

XXI. évfolyam 2. szám • 2023

# TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK



JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY  
ISSN 1589-4673

Meander és ligeterdő részlete a Zagyva mellett (Jász-Nagykun-Szolnok vármegye)  
(készítette: Pető Á.)

Alapítva: 2003-ban

Alapítók: A Szent István Egyetem Környezet- és Tájgazdálkodási Intézete  
és Tájökológiai Tanszéke

# TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK

JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY

21. ÉVFOLYAM 2. SZÁM



VOL. 21, No. 2.

## Főszerkesztők – Chief editors

BARCZI ATTILA† és CENTERI CSABA

## Szerkesztők – Editors

PETŐ ÁKOS és SALÁTA DÉNES

## Szerkesztőbizottság – Editorial Board

ÁNGYÁN J. (GÖDÖLLŐ)	KERÉNYI A. (DEBRECEN)	DOSTAL, T. (PRAGUE, CZECH REP.)
BÁLDI A. (VÁCRÁTÓT)	KERTÉSZ Á. (BUDAPEST)	EVELPIDOU, N. (GREECE)
CSONTOS P. (BUDAPEST)	LÓCZY D. (PÉCS)	FAYVUSH, G. (YEREVAN, ARMENIA)
CSORBA P. (DEBRECEN)	MALATINSZKY Á. (GÖDÖLLŐ)	KISS, I. (HUNEDOARA, ROMANIA)
CZÓBEL SZ. (GÖDÖLLŐ)	MENYHÉRT Z. (GÖDÖLLŐ) †	MIKLÓS, L. (ZVOLEN, SLOVAKIA)
DÁVID L. D. (GÖDÖLLŐ)	MEZŐSI G. (SZEGED)	OSZLÁNYI, J. (BRATISLAVA, SLOVAKIA)
DUHAY G. (BUDAPEST)	STEFANOVITS P. (GÖDÖLLŐ) †	
FEKETE G. (VÁCRÁTÓT) †	SZILASSI P. (SZEGED)	
GRÓNÁS V. (GÖDÖLLŐ)	TÓTH A. (SZOLNOK)	
GYULAI F. (GÖDÖLLŐ)		

ALAPÍTVÁ 2003-BAN – FOUNDED IN 2003

## Alapítók – Founded by

A SZENT ISTVÁN EGYETEM  
KÖRNYEZET- ÉS TÁJGAZDÁLKODÁSI INTÉZETE

ÉS TÁJÖKOLÓGIAI TANSZÉKE

A TÁJÖKOLÓGIAI LAPOK CIKKEIT REFERÁLJA  
A CABI, A SCOPUS, A MATARKA  
ÉS AZ AGRÁROLDAL.

SZENT ISTVÁN UNIVERSITY  
INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL

AND LANDSCAPE MANAGEMENT  
AND DEPT. OF LANDSCAPE ECOLOGY

JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY  
IS COVERED IN THE CABI, SCOPUS,  
MATARKA AND AGRÁROLDAL DATABASES.

## Kiadja:

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
2100, Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Felelős kiadó: Prof. Dr. Gyuricza Csaba, rektor

## A szerkesztőség címe – Editorial office

MATE, VTI, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék  
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., tel.: +36 28 522-000/1833,  
e-mail: [Centeri.Csaba@uni-mate.hu](mailto:Centeri.Csaba@uni-mate.hu)

## Nyelvi lektorok – Language editing

MALATINSZKY ÁKOS; CENTERI CSABA; PETŐ ÁKOS

ISSN: 1589-4673

DOI: 10.56617/tl.

<https://journal.uni-mate.hu/index.php/tl/issue/view/308>



E lapszám megjelenését  
a MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA támogatja.

## Tartalomjegyzék

CENTERI Cs., MALATINSZKY Á., PETŐ Á., SALÁTA D.: A Tájökológiai Lapok első 20 éve.....	3–5
BAKACSY L., SZATMÁRI J., BIRÓ Cs., TOBAK Z., VAN LEEUWEN B., SZILASSI P.: Selyemkóró (Asclepias syriaca L.) UAV felvételekkel történő azonosítása és monitorozásának lehetőségei.....	6–28
FEJES Zs., VADÁSZ Cs., ANDRÉSI D., TORMÁNÉ KOVÁCS E.: Konfliktusok és közös pontok feltárása a Peszéri-erdő főbb érintett csoportjai között az OAKEYLIFE Projekt kapcsán .....	29–46
HARKÁNYI A., UJJ A.: Az agroökológia természetvédelmi vonatkozásainak vizsgálata a gazdálkodók gyakorlata és a fogyasztók megítélése alapján .....	47–74
HAVEL A., SALÁTA D., HALÁSZ G., OROSZ GY., TORMÁNÉ KOVÁCS E.: A Börzsöny természeti értékeinek és fejlesztési lehetőségeinek összefüggései.....	75–100
POPOVYCH, V., MENSZYKOVA O., VOLOSHCHYSHYN A., GENYK Y., PETLOVANYI M., ILKIV B.: Nehézfémetek eloszlása a szénbányák hulladéklerakóiban statisztikai elemzés alapján .....	101–115
RÁCZ T., WALTNER I.: A csapadékösszeg és csapadékintenzitás mérés eljárásainak áttekintése és osztályozása .....	116–135
RODRÍGUEZ-SEGURA F. J., OSORIO-ARAVENA J. C., MUÑOZ-CERÓN E., FROLOVA M.: A Somogy megyében megvalósítható fotovoltikus potenciál első számítása és hatása a CO <sub>2</sub> -kibocsátás csökkentésére és a munkahelyteremtésre.....	136–151

## Content

CENTERI, Cs., MALATINSZKY, Á., PETŐ, Á., SALÁTA, D.: The first 20 years of the Journal of Landscape Ecology.....	3–5
BAKACSY, L., SZATMÁRI, J., BIRÓ, Cs., TOBAK, Z., VAN LEEUWEN, B., SZILASSI, P.: Possibilities of UAV based identification and Monitoring Of Common Milkweed (Asclepias syriaca L.).....	6–28
FEJES, Zs., VADÁSZ, Cs., ANDRÉSI, D., TORMÁNÉ KOVÁCS, E.: Revealing Conflicts and Common Ground Among the Main Stakeholder Groups of the Peszéri Forest Related to the OAKEYLIFE Project.....	29–46
HARKÁNYI, A., UJJ, A.: Examination of the Nature Conservation Aspects of Agroecology Based on the Practices of Farmers and Opinion of Consumers.....	47–74
HAVEL, A., SALÁTA, D., HALÁSZ, G., OROSZ, GY., TORMÁNÉ KOVÁCS, E.: Links Between the Natural Assets and Development Potential of Börzsöny.....	75–100
POPOVYCH, V., MENSZYKOVA, O., VOLOSHCHYSHYN, A., GENYK, Y., PETLOVANYI, M., ILKIV, B.: Distribution of Heavy Metals in the Coal Mine Waste Dumps Based on Statistical Analysis.....	101–115
RÁCZ, T., WALTNER, I.: A Review and Categorization of Rain Depth and Rainfall Intensity Measurement Methods.....	116–135
RODRÍGUEZ-SEGURA, F. J., OSORIO-ARAVENA, J. C., MUÑOZ-CERÓN, E., FROLOVA, M.: First calculation of the implementable solar photovoltaic potential in Somogy county and its impact on CO <sub>2</sub> emission reduction and job creation.....	136–151

## A Tájökológiai Lapok első 20 éve

CENTERI CSABA, MALATINSZKY ÁKOS, PETŐ ÁKOS, SALÁTA DÉNES

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet,  
Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő Páter K. u. 1.;  
email: [Centeri.Csaba@uni-mate.hu](mailto:Centeri.Csaba@uni-mate.hu)

2003-ban jelent meg a Tájökológiai Lapok első száma. A folyóiratot a Szent István Egyetem Környezet- és Tájgazdálkodási Intézete és annak Tájökológiai Tanszéke alapította. A hazai tudományos életben hiánypótló periodika azóta 20 éves lett. Minden évben általában két rendes számmal jelent meg. Kiadója a Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet Kht., annak megszűnésével a Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, annak megszűnésével a Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet, annak megszűnésével az azonos nevű tanszék a MATE Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézetén belül. A megjelentetéshez szükséges összeget pályázatokból (elsősorban az MTA folyóiratok kiadásának támogatására kiírt pályázatokból), továbbá támogatásokból, megrendelésekből, saját forrásokból, 2013 és 2016 között a Kari Kiválósági Pályázatból fedeztük.

Az első öt évben 218 szerző tollából jelentek meg cikkek (Penksza et al. 2008). Ekkor történt a legfontosabb változás a lapok nemzetközi referálásában: a 2007. évi első számtól kezdve folyamatosan kerülnek fel a Scopus (<http://www.scopus.com>) adatbázisába a Tájökológiai Lapokban megjelent cikkek összefoglalói, így lapunk nemzetközileg is referált lett. Azóta összesen 426 tudományos közlemény (szakcikk és review) érhető el az adatbázisban (Barczy et al. 2016). Összesen 538 tudományos közlemény jelent meg a Tájökológiai Lapok első 20 évében, számuk éves bontásban 14 és 47 közötti. Az eredeti tudományos közleményeken kívül számos áttekintő cikket (review), könyvismertetőt és konferencia-híradót jelentettünk meg magyar és angol nyelven. A Scopusban referált publikációk 83,8 százaléka szakcikk, 10,1 százaléka review, a többi pedig konferencia-híradó, szerkesztői cikk, könyvismertetés, jegyzet stb.

A folyóirat által lefedett témakörök az alábbiak: agrogeológia, agrometeorológia, biomonitoring, éghajlatváltozás, élőhelyvédelem, gyepgazdálkodás, hidrológia, környezetjog, környezetrekonstrukció, környezetvédelem, ornitológia, ökoturizmus, paleoökológia, paleotalajtan, talajerózió, talajművelés, talajtan, talajvédelem, tájlesztés, tájgazdálkodás, tájhasználat, tájmetria, tájökológia, tájtörténet, tájváltozás, távérzékelés, térinformatika, természetvédelem, vegetációtérképezés.

A cikkek végén rövid összefoglalók olvashatók többnyire angolul, de német és portugál nyelven is jelentek meg absztraktok. Az absztrakton kívül az ábra- és a táblázatcímek is megjelennek idegen nyelven.

A Tájökológiai Lapok honlapjának felújított verziója 2006 júliusában készült el (<http://www.tajokologiailapok.szie.hu>), és több, mint havi 100 látogatója volt a rákövetkező években. Itt volt megtalálható a szerzőknek szóló útmutató és sablon, valamint az archívum is. Az akkori új honlap létrehozását Kovács Zoltánnak köszönhetjük. 2013-ban tragikus hirtelenséggel elhunyt.

Fontos fejlemény volt a Tájökológiai Lapok életében, hogy az itt megjelent cikkeket számos doktori iskola elfogadja publikációként a doktori dolgozatot benyújtó hallgatók számára, így a lap a doktorandusz hallgatóknak is fontos publikációs lehetőség.

A hazai adatbázisok közül a MATARKA (MAGyar folyóiratok TARTalomjegyzékeinek Kereshető Adatbázisa, <http://www.matarka.hu>) felületén lehet keresni a Tájökológiai Lapok cikkei között.

A legutóbbi évben (2022) 0,465 hivatkozás jutott egy dokumentumra. Néhány nemzetközi folyóirat, amelyben hivatkozzák a Tájökológiai Lapokban közölt cikkeket:

*Agriculture, Ecosystems and Environment* (IF= 3,203) 162: 45–51., 199: 67–76.

*Aquatic Insects* (IF=0,8) 34(Sup1): 173–187.

*Biodiversity and Conservation* (IF=3,7) 25(12): 2473–2490.; 28(10): 2615–2645.

*Bird Study* (IF=0,7) 58(3): 365–377.

*Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* (IF=1,316) 11(1): 255–264.

*Diversity* (IF=2,4) 14(7): 510

*European Planning Studies* (IF= 1,025) 23(6) 1209–1227.

*International Journal of Agricultural Sustainability* (IF=3,4) 14(4):408–427.

*Journal of Maps* (IF=2,657) 12(5): 79–88.

*Land* (IF=3,9) 8(6): 98

*Landscape and Urban Planning* (IF= 2,606) 130(1) 159–170.

*Landscape Ecology* (IF=5,3) 29(5): 867–877.

*Landscape Research* (IF=1,8) 42(8): 539–558.

*Land Use Policy* (IF= 6,189) 38: 685–697.

*Nature Conservation* (IF=1,6) 39: 113–132.

*Quaestiones Geographicae* (IF=0,315) 38(1): 53–70.

*Sustainability* (IF=3,9) 14(17): 10680

*The Professional Geographer* (IF=1,8) 71(4): 631–644.

*Vegetation History and Archaeobotany* (IF= 2,061) 24(1) 101–120.

Lapunk különdíjat alapított azon hallgatók számára, akik a Szent István, majd 2021-től a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Tudományos Diákköri Konferenciáján tájökológiai témájú dolgozattal jelennek meg. A honlapra 2014-ben felkerült az addig megjelent összes cikk pdf formátumban. Ezek feltöltését a Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet Természetvédelmi és Tájökológiai Tanszékének

doktorandusz hallgatói végezték: Pósa Patrícia, Mravcsik Zoltán és Takács Márton. A teljes cikket tartalmazó linkeket a MATARKA is tartalmazza.

2020-ban tragikus hirtelenséggel elhunyt a lap egyik első, alapításkori főszerkesztője, Dr. Barczi Attila. Az ő tiszteletére jelentettük meg 2022-ben az egyik különszámot (<https://journal.ke.hu/index.php/tl/issue/view/297>) és alapítottunk különdíjat a hazai tájak védelméről, komplex kutatásáról szóló kiemelkedő színvonalú szak- és diplomadolgozatok és szakkikkek elismerésére (<https://journal.ke.hu/index.php/tl/article/view/3143/3520>).

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 2021-es megalakulásával újabb jelentős változások történtek folyóiratunk életében: elindult annak Open Journal Systembe történő integrálása. 2023-ban pedig elkészült az új honlap (<https://journal.uni-mate.hu/index.php/tl/>). 2022. óta DOI számot is kapnak a megjelenő cikkek, és elkezdődött a korábban megjelent cikkek DOI számának igénylése, valamint archívumba rendezésük az új honlapon.

Fontos fejlemény, hogy 2008 után 2022-ben ismét Q3-as besorolást kapott a folyóirat. A többi évben Q4-es besorolású volt.

#### **Rendhagyó megjelenések:**

2008-ban egyben jelent meg az 1-2. szám, és megjelent egy harmadik szám is.

2010-ben szintén nem két, hanem három rendes szám jelent meg.

2010-ben egy, 2017-ben egy, 2018-ban két, 2019-ben egy, 2022-ben két különszám jelent meg.

#### **Korábbi összefoglalók a Tájökológiai Lapokról:**

Penksza, K., Centeri, Cs., Csontos, P., Barczi, A. 2008: A Tájökológiai Lapok első öt éve. Absztrakt. In: Módosné Bugyi I. III. Magyar Tájökológiai Konferencia előadások és poszterek összefoglalói. ISBN:9789635033744 p. 128

Barczi, A., Centeri, Cs., Csontos, P., Malatinszky, Á. 2016: A Tájökológiai Lapok első 13 éve. In: Horváth, G. (szerk.) Tájhasználat és tájvédelem - Kihívások és lehetőségek: VI. Magyar Tájökológiai Konferencia előadásainak kivonatai. Budapest, Magyarország: ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék 112, p. 15.

#### **Köszönetnyilvánítás**

Szeretnénk megköszönni mindazok támogatását és közreműködését, akik a Tájökológiai Lapok első 20 évének sikerességét előmozdították anyagi erőforrásokkal, ötletekkel, kézírataik elküldésével, a kéziratok lektorálásával, és minden további, a lap életével összefüggő munkák végzésével. Külön köszönet illeti Büki Józsefet, aki az egykori KvVM Természetvédelmi Hivatal könyvtárosaként önzetlenül segítette a lap széleskörű megismertetését. Szintén nagy köszönet illeti Dr. Csontos Pétert, aki szintén a kezdetektől szíven viseli a folyóirat sorsát. Az egyik főszerkesztőnk, Dr. Penksza Károly 2014-ben, egyik szerkesztőnk, Dr. Saláta Dénes pedig 2023-ban búcsúzott el a szerkesztőségtől, ezúton is köszönjük a munkájukat.

*A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:*

CC-BY-NC-ND-4.0.



## Selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) UAV felvételekkel történő azonosítása és monitorozásának lehetőségei

BAKACSY LÁSZLÓ<sup>1</sup>, SZATMÁRI JÓZSEF<sup>2</sup>, BIRÓ CSABA<sup>3</sup>, TOBAK ZALÁN<sup>2</sup>,  
VAN LEEUWEN BOUDEWIJN<sup>2</sup>, SZILASSI PÉTER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, Növénybiológiai Tanszék,

6727 Szeged, Közép fasor 52., e-mail: [bakacsy@bio.u-szeged.hu](mailto:bakacsy@bio.u-szeged.hu)

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék,  
6722 Szeged, Egyetem utca 2-6.

<sup>3</sup>Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, 6000 Kecskemét, Liszt Ferenc utca 19.

**Kulcsszavak:** *Asclepias syriaca*, biológiai invázió, drón (UAV), képfeldolgozás, távérzékelés, térinforma-  
tika, vegetációs indexek

**Összefoglalás:** Az inváziós fajok komoly és gyakran visszafordíthatatlan károkat okoznak a biodiverzításban és az ökoszisztéma szolgáltatásokban, amelyek alapvető fontossággal bírnak az ember fennmaradása szempontjából, emellett pollenjeik miatt népegészségügyi szempontból is fontos problémát jelenthetnek. Mind az ellenük való védekezés, mind az általuk okozott gazdasági és természetvédelmi károk világszerte óriási költségeket emésztnek fel. Hatékony kezelésükhöz ismernünk kell az inváziós fajok jelenlegi elterjedését, terjedésük dinamikáját, ökoszisztémákra, élőhelyekre és a gazdaságra gyakorolt pontos hatásukat. Napjainkban ezeknek az információknak nagy területekről való begyűjtése leghatékonyabban drónokkal (UAV – unmanned aerial vehicle) történő monitorozással lehetséges. A természetközeli gyepek jelentős biológiai sokféleséggel rendelkeznek és fontos ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak, azonban ezek az élőhelyek is ki vannak téve az inváziós fajok károsításának. Magyarország Pannon homoki gyepeit számos inváziós faj terjedése fenyegeti. Ezek közül a közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) térképezésével és monitorozásával foglalkoztunk, mivel az egyik leggyakoribb és legveszélyesebb inváziós faj a Dél-Alföldi régióban. Mivel az inváziós növényfajok természetvédelmi kezelése a mezőgazdasági gyomszabályozás szemléletén és módszerein alapszik, így jelen tanulmány a mezőgazdaságban használt monitorozási eljárások átültetésének egy lehetséges módszertani fejlesztéseként értékelhető. Célunk volt megvizsgálni, hogy a precíziós mezőgazdaságban használt vegetációs indexek alkalmasak-e a közönséges selyemkóró egyed szintű azonosítására, állomány nagyságának a meghatározására. Kutatásaink során UAV-val készült légifelvételekből (RGB és CIR) képzett vegetációs indexek (TGI, VARI, NDVI és SAVI) vizsgálatát végeztük el. A közönséges selyemkóró drónnal végzett állomány felmérését, térképezését a Kiskunsági Nemzeti Park Kolon-tó törzsterületéhez kapcsolódó két regenerálódó parlagon végeztük el, 2020 júliusában. Eredményeink szerint a selyemkóró hajtásainak és egyed szintű azonosításának a legalkalmasabb indexe a TGI volt. Az NDVI és SAVI indexek a selyemkóró területi lefedettségének (borításának) és tőszámának meghatározására kevésbé voltak alkalmasak mint a TGI, ugyanakkor alkalmasak lehetnek természetvédelmi kezelések hatékonyságának meghatározására. Eredményeink egyszerű, gyors, költséghatékony és minimális zavarást okozó módszert biztosítanak az inváziós faj nagykiterjedésű állományainak térképezéséhez, időben többször megismételt monitorozásához. Ezáltal a természetvédelem számára olyan információkat nyújthat, amelyek egyrészt az invázió elleni védekezés pontos megtervezését, másrészt a kezelések hatékonyságának ellenőrzését és nyomon követését is lehetővé teszi a jövőben.

## Bevezetés

Az inváziós növényfajok sokszor igen gyorsan, alapjaiban képesek megváltoztatni a természetközeli ökoszisztémák struktúráját, működését (Richardson et al. 2000), de emellett világszerte nem csak gazdasági, de humánegészségügyi problémákat is okoznak (Inderjit 2005, Kettunen et al. 2008, Európai Bizottság 2014).

A még természetes, vagy természetközeli állapotban fennmaradt védett területeken e fajok kezelése a természetvédelem egyik nagy kihívása, egyben rendkívül fontos feladatai közé tartozik (Schiffleithner és Essl 2016). A már megtelepedett inváziós fajok esetében a védekezés legfontosabb eleme a kiirtás vagy térbeli elszigetelés. Mindehhez ismernünk kell az inváziós fajok aktuális elterjedését, terjedésük dinamikáját, ökoszisztémákra, élőhelyekre gyakorolt hatásukat, ami csak megfelelő monitorozással lehetséges (Csiszár és Korda 2015, Szilassi et al. 2021). Inváziós fajok nagyobb területre kiterjedő (hektáros állományok) pontos felmérése a hagyományos módszerekkel (transzektek vagy kvadrátok használata) rendkívül limitált a ráfordított idő, energia és a költségek tekintetében. További problémát okozhat a hagyományos felmérésnél a vegetációra kifejtett zavarása (pl.: taposás, talajtömörödés stb.) (Bakó 2015, Bolch et al. 2020), ami inváziós növényfajok további megtelepedésének kedvező feltételeket teremthet (Bakacsy 2019). Az inváziós fajok terepi felmérését, térképezését az is nehezíti, hogy mivel az őshonos vegetációval gyakran keverten fordulnak elő, ezért az általuk elfoglalt terület határai nem egyértelműek, nehezen azonosíthatók (Bakó 2015). Ráadásul egy terepi felmérés utáni években gyors terjedésük miatt újabb terepbejárásokra van szükség. A távérzékelést (remote sensing, RS) napjainkban előszeretettel alkalmazzák a vegetáció térképezése során, mivel képes szinoptikus képeket nyújtani nagy földrajzi kiterjedésű területekről. Ez előnyt jelent a terepi felmérésekkel szemben, amelyek gyakran csak kis területekre korlátozódnak, és nehezen megközelíthető helyeken szinte lehetetlenek. Történeti szempontból az RS-nek döntő jelentősége volt az inváziós növényfajok felismerése és felmérése során is (Bakó 2015, Bolch et al. 2020, Szilassi et al. 2021). A műholdas távérzékelés fontos információkat nyújthat a talajtípusok és az egyes vegetációtípusok általános jellemzőiről, de nem elég nagy tér és időbeli felbontású az egyes fajok egyed szintű azonosításához, a fertőzött és nem fertőzött vegetációtípusok elkülönítéséhez, nagyfelbontású térképezéséhez. Ráadásul a rendelkezésre álló műholdképek nem mindig a kívánt fenológiai szakaszában készülnek az adott fajról, vagy a vegetációról (Bakó 2013, 2015, 2019, Cruzan et al. 2016, Bolch et al. 2020). A probléma egy lehetséges megoldását jelentheti a távérzékelés új módszerének alkalmazása, a pilóta nélküli légitjárművekkel (UAV-k), vagy gyakoribb nevükön drónokkal történő felvételezés. Alkalmazásuknak számos előnye ismert: a vegetáció zavarása nélkül végezhető velük annak felvételezése; a felvételezés lényegesen nagyobb területre terjedhet ki, megjegyzendő azonban, hogy a felvételezni kívánt növényzeti állományok mérete a hagyományos terepi felmérések és műholdas távérzékeléssel felvehető állományok méretei közé esnek (néhány hektár); felbontásuk alkalmas nem csak a vegetáció, de olykor még az egyes fajok egyedeinek azonosítására is. Sok szerző



kiemeli, hogy az UAV módszerekkel végzett vegetáció térképezések a munkára szánt időt és költségeket is jelentősen csökkentik (Dvořák et al. 2015, Cruzan et al. 2016, Michez et al. 2016, Hill et al. 2017, Müllerová et al. 2017). Ezeket az előnyöket kihasználva már számos inváziós növényfaj kutatásához sikerrel használtak drónokat különböző ökoszisztémák esetében, így például vizes élőhelyeken (Michez et al. 2016, Hill et al. 2017), fás vegetációjú (Müllerová et al. 2017) és füves élőhelyeken egyaránt (Lehmann et al. 2017, Wijesingha et al. 2020, Papp et al. 2021).

A gyepek jelentős biológiai sokféleséggel rendelkeznek, jelentős szén-dioxid megkötők, és primer produkciójuk sem elhanyagolható. Azonban ezek az élőhelyek fokozottan ki vannak téve az inváziós fajok kártételének (Bolch et al. 2020). A gyepek esetében azonban az inváziós fajok távérzékeléses módszerekkel történő felmérése és egyed szintű azonosítása is komoly nehézségekbe ütközhet. Mivel gyakran az őshonos fajokhoz hasonló spektrális tulajdonságokat mutathatnak, vagy az őshonos fajokkal együtt növekednek, ezért elkülönítésük a „háttérrel” alkotó fajoktól meglehetősen körülményes lehet. Ezekre a kényszerekre reagálva az inváziós fajok monitorozása távérzékeléssel gyakran csak közvetett módon lehetséges. A közvetett módszerek gyakran több forrásból származó adatokra és modellekre támaszkodnak az inváziós fajok felismeréséhez és ezáltal elterjedésük becsléséhez (Bolch et al. 2020). A fenológiai eltérés (pl. virágzás, nyugalmi időszak fenológiája) például segíthet az őshonos növényzetet és inváziós fajt elkülöníteni egymástól (Bakó 2015, Niphadkar és Nagendra 2016, de Sá et al. 2018, Bolch et al. 2020).

Magyarország homokterületei az Európai Unió számára is rendkívül fontos endemikus élőhelyeknek és fajoknak adnak otthont, amelyeket számos inváziós faj terjedése veszélyeztet. Ezek közül a közönséges selyemkórót (*Asclepias syriaca* L.) számos adatbázis az egyik legveszélyesebb inváziós fajként tartja számon (CABI 2011, DAISIE 2015, Európai Bizottság 2017, GRIIS 2017, EPPO 2019). A selyemkóró inváziója azokban a növénytársulásokban a legdinamikusabb, amelyek már valamilyen hatásra degradálódtak, zavartakká váltak (Szatmári et al. 2016, Bakacsy 2019, 2021, Follak et al. 2021, Szilassi et al. 2021). Az általa okozott természetvédelmi problémák elsődlegesen abból adódnak, hogy az elfoglalt területeken akadályozhatja a természetközeli társulások regenerációját (Bagi 2008, Bagi és Bakacsy 2012, Bakacsy 2019, 2021). Hatékony vegetatív (klonális) növekedése még a nyílt homoki gyepekben is alkalmassá teszi a lassú, de szívós térfoglalását (Bagi 2008, Bagi és Bakacsy 2012, Kelemen et al. 2016, Szatmári et al. 2016, Bakacsy 2019, 2021). Ez a faj már eddig is jelentős területeken alakította át a természetes vegetációt, de a megmaradt állományokat is veszélyezteti. Tekintve, hogy a degradált területek kiterjedése egyre nő, a selyemkóró ezeket elfoglalva hasonló tempóban terjeszkedik (Szatmári et al. 2016, Szilassi et al. 2019).

Növekvő számú tanulmány foglalkozik az *A. syriaca* inváziójának természetes és féltermészetes vegetációkra kifejtett hatásával (Kelemen et al. 2016, Szitár et al. 2014, 2016, 2018, Bakacsy 2019, 2021). Mégis, távérzékelésen alapuló monitorozásával mindössze néhány publikáció foglalkozott (Kitka és Szilassi 2016, Kunah és Papka 2016, Szatmári et al. 2016, Szilassi et al. 2017, Szilassi et al. 2019, Papp et al. 2021), így még meglehetősen keveset tudunk terjedésének nagyléptékű dinamikájáról, például, hogy

az általa elfoglalt területek milyen ütemben növekednek, hogyan változik a faj egyedsűrűsége évről évre az általa elfoglalt területen belül stb., ezért a faj nagyobb léptékű elterjedésének aktualizálása, pontosítása nagyon időszerű és természetvédelmi szempontból kiemelten fontos kérdés.

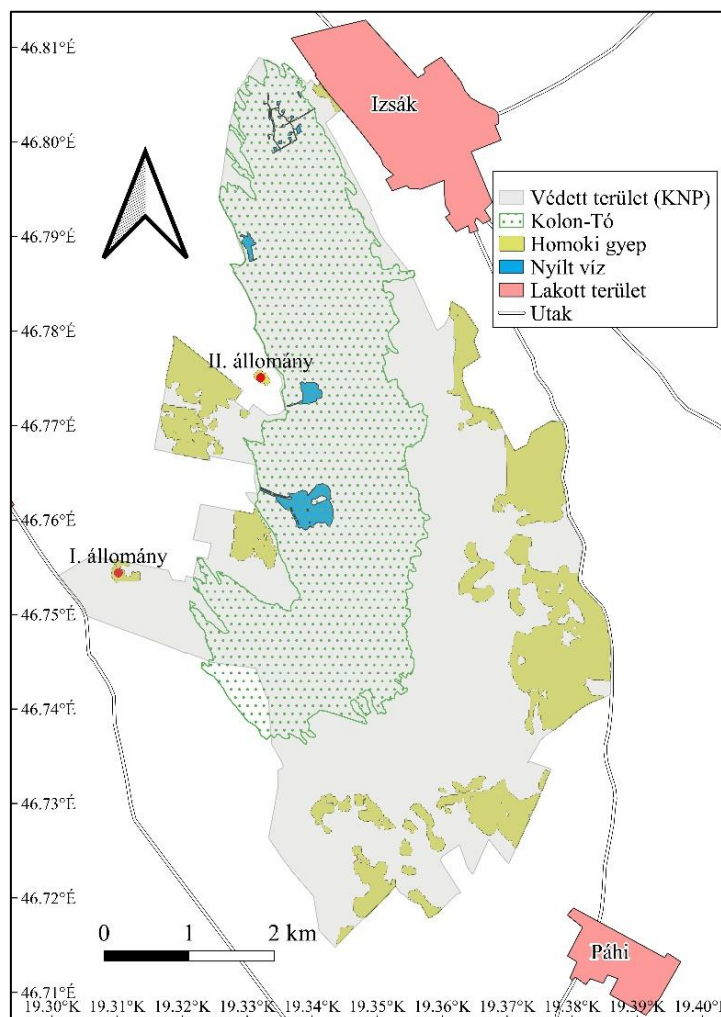
Az inváziós növényekkel szembeni védekezés a mezőgazdasági gyomszabályozás szemléletét tükrözi (Smith et al. 2006). A jelen tanulmányunkban a precíziós mezőgazdaságban használt módszerek átültetésének lehetőségét vizsgáljuk a természetvédelem számára, úgy, hogy a mezőgazdaságban alkalmazott monitorozási eljárásokat próbáljuk alkalmazni. Bakó (2015) a selyemkóró repülőgépes monitorozását az egyik leginkább költségigényesnek írja le, mivel valószínű felvételezés esetén csak nagyobb térbeli felbontású légifelvételek alapján azonosítható jól a faj, míg multispektrális légi felmérés esetében multitemporális, három ismétlésű eljárás biztosítja a faj szélső elterjedéseinek detektálását. Jelen tanulmányunkban demonstrálni kívántuk, hogy vegetációs indexek alkalmazása nem csak jó hatékonyságot biztosít a faj azonosítására, de állományszintű becslésére is alkalmasnak bizonyul. Mivel a nyílt homoki gyepek szerkezetébe az *A. syriaca* kevésbé illeszkedik bele, valamelyest külön szintet alkot (Szigetvári 2002), így drónfelvételen történő azonosítása kevésbé problematikusnak ígérkezik. A célfaj tőszám- és borításbecslését kíséreljük meg elvégezni TGI (Hunt et al. 2013), VARI (Gitelson et al. 2002), NDVI (Tucker 1979) és SAVI (Huete 1988) indexek segítségével. A tanulmány jó kiindulási alapot szolgáltathat egyrészt a faj elterjedésének térképezése szempontjából a természetvédelem számára állományaik pontos, akár félautomatikus módon történő felismeréséhez és felméréséhez. Ezek a természetvédelem számára olyan gyakorlati módszereket kínálnak, amivel gyors, költség-hatékony és kellően pontos monitorozást tesznek lehetővé az inváziós fajok, valamint kezelésük jövőbeni megtervezéséhez és emellett a kezelések eredményességének nyomon követéséhez is jelentősen hozzájárulhatnak.

## **Anyag és módszer**

### **A vizsgálati terület rövid jellemzése**

Az inváziós faj vizsgálatára a Kiskunsági Nemzeti Park Kolon-tó törzsterületén került sor 2017-ben és 2020-ban. A védett terület a Duna-Tisza közti homokdűnék legnyugatibb részén helyezkedik el, 3058 ha-on, mely a Duna egyik mellékágából alakult ki még posztglaciális időszakban (Tóth 1996, Sipos et al. 2014). A tavat lág és ligeterdők, lág- és mocsárrétek veszik körbe, nyugati részén szélbarázda maradványgerinc formaegyüttessel jellemezhető homokbuckás területek találhatók. Észak-déli irányban összefüggő nádasok dominálnak, amelyeket néhány nyíltvízfolt tarkít. A területet gazdag flóra és fauna jellemzi (Tóth 1996, Bölöni et al. 2011).

A két vizsgált regenerálódó parlag (a továbbiakban állományok, I. és II.) a homokbuckás területekhez kapcsolódóan kerültek kijelölésre (1. ábra). A drónos felmérésekre mindkét esetben 2020. július 6-án kerül sor. Mindkét mintaterületen a selyemkóró borítása jelentős volt.



1. ábra. A két kiválasztott mintaterület helyzete és a Kiskunsági Nemzeti Park természetközeli gyepterületei

Figure 1. Location of the two selected sample areas and the seminatural open sand grasslands of the Kiskunság National Park

## Dokumentációs módszerek

A két Kolon-tó közelében elhelyezkedő mintaterület berepülését a SZTE TTIK Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszéke Alkalmazott Geoinformatikai és Távérzékelési laborjának tulajdonában lévő senseFly eBee X merevszárnyú drónnal végeztük. A drón szárnyfesztávolsága összeszerelt állapotban 116 cm, tömege 1,1 kg – 1,4 kg (hasznostehertől függően) és 90 perc a maximális repülési ideje. Rádiókapcsolata 3 km /1,9 mi. A drón reptetési során RGB kameraként senseFly S.O.D.A.-t, színes infravörös (CIR) kameraként Parrot Sequoia+ használtunk, melyeknek paramétereit az

1. táblázat tartalmazza. Jelen tanulmányban az adatfeldolgozás során két kamera a senseFly S.O.D.A. és a Parrot Sequoia+ képeit használtuk fel.

1.táblázat. A drónnal használt szenzorok paraméterei

Table 1. Parameters of sensors used with the drone

Kamera típusa	senseFly S.O.D.A.	ParrotSequoia+
Szenzorok száma	1 (RGB)	2 (RGB + Multispektrális)
Felbontás	5472 × 3648 px	RGB: 4608 × 3456 px, Single-band: 1280 × 960 px
Spektrális felbontás	-	Multispektrális csatornák: Green (550 nm ± 40 nm) Red (660 nm ± 40 nm) Red edge (735 nm ± 10 nm) Near infrared (790 nm ± 40 nm)
Zársebesség	Global Shutter 1/30–1/2000s	RGB: Rolling, Single-band: Global
RTK/PPk támogatása van	igen	igen
Képfarmátumok	JPEG, DNG+JPEG	RGB: JPEG, Multispektrális: TIFF

Mindkét területen kétszeri felszállást hajtottunk végre (a senseFly SODA és a Parrot Sequoia kamerák egyszerre voltak a drónba beszerelve). A felszállások előre megtervezett repülési útvonalakon történtek. Azért, hogy a lehető legtöbb átfedő felvétel, és ezáltal pontosabb adatok álljanak a rendelkezésünkre a két mintaterületről, mindkét esetben megnöveltük a berepült útvonal hosszát, ezzel a lefényképezett terület nagyságát (2. ábra és 2. táblázat).

A két mintaterület időjárása a vizsgálat idején napos, száraz volt, valamint csapadék és páramentes volt a megelőző hetekben is.



2. ábra. A drón repülési és landolási útvonalai a senseFly eMotion program kezelőfelületében. A drón útvonalai Parrot Sequoia+ kamerával ellátva: A) I. állomány és B) II. állomány felvételezése esetén

Figure 2. Drone flight and landing paths in the senseFly eMotion program interface. Routes of the drone with Parrot Sequoia+ camera: A) I. stand and B) II. stand

2. táblázat. A két állományra készített repülési paramétereit (a senseFly S.O.D.A. kamera a multispektrális kamerával együtt volt a drónra szerelve, így azok repülési paramétereit megegyeznek)

Table 2. Applied flight parameters for the two stands (senseFly S.O.D.A. camera and multispectral camera were mounted in the drone at the same time, that is why their flight parameters are the same)

Állomány	Kamera	Repülési magasság	Képek átfedése	Repülési idő	Felbontás	Terület nagysága	Képek száma
I.	Parrot-Sequoia+	53,1 m/AED	60% lat./ 80% long.	14,51 perc	5 cm/px	8,5 ha	476 db.
II.	Parrot-Sequoia+	53,1 m/AED	60 % lat./ 80% long.	12,21 perc	5 cm/px	6,7 ha	360 db.

### Adatfeldolgozási módszerek

Az elkészült fotókból, légifelvételek feldolgozásához használt Agisoft Metashape Professional 1.5.4. fotogrammetriai szoftver segítségével elkészítettük mindkét állomány ortofotóját. A felvételekkel végzett Agisoft-beli munkafolyamat során földi referencia pontokat nem használtunk, ún. fedélzeti referenciával (OtF=on\_the\_fly referenciával) dolgoztunk. A képközéppontok X, Y és Z koordinátáit fedélzeti GNSS geodéziai pontosságú (utófeldolgozásos, de RTK képes műszerrel mértük, ezzel van felszerelve a felmérő eBee UAV).

Az állományok ortofotóin tanulóterületeket jelöltünk ki. Ezek az állományokat jól reprezentáló homogén foltok, melyek kezelhetőbbek a munkafolyamat során (például kevesebb számításidőt vesznek igénybe). A tanulóterületek kijelölésénél elsődleges szempont volt, hogy a vizsgálni kívánt inváziós faj homogén borításban legyen rajtuk, de emellett igyekeztünk azokat véletlenszerűen, térben szórtnan kiválasztani. Az első állomány esetében négy, míg a második állománynál nyolc tanulóterületet választottunk ki.

A mezőgazdaságban és erdészetben is használt vegetációs indexet alkalmaztunk a tanulóterületeken és később a teljes ortofotókon. RGB látható színes felvételek esetében négy vegetációs index vegetációtérképezésben való alkalmazhatóságát vizsgáltuk. Elemeztük, hogy az egyes vegetációs indexek közül melyiken lehet inváziós faj egyedeit a lehető legjobban elkülöníteni a képek háttérét alkotó természetközeli homoki gyepvegetációtól.

A Tringular Greenness Index (továbbiakban TGI index) (Hunt et al. 2013) a levelek és lombzat klorofillkoncentrációjának becslését végzi, ami három jellegzetes reflektanciapont által képzett háromszög területén alapul. A TGI számítása a

$$-0.5 \times [(\lambda_r - \lambda_b) \times (R_r - R_g) - (\lambda_r - \lambda_g) \times (R_r - R_b)]$$

képlettel lehetséges, ahol  $\lambda_r = 670$  nm,  $\lambda_g = 550$  nm és  $\lambda_b = 480$  nm. E három hullámhossz abszorbanációját a fotoszintetikus pigmentek (klorofill-a és -b) mennyisége határozza meg. A három hullámhossz egy háromszöget határoz meg, melynek területe alapján történik a TGI számítása. A háromszög területe alapvetően az 550 nm-es hul-

lámhossz visszaverődés változásából adódik. Ha a klorofilltartalom csökken, a háromszög területe nagyobb lesz, mivel 550 nm-en erősen megemelkedik a reflektancia. A PROSPECT levélmodell-szimulációk vizsgálata szerint a reflektancia (TGI) megemelkedik, amikor a klorofilltartalom csökkent nitrogénhiány következtében (Jacquemoud et al. 1996, Feret et al. 2008, Hunt et al. 2013). A klorofillok (és a karotinoidok is) erősen abszorbeálnak 480 nm-en, így a kék hullámhosszokon a klorofill-tartalom csökkenésével a reflektancia nem változik. A klorofill-*a* 670 nm-nél sokkal magasabb abszorpciós együtthatóval rendelkezik, mint az 550 nm-en, tehát a klorofill tartalom csökkenése esetén az 550 nm-nél nagyobb a növekedés, mint a 670 nm-nél (Hunt et al. 2013).

A CIR, színes infravörös kamera felvételeinek vizsgálatához a két legáltalánosabban használt indexet a Normalized Difference Vegetation Index-et (NDVI) és a Soil Adjusted Vegetation Index-et (SAVI) használtuk.

NDVI a növényzet fajlagos klorofilltartalmával korrelál így a vegetáció aktivitásáról tájékoztat. A növényzet jellemzői és az általa visszavert vörös és közeli infravörös sugárzás közötti kapcsolaton alapul (Borsicky 2018). Az NDVI képlete a következő:

$$\frac{(R_n - R_r)}{(R_n + R_r)}$$

ahol  $R_n$  = közeli infravörös sáv,  $R_r$  = vörös sáv.

SAVI index egy érzékenyebb index az NDVI-hoz képest, mivel már a talajhatást is figyelembe veszi (Huete 1988). Mezőgazdasági alkalmazása főként olyan kultúrák esetében ajánlott, ahol a kulturnövény tág térállású, vagy a lombozata még nem záródott (Borsicky 2018). Ezt nyílt homokpusztai gyepek vizsgálata esetén is érdemes megfontolni, mivel zártabb vegetációnál az NDVI a valóshoz igen közeli értéket adhat, addig a jelen vizsgálati helyszín vegetációjában előforduló gyakori csupasz homokfelszínnek torzító hatása lehet. A ritka növényzet vagy a nagy visszaverőképességű talajjal jellemzett területek (pl.: homoktalajok) telíthetik az érzékelőket így félrevezető becslést adnak a vegetációról. A vörös és a közeli vörösön alapuló vegetációs indexekben okozott talajfényesség korrigálására egy ún. L-faktor alkalmazható. A SAVI számításához

$$\frac{(1 + L) \times (R_n - R_r)}{(R_n + R_r + L)}$$

képlet alkalmazható (Huete 1988, Huete et al. 1997), ahol  $L = 0$  értéket sűrű vegetáció esetében érdemes használni (ekkor a SAVI lényegében megegyezik az NDVI-al),  $L = 0,5$  átlagosnak mondható vegetációs borítottság esetén használható (a legtöbb esetben, így a jelen tanulmányban ezt az értéket használtuk), míg a nagyon gyér vegetációnál az  $L = 1$  érték helyettesíthető be a fenti képletbe.

A későbbi összehasonlítások alapjához először a tanulóterületek RGB fotóin manuálisan elvégeztük a selyemkóró hajtások polygonnal való lefedését (3. és 4. ábra), valamint az így előállított poligonokra centroidokat hoztunk létre QGIS-ben, ami az egyes tövek a valóshoz legközelebbi eredményeként fogható fel (5. ábra). Az RGB fotókon manuálisan lehatárolt hajtások polygonjai és centroidjait használtuk fel kontrollként. A polygonok területe a borítást ( $m^2$ ), a centroidok száma pedig a tőszámot (db.) adja.

Érdeemes megjegyezni, hogy a manuális lehatárolást segítette a selyemkóró egyes hajtásainak jellegzetes színe és alakja, így a keresztben átellenes levelek a nagyobb felbontáson is jól megfigyelhetők (4A. ábra).

A vegetációs indexek alapján történő borítás és tőszámok kalkulálásához a tanulóterületek RGB és CIR képeiből egymásból szukcesszíve generált térképeket hoztunk létre QGIS-ben. Ezek sorrendben a következők voltak: 1. indextérképek létrehozása, 2. bináris térképek létrehozása és 3. vektoros állományok létrehozása.

Az indextérképek szerkesztése a TGI, VARI, NDVI és SAVI indexek alapján történt. Megjegyzendő, hogy a VARI index esetében öt tanulóterület indextérképe nem volt alkalmas az özönfaj azonosítására adott időjárási körülmények között. A NIR és R sávokat használó indexek (NDVI és SAVI) térképei első ránézésre meglehetősen hasonlítanak (6. és 7. ábra), de indexértékük eltérő (3. táblázat). Bináris térképek létrehozásához az indextérképek értékintervallumai (3. és 4. táblázat) segítségével küszöbértékeket kell meghatározni minden tanulóterület esetében. A küszöbérték alkalmazásának lényege, hogy az ez alatti értékű pixeleknél 0 értéket, míg az e felettieknek 1-t adunk, ezáltal egy bináris térképet kapunk. A tanulóterületek TGI indexének minimum és maximum értékei -1180 és 11220 között mozogtak. Alkalmazható küszöbértéket 5000 és 5500-nak találtuk adott megvilágítási spektrum és talaj- illetve növényfelületi nedvesség mellett (3. táblázat). VARI esetében öt tanulóterület indextérképe nem volt értékelhető. A fennmaradó három tanulóterület esetében a maximum és minimum értékek -0,346 és 0,666 voltak, az alkalmazott küszöbértékek -0,15 és -0,2 voltak. Továbbá megjegyezhető, hogy mindhárom érdemleges VARI indextérképet adó tanulóterület a második állományban helyezkedik el (3. táblázat). A két felvételezett állomány között jelentős eltérést nem tapasztaltunk a területen, ezért a kamerarendszer meghibásodására gyanakszunk (feltehetőleg ez a kamera parallaxis és fázishibája lehetett), ami az észlelt eltéréseket okozhatta. A második állomány felvételezésekor a CIR ortomozaikon egy kiterjedt szellemkép volt megfigyelhető, ezzel szemben itt az RGB felvételek alapján kalkulált indexek optimálisan működtek (TGI index jobb közelítést adott a manuálisan lehatárolással és centrálisokkal, valamint a VARI index is három tanulóterületnél alkalmazható volt) (5. és 6. táblázat).



3. táblázat RGB-ből származtatott indexek intervallumai és a bináris térképek létrehozásához alkalmazott küszöbértékek

Table 3. RGB-derived index intervals and thresholds used to generate binary maps

Index intervallumok (RGB)	TGI			VARI			
	min.	max.	alkalmazott küszöbérték	min.	max.	alkalmazott küszöbérték	
I. állomány	1. tanulóterület	-815	8775	5000	-0,625	0,224299	nem alkalmazható
	2. tanulóterület	-1165	9245	5500	-1,2	0,204918	nem alkalmazható
	3. tanulóterület	-1180	9430	5500	-0,54286	3,5	nem alkalmazható
	4. tanulóterület	-1050	9695	5000	-0,67568	0,583333	nem alkalmazható
II. állomány	1. tanulóterület	-580	11220	5000	-0,33898	0,333333	-0,15
	2. tanulóterület	-110	9435	5000	-0,34694	0,285714	-0,2
	3. tanulóterület	-415	9460	5500	-0,40741	0,451613	nem alkalmazható
	4. tanulóterület	-395	9540	5000	-0,26667	0,666667	-0,15

4. táblázat Az állományok multispektrális ortofotóiból származtatott indexek intervallumai és a bináris térképek létrehozásához alkalmazott küszöbértékek

Table 4. Intervals of indices derived from multispectral orthophotos of the stands and thresholds used to generate binary maps

Index intervallumok (Multispektrális)	NDVI			SAVI		
	min.	max.	alkalmazott küszöbérték	min.	max.	alkalmazott küszöbérték
I. állomány	-0,40019	1	0,4	-1,49981	1,49999	0,6
II. állomány	-1	1	0,25	-1,49996	1,49998	0,4

A multispektrális képek elemzéséhez az egész állományokból hoztuk létre az adott index térképeit (NDVI vagy SAVI), valamint azokból képzett bináris térképeit is. Az NDVI, az első állomány minimum értéke -0,4, maximum értéke 1 volt, míg a második állomány ugyanezen értékei -1 és 1 voltak. Az alkalmazott küszöbindexek az első állomány esetében 0,4 a második állománynál 0,25 voltak (4. táblázat). Az első állomány SAVI minimum és maximum értékei -1,499 és 1,499 voltak, a második állományé ezzel szinte teljesen megegyezők voltak. Az alkalmazott küszöbérték az első állománynál 0,6, míg a második állománynál 0,4 volt (4. táblázat).

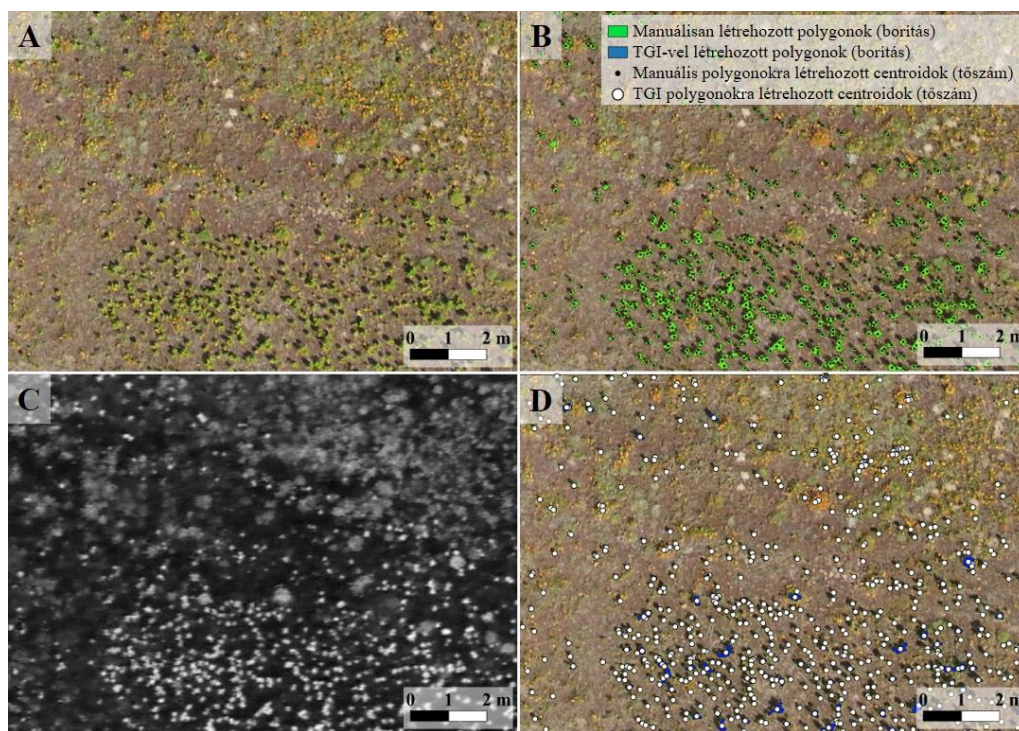
Vektoros állományok (poligonok) a bináris térképek konverziójával készíthetők QGIS-ben, ezek az özőnfaj által elfoglalt területet (borítását) adják meg (3.–7. ábra). A

poligonok területe mértékegységgel együtt meghatározható ImageJ program (Schneider et al. 2012.) alkalmazásával. A poligonokra QGIS-ben centroidok hozhatók létre, amelyek a tőszámot adják (3–7. ábra).

A statisztikai elemzéseket SigmaPlot program 12.0-ás verziójában (Systat Software, Inc. San Jose, California, USA) végeztük.

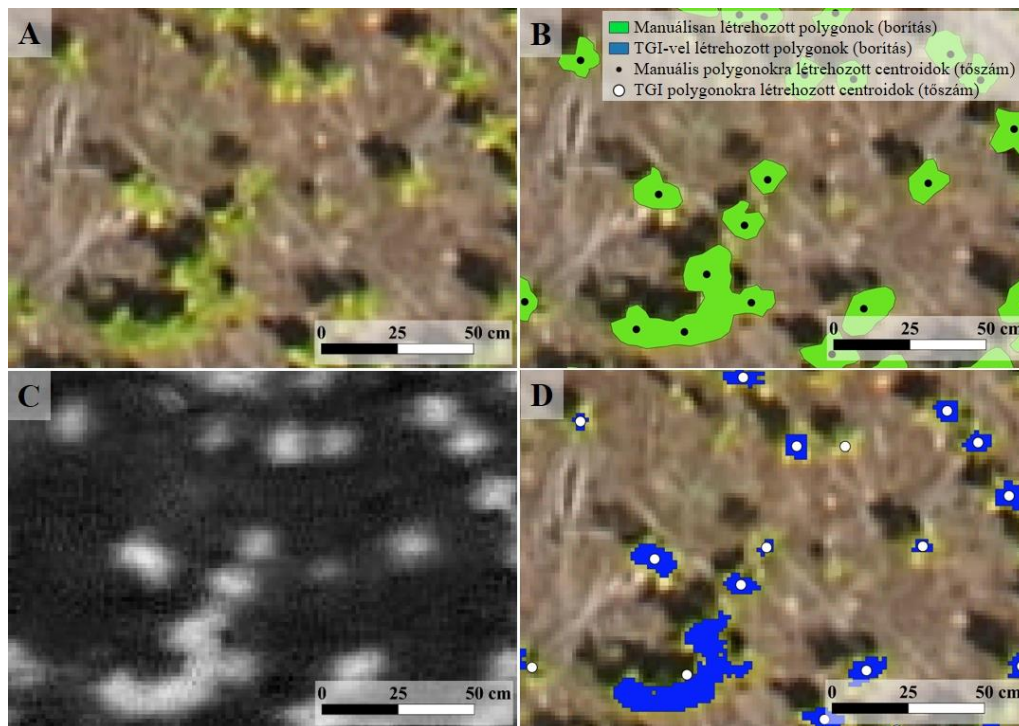
### Eredmények és megvitatásuk

A selyemkóró RGB felvételekből származtatott indexek közül csak a TGI látszik alkalmasnak a selyemkóró egyedeinek detektálására. A TGI poligonok, valamint azok centrálisai is jól illeszkednek az egyes hajtásokra (3. és 4. ábra). Ez arra utalhat, hogy az RGB felvételek közül a TGI index megbízhatóbb lehet még a kamerarendszer egy feltételezett meghibásodása esetén is, mivel a VARI index a nyolc tanulóterületből öt esetben értékelhetetlen képet adott. Ráadásul a működő VARI indexképek esetében a poligonokra illesztett centroidok nem felelnek meg a manuális lehatárolásból származókkal.



3. ábra. TGI index eredménye: Az I. állomány első tanulóterület RGB képe A). Manuálisan lehatárolt selyemkóró hajtások B). A tanulóterület TGI indexképe C). 5000-es küszöbértékkel létrehozott poligonok a borítást, a centroidok a tőszámot reprezentálják D)

Figure 3. Result of the TGI index: RGB image of the first study area of the I. stand A). Manually delimited milkweed shoots B). TGI thumbnail of the study area C). Polygons created with 5000 threshold value represent the cover, centroids represent the shoot number D)

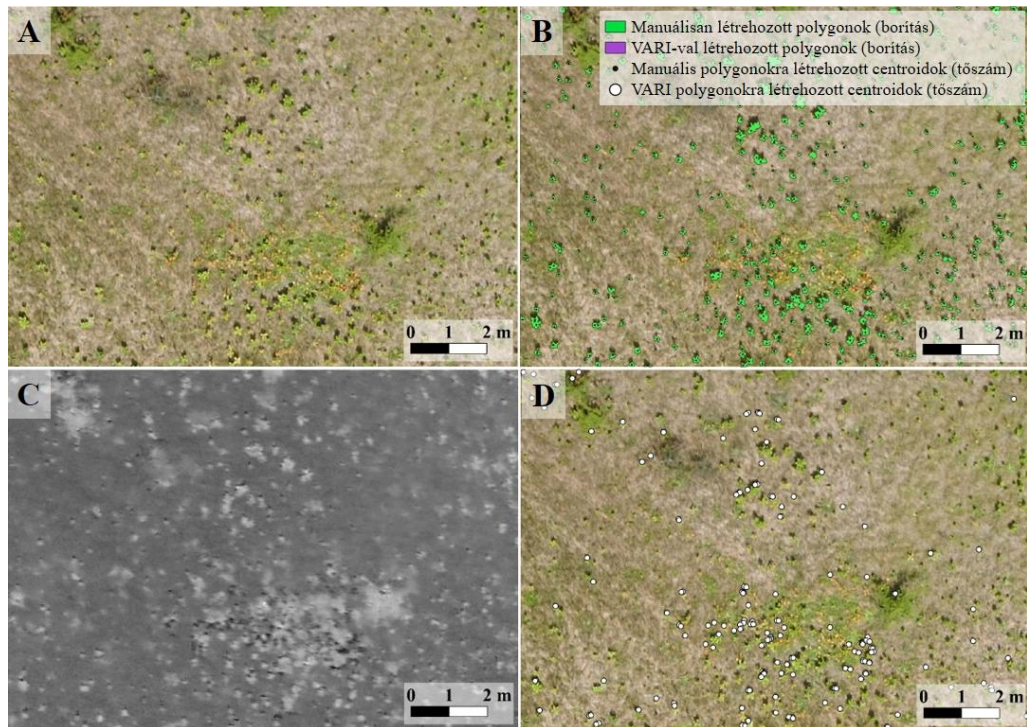


4. ábra. Ránagyítva az I. állomány első tanulóterület egy részére (TGI index esetén). A jelmagyarázatok megegyeznek a 3. ábrán láthatókkal

Figure 4. Enlarged to a part of the first study area of the I. stand (in case of TGI index). The legends are the same as in Figure 3.

Ha a manuálisan kapott számértékeket összehasonlítjuk egyutas ANOVA-t használva az indexek eredményeivel, akkor a következőket kapjuk: a tanulóterületek selyemkóró hajtásainak manuálisan és TGI-vel lehatárolt poligonjainak területe nem tér el számottevően ( $p = 0,382$ ) (7. táblázat). Fontos megemlíteni, hogy az első állomány harmadik tanulóterülete kiugró értékkel rendelkezik (5. táblázat), mivel itt fák is találhatóak, melyeknek TGI értékei hasonlóak a selyemkóróéhoz, ezért azok lombozata is belekerült a számításba, ez azonban a fotogrammetriai eljárás során eleve létrejövő felületmodellel kiszűrhető. A selyemkóró tőszámainál is, melyeket a poligonok centrálisai (lényegében a tőszámok) alapján képeztünk, szintén a dupla értékek gyakoribbak (6. táblázat) és itt igen jelentős különbséget mutat az egyutas ANOVA is ( $p = 0,01$ ) (7. táblázat).

Eredményeink alapján a VARI index nem alkalmas a selyemkóró azonosítására, a poligonok és azok centroidjai csak kevésbé fedik a hajtásokat (5. ábra). A különböző indexek különböző „érzékenységet” mutathatnak a vegetáció domináns fajainak (*Calamagrostis epigeios*, *Dianthus serotinus*, *Eryngium campestre*, *Gaillardia* sp., *Stipa* sp., fák sarjai) spektrális tulajdonságaira, méretére, amelyek esetenként átfedhetnek a célfajéval, ezért teljesen tökéletes szétválogatást ez a módszer sem tesz lehetővé. A VARI index statisztikai elemzését nem teszi lehetővé, hogy a nyolc vizsgált tanulóterület közül csupán háromban adott értékelhető indextérképet.



5. ábra. VARI index eredménye: A II. állomány második tanulóterület RGB képe A). Manuálisan lehatárolt selyemkóró hajtások B). A tanulóterület VARI indexképe (ez a tanulóterület egyike azon háromnak, mely megfelelő indextérképet adott) C). -0,2-es küszöbértékkel létrehozott poligonok a borítást, a centroidok a tőszámot reprezentálják D)

Figure 5. Result of the VARI index: RGB image of the second study area of the II. stand A). Manually delimited milkweed shoots B). VARI thumbnail of the study area (this study area is one of the three that provided an appropriate index map) C). Polygons created with -0.2 threshold value represent the cover, centroids represent the shoot number D)

Az RGB fotókon alapuló TGI index használata a vizsgált inváziós faj nagyobb kiterjedésű állományainál néhány alapvizsgálatra, például borításbecslésre, tőszámbecslésre alkalmasak. Az UAV-kon használt RGB kamerákkal történő monitorozás egyik előnye, hogy a felvételezések költségét csökkenti összehasonlítva olyan UAV-kal, amelyek multispektrális szenzorokkal vannak felszerelve (Fuentes-Peailillo et al. 2018, Papp et al. 2021). Ez természetvédelmi szempontú felvételezések esetében fontos szempont, mivel az inváziós fajok elleni védekezés is már eleve komoly éves szintű költségeket igényel. Az UAV alapú légifényképezés természetvédelmi alkalmazásának további előnyeként megemlíthető, hogy az RGB képfeldolgozási módszerek és az eredményeik interpretációja egyszerű, már minimális térinformatikai tudás birtokában is könnyen kivitelezhető.

A terület RGB fotóján a háttérrel alkotó vegetációtól jól elkülöníthetők a faj hajtásai, ezeknek a leválogatására a TGI (Triangular Greenness Index) alkalmazható. Az index azonban a terület fáinak, cserjéinek a lombzatára is hasonló érzékenységet mutat, de azok manuálisan, vagy a felületmodell segítségével kiszűrhetők. A TGI kisebb mértékben, de érzékenységet mutat a nyílthomoki gyepek egyes fajaira is, az ebből származó hibákat a küszöbérték optimális beállításával lehet korrigálni. A hajtások detektálása

felhasználható lehet a faj évenkénti állománybecslésére, állománysűrűség térképek előállítására és kezelések hatékonyságának monitorozására (vö. Bakacsy és Bagi 2020, Bakacsy 2021, Csecserits et al. 2020), vagy precíziós irtásának kivitelezésére, akár hektáros kiterjedésű állományok esetében is.

5. táblázat. Az ortofotók tanulóterületeinek manuális és géppel (RGB-n és multispektrális indexekből) létrehozott poligonjainak (selyemkóró borítása) kiértékelése

Table 5. Evaluation of manual and machine-generated (from RGB and multispectral based indices) polygons (milkweed cover) of orthophoto's study areas

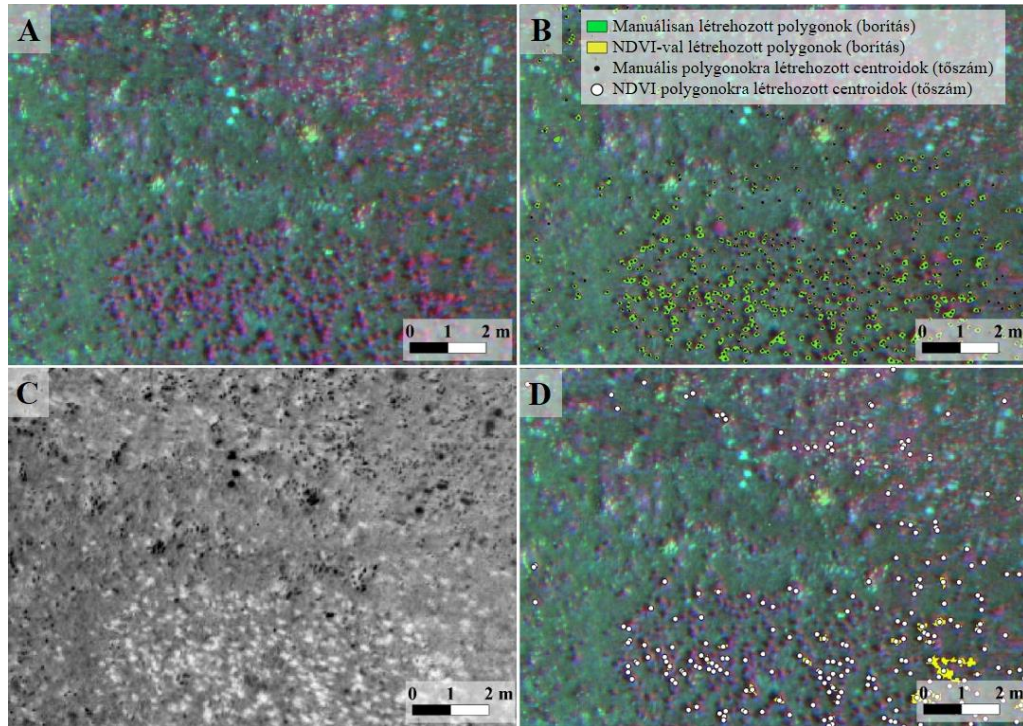
Terület/Borítás (m <sup>2</sup> )	Ma- nuális	Gépi			
		RGB	Multispektrális		
		TGI	NDVI	SAVI	
I. állomány	1. tanulóterület	15,366	9,235	6,87	6,769
	2. tanulóterület	18,53	6,826	12,066	10,895
	3. tanulóterület	12,1	23,87	62,79	63,81
	4. tanulóterület	9,393	4,643	9,779	9,774
II. állomány	1. tanulóterület	14,603	13,698	12,969	11,122
	2. tanulóterület	13,254	14,715	16,062	14,327
	3. tanulóterület	9,621	7,693	16,026	13,24
	4. tanulóterület	31,006	30,91	12,197	10,758

6. táblázat. Az ortofotók tanulóterületeinek manuális és géppel (RGB-n és multispektrális indexekből) létrehozott centrálisainak (selyemkóró tőszáma) kiértékelése

Table 6. Evaluation of manual and machine-generated (from RGB and multispectral based indices) centers (milkweed numbers) of orthophoto's study areas

Tőszám (db.)	Manuá- lis	Gépi			
		RGB	Multispektrális		
		TGI	NDVI	SAVI	
I. állomány	1. tanulóterület	424	1394	496	468
	2. tanulóterület	280	780	598	608
	3. tanulóterület	325	1101	1140	1106
	4. tanulóterület	328	786	598	622
II. állomány	1. tanulóterület	224	548	382	704
	2. tanulóterület	415	651	490	887
	3. tanulóterület	179	670	434	832
	4. tanulóterület	383	797	315	578

A NIR és R sávokat használó idexekből létrehozott vektoros állományokat a saját RGB tanulóterületei fölé helyezve az NDVI és a SAVI indexek a selyemkóró hajtások lehatárolását lehetővé teszik (6. és 7. ábra), azonban megbízhatóságuk alacsonyabb, mint a TGI indexé és a centrálisok sem illeszkednek megfelelően (6. és 7. ábra). Mind a SAVI, mind pedig az NDVI indextérképeknél a selyemkóró hajtásai csak mérsékelten azonosíthatók (6. és 7. ábra), amelynek oka, hogy más fajokat is azonosítanak ezek az indexek.

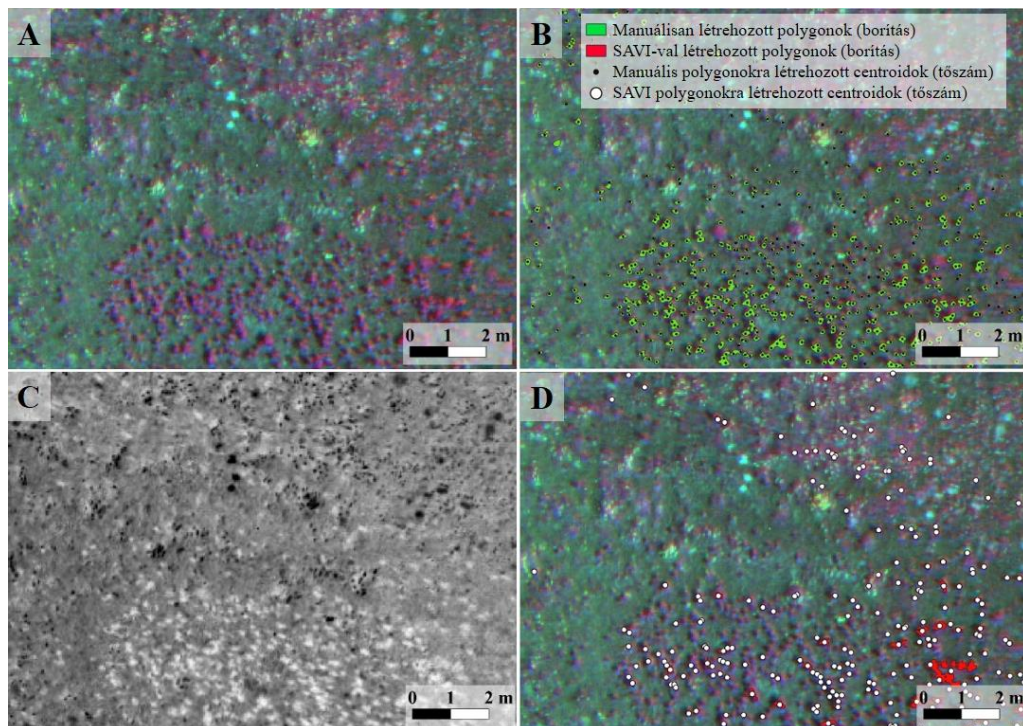


6. ábra. NDVI index eredménye: az I. állomány első tanulóterületének CIR képe A). Manuálisan lehatárolt selyemkóró hajtások B). A tanulóterület NDVI indexképe C). 0,4-es küszöbértékkel létrehozott polygonok a borítást, a centroidok a tőszámot reprezentálják D).

Figure 6. Result of the NDVI index: CIR image of the first study area of the I. stand A). Manually delimited milkweed shoots B). NDVI thumbnail of the study area C). Polygons created with 0.4 threshold value represent the cover, centroids represent the shoot number D)

A tanulóterületek selyemkóró hajtásainak manuálisan és az NDVI-szel (gépi) lehatárolt polygonok területe között nem volt szignifikáns eltérés ( $p = 0,878$ ) (7. táblázat). Hasonló eredményt kaptunk a manuálisan és a SAVI index által lehatárolt területek esetében: közöttük sem volt jelentős különbség ( $p = 0,382$ ) (7. táblázat). Az első állomány harmadik tanulóterületének NDVI és SAVI értéke nagyon eltér a manuálishoz képest (5. táblázat). Ennek oka, a fás vegetáció jelenléte, amiknek NDVI és SAVI értékei szintén hasonlóak a selyemkóróéhoz.

A selyemkóró tőszámainál már jelentős eltérések voltak tapasztalhatók: Az NDVI idexből létrehozott centrálisok 0,01 szinten tértek el a manuálisokétól (7. táblázat). A SAVI indexel létrehozott centrálisok és a manuálisan létrehozott centroidok 0,001 szinten különböztek egymástól (7. táblázat).



7. ábra. SAVI index eredménye az I. állomány első tanulóterületének CIR képén bemutatva A). Manuálisan lehatárolt selyemkóró hajtások B). A tanulóterület SAVI indexképe C). 0,6-os küszöbértékkel létrehozott poligonok a borítást, a centroidok a tőszámot reprezentálják D)

Figure 7. Result of the SAVI index: CIR image of the first study area of the I. stand A). Manually delimited milkweed shoots B). SAVI thumbnail of the study area C). Polygons created with 0.6 threshold value represent the cover, centroids represent the shoot number D)

Azonban érdemes figyelembe venni a multispektrális kamera parallaxis és fázishibáját, ami miatt ennek a kamerának a terméke nem alkalmas a selyemkóró NDVI és SAVI indexekkel történő eredményesebb leválogatására. Továbbá, az NDVI és SAVI indexek a selyemkóró UAV légifotókon történő azonosítására alkalmazhatóak ugyan, de viszonylag nagy bizonytalansággal és hibahatárral, mivel a multi- és hiperspektrális távérzékelési módszerekkel csak akkor lehetséges egy adott faj elkülönítése, ha annak spektrális tulajdonságai jelentősen eltérnek más, a környezetében jelen lévő fajoktól. E nélkül az UAV alapú távérzékelési módszerek a vegetációnak csak funkcionális térképét szolgáltatják (Bakó 2015). Kunah és Papka (2016) műholdfelvételek vegetációs indexeinek segítségével (köztük volt az NDVI is) azt vizsgálták, hogy a selyemkóró milyen vegetációs preferenciával rendelkezik mezőgazdasági területeken. A jövőben ezt a módszert a drónnal történő felmérések során is lehet alkalmazni, mivel így nagyobb felbontású NDVI vagy SAVI indexekkel vizsgálható, hogy a selyemkóró természetvédelmi kezelésre hogyan reagál, vagy a kezelés után az őshonos növényzet hogyan reagál az özönfaj megritkulására vagy eltűnésére, mivel annak a hagyományos vegetációfelvételezéssel történő vizsgálatakor nem volt kimutatható válasza (Csecserits et al. 2020).

7. táblázat. A tanulóterületekkézivalamintTGI, NDVI és SAVI vegetációsindexekkel létrehozott poligonok (borítás) és centrálisok (tőszám) összehasonlításának statisztikája. A szignifikancia szintek:  $p \leq 0,05$ : \*,  $p \leq 0,01$ : \*\*,  $p \leq 0,001$ : \*\*\* és nem szignifikáns: ns

Table7. Statistics on the comparison of polygons (milkweed cover) and central (shoot number) created with manual and TGI, NDVI and SAVI vegetation indices of the study areas. Significance levels:  $p \leq 0.05$ : \*,  $p \leq 0.01$ : \*\*,  $p \leq 0.001$ : \*\*\* and non-significant: ns

Borítás (m <sup>2</sup> )	egyutas ANOVA (p)		Tőszám (db.)	egyutas ANOVA (p)	
Manuális selyemkóró	0,382	ns	Manuális selyemkóró	0,001	***
TGI selyemkóró			TGI selyemkóró		
Manuális selyemkóró	0,878	ns	Manuális selyemkóró	0,01	**
NDVI selyemkóró			NDVI selyemkóró		
Manuális selyemkóró	0,382	ns	Manuális selyemkóró	0,001	***
SAVI selyemkóró			SAVI selyemkóró		

Összességében az itt bemutatott módszerek jó közelítést adhatnak a selyemkóró borításra és a hajtásszámokra, mivel a manuális és a vegetációs indexeken alapuló leválogatás eredményei jelentősen nem tértek el egymástól. Ugyanakkor ennél nagyobb térbeli és tematikus pontosság már nem érhető el velük, mivel a centroidok a poligonok területére illeszkednek. Azaz a számítások egy poligonba tehetnek akár több hajtás is, amennyiben azok elég közel helyezkednek el egymáshoz. Ez főleg azokon a részeken jelenthet problémákat, ahol a hajtások sűrűn helyezkednek el, ezért a valós, vagy ahhoz közeli hajtásszámok megállapítása korlátozott. Ennek a problémának az áthidalására már szofisztikáltabb osztályozási algoritmusok lehetnek szükségesek. A konvolúciós neurális hálózat (Convolutional Neural Network, CNN) használata erre egy alkalmas lehetőséget teremt, ami képes felismerni automatikusan már nem csak a fajtát, de az egyes hajtásokat is képes lehet elkülöníteni egymástól, ezáltal sokkal pontosabb tőszámokat képes adni nagyobb területekre is.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium NKFI-6 K124648-kódú pályázata, a WATERatRISK projekt (HUSRB/1602/11/0057), valamint az Emberi Erőforrások Minisztériuma NTP-NFTÖ-20-B-0008 pályázata támogatta. Továbbá köszönet illeti a két anonim bírálót hasznos és segítő kritikai megjegyzéseikért és tanácsaikért. A kutatás „A felszínborítás dinamikájának idősoros vizsgálata közepes-és nagyfelbontású űrfelvételek segítségével” c. NKFI-6 K124648 sz. projekt támogatásával valósult meg. Our present research was supported by "Time series analysis of land-cover dynamics using medium and high-resolution satellite images"NKFI-6 K124648 project.



## Irodalom

- Bagi, I. 2008: Common milkweed (*Asclepias syriaca* L.). In: Botta-Dukát, Z., Balogh, L. (eds.) The Most Important Invasive Plants in Hungary. Institute of Ecology and Botany, Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót. pp. 151–159.
- Bagi I., Bakacsy L. 2012: Közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca*). In: Csiszár Á. (szerk.): Inváziós növényfajok Magyarországon. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron. pp. 183–187.
- Bakacsy, L. 2019: Invasion impact is conditioned by initial vegetation states. *Community Ecology* 20: 11–19. DOI: <https://doi.org/10.1556/168.2019.20.1.2>
- Bakacsy, L. 2021: A közönséges selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) inváziójának vizsgálata és az ellene való védekezés lehetősége nyílt homokgyepekben. PhD értekezés. SZTE TTIK Biológia Intézet, Szeged. p. 135. DOI: <https://doi.org/10.14232/phd.10952>
- Bakacsy, L., Bagi, I. 2020: Survival and regeneration ability of clonal common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) after a single herbicide treatment in natural open sand grasslands. *Scientific Reports* 10: 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71202-8>
- Bakó G. 2013: Vegetációtérképezés nagyfelbontású valószínűsítés- és multispektrális légifelvétel alapján. *Kitaibelia* 18: 152–160.
- Bakó G. 2015: Az özönnövények feltérképezése a beavatkozás megtervezéséhez és precíziós kivitelezéséhez. In: Csiszár Á., Korda M. (szerk.) Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest. pp. 17–25.
- Bakó G. 2019: Nagy terepi felbontású és frekvenciájú légi felmérésen alapuló monitoring-hálózat kiépítési módszertana. *Tájökológiai Lapok* 17: 61–74. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3465>
- Bolch, E.A., Santos M.J., Ade, C., Khanna, S., Basinger, N.T., Reader, M.O., Hestir, E.L. 2020: Remote detection of invasive alien species. In: Cavender-Bares, J., Gamon, J.A., Townsend, P.A. (eds.) *Remote Sensing of Plant Biodiversity*. Springer Nature, Cham. pp. 267–307. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33157-3>
- Borsický I. 2018: Szenzor technikára alapozott helyspecifikus gyomszabályozás hatása a szántóföldi gyomflóra változására. PhD értekezés. SZE MÉK, Mosonmagyaróvár. p. 189.
- Bölöni J., Molnár Z., Kun A. 2011: Magyarország élőhelyei: vegetációtípusok leírása és határozója: ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót. p. 439.
- CABI. (Commonwealth Agricultural Bureau International). 2011: *Asclepias syriaca* (common milkweed). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/7249> (accessed 05. 04. 2015)
- Cruzan, M.B., Weinstein, B.G., Grasty, M.R., Kohn, B.F., Hendrickson, E.C., Arredondo, T.M., Thompson, P.G. 2016: Small unmanned aerial vehicles (micro-UAVs, drones) in plant ecology. *Applications in plant sciences* 4: 1600041. DOI: <https://doi.org/10.3732/apps.1600041>
- Csecserits A., Halassy M., Rédei T., Szitár K., Botta-Dukát Z. 2020: A selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) tömegességének változásai homoki parlagokon szukcesszió és természetvédelmi kezelés hatására. *Természetvédelmi közlemények* 26: 1–15. DOI: <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2020.26.1>
- de Sá, N.C., Castro, P., Carvalho, S., Marchante, E., López-Núñez, F.A., Marchante, H. 2018: Mapping the flowering of an invasive plant using unmanned aerial vehicles: is there potential for biocontrol monitoring? *Frontiers in Plant Science* 9: 293. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00293>
- Dvořák, P., Müllerová, J., Bartaloš, T., Brůna, J. 2015: Unmanned aerial vehicles for alien plant species detection and monitoring. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 40. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-83-2015>
- EPPO. 2019: The European and Mediterranean Plant Protection Organization. EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int> ,<https://gd.eppo.int/taxon/ASCSY>
- Európai Bizottság. 2014: Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council October 22 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species. *Official Journal of the European Union* L174:511. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/880597b7-63f6-11e4-9cbe01aa75ed71a1/lan-guage-en>
- Európai Bizottság. 2017: List of Invasive Alien Species of Union concern. [http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm)

- Follak, S., Bakacsy L., Essl, F., Hochfellner, L., Lapin, K., Schwarz, M., Tokarska-Guzik, B., Wołkowycki, D. 2021: Monograph of invasive plants in Europe N° 6: *Asclepias syriaca* L. Botany Letters 1–30. DOI: <https://doi.org/10.1080/23818107.2021.1886984>
- Feret, J.B., François, C., Asner, G.P., Gitelson, A.A., Martin, R.E., Bidet, L.P.R., Ustin S.L., le Maire G., Jacquemoud, S. 2008: PROSPECT-4 and 5: Advances in the leaf optical properties model separating photosynthetic pigments. Remote sensing of environment 112: 3030–3043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.02.012>
- Fuentes-Peailillo, F., Ortega-Farias, S., Rivera, M., Bardeen, M., Moreno, M. 2018, October: Comparison of vegetation indices acquired from RGB and multispectral sensors placed on UAV. In: 2018 IEEE International Conference on Automation/XXIII Congress of the Chilean Association of Automatic Control (ICA-ACCA) (pp. 1–6). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2018.8609861>
- Gitelson, A.A., Stark, R., Grits, U., Rundquist, D., Kaufman, Y., Derry, D. 2002: Vegetation and soil lines in visible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. International Journal of Remote Sensing 23: 2537–2562. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160110107806>
- GRIIS. 2017: The Global Register of Invasive Species. <http://www.griis.org/search3.php>
- Hill, D.J., Tarasoff, C., Whitworth, G.E., Baron, J., Bradshaw, J.L., Church, J.S. 2017: Utility of unmanned aerial vehicles for mapping invasive plant species: a case study on yellow flag iris (*Iris pseudacorus* L.). International Journal of Remote Sensing 38: 2083–2105. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1264030>
- Huete, A.R. 1988: A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote sensing of environment 25: 295–309. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Huete, A.R., Liu, H.Q., Batchily, K.V., Van Leeuwen, W.J.D.A. 1997: A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote sensing of environment 59: 440–451. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00112-5)
- Hunt, Jr, E.R., Doraiswamy, P.C., McMurtrey, J.E., Daughtry, C.S., Perry, E.M., Akhmedov, B. 2013: A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21: 103–112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.07.020>
- Inderjit, S. 2005: Invasive plants: Ecological and agricultural aspects. Springer Science and Business Media. p. 286. DOI: <https://doi.org/10.1007/3-7643-7380-6>
- IUCN. 2011: International Union for Conservation of Nature. [http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn\\_med\\_programme/species/invasive\\_species/](http://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn_med_programme/species/invasive_species/).
- Jacquemoud, S., Verhoef, W., Baret, F., Bacour, C., Zarco-Tejada, P.J., Asner, G.P., François, C., Ustin, S.L. 2009: PROSPECT + SAIL models: a review of use for vegetation characterization. Remote Sensing of Environment 113: S56–S66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.01.026>
- Kelemen, A., Valkó, O., Kröel-Dulay, G., Deák, B., Török, P., Tóth, K., Migléc, T., Tóthmérész, B. 2016: The invasion of common milkweed (*Asclepias syriaca*) in sandy old-fields – is it a threat to native flora? Applied Vegetation Science 19: 218–224. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12225>
- Kettunen, M., Genovesi, P., Gollasch, S., Pagad, S., Starfinger, U., ten Brink, P., Shine, C. 2009: Technical support to EU strategy on invasive alien species (IAS). Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels. p. 44.
- Kitka D., Szilassi P. 2016: Két özönnövény elterjedtségét befolyásoló földrajzi tényezők vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a Dél-Alföldi Régió példáján. Tájékológiai Lapok 14: 155–169. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3647>
- Kunah, O.M., Papka, O.S. 2016: Ecogeographical determinants of the ecological niche of the common milkweed (*Asclepias syriaca*) on the basis of indices of remote sensing of land images. Biosystems Diversity 24: 78–86. DOI: <https://doi.org/10.15421/011609>
- Lehmann, J.R., Prinz, T., Ziller, S.R., Thiele, J., Heringer, G., Meira-Neto, J.A., Buttschardt, T.K. 2017: Open-source processing and analysis of aerial imagery acquired with a low-cost unmanned aerial system to support invasive plant management. Frontiers in Environmental Science 5: 44. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00044>

- Michez, A., Piégay, H., Jonathan, L., Claessens, H., Lejeune, P. 2016: Mapping of riparian invasive species with supervised classification of Unmanned Aerial System (UAS) imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 44: 88–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.06.014>
- Müllerová, J., Bartaloš, T., Brůna, J., Dvořák, P., Vítková, M. 2017: Unmanned aircraft in nature conservation: an example from plant invasions. *International Journal of Remote Sensing* 38: 2177–2198. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1275059>
- Niphadkar, M., Nagendra, H. 2016: Remotesensing of invasive plants: incorporating functional traits in to the picture. *International Journal of Remote Sensing* 37: 3074–3085. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1193795>
- Papp, L., Van Leeuwen, B., Szilassi, P., Tobak, Z., Szatmári, J., Árvai, M., Mészáros, J., Pásztor, L. 2021: Monitoring invasive plant species using hyperspectral remote sensing data. *Land* 10: 29. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10010029>
- Pimentel, D., Zuniga, R., Morrison, D. 2005: Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological economics* 52: 273–288. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
- Quantum GIS Development Team. 2018: Quantum GIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation Project. Online hozzáférhető: <http://qgis.osgeo.org> (2018 Szeptember 15.)
- Richardson, D.M., Pyšek, P., Rejmánek, M., Barbour, M.G., Panetta, F.D., West, C.J. 2000: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and distributions* 6: 93–107. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>
- Schiffleithner, V., Essl, F. 2016: Is it worth the effort? Spread and management success of invasive alien plant species in a Central European National Park. *NeoBiota* 31: 43. DOI: <https://doi.org/10.3897/neobiota.31.8071>
- Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. 2012: NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods* 9: 671–675. DOI: <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
- Sipos, G., Tóth, O., Pécsi, E., Bíró, C. 2014: Bracketing the age of freshwater carbonate formation by OSL dating near Lake Kolon, Hungary. *Journal of Environmental Geography* 7: 53–59. DOI: <https://doi.org/10.2478/jengeo-2014-0012>
- Smith, R.G., Maxwell, B.D., Menalled, F.D., Rew, L.J. 2006: Lessons from agriculture may improve the management of invasive plants in wildland systems. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4: 428–434. DOI: [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)4\[428:LFAMIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)4[428:LFAMIT]2.0.CO;2)
- Szatmári, J., Tobak, Z., Novák, Z. 2016: Environmental monitoring supported by aerial photography – a case study of the burnt down Bugac juniper forest, Hungary. *Journal of Environmental Geography* 9: 31–38. DOI: <https://doi.org/10.1515/jengeo-2016-0005>
- Szigetvári C. 2002: Az invazív késeiperje, *Cleistogenes serotina* (L.) Keng. szerepe nyílt homokgyepék társulásszerveződésében. *Kitaibelia* 7: 119–139.
- Szilassi, P., Szatmári, G., Pásztor, L., Árvai, M., Szatmári, J., Szitár, K., Papp, L. 2019: Understanding the environmental background of an invasive plant species (*Asclepias syriaca*) for the future: an application of LUCAS field photographs and machine learning algorithm methods. *Plants* 8: 593. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8120593>
- Szilassi, P., Soóky, A., Bátor, Z., Hábczyus, A. A., Frei, K., Tölgyesi, C., Van Leeuwen, B., Tobak, Z., Csikós, N. 2021: Natura 2000 Areas, Road, Railway, Water, and Ecological Networks May Provide Pathways for Biological Invasion: A Country Scale Analysis. *Plants* 10: 2670. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10122670>
- Szilassi P., Tobak Z., Van Leeuwen, B., Szatmári J., Kitka D. 2017: A szárazodással kapcsolatos földrajzi tényezők és egy özönnövény terjedése közti kapcsolat vizsgálata a dél-alföldi régió területén. *Földrajzi Közlemények* 141: 30–43.
- Szitár, K., Kröel-Dulay, G., Török, K. 2018: Invasive *Asclepias syriaca* can have facilitative effects on native grass establishment in a water-stressed ecosystem. *Applied Vegetation Science* 21: 607–614. DOI: <https://doi.org/10.1111/avsc.12397>

- Szitár, K., Ónodi, G., Somay, L., Pándi, I., Kucs, P., Kröel-Dulay, G. 2014: Recovery of inland sand dune grasslands following the removal of alien pine plantation. *Biological Conservation* 171: 52–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.01.021>
- Szitár, K., Ónodi, G., Somay, L., Pándi, I., Kucs, P., Kröel-Dulay, G. 2016: Contrasting effects of land use legacies on grassland restoration in burnt pine plantations. *Biological Conservation* 201: 356–362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.08.004>
- Tóth K. 1996: 20 éves a Kiskunsági Nemzeti Park 1975–1995. Kiskunság Nemzeti Park Igazgatóságának kiadványa, Kecskemét. p. 234.
- Tucker, C. J. 1979: Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment* 8: 127–150. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Wijesingha, J., Astor, T., Schulze-Brüninghoff, D., Wachendorf, M. 2020: Mapping Invasive *Lupinus polyphyllus* Lindl. in semi-natural grasslands using object-based image analysis of UAV-borne images. *PFG–Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science* 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00121-0>

## Possibilities of UAV based identification and Monitoring Of Common Milkweed (*Asclepias syriaca* L.)

L. BAKACSY<sup>1</sup>, J. SZATMÁRI<sup>2</sup>, C. BIRÓ<sup>3</sup>, Z. TOBAK<sup>2</sup>, B. VAN LEEUWEN<sup>2</sup>  
P. SZILASSI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Szeged, Department of Plant Biology, H-6727 Szeged, Közép fasor 52.,  
e-mail: bakacsy@bio.u-szeged.hu

<sup>2</sup>University of Szeged, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography,  
H-6722 Szeged, Egyetem utca 2-6.

<sup>3</sup>Kiskunság National Park Directorate, H-6000 Kecskemét, Liszt Ferenc utca 19.

**Keywords:** *Asclepias syriaca*, biological invasion, drone (UAV), geographic information system, image processing, remote sensing, vegetation indices

**Abstract:** Invasive species cause serious and often irreversible damage to biodiversity and ecosystem services, which are essential for human survival and can also be a public health problem due to their pollen. Both the defense against them, and the economic and nature conservation damage caused by them result in enormous costs worldwide. To manage invasive species effectively, we need to know their current distribution, the dynamics of their spread, and their exact impact on ecosystems, habitats, and the economy. Nowadays, the most efficient way to collect this information from large areas is by drones (UAV – unmanned aerial vehicle). Semi-natural grasslands have significant biodiversity and provide important ecosystem services, but these habitats are also vulnerable to damage by invasive species. Hungary's Pannonian sand grasslands are threatened by the spread of many invasive species. From these, we mapped and monitored the common milkweed (*Asclepias syriaca* L.) as it is one of the most common and dangerous invasive species on the Southern Great Plain region. As the conservation management of invasive plant species is based on the approach and methods of agricultural weed control, this study can be evaluated as a methodological development of the adaptation of monitoring procedures used in agriculture. Our aim was to examine whether vegetation indices used in precision agriculture are suitable for the identification of individual common milkweed stands and their sizes. Therefore, in our study we examined vegetation indices (TGI, VARI, NDVI and SAVI) derived from aerial images taken with UAVs (RGB and CIR). The drone-based survey and mapping of milkweed was carried out on two regenerating fields adjacent to the Kolon Lake central area of the Kiskunság National Park in July 2020. According to our results, TGI proved to be the most suitable index for milkweed shoots and individual-level identification. NDVI and SAVI indices were less suitable than the TGI for determining of milkweed coverage and shoot number, however, they may be suitable for determining the effectiveness of nature conservation treatments. Our results provide a simple, fast, cost-effective, and minimally destructive method for mapping large-scale populations of invasive species for repeated monitoring. Thus, it can provide nature conservation with information that allows accurate planning of defense against invasion and monitoring of the effectiveness of treatments in the future.

*A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*



## Konfliktusok és közös pontok feltárása a Peszéri-erdő főbb érintett csoportjai között az OAKEYLIFE Projekt kapcsán

FEJES ZSÓFIA<sup>1</sup>, VADÁSZ CSABA<sup>1</sup>, ANDRÉSI DÁNIEL<sup>2</sup>, TORMÁNÉ KOVÁCS ESZTER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, 6000 Kecskemét, Liszt Ferenc u. 19.,  
e-mail: [f.zsofia526@gmail.com](mailto:f.zsofia526@gmail.com)

<sup>2</sup>KEFAG Kiskunsági Erdészeti és Faipari Zrt., 6000 Kecskemét, József Attila u. 2.

<sup>3</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

**Kulcsszavak:** természetvédelem, erdőgazdálkodás, érintettek, természetvédelmi konfliktus, interjúzás, erdőssztyepp erdő

**Összefoglalás:** A hatékony és hosszútávon fenntartható természetvédelmi beavatkozásokhoz elengedhetetlen az adott természeti környezettel kapcsolatban álló, a területet használó érintettek (egyének, szervezetek, társadalmi csoportok) közötti viszonyok feltárása és kezelése. Az OAKEYLIFE projekt keretén belül a Felső-Kiskunságban, Kunpeszér község mellett található Peszéri-erdő kapcsán öt fő érintett csoport (állami erdőgazdálkodó, nemzeti park igazgatóság, természetvédelmi civil szervezet, vadgazdálkodó és önkormányzat) képviselőinek körében félig-strukturált interjúk készültek, amelyek célja a projekt kapcsán felmerült konfliktusok és közös pontok feltárása volt. Az interjúk elemzése kvalitatív tartalomelemzéssel történt. Konfliktust kiváltó témakörként került azonosításra a fehér akác megítélése, a vadgazdálkodás kérdései, a Peszéri-erdő látogathatósága és a természetvédelmi korlátozások Vegyes megítélésű, kisebb konfliktust jelentő és közös pontokat is tartalmazó témakörként rajzolódott ki az erdőgazdálkodási beavatkozások szükségessége, a kocsányos tölgy természetes megújulása, az akácon kívüli inváziós fafajok és a cserjések visszaszorítása. A helyi állami erdőgazdaság természetvédelmi célú projektben vállalt főszeropének, a természetvédelmi és az erdész szakma OAKEYLIFE projektben való sikeres együttműködésének, valamint a két szakma egymáshoz közeledésének nemcsak lokális, hanem országos viszonylatban is nagy jelentősége van.

### Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben Európa szerte egyre nyilvánvalóbbá váltak, illetve fokozódtak az emberi tevékenységek és a biológiai sokféleség megőrzése között feszülő konfliktusok (Young et al. 2005). A természetes élőhelyeket átalakító emberi tevékenységek, valamint az ezzel párhuzamosan zajló természetvédelmi erőfeszítések (pl. területek védetté nyilvánítása, faj-visszatelepítési programok, élőhelyrekonstrukciók, természetvédelmi kezelések) következtében a különböző szektorok között egyre gyakoribbá és differenciáltabbá váltak a kölcsönhatások, ezzel együtt pedig egyre rendszeresebben alakultak ki köztük konfliktusok (Fabók et al. 2015, Redpath et al. 2013). A konfliktus a De Jong et al. (2006) által alkalmazott definíció szerint érdekek összeférhetlensége egyazon terület vagy erőforrás tekintetében, legalább két, egymástól kölcsönösen függő egyén vagy csoport között, amikor az egyik fél által tett erőfeszítések ellehetlenítik a másik fél céljainak elérését. A természetvédelmi konfliktusok (conservation

conflict) természetvédelmi célkitűzésekkel kapcsolatban merülnek fel (Redpath et al. 2013).

A természetvédelem a társadalomba beágyazott tevékenység, ezért hosszútávú sikeres működésének kulcsa olyan fenntartható tájhasználat kialakítása, amely a természeti területek és értékek fennmaradása mellett a helyi érintettek igényeit és megélhetését is figyelembe veszi (Kalóczkai et al. 2015, Kovács et al. 2016b). Ennek egyik lehetősége az érintettek bevonása a döntéshozatali folyamatokba (stakeholder involvement), amely során az adott ügy által közvetlenül érintett csoportok aktív részvétele zajlik (Reed 2008, Kovács et al. 2016b, Mihók et al. 2016). A részvétel egyik első lépése az érintettek percepcióinak, érdekeinek, értékszemléletének feltárása, a köztük lévő konfliktusos és közös pontok azonosítása (Reed et al. 2009).

Az erdőgazdálkodást napjainkban egyre növekvő kihívások elé állítja a társadalom az erdők sokrétű szerepének (pl. a klímavédelmi funkciójuk, gazdasági rendeltetések, természetvédelmi jelentőségük, rekreációs értékük) felismerésével. Az érintettek gyakran eltérő, egymással versengő, egymást kizáró igényeket támasztanak az erdőkkel szemben (Bonsu et al. 2019). Ez sok esetben vezet az erdővel, annak használatával kapcsolatos konfliktusokhoz (Kosztka 2001), amelyet a témával foglalkozó kutatások növekvő száma is mutat (Eckerberg és Sandström 2013). Hellström (2001) európai és amerikai erdők konfliktusait tárta fel és tipologizálta, Blicharska és Angelstam (2010) a lengyelországi Białowieża-erdőt övező konfliktusokat vizsgálták, Bonsu et al. (2019) pedig két írországi erdőterület konfliktusait elemezték, hogy csak néhány példát említsünk. Hazai viszonylatokban Kalóczkai (2018) az őrségi és vendvidéki erdők ökoszisztéma-szolgáltatásaival kapcsolatos konfliktusokat és mozgatórugóit elemezte. A konfliktusok mellett a természetvédelem és az erdőgazdálkodási együttműködésére is találunk példákat külföldön és Magyarországon egyaránt. Számos országban kísérleteznek kollaboratív erdőgazdálkodással (*collaborative forest management*), amely érintett csoportok bevonásán alapuló erdőgazdálkodási forma (Elbakidze et al. 2010, Turyahabwe et al. 2012, Chiasson et al. 2019). Magyarországon több, az Európai Unió LIFE Nature and Biodiversity pénzügyi eszközével finanszírozott természetvédelmi célú projektben működött együtt állami erdőgazdaság és nemzeti park igazgatóság (Kovács et al. 2015).

Jelen cikkben bemutatott kutatás a 2017-2022. között zajló, „A meszes homoki erdőössztyepp-komplex ökoszisztéma szolgáltatásainak helyreállítása a Peszéri-erdőben” című, OAKEYLIFE, LIFE16 NAT/HU/000599 azonosítójú LIFE projekt (a továbbiakban: OAKEYLIFE projekt) keretén belül készült, a projekt szocio-ökonómiai hatásainak értékelését segítve. A projekt célkitűzései között szerepelt az inváziós növényfajok visszaszorítása, valamint aktív helyreállítási munkák elvégzése által a kiemelt közösségi jelentőségű élőhelytípusok (Euro-szibériai erdőössztyepp tölgyesek, Pannon homoki gyepek) kiterjedésének növelése és természetvédelmi helyzetének javítása. További célkitűzés volt a biotópok fejlesztésével közösségi jelentőségű állatfajok (díszes tarkalepke, szarvas álganéjtúró, töviszúró gébics, kisörgébics) számára alkalmas élőhelyek kiterjedésének növelése, valamint a helyreállított élőhelyekre közösségi jelentőségű növényfajok (homoki nőszirm, mocsári kardvirág) célzott visszatelepítése.

Ezek mellett célkitűzésként jelent meg az ökoszisztéma-szolgáltatások helyreállítása, a társadalmi felelősségvállalás és a környezettudatos magatartás növelése a régióban, továbbá a beavatkozások során tapasztaltak alapján ajánlások megfogalmazása a más területeken hasonló problémákkal szembesülő szakemberek számára. A projekt fő kedvezményezettje egy állami erdőgazdaság, a KEFAG Kiskunsági Erdészeti és Faipari Zrt. (a továbbiakban: KEFAG) volt, és partnerként a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság (a továbbiakban: KNPI), valamint a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (a továbbiakban: MME) vettek részt. A cikkben célunk a Peszéri-erdővel és OAKEYLIFE projekttel kapcsolatban álló elsődleges érintettek erdővel és a projekttel kapcsolatos konfliktusainak, valamint közös pontjainak bemutatása.

## Anyag és módszer

### Vizsgálati terület

A Peszéri-erdő a hazai tájbesorolás szerint a Duna menti síkság középtáj Csepeli-sík kistájának, illetve a Duna-Tisza közti síkvidék középtáj Kiskunsági-homokhát kistájának találkozásánál található (Csorba et al. 2018, Dövényi 2010). Maga az erdő egy homokbucka-vonulaton fekszik, a buckák és buckaközi laposok váltakozása sokszínű felszín eredményez (Doronicum Szolgáltató Kft. 2015, Molnár et al. 2022). A Peszéri-erdő az Európai Unió ökológiai hálózatának részeként kijelölt magyarországi Natura 2000 területek közé tartozik, Peszéri-erdő kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület (HUKN20002) elnevezéssel (a továbbiakban: Peszéri-erdő kjtt). Emellett a Felső-Kiskunsági szikes puszták és turjánvidék különleges madárvédelmi terület (HUKN10001) része is. Az erdő egy része országos jelentőségű védett természeti terület, Kunpezéri Szalag-erdő Természetvédelmi Terület néven. A Peszéri-erdő a Pannon biogeográfiai régió napjainkra fennmaradt meszes homoki erdőssztyeppjeinek egyik legértékesebb, fajokban és élőhelytípusokban leggazdagabb képviselője, ahol az euro-szibériai erdőssztyepp tölgyesek intrazonális (homoktalajon előforduló) változatai mintegy 200 hektár, a pannon homoki borókás-nyárasok mintegy 85 hektár, a magyar kőris dominanciájával jellemezhető keményfás láp- és ligeterdők pedig 12 hektár kiterjedésben találhatók napjainkban meg. Ezek mellett a különböző pionír puhafás állományok, nyíresek, rezgő- és szürkenyárasok is meghatározóak (Molnár et al. 2022). Az inváziós fafajok közül a nyugati ostorfa és a mirigyes bálványfa a legtömegesebb, de a kései meggy és a zöld juhar is komoly természetvédelmi problémát jelent (Erdélyi et al. 2021, 2023). A homoki erdőssztyepp a Kárpát-medencén kívül nagyon ritkák (Molnár 2014), ezért hazai állományaik egyedülálló értéket hordoznak (Molnár 2003). Az erdőssztyepp-erdők Magyarország legértékesebb és legveszélyeztetettebb élőhelytípusai közé tartoznak (Kevey et al. 2022, Molnár és Kun 2000). A kutatás vizsgálati területe ökológiai szempontból a Peszéri-erdő kjtt, amelynek természetvédelmi célú fejlesztésére irányult az OAKEYLIFE projekt.



## **Az elsődleges érintettek körének lehatárolása**

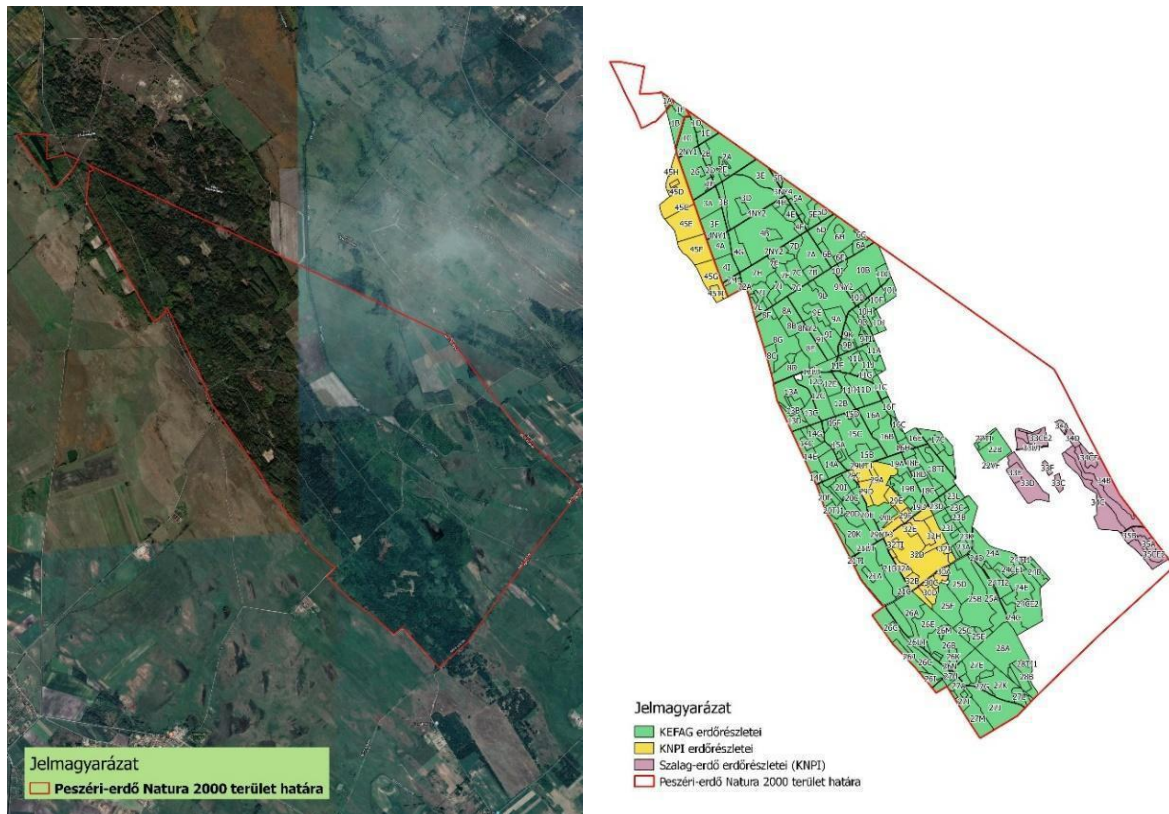
A társadalmi rendszer vizsgálendő egységének kijelölése érdekében elvégeztük a kutatásba bevonandó elsődleges érintettek körének lehatárolását. Ebben kulcsinformatórként segítségünkre volt a KNPI területileg illetékes természetvédelmi őre (Vadász Csaba), aki egyben az OAKEYLIFE projekt koordinátora is a KNPI részéről, valamint a cikk társszerzője. Egy részletes lista összeállításával felvázolta az erdő és a projekt ügyében érintett szervezetek, egyének, társadalmi csoportok körét. Ebből a listából kerültek kiválasztásra azok a szervezetek és személyek, akik a munkájuk során a legközvetlenebbül kapcsolódnak az erdőhöz, illetve akik hatással tudnak lenni a projekt menetére, vagy akikre jelentős hatással vannak a projekt keretében végzett beavatkozások. Az elsődleges érintettek közé soroltuk a projektpartner szervezeteket (KEFAG, KNPI és MME), továbbá a Peszéri-erdő területén vadászatra jogosult Kunpeszéri Vadásztársaságot (a továbbiakban: KVT), valamint a Kunpeszéri Önkormányzatot, amelynek illetékességi területén helyezkedik el a Peszéri-erdő. Az öt szervezetből összesen 17 fő került kiválasztásra és felkérésre az empirikus kutatásban való részvételre: a KEFAG-tól 7 fő, a KNPI-től 4 fő, az MME-től 3 fő, a KVT-től 2 fő, a Kunpeszéri Önkormányzattól 1 fő.

## **Az empirikus adatgyűjtés és adatelemzés módszertana**

Az elsődleges érintettek közé sorolt személyek számának megfelelően 17 félig-strukturált interjú (Newing et al. 2011) készítettünk 2019 novembere és 2020 februárja között. Az interjúzás célja az elsődleges érintettek Peszéri-erdővel kapcsolatos véleményének és viszonyulásának feltárása, a felek egymás közötti kapcsolatainak megismerése volt. Az interjúalanyoknak feltett kérdések nyitottak voltak. A kérdezés folytonosságát és a fő kérdéskörök érintését előre elkészített interjú vezérfonál segítette (Patton 2002), de félig strukturált interjúkról lévén szó, a kérdések sorrendje nem volt kötött, a sorrend az interjúalany gondolatmenetéhez igazodva egyes esetekben módosításra került (Héra és Ligeti 2005, Newing et al. 2011). Az első néhány kérdés az interjúalanyok bemutatkozását, szakmai hátterének megismerését célozta, ezt követte két, általánosan az alföldi erdőkre vonatkozó kérdés, majd a kérdéssor rátért a Peszéri-erdő lehatárolására, az interjúalany és szervezete által ott végzett tevékenységekre, az erdő értékeire, veszélyeztető tényezőire, illetve vadgazdálkodási, erdőgazdálkodási és természetvédelmi szabályozására. A következő kérdéscsoport a Peszéri-erdő által érintett csoportok közötti kapcsolatok, együttműködések és konfliktusok feltárására irányult. Ezután következtek az OAKEYLIFE projekt értékelésére, a projekttel kapcsolatos kommunikációra, együttműködésre, konfliktusokra vonatkozó kérdések. Az interjúk lezárására az interjúalanyok jövőképeire irányuló kérdések szolgáltak. A Peszéri-erdő lehatárolására irányuló kérdés megválaszolásának és szemléltetésének elősegítésére az interjú kezdetén két nyomtatott és laminált, színes térképet (egy légifotót a Peszéri-erdő kijtt határvonalának jelölésével, valamint egy erdőrészletet és azok vagyongazdálkodóit jelölő, térinformatikai szoftverrel szerkesztett térképet) helyeztünk az

asztalra (1. ábra). Benyomásaink alapján a térképek az interjú témájának, céljának szem előtt tartásában és a vélemények előhívásában is segítséget jelentettek. Az interjúk időtartama 30 és 120 perc között alakult. Mind a 17 interjúról hangrögzítő segítségével felvétel, majd a felvételek visszahallgatásával részletes szöveges leirat készült (Heltai és Tarjányi 2004).

A kutatás során a társadalomtudományi kutatások etikai elveit követtük (Patton 2002). Az interjúalanyok hozzájárultak az interjúban való részvételhez és a hangfelvétel készítéséhez. Az eredmények közzlésénél törekszünk az interjúalanyok anonimitásának biztosításához, és csak az általuk képviselt szervezetet nevesítjük.



1. ábra. Az interjúzáskor használt, Peszéri-erdőt ábrázoló térképek (készítette Fejes Zsófia)

Figure 1. Maps of Peszér-forest used in the course of interviews (by Zsófia Fejes)

Az adatelemzés során kvalitatív tartalomelemzést alkalmaztunk (Patton 2002). Az interjúk eredményeinek feldolgozása érdekében a leiratok többszöri átolvasásával gyűjtöttük az interjúkban elhangzott vagy ráutalással jelzett elsődleges érintettek közötti konfliktusos és vegyes megítélésű témaköröket, ezek szolgáltak elemzési kódként, és ezek mentén foglaltuk össze az érintett csoportok percepcióit, véleményét, hozzáállását.

## Eredmények

Az eredmények bemutatása során az elhangzott véleményeket idézőjelbe téve emeljük ki, elősegítve az egyes csoportok által megfogalmazott vélemények és az adatokkal alátámasztható tények megkülönböztethetőségét.

### Konfliktusos témakörök

#### A fehér akác megítélése

A fehér akác megítélése erősen megosztó volt és széles skála mentén változott az elsődleges érintettek képviselői között. Az interjúk alapján a „KNPI és az MME munkatársai egybehangozóan nemkívánatos fafajnak tartották”, amely a Peszéri-erdőben ugyan nem mutat inváziós karaktert, de a természetvédelmi kezelések révén elérni kívánt célállapotnak nem képezi részét a jelenléte, tehát az erdő természetvédelmi helyzetének javítását célozva az arányának csökkentésében érdekeltek. A KEFAG erdészei közül három fő említette értékes fafajként a fehér akácot, a többi képviselő interjújában nem került elő a fehér akác megítélése. Egyikük az „alföldi termőhelyekre legmegfelelőbb és gazdasági szempontból a legjobb keményfaként” említette, másikuk „jó és hasznos fafajként beszélt róla, amely számára része az ideális erdőképnek”, a harmadik fő a tölgy és a nyár mellett említette, mint „értéket adó fajt”. A KVT egyik képviselője számára semleges fafajként jelent meg, nem kimondottan ragaszkodott hozzá, mert a „vadfajok számára nem biztosít táplálékot”. Másikuk számára azonban kiemelt értéket képviselt, a „kedvenc fafajaként és az alföldi táj nélkülözhetetlen elemeként” említette. Az önkormányzat képviselője kiemelte, hogy számára „nem minősül negatív megítélésű fajnak a fehér akác, ugyanis a helyi lakosság számára fontos a gazdasági értéke és sokoldalú felhasználhatósága (elsősorban tűzifa és építőanyag)”. Megfogalmazta, hogy a lakosság és a KNPI között konfliktust szül a Peszéri-erdőben az akácosok visszaszorítása.

#### A projekt hatása a vadállományra

A KNPI, az MME és a KEFAG több munkatársa úgy nyilatkozott az interjúban, hogy a Peszéri-erdőben zajló „vadgazdálkodási tevékenységekre nem lesz jelentős hatással a projekt”, mivel nem tartalmaz kimondottan arra irányuló beavatkozásokat. A KVT képviselői azonban azt tapasztalták, hogy „az erdőben végzett beavatkozások hatására változik a vadfajok egyedsűrűsége, a beavatkozások megváltoztatják a vadfajok viselkedését, mozgását, a zavarás hatására elhagyják a Peszéri-erdőt”. A KVT képviselői szerint „a projekt keretében végzett beavatkozások során nem hagytak bolygatatlan részeket, ahol a vad nyugalmat találhatna”, az erdőszerkezet-átalakítások és a cserjések visszaszorítása eredményeként „változik a vadfajok számára rendelkezésre álló táplálékkínálat”. A KVT nem volt partner a projektben, ezért kevesebb információval rendelkezett a projekt céljait és beavatkozásait illetően.

### **A vadállomány nagysága és a vadetetés kérdése**

Ellentétes vélemények kerültek felszínre a vadetetés kérdésében is a projektpartner szervezetek és a KVT között. A KNPI, az MME és a KEFAG egyes szakembereinek véleménye szerint a „Peszéri-erdő nagyvad-állománya a vadetetés révén mesterségesen felduzzasztott, ennek következtében a természetvédelmi és az erdőgazdálkodási tevékenységeket veszélyeztető, részben akár ellehetetlenítő tényező”, ezen felül nem engedi érvényesülni a természetes erdődinamikai (regenerációs) folyamatokat. Ezzel az állásponttal ellentétben a KVT egyik képviselője úgy gondolta, hogy a vadetetés a vadállomány gondozását, a lehető legjobb kondícióban tartását szolgálja. Ennek köszönhetően a „vadat az erdőben tudják tartani, ezzel csökkentve a mezőgazdasági területeken bekövetkező vadkárt, továbbá etetés esetén a vad nem fogyasztja el az összes lehullott tölgyemakot, így biztosított a tölgy természetes felújulása”. A KVT egyik vadásza ennek éppen az ellenkezőjét fogalmazta meg: szerinte a projekt elindulása előtt „óriási volt a vaddisznó- és az őzállomány, amelyek ilyen számban nem a Peszéri-erdő területére valók voltak”. A gyors állománycsökkenést azonban nem a vadászok érdemének, hanem a projekt következtében kialakult zavarásnak tulajdonítja.

### **A Peszéri-erdő látogathatósága**

A Peszéri-erdő látogathatósága, illetve látogatók előli elzárása konfliktust szült a természetvédelmet képviselő KNPI és MME, valamint a helyi lakosságot, illetve a társadalmat képviselő önkormányzat, a KEFAG és a KVT között. A KNPI a megfelelő szintű védelem biztosítása érdekében egyes zavarásra érzékeny területekről az emberi jelenlét kizárására törekszik, szakemberei számára a „háborítatlan természet”, a „természetes folyamatok működése, a természeti értékek jelentik a legfőbb értéket. A Peszéri-erdőben jelenlévő negatív megítélésű fajok között a KNPI és az MME képviselői is megemlítették az embert”. Ezzel szemben a KEFAG egyik erdész szakembere megfogalmazta, hogy nem ért egyet az ember értékes és szép természeti területekről való kizárásával, szerinte lehetővé kellene tenni, hogy bárki megcsodálhassa ezeket (az ő szavait idézve: „Minek van, ha meg sem lehet nézni?”). Számára „a szabad kirándulás és élményszerzés, az esztétikai élmények társadalommal való megosztása jelentik az értéket”. A KVT egyik vadásza és az önkormányzat képviselője is szeretné, ha erősödhetne a helyi lakosság kapcsolata a Peszéri-erdővel, az emberek kimehetnének sétálni, pihenni, szalonnát sütni.

### **A természetvédelmi korlátozások szükségessége**

A KEFAG egyes szakemberei megfogalmazták, hogy „a természetvédelmi korlátozások túlzottan erősek az erdőgazdálkodás tekintetében”. A természetvédelmi szabályozások rugalmatlanságának tartották, hogy egy védett faj minden egyes egyedét meg kell őrizni. A KVT egyik tagja „a vadgazdálkodás tekintetében értékelte túlzónak a természetvédelmi korlátozásokat”. Mind a KEFAG, mind a KVT munkatársaival készített interjúkból kirajzolódott, hogy a két szervezet tagjai nem kapnak elegendő információt a természetvédelmi korlátozások szükségessége kapcsán, ennek következtében azok létjogosultságát sok esetben azért nem tudják elfogadni, mert nem értik azok szerepét.

## **Vegyes megítélésű, kevésbé konfliktusos és közös pontokat is tartalmazó témakörök**

### **Az erdészeti beavatkozások szükségessége és fontossága**

A KEFAG szakembereinek egy része úgy nyilatkozott, hogy az „alföldi erdők hosszú távú fenntartásához szükség van emberi beavatkozásra”. A KVT egyik tagja szerint „az alföldi erdők fennmaradása az erdészek szakértelmén múlik, a természetvédelmi szakemberek támogatásával”. A KNPI és az MME képviselői is úgy látják, hogy a projekt induláskor még lerontott állapotban lévő, „inváziós fajokkal fertőzött Peszéri-erdőben szükséges az emberi beavatkozás”, azonban a KNPI szakemberei számára a Peszéri-erdő „az ideális állapotában önfenntartó rendszerként működik, emberi beavatkozás nélkül is fennmarad”.

### **Kocsányos tölgy és felújulása**

A kocsányos tölgy az elsődleges érintettek közötti legjelentősebb közös értéként jelent meg az interjúkban. Mind a természetvédelmi, mind az erdész szakemberek fontos, értékes fajként említették, állományai esztétikai élményt nyújtanak számukra, továbbá örömmel fogadnák az arányának növelését a Peszéri-erdőben. A KVT vadászai számára is értékes fajként jelent meg, mivel táplálékot biztosít a vadfajok számára. A természetvédelmi és az erdész szakemberek között létrejött megegyezés alapján a Peszéri-erdőben a kocsányos tölgyre vonatkozó fahasználati korlátozás van érvényben, ennek elérését az MME egyik munkatársa Magyarországon egyedülálló eredménynek nevezte. Az interjúk során a KEFAG és a KNPI egyes munkatársai, valamint az önkormányzat képviselője is a Peszéri-erdő értékei között említették az idős kocsányos tölgy egyedeket. A természetvédelmi és erdőgazdasági szakemberek azonban eltérően ítélték meg, hogy a kocsányos tölgy természetes felújulása kívánatos-e. Az interjúkban elhangzottak alapján a „KNPI és az MME szakemberei számára nagy értéket képviselt a kocsányos tölgy természetes felújulása, a természetes erdődinamikai folyamatok működőképessége. Ezekre a folyamatokra erdőfelújítási tevékenységet is alapoznának”. Ezzel szemben a KEFAG egyes szakemberei erdőgazdálkodási szempontból nem tulajdonítottak értéket ennek a természetes folyamatnak, mert „nem sűrű, zárt tölgyerdőt kialakítva és nagyon lassan játszódik le”. Helyette tölgycsemeték telepítésével, egybefüggő tölgyállományok kialakításával képzelték el a Peszéri-erdőben a kocsányos tölgy arányának növelését. Az eltérő érték és érdek következtében kialakult konfliktusok mellett strukturális okok is erősítették a természetvédelmi szervezetek és a KEFAG eltérő hozzáállását a témához: „az interjúalanyok elmondása szerint az Erdőtörvény (2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról) előírásai nem teszik lehetővé az alföldi erdőkben lassan lezajló természetes erdőfelújítási folyamatok kivárását”, az erdőfelújítás ezekre való alapozását. A számukra újszerű, természetes folyamatokra alapozó módszerek iránt tanúsított zárközöttségük részben ennek a strukturális körülménynek volt tulajdonítható.

Nem volt egységes a vélemény a KEFAG szervezetén belül sem, ugyanis a projekt koordinálásáért felelős szakemberek a Peszéri-erdő jövőjének kérdésében megfogalmazták, hogy szeretnék nagyobb teret engedni a természetes folyamatoknak, míg az ezekkel szembeni kétségek főleg a szakmai projektakciók gyakorlati megvalósítását végző szakemberekre voltak jellemzőek.

#### **Akácön kívüli inváziós fajok visszaszorítása**

A Peszéri-erdőben jelen lévő nyugati ostorfa, mirigyes bálványfa, kései meggy és zöld juhar, mint inváziós fajok visszaszorítása az OAKEYLIFE projekt egyik célkitűzésének, a veszélyeztető tényezők felszámolásának elérése érdekében a projektpartnerek közös ügye volt. Gazdasági és természetvédelmi szempontból egyaránt hátrányos az elterjedésük: faanyaguk nem annyira értékes, nem hasznosítható olyan sokoldalúan, nem olyan jó fűtőértékű, mint például a tölgy vagy az akác, agresszív terjeszkedésükkel kiszorítják az őshonos fajokot, megváltoztatják, növény- és állatfajokban elszegényítik a környezetüket. Eltérő volt azonban a KEFAG és a KNPI szakembereinek véleménye és a KVT vadászainak inváziós fajokhoz való hozzáállása. A KVT egyik képviselője szerint ugyanis a „vadfajok téli táplálkozásához előnyös a nyugati ostorfa jelenléte, másikkal pedig nem tartotta helyesnek az inváziós bélyegzett fajok, különösen a bálványfa kiirtására irányuló törekvéseket”. Úgy gondolta, hogy a természet akarásával nem szállhat szembe az ember, akármennyi pénze is van. Ha az inváziós fajok lesznek életképesek a Peszéri-erdőben, akkor úgyszólván azok fognak elterjedni. Számára az volt a legfontosabb, hogy a Peszéri-erdő a jövőben is zöld legyen, másikkal számára pedig, hogy a vad jól érezze magát az erdőben.

A visszaszorítás megvalósításában már az erdész és a természetvédelmi szakma között sem volt egyetértés. A KEFAG szakembereinek többsége szerint a teljes talajelőkészítés a legmegfelelőbb módszer erre, míg a KNPI szakemberei számára az erdei aljnövényzet megőrzendő értéket jelentett, a talajbolygatást pedig igyekeztek elkerülni, ezért az értékes aljnövényzettel rendelkező állományokban az azt elpusztító teljes talajelőkészítés helyett az inváziós fajok egyedeinek vegyszerrel való szelektív kezelését részesítették előnyben. Az erdészek egy része idegenkedett a vegyszerhasználatától az erdőben, sőt, a „túl sok vegyszer kijuttatását a Peszéri-erdőt veszélyeztető tényezők között nevezték meg. Ezzel szemben a teljes talajelőkészítést környezetbarát megoldásnak tartották”.

#### **Cserjések visszaszorítása**

A cserjésedés szabályozásának elmaradása következtében kialakult „túlzottan elcserjésedett, áthatolhatatlan állományok a KEFAG egyes szakemberei szerint erdész szemmel nem szépek”, ezeket rontott erdőknek nevezték. Többen is megfogalmazták, hogy szeretnék, ha átjárhatóbb lenne a Peszéri-erdő, ezáltal turisztikailag is vonzóbb erdővé alakulhatna. A további cserjésedést „a Peszéri-erdőt veszélyeztető tényezők között tartották nyilván, ugyanis a számukra értékes fajokot a cserjeegyedek elnyomják, elvonják előlük a tápanyagokat és a vizet”. A cserjések visszaszorítása által az erdő gazdasági értéke nő. A KVT tagjai számára kettős volt a cserjések visszaszorításának kér-

dése: „kedvezőtlen következménye volt a vadfajok számára rendelkezésre álló táplálékkinálat megváltozása, a búvóhelyek számának csökkenése, valamint a vaddisznó-állomány csökkenése, ezzel párhuzamosan kedvező irányú változásnak tekintették az átjárhatóbb erdő kialakulásának köszönhetően a szarvasfélék megjelenését, valamint a vadászat biztonságosabbá válását”. A KNPI szakemberei számára kedvező volt, hogy „a cserjések visszaszorítása által fontos életterek, ökológiai folyosók alakíthatók ki a díszes tarkalepke számára; a cserjések helyén mikrotisztások kialakításával fajgazdag vegetáció hozható létre; az elnyomó cserjeegyedek eltávolításával elősegíthető a kocsányos tölgy megmaradó-túlélő újulatának növekedése; a cserjések átalakításával növelhető a kontinentális erdőössztyepp-tölgyesek kiterjedése”. Az MME egyik képviselője megfogalmazta, hogy „a cserjések képesek visszafogni az inváziós fajok terjedését, továbbá biodiverzitást növelő hatásuk van”, ezért mindenképpen meghagyna sűrű cserjés állományokat, azonban a jelenlegi „túl nagy kiterjedésükben már nem a diverzifikáló szerepük dominál”, ezért a többi szakemberhez hasonlóan szükségesnek tartotta a visszaszorításukat.

Az 1. táblázatban foglaljuk össze a főbb konfliktusos és vegyes megítélésű témaköröket, mutatva, hogy milyen az egyes érintett csoportok hozzáállása ezekhez. Ebből azt láthatjuk, hogy a természetvédelmi szervezeteknek a fehér akác, a látogathatóság és a természetvédelmi korlátozások kérdésében van a többi csoporttal ellentétes álláspontja, míg a vadakkal kapcsolatos kérdéskörökben a vadászársaság áll szemben a természetvédelmi szervezetekkel és az erdőgazdálkodóval. A többi témakörben nem olyan nagy az ellentét.

1. táblázat. Az interjúkban felmerülő eltérő és részben eltérő megítélésű témakörök.

Table 1. Topics emerged in the interviews that were perceived in a different or partly different way.

Témakörök	KEFAG	KNPI	MME	KVT	Önkormányzat
fehér akác	+	-	-	0/+	+
projekt hatása a vadállományra	0	0	0	-	
vadetetés hatása	-	-	-	+	
Peszéri-erdő látogathatósága	+	-	-	+	+
természetvédelmi korlátozások	-	+	+	-	
erdészeti beavatkozások szükségessége	+	+/0	+/0	+	
kocsányos tölgy természetes felújulása	0	+	+		
akácon kívüli inváziós fafajok visszaszorítása	+	+	+	-/+	
cserjések visszaszorítása	+	+	+	-/+	

Jelmagyarázat: 0: semleges megítélés, +: pozitív megítélés, -: negatív megítélés, üres cella: nincs vélemény

**A projekt pozitív hozadéka: a természetvédelmi és az erdész szakma együttműködése**

Az OAKEYLIFE projekt keretében megvalósuló együttműködés egy állami erdőgazdaság, valamint egy állami és egy civil természetvédelmi szervezet között Magyarországon napjainkban még ritka, éppen ezért kiemelkedően szép példaként értékelhető. Valamennyi interjúzott személy úgy nyilatkozott, hogy a projekt indulása előtt is alapvetően jó volt a kapcsolat az elsődleges érintettek között. A KEFAG egyik szakembere szerint eleve sokkal jobb volt a kapcsolat és az együttműködés a KNPI és a KEFAG között, mint az ország többi pontján általában jellemző a nemzeti park igazgatóságok és az állami erdőgazdaságok között. A projekt megvalósítása során közös és kölcsönös tanulás valósult meg az állami erdőgazdaság és az állami, valamint a civil természetvédelem képviselői között az erdőkezelés módszereivel kapcsolatban, aminek köszönhetően az erdészeti és a természetvédelmi szakma közeledett egymáshoz. A KEFAG szakemberei közül többen is említették, hogy sokat tanultak a projektből, ezeket az új ismereteket be tudják majd építeni más területeken végzett erdőgazdálkodási gyakorlataikba is. A közösen végzett projektnek köszönhetően gyakoribbá vált és javult a kommunikáció, az információáramlás a KNPI és a KEFAG szakemberei között (bár mindkét fél képviselői megjegyezték, hogy ebben a kérdésben szükség van további fejlődésre).

**Megvitatás**

Nagy jelentőséggel bír, hogy egy adott ökoszisztémában kulcsfajként megjelenő faj az érintettek konfliktusainak vagy együttműködésének magját jelenti-e. A Fabók et al. (2015), valamint Kovács et al. (2016a) által vizsgált konfliktusos helyzetben a parlagis sas, mint faj, csak a természetvédelmi szakemberek szemében képviselt felbecsülhetetlen értéket, míg a többi érintett, a vadgazdálkodók és a mezőgazdálkodók számára nem jelentett különösebb értéket, sőt, a vadgazdálkodók kimondottan nemkívánatos fajnak tekintették. Ezzel szemben a Peszéri-erdőben és az OAKEYLIFE projektben szerencsés alaphelyzetként a kocsányos tölgy valamennyi elsődleges érintett számára értéket képviselő faj, ennek köszönhetően a konfliktusok sokkal kevésbé voltak kiélezettek, és a közös értéként megjelenő kulcsfaj hamar kirajzolta az együttműködések medrét. Fejes et al. (2022) a Peszéri-erdő ökológiai állapotjellemzőinek és ökoszisztéma-szolgáltatásainak érintett csoportok általi értékeléséről szóló tanulmányában is megjelenik, hogy a kocsányos tölgynek mindegyik érintett csoport nagy jelentőséget tulajdonít. Az inváziós fafajok visszaszorításának témakörében hasonlóság fedezhető fel a Felső-Kiskunsági szikes tavak területén, a legeltetés kérdése körül kialakult viszonyokkal. Margóczy et al. (2018), valamint Kovács et al. (2021) munkájában a szikesek legeltetése a nemzeti park igazgatóság és a helyi gazdálkodók közös érdeke, azonban annak megvalósításában, a legeltetett állatok fájának és fajtájának kérdésében már szétváltak az elképzelések, ami konfliktusok kialakulásához vezetett. A Peszéri-erdő esetében az inváziós fafajok (a fehér akáctól eltekintve) visszaszorítása szintén közös alapon, együttes érdeken nyugszik, a KNPI és a KEFAG közti eltérő vélemények a



megvalósítás módszerei, vagyis a technológiai részletek kapcsán alakultak ki. Vadgazdálkodási szempontból azonban egyes inváziós idegenhonos fajok (pl. nyugati osztorfa) értékesnek bizonyult, ami konfliktust jelentett a visszaszorítását támogató szervezetek és a vadgazdálkodók között. Hasonlóképp, az akác tekintetében sem volt egyetértés a természetvédelmet képviselő szervezetek (KNPI és MME) valamint a többi érintett szervezet között. A természetvédelem képviselői inváziós idegenhonos fajként tekintettek az akácra, az erdőgazdálkodó számára bevételt jelentő fafajnak minősült, és a többi szervezet is gazdasági jelentőséget tulajdonított neki. Az akác kapcsán az erdőgazdálkodás és a természetvédelem közötti ellentétre Meinhardt et al. (2022) is rámutat. A KEFAG szakemberei által képviselt gazdasági szemlélet összeeseng a Felső-Kiskunsági szikes tavak területén lefolytatott részvételi folyamatban az állattartással foglalkozó gazdálkodók hozzáállásával, akik számára fontos volt, hogy a természetvédelmi célokat szolgáló legeltetést jövedelmező állatfajokkal és fajtákkal végezhesék (Margóczy et al. 2018, Kovács et al. 2021). Bonsu et al. (2019) az írországi esettanulmányukban az erdősítések során alkalmazott fafajok kiválasztásában mutatózó ellentéteket vezették vissza ugyanerre a jelenségre, miszerint az erdőgazdálkodók, akiknek a megélhetése az erdőktől függött, nem tudták előtérbe helyezni az erdők természetvédelmi és közjóléti szerepét a gazdasági jelentőségükhöz képest, szemben a természetvédelmi szakemberekkel és a helyi lakossággal. Az erdők hasznosítása kapcsán sok esetben tapasztalhatóak eltérő álláspontok az erdőt használó érintett csoportok körében (Nousiainen és Mola-Yudego 2022). A Peszéri-erdőt érintően, a vadgazdálkodás kapcsán a vadásztársaság és a projekt partnerei (KEFAG, KNPI, MME), a látogathatóság témáit illetően a természetvédelmi szervezetek (KNPI, MME) és a többi érintett csoport (KEFAG, KVT, önkormányzat) között mutatkozott ellentétes álláspont. Blicharska és Angelstam (2010) a lengyelországi Białowieża-erdő használatával kapcsolatos konfliktusokat elemezték. Ez az erdő természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőséggel bír, emellett azonban gazdasági szempontból nagy vonzerőt jelent a magas minőségű és nagymennyiségű fakészlete, valamint a nemzeti és nemzetközi turizmus számára is vonzó helyszínt jelent. A kulcsérintettekkel készített interjúkból két eltérő álláspont rajzolódott ki: az erdész szakemberek és a hatóság képviselői az erdőgazdálkodás változatlan formában való folytatását támogatták, amely a helyi lakosok megélhetését is jelenti, míg a természetvédelmi szakemberek, a kutatók és a környezetvédők csoportja amellet állt, hogy csökkentsék a fakitermelés mértékét és növeljék a védelmi intézkedéseket az erdőben. A szerzők megfogalmazták, hogy az erdő európai szinten is kimagasló természetvédelmi értéke önmagában nem jelenti azt, hogy a helyiek meg akarják azt védeni, különösen akkor, ha a megélhetésük jelentős mértékben függ az erdő természeti erőforrásaitól. Pusztán a tudományos ismeretek nem elegendőek a természetvédelem sikeréhez, a hatékony és hosszútávú védelemhez a társadalom ősziinte támogatása is szükséges. Kalóczkai (2018) doktori dolgozatában az ökoszisztéma-szolgáltatások közötti átváltásokat és ezek nyomán kialakult konfliktusokat vizsgálta. Az őrési és vendvidéki erdők használatával kapcsolatban erősebb konfliktust látott az erdőbirtokosságok, az állami erdőgazdaság és az Őrségi Nemzeti Park Igazgatóság (ŐNPI) között, mint a szálaló magán erdőgazdálkodók és az ŐNPI

között. Ez utóbbi csoport a természetvédelmi elvárásoknak jobban megfelelő erdőgazdálkodási módot folytat. Ennek legfőbb okaként kulturális tényezőket nevesített, mutatva, hogy a szálaló erdőgazdálkodók az elődeiktől örökölt erdőhöz erősen kötődnek, családi hagyományok kapcsolódhatnak az erdőhöz, egyfajta tisztelet övezi az erdőt, és így az erdőhöz fűződő értékek erősebbek lehetnek a gazdasági érdeknél. Ez az erős érzelmi kötelék a többi erdőgazdálkodónál kevésbé jelent meg. A Peszéri-erdő esetében is a két gazdálkodói csoport (KEFAG és KVT) is a természetvédelmi előírások túlzott szigorúságát érezte, ami konfliktusos helyzetekhez vezethet. A korlátozások mögött meghúzódó szakmai érveket fontos megismertetni a gazdálkodókkal, mert ez az elfogadásukat segítheti.

A konfliktusok megoldását strukturális okok (pl. jogszabályi kötöttségek vagy hiányosságok, támogatási vagy kompenzációs lehetőségek hiánya) is nehezítheti. A Peszéri-erdő esetében a természetes folyamatokra alapozott erdőfelújítás nagy (több évtizedes) időigénye és az Erdőtörvényben és annak végrehajtási rendeleteiben foglalt, jóval rövidebb határidők közötti különbség, összességében a jogszabályok rugalmatlansága jelent meg strukturális problémaként. Blicharska és Angelstam (2010) a Białowieża-erdő kapcsán a jogszabályok és az ösztönzési rendszer erősítését javasolták, amely a helyi lakosokat és erdőgazdálkodókat is az erdő biodiverzitásának megőrzésében és helyreállításában érdekeltté tenné. Kovács et al. (2016a) a járszági parlagi sas körül kialakult konfliktus eset kapcsán az egyik fontos strukturális okként azt nevezték meg, hogy a mezőgazdálkodók a közvetlen földalapú támogatások előírásai miatt nem hagyták meg a mezei nyúl élőhelyét képező mezsgyéket. Végül épp egy strukturális megoldás született a problémára, egy magas természeti értékű terület kijelölésével, amely támogatási lehetőséget is vont maga után. Ezek a példák is mutatják a strukturális okok feltárásnak fontosságát.

A szakirodalomban fellelhető, természetvédelmi konfliktusokkal foglalkozó kutatások jellemzően az érintettek közötti kiélezett, elmélyült konfliktusokról számolnak be. Ezzel szemben a Peszéri-erdő és az OAKEYLIFE projekt által érintett, elemzésbe bevont felek között nem azonosítottunk hasonlóan éles konfliktusokat, az erdővel és a projekttel kapcsolatos légkört nem az ellenségeskedés hatja át. A KEFAG és a KNPI, mint fő projektpartner szervezetek, a közös projekt zászlója alatt közös célért dolgoztak, ennek köszönhetően kétségkívül egy irányba törekedtek. A projekt szilárd alapot biztosított az együttműködésükre. A sikeres együttműködés kialakulásában szerepe lehetett annak, hogy a KNPI részéről a projekttel kapcsolatos munkákban a természetvédelmi szakemberekkel együtt erdőmérnök végzettségű munkatársak is részt vettek, míg a KEFAG projekttel foglalkozó erdész szakemberei között voltak, akik természetvédelmi képesítéssel rendelkeztek. Egymás szakterületének kölcsönös ismerete jelentősen képes javítani és gyorsítani a kommunikációt, valamint, ha a felek számára nem idegen a másik gondolkodásmódja, akkor a konfliktusos helyzetekben megértőbben tudnak egymáshoz viszonyulni. Ennek jelentősége felértékelődik, amikor a szakirodalomban ennek hiánya által okozott konfliktust említene, mint ahogy Vuletić et al. (2009) munkájában: a horvátországi Kopački rit Természeti Park alkalmazottai között senki sem rendelkezett erdészeti végzettséggel, ezzel szemben az állami erdőgazdaság

minden tagja erdészeti végzettségű volt. Ennek következtében a felek nem ismerték egymás értékrendjét, nem becsülték a másik fél szaktudását. A KEFAG, a KNPI és az MME közös, természetvédelmi célú projektjének létrejöttében szerepet játszhatott az a tényező is, miszerint a Duna-Tisza köze száraz, gyenge termőhelyein az ország hegy- és dombvidéki tájaihoz képest kevésbé jövedelmező az erdőgazdálkodási tevékenység, keményebb munka szükséges a gazdaságilag értékes erdők létrehozásához, ezért a KEFAG nyitottabban fogadta az erdők gazdasági szerepén túlmutató funkcióinak erősítését. Az egyes erdész szakemberek természetvédelmi szakirányú képzettsége is ezt a nyitottságot erősítette. Azáltal, hogy a KEFAG vállalta a természetvédelmi célú projekt fő kedvezményezett szerepét, érdekévé is vált a Peszéri-erdő természetvédelmi szempontú fejlesztése. Ennek köszönhetően a projekt keretében felmerülő konfliktusok többsége inkább árnyalatok közötti különbségnek tekinthető, mint markáns, gyökeres problémának vagy heves küzdelemnek. Az interjúk során tapasztaltak alapján úgy éreztük, hogy a KEFAG erdész szakemberei (néhány kivételtől eltekintve) a Peszéri-erdő kezelésében számukra gazdaságilag előnyös változtatásokat (pl. kocsányos tölgy arányának növelése, cserjések visszaszorítása) nyitottan és örömmel fogadták, azonban a speciális természetvédelmi célú beavatkozások végzése nem épült be a gondolkodásukba és értékrendjükbe, azokat továbbra is a természetvédelmi szakma „hóbortjainak” tekintették. A természetvédelmi célú erdőkezelés elfogadottsága a projekt hatására azonban minden bizonnyal növekedett az erdész szakemberek körében. A projekt segítséget nyújtott abban, hogy a projektpartnerek közötti álláspontok közeledjenek, főleg az erdőgazdálkodás és a természetvédelem összehangolása terén. Egyes témakörök konfliktusos pontjainak enyhítésére azok összetettsége révén műhelybeszélgetések szervezését javasoljuk, ahol az érintett feleknek lehetőségük lenne egymás álláspontjának megismerésére és kompromisszumos megoldások kidolgozására. Ilyen témakör például a Peszéri-erdő látogathatósága és a vadgazdálkodás. A vizsgálat során olyan konfliktusos pontokat is azonosítottunk, amelyek esetében a hatékony együttműködést a hiányzó ismeretek hátráltatják. Ilyen esetekben az ismeretek pótlására képzések szervezését, ismeretterjesztő szakanyagok összeállítását javasoljuk, többek között az inváziós növényfajok káros hatásainak bemutatására, valamint a természetvédelmi és erdészeti szakkifejezések pontos jelentésének tisztázására. Kommunikáció által véleményünk szerint javítható például a természetvédelmi korlátozások elfogadottsága a céljaik és szükségességük bemutatásával.

Összességében úgy értékeljük, hogy a KEFAG természetvédelmi célú projektben vállalt főkedvezményezett szerepének, az erdész és természetvédelmi szakma OAKEYLIFE projektben való sikeres együttműködésének, valamint a két szakma egymáshoz közeledésének nemcsak lokális, hanem országos viszonylatban is hatalmas jelentősége lehet. A Peszéri-erdő és az OAKEYLIFE projekt vonatkozásában kiforrott szép példa Magyarország más részein is segíthet kialakítani a napjainkban még kevésbé jellemző együttműködéseket, valamint partneri kapcsolatokat az állami erdőgazdaságok és nemzeti park igazgatóságok között. A KEFAG projekttel kapcsolatos tapasztalatait más erdőgazdaságokkal megosztva szélesebb körben is teret nyerhet a

természeti értékek megőrzésével összeegyeztethető erdőgazdálkodási gyakorlat, a természetvédelmi szempontból kedvezőbb erdőkezelési módok bevezetése és alkalmazása. Ennek elősegítésében a KEFAG szakembereinek felelősségteljes szerep jut, ugyanis az interjúkban elhangzottak alapján kirajzolódott, hogy az erdész szakemberek egymástól könnyebben elfogadják az új módszereket, mint a természetvédelem képviselőitől.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OAKEYLIFE projekt (LIFE16/NAT/HU/000599) keretében valósult meg, az Európai Unió és az Agrárminisztérium társfinanszírozásában. Köszönjük a Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság, a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, a KEFAG Kiskunsági Erdészeti és Faipari Zrt., valamint a Kunpeszéri Vadásztársaság munkatársainak, továbbá a Kunpeszér Község Önkormányzata képviselőjének az interjúban való részvételt.

### Irodalom

- Blicharska, M., Angelstam, P. 2010: Conservation at risk: conflict analysis in the Białowieża Forest, a European biodiversity hotspot. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 6(1–2): 68–74. DOI: <https://doi.org/10.1080/21513732.2010.520028>
- Bonsu, N. O., Dhubháin, Á. N., O'Connor, D. 2019: Understanding forest resource conflicts in Ireland: A case study approach. *Land Use Policy*, 80: 287–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.11.009>
- Chiasson, G., Angelstam, P., Axelsson, R., Doyon, F. 2019: Towards collaborative forest planning in Canadian and Swedish hinterlands: Different institutional trajectories? *Land Use Policy* 83: 334–345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.015>
- Csorba P., Ádám Sz., Bartos-Elekes Zs., Bata T., Bede-Fazekas Á., Czúcz B., Csima P., Csüllög G., Fodor N., Frisnyák S. 2018: Tájak. In: Kocsis K. (főszerk.): Magyarország nemzeti atlasza 2. kötet. Természeti környezet. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, pp. 112–129. [https://www.nemzeti-atlasz.hu/MNA/MNA\\_2\\_10.pdf](https://www.nemzeti-atlasz.hu/MNA/MNA_2_10.pdf)
- De Jong, W., Ruiz, S., Becker, M. 2006: Conflicts and communal forest management in northern Bolivia. *Forest Policy and Economics*, 8(4): 447–457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.08.011>
- Doronicum Szolgáltató Kft. 2015: Natura 2000 fenntartási terv; A Peszéri-erdő (HUKN20002) kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület. Felsőcsatár, p. 150.
- Dövényi Z. (szerk.) 2010: Magyarország kistájainak katasztere. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 878.
- Eckerberg, K., Sandström, K. 2013: Forest conflicts: A growing research field. *Forest Policy and Economics* 33: 3–7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2013.05.00>
- Elbakidze, M., P. K. Angelstam, C. Sandström, R. Axelsson. 2010: Multi-stakeholder collaboration in Russian and Swedish Model Forest initiatives: adaptive governance toward sustainable forest management? *Ecology and Society* 15(2): 14. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss2/art14/>
- Erdélyi A., Hartdégén J., Malatinszky Á., Lestyán Cs. J., Vadász Cs. 2021: Egyes erdőgazdálkodási tevékenységek hatása a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) terjedésére meszes homoki termőhelyeken. *Erdészettudományi Közlemények* 11(1–2): 41–53. DOI: <https://doi.org/10.17164/EK.2021.002>
- Erdélyi, A., Hartdégén, J., Malatinszky, Á., Vadász, Cs. 2023: Historical reconstruction of the invasions of four non-native tree species at local scale: a detective work on *Ailanthus altissima*, *Celtis occidentalis*, *Prunus serotina* and *Acer negundo*. *One Ecosystem* 8: e108683. <https://doi.org/10.3897/one-eco.8.e108683>

- Fabók V., Kovács E., Kalóczkai Á. 2015: Érintettek percepcióinak feltárása egy védett ragadozómadarakkal kapcsolatos konfliktusban a Jászság SPA részvételi tervezési folyamata során. *Természetvédelmi Közlemények*, 21: 64–75.
- Fejes Zs., Tormáné Kovács E., Hajagos G., Vadász Cs. 2022: A Peszéri-erdő egyes ökológiai állapotjellemzőinek és ökoszisztéma-szolgáltatásainak megítélése a főbb érintett csoportok körében *Természetvédelmi Közlemények* 28: 29–47. DOI: <http://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2022.28.29>
- Hellström, E. 2001: Conflict cultures – qualitative comparative analysis of environmental conflicts in forestry. *Silva Fennica Monographs*, 2. The Finnish Society of Forest Science, The Finnish Forest Research Institute, p. 109. DOI: <https://doi.org/10.14214/sf.sfm2>
- Heltai E., Tarjányi J. 2004: A mélyinterjú készítése és az elkövethető hibák forrásai. In: Letenyi L. (szerk.): *Településkutatás, Szöveggyűjtemény*. L'Harmattan Kiadó, Budapest, p. 728., pp. 501–543. DOI: <https://doi.org/10.14267/963-0606-25-9-10>
- Héra G., Ligeti Gy. 2005: Módszertan – Bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába. *Osiris Kiadó*, Budapest, p. 371.
- Kalóczkai Á. 2018: Az ökoszisztéma szolgáltatások szerepe a természet értékének mérésében és a tájhasználati konfliktusok kezelésében. *Doktori értekezés*, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, p. 171 DOI: <https://doi.org/10.14751/SZIE.2018.022>
- Kalóczkai Á., Pataki Gy., Kelemen E., Kovács E., Fabók V. 2015: A földhasználati konfliktusok tényezői és dinamikája védett természeti területeken. *Természetvédelmi Közlemények*, 21: 97–107.
- Kevey B., Lendvay G., Urbán S. 2022: A Duna–Tisza köze zárt homoki tölgyesei (*Polygonato latifolii* – *Quercetum roboris*). *Botanikai Közlemények* 109(2): 219–230. DOI: <https://doi.org/10.17716/BotKozlem.2022.109.2.219>
- Kosztka M. 2001: Miért konfliktusok forrása az erdő és az erdőgazdálkodás? *Erdészeti Lapok* 136 (2): 34–36.
- Kovács, E., Fabók, V., Kalóczkai, Á., Hansen, H. P. 2016a: Towards understanding and resolving the conflict related to the Eastern Imperial Eagle (*Aquila heliaca*) conservation with participatory management planning. *Land Use Policy*, 54: 158–168. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.011>
- Kovács E., Harangozó G., Marjainé Szerényi Zs., Csépanyi P. 2015: Natura 2000 erdők közgazdasági környezetének elemzése. *Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság*, p. 217.
- Kovács E., Kiss G., Kelemen E., Fabók V., Kalóczkai Á., Mihók B., Pataki Gy., Balázs B., Bela Gy., Megyesi B., Margóczy K. 2016b: Natura 2000 fenntartási tervek részvételi folyamatainak értékelése. *Természetvédelmi Közlemények*, 22: 112–130. DOI: <http://https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2016.22.112>
- Kovács, E., Mile, O., Fabók, V., Margóczy, K., Kalóczkai, Á., Kasza, V., Nagyné Grecs, A., Bankovics, A., Mihók, B. 2021: Fostering adaptive co-management with stakeholder participation in the surroundings of soda pans in Kiskunság, Hungary – An assessment. *Land Use Policy*, 100: 104894. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104894>
- Margóczy K., Kalóczkai Á., Mihók B., Fabók V., Mile O., Bankovics A., Nagyné Grecs A., Kasza V., Kovács E. 2018: A legeltetés részvételi tervezése a Felső-kiskunsági szikes tavakon és pusztákon. *Gyepgazdálkodási Közlemények*, 16(1): 25–35. DOI: <https://doi.org/10.55725/gygk/2018/16/1-2/9512>
- Meinhardt, S., Czóbel Sz., Kovács-Hostyánszki A., Szigeti V., Tormáné Kovács E. 2022: Egyes mézelő idegenhonos özönfajok értékelése ágazati interjúk alapján. *Tájökológiai Lapok* 20(2): 23–39. DOI: <http://doi.org/10.56617/tl.3447>
- Mihók B., Kiss G., Kovács E., Margóczy K., Fabók V., Kalóczkai Á. 2016: Ki mondja meg, mi a fontos? – Részvétel és természetvédelem. *Természetvédelmi Közlemények*, 22: 131–154. DOI: <http://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2016.22.13>
- Molnár Á. P., Erdélyi A., Hartdégén K., Biró M., Pánya I., Vadász Cs. 2022: Természetvédelmi célú történeti elemzés – a Peszéri-erdő elmúlt három évszázada. *Tájökológiai Lapok* 20(1), 73–105. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3381>
- Molnár Zs. (szerk.) 2003: *A Kiskunság száraz homoki növényzete*. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest, p. 159.

- Molnár Zs. 2014: 9110 Kontinentális erdőössztyepp-tölgyesek. In: Haraszthy L. (szerk.) (2014): Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, p. 934., pp. 904-909.
- Molnár Zs., Kun A. (szerk.) 2000: Alföldi erdőössztyepp-maradványok Magyarországon. WWF füzetek 15. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót, p. 60.
- Newing, H., Eagle, C.M., Puri, R., Watson, C.W. 2011: Conducting research in conservation – A social science perspective. Routledge, New York, p. 376. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203846452>
- Nousiainen, D., Mola-Yudego, B. 2022: Characteristics and emerging patterns of forest conflicts in Europe - What can they tell us? *Forest Policy and Economics* 136: 102671. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102671>
- Patton, M. Q. 2002: *Qualitative Research & Evaluation Methods*. Sage Publications, London, p. 598.
- Reed, M. S. 2008: Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biological Conservation*, 141(10): 2417–2431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>
- Reed, M. R., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Prell, Ch., Quinn, C. H., Stringer, L. C., Morris, J. 2009: Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90, 1933–1949. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>
- Redpath, S. M., Young, J., Evely, A., Adams, W. M., Sutherland, W. J., Whitehouse, A., Amar, A., Lambert, R. A., Linnell, J. D. C., Watt, A., Gutiérrez, R. J. 2013. Understanding and managing conservation conflicts. *Trends in Ecology & Evolution* 28 (2), 100-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.08.021>
- Turyahabwe, T., Agea, J. G., Tweheyo, M., Tumwebaze, S. B. 2012: 3. Collaborative Forest Management in Uganda: Benefits, Implementation Challenges and Future Directions. In: Diez, J. J. (Ed.): *Sustainable Forest Management – Case Studies*, p. 24. DOI: <https://doi.org/10.5772/28906>
- Vuletić, D., Krajter, S., Kiš, K., Posavec, S., Avdibegović, M., Blagojević, D., Marić, B., Paladinić, E. 2009: Conflicts between forestry and nature conservation – case studies of two Nature Parks in Croatia. *Periodicum Biologorum* 111(4): 467–478.
- Young, J., Watt, A., Nowicki, P., Alard, D., Clitherow, J., Henle, K., Johnson, R., Laczko, E., McCracken, D., Matouch, S., Niemela, J., Richards, C. 2005: Towards sustainable land use: identifying and managing the conflicts between human activities and biodiversity conservation in Europe. *Biodiversity and Conservation*, 14: 1641–1661. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-004-0536-z>

## Revealing Conflicts and Common Ground Among the Main Stakeholder Groups of the Peszéri Forest Related to the OAKEYLIFE Project

ZS. FEJES<sup>1</sup>, CS. VADÁSZ<sup>1</sup>, D. ANDRÉSI<sup>2</sup>, E. TORMÁNÉ KOVÁCS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kiskunság National Park Directorate, Liszt Ferenc u. 19. H- 6000 Kecskemét, Hungary

<sup>2</sup>KEFAG Kiskunsági Forestry and Wood Industry Public Limited Company. József Attila u. 2. H-6000 Kecskemét, Hungary

<sup>3</sup>Institute for Wildlife Management and Nature Conservation, Department of Nature Conservation and Landscape Management, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Páter Károly u. 1. H-2100 Gödöllő, Hungary

**Keywords:** nature conservation, forestry management, stakeholders, conservation conflict, interview, forest steppe forest

**Abstract:** For effective and long-term sustainable conservation interventions, it is essential to identify and manage the relationships between the stakeholders (individuals, organisations, social groups) that use the area and the natural environment. Within the framework of the OAKEYLIFE project, semi-structured interviews were conducted with representatives of five main stakeholder groups (a state forest company, a national park directorate, a nature conservation NGO, a hunting association, a local government) of the Peszéri Forest, located in the Upper Kiskunság, to identify conflicts and common ground. The interviews were analysed using qualitative content analysis. Issues of conflict were identified as the perception of black locust, wildlife management, accessibility of the Peszéri Forest for visitors and conservation restrictions. The need for forest management interventions, the natural regeneration of pedunculate oak, the control of invasive tree species other than black locust, and the reduction of scrub were identified as mixed issues, with minor conflicts and common points. The leading role of the local state forestry in the conservation project and the successful cooperation between the conservation and forestry sectors in the OAKEYLIFE project are of great importance not only locally but also at the national level.

*A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*



## Az agroökológia természetvédelmi vonatkozásainak vizsgálata a gazdálkodók gyakorlata és a fogyasztók megítélése alapján

HARKÁNYI ANNAMÁRIA, UJJ APOLKA

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vidékfejlesztés és Fenntartható Gazdaság Intézet,  
Agroökológiai és Ökológiai Gazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter K. u. 1.,  
e-mail: [harkanyi.annamaria@gmail.com](mailto:harkanyi.annamaria@gmail.com)

**Kulcsszavak:** agroökológia, ökológiai gazdálkodás, biodiverzitás, rugalmas ellenállóképesség, együttthatások, újrahasznosítás

**Összefoglalás:** Az utóbbi évtizedekben a mezőgazdasági termelés gyakorlata és az élelmezési rendszer gyökeresen megváltozott. Az okszerűtlen mezőgazdasági gyakorlatok számos környezeti problémához vezettek, amelyek hatással vannak társadalmunk egészére is. Környezetkímélő, ugyanakkor gazdaságilag is hosszútávon fenntartható gazdálkodási formák és alternatív megközelítések azonban léteznek. Az agroökológia nem csak tudományos megközelítéssel, de társadalmi és gyakorlati oldalról is, komplexen támogatja a méltányos élelmezési rendszerre való áttérést. Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) kidolgozta az agroökológia 10 alapelemét, ami segítségével szolgál egy fenntartható, „helyreállító” gazdálkodási rendszer létrehozásában. A 10 alapelemből 4 kapcsolódik szorosan a természetvédelemhez, ezeket választottuk ki kutatásunkhoz: biológiai sokféleség, együttthatások, újrahasznosítás és rugalmas ellenállóképesség. A kiválasztott alapelemek gyakorlati megvalósulásának értékelése céljából vizsgáltuk a gazdálkodói és a fogyasztói oldalt. A gazdálkodói gyakorlat értékeléséhez mélyinterjút készítettünk két vizsgált gazdaság vezetőjével, a fogyasztók tudásának és motivációinak megismeréséhez pedig kérdőíves felmérést alkalmaztunk a gazdaság rendszeres vásárlói között. A kérdések összeállításához releváns szakirodalomra alapozott indikátorokat határoztunk meg, amelyekhez interjú/kérdőíves kérdéseket rendeltünk meg. A mélyinterjúk eredményei rávilágítottak arra, hogy mely gyakorlatok alkalmazásával teljesíti a két vizsgált gazdaság az agroökológia természetvédelmi vonatkozású alapelemeit. A gazdaságok fogyasztói körében végzett felmérés alapján megállapítható, hogy a vásárlókat tudatosság jellemzi, döntésükben nem csak az egészséges élelmiszer iránti igény dominál, de a környezetbarát és a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazása is fontos szempont.

### Bevezetés

Korunk egyik sokat vitatott problémáját az iparszerű mezőgazdaság okozta környezeti terhelések jelentik. Az elmúlt 50 évben a világ élelmezési rendszere gyökeresen megváltozott és egyre inkább globalizálttá vált. Az élelmezési rendszer, a fogyasztói igények kielégítését és a hozamfokozást szem előtt tartva, nem utolsó sorban gazdasági és politikai nyomásra, függővé vált az olcsó nyersanyagoktól, a gépektől, a vetőmagoktól, a szintetikus növényvédőszerektől és a műtrágyáktól (Howard 2009, Horstink 2017). Ez a rendszer társadalmi és környezeti szempontból is negatív hatással bír: a kistermelők és a kis élelmiszeripari cégek háttérbe szorulnak (Davidova és Thomson 2014, Berti és Mulligan 2016); párhuzamosan terjed a minőségi



éhezés és az elhízás (FAO 2022); a kémiai úton előállított készítmények okszerűtlen használata befolyásolja a talajtermékenységet, veszélyezteti a víz- és levegőtisztaságot, a biológiai sokféleséget, illetve a rovarbeporzást (Müller *et al.* 2016, Barros-Rodríguez *et al.* 2021); Az előállított élelmiszer csökkent tápanyagtartalma (Dériné Karácsony 2001, Stein 2010, Téglásiné Kovács 2016) és az élelmiszerben maradt vegyszermaradványok miatt egészségünk is veszélybe kerül (Musarurwa 2019). A jelenlegi mezőgazdasági gyakorlat folytatása a jövőben is globális szintű környezeti és társadalmi problémákat fog eredményezni, ami sürgeti a változtatást és az alternatív megoldások keresését (MTVSZ 2015).

A fenntartható élelmiszertermelést célzó alternatív megoldásokkal, innovatív kezdeményezésekkel a legtöbb európai országban, így hazánkban is találkozhatunk. Sok esetben azonban ezek a jó gyakorlatok még kevésbé kiforrottak vagy képezik a mindennapi gyakorlat részét, elenyésző mértékben támogatottak szemben a konvencionális gazdálkodásban használt technológiákkal. Ennek ellenére egyre több olyan irányzat lát napvilágot, amely megoldást kínál a különböző környezeti és társadalmi problémákra (MTVSZ 2015).

Az agroökológia tudományként, gyakorlatként, valamint társadalmi és politikai mozgalomként is értelmezett, így széles látókörrrel közelíti meg az iparszerű mezőgazdaság és a jelenleg uralkodó élelmezési rendszer okozta problémát (Wezel *et al.* 2009, MTVSZ 2015, Balogh *et al.* 2020, Réthy és F. Tóth 2020, Rodics és Ujj 2022). Bár maga a fogalom több mint egy évszázados, Európában csak az 1990-es évektől találkozhatunk vele, az intenzív mezőgazdasággal szembehelyezkedő koncepcióként. Ekkor még társadalmi, politikai mozgalomként nem jelent meg, ezen fókusz napjainkban nyert nagyobb jelentőséget, a mezőgazdasági sokféleséget, a társadalmi igazságosságot, az élelem-önrendelkezést, és a vidéki megélhetés jobbá tételét tűzve az agroökológia zászlajára (Réthy és F. Tóth 2020). A fogalom eredeti, szűken értelmezhető, csak az ökológiai adottságokra vonatkoztatható jelentése átalakult, a fenntartható mezőgazdaságot átfogóan értelmező megközelítéssé nőtte ki magát, széles perspektívával és több fókusszal (Ujj *et al.* 2020). Környezeti megközelítésből az agroökológia ökológiai fogalmakat és elveket alkalmaz az élelmiszertermelésben, amivel a mezőgazdasági termelést a környezettel jobban együttműködővé teszi. Ez hozzájárul az összetettebb mezőgazdasági ökoszisztémák kiépítéséhez, vallva azt, hogy az agroökológiai gyakorlatok hosszú távon fenntartható, természetes folyamatokra alapozott mezőgazdasági módszerek, melyek egyben jótékony társadalmi és gazdasági hatást váltanak ki (Altieri 1983, CIDSE 2018).

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezete (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) az agroökológiát úgy azonosította, mint az éhezés, a szegénység és a klímaváltozás elleni harc egyik kulcsfontosságú eszközét. Erre alapozva, több nemzetközi szimpóziumon döntéshozók, civil szervezetek képviselői, gazdálkodók és különböző szakemberek segítségével a FAO kidolgozta az agroökológia 10 alapelemét (FAO 2018, Réthy és F. Tóth 2020). A 10 alapelem célja, hogy a különböző országok képesek legyenek átalakítani a mezőgazdasági és élelmezésügyi rendszerüket úgy, hogy szélesebb körben népszerűsíteni tudják a

fenntartható agráriumot, kiküszöböljék az éhezést, és megoldást leljenek számtalan környezeti és társadalmi problémára. Az alapelemek az analízis eszközeként is szolgálhatnak, és megkönnyíthetik az agroökológia helyzetének felmérését az egyes országokban vagy régiókban. A 10 alapelem segítség lehet a döntéshozóknak, a gyakorlati szakembereknek, és egyéb érdekelt feleknek az agroökológia rendszerének tervezésében, kezelésében és értékelésében (FAO 2018).

A 10 alapelem a FAO (2018), Réthy és F. Tóth (2020) valamint Barrios és munkatársai (2020) nyomán a következőkben foglalható össze:

A mezőgazdasági sokféleség, más néven agrobiodiverzitás, a mezőgazdaságban hasznosított növények, állatok, élőlények sokféleségét takarja. Az agrobiodiverzitásba a mezőgazdasági környezetben előforduló összes élőlény beletartozik, a talaj mikrobiológiai élővilágától kezdve a kártevők természetes ellenségéig (Réthy & F. Tóth 2020). A biológiai sokféleség elengedhetetlen az agroökológiában, annak érdekében, hogy biztosítsák az élelmiszerbiztonságot, miközben megőrzik, védik és javítják a természetes erőforrásokat. Az agroökológiai sokszínűség az ökológiai és társadalmi-gazdasági ellenállóképességet is növeli. Új piaci lehetőségek teremtésével, vagy az állatok és növények jelentette változatossággal a klímaváltozás okozta gazdasági kudarc kockázatát is képesek lehetünk csökkenteni.

Az agroökológia mindig helyi, kontextus-függő megoldásokat keres a külső forrásokkal szemben. A tudás közös létrehozása és megosztása ezért központi szerepet játszik a fejlődésben, és a mezőgazdasági innovációk is eredményesebben reagálnak a kihívásokra, amikor egy együttműködési folyamat révén, közösen kerülnek megalkotásra. A közös alkotási folyamat során a hagyományos és globális ismeretek, illetve a termelők és a kereskedők gyakorlati tudása keveredhet, ezzel alkotva utána újra egy egészet.

A szinergiák, azaz együttműködések létrehozásával erősíthetőek a mezőgazdasági rendszerek egyes elemei, javítható a termelés és megtöbbszörözhetőek az ökoszisztéma szolgáltatások. Ha az alkotóelemek között együttműködés van, akkor az egész rendszer ellenállóbbá és rugalmasabbá válik a külső hatásokkal szemben, miközben a termelékenység is nő. Emiatt az agroökológia olyan változatos mezőgazdasági rendszerek létrehozására törekszik, ahol az évelő és egynyári növények, a haszonállatok, a vízi élőlények, a fák és egyéb tájalkotó elemek tudatosan kerülnek társításra.

A hatékonyság növelhető a biológiai folyamatok fokozásával, a biomassza, a tápanyagok és a víz újrahasonosításával. A termelők kevesebb külső erőforrás felhasználásával növelhetik a jövedelmezőségüket, csökkentve ezzel a költségeket és a negatív környezeti hatásokat.

A természetben alapvetően a hulladék, mint fogalom nem létezik, hiszen minden szerves anyag, növényi, állati és mikrobiális maradvány a lebontó szervezeteknek köszönhetően újrahasonosul. A legnagyobb különbség az ipari megközelítésű és az agroökológia elveit követő mezőgazdaság között az újrahasonosítás terén abban rejlik, hogy míg az előbbit a lineáris anyag-, és energiafolyamatok, addig az utóbbit a körkörös anyagáramlás jellemzi.

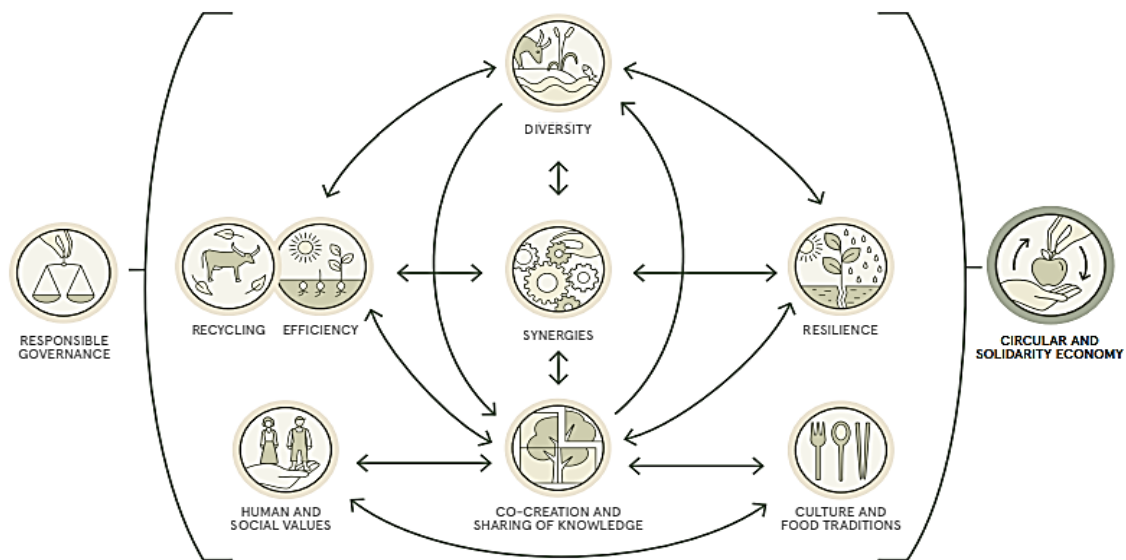
A reziliencia, vagy más néven rugalmas ellenállóképesség egy adaptációs tulajdonság, melynek köszönhetően egy rendszer képes arra, hogy egyszeri vagy ismétlődő behatásokkal szemben megőrizze alapvető funkcióit és alkalmazkodni tudjon az új helyzethez. A mezőgazdasági termelés sikerét számos tényező fenyegeti, amelyek közül a legmeghatározóbbak a klímaváltozás, az antropogén tevékenységek okozta természetkárosítások, a biológiai sokféleség csökkenése, a beporzók eltűnése, az invazív kártevők megjelenése és elterjedése, a talajok termőképességének csökkenése és a művelés alá vont területek növekedése. Mindezek miatt a mezőgazdasági rendszereknek muszáj azt a képességet elsajátítaniuk, hogy a változó körülményekhez alkalmazkodni tudjanak. Az éghajlati hatásokhoz alkalmazkodni leginkább vegyes és sokféle, a lokális ökológiai adottságokhoz igazodó mezőgazdasági rendszerekkel lehet. A változatos mezőgazdasági rendszerek sokkal nagyobb eséllyel képesek egy szélsőséges külső behatás után eredeti működési állapotukhoz visszatérni.

Az agroökológia nagy hangsúlyt fektet az olyan emberi és társadalmi értékekre, mint a méltóság, a méltányosság, a befogadás és az igazságszolgáltatás, illetve célja alapvetően a kistermelők és a fogyasztók jogainak védelme. Fontos a termőföldhöz, a vízhez, a szaporítóanyaghoz való igazságos hozzáférés. Az agroökológia a nemek közti egyenlőségre is törekszik, segíthet a vidéken élő nőknek, hogy magasabb szintű autonómiát érhessenek el a mezőgazdaságban. A helyi közösségek érdekeit előtérbe helyezi a globális nagyvállalatokkal és az ipari mezőgazdasággal szemben.

Az ételmiszer és ezáltal a mezőgazdaság központi szerepet tölt be egy-egy nép kultúrájában. Az ételemnek helyhez kötött, történelmi gyökerei vannak, így sokkal inkább megalapozza a közösségi hagyományokat, mint a táplálkozási szokások, amelyek változhatnak az évek során. Az agroökológia arra törekszik, hogy az egészséges, változatos és a helyi kultúrának megfelelő étkezési hagyományokat támogassa, és ezáltal hozzájáruljon az emberek és az ökoszisztéma egészségének fenntartásához. Az étkezéshez, az élelelmentermeléshez és a mezőgazdasághoz kapcsolódó hagyományos tudással és annak elmélyítésével az agroökológia hozzájárul a vidéki közösségek megerősítéséhez, és ezáltal a lakosság helyben tartásához.

Ahhoz, hogy egy mezőgazdasági és ételmezési rendszer fenntartható legyen, egy hatékony, helyi, országos és nemzetközi szinten is megvalósuló irányítási mechanizmusokat követő felelős kormányzás kell. Az agroökológiai megközelítésű ételmezési rendszerekben szükség van olyan agrárpolitikai és társadalmi-gazdasági együttműködésekre, amelyek szövetséget építenek ki a gazdák, a kormányzati intézmények, a civil szervezetek és a kutatók között. A részvételi kormányzás során a döntéshozatali folyamatokban az érintettek széles köre bevonásra kerül. A részvételi kormányzás alapja, hogy mind inkább releváns érintettek vegyenek részt a politikai döntéshozatali folyamatban, és ezáltal nagyobb legyen az esélye annak, hogy a meghozott intézkedéseket elfogadják és önként végre is hajtják. Ennek köszönhetően a változtatások hosszú távon is fenntarthatóak lesznek.

Az agroökológia arra törekszik, hogy a termelők és a fogyasztók minél szorosabban kapcsolatban álljanak egy olyan körkörös és szolidáris gazdasági rendszer révén, amely a helyi gazdasági fejlődést és a helyi piacokat helyezi előtérbe. Az ilyen körforgásos gazdasági modellekben a gazdasági szereplők, illetve az ellátási lánc tagjai egy integrált rendszert hoznak létre, amelyben az erőforrásaikat együtt tudják kezelni és hasznosítani. A szolidáris gazdaság a gazdasági demokráciát és az ökológiai fenntarthatóságot együttesen tartja szem előtt. Célja nem csupán egy-egy vállalkozó támogatása, hanem az egész rendszer átalakítása: az erőforrásokhoz való igazságos hozzáférés és a használatukról való közösségi döntéshozás (FAO 2018, Réthy és F. Tóth 2020, Barrios *et al.* 2020).



1. ábra. Az agroökológia 10 alapeleme és kapcsolatrendszerük (forrás: FAO, 2018)

Figure 1. The 10 elements of agroecology and the system of their connections (Source: FAO, 2018)

Kutatásunk nem tér ki az agroökológia fentebb részletezett 10 alapelemére, az agroökológia természetvédelmi aspektusait vizsgálja elsősorban, mind termelői, mind fogyasztói oldalról. Ennek megfelelően az agroökológia természetvédelmi elveit alkalmazó ökológiai gazdaságok működéséről végeztünk felmérést. Fogyasztói oldalról helyzetértékelést készítettünk, illetve a vásárlók fogyasztói döntését vizsgáltuk. Célunk, hogy a felmérések eredményeinek segítségével jobban rálássunk és rávilágítsunk az agroökológia gyakorlatban történő megvalósulására.

## Anyag és módszer

### Az indikátorok meghatározásának módszertana

A kutatás alapjául a FAO agroökológia témában kidolgozott 10 alapeleme szolgált (FAO 2018). A vizsgálathoz a 10 alapelem közül a 4 természetvédelemhez kapcsolódó alapelemet választottunk ki, amelyek a következők:

1. biológiai sokféleség,
2. együtthatások,
3. újrahasznosítás,
4. rugalmas ellenállóképesség.

A kutatás elvégzéséhez mélyinterjúkat készítettünk gazdálkodói oldalról, valamint kérdőíves felmérést végeztünk fogyasztói oldalról. Az interjúk és a kérdőíves felmérés eredményeinek kiértékelése céljából olyan kérdéseket kellett megfogalmaznunk, amelyek rávilágítanak a kiválasztott 4 agroökológiai alapelem gyakorlati megvalósulására. Ennek megfelelően az alapelemekhez indikátorokat határoztunk meg releváns szakirodalmak kivonatolásával az ebsco.com, pubmed.gov és a scholar.google.com keresőfunkciójával. A cikkek „Abstract” fejezetében kulcsszavakra keresve választottuk ki a 4 alapelem indikátorai meghatározásában segítséget nyújtó tudományos munkákat. Végezetül 16 tudományos munka felhasználásával azonosítottuk be a kulcskifejezéseket. Az indikátorokhoz interjú/kérdőíves kérdéseket rendeltünk. Az így beazonosított indikátorokat alapelemenként a 1. táblázat, a forrásmű teljes elérhetősége pedig a felhasznált irodalom mutatja be.

1. táblázat. Indikátorok, forrásuk és a generált kérdések

Table 1. Indicators, their sources and the generated questions

FORRÁS	INDIKÁTOR	GENERÁLT KÉRDÉS
<b>Biológiai sokféleség</b>		
Batáry et al. (2020)	táj	Van-e tudatos tájhasználat? Az itt végzett tevékenységek milyen hatással vannak a tájra? Tájléptékben megjelenik a biológiai sokféleség?
FAO (2022)	genetikai sokféleség	Hogy jelenik meg a genetikai sokféleség?
Tscharntke et al. (2021)	agrobiodiverzitás	Hogy jelenik meg az agrobiodiverzitás?
Réthy et al. (2020)	növénytársítások	Vannak növénytársítások? Ha igen, milyenek?
Gurr et al. (2017)	kártevők természetes ellenségei	Vannak természetes elemei a biológiai sokféleségnek? Van esetleg valamilyen hatásuk a természetésre?
Ciaccia et al. (2020)	vetésforgó	Alkalmazznak vetésforgót? Ha igen, hogyan jelenik meg, milyen szerepe van?
Réthy et al. (2020)	vegyes mezőgazdasági rendszer	Növénytermesztés mellett tartanak állatot is? Hogyan hasznosítják?
Réthy et al. (2020)	kis parcellák	Mekkora parcellákon folyik a természetés? Van hatása a parcellaméretnek a sokféleségre?

Jeanneret et al. (2021)	mozaikosság	Megjelenik-e a mozaikosság, ha igen, hogyan?
Réthy et al. (2020)	természetes élőhely részek	A természetési területen megjelennek természetes élőhely részek is? Ha igen, milyen módon és mit eredményeznek?
Fenta et al. (2021)	biodiverzitás a talajban	Igyekeznek a talaj biodiverzítását tudatosan növelni? Ha igen, milyen módon?
<b>Együtthatasok</b>		
Réthy et al. (2020)	változatos mezőgazdasági rendszerek	Hogyan vannak hatással egymásra a termesztett növények és a haszonállatok?
Leakey (2014)	évelő/egynyári növények	Tapasztal-e kölcsönhatást évelő és egynyári növények között? Van-e esetleg ilyen típusú tudatos társítás?
Dumont et al. (2013)	haszonállat	Milyen szerepet játszanak a haszonállatok a gazdaságban? Mi alapján lett kiválasztva a haszonállat?
Réthy et al. (2020)	vízi élőlények	Vannak vízhez kötődő élőlények? Fejtenek ki valamilyen hatást a többi élőlényre?
Leakey (2014)	fák	Milyen hatásuk vannak a fáknak?
Réthy et al. (2020)	víz	Az öntözésen kívül még milyen szerepe van a víznek?
Fenta et al. (2021)	talaj	Mi befolyásolja a talaj termőképességét? Valamilyen élő szervezetek hatással vannak rá?
Jeanneret et al. (2021)	domborzat	Milyen hatása van a domborzati viszonyoknak?
Tscharntke et al. (2012)	jobb erőforrás hatékonyság	A különböző kölcsönhatások növelik esetleg az erőforrás-hatékonyságot?
Deaconu et al. (2021)	jobb ellenállóképesség	Hatással vannak a különböző együtthatasok a növények/állatok ellenállóképességére?
Shanahan (2022)	ökoszisztéma szolgáltatások	Milyen együtthatasok vannak az ökoszisztéma-szolgáltatásokkal kapcsolatban?
Shanahan (2022)	rovarbeporzás	Hogyan befolyásolja a gazdálkodási forma a rovarbeporzást?
Giller et al. (2021)	legeltetés	Folyik-e valamilyen típusú legeltetés? Mire és milyen hatást fejt ki?
Réthy et al. (2020)	növénytársítások	Alkalmaznak-e bizonyos növénytársításokat? Milyeneket? Milyen hatásuk van egymásra, illetve környezetükre?
Réthy et al. (2020)	negatív együtthatasok	Észlelnék-e negatív együtthatasokat?
<b>Újrahasznosítás</b>		
Geisseler et al. (2021)	biomassza	Mekkora mennyiségű biomassza keletkezik? Hogyan hasznosítják?
Geisseler et al. (2021)	komposzt	Hogyan komposztálnak?
Geisseler et al. (2021)	trágya	Hasznosítanak trágyát? Milyet és hogyan? Honnan származik?
Fenta et al. (2021)	talajélet	Mi jellemző a talajéletre?
Geisseler et al. (2021)	szervesanyag	Hogyan folyik a szervesanyag utánpótlása?
Réthy et al. (2020)	vízhasználat	Hogyan működik a vízhasználat? Van-e valahogyan újrahasznosítva a víz?
Réthy et al. (2020)	külső input	Pótolnak-e külső forrásokból szervesanyagot?

Réthy et al. (2020)	épületek, létesítmények	Van-e épületekhez, létesítményekhez köthető újrahasznosítás?
Réthy et al. (2020)	eszközök	Van-e eszközökhöz kapcsolható újrahasznosítás?
<b>Rugalmas ellenállóképesség</b>		
Fenta et al. (2021)	talaj	Milyen a talaj ellenállóképessége az éghajlati viszonyokkal szemben?
Réthy et al. (2020)	víz	Mennyire függ a termelés a vízviszonyoktól? Mennyire függ a csapadéktól, a csapadékelosztástól?
Altieri et al. (2015)	aszály	Mennyire áll ellen a rendszer az aszályos időszakoknak?
Altieri et al. (2015)	árvíz	Ellenáll a rendszer a túlzott csapadéknak, árvíznek?
Altieri et al. (2015)	klimatikus hatások	Mennyire függ a termelés a klimatikus hatásoktól? Van hatása a klímaváltozásnak? Mennyire érzi a klímaváltozás hatásait?
Bennett et al. (2014)	ökológiai adottságok	Milyenek az ökológiai adottságok? Mennyire befolyásolják az ellenállóképességet?
Altieri et al. (2015)	hőmérséklet	Mennyire függ a termelés a hőmérsékleti viszonyoktól? Mennyire van kitéve a szélsőséges klimatikus viszonyoknak, a hőmérséklet ingadozásának?
Réthy et al. (2020)	kártevők, kórokozók	Mennyire ellenálló a rendszer a kártevők és a kórokozók tekintetében?

## A mélyinterjú módszertana

Vizsgálataink helyszínéül a SZIA Agroökológia Kertet és a Zsámboki Biokertet választottuk, mivel mind a két gazdaság kiemelkedően jó mintaként szolgál az ökológiai gazdálkodás gyakorlata terén, ebből adódóan az agroökológia elvei is ismertek mindkét gazdaság vezetője számára.

A mélyinterjú kérdéseinek összeállításakor szem előtt tartottuk, hogy a válaszok segítségével fel tudjuk mérni, mekkora és milyen hangsúlyt fektetnek a gazdálkodók a kiválasztott négy alapelemre, és azok hogyan valósulnak meg a gyakorlatban?

A mélyinterjúk alanyai a SZIA Agroökológia Kertben Jobbágy Péter volt, a kertvezető kertész, a Zsámboki Biokertben pedig Matthew Hayes, a gazdaság tulajdonosa. Péter a Diverzitás Alapítvány alkalmazottjaként tölti be a vezetői pozíciót a kertben, míg Matthew a családjával, illetve egy körülbelül 10 fős csapat közreműködésével gazdálkodik. Az interjúkat hangfelvételen rögzítettük az interjúalanyok hozzájárulásával. Péterrel az interjú hozzávetőlegesen 45 percet vett igénybe, Matthew-val 65 percet beszélgettünk. Mindkét alannal a gazdaság helyszínén végeztük el az interjút. Összesen 44 nyitott kérdést tettünk fel, Péter és Matthew ezekre kifejtve, szabadon válaszolt.

## **A fogyasztói kérdőív módszertana**

A fogyasztók és vásárlók körében online kérdőíves felmérést végeztünk. A kérdőívet a két gazdaság vezetőjének küldtük el, Google Forms formájában, megkérve, hogy rendszeres vásárlóikhoz juttassák el. Zsámbokon a rendszeres vásárlóknak/doboz rendelőknek került kiküldésre a kérdőív, ami 90–100 főt jelent. Az Agroökológia Kert a kert piacán vásárlóknak, továbbá a Diverzitás Alapítvánnyal együttműködő Dombvidéki Kosárközösség tagjainak küldte ki a kérdőívet, ami 60–70 főt jelent. A kérdőív ugyanazon elv alapján került összeállításra, mint a termelői mélyinterjú, ebben az esetben a fogyasztói oldal vizsgálatával. A kérdőív segítségével a vásárlói tudatosságot igyekeztük felmérni a négy alapelem kapcsán. Arra kerestünk választ, hogy az itt vásárlók mennyire ismerik a gazdaságokban folytatott gazdálkodási módszereket, milyen szempontok alapján hozzák meg a fogyasztói döntésüket a négy alapelem kapcsán?

A kérdőív első 4 kérdése egy demográfiai kérdéscsoportot alkotott. Az 5. kérdés azokat az általános szempontokat vizsgálta, amik miatt a fogyasztók itt vásárolnak. A többi kérdést az alapelemek szerint csoportosítottuk, mindegyik kérdéscsoporthoz 3–3 kérdést rendelve, amelyek tartalmazzak nyitott (saját vélemény kifejtését igénylő hosszú szöveges válasz) és zárt (feleletválasztós, illetve 1 és 6 között terjedő skálán történő értékelés) kérdéseket is egyaránt. A kérdőív összeállításakor szempont volt, hogy ne tartalmazzon túl sok kérdést, így könnyen és gyorsan kitölthető legyen a vásárlók számára.

## **Eredmények és értékelésük**

### **A Diverzitás Alapítvány és a SZIA Agroökológia Kert bemutatása**

A Diverzitás Közhasznú Alapítvány tevékenységét Gödöllőn, illetve Gödöllő vonzáskörzetében végzi. Alapértéke a kulturális és természeti sokszínűség, célja egy természeti környezettel összhangban lévő és befogadó társadalom kialakítása, valamint a gazdasági, szociális és ökológiai szempontból is fenntartható működés. Tevékenységei közé tartoznak a különböző hátrányos helyzetűek támogatása foglalkoztatással, az ökológiai és szociális témájú képzések kidolgozása és megvalósítása, a környezeti nevelést célzó események szervezése, illetve a SZIA Agroökológia kert nevű, szociális kert működtetése. A kert az ökológiai gazdálkodás alapelveit követve oktatási helyszíneként funkcionál, a városlakók számára családi rendezvényeket, biokertész képzést és önkéntes napokat szervez.

A kertben Jobbágy Péter kertvezető kertész vezetésével 4 alkalmazott műveli a területet. A 2500 m<sup>2</sup>-es kertben a termesztés 1900–2000 m<sup>2</sup>-en folyik, szabadföldön és egy fóliasátorban, illetve egy holland melegágyásban, továbbá a kertben ezenkívül 3 magasságyást is kialakítottak (2–3. ábra).





2. ábra. A SZIA Agroökológia Kert szabadföldi (balra) és magas ágyásai (jobbra)  
(fotó: Harkányi, 2022)

Figure 2. The SZIA Agroecological Garden's outdoor (left) and raised beds (right)  
(photo: Harkányi, 2022)



3. ábra. A SZIA Agroökológia Kert holland melegágyása (balra) és fóliasátra (jobbra)  
(fotó: Harkányi, 2022)

Figure 3. The SZIA Agroecological Garden's hotbeds (left) and greenhouse (right)  
(photo: Harkányi, 2022)

### A SZIA Agroökológia kert és a Biodiverzitás

A SZIA Agroökológia kert esetében tudatos tájhasználatról még nem lehet beszélni, mert a kert két éve működik jelenlegi helyén és ez az időtartam nem elég a teljeskörű megfigyeléshez. Nehezen határozható meg az is, hogy a kert mennyire van hatással a táji környezetére. A terület a város központjától nem messze található, de egy parkban, természetesebb, fás környezetben helyezkedik el, így ennek megfelelő biológiai sokféleséggel találkozhatunk.

A kert egyik legfontosabb biodiverzitást növelő eleme egy beporzó sáv, ami a termesztési terület közepén található. A sáv tudatosan összeválogatott, változatos növényfajokat tartalmaz, ami által a genetikai sokféleség gazdagodik. A zöldségfélékben azonban kevésbé jelenik meg akár a genetikai-, akár a biológiai

sokféleség. Bár szezonálisan változnak, de legtöbbször ugyanazokat a bevált fajtákat használják, illetve saját magfogással nem kísérleteznek.

Növénytársításokat és vetésforgót alkalmaznak. A fóliában például a paradicsom alá árnytűrő növényeket – bazsalikom, zeller – ültetnek, illetve különböző virágzó növényeket is elhelyeznek, melyek a biodiverzitást növelik és a beporzó fajokat segítik. A szabadföldi ágyásokban nincsenek kifejezetten összeültetve a növények, azonban a szezonok generálta átmenetek eredményeznek sokféleséget, például spenót közé kerülnek be a paradicsom palánták. A vetésforgónak nagy jelentőséget tulajdonítanak – évközi, szezonális és évek közötti vetésforgót is alkalmaznak, ami segíti a talajban élő kártevők és károsítók elleni védelmet. A vetésforgók viszonylag egyszerűsítettek – a nehézfogyasztó növények (úgy, mint a leveles- és gyökérzöldségek, a tökfélék és a paradicsom), illetve az azonos családba tartozó növények nem kerülnek vetésre egymás után ugyanazon területen.

A parcellák mérete 80 cm × 15 m, illetve 80 cm × 11 m. Az egymás melletti ágyások általában nem azonos növényfajoknak adnak helyet, illetve sokszor egy ágyáson belül is változatosság figyelhető meg a fajok tekintetében.

Jelen vannak természetes élőhelymozaikok is a kertben, amelyek életteret adnak különböző állat- és növényfajoknak. Ilyen a fent említett beporzó sáv, de kisebb bokor- és facsoportok is találhatóak a vizsgált területen. Ezeknek köszönhetően néhány rovarfaj (pl. káposztalepke) károsító hatását is mérsékelni tudják.

## **A SZIA Agroökológia kert és az Együtthatások**

Az egy- és többnyári növények közti együtthatások nem jellemzőek. A fáknek pozitív és negatív hatásuk is van: a mikroklímát szabályozva a nyári melegben is lehetővé teszik egyes hősokra hajlamos leveles zöldségek termesztését, viszont kora tavasszal és októbertől kezdve a túlzott árnyékoló hatás miatt nehezítik a termesztést.

Vízhez kötődő élőhelyek madáritatók formájában jelennek meg a kertben. A madár fajokon kívül rengeteg ragadozó rovar is hasznosítja ezeket az itatókat, aminek köszönhetően (megfigyelésekre alapozva) a kártevők is gyérülnek. Példa erre a fürkészdarázs, mely érdemben csökkenti a különböző fajokhoz tartozó hernyók számát. A csepegtető öntözésen kívül a szórófejes vízhasználat a környezet hőmérsékletét is szabályozza, ami a nyári melegben elengedhetetlen a növények egészséges fejlődéséhez.

A domborzati viszonyokat megvizsgálva a területet egy enyhe lejtés jellemzi. Emiatt, illetve a talaj néhol magasabb agyagtartalma miatt előfordul, hogy a víz a magasabb térszinekről elfolyik, ezáltal kisebb eróziós károkat okozva. Ennek eredményeként akár 4–5 méteres sávokban is előfordulhat, hogy a vetés nem kel ki. Ezekben a helyeken slagos locsolással pótolják a vízhiányt.

Azokon a területrészeken, amelyekre az alacsonyabb vízmegtartó képesség jellemző, több komposztot juttatnak ki. A módszer eredményes, ugyanis a termés is jobb minőségűnek bizonyul. Szalma mulcsként történő kijuttatása a friss vetések takarása céljából szintén jó technikának bizonyult, mert hatására nagyobb csírázási

arány volt megfigyelhető. A talajtakaró növények segítik a vízmegtartó képességet, csökkentik a párologtatást. Mindezek magasabb fokú erőforrás-hatékonyságot tesznek lehetővé.

A kertben előforduló sokféle virág, és virágzat típus a rovarfajok aktívabb kölcsönhatásait segíti, a kihelyezett rovarhotelek és természetes élőhelyrészek meghagyása pedig a beporzást támogatja.

### **A SZIA Agroökológia kert és az Újrahasznosítás**

A tápanyagutánpótlás komposztálással történik. A felhasznált biomassa egyrészt a kertben keletkezik, de egy közösségi komposztálónak köszönhetően a gödöllői lakosok is szabadon vihetnek avart, zöld- vagy egyéb komposztálásra alkalmas hulladékot a kertbe. Istállótrágyát nem használnak. Ennek oka, hogy egyrészt saját állattartás nem valósul meg, másrészt az Alapítványnak nincs kapacitása külső forrásból trágyát beszerezni. A komposztálás négyféleképpen történik:

1. Egyszerű komposztdombokon: itt a biomasszát csak összehordják a dombba, különösebb odafigyelés nélkül, az aerob folyamatok maguktól mennek végbe.
2. Forgatás nélkül, komposztáló keretekben: tudatosan rétegzik, figyelnek a C/N arányra, és tesznek bele tápanyagnövelő gyógynövényeket is (fekete nadálytő, csalán, cickafark stb.). A biomasszát nem forgatják.
3. Forgatással, komposztáló keretekben: hasonlóan az előző pontban leírtakhoz, de a komposztot forgatják a komposztképződés során.
4. Trágyagilisztás eljárás: a komposzthoz a termofázis lezajlása után trágyagilisztákat adnak. A komposztáló folyamat során felszabaduló hő késő télen, kora tavasszal a fóliasátorban folyó csíráztatást is elősegíti. Egy év alatt 15–18 m<sup>3</sup> komposzt keletkezik.

Szervesanyag utánpótlás céljából a nehézfogyasztó zöldségek ültetése előtt pelletált csirketrágyát, illetve fermentált vagy erjesztett növényi leveket juttatnak ki.

A vízhasználat fűt kútból, rétegvízzel történik. Esővizet nem tudnak gyűjteni, ezért ezt nem használnak.

A fóliasátor váza újrahasznosított, illetve sok eszközt többször használnak (cserepek, vetőtálcák, raklapok stb.) hosszú ideig „forognak a rendszerben”.

### **A SZIA Agroökológia kert és a Rugalmas ellenállóképesség**

Az éghajlati viszonyok jelentős hatást gyakorolnak a kertre – az aszálynak nagy mértékben ki volt téve 2022 nyarán, jelentőst kárt elkönyvelve, annak ellenére, hogy aránylag árnyékosabb, hűvösebb környezetben helyezkedik el. A földibolha tömeges megjelenésével a káposztafélék például teljesen kipusztultak. Az elmúlt két év alatt előforduló túlzott csapadék is negatív hatással bírt, a föld lemosódott a lejtős részeken.

Régen erdőség borította a területet, a gazdálkodó szerint a talaj jó minőségű. A Stefanovits-féle talajföldrajzi és talajgenetikus osztályozás szerint humuszos homok. Ellenállóképessége talajtakarással és komposzt használatával nem károsodik.

### A Zsámboki Biokert bemutatása

A Zsámboki Biokertet Matthew Hayes alapította 2011-ben. A Kertben a termelés 3 hektáron folyik, 5 fóliasátorban és szabadföldön (4. ábra), csakis természetkímélő módszerekkel, a biodinamikus gazdálkodás elemeit is alkalmazva. A kert legfőbb célja a minőségi, bio áru előállítása, a lehető legkevesebb kárt okozva a környezetben. A gazdaságban megtermelt áru és feldolgozott összes termék a Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. által tanúsított bio minősítésű.



4. ábra. A Zsámboki Biokert szabadföldi területe (balra) és egyik fóliasátra (jobbra)  
(fotó: Harkányi 2022)

Figure 4. The Zsámboki Biokert's outdoor lands (left) and one of its greenhouses (right)  
(photo: Harkányi 2022)

Az értékesítés kétféleképpen történik. Az egyik a zsámboki biodoboz rendszer, melynek lényege, hogy a szezonális, helyben termesztett zöldségekből állítanak össze zöldségdobozokat heti rendszerességgel a vásárlók számára, melyeket Gödöllőn és Budapesten, illetve vonzáskörzetükben létrehozott gyűjtőpontokon tudnak a vevők átvenni. Másik értékesítési mód a piacozás, illetve a bolti árusítás. Budapest legnagyobb biopiacán, a MOM Ökopiacon bocsátják eladásra az árut, illetve a Szimplakerti Háztáji Östermelői Piacon és a Szatyor Egyesület boltjában is megtalálhatjuk a zsámboki biozöldségeket.

## A Zsámboki Biokert és a Biodiverzitás

A Kert 3,5 hektárjával egy mikrogazdaságnak megfelelően működik, és üzemeltetői ehhez mérten igyekeznek úgy átalakítani a tájat, hogy az növelje a biodiverzitást. A gazdaság tájleptékű környezete mozaikosnak és sokszínűnek mondható. Bár Zsámbokon és a környező településeken sok a mezőgazdasági terület, de erdők, nádasok, vizes területek is megjelennek a szántók mellett.

A zöldségtermesztésen kívül állattartás és ehhez kapcsolódóan legeltetés és kaszálás is folyik. A területen egy körülbelül 0,5 hektáros gyümölcsös is található, régi tájfajtájú gyümölcsfákkal. Két virágzó sáv húzódik a kertben, melyekben évelő virágos növények növelik a diverzitást, illetve segítik a beporzást. A kertben ezen kívül még több helyen őshonos, illetve nem őshonos fajták egyedei helyezkednek el, valamint egy kis tó is kialakításra került a gazdaság közepén, ami a vízi vagy vizes élőhelyekhez kötött élőlényeknek biztosít életteret [például béka fajok (5. ábra), vízisikló], de a madár- és rovarfajokat is gazdagítja, akik itatóként vagy szaporodóhelyként hasznosítják a tavat.

Matthew megfigyelései szerint, az elmúlt 11 évben, amióta a kert működik, táji léptékben a biodiverzitás nagyban csökkent. Az intenzív mezőgazdaság miatt kukorica és napraforgó monokultúrák dominálnak. Nem hagynak ugaron területet. A szomszédos gazdaságban régebben megtalálható volt egy vizesebb terület nádassal, amit mostanra már beszántottak. Kevesebb a madár- és rovarfaj. Az erdővel borított területek mérete csökkent a környéken, a szántókon hagyott természetes vegetációjú élőhelyrészek, szegélyek, növényzónák eltűntek.

A gazdaságban a következőképpen alakították ki az ágyásrendszert: 12 parcella található, ezek mindegyike 6 ágyást foglal magába. Az ágyások 80 cm × 25 m méretűek. Egy ágyáson belül többféle növényt is termesztnek. A 12 parcellán belül évente kétszer alkalmaznak vetésforgót, így ez évente 24 féle növény család variációját eredményezi. Az egész gazdaságban nagyságrendileg 70 féle növényfajtát termesztnek. Az ágyások között gyalogutak húzódnak. Ezeket 5 cm-es faaprítékkal borítják, ami egyrészt bomlásnak indulva a talaj tápanyagtartalmát gazdagítja, másrészt a rovarok megtelepedését is segíti.

Matthew-t idézve „a vetésforgó ilyen szintű alkalmazása mellett a növény társítások már túlbonyolítanák a rendszert, az egész túl komplex és kivitelezhetetlen lenne, ezért ezt úgy döntöttünk, nem alkalmazzuk”.

A területet mozaikossá teszik a természetes élőhelyrészek, fás-bokros területrészek, a gyümölcsös és a komposzt környezete. Kiemelten nagy biodiverzitás-növelő hatással bír a három bodzafa, melyeknek termése kedvelt tápláléka a legtöbb énekesmadárnak, különböző kisemlős fajoknak, illetve virágzata vonzza a beporzókat és az egyéb rovarfajokat. Ezek a helyek kevésbé bolygatottak, a vegetáció természetesebb, a terület elhanyagoltabb és zavartalanabb, ezzel segítve a különböző élőlények élőhelyének fenntartását.

A talajbiodiverzitásra és a talaj állapotára rendkívüli mértékben odafigyelnek. Az alkalmazott talajéletet gazdagító módszerek: mulcsozás, vegyszermentesség, zöldtrágyázás, komposztálás, komposztea kijuttatása, vetésforgó és folyamatos talajtakarás alkalmazása. Az inokulum komposztea használata elősegíti a különböző aerob gombafajok és talajmikrobák megjelenését.



5. ábra. A Zsámboki Biokert diverzitása  
(fotó: Harkányi, 2022)

Figure 5.1 Diversity of the Zsámboki Biokert  
(photo: Harkányi, 2022)

### A Zsámboki Biokert és az Együtthatások

A szinergiákat vizsgálva igen komplex kapcsolódások is jelen vannak a kertben. Mivel állattartás is folyik, így ez igen tág lehetőségeket nyit a komponensek közötti kölcsönhatásokra. Matthew-ék jelenleg 3 juhot tartanak, illetve egy igáslovat. A juhek magyar merinó és cigája keverékek, míg a ló hidegvérű, sodrott tájfajtába tartozik. A juhek gazdasági haszonnal nem bírnak, őket legeltetés (6. ábra) és trágyázás céljából tartják. Az igásló alapvetően munkaállat, de a természetes életmódjából adódó előnyök itt is megjelennek. A legeltetés szakaszosan folyik, figyelve arra, hogy egy területrészt se legyen túllegeltetve – ezáltal csökkenthetőek a talajban élő paraziták. A legeltetés nagyfokú gyepmozaikosságot alakít ki, illetve a táplálkozó állatok trágyája fenntartja a legelő szervesanyag tartalmát. Az állatok jelenléte segíti a rovarfauna egyed- és fajszámának növekedését, így megjelennek a hasznos rovarok is, de az állatok bevonzzák a különböző madárfajokat is, amelyek táplálkozása révén tovább gyérülhet a kártevő rovarok mennyisége.



6. ábra. Legeltetés a Zsámboki Biokertben  
(fotó: Harkányi, 2022)

Figure 6. Grazing at the Zsámboki Biokert  
(photo: Harkányi, 2022)

A trágyát a komposztban felhasználva, majd azt kijuttatva, serkenthető a talajélet, növelhető a talaj humusztartalma, illetve pótolhatóak a talaj mikro- és makrotápelemei. Az állatok alkalmasak a növényi hulladékok elfogyasztására.

A különböző egynyári, illetve évelő növények a beporzó és ragadozó rovarfajokat vonzzák, talajtakarást, illetve növényvédelmet is biztosíthatnak.

A fás élőhelyrészeket meghagyva befolyásolható a mikroklíma, csökkenthető a szél okozta kár, ami a fóliasátrakat veszélyeztetheti, illetve deflációt okozhat. Az öntözésre a megfelelő mennyiségű vízellátással, nem csak a növények, de a talajélet tekintetében is odafigyelnek. A domborzati viszonyokat tekintve enyhe lejtés figyelhető meg, aminek szerepe van a vízmozgásban.

### A Zsámboki Biokert és az Újrahasznosítás

A gazdaság vezetője odafigyel a biomassza és a használatban lévő eszközök körforgására is. Évente 150–200 m<sup>3</sup> biomassza keletkezik, amit komposzt formájában hasznosítanak újra. A komposztálás komposztprizmákkal történik: raklapokra rétegzik a szervesanyagot úgy, hogy kb. 60 cm-enként 110 mm-es, 180 cm magas csöveket hagynak a halomban (7. ábra). Ezáltal a cső „kéményként” funkcionál, passzív levegőztetést érnek el, a halmot nem kell forgatni – ez a módosított Johnson-Su féle bioreaktor.



7. ábra. Komposztálás a Zsámboki Biokertben: a módosított Johnson-Su féle bioreaktor  
(fotó: Harkányi, 2022)

Figure 7. Composting at the Zsámboki Biokert: the modified Johnson-Su bioreactor  
(photo: Harkányi, 2022)

A gazdaságban használnak napelemet. Az eszközök, ládák, ültetőtálcák, cserepek lehetőség szerint újra használatba kerülnek a rendszerben, ahogy az értékesítéshez kapcsolódó például befőttesüvegek, csomagolóanyagok is. Az értékesítés során használt zacskók komposztálható anyagból készülnek.

### **A Zsámboki Biokert és a Rugalmas ellenállóképesség**

Matthew megfigyelései szerint 2011-ben, amikor elkezdtek a területen gazdálkodni, a termőtalaj humusztartalma 1,5% volt, a nemrégiben végzett vizsgálatok szerint ez 3,5%-ra emelkedett. Ennek köszönhetően a talaj víz- és levegő megtartó képessége is nőtt, ezáltal a talaj és a növények ellenállóképessége is javult. A teljes természeti területre kiterjedő növénytakarás nagymértékben hozzájárul a párologtatás csökkenéséhez, ezáltal szintén segítve a növények ellenállóképességét, illetve a talajegészséget. A saját haszonállattartás, és az ezáltal létrehozott saját komposzt lehetővé teszi, hogy külső input nélkül kivitelezzék a tápanyag utánpótlását, ezáltal a külső hatásokkal szemben ellenállóbb a rendszer. Kár- és kórokozókkal szemben kitettebb az ökológiai termelés, hiszen növényvédőszer csak korlátozottan juttathatnak ki, de amennyiben az előbb felsorolt módszereknek köszönhetően a rendszer egészében egy viszonylag nagy ellenállóképességgel rendelkezik, az ilyenfajta káros hatásokkal szemben is kellően rugalmas tud maradni.

### **A fogyasztói kérdőív eredményei**

A fogyasztói kérdőívek eredményeinek kiértékelése választ ad arra, hogy a vásárlók mennyire tudatosok a 4 alapelemhez kapcsolódó környezetkímélő mezőgazdasági



gyakorlatok terén; mennyire fontos számukra, hogy a gazdálkodó természetkímélő módszereket alkalmaz a termelés során; illetve, hogy az egészségtudatosságon kívül a természetvédelem mely aspektusai motiválják a fogyasztói döntésük meghozatalában.

A fogyasztói kérdőívet 63 fő töltötte ki. A felmérést a két gazdaság rendszeres vásárlói, azaz egy zárt közösség tagjai között végeztük el, ami az Agroökológia Kertben 60–70, a Biokertben pedig 90–100 főt jelentett. Teljesen pontos adatokkal a gazdaság vezetői nem tudtak szolgálni, a vásárlók létszáma (még a rendszereseké is) hétről hétre változik. A 63 főből 43 nő és 20 férfi volt a válaszadó. Többségük a fiatal és középkorú felnőtt korosztályba sorolható (42,9%-a 18–30 év, 27%-a pedig a 31–45 év közötti), ám ez annak is betudható, hogy az ennél idősebb korosztálybeliek kevésbé szívesen töltenek ki online felületű kérdőíveket. 53 fő rendelkezik felsőfokú végzettséggel, 10 fő pedig középiskolát (gimnázium vagy szakközépiskola) végzett. A család egy főre jutó nettó havi jövedelmét tekintve az eloszlás a következő: 350 000 Ft felett: 38,1%, 250 000–350 000 Ft: 22,2%, 160 000–250 000 Ft: 20,6%, 70 000–160 000 Ft: 19%.

A 8. ábrán azon motivációs tényezők eloszlása látható, amelyek miatt a fogyasztók úgy döntöttek, a SZIA Agroökológia Kertből vagy a Biokertből vásárolnak. Az ábráról leolvasható, hogy legjobban az egészséges étkezés ösztönözte az embereket a vásárlói döntésük meghozatalában, de nagymértékben motiválta őket a jó minőségű, finom termék reménye is. Ezen kívül a vásárlók nagy figyelmet fordítanak arra, hogy a terméket környezettudatosság jellemezze (80%) (pl. csomagolásmentes legyen), és környezettudatos termelési módszerekkel állítsák elő azt. Alacsonyabb motivációt jelentett, hogy az értékesítési mód is környezetkímélő legyen. Még kevesebb figyelmet kapott az a tényező, hogy a termék helyi vagy legalább magyar legyen, illetve a válaszadóknak a felmérés szerint kevésbé fontos a személyes kapcsolat a termelővel.



8. ábra. A vásárlók motivációs tényezői (2022)

Figure 8. Motivational factors of the customers (2022)

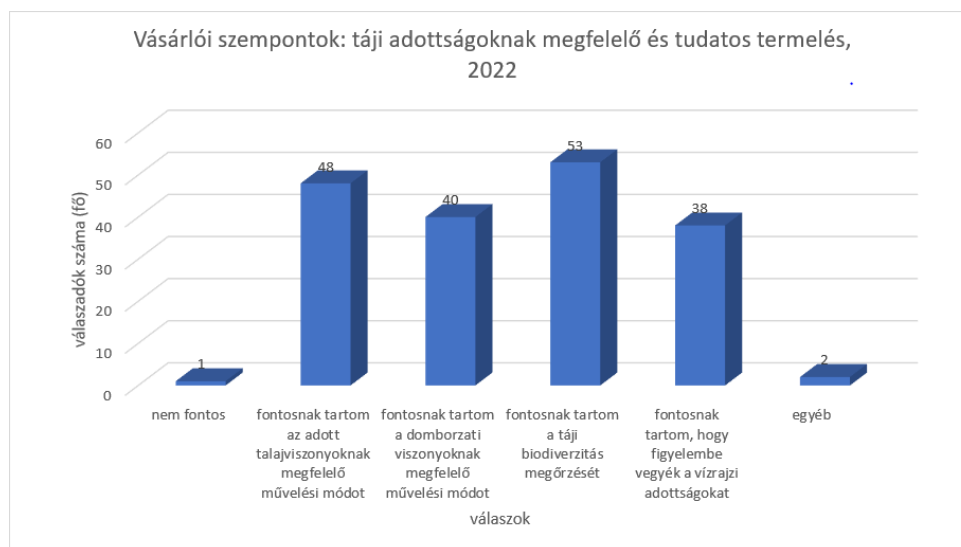
A biodiverzitásra vonatkozó kérdéscsoport válaszaiból kiderült, hogy a válaszadók többségének nem csak az a fontos, hogy természeti környezetünket sokféleség jellemezze, hanem az is, hogy ez a gazdaságban is megjelenjen és fennmaradjon. A következő, a kérdőív válaszaiból kiemelt két idézet jól összefoglalja a válaszadók többségének gondolatait:

„Úgy gondolom, hogy a természet mintájára kell kialakítani a termelésünket. Tehát nem lehet nagy területen egyféle növényt termesztetni. Az egyes elemek, növények támogatják egymást, szimbiózisban élhetnek, valamint természetesen az egész ökoszisztémára hatással vannak, tehát más organizmusok sokféleségét is növelik.”

„Szeretném, ha a természettel együtt egy fenntartható gazdálkodást folytatnánk, ami nélkülözhetetlen a természetes ökoszisztéma folyamatainak fenntartása nélkül. Ebben segít minket a változatos fajkészlet egy adott területen.”

A vetésforgóra vonatkozó kérdésre adott válaszokból kiderült, hogy a vásárlók tisztában vannak azzal a ténnyel, hogy a vetésforgó elengedhetetlen a talaj egyoldalú tápanyag-felhasználásának megakadályozásában, illetve sokan annak is tudatában vannak, hogy ezzel az agrotechnikával megelőzhető sok kártevő és kórokozó elszaporodása. A következő idézet mintául szolgál a legtöbb válasz tartalmát tekintve: „Fontos (a vetésforgó), mert a különböző növényeknek különböző a tápanyag felhasználása. Betegségekre is különböző módon reagálnak.”

A biodiverzitás megőrzésének az egyik kulcsfontosságú eleme a helyes tájgazdálkodás. A 9. ábra az erre irányuló kérdés eredményeit mutatja be. Az ábrán láthatjuk, hogy vásárlók milyen szempontokat tartanak fontosnak a táji adottságoknak megfelelő és tudatos gazdálkodás terén.



9. ábra. Vásárlói szempontok a táji adottságoknak megfelelő és tudatos termelésben (2022)

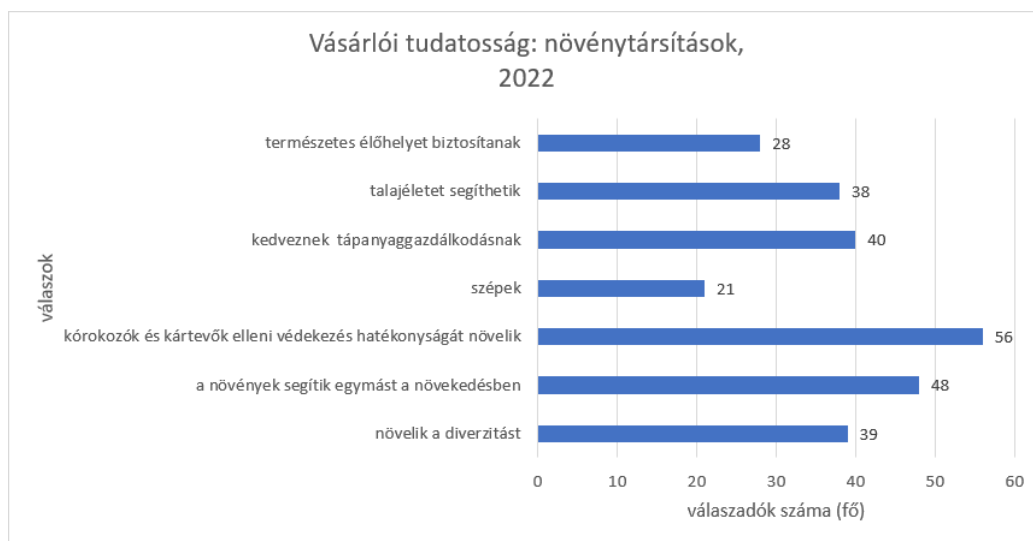
Figure 9. Customer aspects in production that are appropriate and conscious regarding the landscape (2022)

Megállapítható, hogy a vásárlóknak a táji biodiverzitás megőrzése a legfontosabb, de a talajviszonyoknak megfelelő művelési mód is közel egyenértékű szempont. A domborzati viszonyoknak és vízrajzi adottságoknak megfelelő gazdálkodás terén kevésbé tudatosak a fogyasztók.

Az együttthatások alapelem kérdéseire vonatkozó válaszokat már összetettebben lehet csak értékelni. Az állattartásra vonatkozó kifejtős választ igénylő kérdést illetően megoszló volt a feleletek tartalma: nem feltétlen tartja mindenki fontosnak, hogy állattartás is legyen a gazdaságban. Sok válaszadó szerint a komposztálás is elegendő a tápanyagutánpótlásra és nem szükséges az istállótrágya használata. Aki fontosnak tartja, hogy haszonállatok is jelen legyenek a rendszerben, az a zárt anyagáramlással, a szervesanyag utánpótlással és a biodiverzitás gazdagításával indokolja véleményét.

A rovarok ökoszisztémában játszott szerepével tisztában vannak a vásárlók. Elsősorban a növények beporzását tartják a legfontosabbnak, de megjelenik a növényvédelem, a táplálékforrás, tápláléklánc, a talajélet segítésének ismerete is.

A növénytársításokra vonatkozó elemzést a 10. ábra mutatja be. Legtöbben a kórokozók és a kártevők elleni védekezési lehetőséget, illetve a növények egymás fejlődését segítő pozitív hatását tekintik a növénytársítások legfontosabb hozadékának.



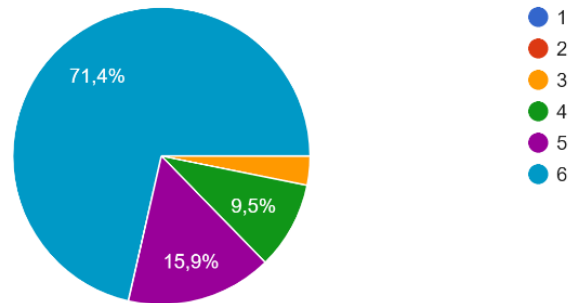
10. ábra. Vásárlói tudatosság növénytársítások terén (2022)

Figure 10. Customer consciousness concerning companion planting (2022)

Az újrahaznosítás alapelemének fogyasztói oldalát a következő (11–13. ábra) diagramok mutatják be. A kérdések a tápanyagutánpótlásra, a hulladéktermelésre és a helyes vízhasználatra irányultak.

Önnek mennyire fontos, hogy műtrágya helyett szerves trágyával és/vagy komposzttal történjen a tápanyag utánpótlás? (1- nem fontos, 6- nagyon fontos)

63 válasz

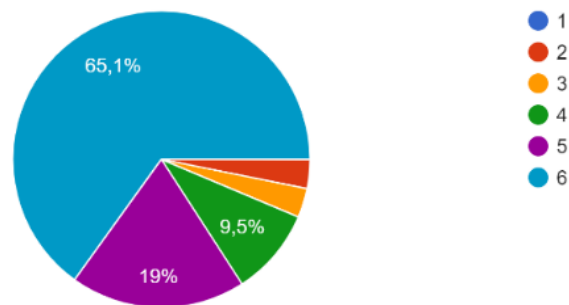


11. ábra. Műtrágya mellőzésének fontossága a vásárlók véleménye alapján (2022)

Figure 11. The importance of fertilizer omission among the customers (2022)

Mennyire fontos Önnek, hogy mennyi hulladék keletkezik a termelés során? (1- nem fontos, 6- nagyon fontos)

63 válasz

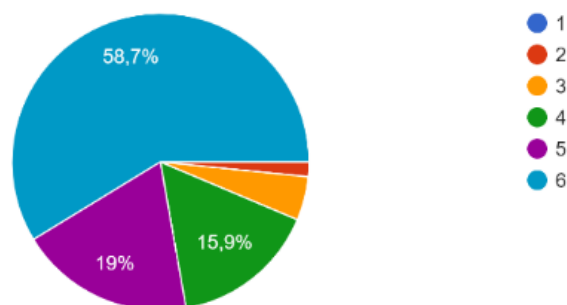


12. ábra. A hulladéktermelés kérdésének vizsgálata a vásárlók véleménye alapján (2022)

Figure 12. Examination of the issue of waste production among the customers (2022)

Mennyire fontos Önnek, hogy a vízhasználatot, öntözést a gazda hogyan valósítja meg a gyakorlatban? (1- nem fontos, 6- nagyon fontos)

63 válasz



13. ábra. A gazda vízhasználati módszereinek fontossága a vásárlók véleménye alapján (2022)

Figure 13. The importance of the farmer's water usage methods among the customers (2022)

Látható, hogy a vásárlók nagymértékben fontosnak tartják a műtrágya mellőzését (87,3%), a hulladékmentességre való törekvést (84,1%) és a helyes vízgazdálkodást (77,7%), de azért akadnak, akik nem feltétlen vagy nem annyira számottevően tartják szem előtt ezeket a szempontokat (a diagramokon mutatott a 2 vagy 3-as értékek alapján 3,2% a műtrágya használatban, 6,4% a hulladék keletkezésben és szintén 6,4% a vízhasználatban mutat kevesebb érdeklődést).

A rugalmas ellenállóképesség terén megoszló a vásárlók tudatossága. A kérdőív egészéből megtudhatjuk, hogy alapvetően az alapelemek fontosságával tisztában vannak a vásárlók, de a feleleti arányok azt mutatják, nem feltétlen ismerik a gazdálkodó rugalmas ellenállóképességhez kapcsolódó gazdálkodási módszereit. A szélsőséges időjárási viszonyokra irányuló kérdés azt vizsgálta, hogy mennyire vannak tisztában a vásárlók a mezőgazdaság környezeti hatásoknak való kitettségének és mennyire tartják fontosnak, hogy támogassák a rendszer kedvezőtlen környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképességét – a válaszadók 76,2%-a igennel válaszolt, így nagy százalékban tisztában vannak ezzel a ténnyel.

Az általános mezőgazdasági gyakorlatokra és a gazdálkodó talajegészség érdekében végzett tevékenységére irányuló kérdésekre a válaszok megoszlanak, legnagyobb arányban (35,9% és 31,3%) a 4-es számot jelölték a válaszadók, így tájékozottságuk közepes mértékűnek ítélni lehet meg.

## **Eredmények megvitatása**

Az agroökológia elveire alapozott mezőgazdasági gyakorlatok a fenntartható és természetkímélő rendszerek működését támogatják, ami a jelen kutatásban vizsgált két gazdaságról is elmondható. Az agroökológia irányzatához kapcsolódó gazdálkodás sikerének kulcsa többértéű. A felmérések eredményei egyértelművé tették, hogy egyrészt a gazdálkodás holisztikus megközelítése és a magas szakmai ismeret meglehetősen fontos, másrészt az elhivatottság és az érzelmi kötődés kell mind a természet, mind egy fenntarthatóbb mezőgazdaság iránt, amit mindkét vizsgált gazdaságban tapasztaltunk. Mindkét termelési rendszerben vannak fejlesztést igénylő elemek, de tapasztalataink szerint a gazdálkodók nyitottak erre a fejlődésre és változtatásra, annak érdekében, hogy a jövőben még stabilabban és széleskörűbben tudjanak az alapelemek megvalósulásának eleget tenni. Mindkét gazdaság a méretéhez, szerkezeti működéséhez és lehetőségeihez mérten jól teljesített a vizsgálati szempontrendszer alapján.

### **Értékelés a biodiverzitás témakörében**

Az agroökológia „biodiverzitás” alapelemének megfelelően mindkét gazdaság jól teljesített. A konvencionális termesztési eljárásokkal ellentétben, a SZIA Agroökológia Kert és a Zsámboki Biokert is nagy figyelmet fordít a diverzitást növelő módszerek alkalmazására. Mindkét gazdaságnak egyik kulcsfontosságú eleme, a beporzó/biodiverzitást közvetlenül növelő virágzó sáv. Ezek olyan évelő és egynyári növényeket tartalmaznak, melyek konkrét gazdasági haszonnal nem bírnak, ugyanakkor a biodiverzitást és a genetikai sokféleséget jelenlétükkel, illetve élő- és táplálkozóhely biztosításával, így számos hasznos élő szervezet bevonásával nagyban növelik. Természetes élőhely-mozaikok, vízhez kötődő élőhelyrészek, tájalkotó elemek – mint fa- és bokorcsoportok – is megtalálhatóak mindkét vizsgált területen, aminek köszönhetően olyan állat- és növényfajok is megtalálják életfeltételeiket, amelyek egyébként a bolygatott, gyakran megzavart mezőgazdasági környezetet nem tűrnék. A táji adottságoknak megfelelő gazdálkodási módszerekre ügyelnek: ahol a domborzati viszonyok vagy talaj szerkezeti tulajdonságai gondot okoznak, ott kiemelten odafigyelnek az erózió okozta talajdegradáció megelőzésére vagy kárelhárítására. Monokultúra semmilyen formában nem jelenik meg a kertekben, a vetéscsergő alkalmazása kiemelten fontos. A parcella méretek kicsik, az ágyásokban termesztett növények között nagymértékű variancia figyelhető meg. Zsámbokon az állattartás, a SZIA Agroökológia Kertben a növénytársítások is növelik a diverzitást.

Hiányosságként a SZIA Kertben talán az alacsony fokú genetikai sokféleség nevezhető meg – kevésbé fektetnek hangsúlyt a fajtadiverzitásra. A Biokert ezzel szemben a növénytársítások terén mutat hiányt, ami viszont a biodiverzitás fontos eleme.

### **Értékelés az együttthatások témakörében**

Nagyon sokféle és sokrétű együttthatást figyelhettünk meg a kutatás során a két gazdaságban. A fák mikroklíma szabályzó tulajdonságát kihasználják, a vizes élőhelyrészek számos olyan fajt vonzanak, amelyek hasznosak lehetnek a természetben, illetve a szakszerű, esőztető vízhasználatnak szintén lehet hatása a környezet hűtésével a hőmérséklet szabályozásban. Mindkét terület esetében odafigyelnek a beporzó rovarfajok segítésére. A SZIA Agroökológia Kertben alkalmaznak növénytársításokat, ami az egyik legjobb módja a természetes szinergiák kihasználásának. A természetes élőhelyrészek meghagyása nem csak diverzitásnövelő hatással bír, de elősegíti számos madár-, és rovarfaj megtelepedését, ami erősíti a gazdaság természetes és a természetéhez kapcsolódó komponensei közötti kölcsönhatásokat.

Zsámbokon a juh- és lótarás egy új szintre emeli a rendszer elemei közötti együttthatások lehetőségeit. A legeltetés és a kaszálás területkezelésnek is megfelel, a gyeperősségét gazdagítja és gyeperősséget eredményez. A rovar- és madárközösségek szintén gazdagodnak, ami segítik a káros szervezetek visszaszorítását. Az állatok a természetes tárgyázás, illetve a komposztált trágya révén hozzájárulnak a talaj tápanyagutánpótlásához.

### **Értékelés az újrahasznosítás témakörében**

A fő újrahasznosítási formát mindkét gazdaságban a saját komposzt előállítását jelenti. Ezzel nem csak a keletkezett „felesleges” biomassza kerül felhasználásra, hanem ezáltal létrehozunk egy, a rendszeren belüli zárt anyagkörforgást. A talajlakó mikro- és makroorganizmusoknak mindezzel jobb körülményeket biztosítanak, így gazdagodik a talajélet is. Az eszközök, létesítmények újrahasznosítására, illetve ezek minél hosszabb élettartamának biztosítására is törekednek mindkét gazdaságban.

Gyengeségnek tekinthető az esővíz gyűjtésének hiánya, amely megoldását sürgetik az elmúlt aszályos évek is.

### **Értékelés a rugalmas ellenállóképesség témakörében**

A rugalmas ellenállóképesség rendszerszinten jelenik meg – a gazdaság egyes komponenseinek teljes védekezőképességét nehéz biztosítani, de a tapasztalatok szerint, amennyiben a rendszer elemei támogatják egymást, úgy az ellenállóvá válik, és a negatív környezeti hatások „elviselhetőek” lesznek, így a kártevők, a kórokozók, vagy a kedvezőtlen időjárási feltételek nem befolyásolják végzetesen a rendszert. Nagy szerepe van a rugalmas ellenállóképességben a talaj állapotának. Ezt figyelembe véve Péter és Matthew is kiemelten odafigyel a talaj okszerű művelésére, a tudatos tápanyagutánpótlásra és a vízgazdálkodásra. A vetésforgó szakszerű alkalmazása szintén elengedhetetlen a kórokozók, a kártevők és az egyéb patogén szervezetek elterjedésének megelőzésében. Az egyes, ökológiai gazdálkodásban engedélyezett növényvédő készítményeket a gazdálkodók indokolt esetben és szakszerűen használják, hangsúlyt fektetnek a különböző biológiai-, illetve agrotechnikai védelemre.

### A fogyasztói kérdőív eredményeinek értékelése

A fogyasztói kérdőív eredményei azt igazolják, hogy a vizsgált gazdaságoktól vásárlók többsége a választott 4 alapelemhez kapcsolódó környezetkímélő mezőgazdasági gyakorlatok terén tudatosak, a biotermékek megvásárlása melletti döntésükben nem csak az egészséges ételmszer iránti igény dominál, hanem a gazdálkodás természetvédelmi aspektusai is meghatározóak. Fontos szempont számukra, hogy a termék, amit vásárolnak környezetbarát és fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok útján legyen előállítva. Amennyiben talán nagyobb hangsúlyt fektetnénk e téren a tudás és az ismeretanyagok bővítésére, illetve népszerűsíteni tudnánk azt a szemléletet, amit ezek a vásárlók és gazdálkodók képviselnek, szélesebb réteg hagyatkozna környezetkímélőbb és fenntarthatóbb élelemtermelésre, amivel a mai mezőgazdaság fejlődése is egy természetközelibb irányba tartana.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Jobbágy Pétert és Matthew Hayes-t, akik a SZIA Agroökológia Kertben, illetve a Zsámboki Biokertben helyszínt és segítséget biztosítottak a kutatás elvégzéséhez.

### Irodalom

- Risch, S.J., Andow, D., Altieri, M.A. 1983: Agro-ecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12(3): 625–629. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/12.3.625>
- Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, A., Lana, M.A. 2015: Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 869–890. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Balogh L., Réthy K., Balázs B. 2020: Az agroökológia magyarországi helyzetének és szereplőinek feltérképezése 2019–2020. Védjegyet, Budapest, p. 62., pp. 6–9.
- Barros-Rodríguez, A., Rangseekaew, P., Lasudee, K., Pathom-aree, W., Manzanera, M. 2021: Impacts of agriculture on the environment and soil microbial biodiversity. *Plants* 10: 2325. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10112325>
- Barrios, E., Gemmill-Herren, B., Bicksler, A., Siliprandi, E., Brathwaite, R., Moller, S., Batello, C., Tittonell, P. 2020: The 10 Elements of Agroecology: enabling transitions towards sustainable agriculture and food systems through visual narratives: *Journal Ecosystems and People* 16(1): 230–237. DOI: <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1808705>
- Batáry, P., Báldi, A., Ekroos, J., Gallé, R., Tschardtke, T. 2020: *Biologia Futura: landscape perspectives on farmland biodiversity conservation. Biologia Futura* 71: 10–12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00015-7>
- Bennet, B., Carpenter, S.R., Gordon, L.J., Ramankutty, N., Balvanera, P., Campbell, B., Cramer, W., Foley, J., Folke, C., Karlberg, L., Liu, J., Lotze-Campen, H., Mueller, N.D., Peterson, G.D., Polasky, S., Rockström, J., Scholes, R.J., Spierenburg, M. 2014: Toward a more resilient agriculture. *Solutions* 5: 65–75.
- Berti, G., Mulligan C. 2016: Competitiveness of small farms and innovative food supply chains: The role of food hubs in creating sustainable regional and local food systems. *Sustainability* 8(7): 616. DOI: <https://doi.org/10.3390/su8070616>



- Ciaccia, C., Armengot Martinez, L., Testani, E., Leteo, F., Campanelli, G., Trinchera, A. 2020: Weed functional diversity as affected by agroecological service crops and no-till in a Mediterranean Organic vegetable system. *Plants* 9(6): 689. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9060689>
- CIDSE 2018 The Principles of Agroecology. Towards just, resilient, and sustainable food systems. CIDSE together for global justice, Brussels, p. 12., pp. 6–9. [https://www.cidse.org/wp-content/uploads/2018/04/EN\\_The\\_Principles\\_of\\_Agroecology\\_CIDSE\\_2018.pdf](https://www.cidse.org/wp-content/uploads/2018/04/EN_The_Principles_of_Agroecology_CIDSE_2018.pdf)
- Davidova, S.M., Thomson, K. 2014: Family farming in Europe: challenges and prospects. In-depth analysis. European Parliament, European Union, p. 65.
- Dériné Karácsony I. 2001: Felfaljuk a jövőnket? In: Ezer év innováció Magyarországon. Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége Tudomány- és Technikatörténeti Bizottsága, Budapest, pp. 123–125. <https://doi.org/10.23716/TTO.08.2001.19>
- Dumont, B., Fortun-Lamothe L., Jouven, M., Thomas, M., Tichit, M. 2013: Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7(6):1028–1043. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- Európai Unió hivatalos weboldala (2022) [https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/agriculture\\_hu](https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/agriculture_hu)
- FAO (2018) The 10 elements of agroecology. Guiding the transition to sustainable food and agricultural systems, pp. 1-12. <https://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>
- FAO (2022) Global programme on banana fusarium wilt disease. <https://www.fao.org/3/i7921e/i7921e.pdf>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2022) The state of food security and nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. FAO, Rome, p. 260. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0639en>
- Fenta, A.A., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Tsubo, M., Yasuda, H., Kawai, T., Ebabu, K., Berihun, M.L., Belay, A.S., Sultan, D. 2021: Agroecology-based soil erosion assessment for better conservation planning in Ethiopian river basins. *Environ Research* 195: 110786. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.110786>
- Geisseler, D., Smith, R., Cahn, M., Muramoto, J. 2021: Nitrogen mineralization from organic fertilizers and composts: Literature survey and model fitting. *Journal of Environmental Quality* 50(6):1325–1338. DOI: <https://doi.org/10.1002/jeq2.20295>
- Giller, K.E., Hijbeek, R., Andersson, J.A., Sumberg, J. 2021: Regenerative Agriculture: An agronomic perspective. *Outlook on Agriculture* 50(1): 13–25. DOI: <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>
- Gurr, G.M., Wratten, S.D., Landis, D.A., You, M. 2017: Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects. *Annual Review of Entomology* 62: 91–109. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035050>
- Horstink, L. 2017: A global food polity: ecological-democratic quality of the twenty-first century political economy of food. PhD thesis. University of Lisbon, Lisbon, p. 274.
- Howard, P.H. 2009: Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996–2008. *Sustainability* 1: 1266–1287. DOI: <https://doi.org/10.3390/su1041266>
- Jeanneret, P., Aviron, S., Alignier, A., Lavigne, C., Helfenstein, J., Herzog, F., Kay, S., Petit, S. 2021: Agroecology landscapes. *Landscape Ecology* 36: 2235–2257. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01248-0>
- Leaky, R.R.B. 2014: Plant cloning: Macro-propagation. *Encyclopdia Agriculture and Food Systems* 4: 349–359. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00223-0>
- MTVSZ 2015: Agroökológia – egy új élelmezési rendszer Európa számára. Magyar Természettudományi Szövetsége, Budapest, pp. 3–7. [https://mtvsz.hu/dynamic/agrookologia\\_kiadvany.pdf](https://mtvsz.hu/dynamic/agrookologia_kiadvany.pdf)
- Muller, A., Jawtusch, J., Gattinger, A. 2011: Mitigating greenhouse gases in agriculture. A challenge and opportunity for agricultural policies. Diakonisches Werk der EKD e.V. for Brot für die Welt, Stuttgart, p. 89.

- Musarurwa, H., Chimuka, L., Tavengwa, N. T. 2019: Green pre-concentration techniques during pesticide analysis in food samples. *Journal of Environmental Science and Health B* 54(9): 770–780. DOI: <https://doi.org/10.1080/03601234.2019.1633213>
- Rodics G., Ujj A. 2022: Bevezetés az agroökológiába: kézikönyv gazdálkodóknak. trAEce (Erasmus+, 2019-1-HU01-KA202-060895). *Diverzitás Alapítvány, Gödöllő*, p. 128., pp. 12–16., 19–23.
- Réthy K., F. Tóth B. 2020: Az agroökológia tíz alapelve és hazai példái. *Védegylet Egyesület, Budapest*, pp. 5–47.
- Shanahan, M. 2022: Honey bees and industrial agriculture: What researchers are missing, and why it's a problem. *Journal of Insect Science* 22(1): 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab090>
- Stein, A.J. 2010: Global impacts of human mineral malnutrition. *Plant and Soil* 335: 133–154. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0228-2>
- Téglásiné Kovács, J. 2017: Az élelemhez való jog megjelenésének társadalmi igénye. Doktori értekezés. Pázmány Péter Katolikus Egyetem Jog- és Államtudományi Doktori Iskola, Budapest, p. 268. DOI: <https://doi.org/10.15774/PPKE.JAK.2020.008>
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, W.H., Westphal, C. 2012: Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses. *Biological Reviews* 87(3): 661–685. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>
- Tscharntke, T., Grass, I., Wanger, T.C., Westphal, C., Batáry, P. 2021: Beyond organic farming-harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* 36(10): 919–930. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.010>
- Ujj A., Strenchock L., Bálint Cs. 2020: Agroökológiai helyzetelemzés. Magyarország 2020. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet, Budapest, p. 36.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., David, C. 2009: Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 503–515. DOI: <https://doi.org/10.1051/agro/2009004>

## Examination of the Nature Conservation Aspects of Agroecology Based on the Practices of Farmers and Opinion of Consumers

A. HARKÁNYI, A. UJJ

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Rural Development and Sustainable Economy, Department of Agroecology and Ecological Farming,  
Páter Károly u. 1., 2100 Gödöllő, Hungary, e-mail: [harkanyi.annamaria@gmail.com](mailto:harkanyi.annamaria@gmail.com)

**Keywords:** agroecology, organic farming, biodiversity, resilience, synergies, recycling

**Abstract:** In recent decades, the practices of agricultural production and the food system have changed radically. Improper and unsustainable agricultural practices have led to one of the most pressing environmental problems of our time, which affects our whole society as well. However, there are environmentally friendly and economically sustainable long-term farming forms and alternative approaches. Agroecology supports the transition to a fair food system not only with a scientific approach, but also from a social and practical point of view. The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has developed 10 basic elements of agroecology, which help in creating a sustainable, 'restorative' farming system. Of the 10 elements, 4 are related to nature conservation, that were selected for our research. These are the following: biodiversity, synergies, recycling and resilient resilience. In order to examine the selected elements, both the farmer's and the consumer's sides were analysed. Accordingly, for inspecting the farmer side, an in-depth interview was prepared and conducted with the managers of the two examined farms, while on the consumer side, a questionnaire survey was applied among the farms' regular customers. To compile the questions, we defined indicators based on relevant literature, to which interview/questionnaire questions were assigned. The results of the in-depth interviews described the practices the two investigated farms apply while following the elements of agroecology related to nature conservation. Based on the consumer questionnaire, it can be concluded that buyers are characterised by awareness, and their decisions are not only influenced by the need for healthy food, but also by the farms' environmentally friendly and sustainable agricultural practices.

*A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*



## A Börzsöny természeti értékeinek és fejlesztési lehetőségeinek összefüggései

HAVEL ALEXANDRA<sup>1,2</sup>, SALÁTA DÉNES<sup>1</sup>, HALÁSZ GERGELY<sup>1,2</sup>, OROSZ GYÖRGY<sup>1</sup>, TORMÁNÉ KOVÁCS ESZTER<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Doktori Iskola,  
2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Email: [alexandra.havel28@gmail.com](mailto:alexandra.havel28@gmail.com)

**Kulcsszavak:** Börzsöny hegység, interjúk készítése, természet, turizmus, helyi termékek és szolgáltatások, infrastruktúra fejlesztés

**Összefoglalás:** Természeti értékekben gazdag kistérségek fejlődésében nagy szerepe lehet annak, hogy a helyi érintettek mennyire tudnak ezekre az értékekre építeni a térség fejlesztése során. Cikkünk fő célkitűzése, hogy összegyűjtsük, a Börzsöny helyi érintett csoportjai milyen természeti értékeket és ezekre épülő fejlesztési lehetőségeket látnak a térségükben (a Börzsöny egészét, és égtájak szerinti négy alegységét tekintve). A Börzsöny hegység turisztikai, természetvédelmi és erdész szakembereivel, illetve polgármestereivel készítettünk félig strukturált interjúkat, amelyeket kvalitatív tartalomelemzéssel elemeztünk. Az interjúalanyok számos, a szűkebb környezetükre vonatkozó specifikus, illetve a Börzsöny egészét érintő általános, a természethez köthető értékeket említettek. A természeti és táji értékekre épülő fejlesztési lehetőségek közül is sok ötlet merült fel, amely a turizmushoz (pl. tanösvények, vízitúrák), helyi élelmiszer alapanyagok felhasználásához (pl. táji jellegű ételekre épülő gasztroturizmus) és infrastruktúra fejlesztéséhez (pl. kerékpárút-hálózat bővítése szervíz pontokkal) köthető. Eredményeink azt mutatták, hogy a Börzsönyben számos olyan kiaknázatlan természeti érték van, melyre lehet fejlesztést alapozni és infrastrukturálisan is vannak még kivitelezésre váró ötletek. Ezek egy része megjelenik már a térség fejlesztési terveiben is. Az infrastrukturális fejlesztések esetében azonban olyan fejlesztésre is van igény (pl. M2 út fejlesztése), amelyek ugyan a megközelíthetőségét javíthatják, de egyben a tömegturizmus térnyerésével járhatnak együtt, és ezáltal veszélyeztethetik a természeti értékek állapotát. A negatív hatások elkerülése érdekében ezeknek a fejlesztéseknek az átgondolását és a látogatómenedzsment kialakítását javasoljuk.

### Bevezetés

A természet az emberek számára életteret és megélhetést biztosít, és a társadalom jelentős mértékben támaszkodik a természet erőforrásaira, emiatt érdekünk a természet állapotának fenntartható megőrzése hosszú távon (Kelemen és Pataki 2014). A vidéki térségek, tájak adják a természet megőrzésének, fenntartásának színtereit, melyek biodiverzitását az ott folyó gazdálkodási tevékenységek intenzitása és módja határozza meg (Filepné Kovács 2016, Arany et al. 2017).

A területfejlesztés kiindulási lépése a területi tőke felmérése, megismerése. Az OECD definíciójához (OECD 2001) hasonlóan határozta meg a területi tőke fogalmát

Rechnitzer és Smahó (2011) is. Szerintük a területi tőke olyan adottságok összessége, amelyek hely- vagy térség specifikusak, és egyben arra orientálják a fejlesztéspolitikát, hogy annak fókuszába a lokális értékek kerüljenek, azok folyamatos megújítására koncentráljanak (Rechnitzer és Smahó 2011). A területi tőke térségfejlesztésben betöltött szerepe abban nyilvánul meg, hogy ismeretében pontosabb képet kapunk egy térség állapotáról, fejlettségéről, a térségben bekövetkező (gazdasági, társadalmi) változások kiváltó okairól, folyamatokat elindító, mozgásban tartó tényezőiről. Ezáltal a beavatkozások is strukturáltabbak, célzottabbak lehetnek. A területi tőke egyik, relatíve könnyebben értelmezhető tőketípusa a természeti tőke (Orosz 2020).

A természeti tőkét Stimson et al. (2011) ökológiai tőkének nevezi. Oláh (2017) mindkét elnevezését használja. Az ökoszisztéma felépítésében biotikus és abiotikus tényezők is részt vesznek, így e tőketípus elnevezésére mind a természeti, mind az ökológiai kifejezés használható.

Egy adott térség természeti tőkéjének tekinthetjük mindazon természeti elemeket, jelenségeket, folyamatokat, melyek az ott élők, valamint az odalátogatók szükségleteit közvetlenül vagy közvetve kielégíthetik. Ebbe a megfogalmazásba beleérthetjük a tájat, a tájban meglévő teljes ökoszisztémát a maga sokféleségével (Orosz 2020; Orosz és Barcsi 2019). A természeti tőke fenntartása, rehabilitálása azért is fontos, mert a társadalom számára is hasznos ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújt. (Kovács et al. 2011, 2014). A természeti tőke, jelen esetben a Börzsönyi táj és az abban zajló folyamatok a helyi területfejlesztés alapját és egyben védendő helyi potenciálját is jelenti.

A fenntartható vidékfejlesztés egy komplex társadalmi, gazdasági, kulturális programon keresztül megvalósuló cél, amely a helyi érintettek (személyek, önkormányzatok, civil szervezetek, vállalkozók) aktív részvétele nélkül nem valósulhat meg (Kulcsár 1998; Farkas 2002). Egy adott térség szellemi, kulturális örökségének és táj karakterének a megóvásában, gondozásában és fenntartásában a helyi közösség részvétele alapvető fontosságú (Monspart-Molnár et al. 2015, Varga és Bajomi 2021).

A vidéki térségekben fontos jövedelemforrást biztosíthatnak a természeti és kulturális értékek felhasználásával előállított helyi termékek és szolgáltatások (Szöllősi et al. 2014). Azok a vidéki kistérségek sikeresek, amelyek felismerik a helyi erőforrásokat, ezeket innovatív ötletek alapján fenntartható módon kiaknázzák és hosszútávú együttműködésekkel alakítanak ki (Bálint et al. 2007). Az ökoszisztéma-szolgáltatások közül ebben a folyamatban az ellátó szolgáltatások kaptak hangsúlyos szerepet, hiszen könnyen birtokolható piaci javakká lehet őket alakítani (Kovács et al. 2014). A kulturális szolgáltatások olyan, nem anyagi jellegű szolgáltatások, amelyek a rekreációhoz, a spirituális feltöltődéshez, az esztétikai élményhez és a turizmus szelíd formáihoz kapcsolódnak (MEA 2005; Kovács et al. 2014). Az ökoszisztéma-szolgáltatások közül néhányat már alkalmaznak a vidékfejlesztési programok keretében. Ahogy nő a szerepe a tudatos vásárlásnak, a helyi termékeknek, a tájegységek egyedi termékeinek, élővilágának a társadalom számára, úgy kezdik el a helyi emberek újra tudatosan felhasználni a természet nyújtotta javakat, ökoszisztéma-szolgáltatásokat, építeni rájuk megélhetésük szempontjából, és segítik feldolgozással, infrastruktúra fejlesztéssel, programokkal, hogy az ökoszisztéma-szolgáltatásokat mások is igénybe vegyék). A

tanösvények, zöldsutak száma egyre növekszik, a gasztronómiai rendezvényekre, fesztiválokra, régi hagyományokon alapuló ünnepekre ellátogatók száma évről-évre egyre nő (Gonda et al. 2021). A vidékfejlesztési támogatásoknak köszönhetően egyre több településen alakítanak ki falusi vendéglátóhelyeket, szálláshelyeket, melyek a nyugalomra, tiszta levegőre, csendre vágyó emberek számára rekreációs lehetőséget nyújtanak (Szöllősi et al. 2014).

## Anyag és módszer

### Vizsgálati terület

A Börzsöny jelentős része 1978-tól már tájvédelmi körzet volt, és a Duna-Ipoly Nemzeti Park 1997-es megalakulásakor annak része lett (Füri 2019). A hegység a Natura 2000 hálózat része, kijelölésre került, mint különleges madárvédelmi terület (Börzsöny és Visegrádi-hegység, HUDI10002) és az élőhelyvédelmi irányelv szerint különleges természetmegőrzési terület is (Börzsöny, HUDI20008). Emellett a Pogány-Rózsás területe erdőrezervátum (Horváth és Bölöni 2002).

A Börzsöny az ország harmadik legmagasabb hegysége (Dövényi et al. 2010), szépségét a változatos felszín adja a meredeken kiemelkedő kalderával és a V alakú völgyekkel (Füri 2019). A Börzsöny mai vadregényességét annak köszönheti, hogy a hegység belsejében nincsenek települések. A keskeny nyomtávú erdei vasútvonalak főként a fakitermelési munkák megkönnyítése érdekében épültek ki, melyek közül több szárnyvonal ma is üzemel (Lengyel 2019).

A Börzsöny hegység három kistájra tagolódik: Központi-Börzsöny, Börzsönyi kis-medencék, Börzsönyi-peremhegység (Szeberényi 2019). Éghajlata hűvös-nedves, a hegység évi csapadékmennyiség 720-780 mm (Dövényi et al. 2010, Nagy L. 2019). A hegység alapköze meghatározza a vízháztartást és vízmegtartó képességet, emiatt természetes eredetű állóvizek nincsenek a hegységben, mesterséges tavak és természetes eredetű források, patakok jellemzik (Füri 2019).

A hegység szinte egésze erdős terület, melynek kezelője az Ipoly Erdő Zrt., illetve kisebb részben a magánerdő tulajdonosok (Kukely et al. 2021a). Az erdőgazdálkodással foglalkozó magánszemélyeknek, illetve szervezetnek természetkímélő erdőgazdálkodási módszereket kell alkalmazni (Ruff és Standovár 2019). Az erdők mellett jelentős mértékben megfigyelhetünk szántókat és gyümölcsösöket. A szőlővel borított területek aránya mára már megcsappant, mely a 19. században pusztító filoxéra járványnak köszönhető (Koczó 2013).

A Börzsöny nemcsak természetvédelmi és erdőgazdálkodási szempontból fontos, hanem turisztikailag is, hiszen változatos felszínformái több célcsoport számára nyújtanak aktív turisztikai kikapcsolódási lehetőséget, azonban a térségnek számos kiaknázatlan lehetősége van. A gyalogos természetjárás szempontjából a Börzsöny országos szintű desztinációnak minősül, a kerékpáros turizmus egy napos programra redu-

kálódik, hiszen az infrastruktúra és az ehhez kapcsolódó szolgáltatási rendszer nincsen kiépítve a hegység körül (Kukely et al. 2021b). A Magyar Turisztikai Ügynökség a Nemzeti Turizmusfejlesztési Stratégia 2030 - Turizmus 2.0 stratégiával összhangban 11 kiemelt turisztikai térséget jelölt ki, melyek között szerepel a Börzsöny is "Budapest környéke" néven (MTÜ 2021). A Börzsöny, emellett az Ipoly-völgye is vonzó az ide látogatók számára (Kukely et al. 2021a). Az Ipoly-völgyében és a Duna mellett elhelyezkedő településeken meghatározó kikapcsolódási forma a vízi turizmus, emellett kiemelhető még a városnéző körséta (pl. Zebegényben) (Kukely et al. 2021a). A Börzsöny természeti értékeit a 1. táblázatban gyűjtöttük össze (Kukely et al. 2021a, [http1](http://)).

1. táblázat. A Börzsöny természeti értékei és a természethez kötődő turisztikai attrakciói a szakirodalom alapján

Table 1. Natural values and nature-related tourist attractions of Börzsöny based on the literature

Mikrotérségek	Természeti értékek	Természeti értékekhez kötődő turisztikai attrakciók
Északi mikrotérség	Csarna-völgy, Kőkapu, Honti-szakadék, Csitári-forrás, Szondi-alagút, Szondi-empléfasor	Sisa Pista tanösvény, Betyárkút tanösvény, Apródok útja tanösvény, Kemencei erdei múzeumvasút, Szondi-kápolna, Csitári-kápolna
Keleti mikrotérség	Jenői-tó, Csóványos, Király-bérc, Csurgó-forrás	Gyadai tanösvény, Diósjenői tanösvény, Hangyavasút, Nógrádi vadaspark, Diósjenői erdei szabadidőpark, Katalinpusztai kirándulóközpont
Nyugati mikrotérség	Nagy-Koppány	Nagybörzsönyi kisvasút tanösvény, Strázsa-hegyi erdészeti tanösvény, Nagybörzsöny kisvasút, Nagybörzsönyi vízimalom, Csóványosi kilátó
Déli/Dunakanyar mikrotérség	Királyrét, Nagy-Hideg-hegy, Nagyirtápuszta, Csattogó-völgy, Remete-barlang, Kopasz-hegy, Magas-Tax, Tar Péter-hegy, Hidegkúti-forrás, Bajdázói-tó	Királyréti tanösvény, Zebegényi körsétaút tanösvény, Törökmezői tanösvény, Gesztenyés tanösvény, Szokolya-Huta tanösvény, Királyréti Erdei Vasút, Várhegy-kilátó, Kós Károly-kilátó, Hiúz ház erdei iskola és látogatóközpont, Királyréti hajtánypálya, Királyréti kirándulóközpont, Julianus-kilátó, Törökmező kalandpark, Törökmező állatpark

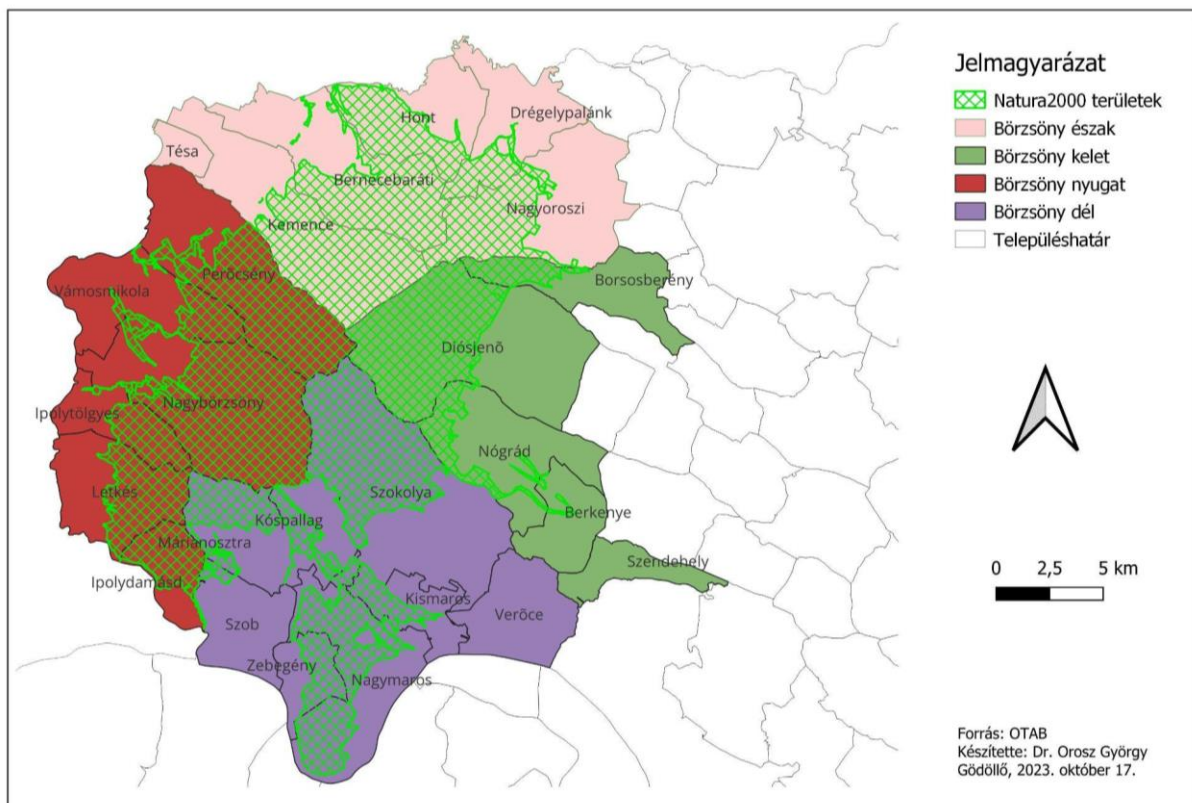
## Vizsgálati terület felosztása a fejlesztések szempontjából

A Börzsönyt, mint hegységet és mint fejlesztési térséget bizonyos szempontokból (pl. egységes kerékpárút-hálózat a hegység körül) egy tömbként kezeljük, azonban mindenképpen szükséges felbontani a nagy egységet négy kisebb mikrotérségre. A mikrotérségek meghatározását a közös társadalmi-gazdasági múlt, a térségi összetartozás, a turisztikai jellemzők és az eltérő fejlettségi szempontok figyelembevételével alakítottuk ki. A felosztott egységeket a négy égtáj nevével különböztetjük meg egymástól az alábbi települési besorolással (1. ábra):

1. Észak (Tésa, Kemence, Bernecebaráti, Hont, Drégelypalánk, Nagyoroszi);
2. Kelet (Borsosberény, Diósjenő, Nógrád, Berkenye, Szendehegy);

3. Nyugat (Ipolydamásd, Letkés, Ipolytölgyes, Nagybörzsöny, Vámosmikola, Perőcsény);
4. Dél/Dunakanyar (Kismaros, Nagymaros, Verőce, Zebegény, Szob, Kóspallag, Márianosztra, Szokolya).

A felosztás déli része a Dunakanyart és a három kismedencében található települését (Kóspallag, Márianosztra, Szokolya) foglalja magában, ez a turisztikai fejlesztések koncentrációja (429/2020. Korm. rendelet, MTÜ 2021) miatt is egy egységnek tekinthető, sőt a sváb összetartás is erősíti ezt az elképzelést (Koczó 2013). Az északi részen elhelyezkedő települések lehatárolásában szerepet játszott az egykori katonai terület, amely miatt a Börzsöny északi része 1991-ig nem volt látogatható Nagyoroszitól egészen Szobig (Kertész 2019). Az északi rész elérhetőségét nagyban befolyásolta a keleti oldalon kialakított vasút nyomvonala, amely elérhetővé tette a keleti és északi rész településeit. A nyugati oldal településeinek lehatárolásánál földrajzi szempontokat vettünk figyelembe, ugyanis ezen az oldalon a települések inkább az Ipolyhoz vannak közelebb, mint a Börzsönyhöz. A terület földrajzi elnevezése is Alsó-Ipoly-völgy (Csorba 2021).



1. ábra. A kutatott települések égtáji felosztása és a védett területek

Figure 1. Geographical distribution of the surveyed settlements and protected areas



## Az adatgyűjtés és adatfeldolgozás módszertana

Kutatásunk során a Börzsöny közvetlen közelében elhelyezkedő települések polgármestereivel (12 fő), illetve természetvédelemmel (2 fő), turisztikával (2 fő) és erdőgazdálkodással (2 fő) foglalkozó helyi szakemberekkel készítettünk interjút, összesen 18 fővel. A félig strukturált interjúk (Newing et al. 2011) 2020 nyarán és őszén készültek a járvány idején, átlagosan 1,5-2 órás időtartamban. Az interjúfonal elkészítése során figyelembe vettük és alkalmaztuk Héra és Ligeti (2010) iránymutatásait. Az interjú négy részből állt: 1) látogatási szokások, 2) táj és természet állapota, helyi termékek, ökoszisztéma-szolgáltatások, 3) hiányosságok, fejlesztési lehetőségek, 4) demográfiai adatok. Ebben a cikkben a 2) és a 3) rész elemzésére és kifejtésére fektetünk hangsúlyt.

Az interjúkat diktafon segítségével rögzítettük, majd szó szerinti leiratokat készítettünk. Kvalitatív tartalomelemzéssel elemeztük a leiratokat (Patton 2002). Cikkünkben két fő kérdésre keressük a választ: 1) Milyen természeti értékek találhatóak a Börzsönyben, amit a helyiek értéknek tartanak? 2) Milyen fejlesztésekre lenne szüksége a településeknek, amely természeti értékekre alapoz, és fellendítené a Börzsöny turizmusát, emellett munkát ad a térség lakosainak? A kérdésekhez kapcsolódó előzetesen meghatározott kódok alapján kódoltuk a szövegeket a QCMap szoftver (<https://www.qcmap.org/ui/en/home>) segítségével. Ezután egy Excel táblában külön kigyűjtöttük a természeti értékekre és fejlesztési lehetőségekre vonatkozó idézeteket, szövegrészeket és ezek szolgálták az összefoglalás alapjául. A cikkben található idézeteket többféle rövidítéssel és egy szám megadásával jelöltük attól függően, mely társadalmi csoportot képviselik (P-polgármester, E-erdész, TU-turisztikai szakember, TV-természetvédelmi szakember, pl. TU1, P1, TV1, E1) jelöltük az anonimitás megőrzése végett.

## Eredmények

Az általunk előzetesen kialakított négyes felosztást az interjúk során a megkérdezett polgármesterek és turisztikai szakemberek is mind igazolták. Többségük a saját kis mikrotérségében gondolkodik, azonban több esetben megfogalmazódott, hogy a fejlesztések szempontjából a Börzsönnyt nem szabadna szétszabdalni, a hegységre egy egységként kellene fejlesztési koncepciót kidolgozni pl. *“a régiós fejlesztés az tulajdonképpen nemcsak a megyehatár, hanem a régióhatár, és kettészeli a Börzsönnyt, és ez egy agyrém. Tehát a Börzsöny, mint természetes egység, vulkáni hegység, körben vannak a települések, de minden település határa a hegyre fut ki, minden település életének szerves része a hegy és minden, amit a hegy ad, a hegynek minden velejárója, és szerintem ez annyira hozza magával azt a természetes régiófelosztást vagy térségfelosztást, hogy a Börzsönnyt, mint egységet próbáljuk már meg nézni.”* (TU1) *“Egyben hiszek, előbb vagy utóbb ennek a Börzsönynek muszáj, hogy egy egysége legyen, tehát, hogy ezt kellene egy kezelő szervezetnek <gondozni>. Nem tudom úgy elképzelni 20 év múlva is a Börzsönnyt, mint most, mi egyszerűen összetartozunk. Tehát én olyan turisztikai fejlesztéseket tudnék elképzelni, ami szervesen összekapcsolódik, amiben egymásra építünk programokban, helyszínekben, szolgáltatók egymással együttműködnek, együtt*

valósítunk meg fejlesztéseket, tehát nekem ez így a jövőképemben ez lenne benne, ami most még nem működik.” (TU2)

Cikkünkben a térség fejlesztését a természeti értékek meglétére alapozva vizsgáljuk, ezért az interjúkból először azokat a természeti és természethez kötődő értékeket gyűjtöttük össze, amelyeket az interjúalanyok megneveztek. Az értékeket két kategóriába soroltuk be: 1. természeti értékek, 2. közös, természethez köthető értékek (2. táblázat). Az 2. táblázatból jól látszik, hogy minden térségnek megvan a maga természeti értékgyűjteménye, amit a helyiek természeti értéknek tartanak (pl. tavak, források, fasorok).

2. táblázat. A Börzsöny természeti és természethez kötődő értékei a megkérdezett interjúalanyok válaszai alapján (saját szerkesztés)

Table 2. Natural and nature-related values of Börzsöny based on the answers of the interviewed interviewees (own editing)

A Börzsöny részei (oda tartozó települések)	Természeti értékek	Közös, természethez köthető értékek
<b>Észak</b> (Tésa, Kemence, Bernecebaráti, Hont, Drégelypalánk, Nagyoroszi)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemencei-völgy,</li> <li>• Csarna-völgy,</li> <li>• Bernecei-völgy,</li> <li>• Ipoly,</li> <li>• Ipoly-part,</li> <li>• Királyháza,</li> <li>• bronzkori földvárak,</li> <li>• Szondi hársfasor,</li> <li>• Honti-szakadék,</li> <li>• Tsitári-völgy,</li> <li>• Tsitári-forrás,</li> <li>• Kozarek-tó,</li> <li>• Honti égeres,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• legnagyobb természeti érték az élő rendszer,</li> <li>• érintetlen természet,</li> <li>• domborzati jellemzők: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ sziklakibúvások,</li> <li>○ szűk völgyek,</li> <li>○ meredek hegyoldalak,</li> <li>○ keskeny hegygerincek,</li> </ul> </li> <li>• élőhelyek: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ vadregényes erdőtáj,</li> <li>○ különféle erdőtársulások,</li> <li>○ kisvizes élőhelyek,</li> <li>○ források, átfolyó patakok,</li> </ul> </li> </ul>
<b>Kelet</b> (Borsosberény, Diósjenő, Nógrád, Berkenye, Szendehegy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nógrádi-tó,</li> <li>• Diósjenői-tó,</li> <li>• Margit-forrás,</li> <li>• Csurgó-forrás,</li> <li>• Sóskút,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• élővilág: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ fafajok,</li> <li>○ vadvilág,</li> <li>○ védett, ritka növényfajok,</li> <li>○ halfauna,</li> <li>○ foltos szalamandra,</li> <li>○ gyógynövények,</li> <li>○ gombák,</li> </ul> </li> </ul>
<b>Nyugat</b> (Ipolydamásd, Letkés, Ipolytölgyes, Nagyborzsöny, Vámosmikola, Perőcsény)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ipoly,</li> <li>• Ipoly-part,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• egyéb, természethez köthető értékek: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ madárcsicsergés,</li> <li>○ geológiai érdekesség,</li> <li>○ tiszta levegő,</li> <li>○ talaj,</li> <li>○ víz</li> </ul> </li> </ul>
<b>Dél/Dunakanyar</b> (Kismaros, Nagymaros, Verőce, Zebegény, Szob, Kóspallag, Márianosztra, Szokolya)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• szelídgesztenyés Nagymaroson,</li> <li>• szokolyai nagy hársfa és környezete,</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajdázói-tó,</li> <li>• Bajdázói bánya,</li> <li>• Tűzoltófa és látképe,</li> <li>• Képesfa,</li> <li>• Börzsönyliget,</li> <li>• homokszigetek Nagymarosnál,</li> <li>• Duna-part,</li> <li>• Dunakanyar,</li> <li>• Morgó patak</li> </ul>	
--	---	--

Azokat a természethez köthető értékeket, amelyeket különböző megnevezéssel említettek és a Börzsöny minden részén megtalálhatóak, egy közös kategóriába soroltuk attól függetlenül, hogy nem került említésre konkrétan mindenhol. A közös természethez köthető értékek kategóriában élő és élettelen környezeti elemeket soroltak fel interjúalanyaink (pl. források, érintetlen természet, gyógynövények, tiszta levegő stb.).

A természeti értékek összegyűjtése fontos volt, hiszen az 2., 3. és 4. ábra fejlesztési lehetőségei a meglévő természeti értékekre építenek. A fejlesztési javaslatokat 3 különböző ábrában jelenítjük meg, ahol minden esetben megjelennek a mikrotérségek fejlesztési javaslatai és azok az ötletek is, melyeket az egész Börzsöny területén lehetne alkalmazni. Az ábrák 3 kategóriája a következő: 2. természeti és táji érték bemutatását szolgáló és természeti értékekre épülő turisztikai fejlesztési ötletek; 3. helyi élelmiszer alapanyagokra építő fejlesztési ötletek és gasztroturizmus; 4. egyéb infrastrukturális fejlesztések. A fejlesztési javaslatokat területi bontásban részletezzük, az interjúalanyok idézeteivel illusztráljuk. Az ábrákban piros betűszínnel jelöltük azokat a fejlesztési célokat, melyek károsak lehetnek a természetre, amellet, hogy lenne pozitív hatásuk is a térségben.

### Északi mikrotérség

A szakrális emlékek és azokhoz köthető történetek jelentősége nem csekély a térségben, hiszen kegyhely és csodatevő forrás is található itt. A helyiek szerint fontos lenne felgyűjteni a települések idős lakosaitól a természetben található szakrális emlékek történeteit, és ezeket egy vezetett túra keretében bemutatni az érdeklődőknek, vagy ki táblázni és kisebb zarándok útvonalakat létrehozni ezek felfűzésével. *“Ami még érdekes itt a palóc vidék szélén: a szakrális emlékek, ezek a keresztek és főleg az azokhoz fűződő történetek lennének lényegesek, aminek szerintem egy picit megcsúsztunk a megőrzésével, de még lehetne vele valamit kezdeni. Ezek, amik ilyen fontos elemei lehetnek a tájnak is, meg az embereknek, meg hát bármiféle emberi közösségnek vagy továbblépésnek is, fejlesztések terén is.”* (P2)

A térség egyik konfliktusos pontja az egykori tó rehabilitációja, vagyis annak hiánya. Bernecebaráti és Kemence között volt egykor egy tó, melynek gátját megrongálta egy árvíz, a gátat rendbe hozták, azonban a tó rehabilitációja elmaradt, mely így ter-

mészetes vizes élőhelyként funkcionál. A települések vezetői szeretnék, ha a tó helyreállítása megtörténne és újból horgásztóként tudnák használni a helyiek és a turisták a tavat, és ez is egy turisztikai attrakció lenne a térségben. A természetvédelmi szakemberek azonban nem értenek egyet ezzel az elképzeléssel, mert attól tartanak, hogy a turisták számának növekedése terhelést jelentene a természeti értékekre. *“1999-ben volt itt egy nagy árvíz, és ez a patakunkat egy kicsit átrendezte. Volt itt egy tó, annak a gátja is átszakadt, a gát helyre lett hozva, de a tó nem lett rehabilitálva. Én úgy gondolom, hogy ez a tó is egy természeti érték és jó lenne ezt megcsinálni, ennek több akadálya is van. Itt a két település, a tónak kb. fele-fele arányban osztozik a területen, ha fel lenne töltve, akkor szerintem azért a turizmusnak adna egy újabb löketet.”* (P6)

A térség vezetőinek hosszútávú célja, hogy a jelenleg meglévő attrakciókat és az újak kialakítását úgy valósítsák meg, hogy az ide érkező turisták több napot is el tudjanak tölteni a térségben. Fontos lenne a településeknek együttműködniük, hogy többnapos programcsomagokat tudjanak ajánlani az ide érkezőknek. *“Ha a természeti értékeket bemutató attrakciók számát tudnánk növelni, akkor ezáltal a látogatóknak nemcsak ilyen fél vagy egynapos program lehetne, mert szépen meg jól hangzik, hogy egy héten át mindenki járja a Börzsöny különböző turistaútvonalait, de én azt gondolom ilyen töményen még az igazi bakancsos turistáknak is sok lenne 7 nap, nem beszélve arról, hogyha valaki gyerekes családként érkezik ide. Ha itt kellőképpen lenne egy-egy kilátó, egy-egy tó, a vízi kikapcsolódás, ugye strand van. Élmenyöölgy megvalósítása, lovascentrum létrehozása, szállás, lovaglás.”* (E1)

Az északi települések közül több is az Ipoly mellett található, természetesen a helyiekben itt is felmerült az ötlet, hogy kenuúrákat lehetne szervezni a folyón. Emellett különböző agrárvállalkozások lehetősége is megfogalmazódott, mely alapvetően az állattartás bemutatására, egy mini állatparkra építene, ahol a kisgyermekes családok tudnának háziállatokat megnézni, simogatni.

## **Keleti mikrotérség**

A keleti részen több olyan ötlet felmerült, melyek megvalósítás alatt állnak vagy a köz-eljövőben próbálják azokat megvalósítani (pl. információs táblák és ismeretterjesztő ösvény kialakítása a Nógrádi vár és a tó körül). *“Gondolkozunk ilyen tanösvény kialakításon a vár körül, szeretnénk, hogy körbejárható, körbesétálható legyen a vár egy ilyen tanösvényen. Most úgy néz ki, hogy sikerül majd idén megvalósítani a várra felvezető út mellett egy ilyen ismertető táblákkal tűzdelt, 6 stációból álló tájékoztatót kihelyezni, ami szerintem egy első lépése lehet annak, hogy majd körbejárható legyen. Illetve van nekünk a víztározónk, a tó, ahol sikerült idén a járdaépítést befejezni, tehát most kulturáltan körbesétálható a tó is. Én ott is gondoltam információs táblákat elhelyezni az élővilágról, tájékoztató adatokkal, ez nem túl nagy beruházással a köz-eljövőben elkészülhet.”* (P1)

Jó gyakorlatként lehet megemlíteni Diósjenő település elképzelését, miszerint egy szabaduló szoba sémájára szeretnének létrehozni egy falusétát, amelynek során rejtvényeket kell megoldani a település kulturális és természeti értékeit bejárva. *“...kialakulóban van civil kezdeményezésre egy úgynevezett szabadulószoba játék. Ezt most képletes*

értelemben értse, mert itt szobáról szó sincs, olyan játékos feladvány, amire felfűzve a falu lát-  
nivalóit, két-három-négy órás elfoglaltságot ad kisebb csoportoknak, mert játszani mindenki  
szeret. Ha ebbe be tudjuk azt vonni, hogy megnézi a templomainkat, az emlékműveinket, a zsidó  
temetőt, a természeti értékeket, a tavat stb., akkor időt tölt itt. Akkor sokkal valószínűbb, hogy  
egy hétvégére jönne, mintsem, hogy ugye reggel jön, délután elhúz.” (P8)

2. ábra. Természeti és táji érték bemutatását szolgáló és természeti értékekre épülő turisztikai fejlesztési  
ötletek

Figure 2. Tourism development ideas to showcase and build on natural and landscape assets

<p><b><u>Nyugat:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vízi turizmus beindítása,</li> <li>• kenutúrák az Ipolyon,</li> <li>• horgászat az Ipolyon,</li> <li>• lovasturizmus kialakítása</li> </ul>	<p><b><u>Észak:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• erdőben található szakrális helyek és azokhoz fűződő emlékek bemutatása,</li> <li>• horgászto turisztikai célú rehabilitációja,</li> <li>• kilátóhely, pihenőhely létrehozása az erdőben,</li> <li>• élményvölgy megvalósítása</li> <li>• lovas centrum létrehozása</li> <li>• kenutúrák az Ipolyon,</li> <li>• állattartás bemutatása, simogató</li> </ul>	<p><b><u>Kelet:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a vár és a tó körül sétaút kialakítása,</li> <li>• szabaduló szoba sémájára egy falutúra kialakítása</li> </ul>
	<p><b><u>Közös:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tematikus turisztikai útvonalak kialakítása</li> <li>• tanösvények, túrakörök, éjszakai túraútvonalak kialakítása,</li> <li>• túraútvonalak karbantartásával foglalkozó szervezetek létrehozása,</li> <li>• túravezetés, természeti foglalkozások tartása</li> </ul>	
	<p><b><u>Dél:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• falu körüli sétaút kialakítása,</li> <li>• gyógynövény kert sétákkal,</li> <li>• geológiai bemutató hely a felhagyott bányákban,</li> <li>• lovasturizmus kialakítása, fejlesztése</li> </ul>	

## Nyugati mikrotérség

A nyugati részen, amely az Alsó-Ipoly-mente földrajzi névre hallgat, a települések többsége az Ipoly partján helyezkedik el, de van olyan község is, mely közvetlenül a Börzsöny lábánál található. Az Ipoly közelségének köszönhetően a helyiek szerint a vízi turizmust kellene itt erősíteni és annak természeti értékeit és élővilágát bemutatni. Az Ipoly-mentén már próbálkoznak ilyen turisztikai szolgáltatás kialakításával, de még vannak nehézségek. *“Az Ipolyon próbáljuk a vízi turizmust beindítani, elindítani, egy-két önkormányzattal közrefogva, kicsit nyögvenyelősen megy a dolog. Egy-két település már benne van eszközökkel, tehát nagyon jól állnak a dologgal, csak a marketinggel megy a kínlás.”* (P3)

Az Ipoly hajózhatóságának problémája egy hosszú évtizedekre visszanyúló határon átnyúló megoldatlan ügy, azonban a vízi sportok - a kajak, kenu - kezdenek népszerűek lenni itt is. Több pályázat is épül a vízi turizmus élénkítésére, és a helyiek is meglátták benne a potenciált. *“Nem tudom mennyire indulnak be az ipolyi kenuutúrák, de talán ebből is lesz valami. Volt Balassagyarmat térségének egy ilyen pályázata, ami erre épült, hogy itt az Ipolyon végig lehet majd kenukkal menni.”* (TU2) *“Most az utóbbi időben már ugye időzójelben az Ipoly hajózhatósága miatt egyre több a vízi turista is. Tehát kenukkal többször is találkozunk.”* (P9)

Sokan horgásznak már most is az Ipolyon, de ennek infrastruktúráját lehet még tovább fejleszteni, a népszerűsítés érdekében javasoljuk a horgászversenyek szervezését. *“Elképesztő, amikor meghallom, hogy horgászni Budapestről is jönnek. Szerintem nekünk helyieknek lila gőzünk nincs, hogy milyen halfajok vannak itt, vagy mikor érdemes horgászni, nincsen horgásztavunk, de tényleg jönnek az Ipolyra és horgásznak”* (TU2) *“Akik ide jönnek nyáron, azok ezeket a természeti adottságokat használják ki, vagy pecáznizni mennek az Ipolyra, Nagybörzsönybe vagy túráznak.”* (P6)

A megkérdezettek körében felmerült, hogy a fenntarthatóság és a környezetbarát közlekedés jegyében a lovasturizmus is egy fejlesztési lehetőség a térségben.

## Dél/Dunakanyar mikrotérség

A helyi polgármesterek meglátása alapján a kismencedékben elhelyezkedő települések köré lehetne tanösvényszerű körsétákat létrehozni, amelyet egyénileg vagy vezetett túra keretében szakértővel lehetne bejárni. *“...egy tanösvény a falu körül vagy több kisebb tanösvény, és akkor ott a természeti meg a kulturális meg az egyéb értékeket <lehetne> bemutatni. Lehetne tematikusan, egy ember jön és vezeti, rengeteg állatfajt, növényfajt lehetne bemutatni. Van is alkalmas ember erre a településen, csak még nincs megszervezve, nem találtuk ki ennek a módját, meg nincs forrás se rá.”* (P4) A helyiek elmondása szerint ezen a részen a hegységnek több felhagyott bánya található, amelyek biztonságos szakaszait geológiai bemutatóhelyként lehetne használni. *“A geológiai képződmények is fontosak, meg hát a Börzsöny vulkanikus, ilyen <...> geológiai időben történelmi lenyomatunk <a Börzsöny>. Tehát szerintem egy csomó geológiai képződményünk van, csak ezek nincsenek kitüntetett szerepben, de a bányákban, bányáknál biztos be lehet mutatni.”* (P4)

Szokolyán működik a Herbatea Manufaktúra. A helyiek támogatnák, ha a feldolgozás mellett készítenének egy bemutatókertet, amelyet az ide látogatók részére vezetési keretében bemutatnának. Szintén a kismedencék településeinek vezetői említették a környező dombok-rétek, erdei területeken a lovaglás, a lovasturizmus kialakításának lehetőségét.

### Közös fejlesztési célok

A természeti értékek megőrzése szempontjából több településen is felmerült a tanösvények létrehozásának gondolata, mely a túrázóknak bemutatja a természeti értéket, de mégsem engedi szabadjára őket a természetben, nehogy kárt tegyenek. *“Azt gondolom, jobb egy irányított útvonalon végigvinni az embereket és bemutatni azt, hogy itt mit nézünk, minthogy szabadjára engedünk mindenkit, megy boldog-boldogtalan és letapossák a védett növényt, meg az értékes élőhelyet tönkreteszik, ahelyett hogy ott beáldoznánk egy kis tanösvényt, ahol kellőképpen be lehetne ezt mutatni nekik.”* (E1) Sokan emlegették, hogy jó lenne tematikus turisztikai útvonalakat, túraköröket kialakítani, amelyeken az információs táblák mellett akár alkalmanként túravezetés is lehetne. *“A ritka védett növényfajok, hát nyilván itt mivel körbeölelnék az erdők, az állatok is fontos lakótársaink, tehát itt simán lehetne tartani olyan vezetett tematikus túrákat, amit egy szakember tart pl. mondjuk egy botanász vagy egy arra szakosodott erdész vagy egy ornitológus.”* (P4) Van olyan település, ahol a civilek foglalkoznak nemcsak a túrakörök kialakításával, hanem azok karbantartásával. *“Ezen kívül vannak a civilek, akik együtt tudnak dolgozni az önkormányzattal, akiknek a környezetvédelem szerepel a feladatai közt, ők ilyen tanösvényeket alakítanak most ki és különböző túraköröket csinálnak, azért hogy be tudják mutatni itt a természeti látnivalókat: Ernő-forrás, Bodzás pihenő stb. illetve ők azok akik a turistajelzésekkel foglalkoznak, azok fel-festésével, karbantartásával, egyebekkel.”* (P11)

A vállalkozásfejlesztés terén vannak olyan ötletek, fejlesztési lehetőségek, amelyek az egész Börzsönyre alkalmazhatóak (pl. vezetett túrával foglalkozó vállalkozás). *“Aminek én látom az életképességét valahogy a turizmushoz kapcsolódó szállás vagy kiszolgáló funkció, ez lehet az is, hogy ilyen foglalkozásokat tart vagy különböző túrákat vezet <valaki>. Azt hozzá kell tenni, max. 4-5 családnál nem tud többet eltartani.”* (P2)

## 3. ábra Helyi élelmiszer alapanyagokra építő fejlesztési ötletek és gasztroturizmus

Figure 3. Development ideas based on local food ingredients and gastrotourism

	<b>Észak:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gyümölcsfeldolgozás minőségi alapanyagokból,</li> <li>• aszaló üzem</li> <li>• kistermelési-értékesítési szövetkezet,</li> <li>•</li> </ul>	
<b>Nyugat:</b>	<b>Közös:</b>	<b>Kelet:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kemencés szolgáltatás,</li> <li>• savanyúságos, pékség, cukrászda kialakítása</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gyógynövény és bogyógyümölcs gyűjtésre alapozott vállalkozás létrehozása,</li> <li>• tájjellegű ételekre épülő gasztroturizmus kialakítása</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• helyi tót ételekre épülő gasztroturizmus kialakítása,</li> <li>• vadaspark-húsfeldolgozás fejlesztése,</li> <li>• méhészet fejlesztése</li> </ul>
	<b>Dél:</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• helyi sváb ételekre épülő gasztroturizmus kialakítása,</li> <li>• bogyógyümölcs termesztés felélesztése</li> </ul>	

**Északi mikrotérség**

Honton működik a Kutyori Konyha névre hallgató családi vállalkozás, mely gyümölcsök feldolgozásával foglalkozik. Az interjúalanyok elmondása alapján ennek mintájára több településen létre lehetne hozni ilyen jellegű minőségi gyümölcs feldolgozással foglalkozó vállalkozást. *“Látnék egyébként a gyümölcsfeldolgozásban lehetőséget, nem nagy mennyiségben. Olyan minőségi termékeket lehetne csinálni lekvárból pl. nagyon sokan nem ehetik a bogyósból a magosat, tehát kimagozott lekvár, illetve nagyon sokan küzdenek emésztési problémával: szilvalekvár, szilvoaszörp.”* (P2)

Az aszalásban, az aszalóüzem létrehozásában is látna fejlesztési lehetőséget. *“Aszalásban is lenne lehetőség, akár gyümölcsöt, akár gyógynövényt, a paradicsom nagyon jó aszalva.”* (P2) A Börzsöny településeinek polgármesterei egyetértettek abban, hogy ugyan az ipar biztosan fellendítené a térséget, de egyikük sem szeretné, ha gyárak települnének a falvak határába. A vezetők kisebb vállalkozásokban gondolkodnak, melyek építenek a helyi adottságokra vagy akár a már meglévő cégek összefogásán alapulnak. Sokan a kiút lehetőségét a turizmusban és az ahhoz kapcsolódó szolgáltatások kialakulásában, fejlődésében látják. Ez a kevésbé fejlett részeken alternatíva lehet, segítheti a fiatalok helyben maradását, amennyiben a megvalósított ötlet működőképes és el tud tartani egy családot. *“Több vállalkozást is el tudnék képzelni, a vendéglátásban van*



*még potenciál, illetve ami jó lenne a környéken a mezőgazdasági termékeknek a feldolgozását lenne érdemes egy kicsit fejleszteni, mert alapanyagot adunk el, ami az itteni vállalkozások számára nem jó, tehát kész terméket kellene eladni, egy ilyen gyümölcsfeldolgozó mindenképpen kellene ide a környékre. Egy ilyen kistermelési és értékesítési szövetkezetet el tudnék képzelni valamelyik településen itt a környéken.” (P6)*

### **Keleti mikrotérség**

A keleti mikrotérségben működik egy vadaspark, mely húsértékesítéssel, feldolgozott húsarú készítésével is foglalkozik, és egyéb szelíd turizmushoz köthető szolgáltatásokat nyújt. A térségben van elegendő hely még egy vadaspark és húsfeldolgozó létrehozásához, így említésre került, hogy jó volna, ha lenne másik ehhez hasonló turisztikai-gazdasági szolgáltató. *“A nagy erdőterület, a nagy szabad zöld terület a vadasparknak kiválóan kedvez, ha már vadaspark van és az állományt kezelni kell, akkor lehet vadhús feldolgozást csinálni. Ha rengeteg erdő van a környéken, akkor nyilván a méhészet is jövedelmező, hiszen a méhek tudnak begyűjteni.” (P1)*

### **Nyugati mikrotérség**

A Nagybörzsönyben a helyi gasztronómia bemutatására kialakult a kemencés szolgáltatás. A településen minden hétvégén más család van beosztva ügyeletesnek, akik vállalják, hogy a bejelentkezett vendégeknek, illetve a betérőknek helyi ízvilágú lepényeket sütnek kemencében. Bizonyos családoknál lehetőség van bekapcsolódni a sütés előtti folyamatokba is. *“Van egy kemencés szolgáltatásunk, ez úgy működik, hogy szombat, vasárnap beosztunk egy kemencét ügyeletbe és amikor jön az ide látogató, akkor egy kemencét mindig nyitva talál és az süt neki. Az az egész programnak a neve, hogy Börzsönyi lepény és 4 kemence van most ebben a programban benne.” (P3)*

A helyi vállalkozások terén az a vélekedés, hogy minden olyan vállalkozás megtalálja a számítását, amire a turistáknak és a helyieknek igényük van. *“Savanyúságos, kis helyi pék. Meg fogják előbb-utóbb csinálni ezt az emberek. Ön szerint ennek a településnek van szüksége ilyesmire? Nyilván majd a turista el fogja dönteni.” (P3)*

### **Dél/Dunakanyar mikrotérség**

A Dunakanyarban több településnek vannak sváb gyökerei, azonban a helyi vezetők elmondása alapján a sváb kultúra nincs kellően bemutatva. Mivel a települések lakosai mindmáig a gyökerekhez visszanyúlva készítik el ételeiket, ezért javasoljuk ezeket egy helyi erre specializálódott étteremben bemutatni, az alapanyagokat pedig a helyben élő termelők tudnák hozzá részben biztosítani. *“Sváb ételeink vannak, a Dunamenti svábok kultúrkörében ismert fogásokról van itt szó.” (P5)*

A bogyósgyümölcs termesztés egykor virágzott a Dunakanyarban és az egész Börzsöny körül, ma már csak helyenként és csak kis területeken találkozhatunk bogyósgyümölcs ültetvényekkel. Többen is említették, hogy jó lenne a bogyósgyümölcs termesztését újra feléleszteni a térségben. *“Egyre kevésbé számottevő, de még a közelmúltban is meghatározó volt a bogyósgyümölcs termesztés. Országosan ismert a bogyósok közül önálló fajtaként a marosi málna, az ebből készülő minden termék önmagában egy ilyen kuriozitás.”* (P5)

### **Közös fejlesztési célok**

Több településen említették, hogy a csipkebogyó, az erdei gyümölcsök és gyógynövények feldolgozására, bemutatására érdemes lenne egy agrárvállalkozást létrehozni, mert nagyon sok termés marad az erdőben. *“Rengeteg erőforrás lenne, csak ugye azt is látni kell, amíg fölfut egy valamiféle vállalkozás, addig meg kell tudni élni egy bizonyos ideig. Tehát itt pl. éves szinten amennyi csipke ott marad az erdőben, meg az erdő széleken vagy különböző gyógynövények, ... lenne is rá igény és kereslet, csak részint a piachoz való eljutás a távolság miatt nehéz.”* (P2) *“Gyógynövényes, gyűjtögetéssel kapcsolatos vállalkozás jól jönne.”* (P4)

A Börzsöny nemzetiségi összetétele változó, a Dunakanyarban a svábok, míg az északi, mindinkább a keleti oldalon a palócok vannak többségben. Azok a települések, amelyek rendelkeznek valamilyen nemzetiségi csoporttal, büszkék az identitásukra, ezért a rendezvényeiken megjelennek a helyi speciális ételek. A Dunakanyarban a sváb ételek dominálnak, míg a keleti oldalon a palócos, tót ételek a jellemzőek, így hasonló, de mégis más vonzerővel lehet felruházni a mikrotérségeket, ezáltal erősítve a gasztronómiai vonzerőt. Az interjúalanyaink említették, hogy érdemes lenne a helyi specialitású ételekre alapozni, beépíteni az éttermek étlapjaiba, ezzel serkentve a gasztroturizmust. *“A település rendelkezik tót gyökerekkel. A tót nemzeti ételek, amit megemlítenék, ami minden nagyobb rendezvényünkön <megjelenik>, helyi speciális étel a krumplis lepény.”* (P1)

4. ábra Egyéb, a természeti értékeket vagy azokra irányuló turizmust érintő infrastrukturális fejlesztések (pirossal jelölve a természetre potenciálisan negatív hatással bíró fejlesztéseket)

Figure 4. Other infrastructural developments affecting or directing tourism towards natural values (marked in red for developments with a potential negative impact on nature)

<p><b><u>Nyugat:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kenu-kajak kölcsönző helyek létrehozása,</li> <li>• kikötők kialakítása</li> </ul>	<p><b><u>Észak:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>M2 autópálya kiépítése a határig,</b></li> <li>• szállás és kiszolgáló funkció fejlesztése,</li> <li>• Szondi-kápolna környezetének méltó kialakítása,</li> <li>• lőtér épületéből múzeum és bakancsos szálláshely kialakítása,</li> <li>• elektromos kisbusz vásárlása,</li> <li>• <b>híd megépítése</b></li> </ul>	<p><b><u>Kelet:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• helyi fedett piacter kialakítása Nógrádon,</li> <li>• a vár felújítása,</li> <li>• kerékpárkölcsönző a vasútállomásokon,</li> <li>• kerékpárút a vasútállomásról a kirándulóhelyekig,</li> <li>• gyógynövényes fürdőház és strand felújítása</li> </ul>
	<p><b><u>Közös:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tömegközlekedés javítása (megfizethető, gyors, kényelmes),</li> <li>• úthálózat állapotának javítása,</li> <li>• <b>parkolóhelyek kialakítása,</b></li> <li>• kerékpárút-hálózat, kölcsönző rendszerrel és szervíz-hálózattal (felvidéki kapcsolatokkal is rendelkező kerékpárút kialakítása, főutak, forgalmas utak mellett önálló kerékpárút kialakítása)</li> <li>• túrakerékpár-úthálózat kialakítása,</li> <li>• esőbeállók, fahidak a patakok fölé, padok, turista utak karbantartása,</li> <li>• környezeti szempontokra nagyobb hangsúlyt fektető kommunális hulladék kezelése</li> </ul>	
	<p><b><u>Dél:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>libegő kiépítése,</b></li> <li>• <b>kalandpark létrehozása,</b></li> <li>• kikötőhelyek építése, hajózási szolgáltatások bővítése,</li> <li>• a strandok fejlesztése,</li> <li>• szálláshelyek kialakítása a kismedencékben</li> </ul>	

## Északi mikrotérség

A települések polgármesterei, szakemberei megosztottak abban a kérdésben, hogy a térségnek jót vagy rosszat fog-e tenni az M2 autótút megépítése a határig. Van, aki fejlődési lehetőséget, az utazási idő csökkenését, ezáltal a települések "agglomerációs" jellegét és a fiatalok kiköltözési hullámát vizionálják, míg mások aggódnak az élőviláért, az erdők kivágásaért és az Ipoly árterének jelentős természetkárosításaért. Ebben a kérdésben nincsen egyetértés a térség szakemberei és polgármesterei között. *"Akkor fog ez a térség nagyobb lendületet kapni a fejlődésben, ha netalántán felénk hozzák és eléri a határt az autótút, mert akkor gyakorlatilag egy fél órán belül el lehet érni majd a fővárost, ami nagy könnyebbség lenne. Infrastruktúrában nagyon hátul vagyunk, az egyik legfontosabb az lenne, ha a 2-est kihoznák ide, mert akkor kevesebb fiatal menne el, mert el tudná érni a munkahelyét, ami miatt órákat kell utazni és inkább beköltöznek olyan helyre, ahonnan keveset kell utazni, mert utána már adná magát az össze többi dolog."* (P6)

Vannak olyan települések, ahol alig van szálláshely (Hont – 1 db, Drégelypalánk – 5 db), pedig többre lenne igény. Interjúalanyaink véleménye szerint a kiszolgáló funkcióknak csak olyan mértékig szabad fejlődniük, mely még a helyiek részéről megélhetést biztosít a családoknak és nem jár tömegturizmus veszélyével, tehát elbírja a térség az ide érkező látogatókat.

Természetesen a településeknek megvannak a saját elképzeléseik, ötleteik a fejlesztések terén, amelyek sok esetben kapcsolódnak a természethez és a turizmushoz is. Drégelypalánkon a Szondi kápolna az erdőben található, melyhez gyakran szerveznek túrákat, azonban az utóbbi időben az épület és a környezete is romlásnak indult. Ennek a restaurálásával egy sokkal kellemesebb és mindenki számára megfelelő képet nyújtana. Emellett a település határában az erdőben található az egykori lőtér épülete, amelyet szálláshely és kiállítótér funkcióval szeretnének ellátni. *"Most igyekszünk a Szondi kápolna helyét is és környezetét is méltó szintre emelni, mert sajnos az elmúlt években, évtizedekben nagyon elanyagatlanodott. A Szondi kápolnának ...a visszakapcsolása egy hosszútávú célunk, terveink. A Lőtér épülete, ugye itt egy nagy lőtér volt, most már az önkormányzat tulajdonában áll. Csak a források, amik még nem állnak rendelkezésre. Tehát van ötlet, vagyis, terv: a hely szelleme mégis csak ugye a lőtér és a katonaság esetleg egyfajta múzeumot létrehozni, egy részében. Viszont a másik részében ott egy ilyen bakancsos szállás, turista szállót <akarunk megvalósítani>, onnét ilyen tanösvényeket kialakítani a várhoz, vagy a Szondi kápolna helyéhez, esetleg a Tsitári-forráshoz is. Tehát ötlet van, lehetőséget kell még találni rá."* (P7)

Az Ipolyon található hidaknak óriási jelentősége volt a múltban és a jelenben is megkönnyíteni a folyó két partján élők életét. 2023. nyarán adták át a Helembát-Ipolydamásdot összekötő hidat, így a közlekedéssel töltött ideje az itt lakóknak sokkal kevesebb lett. A távlati célok között szerepel, hogy Ipolyhídvég és Drégelypalánk között is megépül a híd, amely nemcsak a munkába járást könnyítené meg, de az előzetes elképzelések alapján az Északi mikrotérségnek jelentősen megnövekedne a turista forgalma is. Érdeemes azt is figyelembe venni, hogy a hídepítéssel az élővilág, főként az

Ipoly-parton fészkelő madárvilág fészkelő- és élőhelye sérülhet. Drégelypalánk szeretne vásárolni egy elektromos kisbuszt, hogy az ide érkező iskolás csoportoknak tartalmaz egy vagy többnapos programot tudjanak biztosítani, mindezt energiahatékony módon. Ennek azonban elengedhetetlen feltétele a híd megépítése. *“A híd, tényleg az a legfontosabb, ...nagyon nagy mértékben a kapcsolatokat is, a turizmust is fel tudná lendíteni. Ha megvan a híd, akkor egy közös pályázatot lehetne csinálni, már terveink vannak, pályázni egy elektromos kisvonatra vagy kisbuszra. Ha jönnek iskolás csoportok, beülnek, átmegyünk Ipolyhídvégre, ott is van sok látnivaló, majd visszamennek a Sáfár-kúthoz, majd elmennek a Szondi kápolna helyéhez, és ezzel felgyorsulna <a látogatás ideje>, mert ezt gyalogosan megtenni több napot is felölelne. Az osztálykirándulásokat ismerjük, hogy azok nem mindig több naposak, de ha reggel ide jönnek és akkor lenne egy ilyen komplett csomag, amit tudnánk adni, ez azért kibővítené a repertoárunkat és szerintem nagyon pozitív hatással lenne <a térségre>, valamint a környezettudatosságot is tudnánk az elektromos járművekkel reklámozni, ami hát a fiataloknál fontos, hogy környezettudatosságra neveljük őket.”* (P7)

### Keleti mikrotérség

Helyi termékekre épülő piac a Börzsöny hegységben csak néhány településen van (pl. Nagymaros, Szob, Nógrád). Ezek a termelői piacok szabadtéren találhatóak, kivéve a szobit, ezért ezek csak időszakosan az időjárási körülményekhez igazodva tudnak működni. Nógrád településen a helyiek nagy álma, hogy egy fedett piactér kerüljön kialakításra, mely biztosítja az állandóságot, a megfelelő higiéniai és kirakodási körülményeket a termelőknek és a vásárlóknak egyaránt. *“Van nekünk egy kézműves és termelői piacunk, amit havonta egyszer rendezünk és nagyon sikeres, helyi és környékbeli termelőket szoktunk meghívni, akik a portékáikat tudják értékesíteni. Szeretik nagyon, jómagam is vásárló, törzsvásárló vagyok náluk. Majd szeretnék egy pályázat során egy kicsit modernebb, több szolgáltatást nyújtó piacteret kialakítani, kialakíttatni.”* (P1) Az állandó piac kialakítása mellett a település legfontosabb értéke a vár, amely erősen felújításra szorul.

A kerékpárút megléte egy sarkalatos kérdés az egész Börzsöny körül, kivéve a Dunakanyart, ahol már rendelkezésre áll, és sokan használják is. A mikrotérségekben kisebb kerékpárút szakaszok léteznek, de elengedhetetlen lenne egy Börzsöny kerékpárút-hálózat. Ezenfelül a településeknek vannak kreatív ötleteik, amelyek megfontolandóak lehetnek más térségek számára is. Az egyik ilyen ötlet, hogy a vasútállomáson legyen kerékpárkölcsonzó opció, hogy ne gyalog kelljen eljutni a kirándulás kiindulópontjáig. Ehhez a fejlesztéshez elengedhetetlen a kerékpárút megléte a vasútállomástól a kirándulás kiinduló helyszínéig. *“Legyenek kerékpárkölcsonzók a vasútállomásokon, legyen meg az az útvonalhálózat, hogy el tud jönni kerékpárral a vasúttól a kirándulás helyszínéig vagy a kirándulás kiindulópontjáig.”* (TU1)

Diósjenőn egy régóta tervezett fejlesztés megvalósulása van folyamatban. A településen régen működött egy strand, mely bezárásra került. A település jelenlegi vezetése turisztikai attrakcióként gondol a strand restaurálására, melynek időszakos mivoltát egy helyi gyógynövényfőzetekre épülő fürdőház megépítésével egészítették ki, hogy egész évben kikapcsolódást, turisztikai potenciált tudjon nyújtani az ide érkezőknek.

*“Egyértelműen közmunkára alapuló projektről van szó, ami összeköttetésben van Diósjenő turisztikai fejlesztésével, hiszen nyertünk gazdasági felzárkóztató programban egy fürdőház és egyéb turisztikai attrakciók létrehozására <forrást>. Itt most a fürdőházon van a hangsúly, ahol is attrakciónak azt szánjuk, hogy gyógynövényfőzetekben lehet fürödni. Levendula, izsóp, kakukkfű és zsálya termesztésbe fogtunk. Erre alapozva tudtuk megteremteni azt, hogy legyen ez a fürdőház, a fürdőházra alapozva tudtunk pályázni a strand rehabilitációjára, mert az egy területen van, tehát nagyon fontos az, hogy ilyen szervesen egymásra épülő programrészekről legyen szó és ugye ebben hosszú távon is foglalkoztathatók <az emberek>. A fürdőház az üzemeelni fog gyakorlatilag egész évben. Még egy strand, meg szezonális.” (P8)*

### **Nyugati mikrotérség**

A helyiek elmondása alapján az Ipoly egyre vonzóbb a kenusok, kajakosok körében, azonban a megfelelő kikötő helyek és kölcsönző helyek hiányában nem teljesértékű ez a szolgáltatás. A vízi eszközök bérlő helyeinek kialakítása mellett a transzfer szolgáltatás létrehozása is elengedhetetlen az Ipoly mentén. Javasolták azt is, hogy a folyóparton kihelyezésre kerülhetnének információs táblák, melyeket a kenusok meg tudnának tekinteni evezés közben ilyen tanösvény jelleggel, miközben egy kicsit megpihennének.

### **Dél/Dunakanyar mikrotérség**

Az infrastrukturális fejlesztések között több egyedi, településre jellemző ötlet megjelent (pl. kalandpark, libegő). Valószínűsíthetően ezek a projektek károsítanák a természetet annak ellenére, hogy sok embert vonzanának, tehát turisztikailag egy megtérülő befektetés lehetne. *“Valami hiányzik nekem. Lehetne itt is egy libegő, Hideg-hegyről le vagy egy kalandpark valamelyik részen, nekünk is kellene egyre több olyan jellegű dolgot nyújtunk, ami ilyen különlegesség, attrakció.” (P10)*

A helyiek javaslata alapján a Duna menti településeken szükséges lenne még kikötőhelyek kialakítására és a hajózási szolgáltatások megújítására, kiterjesztésére. Emellett a strandok fejlesztése szinte minden településen felmerült, mint lehetőség. Míg a Dunakanyar településein rengeteg szálláshely található, addig a kismedencék falvai a szálláshelyek alacsony számával küzdenek, mely így egy fejlesztési lehetőséget nyújt azoknak, akik a turizmusban, a szálláshelyek kialakításában találhatnak potenciált.

### **Közös fejlesztési célok**

Az infrastruktúra terén több fejlesztési lehetőség is akad (pl. útminőség javítása, tömegközlekedési járatsűrűség növelése), azonban itt sem szabad elfelejteni a természetről, annak megóvásáról. *“Hát én két dolgot látnék, ami nagyon fontos lenne, egyik, hogy javítani az elérhetőséget, tehát az út minőséget. A térségből gyorsan ki-be lehessen jutni, akár tömegközlekedéssel.” (P2)* *“Tömegközlekedés javítása, megfizethető, gyors, tiszta, kényelmes tömegközlekedés, mert az az alapja mindennek, hogy eljut <az ember> dolgozni, szórakozni,*

*pihenni, vásárolni, kapcsolatokat tartani. A közlekedés mindennek az alapja, ha az jó, akkor minden jobban működik, ha az pocsék, akkor minden sokkal nehezebben működik.” (TV1)*

A helyiek elmondása alapján a Börzsönybe a turisták nagy része autóval érkezik, a tömegesen érkező autók számára érdemes lenne több helyen parkoló pontokat kialakítani és egyben a tömegközlekedést is fejleszteni azáltal, hogy ezekről a pontokról sűrűbben indítanak járatokat a kedvelt kirándulási helyek kiindulópontjához. Emellett a helyiekben az is felmerült, hogy egy önálló kerékpárutat kellene kialakítani, amely leválasztaná a főútvonalról a kerékpárral közlekedőket. *“Egyértelmű az autók számának növekedése, ebből következően az autóforgalom növekedése, parkolók iránti folyamatosan növekvő igény. Tulajdonképpen az aktív sportolók száma is folyamatosan emelkedik. Mind a vízi, mind a szárazföldi infrastruktúra fejlesztés megemlíthető, kerékpárutak építése iránti igény, kikötőhelyek.” (P5)*

A kerékpárút-hálózat fejlesztésével kapcsolatban többféle lehetőség felmerült a térségben, amelyek közül az első és legfontosabb a Börzsöny körül egy egységes kerékpárút hálózat kialakítása szervíz helyekkel és ehhez kapcsolódó szolgáltató egységekkel. Felmerült még a túra kerékpár-úthálózat kiépítése és a kerékpárút kiépítése és összekötése a felvidéki kerékpárutakkal is. *“Legyen egy térségi kerékpárút hálózat egy olyan kerékpárkölcsonzó rendszerrel, ahol a helyi szolgáltatások bekapcsolódnak, ahol a helyi vendéglátókkal is ezt egyeztetik, ahol tényleg olyan műszaki tartalom van, meg egy olyan marketing van mögé rakva, hogy az a szolgáltató el tudja tartani például a kerékpárszervízt is.” (TU1)*

Az infrastruktúrához tartozik az is, hogy a kirándulóhelyekhez kapcsolódó minimális “kényelmi” szolgáltatások megfelelő állapotban legyenek, ehhez kapcsolódóan merült fel egy nagyon jó ötlet, hogy valakinek rendben kellene tartani az erdőben található padokat, hidakat stb. *“Nagyon örülök, hogy nem egy olyan közegben élünk, mint egy parkerdő, tehát a Börzsönynek a vadregényessége megmaradt, ez is biztos, hogy szándékos, de ezzel együtt szükség lenne arra, hogy azok a minimális kiszolgáló egységek, szolgáltatások meglegyenek itt is, ami más erdőterületeken megtalálható, itt nem erdei iskolákra gondolok, de nagyon jó lenne, ha tudna működni most is egy ilyen mókus örsnek nevezett csapat akik arról tudnak gondoskodni, hogy legyen esőbeálló, legyen a patakon híd, meglegyenek javítva a fapadok itt-ott-amott elvélve a turistautak mentén.” (P11)*

Zárszóként egy fontos szempontot tartalmazó idézetet mutatunk be, mely a 4 évszakos turizmus megvalósítására alapoz, amely minden térségnek fontos, még akkor is ha nem mindenhol került ilyen explicit módon megfogalmazásra. *“A végső szemlélet, hogy egy 4 évszakos turizmust szeretnénk működtetni és jó irányba megyünk, jók a jelek. Jó az összefogás kistérségi szinten is. Aki látja azt a fajta hajtást az egész dologban, hogy őneki miért is lenne ez jó vagy miért kellene ebben részt vennie, akkor ebből biztosan csak előnyt tud kovácsolni. Tehát ezek az önkormányzatok, akik ebben a dologban részt vesznek, meg partnerek rövid távon, hosszútávon mindenki csak nyertese tud lenni a dolognak, de kitartó munka kell hozzá az biztos. Ide kell hoznia a látogatót, az idegent és valós tartalmat kell neki adni, hogy ne csalódva menjen el.” (P3)*

## Megvitatás

Az általunk lehatárolt térségek részben átfednek a Börzsöny-Dunakanyar Térségi Aktív Turisztikai Stratégia cselekvési tervében (továbbiakban: Cselekvési Terv) (Kukely *et al.* 2021b) lehatárolt térségekkel azzal a különbséggel, hogy ők a Naszályt egy külön egységnek veszik, amit mi jelen kutatásban nem vizsgáltunk. Az Alsó-Ipoly-mente és a Dunakanyar szintén külön egységet képvisel, míg ők a Börzsöny többi részét egyben kezelik, amit mi a kutatás során északi és keleti részre választottunk szét.

Eredményeink azt mutatták, hogy a térségben élő turisztikai és természetvédelmi szakemberek tapasztalatai alapján a Börzsönnyt, mint hegységet minden egyéb adminisztratív lehatárolás figyelmen kívül hagyásával egy fejlesztési régióként kellene kezelni, azokat a fejlesztési elképzeléseket, melyek az egész hegységre kiterjedten alkalmazhatóak, azt globálisan kell megközelíteni. A kutatásból azonban az is kiderül, hogy a polgármesterek kisebb mikrotérségekben gondolkodnak a fejlesztések szempontjából, és az eltérő fejlettségi szintek alapján ezeknek a mikrotérségeknek különböző fejlesztésekre van szükségük. Erre a megállapításra jutottak a Cselekvési Tervben is, ők egy specializálódást egy munkamegosztást javasolnak a térségek között.

Interjúink alapján a Börzsöny helyi érintett csoportjai számára közös értéket jelent az erdős táj a kapcsolódó fajokkal, a víz jelenléte és a kis vizes élőhelyek, de a tiszta levegő is. Hasonló, természethez köthető értékeket tartanak fontosnak az ide látogató turisták is a korábbi kérdőíves felmérések alapján (Benkhard és Csákvári 2019; Havel *et al.* 2022).

A természeti és táji érték bemutatását szolgáló és természeti értékekre épülő turisztikai fejlesztési ötletek között több szelíd turizmushoz köthető elképzelés is szerepelt. Az interjúalanyaink többször említették a különböző tematikus sétaútvonalak, túraútvonalak, tanösvények kialakítását, ehhez kapcsolódóan pihenőhelyek, kilátók létrehozását, illetve olyan vállalkozások létrejöttét, melyek túravezetéssel foglalkoznak. Ezek fontosságát a turisták körében végzett felmérésünk is megerősíti (Havel *et al.* 2022). A Cselekvési Terv a vonzerőfejlesztés és az infrastruktúra fejlesztése részében is megjelennek az interjúalanyok által említett fejlesztési ötletek és ezeket részletesen ki is fejtik.

A helyi élelmiszer alapanyagokra építő fejlesztési ötletek és gasztroturizmus terén határozott elképzelései vannak a Börzsöny lakóinak. A Dunakanyarban szorgalmazzák a bogyógyümölcs termesztés újbóli felélesztését, míg az északi mikrotérségben a gyümölcsfeldolgozásban látnának perspektívát és az aszalóüzem ötlete is felmerült. Ezeknek az ötleteknek az összefogására megemlítették a kistermelési-értékesítési lánc kialakítását. Számos vállalkozás ötlete felmerült, mint a gyógynövényekre és bogyógyümölcsökre alapozott feldolgozó üzem létrehozása vagy a gasztroturizmusban a helyi jellegzetes ételekre és alapanyagokra építő éttermek megvalósítása. A Cselekvési Terv a gasztroturizmust, melynek elemei a térség szereplőivel folytatott interjúk során világosan kirajzolódtak, nem tartalmazza, csak a vendéglátóipari egységek fejlesztését. Az interjúk készítése óta eltelt időben több helyi élelmiszer alapanyagra épülő vállalkozás kezdte meg működését pl. a Pallagvölgyi biokert, amely zöldségdoboz rendszerrel is működött (<http2>).



Több mikrotérségben említették a szálláshely és szolgáltatásfejlesztést (pl. Drégelypalánk, ahol az egykori lőtér épületét szeretnék múzeummá és szálláshellyé alakítani). A Börzsöny-Duna-Ipoly Vidékfejlesztési Egyesület Helyi Fejlesztési Stratégia 2023-2027 (továbbiakban: Helyi Fejlesztési Stratégia) a turizmus fejlesztését a magántőkére, a helyi, illetve betelepülő vállalkozásokra „hárítja”, a turizmus fejlesztése kapcsán a működő turisztikai szállások fejlesztését nevesíti, desztinációs helyek fejlesztése nem jelenik meg benne. A helyiek számos esetben a tömegközlekedés fejlesztését, az utak javítását, parkolóhelyek kialakítását említették, mint legfontosabb infrastrukturális fejlesztési lehetőségeket, ezek szinte mindegyike megjelenik a Cselekvési Tervben is. A kerékpárutak és ahhoz kapcsolódó mindennemű infrastruktúra kiépítésére számos ötlet felmerült az interjúk során (pl. kölcsönző rendszer kiépítése, túra kerékpárút-hálózat kiépítése, összeköttetés a felvidéki oldallal). A Dunakanyar kiemelt turisztikai fejlesztési térség meghatározásáról, valamint a térségben megvalósítandó egyes fejlesztésekről szóló 1550/2017. (VIII. 18.) Korm. határozatban a Börzsönyi településeket érintő fejlesztések a hálózatos szemléletű turisztikai fejlesztéseket jelentik. A Börzsöny egészére vonatkozó fejlesztési témák (kerékpárút fejlesztések, komplex turisztikai fejlesztések, termék összekapcsolások) nagyvonalakban megfelelnek az interjúkból is megismert igényekkel, ötletekkel. Az Ipoly és a Duna mentén elhelyezkedő települések sok esetben említették a vízi turizmus kiépítésének lehetőségét és erre már kisebb kezdeményezések is vannak, a Cselekvési Tervben a Dunakanyart, mint az egynapos vizitúrák helyszínét említik a szerzők, és kiemelik az Ipoly menti vízi és kerékpáros-túrákat is.

Az interjúkban több olyan infrastrukturális fejlesztési ötlet is megjelent, amely ugyan az elérhetőséget javítja (M2-es út, híd építése) vagy gazdagabb élményeket jelent az odalátogatóknak (libegő, kalandpark), de a tömegturizmus kialakulását segítheti, fokozottabb környezeti terhelést jelent, és a természeti értékek degradációjához vezethet. A tömegturizmus és az infrastrukturális fejlesztések negatív környezeti hatásait védett területeken több szerző említi (Belsoy et al. 2012, Mandić 2020). A helyiek javasolták a sok gépjármű csökkentésére a parkolópontok kialakítását, mely a Cselekvési Tervben is megfogalmazásra került. A Cselekvési Terv a Dunakanyar esetében megemlíti, hogy a közlekedési problémák rendezése elengedhetetlen, hiszen ez az alapja a turizmus továbbfejlődésének, illetve arra is kitér, hogy az ide érkező látogatókat a belső-börzsönyi területek felé kellene orientálni, de konkrétan a tömegturizmust nem említi. A Cselekvési Terv kitér a különböző közlekedésfejlesztési és vonzerőfejlesztési lehetőségekre, de azok lehetséges negatív hatásaira nem utal. A potenciális negatív hatások miatt ezeket a fejlesztéseket érdemes átgondolni, illetve alternatív, fenntartható megoldásokat keresni. Ha mégis a megvalósítás mellett döntenek, akkor pedig a negatív hatások megelőzésére és csökkentésére hangsúlyt kellene fektetni már a tervezési szakaszban. A fejlesztések mellett fontos lenne a Börzsöny látogatómentjét is kialakítani, ahogy erre Halasi-Kovácsné Benkhard (2018) és Benkhard *et al.* (2018) is felhívta a figyelmet.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani az interjúkban részt vevő természetvédelmi, erdészeti, turisztikai szakembereknek, valamint a polgármestereknek.

## Irodalom

- Arany I., Czúcz B., Kalóczkai Á., Kelemen A. M., Kelemen K., Papp J., Papp T., Szabó L., Vári Á., Zólyomi Á. 2017: Mennyit érnek a természet ajándékai? – A Nyárad és Kis-Küküllő menti Natura 2000 területek ökoszisztéma szolgáltatás kutatásának összefoglaló tanulmánya. Marosvásárhely, Románia, p. 74.
- Belsoy, J., Korir, J., Yego, J. 2012: Environmental impacts of tourism in protected areas. *Journal of Environment and Earth Science* 2(10): 64–73.
- Benkhard, B., Előd, R., Mártonné, E. K. 2018: Restrictions or possibilities?: Visitor management in the Börzsöny landscape unit of Danube-Ipoly National Park (Hungary). *Turizam* 22(3): 84–94. DOI: <https://doi.org/10.5937/turizam22-18798>
- Bálint J., Bálint A., Fazekas Zs., Komárominé Holló M., Korenyákné Juhász M. 2007: Innováció, kreativitás, térségi sors és pozitív visszacsatolás a vidékfejlesztésben. Munkabeszámoló. OTKA. p. 12.
- Becse A., Mezősi G., Ádám L., Juhász Á., Marosi S., Somogyi S., Szilárd J., Ambrózy P., Konkolyiné Bihari Z., Király G., Molnár Zs., Bölöni J., Csiky J., Vojtkó A., Rajkai K., Tóth G., Tiner T., Dövényi Z., Michalkó G., Keresztesi Z., Dövényi Z. 2010 (szerk.): Magyarország kistájainak katasztere – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 664–673.
- Csorba P. 2021: Börzsöny. In: Csorba, P. (szerk.): Magyarország kistájai. Meridián Alapítvány, Debrecen, pp. 320–321.
- Farkas T. 2002: Vidékfejlesztés a fejlődéelméletek és a fejlesztési koncepciók tükrében. *Tér és Társadalom* 16(1): 41–57. DOI: <https://doi.org/10.17649/TET.16.1.836>
- Filepné Kovács K. 2016: Ökoszisztéma-szolgáltatások és tájfunkció-elemzés a térségi jövőképzésben. In: Horváth G. (szerk.): Tájhasználat és tájvédelem – kihívások és lehetőségek. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia előadásai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, pp. 25–33.
- Füri A. 2019: Ahol a cincérek élnek - a Duna-Ipoly Nemzeti Park. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 533–541.
- Gonda T., Angler K., Csóka L. 2021: A helyi termékek turizmusban betöltött szerepe. *Marketing és Menedzsment* 55(4): 39–49. DOI: <https://doi.org/10.15170/MM.2021.55.04.04>
- Halasi-Kovácsné Benkhard B. R. 2018: Látogatómonitoring és látogatómenedzsment-vizsgálatok a Központi-Börzsöny területén. Egyetemi doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Informatikai Doktori Iskola, Földtudományi Doktori Iskola, Debrecen, p. 149.
- Havel A., Saláta D., Halász G., Orosz Gy., Tormáné Kovács E. 2022: *A kirándulás, mint kulturális ökoszisztéma-szolgáltatás a Börzsönybe látogatók körében végzett kérdőíves felmérés alapján*. *Természetvédelmi Közlemények* 28: 48–73. DOI: <https://doi.org/10.20332/tvk-jnatconserv.2022.28.48>
- Héra G., Ligeti Gy. 2010: Módszertan – Bevezetés a társadalmi jelenségek kutatásába. Osiris Kiadó, Budapest, p. 371.
- Horváth F., Bölöni J. 2002: Az erdőrezervátumok kutatásszempontrú besorolása és rövid jellemzése 1999-ben. In: Horváth F., Borhidi A. (szerk.): A hazai erdőrezervátum-kutatás célja, stratégiája és módszerei. Természetbúvár Kiadó, Budapest, pp. 276–287.
- Kelemen E., Pataki Gy. 2014: Bevezetés. In: Kelemen E., Pataki Gy. (szerk.): Ökoszisztéma szolgáltatások: A természet- és társadalomtudományok metszéspontjában. Budapest, Gödöllő. pp. 5–13.

- Kertész Z. I. 2019: Bakancsosok, turisták – A turistaság és a téli sportok története a Börzsönyben. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 483–501.
- Koczó J. 2013: Börzsöny anyánk, Ipoly apánk. A határvidék környezet-, gazdálkodás- és életmód története. Vámosmikola, Polski Fiat 125p Klub. p. 401.
- Kovács E., Kelemen E., Pataki Gy. 2011: Ökoszisztéma-szolgáltatások a tudományterületek és a szakpolitikák metszéspontjaiban. Természetvédelmi Közlemények 17: 1–11.
- Kovács E., Kelemen E., Czúcz B. 2014: A természettől a jóllétig: az ökoszisztéma szolgáltatások természet- és társadalomtudományi meghatározottsága. In: Kelemen E., Pataki Gy. (szerk.): Ökoszisztéma szolgáltatások a természet- és társadalomtudományok metszéspontjában. Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Environmental Social Science Research Group (ESSRG), Gödöllő-Budapest, pp. 15–34.
- Kukely Gy., Rác A., Bárdi Á., Fehér B., Varga Gy., Dobozi E., Zábrádi Zs. 2021A: Börzsöny – Dunakanyar térségi aktív turisztikai stratégia: térségi helyzetfelmérés és értékelés. MEGÉRTI -Magyar Energetikai Gazdaságtervező és Értékelő Tanácsadó Iroda Kft., p. 60.
- Kukely Gy., Rác A., Bárdi Á., Fehér B., Varga Gy., Dobozi E., Zábrádi Zs. 2021B: Börzsöny – Dunakanyar térségi aktív turisztikai stratégia: cselekvési terv és projektervek. MEGÉRTI - Magyar Energetikai Gazdaságtervező és Értékelő Tanácsadó Iroda Kft., p. 77.
- Kulcsár L. 1998: Vidékfejlesztés és vidékpolitika Magyarországon. A falu 13(2): 5–15.
- Lengyel L. Z. 2019: Kisvasutak nyomában. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 469–481.
- Mandić, A. (2020). Structuring challenges of sustainable tourism development in protected natural areas with driving force–pressure–state–impact–response (DPSIR) framework. *Environment Systems and Decisions* 40(4): 560–576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09759-y>
- MEA – Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystem and Human Well-being: Synthesis. World Resource Institute, Washington D.C., pp. 137.
- Monspart-Molnár Zs., Pécsi Zs., Vágány Z. 2015: Tájhoz kötődő értékek közösségi gyűjtése. Módszertani kézikönyv Herman Ottó Intézet, Budapest, p. 107.
- MTÜ (Magyar Turisztikai Ügynökség) 2021: Nemzeti Turizmusfejlesztési Stratégia 2030 – Turizmus 2.0. Budapest, p. 542.
- Nagy L. 2019: Hóviharoktól a zivatarokig – A Börzsöny klíma képei. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 97–109.
- Newing H., Eagle C.M., Puri R., Watson C.W. 2011: Conducting research in conservation – A social science perspective. Routledge, New York, p. 376 DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203846452>
- OECD (2001): Territorial Outlook, OECD Publications Service, Paris.
- Oláh M. (szerk.) 2017: A területi tőke és magyarországi dimenziói, NYICITA Alapítvány
- Orosz Gy., Barczy A. 2019: Természeti adottságok szerepe a területfejlesztésben a komplex programmal fejlesztendő magyarországi járások esetében *Tájökológiai Lapok* 17(2): 209–218. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3518>
- Orosz Gy. 2020: Természeti potenciálok térségi használatának vizsgálata és a területi kohézió. Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, p. 188.
- Patton, M. Q. 2002: *Qualitative Research and Evaluation Methods*. Sage Publications, London, p. 598.
- Rechnitzer J., Smaho M. 2011: *Területi politika*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Ruff J., Standovár T. 2019: A természetesség jegyében, mégis gazdaságosan – folyamatos erdőborítás üzemi léptékben. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 579–591.

- Stimson R. J., Stough R. R., Nijkamp P. 2011: Endogenous Regional Development. In: Stimson, R. J., Stough, R. R., Nijkamp, P. (eds.): Endogenous Regional Development: Perspectives, Measurement and Empirical Investigation, Edward Elgar Publisher, Cheltenham, UK, pp. 1-19. DOI: <https://doi.org/10.4337/9781849804783.00006>
- Szeberényi J. 2019: Egy roncsvulkán világa – A Börzsönyi tájak. In: Bartha D., Nagy L., Oroszi S. (szerk.): Vadregényes erdőtáj a Börzsöny. Ipoly Erdő Zrt, Balassagyarmat, pp. 63–86.
- Szóllósi L., Szűcs I., Molnár Sz., Ladányi K. 2014: A helyi kézműves termék-előállítás és -forgalmazás során felmerülő együttműködés lehetőségeinek egyes kiemelt turisztikai vonzerővel rendelkező Erdélyi településeken. Journal of Central European Green Innovation 2(3): 111–134.
- Varga A., Bajomi B. 2021: A természetvédelemben fontos szerepük van az őslakosoknak és a helyieknek. National Geographic Magyarország 5: 7

#### **Hivatkozott jogszabályok:**

- 1550/2017. (VIII. 18.) Korm. határozat a Dunakanyar kiemelt turisztikai fejlesztési térség meghatározásáról, valamint a térségben megvalósítandó egyes fejlesztésekről <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A17H1550.KOR&txtreferer=00000001.txt>
- 429/2020. (IX.14.) Korm. rendelet a turisztikai térségek meghatározásáról <https://njt.hu/jogszabaly/2020-429-20-22>

#### **Internetes források**

- http1: <https://ilovedunakanyar.hu/> (letöltés dátuma: 2023.11.07)
- http2: <https://pallagvolgy.wordpress.com/> (letöltés dátuma: 2023.11.07)

## Links Between the Natural Assets and Development Potential of Börzsöny

A. HAVEL<sup>1,2</sup>, D. SALÁTA<sup>1</sup>, G. HALÁSZ<sup>1,2</sup>, GY. OROSZ<sup>1</sup>, E. TORMÁNÉ KOVÁCS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Environmental Doctoral School,  
Páter Károly u. 1., 2100 Gödöllő, Hungary

<sup>2</sup>Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute for Wildlife Management and Nature Conservation, Department of Nature Conservation and Landscape Management,  
Páter Károly u. 1., 2100 Gödöllő, Hungary,  
e-mail: [alexandra.havel28@gmail.com](mailto:alexandra.havel28@gmail.com)

**Keywords:** Börzsöny mountain, interviews, nature, tourism, local products and services, infrastructure development

**Abstract:** The extent to which local stakeholders can build on natural values in the development of a region can play a major role in the development of small areas rich in natural assets. The main objective of this article is to gather information on what local stakeholder groups in Börzsöny see as the natural values and development opportunities in their area (for the whole Börzsöny and its four sub-regions). Semi-structured interviews were conducted with tourism, nature conservation and forestry professionals and mayors of the Börzsöny mountain region and were analysed using qualitative content analysis. The interviewees mentioned a number of nature related values specific to their close surroundings and general nature-related values for the Börzsöny as a whole. Many of the ideas for development based on natural and landscape values were related to tourism (e.g. nature educational trails, canoeing, the use of local food raw materials (e.g. gastrotourism based on local traditional dishes) and infrastructure development (e.g. extension of the bicycle path network with service points). Our results show that there are many unexploited natural values in Börzsöny that can be used as a basis for development and that there are also ideas for infrastructure development to be implemented. Some of these are already included in the development plans for the region. However, in the case of infrastructure development, there is also a demand for development (e.g. M2 road) which, while improving accessibility, could also lead to the growth of mass tourism and thus jeopardise the status of the natural values. In order to avoid negative impacts, it is recommended that these developments are carefully planned and visitor management is also developed.

*A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*



## Distribution of Heavy Metals in the Coal Mine Waste Dumps Based on Statistical Analysis

POPOVYCH VASYL<sup>1\*</sup>, MENSHYKOVA OLGA<sup>1</sup>, VOLOSHCHYSHYN ANDRIY<sup>1</sup>,  
GENYK YAROSLAV<sup>2</sup>, PETLOVANYI MYKHAYLO<sup>3</sup>, ILKIV BOGDAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lviv State University of Life Safety, Institute of Civil Protection,  
Kleparivska Str., 35, 79000 Lviv, Ukraine

<sup>2</sup>Department of Landscape Architecture, Landscape Gardening and Urban Ecology,  
Ukrainian National Forestry University,  
General Chuprynky str., 103, 79057 Lviv, Ukraine

<sup>3</sup>National Technical University "Dnipro Polytechnic",  
Dmytro Yavornytsky Avenue, 19, 49005 Dnipro, Ukraine,  
e-mail: [popovich2007@ukr.net](mailto:popovich2007@ukr.net)

**Keywords:** waste dump, coal mine, heavy metals, statistical analysis, devastated landscape, landscape ecology

**Summary:** At the UN Climate Change Conference in Glasgow in autumn 2021 (COP26), world leaders and participants decided to phase out coal energy and gradually replace fossil fuels. At COP26, Ukraine has committed to shutting down state-owned coal-fired power plants by 2035, reducing methane emissions by 30% by 2030 and halting deforestation. The waste dumps are also a detrimental factor in coal mining. The determination of the heavy metals content in the waste dumps of coal mines is a topical issue today, as the results of such studies are part of the monitoring of the environmental safety of mining regions. This scientific article considers the results of research on the heavy metals content in the waste dumps and their distribution in one of the largest coal mines in the Lviv-Volyn coal basin – ‘Chervonohradska’ (Ukraine). 2.9 million m<sup>3</sup> of rock have accumulated in the dump since 1971. Every year, 40,000 m<sup>3</sup> of fresh rock is dumped. Samples were taken uniformly from all sides of the dump in places with no vegetation cover. Note that exceeding the maximum allowable concentrations of the studied heavy metals is observed in all areas except for Zn. Statistical analysis of the results of semi-quantitative spectral studies of waste dumps rock at the Chervonohradska mine site was performed using the Statistica 8 applied statistics package. According to the results of more than 50 samples taken at a depth of 0.3 m, the statistical distribution of heavy metals Mn, Pb, Ni, Cu, Zn and Co in the mine dumps was determined, and a correlation analysis was performed. It was found that the distributions of Cu and Zn in dumps are closest to normal. The nonparametric Spearman coefficient (rs) revealed the average level of correlation of the content of heavy metals in the pairs Mn and Ni (rs = 0.46), Mn and Zn (rs = 0.52), Ni and Zn (rs = 0.57), Cu and Zn (rs = 0.49). Chaotic and uneven discharge of rock onto the open area caused uneven substrate deposition of certain chemical elements in the profile of the dump.

### Introduction

The coal industry causes a significant technogenic impact on the environment, affects human health and transforms living conditions regardless of the place or country. The most dangerous factor of environmental degradation is waste dumps. Investigation of

the impact of waste dumps on the human body and biota is conducted in almost all industrialized countries and countries where mineral mines are operated.

At the UN Climate Change Conference in Glasgow in the autumn of 2021 (COP26), world leaders and participants decided to phase out coal energy and gradually replace subsidized fossil fuels. As part of the event, more than 40 countries, including large coal consumers such as Poland, Vietnam and Chile, have agreed to abandon its use. The Glasgow Climate Pact calls on all countries to present more effective national action plans next year, rather than 2025, as previously envisaged. The countries reaffirmed the goal of the Paris Agreement is to keep global average temperatures well below 2 °C and make efforts to limit the temperature rise to 1.5 °C. At COP26, Ukraine has committed to shutting down state-owned coal power plants by 2035, reducing methane emissions by 30% by 2030 and halting deforestation.

Coal waste dump sites, despite their thermal activity, are spontaneously inhabited by vegetation, but how it gets and how it covers the dump depends largely on the shape of the site, the method of construction, exposure and development of surrounding areas, and thermal processes. The sites were dominated by ruderal and meadow species belonging to the classes *Artemisieta* and *Molinio-Arrhenatheretea*, which belong to the transformed biotopes. The investigation has shown that in the case of burning waste dumps, reclamation has no effect if the object is not properly protected from fire (Abramowicz et al. 2021). During self-heating, some chalcophilic elements, such as Hg (mainly present as HgS), Pb, Zn, can be enriched and released, or various organic pollutants such as phenols (derived from vitrinite particles), various PAHs with alkyl substitutes, chlorinated PAHs or sulfur form a heterocycles. Remote sensing techniques have helped to locate and control hotspots with different temperature ranges (Nadudvari et al. 2021).

Nowadays, there are many methods of measuring the temperature of waste heaps. The newest and most popular are pyrometric and remote methods. Fieldwork on the selected coal heap in the Upper Silesian Coal Basin was carried out using pyrometric (point measurements) and remote sensing (thermal imaging) (Abramowicz et al. 2019). Fieldwork has shown that aerial photography helps to predict the direction and speed of fire (Abramowicz et al. 2020).

Scientists (Kribek et al. 2021) found that at a temperature of + 500 °C in the solid residue of heap rock coke and semi-coke appeared. At temperatures <+ 500 °C, the amount of In, Sb, Tl, Zn, As, Mo, Sn, Pb, Se, Hg and Cd in the pyrolysis residue decreased. The melting of sulfides during pyrolysis may be one of the reasons for the high volatility of chalcophilic elements (Silveira et al. 2022).

Analysis of As and potentially toxic metals (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb and Zn) in the surface soil of an old gold mining site in Meldon, Victoria, Australia was performed to determine the current metal concentration. The results revealed the average concentrations of metals from highest to lowest in the following order: Mn > Zn > As > Cr > Cu > Pb > Ni > Co > Hg > Cd. Site status was assessed directly by comparing the metal concentration in the study area with the known average soil levels in Australia

and Victoria and the sanitary study levels established by various organizations (Abraham et al. 2018).

The results of studies (Chen et al. 2021) showed that biocarbon media showed a markedly high ability to bind metals and neutralize acidity, support significantly better plant growth and mitigate the transfer of metal from plant roots to shoots. The addition of organic liquid waste (domestic wastewater and plant straw hydrolysis mixture) stimulated the recovery of nutrient sulfate after 40 days of adaptation to effectively remove many heavy metals from mountain wastewater.

The aim of the research of Woch et al. (2018) was to evaluate the relationships between vegetation, physicochemical and microbial properties of the substrate at the sites of coal ash dump and sludge. The properties of ash and sludge negatively affected microbial biomass and enzymatic activity, as evidenced by significant negative correlations between alkaline/alkaline earth metals, heavy metals and macronutrients with enzymatic activity and/or microbial biomass, and positive correlations of these parameters with metabolic coefficient ( $qCO_2$ ).

The research (Popovych et al. 2019a, 2019b; Bosak et al. 2020) considers the features of the Lviv-Volyn coal basin as a center of industrial development in Western Ukraine. Dumps of the mines have high acidity and a significant content of various salts and sulfate ions. The high mineralization of wastewater is due to the movement to water collection points and the interaction of such water with waste heaps.

In Kalybekov et al. (2020) the technological scheme of bulldozer dump formation is substantiated taking into account the suitability of rocks for reclamation purposes, which reduces the negative impact of mining on the environment. In (Linhares et al. 2019) a mathematical model of the process of pollutants filtering through the soil is developed and recommendations for environmentally friendly storage and processing of phosphogypsum waste are provided.

The analysis of the influence of mechanical equipment for reclamation works on the quality of the lands, which pertains to reproduction in the case of open mining operations was carried out by Terekhov et al. (2021). A methodical approach to the choice of mechanization of land reclamation works according to the quality of technogenic agricultural lands as a factor of their monetary value and the level of costs for their reproduction is proposed.

The results of research (Karimaei et al. 2020) have shown that untreated coal waste particles can potentially be reused in the production of concrete aggregates. It was also confirmed that choosing the right amount of replacement can help improve the properties of concrete and also offer an environmentally friendly solution for the reduction of untreated coal waste.

'Recommendations for substantiation of parameters of pond accumulative capacity recovery using hydro mechanization' and 'Methods for calculating parameters of hydro transportation of highly concentrated hydro mixtures' are developed (Blyuss et al. 2020), which can be useful for design organizations and mining and metallurgical enterprises to provide additional volumes of raw materials and increase the service life of tailings.



In Welch et al. (2021) five important elements that should be included in the study of best practice are declared. There are climatic conditions, physical characteristics of the dump, geochemical processes, water regime and environmental impact over time, as water emissions of COIs from coal dumps occur over decades or centuries. Key considerations have been identified for each of these elements to guide best practice.

The analysis of scientific sources on the study of other types of dumps in different climatic zones showed that all of them cause man-made pressure on the environment. Also, the results of research by scientists indicate the need for reclamation of disturbed areas.

Thus, the investigation of heavy metal content in the rock of coal mines is a topical issue today, as the results of such research are part of the monitoring of the environmental safety of mining regions. In this paper, we are to consider the content of heavy metals in the heap and their distribution in one of the largest coal mines in the Lviv-Volyn coal basin – Chervonohradska.

### **Materials and methods**

Samples of waste heaps edaphotops were taken following the State Standard of Ukraine (DSTU ISO 10381-1: 2004).

The research was carried out in the Research Laboratory (RL) of Environmental Safety, which operates at the Lviv State University of Life Safety (Lviv, Ukraine). Certificate of conformity of the measurement management system RA091/21 dated 30.11.2021, valid until 29.11.2026, issued by SE 'Lvivstandardmetrologiya'. Regulations on RL are developed based on the normative document: 'Procedure for voluntary assessment of the measurement management system. General requirements and procedure. COY 43.01-04725912-001.2016' (order of the State Enterprise 'Lvivstandardmetrologiya' dated 21.03.2016 No. 648). The premises and environment of the laboratory meet the sanitary norms, rules and requirements of labor protection. Also in the Central Research Laboratory and Laboratory of Industrial Toxicology of Lviv National Medical University named after Danylo Halytsky (Lviv, Ukraine) the content of heavy metals in the rock of coal mines was studied (Certificate No. RL 086/17 dated 26.06.2017 on the compliance of the measurements control system to the requirements of DSTU ISO 10012:2005). Testing and auxiliary equipment, measuring equipment and materials of the laboratory of environmental safety meet the requirements of regulatory documentation, and are certified following DSTU 3215-95, DSTU 2708: 2006. The content of heavy metals in the samples was determined using an atomic adsorption electro-spectrophotometer.

Statistical analysis of the results of semi-quantitative spectral measurements of waste heap rocks at the Chervonohradska mine was performed using the Statistica 8 applied statistics package. According to the analysis of more than 50 samples taken at a depth of 0.3 m, the statistical distribution of heavy metals content (Mn, Pb, Ni, Cu,

Zn, Co) in the mine dumps was determined, and a correlation analysis was also performed. Samples were taken uniformly from all sides of the dump in places with no vegetation cover.

### Climatic conditions of the environment

The region of Maly Polissya is characterized by low atmospheric pressure and high humidity. The predominant Atlantic air masses, combined with the influence of many meteorological factors, cause frequent, sometimes heavy rains, rapid weather changes and unstable snow cover. It has been established (Bosak et al. 2020) that as a result of precipitation and heavy rains, chlorides, hydrocarbons, sulfates and other pollutants are leached from the heaps of coal mines, which pose a significant environmental hazard to the environment.

Chervonohradska Mine (until 2001 – Chervonohradska Mine No. 2) – occupies part of the Mezhyrichansk and Zahidny Bug deposits of the Lviv-Volyn coal basin. The mine is located in the city of Chervonohrad, Lviv region (Ukraine) (Biletsky 2020). At a distance of 550 m north of the mine on the forest-like loams of the Volyn upland and the slope with absolute marks of 205–210 m there is a concentrated heap with an area of 142,000 m<sup>2</sup> and a height of 10 m to 33 m (Figure 1.).

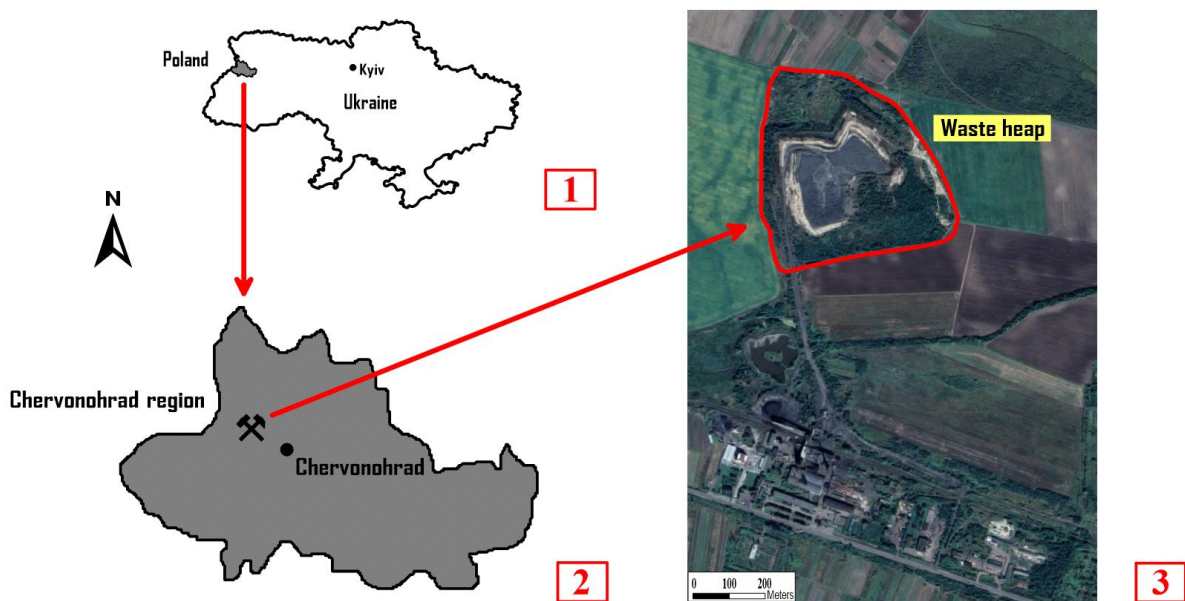


Figure 1 Layout of the Chervonohradska coal mine and waste heap within it: 1 – location of the Chervonohrad mining district on the map of Ukraine; 2 – designation on the map of the mining area of the Chervonohradska mine; 3 – image of the waste heap of the mine using Google Maps

1. ábra. A cservonohradszkai szénbánya és a benne lévő hulladékhegy elrendezése: 1 – a cservonohradi bányakerület elhelyezkedése Ukrajna térképén; 2 – elhelyezkedése a Chervonohradska bánya bányaterületének térképén; 3 – a bánya szemétdombjának képe a Google Maps segítségével

Atmospheric precipitation from the heap through the network of brooks falls directly into the streams and reclamation canals of the Buh and Solokia rivers (Lviv region). The heap is partially reclaimed (Karabyn et al. 2019).

## Results and Discussion

The following heavy metals were selected for normal distribution studies: Mn, Pb, Ni, Cu, Zn and Co. The maximum allowable concentrations (MAC) of gross forms of heavy metals are Mn 1500 mg/kg, Pb 32 mg/kg, Ni 85 mg/kg, Cu 55 mg/kg, Zn 100 mg/kg, Co 50 mg/kg (Kuraeva et al. 2012). Note that exceeding the maximum allowable concentrations of the studied heavy metals is observed in all areas except for Zn. Statistics of heavy metals content in the dumps of the Chervonohradska mine are shown in Table 1.

Table 1 Summary statistics of heavy metals content in the dumps of Chervonohradska mine

1. táblázat Összefoglaló statisztikák a Chervonohradska bánya lerakóinak nehézfém-tartalmáról

Variable	Descriptive statistics					
	Valid N	Mean	Median	Minimum	Maximum	Std. Dev.
Mn	52	1294.506	1175	360	3800	681.125
Pb	52	45.773	39.93	1.95	154	33.587
Ni	52	51.237	50.7	11.2	154	25.706
Cu	52	77.313	69.5	6.1	214.4	44.446
Zn	52	40.869	37.9	25.5	77	11.477
Co	52	1320.186	47.6	9.3	17100	4323.271

Abnormally high and uneven Co content is observed, for which data range from 9.3 mg/kg to 17100 mg/kg. This uneven content of Co in the rock may be caused by the fact that the rock extracted from the mine at depths of 800 m to 1100 m is dumped chaotically in different parts of the dump, namely, according to the principle – filling landslides and faults in the waste heap. The migration of Co in the thickness of the waste heap depends on such indicators as pH, organic matter content, free Fe, and total Mn. The investigation of Co and its migration is described in detail in (Luo et al. 2010), establishing the bioavailability of cobalt and its transfer from soil to vegetables and rice. Among the 312 soils harvested from vegetable and rice fields in suburban areas of some large cities in Fujian Province, southeast China, the total Co content in soil ranged from 3.5 mg/kg to 21.7 mg/kg, indicating a small accumulation compared to the background value of the province.

An imbalance of essential elements, like Co, in the soil can affect the health of grazing plants and animals, and thus humans. In the specific geological context of the Azores the assessment of cobalt concentration in volcanic soils has been conducted to predict the risk of cobalt deficiency in animals and humans (Linhares et al. 2019).

Thus, the uneven distribution of Co is inherent in natural landscapes of volcanic origin, especially pastures, as it is noted in China and Spain.

In our case, descriptive statistics and Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilko tests give grounds for rejecting the assumption of normal distribution of heavy metals in waste heaps under investigation. The distributions of Cu (Figure 2.) and Zn in dumps (Figure 3.) are closest to normal.

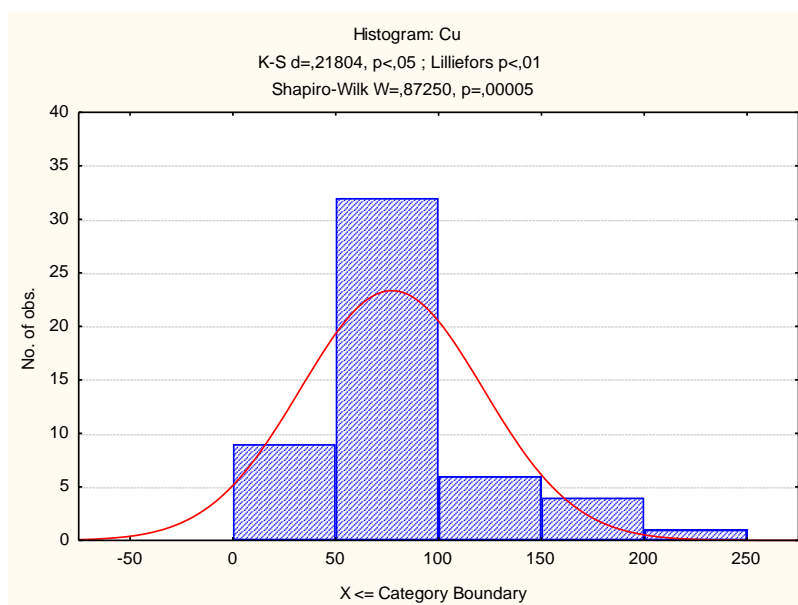


Figure 2 Approximation to the normal distribution of Cu in the waste heap of the Chervonohradka mine

2. ábra. A Cu normál eloszlásának közelítése a hulladékhegyben Chervonohradka bányá

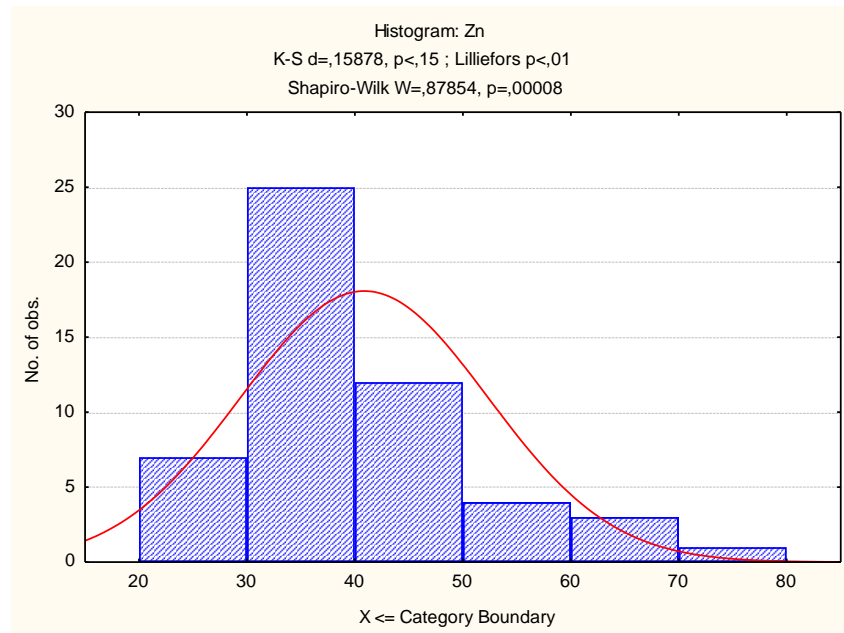


Figure 3 Approximation to the normal distribution of Zn in the waste heap of the Chervonohradka mine

3. ábra. A Zn normál eloszlásának közelítése a hulladékhegyben Chervonohradka bányá

The nonparametric Spearman coefficient ( $r_s$ ) revealed the average level of correlation of the heavy metals content in the pairs Mn and Ni ( $r_s = 0.46$ ), Mn and Zn ( $r_s = 0.52$ ), Ni and Zn ( $r_s = 0.57$ ), Cu and Zn ( $r_s = 0.49$ ) (Table 2.).

Table 2 Correlation coefficients of the investigated heavy metals in the waste heap of the Chervonohradka mine

2. táblázat. A vizsgált nehézfémek korrelációs együtthatói a Chervonohradka bányá hulladékhegyében

Variable	Mn	Pb	Ni	Cu	Zn	Co
Mn	1.00	0.12	0.46	0.33	0.52	0.11
Pb	0.12	1.00	0.43	0.37	0.41	0.09
Ni	0.46	0.43	1.00	0.69	0.58	0.26
Cu	0.33	0.37	0.69	1.00	0.49	0.06
Zn	0.52	0.41	0.58	0.49	1.00	-0.07
Co	0.11	0.09	0.26	0.06	-0.07	1.00

The highest level of correlation is in the pair of Ni and Cu ( $r_s = 0.69$ ) (Figure 4.).

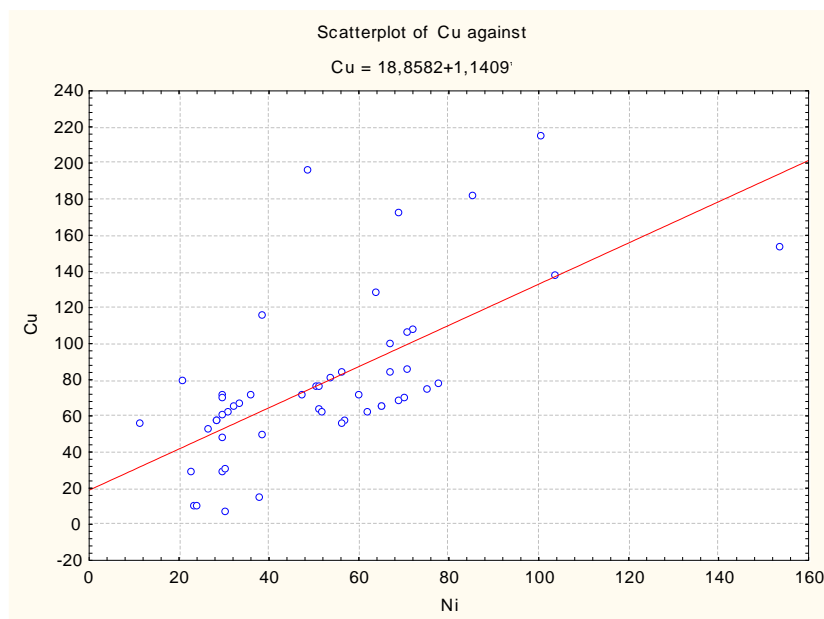


Figure 4 High correlation between Ni and Cu content ( $r_s = 0.69$ ) in the dump rock

4. ábra. Magas korreláció ( $r_s = 0,69$ ) a Ni- és Cu-tartalom között a lerakó kőzetben

Heterogeneity of normal distribution and concentration of heavy metals in the rock was observed (Álvarez et al. 2003). Concentrations of various forms of heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Cd and Pb) were determined (Álvarez et al. 2003) in the dump matter, rich in chalcopyrite. Concentrations of different forms of heavy metals were compared with concentrations in natural vegetation colonizing the landfill.

In general, the concentrations of heavy metals in soils decrease exponentially with distance from the dump, mainly due to water scattering and topography (Jung et al. 1996). Extractive soils with a high content of heavy metals have negatively affected the growth and yield of radishes (*Raphanus sativus* L.), while the adjustment to organic fertilizers has reduced the availability of heavy metals, increased radish growth and minimized risks to human health. Among the selected organic fertilizers, vermicompost was more effective and reduced the absorption of Cd, Cr, Pb and Mn by 32.5, 50.25, 44.50 and 42.25%, respectively, improved radish growth, food quality and reduced health risks (Alam et al. 2020).

In similar research (Wahsha et al. 2012), the total concentration of six potentially toxic metals (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn and Fe) in soil and plant samples of the three dominant willow species (*Salix purpurea* L., *Salix caprea* L. and *Salix eleagnos* Scop.) was determined. Samples were collected from abandoned dumps of mixed sulfides (Imperina Valley, northeastern Italy). The results show that there is a growing need for further research projects, focusing mainly on the mechanisms by which such willows can survive in contaminated soils.

In our case, the average correlation between Ni and Mn ( $r_s = 0.46$ ), Zn and Mn ( $r_s = 0.52$ ), Zn and Ni ( $r_s = 0.58$ ), Cu and Zn and  $r_s = 0.49$ ) (Figure 5–8) was detected, which is evidence of the chaotic dumping of the rock and the likely impact of precipitation, pH of the substrate, microclimate on the concentration of heavy metals, as it was described earlier.

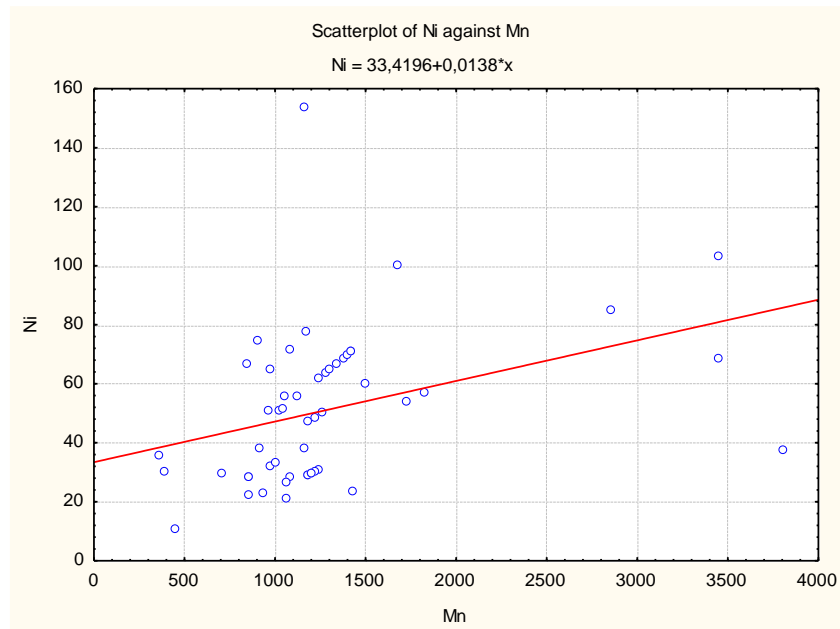


Figure 5 The average correlation between the content of Ni and Mn ( $r_s = 0.46$ ) in the dump rock

5. ábra. Az átlagos korreláció a kőzet nikkeltartalmával és mangántartalmával között ( $r_s = 0,46$ )

In general, in our case, the correlation between heavy metals in the rock is below average value, and in 1/3 of cases, there is no trace at all.

Obtained values of correlation analysis coincide with the research (Terekhov et al. 2021), which is devoted to the distribution and mobility of heavy metals (Fe, Mn, Cu, Zn and Cd) in the surrounding soils of the mine and their transfer to wild flora. Soils and plants were sampled from a mining valley in northwestern Madrid, Spain; total and extracted heavy metals were analyzed.

High Cd and Zn concentrations were found in the aerial parts of *Hypericum perforatum* (Cd), *Salix atrocinerea* (Cd, Zn) and *Digitalis thapsi* (Cd, Zn). The authors declare that the article (Moreno-Jiménez et al. 2009) is the first report on the ability of the two latter species of plants to accumulate heavy metals.

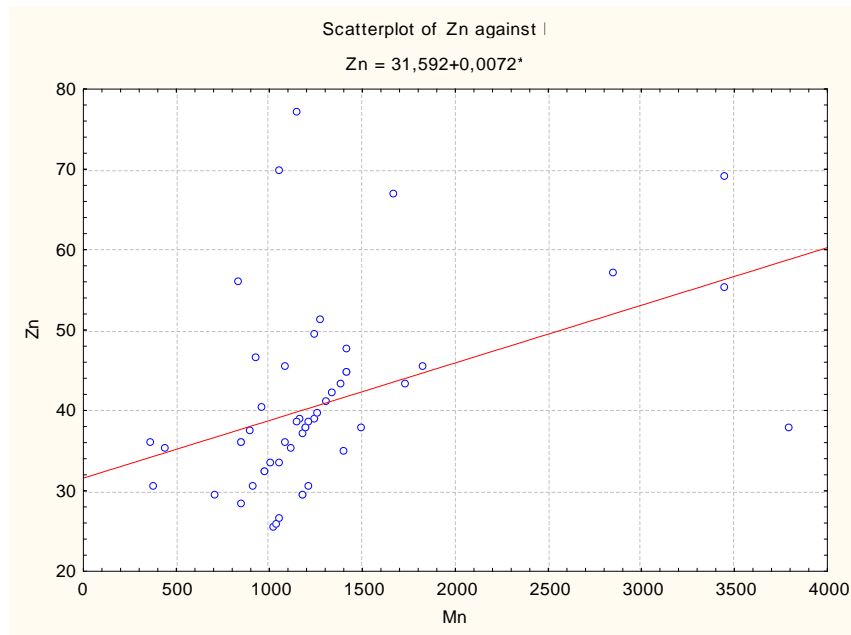


Figure 6 The average correlation between the content of Zn and Mn ( $r_s = 0.52$ ) in the dump rock

6. ábra. Az átlagos korreláció a Zn- és Mn-tartalom között ( $r_s = 0,52$ ) a kőzetben

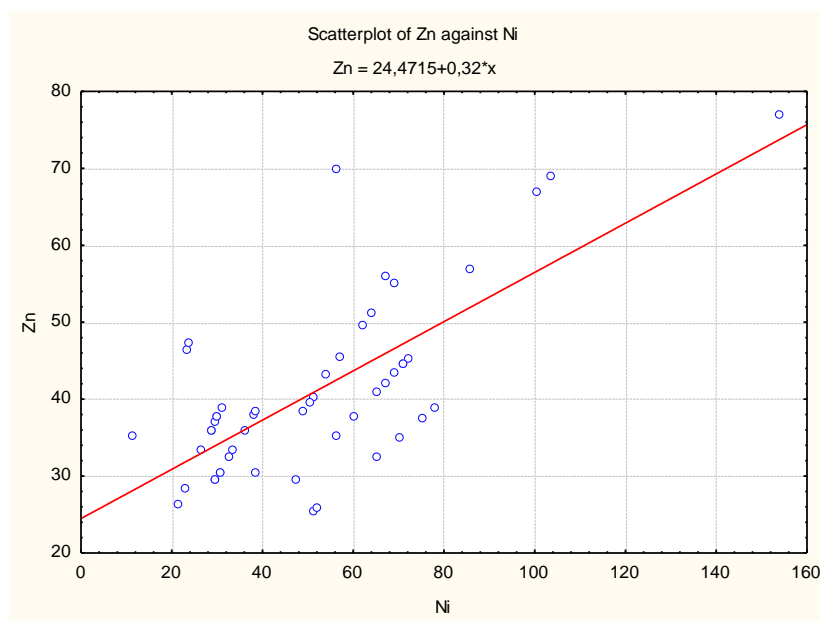


Figure 7 The average correlation between the content of Zn and Ni ( $r_s = 0.58$ ) in the dump rock

7. ábra. Az átlagos korreláció a Zn- és Ni-tartalom között ( $r_s = 0,58$ ) a lerakó kőzetben



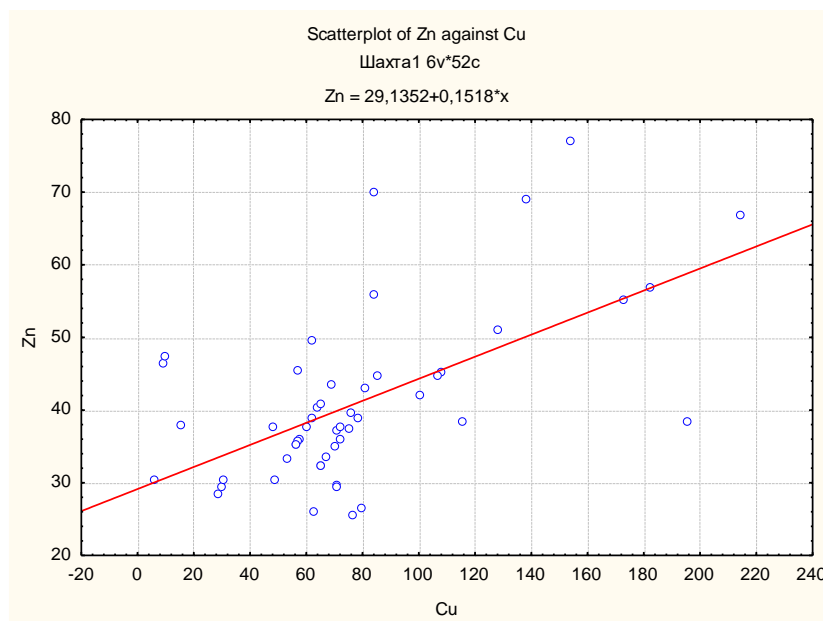


Figure 8 The average correlation between the content of Cu and Zn ( $r_s = 0.49$ ) in the dump rock

8. ábra. Az átlagos korreláció a réz- és cink-tartalom között ( $r_s = 0,49$ ) a lerakó kőzetben

The phytoremediation capacity of *S. atrocinerea* for Cd and Zn was estimated, obtaining time intervals that could be considered suitable for phytoextraction of contaminated soils. So far, in our case, the determination of the heavy metals content in vegetation is in the future.

## Conclusions

The content of Mn, Pb, Ni, Cu, Zn and Co in the heap rock of the Chervonohradska coal mine of the Lviv-Volyn coal basin (Ukraine) was studied. The average content of Pb, Ni and Co exceeded the MAC. Abnormally high and uneven Co content was detected, for which data range from 9.3 mg/kg to 17100 mg/kg. It was found that the Cu and Zn distributions in dumps are closest to normal. The nonparametric Spearman coefficient ( $r_s$ ) revealed the average level of correlation of the content of heavy metals in the pairs Mn and Ni ( $r_s = 0.46$ ), Mn and Zn ( $r_s = 0.52$ ), Ni and Zn ( $r_s = 0.57$ ), Cu and Zn ( $r_s = 0.49$ ).

The determination of the heavy metals content in the rock of coal mine dumps is important in terms of the selection of vegetation for reclamation work, which will improve the quality of the environment and increase the regional environmental safety of coal mining complexes.

The obtained results of heavy metals distribution should be compared to the content of these elements in the vegetation developing in the research areas. Also, the data of correlation analysis will allow us to describe statistically the level of heavy metals absorption by vegetation from the substrate. That is the aim of our further research.

## References

- Abraham, J., Dowling, K., Florentine, S. 2018: Assessment of potentially toxic metal contamination in the soils of a legacy mine site in Central Victoria, Australia. *Chemosphere* 192: 122–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.150>
- Abramowicz, A., Chybiorz, R. 2019: Fire detection based on a series of thermal images and point measurements: the case study of coal-waste dumps. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-1/W2*: 9–12. DOI: <https://doi.org/10.5194/is-prs-archives-XLII-1-W2-9-2019>
- Abramowicz, A., Chybiorz, R. 2020: Identification of fire changes using thermal IR images: the case of coal-waste dumps. *Proceedings of the 15th Quantitative InfraRed Thermography Conference*, 114. DOI: <https://doi.org/10.21611/qirt.2020.114>
- Abramowicz, A., Rahmonov, O., Chybiorz, R. 2021: Environmental Management and Landscape Transformation on Self-Heating Coal-Waste Dumps in the Upper Silesian Coal Basin. *Land* 10: 23. DOI: <https://doi.org/10.3390/land10010023>
- Alam, M., Hussain, Z., Khan, A., Khan, M. A., Rab, A., Asif, M., Shah, M.A., Muhammad, A. 2020: The effects of organic amendments on heavy metals bioavailability in mine impacted soil and associated human health risk. *Scientia Horticulturae* 262: 109067. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109067>
- Álvarez, E., Fernández Marcos, M.L., Vaamonde, C., Fernández-Sanjurjo, M.J. 2003. Heavy metals in the dump of an abandoned mine in Galicia (NW Spain) and in the spontaneously occurring vegetation. *Science of The Total Environment*, 313(1–3): 185–197. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00261-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00261-4)
- Biletsky, V.S. 2004. Mining encyclopedic dictionary. Oriental Publishing House 3: 752. (In Ukrainian).
- Blyuss, B., Semenenko, Ye., Medvedieva, O., Kyrychko, S., Karatayev, A. 2020: Parameters determination of hydromechanization technologies for the dumps development as technogenic deposits. *Mining of Mineral Deposits* 14(1): 51–61. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining14.01.051>
- Bosak, P., Popovych, V., Stepova, K., Dudyn, R. 2020: Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn Coal basin. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences* 2(440): 48–54. DOI: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>
- Chen, J., Deng, S., Jia, W., Li, X., Chang, J. 2021: Removal of multiple heavy metals from mining-impacted water by biochar-filled constructed wetlands: Adsorption and biotic removal routes. *Biore-source Technology* 331: 125061. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125061>
- Jung, M.C., Thornton, I. 1996: Heavy metal contamination of soils and plants in the vicinity of a lead-zinc mine, Korea. *Applied Geochemistry* 11(1–2): 53–59. DOI: [https://doi.org/10.1016/0883-2927\(95\)00075-5](https://doi.org/10.1016/0883-2927(95)00075-5)
- Kalybekov, T., Rysbekov, K., Sandibekov, M., Bi, Y.L., Toktarov, A. 2020: Substantiation of the intensified dump reclamation in the process of field development. *Mining of Mineral Deposits*, 14(2): 59–65. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining14.02.059>
- Karabyn, V., Popovych, V., Shainoha, I., Lazaruk, Y. 2019: Long-term monitoring of oil contamination of profile-differentiated soils on the site of influence of oil-and-gas wells in the central part of the Boryslav-Pokuttya oil-and-gas bearing area. *Petroleum and Coal* 61(1): 81–89.
- Karimaei, M., Dabbaghi, F., Sadeghi-Nik, A., Dehestani, M. 2020: Mechanical performance of green concrete produced with untreated coal waste aggregates. *Construction and Building Materials* 233: 117264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117264>
- Kribek, B., Bicakova, O., Sykorova, I., Havelcova, M., Veselovsky, F., Knesl, I., Meszarosova, N. 2021: Experimental pyrolysis of metalliferous coal: a contribution to the understanding of pyrometamorphism of organic matter and sulfides during coal waste heaps fires. *International Journal of Coal Geology* 245: 103817. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103817>

- Kuraeva, I.V., Roga, I.V., Sorokina, L. Yu., Golubtsov, O.G. 2012: Estimation of heavy metals content and conditions of their migration in agro-landscapes of Ternopil region. *Ukrainian Geographical Journal* 3: 25–33. (In Ukrainian)
- Linhares, D., Pimentel, A., Borges, C., Cruz, J.V., Garcia, P., Rodrigues, A. dos S. 2019: Cobalt distribution in the soils of São Miguel Island (Azores): From volcanoes to health effects. *Science of The Total Environment* 684: 715–721. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.359>
- Luo, D., Zheng, H., Chen, Y., Wang, G., Fenghua, D. 2010: Transfer characteristics of cobalt from soil to crops in the suburban areas of Fujian Province, southeast China. *Journal of Environmental Management* 11: 2248–2253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.06.001>
- Moreno-Jiménez, E., Peñalosa, J.M., Manzano, R., Carpena-Ruiz, R.O., Gamarra, R., Esteban, E. 2009: Heavy metals distribution in soils surrounding an abandoned mine in NW Madrid (Spain) and their transference to wild flora. *Journal of Hazardous Materials* 162(2–3): 854–859. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.109>
- Moshynskiy, V., Malanchuk, Z., Tsybaliuk, V., Malanchuk, L., Zhomyruk, R., Vasylychuk, O. 2020: Research into the process of storage and recycling technogenic phosphogypsum placers. *Mining of Mineral Deposits* 14(2): 95–102. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining14.02.095>
- Nadudvari, A., Abramowicz, A., Ciesielczuk, J., Cabala, J., Misz-Kennan, M., Fabianska, M. 2021: Self-heating coal waste fire monitoring and related environmental problems: case studies from Poland and Ukraine. *Journal of Environmental Geography* 14(3–4): 26–38. DOI: <https://doi.org/10.2478/jengeo-2021-0009>
- Petlovanyi, M.V., Zubko, S.A., Popovych, V.V., Sai, K.S. 2020: Physicochemical mechanism of structure formation and strengthening in the backfill massif when filling underground cavities. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii* 6: 142–150. DOI: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2020-133-6-142-150>
- Popovych, V., Stepova, K., Voloshchyshyn, A., Bosak, P. 2019: Physico-chemical properties of soils in Lviv – Volyn coal basin area. *E3S Web of Conferences*: 10502002. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502002>
- Popovych, V., Voloshchyshyn, A. 2019: Features of temperature and humidity conditions of extinguishing waste heaps of coal mines in spring. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences* 4(436): 230–237. DOI: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.118>
- Silveira, F.A.O., Rossatto, D.R., Heilmeyer, H., Overbeck, G.E. 2022: Fire and vegetation: Introduction to the special issue. *Flora* 286: 151985. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151985>
- Terekhov, Ye., Litvinov, Yu., Fenenko, V., Drebenstedt, C. 2021: Management of land reclamation quality for agricultural use in opencast mining. *Mining of Mineral Deposits* 15(1): 112–118. DOI: <https://doi.org/10.33271/mining15.01.112>
- Wahsha, M., Bini C., Argese, E., Minello, F., Fontana, S., Wahsheh, H. 2012: Heavy metals accumulation in willows growing on Spolic Technosols from the abandoned Imperina Valley mine in Italy. *Journal of Geochemical Exploration* 123: 19–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.07.004>
- Welch, C., Barbour, S.L., Hendry, M.J. 2021: The geochemistry and hydrology of coal waste rock dumps: a systematic global review. *Science of The Total Environment* 795: 148798. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148798>
- Woch, M.W., Radwańska, M., Stanek, M., Łopata, B., Stefanowicz, A.M. 2018: Relationships between waste physicochemical properties, microbial activity and vegetation at coal ash and sludge disposal sites. *Science of The Total Environment* 642: 264–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.038>

## Nehézfémek elosztása a szénbányák hulladéklerakóiban statisztikai elemzés alapján

POPOVYCH VASYL<sup>1\*</sup>, MENSZYKOVA OLGA<sup>1</sup>, VOLOSHCHYSHYN ANDRIY<sup>1</sup>,  
GENYK YAROSLAV<sup>2</sup>, PETLOVANYI MYKHAYLO<sup>3</sup>, ILKIV BOGDAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lviv Állami Életbiztonsági Egyetem, Polgári Védelmi Intézet,  
Kleparivska Str., 35, 79000 Lviv, Ukrajna

<sup>2</sup> Ukrán Nemzeti Erdészeti Egyetem Tájépítészeti, Tájkertészeti és Városökológiai Tanszék,  
General Chuprynyky str., 103, 79057 Lviv, Ukrajna

<sup>3</sup> Dnyipro Polytechnic" Nemzeti Műszaki Egyetem,  
Dmytro Yavornytsky Avenue, 19, 49005 Dnipro, Ukrajna,  
e-mail: [popovich2007@ukr.net](mailto:popovich2007@ukr.net)

**Kulcsszavak:** hulladéklerakó, szénbánya, nehézfémek, statisztikai elemzés, elpusztított táj, tájökológia

**Absztrakt:** Az ENSZ 2021 őszi Glasgow-i Klímaváltozási Konferenciáján (COP26) a világ vezetői és résztvevői úgy döntöttek, hogy fokozatosan megszüntetik a szénenergiát, és fokozatosan felváltják a fosszilis tüzelőanyagokat. A COP26-on Ukrajna vállalta, hogy 2035-ig leállítja az állami tulajdonú széntüzelésű erőműveket, 2030-ra 30%-kal csökkenti a metánkibocsátást, és megállítja az erdőirtást. A hulladéklerakók a szénbányászatban is káros tényezőt jelentenek. A szénbányák hulladéklerakóiban a nehézfém-tartalom meghatározása napjainkban is aktuális téma, hiszen az ilyen vizsgálatok eredményei a bányavidékek környezetbiztonságának monitorozásának részét képezik. Ez a tudományos cikk a hulladéklerakók nehézfém-tartalmával és azok eloszlásával kapcsolatos kutatások eredményeivel foglalkozik a Lviv-Volyn szénmedence egyik legnagyobb szénbányájában, a „Chervonohradskában” (Ukrajna). 1971 óta 2,9 millió m<sup>3</sup> kőzet halmozódott fel a lerakóban. Évente 40 000 m<sup>3</sup> friss kőzet kerül lerakásra. A mintákat egyenletesen vettük a szemétkerakó minden oldaláról, növénytakaró nélküli helyekről. Megjegyzendő, hogy a vizsgált nehézfémek megengedett maximális koncentrációjának túllépése a Zn kivételével minden területen megfigyelhető. A Chervonohradka bánya területén található hulladéklerakók kőzeteinek szemikvantitatív spektrális vizsgálatainak eredményeinek statisztikai elemzését a Statistica 8 alkalmazott statisztikai csomag segítségével végeztük. Több mint 50; 0,3 m mélységben vett minta eredménye alapján meghatároztuk a bányatárolókban található nehézfémek Mn, Pb, Ni, Cu, Zn és Co statisztikai eloszlását, valamint korrelációs elemzést végeztünk. Megállapítást nyert, hogy a réz és a cink eloszlása a szemétkerakókban van a legközelebb a normálhoz. A nem-parametrikus Spearman-koefficiens (rs) feltárta a nehézfém-tartalom átlagos korrelációs szintjét a Mn és Ni (rs = 0,46), Mn és Zn (rs = 0,52), Ni és Zn (rs = 0,57), valamint a Cu és Zn (rs = 0,49) párokban. A kaotikus és egyenetlen kőzetkibocsátás a szabad területre bizonyos kémiai elemek egyenetlen szubsztrátumlerakódását okozta a lerakó profiljában.

*A műre a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*



## A Review and Categorization of Rain Depth and Rainfall Intensity Measurement Methods

TIBOR RÁCZ, ISTVÁN WALTNER

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Environmental Sciences, Department for Hydrology and Climate Adaptation, Páter Károly u. 1., 2100 Gödöllő, Hungary,

e-mail: [Racz.Tibor.Ferenc@uni-mate.hu](mailto:Racz.Tibor.Ferenc@uni-mate.hu), [Waltner.István@uni-mate.hu](mailto:Waltner.István@uni-mate.hu)

**Keywords:** rainfall, measurement, accuracy, classification

**Abstract:** One of the essential factors shaping the Earth's surface and maintaining the life that has developed there is water. Water has a significant influence on the safety of human activity as well. The source of the surface water is mainly rainfall. Measuring the amount of rain has been an important issue for millennia and has become a scientifically based activity in the last few centuries. In the recent period, several methods have been developed for measuring and detecting precipitation and precipitation intensity, which provide data at different levels of accuracy. In addition to meteorologists and hydrologists, many disciplines use precipitation data included in professional publications without evaluating their accuracy. To evaluate the accuracy of precipitation data originating from a certain data source, the user needs to know its accuracy category and reliability. This article serves this purpose by presenting the rainfall measurement procedures from traditional catching measurements to radar, from satellite-based remote sensing to acoustic measurements, and estimation based on lightning statistics. It also presents the described procedures in tabular form, through which the user of the precipitation data can get an idea of the applied data's accuracy.

### Introduction

Water lends a unique character to the Earth in the known world; its presence on the surface, in the near-surface crust, and especially in the atmosphere makes the Earth livable. Water is a transport medium for materials, substances and energy. Water is also vital in developing the landscape as a scene of ecological processes and in the human activity that shapes it.

The primary source of surface and near-surface water bodies is precipitation, in most cases. The amount of liquid precipitation is important in the simple replenishment of the medium that allows the life of the living material or causes damages during the runoff on the surface. These effects make it important to quantify rainwater and to analyze water recharge. Although water and precipitation provide the revenue side of environmental water use in many forms, such as dew, hoarfrost, and snow, this article deals with liquid precipitation focusing on its measurement methods. The importance of rainfall measurement is underlined by the demand for production safety and human life protection due to extreme phenomena.

Measurement of rainfall has accompanied the history of humankind. In this essay, an overview of the primary measurement methods is given, drawing attention to their

accuracy and accessibility to practice which is going to be a limitation, as well. This article aims to present precipitation observation methods to those who are unfamiliar with meteorological measurement procedures, especially regarding the methods' accuracy issues, summarizing the results in a table.

Before the procedures are described, the units of precipitation measurement are reviewed. The amount of precipitation should always be tied to time. The measurement of precipitation is the measurement of the volume flux of precipitation at a certain time. The World Meteorological Organization defines rainfall intensity as the amount of precipitation collected per unit time interval (WMO 1992). In practice, it is not usual to mention that the precipitation intensity is the flux of the precipitation yield, so the volume flow and water flow are interpreted on a unit surface in a unit time. It is important to remember that the amount of precipitation in millimeters, or the depth of rain, is not a measure of length, but a volume of precipitation per unit area in a unit time, so its real unit is [ $10^{-3}m^3/(m^2 \cdot s)$ ]. From a practical point of view, if the question is the volume of rainfall, the significance of the time seems to be small. The intensity of rainfall is the most important for short-term precipitation; hereafter, the rainfall intensity concept is concerned with the short, at most some hours duration rainfalls, but most characteristically, one-hour duration.

## **Measurement techniques of rainfall and rainfall intensity**

### **Typology of rainfall measurement techniques**

#### **Direct, in situ measurements**

The most obvious way of measuring rainfall or rainfall intensity is the direct collecting of the rainfall amount to be measured. The amount of rainfall is determined by the measurement of its volume or mass (weight). The direct measurement methods are those when rain is caught, and collected in a pot and the quantity of the collected rainwater is measured in some way (volume or mass measurement). The direct measurements take place at a point where the gauge is (point measurement), and the gained data is related exactly to the rain gauge site. The amount and intensity of rain vary from point to point, and this spatially and temporally varying phenomenon makes the rain field. The direct measurement devices cannot show the entire rain field, since the measurement units can collect data in a certain point only, but their data must represent some more extended part of the rain field. There can be an assumption of the equality of rainfall amount in a certain radius around the gauge, or there can be assumed some kind of variation of rain depth by the distance. The equality of rain depth within a few km circles around the gauge can be a relatively reasonable assumption in low-intensity rains, but the reliability of this is quite reduced for heavy rainfalls.

**Indirect measurements and estimations, rain field measures**

The indirect methods do not demand the collection of the rainfall, and the amount of precipitation is assessed on the base of sensing. These methods are based on the rainfall's physical characteristics, such as the shadowing or reflecting effect of raindrops relating to the electromagnetic ray beam of drops, electrical conductivity or capacitance, etc. which can be sensed remotely. In this case, there are any remotely measurable parameters and indirect empirical or well-explainable physical correlations of the applied process to the rainfall intensity and other rain parameters. The indirect measurement techniques can also be point measurements, similar to the direct catching methods, but there appears the possibility of gaining information about the entire rain field, and the indirect methods are mainly used for this last aim. In this case, the process results in an average characteristic of the rainfall (e.g., intensity) for pixels in a certain resolution, in the radius of applicability of the measurement method, depending on the sensor's sensibility. By non-point sensing, the amount and rate of rainfall can be estimated only, there is no possibility of determining an exact rainfall amount in some places of the terrain, but there will be more data about the rain field, at the time of sampling. This is quite important in investigating the heavy rainfalls that can be characterized by high spatial variability of rainfall amount and intensity.

**Ground-based measurement techniques**

The rainfall measurement can traditionally be performed on the surface of the Earth. It means that the measurement tools are placed in a standardized environment, fixed to the ground, where the falling raindrops can be collected. In the case of these catching methods, the positioning of the gauges is determined to ensure a less perturbed measurement environment where the splashing and other bias-causing effects cannot influence the accuracy significantly. In indirect measurement methods, the standards of ground-based observation depend on the used technology. In indirect point measurements, the rules are like those used in direct measurement methods to ensure the most exact sampling of rainfall, although here the rainwater is not collected. The several kinds of indirect Earth surface measurement techniques sensors can receive or investigate electromagnetic or acoustic signals to estimate or measure the rainfall amount or intensity, depending on the used physical or statistical (empirical) relationship.

**Space-based measurement techniques**

Space- or satellite-based measurement can only be indirect, based on the measurement of reflected electromagnetic waves. Based on the reflection, estimations can be done on the rainfall intensity or rainfall amount to determine the average precipitation of larger areas.

## **Point measurement of rainfall with direct measurement techniques**

### **Some generalities about collecting rain gauges**

As the most straightforward way of rainfall measurement is the direct collection of the rainfall, this is the most ancient procedure. The earliest records of rainfall measurement can be dated back to about 3100 years ago, in ancient China (Guowei, 2001). Rainfall measurements have been recorded for 2400 years in ancient India (NIH 1990, Kurytka 1953, Strangeway 2010) and for 2000 years in Palestine (Kurytka 1953, Strangeway 2010). Interestingly, there is no data from Mesopotamia, Egypt, or pre-Columbian America to measure precipitation, just as there is no data from ancient European cultures. The “modern” era of precipitation measurement began in the 1600s, with some delay than Eastern cultures (Kurytka 1953, Strangeway 2010). The beginning of modern measurements is attributed to Benedetto Castelli (1577-1644), who reported his precipitation measurement results in his letter addressed to Galileo (Kurytka 1953, Strangeway 2010).

The traditional rain gauges' reading period is generally not longer than one day, but if the rain gauge is placed in a far site, it can reach several months or one year. In these cases, the totalizers are used; these devices have a great enough tank to store the measurement for a more extended period, and after the reading, the tank must be emptied. In the case of the totalizers, evaporation can cause losses. A thin layer of oil is used to prevent the loss, dividing the water from the air (Kurytka 1953).

Regarding the accuracy of the traditional rain gauges, there are several issues. The primary source of inaccuracy is the wind. As it was found and verified, over the rain gauge, the wind bends the trajectories of raindrops, and the spatial distribution of the drops gets changed directly at the catchment surface. The phenomenon has been investigated since the 1700s and its prevention was invented by the end of the 1800s with the use of the Nipher type shields. However, this solution has a really good performance, it was not used for every measurement device generally. If there was no Nipher-type shield, correction is necessary to gain realistic rainfall data from a given measurement site. For the investigation of the correction methods, several investigations were performed, as field intercomparisons (Koschmieder, 1934, Vuerich et al. 2009), wind tube experiments (Mercanton 1937, Nešpor 1995, Nešpor and Sevruk 1999, Habib et al. 1999) and numerical modellings (Allerup and Madsen 1980) (Allerup and Madsen 1986) (Folland 1988, Habib et al. 2001). Despite these efforts, the correction of the sub-daily rainfall data is not solved yet. These researches focused on the cylindrical rain gauges, independently of the measurement methods detailed later (TBG, FRG, or WRG). Several other measurement errors are to be compensated or corrected with the adequate construction and positioning of the gauge (Nešpor 1995). The traditional collecting rain gauges' error can be 5-30% on the average of a longer measurement period (Sevruk 1982).



### **Rainfall writers, rain recorders**

The rainfall writers (or ombrographs) are capable of recording the rainfall amount in the function of time. The recorders could appear with the development of mechanical clockworks. As the clock mechanisms became more and more accurate and more widely available, the sub-daily precipitation's measurement has become possible, thus the calculation and investigation of rainfall intensity have been made possible. Technical advancement is an ongoing process that results in more accurate, more detailed data and new measurement technologies. With the development of data processing, the measurement can be processed and checked more easily than ever before.

There are three widely used kinds of rainfall recorders, the tipping bucket rain gauges (TBG), the level recording gauges (LRG) and weight recording gauges (WRG). There were several other kinds of techniques, developed in the early period of the rain recording, but those could not remain in practice (Kurytka 1953).

As in the traditional rainfall measurement methods, accuracy issues are crucial for catching rainfall recorders. The observation, description, and elimination of wind, evaporation, and other perturbing factors that cause losses are practically the same as those at traditional measurements, and the correction is similar too, complementing the procedures concerning the characteristic systematic errors of the devices; numerous papers are dealing with this issue (e.g. Vuerich et al. 2009, Lanza and Stagi 2008, Lanza et al. 2010).

### **TBG Tipping bucket devices**

The first TBG device can be traced to Sir Christopher Wren, who made a registering tipping bucket gauge in 1662 (Kurytka 1953). This device had a weight-driven clock-operated drum with holes struck on a paper tape and reading their position, and it was possible to calculate the intensity of precipitation (Strangeway 2010). The rapid development of electrical sensors and data recording units was a significant step forward in the twentieth century. Through the development of data recording, tipping bucket TBG instruments came to the fore in the 20th century, mainly in its last third. The TBG devices are popular because of their simple structure, ease of handling, simple way of data collection and data transmission in a handy format (Vasvári 2005). As a result of the development of relatively cheap gauges, the number of urban rain gauges increased. In many cases, there are more and more extended precipitation detection networks with devices manufactured in small series (Knolmár 2012, Rácz et al. 2012).

Over the usual, there is another kind of error related to the measurement technique, the counting error. It covers the measurement inaccuracy that comes from several factors, but mainly from the undermeasurement caused by the splashing out of the water from the bucket during intensive rainfall. This error depends on the intensity. This kind of error has been investigated and there are easy-to-use correction methods for these devices (Vuerich et al. 2009, Lanza et al. 2010).

**LRG-level recording gauges**

The first LRGs were developed parallelly with the TBG devices, but LRGs were accepted earlier. The LRGs measure the volume of the rainwater, expressing it in rain depth unit format. The water fills up a known geometry vertically positioned cylinder, and the water level is registered on a paper by a pen, or – in our epoch - by a sensor on a data logger. Since the cylinder's horizontal section is constant, the volume is linearly proportional to the depth. In the 1800s, the LRGs were the mainly used tool for rainfall recording, and this dominance has taken to the last third of the 20th century. The price of precipitation recording equipment was relatively high even in the 1860s, as reported by the leaders of one of the leading instrument construction companies of the age (Negretti and Zambra 1864). Still, the devices spread worldwide within decades, with the increasing demand for detailed rainfall data.

The limitation factors of the measurement are the width of the registration paper and the volume of the cylinder. To avoid these issues, the return of the pen was solved mechanically to the starting position (if the cylinder has been great enough), or the cylinder has been emptied.

One of the most extended solutions for emptying was the siphon. The siphoned devices (SRW) have been disappearing from the practice slowly, but these devices gathered a significant part of the historical (sub-daily) rainfall data. The SRW instruments are in operation in some places of the world, such as where the energy supply is not available. Attempts have also been made to provide SRW equipment with an electronic data logger, successfully (Hong-Yang L. et al. 2010). A significant proportion of rain gauges mounted on sea buoys or placed on ships are equipped with SRW equipment capable of digital data recording (Serra Y.L et al. 2001). The maritime rainfall measurement devices shown by the paper detect the change of capacitance in the measurement tank as the level of rainwater increases, so electronic signals are measured and collected, which have been calibrated to the collected rainfall quantity.

The issue of measurement accuracy of the level recording gauges is similar to the case of traditional gauges. The wind causes the primary measurement error if the device is deployed by the related standards. However, the measure of wind-induced perturbation is not known in its complexity yet, it would need detailed wind tunnel and computational fluid dynamics investigation for the unique devices. For an eventual statistical correction, the scarce sub-daily rainfall and the simultaneous wind velocity data cause difficulty. The case of the systematic error of SRW devices was investigated comprehensively by Luycks and Berlamont (Luyckx and Berlamont 2002); the research has resulted in a procedure for the correction of the undermeasurement during the siphoning period, related to the suspending water level registration.

### **WRG Weight measurement gauges**

Weight measurement gauges use one of the simplest methods, which is a re-emerging since the accuracy of these devices is quite good. Several arrangements were developed to measure water's weight and record the rainfall amount in paper or as an electrical signal, in a digital data logger in our time. The WRG devices were investigated during the 2004-2008 campaign of intercomparison of the WMO (Vuerich et al. 2009, Lanza et al. 2010). The intercomparison of rainfall intensity measurement devices shows that the investigated weight measurement instruments had the best accuracy performance.

### **Indirect Point measurement techniques**

As was shown earlier, the indirect methods are based on sensing some effect, related to the presence of raindrops. This principle can be used in point measurements too.

#### **Disdrometers**

The disdrometers are in situ measurement instruments to observe the rain rate, size, and velocity of any form of precipitation, raindrops, snowflakes, hail grains, etc. The measurement method can be based on the detection of the mechanical impact of the rainfall, optical shadowing of raindrops (normal light and laser), or the measurement of reflection on raindrops by microwave radar techniques. The output of the measurement is the distribution of raindrop size (DSD, drop size distribution)

Impact disdrometers can detect the mechanical impact of rainfall on the device's surface, and the effect of collision can be transformed into an electronic signal (Kurytka 1953, Habib et al. 2013). The magnitude of impact is in correlation with the size and velocity of the drop. The drop size influences the velocity, so the type of rain and its intensity can be inferred from the base of the signal.

The optical disdrometers can detect a light's scintillations (laser or usual light) between its source and a receiver. The scintillation is related to the drop size and the rainfall intensity so that these rainfall parameters can be estimated.

The radar disdrometers sense the radar reflection of the raindrops. The radar beam is emitted in the vertical direction, and the radar echo of falling raindrops can be detected. The velocity of the raindrops is calculated using the Doppler effect; the DSD can be inferred from the radar echo. About the measurement concept, its main characteristics, and sources of errors, a comprehensive description was made by Habib and his co-authors (Habib et al. 2013).

The performance of the disdrometers in the determination of rainfall intensity is good, and these devices can be handy for meteorologists, but specific calibration issues can occur. In a field intercomparison, a significant dispersion of data has been experienced, using the manufacturers' calibration parameters, and further investigation was proposed to determine better correction parameters (Lanza et al. 2008).

### **The acoustic signal analysis technique**

The acoustic noise of the raindrop's collision on a solid surface is proportional to the drop size and drop density; therefore, it can be suitable for inferring the rainfall intensity. The method is similar to the impact disdrometers; the difference is that the signal gets by acoustic way to a microphone, as presented by Lane et al. (1997) showing the ARGAs (Acoustic Rain Gauge Array) experimental detector unit. The first instrument based on this method was a German device, the work of Schindelhour from 1925, and in 1951 Maulard made another rain "listening" device in France (Kurytka 1953). A promising advantage of the acoustic measurement units is the cheaper device, suitable for DSD measurement. An example of the newest acoustic rainfall measurement method is the experiment with Android phone-based measurement (Trono et al. 2012). This solution can be cheap and straightforward to build more extensive urban measurement networks. There are no data about its accuracy yet.

### **Rain field sensing with ground-based measurement techniques**

The ground-based rain field sensing techniques can be active or passive. In the active sensing technique, the echo of an artificially emitted signal is measured. The echo caught from a region of the rain field is characteristic of the drop size and rainfall intensity of a part of the rain field, in this way, the whole rain field can be surveyed region by region. The passive sensing methods can collect some effect arriving at the sensor caused or reflected by the rainfall. These effects can be e.g., radar (as active sensing) or acoustic signals (as passive sensing). In this chapter, some of these techniques are going to be mentioned.

#### **Ground-based radar**

The ground-based radar can sense the active rain field, and it has great relevance in rainfall observation. The sensing method is based on the radar echo of the different kinds of precipitation since the reflected signal is characteristic of the DSD. This method can be used for sensing solid and liquid precipitation, as well. The radar technology basics were invented in 1900, and it was used for military reconnaissance in the first part of the century, mainly during the Second World War. The beginning of meteorological use began in the first years of the Second World War when the echoes of rain fields were detected, and their analysis seemed to be essential for flying meteorology, too (Cifelli and Chandrasekar 2013). The meteorological use of radar technology is summarized in the book of AGU; for further technical details, the study of this collection is proposed (Cifelli and Chandrasekar 2013, Seo et al. 2013). As radar technology is developing, the echoes can give more and more detail about the rain amount and the rainfall intensity. Several phenomena can perturb the reflected signals, let it be meteorological or related to some physical characteristics of the attenuation of radar signals going through the varying intensity rainfall, varying state air, or the attenuation of electromagnetic signals in the rain field, the disturbance of the wireless tools in some cases (Hadvári et al. 2018, Seo et al. 2013). These kinds of perturbation can be filtered or corrected partially. In front of the use of single radar, the network use of meteorological radars can decrease the propagation and attenuation-related

problems. The accuracy of radar sensing can be increased using multisensory measurement. The radar observation can complement traditional rainfall measurement, so the sensed rainfall intensity can be calibrated more easily (Seo et al. 2013, Cifelli et al. 2013). On the other hand, the in-situ rainfall measurement can be complemented with radar sense since the synergy of these observations gives calibrated rain field data in a larger territory. The accuracy of rainfall radar can be improved with technical developments, such as the use of dual-polarization radars (Cifelli et al. 2013).

#### **Lightning detection as an estimation of rainfall**

The most intensive rainfalls generally occur with lightning. The heavier thunderstorms have generally higher lightning activity. A quantitative correlation can be assumed based on the statistics of lightning in a specific geographical region. For the verification of this theory, several investigations have been provided since the 1960s. The correlation between lightning activity and rainfall amount is based on the electric charge separation in the thunderstorm clouds caused by the raindrops. The heavier the precipitation, the more collisions occur, and the charge separation is higher. There are several difficulties in finding a clear correlation between rainfall amount and lightning intensity; for example, dry electric storms do not cause rainfall, and the exact positioning of lightning can be inaccurate, so the location of most intensive rainfall is not accurate, and finally, the flashes of lightning are not point-like phenomena, their length can reach the multiple kilometer magnitude, and this weakens its accurate localization, as well. The flashes of lightning can be detected by their radio frequency electromagnetic signal. The set of very high frequency (VHF) range signals induced by lightning show different strengths of correlation to the rainfall, as presented by Soula and Chauzy (2001). The spatial correlation between the temporal evolution of rain and the number of lightning flashes was found very consistent. The main issue was the variability of rain yield per flash storm by storm and region by region. Tapia and Smith elaborated a model for the Florida storms (Tapia and Smith 1998). One of their conclusions was that the rainfall-lightning ratio (RLR) is well correlated in a given storm. At the same time, the RLR varies from storm to storm. The variability of RLR is lower in convective systems, as they constated it. The RLR varies with the lightning intensity of the storms too.

At the end of the 1970s, in Florida, an investigation resulted in a relatively good correlation between the lightning number and rainfall amount in 5-minute clusters. A lag analysis was performed, resulting in a good correlation ( $r=0.79-0.95$ ) with the 5-10-minute clusters, taking into consideration a certain time lag between rainfall intensity and lightning frequency. The research results verified the correlation of lightning with rainfall amount during the storm (Piepgrass and Krider 1982). Petersen and colleagues investigated the relationship in other geographical and climatic regions (Petersen and Rutledge 1998). The relationship was analyzed on a monthly average, and the result was expanded to different climatic regions, introducing the concept of rain yield. The rain yield is the ratio of the number of cloud-ground flashes and rain flux, over  $10^5$  km<sup>2</sup> territory, for a monthly average period. For the mid-continental USA, the relationship

seemed to be surprisingly stable for given rainfall regimes, here regimes mean characteristic periods of the year with different rain-yield values of the given geographic region. In the USA, for different geographic regions (arid, midcontinent and humid) the  $r$  values were found between 0.71 and 0.90. For the northern continental territories, the  $r$  was less favorable with its 0.41 value. For the investigated tropical territories, the relationship seemed less robust.

Based on the ZEUS lightning detection data of Europe and the related gauge network of the Cyprus Meteorological Service, a study was published by Michaelides et al. (2010). They investigated the radius of higher reliability of the relationship between the number of lightning and rainfall amount for the rains over the 5 mm hourly rain depth, for 10 and 15 km radius, with 5-, 10-, and 15-minute steps. The correlation seemed not too convincing. The results showed a nice 0.8-1 correlation only for 42% of rainfalls for the 10 km radius and 5 minutes lags. The ratio decreased to 37% and 32% in the longer time lags, respectively. For the 15 km radius, a high correlation was verified only for one quart of the data. In Switzerland, a method was developed to select the convection rainfalls from the whole set of rainfall events based on the lightning data (Gaál et al. 2014). The research was based on the 1989-2005 lightning and rainfall database of the inspected weather station. The method has been developed to determine a threshold value of the 10-minute peak rainfall intensity, which can separate the data of convective rainfall events in the dataset. This threshold intensity seemed to be robust. The investigated stations have represented four meteorological regions, and the results related to the storm parameters have shown these differences quite well, using the correlation.

Generally, the accuracy of the method is not high enough for practical use, but in some cases, it can be a tool of estimation to complement rainfall data.

#### **Microwave telecommunication signal-based technique**

The rainfall perturbs microwave communication. The intensive rainfall attenuates the radio waves, and this attenuation can be measured between radio towers. The attenuation is proportional to the rainfall intensity, and so it can be calculated, at least with an average value on the line between the towers. Several investigations were performed to integrate the existing surface microwave telecommunication networks into the rainfall observations. The idea is not entirely new; there are articles from 1977 on this topic (Atlas and Ulbrich 1977), but the expanded use of microwave telecommunication tools has brought a renaissance of this possibility. In Pakistan, a short experiment was done (Waqas et al. 2020). In Uruguay, there is an investigation for utilizing these data in the rainfall measurement to cancel as much as possible the gap of earth surface measurement and meteorological radars. In Burkina Faso, the research resulted in auspicious data for the case of one cloudburst (Doumounia et al. 2019). In Wageningen, the Netherlands, an experiment was done between 2014 and 2016; the rainfall intensity was measured using five disdrometers and gauges in a 2.2 km long-distance microwave ray beam. The results of this experiment are promising (van Leth et al. 2018). Generally, there are good results for the regular and systematic measures.

### **Acoustic signal for sea surface rainfall measurement**

The rainfall measurement on the ocean surface is not solved completely, so any indirect method can help gather data. There have been trials since the 1980s to estimate rainfall using acoustic signals of rainfall. The subsurface sound detection in the ocean can supply data on rainfall intensity and drop size distribution. The first idea originates from the 1980s (Nystuen 1981). As Nystuen constated, the underwater ambient noise spectrum generated by rain has a unique spectral shape that differs from other noise sources. On this basis, the rainfall can be quantifiable. A numerical acoustic study was performed on drop splash to explain the observed spectra (Nystuen 1986). The differences in drop size result in differences in the induced acoustic effect, so the raindrop classification is possible based on hydroacoustic measurement (Nystuen et al. 1993). An algorithm was soon developed to analyze the underwater sounds for rainfall identification, and this algorithm (ARA = Acoustical Rainfall Analysis) was completed with a rainfall estimation module (Nystuen 1994). The procedure was developed and used; on the topic, several articles were written by Nystuen. An experiment has been performed in the USA, Virginia Key, where two rain gauges provided control data for the validation of acoustic sensing. The correlation between the data of the control disdrometer and the acoustic device was  $r=0.97$  for forty rainfall events, for the total rain depth estimation. For one-minute rainfall depths, the correlation was  $r=0.90$  in six subtropical convectonal rainfalls (Nystuen 1996, Nystuen et al 1996).

The importance of rainfall over the oceans has a climatological relevance, and acoustic measurement can have importance in climatological research.

### **Satellite-based rain field sensing**

Over the ground-based measurements, there are advancing satellite-based rainfall sensing methods too.

### **Satellite imagery-based techniques**

The beginning of satellite technology was in 1957, when Sputnik, the first satellite, was launched by the Soviet Union. Since the middle of the 1960s, satellite imagery has become a new tool of remote sensing. The satellite observation of the atmosphere permits a comprehensive view of meteorological phenomena (Kidd et al. 2013). It is essential in remote territories where ground-based observation is impossible (over the oceans or inhabited lands). For rainfall data that can be used to solve engineering problems, very frequent sampling is needed, the needed frequency would be in the order of a couple of minutes. For this task, the geostationary satellites are suitable; however, the frequency of imaging can reach at most the quarter-hour, practically.

The estimation of precipitation is based on four methodologies: the visible (VIS) and infrared (IR), passive microwave, active microwave and multisensory techniques. The geostationary satellites are commonly equipped with VIS and IR sensors with spatial resolutions of about 1 – 4 km, taking images usually every 30 minutes. Only some satellites can refresh the images every 15 minutes (Kidd et al., 2013). Some other missions (mainly military and research satellites) that are equipped with special sensor

microwave imagers or special sensor microwave image sounders are capable of estimating rainfall. A more detailed list of these missions can be found in the related sources (e.g. Kidd et al. 2013).

The Geostationary Operational Environmental Satellite's (GOES) satellite imagery can estimate real-time precipitation by estimating cloud top temperature and measuring the outgoing longwave radiation, which negatively correlates with the cloudiness and precipitation in the tropics. In extratropics, there is a strong positive correlation between surface temperature and precipitation. The GOES satellites have five channels to extract information to estimate rainfall. The night rainfalls can be estimated by the brightness temperature difference method, but this method is applicable mainly for delineating rainfalls rather than for a reliable quantity estimation.

Another method was developed to estimate the stratiform cloud precipitations based on the methods mentioned above, combined with the conceptual model that precipitation clouds must have a sufficient vertical extent and large enough droplets. An auto-adaptive threshold was computed every time and linking optical thickness and cloud microphysics to precipitation potential at the ground.

A method was developed for Meteosat Second Generation (MSG) satellite data to determine the rainfall intensities in a mixed situation: for advective-stratiform cloudiness and convective clouds. Based on this algorithm, rains are separated into areas of short duration, high intensity, and large extension, less intensive ones (convective and advective-stratiform precipitation). The areas are divided into subareas of differing rainfall intensities. The advective-stratiform areas can be differentiated by cloud water path (CWP) which is the water mass over  $1 \text{ m}^2$  of the surface between the cloud base and cloud top, and particle phase in the upper cloud portions, and ground radar data can calibrate the rainfall intensities.

Another method was developed to estimate the stratiform cloud precipitations based on the methods mentioned above, combined with the conceptual model that precipitation clouds must have a sufficient vertical extent with large enough rain droplets.

The spontaneous microwave (sMWE) emission of Earth's surface can be applied in the estimation of the precipitation, as well. There are two ways of processing, the first is based on the measurement of sMWE emission from raindrops, and the second measures the attenuation caused by scattering on ice particles. The estimation of precipitation is less reliable over the land surface because its emission is poorly known. There are further uncertainties in this method, e.g., the emission-based techniques measure the rainfall in the whole atmospheric column. These measures can be provided only by LEO satellites, which can measure only two times a day, with coarse spatial resolution. There are several other algorithms for data proceeding not detailed here; these can be found in Kidd's publication (Kidd et al. 2013).

Generally, satellite imagery can give a comprehensive view of rainfall, but the production frequency of images ('measurements') is currently limiting the more accurate estimation. The methods are currently applicable to estimate primarily spatial and



temporal averages (Mazzoglio et al. 2019). The accuracy of the results is enough for applications that demand average rainfall values.

#### **Satellite-based radar echo detection**

The active microwave emission (aMWE) technique is the most straightforward of all satellite-based precipitation estimation methods, but its use is limited. It can be done with Tropical Rainfall Measurement Mission Precipitation Radar (TRMM PR) in a narrow 215 km wide lane. The method is based upon the radar echo of rainfall drops, sensing particle size and rainfall intensity.

The satellite-based radar sensing of rainfall cannot give data in the necessary density and resolution; however, it could have been an excellent tool to gain data on rainfall extremities in remote areas. It has an essential role in the measurement of global water balance.

#### **A summarizing classification of rainfall measurement, sensing and estimation methods**

The precipitation measurement and precipitation estimation methods presented in the first part of this paper provide data with varying degrees of accuracy and different applicability. Some of them may give a reasonably accurate picture of precipitation at some sites but provide little information about regional precipitation. In contrast, other methods give a picture of regional precipitation in certain time averages but do not provide accurate local data.

To summarize the information about the achievable rain depth and rainfall intensity measurement data and their accuracy, a table was made by the points below (Table 1).

In the table, there are 11 rows, and 10 contain the evaluation categories and one the name of the procedure. The first five lines refer to the detection and data collection characteristics of the measurement procedure. The sixth and seventh refer to the physical basis of the measurement, in general. The eighth line contains the names of the procedures. The remaining three lines contain application information. These lines present the experimental or accepted practical nature of the use, a description of its overall measurement accuracy, and the area of applicability.

The content of rows is detailed in the following.

1. Families of Measurement Procedures. Precipitation measurement procedures can be divided into two large families. On the one hand, some procedures were planned as direct precipitation measurements, and to use these methods, precipitation must be collected. The other group includes procedures that do not require the collection of precipitation, the data estimation is performed by some indirect sensing procedure.
2. Position of measurement device: Earth's surface or satellite. The measurement or sensing can be performed on a ground-based or satellite-based method; in this classification, those operative meteorological measurement procedures are

not enumerated, targeting the forecasting or nowcasting in sea navigation aeronavigation.

3. Point measure or Field measure. An essential issue in the classification of measurement procedures is that they will provide point-measured or sensed average values of precipitation fields. Accordingly, the procedures were grouped into categories suitable for in situ point measurements and precipitation field detection. It must be noted that the interpretation of point measurements in a network can also provide information about precipitation fields in a network arrangement.
4. Availability of data logging. One of the criteria for the classification of procedures is the possibility of data recording and whether it is in use during the measurement. The possibility of data recording is generally an issue for devices that were developed in the period before electrical data recording. For indirect measurements, analog or digital electrical data recording is nowadays almost always the default.
5. The sampling period. The sampling period, or frequency is an essential feature of each method. This also affects the quantities that can be detected in some cases, and the extent to which they can characterize the course of precipitation over time. Perception may relate to the occurrence of the phenomenon (yes/no), its magnitude, or a complex detection of detailed spatial and temporal variability. In the case of ground-based gauges, the sampling density can be very high. In contrast, in the case of non-geostationary satellites, the sampling density is fundamentally influenced by the returning frequency of the satellite over the study area. The density of detection also significantly limits the usability of the resulting data.
6. Volume or mass measure, and automatized measure or not. The presented methods cover a wide range of detection technologies. Direct detection methods are based on mass or volume measurement, while indirect methods are based on the detection of electromagnetic or acoustic signals. Volume or mass measurements can be performed on the Earth's surface and these can be automatized, but not necessarily. The Earth surface sensing technologies must be automatized as a default, as the satellite-based sensing methods, as well.
7. Way of operation. The way, or nature of the equipment's operation in terms of the typical energy source (does not require an energy source, mechanical or electrical).
8. Name of the method.

9. Status of applicability. Some of the presented methods can be considered traditional ones, while others seek to use the latest technical development trends in precipitation measurement. In the latter case, it is impossible to speak of practical use in some cases, since the methods are not yet at most professions' accuracy expectations since the gathered variance of the gathered data is too high.
10. Judgement of the accuracy. The accuracy of observations determines the range of applicability. For engineering applications, reliable, validated procedures can be selected to provide adequate accuracy and density of data. (However, it can be seen that in conventional precipitation measurements, significant errors also occur due to wind and systematic errors.) Remote sensing procedures provide information on precipitation by sensing several other characteristic physical quantities (electromagnetic reflection or, less frequently, emissions or acoustic effects, etc.). The quantitative reliability of sensing technologies is generally lower than the direct measurements, in most of the cases. Improvements are expected concerning the development of technology. Based on the above, the categories of measurement, sensing and estimation can be distinguished.
11. Application fields. Based on the above points, the scope of applicability can also be limited. Engineering applications require high accuracy, so ground-based, near-surface observations typically fall into this range. Ground-based radar detection, which can provide data based on indirect measurements, can be used well in flood control, in the nowcasting with a reasonable estimate of the movement of precipitation fields and the magnitude of falling precipitation. The accuracy of some further remote sensing procedures is lower, but they are excellent for determining the average values of regional processes.

Table 1 Rainfall and rainfall intensity measurement methods; a classification based on the measurement characteristics and applicability

1. táblázat. Csapadék és csapadékintenzítás mérő módszerek a mérési jellemzők és az alkalmazhatóság szerint csoportosítva

1	CATCHING GAUGES				NON-CATCHING GAUGES AND OTHER TECHNIQUES							
2	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED	SATELLITE	SATELLITE	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED	EARTH BASED
3	POINT MEASURE	POINT MEASURE	POINT MEASURE	POINT MEASURE	POINT MEASURE	FIELD MEASURE	FIELD MEASURE	FIELD MEASURE	FIELD MEASURE	FIELD MEASURE	POINT MEASURE	FIELD MEASURE
4	NO DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING	DATA LOGGING
5	SAMPLING PERIOD 12-24 HOURS	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from some min to more 10 minutes	SAMPLING PERIOD from more 10 minutes	SAMPLING PERIOD from more hours órától	SAMPLING PERIOD from some min to more 10 minutes	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from 1 min	SAMPLING PERIOD from some min to more 10 minutes
6	VOLUME OR MASS MEASUREMENT, NON AUTOMATIC	VOLUME OR MASS MEASUREMENT, AUTOMATIC	VOLUME OR MASS MEASUREMENT, AUTOMATIC	VOLUME OR MASS MEASUREMENT, AUTOMATIC	OPTICAL REFLECTION OR ABSORPTION, AUTOMATIC	EARTH BASED ACTIVE RADIO BEAM REFLECTION, AUTOMATIC	SATELLITE BASED ACTIVE RADIOBEAM REFLECTION, AUTOMATIC	SATELLITE BASED PASSIVE ELECTROMAGNETIC WAVE REFLECTION, AUTOMATIC	RADIO SIGNAL ABSORPTION - SIGNAL STRENGTH CHANGE	PASSIVE ACOUSTIC SIGNAL DETECTION FOR ESTIMATION RAINFALL OVER OCEAN AND SEA	PASSIVE ACOUSTIC SIGNAL DETECTION FOR ESTIMATION RAINFALL BY ACOUSTIC RAIN GAUGE	LIGHTNING DETECTION BASED RAINFALL ESTIMATION
7	TRADITIONAL OR MECHANIC	TRADITIONAL OR MECHANIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC	ELECTRONIC
8	SIMPLE RAIN GAUGE	RAINFALL RECORDER	TIPPING BUCKET RAIN GAUGE	WEIGHT MEASURE RAINGAUGE	DISDROMETER	RADAR	SATELLITE RADAR	SATELLITE SENSOR	MOBILEPHONE SIGNAL MEASURE	RAINFALL ESTIMATION ON ACOUSTIC ANALYSIS	RAINFALL ESTIMATION ON ACOUSTIC ANALYSIS	RAINFALL ESTIMATION ON ACOUSTIC ANALYSIS
9	IN USE	IN USE	IN USE	IN USE	IN USE	IN USE	IN USE	IN USE	EXPERI- MENTAL	EXPERI- MENTAL	EXPERI- MENTAL	EXPERI- MENTAL
10	MEASURE	MEASURE	MEASURE	MEASURE	MEASURE	SENSING	SENSING	SENSING	ESTIMATION	SENSING	ESTIMATION	ESTIMATION
11	ENGINEERING AND SCIENCE	ENGINEERIN G AND SCIENCE	ENGINEERIN G AND SCIENCE	ENGINEERIN G AND SCIENCE	ENGINEERIN G AND SCIENCE	ENGINEERIN G AND SCIENCE	SCIENCE	SCIENCE	SCIENCE	SCIENCE	SCIENCE	SCIENCE

## Summary

The palette of the possible methods of the data collection of precipitation has been enlarged significantly in the past century. The development of the methods, altogether, does not result in necessarily similar quality data, let it be the issue of accuracy, spatial or temporal characteristics, or other important parameters. The collected parameters can be studied in Table 1 and the used data quality can be classified from the point of view of the planned data application. If the planned data application demands higher quality than the available data-gaining method's parameters can ensure, a decision is needed about the changing of the dataset to another, to guarantee the necessary quality in itself. In another case, the reliability of the available data will not be satisfying without the possibility of involving another database, the demanded quality of the actual research must be released to a lower level. The table promotes the checking of the data in the mirror of the planned application.

## References

- Alleru, P., Madsen H. 1980: Accuracy of point precipitation measurements. *Nordic Hydrology* 11(2): 57–70. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.1980.0005>
- Allerup, P., Madsen H. 1986: On the correction of liquid precipitation. *Nordic Hydrology* 17(4–5): 237–250. DOI: <https://doi.org/10.2166/nh.1986.0016>
- Atlas, D., Ulbrich, C. W. 1977: Paths and area integrates rainfall measurement by microwave attenuation in the 1–3 cm band. *Journal of Applied Meteorology* 16(12): 1322–1331. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1977\)016<1322:PAAIRM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1977)016<1322:PAAIRM>2.0.CO;2)
- Cifelli, R., Chandrasekar, V. 2013: Dual-polarization radar rainfall estimation. In: Testic, F. Y. (ed.): *Rainfall: state of science*. Geophysical Monograph 191, American Geophysical Union, Washington DC, pp. 105–127. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GM000930>
- Doumounia, A., Sawadogo, M., Roland, S., Zougmore, F. 2019: Rainfall estimation using commercial microwave links (CMLs) attenuation: Analyses of extreme event of 1st September 2009 in Ouagadougou. *American Journal of Environmental Protection* 8(1): 1–4. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ajep.20190801.11>
- Folland, C. 1988: Numerical models of the raingauge exposure problem, field experiments and an improved collector design. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 114(484): 1485–1516. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49711448407>
- Gaál, L., Molnár, P., Szolgay, J. 2014: Selection of intense rainfall events based on intensity thresholds and lightning data in Switzerland. *Hydrological and Earth System Sciences* 18(5): 1561–1563, DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-18-1561-2014>
- Guowei, L. 2001: Hydrology in ancient time in China. *Colloque International OH<sub>2</sub> « Origines et Histoire de l'Hydrologie »*, Dijon, 9–11 Mai 2001.
- Habib, E., Krajewsky, W. F., Nešpor, V., Kruger, A. 1999: Numerical simulation studies of rain gage data correction due to wind effect. *Journal of Geophysical Research* 104: 19723–19733, DOI: <https://doi.org/10.1029/1999JD900228>
- Habib, E., Krajewsky, W. F., Kruger, A. 2001: Sampling errors of tipping bucket rain gauge measurements. *Journal of Hydraulic Engineering* 6(2): 159–166. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(2001\)6:2\(159\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(2001)6:2(159))
- Habib, E., Lee, G., Kim, D., Ciach, G. J. 2013: Ground-based direct measurement. In: Testic F.Y. (ed.): *Rainfall: state of science*. Geophysical Monograph 191, American Geophysical Union, Washington DC, pp. 61–78. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GM000953>
- Hadvári M., Szegedi Cs., Csirmaz K., Németh P. 2018: Országos Meteorológiai Szolgálat időjárásí radarhálózatának mérései. Országos Meteorológiai Szolgálat Hungarian Meteorological Service, Budapest.
- Hong-Yang, L., Qing, L., Xiong, L., Jia-Long, S. 2010: Compensation algorithm of a new siphon rain gauge. *International Conference on Instrumentation, Measurements, Circuits and Systems*. Hangzhou People's Republic of China.
- Kidd, Ch., Levizzani, V., Laviola, S. 2013: Quantitative precipitation estimation from Earth observation satellites. In: Testic F.Y. (ed.): *Rainfall: state of science*. Geophysical Monograph 191, American Geophysical Union, Washington DC, pp. 27–158. DOI: <https://doi.org/10.1029/2009GM000920>
- Knolmár, M. 2012: Cost effective rainfall monitoring. *Hydrology and Water Resources*, 15<sup>th</sup> International SGEM GeoConference, Sofia, Bulgaria, 3(1): 183–190. DOI: <https://doi.org/10.5593/SGEM2015/B31/S12.024>
- Koschmieder H1934: Methods and results of definite rain measurements. III. Danzig report. *Monthly Weather Review* 62(1): 5–7. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1934\)62<5:MARODR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1934)62<5:MARODR>2.0.CO;2)
- Kurytka, J. C. 1953: Precipitation measurements study. Department of Registration and Education, State Water Survey Division, Urbana, Illinois, USA.
- Lane, J., Kasparis, T., McFarquhar, G. 1997: Acoustic rain gauge array experiment: Phase I. Orlando, FL, USA.
- Lanza, L. G., Stagi, L. 2008: Certified accuracy of rainfall data as a standard requirement in scientific investigation. *Advances in Geosciences* 16: 43–48. DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-16-43-2008>

- Lanza, L. G., Vuerich, E., Gnecco, I. 2010: Analysis of high accurate rain intensity measurements from a field test site. *Advances in Geosciences* 25: 37–44, DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-25-37-2010>
- Luycks, G., Berlamont, P. 2002: Accuracy of siphoning rain gauges. American Society of Civil Engineers, Portland USA. DOI: [https://doi.org/10.1061/40644\(2002\)251](https://doi.org/10.1061/40644(2002)251)
- Mazzoglio, P., Laio, F., Balbo, S., Boccardo, P., Disabato, F. 2019: Improving an extreme rainfall detection system with GPM IMERG data. *Remote Sensing* 11: 677. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11060677>
- Mercanton P. L. 1937: La Mesure correcte des précipitations atmosphériques. *La Meteorologie*: 136–139.
- Michaelides, S., Savvidou, K., Nicolaidis, K. 2010: Relationships between lightning and rainfall intensities during rainy events in Cyprus. *Advances in Geosciences* 23: 87–92. DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-23-87-2010>
- Negretti, H., Zambra, J. 1861: A treatise on meteorological instruments. Explanatory of their scientific principles, method of construction and practical utility. Negretti and Zambra Establishments, London.
- Nešpor, V. 1995: Investigation of wind-induced error of precipitation measurements using a three-dimensional numerical simulation. Dissertation. Zurich: ETH.
- Nešpor, V., Sevruck, B. 1999: Estimation of wind induced error of rainfall gauge measurements using numerical simulation. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 16(4): 450–464. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1999\)016<0450:EOWIEO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1999)016<0450:EOWIEO>2.0.CO;2)
- NIH 1990: Hydrology in the ancient India. National Institute of Hydrology, Roorkee - Uttharakhand, India.
- Nystuen, J. A. 1981: Using underwater ambient noise levels to measure rainfall rate: a review. In: Atlas, O. D. (ed.): NASA. Goddard Space Flight. Greenbelt, Maryland, USA: NASA. Goddard Space Flight.
- Nystuen, J. A. 1986: Rainfall measurements using underwater ambient noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 79: 972–982, DOI: <https://doi.org/10.1121/1.393695>
- Nystuen, J. A., McGlothlin, C. C., Cook, M. S. 1993: The underwater sound generated by heavy rainfall. *Journal of the Acoustical Society of America* 93: 3169–3177. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.4050701>
- Nystuen, J. A. 1994: Acoustical rainfall analysis. *Journal of the Acoustical Society of America* 95: 2882–2883. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.408719>
- Nystuen, J. A. 1996: Acoustical rainfall analysis: rainfall drop size distribution using the underwater sound field. *Journal of the Atmospheric and Ocean Technology* 13: 74–84. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1996\)013<0074:ARARDS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1996)013<0074:ARARDS>2.0.CO;2)
- Nystuen, J. A., Proni, J. R., Black, P. G., Wilkerson, J. C. 1996: A comparison of automatic rain gauges. *Journal of the Atmospheric and Ocean Technology* 13: 62–73. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1996\)013<0062:ACOARG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1996)013<0062:ACOARG>2.0.CO;2)
- Petersen, W. A., Rutledge, S. A. 1998: On the relationship between cloud-to-ground lightning and convective rainfall. *Journal of Geophysical Research* 103(12): 14025–14040., DOI: <https://doi.org/10.1029/97JD02064>
- Pieprgrass, M. V., Krider, E. P. 1982: Lightning and surface rainfall during Florida thunderstorms. *Journal of Geophysical Research* 87(13): 11193–11201. DOI: <https://doi.org/10.1029/JC087iC13p11193>
- Rác T., Bana Zs., Székely Á. 2012: Csapadékmérő hálózatok fejlesztése Budapesten. Magyar Hidrológiai Társaság Vándorgyűlése. Magyar Hidrológiai Társaság. Budapest. pp. 1–9.
- Serra, Y. L., A'Hearn, P., Freitag, H. P., McPhaden, M. J. 2001: ATLAS Self-siphoning rain gauge error estimates. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 18: 1989–2002. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2001\)018<1989:ASSRGE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2001)018<1989:ASSRGE>2.0.CO;2)
- Seo, D-J., Seed, A., Delrieu, G. 2013: Radar and multisensor rainfall estimation for hydrologic application. In: Testic F.Y. (ed.): Rainfall: state of science. Geophysical Monograph 191., American Geophysical Union, Washington D.C., 79–105. DOI: <https://doi.org/10.1029/2010GM000952>
- Sevruck, B. 1982: Methods of correction for systematic error in precipitation measurement for operational use. World Meteorological Organisation, WMO-No. 589, Geneva.
- Soula, S., Chauzy, S. 2001: Some aspects of the correlation between lightning and rain activities in thunderstorms. *Atmospherical Research* 56: 355–373. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(00\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(00)00086-7)

- Strangeway, I. 2010: A history of rain gauges. *Weather* 65(5): 133–138, DOI: <https://doi.org/10.1002/wea.548>
- Tapia, A., Smith, J. A. 1998: Estimation of convective rainfall from lightning observation. *Journal of Applied Meteorology* 37(11): 1497–1509. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1998\)037<1497:EOCRFL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1998)037<1497:EOCRFL>2.0.CO;2)
- Trono, E. M., Guico, M. L., Libatique, N. J. C., Tangonan, G. I., Baluyot, D. N. B., Cordero, T. K. R., Geronimo, F. A. P., Parreras, A. P. F. 2012: Rainfall monitoring using acoustic sensors. The 2012 IEEE Region 10 Conference (TENCON 2012) “Sustainable Development through Humanitarian Technology”. Manila, Philippines: IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/TENCON.2012.6412284>
- van Leth, T. C., Overeem, A., Leijnse, H., Uilenhoet, R. 2018: An urban microwave link measurement campaign. *Atmospheric Measurement Techniques* 11: 4645–4669. DOI: <https://doi.org/10.5194/amt-11-4645-2018>
- Vasvári, V. 2005: Calibration of tipping bucket rain gauges in the Graz urban research area. *Atmospheric Research* 77: 18–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2004.12.012>
- Vuerich, E., Monesi, C., Lanza, L. G., Stagi, L., Lanzinger, E 2009: WMO field intercomparison of rainfall intensity gauges. WMO/TD-No.1504 World Meteorological Organisation, Geneva.
- Waqas, M. M., Awais, M., Shah, S. H. 2020: Estimation of high-resolution rainfall using microwave links data of cellular system. *Big Data In Agriculture (BDA)* 2(1) 13–15. DOI: <https://doi.org/10.26480/bda.01.2020.17.19>
- WMO 1992: International Meteorological Vocabulary WMO-Nr.182. World Meteorological Organization, Geneva.

## A csapadékösszeg és csapadékintenzitás mérés eljárásainak áttekintése és osztályozása

RÁCZ T., WALTNER I.

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet, Vízgazdálkodási és Klíma-adaptációs Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.,  
e-mail: [Racz.Tibor.Ferenc@uni-mate.hu](mailto:Racz.Tibor.Ferenc@uni-mate.hu), [Waltner.István@uni-mate.hu](mailto:Waltner.István@uni-mate.hu)

**Kulcsszavak:** csapadékmérés, folyékony csapadék, pontosság, alkalmazhatóság

**Összefoglalás:** A földfelszín alakításának és az ott kialakult élet fenntartásának egyik legfontosabb tényezője a víz. A víz nagy hatással van az emberi tevékenységre, így a biztonságára is. A Föld felszínén a víz forrása elsősorban és leginkább nyilvánvalóan a csapadék. A csapadékok közül az eső az egyik leglényegesebb megnyilvánulása. Az eső mennyiségének mérése évezredek óta fontos kérdés, habár csak az utóbbi évszázadokban vált tudományosan megalapozott tevékenységgé. Az elmúlt négy évszázad során számos módszert fejlesztettek a csapadék mennyiségének és intenzitásának mérésére, becslésre, és e módszerek különböző pontosságú adatokat szolgáltatnak. A meteorológusok és hidrológusok mellett számos tudományterület használja a csapadék adatokat, amelyeket a szakmai publikációk sok esetben anélkül hivatkoznak, hogy azok pontosságát értékelnék. Ahhoz, hogy a felhasználók értékelhessék a csapadék adatok megbízhatóságát, ismerni kell a mérési eljárások pontossági kategóriáját, alkalmazhatósági körét. A cikk ezt a célt szolgálja azáltal, hogy áttekinti a csapadékmérési eljárásokat a hagyományos gyűjtéses elven működő berendezésektől a radaros érzékelésig, a műholdas távérzékeléstől az akusztikai mérésig, valamint a villám statisztikákon alapuló becslésig.

*A műve a Creative Commons4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*





# First calculation of the implementable solar photovoltaic potential in Somogy county and its impact on CO<sub>2</sub> emission reduction and job creation

FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ-SEGURA<sup>1</sup>, JUAN CARLOS OSORIO-ARAVENA<sup>2,3</sup>,  
EMILIO MUÑOZ-CERÓN<sup>3</sup>, MARINA FROLOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Regional and Physical Geography and Institute for Regional Development, University of Granada, 18071 Granada, Spain, e-mail: [fjsegura@ugr.es](mailto:fjsegura@ugr.es)

<sup>2</sup>Innovative Energy Technologies Center, Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia s/n, 5950000 Coyhaique, Chile

<sup>3</sup>IDEA Research Group (Research and Development in Solar Energy), Center for Advanced Studies in Earth Science, Energy and Environment, University of Jaén, Campus Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain

**Keywords:** renewable energy potential, energy transition, Hungary, solar PV

**Abstract:** Due to the current climate urgency, it is necessary to accelerate an energy transition towards renewable energies. To this end, the European Union has set ambitious energy targets. However, in member countries such as Hungary, nuclear energy and fossil fuels continue playing a major role in the energy mix. Nevertheless, this country has a large solar photovoltaic (PV) potential that is hardly exploited, especially in the southern counties, and its technical potential has been less analysed. With the aim to estimate the short-term implementable solar PV potential in Somogy county in southern Hungary, a multi-criteria spatial approach which integrates environmental, technical (with economic attributes), and geographical (with social-acceptability attributes) GIS-based constraints with existing local power plant considerations was employed. Results show that Somogy has a short-term implementable solar PV potential of 2.7 GW<sub>p</sub> with an electricity generation capacity of 3.2 TWh/year. This power potential is about 25 times more than the current installed capacity for generating electricity in Somogy and represents 45% of the national target by 2030 for installed solar PV capacity in Hungary. Furthermore, this potential could create almost 35,000 direct jobs and avoid the emissions of 1.16–2.65 MtCO<sub>2</sub> to the atmosphere. The findings and future studies suggested in this work are significant for both local and national levels and could contribute with insights on how to meet climate targets and accelerate energy independence with socio-economic benefits.

## Introduction

To mitigate the effects of climate change the European Union (EU) has set a target of reducing greenhouse gas emissions by at least 55% by 2030 (European Parliament, 2022). This requires increasing the share of renewable energy (RE) up to 45% in the EU's final energy consumption (European Parliament 2022). Consequently, the European energy target mainly depends on the replacement of fossil fuel-based electricity generation by RE sources. However, this can vary from one country to another.

In the case of Hungary, further progress is needed in the decarbonisation of the economy and the integration of renewable energies into the national electricity generation structure due to the remaining weight of fossil fuels. Looking at the structure of electricity generation (Központi Statisztikai Hivatal 2021a), fossil fuels continue to play an important role, accounting for 35.38% of all electricity generated in the country, while renewable energy sources account for 20.36% of the total. Nuclear power stands

as the most important energy source in the country (44.26%), however, although it is a low carbon alternative to fossil fuels, nuclear energy is not a renewable source and, according to Jacobson (2019) it is not the answer to solve climate change. At the same time, solar photovoltaic (PV) energy stands out as the main source of renewable electricity with a contribution of 10.65% of the total electricity generation in this country (Központi Statisztikai Hivatal 2021a). In any case, large interest in the ground-mounted systems segment and residential and commercial rooftop installations up to 50 kW have ranked Hungary among the top 10 EU member states with the highest annual PV capacity expansion, with 3 GW of installed solar PV capacity at the end of 2021 and an annual growth of 0.7 GW (SolarPower Europe 2021). Furthermore, the energy policy of the central government aims to support the energy transition through increased use of locally available RE sources. with solar PV being the RE technology that has grown the most in terms of installed capacity in Hungary (which has increased tenfold in the last five years), and which has a favourable projection for future development according to the Ministry of Technology and Industry (Bolcsó 2022).

Based on this data, it has been estimated that the installed capacity of solar PV could increase up to 5 GW by the end of 2023, which is very close to the target of 6 GW set for 2030 (Innovációs és Technológiai Minisztérium 2020, Major 2022).

However, the fulfilment of that objective is not fully guaranteed. First of all, the energy transition is a complex process linked to multiple institutional contexts that change over time and modulate the dynamics of REs development (Frolova et al. 2019, Rodríguez-Segura and Frolova 2021). In addition, an European trend associated with local social opposition against some RE projects has recently appeared (Segreto et al. 2020), and Hungary's citizens could join that trend. Therefore, the evaluation of and discussion on the short-term (meaning within a range of 3 years vs. long-term that means decades) implementable solar PV potential at the local level is needed to better identify barriers that can stop the deployment of this technology. This can also help to develop ways to mitigate social opposition of RE projects and identify benefits beyond the techno-economic ones. In this work we focus on Somogy county, which is located in the south of Hungary. This county has great solar conditions, but solar PV technology has hardly been exploited yet and its technical potential has been little analysed.

In fact, few studies have calculated the solar PV potential of Hungary, including Somogy county, and the majority of them have been executed at the national level. Most of those works (Pálffy et al. 2004; Dobi 2006; Mezősi 2017; Pintér et al. 2020; Atsu et al. 2021; Kumar et al. 2021) have calculated the average solar PV electricity that could be generated taking into account only technical aspects, or considering natural conditions such as climate, latitude and longitude or topography. Authors such as Szabó et al. (2017) and Munkácsy et al. (2011, 2014) calculated a theoretical potential for landfills and domestic rooftop systems, respectively, which have considered aspects such as the high land use/demand for ground-mounted installations and the valuable agricultural use of Hungarian land. Authors such as Lechtenböhmer et al. (2016) consider that it is needed to distribute the estimated potential between facades, roofs and ground after

consideration of competing uses. Furthermore, very few works have attempted to calculate a solar PV potential on a sub-national scale. In fact, only two studies (Somogy Megyei Önkormányzat 2014a, Žnidarec et al. 2019) have calculated the solar PV potential for Somogy county, but together with other counties.

In summary, on the one hand, there are no studies applied to Hungary that have evaluated the solar PV potential at the county level. On the other hand, the implementable solar PV potential for Somogy has not been evaluated yet, and neither socio-economic nor environmental benefits of harnessing its solar PV potential have been reported for this county. Recognizing these gaps, the aim of this study is to make a first calculation of the photovoltaic potential of the Somogy region that could be implemented in the near future (short-term) considering those high-voltage lines that would facilitate the injection of generated electricity into the grid. In this case, given the limitations of access to information, only the highest voltage line (440 kV), which crosses the county transversally, was considered. In addition, the largest active solar photovoltaic power plant in the country is connected to it. Moreover, the direct creation of employment and the avoidance of CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere are estimated. This will contribute to understanding the impact that utilizing the county's RE potential could have, and provide useful information for accelerating the implementation of renewable electricity projects that help to meet climate targets and achieve greater energy independence at national level.

This paper is structured as follows. Section 2 provides an overview of the study area, highlighting its electricity status and the theoretical solar PV potential. Section 3 presents and describes the multi-criteria GIS-based approach applied to Somogy county. The results of this approach are presented in Section 4, whereas Section 5 discusses these results together with pointing out new research opportunities. Lastly, conclusions of this work are exposed in Section 6.

## Material and method

### Overview of the study area

Somogy county is one of the 19 administrative units in Hungary. It is located in south-western part of the country (Figure 1) and its capital is Kaposvár. Somogy is the fifth largest county in Hungary, 6 065 km<sup>2</sup>, which represents 6.5% of the country's territory (Központi Statisztikai Hivatal 2022a) but is one of the least populated counties with 298 786 inhabitants (Központi Statisztikai Hivatal 2022b). Geographically, Somogy is located in the basin of Lake Balaton. The landscape is dominated by a vast plain broken by the Transdanubian Hills: the Outer Somogy region in the northern half of the county, where the highest point in the county is located (Almán-tető hill at 316 m); the Inner Somogy region in the southwest and the Zselic Mountains in the southeast (Varga 2018; Csorba et al. 2018).

The economic structure of Somogy is primarily agricultural. Agriculture contributes more to the county in GDP generation and in employment than the national average, and is clearly the most important sector (Somogy Megyei Önkormányzat 2014b). Industry, mainly wood processing, sugar processing and canning of products, has hardly developed and a tourism sector is concentrated only around Lake Balaton (Somogy Megyei Önkormányzat 2014b). With regard to land use, about 60% of Somogy's territory is under agricultural use and 30% is forest land (CNIG, 2018).

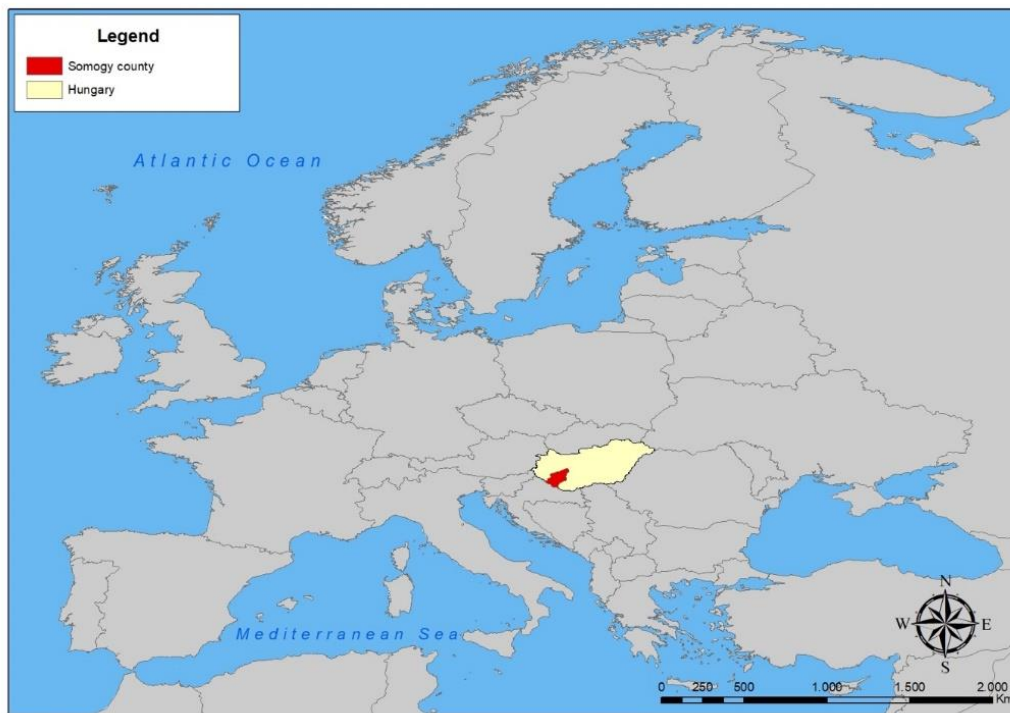


Figure 1. Geographical location of Somogy county in the European and Hungarian context

1. ábra. Somogy vármegye földrajzi elhelyezkedése Európában és Magyarországon

### Electricity status in Somogy county

The electricity consumed in Somogy county was 887.67 GWh in 2020, which is only 1.58% of the annual electricity consumption in Hungary (Központi Statisztikai Hivatal 2020). About 40% of the electricity in this county is consumed by the residential sector, with a monthly average consumption of 152 KWh per home, while 28% is consumed by the industrial sector, reflecting an economic structure that is not very industrialized. The remaining 32% of electricity is distributed between agricultural purposes, lighting and tourism (Központi Statisztikai Hivatal 2021b).

In terms of electricity generation, there are only two solar PV power plants in Somogy. One of them has an installed capacity of 100 MW<sub>p</sub> and another one 6.9 MW<sub>p</sub>, and they generated about 135 GWh and 7.5 GWh of electricity per year, respectively (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 2022). This means that these local PV plants supply around 16% of the electricity consumed in the county and therefore about 84% of the electrical needs have to be met through imports from other counties.

### **Solar PV potential for generating renewable electricity in Somogy county**

Despite the fact that photovoltaic electricity only meets about 16% of total electricity consumption in Somogy, this county has a significant solar PV potential (Somogy Megyei Önkormányzat 2020) and the high number of sunny hours which allow a rough estimate of an average of 1300 kWh/m<sup>2</sup> per day on a horizontal plane for the whole region (Žnidarec et al. 2019). This represents a total theoretical potential in the county of 788 TWh/year. However, not all of this solar potential can be technically exploited since not all of the county's surface area is available for it, and in fact, no previous studies have discussed it. Therefore, using a multi-criteria spatial approach explained in the next section, this paper focuses on the calculation of the implementable solar PV potential for the county.

### **Methodology**

To estimate the short-term implementable solar PV potential in Somogy county, the multi-criteria spatial approach recently proposed by Osorio-Aravena et al. (2022) has been adopted. This multi-criteria approach is an integration of environmental, technical (with economic attributes), and geographical (with social-acceptability attributes) GIS-based constraints with existing local power plant considerations. All of that is needed in order to identify options for accelerating the decarbonization of the current energy mix in a given territory.

The process to estimate the RE technical potential is composed of three steps (Osorio-Aravena et al. 2022):

1. Detection of useful sites and areas for implementing RE-power plants around the highest voltage power lines, and which could therefore support the installation of various power plants in the near future. In this work was only considered the main electric power grid (440 kV) as it is one of the highest voltage power grids that crosses the study area, as well as due to the difficulty of accessing information on the lower voltage power grid.
2. Calculation of the technical potential of the specific RE technology based on a spatial approach, and a job creation estimation by technology and their corresponding CO<sub>2</sub> emission reduction.
3. Analysis of the pros and cons of the potential location based on local consideration, so a more realistic approximation of the installable RE potential in the selected territory is obtained.

The type of solar PV power plant considered in this work is a fixed-tilted ground-mounting installation. Here, we used data from existing local solar PV systems operating in Somogy for the adjustment of some parameters, such as capacity factor (defined as the ratio of the net electricity generated, for the time considered, to the energy that could have been generated at continuous full-power operation during the same period), power density (the amount of installed capacity of a power technology per

unit of area) and full-load hours (the number of hours per year when a renewable energy asset produces electricity at its maximum capacity). Table 1 shows the GIS-based constraints by the criteria for this technology, following the order in which they were applied. A description of each criterion and constraint can be found in Osorio-Aravena et al. (2022).

Table 1. GIS-based constraints by criterion for solar PV power plants

1. táblázat. Térinformatikai alapú korlátozások kritériumok szerint napelemes PV erőművekhez

Criterion	GIS-based constraint
Environmental	Exclude natural parks and protected areas
Technical (with economic attributes)	Sites located not more than 1 km from the electric power grid
	Zones with a capacity factor equal to and greater than 12%
	Terrain with a slope less than or equal to 10%
Geographical (with social-acceptability attributes)	100 m from urban areas, towns and villages as a minimum
	100 m from buildings (industrial, military and cottages) as a minimum
	50 m from infrastructures (primary and secondary roads, railways and airfields) as a minimum <sup>i</sup>
	100 m from rivers and water bodies as a minimum <sup>ii</sup>
	Sites with a minimum of 0,02 ha <sup>iii</sup>

<sup>i</sup> Distance to airports has not been considered as no airports exist in Somogy; however, it is recommended to apply this same constraint to other infrastructures.

<sup>ii</sup> Distance to marine coast has not been considered as it does not exist in Somogy; however, it is recommended to apply this same constraint.

<sup>iii</sup> For a solar PV power plant of 10 kW or more.

After applying the multi-criteria GIS-based constraints, the solar PV potential calculation, in terms of installed capacity and electricity production, was carried out based on a spatial approach using equations (1) and (2). Solar PV power capacity potential was calculated as follows:

$$PP_{PV} = (DS_{PV} - OS_{PV}) \cdot PD_{PV} \quad (1)$$

where  $PP_{PV}$  is the solar PV power potential in  $MW_p$ ,  $DS_{PV}$  is the detected surface for solar PV plants in hectares (ha), which it is a result of applying the multi-criteria GIS-based constraints;  $OS_{PV}$  is the occupied surface by existing solar PV plants in the range of 1 km from the main electric power grid in ha; and  $PD_{PV}$  is the power density of solar PV in  $MW_p/ha$ . In the case of Somogy,  $OS_{PV}$  is 213 ha and  $PD_{PV}$  is 0.5  $MW_p/ha$ . The  $PD_{PV}$  was obtained based on the existing PV plants in Somogy via GIS. Then, using the obtained  $PP_{PV}$ , solar PV potential for producing electricity was estimated as follows:

$$EP_{PV} = PP_{PV} \cdot FLH_{PV} \quad (2)$$

where  $EP_{PV}$  is the solar PV electricity production potential in GWh and  $FLH_{PV}$  is the full-load hours for solar PV technology. In the case of Somogy, 1 193 h was assumed as  $FLH_{PV}$ , which is the mean value for the existing solar PV power plants operating in the county.

Subsequently, equations (3) and (4) were used to estimate the direct jobs creation potential for solar PV plants in the construction and installation (C&I) stage and for operation and maintenance (O&M) purposing, respectively:

$$JC_{PV,C\&I} = PP_{PV} \cdot EF_{PV,C\&I} \quad (3)$$

where  $JC_{PV,C\&I}$  is the number of direct jobs created in the C&I stage for solar PV and  $EF_{PV,C\&I}$  is the employment factor in the C&I stage for this technology: 13 jobs-year/ $MW_p$  according to Ram et al. (2022). And,

$$JC_{PV,O\&M} = PP_{PV} \cdot EF_{PV,O\&M} \quad (4)$$

where  $JC_{PV,O\&M}$  is the number of direct jobs created for O&M purposing for solar PV and  $EF_{PV,O\&M}$  is the employment factor for O&M purposing for this technology: 0.7 jobs/ $MW_p$  according to Ram et al. (2022).

Regarding CO<sub>2</sub> emissions reduction estimation, 0.364–0.826 ktCO<sub>2</sub>/GWh was considered, which is the range of CO<sub>2</sub> emission factor relying on the specific fossil fuel-based electricity generation technology (Eggleston et al. 2006).

## Results

Figure 2 shows the results associated with the sites detected for the solar PV power plants implementation in Somogy county, taking into account the multi-criteria GIS-based constraints. Some 36 sites were identified, accounting for 5 380 ha (0.87 % of the surface of Somogy) with a suitable condition for installing solar PV systems. The total detected surface can accommodate an installed solar PV capacity of 2.7  $MW_p$ , which is about 25 times more than the current installed capacity in this county (only PV systems on ground), and could create about 34 974 direct jobs in the C&I stage considering that 13 direct jobs per year will be available for each  $MW_p$ , and, around 1 883 direct jobs for O&M purposing.

On the other hand, those 2.7 GW<sub>p</sub> could generate 3.2 TWh of electricity per year, which is 9 times more than the total electricity consumed by the residential sector in Somogy in 2020, 3.6 times more than the total electricity consumed in this county, and 22 times more than the electricity generated by the solar PV power plants operating in Somogy in 2020. Furthermore, this solar PV potential for generated electricity would prevent the emission of 1.16–2.65 MtCO<sub>2</sub> per year to the atmosphere.

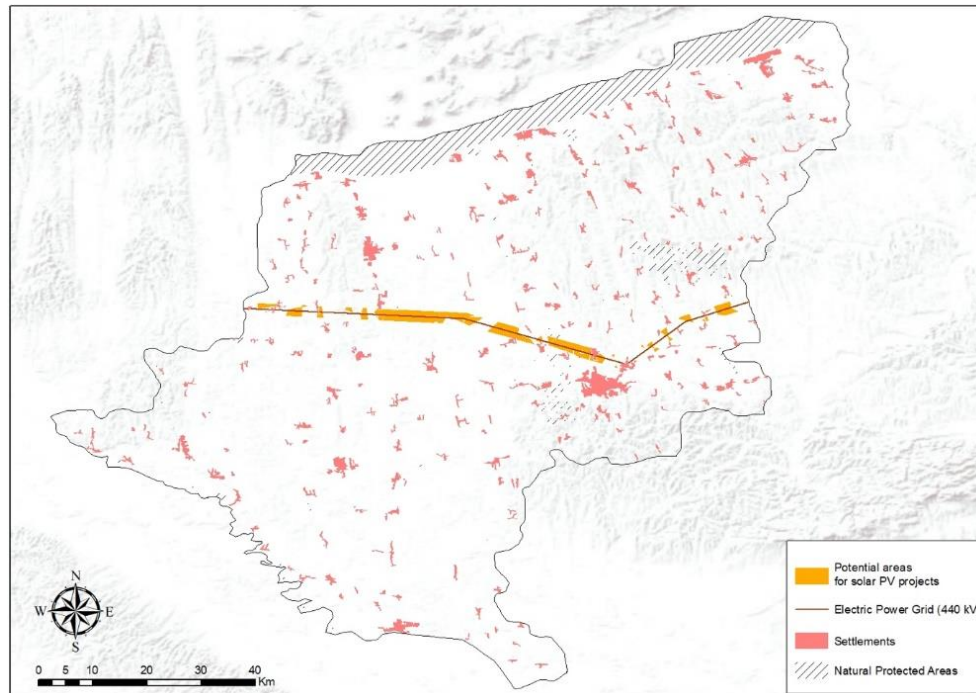


Figure 2. Identified sites for the installation of solar PV power plants in Somogy County

2. ábra. Az azonosított napelemes PV erőművek telepítési helyszínei Somogy vármegyében

Figure 3 shows the distribution of suitable sites based on installed capacity ranges as follows: 69% of the identified sites have a surface between 3.5 and 92 hectares, which could accommodate solar PV systems with an installed capacity in a range of 1.75–46 MW<sub>p</sub>. These 25 sites correspond to 435 MW<sub>p</sub> that would generate 519 GWh, representing 58.5% of the total electricity consumed in Somogy in 2020. The smallest identified site is 0.055 ha, which would allow the installation of 0.027 MW<sub>p</sub>, while the largest identified site has 2,053 ha, which corresponds to a solar PV plant of 1,026 MW<sub>p</sub>. Therefore, there is a wide range of installable power capacity in the county, but with a predominance of large surfaces due to the flat orography, which would allow the implementation of medium and large size of solar PV systems.



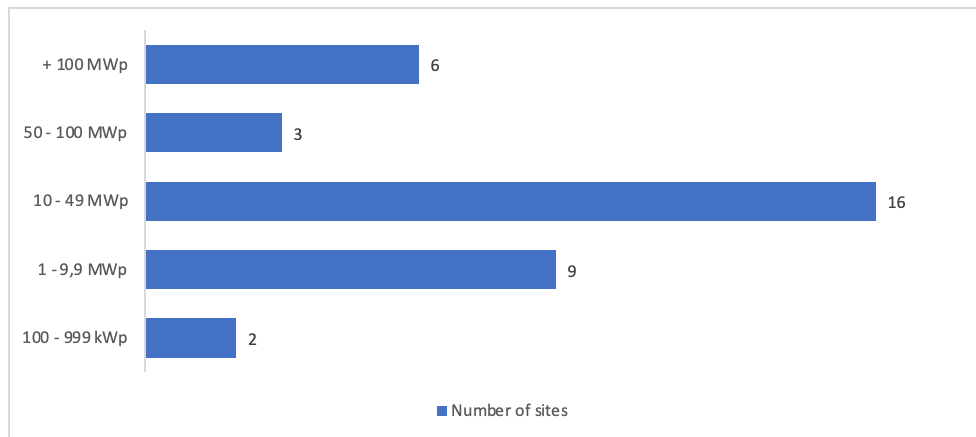


Figure 3. Distribution of sites for implementing solar PV systems according to different installed capacity ranges

3. ábra. Napelemes PV rendszerek kivitelezési helyszíneinek felosztása különböző beépített kapacitás-tartományok szerint

Finally, as Figure 4 shows, the 59.6% of the sites (3 205 ha, which represent 1.5% of the total agricultural surface in Somogy) are located in agricultural areas occupied by non-irrigated arable lands (2 935 ha), pastures (121 ha) and complex cultivation patterns (149 ha). The remaining 40.4% of the sites (2,175 ha, which represent 1.2% of the total forest and seminatural surfaces in Somogy) are located in forest and seminatural areas, covered by broad-leaved/coniferous/mixed forests (1 911 ha) and transitional woodland shrubs (262 ha).

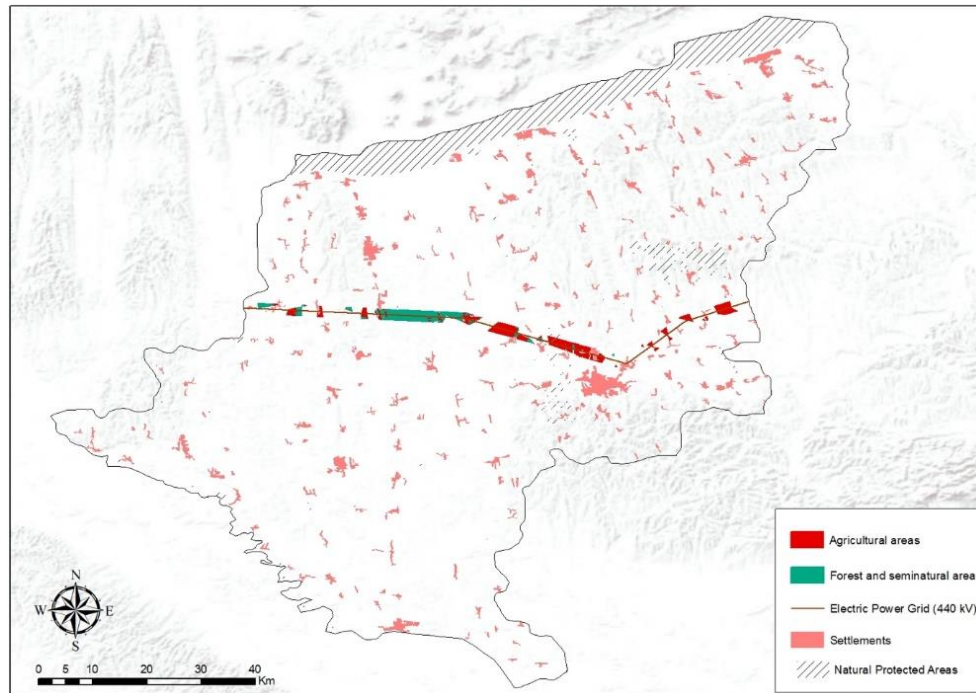


Figure 4. Identified sites for the installation of solar PV power plants in Somogy county classified by land cover

4. ábra. Azonosított napelemes erőművek telepítési helyszínei Somogy vármegyében felszínborítás szerint osztályozva

## Discussion

The results of this work reveal that the implementable solar PV potential for electricity generation in Somogy is significant not only for the county, but also for Hungary. The total area identified can accommodate an installed solar PV capacity of 2.7 GW<sub>p</sub>, which would occupy around 0.9% of the surface of Somogy and is about 19 times more than the installed capacity of ground-mounted PV systems currently operating in this county. This capacity could generate 3.2 TWh of electricity per year, which is 4.6 times more than the total electricity imported by Somogy from other counties. Furthermore, those 2.7 GW<sub>p</sub> represent 45% of the Hungary national target for reaching an installed solar PV capacity of 6 GW by 2030 (Innovációs és Technológiai Minisztérium 2020). This finding suggests the possibility to contribute in the short-term to the electricity self-supply and energy independence at local and even national levels, which would also imply both socio-economic and environmental benefits: creating 34,974 direct jobs in the C&I stage (considering that 13 direct jobs per year will be available for each MW<sub>p</sub>), around 1,883 direct jobs for O&M purposing, and preventing the emission of 1.16–2.65 MtCO<sub>2</sub> per year to the atmosphere, respectively.

Furthermore, the solar PV technical potential calculated in this work is the first of its kind for Somogy county, but also for Hungary. Previous works (Somogy Megyei Önkormányzat 2014a, Žnidarec et al. 2019) that estimated a solar PV potential for this county have only reported theoretical values with an average of about 1300 kWh/m<sup>2</sup>

per day for the whole area. Therefore, in addition to the fact that we have used values based on local solar PV plants operating in Somogy, our results are the first that reported specific potential locations for the implementation of solar PV power systems. Moreover, none of those previous studies consider economic and social-acceptability attributes to identify suitable area for PV facilities. In addition, we report for the first time for Somogy county the direct jobs creation and CO<sub>2</sub> emissions that would be avoided by a solar PV technical potential.

If the results of this work are compared to those reported for the case the province of Jaén (Spain) where the same methodological approach was applied (Osorio-Aravena et al. 2022), a specific similarity can be found. The results of both studies reveal that the total identify area suitable for a short-term implementation of solar PV plants would occupy around 1% of the territory under analysis. This means a power density of 0.49 MW<sub>p</sub>/km<sup>2</sup> in Jaén and 0.45 MW<sub>p</sub>/km<sup>2</sup> in Somogy. However, the difference of the absolute installed capacity potential between those studies, 6.6 GW<sub>p</sub> for Jaén and 2.7 GW<sub>p</sub> for Somogy, can be attributed to the fact that in this work was only considered the main electric power grid (440 kV), while in the case of Jaén, electric power grids in a range of 60–400 kV were considered. This allows to infer two significant aspects. Firstly, the main limitation of this work is the consideration of just one type of the existing electric power grid in Somogy (due to the difficulty of accessing information). And, secondly, this suggest that the short-term implementable solar PV potential in this county is greater that the estimated in this study and need to be further investigated.

In any case, also similar to the case of Jaén, the short-term implementation of the solar PV potential reported in this work is not fully guaranteed. This mainly depend on factors, situations and criteria that influence the social acceptability of RE projects; one of them is land use. In the case of Somogy, land use becomes an important factor because 40.4% of the sites detected for the solar PV power plants implementation match with forested areas and transitional woodlands shrub, which would make it difficult to prepare the land for the installation of PV plants. In addition, in a parallel work to this article, a survey was conducted among the local population of Somogy to find out their degree of acceptance of RE and their possible locations, revealing that there is a preference for unused or environmentally degraded areas over natural areas (Rodríguez-Segura et al. 2023), compromising 1.09 GW of the total calculated potential.

In the same way, there is a preference for location in livestock farming areas as opposed to cultivated areas (Rodríguez-Segura et al. 2023). This is an aspect to be considered since more than half of the calculated potential is located on arable land (manly arable crops). However, according to the survey, respondents do not relate their acceptability of RE to the fact that it must involve a change in land use. This is also motivated by the energy transition model promoted in the county, focused on small-scale domestic/urban installations (Somogy Megyei Önkormányzat 2021). All of this suggests that medium-sized installations (< 50 MW) would be better accepted by the population. According to the results of this work, up to 27 PV plants of less than 50 MW<sub>p</sub>

could be installed in the county, with a total capacity of 435 MW<sub>p</sub> that would generate 520 GWh.

In any case, given that the potential areas located in forests are more complex to install solar PV projects in the short-term, new lines of research focused on land use compatibility should be explored, such as agrivoltaic systems, where the symbiosis between energy production and agriculture would allow farmers to obtain new sources of income without losing productivity or land ownership (Toledo & Scognamiglio 2021). Similarly, the results obtained in this research allow opening future lines of research towards studies of the annual profitability of cultivated area versus area occupied with energy installations. This will provide more objective information to key stakeholders (politicians, planners, landowners and companies in the solar PV sector), as well as complementing these results with studies of other sources of RE electricity generation (biogas or second-generation biomass) and secondary transmission lines.

## Conclusions

In this work, a short-term implementable solar photovoltaic (PV) potential for electricity generation in Somogy has been calculated using a multi-criteria GIS-based approach that includes environmental, technical (with economic attributes) and geographical (with social-acceptability attributes) constraints, together with existing local solar PV power plants considerations. As far as the authors are aware, this is the first study that discusses such as renewable electricity potential for Somogy county, and, that reports direct jobs creation and estimates CO<sub>2</sub> emissions reduction of the calculated potential.

The estimated potential of 2.7 GW<sub>p</sub> (without considering secondary power transmission lines) is about 25 times more than the current installed capacity for generating electricity in this Somogy and represent 45% of the Hungary national target for reaching an installed solar PV capacity of 6 GW by 2030. Based on these results, we conclude that the short-term implementable solar PV potential is not only relevant for renewable energy development in Somogy county, but also is significant on at the national level. This could contribute to the self-supply of electricity in Somogy and to Hungary achieves both national and European energy transition targets. However, the full implementation of the estimated solar PV potential is not guaranteed. In Europe, there are more and more frequent demonstrations of citizens' rejection where society is becoming a barrier for large renewable energy projects. Moreover, in the case of Hungary and Somogy county, land use and land cover are key aspects from the social perspective due to the importance of the agricultural sector. All of that could affect in the successful exploitation of the estimated solar PV potential.

Finally, we suggest carry out future studies to evaluate the complementarity of solar PV plants with crops (agrivoltaics systems). All of this, in order to minimise land use conflicts and social opposition, and, at the same time, to accelerate the implementation of renewable electricity projects that help to meet climate targets and achieve greater energy independence with both socio-economic and environmental benefits.

### Acknowledgments

The first author thanks the Spanish Ministry of Education and Vocational Training for the scholarship “FPU18/ 01549”. It is part of a PhD thesis conducted within the Doctoral Programme in City, Territory and Sustainable Planning at the University of Granada, Spain. The second author thanks the Vice-Rectorate of Research of the University of Jaén for the “Acción 4” scholarship: “Ayudas predoctorales para la Formación de Personal Investigador”.

### Funding

This paper was elaborated in the scope of the research carried out within the project “Adaptation to sustainable energy transition in Europe: Environmental, socio-economic and cultural aspects (ADAPTAS)” (Ministry of Economy, Industry and Competitiveness and State Research Agency of Spain, and European Regional Development Fund, CSO2017-86975-R).

### Authors contribution statement

*Francisco Javier Rodríguez-Segura*: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Visualization, Writing – original draft preparation, Writing – Reviewing and Editing. *Juan Carlos Osorio-Aravena*: Methodology, Data curation, Writing – original draft preparation, Writing – Reviewing and Editing. *Emilio Muñoz-Cerón*: Supervision, Formal analysis, Writing – Reviewing and Editing. *Marina Frolova*: Formal analysis, Project administration, Writing – Reviewing and Editing.

### References

- Atsu, D., Seres, I., Farkas, I. 2021: The state of solar PV and performance analysis of different PV technologies grid-connected installations in Hungary. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141: 110808. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110808>
- Bolcsó D. 2022: Termelési csúcsot érték el a magyarországi naperóművek. <https://telex.hu/gazdasag/2022/07/15/termelési-csucsot-ertek-el-a-magyarorszag-i-naperomuvek> (retrieved on: 2022.11.21).
- CNIG 2018: CORINE Land Cover. Centro Nacional de Información Geográfica <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/catalogo.do?Serie=SIOSE> (retrieved on: 2022.08.12).
- Csorba, P., Ádám, Sz., Bartos-Elekes, Zs., Bata, T., Bede-Fazekas, Á., Czúcz, B., Csimá, P., Csüllög, G., Fodor, N., Frisnyák, S. et al. 2018: Landscapes. In: Kocsis, K.; Gercsák, G.; Horváth, G.; Keresztesi, Z.; Nemerkenyi, Zs. (eds.) National atlas of Hungary: volume 2. Natural environment. Budapest, Hungary: Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences 183 p. pp. 112–129.
- Dobi I. 2006: Magyarországi szél és napenergia kutatás eredményei. OMSz, Budapest, 147. <https://docplayer.hu/966455-Magyarorszag-i-szel-es-napenergia-kutatas-eredmenyei.html> (retrieved from: 2022.08.07).
- Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. 2006: IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. <https://www.osti.gov/etdweb/biblio/20880391> (retrieved on: 2022.11.03).

- European Parliament. 2022: El PE apuesta por impulsar las energías renovables y el ahorro energético. <https://bit.ly/3GsJG6Q> (retrieved on: 2022.11.10).
- Frolova, M., Frantál, B., Ferrario, V., Centeri, Cs., Herrero-Luque, D., Grónás, V., Martinát, S., Puttilli, M., Da Silva-Almeida, L., D'Angelo, F. 2019: Diverse Energy Transition Patterns in Central and Southern Europe: A Comparative Study of Institutional Landscapes in the Czech Republic, Hungary, Italy, and Spain. *Hungarian Journal of Landscape Ecology*, 17: 65–89. DOI: <https://doi.org/10.56617/tl.3571>
- Innovációs és Technológiai Minisztérium. 2020: Nemzeti Energiestratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig. <https://zoldbusz.hu/files/NE2030.pdf> (retrieved on: 2022.07.15).
- Jacobson, M. Z. 2019: 7 reasons why nuclear energy is not the answer to solve climate change. <https://www.oneearth.org/the-7-reasons-why-nuclear-energy-is-not-the-answer-to-solve-climate-change/> (retrieved on: 2023.09.14).
- Központi Statisztikai Hivatal. 2020: Az energiagazdálkodás főbb adatai. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/ene/hu/ene0001.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0001.html) (retrieved on: 2022.09.22).
- Központi Statisztikai Hivatal. 2021a: Bruttó villamosenergia-termelés [gigawattóra]. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/ene/hu/ene0009.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0009.html) (retrieved on: 2022.10.13).
- Központi Statisztikai Hivatal. 2021b: Gáz- és villamosenergiafelhasználás megye és régió szerint. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/kor/hu/kor0068.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0068.html) (retrieved on: 2022.09.22).
- Központi Statisztikai Hivatal. 2022a: Terület, településsűrűség, népsűrűség, 2022. január 1. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/fo/hu/fo0006.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/fo/hu/fo0006.html) (retrieved on: 2022.09.20).
- Központi Statisztikai Hivatal. 2022b: A lakónépesség nem, megye és régió szerint, január 1. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/nep/hu/nep0034.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0034.html) (retrieved on: 2022.09.20).
- Kumar, B., Szepesi, G., Čonka, Z., Kolcun, M., Péter, Z., Berényi, L., Szamosi, Z. 2021: Trendline assessment of solar energy potential in Hungary and current scenario of renewable energy in the Visegrád countries for future sustainability. *Sustainability*, 13(10): 5462. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13105462>
- Lechtenböhrer, S., Prantner, M., Schneider, C., Fülöp, O., Sáfián, F. 2016: Alternative and sustainable energy scenarios for Hungary. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-65042> (retrieved on: 2022.07.27).
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. 2022: Villamosenergia-ipari társaságok 2022. évi adatai. MEKH. <http://www.mekh.hu/villamosenergia-ipari-tarsasagok-2022-evi-adatai> (retrieved on: 2022.07.19).
- Major A. 2022: Napenergia: így teljesülhet egy évtizeddel korábban a 2040-es magyar cél. <https://www.portfolio.hu/uzlet/20220628/napenergia-igy-teljesulhet-egy-evtizeddel-korabban-a-2040-es-magyar-cel-552783#> (retrieved on: 2022.07.13)
- Mezősi, G. 2017: Climate of Hungary. In: Mezősi, G (ed.): *The Physical Geography of Hungary. Geography of the Physical Environment*. Springer, pp. 101-109. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45183-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45183-1_2)
- Munkácsy B. 2011: Erre van előre!: Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon: Vision 2040 Hungary 1.2. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós, p. 168.
- Munkácsy, B. 2014: A fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út: Erre van előre! – Vision 2040 Hungary 2.0. Budapest: ELTE TTK, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület, Szigetszentmiklós, p. 196.
- Osorio-Aravena, J. C., Rodríguez-Segura, F. J., Frolova, M., Terrados-Cepeda, J., & Muñoz-Cerón, E. 2022: How much solar PV, wind and biomass energy could be implemented in short-term? A multi-criteria GIS-based approach applied to the province of Jaén, Spain. *Journal of Cleaner Production*, 366: 132920. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132920>
- Pálfy M. 2004: Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*, 45: 7–10.
- Pintér, G., Zsiborács, H., Hegedűsné Baranyai, N., Vincze, A., Birkner, Z. 2020: The economic and geographical aspects of the status of small-scale photovoltaic systems in Hungary – A case study. *Energies*, 13(13): 3489. DOI: <https://doi.org/10.3390/en13133489>

- Ram, M., Osorio-Aravena, J. C., Aghahosseini, A., Bogdanov, D., & Breyer, C. (2022). Job creation during a climate compliant global energy transition across the power, heat, transport, and desalination sectors by 2050. *Energy*, 238: 121690. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121690>
- Rodríguez Segura, F. J., Frolova, M. 2021: Los contextos institucionales de la transición energética en España y Hungría: la diversidad de un objetivo comunitario. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, 90. DOI: <https://doi.org/10.21138/bage.3130>
- Rodríguez-Segura, F. J., Frolova, M., Osorio-Aravena J. C. 2023: Aceptación social de las energías renovables en Europa: Estudio comparativo entre la provincia de Jaén (España) y condado de Somogy (Hungría). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 43(1): 211–236. DOI: <https://doi.org/10.5209/aguc.85946>
- Segreto, M., Principe, L., Desormeaux, A., Torre, M., Tomassetti, L., Tratzi, P., Petracchini, F. 2020: Trends in social acceptance of renewable energy across Europe – A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24): 9161. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17249161>
- SolarPower Europe. 2021: EU Market Outlook for Solar Power 2021–2025. [https://api.solarpowereurope.org/uploads/EU\\_Market\\_Outlook\\_for\\_Solar\\_Power\\_2021\\_2025\\_Solar\\_Power\\_Europe\\_d485a0bd2c.pdf](https://api.solarpowereurope.org/uploads/EU_Market_Outlook_for_Solar_Power_2021_2025_Solar_Power_Europe_d485a0bd2c.pdf) (retrieved on: 2022.07.15).
- Somogy Megyei Önkormányzat. 2014a: Szektorális tanulmányok: Energia. In “Common cross border strategy”. Development of common regional strategy in Somogy, Koprivnica Krizevci and Bjelovar Bilogora Counties. HUHR/1101/2.1.4/0005. [http://www.som-onkorm.hu/static/files/nyertes\\_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/\\_5\\_Energia\\_HU.pdf](http://www.som-onkorm.hu/static/files/nyertes_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/_5_Energia_HU.pdf) (retrieved on: 2022.08.10).
- Somogy Megyei Önkormányzat. 2014b: Szektorális tanulmányok: Regionális fejlesztés. In “Common cross border strategy”. Development of common regional strategy in Somogy, Koprivnica Krizevci and Bjelovar Bilogora Counties. HUHR/1101/2.1.4/0005. [http://www.som-onkorm.hu/static/files/nyertes\\_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/\\_1\\_Region%C3%A1lis%20fejleszt%C3%A9s\\_HU.pdf](http://www.som-onkorm.hu/static/files/nyertes_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/_1_Region%C3%A1lis%20fejleszt%C3%A9s_HU.pdf) (retrieved on: 2022.08.10).
- Somogy Megyei Önkormányzat 2020: Somogy Megye Területrendezési Terve 2020. <http://www.som-onkorm.hu/somogy-megye-teruletrendezesi-terve-2020.html> (retrieved on: 2022.11.05).
- Somogy Megyei Önkormányzat. 2021: Somogy Megye Területfejlesztési Program 2021–2027. [http://www.som-onkorm.hu/static/files/Megyei\\_Ter%C3%BCletf\\_21-27/Somogy%20Megye%20Ter%C3%BCletfejleszt%C3%A9si%20Program.pdf](http://www.som-onkorm.hu/static/files/Megyei_Ter%C3%BCletf_21-27/Somogy%20Megye%20Ter%C3%BCletfejleszt%C3%A9si%20Program.pdf) (retrieved on: 2022.11.05).
- Szabó, S., Bódis, K., Kougiás, I., Moner-Girona, M., Jäger-Waldau, A., Barton, G., Szabó, L. 2017: A methodology for maximizing the benefits of solar landfills on closed sites. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76: 1291–1300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.117>
- Toledo, C., Scognamiglio, A. 2021: Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns). *Sustainability*, 13(12): 6871. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126871>
- Varga G. 2018: Somogy megye klímastratégiája. In Somogy Megyei Éghajlat Változási Platform létrehozása. [http://www.somokorm.hu/static/files/nyertes\\_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/Somogy-MegyeKl%C3%ADmastrat%C3%A9gia.pdf](http://www.somokorm.hu/static/files/nyertes_p%C3%A1ly%C3%A1zataink/Somogy-MegyeKl%C3%ADmastrat%C3%A9gia.pdf) (retrieved on: 2022.08.10).
- Žnidarec, M., Primorac, M., Mezei, C., Kovács, S.Z. 2019: Renewable energy potential and decision support in the cross-border region of Croatia and Hungary–potentials for a model application. In: Topić, D., Varjú, V., Horváthné Kovács, B (eds.): *Renewable energy sources and energy efficiency for rural areas*, MTA KRTK, Pécs, pp. 42–64

## A Somogy megyében megvalósítható fotovoltaikus potenciál első számítása és hatása a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésére és a munkahelyteremtésre

FRANCISCO JAVIER RODRÍGUEZ-SEGURA<sup>1</sup>, JUAN CARLOS OSORIO-ARAVENA<sup>2,3</sup>,  
EMILIO MUÑOZ-CERÓN<sup>3</sup>, MARINA FROLOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Regional and Physical Geography and Institute for Regional Development, University of Granada, 18071 Granada, Spain, e-mail: [fjsegura@ugr.es](mailto:fjsegura@ugr.es)

<sup>2</sup>Innovative Energy Technologies Center, Universidad Austral de Chile, Campus Patagonia s/n, 5950000 Coyhaique, Chile

<sup>3</sup>IDEA Research Group (Research and Development in Solar Energy), Center for Advanced Studies in Earth Science, Energy and Environment, University of Jaén, Campus Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain

**Kulcsszavak:** megújulóenergia-potenciál, energiaátmenet, Magyarország, napelem

**Összefoglaló:** A jelenlegi éghajlatváltozási tendenciák miatt fel kell gyorsítani az energetikai átállást a megújuló energiákra. Ennek érdekében az Európai Unió ambiciózus energiacélokot tűzött ki. A tagországokban, például Magyarországon azonban az atomenergia és a fosszilis tüzelőanyagok továbbra is jelentős szerepet töltenek be az energiamixben. Ennek ellenére az ország nagy napelemes fotovoltaikus (PV) potenciállal rendelkezik, amelyet alig használnak ki, különösen a déli megyékben, ugyanakkor eddig a technikai potenciált kevésbé kutatták. Somogy vármegyében a napelem-potenciál rövid távon történő kihasználásának becslésére egy többszemponútú térbeli megközelítést alkalmaztunk, amely integrálja a környezeti, a műszaki (gazdasági adottságokkal) és a földrajzi (társadalmi elfogadhatósági jellemzőkkel rendelkező) térinformatikai korlátokat. Az eredmények azt mutatják, hogy Somogy vármegye rövid távon 2,7 GWp megvalósítható napelemes potenciállal rendelkezik, 3,2 TWh/év villamosenergia-termelő kapacitással. Ez az energiapotenciál mintegy 25-ször nagyobb, mint a jelenlegi beépített villamosenergia-termelési kapacitás, és a 2030-ra kitűzött nemzeti cél 45%-át teszi ki a magyarországi beépített napelem-kapacitás tekintetében. Ezen túlmenően ez a potenciál közel 35 000 közvetlen munkahelyet teremthet, és lehetővé teszi 1,16–2,65 Mt CO<sub>2</sub> légkörbe történő kibocsátásának megakadályozását. A javasolt megállapítások és a jövőbeni tanulmányok mind helyi, mind nemzeti szinten jelentősök, és hozzájárulhatnak ahhoz, hogy információt nyerjünk az éghajlati célok elérésére és az energiafüggetlenség felgyorsítására vonatkozó társadalmi-gazdasági előnyökre.

*A műre a Creative Commons 4.0 standard licenc alábbi típusa vonatkozik:  
CC-BY-NC-ND-4.0.*

*This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.*





