

KEHOP-4.3.0-15-2016-00001

*A KÖZÖSSÉGI JELENTŐSÉGŰ TERMÉSZETI ÉRTÉKEK HOSSZÚ TÁVÚ MEGŐRZÉSÉT ÉS
FEJLESZTÉSÉT, VALAMINT AZ EU BIOLÓGIAI SOKFÉLESÉG STRATÉGIA 2020
CÉLKITŰZÉSEINEK HAZAI MEGVALÓSÍTÁSÁT MEGALAPOZÓ STRATÉGIAI VIZSGÁLATOK*

NEMZETI ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSOK TÉRKÉPEZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE PROJEKTELEM
(NÖSZTÉP)
II/1E. 1.2.1.

AZ ÖKOSZISZTÉMA-ÁLLAPOT TÉRKÉPEZÉS KERET- MUNKATERVE

KEDVEZMÉNYEZETT: FÖLDMŰVELÉSÜGYI MINISZTERIUM

BUDAPEST 2018. JANUÁR 10.

KÉSZÍTETTE:

**TANÁCS ESZTER, KISS MÁRTON, VÁRI ÁGNES,
KRISTÓF DÁNIEL**

Dokumentumtörténet:

Verzió	Változás	Közreműködők	Dátum
1.0	-	Kiss Márton, Tanács Eszter, Vári Ágnes	2017. augusztus 10
1.3	Bővítés a MAES csoporttal és az FM-mel folytatott konzultációk alapján	Tanács Eszter, Kiss Márton, Vári Ágnes, Kristóf Dániel	2017. szeptember 10
	III. VSZP javaslatok alapján kisebb megfogalmazásbeli változtatások	Tanács Eszter	2018. január 10.

Összefoglaló

Jelen keretdokumentum az ökoszisztéma-állapot térképezés nemzetközi háttérét, módszertani alapjait, valamint az ezzel kapcsolatban felmerülő döntési helyzeteket tekinti át. Tartalmazza a projekt megvalósítási szakaszára vonatkozó munkaterv fő sarokpontjait, a megvalósítási szakaszban térképezésre javasolt indikátorok (szakértők bevonásával véglegesítendő) körét, az ezek számítása kapcsán felhasználható adatbázisokat, módszereket ("fact sheet"). A dokumentum háttéranyaga a NÖSZTÉP megvalósítási szakaszára vonatkozó részletes ökoszisztéma-állapot, és ökoszisztéma-szolgáltatás térképezés munkatervnek, a későbbiekben erre épül a térképezésre kiválasztott indikátorok végleges köre, valamint az ökoszisztéma-állapot térképezés folyamata.

A dokumentumban alkalmazásra javasolt módszertan, amely kijelöli a munka fő irányait, igazodik az EU MAES munkacsoport második és harmadik jelentéseihez, illetve erősen épül a témában jelenleg párhuzamosan folyó MAES munkára. Mivel utóbbi még folyamatban van, ezenfelül a projekt megvalósítási szakaszának feladatát képezi szakértők bevonása az indikátor-fejlesztésbe, a dokumentumban ismertetett indikátorok köre még változhat.

Bevezetés

A nemzeti elszámolási rendszerek az európai döntéshozatal kulcsfontosságú döntéstámogatási eszközei. Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékeinek döntéselőkészítési alkalmazásával kapcsolatos egyik legfontosabb szakpolitikai folyamat az ökoszisztéma-számlarendszerek kialakítása, illetve ennek előkészítése (ecosystem accounting). A NÖSZTÉP szakmai háttér munkáiban a kezdetektől jelen van az eltérő kaszkádszinteken történő értékelés szándéka, és a rendszerhatár tudatos kezelése (ld. Arany és mtsai, 2017). Ezek a szempontok a gazdasági számlarendszerekhez való kapcsolódás miatt jelen vannak a természeti tőke elszámolási rendszerekben, illetve azok tervezésében is. Az ökoszisztémák állapotának ismerete (a kaszkád első szintjén) azért fontos, mert az állapot alapvetően meghatározza az ökoszisztémák szolgáltatás-nyújtó képességét - csak a megfelelő állapotban lévő ökoszisztémák képesek arra, hogy a megfelelő mennyiségű és minőségű szolgáltatást biztosítsák az emberiség számára. Így az ökoszisztéma-számlarendszerek kialakításának egyik fő egysége az ökoszisztéma-állapot számláinak kialakítása (ecosystem condition accounts).

A fentieknek megfelelően a NÖSZTÉP-ben az ökoszisztéma-állapot térképezésének célja, hogy felmérje az ökoszisztéma-vagyon helyzetét az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésének első kaszkádszintjén, emellett pedig a természetvédelmi állapotfelmérés és monitorozás, valamint az ezzel kapcsolatos döntéshozatal számára közvetlenül felhasználható, informatív indikátorok és térképek szülessenek.

Előzmények, nemzetközi háttér

Az ökoszisztéma-állapot értékelésének tervezésében és az indikátorok kiválasztásában segítséget nyújthatnak a különféle (EU és korábbi) releváns szakpolitikai előkészítő munkák. A fenntarthatóság számszerűsítése pl. már 1993-tól napirendre került, és hasonló közelítések kapcsán, pl. „természetesség” „ökoszisztéma egészség”, „ökoszisztéma státusz”, stb. számtalan tanulmány született. Ugyanakkor a feladat rendkívül összetett, az ökoszisztéma-állapot a céltól függően nagyon sokféleképpen értelmezhető, ezért a mai napig sok a nyitott kérdés. Egy lehetséges közelítés a biodiverzitás „állapota”, ami önmagában is nehezen megfogható, de az ökoszisztéma-állapot nem független az ökoszisztéma működési folyamataitól sem, ebből kifolyólag az eltérő ökoszisztémákban eltérőek lehetnek a legfontosabb állapotjelző indikátorok. Az állapotot a legtöbb esetben valamilyen ideális referencia-állapothoz képest lehet meghatározni, amelyet szintén nehéz definiálni. Az alábbiakban röviden összefoglaljuk a jelenlegi legfontosabb kapcsolódó szakpolitikai előkészítő munkafolyamatokat, és azok főbb megállapításait, eredményeit.

SEEA

Az ENSZ irányításával az 1990-es évektől folyik a Környezeti-Gazdasági Számlák Rendszerének (System of Environmental-Economic Accounts – SEEA) fejlesztése, amely a környezet és a gazdaság közötti kapcsolatok mérésének nemzetközileg egységes elszámolási rendszerét alakítja ki a nemzeti elszámolási rendszerek új elemeként. A SEEA részeként már ajánlás szinten létezik a Kísérleti Ökoszisztéma Elszámolás (Experimental Ecosystem Accounts) rendszere is (SEEA EEA). Ez az állapotindikátorok kialakítása kapcsán főleg az alapelveket ismerteti, egy széleskörű, koncepcionális

keretrendszeret biztosít (SEEA EEA 2014). A folyamatot két fő lépésre bontja. Az első a vizsgált ökoszisztéma legfontosabb elemeinek, folyamatainak azonosítása, amelyekre a választott indikátoroknak érzékenyen kell reagálnia. A második lépés a referenciaállapot meghatározása. A referenciaállapot meghatározható úgy, hogy alapállapotnak az első állapotot tekintjük, és a változást ahhoz mérjük, de ez nem ad valós képet arról, hogy az adott ökoszisztéma mennyire képes szolgáltatást biztosítani. A másik közelítés az emberi hatás mértékén alapul, ezeknél az elemzéseknél referenciaként az ember által kevésbé befolyásolt, kevésbé degradált ökoszisztémák szolgálhatnak. A szerzők egy ökoszisztéma egység esetében alapvetően 5 elem vizsgálatát javasolják (növényzet, biodiverzitás, talaj, víz és szén), és ezekhez adnak meg indikátorokat. A megadott lista (ld. 1. táblázat) messze nem teljes, inkább csak kiindulási pontként értelmezendő.

1. táblázat

Az ökoszisztéma kiterjedése	Ökoszisztéma jellemzők				
	Vegetáció	Biodiverzitás	Talaj	Víz	Szén
Terület (ha)	LAI (Leaf Area Index)	Fajszám	Szervesanyag-tartalom	A lefolyás sebessége	Nettó szén-mérleg
	Biomassza	Relatív abundancia	Talaj C-tartalma	Vízminőség	Elsődleges produktivitás (NPP)
	Éves növekmény (fáknál)		Talajvízszint	Halfajok	

Bordt (2015) további kiegészítéseket javasolt a listához, különös tekintettel az eredeti javaslatban egyáltalán nem szereplő táji szintű indikátorok alkalmazására, melyek közül a fragmentációt emeli ki.

MAES

Az Európai Bizottság által 2012-ben felállított munkacsoport (Working Group on Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services – MAES) fő feladata, hogy módszertani ajánlásokkal segítse a tagországokat az uniós biodiverzitás stratégiában előírt térképezési és értékelési feladatok megvalósításában tagállami és uniós szinten (EC 2012). A MAES több jelentésében is foglalkozik az ökoszisztéma-állapot értékelés kérdéskörével, legrészletesebben a 3. jelentésben (Erhard et al. 2016), illetve a következő, 5. jelentést előkészítő előzetes szakmai anyagban (EC 2017).

Az ökoszisztéma-állapotot a Millennium Assessment (2005) az ökoszisztémák valós szolgáltató képességeként (effective capacity to provide ES) határozta meg, a potenciális szolgáltató képességükhöz (potential capacity) mérten. Az ökoszisztémák valós szolgáltató képességét a természetes háttértényezők alakulása, valamint az antropogén terhelés (pressure) mértéke határozza meg. A MAES folyamat során alkalmazott egyik alapfeltevés, hogy mivel az antropogén terhelés befolyásolja az ökoszisztéma állapotát, felhasználható az állapot becslésére – azzal a megkötéssel, hogy hatása időben eltolódva is jelentkezhet. Ennek megfelelően kétféle megközelítés lehetséges, felmérhetjük az ökoszisztémák állapotára hatást gyakorló antropogén tényezőket, illetve közvetlenül magát az állapotot, pl. biodiverzitást, környezetminőséget leíró adatok segítségével. A két közelítés kiegészíti egymást, a kettő párhuzamos használata lehetővé teszi az ellenőrzést, illetve azt is, hogy megvizsgáljuk az antropogén terhelés hatásainak időbeli eltolódását is. Az antropogén terhelés térképezése azért is előnyös lehet, mert a döntéshozók számára azonnal egyértelművé teszi, hol és milyen jellegű beavatkozás szükséges. A 3. MAES jelentés az ökoszisztémák állapotára legjelentősebb terhelést gyakorló antropogén hatásokként az alábbiakat jelöli meg: élőhely-változás, klímaváltozás, túlhasználát, invazív fajok térhódítása, valamint a szennyezés és a tápanyagok feldúsulása. Ezek változó mértékben befolyásolják a különböző ökoszisztémák állapotát, viszont kevés kivétellel a jelenlegi trendek a jövőben is fennállnak, és hatásaik, pl. a klímaváltozás esetében, fokozódhatnak is. Az ökoszisztéma-állapot közvetlen jellemzéséhez a tagállamok számára az egyébként is jelentési kötelezettség tárgyát képező adatok felhasználását javasolják, például a madárvédelmi és élőhely-védelmi irányelvek, valamint a víz keretirányelv kapcsán keletkező adatbázisokat. A jelentésben még nem szerepelnek ökoszisztéma-típusonként összegyűjtött indikátorok, valamint a módszertan kapcsán az alábbi megállapításokra jut:

- az élőhelyek állapotával kapcsolatos adatok, indexek nem feltétlenül jellemzik az ökoszisztéma-funkciók teljes körét,
- a folyóvizek, (tengerek) kémiai állapotjelzői az élőhelyek általános állapota mellett sok szolgáltatás indikálásában is szerepet játszhatnak,
- a szerkezeti jellemzők is fontos információforrások lehetnek az ökoszisztéma-állapot értékelésében (pl. koreloszlás).

Az ökoszisztéma-állapot értékelés módszertanának kidolgozása/pontosítása, a javasolt indikátorok kiválasztása jelenleg is zajlik, 2017 júniusáig az európai léptékű értékelés szintjén, a továbbiakban pedig a kiválasztott indikátorokat először európai léptékben, majd a tagállamok szintjén tervezik tesztelni. A fő ökoszisztéma típusokhoz mostanra eltérő indikátor-csoportokat gyűjtöttek össze, mivel az egyes indikátorok nem minden ökoszisztéma-típus esetében relevánsak. A részletes szakirodalmi elemzés segítségével összegyűjtött lehetséges indikátorok listája (**1. melléklet**), amely az adatok elérhetőségét is tartalmazza, néhány országspecifikus kiegészítéssel jó kiindulási alapot biztosít egy szakértői prioritizáláshoz. Ilyen prioritizálásra történt kísérlet a 2017. jún. 25-26-án Brüsszelben tartott MAES workshopon is, ahol a jelenlévő szakértők szavazatai alapján az erdőkre és az agro-ökoszisztémákra az alábbi terhelést jelentő folyamatok, illetve állapotindikátorok kerültek ki legfontosabbként (2. táblázat, dőlt betűvel az antropogén terhelés indikátorai):

2. táblázat

Erdő	Agroökoszisztémák
<i>Kezelés-intenzitás/conservation status</i>	<i>Művelés-intenzitás</i>
<i>Erdőterület-változások</i>	<i>Fragmentáció</i>
Faji diverzitás	Madarak diverzitása
Konnektivitás	Talaj biodiverzitása
Holtfa	Természetes tájelemek sűrűsége

A KIP INCA (Knowledge Implementation Project on the Integrated system for Natural Capital and ecosystem services Accounting) projekt célja, hogy a MAES folyamathoz szorosan kapcsolódva megtervezzen és alkalmazzon egy EU-szintű, integrált elszámolási rendszert az ökoszisztémákra és szolgáltatásaikra, korábbi projektek és adatbázisok összekapcsolásával. A projekt első fázisa végén készült jelentés (EC 2016) az alábbiak szerint foglalja össze az ökoszisztéma-állapotindikátorok kiválasztásának fő szempontjait:

- A kiválasztott indikátoroknak jellemeznie kell azokat a kritikus emberi hatásokat és alapvető változásokat, amelyek leginkább befolyásolják az ökoszisztémák állapotát.
- Amennyire lehetséges, olyan paraméterekre van szükség, amelyek valamennyi ökoszisztéma típusban használhatóak, és összehasonlíthatóak – ilyenek például a biodiverzitáshoz kapcsolódó indikátorok.
- Ahol szükséges, ezeket ki kell egészíteni ökoszisztéma-specifikus indikátorokkal, lehetőség szerint típusonként legfeljebb 3-5 ilyen.
- Az állapotindikátoroknak olyan megbízható adatbázisokon kell alapulni, amelyek lehetővé teszik a trendek megfelelő idő- és térléptéken történő kvantitatív elemzését.

Példák nemzeti értékelésre

Az Európai Unióban eddig elkészült nemzeti ökoszisztémaszolgáltatás-értékelési projekteknek csak egy részében készültek külön térképek és értékelések az ökoszisztéma-állapotról. Ennek oka az, hogy az ökoszisztéma-állapotnak a szolgáltatásoktól elkülönített tárgyalása a kaszkád-modell logikájában értelmezhető. Így ez csak a kaszkádmodell általános keretrendszerként való elterjedése után készült munkákban jelenik meg.

Az Egyesült Királyság máig mintaszerűnek tekinthető nemzeti ökoszisztéma-értékelésében (UK NEA – Mace et al. 2011) nem expliciten a kaszkád-modellben tárgyalva, de annak megfelelő megközelítésben, széleskörű szakértői bevonáson alapuló részletes értékeléseket közöltek az ökoszisztéma-állapothoz kapcsolódóan. Külön elemzések készültek az ökoszisztémák kiterjedését, állapotát és a szolgáltatásokat befolyásoló legfontosabb hatótényezőkről (driver-ek), valamint a biodiverzitás térbeli és időbeli dinamikájáról, az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal való összefüggésben. Az egyes ökoszisztéma-típusokról szóló fejezeteknek szintén fontos részét képezi a velük kapcsolatos állapotjelzők értékelése, trendjeinek vizsgálata. Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésében és az eredmények értelmezésében is számos helyen utalnak az ökoszisztémák állapotával való összefüggésekre.

Luxemburg nemzeti értékelésében (Becerra-Jurado et al. 2015) az ökoszisztéma-állapot térképei több adat bevonásával készültek. Az elsődleges adatforrásokat egy nemzeti élőhely-adatbázis, egy erdőtérkép és egy gyeptérkép jelentették, ennek minőségi osztályait (ill. egyes erdő- és gyeptípusok előfordulását) közvetlenül megfeleltették egyes ökoszisztéma-állapot-kategóriáknak. Ez a szakértői döntéseken („a-priori assignment”) alapuló, 6 minőségi szintet tartalmazó kategóriarendszer és térkép jelentette az alaptérképet a munkafolyamatban. Ezt egy (különböző élőhelyekhez kötődő) madárfaj-előfordulásokat tartalmazó adatbázis alapján finomították, így állt elő az ökoszisztéma-állapot végleges térképe. Az állapotterkép a szolgáltatások értékelésében csak az életciklus-fenntartás (life cycle maintenance) szolgáltatásában jelent meg, ennek a kapacitás-szintű (2. kaszkádszint) térképe megegyezett az ökoszisztéma-állapot térképével.

Németországban különböző keretrendszerekben, több projekt is zajlik az ökoszisztéma-szolgáltatások nemzeti szintű értékelésével kapcsolatban (Albert et al. 2017, Grünwald et al. 2017, Wüstemann et al. 2017). A MAES-folyamatba illeszkedő értékelésben jelenleg az ökoszisztéma-állapot térképeinek kidolgozása történik, az alábbi indikátorok pontosításával és használatával: növényzettel borított szabadterek területe, nitrogénterhelés, a talaj és a vegetáció széntartalma, természetközeli élőhelyek, mint a tájak vonzóképeségének tényezői (Grünwald et al. 2017). Emellett, az ökoszisztéma-állapotnak a szolgáltatásbiztosító-képességben való fontos szerepét, az emberi-társadalmi hatásoktól való elkülönítésének jelentőségét már a szolgáltatás-indikátorok kidolgozásakor is figyelembe vették (Albert et al. 2016).

Az ökoszisztéma-állapot és a szolgáltatások kapcsolata

A MAES jelentések és a kapcsolódó irodalomban folyamatosan hangsúlyozzák: ahhoz, hogy meghatározzuk, hogy egy terület képessége az ökoszisztéma szolgáltatások biztosítására romlik-e, vagy éppen javul, szükséges minél tisztábban látni az állapot hatását az egyes ökoszisztéma szolgáltatásokra. Még sok a nyitott kérdés, bár a közelmúltban történtek kísérletek a rendelkezésre álló óriási mennyiségű szakirodalom ilyen célú feldolgozására (pl. Harrison és mtsai. 2014, Smith és mtsai 2017). Az eredmények alapján a kutatók egyetértenek abban, hogy rendkívül komplex kapcsolatrendszerekről van szó. Smith és mtsai (2017) széleskörű szakirodalmi elemzés segítségével vizsgálták a természeti tőke hatását az ökoszisztéma szolgáltatások csoportjaira, és eredményeik alapján az állapotjellemzők, illetve a kapcsolatok 5 fontos csoportját vázolták fel:

- (1) a növényzet mennyisége (pl. a szabályozó szolgáltatásokat befolyásolja jelentősen),

- (2) az egyes élőlényekhez kötődő szolgáltatások esetében az élőhelynek az adott szolgáltatást nyújtó élőlény, vagy élőlénycsoport szempontjából kedvező állapota,
- (3) adott szolgáltatás szempontjából meghatározó faj, funkcionális csoport, vagy jellemző megléte,
- (4) a biológiai és fizikai diverzitás,
- (5) abiotikus faktorok.

Negatív kapcsolatokra is van példa, a növényzet mennyisége pl. negatív hatással lehet a vízmennyiségre, illetve pl. a faanyag-termelés esetében egy monokultúra legalábbis rövid távon nagyobb produktivitással bírhat, mint egy összetettebb ökoszisztéma.

Fontos látni, hogy a cikkek, témák és indikátorok óriási változatossága miatt az egyes kapcsolatok jelentőségére a témát feldolgozó tudományos cikkek darabszáma alapján következtettek. Ahogy azt a szerzők is kiemelik, ennek következménye lehet, hogy bizonyos, evidensnek tűnő kapcsolatok alulreprezentáltak lehetnek. Ezenfelül a téma szempontjából potenciálisan értékes eredményeket tartalmazó, az internet korát megelőzően született és/vagy a nagy nemzetközi adatbázisokban nem szereplő kutatások könnyen kieshetnek a hasonló vizsgálatok látóköréből. Így, bár ezek az összefoglaló kutatások nagyon hasznos eredményekkel szolgálnak, a szakértők, a szélesebb szakma bevonása a végleges indikátor-lista és a pontos számításmódszertan kialakításába mégis indokolt.

A távérzékelés nyújtotta lehetőségek az ökoszisztéma-állapot térképezésében

Tekintve, hogy az ökoszisztéma-állapot számlarendszerek működtetéséhez az aktuális állapot ismeretére lesz szükség, fontos, hogy olyan módszerek kerüljenek kialakításra/alkalmazásra, amelyek folyamatosan frissülő, vagy legalábbis nagy területre viszonylag könnyen/olcsón előállítható adatbázisokra épülnek. Ezért a tagállamok által kötelezően gyűjtendő adatok kiegészíthetők távérzékeléssel nyert adatokkal, különösen az ingyenesen hozzáférhető, nagy időbeli, közepes és nagy térbeli felbontású műholdfelvételek, és az ezekből előállított tematikus térképek játszhatnak jelentős szerepet. Ezek köre az utóbbi években rohamosan bővül, és az adatok idő- és térbeli felbontása, minősége, ezzel együtt gyakorlati felhasználhatósága is folyamatosan javul.

A távérzékelési módszerekkel vizsgálható, azokból levezethető paraméterek köre kiterjed a felszínborítás és földhasználat, valamint a felvételekből származtatható biofizikai paraméterek térbeli mintázatára és változásainak időbeli folyamataira. A földmegfigyelési célú műholdrendszerek (USA/NASA: Landsat és MODIS, EU/ESA: Sentinel) a “nyers” felvételektől elkezdve a biofizikai paraméterekig bezárólag konzisztens és hosszú távú idősorokat biztosítanak a vizsgálatok elvégzéséhez. A jelenlegi állapot felvételezésében jelentősek a térbeli mintázathoz és az aktuális biofizikai mutatókhoz kötődő vizsgálatok (pld. fragmentáltság, levélfelületi index), ugyanakkor a folyamatok feltárásában kulcsfontosságú a földfelszínen zajló folyamatok feltárása, amelyet a meglévő adatrendszerek idősoros elemzése útján végezhetünk el (pld. a városok terjeszkedése, fragmentáció időbeli változása, földhasználati konverziók).

A nyíltan, ingyenesen elérhető és felhasználható adatokat az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- EU/ESA Copernicus program:
 - A Sentinel műholdcsalád űrfelvételei: optikai ill. radar, nagy és közepes felbontású, napi-heti visszatéréssel; 1-2 évre visszatekintő, folyamatosan frissített űrfelvétel-idősor (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/>)
 - Copernicus adattermékek: hosszabb távú tematikus idősor - felszínborítás, nagy felbontású rétegek, stb. (<http://land.copernicus.eu/pan-european/>; adatok Magyarországra: <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/termekeink/felszinboritas-corine> <http://www.map.fomi.hu/copernicus/>)
- USA/NASA/USGS földmegfigyelő rendszer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>):
 - Landsat űrfelvétel-archívum a '80-as évekig visszamenőleg, nagy felbontás, folyamatos frissítés (<https://landsat.gsfc.nasa.gov/data/>)
 - MODIS űrfelvétel-archívum és adattermékek 1999-ig visszamenőleg, közepes felbontás, folyamatos frissítés (https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table)

Viszonylag új, de terjedő trend, hogy a nyers adatokon felül azok feldolgozásával készülő, folyamatosan frissülő, a felhasználók számára közvetlen információforrást jelentő tematikus térképeket is közzétesznek. Erre jó példa az USA Erdészeti Szolgálatának (USFS) MODIS-alapú, nyolc naponként frissülő bolygatástérképe (Forest Disturbance Monitor), melyen nyomon követhetőek a biotikus és abiotikus bolygatások, és a lassabb degradációs folyamatok is (Chastain és mtsai 2015). Magyar példa hasonlóra az OMSZ oldalán (met.hu) elérhető Napi Léptékű Aszályindex és Talaj Vízhány Mutató (MSWD).

Javasolt indikátorok

Az ökoszisztéma-állapotindikátorokat a tervezett munka szempontjából alapvetően két csoportra osztjuk. Egy részük ún. „szolgáltatás-alapozó indikátor”, ezek azoknál az ökoszisztéma-szolgáltatásoknál merülnek fel, amiknél a szolgáltatás pontos értéke, mennyisége nehezen fejezhető ki a jelentős emberi-tájhasználati hozzáadott érték miatt, ezért az ökoszisztéma-hozzájárulás az ökoszisztéma-állapot szintjén ragadható meg legjobban. A többi pedig az ökoszisztémák állapotát általánosságban kifejező indikátor. Ez a különbségtétel megjelenik a MAES németországi implementációjának leírásában is (Albert és mtsai 2016).

Tekintve, hogy az Európai Bizottság által létrehozott MAES munkacsoport által koordinált folyamatban is csak a közeljövőben alakul még ki az egyes ökoszisztéma-típusokhoz javasolt állapotindikátorok végső köre, valamint, hogy a NÖSZTÉP-en belül is az ökoszisztéma szolgáltatások indikátorai (ideértve az állapothoz sorolható ún. “szolgáltatás-alapozó” indikátorokat) szakértői munkacsoportok bevonásával a megvalósítási szakaszban alakulnak majd ki, az állapotindikátorok végleges körének kialakítása, illetve bizonyos esetekben a számításmódszertan véglegesítése is a projekt megvalósítási szakaszában, az adott ökoszisztéma, vagy szolgáltatás szakértőinek, illetve az indikátor-térképek potenciális felhasználóinak bevonásával javasolt. Tekintettel arra, hogy a nemzeti szintű ökoszisztéma-állapot értékelés módszertana egy oldalról nagyon kevésbé kidolgozott, ugyanakkor a bevonható módszerek köre napjainkban is egyre bővül, új lehetőségek nyílnak meg, ezért javasolt az országos térképek mellett bizonyos ígéretes

(különösen a folyamatosan frissülő adatbázisokra, távérzékelt adatokra épülő) módszerek pilot területeken történő alkalmazása próba jelleggel.

Az alábbiakban ismertetjük a munka jelenlegi szintjén térképezésre javasolt “általános” ökoszisztéma-állapot indikátorok körét. A **2. mellékletben** csatolt táblázat (“**fact sheet**”) átfogó képet nyújt ezek jellegéről, valamint a számításukhoz szükséges, illetve rendelkezésre álló adatbázisokról.

A. A kötelezően vállalt indikátorok:

A pályázati kiírásban, valamint a projekt megalapozó tanulmányban szereplő állapotindikátorok, melyekre a projekt során országos térképeknek kell elkészülni, a természetesség, az élőhelyi diverzitás, és a talaj termőképesség (elsősorban a szerves széntartalom és termőréteg-vastagság alapján) voltak.

Élőhely-diverzitási index

Az élőhely-diverzitás leírására leggyakrabban alkalmazott számítás-módszerek a következők: (1) a természetes élőhelyfoltok denzitása; (2) Shannon-Wiener index, mint általános diverzitás index, amely nem csak a típusok számát, hanem az egyenletességet is figyelembe veszi; (3) Simpson-index, illetve ezek különböző mértékben módosított változatai. A számításhoz bemenő adatként elsősorban az ökoszisztéma alaptérkép szükséges. Fontos döntési pont a számítás térbeli alapegységének meghatározása (tehát az alkalmazott lépték kérdése), amely pl. lehet valamely tervezési egység (pl. járás), vagy a kistáj, illetve számítható mozgóablakos eljárással, ahol a mozgóablak méretét meghatározhatja pl. a többi indikátor számításához szükséges, a projekt számára elérhető adatok térbeli felbontása. Alkalmazható még a MÉTÁ-hoz hasonlóan hatszögek rendszere, Schindler és mtsai. (2008) például görögországi mintaterületen alkalmaztak hasonlót, több léptékben.

Termőhely minőség

A termőhelyi minőség meghatározását országos léptékben az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet közreműködésével a meglévő digitális térképi adatbázisokra tervezzük alapozni.

Természetesség

A természetesség egy olyan, komplex állapotindikátor, amely többféleképpen közelíthető, és a legtöbb közelítés esetében ökoszisztéma típusonként eltérő módszerekkel számítható. A komplexitásból fakadóan bizonyos számítás módszertanok olyan indikátorokra, vagy ezek együttesére épülnek, amelyek önmagukban is funkcionálhatnak állapotindikátorként (ilyen pl. az erdők esetében a holtfa mennyisége). Célszerű akár többféle közelítést együttesen alkalmazni, mivel ezek együttese a döntéshozás számára plusz információkat szolgáltat. Az alábbiakban felsoroljuk a lehetséges megközelítéseket, és ezek alkalmazhatóságát.

- A legegyszerűbb közelítés az *Élőhelyvédelmi irányelv alapján az adott élőhely-típusra aktuálisan jellemző természetvédelmi helyzet (conservation status) hozzárendelése az élőhely-térkép adott*



típusú foltjaihoz. Erre van is példa a szakirodalomban, a nemzeti értékelések közül Luxemburgban alkalmazták elsődleges besorolásra, amit később más adatok segítségével finomítottak. Ez a közelítés Magyarországon valószínűleg kevésbé alkalmazható, mivel csak a Natura 2000-es jelölő élőhelyekre van meg a szükséges besorolás. A nagyobb kiterjedésű élőhely-foltok esetében önmagában túl általános, konkrét helyen nem valós állapotot tükröz, a kisebb kiterjedésű, ritka és védett élőhely-típusok esetében ugyan használható közelítés lehet, viszont olyan kategória felbontást kíván meg, amit a projektben létrehozott élőhely-térkép legfeljebb valószínűségi alapon érhet el. Ezért használata a projektben nem javasolt.

- *A potenciális természetes vegetációtól való eltérés.* Rendelkezésre áll Magyarország modell-alapú potenciális vegetációtérképe (Somodi és mtsai, 2017), melynek megalkotása során a természetes élőhelyek még meglévő foltjainak környezeti igényeit számszerűsítették és valószínűségi térképsorozat formájában kiterjesztették. Az adatbázis a MÉTA hatszögműhelypontokra vetítve tartalmazza az adott hely környezeti adottságainak leginkább megfelelő, ott potenciálisan előforduló élőhelyeket. Az elkészült modellek alapján megállapítható, hogy az adott környezeti viszonyok között mekkora eséllyel lehetne jelen az élőhely, illetve mely környezeti tényezők határozzák meg előfordulásának helyét. A valós viszonyok és a potenciális vegetációtérkép összevetése a természetes és természetközeli élőhelyek esetében kijelölheti azokat a helyeket, ahol az eltérés miatt állapotromlás, vagy változás kockázata jelentkezik. Bár ez a közelítés némileg vitatott, és buktatókat is rejt magában, mégis, Erhard és mtsai is (2016b) felvetik, mint lehetőséget az ökoszisztéma-állapot térképezés javasolt módszereit leíró könyvfejezetben. A projektben mindenképpen érdemes lenne legalább mintaterületek szintjén tesztelni a módszer alkalmazhatóságát.
- *A használat intenzitása.* A használat intenzitása az antropogén terhelést leíró indikátorok közé tartozik, tehát nem az állapotot közvetlenül írja le, hanem közvetett információt nyújthat az állapotról. Az ilyen típusú indikátorok előnye, hogy kijelölik a nagy kockázatnak kitett területeket, és a tervezés során kézzelfogható segítséget nyújtanak a döntéshozók számára a gyors és hatékony beavatkozások megtervezéséhez. A használat intenzitása ökoszisztéma típusonként eltérő módon, illetve eltérő adatbázisok segítségével fogható meg: az agro-ökoszisztémák esetében például a méretek (kistáblás-nagyáblás); a gyepeknél a használat módja (legeltetés, kaszálás); erdőknél az ültetvény jelleg, az üzemmód, a vágáskor, természetesebb erdőknél a növedék viszonya a kitermelt fa mennyiségéhez; vizes élőhelyek és vizek esetében például a vízgyűjtő területhasználata használható fel a számításhoz. Ennek a közelítésnek az alkalmazása a projektben az adat-hozzáférés függvényében, legalább bizonyos ökoszisztéma-típusok esetében mindenképpen javasolt.
- *Bizonyos, az ökoszisztéma állapotát jól jelző fajok, vagy kulcsfajok jelenléte, vagy trendjei* alapján. Ahogy a MAES priorizálás eredménye is mutatja, ez különösen az agroökoszisztémák esetében népszerű közelítés (ld. 2. táblázat). Nagy és mtsai (2017) magyarországi vizsgálataik során is azt találták, hogy egyes madárfajok jelenléte jó jelzője lehet az agroökoszisztémák jó ökológiai állapotának. Ennél a mutatónál ökoszisztéma típusonként, szakértői döntés alapján meg kell határozni, mely faj/fajok alkalmasak a célra, illetve fontos szempont az adat elérhetősége is. A konkrét fajok jelenlét, illetve egyedszám adatai helyett valamilyen összefoglaló jellegű indikátor kidolgozása is megfontolandó lehet (pl. adott fajok köréből mennyi van jelen). Madárfajok, illetve egyéb, rendszeresen monitorozott fajok alkalmazása esetén kiegészítő

jellel felmerül a trendek alkalmazása. A rendelkezésre álló biotikai adatok térbeli felbontása ugyan a legtöbb területen kedvezőtlenebb, mint az ökoszisztéma alaptérkép 20 m-es felbontása, viszont ez a közelítés az ökoszisztémák aktuális állapotának legjobb leírását adja, így használata mindenképpen javasolt.

- *Invazív fajok jelenléte.* Ez szintén egy antropogén terhelést jelző indikátor, melynek alkalmazása kulcsfontosságú lenne a természetesség meghatározása szempontjából, ugyanakkor jelenleg nem áll rendelkezésre megfelelő felbontású, valamennyi érintett fajra, illetve ökoszisztéma típusra vonatkozó adat. Tekintve, hogy az invazív fajok távérzékelt adatokon alapuló monitorozásában jelentős, a gyakorlatban egyelőre nagyjából kiaknázatlan lehetőségek rejlenek, a projektben mindenképpen javasolt néhány faj kiválasztott mintaterületekre történő, távérzékelt adatokon alapuló térképezése,
- *Utaktól való távolság* - az adott folt pixeljeinek a legközelebbi úttól való átlagos távolsága egy egyszerű, bemeneti adatként csak az ökoszisztéma alaptérképet, és egy naprakész útdatbázist igénylő közvetett mutató, amely kiegészítő jellel lenne használható.
- *Egyéb, ökoszisztéma-típusonként specifikus közelítések.* Az egyes ökoszisztéma-típusok természetességének leírására kidolgozhatóak egyedi módszerek, illetve léteznek a természetességnek korábbi, egyéb célokra kidolgozott közelítései is. Ezeknek az alkalmazását legalább egyes mintaterületek esetében, akár referenciaként való felhasználás céljából érdemes megfontolni.
 - Erdők esetében az ESZIR tartalmaz a természetességre nézve információt, amelyből ki lehet indulni, de ez mindenképpen felülvizsgálandó. A korábbi, erdőtermészetesség meghatározására kifejlesztett módszerek által figyelembe vett szempontok alapján az ESZIR-ből lesűrhető információk közül még használható lehet az állományok üzemtervi kora, a fajösszetétel változatossága (elegyfajok száma), a hagyasfák jelenléte. További, bár más léptékben felvételezett (4*4 km-es hálóban) információ nyerhető ki a NÉBIH erdőleltár adataiból (pl. fekvő holtfa mennyisége).
 - Vizek esetében a Víz Keretirányelvvel kapcsolatos jelentéstételi kötelezettség kapcsán víztestenként meghatározott ökológiai és kémiai állapot lenne használható.
 - Gyepes esetében a gyep kora, illetve állandósága (ez idősoros vizsgálatot igényel, jelenleg olyan információ érhető el, hogy az adott, jelenleg gyepnek jelölt terület 5 évvel ezelőtt is gyep volt-e, illetve esetleg a CORINE változás-rétegek alapján kijelölhetőek a régóta állandó gyepesek)
 - Városi területek esetében a zöldfelület mennyisége, illetve aránya jelenthet egyszerű mutatót.

B. Egyéb, az ökoszisztéma-állapotot leíró indikátorok

Biodiverzitás

Az ökoszisztémák általános állapotát leíró, leggyakrabban alkalmazott indikátorok (fajszám, relatív abundancia) ide tartoznak, ugyanakkor olyan mennyiségű és minőségű bemenő adatot igényel, ami egy

viszonylag nagy felbontású országos térképezés esetében a projekt befejezéséig nem fog a kívánt léptékben rendelkezésre állni, illetve nem biztosítja a szükséges mértékű területi lefedettséget.

Egyéb táji szintű jellemzők:

A táji szintű jellemzők szerepét a MAES prioritizálásban résztvevők kifejezetten jelentősnek ítélték, továbbá alkalmazásuk mellett szól, hogy számításukhoz a felhasználandó adatot (az ökoszisztéma-térkép, illetve a természetesség térképei) maga a projekt állítja elő. Az esetlegesen szükséges kiegészítő adatbázisok (pl. az úthálózat) pedig a tervek szerint egyébként is előállításra/felhasználásra kerülnek. A táji szintű mutatók általában léptékfüggők, ezért számításuknál kulcsfontosságú (a potenciális felhasználókkal történő további egyeztetést igénylő) döntési pont az ebbe a körbe tartozó, a kötelező indikátoroknál már említett élőhelyi diverzitás kapcsán felmerült lépték kérdés.

Ide tartozó, javasolt indikátorok:

Kapcsoltság/Konnektivitás. Nehezen megfogható (célspecifikusan számítható), ugyanakkor komoly gyakorlati jelentőséggel bíró indikátor, a szolgáltatások szempontjából jelentős fajokra, kulcsfajokra, vagy adott állapotú és típusú élőhely-foltokra lenne érdemes optimalizálni.

Fragmentáltság. Táji léptékben az élőhelyek fragmentáltsága jelentős állapotleíró tényezőnek tekinthető, vizsgálható adott időpontban, illetve idősoros adatok alapján is (pl. lehetséges közelítések az átlagos foltméret, szegélyűrűség, illetve ezek időbeli változása).

A növényzet távérzékelte adatból származtatott egészségi állapota

A növényzet távérzékelte adatból származtatott egészségi állapota (ami a produktivitással van összefüggésben) az aktuális állapotot jelzi, és bizonyos szolgáltatások esetében erős összefüggésben áll az adott ökoszisztéma szolgáltató képességével. Számítására alkalmazható például a MODIS űrfelvételekből származtatott (500 m-es térbeli felbontással közvetlenül letölthető) biomassza/produktivitás adatok, vagy nagyobb térbeli felbontású űrfelvételekből (Landsat, Sentinel) számított vegetációs indexek eltérése egy várható értéktől. Használata a növényzet összetétele szempontjából kevésbé változékony ökoszisztéma típusoknál (pl. állandó gyepek, erdők, esetleg vizes élőhelyek) javasolt.

Egyéb terhelést gyakorló (antropogén) tényezők

A MAES által meghatározott öt fő tényező közül kettő (a használat intenzitása és az invazív fajok jelenléte) a természetességnél már szerepelt, mint javasolt közelítés. A fennmaradó három közül az *élőhely-területcsökkenés* (1) pontosabb vizsgálata akkor jöhet szóba, ha az ökoszisztéma alaptérkép több időpontra is előállítható azonos módszertannal, ami jelenleg a projektnek nem célja. Rendelkezésre állnak azonban a CORINE változás-térképek (1990-2000, 2000-2006, 2006-2012), amelyekből az élőhely-változás, és a nagyobb léptékű bolygatások trendjei tágabb kategóriákra egyszerűen, országos léptékben, viszonylag jó térbeli felbontásban lesűrűsíthetők. A *klimaváltozás által okozott terhelés* (2) hatása a klimatikus adatokon alapuló valamilyen aszályérzékenységi mutató (pl. aszály gyakorisága egy meghatározott időszakban) segítségével lenne leírható, ami összevethető (vagy helyettesíthető) az előző

pontban leírt egészségi állapot indikátorokkal. A *szennyezés, illetve tápanyagok feldúsulása okozta stressz* (3) a gazdálkodók által felhasznált vegyszerek, illetve műtrágya mennyiségével írható le, amennyiben erre sikerül megfelelő felbontású adatot beszerezni, illetve összevonható a használat intenzitására kidolgozott mutatókkal. A MAES által felsorolt fő antropogén stressz típusokon felül felmerült a *vadléttség, illetve vadsűrűség* (4), mint terhelést jelző indikátor, amely az Országos Vadgazdálkodási Adattár adatai alapján lenne számítható.

Keret-munkaterv

Az alább ismertetett keretmunkaterv az állapotindikátorok kiválasztásának, módszertani véglegesítésének és térképezésének fő lépéseit, és kimeneteit ismerteti.

- **Részletes munkaterv elkészítése:** A végső, részletes munkaterv a nemzetközi MAES folyamat előrehaladását is figyelembe véve a megvalósítási szakaszban készül el.

Kimenet: Részletes munkaterv

- **Az ökológiaiállapot-indikátorok listájának véglegesítése:** az ökológiai állapot indikátorainak fejlesztése (előzetes listájának összeállítása) a projekt előkészítő évében megkezdődött. Ez a megvalósítás során szakértői bevonással kerül véglegesítésre, részben az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelési modelljeit kaszkádszinteken átívelően kidolgozó Szakértői Munkacsoportokban, részben a szűkebben csak ökológiai állapotindikátorokkal foglalkozó, csak ezzel kapcsolatos munkafázisokban dolgozó Ökoszisztéma-állapot Szakértői Csoportban. A véglegesítés során fontos szempont lesz az adatok elérhetősége, illetve az elérhető adatok minősége.

Kimenet: az állapotindikátorok végső listája

- **Az ökológiaiállapot-indikátorok tartalmi pontosítása, a számítási módszertan véglegesítése:** az ökológiai állapot indikátorai két csoportra oszthatók. Az indikátorok egy része ún. „szolgáltatás-alapozó indikátor” lesz, ezek azoknál az ökoszisztéma-szolgáltatásoknál merülnek fel, amiknél a szolgáltatás pontos értéke, mennyisége nehezen fejezhető ki a jelentős emberi-tájhasználati hozzáadott érték miatt. Ezeknek az indikátoroknak a kidolgozása az ökoszisztéma-szolgáltatások modellalkotási folyamatának részeként, annak lépcsőit követve zajlik (a Szakértői Munkacsoportokban). A többi, „általános” ökoszisztéma-állapot-indikátor fejlesztése és pontosítása az Ökoszisztéma-állapot Szakértői Csoport közreműködésével történik.

Kimenet: Az ökológiai állapot-indikátorok számításának végleges módszertana

- **Az ökoszisztéma-állapot indikátorok térképezése, dokumentálása:** a munkaegység utolsó része az ökoszisztéma-állapot-indikátorok térképeinek elkészítése. Ez szintén a projekt belső szakértői csoportjával és az érintett szakértői csoportokkal (Szakértői Munkacsoportok, Ökoszisztéma-állapot Szakértői Csoport) való egyeztetés, verifikáció útján történik.

Kimenet: országos és mintaterületekre vonatkozó ökoszisztéma-állapot térképek, illetve ezek dokumentációja

Hivatkozások

- Albert, C. et al. (2016): Towards a national set of ecosystem service indicators: Insights from Germany. *Ecological Indicators* 61, 38-48.
- Albert, C. et al. (2017): Towards a National Ecosystem Assessment in Germany. A Plea for a Comprehensive Approach. *GAIA* 26, 27-33.
- Arany Ildikó, Aszalós Réka, Bereczki Krisztina, Czúcz Bálint, Kalóczkai Ágnes, Kiss Márton, Kovács Eszter, Kovács-Hostyánszki Anikó, Somodi Imelda, Vári Ágnes, Zölei Anikó (2017): NÖSZTÉP koncepcionális és módszertani keretdokumentum.
- Becerra-Jurado, G., Philipsen, C., Kleeschulte, S. (2015): Mapping and assessing ecosystems and their services in Luxembourg - Assessment results. *Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg*, 74p.
- Bordt, M (2015): Land and Ecosystem Condition and Capacity. SEEA Experimental Ecosystem Accounting Technical Guidance 3 (draft) [<http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2017/01/ANCA-Tech-Guid-3.pdf>]
- Chastain, R. A., Fisk, H., Ellenwood, J. R., Sapio, F. J., Ruefenacht, B., Finco, M. V. és Thomas, V. (2015): Near-Real Time Delivery of MODIS-Based Information on Forest Disturbances. – In: Lippitt, C., Stow, D. és Coulter, L. (szerk): *Time-Sensitive Remote Sensing*, Springer, New York, 198 pp
- EC – European Commission (2012): Mandate for the EU Working group on Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES) (final version: December 2012)
- EC – European Commission (2016): Report on phase 1 of the knowledge innovation project on an integrated system of natural capital and ecosystem services accounting in the EU (KIP-INCA Phase 1 report)
- EC – European Commission (2017): MAES Workshop "Assessing and Mapping Ecosystem Condition" 27 – 28 June 2017 Background Paper to support breakout group discussions (version of 11 July 2017)
- Erhard M., Teller A., Maes J., Meiner A., Berry P., Smith A., Eales R., Papadopoulou L., Bastrup-Birk A., Ivits E., Royo Gelabert E., Dige G., Petersen J-E., Reker J., Cugny-Seguin M., Kristensen P., Uhel R., Estreguil C., Fritz M., Murphy P., Banfield N., Ostermann O., Abdul Malak D., Marín A., Schröder C., Conde S., Garcia-Feced C., Evans D., Delbaere B., Naumann S., McKenna D., Gerdes H., Graf A., Boon A., Stoker B., Mizgajski A., Santos Martin F., Jol A., Lükewille A., Werner B., Romao C., Desauty D., Wugt Larsen F., Louwagie G., Zal N., Gawronska S., Christiansen T. (2016): Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services Mapping and assessing the condition of Europe's ecosystems: Progress and challenges. 3rd Report, Publications office of the European Union, Luxembourg
- Grünewald, K. et al. (2017): Germany's Ecosystem Services – State of the Indicator Development for a Nationwide Assessment and Monitoring. *One Ecosystem* 2: e14021
- Mace, G.M., Bateman, I., et al. (2011) Conceptual Framework and Methodology. UK National Ecosystem Assessment: Technical Report. 16p.
- Nagy, G. G., Ladányi, M., Arany, I., Aszalós, R., & Czúcz, B. (2017): Birds and plants: Comparing biodiversity indicators in eight lowland agricultural mosaic landscapes in Hungary. *Ecological Indicators*, 73, 566-573.
- Somodi, I., Molnár, Z., Czúcz, B., Bede-Fazekas, Á., Bölöni, J., Pásztor, L., ... & Zimmermann, N. E. (2017). Implementation and application of multiple potential natural vegetation models – a case study of Hungary. *Journal of Vegetation Science*. [IN PRESS]
- United Nations, European Commission, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Organisation for Economic Cooperation and Development, The World Bank (2014): System of Environmental-Economic Accounting 2012 – Experimental Ecosystem Accounting. United Nations, New York

Wüstemann, H. et al. (2017): Synergies and trade-offs between nature conservation and climate policy: Insights from the “Natural Capital Germany – TEEB DE” study. Ecosystem Services 24, 187-199.