

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Prohászka Viola Judit

Budapest

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**AZ ÖKOSZISZTÉMA-ÁLLAPOT ÉS
-SZOLGÁLTATÁSOK VIZSGÁLATA ÖKOFALVAK
PÉLDÁJÁN**

Prohászka Viola Judit

Budapest

2025

A doktori iskola

megnevezése: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola

tudományága: Agrárműszaki

vezetője: Dr. Bozó László, egyetemi tanár, DSc, MHAS
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Környezettudományi Intézet, Vízgazdálkodási és
Klímaadaptációs Tanszék

Témavezetők: Dr. Kollányi László egyetemi docens
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti
Intézet, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék
Tormáné Dr. Kovács Eszter egyetemi tanár
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem,
Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet,
Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezetők jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1.	A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK	5
2.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	6
3.	EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE	9
4.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK	12
5.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	15
6.	A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI	20

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Egy terület ökoszisztéma-szolgáltatásainak feltárása és térképezése során a módszertan kiválasztása sok esetben kihívást jelent. Minél részletesebb és pontosabb felmérést szeretnénk, annál inkább szükség van helyismeretre és olyan módszertan kidolgozására, amely az adott terület körülményeihez igazodik, alkalmazkodik. Doktori dolgozatom témájaként elsősorban azért választottam az ökofalvak ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékelését, mert azt feltételeztem, hogy az életvitelszerűen, helyben gazdálkodó lakók rendelkeznek a megfelelő terület-ismerettel, amely elengedhetetlen a kutatásomhoz és a társadalom- és természettudományos vizsgálataim valós képet adhatnak ezeknek a falvaknak a szolgáltatás-nyújtó képességéről. Választásom azért is esett az ökofalvakra, mert valószínűnek tartottam azt, hogy ezeken a területeken elsődleges szempont a táj-ember fenntartható, harmonikus együttélése, így egy ilyen településen a ténylegesen használt ökoszisztéma-szolgáltatások igénybevétele is optimalizált, összhangban van a helyi ökoszisztémával. A táj minőségét nagyban befolyásolja az ökofalvak lakóinak a természetközeli gazdálkodása és életmódja, és rendszerint azonnali visszacsatolást ad a lakosok felé. Ennek a szerves függőségnek és a tájra való hatásnak a leírására az ökoszisztéma-szolgáltatások lehetnek a legalkalmasabbak.

Kutatásunk fő célja két ökofalu Visnyeszéplak és Gyűrűfű és egy nem ökofalu, Magyarlukafa ökoszisztéma-állapotának és ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékelésére alkalmas módszertan kidolgozása, ennek alkalmazása a három településre és az eredmények összehasonlítása volt.

A kutatási kérdésekhez (K1 – K4) a következő hipotézisek tartoznak:

K1. Milyen módszertannal lehet vizsgálni az ökoszisztéma-állapotot rurális település szinten?

K2. Milyen módszertannal lehet vizsgálni az ökoszisztéma-szolgáltatásokat rurális település szinten?

H1-H2. A társadalom- és természettudományos, illetve térinformatikai módszereket kombinálva lehet alkalmazni az ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésére rurális település szinten, de a léptékhez való adaptációval.

K3. Milyen hasonlóságok és különbségek tapasztalhatóak a vizsgált ökofalvak és a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofalu ökoszisztémáinak állapotában?

H3. A vizsgált ökofalvakban az ökoszisztémák állapota összességében mindegyik földhasználati kategórián és mindegyik vizsgált állapotjellemző alapján jobb, mint a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofaluban.

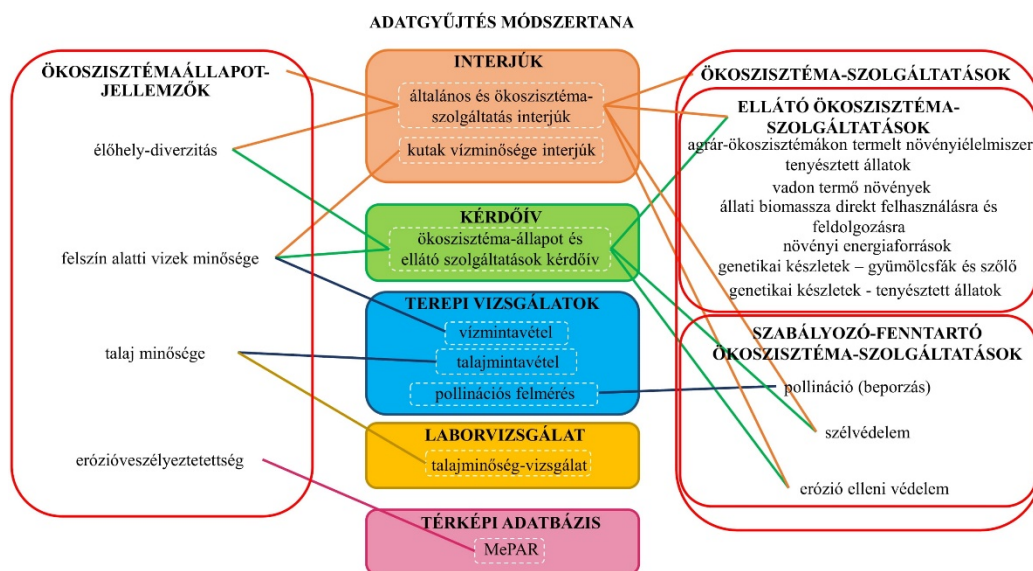
K4. Milyen hasonlóságok és különbségek tapasztalhatóak a vizsgált ökofalvak és a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofalu ökoszisztéma-szolgáltatásaiban?

H4. A vizsgált ökofalvak több ökoszisztéma-szolgáltatást és összességében nagyobb mértékben nyújtanak, mint a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofalu.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

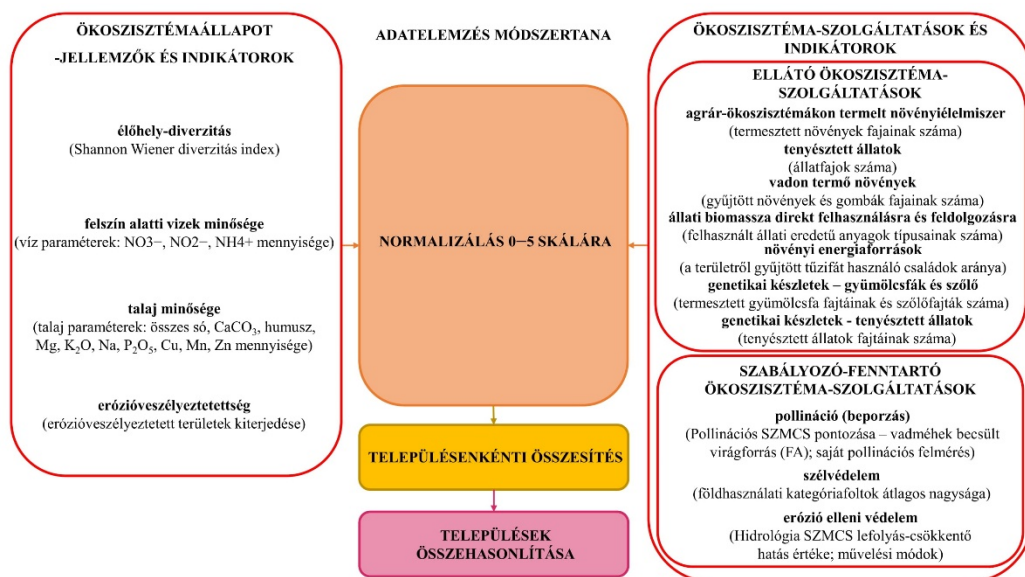
Összesen három mintaterületet választottunk ki a kutatásunkhoz: Visnyeszéplak és Gyűrűfű ökofalvakat, valamint egy Visnyeszéplakhoz közeli nem ökofalut: Magyarlukafát. Mindhárom település esetében az általunk elkészített földhasználati térképek szolgálták a vizsgálat alapjául, mivel az ökoszisztéma-szolgáltatások élőhelyhez kötöttek.

Az adatgyűjtés során többféle társadalom- és természettudományos módszert, valamint egy térképes adatbázist is használtunk az ökoszisztémaállapot-jellemzők és az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére (1. ábra).



1. ábra. Az adatgyűjtés módszertanának folyamatábrája

Az értékeléshez az ökoszisztémaállapot-jellemzők és az ökoszisztéma-szolgáltatások esetében is az indikátorok értékeit normalizáltuk 0–5 skálára, ezt településenként összesítettük, majd ezek alapján a falvakat összehasonlítottuk (2. ábra).



2. ábra. Az adatelemzés módszertanának folyamatábrája az állapotjellemzők és szolgáltatások indikátoraival és a normalizálás képletével

Kutatásunk során a vizsgált állapotjellemzőket és ökoszisztéma-szolgáltatásokat elsősorban az interjúkra építve választottuk ki. A kiválasztás fontos szempontja volt a vizsgált jellemzők és szolgáltatások egyértelmű csoportosíthatósága, mérhetősége, földhasználati kategóriákhoz vagy legalább falvakhoz való köthetősége és a vizsgálatuk reális terepi időtartama.

Az alábbi állapotjellemzőket választottuk ki: élőhely-diverzitás, a talaj minősége, a felszín alatti vizek minősége, valamint erózióveszélyeztetettség.

Összesen 10 ökoszisztéma-szolgáltatást választottunk ki, amelyek közül 7 ellátó (agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek, tenyésztett állatok, vadon termő növények, állati biomassa direkt felhasználásra és feldolgozásra, növényi energiaforrások, genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő, genetikai készletek – tenyésztett állatok) és három szabályozó-fenntartó (pollináció, szélvédelem, erózió elleni védelem) szolgáltatás volt.

Az ökoszisztémaállapot-jellemzők és az ökoszisztéma-szolgáltatások mindegyike településenként vagy lehetőség szerint földhasználati kategóriánként kapott

pontértéket leggyakrabban az indikátorok adott értékeinek 0–5 skálára való normalizálása alapján. Az élőhely-diverzitás indikátor értékét a Shannon Wiener diverzitás index képlet felhasználásával számoltuk ki, itt településenként született egy-egy érték. A felszín alatti vizek esetében jogszabályokban meghatározott, a talaj minősége esetében pedig szakirodalmak és szakértői ajánlások alapján meghatározott határértékek alapján számoltunk pontértéket a terepi-, illetve a laborvizsgálati adatokból. A felszín alatti vizek minőségénél településenként, a talajminőség esetében pedig földhasználati kategóriáinként tudunk pontértéket számolni. Az erózióveszélyeztetettség állapotjellemző esetében földhasználati kategóriáinként adtunk pontszámot és ebben az esetben a települések erózió által fenyegetett területeinek százalékos arányát vettük. Minél erózióveszélyeztetettebb volt egy terület, annál alacsonyabb pontszámot kapott. Az ökoszisztéma-szolgáltatások mindegyikénél földhasználati kategóriáinként tudunk pontszámot adni. Az ellátó szolgáltatásoknál általában a kérdőívől kinyert adatokból dolgoztunk. Az agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszer szolgáltatásnál a normalizáláshoz szükséges indikátor értéket a vizsgált településeken termesztett növények (gyümölcs, szőlő, zöldség, gyógynövény) fajainak száma, a genetikai készletek - gyümölcsfák és szőlő szolgáltatás esetében pedig a növények (gyümölcs, szőlő) fajtáinak száma adta. A tenyésztett állatok szolgáltatás esetében ezt az értéket a vizsgált településeken tenyésztett állatfajok száma, a genetikai készletek - tenyésztett állatok szolgáltatás esetében pedig a tenyésztett állatok fajtáinak száma adta. A vadon termő növények szolgáltatásnál a gyűjtött vadon termő gyógynövények, gyümölcsök és gombák fajsza ma adta a számoláshoz szükséges indikátorértéket. Az állati bioma ssza direkt felhasználásra és feldolgozásra szolgáltatásnál a tenyésztett állatokból felhasznált anyagok típusainak számával dolgoztunk. A növényi energiaforrások szolgáltatás esetében azoknak a kérdőívet kitöltő családoknak vettük a százalékos arányát, akik az adott földhasználati kategórián gyűjtenek tűzifát. A szabályozó-fenntartó szolgáltatások esetében a pollináció és az erózió elleni védelem szolgáltatásnál használtunk NÖSZTÉP-es adatokat, amelyet a pollináció esetében a saját terepi mérésekkel, az erózió elleni védelem esetében pedig kérdőíves adatokkal finomítottunk. A pollináció szolgáltatás terepi mérései a vizsgált települések gyep és gyümölcsös alatti gyep kategóriákban felmért vadméh-egyedszámra vonatkoztak. Az erózió elleni védelem esetében pedig azt vizsgáltuk, hogy a kérdőív kitöltői közül hányan kezelik a gyümölcsöst és a kertet forgatás nélkül, illetve mulcsozással. A szélvédelem szolgáltatás esetében az indikátor értéket a földhasználati kategóriák átlagos foltnagysága adta.

Az eredményeket az ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatások esetében is táblázatosan összesítettük, és a szolgáltatásokat mindhárom település esetében térképen is ábráztuk. Az ökoszisztéma-szolgáltatások esetében településenként számítottunk egy 1 hektárra eső súlyozott ökoszisztéma-szolgáltatás pontszámot is.

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

Az ökoszisztéma-állapot esetében a normalizált pontszámok az 1. táblázatban láthatóak. A talajminőség jellemzőket, valamint az erózióveszélyeztetettséget értékeltük földhasználati kategóriánként, az élőhely-diverzitás, valamint a felszín alatti vizek értékelését településenként határoztuk meg, és ezek összegét vettük a falvak ökoszisztéma-állapot pontszámának.

1. táblázat. Visnyeszéplak, Gyűrűfű és Magyarlukafa ökoszisztéma-állapot pontszámai

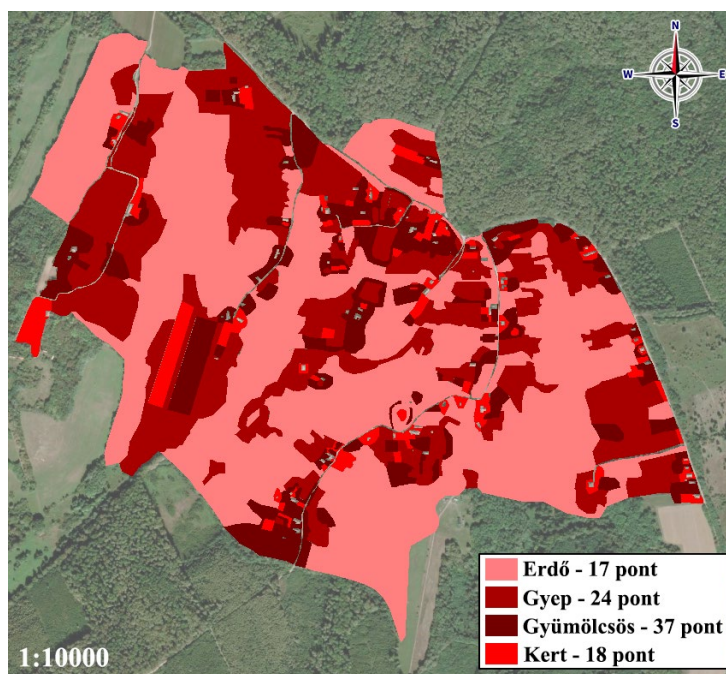
mintaterületek		Visnyeszéplak				Gyűrűfű				Magyarlukafa			
földhasználati kategóriák		erdő	gyep	gyümölcsös	kert	erdő	gyep	gyümölcsös	kert	erdő	gyep	gyümölcsös	kert
ökoszisztémaállapot-jellemzők	indikátorok												
élőhely-diverzitás	Shannon Wiener diverzitás index	5				4				5			
erózióveszélyeztetettség	erózióveszélyeztetett területek kiterjedése	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1
talaj minősége	talaj paraméterek: összes só, CaCO ₃ , humusz, Mg, K ₂ O, Na, P ₂ O ₅ , Cu, Mn, Zn mennyisége	3	3	4	3	4	3	4	2	3	4	3	2
felszín alatti vizek minősége	víz paraméterek: NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺ mennyisége	3				3				2			
Σ PONT mintaterületenként		27				25				24			

Az ökoszisztéma-állapotra összesen maximálisan 50 pontot lehetett kapni településenként, ebből Visnyeszéplak 27 pontot, Gyűrűfű 25 pontot, Magyarlukafa pedig 24 pontot kapott. A pontok alapján elmondható, hogy habár rangsort lehet felállítani a települések között (1. Visnyeszéplak, 2. Gyűrűfű, 3. Magyarlukafa), mindhárom település ökoszisztémájának-állapota alapvetően közel hasonló értéket mutat. Összességében pedig kijelenthetjük, hogy a maximálisan adható pontszámhoz képest mindhárom település ökoszisztéma-állapota közepesnek mondható.

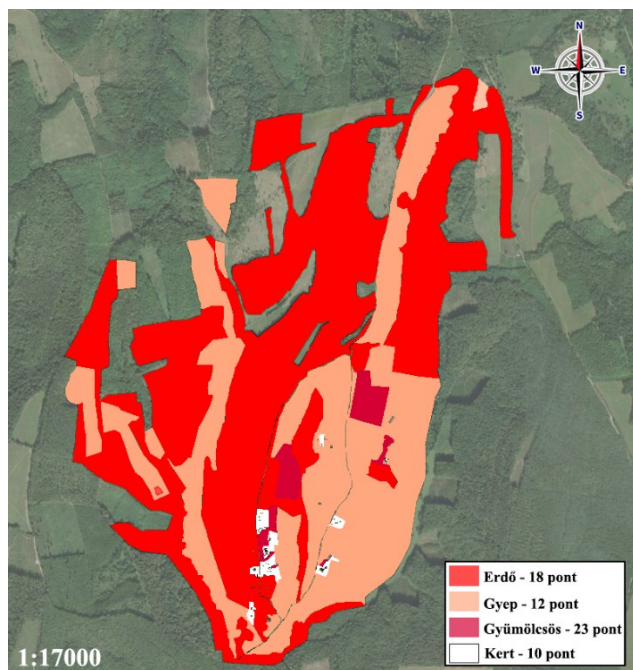
Az ökoszisztéma-szolgáltatásokat egy normalizált, 0–5 skálán meghatározott mátrix modellben pontoztuk (2. táblázat), amelyet térképeken is ábrázoltunk (3–5 ábra).

2. táblázat. Visnyeszéplak, Gyűrűfű és Magyarlukafa ökoszisztéma-szolgáltatásainak értékelése indikátorokkal, 0–5 skálán

mintaterületek		Visnyeszéplak				Gyűrűfű				Magyarlukafa					
földhasználati kategóriák		erdő	gyep	gyümölcsös	kert	erdő	gyep	gyümölcsös	kert	erdő	gyep	gyümölcsös	kert		
ökoszisztéma-szolgáltatások		indikátorok													
ellátó	agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszer	termesztett növények fajainak száma		0	0	5	5	0	0	4	2	0	0	3	3
	tenyésztett állatok	állatfajok száma		0	4	4	3	0	1	2	1	0	1	3	1
	vadon termő növények	gyűjtött növények és gombák fajainak száma		5	5	5	0	2	2	1	0	2	2	1	0
	állati biomassa direkt felhasználásra és feldolgozásra	felhasznált állati eredetű anyagok típusainak száma		0	4	3	2	0	0	0	0	0	0	1	1
	növényi energiaforrások	a területről gyűjtött tüzfűt használó családok aránya		4	0	3	0	4	0	2	0	2	0	2	0
	genetikai készletek - gyümölcsfák és szőlő	termesztett gyümölcsfefa fajtáinak és szőlőfajták száma		0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	genetikai készletek - tenyésztett állatok	tenyésztett állatok fajtáinak száma		0	3	3	2	0	1	1	1	0	0	1	0
szabályozó-fenntartó	pollináció (beporzás)	Pollinációs SZMCS pontozása - vadméhek becsült virágforrás (FA); saját pollinációs felmérés		2	4	3	2	2	4	3	2	2	3	2	2
	szélvédelem	földhasználati kategóriaifoltok átlagos nagysága		1	0	1	0	5	0	4	0	0	0	0	0
	erózió elleni védelem	Hidrológia SZMCS lefolyás-csökkentő hatás értéke; művelési módok		5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	4	3
Σ PONT földhasználati kategóriánként				17	24	37	18	18	12	23	10	11	10	17	10
Σ PONT mintaterületenként				96				63				48			



3. ábra. Visnyeszéplak ökoszisztéma-szolgáltatás térképe (a sötétebb szín mindig a magasabb pontszámot jelöli)



4. ábra. Gyűrűfű ökoszisztéma-szolgáltatás térképe (a sötétebb szín mindig a magasabb pontszámot jelöli)



5. ábra. Magyarlukafa ökoszisztéma-szolgáltatás térképe (a sötétebb szín mindig a magasabb pontszámot jelöli)

A 2. táblázat ponteredményeit tekintve egyértelműen kijelenthetjük, hogy az ökofalvak nagyobb mértékben nyújtják a vizsgálatunkban meghatározott ökoszisztéma-szolgáltatásokat, mint a nem ökofalu és a földhasználati kategóriákon belül minden falunál a gyümölcsös szerepel első helyen.

Az ökofalvak közül Visnyeszéplak mondható kiemelkedőnek. Gyűrűfű ökoszisztéma-szolgáltatás nyújtó képesség szempontjából a második helyen van. Ennek valószínűsíthető oka, hogy Gyűrűfűn alapvetően kevesebb család tartózkodik, mint Visnyeszéplakon, amely különösen az ellátó ökoszisztéma-szolgáltatásoknál befolyásolja hangsúlyosan az eredményeket. Az összpontszámokat tekintve Magyarlukafa pontosan fele annyi ökoszisztéma-szolgáltatás pontszámot kapott, mint Visnyeszéplak, amelynek leginkább az lehet az oka, hogy Magyarlukafán a legtöbb családnál nem kap hangsúlyt a gazdálkodás, és kevésbé használják ki a természet adta lehetőségeket.

Az 1 hektárra eső súlyozott ökoszisztéma-szolgáltatás pontszámítás eredménye a következő:

Visnyeszéplak: 22 pont

Gyűrűfű: 16 pont

Magyarlukafa: 11 pont.

Ezek a pontszámok a fenti eredményeket is megerősítik, ahol Visnyeszéplak összességében az első, Gyűrűfű a második, Magyarlukafa pedig a harmadik helyen áll a rangsorban az ökoszisztéma-szolgáltatások tekintetében.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

Következtetések

Elsődleges célkitűzésem a mintaterületek ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésének módszertani kidolgozása volt (C1), amelyhez tartozóan azt a tudományos kérdést tettem fel, hogy milyen módszertannal lehet vizsgálni az ökoszisztéma-állapotot (K1) és az ökoszisztéma-szolgáltatásokat (K2) rurális település szintjén.

A kutatási kérdésekhez (K1 – K2) pedig összevontam a hipotéziseket, amelyek a következők voltak:

(H1-H2) A társadalom- és természettudományos, illetve térinformatikai módszereket kombinálva lehet alkalmazni az ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésére rurális település szinten, de a léptékhez való adaptációval.

A hipotéziseim (H1 – H2) igazolására a kutatásaim során bizonyítottam, hogy a társadalom- és a természettudományos terepi, illetve térinformatikai módszerek kombinálására egyaránt szükség van ahhoz, hogy a valósághoz minél közelebbi képet kapjunk egy adott terület ökoszisztéma-állapotáról és ökoszisztéma-szolgáltatás nyújtó képességéről.

A hipotézis igazolódott.

A következő célkitűzésem a mintaterületek összehasonlítása volt az ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatások alapján (C2), amelyhez tartozóan azt a tudományos kérdést tettem fel, hogy milyen hasonlóságok és különbségek tapasztalhatóak a vizsgált ökofalvak és a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofalu ökoszisztémáinak állapotában (K3) és ökoszisztéma-szolgáltatásaiban (K4).

A kutatási kérdésekhez (K3 – K4) külön-külön rendeltem a hipotéziseket, amelyek a következők voltak:

H3. A vizsgált ökofalvakban az ökoszisztémák állapota összességében mindegyik földhasználati kategórián és mindegyik vizsgált állapotjellemző alapján jobb, mint a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofaluban.

A kutatásaim során ezt a hipotézist (H3) bizonyítottam, mert az ökofalvak ökoszisztéma-állapota a vizsgált állapotjellemzőket (élőhely-diverzitás, erózióveszélyeztetettség, talajminőség, felszín alatti vizek minősége) figyelembe véve összességében jobb volt, mint a nem ökofalu ökoszisztéma-állapota. Az egyes állapotjellemzők esetében azonban vegyes eredmények születtek, ugyanis külön-külön vizsgálva a jellemzőket csak a talaj minősége és a felszín alatti vizek minősége esetében tudjuk egyértelműen kijelenteni, hogy mindkét ökofalu jobb eredményt ért el a nem ökofalunál. Az erózióveszélyeztetettség állapotjellemzőnél az ökofalvak közül Visnyeszéplak volt a legjobb és Gyűrűfű ugyanolyan eredményt hozott, mint a nem ökofalu Magyarlukafa, ez a két település pedig rosszabb eredményt hozott Visnyeszéplaknál. Összességében azonban ökoszisztéma-állapot tekintetében az ökofalvak jobb eredményt adtak.

A hipotézis igazolódott.

H4. A vizsgált ökofalvak több ökoszisztéma-szolgáltatást és összességében nagyobb mértékben nyújtanak, mint a vizsgált, hasonló táji adottságokkal rendelkező nem ökofalu.

A kutatásaim során ezt a hipotézist (H4) bizonyítottam, mert az ökofalvak összességében több ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtottak és nagyobb mértékben nyújtották azokat, mint a nem ökofalu. Földhasználati kategóriák tekintetében az erdő, gyeper és gyümölcsös kategóriák esetében mondhatjuk el, hogy az ökofalvak magasabb ponteredményeket értek el a nem ökofalukhoz képest és egyedül a kert kategóriánál fordult elő az, hogy Gyűrűfű azonos pontszámot ért el Magyarlukafával, de Visnyeszéplaknak ebben az esetben is magasabb volt a pontszáma. Az ellátó és szabályozó-fenntartó szolgáltatásokat külön-külön vizsgálva is elmondhatjuk, hogy ezen szolgáltatáscsoportok összesített ponteredménye jobb volt az ökofalvaknál. Az összesített eredmények alapján az

ökofalvak az ökoszisztéma-szolgáltatások számában és nyújtásuk összesített mértékében is jobbak voltak a nem ökofalunál.

A hipotézis igazolódott.

Javaslatok

Tapasztalataim alapján érdemes a táj és ember komplex kapcsolatát és kölcsönhatásait az ökofalvak területein vizsgálni az ökoszisztéma-állapot és ökoszisztéma-szolgáltatások kutatásán keresztül, ha azok módszertana multidiszciplináris, széleskörű és nagy mértékben támaszkodik a helyi lakosok tudására és tapasztalataira.

Az általános javaslataim a következők:

- **Az ökoszisztéma-állapot szélesebb körű vizsgálata (terület tekintetében):** Ahhoz, hogy értelmezni tudjuk az ökoszisztéma-szolgáltatások és ökoszisztéma-állapot összefüggéseit, nemcsak az adott mintaterületek állapotát, de legalább egy meghatározott sugarú körben a környező területeket is érdemes vizsgálni.
- **Az ökoszisztéma-állapot szélesebb körű vizsgálata (indikátorok tekintetében):** Az ökoszisztéma-szolgáltatások és ökoszisztéma-állapot összefüggéseinek megismerésére érdemes az indikátorok szélesebb körű vizsgálata is.
- **Az elemzés módszertanának mintaelemszámhoz való optimalizálása:** A normalizálás során az adatok számításához a legtöbb esetben az $X_{\min}$ értékéhez 0 értéket rendeltünk, amely véleményünk szerint jobb és finomabb eredményt ad alacsony mintaelemszám esetében, mint ami a jelenlegi kutatásban is jellemző volt. Magasabb mintaelemszámnál azonban érdemes lehet az adott állapotjellemzőhöz vagy szolgáltatáshoz tartozó adatok legkisebb értékével számolni az $X_{\min}$ esetében.

Úgy vélem, hogy az általam használt módszerek alkalmasak ökofalvak, illetve az azokhoz hasonló, illetve részben hasonló életmódra és gazdálkodásra törekvő falvak ökoszisztémaállapot-jellemzőinek és ökoszisztéma-szolgáltatásainak vizsgálatára, amelynek továbbfejlesztésére a speciális javaslataim a következők:

- **A földhasználati térkép** elkészítése során érdemes a lehetőségek függvényében a minél pontosabb területhasználatok térbeli ábrázolására törekedni, akár légi lézerszkennelés, drón felmérés vagy más, részletesebb térképet eredményező módszerek használatával.
- **A felszín alatti vizek minőségének** (ökoszisztéma-állapot) vizsgálata során (amennyiben a mintavétel ástott kutakból történik) érdemes legalább a mintavételt megelőző egy hét (a mintavétel napjával bezárólag) csapadéokra vonatkozó meteorológiai adatait is begyűjteni.
- **Az agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszer** (ellátó ökoszisztéma-szolgáltatás) esetében célszerű lehet a megtermelt zöldség -

és fűszernövények, szántóföldi növények, valamint gyümölcsök beltartalmi értékét (pl. összes cukor, vitamin, szárazanyag-tartalom stb.) megvizsgálni, kiemelt figyelmet fordítva a megtermelt élelmiszerek minőségi értékének.

- **A genetikai készletek - gyümölcsfák és szőlő** ellátó szolgáltatás esetében érdemes a fajták meghatározására irányuló vizsgálatot terepi mintavételt követően laboratóriumban elvégezhető genetikai vizsgálatokkal is kiegészíteni.
- **A pollináció** szabályozó-fenntartó ökoszisztéma-szolgáltatás esetében, egy éven belüli ciklust nézve érdemes tavaszi, nyári, illetve őszi időszakokban, akár évszakonként több alkalommal is elvégezni a mintavételezést a kiválasztott területeken és azok élőhelyein, földhasználati kategóriáin, ha ez lehetséges.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A doktori kutatásom során feltárt új és újszerű tudományos eredményeket az alábbi tézisekben foglalom össze.

Tézis 1: A rurális település szintjén végzett ökoszisztéma-állapot értékelés során kiemelten alkalmaztam a természettudományos, valamint a térinformatikai módszereket, de ezekkel együttesen használtam társadalomtudományos módszereket is. A háromféle módszertan együttes alkalmazása pontosabb és realisabb eredményekhez vezetett, mintha csak az egyik módszert alkalmaztam volna. A háromféle módszertant egymással összehangoltam és a vizsgált területi léptékhez igazítottam.

A kutatás során település szinten végeztem Visnyeszéplakon, Gyűrűfűn és Magyarlukafán terepi méréseket az állapotjellemzőkkel kapcsolatos adatgyűjtésre (vízvizsgálat ásott kutakból, talajmintavétel a vizsgált négy földhasználati kategóriában (erdő, gye, gyümölcsös, kert)), valamint térinformatikai módszereket alkalmaztam az erózióveszélyeztetettség és élőhely-diverzitás jellemzők vizsgálatára. A társadalomtudományos módszerek közül az interjúzást és a kérdőívezést használtam, amelyek az ökoszisztéma-állapot vizsgálatának előkészítéséhez, valamint az ok-okozati összefüggések feltárásához is nagymértékben hozzájárultak.

Tézis 2: A rurális település szintjén végzett ökoszisztéma-szolgáltatás értékelés során a pontosabb és realisabb eredmények érdekében sikeresen, egymással kombinálva alkalmaztam a társadalom- és természettudományos, valamint a térinformatikai módszertant. Megállapítottam, hogy az ellátó

szolgáltatások esetében a társadalomtudományos módszerek alkalmazására, a szabályozó-fenntartó szolgáltatások esetében pedig a természettudományos módszerek alkalmazására érdemes nagyobb hangsúlyt fektetni. A háromféle módszertant egymással összehangoltam és a vizsgált területi léptékhez igazítottam.

A kutatás során Visnyeszéplakon, Gyűrűfűn és Magyarlukafán is készítettem interjúkat és kérdőíves felmérést, amely a vizsgált 7 ellátó szolgáltatáshoz (agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek, tenyésztett állatok, vadon termő növények, állati biomassa direkt felhasználásra és feldolgozásra, növényi energiaforrások, genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő, genetikai készletek – tenyésztett állatok) teljes mértékben, és egy szabályozó-fenntartó szolgáltatáshoz (erózió elleni védelem) pedig részben szolgáltatott adatokat. Terepi vizsgálati módszert a pollináció szabályozó-fenntartó szolgáltatás felmérésére alkalmaztam, amely a megfigyelt vadméhek feljegyzésén alapult a települések gyepein és a gyümölcsös alatti gyepeken. A szélvédelem szabályozó-fenntartó szolgáltatáshoz az erdő és gyümölcsös földhasználati kategóriák átlagos foltnagyságát vettem alapul, amelyet térinformatikai adatokból nyertem ki. Térinformatikai módszerek segítségével pedig a rurális település léptékben térben is ábrázolni tudtam a szolgáltatásokat.

Tézis 3: A vizsgált három települést tekintve (Visnyeszéplak, Gyűrűfű, Magyarlukafa) terepi mintavételezés és társadalomtudományos felmérés alapján adatbázist készítettem, különös tekintettel a talaj minősége és a felszín alatti vizek minősége állapotjellemzőkre, valamint az agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek, vadon termő növények, genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő, genetikai készletek – tenyésztett állatok és pollináció ökoszisztéma-szolgáltatásokra.

A **talaj minősége** ökoszisztéma-állapot esetében a 10 vizsgált és pontozáshoz felhasznált paraméter 60 mintavételi pontjához (földhasználati kategóriánként 5–5 minta/település) összesen **600 mérési adat** tartozik.

A **felszín alatti vizek minősége** ökoszisztéma-állapot esetében a három vizsgált és pontozáshoz felhasznált paraméter, 7 mintavételi alkalomhoz tartozó 37 mintavételi pontjához (a sikertelen méréseket leszámítva: 33 mérés, amely 99 mérési adatnak fel meg) összesen **678 mérési adat** tartozik.

Az **agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek** ökoszisztéma-szolgáltatás esetében a kérdőív kitöltői segítségével a vizsgált három településen összesítve **117 termesztett növényfajt** (gyümölcsfaj és szőlő, zöldség- és fűszernövény, valamint szántóföldi növény) jegyeztem fel.

A **vadon termő növények** ökoszisztéma-szolgáltatás esetében a gyógynövényeket, gyümölcsöket és gombákat összesítve a kérdőív kitöltői összesen **104 fajt** (54 gyógynövény, 14 vadgyümölcs, 36 gomba) gyűjtöttek a vizsgálat idején a falun belüli területekről.

A **genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő** ökoszisztéma-szolgáltatás esetében a kérdőív kitöltői a három településre nézve összesen **226 növényfaját** termesztettek a vizsgálat idején.

A **genetikai készletek – tenyésztett állatok** esetében a kérdőív kitöltői a három településre nézve összesen **29 tenyésztett állatfaját** tartottak a vizsgálat idején.

A **pollináció** ökoszisztéma-szolgáltatás esetében a három település, három mintavételi időpontjában vizsgált két élőhelyen (gyepek és gyümölcsös alatti gyepek) történt vizsgálata során, amely 18 mérési alkalmat jelent, összesen **3764 vadméh egyedet** számoltam.

Tézis 4: Az ökoszisztéma-állapot vizsgálata tekintetében új módszertant dolgoztam ki az állapotjellemzők értékelésére rurális települési szinten. A három faluban elvégzett terepi vizsgálatok alapján a talaj minősége és a felszín alatti vizek minősége állapotjellemzők esetében egy olyan részletes pontozáson alapuló értékelési rendszert fejlesztettem ki, amely lehetővé teszi a különböző paraméterek egy értékelési rendszerbe való beépítését, ezáltal összehasonlíthatóvá téve azokat egymással. A pontozásnál a talajminőség tekintetében szakirodalmi és szakértői ajánlásokra, a vízminőség esetében jogszabályok által meghatározott határértékekre támaszkodtam.

A talaj minősége pontozásának kidolgozása során 8 paraméternek (összes só, CaCO_3 , humusz, Mg, Na, Cu, Mn, Zn) minden esetben 0 pont, kettő paraméter (K_2O , P_2O_5) esetében pedig -2 pont volt a legalacsonyabb adható pontérték, a maximálisan adható pontérték pedig 1–4 között mozgott a paraméterek határértékeitől függően. Ezek alapján a paraméterek maximálisan elérhető összesített pontszámának összege 23 pont volt.

A felszín alatti vizek minősége pontozás kidolgozása során szintén a határértékekre támaszkodtam a vizsgált három paraméter esetében (nitrit, nitrát, ammónium), de az ezekre meghatározott pontokat 0–5 skálán határoztam meg, és a mérési adatokra egyenként alkalmaztam. Így ennek az összesített átlaga adta az ökoszisztéma-állapot pontértéket.

Ez a két, pontozáson alapuló értékelési rendszer azért ideális, mert az adott határértékek miatt objektív pontozást tesznek lehetővé. Ezeket a pontokat tudtam egy rendszerben értékelni a 0–5 skálára való normalizálás segítségével.

Tézis 5: A rurális települések ökoszisztéma-szolgáltatás vizsgálatára új értékelési módszertant dolgoztam ki. Két szabályozó-fenntartó ökoszisztéma-szolgáltatás (pollináció, erózió elleni védelem) esetében a saját mérési adatokat (pollináció szolgáltatás esetében terepi felmérés, erózió elleni védelem szolgáltatás esetében kérdőíves adatok) integráltam egy országos léptékű adatokból dolgozó projekt (NÖSZTÉP) eredményeivel. A szolgáltatások pontozásos értékelésének alapjául szolgáló mért vagy gyűjtött adatokat 0–5 skálán való normalizálás segítségével közös nevezőre hoztam, és mátrix modellt alkalmazva ezeket a pontokat rendeltem a vizsgált földhasználati kategóriákhoz (erdő, gye, gyümölcsös, kert). Ez lehetővé tette a szolgáltatások összesített értékelését és térképen való ábrázolását (térképezését) is.

Az általam vizsgált 7 ellátó szolgáltatás és részben egy szabályozó-fenntartó szolgáltatás (erózió elleni védelem) esetében elsősorban a kérdőívekből kinyert, számszerűsített adatokkal dolgoztam. Öt ellátó szolgáltatásnál (agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek, tenyésztett állatok, vadon termő növények, genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő, genetikai készletek – tenyésztett állatok) a kiválasztott indikátorok eltérnek az általánosan használt mutatószámoktól, ugyanis a mennyiség helyett (pl. kg (alma, hús)) faj- és fajtaszámmra építettem. Ez a megközelítés (mennyiségi vizsgálat minőségi mutatókkal) az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésén túl számos más kutatási terület számára (pl. természetvédelem, genetikai megőrzés) hordozhat információkat. A NÖSZTÉP által használt pontozási rendszert finomítani tudtam a terepi mérések segítségével a pollináció szolgáltatásnál gyümölcsös és gye földhasználati kategóriák esetében, valamint a kérdőívből kinyert adatokkal az erózió elleni védelem szolgáltatásnál gyümölcsös és kert kategóriák esetében.

Tézis 6: Megállapítottam, hogy a vizsgált három településen (ökofalvak: Visnyeszéplak, Gyűrűfű, nem ökofalu: Magyarlukafa) a négy vizsgált állapotjellemző (élőhely-diverzitás, erózióveszélyeztetettség, talaj minősége, felszín alatti vizek minősége) alapján az ökofalvak jobb eredményt mutatnak a nem ökofalualal összehasonlítva.

Összesen négy állapotjellemzőt értékeltem, amelyek közül kettő jellemzőre (élőhely-diverzitás és felszín alatti vizek minősége) falu szinten, kettő jellemzőre (talajminőség, erózióveszélyeztetettség) pedig földhasználati kategóriánként tudtam pontértéket számítani. Az eredményekben az élőhely-diverzitás esetében, ahol falu szinten tudtam ökoszisztéma-állapot pontértéket adni, mindhárom település magas pontszámot kapott és hasonló volt a diverzitásuk egymáshoz képest (Gyűrűfű: 4 pont, Visnyeszéplak és Magyarlukafa: 5–5 pont). Az

erózióveszélyeztetettség tekintetében földhasználati kategóriánként tudtunk pontszámot számolni. Ebben az esetben akkor kaptak több pontot a települések földhasználati kategóriái, ha kevésbé voltak erózióveszélyeztetettek. Az eredmények alapján mindhárom település erősen erózióveszélyeztetett terület, amelyet az erre az állapotjellemzőre kapott pontok is megmutatnak. A normalizált összpontszám maximum 20 pont lehetett (földhasználati kategóriánként 5–5 pont), amiből Visnyeszéplak 6 pontot, Gyűrűfű és Magyarlukafa pedig 5–5 pontot ért el. Összesítve Visnyeszéplakot jobbnak lehet mondani Gyűrűfűnél és Magyarlukafánál erózióveszélyeztetettség szempontjából. A talajminőség állapotjellemző esetében szintén földhasználati kategóriánként kaptak pontot a települések. Visnyeszéplak és Gyűrűfű normalizált összpontszámai (amely ebben az esetben is maximum 20 pont lehetett) 13–13 pont volt, amíg a nem ökofalu normalizált összpontszáma 12 pont volt. Talajminőség tekintetében emiatt az ökofalvak jobbnak mondhatóak, mint a nem ökofalu. A felszín alatti vizek minősége ökoszisztéma állapotjellemző esetében településenként tudtunk pontozni és az ökofalvak pontszámai (Visnyeszéplak és Gyűrűfű: 3–3 pont) szintén magasabbak voltak, mint Magyarlukafa ökoszisztéma-állapot pontszáma (2 pont).

Az összesített ökoszisztéma-állapot pontértékek alapján rangsort lehet felállítani a települések között, ahol Visnyeszéplak szerepel az első helyen, Gyűrűfű a második, Magyarlukafa pedig a harmadik helyet foglalja el (Visnyeszéplak: 27 pont, Gyűrűfű: 25 pont, Magyarlukafa: 24 pont). A hasonló összpontszámok miatt azonban nem beszélhetünk nagy különbségről, és a maximálisan adható összesen 50 ponthoz képest elmondható, hogy mindhárom település közepes ökoszisztéma-állapottal rendelkezik.

Tézis 7: Megállapítottam, hogy a vizsgált három település (ökofalvak: Visnyeszéplak, Gyűrűfű, nem ökofalu: Magyarlukafa) közül az ökofalvak a vizsgált 10 ökoszisztéma-szolgáltatásból több ökoszisztéma-szolgáltatást és nagyobb mértékben nyújtanak, mint a nem ökofalu.

Összesen 10 ökoszisztéma-szolgáltatást (agrár-ökoszisztémákon termelt növényi élelmiszerek, tenyésztett állatok, vadon termő növények, állati biomassza direkt felhasználásra és feldolgozásra, növényi energiaforrások, genetikai készletek – gyümölcsfák és szőlő, genetikai készletek – tenyésztett állatok, pollináció, szélvédelem, erózió elleni védelem) értékeltem és térképeztem a három településen, amelyek közül 7 ellátó, három pedig szabályozó-fenntartó szolgáltatás volt.

Visnyeszéplak esetében 10, Gyűrűfűnél 9, Magyarlukafa esetében pedig 8 ökoszisztéma-szolgáltatást azonosítottam, amely alapján az ökofalvak több

ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak a nem ökofalunál, de nem nagy a különbség.

Összességében az ökoszisztéma-szolgáltatások falvanként összesített pontjai alapján (Visnyeszéplak: 96 pont, Gyűrűfű: 63 pont, Magyarlukafa: 48 pont), valamint az 1 ha-ra számított súlyozott ökoszisztéma-szolgáltatás pontérték alapján (Visnyeszéplak: 22 pont, Gyűrűfű: 16 pont, Magyarlukafa: 11 pont) bebizonyítottam, hogy az ökofalvak nagyobb mértékben nyújtják az ökoszisztéma-szolgáltatásokat a nem ökofalunál és az ökofalvak közül is Visnyeszéplak magasan kiemelkedik ebből a szempontból.

6. A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

A kutatáshoz kapcsolódó folyóiratcikkek

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Borsos, B., Fridrich, I., Kilián, I., Máté, L., Zaja, P., Kovács, E. (2020): Az ökoszisztémák és szolgáltatásaik összehasonlítása két ökofaluban: Visnyeszéplakon és Gyűrűfűn. *Tájökológiai Lapok*, 18(2): 147-163.

Szabó, Z., **Prohászka, V.**, Sallay, Á. (2021): The Energy System of an Ecovillage: Barriers and Enablers. *Land*, 10(7): 682.
<https://doi.org/10.3390/land10070682>

Nel L., Boeni, A. F., **Prohászka, V. J.**, Szilágyi, A., Tormáné Kovács, E., Pásztor L., Centeri, Cs. (2022): InVEST Soil Carbon Stock Modelling of Agricultural Landscapes as an Ecosystem Service Indicator. *Sustainability*: 14(16):9808.
<https://doi.org/10.3390/su14169808>

Prohászka, V. J., Tormáné Kovács, E., Grósz, J., Waltner, I. (2022): Az ásott kutak vízminősége két ökofaluban: Visnyeszéplakon és Gyűrűfűn. *Tájökológiai Lapok*, 20(2): 41-58.

Prohászka, V. J., Tormáné Kovács, E., Saláta, D., Kollányi, L., Sárospataki, M. (2023): A pollináció mint ökoszisztéma-szolgáltatás vizsgálata Visnyeszéplak, Gyűrűfű és Magyarlukafa településeken. *Természetvédelmi Közlemények*, 29: 64-81.

A kutatáshoz kapcsolódó konferencia közlemények (full paper)

Szabó, Z., **Prohászka, V.**, Sallay, Á. (2018): Tanya mint az ökológiai gazdálkodás potenciálja. In: Tóth, Cs. (szerk.): Óshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás – Vidékfejlesztés: Minőségi élelmiszerek

– Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században. Tudományos Konferencia, Nyíregyháza, Magyarország: NYE – Műszaki- és Agrártudományi Intézet. 531 p. pp. 517–525.

Kollányi, L., Máté, K., **Prohászka, V.**, Dancsókné Fóris, E., Sallay, Á. (2019): Greenness indicator for spatial and settlement planning based on NDVI and LAI indicators. Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning 6(1). <https://doi.org/10.7275/4wgj-t211>

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Kovács, E., Házi, J., Nagy, Cs. (2019): Az ökoszisztémák és szolgáltatásaik egy ökofaluban, Visnyeszéplakon. In: Fazekas, I., Lázár, I. (szerk.): Tájak működése és arculata. Debrecen, Magyarország: MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, (2019) pp. 423-431. 9 p.

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Kilián, I., Kovács, E. (2019): Gyűrűfű ökofalu ökoszisztéma állapotának értékelése. In: *Fodor, M., Bodor-Pesti, P. (szerk.): Ifjú Tehetségek Találkozója tudományos konferencia.* Budapest, Magyarország: Szent István Egyetem 2019. pp. 206-216.

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Kovács, E. (2020): Magyarlukafa fejlesztési lehetőségeinek felmérése a természeti, gazdasági és társadalmi adottságok értékelése alapján. In: *Fodor, M., Bodor-Pesti, P. (szerk.): Ifjú Tehetségek Találkozója tudományos konferencia.* Budapest, Magyarország: Szent István Egyetem 2020. pp. 301-313.

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Máté, L., Zaja, P., Lantos, T., Kovács E. (2020): Assessment of ecosystem services in adaptive orchard meadows in Visnyeszéplak. In: *Zilahy, Gy., (szerk.): Sustainability in Transforming Societies: Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Sustainable Development Research Society.* Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. pp. 948-956.

Masoudi, M., Centeri, Cs., Jakab, G., Biró, Zs., Nel, L., Kovács, E., **Prohászka, V.** (2022): The effect of different land-uses on soil organic matter content in the Zselic region, Hungary. In: *Bayoumi Hamuda H. (szerk.): Proceedings of VI. International Symposium on Biosphere & Environmental Safety.* Budapest: Óbudai Egyetem. pp. 629-635.

A kutatáshoz kapcsolódó konferencia absztraktok

Szabó, Z., **Prohászka, V.**, Sallay, Á. (2021): Analysis of energy management and possibilities for its development in ecovillages with tools of landscape

architecture through the example of Visnyeszéplak. *Acta biologica marisiensis* 4(1): 13.

Prohászka, V. J., Kollányi, L., Sárospataki, M., Tormáné Kovács, E. (2021): Visnyeszéplak ökoszisztéma állapotának jellemzése az ökofalu méhészeinek tevékenységével összefüggésben. In: *Prázsmári, H. (szerk.): 21th Biology Days: Zilele Biologice din Cluj, ed. a 21-a: 21. Kolozsvári Biológus Napok: Abstracts: Volum de abstracte: Kivonatfüzet*. Románia: Kolozsvár. pp. 50-50.

Prohászka, V. J., Tormáné Kovács, E., Grósz, J., Waltner, I. (2022): Water quality investigation of dug wells in Visnyeszéplak and Gyűrűfü eco-villages. In: *Kiss, O. (szerk.): 19th Wellmann International Scientific Conference: Book of Abstracts*. Hódmezővásárhely: University of Szeged Faculty of Agriculture, pp. 73-73.