

LINK: [HTTPS://WWW.EDUTUS.HU/CIKK/AZ-OKOSZISZTEMA-SZOLGALTATASOK-FENNTARTHATOSAGI-ADAPTACIOJANAK-INTEGRALT-ELEMZESI-ES-ERTEKELESI-LEHETOSEGEI](https://www.edutus.hu/cikk/az-okoszisztema-szolgalatasok-fenntarthatosagi-adaptaciojanak-integralt-elemzesi-es-ertekelesi-lehetosegei)

AZ ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSOK FENNTARTHATÓSÁGI ADAPTÁCIÓJÁNAK INTEGRÁLT ELEMZÉSI ÉS ÉRTÉKELÉSI LEHETŐSÉGEI

MAGYAR VERONIKA környezetmérnök hallgató, Széchenyi István Egyetem
e-mail: vmagyar641@gmail.com

MACHER GERGELY ZOLTÁN egyetemi tanársegéd, Széchenyi István Egyetem
e-mail: macher.gergely.zoltan@sze.hu

DOI [10.47273/AP.2023.28.41-55](https://doi.org/10.47273/AP.2023.28.41-55)

ABSZTRAKT

Jelen tanulmány célja az ökoszisztéma-szolgáltatások figyelembevételének és integráltságának meghatározása az egyes fenntarthatósági értékelések és nemzetközi összehasonlítások vonatkozásában. Kutatásunkban az Európai Unió tagállamainak környezeti teljesítménye és fenntartható fejlődési stádiuma kerül összehasonlító elemzésre, különös tekintettel arra, hogy ezekben mennyire mutatkozik meg az ökoszisztéma-szolgáltatások adaptációja. A vizsgálat módszertanát egy nemzetközileg is alkalmazott integrálindex kalkulálása adja, melynek előnye, hogy különböző dimenziójú értékek összehasonlítását teszi lehetővé. Cikkünk középpontjában nem az új eredmények kimutatása, hanem a különböző értékelési módszerek harmonizálása áll. Kimutattuk, hogy jelentős eltérések tapasztalhatók az EU-s tagállamok 2012 és 2022 közötti értékeiben. Míg egyes országokban az ökoszisztéma-szolgáltatások figyelembevétele javuló tendenciát követ, addig más országokban 2022-re romló eredmények voltak tapasztalhatók. Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások kiaknázása és óvása, valamint a fenntartható fejlődés célkitűzéseinek elérése összehangolást kíván.

Kulcsszavak: ökoszisztéma, ökoszisztéma-szolgáltatások, Fenntartható Fejlődési Célok, természeti tőke, biodiverzitás.

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the consideration and integration of ecosystem services in relation to individual sustainability assessments and international comparisons. In our research, the environmental performance and sustainable development stage of the member states of the European Union will be analyzed in a comparative way, with particular attention to the degree to which the adaptation of ecosystem services is shown in them. The methodology of the study is based on the calculation of an internationally used integral index, the advantage of which is that it enables the comparison of values of different dimensions. The focus of our article is not the demonstration of new results, but the harmonization of different assessment methods. We have shown that there are significant differences in the values of the EU member states between 2012 and 2022. While in some countries the consideration of ecosystem services follows an improving trend, in other countries deteriorating results were experienced by 2022. Based on

our results, we can state that the exploitation and protection of ecosystem services and the achievement of the objectives of sustainable development require coordination.

Keywords: ecosystem, ecosystem services, Sustainable Development Goals, natural capital, biodiversity.

1. Bevezetés

Az ökoszisztéma-szolgáltatások az ökoszisztémák közvetlen és közvetett hozzájárulása az emberi jóléthez (Costanza et al., 1997; Bai et al., 2020). Tágabb értelemben az ökoszisztéma-szolgáltatás az ökoszisztéma által generált minden olyan szolgáltatás, amely az emberek jólétét szolgálja, mint például az ellátás, a szabályozás, a támogatás és a kulturális szolgáltatások (MEA, 2005). A természet antropogén kizsákmányolásával azonban (Gao et al., 2021) a természetes területeket folyamatosan városi terület foglalja el, így annak szolgáltatói kapacitása is folyamatosan csökken (Ojaveer et al., 2023; Qiao ill. Huang, 2022).

Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalmának kezdetleges értelmezése egészen az 1970-es évek végéig nyúlik vissza, mely a hasznosnak ítélt ökoszisztéma-funkcióknak szolgáltatásként való kialakításával kezdődött annak érdekében, hogy növelje a biodiverzitás megőrzése iránti közérdeklődést (Westman, 1977; Ehrlich and Ehrlich, 1981; de Groot, 1987; Gómez-Baggethun et al., 2009). Az 1990-es években bővült az e témával foglalkozó szakirodalmak száma, így kiterjedt annak további értelmezése is (Costanza and Daly, 1992; Perrings et al., 1992; Daily, 1997), melyek főképp a gazdasági értékük becslésére szolgáló módszerek miatt vált elterjedté (Costanza et al., 1997; Gómez-Baggethun et al., 2009). Ugyanez igaz napjainkban is, jelenleg az ökoszisztéma-szolgáltatások megítélése egyre inkább befolyásolja a gazdasági döntéshozatalt is. Az ökoszisztémák közvetlen és közvetett kezelése által optimalizálhatjuk az ökoszisztéma-szolgáltatásokat, ezáltal támogatva a megélhetést, a társadalmi jólét és jóllét viszonyát, továbbá a gazdasági növekedést is (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Ching-Hua et al., 2023). Ching-Hua et al. (2023) azonban úgy fogalmaz, mivel az emberek hasznot húznak az ökoszisztémákból és erőforrásokat nyernek, tevékenységük az ökoszisztémákat is megváltoztatja, így azok leromlása az emberi életminőség romlásához vezethet. A globális népességnövekedés és az ezzel párhuzamosan emelkedő gazdasági fejlődés jelentősen megnövelte az ökoszisztéma-szolgáltatások iránti keresletet. A mezőgazdasági földhasználat következtében megvalósuló természetalakítás jelentősen megváltoztatta a globális ökoszisztémát (Jiang et al., 2021; Zhang et al., 2022). Az ökoszisztémák fokozott kihasználása a támogatási, gondozási és kulturális szolgáltatások csökkenéséhez, valamint az ökoszisztéma-szolgáltatások belső szerkezeti stabilitásának csökkenéséhez vezetett (Costanza et al., 2017; Peng et al., 2021; Vallet et al., 2018; Zhang et al., 2022). Ezért szükséges az ökoszisztéma-szolgáltatások leromlásának hatékony elkerülése és átfogó kezelése az ökoszisztéma-szolgáltatások jövőbeli fejlődési trendjének forgatókönyv-elemzésével, valamint regionális ökoszisztéma-szolgáltatások strukturális koordinációja és funkcionális fejlesztése (Zhang et al., 2022).

A természetes ökoszisztémák fenntartható használatát és megőrzését főként a földhasználat és az éghajlatváltozás miatti degradáció veszélyezteti (EUSTAFOR and Patterson, 2011; Baskent, 2023). Az ökoszisztémák leromlásának folyamatát felgyorsította a természeti erőforrások túlzott kiaknázása és helytelen kezelése, amelyet az energia, az alapanyagok, a víz és az élelmiszer iránti növekvő kereslet fokoz (Masiero et al., 2019; MEA, 2005; Baskent, 2023). Az

ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartható kezelése érdekében különféle globális kezdeményezések jöttek létre, mint például az erdőirtásból és -pusztulásból származó kibocsátások csökkentése és a fenntartható fejlődési célok, ezzel biztosítva a bolygó védelmét és a jólétet mindenki számára (Masiero et al., 2019; Baskent, 2023). A Fenntartható Fejlődési Célok az éghajlatváltozás földhasználati dinamikára gyakorolt hatásainak minimalizálására és a több ökoszisztéma-szolgáltatás fenntartható használatának biztosítására összpontosítanak (Bastidas Fegan, 2019; Martínez-Mena et al., 2020; McGonigle et al., 2020; Baskent, 2023). Az Európai Bizottság által meghatározott 2. cél célja az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartása, valamint az ökoszisztémákról és az ökoszisztéma-szolgáltatásokról szóló tudásbázis fejlesztése (Európai Bizottság, 2011; Baskent, 2023). Ennek megfelelően az Európai Unió tagállamai ígéretet tesznek arra, hogy nemzeti tájaikon jellemzik és értékelik ezeket. Az ökoszisztéma-szolgáltatások hatékony értékelése tehát megalapozza a komplex kompromisszumok és az elképzelhető szinergiák megtárgyalását a megőrzésen és a hasznosításon alapuló gazdálkodási célok között egy adott léptékben és jogrendszerben (Gret-Regamey and Weibel, 2020; Häyhä et al., 2015; Baskent, 2023).

Az ökoszisztéma-szolgáltatások jellemzése és értékelése nagyon fontos ezek fenntartható áramlásának meghatározásában. Ezek az információk elősegítenék a természet és a döntéshozók közötti kommunikáció erősítését, illetve az ökoszisztémák fenntartható kezelésének kereteinek megteremtését (Bettinger et al., 2007; Vacik et al., 2016; Baskent, 2023). Különféle módszereket alkalmaztak az ökoszisztéma-szolgáltatások azonosítására és számszerűsítésére, mint például a széntárolás, a biológiai sokféleség megőrzése és a vízellátás (Borges et al., 2017; Ezquerro et al., 2016; Knoke et al., 2021; Kurttila et al., 2018; Pukkala, 2014; Baskent, 2023). Egyelőre még kihívást jelent egy szilárd tudásbázis létrehozása, amely lehetővé teszi a természeti erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodást, valamint az ökoszisztéma ellenálló képességének fenntartása és a társadalom kereslete közötti kompromisszumok megtalálását (Baskent, 2020; Baskent et al., 2008; Masiero et al., 2019). Ezért elengedhetetlen az ökoszisztéma-szolgáltatások térbeli konfigurációjának és gazdasági értékelésének alapos feltérképezése. Az ökoszisztéma-szolgáltatások számszerűsítése a gazdasági értékeléshez és a többszörös felhasználású tervezéshez, valamint a valódi ökoszisztémában az ökoszisztéma-szolgáltatások kapcsolatainak megértéséhez szükséges főbb kihívások kezelése továbbra is kulcsfontosságú kutatási határterület marad a jövőben (Baskent, 2023).

2. Kutatási módszertan

Általánosságban elmondható, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások a tudományos kutatásokban különböző modellek és eszközök segítségével értékelhetők (Tamire et al., 2023). Jelen kutatásunkban Oliinyk et al. (2023) kutatásának módszerét adaptáljuk annak érdekében, hogy meghatározzuk az ökoszisztéma-szolgáltatások adaptáltságának mértékét nemzetközileg elfogadott és alkalmazott, indikátorok mentén kalkulált index értékek együttes felhasználásával. Oliinyk et al. (2023) kutatásuk során szintén különböző indexek kombinálásával határozták meg az általuk vizsgált társadalmi felelősségvállalás nemzetléptékű mutatójának integrálindexét. E módszer alkalmazhatóságának elvi háttérét támasztja alá, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése egy gazdasági, tehát materiális és monetáris folyamat, amely különböző módszerek és modellek együttes alkalmazásával ad átfogó helyzetképet (Tamire et al., 2023). Az ökoszisztéma-szolgáltatások pénzbeli értékelése széles körben elismert, a legtöbb társadalmi-ökológiai rendszerrel kapcsolatos döntés részét

meggyőzőbbé és gyakorlatiasabbá teszi (de Groot et al., 2012; Gómez-Baggethun et al., 2010), ugyanakkor ezen szolgáltatások vagy -funkciók értékelése az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésének mindösszesen csak egyik részét képezik (Tamire et al., 2023).

Az ökoszisztéma-szolgáltatások integrált értékeléséhez a következő nemzetközi indexek adatait kombináltuk egyenlő faktorokkal, súlyozással és arányokkal, egy kétdimenziós euklideszi térrendszerben: Fenntartható Fejlődési Célok Index, Természeti Tőke Index, valamint a Környezeti Teljesítmény Index: Ökoszisztéma-szolgáltatások index értéke. Ahogyan azt Oliinyk et al. (2023) is írta, a Fenntartható Fejlődési Célok Index keretei megfelelnek az ENSZ Közgyűlésen 2015 szeptemberében elfogadott 17 db Fenntartható Fejlődési Célnak, ugyanakkor fontos leszögezni, hogy ezen célok és azok indikátorai mennyiségüket tekintve nem elegendők. A Fenntartható Fejlődési Célok Index¹ egy adott ország adott leltári évben megvalósult abszolút fenntarthatósági teljesítményére fókuszál, melyet 0 és 100 közötti értékre normalizál. Ezzel párhuzamosan a Természeti Tőke Index egy adott ország természeti tőkéjének mértékét a természetes fizikai környezet mentén határozza meg. A Natural Capital modell magában foglalja az erőforrások lényegét, amelyek lehetővé teszik egy ország teljes önfenntartását: föld, víz, éghajlat, biodiverzitás, élelmiszertermelés és -kapacitás, valamint energia és ásványi erőforrások. Ezenkívül figyelembe veszik azon erőforrások kimerülésének vagy leépülésének mértékét, amelyek veszélyeztethetik a jövőbeni önellátást, hogy tükrözzék a rendelkezésre álló természeti tőkével kapcsolatos teljes képet.² A Környezeti Teljesítmény Index (EPI: Environmental Performance Index) egy adatvezérelt összefoglalást ad egy adott ország fenntarthatósági helyzetképéről. Az Index 11 problémakategóriában 40 teljesítménymutatót alkalmaz 180 ország rangsorolására. Az EPI által alkalmazott ökoszisztéma-szolgáltatások kategória azokat a létfontosságú szolgáltatásokat elemzi, amelyek a humán és a környezeti jólét érdekében alkalmazhatók az ökoszisztéma révén. E kategóriába sorolja a szén-dioxid-megkötést és -tárolást, a biodiverzitású élőhelyeket, a tápanyagok körforgását és a partok, vizes élőhelyek védelmét. Három mutatóból áll, amelyek értékelik ezen ökoszisztémák állapotát: a fák borításának elvesztését, a gyepek elvesztését és a vizes élőhelyek elvesztését.³

A kiválasztott indikátorok értékeit a 2012-es és a 2022-es vizsgálati év viszonylatában elemezzük. Az átfogó értékelés, Oliinyk et al. (2023) módszertanához hasonlóan a Pluta (1977) által meghatározott taxonómiai elemzés módszerének alkalmazási logikájának feleltethető meg. Az általunk képzett taxonómiai mutató a differenciált mértékegységű és dimenziójú mutatókat azonos és egyetlen mennyiségi értékelésre emeli.

Tarí et al. (2020), Oliinyk et al. (2022), Sroczyńska et al. (2021) és Oliinyk et al. (2023) szerint az alábbi előnyei vannak a kalkulált integrálindexnek:

- a mutató normalizált és 0 és 1 között változik, ami megkönnyíti az érték értelmezését (az 1-hez közeli értékek magas fejlettségnek, a 0-hoz közeli értékek alacsony fejlettségnek felelnek meg);
- az indikátor a nagyszámú heterogén paraméterrel jellemezhető objektumok vagy folyamatok vizsgálatára összpontosít;

¹ Fenntartható Fejlődési Célok Index: <https://www.sdgindex.org/>

² Természeti Tőke Index: <https://solability.com/the-global-sustainable-competitiveness-index/the-index/natural-capital/>

³ Környezeti Teljesítmény Index: Ökoszisztéma-szolgáltatások - <https://epi.yale.edu/epi-results/2022/component/ecs>

- az indikátor egy szintetikus érték, amely figyelembe veszi az összes egyedi mutató értékének hatását;
- az indikátor lehetővé teszi többdimenziós objektumok vagy folyamatok szervezését egy adott normatív referenciavektorhoz képest.

A vizsgálatok során elemzett indikátorok egyes tagállamokra vonatkozó 2012-es és 2022-es értékei között nagymértékű differencia, értékkülönbség volt tapasztalható (Málta, Portugália, Ciprus), így azok inputadatai negatív integrálindexeket eredményeztek, amelyek a taxonómiai integrálindex módszertana szerint nem alkalmazhatók. Amennyiben azok továbbvitelre kerültek volna, egyes tagállamok esetében negatív előjelű indexet lehetett volna kimutatni, mindezek okán e tagállamok kihagyásra kerültek, hiszen jelentős mértékben torzították a kapott eredményeket. Ennél fogva a soron következő számítások a fenti tagállamokat mellőzik. Az ökoszisztéma-szolgáltatások taxonómiai mutatójának meghatározásához használt elemzési eljárás lépései megegyeznek Oliinyk et al. (2023) alkalmazott módszerével, mely a következő szakaszokból tevődött össze:

- (1) A különböző kiindulási adatok standardizálása egyetlen metrikus skálára való redukálás érdekében, amelyet az alábbi képlet segítségével végeztünk el:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_{ij}}{\sigma_i},$$

ahol: Z_{ij} a j -edik Európai Unió tagállam i -edik mutatójának a standardizált értéke ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$); x_{ij} a j -edik EU-s tagállam i -edik mutatójának a számtani középértéke; σ_i az i -edik indikátor szórásértéke.

- (2) Z_{0i} referenciapont kialakítása ($Z_{01}, Z_{02}, \dots, Z_{0m}$), mely az EU tagállamok értékeinek egy maximális értékhez történő viszonyítását jelenti.

$$Z_{0i} = \max_{i \in I} z'_{ij}$$

ahol: I az indikátorok halmaza.

- (3) Az euklideszi távolság mértéke, melynek értéke minden indikátornak a referenciaponthoz viszonyított távolságát jellemzi:

$$d_{0i} = \sqrt{\sum_{i,j=1}^{n,m} (Z_{ij} - Z_{0i})^2},$$

ahol: d_{0i} az indikátorérték euklideszi távolsága a referenciaponttól.

- (4) A taxonómiai mutató kiszámítása, amely tükrözi az ökoszisztéma-szolgáltatások fejlettségi szintjének, adaptációs mértékének átfogó értékelését az EU tagállamokban (K_i):

$$K_i = 1 - \frac{d_{0i}}{d_0},$$

$$d_0 = \bar{d}_0 + 2 \cdot \sigma_0, \sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum (d_{0i} - \bar{d}_0)^2}{n}},$$

ahol: K_i a társadalmi felelősségvállalás szintjének átfogó értékelése az egyes EU-s országokban; \bar{d}_0 a számtani középértéke a megfelelő euklideszi távolságnak; σ_0 a megfelelő euklideszi távolság szórás értéke.

3. Eredmények

A fentebb meghatározott kutatási célkitűzéseknek megfelelően, jelen kutatás egyik legfontosabb elemeként kiválasztottuk azokat a fő nemzetközi indexeket, amelyek alapján meghatározásra kerültek a 2012-2022-es időtávra jellemző ökoszisztéma-szolgáltatási integráltsági szint mértéke az EU-27 területi viszonylatában (1. táblázat). A kiindulási adatok standardizálását követően (2. táblázat) meghatározásra került az euklideszi távolság mértéke, valamint az ökoszisztéma-szolgáltatások adaptációs fejlettségi indexének a mértéke (3. táblázat).

A taxonómiai elemzés során kapott eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált időszak két határévének ökoszisztéma-szolgáltatások adaptációs fejlettségi mértékére vonatkozó értékei széles spektrumban mozognak. Az átlagos asszimilációs szint mértéke az EU tagállamaiban a 2012-es évben közel 0,3305 volt, amely egy alacsony integráltsági értéket jelöl. Ezzel szemben ez az érték 2022-re 0,3423-es indexértékre nőtt (+3,57%) a vizsgált tagállamokra vonatkoztatva. Ezek alapján elmondható, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások integráltsági mértéke azt jelöli, hogy ezen szektor adaptációja, noha megvalósul, annak mértéke csekély léptékűnek is alig volt mondható 2012-ben. Ez 2022-re átlagosan +25,4%-kal növekedett, vagyis az ökoszisztéma-szolgáltatások fejlettségi mértéke és szem előtt tartása jelentős mértékben emelkedett.

Az elemzés eredményei azt mutatták, hogy az EU tagállamok a 2012 és 2022 közötti trend alapján jelentős mértékben differenciálódnak egymástól. 2012-ben Dánia (0,819), Lettország (0,511) és Németország (0,491) állt az első három helyen az ökoszisztéma-szolgáltatások fejlettségi mértékére vonatkozóan. 2022-ben az első helyen már Svédország állt (0,790). A második helyen Horvátország (0,645), míg a harmadik helyen Ausztria 0,578-as értéke áll.

A leggyengébben teljesítő tagállamok esetében szintúgy jelentős változások voltak tapasztalhatók. Az utolsó három helyen Görögország (0,127), Luxemburg (0,096) és Spanyolország (0,043) állt 2012-ben. 2022-ben Spanyolország (0,194), Luxemburg (0,123) és Belgium (0,042) voltak a vizsgált tagállamok közül a legrosszabbul teljesítők.

Magyarország 2012-es és 2022-es értéke között közel +20,5%-os növekedés következett be. Ennek oka, hogy míg 2012-ben az ökoszisztéma-szolgáltatások integrálindexének mértéke 0,240-re, míg 2022-ben pedig már 0,290-re volt tehető.

A vizsgált időszakban számos olyan esemény bekövetkezett (pl.: COVID-19 pandémia stb.), amely a kialakult helyzetképhez hozzájárult, ezáltal is azt eredményezve, hogy megtorpant az egyes tagállamok előrehaladásának mértéke a fenntartható fejlődés céljainak elérésére. Mindezt alátámasztja, hogy olyan gazdaságilag vezető országok esetében következett be jelentős mértékű csökkenés, mint Németország (-52,0%), Dánia (-54,3%) vagy Belgium (-79,9%).

A 2012-es és 2022-es integrálindexek segítségével az egyes tagállamok csoportokra bonthatók (1. ábra). A kialakult átlagértékhez képest jellemzően magas értékkel rendelkezett mind 2012-ben, mind 2022-ben: Svédország (SE), Ausztria (AT), Finnország (FI), Horvátország (HR) és Szlovénia (SI). Ezzel párhuzamosan mind 2012-ben, mind 2022-ben alacsony értékkel rendelkezett Görögország (GR), Spanyolország (ES) és Luxemburg (LU).

1. táblázat: Mutatók az ökoszisztéma-szolgáltatások adaptációs indexének értékeléséhez az EU-tagállamokban

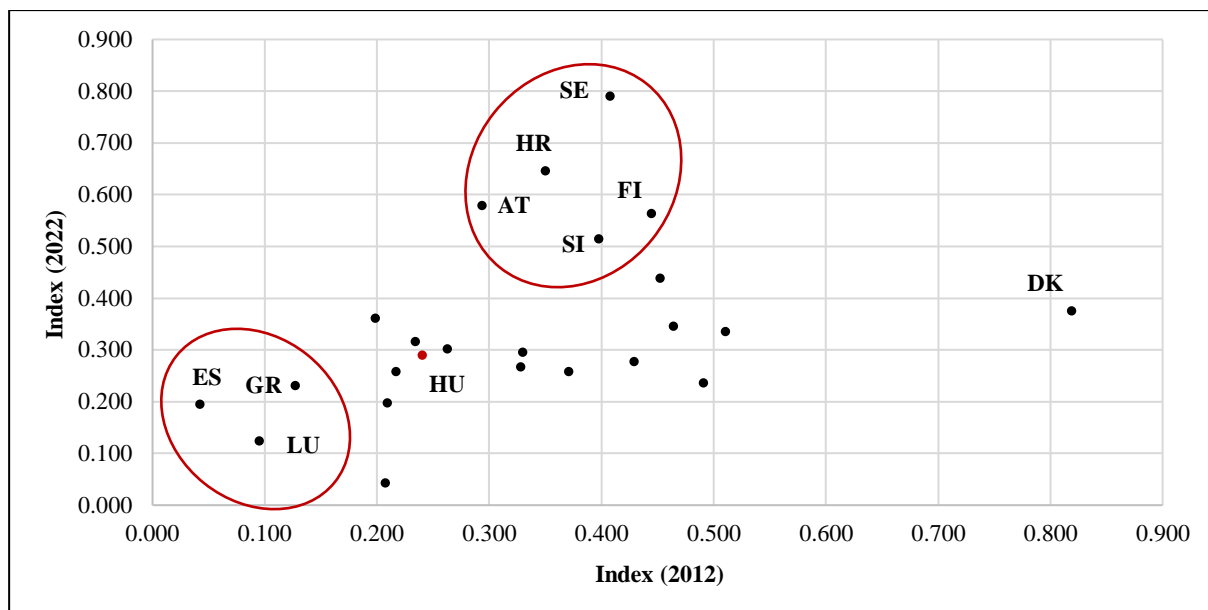
Tagállam	SDG index ¹ (Fenntartható fejlődés)		GCR index ² (Természeti Tőke Index)		EPI index ³ (Ökoszisztéma-szolgáltatások)	
	2012	2022	2012	2022	2012	2022
Belgium	76,73	79,46	41,40	30,90	25,40	16,30
Bulgária	74,57	74,62	39,90	45,90	35,90	37,40
Csehország	78,13	81,87	44,80	37,40	26,60	19,10
Dánia	83,97	85,68	58,20	43,40	32,20	16,40
Németország	80,10	83,36	43,90	35,00	35,90	17,90
Észtország	76,79	81,68	52,90	51,20	32,70	15,20
Írország	78,95	80,15	53,60	43,90	25,60	17,40
Görögország	73,88	78,37	40,70	36,30	27,50	28,10
Spanyolország	77,05	80,43	36,00	42,30	21,10	13,40
Franciaország	78,72	82,05	52,70	45,80	27,10	21,50
Horvátország	76,59	81,50	44,10	51,70	33,00	34,40
Olaszország	76,47	78,79	43,30	40,20	32,60	26,10
Lettország	77,75	80,68	61,00	55,80	29,90	15,80
Litvánia	73,71	76,81	56,20	52,00	25,30	21,90
Luxemburg	74,46	77,65	39,60	38,50	25,10	18,10
Magyarország	77,20	79,39	44,40	37,30	24,30	28,00
Hollandia	77,59	79,42	46,50	37,40	28,60	24,40
Ausztria	80,85	82,28	41,40	47,90	24,20	28,00
Lengyelország	77,43	81,80	37,30	44,00	32,50	15,80
Románia	74,28	77,46	40,20	46,00	34,20	35,00
Szlovénia	79,69	81,01	40,00	43,70	34,50	34,10
Szlovákia	76,70	79,12	38,20	47,70	30,40	19,90
Finnország	85,45	86,76	58,40	55,50	21,80	20,10
Svédország	85,49	85,98	54,00	55,70	21,40	29,30

2. táblázat: A kiindulási adatok standardizált értékei az EU-tagállamok vonatkozásában

Tagállam	SDG index (Fenntartható fejlődés)		GCR index (Természeti Tőke Index)		EPI index (Ökoszisztéma- szolgáltatások)	
	2012	2022	2012	2022	2012	2022
Belgium	-0,3931	-0,4203	-0,6332	-1,9414	-0,6989	-0,9388
Bulgária	-1,0499	-2,0876	-0,8313	0,2164	1,5532	1,9886
Csehország	0,0326	0,4100	-0,1843	-1,0064	-0,4415	-0,5503
Dánia	1,8083	1,7225	1,5850	-0,1433	0,7596	-0,9249
Németország	0,6316	0,9232	-0,3031	-1,3516	1,5532	-0,7168
Észtország	-0,3749	0,3445	0,8852	0,9788	0,8669	-1,0914
Írország	0,2819	-0,1826	0,9776	-0,0713	-0,6560	-0,7862
Görögország	-1,2597	-0,7958	-0,7257	-1,1646	-0,2484	0,6983
Spanyolország	-0,2958	-0,0861	-1,3462	-0,3015	-1,6211	-1,3411
Franciaország	0,2120	0,4720	0,8588	0,2020	-0,3342	-0,2174
Horvátország	-0,4357	0,2825	-0,2767	1,0507	0,9312	1,5724
Olaszország	-0,4722	-0,6511	-0,3824	-0,6036	0,8454	0,4208
Lettország	-0,0830	0,0000	1,9547	1,6405	0,2663	-1,0082
Litvánia	-1,3114	-1,3332	1,3209	1,0939	-0,7203	-0,1619
Luxemburg	-1,0834	-1,0438	-0,8709	-0,8481	-0,7632	-0,6891
Magyarország	-0,2502	-0,4444	-0,2371	-1,0208	-0,9348	0,6844
Hollandia	-0,1316	-0,4341	0,0402	-1,0064	-0,0125	0,1850
Ausztria	0,8596	0,5512	-0,6332	0,5041	-0,9562	0,6844
Lengyelország	-0,1803	0,3858	-1,1746	-0,0569	0,8240	-1,0082
Románia	-1,1381	-1,1093	-0,7917	0,2308	1,1886	1,6556
Szlovénia	0,5069	0,1137	-0,8181	-0,1001	1,2530	1,5308
Szlovákia	-0,4023	-0,5374	-1,0557	0,4753	0,3736	-0,4393
Finnország	2,2583	2,0945	1,6114	1,5974	-1,4710	-0,4116
Svédország	2,2705	1,8258	1,0304	1,6261	-1,5568	0,8648

3. táblázat: A kiindulási adatok standardizált értékei az EU-tagállamok vonatkozásában

Tagállam:	2012						2022					
	$(d_{0i} - d_0)$			$\Sigma(d_{0i} - d_0)^2$	E-távolság	K_i	$(d_{0i} - d_0)$			$\Sigma(d_{0i} - d_0)^2$	E-távolság	K_i
Belgium	-2,6636	-2,5879	-2,2521	18,86	4,34	0,208	-2,5148	-3,5819	-2,9274	27,72	5,27	0,042
Bulgária	-3,3204	-2,7860	0,0000	18,79	4,33	0,210	-4,1822	-1,4241	0,0000	19,52	4,42	0,196
Csehország	-2,2379	-2,1390	-1,9947	13,56	3,68	0,328	-1,6846	-2,6469	-2,5389	16,29	4,04	0,265
Dánia	-0,4622	-0,3697	-0,7936	0,98	0,99	0,819	-0,3721	-1,7838	-2,9135	11,81	3,44	0,375
Németország	-1,6389	-2,2578	0,0000	7,78	2,79	0,491	-1,1713	-2,9921	-2,7054	17,64	4,20	0,236
Észtország	-2,6454	-1,0695	-0,6864	8,61	2,93	0,465	-1,7500	-0,6617	-3,0800	12,99	3,60	0,344
Írország	-1,9886	-0,9771	-2,2092	9,79	3,13	0,429	-2,2771	-1,7119	-2,7748	15,82	3,98	0,276
Görögország	-3,5302	-2,6803	-1,8017	22,89	4,78	0,127	-2,8903	-2,8051	-1,2903	17,89	4,23	0,230
Spanyolország	-2,5663	-3,3009	-3,1744	27,56	5,25	0,043	-2,1807	-1,9420	-3,3297	19,61	4,43	0,194
Franciaország	-2,0585	-1,0959	-1,8875	9,00	3,00	0,453	-1,6226	-1,4385	-2,2060	9,57	3,09	0,437
Horvátország	-2,7062	-2,2314	-0,6220	12,69	3,56	0,350	-1,8120	-0,5898	-0,4162	3,80	1,95	0,645
Olaszország	-2,7427	-2,3370	-0,7078	13,49	3,67	0,330	-2,7456	-2,2441	-1,5678	15,03	3,88	0,294
Lettország	-2,3535	0,0000	-1,2869	7,20	2,68	0,511	-2,0945	0,0000	-2,9968	13,37	3,66	0,335
Litvánia	-3,5819	-0,6338	-2,2735	18,40	4,29	0,218	-3,4277	-0,5466	-2,1505	16,67	4,08	0,257
Luxemburg	-3,3539	-2,8256	-2,3164	24,60	4,96	0,096	-3,1384	-2,4887	-2,6777	23,21	4,82	0,123
Magyarország	-2,5207	-2,1918	-2,4880	17,35	4,17	0,240	-2,5389	-2,6613	-1,3041	15,23	3,90	0,290
Hollandia	-2,4021	-1,9145	-1,5657	11,89	3,45	0,371	-2,5286	-2,6469	-1,8036	16,65	4,08	0,257
Ausztria	-1,4109	-2,5879	-2,5095	14,99	3,87	0,294	-1,5433	-1,1364	-1,3041	5,37	2,32	0,578
Lengyelország	-2,4508	-3,1293	-0,7292	16,33	4,04	0,263	-1,7087	-1,6975	-2,9968	14,78	3,84	0,300
Románia	-3,4086	-2,7464	-0,3646	19,29	4,39	0,199	-3,2038	-1,4098	-0,3330	12,36	3,52	0,360
Szlovénia	-1,7636	-2,7728	-0,3003	10,89	3,30	0,398	-1,9809	-1,7406	-0,4578	7,16	2,68	0,513
Szlovákia	-2,6728	-3,0104	-1,1797	17,60	4,19	0,235	-2,6319	-1,1652	-2,4279	14,18	3,77	0,315
Finnország	-0,0122	-0,3433	-3,0242	9,26	3,04	0,445	0,0000	-0,0432	-2,4002	5,76	2,40	0,563
Svédország	0,0000	-0,9243	-3,1100	10,53	3,24	0,408	-0,2687	-0,0144	-1,1238	1,34	1,16	0,790

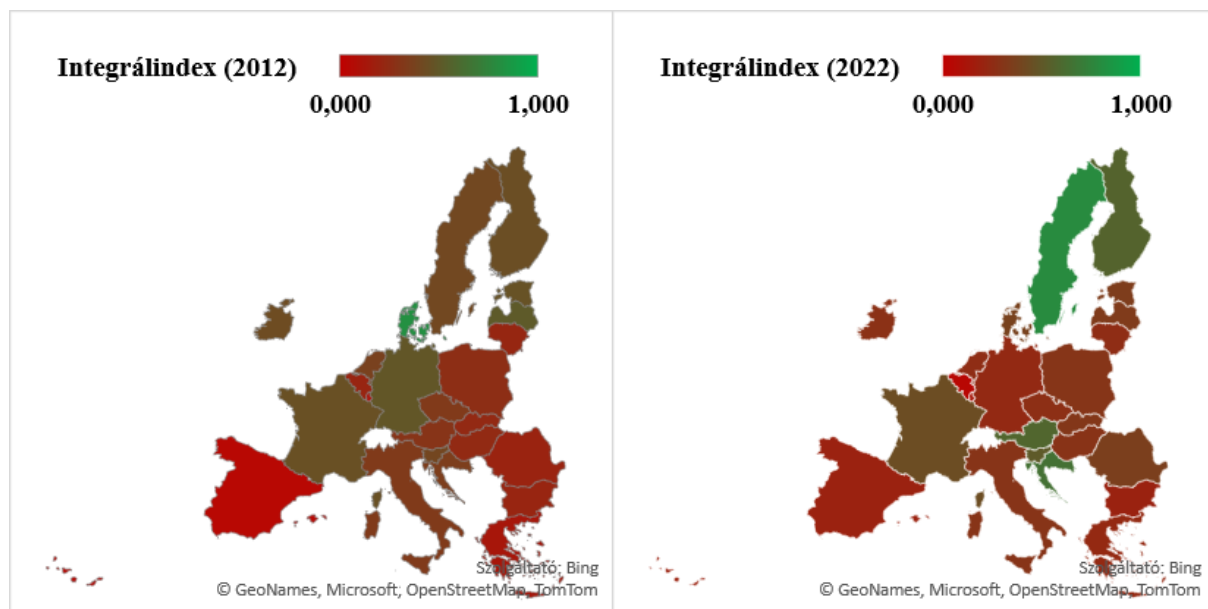


1. ábra: Integrálindex értékek szerinti tagállamcsoportosítás

Forrás: számított értékek alapján, saját szerkesztés

A 2. ábrán látható térképek a számított integrálindexek mértékét és összehasonlítását teszik lehetővé. Szemmel látható, hogy jelentős eltolódás volt tapasztalható 2012 és 2022 között az ökoszisztéma-szolgáltatások integráltságának és asszimilációjának mértékében. Míg az első térképen inkább az látható, hogy az egyes uniós tagállamok értékei a 0 és 1 közötti intervallum között helyezkednek el, addig a jobb oldali ábrán látható 2022-es értékek szerinti tagállamjelölések már a vizsgálati intervallum centruma körül tendálnak.

2. ábra: Integrálindexek értékeinek térképi összehasonlítása a vizsgált tagállamokban



Forrás: számított értékek alapján, saját szerkesztés

4. Következtetések, javaslatok

Mindezek fényében levonható azon következtetés, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások asszimilációjának mértéke alacsony mértékű, és jelentősen csökkent az egyes Európai Unió

tagállamainak fenntarthatósági törekvéseiben. A kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy az egyes országok ökoszisztéma-szolgáltatásokra vonatkozó integráltságának vizsgálata sokkal informatívabb és tényközlő, amennyiben különböző nemzetközi indexek értékeit alkalmazzuk a valós helyzetkép feltárására. A számított integrálindex középértéke 2012-ben $0,330 \pm 0,165$ volt, mely 2022-re $0,342 \pm 0,171$ értékre növekedett. Vagyis a vizsgált 10 éves intervallum két határértékének mindkét értéke közepesen alacsony integráltságot jelöl. A vizsgált tagállamok esetében, a 2012 és 2022 között beállt változás mértéke átlagosan +25,2%, ugyanakkor amennyiben csak a középértékek nagyságát vesszük figyelembe, ez az érték +3,58%-ra módosul. Mindez noha igazolja, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások integráltsága növekszik, a számított értékek mentén annak léptéke alacsony ütemet igazol. A munkánk során alkalmazott taxonómiai elemzés segítségével egy olyan értékelés vált lehetővé, amely rávilágított arra, hogy noha jelentős figyelem hárul a klímavédelmi célkitűzések elérésére és a fenntarthatósági célok teljesítésére, valójában nem kerülnek elismerésre olyan fontos szolgáltatások, amelyek az emberi és környezeti jólét elérését célozzák. Kutatásunk tehát arra hívja fel a figyelmet, amely a környezetvédelem alapüzenete is egyben, mégpedig a komplex és multidiszciplináris szemlélet térnyerése, amely egyaránt veszi figyelembe a természeti környezet által nyújtott immateriális javak alkalmazását és óvását, melyre a jövőben is kiemelt figyelem kell, hogy háruljon majd.

5. Összefoglalás

Ez a tanulmány azt vizsgálta, hogy a jelenleg is alkalmazott fenntarthatósági indikátorok milyen mértékben veszik figyelembe az egyes ökoszisztéma-szolgáltatások alkalmazásának potenciálját és védelmének szükségességét. Annak ellenére, hogy az egyes kulcsfontosságú ökoszisztéma-szolgáltatásokat, többek között a szén-tárolás, a fakitermelés, a biodiverzitás megőrzése, a vízellátás és a rekreáció már azonosításra, feltérképezésre, számszerűsítésre és gazdasági értékelésre került mind a mai napig nincs egységes fogalom meghatározás és módszertan annak monitorozására. Ennél fogva e tanulmány központi célja, hogy növelje a tudatosság és a szélesspektrumú „ökoszisztéma-menedzsment” kvalitatív és kvantitatív mibenlétét a jelenleg alkalmazott indexértékek mentén. Ugyanakkor annak érdekében, hogy a szakmai közönségen túlmenően, a lakosság számára is közérthető és adaptálható következtetések és intézkedési lehetőségek legyenek megfogalmazhatók, a kutatás folytatására és az eredmények kézzelfoghatóbbá, intézkedési lehetőséggé történő transzformálására van szükség. Összefoglalva tehát, eredményeink azt mutatják, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatások kiaknázása és óvása, valamint a fenntartható fejlődés célkitűzéseinek elérése összehangolást kíván. Annak ellenére, hogy egyes indikátorok azt mutatják, hogy a fejlettebb országok jelentős előnyben részesülnek a fenntartható fejlődés szempontjából, az általunk számított integrálindex ennek ellenkezőjét mutatták. Arra a következtetésre jutottunk, hogy a fenntartható fejlődési index, valamint a környezeti teljesítmény index értékei önmagukban nem elegendők a multifunkcionalitás és a komplexitás eléréséhez, ezáltal nem nyújtanak taxatív helyzetfeltárást a komplex-szemléletű környezetvédelmi elemzésekhez. A klímaváltozás által napjainkra eredményezett globális és regionális kihívások azt sugallják, hogy a természeti környezet által nyújtott szolgáltatások elengedhetetlenek az emberi jóléthez és jólléthez, az egyes tagállamok rezilienciájához, ezt meghaladva pedig a klímabarát, fenntartható és körforgásos fejlődés biztosításához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Bai Y., Chen Y., Alatalo J. M., Yang Z., Jiang B. (2020): Scale effects on the relationships between land characteristics and ecosystem services- a case study in Taihu Lake Basin, China. *Science of The Total Environment*. Volume 716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137083>
2. Baskent E. Z. (2023): Characterizing and assessing key ecosystem services in a representative forest ecosystem in Turkey. *Ecological Informatics*. Volume 74, 101993. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.101993>
3. Baskent E. Z. (2020): A Framework for Characterizing and Regulating Ecosystem Services in a Management Planning Context. *Forests* 11(1):102. <https://doi.org/10.3390/f11010102>
4. Baskent E. Z., Başkaya S., Terzioğlu S. (2008): Developing and implementing participatory and ecosystem based multiple use forest management planning approach (ETÇAP): Yalnızçam case study. *Forest Ecology and Management*, Volume 256, Issue 4, pp. 798-807. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.05.039>
5. Bastidas Fegan S. (2019): The sustainable land management mainstreaming tool. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
6. Bettinger P., Holliday C. P., Threadgill M. S., Hyldahl A. C. (2007): On Integrating Water Yield Models with Forest Planning Efforts. *Water Policy* 9(6). <https://doi.org/10.2166/wp.2007.030>
7. Borges G. J., Marques S., Garcia-Gonzalo J., Rahman U. A., Bushenkov A. V., Sottomayor M., Carvalho P., Nordström E. (2017): A Multiple Criteria Approach for Negotiating Ecosystem Services Supply Targets and Forest Owners' Programs. *Forest Science*, Volume 63, Issue 1, pp. 49-61. <https://doi.org/10.5849/FS-2016-035>
8. Ching-Hua H., Hsing-Wei L., Wan-Yu L. (2023): Assessing the ecosystem services provided by conventional and organic farmlands: A better outcome for organic farmlands? *Ecosystem Services*. Volume 60., 101514. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2023.101514>
9. Chunyue Z., Yongping B., Xuedi Y., Zuqiao G., Jianshe L., Zhijie C. (2022): Scenario analysis of the relationship among ecosystem service values—A case study of Yinchuan Plain in northwestern China. *Ecological Indicators*. Volume 143, 109320. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109320>
10. Costanza R. and Daly H. (1992): Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, Volume 6, Issue 1, pp. 37-46. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
11. Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R. V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M. (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387 (6630) (1997), pp. 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>

12. Costanza R., de Groot R., Braat L., Kubiszewski I., Fioramonti L., Sutton P., Farber S., Grasso M. (2017): Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, Volume 28, pp. 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
13. Daily C. G. (1997): *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC. ISBN 1-55963-476-6.
14. de Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P., van Beukering P. (2012): Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1 (2012), pp. 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>
15. de Groot S. R. (1987): Environmental functions as a unifying concept for ecology and economics. *Environmentalist* volume 7, pages 105–109. <https://doi.org/10.1007/BF02240292>
16. Ehrlich P.R. and Ehrlich A.H. (1981) *Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species*. Random House, New York, 72-98.
17. European Commission (2011): *Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020*. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0244&from=EN>
18. EUSTAFOR and Patterson T. (2011): *Ecosystem Services in European State Forests*, European State Forest, Association, Brussels.
19. Ezquerro M., Pardos M., Diaz-Balteiro L. (2016): Operational Research Techniques Used for Addressing Biodiversity Objectives into Forest Management: An Overview. *Forests* 7, 229. <https://doi.org/10.3390/f7100229>
20. Gao L., Liu G., Zamyadi A., Wang Q., Li M. (2021): Life-cycle cost analysis of a hybrid algae-based biological desalination – low pressure reverse osmosis system. *Water Research*, 195 (2021), Article 116957. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116957>
21. Gómez-Baggethun E., de Groot R., Lomas L. P., Montes C. (2010): The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*. Volume 69, Issue 6, Pages 1209-1218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
22. Grêt-Regamey A. and Weibel B. (2020): Global assessment of mountain ecosystem services using earth observation data. *Ecosystem Services*, Volume 46, 101213. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101213>
23. Häyhä T., Franzese P. P., Paletto A., Fath D. B. (2015): Assessing, valuing, and mapping ecosystem services in Alpine forests. *Ecosystem Services*, Volume 14, pp. 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.03.001>
24. Jiang W., Wu T., Fu B. (2021): The value of ecosystem services in China: A systematic review for twenty years. *Ecosystem Services*, Volume 52, 101365. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101365>

25. Knoke T., Gosling E., Thom D., Chreptun C., Rammig A., Seidl R. (2021): Economic losses from natural disturbances in Norway spruce forests – A quantification using Monte-Carlo simulations. *Ecological Economics*, Volume 185, 107046. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107046>
26. Kurttila M., Pukkala T., Miina J. (2018): Synergies and Trade-Offs in the Production of NWFPs Predicted in Boreal Forests. *Forests*, 9:417. <https://doi.org/10.3390/f9070417>.
27. Martínez-Mena M., Carrillo-López E., Boix-Fayos C., Almagro M., García Franco N., Díaz-Pereira E., Montoya I., de Vente J. (2020): Long-term effectiveness of sustainable land management practices to control runoff, soil erosion, and nutrient loss and the role of rainfall intensity in Mediterranean rainfed agroecosystems. *CATENA*, Volume 187, 104352. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104352>
28. Masiero M., Pettenella D., Boscolo M., Barua K. S., Animon I., Matta R. (2019): Valuing forest ecosystem services - a training manual for planners and Project developers. Food and Agriculture Organization of the United Nations, ISBN: 978-92-5-131215-5.
29. McGonigle D.F., Rota Nodari G., Phillips R.L., Aynekulu E., Estrada-Carmona N., Jones S.K., Koziell I., Luedeling E., Remans R., Shepherd K., Wiberg D., Whitney C., Zhang W (2020): A Knowledge Brokering Framework for Integrated Landscape Management. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:13. doi: 10.3389/fsufs.2020.00013.
30. MEA. (2005): Ecosystem and Human well being: Health Synthesis. 18(2). <http://www.bioquest.org/wp-content/blogs.dir/files/2009/06/ecosystems-and-health.pdf>.
31. Ojaveer H., Einberg H., M Lehtiniemi., Outinen O., Zaiko A., Jelmert A., Kotta J. (2023): Quantifying impacts of human pressures on ecosystem services: effects of widespread non-indigenous species in the Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, 858 (2023), Article. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159975>
32. Oliinyk, O., Mishchuk, H., Bilan, Y., Skare, M. (2022): Integrated assessment of the attractiveness of the EU for intellectual immigrants: A taxonomy-based approach. *Technol. Forecast. Soc. Change* 2022, 182, 121805. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121805>
33. Oliinyk, O.; Mischuk, H.; Vasa, L.; Kozma, K. (2023): Social Responsibility: Opportunities for Integral Assessment. *Sustainability*, 15., 5608. <https://doi.org/10.3390/su15065608>
34. Peng L., Deng W., Huang P. (2021): Evaluation of multiple ecosystem services landscape index and identification of ecosystem services bundles in Sichuan Basin. *Acta Ecol. Sinica*, pp. 9328-9340. <https://doi.org/10.5846/stxb202009062319>
35. Perrings C., Folke C., Mäler K. G.(1992): The Ecology and Economics of Biodiversity Loss: The Research Agenda. *Ambio*, Volume 21, Issue 3, pp. 201-211.
36. Pluta W. (1977): Wielowymiarowa Analiza Porównawcza w Badaniach Ekonomicznych: Metody Taksonomiczne i Analizy Czynnkowej; Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne: Warszawa, Poland; 150p.

37. Pukkala T. (2014): Does biofuel harvesting and continuous cover management increase carbon sequestration? *Forest Policy and Economics*, Volume 43, pp. 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2014.03.004>
38. Qiao W. and Huang X. (2022): The Impact of Land Urbanization on Ecosystem Health in the Yangtze River Delta Urban Agglomerations China: *Cities* (2022), Article 103981. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103981>
39. Sroczynska K., Chainho P. Vieira S., Adão H. (2021): What makes a better indicator? Taxonomic vs functional response of nematodes to estuarine gradient. *Ecol. Indic.* 2021, 121, 107113. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107113>
40. Tamire C., Elias E., Argaw M. (2023): A systematic review of ecosystem services assessments, trends, and challenges in Ethiopia. *Watershed Ecology and the Environment*. Volume 5. pp. 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2022.12.002>
41. Tarí, J.J., Pereira-Moliner, J., Molina-Azorín, J.F., López-Gamero, M.D. (2020): A Taxonomy of Quality Standard Adoption: Its Relationship with Quality Management and Performance in Tourism Organizations In Spain. *J. Tour. Serv.* 2020, 21, 22–37. <https://doi.org/10.29036/jots.v11i21.151>
42. Vacik H., Borges J. G., Kaspar J. (2016): Challenges in the design of Forest Management Decision Support Systems addressing sustainability and societal demands. Conference: EWG-DSS 2016 International Conference on Decision Support System Technology At: Plymouth UK.
43. Vallet A., Locatelli B., Levrel H., Wunder S., Seppelt R., Scholes J. R., Oszwald J. (2018): Relationships Between Ecosystem Services: Comparing Methods for Assessing Tradeoffs and Synergies. *Ecological Economics*, Volume 150, pp. 96-106. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.002>
44. Westman E. W. (1977): How Much Are Nature's Services Worth?: Measuring the social benefits of ecosystem functioning is both controversial and illuminating. *SCIENCE*, Volume 197, Issue 4307, pp. 960-964. <https://doi.org/10.1126/science.197.4307.960>