3
Többletvízhatással érintett cseresek	0,3	0,3
Egyéb, többletvízhatással érintett őshonos dominanciájú erdők*	0,3	0,3
Egyéb, többletvízhatással érintett elegyes lomberdők	0,3	0,3
Tülevelűek dominálta ültetvények*	0,1	0,15
Akác dominálta ültetvények*	0,15	0,2

Nemesnyár- és fűz dominálta ültetvények*	0,2	0,2
Egyéb idegenhonos lombos fajok dominálta erdők*	0,15	0,2
Pusztavágás	0,4	0,4
Folyamatban lévő felújítás	0,35	0,4
Máshová nem besorolható fás szárú növényzet	0,3	0,6

8.5. Táblázat: Vizes élőhelyek és felszíni vizek

ÖKOSZISZTÉMA-ALAPTÉRKÉP 3. szint megnevezés	NÖSZTÉP	
	FA	NS
Vízben álló mocsári/lápi növényzet	0,2	0,3
Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint láp- és mocsárrétek	0,9	0,7
Láp- és mocsárerdők	0,3	0,35
Állóvizek	0,01	0
Vízfolyások	0	0

8.1.2. Virágos fafajok aránya (erdőknél)

Az erdők részletesebb jellemzéséhez a virágforrások szempontjából a virágos, nektáradó fafajok elegyarányát vettük figyelembe, külön tematikus réteggként előállítva. Az Erdészeti Szakigazgatási Információs Rendszerben (ESZIR) az 5%-nál nagyobb elegyarányban jelenlévő fajok aránya szerepel erdőrésztetek szerint. Ezekből a virágos fafajok kumulatív arányát kiszámítva az adott erdőrészletben az FA értékhez plusz pontként vettük figyelembe a fafajok által szolgáltatott virágforrásokat a következők szerint:

10-30% közti virágos fafaj arány: +0,05 FA

30-60% közti virágos fafaj arány: +0,1 FA

>60% közti virágos fafaj arány: +0,2 FA

8.1.3. Szegélyek pontozása

A lineáris tájelemek, szegélyek figyelembe vétele kapcsán a Pollináció SZMCS a következő kategóriák és módszerek mellett döntött:

- Utak a mesterséges felszínek kategóriában leírtak szerint;
- Erdőszegély: 20 méteres puffer az erdőrésztetek külső (más élőhelytípussal érintkező) széli zónájára. Ebben emelt FA és NS értékek Zulian et al. (2013) alapján (az adott erdőtípushoz rendelt FA értéknél 0,1, NS értéknél 0,2 értékkel adtunk magasabbat). Az erdőrésztetek belső, erdővel érintkező szegélyét nem értékeltük magasabb pontszámmal.
- Szántók szegélye: 20 méteres puffer a szántók más élőhelytípussal érintkező széli zónájára. Ebben emelt, kétszeres FA (=0,1) és NS (=0,2) értékek.
- Víztestek, tópartok szegélyzónáját szintén 20 méteres pufferrel jelöltük, abban emelt FA és NS értékeket adva a vízben álló mocsári/lápi növényzethez hasonló értékekkel.

8.1.4. A vadméhek általi beporzási potenciál számítása

A virágforrás (FA) és fészkelési alkalmasság (NS) értékek átlagát vettük minden élőhely kategória esetében (a becsült vadméh abundancia és diverzitásuk indikátoraként), minden 20*20 m pixelben. Minden pixel körül 200 méter sugarú körben (ami a szoliter vadméhek átlagos terjedési távolságának megfeleltethető) összegeztük a körön belül lévő cellák relatív vadméh abundancia értékeit (virágforrásokat és fészkelési alkalmasságot), melyek tehát együtt

meghatározták az adott helyen lévő vadméh abundanciát, diverzitást az ott lévő vadméhek terjedési távolságának tükrében. Ezen távolságon belül minden pixelt egyforma súllyal vettünk figyelembe. Ezzel a táji környezet hatását is figyelembe vettük az adott helyen jellemző vadméh beporzási potenciál szempontjából. Minden pixel értékét elosztottuk a térkép összes pixeljét tekintve legmagasabb értékekkel, az értékeket ilyen módon 0-1 közé visszaskálázva. Így megkaptuk a relatív beporzási potenciált az Ökoszisztéma-alaptérkép minden 20*20 méteres pixelére, ami az értékelésünk 2. kaszkádszintjét, azaz a vadméhek által nyújtott relatív beporzási potenciált jelentette.

A relatív beporzási potenciál határértékei az országban lévő összes 20*20 méteres pixel beporzási értékeinek eloszlása alapján, azok kvartilisei szerint kerültek kijelölésre:

- nincs (=0)
- minimális ($0 < x < \text{alsó kvartilis}$): 0 - 0,157
- alacsony ($\text{alsó kvartilis} \leq x < \text{medián}$): 0,157 - 0,274
- közepes ($\text{medián} \leq x < \text{felső kvartilis}$): 0,274 - 0,399
- magas ($\text{felső kvartilis} \leq x \leq 1$): 0,399 - 0,999

A nagyobb álló víztesteket (Balaton, Tisza-tó) és a magas épületeket a potenciál térképeken felülírtuk “nincs potenciál” kategóriával.

8.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

8.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

9. Hidrológia – szűrés: diffúz tápanyagterhelés szabályozása

9.1. SZMCS tanulmány módszertan

A szűrés ÖSz-t mint „diffúz tápanyagterhelések szabályozását” értelmezve, elsősorban a felszín mentén zajló folyamatokra fókuszáltunk, ezen belül is a foszfor-terhelés mérséklésére. Így a „Szűrés” ÖSz-ként értelmezett folyamat sok mindenben hasonló a lefolyás-mérsékléséhez, ezért értékelése azzal párhuzamosan zajlott. Az ökoszisztéma-állapot szintjén a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai fontosak, melyeket ugyanúgy, mint a dombvidéki árvíz-kockázat-csökkentésnél, a talaj fizikai féleség osztályokra modellezett eredmények feldolgozásával térképeztünk. A potenciális szűrőkapacitás mértékét, szintén a dombvidéki árvíz-kockázat-csökkentésnél követett mintához hasonlóan (ld. előző bekezdés), egy megalapozott szakértői becslés adta, melyben fontos tényező a növényzet sűrűsége (ld. 9. táblázat, 2.3.3 fejezet). A minél sűrűbb növényzet a már lefolyó tápanyagok visszafogását eredményezi. A szakértők által becsült relatív növényzeti tényezőt szoroztuk meg a talaj-komponenssel (talaj vízgazdálkodási tulajdonságai), valamint a fentebb említett Topographic Wetness Index (TWI) reciprokával, ezáltal a lefolyási hierarchiát és a domborzatot is bevonva.

Az egyes **ökoszisztéma-típusok szűrőkapacitásának** megítélésére áttekintettünk szakirodalomban található adatokat. Az irodalmi adatokat lehetőség szerint az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriáihoz rendeltük hozzá. Míg elméletben a növényzet talajmenti sűrűsége az a növényzeti komponens, mely a szűrés szempontjából számít, ennek közvetlen megítélésére csak a gyepeknél van lehetőségünk, mert itt szorosan korrelál a teljes növényzet

levélfelületével, így tehát közvetlenebb módon használhatjuk a LAI-t. Az irodalmi áttekintés alapján kialakított szintetizált szakértői értékelést a 9.1 táblázat mutatja.

A potenciális szűrőkapacitásként megadott súlyszámok egymáshoz viszonyítják az ökoszisztémákat, a tényleges szűrőkapacitást (-> hány százalékot szűr ki az adott élőhely típus a terhelésből) azonban nem adják meg.

9.1 táblázat: A NÖSZTÉP Ökoszisztéma-alaptérkép élőhely kategóriáinak szűrőkapacitása (relatív súlyszám) az irodalmi áttekintés, országos levélfelület-index átlagok, valamint szakértői becslés szintézise alapján.

1. szint	2. szint	3. szint	Egyéb tényező/megjegyzés	Becsült szűrőkapacitás (súlyszám)
MESTERSÉGES	Épületek		(burkolt)	0,00
	Utak	szilárd burkolatú utak	(burkolt)	0,00
		földutak + vasutak	(burkolatlan)	0,00
	Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek		burkolatlan	0,00
			burkolt	0,00
	Zöldfelületek mesterséges környezetben	Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal		
Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül				0,48
AGRÁR	Szántóföldek			0,24
	állandó kultúrák	Szőlő		0,16
		Gyümölcsösök, bogyósok		0,16
		Energiaültetvények		0,56
Komplex területek			0,32	
GYEPEK	Homoki gyepek	Nyílt homokpuszta gyepek		0,32
		Zárt gyepek homokon		0,72
	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek		0,40
	Szikkakibúvásokkal tarkított gyepek	Szikkakibúvásokkal tarkított mészkedvelő gyepek		0,40

		Sziklakibúvásokkal tarkított egyéb gyepek		0,40
	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken		0,71
	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet		0,48
ERDŐ		minden kivéve tűlevelű ültetvények	lombhullató	0,68
		4401-es kategória	tűlevelű	0,76
VIZES	Lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	Vízben álló mocsári/lápi növényzet		0,80
		Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint lágyszárú és mocsárrétek		0,80
	Fás lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	Lágyszárú és mocsárerdők		0,80
VÍZ	Állóvizek			0,00
	Vízfolyások			0,00

9.2. táblázat: Az ESZIR (Erdészeti Szakigazgatási Információs Rendszer) cserjeszintet jellemző kategóriák és az ezekhez adott szakértői becslés a lefolyás mérséklése és szűrés szempontjából

ESZIR „CSERJE” kategória	Egyszerűsített kategóriák	Szűrés relatív mértéke	Szűrés súlysúly
Nincs cserjeszint	30% alatt	megegyezik a lombhullató erdők értékével	0,68
Egyöntetűen szórványosan fedett, maximum 30%			0,68
Csoportosan szórványosan fedett, maximum 30%			0,68
Egyöntetűen közepesen fedett, 30-70%	30-70%	a tűlevelű és lombhullató közti különbség 30%-át lépésenként (0,013 / lépés)	0,71
Csoportosan közepesen fedett, 30-70%			0,71
Teljes lefedettségű, 70% feletti cserjeszint	70% felett		0,73

Az értékelés kialakításában a cserjeszinten túl a 2 m alatti magasságú fás szárú növényzet bevonására volt még lehetőség. Amennyiben volt adott ponton ilyen növényzet, úgy a 0,72 értéket vette fel a szűrés számításában. A diffúz tápanyag-visszatartás ÖSz cellánkénti potenciális értéke – a lefolyásszabályozás ÖSz-al analóg módon – az alábbi képlettel számítható:

$$\alpha_{\text{szűrés}} = \alpha_{\text{veg, szűrés}} * \alpha_{\text{talaj}} * \alpha_{\text{terep}}$$

Ahol minden cellában

- az $\alpha_{\text{szűrés}}$ a potenciális ÖSz mértékét (2. kaszkádszint) kifejező relatív arányszám {0;1}
- az $\alpha_{\text{veg, szűrés}}$ a Hidrológia SzMCs által az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriákhoz rendelt vegetációs súlyszám {0;1}
- α_{talaj} , illetve α_{terep} a helyi talaj- illetve domborzati viszonyokat jellemző tényezők {0;1};

9.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

9.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

10. Hidrológia – erózió elleni védelem: ténylegesen nem-lehordott talaj mennyisége

E szolgáltatás esetében a “tényleges” szolgáltatásként számított indikátort, a nem-lehordott talaj mennyiségét vettük a szintézisbe bemenő adatként, mivel ez a szint áll legközelebb a szintézis által megcélzott “aktuális potenciálhoz”. Az SZMCS által számított “potenciális” szint bár nem jövőkép-szerű, de mégis egy ideálisabb növényzeti összetevőből (pl. optimális vetésforgó, folyamatos talajtakarás) indul ki, mint ami az “aktuális potenciál”-nak megfelel.

10.1. SZMCS tanulmány módszertan

A felszíni degradáció (erózió) elleni védelem értékeléséhez a hagyományosan használt Universal Soil Loss Equation-t (USLE), azaz az egyetemes talajveszteségi egyenletet használtuk, mely a csapadék intenzitását, talajtulajdonságokat, lejtőhosszt és meredekséget, valamint egy növényzeti és egy gazdálkodási/kezelési (‘management’) komponenst tartalmaz. A „kezelés” tényezőre, mely erózió-védelmi beavatkozások hatását hivatott leképezni (pl. teraszos művelés), országosan nem áll olyan adat rendelkezésünkre, mely alapján be tudtuk volna vonni ezt a faktort az elemzésbe. A teljes egyenlet eredménye az aktuális növényzeti tényezővel számolva vezet az aktuális ÖSz becsléséhez, amelyet úgy kapunk meg, hogy a növényzet nélküli modell eredményéből kivonjuk a növényzetet is tartalmazó modell eredményét (lombos erdők esetén a cserjeszinttel korrigálva). Ez a kivonás a visszatartott helyi talajveszteséget adja meg. E szolgáltatás esetében ténylegesen megvalósult ÖSz-nek azt a le

nem hordott talaj mennyiséget tekintettük, ami adott helyzetben, adott talajtulajdonságok mellett lemosódna, ha nem lenne növényzeti borítás: azaz az USLE modell teljesen növényzetmentes állapotra kapott eredményéből kivonva a jelenlegi növényzettel számított eredményt.

$$A = R * K * L * S * C * P$$

ahol:

A - a területegységről időegység alatt lemosott talaj mennyisége (tonna/ha/év dimenzióban),

R - az eső tényező, azaz a záporosók eróziós potenciálja az adott térségben ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$),

K - a relatív talaj erodálhatósági tényező (a talajtípus függvénye) ($t \text{ ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$),

L - a lejtőhossz tényezője,

S - a lejtőmeredekség tényezője,

C - a növényfedettség és művelési tényező,

P - a talajvédelmi, meliorációs beavatkozások tényezői.

A tényleges ÖSz számításához a tényleges növényzet erózió-csökkentő kapacitása (C-tényező) szerint értékeltük az Ökoszisztéma-alaptérkép 3. szintű (minimálisan összevont) élőhely-kategóriáit szakirodalom és szakértői vélemény alapján.

A C-faktort a munkacsoport az alábbi szempontok figyelembe vételével határozta meg:

Az eróziós tényezőt leíró C-faktor és a lefolyás-mérséklés alapján véve egymás komplementere: a lefolyásmérséklés értelemszerűen a visszatartásra vonatkozik, míg az USLE a lehordott anyag mennyiségére. Miközben mindkettőnek létezik saját irodalma, a folyamatok hasonlósága az 1. táblázatban is látható. Ezért döntött az SzMCs úgy, hogy első megközelítésben a lefolyás-mérsékléshez kialakított arányszámok komplementerét veszi az erózió-mérséklés C-tényezőjeként, majd ezeket az értékeket finomítja.

A finomításnál figyelembe vett szempontok:

- nagyságrendnyi különbség van a tülevelű és lombhullató erdő C-faktora között
- a szántókon a kukorica, illetve egyéb kapás növényeknek a legrosszabb C-faktor értéke, az őszebúzának a legjobb. Amennyiben nem bontjuk a szántókat tovább, akkor a kettő közötti átlagértékkel jellemezzük a szántókat.

Az értékelés eredményét a 10.1. táblázat mutatja be.

10.1. táblázat: A szakértők által javasolt értékelés az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriák eróziós tényezőjére (C-faktor).

1. szint	2. szint	3. szint	egyéb tényező/megjegyzés	Becsült eróziós-tényező (C-faktor)
VÁROS	Épületek		(burkolt)	1,00
	Utak	szilárd burkolatú utak	(burkolt)	1,00

		földutak + vasutak	(burkolatlan)	0,80
	Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek		burkolatlan	0,80
			burkolt	1,00
	Zöldfelületek mesterséges környezetben	Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal		0,20
		Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül		0,40
AGRÁR	Szántóföldek			0,30
	állandó kultúrák	Szőlő		0,60
		Gyümölcsösök, bogyósok		0,50
		Energiaültetvények		0,40
	Komplex területek			0,50
GYEPEK	Homoki gyepek	Nyílt homokpuszta gyepek		0,60
		Zárt gyepek homokon		0,10
	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek		0,50
	Sziklakibúvásokkal tarkított gyepek	Sziklakibúvásokkal tarkított mészkedvelő gyepek		0,50
		Sziklakibúvásokkal tarkított egyéb gyepek		0,50
	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken		0,11
	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet		0,40
	ERDŐ		minden kivéve túlevelű ültetvények	lombhullató
		4401	túlevelű	0,01

VIZES	Lágy szárú dominanciájú vizes élőhelyek	Vízben álló mocsári/lápi növényzet		0,00
		Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint láp- és mocsárrétek		0,00
	Fás szárú dominanciájú vizes élőhelyek	Láp- és mocsárrétek		0,00
VÍZ	Állóvizek			0,00
	Vízfolyások			-

A fentiekén túl az ESZIR adatbázis szerinti cserjeborítás figyelembe vételével módosítottuk a lombhullató erdőkre, valamint a tűlevelű erdőkre adott C-értéket (10.2 táblázat).

10.2 táblázat: A cserjeborítás, mint a C-faktort módosító tényező az ESZIR cserjeborítás kategóriái szerint.

Cserjeborítás	C-faktor
Nincs cserjeszint	0,05
Egyöntetűen szórványosan fedett, maximum 30%	0,04
Csoportosan szórványosan fedett, maximum 30%	0,04
Egyöntetűen közepesen fedett, 30-70%	0,025
Csoportosan közepesen fedett, 30-70%	0,02
Teljes lefedettségű, 70% feletti cserjeszint	0,01

10.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

10.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

11. Hidrológia – aszálymérséklés: belvizes veszélyeztetettség mértéke

11.1. SZMCS tanulmány módszertan

Az aszálymérséklés ÖSZ-t elsősorban a belvizek lehetséges megtartásán keresztül értékeltük, azt feltételezve, hogy ezt a vízmennyiséget visszatartva akár az aszály hatásainak csökkentésére is használhatnánk. A potenciális aszálycsökkentő ÖSZ hatást tehát országosan mint az adott helyen lehetséges belvizek tározást adtuk meg. Ehhez egy integrált módon térképezett tényleges belvizek-kiterjedési térképet vettünk figyelembe. Ez az ÁKK keretén belül elkészült

(ÁKK 2014) egy „belvív-veszélyeztetettségi térkép”, ami megmutatja, hogy hol lehetséges/esélyes a belvív kialakulása. A belvív-tározási kapacitást, mint az aszálymérséklési ÖSz 2. kaszkádszintjét, a belvív-térképen jelölt előntési valószínűségek alapján határoltuk le. A valószínűség hidrológiában alkalmazott értelmezése szerint - változatlan viszonyokat feltételezve - megadja a belvív hosszú idejű átlagos visszatérési idejét is (pl. 0% - soha; 20% - átlagosan 5 évente; 50% - átlagosan 2 évente, stb.).

11.2. Tovább-feldolgozás

Az SZMCS-vezetővel történt egyeztetés alapján az OVF által a projekt rendelkezésére bocsátott „AKIR során készült Komplex Belvív-veszélyeztetettségi Valószínűségi térkép 50 méteres felbontású vektorizált állomány”-t raszteresítettük, tehát nem a 10%-os leválogatást alkalmaztuk, hanem az eredeti állomány összes kategóriáját.

11.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

12. Hidrológia – dombvidéki árvíz kockázat-csökkentés: potenciális lefolyás mérséklés

12.1. SZMCS tanulmány módszertan

A potenciális szinten ennél az ÖSz-nél elsősorban a növényzet különböző struktúráinak sűrűsége számít, melyek felveszik és ideiglenesen tárolják felszínükön a csapadékot, csökkentve az azonnal lefolyó víz mennyiségét, valamint segítik a beszivárgást gyökérzetük révén és humuszanyagokkal való dúsítás által. Ezt az értéket szakértői becsléssel, irodalmi értékekre, valamint távérzékelt levélfelület értékekre alapozva határoztuk meg (12.1 táblázat). A növényzet mellett az ÖÁ-jellemzőjeként említett talaj vízgazdálkodási tényezőt (talaj víztartó-kapacitása és vízáteresztő képessége) is beépítettük a modellbe, valamint a domborzattól függő ún. 'Topographic Wetness Index'¹-et (TWI, illetve ennek reciprok értéke: 1/TWI), ami lokálisan a lefolyási hierarchiát is leképezi (→ mely helyeken mennyi víz folyik össze, tehát mennyire „számít”, hogy adott helyen milyen a növényzet és a talaj vízvisszatartási képessége). Modellünkben a három tényező összeszorozva határozza meg egy adott térképi cella potenciális árvízi kockázat- csökkentési képességét.

A növényzet lefolyás mérséklő hatását cellaszinten az alábbi összefüggés segítségével írjuk le:

$$\alpha_{\text{lefolyás}} = \alpha_{\text{veg,lefolyás}} * \alpha_{\text{talaj}} * \alpha_{\text{terep}} \quad \text{¶}$$

¹ A megközelítésünkben szerettük volna leképezni, hogy a különböző területek jelentősége eltérő aszerint, hogy az adott terület mennyire lejtős és a „hidrológiai fa” mely részén helyezkedik el. Ezért a **térképezés során nagyobbra értékeltük egy adott felszínborítás vízvisszatartó hatását, ha az lejtős területen, illetve a lefolyási hierarchia mentén lejjebb helyezkedik el.** A TWI a cella fölött elhelyezkedő részvízgyűjtő területet és a helyi tereplejtést kifejező mutatószám. Az **alacsony TWI értékek meredek, lefolyásra hajlamos területre utalnak**, míg a magasabb értékek nagyobb fajlagos vízgyűjtőt és kisebb helyi felszínesést jelentenek. Számításainkban azt az elvet kívántuk érvényesíteni, hogy az ÖSz a lefolyásra hajlamosabb és/vagy nagyobb összegyűlekezési területek alján értékelődik fel. Ezért az α_{terep} -hoz a **TWI reciprokát használtuk.** Így a nagyobb értékek lefolyásképződésre hajlamosabb területeket jelölnek, ahol a vegetáció visszatartó szerepe fontosabb.

Ahol minden cellában

- az α_{lefolyas} a potenciális ÖSz mértékét (2. kaszkádszint) kifejező relatív arányszám $\{0;1\}$
- az $\alpha_{\text{veg, lefolyas}}$ a Hidrológia SzMCs által az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriákhoz rendelt vegetációs súlyszám $\{0;1\}$
- az α_{talaj} a helyi talajadottságot jellemző tényező $\{0;1\}$
- az α_{terep} a helyi domborzati viszonyokat jellemző tényező $\{0;1\}$

12.1 táblázat: Az irodalmi áttekintés, valamint szakértői becslés alapján szintetizált szakértői értékelés (relatív súlyszám) az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriák lefolyas-csökkentő hatására. A 0-1 közötti értékek minél közelebb esnek 1-hez, annál nagyobb a lefolyas-csökkentő hatás.

1. szint	2. szint	3. szint	Egyéb tényező/ megjegyzés	Becsült lefolyas-mérséklés (súlyszám)
VÁROS	Épületek		(burkolt)	0,00
	Utak	Szilárd burkolatú utak	(burkolt)	0,00
		földutak + vasutak	(burkolatlan)	0,20
	Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek		burkolatlan	0,20
			burkolt	0,00
	Zöldfelületek mesterséges környezetben	Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal		
Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül				0,60
AGRÁR	Szántóföldek			0,70
	állandó kultúrák	Szőlő		0,40
		Gyümölcsösök, bogyósok		0,50
		Energiaültetvények		0,60
Komplex területek			0,50	
GYEPEK	Homoki gyepek	Nyílt homokpuszta gyepek		0,40
		Zárt gyepek homokon		0,90
	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek		0,50

	Sziklakibúvásokkal tarkított gyepek	Sziklakibúvásokkal tarkított mészkedvelő gyepek		0,50
		Sziklakibúvásokkal tarkított egyéb gyepek		0,50
	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken		0,89
	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet		0,60
ERDŐ		Minden, kivéve tűlevelű ültetvények	lombhullató	0,95
		4401	tűlevelű	0,99
VIZES	Lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	Vízben álló mocsári/lápi növényzet		0,99
		Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint lágyszárú és mocsárrétek		0,99
	Fás lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	Lágyszárú és mocsárerdők		0,99
VÍZ	Állóvizek			1,00
	Vízfolyások			-

További módosító tényezők

A növényzet lombsűrűsége, valamint szársűrűsége mellett az erdőkben módosítólag hat az aljnövényzet megléte/sűrűsége, valamint az avar vastagsága. Az avar jellemző vastagságát csak az egyes élőhelyek ismeretével tudjuk tekintetbe venni és a szakértői becslésbe bevonni. A cserjeszint sűrűségét az ESZIR (Erdészeti Szakigazgatási Információs Rendszer) OEA (Országos Erdőállomány Adattár) adatbázis „CSERJE” oszlopa adja meg nekünk 6 kategóriára osztva (12.2 táblázat).

12.2 táblázat: Az ESZIR OEA cserjeszintet jellemző kategóriák és az ezekhez adott szakértői becslés a lefolyás mérséklése szempontjából. A 0-1 közötti értékek minél közelebb esnek 1-hez, annál nagyobb a lefolyás-csökkentő hatás

ESZIR „CSERJE” kategória	Egyszerűsített cserje kategóriák	Lefolyásmérséklés relatív mértéke	Lefolyásmérséklés súlyszám
Nincs cserjeszint	30% alatt		0,95

Egyöntetűen szórványosan fedett, maximum 30%		megegyezik a lombhullató erdők értékével	0,95
Csoportosan szórványosan fedett, maximum 30%			0,95
Egyöntetűen közepesen fedett, 30-70%	30-70%	a tűlevelű és lombhullató közti különbség 30%-át lépésenként (0,013 per lépés)	0,96
Csoportosan közepesen fedett, 30-70%		a tűlevelű és lombhullató közti különbség 30%-át lépésenként	0,96
Teljes lefedettségű, 70% feletti cserjesszint	70% felett		0,98

Az értékelés kialakításában, a cserjesszinten túl a 2 m alatti fás szárú növényzet bevonására volt még lehetőség. Amennyiben volt adott ponton ilyen növényzet, úgy a 0,90 értéket vette fel a lefolyásmérséklés számításában.

12.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

12.3. Adathiány kezelése

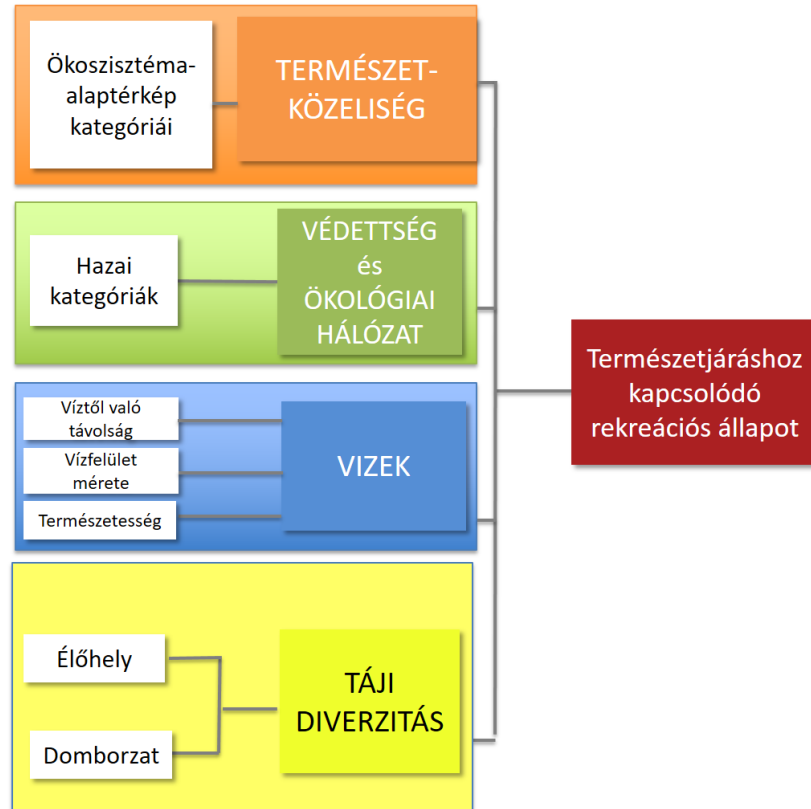
Nem volt adathiány.

13. Kulturális szolgáltatások – a természetjáráshoz kapcsolódó rekreációs állapot

A rekreáció indikátorai esetében több kaszkádszint (az 1. és a 2. szint) részindikátorainak egyesítésével közelítettük az “aktuális potenciált”, az alábbiak szerint.

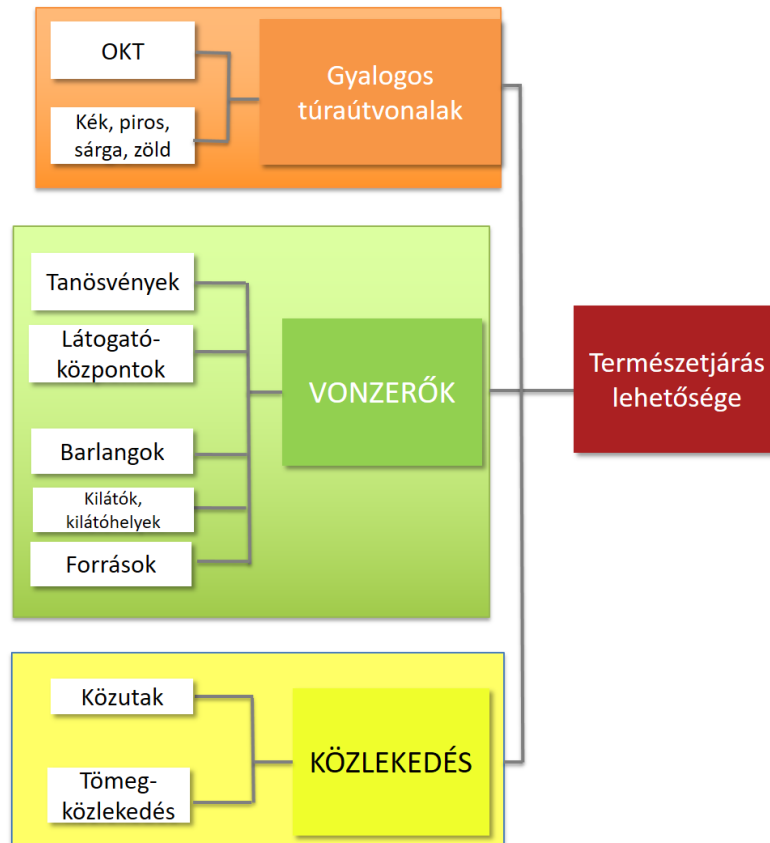
13.1. SZMCS tanulmány módszertan

A rekreáción belül egy kiválasztott célterületre, a gyalogos természetjárásra fókuszáltunk. Indikátorainkat nagyrészt az ESTIMAP modell (Paracchini et al. 2014) alapján jelöltük ki, de a modellt módosítottuk és kiegészítettük a választott célterület és a rendelkezésre álló (nem EU, hanem nemzeti szintű) adatbázisoknak megfelelően (13.1 ábra). Az 1. kaszkádszinten meghatározott állapot-indikátorok az ökoszisztémákat a természetközelség, a védettség, a vizek jelenléte és a táji diverzitás szempontjából értékelik.



13.1. ábra: A kaszkád első szintjének ESTIMAP-modellből adaptált modell-komponensei és a modellépítési eljárás (Paracchini et al. 2014 alapján módosítva).

A 2. szinten a potenciális szolgáltatás értékelését végeztük el. A gyalogos természetjáró szempontjából értékelhető „feltártság” jellemzésére törekedtünk. A szakértői vélemények alapján ennek részei a gyalogos túraútvonalak, a különböző vonzerők, illetve a helyszín megközelíthetősége közúton és vasúton, gépjárművel és tömegközlekedéssel (13.2 ábra). A munkacsoport ezen a szinten az alábbiakban bemutatott, hierarchikusan rendeződő modell-komponensekkel dolgozott.



13.2 ábra: Az ESTIMAP-modell második kaszkádszintnek megfelelő modell-komponensei és a modellépítési eljárás (Paracchini et al. 2014) alapján módosítva. (OKT: Országos Kéktúra). A szintézis értékelésébe a legalsó dobozt (“Közlekedés”) nem vontuk be.

13.1.1.1. Részindikátor: Természetközelség

A természetesség értékelésére az Ökoszisztéma-alaptérképet használtuk. Az egyes (3. szintű) élőhely-kategóriákat a gyalogos természetjárók preferenciája szempontjából a Kulturális SZMCS szakértői pontozták. Figyelembe vették az adott élőhely-kategória természetességét (pl. antropogén terhelés mértéke), valamint a kiránduló számára lényeges természetközelséget. 0-tól 10-ig pontoztak, ahol 0 a természetjárás szempontjából nem releváns kategória, 10: természetjárás szempontjából teljes mértékben releváns kategória. A szakértői pontozás alapján az Ökoszisztéma-alaptérkép felhasználásával készült el az ökoszisztéma állapotát természetjárás szempontjából bemutató térkép. A típusok pontszámait a 13.1 táblázat mutatja meg.

13.1 táblázat: Az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriarendszerének szakértői pontozása a természetjárás szempontjából.

1. szint (MAES 2)	1. szint kód	2. szint (~ EUNIS 2)	2. szint kód	3. szint	3. szint kód	Természetjáráshoz kapcsolódó rekreáció szakértői pontozása
Mesterséges felszínek (Urban)	1	Épületek	11	Alacsony épület	1110	0
				Magas épület	1120	0
		Utak és vasutak	12	Szilárd burkolatú utak	1210	0
				Földutak	1220	3
				Vasutak	1230	0
		Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	13	Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	1310	0
		Zöldfelületek mesterséges környezetben	14	Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal	1410	6
		Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	14	Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	1420	5
Agrárterületek (Croplands)	2	Szántóföldek	21	Szántóföldek	2100	3
				Szőlők	2210	4
		Állandó kultúrák	22	Gyümölcsösök, bogyósok és egyéb ültetvények	2220	4
				Energiaültetvények	2230	2
		Komplex területek	23	Komplex művelési szerkezet épületekkel	2310	4
			23	Komplex művelési szerkezet épületek nélkül	2320	4
Gyepterületek és egyéb lágyszárú növényzet (Grasslands and other herbaceous vegetation)	3	Homoki gyepek	31	Nyílt homokpuszta gyepek	3110	7
				Zárt gyepek homokon	3120	7
		Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	32	Szikes és szikesedésre hajlamos gyepek	3200	7
		Szikkalibúvákkal tarkított gyepek	33	Szikkalibúvákkal tarkított mészkedvelő gyepek	3310	7
				Szikkalibúvákkal tarkított egyéb gyepek	3320	7
		Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	34	Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	3400	7
		Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	35	Máshová nem besorolható lágyszárú növényzet	3500	7
Erdők és egyéb fás szárú növényzet (Forests and woodlands)	41	Többletvízhatástól független (TVFLN) erdők		Bükkösök	4101	10
				Gyertyános kocsánytalan tölgyesek	4102	10
				Cseresek	4103	10
				Molyhos tölgyesek	4104	10
				Ny-Dunántúl erdeifenyvesei	4105	10
				Ny-Dunántúl erdeifenyő-elegyes lomberdei	4106	10
				Hazai nyárasok	4107	10
				Hegy- és dombvidéki pionír erdők	4108	10
				Gyertyános kocsányos tölgyesek	4109	10
				Egyetlen és köriselegyes kocsányos tölgyesek	4110	10
		Egyéb, többletvízhatástól független őshonos	4111	10		
		Egyéb elegyes lomberdők	4112	10		
	42	Természeteszerűbb galériaerdők		Puhafás ártéri erdők	4201	10
				Keményfás ártéri erdők	4202	10
				Egyetlen és köriselegyes kocsányos tölgyesek TVHA	4301	10
				Égerezsek	4302	10
				Többletvízhatás alatti gyertyános kocsányos tölgyesek	4303	10
				Ártéren kívüli fűzesek	4304	10
				Ártéren kívüli, többletvízhatás alatti nyárasok	4305	10
				Nyíresek	4306	10
			Többletvízhatással érintett cseresek	4307	10	
			Egyéb, többletvízhatással érintett őshonos dominanciájú erdők	4308	10	
	Egyéb, többletvízhatással érintett elegyes lomberdők	4309	10			
44	Idegenhonos fajok dominálta erdők, faültetvények		Tűlevelűek dominálta ültetvények	4401	3	
			Akác dominálta ültetvények	4402	3	
			Nemesnyár- és fűz dominálta ültetvények	4403	3	
			Egyéb idegenhonos lombos fajok dominálta erdők	4404	3	
45	Erdőként nyilvántartott faállomány nélküli, vagy felújítás alatt álló területek		Pusztavágás	4501	3	
			Folyamatban lévő felújítás	4502	3	
46	Máshová nem besorolható fás szárú növényzet		Máshová nem besorolható fás szárú növényzet	4600	3	
			Máshová nem besorolható fás szárú növényzet	4600	3	
Vizes élőhelyek (Wetlands)	5	Lágyszárú dominanciájú vizes élőhelyek	51	Vízben álló mocsári/lápi növényzet	5110	7
		Fás szárú dominanciájú vizes élőhelyek	52	Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint láp- és mocsárrétek	5120	7
Felszíni vizek (Rivers and	6	Állóvizek	61	Láp- és mocsárerdők	5200	10
		Vízfolyások	62	Állóvizek	6100	8
		Vízfolyások	62	Vízfolyások	6200	8

13.1.2. Részindikátor: Védettség és ökológiai hálózat

A természetvédelmi szempontból kiemelt és megjelölt területek nagymértékben hozzájárulhatnak az ökoszisztéma jó állapotához, valamint a táj esztétikai értékéhez. A Magyarországon létező jogi védettségi kategóriák mindegyikét felhasználtuk bemenő adatként, úgymint az országos jelentőségű védett természeti területek (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek, természetvédelmi területek), Natura 2000 területek, Ramsari területek, Bioszféra Rezervátumok, ezen kívül a jogilag védettséget nem élvező, ám mégis kiemelendő Nemzeti Ökológiai Hálózat területeit. Az egyes kategóriákat ugyanolyan súllyal kezeltük, mivel rekreációs jelentőségükben a szakértők nem találtak különbséget. Több kategória jelenléte esetén összegeztük őket, ez alapján rangsorolva egy-egy terület védettségi szintjét, így egy terület 0 és 5 közötti pontszámot kaphatott, ahol 0 azt jelenti, hogy nem áll védettség alatt, az 5-ös érték pedig azokat a (feltehetően különösen értékes) területeket jelzi, amelyek valamennyi vizsgált kategóriába beleesnek.

13.1.3. Részindikátorok: Felszíni vizek

A nemzetközi szakirodalom és a NÖSZTÉP szakértői egyaránt kiemelték a vizek jelentőségét rekreációs szempontból. Egyes vizsgálatok még arra is rámutatnak, hogy a vízhatás akkor is vonzóbbá teszi a környező területeket a szemlélő számára, ha maga a vízfelület nem is látszik. A szakértők arra jutottak, hogy nemcsak a vízhez köthető rekreációnál, de a gyalogos természetjárás esetén is fontos tényező a felszíni vizek jelenléte, úgymint látványelem, ivóvízvételi vagy megmártozási lehetőség a kiránduló számára. Ezért a vizek modellkomponens esetén figyelembe vettük (a) a felszíni vizektől való távolságot, (b) a tavak vízfelület méretét, valamint (c) a természetszerű élőhelyek arányát a tavak és folyók mentén:

a) Távolság

A felszíni vizeknél a még fizikailag érzékelhető közelséget értékeljük, ezen túl nagyobb távolságokkal dolgozunk. A vízhatást a víztest mentén kialakított távolsági pufferzónákra tekintjük érvényesnek, a következő kategóriák szerint: közvetlen vízpart (0-40 m), vízközelség (41-80 m), víz, mint látványelem négy további távolság-kategóriában (500 m-ig; 1000 m-ig; 3000 m-ig; 5000 m-ig). A legmagasabb pontszámot a víztesthez közeli zónák kapták, a víztesttől távolodva csökken ez az érték 6-tól 0-ig.

b) Tavak vízfelület méret

A tavak esetében az élmény és jelentőség értékeléséhez a víztől való távolságon kívül a vízfelület méretét is figyelembe vettük az Ökoszisztéma-alaptérkép alapján. A súlyozás során kiemelésre került (maximális 4 pontszámot kapott) az ország első kilenc legnagyobb tava, sorra a következők: Balaton, Tisza-tó, Tisza-tó déli része, Velencei-tó, Kis-Balaton, Tisza-tó északi része, Szegedi Fehér-tó, Hortobágyi-halastavak, Fertő-tó. Az ezeknél kisebb tavakat területük szerint arányosan pontosztuk háromtól nulláig.

c) Természetszerű élőhelyek arány a vizek 80 m-es parti sávjában

A vízfelszínnek értékeléséhez harmadik réteggként kis átalakítással azt az ökoszisztéma-állapot térképet használtuk fel, ami a vízpart természetességére utal: a természetszerű élőhelyek arányát jelöli a tavak és folyók mentén kialakított 80 m-es puffersávban. A vízközeli élőhely

természetességét 1-től 5-ig pontoztuk: 5-legtermészetesebb, 1-legkevésbé természetes vízparti élőhely.

13.1.4. Részindikátorok: Táji diverzitás

A tájkép vonzerejéhez az élőhelyek, a felszínhasználatok diverzitása, a domborzat változatossága mind hozzájárulnak. Természetjárás szempontjából a táji diverzitás értékeléséhez és térképezéséhez az alább felsorolt mutatókat választottuk ki.

Élőhelyi diverzitás

Az élőhelyi diverzitás értékeléséhez az általános állapotértékelés során készült indikátort használtuk fel (Tanács et al. 2019). Ez az adott pont 1 km sugarú környezetében adja meg az élőhely-típusok számát, az Ökoszisztéma-alaptérkép alapján. A táji szintű élőhelyi diverzitás értékelésére kialakított térkép 5 kategóriát/pontot különít el az Ökoszisztéma-alaptérkép élőhely-típusainak száma szerint: 1. kategória: 1-8 élőhely, 2. kategória: 8-13 élőhely, 3. kategória: 13-18 élőhely, 4. kategória: 18-23 élőhely, 5. kategória: 23-28 élőhely. Minél változatosabb egy terület, annál nagyobb vonzerőt képvisel a gyalogos természetjáró számára.

A domborzat változatossága

A táji diverzitás értékelésére kiválasztott domborzati változatosság, illetve felszínmozgalmasság, a természetjárás szempontjából a vizuális élmény miatt releváns. A szakértői munkacsoport a domborzat változatosságát a Magyarország területén mérhető teljes tartományra (0-579 m) nézve értékelte. A domborzati változatosságot meghatározott területi egységekben számította a legalacsonyabb és a legmagasabb pontok különbségeként. Alapvetően, domborzati szempontból minél változatosabb a terület (nagyobb relief), annál vonzóbbnak tekintettük a természetjáró számára. Ehhez az SRTM (USGS 2004) adatokat használtuk fel. 60 osztállyal számoltunk; azok a területek, amik 200 m sugarú körön belül 0-4 m közötti magasságkülönbséggel bírnak az 1. osztályba kerültek, 5-8 m magasságkülönbséggel a 2. osztályba, és így tovább a 60. osztályig, ahova már a 237 m vagy annál nagyobb szintkülönbségű területek kerültek. Ezt követően a 60 osztályt 10 osztályba vontuk össze (1. osztály: alacsony domborzati változatosság, 10. osztály: a legnagyobb domborzati változatosság).

13.1.5. Részindikátor: gyalogos túraútvonalak - kék, piros, sárga, zöld sávós turistautak

Szakértői vélemények alapján az Országos Kéktúra (OKT) mozgalom útvonala, mint legismertebb, legnépszerűbb útvonal, kétszeres súllyal került a modellbe, mint a többi jelölt, gyalogos természetjárásra igénybe vehető túraútvonal. A többi túraútvonal között nem tettünk különbséget. Ugyanazon útvonalon haladó, többféle jelzésű útvonal sem kapott többsúlyt az értékelés során. Az Országos Kékkör részét képező Alföldi Kéktúra és Rockenbauer Pál-Déldunántúli Kéktúra szakaszai a piros, sárga, zöld sávós turistautakkal megegyező súllyal szerepelnek. A modellben szereplő túraútvonalak vonzaskörzetét a szakértők 3 km-ben határozták meg. Az útvonalak köré puffer sávokat képeztünk eltérő távolsággal és súllyal: 0-200m: 10p, 201-500m: 8p, 501-1000m: 6p, 1001m-2000m: 4p, 2001-3000m: 2p, 3000m<: 0p.

13.1.6. Részindikátor: Vonzerők - tanösvények, látogatóközpontok, barlangok, épített kilátók, kilátóhelyek, források

A vonzerőkön belül két fő kategóriát különböztettünk meg: ökoturizmushoz köthető objektumokat (látogatóközpontok, tanösvények), és a gyalogos természetjáró számára szintén vonzerőt képviselő egyéb objektumokat (barlangok, források, épített kilátók, kilátóhelyek). A tanösvényeket a többi vonzerővel megegyező súllyal kezeltük. Az egyes objektumok vonzaskörzetének maximumát 1,5 km-ben határoztuk meg. Hatókör szerinti súlyozásuk a következőképpen épül fel: 0-80m: 5p, 81-160m: 4p, 161-500m: 3p, 501-1000m: 2p, 1001-1500m: 1p, 1500m <: 0p (12. ábra). Ezt a szakértők és a hazai turisztikai szakirodalom megállapításai is alátámasztják (Puczko & Rátz 2011).

13.2. Tovább-feldolgozás

Mivel a természetjárás potenciálnál nagy szerepet játszanak a különféle (természeti és antropogén) vonzerők, az értékelés szintjéül választott „aktuális potenciálba” ezeket mindenképpen fontosnak tartottuk bevonni, annak ellenére, hogy az ember által épített struktúrák, illetve infrastruktúra szerepe, valamint ennek besorolása nem egyértelmű. A közvetlen a tájhoz kapcsolható, ember által épített vonzerőket bevontuk a szintézis-értékelésbe, azonban az utakat, melyek a terület megközelíthetősége szempontjából jelentősek, már inkább a következő kaszkádszint, a “tényleges használat” kapcsán tartjuk fontosnak. Emiatt kisebb módosításra volt szükség, az SZMCS által a 2. szinten alkalmazott, és fentebb felsorolt modellkomponensek közül a megközelíthetőséget (“közlekedés”), amely az utak távolságán alapult, nem vettük figyelembe.

13.2. táblázat - a pontozás összefoglalása

Részindikátor	AI-szempon	Értékelés
Természetközelség		alaptérkép-kategóriák szakértői pontozás szerint 0-10 pont
Védettség és ökológiai hálózat		védettségi kategóriák darabszáma adott helyen 0-5 pont
Felszíni vizek	Távolság	közvetlen vízpart (0-40 m), vízközelség (41-80 m), víz, mint látványelem (81-5000 m): 6-0 pontig
	Tavak vízfelülete	9 legnagyobb tó: 4 pont; többi területarányosan 3-0
	Természeteszerű élőhelyek aránya a vizek 80 m-es parti sávjában	vízközeli élőhelyek természetességének pontozása 1-től 5-ig
Táji diverzitás	Élőhely-diverzitás (ÖÁ-indikátor) (1 km-es körzet)	5 kategória az Alaptérkép élőhely-típusainak száma szerint

	Domborzat változatossága (200 m-es körzet)	60 osztály, 200 m-en belüli magasság- különbség mértéke szerint: 0-4 m -> 1. osztály 5-8 m -> 2. osztály ... > 237 m -> 60. osztály átskálázás 10 osztályra
Gyalogos túraútvonalak	Országos kéktúra 2x súly	távolság az úttól: 0-200 m: 10 pont 201-500 m: 8 pont 501-1000 m: 6 pont 1001-2000 m: 4 pont 2001-3000 m: 2 pont >3000 m: 0 pont
Vonzerők	Ökoturizmus (látogatóközpontok, tanösvények)	0-80 m: 5 pont 81-160 m: 4 pont 161-500 m: 3 pont 501-1000 m: 2 pont 1001-1500 m: 1 pont >1500 m: 0 pont
	egyéb: barlangok, források, épített kilátók, kilátóhelyek	0-80 m: 5 pont 81-160 m: 4 pont 161-500 m: 3 pont 501-1000 m: 2 pont 1001-1500 m: 1 pont >1500 m: 0 pont

13.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

14. Kulturális szolgáltatások – Gombászás

14.1. SZMCS tanulmány módszertan

Az ökoszisztémák értékelése a gombatermő-képesség szempontjából szakértői becsléssel

Az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriáit 8 (terepi mikológiában jártas, országos áttekintéssel rendelkező) mikológus szakértő pontozta 0-100 tartományban, ahol igyekeztek a gombatermő-képesség alapján sorrendet kialakítani és figyelembe vették a különbségek mértékét is. A magas pontszámok a jó gombatermő-képességű, az alacsony pontszámok a rossz gombatermő-képességű ökoszisztémákat jellemezték. A 8 szakértő által megadott becslt értéket átlagoltuk és azokban az esetekben, ahol nagy eltérés adódott a szakértők véleményében, egy egyeztetés folyamán (néhány esetben) módosították az értékeket és kompromisszumon alapuló döntéssel (ökoszisztéma értelmezés, szempontok átbeszélése) véglegesítették a sorrendet és pontszámokat. Az átlagolásnak köszönhetően az értékek 0-95 közé esnek.

14.1 táblázat Gombatermő-képesség értékelése szakértői becsléssel az Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriái szerint

Ökoszisztéma-alaptérkép kategóriák 3. szint	Gombatermő-képesség Szakértői becslés (0-100 pont)
Ny-Dunántúl erdeifenyő-elegyes lomberdei	95
Gyertyános kocsánytalan tölgyesek	91
Bükkösök	88
Gyertyános kocsányos tölgyesek	82
Cseresek	73
Ny-Dunántúl erdeifenyvesei	71
Többlétvízhatás alatti gyertyános kocsányos tölgyesek	65
Többlétvízhatással érintett cseresek	64
Egyéb, többlétvízhatástól független őshonos dominanciájú erdők	62
Keményfás ártéri erdők	62
Hegy- és dombvidéki pionír erdők	61
Tülevelűek dominálta ültetvények	61
Nyíresek	61
Puhafás ártéri erdők	60
Molyhos tölgyesek	60
Elegyetlen és kőriselegyes kocsányos tölgyesek TVHA	59
Egyéb, többlétvízhatással érintett őshonos dominanciájú erdők	57
Elegyetlen és kőriselegyes kocsányos tölgyesek	55
Láp- és mocsárerdők	54
Egyéb elegyes lomberdők	54
Égeresek	54
Hazai nyárasok	52
Egyéb, többlétvízhatással érintett elegyes lomberdők	50
Ártéren kívüli, többlétvízhatás alatti nyárasok	48
Ártéren kívüli fűzesek	48
Zárt gyepek kötött talajon vagy domb és hegyvidéken	45
Nemesnyár- és fűz dominálta ültetvények	39
Akác dominálta ültetvények	37
Zárt gyepek homokon	36
Időszakos vízhatás alatt álló gyepek valamint láp- és mocsárrétek	34
Nyílt homokpuszta gyepek	33
Egyéb idegenhonos lombos fajok dominálta erdők	32
Zöldfelületek mesterséges környezetben fákkal	31
Folyamatban lévő felújítás	31
Sziklakibúvásokkal tarkított mészkedvelő gyepek	31
Sziklakibúvásokkal tarkított egyéb gyepek	31
Máshová nem besorolható fás szárú növényzet	31

Szikes és szikesedésre hajlamos gyep	30
Máshová nem besorolható lágy szárú növényzet	30
Pusztavágás	24
Zöldfelületek mesterséges környezetben fák nélkül	21
Vízben álló mocsári/lápi növényzet	20
Szőlők	19
Gyümölcsösök, bogyósok és egyéb ültetvények	19
Energiaültetvények	16
Komplex művelési szerkezet épületek nélkül	15
Komplex művelési szerkezet épületekkel	13
Szántóföldek	11
Földutak	10
Egyéb burkolt vagy burkolatlan mesterséges felületek	7
Vasutak	6
Szilárd burkolatú utak	1
Alacsony épület	1
Magas épület	0
Állóvizek	0
Vízfolyások	0

Az Alaptérkép 20x20 m-es pixeleihez a szakértői becslés alapján hozzárendelhetők a megadott gombatermő-képesség értékek (0-100). A megjelenítés és értékelés érdekében az így kapott értékeket 5 osztályba soroltuk (a skálát 5 egyenlő részre osztva) a rossz gombatermő-képességtől a jóig (1-5).

A szakértői becslést módosító tényezők

A gombatermő-képességet az ökoszisztémák jellemzőin túl az ökoszisztéma állapota és számos más környezeti tényező is befolyásolja. A szakértők három tényezőt választottak ki, amelyek fontosak a gombatermő-képesség becslése szempontjából, és amelyekre a szükséges (országos) adatok elérhetőek voltak a projekt számára. Ezek a következők: az ökoszisztémák (erdők) természetességi állapota, klimatikus viszonyok (Feddema klímatispus-index), talaj pH (0-30 cm). A kiválasztott paraméterek összetett hatásmechanizmussal rendelkeznek, így a szakmai publikációk sem emelik ki egyik tényezőt sem, amely fontosabb lenne a többi tényezőhöz képest a gombafajok elterjedésében és termőtest-képzésükben. Ezért a kiválasztott paramétereket egyenrangúként kezeltük, az ezekre (1-től 5-ig) adott pontszámokat hozzáadtuk a gombatermő-képesség alaptérkép értékeihez.

Az ökoszisztémák állapota (erdők)

A gombatermő-képességre hatással van az ökoszisztémák természeti állapota is. Ennek jellemzésére a NÖSZTÉP projektem keretében megvalósult ökoszisztémaállapot-térképezés eredményeit használtuk (Tanács et al. 2020). Mivel a szakértők szerint az erdők gombatermő-képessége jelentősen meghaladja a többi fő ökoszisztéma-típus termőképességét, továbbá az ökoszisztémaállapot-értékelés esetében az erdőkre állt rendelkezésre olyan részletességű és

megbízhatóságú adat, amely jelen elemzésnél felhasználható, így az állapotot csak az erdők kategóriái esetében használtuk módosító tényezőként. A kialakított erdőállapot-mutató 5 kategóriába sorol minden erdőt az erdészeti adatokból (ESZIR OEA adatbázis) képzett különböző fajaj-összetétel és erdőszerkezeti mutatók alapján. Az egyes állapot kategóriákat pontokra váltottuk át. A legrosszabb állapot kategóriája (1-es) 1 pontot ért, a legjobb állapotot jelző 5-ös kategória pedig 5 pontot.

Feddema klímátípus-index

A csapadék és hőmérsékleti jellemzőket a Feddema klímaosztályozás módszerével kategorizáltuk. A projekt során elkészült az 1/6° felbontású FORESEE adatbázison alapuló Feddema klímátípus térkép (Koncz et al. 2021). Ennek kategóriáit a gombák termőképessége szempontjából szakértői döntések során a hőmérséklet és csapadék-ellátottság alapján 5 kategóriába aggregáltuk (14.2 táblázat). Minél hűvösebb és csapadékosabb klímájú volt egy terület, annál magasabb pontot kapott, hiszen hazai viszonylatokban a hűvösebb, csapadékos régiók a legjobb gombatermő területek.

14.2 táblázat A Feddema klímátípus kategóriák értékelése és pontozása a gombatermő-képesség szempontjából

Feddema klímátípus kategóriák	magyar megnevezések	Értékelés és pontozás gombatermő-képesség szempontjából
2412, 2413, 2422, 2522, 3522	hűvös–mérsékeltlen nyirkos, mérsékeltlen hűvös–nyirkos, hűvös–nyirkos	5
3412, 3413	mérsékeltlen hűvös–mérsékeltlen nyirkos	4
2312, 2313, 2314	hűvös–mérsékeltlen száraz	3
3312, 3313, 3314	mérsékeltlen hűvös–mérsékeltlen száraz	2
3213, 3214, 3215	mérsékeltlen hűvös–száraz	1

Talaj pH (0-30 cm)

A 100 m felbontású, a talaj felső 30 centiméterének kémhatását mutató térképet 5 osztályba kategorizáltuk. A gombatermő-képesség szempontjából kedvezőbb, savasabb tartomány 5 pontot kapott, majd ahogy csökken a savasság, úgy csökken a kapott pontszám is. A kategóriák kialakítása a mikológus szakértők véleményén alapulva az AK TAKI által javasolt beosztás alapján készült.

14.2. Tovább-feldolgozás

Változtatás nélkül használtuk fel az SZMCS által rendelkezésre bocsátott térképet.

14.3. Adathiány kezelése

Nem volt adathiány.

Irodalomjegyzék

Breuer, Hajnalka, 2012. A talaj hidrofizikai tulajdonságainak hatása a konvektív csapadéokra és a vízmérleg egyes összetevőire: meteorológiai és klimatológiai vizsgálatok Magyarországon (PhD disszertáció). ELTE Földtudományi Doktori Iskola, Budapest.

- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., Müller, F., 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, Challenges of sustaining natural capital and ecosystem services 21, 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.019>
- Burkhard, B., Maes, J., 2017. Mapping Ecosystem Services. *Advanced Books* 1, e12837. <https://doi.org/10.3897/ab.e12837>
- Christen, A., Vogt, R., 2004. Energy and radiation balance of a central European city. *International Journal of Climatology* 24, 1395–1421. <https://doi.org/10.1002/joc.1074>
- Csákvári, Edina, Fabók, Veronika, Babai, Dániel, Dósa, Henrietta, Kisné Fodor, Livia, Jombach, Sándor, Kelemen, Eszter, Kovács, Eszter, Könczey, Réka, Mártonné Máthé, Kinga, Michalkó, Gábor, Tanács, Eszter, Valánszki, István, Zölei, Anikó, 2021. A Kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások Szakértői Munkacsoport tanulmánya - az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.
- Kemény, Gábor, Lámfalusi, Ibolya (Eds.), 2018. Az Agrár-Kockázatkezelési Rendszer Működésének Értékelése 2017, Agrárgazdasági Információk. Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest.
- Kiss, Márton, Báthoryné Nagy, Ildikó Réka, Buzás, Kálmán, Csőszi, Mónika, Gulyás, Ágnes, Lenkei, Péter, Mészáros, Róbert, Pinke, Zsolt, Tanács, Eszter, 2021. A Városi Szakértői Munkacsoport tanulmánya. Nemzeti Ökoszisztéma-Szolgáltatás Térképezés és Értékelés Projekt (NÖSZTÉP). Agrárminisztérium, Budapest.
- Koncz, Péter, Horváth, László, Somogyi, Zoltán, Kottek, Péter, Weidinger, Tamás, Ács, Ferenc, Kröel-Dulay György, Fogarasi, József, Molnár András, Pásztor, László, Popp, József, 2021. A Klíma és Energia Szakértői Munkacsoport tanulmánya. Nemzeti Ökoszisztéma-Szolgáltatás Térképezés és Értékelés Projekt (NÖSZTÉP). Agrárminisztérium, Budapest.
- Kovács-Hostyánszki, Anikó, Belényesi, Márta, Geng, Imola, Kemencei, Zita, Kisné Fodor, Livia, Lehoczki, Róbert, Medveczky, Péter, Naszádos, Anna, Pataki, Róbert, Petrik, Ottó, Sárospataki, Miklós, Szalai, Márk, Szekeres, Ádám, Tanács, Eszter, Zajác, Edit, 2021. A Pollináció Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.
- Larondelle, N., Haase, D., Kabisch, N., 2014. Mapping the diversity of regulating ecosystem services in European cities. *Global Environmental Change* 26, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.008>
- Molnár, C., Molnár, Z., Barina, Z., Bauer, N., Biró, M., Bodoncz, L., Csathó, A., Csiky, J., Deák, J.Á., Fekete, G., others, 2008. Vegetation-based landscape regions of Hungary. *Acta Botanica Hungarica* 50, 47–58.
- Paracchini, M.L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J.P., Termansen, M., Zandersen, M., Perez-Soba, M., Scholefield, P.A., Bidoglio, G., 2014. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. *Ecological Indicators* 45, 371–385. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.04.018>
- Puczkó László, R.T., 2017. Az attrakciótól az élményig, A látogatómenedzsment módszerei. Akadémiai Kiadó. <https://doi.org/10.1556/9789630598835>
- Rezneki, Rita, Pásztor, László, Molnár András, Fodor, Nándor, Gaál, Márta, Zubor-Nemes, Anna, Tasi, Julianna, Orosz, Szilvia, 2021. Az Élelmiszertermelés Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az Ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.

- Schwarz, N., Bauer, A., Haase, D., 2011. Assessing climate impacts of planning policies—An estimation for the urban region of Leipzig (Germany). *Environmental Impact Assessment Review* 31, 97–111. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2010.02.002>
- Solymos, Rezső, 1969. Új hazai fatermési táblák. *Az Erdő* 125–129.
- Tanács, E., Bede-Fazekas, Á., Standovár, T., Pásztor, L., Szitár, K., Csecserits, A., Kiss, M., Vári, Á., 2020. Az általános ökoszisztéma-állapot indikátorok térképezésének módszertana.
- Tasi, Julianna, Bajnok, Márta, Halász, András, Szabó, Ferenc, Harkányiné Székely, Zsuzsanna, Láng, Vince, 2014. Magyarországi komplex gyepgazdálkodási adatbázis létrehozásának első lépései és eredményei. *Gyepgazdálkodási Közlemények*.
- USGS, 2004. Shuttle Radar Topography Mission, 3 Arc Second scene SRTM_u03_n045e016-SRTM_ff03_n048e022, Unfilled Unfinished 2.0, Global Land Cover Facility. University of Maryland., College Park, MD, USA.
- Vári, Ágnes, Kozma, Zsolt, Pataki, Beáta, Jolánkai, Zsolt, Kardos, Máté, Decsi, Bence, Pásztor, László, Bakacsi, Zsófia, Tóth, Brigitta, Laborczy, Annamária, Pinke, Zsolt, Jolánkai, Géza, Centeri, Csaba, Mattányi, Zsolt, Dóka, Richárd, Kisné Fodor, Livia, Zsembery, Zita, 2021. A Hidrológiai Szakértői Munkacsoport tanulmánya – az Ökoszisztéma-állapottól a ténylegesen igénybe vett ökoszisztéma-szolgáltatás értékeléséig. Agrárminisztérium, Budapest.
- Veperdi, Gábor, 2008. Fatermés tan.
- Zulian, G., Paracchini, M.-L., Maes, J., Liqueste Garcia, M.D.C., 2013. ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale. <https://doi.org/10.2788/64713>

2. Melléklet

K-means osztályozás Nösztép rétegekre

Az értékeléshez az R program H2O csomagjának `k_means` klaszterezőjét használtuk.

Ebben egy modellt hozunk létre, melyben a klaszterek száma és középpontja egy iteratív megoldással dinamikusan változik, a végén egy küszöbfeltétel teljesülése állítja le az iterációt.

```
h2o.kmeans(training_frame = m.hex[, c(2:22)], standardize = TRUE, k = 25, x =  
names(m.hex[, c(2:22)]), nfolds = 5, keep_cross_validation_predictions = TRUE, estimate_k  
= TRUE, max_iterations = 100)
```

Paraméterek:

training_frame: adathalmaz a modell felépítéséhez

standardize: az előző adathalmazban szereplő értékek standardizálását elvégezzük-e a modellépítés előzetes lépéseként

k: klaszterek száma (*estimate_k* használata esetén felső korlát)

x: felhasznált változók listája

nfolds: kereszt-validáció ismétlésének száma

keep_cross_validation_predictions: a modellben megtartjuk-e a kereszt-validáció során tett predikciókat

estimate_k: megbecsüli az adathalmaz alapján az optimális klaszterszámot, nem lehet nagyobb, mint *k* értéke

max_iterations: iterációk száma

Optimális klaszterszám meghatározása:

1. minden elem egy klaszterbe sorolva, a klaszter középpont számítása
2. legnagyobb mintaterjedelemmel rendelkező változó alapján két részbe vágni a klasztert az átlagértéknél
3. k-means futtatása a két új klaszteren
4. legnagyobb mintaterjedelemmel rendelkező változó és klaszter két részbe osztása az adott változó átlagértékénél
5. k-means futtatása az összes klaszteren és a folyamat ismétlése kilépési feltétel teljesüléséig

A H2O a „proportional reduction in error”-t használja a szétoztás megszakításához. A PRE-t a szétoztás előtti és utáni négyzetösszeg értékek alapján számoljuk:

$$PRE = \frac{(N\ddot{O}_{sz\acute{e}toszt\acute{a}s\ el\ddot{o}tt} - N\ddot{O}_{sz\acute{e}toszt\acute{a}s\ ut\acute{a}n})}{N\ddot{O}_{sz\acute{e}toszt\acute{a}s\ el\ddot{o}tt}}$$

A szétosztás megáll, amikor a PRE értéke egy megadott határérték alá csökken, ami a változók és az esetek számának függvénye (vagy 0,8 – a kettő közül a kisebbik értéket veszi fel):

$$0,02 + \frac{10}{\text{tanulóadatok száma}} + \frac{2,5}{\text{modell paraméterek száma}^2}$$

Az osztályozott térképek létrehozásakor a két változóhalmazra épített egy-egy modellt használtuk

Részletes angol leírás az alábbi oldalon található: <http://docs.h2o.ai/h2o/latest-stable/h2o-docs/data-science/k-means.html>

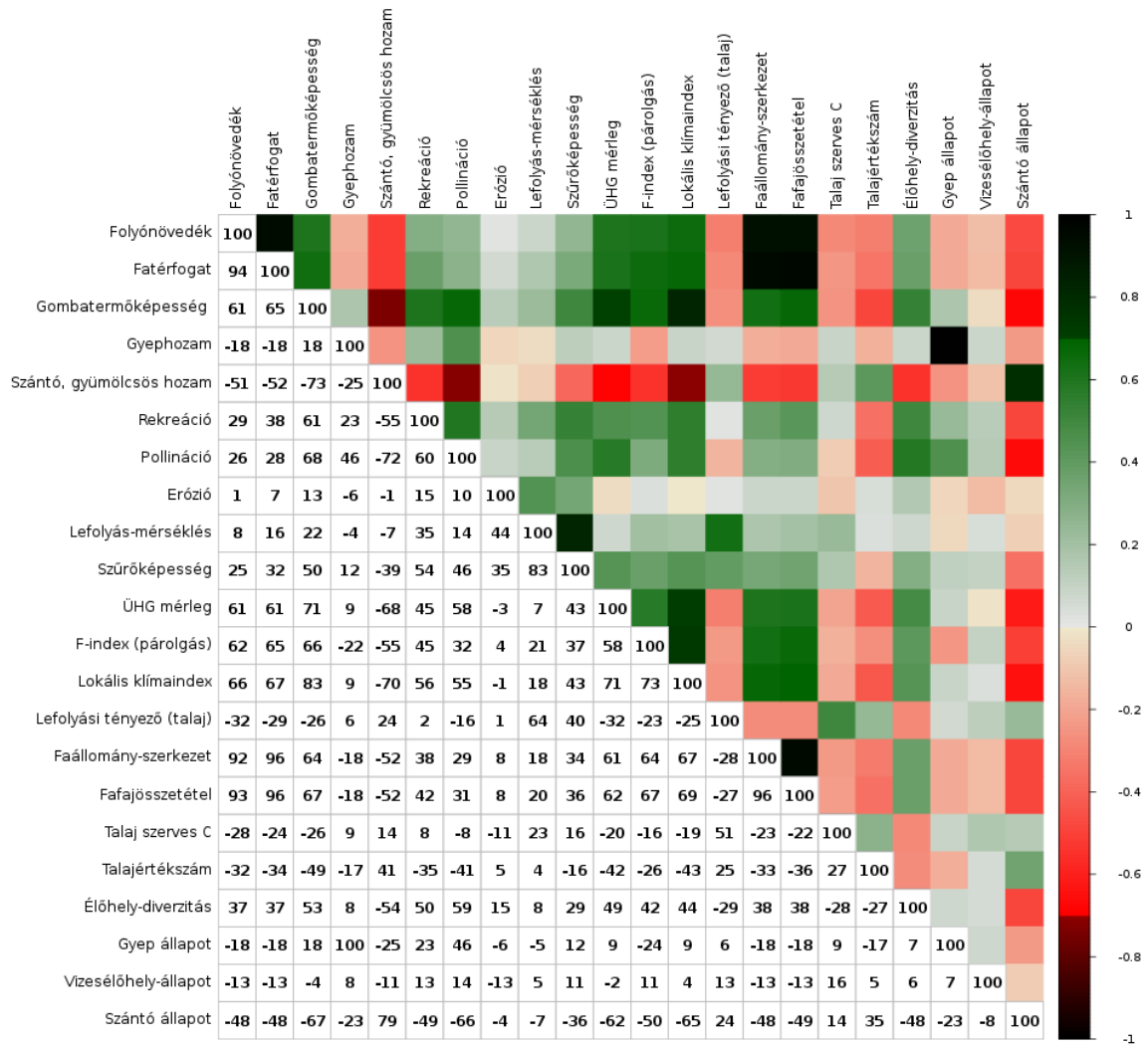
3. Melléklet

Az egyes maszkokra készített korrelációs táblák

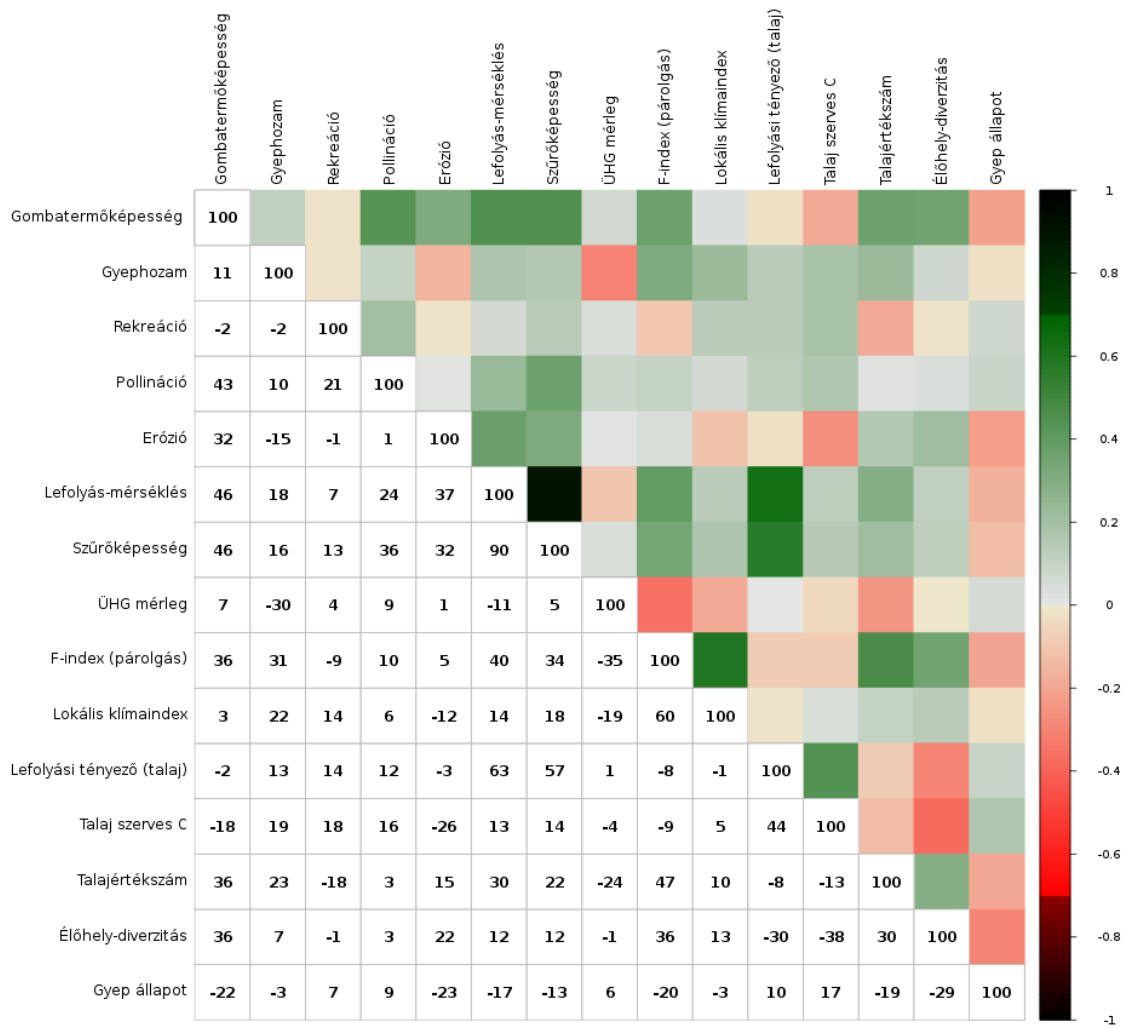
Tartalomjegyzék

Országos elemzés	2
Gyeppek	3
Gyepterületek aszálymérsékléssel	4
Agrárterületek (szántók és gyümölcsösök)	5
Agrárterületek aszálymérsékléssel	6
Alföld (Kis- és Nagyalföld nagytájak)	7
Alföld aszálymérsékléssel	8
Hegy és dombvidékek	9
Erdő – teljes.....	10
Erdő – alföld.....	11
Erdő - alföld aszálymérsékléssel	12
Erdő - hegy és dombvidékek	13

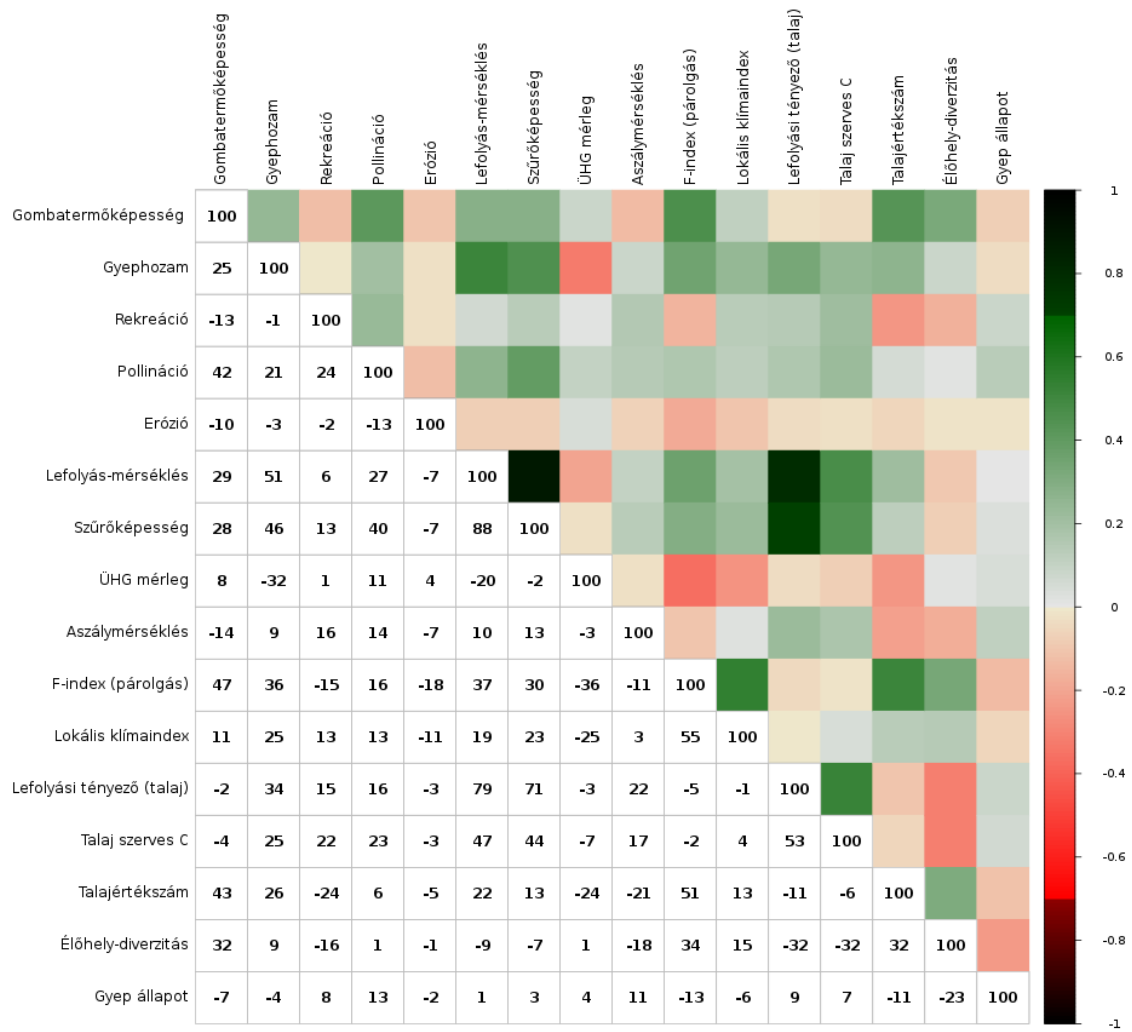
Országos elemzés



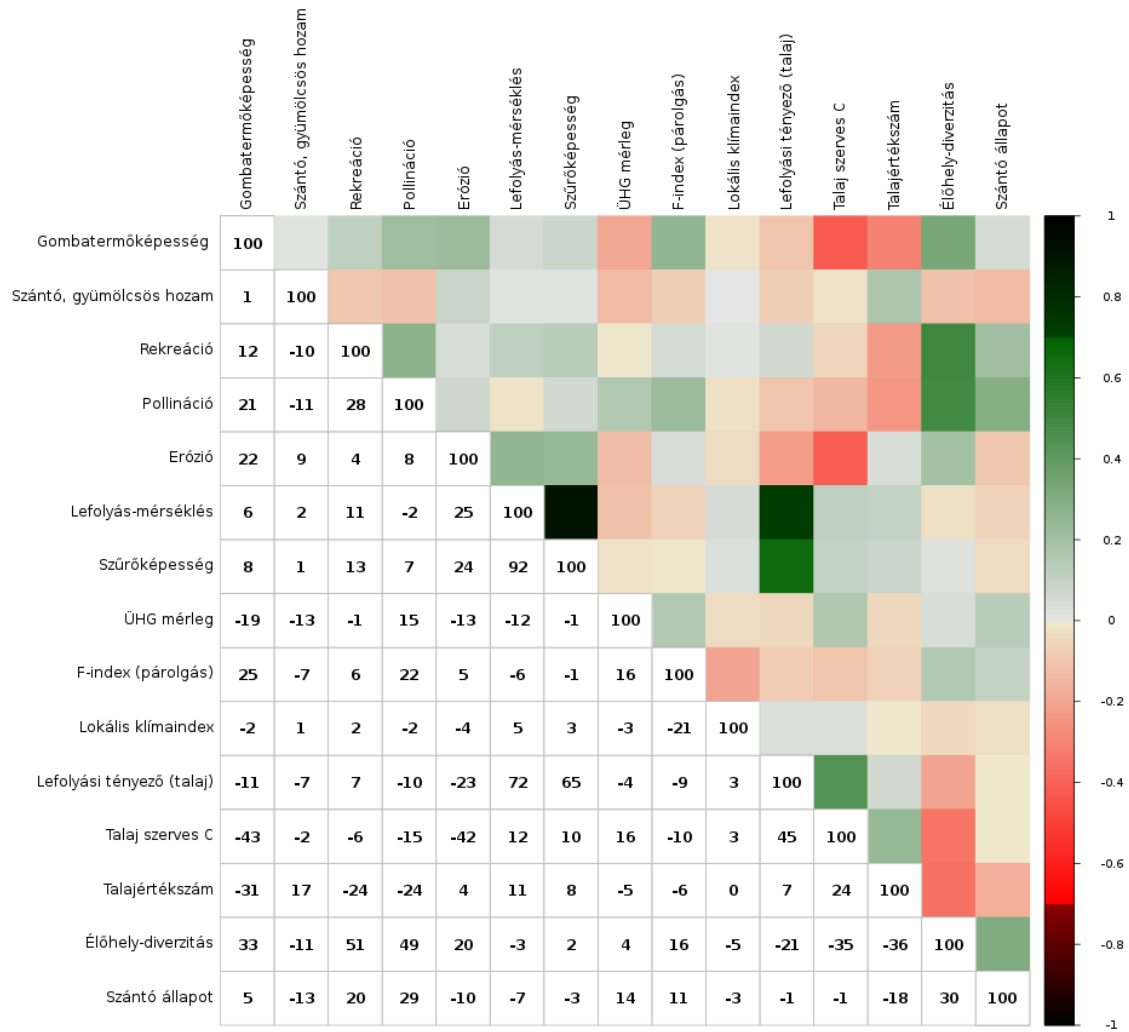
Gyeppek



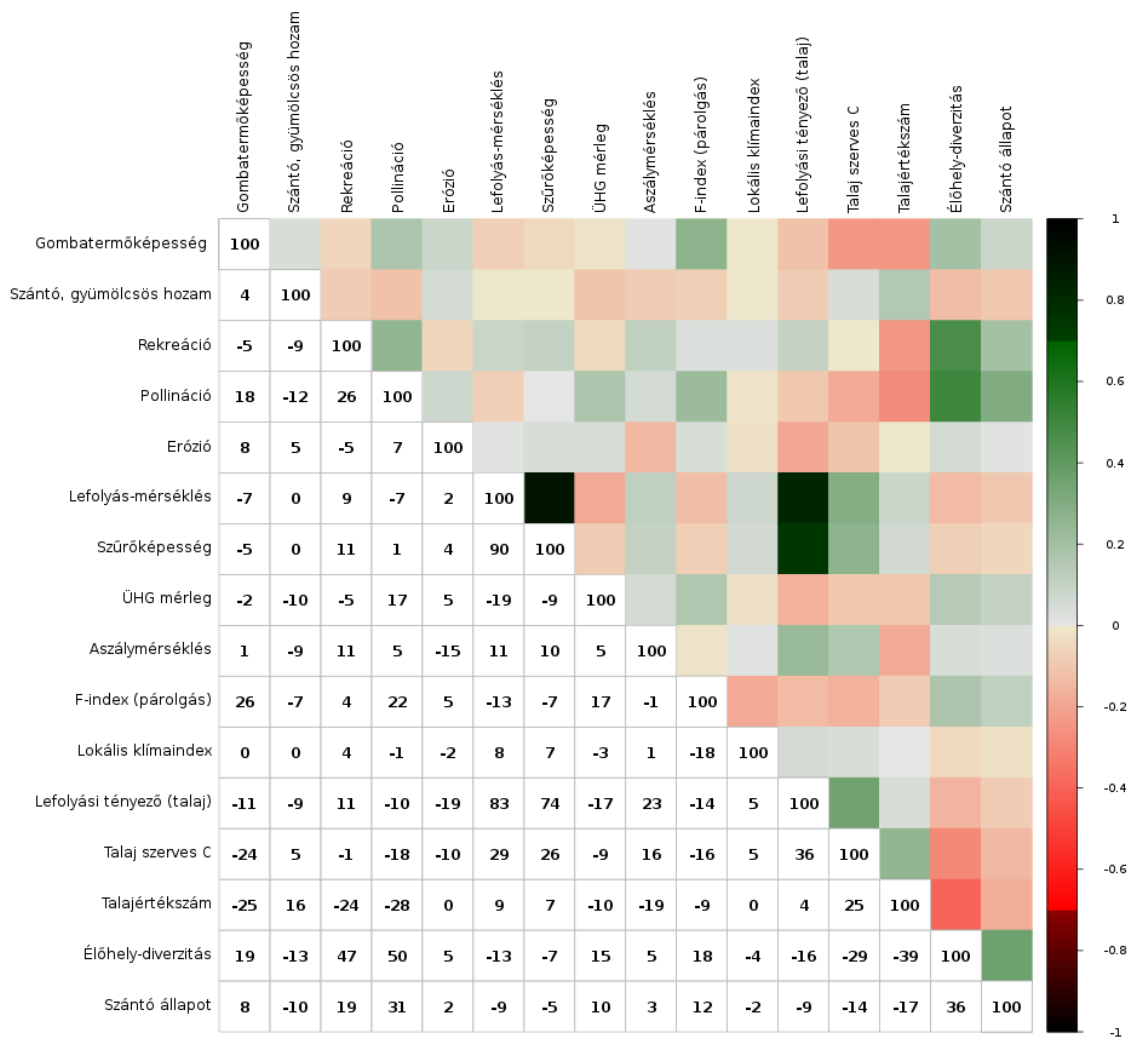
Gyepterületek aszálymérésével



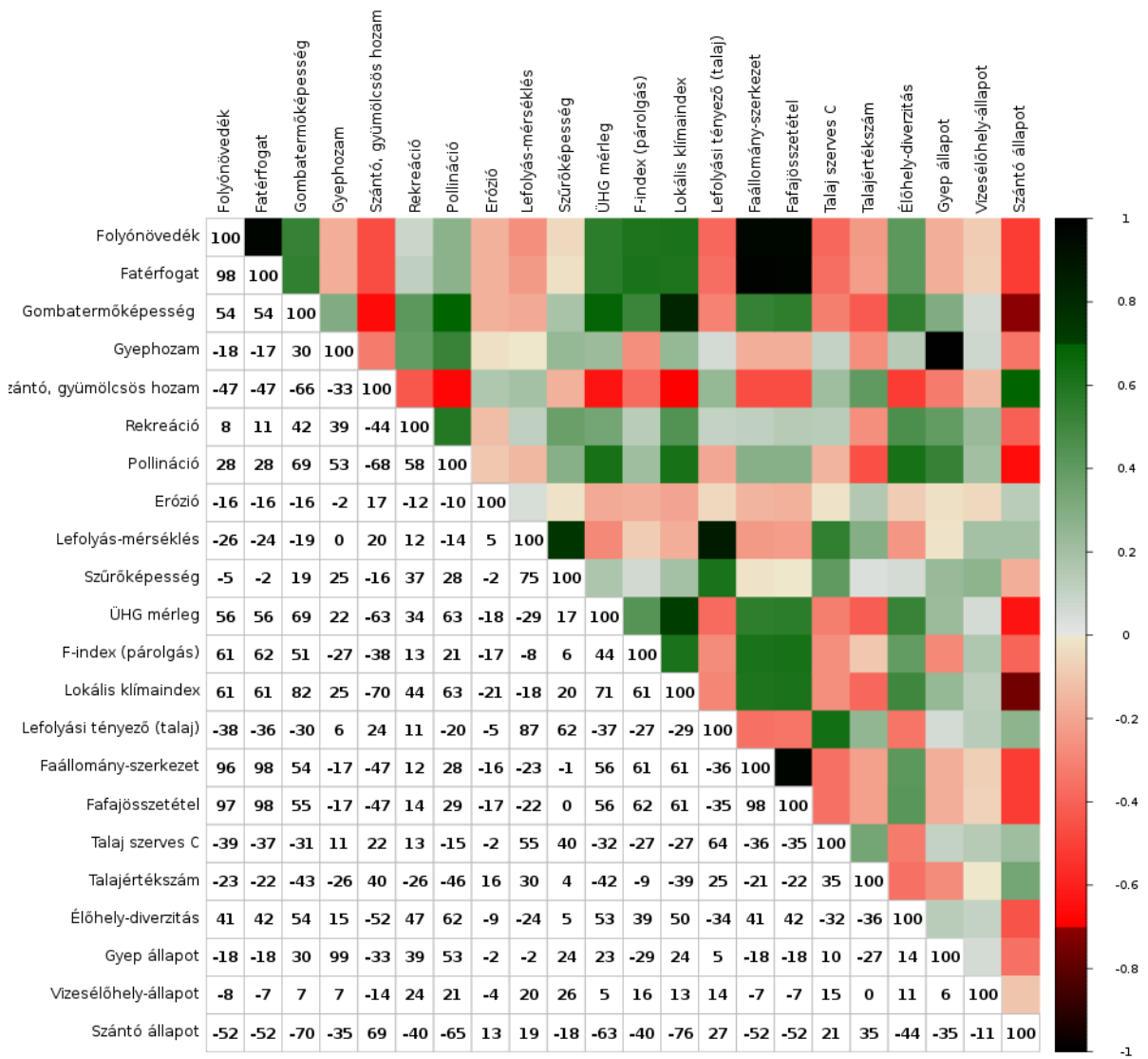
Agrárterületek (szántók és gyümölcsösök)



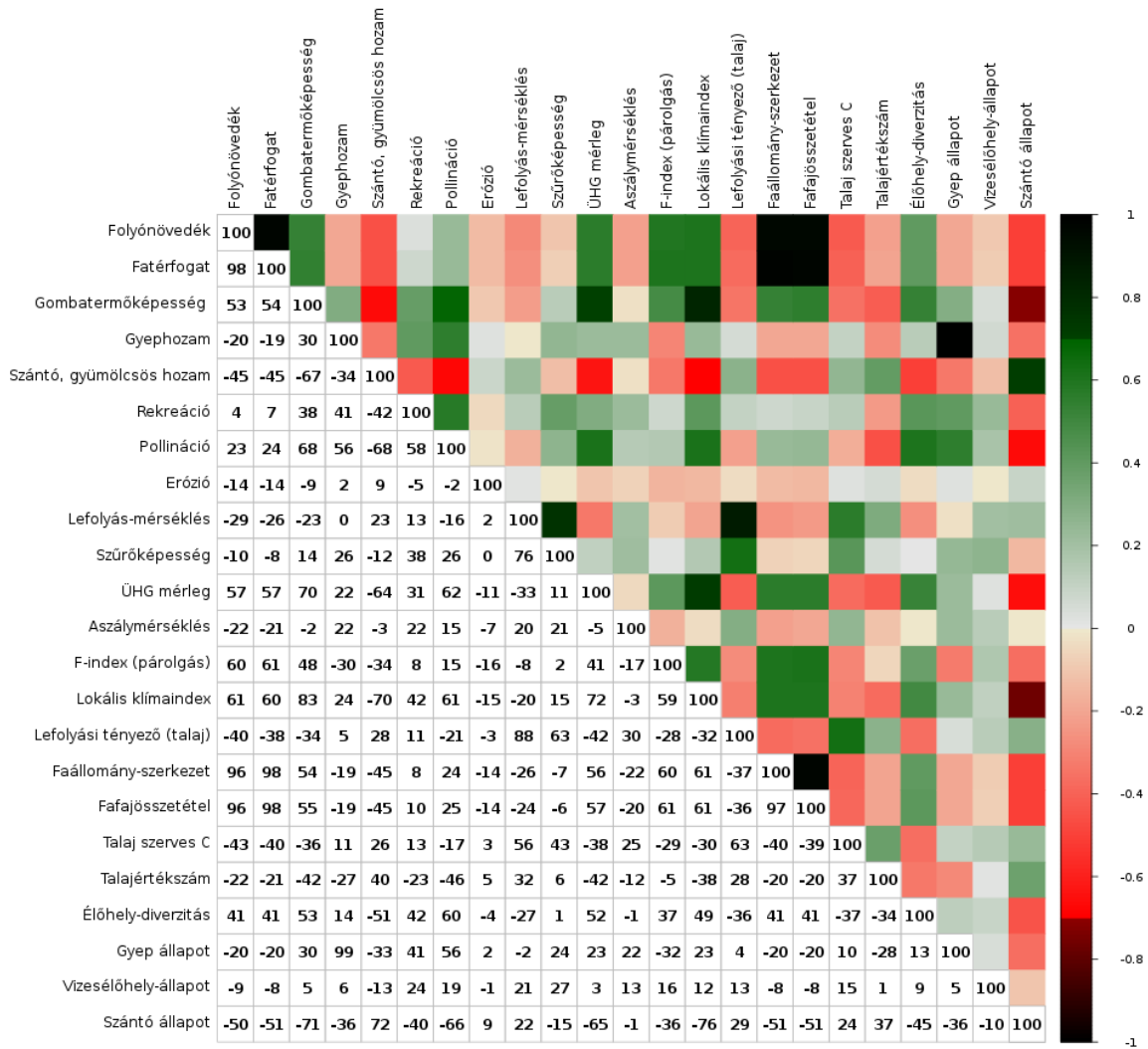
Agrárterületek aszálymérsékléssel



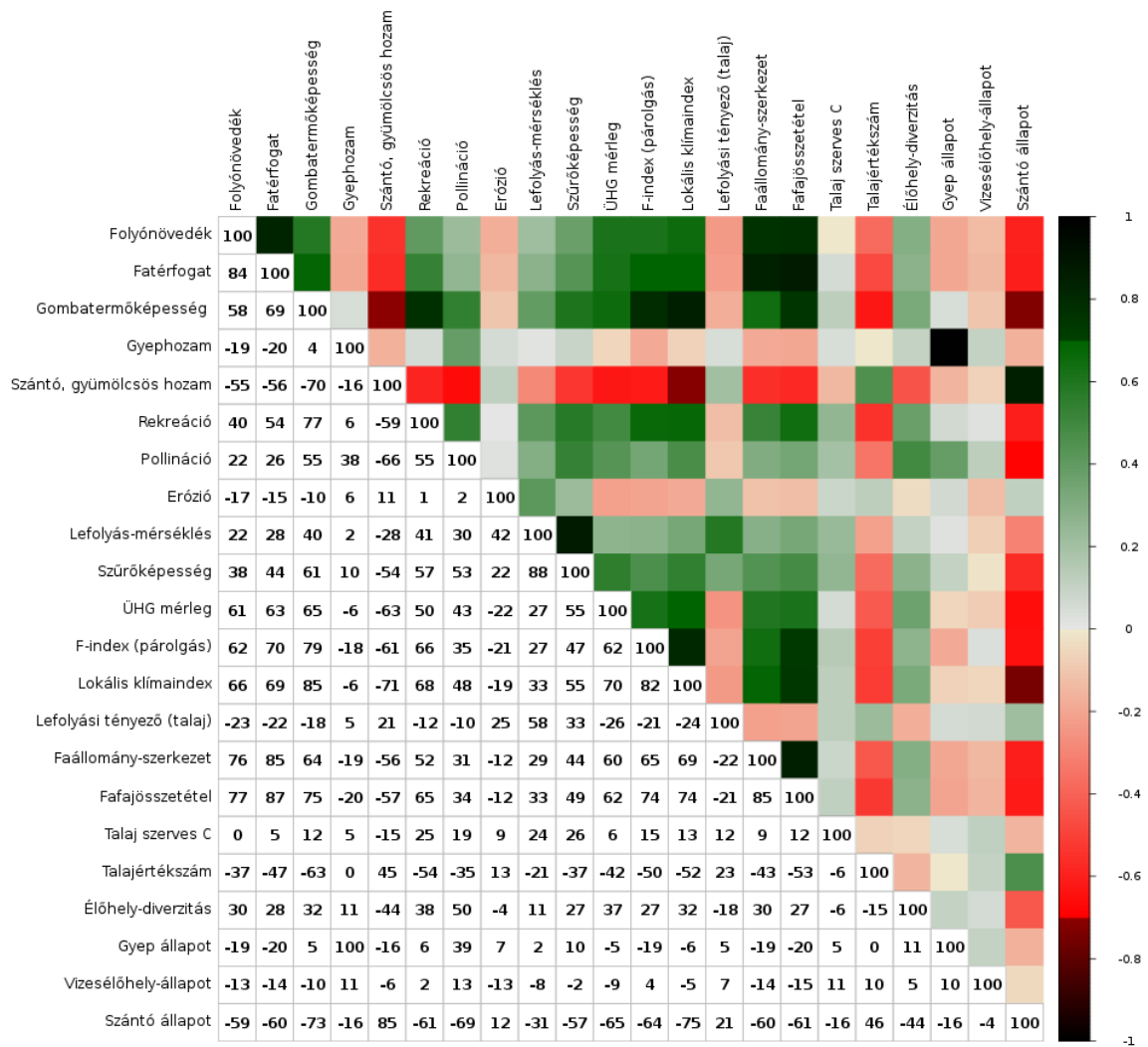
Alföld (Kis- és Nagyalföld nagytájak)



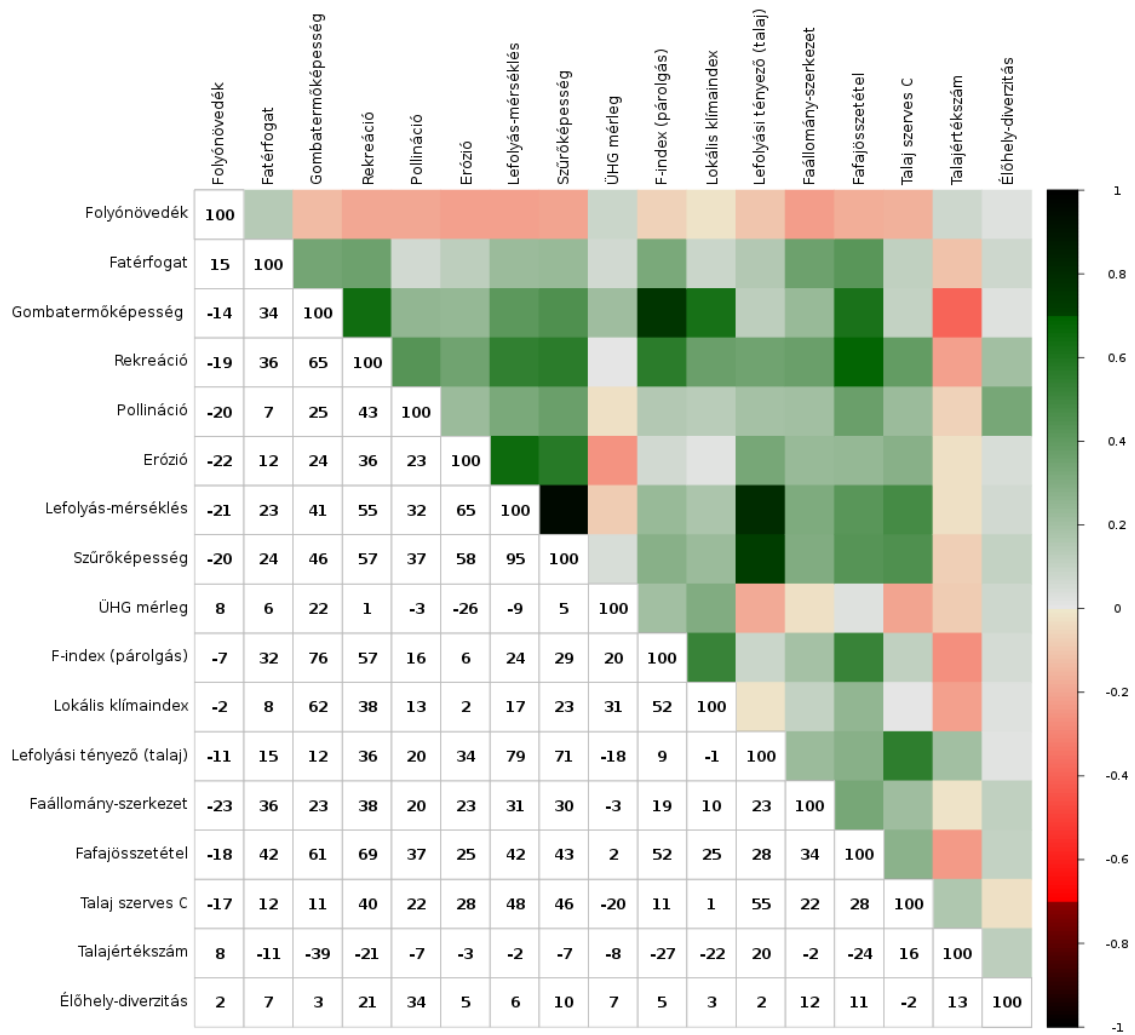
Alföld aszálymérésével



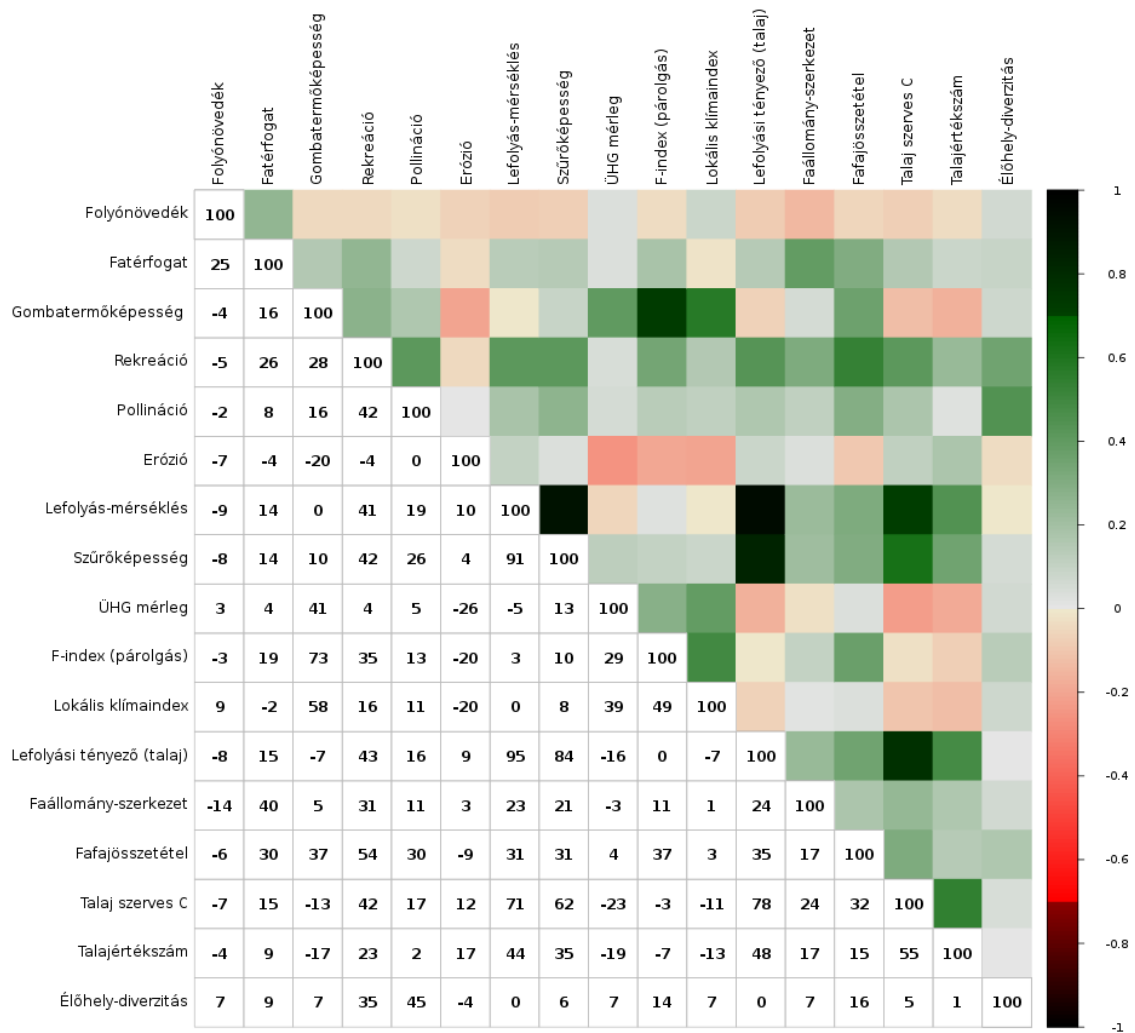
Hegy és dombvidékek



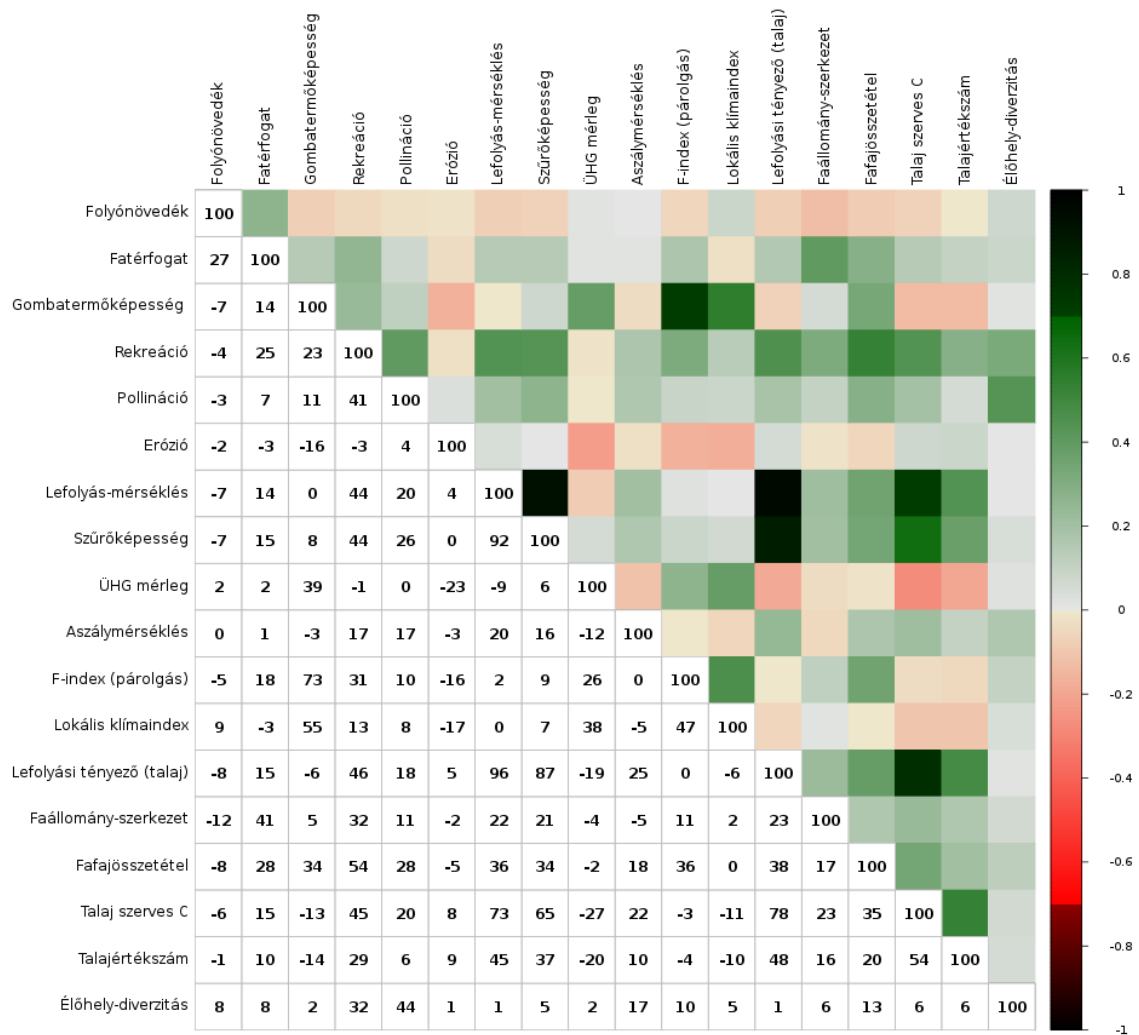
Erdő – teljes



Erdő – alföld



Erdő - alföld aszálymérsékléssel



Erdő - hegy és dombvidékek

