

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISEI**

**SZILÁGYI ALFRÉD JÁNOS
GÖDÖLLŐ
2024**



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**PERMAKULTÚRÁS, ÖKOLÓGIAI ÉS
KONVENCIONÁLIS GAZDÁLKODÁSI
RENDSZEREK ÖKOSZISZTÉMA-
SZOLGÁLTATÁSAINAK ÉS
FENNTARTHATÓSÁGÁNAK KOMPLEX
ÉRTÉKELÉSE**

DOI: 10.54598/004760

SZILÁGYI ALFRÉD JÁNOS

Gödöllő

2024

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

tudományága: Környezettudományok

vezetője: Csákiné Dr. Michéli Erika, DSc
egyetemi tanár, az MTA lev. tagja
MATE Környezettudományi Intézet

Témavezetők: Tormáné Dr. Kovács Eszter, PhD
egyetemi tanár
MATE Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék

Dr. habil. Centeri Csaba, PhD
egyetemi docens
MATE Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet
Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A növekvő létszámú emberiség élelmiszerének megtermelésére egyre kevesebb termőterület áll rendelkezésre, és ez a veszteség egyre csak nő, ráadásul a csökkenést jelentősen gyorsítja a talajdegradáció előrehaladása, így a fennmaradó termőterület is egyre jobban veszélyeztetett. Ezért felértékelődött a mezőgazdasági területek fontossága, sok tanulmány is foglalkozott az elmúlt évtizedekben a mezőgazdaság természeti erőforrásokra gyakorolt hatásaival és több koncepció is kialakult, hogy hogyan lehetne harmonizálni az ökoszisztémák fennmaradását a termelési igényekkel. Az egyik ilyen koncepció a fenntarthatóság (FTG), és a fenntartható mezőgazdaság (FTM). A mezőgazdaságban több évtizede megjelent ez a koncepció, sokféleképpen próbálták a gyakorlatban megvalósítani és megtalálni az elveihez igazodó megoldásokat, technológiákat. Az FTG felé való törekvés egyik legfontosabb alapja az, ha megpróbáljuk felmérni, majd monitorozni és értékelni egy adott mezőgazdasági üzem fenntarthatósági teljesítményét. Az FTM-en belül mára többféle irányzat alakult ki, ezek egy része továbbra is használ konvencionális eszközöket (pl: kémiai védekezés, műtrágyák használata a precíziós- vagy az integrált mezőgazdálkodásban), míg más irányzatok teljesen elvetik ezeket, és helyettük ökológiai megoldásokat próbálnak találni (ökológiai gazdálkodás, biodinamikus gazdálkodás, agroökológia). Ez utóbbiak egyúttal holisztikusan értelmezik az FTM-et és a környezeti-gazdasági szempontokon túl a szociális aspektusokat is integrálják (pl. dolgozók körülményei, hátrányos helyzetűek támogatása, multifunkciós mezőgazdaság stb.). A másik, újabban megalkotott koncepció az ökoszisztéma-szolgáltatások (ÖSZ: a természeti rendszerekben keletkező, az ember számára hasznos, kézzelfogható és kézzel nem fogható javak) figyelembevétele a gazdálkodás során. A koncepció célja többek között az, hogy olyan ÖSZ-eket (pl. szabályozó: biológiai kontroll, mineralizáció; kulturális: tájképi esztétikum) is figyelembe vegyünk az emberi tájhasználat során, amelyek túlmutatnak a mezőgazdaság primer funkcióján (a termelésen), hiszen mára a társadalom, a döntéshozók és a szakpolitika elvárásai is nőttek a mezőgazdasággal szemben. A konvencionális mezőgazdaság az ellátó funkcióra, azon belül az élelmiszer és a takarmány előállítására koncentrál, és nagy mértékben mellőzi a többi ÖSZ szerepét, míg más rendszerekben, mint az ökológiai gazdálkodásban vagy a permakultúrában az utóbbiakat sokkal inkább figyelembe veszik (pl. talajképződés, víztisztítás, a táj esztétikai értéke, élőhely-biztosítás, rekreáció stb.).

A két koncepció (FTG és ÖSZ) célkitűzései nagyon hasonlóak, ugyanis mindkettő a mezőgazdaság funkciói közötti egyensúly megteremtésére és az ember környezetre való hatásának harmonizálására törekszik, csupán más fogalmi és koncepcionális keretek között. A közös probléma, hogy hogyan lehet mérni és kimutatni, illetve a társadalom felé kommunikálni, hogy az egyes gazdaságok vagy (nagyobb léptékben) tájegységek mennyire tudnak megfelelni ezeknek az elveknek a gyakorlatban. Ezek alapján a két koncepció egymáshoz való viszonyának, az átfedéseknek és eltéréseknek a vizsgálata termékeny kutatási területnek bizonyult számomra. A permakultúrás, az ökológiai és a konvencionális szemlélet szerint működő gazdaságok fenntarthatósági teljesítményének és ökoszisztéma-szolgáltató képességének összehasonlítása pedig egy előremutató, empirikus vizsgálati célnak tűnt. Magyarországon egyelőre még hasonló, holisztikus, farm-szintű empirikus kutatás nem történt, és a permakultúrás szemléletű gazdaságokat sem próbálták más gazdálkodási módokkal (konvencionális, ökológiai) összehasonlítani.

Kutatásom célkitűzései a következők voltak:

C1. a szakirodalom alapján összehasonlítani az ökoszisztéma-szolgáltatások és a fenntarthatóság koncepcióit és kísérletet tenni harmonizálásukra a mezőgazdaságra vonatkoztatva;

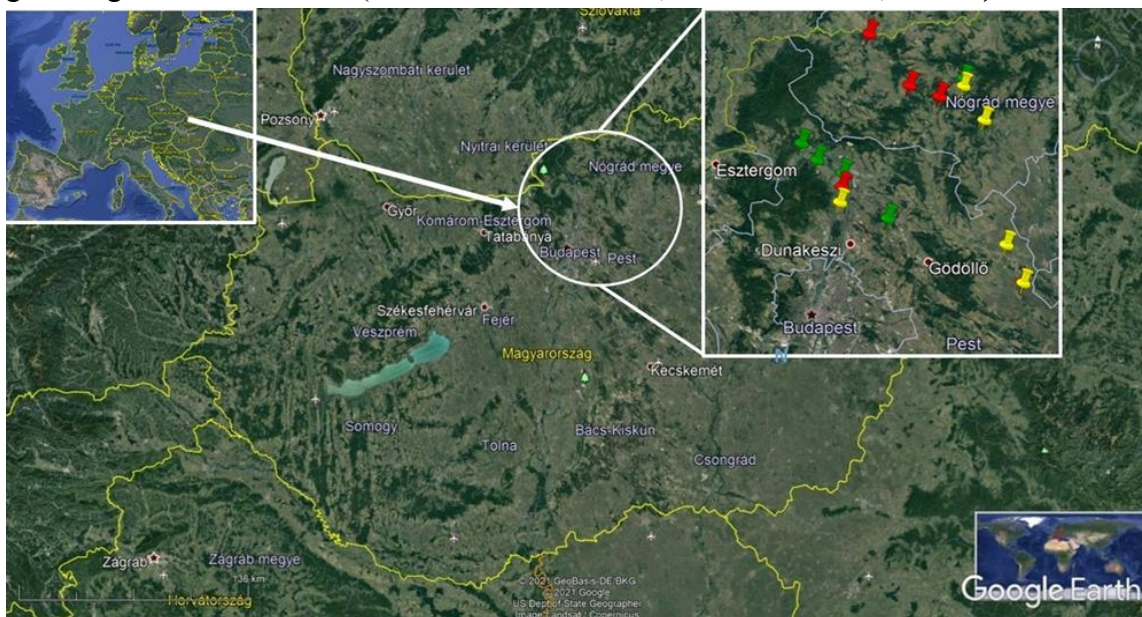
C2: egy olyan módszertani keretrendszert összeállítani, amellyel a kis területen gazdálkodó kertészeti gazdaságokat tudom értékelni az ökoszisztéma-szolgáltatás és a fenntarthatóság koncepciói alapján;

C3: öt permakultúrás, öt ökológiai és öt konvencionális gazdálkodást folytató, kis területen gazdálkodó kertészeti gazdaság komplex felmérése természet- és társadalomtudományos módszerek ötvöztetésével;

C4: a háromféle gazdálkodási rendszer ökoszisztéma-szolgáltatásokat nyújtó képességének és fenntarthatóságának értékelése.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

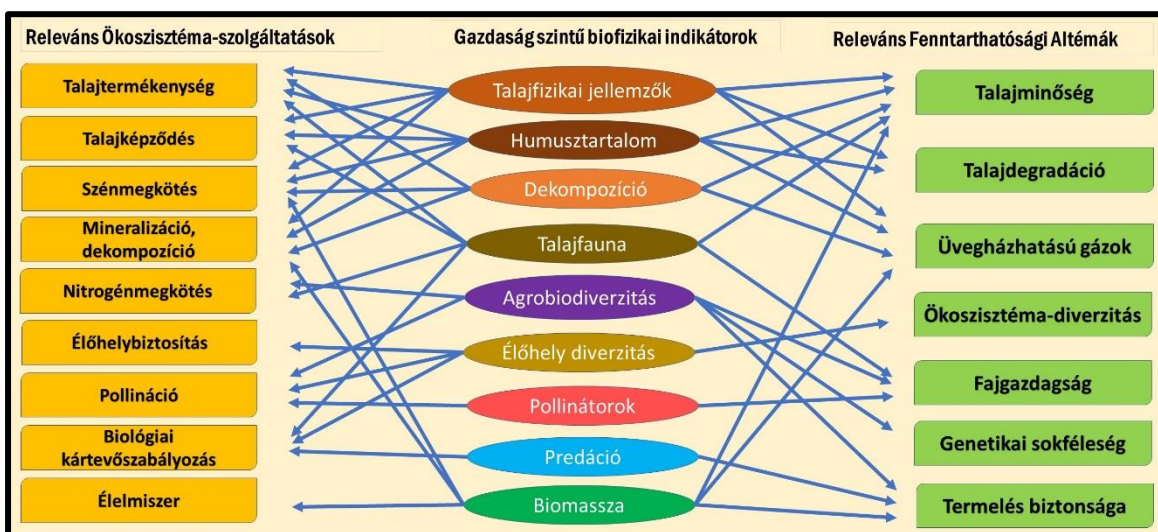
A terepi kutatáshoz 5 permakultúrárs, 5 ökológiai és 5 konvencionális gazdaságot választottam ki (a továbbiakban PERM, ÖKO és KONV, 1. ábra).



1. ábra: A vizsgált gazdaságok elhelyezkedése (Forrás: Google Earth Pro 2020 alapján, egy helyen (Zsámbok) a sárga pont átfedésben van egy pirossal)

Ezek zömében hasonló méretű (0,3–2 hektár) és agroökológiai adottságú területek voltak Észak-Közép Magyarországon, Pest és Nógrád vármegyében, mind árutermelő, elsősorban kertészeti (zöldségtermesztés) profillal, ahol számos növénykultúrát termesztettek, főként friss, piaci értékesítésre. A gazdaságok kiválasztása során négy fő szempontot vettem figyelembe: 1. a termelési profil (nemcsak melegeházi (főlia, üvegház), hanem szabadföldi termelés is), 2. a gazdaság mérete (kis lépték, 3 hektár alatti terület), 3. az elhelyezkedés (a gazdaságokat igyekeztem úgy kiválasztani, hogy egy PERM gazdaság közelében legyen egy ÖKO és KONV kertészet, de legalábbis egyazon kistérségben legyenek, hasonló talaj- és klimatikus viszonyok között), 4.) a termelési módok jellegzetességei (az ÖKO gazdaságok rendelkezzenek minősítéssel valamelyik hazai ellenőrző szervezet által; a KONV gazdaságok pedig alkalmazzanak az ÖKO-ban nem engedélyezett kémiai inputokat (műtrágyát és szintetikus növényvédőszeret) a termelésben.)

A kutatás során vizsgált **indikátorokat** a két koncepció (ÖSZ és FTG) mezőgazdaságra vonatkozó keretrendszere szerint határoztam meg. Az elérhető szakirodalom alapján elsőként kiválasztottam a terepen is mérhető ÖSZ-eket és a releváns FTG-i témákat (2. ábra).



2. ábra: A gazdaság szintű, természettudományos és biofizikai indikátorok és kapcsolódásaik az ÖSZ (TEEB) és FTG (SAFA) keretekhez

Az alapvető kiindulási pontom az volt, hogy mindkét koncepció egyes elemeit egyazon természettudományos, biofizikai indikátorok alapján lehet értékelni.

2.1. A terepi állapotfelmérés módszerei

A gazdaságokban 6 mintavételi pontot jelöltem ki karóval és piros vászonzászlóval az első látogatás során a pontszerű vizsgálatok évi többszöri elvégzéséhez. A mintavételi helyeket véletlenszerűen választottam ki a gazdaságokban az alábbi szempontok figyelembevételével: 1. kizártam a mintavételezést a főlíasátrakban és a melegházakban; 2. ügyeltem arra, hogy a mintavételi pontok egyenletesen oszoljanak el, és így a teljes gazdaságról legyen képem; 3. igyekeztem a mintavételt több növénykultúrában elvégezni, lehetőleg ugyanazokban, mint a többi gazdaságban; 4. kerültem a mintavételt a közlekedő ösvényeken, egyéb zavartabb területeken és trágyahalmok közelében.

A **talajt** Pürckhauer-féle szűrőbotos mintavevővel vizsgáltam 2020 szeptember 11–13. között, gazdaságonként egy-egy helyen. Meghatároztam a talajszintek színét, vastagságát, a humuszos réteg vastagságát, az egyes szintek mésztartalmát, fizikai féleségét, nedvességtartalmát és tömödöttségét. Végül a felmért adatok alapján meghatároztam a talaj típusát. Bővített **talajvizsgálatot** végeztettem akkreditált laboratóriumban minden gazdaságból öt-öt mintára. Az öt pontmintát 2020. 09. 11–13. napokon minden gazdaságban szabadföldi területről vettem (0–30 cm rétegből). Az öt mintával igyekeztem a gazdaság jellemző

homogén feltételeket lefedni, az általános mintavételi szempontjaim figyelembevételével. A mintákat aztán szobahőmérsékleten szárítottam, s ezt követően küldtem akkreditált laboratóriumba (HL-Lab, Debrecen). A bővített vizsgálat során egy fizikai (Arany-féle kötöttség, MSZ-08-0205-2:1978) és 13 kémiai (humusztartalom, %, MSZ 08-0210:1977, MSZ-08-0452:1980), pH (KCl), összes só (%), CaCO_3 (%) (MSZ-08-0452: 1980), $\text{N-NO}_2\text{-NO}_3$, Mg, S, K_2O , P_2O_5 , Na, Cu, Mn, Zn (utóbbiak mind ppm-ben, MSZ 20135:1999 szabvány szerint) paraméter mérése történt.

A **talajjellenállást** egy digitális penetrométerrel (Eijkelkamp Penetrologger GPS, típus: 06.15.SA) végeztem a talaj felső 80 cm-es rétegében, míg a **talajnedvességet** a penetrométerhez csatlakozó 4 szűrőtűvel rendelkező szenzorral (Soil Moisture Sensor Theta Probe) mértem a felső 5–10 cm-ben Mesoro et al. (2018) alapján. A vizsgálatokat 2020. szeptember 21–23. között végeztem, minden gazdaságban 6 ponton. A penetrométer rögzítette a mintavétel GPS koordinátáit és az adatsort is. A gazdaságok talajának **friss szervesanyag-lebontó képességének (dekompozíció)** vizsgálatához az ún. litter bag (növényi maradvány zsák) módszert használtam Burgess et al. és Kriauciūnienė et al. 2012 után. *Elymus repens*-tarackbúza aprítékot használtam, amelyet egy helyről (Kóspallagon) gyűjtöttem be tavasszal, majd szárítógépben (50 celsius fokon 48 óráig, előfonnyasztás után) légszárásra szárítottam. A kaszálékot felszeccskáztam, aprítottam ollóval, majd műanyag vászonzsákokba töltöttem, összesen 540 db-ot töltve meg. A zsákokat egyéni kóddal láttam el, majd minden zsákba 1 és 2 g közötti biomassza mennyiséget töltöttem és ezeket együttesen adatbázisban rögzítettem. A mintaterületeken 2020. május 21–23-án raktam ki a zsákokat, gazdaságonként 6 ponton 6 db zsákot, melyeket a talajfelszínre hurkapálcákkal és fogpiszálókával rögzítettem. Ahol egybefüggő növénytakaró volt, ott kiszedtem a növényeket és minden esetben csupasz talajfelszínre rögzítettem a zsákokat. A zsákokból két-két darabot három időpontban gyűjtöttem össze (1. július 16–18., 2. augusztus 27–29., 3. szeptember 21–23.). Ezt követően először szobahőmérsékleten tároltam a zsákokat néhány hétig, majd szárítógépben újból légszárásra szárítottam a zsákokat és tartalmukat. Végül laboratóriumban analitikai mérleggel lemértem a megmaradt növényi maradványokat.

A **földgilisztákat** 25×25×25 cm-es talajszelvény kockákban számoltam, minden gazdaságban 6 ponton, tavasszal (2020. május 21–23.) és ősszel (2020. szeptember 11–13.) az ISO 2006 szabvány szerint. A kiásott talajt egy fólián kézzel átvizsgáltam, majd a gilisztaegyedeket kóddal ellátott befőttesüvegekbe gyűjtöttem. A helyszínen feljegyeztem a gilisztaszámokat, majd a terepi napot követően

laboratóriumban újraszámoltam őket, különválasztottam a felnőtt és a juvenilis egyedeket, lemértem a tömegüket, majd 70%-os etanolba kerültek előlésre, majd egy hétig 4%-os formalinban álltak. Végül 70%-os etanolba raktuk vissza az egyedeket. A felnőtt egyedeket külső bélyegek alapján határoztuk meg Csuzdi és Zicsi (2003), illetve Csuzdi (2007) leírásai alapján.

A fonálférgek vizsgálatához a talajmintákat egy hengeres, oldalt nyitott mintavevő-eszközzel vettem, ún. **fonálféreg**-mintázó szűrőbottal, tavasszal (2020. május 21–23.) és ősszel (2020. szeptember 11–13.), a földigiliszta-mintagyűjtéssel párhuzamosan. A vizsgált gazdaságokban 6 ponton vettem kompozit mintát, három részmintából (2 m²-en belül). Mintegy 100 gramm talajt gyűjtöttem be pontonként, ezekből mértem ki a laboratóriumban mintánként 30 grammot, amelyből az ún. Baermann-féle tölcséses módszerrel (Szakálas et al. 2015) extraháltuk a fonálférgeket gravitációsan. A műanyag szűrőbe 2 réteg papírtörő korongot helyeztem, erre ömlesztettem a talajmintát. A szűrőket üvegtölcsérbe helyeztem, amelyet előzetesen desztillált vízzel feltöltöttem, és alul műanyag szorítóval lezártam úgy, hogy a szűrő épp a vízfelszínnel érintkezett. 48 óra elteltével 50 ml-es Falcon centrifuga csövekbe csapoltam le a desztillált vizet, amelybe gravitációsan levándoroltak a fonálférgek, míg a talajszemcséket felfogta a papír és a szűrő. A mintákat ezután hűtőben tároltam és két héten belül megszámláltam a fonálférgeket, mivel ennyi időn belül a nagy részük még élt, így könnyebb és biztosabb volt a számlálás. A számlálást mikroszkóp (Olympus SZH10 nagylátóterű preparáló) alatt végeztem úgy, hogy a mintákat rácsjelzett Petri csészékbe öntöttem.

A **talajfelszínen élő fauna** felmérésére talajcsapdás módszert alkalmaztam Császár et al. (2018) alapján, a 2020-as év során két alkalommal (május és szeptember). Gazdaságonként 6 darab csapdát raktam le az általános mintavételi szempontjaim szerint kijelölt pontokon (összesen 90 db-ot alkalmanként), amelyeket 10 nap után gyűjtöttem be. A talajcsapdákat egy 500 ml-es átlátszó műanyag pohár és egy fehér műanyag fedőlap alkotta, utóbbit 100 mm-es műanyag pálcikákkal rögzítettem a talajhoz mintegy 3–5 cm-rel a talajfelszín felett. A poharakba 120 ml-es műanyag gyűjtőedényt és műanyag palackok levágott felső részéből készített tölcsért helyeztem. Tartósító médiumnak 70%-os töménységű etilén-glikolt használtam. 10 nap után a gyűjtőedényeket csavaros tetővel lezártam és kóddal láttam el, a begyűjtés során hűtőládában, majd a laboratóriumban szobahőmérsékleten tároltam további meghatározás céljából. A mintákat aztán laboratóriumban először egy nagyobb Petri csészébe öntöttem, majd abból csipesszel szétválasztottam az egyedeket és csoportosítva egy kisebb üvegedénybe

tettem, és mikroszkóp alatt határoztam meg, az adatokat pedig táblázatban (Excel) rögzítettem, illetve a mintákat fotókkal is dokumentáltam. Az egyedeket taxon-szinten határoztam meg (pl. Araneae, Hymenoptera, Diplopoda, Collembola, Carabidae spp.).

A **pollinátorok** felmérését vizuális módszerrel végeztem Bihaly (2018) alapján, a fő megfigyelt taxonok a méhek (Apidae), lepkék (Lepidoptera), zengőlegyek (Syrphidae) és egyéb beporzók (bogarak- *Cetoniinae*, *Cantharidae*, darazsak- *Vespidea* spp.) voltak. Az „egyéb méhek” kategóriába a vadméhek tartoztak, mint például a *Megachile* vagy az *Osmia* fajok, míg a poszméheket és a háziméheket külön kategóriában jegyeztem fel. Elsőként mindig felírtam a megporzókat befolyásoló abiotikus tényezőket, mint amilyen a hőmérséklet, a felhőzet aránya, a szélerősség, majd a lehetséges táplálkozó forrásokat, a virágzó kultúrnövényeket és a fő gyomfajokat. Ezután 30 percen át, lassú, sétáló tempóban végeztem a felmérést meghatározott útvonalon úgy, hogy a teljes területet bejárjam a végére, viszont a főlíasátrak területét kizártam a felmérésből. A felvételezés során csak a virágokon táplálkozó megporzókat jegyeztem fel. 2020. májusi (21-22-23.), júliusi (16-17-18.) és augusztusi (28-29-30.) időpontokban végeztem el a felvételezést, három, egymást követő napon. A megporzók felvételezését a pollinátorok aktív időszakában végeztem, tehát reggel 8–9 óra után, délután 6 előtt (felvételezés dátumától is függően, tavasz vagy nyár)

A kártevők természetes ellenségeinek aktivitását, vagyis a **predációs aktivitást** a QUESSA európai kutatási projekt módszere (Holland et al. 2020) szerint végeztem. Kétféle csalival modelleztem a kártevőket, egyrészt húslegénynyűvekkel (horgászboltból beszerezhető sztenderd minőségű, fehér színű), amelyeket 10×10 cm-es hungarocell lapokra tűztem gombostűvel (10 db nyűvet 1 lapra), másrészt *Ephestia kuehniella*-lisztmoly tojással (Szentés-Bio Kft. forgalmazza Magyarországon), amelyet melegházi termelésben használnak a természetes kártevők táplálékaként a téli átteleltetéshez, ezeket kartonpapír kártyák 4 sarkára ragasztottam ragasztóspray-vel (TESA 60020-00000-02). A vizsgálat során a gazdaságokban 6 ponton helyeztem el 1 hungarocell lapot a talajfelszínen, 1 barna színű kartonlap kártyát szintén a talajfelszínen, és 1 zöld kartonlap kártyát 30 cm-es magasságban növényzet levelére csíptetve, kézi csíptető eszközzel. A csalikat 24 órán keresztül exponáltam, majd a kihelyezés másnapján visszagyűjtve számoltam a megmaradt, a hiányzó és a károsított nyűveket, míg a kartonpapír kártyákat lefotóztam, s később a fotó alapján becsültem a hiányokat úgy, hogy a kártya 4 sarkát külön-külön százalékosan becsültem, majd ezek átlaga adta az adatot az adott pontra. A vizsgálatokat két időpontban végeztem el, először július 7–10

között, ezt követően pedig augusztus 27–30 között.

A termesztett fajokat egy alkalommal, júliusban mértem fel. Az előre kinyomtatott műholdfelvételre rajzoltam fel az aktuális növénykultúrák parcelláit és feljegyeztem a termesztett kultúrnövények nevét Hirschfeld és Van Acker (2019), illetve Flores és Buot (2021) kutatásaihoz hasonlóan. Az adatok digitalizálását a QGIS 3.10.9 (A Coruña) programmal végeztem el, és elkészítettem a gazdaságok agrobiodiverzitás-térképeit, illetve Excelben rögzítettem a termesztett- és gyomfajlistát gazdaságonként. Az **élőhelyek** felmérését júniusban, egy alkalommal végeztem el. A felvételezés során bejártam a gazdaságokat és az azokkal közvetlen szomszédos területeket, és meghatároztam a területek főbb növényfajait és abiotikus jellegzetességeit. Ezen terepi megfigyelések és légifotók alapján meghatároztam, majd lehatároltam a gazdaságok és környezetük ÁNÉR 2011 szerinti élőhelyfoltjait (Bölöni et al. 2011), illetve meghatároztam az élőhelyfoltok természetességét is (Király et al. 2009 alapján).

Elsősorban a gazdaságok **fenntarthatóságának** felmérése miatt, másrészt a terepi mért adatok jobb értelmezhetősége érdekében minden gazdálkodóval **interjút** készítettem a terepi felvételezések lezárta után, 2021. február és április között. Az interjúfonal alapját a diplomadolgozatomhoz használt fenntarthatósági értékelő eszköz, a SMART Farm-tool indikátoraihoz tartozó auditor kérdéssor adta. Ezt dolgoztam át és egészítettem ki. Így az eredetileg kérdőíves felmérésből egy olyan interjúfonal lett, amelynek volt egy strukturáltabb szakasza (főként a gazdálkodási gyakorlat felmérésére), és egy félig strukturált, nyitottabb szakasz (a gazdálkodók hozzáállásának és szemléletmódjának felmérésére). Az interjúban elsőként általános adatokat kértem (a gazdaság alapítása, minősítése stb.), majd a termesztési technológiákról (növénytermesztés, talajművelés, tápanyag-utánpótlás, vízgazdálkodás, növényvédelem és termés hozamok) kérdeztem a gazdákat. Ezt követően az anyagforgalomról (hulladékgazdálkodás, energiaellátás és a használt inputok) kértem információt. Az értékesítéshez és termékminőséghez kapcsolódóan is tettem fel kérdéseket, majd a dolgozók munkakörülményeiről, a gazdálkodó társadalmi felelősségvállalásáról, közösségi tevékenységéről és a gazdaság menedzseléséről érdeklődtem. A félig strukturált rész fő témái a FTG-hez való hozzáállás, a gazdasági dimenzió, az ökológiai orientáció, a társadalmi dimenzió, a munkaszervezés, a dolgozók irányítása, illetve a jövőkép voltak. A gazdáknak időpont-egyeztetés után elküldtem az interjúfonalat és az adatbekérőt. Az interjú átlagosan 1,5–2 órát vett igénybe. A beszélgetéseket felvettem hangrögzítővel és jegyzeteltem is közben. Az interjúkról leirat készült, amely a további elemzések alapjául szolgált.

2.2. Elemzések

Az **adatelemzések** során kiszámítottam a **pollinátor** taxonómiai csoportszámot, **földigilisztá** fajszaámot és a Shannon-diverzitást az összes taxonómiai csoport (családok, illetve faj) prezencia-absztinencia és abundancia adataira vonatkozólag. A különböző kategórikus (gazdaság típusok) és numerikus tényezők változói között fennálló kapcsolatok reziduálisaira vonatkozólag a normalitást Shapiro–Wilk normalitási teszttel ellenőriztem. A különböző típusú gazdaságok közötti szignifikáns különbségek ($p < 0,05$) meghatározására normál eloszlású reziduálisok esetén TukeyHSD tesztet használtam, míg a nem normál eloszlású reziduálisok esetében Kruskal–Dunn *post hoc* tesztet alkalmaztam. Minden számítást az R 3.5.1-ben programkörnyezetben végeztem (R Core Team 2018) a „PMCMR”, a „PMCMRplus” és a „vegan” csomagokkal. A **talajvizsgálati** adatokat a talajvizsgálati eredmények értelmező segédlete (Szakál et al. 2006) alapján szakmailag is kiértékeltem, azaz, hogy az adott érték jó, rossz vagy közepes. Az **élőhely vizsgálatoknál** a felmérésre és a terepi megfigyelésekre (biodiverzitást fokozó elemek a gazdaságban) alapozva kvalitatívan is értékeltem a gazdaságok környezetét és a gazdaságokat, élőhelyi változatosság szempontjából.

Az üzemi szintű **fenntarthatóság** értékeléséhez a SAFA keret általam módosított változatát alkalmaztam. Az értékelést elsősorban az interjúkból nyert információkra alapoztam, a leiratokat egyszerű kvalitatív tartalomelemzésnek vettem alá, ennek részletes elemzési struktúráját a priori kódok alapján hoztam létre, amelyek a SAFA adaptált változatára (dimenziók, témák, altémák) és a gazdálkodási típusokra épültek. A környezeti dimenzió eredményeinek értékelését kiegészítettem a terepi és a biofizikai adatok alapján. A talajhoz kapcsolódó adatokat (humusztartalom, talajellenállás, NPK tartalom, talajélet) a talajminőség altémához, a biodiverzitás indikátorok eredményét (pollinátorok, földigiliszták, agro- és élőhelyi diverzitás) pedig a biodiverzitás téma értékeléséhez használtam fel.

Az **ökoszisztéma-szolgáltatásokat** (és a biodiverzitás agroökoszisztéma alapállapot-jellemzőt) részben kvantitatív, részben kvalitatív adatok alapján értékeltem. Az összefüggéseket és az indikátorok hatását az egyes ÖSZ-ekre az 1. táblázatban taglaltam.

1. táblázat: A vizsgált ŐSZ-ek értékelésének összefüggései: biofizikai indikátorok és gazdálkodási gyakorlatok hatása az egyes vizsgált ŐSZ-ekre

Vizsgált ŐSZ-ek potenciálja	Biofizikai mutatók hatása az ŐSZ-re	Gazdálkodási gyakorlat hatása az ŐSZ-re
Dekompozíció A lebontás potenciálja nagy,	ha gyors a dekompozíció, nagy a humusz- és tápanyagtartalom a talajban, kicsi a talajellenállás, nagy a lebontó szervezetek abundanciája és diverzitása, a termesztett növényeknek nagy a biomassa mennyisége.	ha a talajművelés kímélő, a vetésforgó komplex, az öntözés egyenletesen biztosított, a tápanyag-utánpótlás során szerves anyagot juttatnak a talajba, használnak talajjavítószereket (pl. komposzt), a talajélethez való hozzáállás proaktív.
A globális éghajlat- szabályozás potenciálja nagy,	ha kicsi a talajellenállás és nagy a humusz- és tápanyagtartalom illetve a dekompozíció (sebessége és milyensége) segíti a humuszanyagok megmaradását, és ezzel párhuzamosan a tápanyag-szolgáltató-képességet is.	ha a talajművelés kímélő, a tápanyag utánpótlás során szerves anyagot juttatnak a talajba, használnak talajjavító szereket (pl. komposzt), a vetésforgó komplex, a talajélethez való hozzáállás proaktív.
A biológiai kártevő szabályozás potenciálja nagy,	ha a predáció intenzív, a talaj-felszíni fauna abundanciája és diverzitása nagy és az élőhelyek diverzitása nagy.	ha nincs kémiai növényvédelem, biológiai védekezés van, komplex a vetésforgó és a gazdálkodó hozzáállása a biodiverzitáshoz proaktív.
A pollináció potenciálja nagy,	ha a pollinátorok abundanciája és diverzitása nagy, a gyomfajok és termesztett kultúrnövények száma nagy és az élőhelyek diverzitása nagy.	ha nincs kémiai növényvédelem, komplex a vetésforgó és a gazdálkodó hozzáállása a biodiverzitáshoz proaktív.
Biodiverzitás (állapot jellemző) nő,	ha az élőhelyi diverzitás nagy, a pollinátorok, fonálférgek, földigiliszták, talajfelszíni fauna, gyomfajok és termesztett kultúrák abundanciája és diverzitása nagy.	ha nincs kémiai növényvédelem, a talajművelés kímélő, komplex a vetésforgó és a gazdálkodó hozzáállása a biodiverzitáshoz proaktív.

3. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

3.1. A természettudományos terepi vizsgálatok eredményei

A KONV talajok **Arany-féle kötöttsége** (37) szignifikánsan kisebb volt a PERM-hez (46) és ÖKO-hoz képest (44), tehát az agyag frakció aránya kisebb volt a KONV talajokban. A **humuszos réteg vastagsága** a PERM talajokban volt legnagyobb (51 cm, nem szignifikáns). A **pH(KCl)** nagysága és a **mésztartalom** nem mutatott szignifikáns eltérést, előbbi mindhárom típusban semleges kémhatást (7,05–7,23) mutatott. Ezek a talajjellemzők nem a gazdálkodás hatása, hanem az eredendő természetföldrajzi viszonyoké. A legnagyobb átlagos **humusztartalmat** a PERM típusban mértem ($3,6 \pm 1,65\%$), ezt követte az ÖKO ($2,9 \pm 0,83\%$), míg a legkisebb a KONV-ban ($2,1 \pm 0,8\%$) volt. A PERM és ÖKO között nem volt szignifikáns eltérés, viszont mindkettőben szignifikánsan nagyobbak voltak az értékek a KONV-hoz képest.

A **nitrit+nitrát** N-tartalom (KCl oldható $N-NO_2+NO_3$ (mg/kg)) hasonló értékeket mutatott mindhárom vizsgált típusban PERM ($25,2 \pm 18,3$), ÖKO ($23,2 \pm 14,57$), a legkisebb értékek a KONV-ban voltak (22 ± 15), de nem volt szignifikáns eltérés a párok között. A talajok AL-oldható **káliumtartalma** (mg/kg) az ÖKO-ban ($473 \pm 371,1$) és a KONV-ban ($486,8 \pm 349$) hasonló volt, a PERM-ben magasabb ($693,2 \pm 497,3$), de itt sem mutatkozott szignifikánsnak az eltérés. A talajok AL-oldható **foszfortartalma** (mg/kg) az ÖKO-ban volt a legkisebb ($582,3 \pm 491,7$), amelyet a PERM követett ($614,6 \pm 582,1$) a legmagasabb értékeket a KONV talajában mértem ($917,3,3 \pm 670,2$), ami viszont szignifikáns eltérés volt.

Szignifikáns különbséget találtam az ÖKO talajának (353 mg/kg) **Mg** tartalma és a KONV (251 mg/kg) között. A permakultúrák gazdaságok talajának Mg tartalma (324 mg/kg) a két típus közé esett. Az **S, Na, Cu, Mn, Zn** esetében nem mutatkozott szignifikáns különbség a gazdaságtípusok között.

Az átlagos **talajnedvesség** tartalom a PERM és a KONV esetén ugyanannyi volt (10,9 %) míg az ÖKO-ban szignifikánsan nagyobb volt (15,6 %). A mélységi szintekre osztott átlagos **talajellenállás** egyik szintben sem mutatott ki szignifikáns eltérést a három típus között, 31–40 cm-es szintben az ÖKO átlaga kicsit kiugrott (1,9 míg a másik kettőnél 1,6), illetve 41–80 cm mélységben a KONV átlaga volt a legnagyobb (1,8 MPa), a PERM volt a legkisebb (1,5 MPa). A talajellenállási profilok alapján a PERM-ben vélhetően komolyabb problémák lehetnek a tömörödöttséggel, hiszen három gazdaságban is mértem 2,5 MPa ellenállást, ami kedvezőtlen a növények szempontjából (már 2 MPa felett is), az ÖKO-ban csupán egy gazdaságban, de további négy eléri a 2 MPa értéket, ami szintén kedvezőtlen.

A profilok alapján a KONV-ban vannak a legmegfelelőbb állapotok, hiszen 2 MPa értéket csak két gazdaság érte el, az összes ez alatt maradt, vélhetően az intenzív talajforgatásnak, a több évtizedes művelésnek és a homokosabb jellegnek köszönhetően. Az ÖKO-ban a talajművelésnek, szervesstrágyázásnak és komposzthasználatnak köszönhetően alakultak így az eredmények, míg a PERM-ben vélhetően a művelés minimalizálása és a magasabb agyagtartalomnak tudható be a nagyobb tömörödöttség.

A **dekompozíció** a KONV-ban volt a legintenzívebb (22,45 % maradvány átlagban), míg a PERM és ÖKO szinte azonos, szignifikánsan alacsonyabb volt (28,41 és 28,75 % maradvány) az egész vizsgált időszak tekintetében (május és szeptember). Az első szakaszban (május-július) a PERM-ben és az ÖKO-ban szignifikánsan nagyobb volt a dekompozíció, mint a KONV-ban.

Májusban a **földgiliszták** egyedszáma szignifikánsan magasabb volt a PERM gazdaságokban, szeptemberben viszont nem találtunk szignifikáns különbségeket. A földgiliszták fajsza száma szignifikánsan magasabb volt a PERM-ben a májusi mintavételezés során. Bár a Shannon-diverzitás a PERM-ben volt a legnagyobb, a legalacsonyabb pedig az ÖKO-ban, ezek nem voltak szignifikáns különbségek. Szeptemberben a földgiliszták fajsza száma és a Shannon-diverzitás átlaga a PERM-ben volt a legmagasabb, azonban sem a fajsza szám, sem a Shannon-diverzitás tekintetében nem volt szignifikáns különbség a gazdálkodási rendszerek között. Ugyan az ÖKO-ban nem voltak nagyobb számban és diverzitásban a giliszták a KONV-hoz képest, ellentétben a korábbi kutatásokkal (pl. Dominguez et al. 2014); azonban a PERM-ben szignifikánsan nagyobb volt az abundanciájuk, ami igazolja a kiinduló hipotézisemet. Ez egyrészt következhetett a PERM gazdálkodók törekvéseiből a talajbolygatás minimalizálására, amely kedvez a gilisztáknak (pl. Dekemati et al. 2019), másrészt a nagyobb friss szervesanyag-tartalomból a mulcsozás és növényi maradványok kezelése folytán. Másrészt a talajtípus is kedvezhetett a gilisztáknak, mivel a PERM gazdaságok talaja egyhén kötöttebb, anyagosa bb, míg a KONV gazdák homokosabb talajokon gazdálkodnak (homokos talajban jellemzően kevesebb a giliszta).

A tavaszi mintavételezés során a legtöbb **fonálféreg** (nem szignifikáns) a KONV gazdaságok talajaiban volt, ezt követik az ÖKO, majd a PERM gazdaságok. Míg a szeptemberi ismételt felvételezés esetében minden típusban kevesebb egyedet regisztráltunk, ekkor is a KONV gazdaságok esetében a legtöbbet, a PERM majdnem megközelítette ezt az értéket, míg az ÖKO-ban szignifikánsan kevesebb volt. Ez az eredmény egyrésztől mást mutat, mint Ilieva-Makulec et al. (2016) kutatása, akik az ÖKO-ban nagyobb fonálféreg abundanciát találtak, más oldalról viszont hasonlít, mivel ők is csak az őszi mintavételezésben és a homokosabb

jellegű talajtípusnál, ami az én esetemben a KONV-ra volt igaz. Itt is a tavaszi talajművelés eredményezhette egyes fonálférgek felszaporodását a KONV talajokban, a bolygatással járó tápanyag felszabadulással, bár ennek ellentmond, hogy a legnagyobb abundanciát a K3 gazdaságban találtuk, ahol nincsen forgatással járó intenzív talajművelés.

A **pókfélék, az ugróvillások, az ászkarákok és az ikerszelvényesek** esetében a PERM gazdaságokban szignifikánsan nagyobb átlagos előfordulást találtunk a májusi felvételezéskor a KONV-hoz képest, az ÖKO a kettő közé esett. A **hártyásszárnyúak és bogarak** átlagos előfordulási gyakorisága a KONV-ban volt a legnagyobb, előbbi szignifikáns különbség volt az ÖKO-hoz képest. Az **ászkarákok** tekintetében nem regisztráltunk számottevő eltérést. A szeptemberi felvételezéskor a pókfélék, az ugróvillások, az ászkarákok, a hártyásszárnyúak tekintetében a legnagyobb egyedszámokat az ÖKO-ban regisztráltuk, de ezek nem voltak szignifikáns különbségek. A bogarak átlagos előfordulása ismét a konvencionális mintákban volt a legnagyobb (13-at a 30 minta átlagában), bár kisebb volt az eltérés, mint májusban. Tavasszal jóval magasabb átlagos egyedszámokat találtunk majdnem minden taxon esetén. Ez egyrészt betudható a szezonalitásnak (környezeti faktoroknak), másrészt ezen élőlények életciklusának, illetve vélhetően a táplálék elérhetőségének. Tavasszal sok taxon tekintetében a PERM gazdaságok mintáiban volt a legtöbb egyed, míg ősszel az ÖKO-ban, ezek statisztikailag nem igazolt eltérések.

A **talajfelszíni fauna abundanciája** a legtöbb taxon esetében a korábbi kutatásokhoz (pl. Dominguez et al. 2014, Ortaç et al. 2015) hasonlóan nagyobb volt az ÖKO-ban a KONV-hoz képest (kivétel hártyásszárnyúak) és az alap hipotézisemet is igazolta, miszerint a PERM-ben a legnagyobb. A kedvezőbb feltételek lehettek számukra a növényi maradványok kezelése és a komposzt kijuttatása révén elérhető szerves anyag többlet és a kevésbé bolygatott, sok esetben takart talajfelszín, a kémiai növényvédőszeres kezelések hiánya. A gyomnövények jelenléte szintén pozitívan befolyásolhatta a rovarok abundanciáját, amit pl. Smith et al. (2020) is kimutattak.

A májusi és a júliusi mintavétel során nem találtunk szignifikáns különbségeket a **beporzók** gyakoriságában, bár a PERM gazdaságokban volt a legmagasabb az átlag, míg a KONV-ban a legalacsonyabb. A beporzók összlétszáma augusztusban szignifikánsan magasabb volt a PERM és az ÖKO, mint a KONV gazdaságokban. Sem a pollinátorok taxonómiai csoportszámában, sem a Shannon-diverzitásban nem találtunk szignifikáns különbségeket egyik mintavételi időpontban sem. A Shannon-diverzitási index átlaga májusban a PERM gazdaságokban volt a legmagasabb, míg 2020 júliusában és augusztusában az

ÖKO-ban. Mind júliusban, mind augusztusban a PERM átlaga volt a legalacsonyabb. Az abundancia eltérések alátámasztják a korábbi kutatásokat, amelyek azt találták, hogy az ÖKO kedvezőbb a pollinátorok számára (Holzschuh et al. 2006, Kennedy et al. 2013) és a hipotézisünket is részben igazolta (csak augusztusban) miszerint a PERM-ben regisztráljuk a legtöbb megporzót. Az eredmények háttérében állhatott a gyomok nagyobb abundanciája és diverzitása, amely Holzschuh et al. (2006) is igazolt, a gazdaságokat körülvevő táj, féltermészetes élőhelyek (Kennedy et al. 2013). Emellett egyes pollenadó növényfajok jelenléte, az egyik megállapításuk a kutatóknak a QUESSA projekt során az volt, hogy a Rosacea, az Asteraceae és a Leguminosae családok tagjai különösen vonzóak voltak a megporzóknak. Hasonló megfigyeléseket mi is végeztünk a felvételezések során, különösen a tökfélék, a fűszernövények és a virágzó gyomok tekintetében (Mészáros et al. 2021). A megporzók faji összetételét erősen befolyásolhatta a telepített méhcsaládok (*Apis mellifera*- mézelő méh) jelenléte.

A júliusi **predáció** felvételezéskor a felszín felett kihelyezett *Ephestia* tojások fogyasztában nem volt szignifikáns eltérés, az ÖKO és KONV átlaga és szórása nagyon hasonló, addig a PERM-ben volt a legmagasabb átlag legkisebb szórással. Az augusztusi mintavételkor sem a *Calliphora*, sem a felszín felett kihelyezett *Ephestia* tojások fogyasztában nem volt szignifikáns eltérés. Júliusban a *Calliphora* lárvák fogyasztása szignifikánsan nagyobb volt a KONV-ban az ÖKO-hoz képest, a PERM a kettő közé esett. Az *Ephestia* tojások fogyasztása mind júliusban, mind augusztusban szignifikáns eltérést mutatott a talajfelszínen kihelyezett csalikártyák esetében a PERM javára a KONV-al szemben, az ÖKO mindkét esetben a kettő közé esett. A predációs aktivitást sok tényező befolyásolhatta a mintaterületeken, az egyik oka a nagyobb lárvafogyásnak a KONV-ban az lehet, hogy itt nem volt annyi prédaállat a ragadozó szervezetek számára. A csali modell típusa is befolyásolhatta az eredményeket (McHugh et al. 2020) és a csapdák kihelyezésének módja (Ward 2001, Winder et al. 2001). Emellett az élőhelyek minősége a gazdaságon belül és a gazdaság közvetlen környezetében jelentős tényező lehetett, különösen a fás vegetációjú féltermészetes élőhelyfoltok (Bartual et al. 2019, Holland et al. 2017, 2020) és a gyomnövények jelenléte (Smith et al. 2020). Az *Ephestia* tojások talajfelszíni mintáinak nagyarányú predációja azt mutatta, hogy gazdálkodási típustól függetlenül a kártevők természetes ellenségei aktívak a kertészeti ökoszisztémákban. A tavaszhoz képest ősze valamelyest csökkent az aktivitásuk, míg a *Calliphora* lárvák esetén kisebb az eltérés a mintavétel idejének függvényében.

A PERM-ben volt átlagosan a legtöbb **termesztett növénykultúra** (17,8),

ezt követték az ÖKO (13,8), míg a legalacsonyabb a KONV gazdaságokban volt (12,2), ezek statisztikailag nem igazolt eltérések voltak. A legtöbb **gyomfajt** az ÖKO-ban regisztráltunk (átlag 16, összesen 80 fajt, B3 gazdaságban a legtöbbet, 24 fajt), aztán a PERM-ben (átlag 11, összesen 55 fajt), a legkevesebbet pedig a KONV gazdaságokban (átlag 7,8, összesen 39 fajt). Az ÖKO-ban szignifikánsan nagyobb gyomfaj készletet találtunk a KONV-hoz képest, a PERM a kettő közé esett és szignifikánsan egyiktől sem tért el. A leggyakrabban előforduló **élőhelytípus** minden gazdaságban a T1-es volt, amely a tavaszi vagy őszi vetésű egyéves, intenzív szántóföldi kultúrákat vagy learatott helyüket, rendszeresen művelt területeket jelenti (Bölöni et al. 2011). A gazdaságon belüli élőhelytípusok száma a PERM-ben volt a legnagyobb (átlagban 4,4), majd az ÖKO-ban (átlagban 4), legkisebb a KONV-ban (átlagban 3,2), azonban szignifikáns eltérést nem találtam a három típus között.

Összességében, néhány kivételtől eltekintve, a gazdaságokon belül nagyobb élőhelytípus-szám nem jellemző gazdálkodási típustól függetlenül, ami egyrészt a méretükből következik, abból, hogy kis területen gazdálkodnak, így azt igyekeznek teljesen kihasználni, másrészt abból, hogy az infrastrukturális feltételek és egyéb okok miatt zömében lakott területen vagy közvetlen környezetükben találhatóak. Utóbbi az oka annak is, hogy a közvetlen környezetükben sem jellemző nagyobb természetességű élőhely, illetve az általános hazai agrártájak élőhelyi heterogenitásának hiánya és alacsony természetessége. A gazdaságok környezetének kvalitatív értékelése is erre mutat rá, hiszen a 15 felmért gazdaságból 5 kicsi, 4 közepes és csak 6 kapott nagy értékelést.

A biodiverzitást fokozó elemek figyelembevételével történt kvalitatív értékelésem alapján a PERM gazdaságok többsége nagy természetességű értékelést kapott (3/5, a többi közepes), míg az ÖKO-nál csak kettő volt ilyen értékelésű (a többi kicsi), a KONV-nál pedig csak egy (a többi kicsi). Úgy gondolom tehát, hogy a PERM gazdaságok tettek a legtöbbet az élőhelyi változatosság és a biodiverzitás fokozása érdekében, míg a KONV gazdaságoknál van a legnagyobb hiányosság ebben a tekintetben.

3.2. A fenntarthatóság összesített értékelése

A **jó kormányzás** dimenzióban a PERM gazdaságoknál jelent meg leginkább az etikus gazdaságvezetés és a holisztikus szemlélet: ezeket alternatív üzem-modell követésével vitték át a gyakorlatba, amelynek eleme pl. a közösségi gazdálkodás és az önellátás, így e tekintetben ők teljesítették leginkább a SAFA dimenzió célkitűzéseket (2. táblázat). Más szempontból viszont, a szakmai tervezés és menedzsment az ÖKO gazdaságokra volt jellemző a leginkább, az innovációkat

is ők vezették be leginkább a termelésbe, ezáltal egy komplex üzem-modellt alakítottak ki, melynek részei pl.: CSA értékesítés, öko minősítés, professzionális termelő berendezések. Ezzel szemben a KONV gazdaságok feleltek meg legkevésbé a SAFA célkitűzéseknek, mivel rájuk az elavult technológia alkalmazása, az agrár végzettség hiánya, s ennél fogva az innováció hiánya volt jellemző. Ezt a többgenerációs tapasztalat ugyan ellensúlyozta, ám így is egy leegyszerűsített, korszerűtlen üzem-modellt valósítottak meg.

A **környezeti** dimenzióban a PERM gazdaságok teljesítettek a legjobban. Az interjúk során kapott válaszok alapján itt volt leginkább fontos a környezeti szempontok figyelembevétele a gazdálkodás során, és ezt a legtöbb téma esetében a terepi vizsgálatok is igazolták. Az ÖKO gazdaságok is sok tekintetben jól teljesítettek a SAFA célkitűzéseket, náluk azonban jobban megjelentek a termelés-hatékonyság és az egyéb szempontok közti kompromisszumok (pl. több külső input használat, gépesítés). A KONV gazdaságoknál a szintetikus inputhasználat és a termelésorientált üzem-modell folytán a környezeti hozadékok kevésbé vagy egyáltalán nem jelentek meg (vagy negatívok), s ezt többnyire a természettudományos vizsgálatok is igazolták.

A **gazdasági rugalmasság** dimenzióban a legjobban az ÖKO gazdaságok teljesítettek, ők ugyanis a legkevésbé kiszolgáltatottak a különböző stresszhatásoknak; a KONV gazdák egy-egy szempontból kiszolgáltatottabbak, de még így is stabilabb volt a hátterük, mint a PERM gazdaságoknak, így az utóbbiak teljesítménye a legkisebb (2. táblázat).

A **társadalmi integritás** dimenzióban a gazdálkodók jóllétét tekintve az ÖKO gazdaságok teljesítettek a legjobban, mivel a szakmai menedzsment és a termelési volumen miatt itt nagyobb fokú termelésbiztonság és anyagi stabilitás alakult ki, ezen felül voltak alkalmazottaik, ami szintén több pozitív társadalmi hatást is hoz magával. A PERM gazdálkodók között is volt ehhez hasonló rendszer, bár itt az ideálok és a szemlélet miatt a gazdálkodók más szempontok mentén értékelték a gazdálkodással kapcsolatos elégedettségüket és az életszínvonalukat. A részvételiséget és a társadalmi innovációt tekintve a PERM gazdaságok teljesítettek a legjobban. Rájuk és az ÖKO gazdaságokra volt jellemző, hogy egyfajta katalizátorként működtek a magyar, fenntartható mezőgazdasággal kapcsolatos társadalmi vitában és szakmai körökben, így a társadalmi kihatásuk jelentősnek mondható. Ezzel szemben a KONV gazdaságoknál ez minimálisan, sporadikusan jelent meg, és a társadalmi innováció teljességgel hiányzott (2. táblázat).

2. táblázat: A SAFA négy dimenziójának kulcsszavas összefoglalója a három vizsgált gazdálkodási rendszerre (PERM, ÖKO, KONV) vonatkozólag.

SAFA dimenziók/ gazdálkodási rendszerek	PERM	ÖKO	KONV
Jó kormányzás	Ideálok, holisztikus szemlélet, alternatív üzem modellek	Szakmai megalapozottság, tudatos menedzsment, innováció, komplex üzem-modell	Elavult technológia, minimális innováció, agrár-szakmai végzettség hiánya, generációkon átívelő tapasztalat
Környezeti integritás	Biodiverzitás-fókusz, talaj-bolygatás minimalizálása, külső input-függőség csökkentése	Környezet védelme, nem-szennyezés elve, külső inputok bevonása	Műtrágya- és növény-védőszer-használat, külső input-függőség
Gazdasági rugalmasság	Gazdasági szempontok alárendeltsége az elveknek, gazdálkodás mellett szolgáltatások	Életképes, prosperáló, méretgazdaságosság	Beszűkült piaci pozíció, kiszolgáltatottság
Társadalmi integritás	Fókusz a pozitív társadalmi hatásokon, társadalmi innováció	Tudásátadás, alkalmazottak	Minimális, eseti jellegű, együttműködések hiánya

3.3. Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése

A **dekompozíció** a KONV gazdaságokban volt a legintenzívebb a vizsgált időszak alatt (bár nagy eltérések nem voltak). Ez arra enged következtetni, hogy a potenciál itt a legnagyobb. Viszont a humusztartalom a PERM gazdálkodásban volt a legnagyobb, azt jelenti, hogy a humuszanyagok jobban megmaradnak itt, míg a KONV gazdaságok talajában gyorsabban lebomlanak. A gazdálkodási gyakorlatok alapvetően a PERM gazdálkodásban a legkedvezőbbek a jó talajgazdálkodás érdekében, ami a dekompozíciót is pozitívan befolyásolja. A tápanyag-utánpótlás során az ÖKO gazdálkodók és a PERM gazdák közül a szerves trágya mellett is többen nagy mennyiségben juttatnak ki komposztot talajjavító szerként, illetve a PERM gazdaságok többségében a növényi maradványokat is helyben hagyják. Az interjúk alapján a vetésforgó komplexitása miatt (elő- és utóvetemények beillesztésével jobb a vegetációs időszak kihasználtsága) az ÖKO és a PERM gazdaságokban több biomassa képződik, mint a KONV-ban, ahol nincs komplex vetésforgó, maximum a körülményekhez alkalmazkodó vetésváltás. Ugyan az alap mérések szerint a KONV-ban a legnagyobb a dekompozíció ÖSZ potenciál, azonban a humusztartalom mennyiségét, illetve a többi változót is figyelembe véve azt gondolom, hogy a

PERM-ben támogatják leginkább a dekompozíció ŐSZ-t, hiszen a folyamatos biomassza elvitel (termés stb.) mellett is növekszik a humusztartalom.

A humusztartalom szignifikánsan nagyobb volt a PERM-ben és az ŐKO-ban a KONV-hoz képest, tehát itt raktározódott aktuálisan a legtöbb szén a talajban, a dekompozíció viszont a KONV-ban volt a legintenzívebb. A talaj tápanyagtartalma és a talajjellenállás is befolyásolja a humuszosodást, előbbi a PERM-ben és a KONV-ban volt kiemelkedő, utóbbi a KONV-ban volt a legoptimálisabb. A gazdálkodási gyakorlatok a legkedvezőbbek a PERM gazdaságokban, próbálják minimalizálni a talajművelést, a növényi maradványokat helyben hagyják, vagy komposztálva visszajuttatják, emellett a gazdálkodók proaktív hozzáállása a talajélethez pozitívan hat a gazdálkodási gyakorlatukra. Talajjavító készítményeket főként az ŐKO-ban, de egyes PERM és KONV gazdaságokban is használnak, ezen belül komposztot nagy arányban az ŐKO és néhány PERM gazdaság. Szerves trágyát mindannyian használnak, ugyanakkor összességében a legnagyobb szénbevitel a PERM, majd az ŐKO és a legkisebb a KONV gazdaságokban jellemző. A fentebb ismertetett összefüggés miatt a komplex vetésforgó is eredményezi, hogy a növényi takarás időtartama és a biomassza-hozam nagyobb a PERM-ben és az ŐKO-ban a KONV-hoz képest. Mindezt figyelembe véve azt feltételezem, hogy **az éghajlat szabályozás ŐSZ potenciálja a PERM-ben a legnagyobb, amit az ŐKO követ és a legkisebb a KONV-ban.**

A **predációs** vizsgálatok esetében szignifikáns eltérések mutatkoztak: a calliphora lárvák esetén a KONV gazdaságokban volt legnagyobb a fogyás, míg az Ephestia tojások esetén a földfelszínen kihelyezett mintáknál a PERM gazdaságokban mindkét alkalommal szignifikánsan nagyobb volt a fogyás a többi gazdaságtípushoz képest. A talajfelszíni fauna felmérések azt mutatták, hogy a májusi mintavételkor a PERM típusban szignifikánsan nagyobb volt a pókok és az ikerszelvényesek száma, ezek potenciális ragadozói a kihelyezett kártevő modelleknek. Az élőhely felmérés kvalitatív értékelése nem mutatott nagy eltéréseket a gazdaságok környezetét tekintve (alapvetően nem túl optimális a környezet), viszont a gazdaságokon belüli élőhelyi változatosság a biodiverzitást fokozó elemeket is figyelembe véve a PERM-ben a legnagyobb, a KONV-ban a legkisebb, ami a kártevők természetes ellenségei szempontjából fontos tényező, hiszen élőhelyet és táplálkozó helyet biztosítanak a féltermészetes élőhelyek. A gazdálkodói gyakorlatok (növényvédelem, biológiai védekezés, vetésforgó) és a gazdálkodók tudatossága és hozzáállása kedvezőbb a PERM gazdaságokban, az ŐKO és a KONV gazdaságokhoz képest. **Az összes adat alapján azt feltételezem, hogy a PERM gazdaságokban kedvezőbbek a feltételek**

azon szervezetek számára, amelyek a kártevő szabályozást, mint ÖSZ-t biztosítják, ezáltal az ÖSZ maga is jobban érvényesül itt.

A **pollinátorok** abundanciája esetén augusztusban szignifikáns eltérést tapasztaltam a PERM gazdaságok javára a KONV-hoz képest (az ÖKO a kettő közé esett). A terepi felmérés részben azt támasztja alá, hogy a PERM típusban legnagyobb a pollinátorok abundanciája, ellenben a diverzitásukat illetően nem egyértelműek az eredmények. A gyomfajok száma az ÖKO-ban szignifikánsan nagyobb volt a KONV-hoz képest, a termesztett növények száma és a parcellasűrűség a PERM-ben volt a legnagyobb (ugyan ezek nem voltak szignifikáns eltérések), de összességében ez alapján az agrobiodiverzitás kedvezőbb volt a PERM-ben és az ÖKO-ban a megporzók számára, mint a KONV-ban. A kvalitatív élőhelyi diverzitás értékelés a fentebb részletezett okok miatt szintén ezt támasztja alá. Ezt egészítik ki a gazdálkodási gyakorlatok: a PERM (és ÖKO) gazdaságok komplex vetésforgót tartanak fenn a KONV gazdaságokkal szemben, illetve szintetikus növényvédőszeret nem alkalmaznak, amelyek különösen veszélyesek lehetnének a pollinátorokra. A képet tovább árnyalja, hogy a KONV gazdálkodók a saját bevallásuk szerint méhkímélő növényvédelmi technológiát alkalmaznak. Végül a gazdálkodók biodiverzitás attitűdje szintén azt erősíti, hogy a PERM gazdaságokban kiemelt szerepe van a megporzóknak, az érdeklükben virágokat illesztenek a vetésforgóba stb. Mindezek alapján azt feltételezem, hogy a **pollinációs potenciál a PERM gazdaságokban a legnagyobb**. A pollinátorok diverzitásában nem, de az abundanciájában volt szignifikáns eltérés. A földigiliszták diverzitása májusban a PERM-ben volt a legnagyobb. A talajfelszíni fauna májusi felvételezésekor egyes csoportok (pókok, ugróvillások, százlábúak, hártyásszárnyúak) tekintetében szignifikánsan nagyobb volt az abundancia a PERM gazdálkodásban az ÖKO-hoz vagy a KONV-hoz képest. A gyomfajok abundanciája az ÖKO-ban volt a legnagyobb (szignifikánsan), amelyet a PERM követett, legkisebb a KONV-ban volt. Az élőhelyek diverzitásában csak a kvalitatív elemzés tudott kimutatni eltérést, amely a gazdaságon belüli biodiverzitást fokozó elemeket is figyelembe vette: a PERM gazdaságok próbálnak a legtöbbet tenni az élőhelyi diverzitás érdekében. A gazdálkodói gyakorlatok szintjén (növényvédelem, vetésforgó, biológiai védekezés) is a PERM gazdaságok kedvezőbbek. Mindezt a biodiverzitáshoz fűződő gazdálkodói attitűd is alátámasztja, hiszen a PERM gazdák proaktívan építenek a biodiverzitásra, míg a KONV gazdák inkább semlegesek állnak hozzá, így összességében **a biodiverzitás, mint agroökoszisztéma alapállapot-jellemző a PERM-ben a legkedvezőbb, amit az ÖKO követ és a legkevésbé kedvező a KONV-ban**. A gazdaság szintjén ezt ÖSZ-fókuszú kutatások nem vizsgálták, de a tágabb biodiverzitás kutatások (pl. Bengtsson et al. 2005) már kimutatták. Ez nagyban

Indikátorok

- Talajellenállás
- ★ Tápanyag tartalom
- ★ Humusztartalom
- ★ Dekompozíció
- ★ Talajfauna
- ★ Agrobiodiverzitás
- ★ Pollinátorok
- Élőhelyek
- ★ Predáció
- Vetésforgó
- Talajgazdálkodás
- Növényvédelem
- Gazdálkodói attitűd

Ökoszisztéma-szolgáltatások

- Dekompozíció
- Globális éghajlat-szabályozás
- Biológiai kártevő-szabályozás
- Pollináció
- Biodiverzitás

The diagram illustrates the relationship between 14 indicators and 5 ecosystem services. Indicators are grouped into four color-coded categories: orange (soil/nutrient), purple (biodiversity), blue (management), and green (attitude). Ecosystem services are in green boxes. Arrows show connections: orange indicators to Decomposition and Climate Change; purple to Biological Control; blue to Pollination and Biodiversity; green to Biodiversity. Each indicator has a 3x4 grid of colored squares (PERM, ÖKO, KONV) representing different management levels.

22

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. Következtetések

Feltártam az **összefüggéseket az ÖSZ és FTG** vonatkozásában a keretrendszerek szintjén, és elsősorban a környezeti dimenzióban számos átfedést azonosítottam a légkör (globális éghajlat szabályozás ÖSZ), a víz (vízkörforgás ÖSZ), a talaj (dekompozíció, tápanyagkörforgás ÖSZ-ek) és a biodiverzitás (ökoszisztéma alapállapot-jellemző) FTG témák és a releváns ÖSZ-ek között. A módszertani ismertetésnél részletesen bemutattam, hogy a vizsgált természettudományos, biofizikai paraméterek és a társadalomtudományos indikátorok alkalmazhatóak mind a releváns ÖSZ-ek, mind a FTG szempontok értékelésére. Erre példa, hogy a talaj fizikai és kémiai paraméterek hatnak a talaj témára és a dekompozíció és az éghajlat szabályozás ÖSZ-ekre, a talajfauna szintén hat a talaj mellett a biodiverzitásra, párhuzamosan a dekompozíció és a biológiai kártevő szabályozás ÖSZ-ekre, a pollinátorok abundanciája pedig hat a biodiverzitás témára, párhuzamosan a pollináció ÖSZ-re. Az esettanulmány eredményein keresztül a gyakorlati alkalmazását is bemutattam a módszereknek.

A **két koncepció (FTG és ÖSZ) összehangolásának előnyei** a kutatások jobb összehasonlíthatósága; a szakmailag megalapozatlan fogalom használatok elkerülése; szinergiák és trade-offok (átváltások) a koncepciók között (mi mire jó, milyen kontextusban érdemes használni); egy közös szakmai platform és jobb átjárhatóság a kutató csoportok és tudományterületek közt; végül egyesíthetőek az erőfeszítések az eredendő cél érdekében: holisztikusabb szakpolitikai tervezés, több stakeholder-részrtvevő bevonásának lehetősége.

Az elvégzett kutatói munkám alapján számos **fenntarthatósági szűk keresztmetszetet** (a gazdasági hatékonyság és ökológiai dimenzió közti átváltás (trade-off)) azonosítottam a kisléptékű kertészetekre vonatkozólag, ezek egy része agronómiai jellegűek, a termesztés technológia egyes elemei, mint talajművelés, tápanyag-utánpótlás vagy öntözés, más részük inkább menedzsment jellegűek, mint értékesítés, szakmai hálózatosodás, végül társadalmi jellegűek, mint a társadalmi felelősségvállalás, utódlás.

4.2. Javaslatok

Úgy gondolom, hogy az általam tervezett terepi vizsgálati módszeregyüttes alkalmas lehet gazdaság szintű komplex ÖSZ és FTG-i elemzési modellnek. Számos továbbfejlesztési javaslatot fogalmaztam meg az alkalmazott indikátorok és módszerek kapcsán, mint a humusztartalom mérés minőségvizsgálattal való kiegészítése, a dekompozíció mérése egy éves ciklusban, teljes gazdaság szintű szénmérleg,

egységes kvantitatív kiértékelési módszer kidolgozása a talajellenállásra vonatkozólag, a különböző élőlény csoportok részletesebb meghatározása és kiegészítése talaj mikrobiom felmérésekkel. A módszertant érdemes lenne továbbfejleszteni annak érdekében, hogy az ÖSZ-eket a kaszkád-rendszer minden szintjén konzisztens módszerrel lehessen vizsgálni és értékelni a gazdaságok szintjén. A FTG mérésére szolgáló interjúfonalat kiegészíteni érdemes, hogy az közvetlenebbül beépíthető adatokat adjon, illetve az interjúzás módszert érdemes kiegészíteni más társadalomtudományos módszerrel. Az interjút kiegészítendően próbáltam számszerű adatokat bekérni a gazdától egy táblázat segítségével (input használat, gazdasági adatok), de ezt végül nem használtam, mivel nem voltak konzisztensek az adatsorok, pedig ez további értékelési lehetőséget adhatott volna. Az adatok kiértékeléséhez érdemes lenne olyan komplex statisztikai modelleket, vizsgálatokat alkalmazni, amelyek képesek együtt kezelni a kvantitatív és a kvalitatív adatokat és statisztikailag is igazolni tudnák az ÖSZ-ek trendjeit, illetve a terepi, mért adatok és az interjún alapuló gazdálkodási adatok közti összefüggéseket. Javaslatom a **gyakorlat számára**, egyrészt érdemes lenne egy ökológiai szemléletű gyomkezelést kidolgozni, amely figyelembe venné a gyomnövények ÖSZ-ekre való pozitív hatását, másrészt a komposzt, mint talajjavító anyag szélesebb körű használata célszerű lenne, továbbá a gazdálkodásból eredő ökológiai hozadékok aktívabb kommunikálása a fogyasztók felé. A **szakpolitika** számára javaslom, hogy a szakpolitikai alkalmazások (pl. stratégiák) során az ÖSZ és FTG koncepciókat együttesen használják a feltárt összefüggések mentén, ez nagyban hozzájárulna a különböző szakpolitikák integrációjához, amelyek az elmúlt időszakban célkeresztbe kerültek, illetve PERM a korábbi kutatásaimat követően további ígéretes eredményeket mutatott, érdemes megfontolni a terjesztésének elősegítését a mezőgazdaságban (tervezés, szemlélet), gazdálkodói és szaktanácsadói képzéseken és a releváns szakmai szervezetek támogatásán keresztül. Szintén fontos volna a kisléptékű kertészetek intenzívebb támogatása a vidéki népesség megtartása, az élelmiszer-önrendelkezés és a diverzifikált mezőgazdaság érdekében, hiszen ezek a (zömében) családi gazdaságok sokkal többek termelő üzemnél, változatos társadalmi, ökológiai és gazdasági funkciókkal bíró komplex egységek. Ajánlott lenne a gazdálkodók ökológiai tudásának növelése (biodiverzitás és ÖSZ alapú képzések, funkcionális biodiverzitással kapcsolatos tudásátadás) és egy kifejezetten biodiverzitást támogató szaktanácsadói hálózat létrehozása. Végül az agrárkörnyezeti támogatásokat ÖSZ-ekhez kötni, ezáltal a teljesítmény alapú kifizetések esetén a mérésük is kivitelezhetőbb és a tágabb társadalom felé is könnyebben kommunikálható lenne. Végül a kutatók számára javaslom hasonlóan komplex kutatás elvégzését más ágazatokban is (pl. állattartás-

gyepgazdálkodás, ültetvény). Ezen túlmenően a gyakorlat és a támogatási feltételek szempontjából is igen hasznos lenne, ha a vizsgált természettudományos indikátorokra nézve lennének abszolút értékek/skálák megadva a mezőgazdasági kontextusra, amely az értékelést megkönnyítené és segítené a gazdálkodókat, hogy el tudják helyezni az eredményeiket. Érdeemes lenne továbbá egy hazai FTG-i indikátorrendszert létrehozni, amely a gazdák számára is elérhető és felhasználóbarát lenne, a doktori kutatásommal párhuzamosan részt vettem egy ilyen célú projektben (Agritoolkit), ezt lehetne bővíteni ÖSZ modullal.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elsőként **hasonlítottam** össze a **fenntarthatóság** és az **ökoszisztéma-szolgáltatás koncepcióit**, és tettem javaslatot ezek **egységes értelmezésére** a **mezőgazdaságra** vonatkozóan.
2. Megállapítottam, hogy **a két koncepció harmonizálása és együttes használata számos pozitív hozadékkal járhat** a gyakorlat, a kutatás és a szakpolitika számára egyaránt (kutatások jobb összehasonlíthatósága; szakmailag megalapozottabb alkalmazás; együttes, hatékonyabb erőfeszítések).
3. Elsőként állítottam össze és teszteltem empirikusan egy **módszertani keretrendszer**t, amellyel a **fenntarthatóság** környezeti témáit és az ezzel párhuzamosan értelmezhető szabályozó **ökoszisztéma-szolgáltatásokat gazdaság szinten** lehet **mérni** a kisléptékű kertészeti ágazatban. Az alkalmazott módszereket értékeltem és fejlesztési javaslatokat fogalmaztam meg jövőbeni használatukhoz.
4. A vizsgált hazai permakultúrás (n=5), ökológiai (n=5) és konvencionális (n=5) kisléptékű kertészetekben 2020-ban elvégzett terepi állapot felmérés során született új tudományos eredmények ($p < 0.005$):
 - megállapítottam, hogy a permakultúrás és ökológiai gazdaságok talajának humusztartalma nagyobb, foszfortartalma kisebb a konvencionálisakhoz képest,
 - megállapítottam, hogy az ökológiai gazdaságok talajának magnéziumtartalma nagyobb a konvencionálisakhoz képest,
 - megállapítottam, hogy a dekompozíció mértéke júliusi felvételezéskor nagyobb a permakultúrás és ökológiai gazdaságokban, viszont szeptemberben kisebb a konvencionálisakhoz képest,
 - megállapítottam, hogy a földigiliszta egyedszám és fajsza m májusban nagyobb a permakultúrás gazdaságokban az ökológiai és a konvencionálisakhoz képest,
 - megállapítottam, hogy a fonálféreg egyedszám szeptemberben nagyobb a permakultúrás és konvencionális gazdaságokban az ökológiaihoz képest,
 - megállapítottam, hogy a pókok és ugróvillások egyedszáma májusban nagyobb a permakultúrás gazdaságokban a konvencionálisakhoz képest,
 - megállapítottam, hogy az ikerszelvényesek egyedszáma májusban nagyobb a permakultúrás gazdaságokban az ökológiaihoz képest,

- megállapítottam, hogy a hártványsszárnnyúak egyedszáma májusban nagyobb a permakultúrás és konvencionális gazdaságokban az ökológiaihoz képest,
- megállapítottam, hogy a pollinátorok összes egyedszáma augusztusban nagyobb a permakultúrás gazdaságokban a konvencionálisakhoz képest,
- megállapítottam, hogy a Calliphora lárvák fogyása júliusban nagyobb a konvencionális gazdaságokban az ökológiaihoz képest,
- megállapítottam, hogy az Ephestia tojások talajfelszíni fogyása júliusban és augusztusban nagyobb a permakultúrás és ökológiai gazdaságokban a konvencionálisakhoz képest,
- megállapítottam, hogy a gyomfajok száma nagyobb az ökológiai gazdaságokban a konvencionálisakhoz képest.

A permakultúrás és az ökológiai gazdálkodás jelentős pozitív környezeti hozadékkal jár a konvencionálishoz képest a talaj és biodiverzitás legtöbb paraméterére vonatkozólag a vizsgált gazdaságok, időszak és indikátorok alapján.

5. Elsőként vizsgáltam hazai permakultúrás, ökológiai és konvencionális kisléptékű kertészetekben gazdaság szinten az ökoszisztéma-szolgáltató képességet. Megállapítottam, hogy a természet- és társadalomtudományos indikátorok alapján **a dekompozíció, a globális éghajlat-szabályozás, a pollináció és a biológiai kártevőszabályozás, mint ökoszisztéma-szolgáltatások potenciálja a permakultúrás gazdaságokban a legnagyobb, amit az ökológiai gazdaságok követnek és a legkisebb a konvencionálisban.** Az általános **biodiverzitás** (vadon élő élőlények és élőhelyek fenntartása, illetve agrobiodiverzitás), **mint agroökoszisztéma állapot-jellemző, a legkedvezőbb a permakultúrás és a legkevésbé kedvező a konvencionális gazdaságokban.**

6. Elsőként adaptáltam a SAFA keretrendszert hazai, kisléptékű kertészetekre és vizsgáltam a fenntarthatóság négy dimenzióját, úgy, hogy a **környezeti dimenzió egyes témáit természettudományos mérésekkel is vizsgáltam.** Megállapítottam, hogy a jó kormányzás dimenzióban a permakultúrás gazdálkodási rendszer teljesít a legjobban az etikus gazdaságszervezést tekintve, míg a szakmai menedzsmentet tekintve az ökológiai gazdálkodás. A környezeti dimenzióban a permakultúrás gazdálkodási rendszer teljesít a legjobban, a konvencionális teljesítménye a legkisebb. A gazdasági dimenzióban az ökológiai gazdálkodási rendszer teljesít a legjobban, a permakultúrás teljesítménye a legkisebb. A társadalmi dimenzióban a gazdálkodó jóllétét tekintve az ökológiai gazdálkodás teljesít a legjobban, míg a társadalmi innovációban és részvételiségben

a permakultúrás, a konvencionális pedig alulmarad az ökológiaival, és a permakultúrással szemben is.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- Bartual, A., M., et al. (2019): The potential of different semi-natural habitats to sustain pollinators and natural enemies in European agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.04.009>.
- Bengtsson, J., Ahnström, J. and Weibull, A.C. (2005): The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42, 261–269. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x>
- Bihaly, Á., Vaskor, D., Lajos, K., Sárospataki, M. (2018): Effect of semi-natural habitat patches on the pollinator assemblages of sunflower in an intensive agricultural landscape. *Hungarian Journal of Landscape Ecology*, 16, 1, 45–52.
- Bölöni, J., Molnár Zs., Kun, A. (Szerk.) (2011): Magyarország élőhelyei: vegetációtípusok leírása és határozója; ÁNER 2011. MTA, Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete.
- Burgess, M. S.; Mehuys, G. R., Madramootoo, C. A. (2001): Decomposition of grain-corn residues (*Zea mays* L.): A litterbag study under three tillage systems – *Canadian Journal of Soil Science* 82. pp. 127–138.
- Császár, P., Torma, A., Gallé-Szpisjak, N., Tölgyesi, Cs., Gallé, R. (2018): Efficiency of pitfall traps with funnels and/or roofs in capturing ground-dwelling arthropods. *Eur. J. Entomol.*, 115, 15–24. <http://doi.org/10.14411/eje.2018.003>
- Csuzdi, C. (2007): Magyarország földgiliszta-faunájának áttekintése (Oligochaeta, Lumbricidae). *Állattani Közlemények*, 92, 3–38.
- Csuzdi, C., Zicsi, A. (2003): Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae); *Hungarian Natural History Museum: Budapest, Hungary*; 278 p.
- Dekemati, I., Simon, B., Vinogradov, Sz., Birkás, M. (2019): The effects of various tillage treatments on soil physical properties, earthworm abundance and crop yield in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 194, 104334, <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334>.
- Domínguez, A., Bedano, J., C., Becker, A., R., Arolfo, R., V. (2014): Organic farming fosters agroecosystem functioning in Argentinian temperate soils: Evidence from litter decomposition and soil fauna. *Applied Soil Ecology*, 83, 170–176. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.008>.
- Flores, J. J. M., Buot Jr. I. E. (2021): The structure of permaculture landscapes in the Philippines. *Biodiversitas*, 22, 2032–2044. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220452>
- Hirschfeld, S., Van Acker, R. (2019): Permaculture farmers consistently cultivate perennials, crop diversity, landscape heterogeneity and nature conservation. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 35, 3, 342–351. <http://doi.org/10.1017/S1742170519000012>
- Holland, J. M., Douma, J. C., Crowley, L. et al. (2017): Semi-natural habitats support biological control, pollination and soil conservation in Europe. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 37, 31. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0434-x>
- Holland, J. M., Jeanneret, P., Moonen, A.-C., van der Werf, W., Rossing, W. A. H., Antichi, D., ... Veromann, E. (2020): Approaches to Identify the Value of Seminal Habitats for Conservation Biological Control. *Insects*, 11, 3, 195. <http://doi.org/10.3390/insects11030195>
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., Tschamtkke, T. (2006): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional

context. *Journal of Applied Ecology*, 44, 1, 41–49. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01259.x>

- ISO 23611-1:2006 (2006): Soil Quality—Sampling of Soil Invertebrates—Part 1: Hand-Sorting and Formalin Extraction of Earthworms. 2006. <https://www.iso.org/standard/36914.html>, megtekintve 2023.11.25.
- Kennedy, C. M., Lonsdorf, E., Neel, M. C., Williams, N. M., Ricketts, T. H., Winfree, R., Kremen, C. (2013): A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16, 5, 584–599. <http://doi.org/10.1111/ele.12082>
- Király G. et al. (2009): Új magyar fűvészkönyv: Magyarország hajtásos növényei: határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósuafo, Magyarország.
- Kriauciūnienė, Z.; Velička R., Raudonius S. (2012): The influence of crop residues type on their decomposition rate in the soil: a litterbag study – Žemdirbystė. *Agriculture*, 99. (3.), pp. 227–236.
- McHugh, N.M., Moreby, S., Lof, M.E., Van der Werf, W., Holland, J.M. (2020): The contribution of semi-natural habitats to biological control is dependent on sentinel prey type. *J. Appl. Ecol.*, 57, 914–925. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13596>
- Mesoro, G., B., Sebők A., Waltner I. (2018): A field-level study of soil penetration resistance, moisture content and infiltration. 3rd International Electronic Conference on Water Sciences, 15-30 November 2018, 24-29 p.
- Mészáros F. A., Szilágyi A., Kun, R., Sárospataki, M. (2021): Megporzó közösségek vizsgálata permakultúrás, ökológiai és konvencionális gazdaságokban a Szentendrei-szigeten. *Tájökológiai Lapok*, 19, 2, 133–149. <https://doi.org/10.56617/tl.3435>
- Ortaç Ö. D., Yaşar, B., Aydın, G. (2015): Comparison of insect biodiversity between organic and conventional oil rose farming *Rosa damascena* Miller (Rosales: Rosaceae): Isparta case. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19, 2, 161–173. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153412864>
- Smith, B. M., Aebischer, N. J., Ewald, J., Moreby, S., Potter, C., Holland, J. M. (2020): The potential of arable weeds to reverse invertebrate declines and associated ecosystem services in cereal crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 118. <http://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00118>
- Szakálas, J., Kröel-Dulay, Gy., Kerekes, I., Seres, A., Ónodi, G., Nagy, P. (2015): Extrém szárazság és a növényzeti borítottság hatása szabadon élő fonálféreg együttesek denzitására. *Természetvédelmi Közlemények*, 21, 293–300.
- Ward, D.F., Tim, R. New, Alan L. Yen (2001): Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*, 5, 47–53.
- Winder, L., Holland, J.M., Perry, J.N., Woolley, C., Alexander C.J. (2001): The use of barrier-connected pitfall trapping for sampling predatory beetles and spiders. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98, 249–258 p.

7. AZ ÉRTEKEZÉSHEZ KÖTHETŐ TÉMÁJÚ PUBLIKÁCIÓK

7.1. Folyóiratcikkek:

- Szilágyi A.**, Podmaniczky L., Mészáros D. (2018): Konvencionális, ökológiai és permakultúrás gazdaságok környezeti fenntarthatósága. Tájökológiai Lapok 16 (2): 97–112. <https://doi.org/10.56617/tl.3582> (Q4)
- Landert, J., Pfeifer, C., ...**Szilágyi A.**, ...Miller, D. (2020): Assessing agro-ecological practices using a combination of three sustainability assessment tools. Landbauforschung (Journal of Sustainable and Organic Agricultural Systems) 70 (2): 129-144 <https://doi.org/10.3220/LBF1612794225000> (Q4, IF= 0,25)
- Mészáros F. A., **Szilágyi A.**, Kun, R., Sárospataki, M. (2021): Megporzó közösségek vizsgálata permakultúrás, ökológiai és konvencionális gazdaságokban a Szentendrei-szigeten. Tájökológiai Lapok, 19 (2): 133–149. <https://doi.org/10.56617/tl.3435> (Q4)
- Centeri, C., Saláta, D., **Szilágyi, A.**, Orosz, G., Czóbel, S., Grónás, V., Gyulai, F., Kovács, E., Pető, Á., Skutai, J., Biró, Z., Malatinszky, Á. (2021): Selected Good Practices in the Hungarian Agricultural Heritage. Sustainability, 13, 6676. <https://doi.org/10.3390/su13126676> (Q1, IF: 3,889)
- Szilágyi, A.**, Plachi, E., Nagy, P., Simon, B., Centeri, Cs. (2021): Assessing earthworm populations in some Hungarian horticultural farms: comparison of conventional, organic and permaculture farming. Biology and Life Sciences Forum, 2(1): 11, <https://doi.org/10.3390/BDEE2021-09416>
- Szilágyi, A.**, Mészáros, F., Kun, R., Sárospataki, M. (2021): Pollinator Communities in Some Selected Hungarian Conventional, Organic and Permaculture Horticultures. Biology and Life Sciences Forum, 2(1):13. <https://doi.org/10.3390/BDEE2021-09492>
- Nel, L., Boeni, A.F., Prohászka, V., **Szilágyi, A.**, Kovács, E., Pásztor, L., Centeri, C. (2022): InVEST soil carbon stock modelling as an ecosystem service in agricultural landscapes. Sustainability 14(9808):1-19. <https://doi.org/10.3390/su14169808>. (Q1, IF: 3.251)

7.2. Konferenciaközlemények:

- Nel, L., **Szilágyi, A.** (2018): Selection of indicators for assessment of soil-related agricultural ecosystem services and sustainable management. 25th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day, 7 November 2018, Bratislava, Slovakia. 103–118 pp. ISBN 978-80-89139-42-2
- Szilágyi, A.**, Kolár, A., Seres, A., Nagy, P., Balogh, J. (2019): Decomposition rates and soil organic matter content of conventional, organic and permaculture farms on the Szentendre Island, Hungary: an explorative case study. 26th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day, 6 November 2019, Bratislava, Slovakia. 222–231 pp. ISBN 978-80-89139-44-6