

XXXVII. ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

Biológia szekció

**Kései szukcessziós széldöntések
fürkészdarázs-közösségei a Békás-
szoros-Nagyhagymás Nemzeti Parkban**

Szerző:

Kassay Mátyás

Babeş-Bolyai Tudományegyetem,

Biológia és geológia kar

Témavezető:

dr. László Zoltán

Kolozsvár

2023

Tartalomjegyzék

Kivonat.....	3
Bevezető.....	4
Anyagok és módszerek	7
A vizsgált terület jellemzése	7
A gyűjtés módja	8
Preparálás és határozás	8
Az adatok feldolgozása	8
Következtetések	19
Irodalomjegyzék	22

Kivonat

A természetes széldöntéseket az emberi felhasználás alatt álló tűlevelű erdőgazdaságokban rendszerint negatív hatású eseményként kezelik, ám ökológiai nézőpontból ezek hozzájárulhatnak a tájdiverzitás lokális növeléséhez is. A széldöntések nyomán az alacsony változatosságú fenyőerdőkben jelentős biodiverzitási források keletkezhetnek, melyek különösen a növények és gerinctelenek számára kínálnak számos felszabadult ökológiai fülkét. A biodiverzitás szempontjából igen fontos csoportot képviselnek a fürkészarazsak (*Hymenoptera parasitica*). Ezek a parazitoid életmódú rovarok gazdafajaik populációinak szabályozása által az egészséges ökoszisztémák szerves részét képezik, egyes közösségeik összetétele pedig lokálisan hatékony indikátora lehet az illető élőhely diverzitásának, és ezáltal természetvédelmi értékének. Célunk a Békás-Szoros-Nagy-Hagymás Nemzeti Parkban 2020 telén történt széldöntések nyomán keletkezett élőhelyek fürkészarazs-közösségeinek felmérése volt. A területen 2022 nyarán, fűhálózással lettek begyűjtve a fürkészek, összesen 12 darab 50 méter hosszúságú transzekt mentén. A transzekteket a környező széldöntés-foltok tájbeli részesedése alapján jellemeztük. Összesen 504 darab egyed lett begyűjtve, melyek 15 családba és 81 nembe tartoztak. Legmagasabb számban az Eulophidae család (*Hymenoptera*: Chalcidoidea), ezen belül pedig a *Tetrastichus* génusz volt képviseltetve (~60%). Ezt követte a Scelionidae (*Platygastroidea*, 8%), a Braconidae (*Ichneumonoidea*, 6%), majd a Pteromalidae (*Chalcidoidea*, 6%). A transztektek 500 méteres sugarú pufferzónáján belül a tájdiverzitással csökkent a fürkészek egyedszáma és a nemzetségek száma, míg az erdővel borított területek aránya pozitívan korrelált az egyedszámmal. A fürkészek diverzitására nézve nem kaptunk egyértelmű értékeket. Összességében a széldöntések és a tájdiverzitás nem voltak egyértelműen pozitív hatással a fürkészközösségekre, fontos szerep jut viszont az erdők közelségének.

Bevezető

A zavarás az ökológiában olyan természetes vagy mesterséges eredetű hatás vagy folyamat, amely egy ökológiai rendszerben valamilyen módon megváltoztatja az élőlényközösségek összetételét, biomasszáját vagy elrendeződését, kibillentve a rendszert egy korábban kialakult stabil állapotból. A természeti tájban a zavarások rendszerint foltokban alakulnak ki, jellegzetes foltdinamikai folyamatokat indítva be az élőlényközösségekben, melyek a tájban a heterogenitás, és ezáltal a lokális biodiverzitás növekedését eredményezik az élőlények rendelkezésére álló ökológiai fülkék számának növelése révén (Willig & Presley, 2017). A zavart foltokon belül természetes szukcessziós folyamatok indulnak be, melyek korai stádiumában olyan alacsony versenyképességű, ámde gyors fejlődésű és jó diszperziós képességű fajok jelennek meg, melyek a stabilizálódott közösségekben nem képesek életben maradni. Ezek az ún. pionír fajok, melyek fennmaradása a közösségben a rendszeres zavarások jelenlététől függ. Kiemelendő viszont, hogy a túlságosan intenzív és/vagy gyakori zavarások a biodiverzitást már sokkal inkább negatívan befolyásolják (Willig & Presley, 2017).

Az erdei ökoszisztémákat érintő természetes zavarási formák közül Európában a széldöntések tekinthetők a legnagyobb jenetőségűnek (Fischer et al., 2002). Ezek a legnagyobb mértékben a lucfenyő (*Picea abies*) alkotta erdőtársulásokat érintik, vékony talajréteghez alkalmazkodott, sekélyen gyökerező fafajról lévén szó. Az erdőgazdaságokban okozott károk miatt a széldöntéseket rendszerint negatív hatású természeti katasztrófaként kezeljük. A széldöntések okozta kárt fokozza a hideg, csapadékos klímához szokott fenyvesek természetes termőhelyüktől eltérő, melegebb és szárazabb régiókba történő mesterséges telepítése, ahol a fenyők az optimálistól eltérő életkörülmények következtében sebezhetőbbé válnak a szél okozta károkra. A széldöntések az utóbbi időben ráadásul felszaporodtak az európai lucfenyvesekben, mely jelenség minden bizonnyal a klímaváltozáshoz köthető (Venäläinen et al., 2020). Az erdőgazdaságok számára másodlagos problémát jelent a széldöntések után hátramaradó nagy mennyiségű holtfa, mely a fákat károsító xilofág rovarok, különösen a betűzőszú (*Ips typographus*) elszaporodását okozza. Emiatt bevett erdészeti intézkedéssé vált a széldöntéseket követően a holtfa sürgős eltávolítása, mellyel viszonylag hatékonyan megelőzhető a talpon maradt erdőrészek károsodása (Marini et al., 2013; Økland et al., 2016; Wermelinger, 2004). A nem megfelelő termőhelyek és a klímaváltozás ezt a problémát ugyancsak súlyosbítják (Venäläinen et al., 2020).

A szélöntések a biodiverzitás szempontjából azonban számos esetben pozitív hatással bírnak. Az idős fák kidőlésével a lombkoronában nyiladékok támadnak, így a talajszinten megtelepedhetnek a zárt erdőkből hiányzó, magas fényigényű lágyszárúak, később pedig a gyors fejlődésű pionír cserjék és fák. A boreális lucfenyvesekben az ilyen jellegű zavarások biztosítják az erdei növényközösségek faji és életkorbeli heterogenitását, és kiemelkedő fontossággal bírnak a lombhullató fafajok fennmaradása szempontjából. A gyökerestől kidöntött fák továbbá a talaj szerkezetére is kihatnak, ún. „pit-and-mound” („gödör és halom”) topográfiát hozva létre, amely a növényzet regenerációjának befolyásolásával további heterogenitást idéz elő (Fischer et al., 2002; Ulanova, 2000). Fontos megemlítenünk viszont, hogy a heterogenitás, illetve az ebből adódó biodiverzitás nem köthető össze szabályszerűen az ökoszisztémák egészséges működésével (Schwartz M.W. et al., 2000).

A szélöntések által okozott tájbeli heterogenitásból leginkább profitáló élőlények közé tartoznak az ízeltlábúak (Arthropoda), különösen a rovarok (Insecta). Óriási fajsza-
muk és biomasszájuk, valamint a többi élőlénycsoporttal, különösen a növényekkel folytatott komplex interakcióik miatt a rovarok jelentősége a természetes ökoszisztémákban felbecsülhetetlen, ennek ellenére a csoportot övező általános közöny, sőt, ellenszenv miatt ismereteink erről az állatcsoportról, és a természetvédelemben betöltött szerepéről meglehetősen hiányosak (Samways, 1993). Kutatások igazolják viszont, hogy az ízeltlábúak felmérése és monitorozása értékes információkkal szolgálhat adott életközösségek természetvédelmi állapotáról (Kremen C. et al., 1993), és hogy a rovarok a fenntartható ökológiai erdőhasználat hatékony bioindikátorai lehetnek (Maleque et al., 2009). A rovarközösségek óriási diverzitása miatt azonban praktikatlan valamennyi rovertaxon felmérésére törekedni adott élőhelyen, ehelyett inkább megfelelő célcsoportok kijelölésére érdemes koncentrálni.

A fürkészek, vagy fürkészdarázsak (Parasitica) a hártyásszárnyúak rendjének (Hymenoptera) egy diverz informális csoportja, melybe hagyományosan a redősszárnyúdarázs-alkatúak (Apocrita) valamennyi parazitoid életmódú képviselőjét soroljuk. Ezek olyan parazita rovarok, melyek petéiket egyéb ízeltlábúak testébe vagy testfelületére helyezik, a kikelő lárvák pedig a gazdaegyedből táplálkoznak lassanként elpusztítva azt (Huber, 2017). A rovarpopulációk szabályozása által a parazitoidok fontos ökológiai szerepet töltenek be, és bizonyítottan hatékony eszközei lehetnek a gazdasági kártevők elleni biológiai védekezésnek (Narendran, 2001). A fürkészek a gazdafajaikra való tekintettel lehetnek generalisták, sok esetben viszont szigorúan meghatározott gazdafajokra specializálódnak. Ha ehhez hozzáadjuk a tényt, hogy a rovarvilág csaknem minden tagja rendelkezik parazitoid

ellenségekkel, magukat a fűrkeszeket is beleértve (számos fűrkesz kifejezetten más fűrkeszeket parazitáló ún. hiperparazitoid), könnyen megérthetjük, hogy a fűrkeszeket még a konzervatívabb becslések is potenciálisan a rovarok legnagyobb fajszerű csoportjaként tartják számon, annak ellenére, hogy az eddig leírt fajok száma nem haladja meg az olyan diverz csoportokét, mint például a fedelelesszűnyűak (Coleoptera) (Forbes et al., 2018). Magától értetűdű, hogy ezek a gazdafajoktól erősen függű és sokszor gazdaspecifikus parazitoidok csak igen diverz gazdafaj-közösségek jelenlétében lehetnek maguk is sokfűlék, s így a teljes ízeltlábű-közösség hatékony diverzitási indikátoraivá válhatnak. Többek között kimutatták, hogy legalábbis egyes mezűgazdasági felhasználás alatt állű gyepterűleteken a fűrkeszek és több más rovarcsoport fajgazdagsága között erős korreláció áll fenn (Anderson et al., 2011). Ugyanakkor más szerzők az erdei ökoszisztémák kapcsán is arra a következtetésre jutottak, hogy a parazitoid-közösségek diverzitás tekintetében pozitívan reagálnak ezen élűhelyek heterogenitására, melynek minden bizonnyal a gazdafajok sokfűleségének növekedése az oka. (Eckerter et al., 2022; Fraser et al., 2007; Lewis & Whitfield, n.d.; Rodríguez et al., 2019). Kiemelendű továbbá, hogy a szűldöntéseken a felhalmozódott holtfa-anyag által bevonzott fakárosítű (xilofág) rovarok megjelenése ugyancsak erősen hozzájárulhat a fűrkeszközösségek fajsűmának növekedéséhez, ez elsűsorban a zavarást követű első két évben várátű (Wermelinger, 2004). A xilofág parazitoidok diverzitása emellett nagyban függ a lokális szukcessziű stádiumaitűl, valamint a rendelkezésre állű holtfa-szubsztrátumok sokfűleségétűl (Hilszczański, 2018; Hilszczański et al., 2005; Stenbacka et al., 2010).

Jelen kutatás célja egy, a romániai Kárpátokban találhatű lucfenyves társulásban bekövetkezett hároméves, kései szukcessziűs szűldöntések parazitoid hártyásszűnyű közösségeinek felmérése, a jelenlévű taxonok, a diverzitás és a különbűzű táji adottságokkal fennállű lehetséges korrelációk meghatározása. A tájak biodiverzitására vonatkozó indikátori szerepűk mellett a fűrkeszek számos csoportja meglehetősen adathiányos, így eredményeink az ország faunisztikai leltárának bővítéséhez is hozzájárulnak, illetve kiegészítű információval szolgálhatnak eme magas ökológiai jelentűségű rovarcsoport természetérűl és konzervációs helyzetérűl.

Anyagok és módszerek

A vizsgált terület jellemzése

Felmérésemet a Hargita megyei Hagymás-hegység déli részén, a Balánbánya várostól keletre fekvő területen végeztem, mely nagymértékben átfed a Békás-szoros-Nagyhagymás Nemzeti Park területével. A régióban a 2020-as év telén számottevő mértékű természetes széldöntések mentek végbe, komoly veszteségeket okozva a helyi erdőgazdálkodás számára. Az elmúlt években jelentős erőfeszítések folytak a keletkezett holtfa elszállítására, a károsított területek nagy kiterjedése miatt azonban jelenleg is találhatók a helyszínen érintetlen döntések.

A vizsgált területre intenzív erdőgazdálkodás alatt álló, kiterjedt lucfenyvesek jellemzőek, melyek között egyaránt találunk természetes és mesterségesen telepített társulásokat. Az uralkodó faj értelemszerűen a közönséges luc (*Picea abies*), mely egyúttal a széldöntések holtfa-anyagának túlnyomó részét is képezi. A tűlevelű erdőalkotó fajok között megtalálható még a közönséges vörösfenyő (*Larix decidua*) és az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), utóbbit helyenként telepítik is. A lombhullató fajok közül a legfontosabb a közönséges bükk (*Fagus sylvatica*), mely az erdészeti beavatkozásokat megelőzően a régió jelentős részén erdőalkotó faj volt, napjainkban azonban csak szórványosan fordul elő a területen. Ugyancsak elterjedt, de nem erdőalkotó jelentőségű fajok a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*), a rezgő nyár (*Populus tremula*) és a fehér nyár (*Populus alba*). A természetes vagy mesterséges nyiladékokon, tisztásokon, erdőszéleken továbbá megjelennek olyan pionír fásszárúak, mint a közönséges nyír (*Betula humilis*), a madárberkenye (*Sorbus aucuparia*), a kecskefűz (*Salix caprea*) és az európai mogyoró (*Corylus avellana*). A patakparti társulások legfontosabb faja a hamvas éger (*Alnus incana*). Az erdős területeket helyenként mesterségesen kialakított, diverz lágyszárú növényzetű kaszálók és alpesi legelők szakítják meg. A széldöntések növényzetét erősen befolyásolja az emberi beavatkozások mértéke, általánosan olyan jellegzetes korai szukcessziós lágyszárúak alkotják, mint a málna (*Rubus idaeus*), a vadszeder (*Rubus fruticosus*), a nagy csalán (*Urtica dioica*) és az erdei deréce (*Epilobium angustifolium*), utóbbi esetenként hatalmas állományokat alkot az idősebb döntések helyén. Az érintetlen széldöntéseken a növényzet szempontjából kiemelt fontosságú az ún. „pit-and-mound” topográfia.

A gyűjtés módja

A fűrészek begyűjtésére 2022 nyarán, a Július 26 és Augusztus 20 közötti periódusban került sor. A gyűjtést összesen 12 db. széldöntésen végeztem, melyek eltérő mértékben voltak kitéve emberi beavatkozásnak: míg egyesekről a holtfa jelentős részét eltávolították, mások teljesen érintetlenek voltak. A beavatkozások mértéke szerint a széldöntéseket három kategóriába soroltuk be terepi megfigyelés alapján. 1-es típusúnak minősültek a teljesen vagy megközelítőleg érintetlen döntések, 2-esnek a mérsékelt, 3-asnak pedig az erősen megtisztított, kevés holtfával rendelkező területek. Mindegyik döntésen egy-egy kb. 50 méteres hosszúságú transzekt mentén, fűháló segítségével történt a holtfa és a környező növényzet közelségében repülő rovarok begyűjtése. A begyűjtött egyedek azonnal 70%-os etil-alkoholba kerültek.

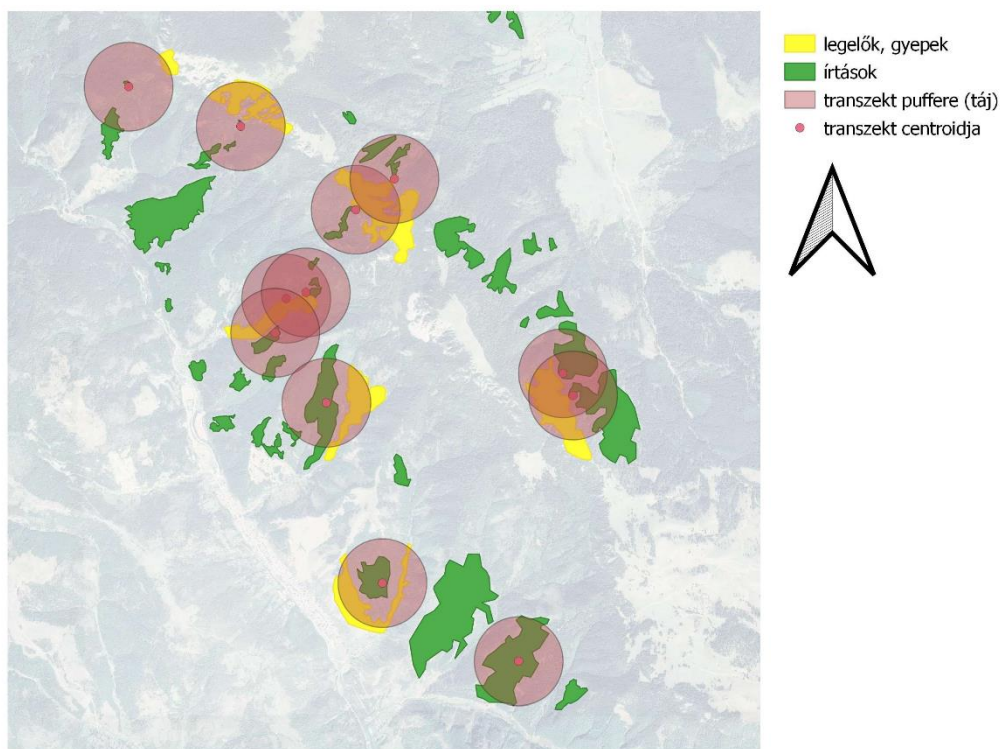
Preparálás és határozás

A begyűjtött mintákból sztereomikroszkóp (Olympus SZ51) segítségével kiválogattam az összes parazitoid hártácsszárnyút, melyeket ezt követően morfortípusokra osztottam. Valamennyi morfortípusból kiválasztottunk egy vagy több jó állapotú példányt, melyek preparálásra kerültek, a többi egyedet transzekt és morfortípus szerint szétválogatva alkoholban tároltuk. A rovarok apró méretére való tekintettel a preparálás során az egyedeket a jobb oldalukra fektetve, ragasztó segítségével papírcédulákra rögzítettük. Az egyedek magas egyedszámára és diverzitására való tekintettel, praktikai okokból a begyűjtött rovarok meghatározása kevés kivételtől eltekintve csak nemzetség (genus) szintjéig történt, amely azonban a rovarok esetében elégséges indikátora a fajdiverzitásnak is (Báldi, 2003; Vieira et al., 2012). A határozás a szerzők által történt kulcsos határozók segítségével.

Az adatok feldolgozása

A gyűjtések helyszínéül választott széldöntések területét és a transztek lokációit Quantum GIS (webcím hivatkozás) programba vezettük be. Mindegyik transztekhez rendeltünk egy-egy 500 méter sugarú pufferezónát, melyen belül megállapítottuk a különböző borítástípusok (erdő, legelő és széldöntések) arányát (1. ábra). A tájak diverzitását kvadratikus (QD) vagy Simpson diverzitási indexszel jellemeztem. Azért a Simpson-indexet alkalmaztam,

mert míg ez inkább a relatív abundanciára fekteti a hangsúlyt, addig a Shannon-index a fajgazdagságra. Másképpen fogalmazva, a ritka fajok jelentősége a fajgazdagság > Shannon-index > Simpson-index sorrendben csökken.



1. ábra. A bejárt transztek elhelyezkedése a vizsgált tájakban, valamint az értások és legelők, gyepek részesedése a transztek környezetéből.

A fűrészek közösségeit ezek Shannon-diverzitásával, összegyedszámával (abundancia) és a nemzetségek számával jellemeztem. Valamennyi adatot Microsoft Excel táblázatba vezettünk be, majd R v.4.2.3. és RSutdio felhasználásával (<https://www.r-project.org>, <https://posit.co/>), standard Pearson-féle korrelációs teszttel megvizsgáltuk az esetlegesen fennálló összefüggéseket.

Eredmények

A gyűjtési területek jellemzése

A gyűjtés helyszínéül szolgáló 12 transzekt közül 5-öt soroltunk az 1-es kategóriába, míg 4 a 2-es, 3 pedig a 3-as típusba esett. A széldöntések területe 6855 m² és 23 200 m², a transzektkehez rendelt pufferzónák Simpson-diverzitása pedig 0,10 és 0,66 között mozgott. A széldöntéses területek aránya a tájakban 46,36% és 2,44%, az erdőké 94,69% és 31,53%, a legelőké pedig 0% és 32,53% között változott (1. táblázat).

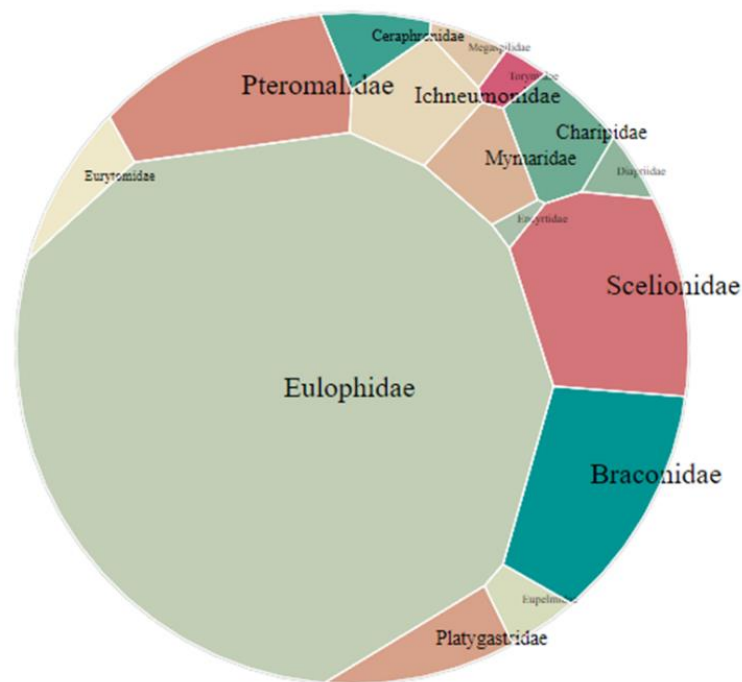
1. táblázat. A transzektke és a hozzájuk rendelt pufferzónák jellemzése.

Tran. ID	Beavat- kozás mért.	Széldöntés ter. (ha)	Legelő ter. (ha)	Erdő ter. (ha)	Széldöntés- arány (%)	Legelő- arány (%)	Erdő- arány (%)
1	2	12,22	17,19	49,13	15,55	21,89	62,55
2	3	36,42	0	42,13	46,36	0	53,63
3	1	3,01	1,15	74,38	3,84	1,46	94,69
4	1	1,92	16,83	59,80	2,44	21,42	76,13
5	1	4,19	12,00	62,36	5,33	15,27	79,39
6	3	2,85	8,93	66,76	3,64	11,37	84,99
7	2	7,44	14,55	56,55	9,47	18,52	72,00
8	1	24,92	18,06	35,57	31,72	22,99	45,28
9	2	28,62	25,16	24,77	36,43	32,03	31,53
10	3	22,02	15,15	41,38	28,03	19,28	52,68
11	1	3,25	25,56	49,74	4,14	32,53	63,32
12	2	7,16	22,78	48,61	9,11	28,99	61,88

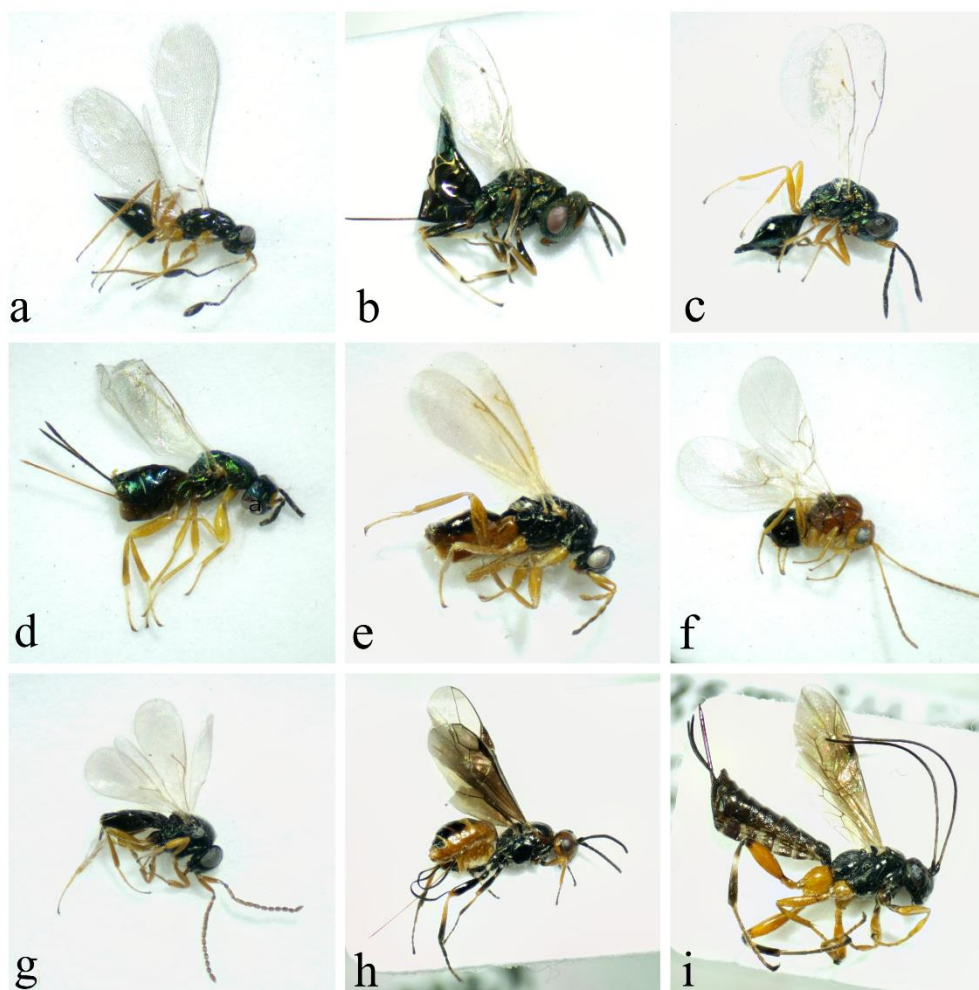
A közösségek jellemzése

A begyűjtött parazitoid hártványasszárnyúak teljes egyedszáma 504 volt, melyből azonban 10 egyed helyadatai a feldolgozás során elvesztek, így ezeket kihagytuk a további adatfeldolgozásból. Transzektenként a begyűjtött egyedszám igen tág keretek között változott;

míg az 1-es sorszámú transzekt 113 felhasználható egyedet szolgáltatott, a 11-es mindössze 7-et. A begyűjtött egyedek összesen 6 hártáásszárnyú öregcsaládból (superfamilia), ezen belül pedig 15 családból (familia) és 81 nemzetségből (genus) kerültek ki. A legnagyobb egyedszámot messze a Chalcidoidea (fémfürkész-szerűek) öregcsalád szolgáltatotta 369 egyeddel (74,69%), melynek túlnyomó részét az Eulophidae család, ezen belül pedig a *Tetrastichus* génusz egyedei alkották, melyek helyenként tömegesen fordultak elő a gyűjtési területeken. 52 egyed került ki a Platygastroidea, 50 pedig az Ichneumonoidea öregcsaládból (10,52% illetve 10,12%). Igen kis egyedszámban volt jelen a Cynipoidea, a Ceraphronoidea és a Proctotrupoidea öregcsalád (12, 9, illetve 2 egyed, összesen 4,65%) (2. ábra). A családok, alcsaládok és nemzetségek teljes jegyzékét a 2. táblázat sorolja fel. A transzekteken a befogott öregcsaládok, családok, alcsaládok és nemzetségek számát, a teljes egyedszámot, valamint a Shannon-diverzitást a 3. táblázat szemlélteti. A 3. ábra szemléltetés céljából kiemelt fürkész példányok fényképeit mutatja be.



2. Ábra. Az egyes családok aránya a teljes mintában.



3. ábra. A begyűjtött mintából kiemelt, preparált fürkész példányok szemléltetése. a: *Polynema* (Mymaridae); b: *Pteromalus* (Pteromalidae); c: *Merismus* (Pteromalidae); d: *Torymus* (Torymidae); e: *Euplectrus* (Eulophidae); f: *Alloxysta* (Charipidae); g: *Telenomus* (Platygastridae); h: *Bracon* (Braconidae); i: *Pimplinae* sp. (Ichneumonidae).

2. táblázat. A begyűjtött nemzetségek besorolása és egyedszámai. Az “mt”-vel jelölt nemzetségek meghatározatlan morfortípusokra vonatkoznak. T1-T12: a transzektek sorszámai.

Öregcsalád	Család	Alcsalád	Nemzetség/faj	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Össz.
Ceraphronoidea	Ceraphronidae		Aphanogmus	1				2	2	1						6
	Ceraphronidae		mt 1								1					1
	Megaspilidae	Megaspilinae	Dendrocerus			1		1								2
Össz.																9
Chalcidoidea	Encyrtidae	Encyrtinae	mt 1						1							1
	Eulophidae	Entedonidae	Asecodes					1								1
			Pediobius			2										2
			Chrysocharis latreillei			1										1
			Euderus	1												1
		Eulophinae	Elachertus												2	2
			Euplectrus bicolor								1		1		1	3
			Hemiptarsenus			1									1	2
			Tetrastichus	102	23	56	43	7	52	16		1		1	2	303
	Eupelmidae	Calosotinae	Eusandalum							1						1
		Eupelminae	Eupelmus	1												1
	Eurytomidae	Eurytominae	Eurytoma		1		1		1	2						5
	Mymaridae	Mymarinae	Anaphes			1							1			2
			Gonatocerus			1	2									3
			Polynema			3			1	1	1					6
	Pteromalidae	Miscogastrinae	Halticoptera				1									1
			Merismus												1	1
			Stictomischus												1	1
			Roptrocercus mirus					1							1	2
			Roptrocercus xylophagorum			1										1
		Pireninae	Macroglenes penetrans	1					1	1						3
		Pteromalinae	Chlorocytus	1	1			1								3

			Cyrtogaster								1	1
			Dinotiscus eupterus					1				1
			Merisus	1			1					2
			Mesopolobus		2		1					3
			Pachyneuron		1		1	1				3
			Pteromalus	1				1	1	2	2	7
			Tomicobia		2							2
			mt 1						1			1
			mt 2	1								1
	Torymidae	Toryminae	Syntomaspis	1								1
			Torymus							1		1
Össz.												369
Cynipoidea	Charipidae	Charipinae	Alloxysta		5	3		2	1			11
			Dilyta							1		1
Össz.												12
Ichneumonoidea	Braconidae	Alysiinae	Aspilota		1							1
			Dapsilarthra							1		1
			Dinotrema		1		1					2
		Aphidiinae	Acanthocaudus*				1					1
			Aphidius		1			1			1	3
			Lysiphlebus	1						1		2
			Praon			1		1	1			3
		Braconinae	Bracon		1			1			1	3
		Cheloninae	Chelonus				1					1
		Euphorinae	Townesilitus								1	1
		Helconinae	Diospilus*					1				1
			Eubazus					1		1	1	3
		Microgastrinae	Microgaster		1							1
			Microplitis		1		1					2
			pholetesor									0

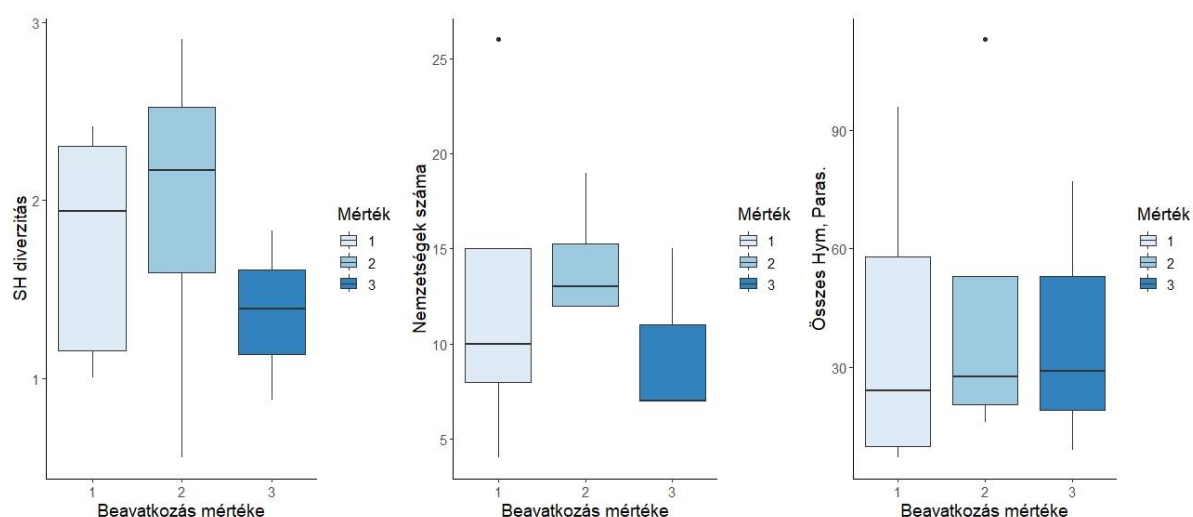
			Protapanteles*											1	1	
		Opiinae	Opius	5				1	1	1		1			9	
	Ichneumonidae	Campopleginae	mt 1								1				1	
			mt 2											1	1	
		Cryptinae	mt 1								1				1	
			Sphecophaga								2			1	3	
		Ctenopelmatinae	Rhorus*			1									1	
		Cylloceriinae	Allomacrus	1											1	
			mt 1							1					1	
		Ichneumoninae	mt 1												0	
			mt 2											1	1	
			mt 3				1								1	
		Pimplinae	mt 1				1								1	
			mt 2										1		1	
		Tersilochinae	Astrenis/Phrudus									1			1	
			mt 1									1			1	
Össz.															50	
Platygastroidea	Platygastridae	Platygastrinae	Leptacis	1		1									2	
			Platygaster	1		6								1	8	
		Sceliotrachelinae	Platystasius											1	1	
	Scelionidae	Scelioninae	Apegus	1											1	
		Telenominae	Platytelenomus*									1			1	
			mt 1		1										1	
			Telenomus		1	1	3	1	3	7	4		3	3	4	31
			Trissolcus		1	1				4				1		7
Össz.															52	
Proctotrupoidea	Diapriidae	Belytinae	mt 1		1										1	
		Diapriinae	mt 1						1						1	
Össz.															2	
Teljes egyedszám															494	

3. Táblázat. A fürkészközösségek számadatai transzektenként.

Transzekt ID	Öregcsaládok	Családok	Alcsaládok	Nemzetségek	Össz.
1	4	7	9	12	113
2	2	4	4	7	29
3	6	10	19	26	96
4	4	8	8	8	58
5	4	8	15	15	24
6	6	10	12	15	77
7	5	9	12	14	33
8	4	7	9	10	10
9	3	5	10	12	16
10	3	5	5	7	9
11	3	4	4	4	7
12	3	6	15	19	22

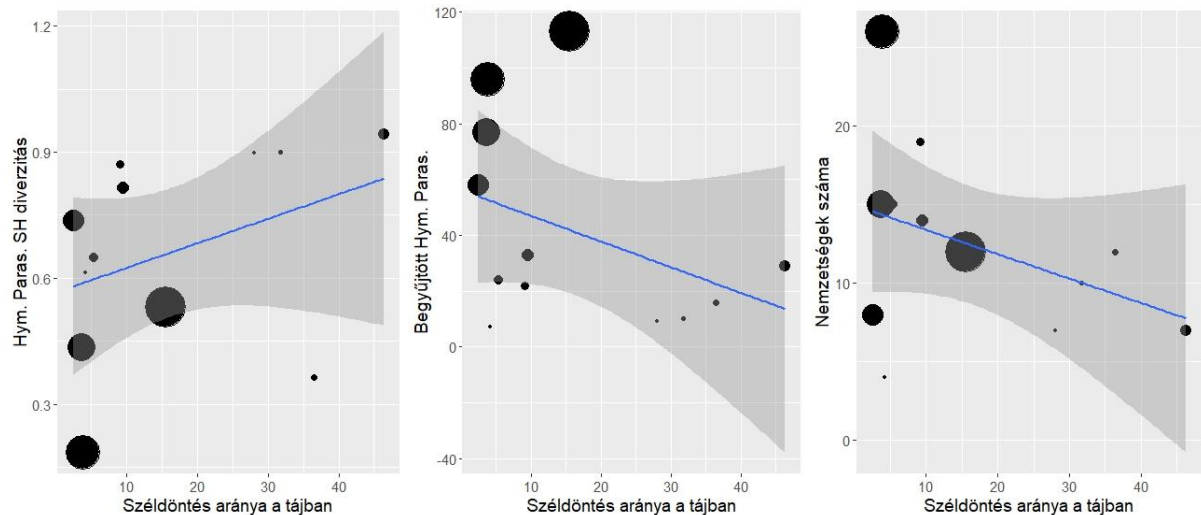
Összefüggések vizsgálata

A széldöntéseken történt beavatkozások mértéke nem mutatott egyértelmű korrelációt a fürkészek Shannon diverzitásával ($p=0,45$), egyedszámával ($p=0,87$) és a nemzetségek számával sem ($p=0,51$), ugyanakkor a diverzitás és az egyedszám esetén megfigyelhető egy enyhe trend, mely szerint a 2-es típusú döntések diverzitása a legmagasabb, a 3-as típusúaké pedig a legalacsonyabb (4. ábra).

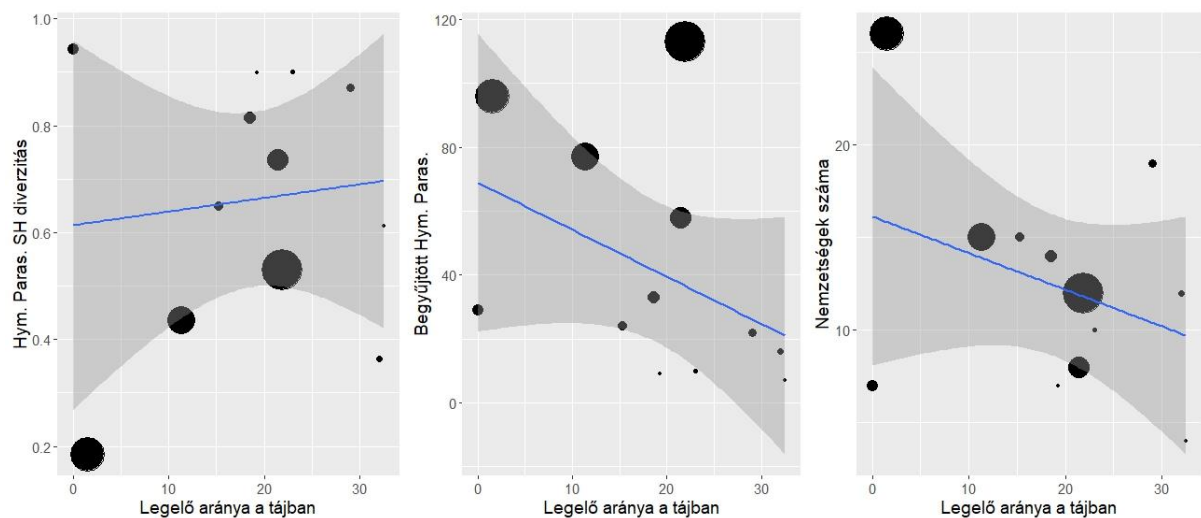


4. Ábra. A beavatkozások mértéke és a fürkészközösségek jellemzői közötti összefüggések.

Meglepő módon sem a széldöntések ($p=0,14$; $p=0,21$; $p=0,21$), sem a legelők ($p=0,8$; $p=0,16$; $p=0,27$) tájbeli aránya nem mutatott egyértelmű korrelációt a fürkészközösségek tulajdonságaival (5-6. ábrák).

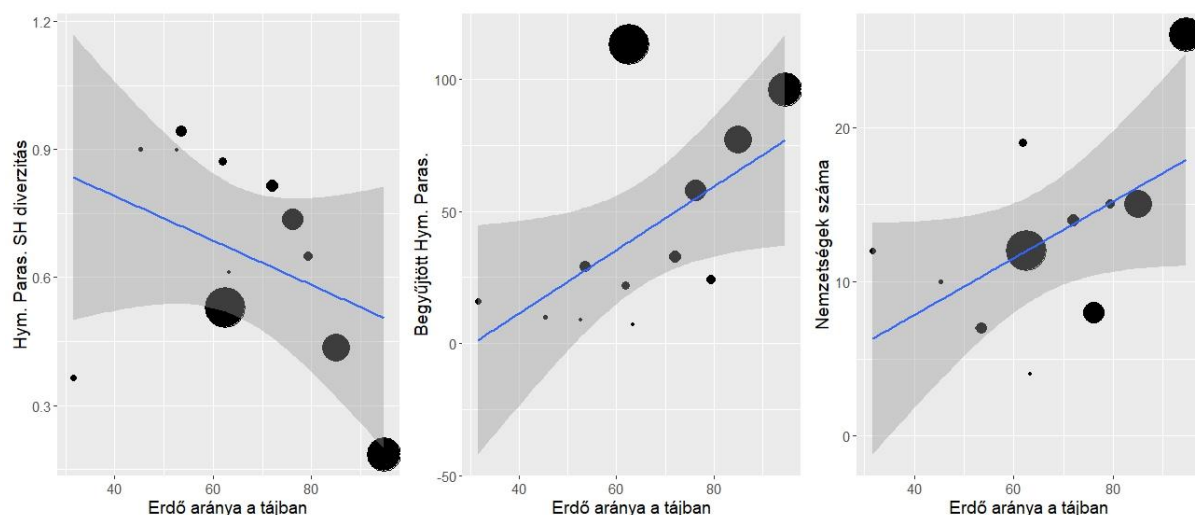


5. Ábra. A széldöntések aránya és a fürkészközösségek jellemzői közötti összefüggések.



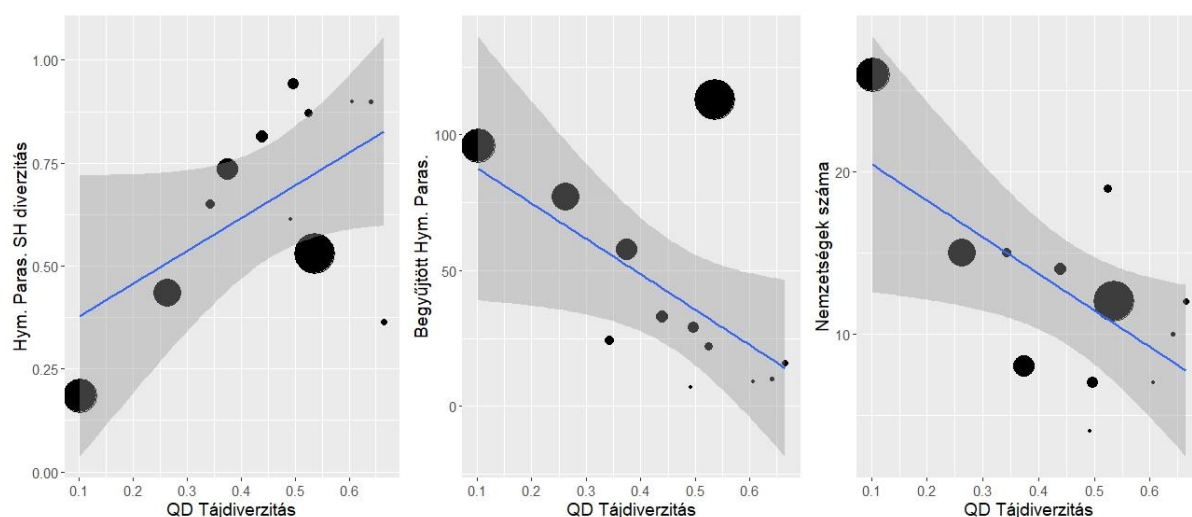
6. Ábra. A legelők aránya és a fürkészközösségek jellemzői közötti összefüggések.

Az erdők tájbeli részesedése nem mutatott kapcsolatot a fürkészközösségek Shannon-diverzitásával ($t=-1,14$; $df=10$; $\rho=-0,34$; $p=0,28$), ugyanakkor pozitív korrelációt mutatott a fürkészek abundanciájával ($t=2,3$; $df=10$; $\rho=0,59$; $p=0,04$), és enyhe pozitív trendet mutatotta nemzetségek számával is ($t=0,04$; $df=10$; $\rho=0,54$; $p=0,07$) (7. ábra).



1. Ábra. Az erdők aránya és a fürkészközösségek jellemzői közötti összefüggések.

A tájak Simpson-diverzitása nem szignifikáns, pozitív trendet mutatott a fürkészközösségek Shannon-diverzitásával ($t=1,59$; $df=10$; $cor=0,45$; $p=0,14$) negatívan korrelált az abundanciával ($t=-2,32$; $df=10$; $cor=-0,59$; $p=0,042$) és hasonlóképpen viszonyult a nemzetségek számához ($t=-2,48$; $df=10$; $cor=-0,62$; $p=0,032$), és (8. ábra).



8. Ábra. A tájdíverzitás és a fürkészközösségek jellemzői közötti összefüggések.

Következtetések

A begyűjtött fürkészek egyedszámai a vártnál alacsonyabbak voltak, több transzekten csak igen kis mennyiségben sikerült begyűjteni őket. Ennek egyik lehetséges oka a változó időjárás is lehetett; a gyűjtési periódusban erős szeles periódusok és igen magas nyári hőmérsékletek egyaránt előfordultak. Ezek a tényezők nyilvánvalóan nem kedveznek a rovarok repülési tevékenységének, mely azonban az általam használt gyűjtési módszer esetében elengedhetetlen volt a sikerhez. A fürkészközösségek rendszertani összetétele kapcsán több megfigyelést is érdemes kiemelni. A jelen levő öregcsaládok nem okoztak meglepetést, hiszen jobbra a parazitoid hártáásszárnyúak leggyakoribb csoportjait képviselik (Goulet et al., 1993). Várható volt, hogy a rendkívül diverz ichneumonoidea és Chalcidoidea öregcsaládok teszik ki a minta számottevő részét, a peteparazitoid Platygastroidea taxonok (Scelionidae és Platygastriidae családok) abundanciája pedig ugyancsak érthető a számos rovarfaj peterakására alkalmas nagy mennyiségű lágyszárú növényzet jelenléte miatt. A Chalcidoidea öregcsaládon belül az Eulophidae család, ezen belül pedig a *Tetrastichus* nemzetség magas relatív abundanciája részben szintén a lágyszárú növényzet gazdagságával magyarázható, hiszen ezek a rovarok elsősorban növényeket fogyasztó lepkehernyók (Lepidoptera) parazitoidjai. Ugyancsak magas egyedszámban volt képviseltetve az Ichneumonoidea öregcsaládba tartozó Braconidae család, melynek tagjai főként levéltetvek (Aphidoidea) és lepkehernyók, illetve fakárosító xilofág rovarok parazitoidjai. (Goulet et al., 1993; Huber, 2017; Narendran, 2001). Kisebb számban ugyan, de jelen voltak a szintén xilofág rovarokat parazitáló Pteromalidae család tagjai is (Chalcidoidea). Bár a harmadik éves széldöntések már nem jelentenek ideális étletteret a xilofág rovarok számára (Wermelinger, 2004), ezen utóbbi fürkészcsoportok jelenléte mégis arra utal, hogy ha kisebb számban is, de jelen vannak a vizsgált tájakban.

Az egyes transzekteken a beavatkozások mértéke és a fürkészközösségek tulajdonságai közötti egyértelmű összefüggés hiánya meglepő, hiszen ellenkezőjéről több kutatás is tanúskodik (Hilszczański, 2018; Stenbacka et al., 2010). Ráadásul a diverzitás és az abundancia látszólagos pozitív, illetve negatív trendje a 2-es és 3-as típusú döntések irányába ugyancsak hihetőnek tűnik, várhatóan az enyhe zavarásnak kitett élőhely a legdiverzebb, míg az erősen zavart a legszegényebb. Ezen okokból valószínűnek tűnik, hogy a korreláció hiánya esetünkben az alacsony mintaszámnak tudható be.

Érdekes eredményt hoztak az egyes borítástípusok tájbeli arányai és a fürkészek közötti összefüggés-vizsgálatok. Míg a széldöntések és a legelők aránya nem mutat korrelációt, az

erdők jelenléte látszólag pozitívan hat a fűrkészek egyedszámára, és az enyhébb trendből kiindulva esetleg a nemzetségek számára is (ezen két számadat között egyébként is erős korreláció áll fenn). Ugyanakkor, mivel a diverzitás nem korrelált az erdő jelenlétével, arra következtethetünk, hogy az egyedszámbeli növekedést az erdőt vagy az erdő és széldöntés közötti szegélyzónát kedvelő fajok magasabb abundanciája, és nem a teljes fajkészlet növekedése okozta. És valóban, a legmagasabb egyedszámú mintákban az egyedek jelentős része ugyanazon domináns taxonokba (pl. *Tetrastichus*, *Telenomus*) tartozik. Ugyancsak ezen domináns taxonokkal magyarázható a nemzetségszám diverzitástól független növekedése: a ritka taxonok növekedése nem képes ellensúlyozni a dominánsak által okozott relatív homogenitást. Ugyanezen eredmények ismeretében könnyen megérthető a tájdiverzitás egyedszámmal és nemzetségszámmal mutatott egyértelmű negatív korrelációja, hiszen az erdők arányának növekedése a tájban csökkentti annak diverzitását. Bár a tájdiverzitás és a fűrkészek diverzitása közötti korreláció nem tekinthető egyértelműnek, az irodalmi adatok ismeretében feltehető, hogy nagyobb mintaszám és mintaelemszám mellett ez az enyhe trend is valódi korrelációvá nőné ki magát (Willig & Presley, 2017). Mindebből arra következtethetünk, hogy a széldöntések által létrehozott diverzebb tájnak ugyan lehetnek pozitív hatásai, a túlságosan kiterjedt döntések azonban nemkívánatosnak minősíthetők, mivel még magasabb Shannon-féle diverzitás esetén sem képesek annyi nemzetséget felvonultatni, mint az erdővel erősen körülhatárolt élőhelyek. Az eredményekhez hozzájárulhat továbbá a vizsgált élőhelyek előrehaladott szukcessziós állapota, mely alighanem túllépett már a maximális fajkészletnek otthont adó stádiumán. Összességében kijelenthetjük, hogy eredményeink értelmében a kis kiterjedésű széldöntésekkel tűzdelt, mérsékelt diverz borítású fenyőerdei életter felel meg leginkább a fűrkészközösségek igényeinek. Az eredmények pontosítása, és a mögöttük álló okok felderítése végett célszerű lenne hasonló vizsgálatok elvégzése nagyobb mintaszámmal, hosszabb időskálán, valamint egyes általam nem vizsgált tényezők fűrkészközösségekre gyakorolt lehetséges hatásának vizsgálata, ilyen pl. a borítástípusok közti szegélyzónák mérete.

Összegzés

A kései szukcessziós széldöntéseken az emberi beavatkozás mértéke nem mutat egyértelmű összefüggést a fürkészek közösségeinek jellemzőivel. A közösségek összetételét elsősorban a légyszárú növényzet abundanciája határozza meg, míg a holtfa jelenlétének alárendelt szerepe van. A tájdiverzitást növelő hatásuk ellenére a széldöntések nem mutatnak egyértelműen pozitív hatást a fürkészek közösségeire nézve. Bár a fürkészek diverzitása alighanem magasabb a heterogén tájakban, a fenyőerdők jelenléte látszólag több fürkésznemzetség megtelepedését teszi lehetővé, annak ellenére, hogy a teljes diverzitást egyes rendkívül abundáns nemzetségek jelentősen csökkenthetik. Az eredményekből kiindulva a parazitoid-közösségek maximális diverzitásához szükség lehet ugyan a természetes zavarások által létrehozott diverz tájakra, ám az erdei borítás dominanciája továbbra is erősebben indokolt.

Irodalomjegyzék

- Anderson, A., McCormack, S., Helden, A., Sheridan, H., Kinsella, A., & Purvis, G. (2011). The potential of parasitoid Hymenoptera as bioindicators of arthropod diversity in agricultural grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 48(2), 382–390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01937.x>
- Báldi, A. (2003). Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera, and Acari species in Central-Hungarian reserves Basic and Applied Ecology. *Basic Appl. Ecol*, 4, 589–593. <http://www.urbanfischer.de/journals/baecol>
- Eckerter, T., Braunisch, V., Pufal, G., & Klein, A. M. (2022). Small clear-cuts in managed forests support trap-nesting bees, wasps and their parasitoids. *Forest Ecology and Management*, 509. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120076>
- Fischer, A., Lindner, M., Abs, C., & Lasch, P. (2002). VEGETATION DYNAMICS IN CENTRAL EUROPEAN FOREST ECOSYSTEMS (NEAR-NATURAL AS WELL AS MANAGED) AFTER STORM EVENTS. *Folia Geobotanica*, 37, 17–32.
- Forbes, A. A., Bagley, R. K., Beer, M. A., Hippee, A. C., & Widmayer, H. A. (2018). Quantifying the unquantifiable: Why Hymenoptera, not Coleoptera, is the most speciose animal order. In *BMC Ecology* (Vol. 18, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12898-018-0176-x>
- Fraser, S. E. M., Dytham, C., & Mayhew, P. J. (2007). Determinants of parasitoid abundance and diversity in woodland habitats. *Journal of Applied Ecology*, 44(2), 352–361. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01266.x>
- Goulet, Henri., Huber, J. T. (John T., & Canada. Agriculture Canada. Research Branch. (1993). *Hymenoptera of the world : an identification guide to families*. Centre for Land and Biological Resources Research.
- Hilszczański, J. (2018). *Ecology, Diversity and Conservation of Saproxylic Hymenopteran Parasitoids* (pp. 193–216). https://doi.org/10.1007/978-3-319-75937-1_6
- Hilszczański, J., Gibb, H., Hjältén, J., Atlegrim, O., Johansson, T., Pettersson, R. B., Ball, J. P., & Danell, K. (2005). Parasitoids (Hymenoptera, Ichneumonoidea) of Saproxylic beetles are affected by forest successional stage and dead wood characteristics in boreal spruce forest. *Biological Conservation*, 126(4), 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.06.026>
- Huber, J. T. (2017). Biodiversity of Hymenoptera. In *Insect Biodiversity* (pp. 419–461). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118945568.ch12>
- Kremen C., Colwell R.K., Erwin T.L., Murphy D.D., Noss R.F., & Sanjayan M.A. (1993). Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology*, 7, 796–808.
- Lewis, C. N., & Whitfield, J. B. (n.d.). *Braconid Wasp (Hymenoptera: Braconidae) Diversity in Forest Plots Under Different Silvicultural Methods*. <https://academic.oup.com/ee/article/28/6/986/446666>

- Maleque, M. A., Maeto, K., & Ishii, H. T. (2009). Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. In *Applied Entomology and Zoology* (Vol. 44, Issue 1, pp. 1–11). <https://doi.org/10.1303/aez.2009.1>
- Marini, L., Lindelöw, Å., Jönsson, A. M., Wulff, S., & Schroeder, L. M. (2013). Population dynamics of the spruce bark beetle: A long-term study. *Oikos*, 122(12), 1768–1776. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2013.00431.x>
- Narendran, T. C. (2001). PARASITIC HYMENOPTERA AND BIOLOGICAL CONTROL. In *Biocontrol Potential and its Exploitation in Sustainable Agriculture*.
- Økland, B., Nikolov, C., Krokene, P., & Vakula, J. (2016). Transition from windfall- to patch-driven outbreak dynamics of the spruce bark beetle *Ips typographus*. *Forest Ecology and Management*, 363, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.007>
- Rodríguez, A., Pohjoismäki, J. L. O., & Kouki, J. (2019). Diversity of forest management promotes parasitoid functional diversity in boreal forests. *Biological Conservation*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108205>
- Samways, M. J. (1993). Insects in biodiversity conservation: some perspectives and directives. *Biodiversity and Conservation*, 2, 258–282.
- Schwartz M.W., Brigham C.A., Hoeksema J.D., Lyons K.G., Mills M.H., & Mantgem P.J. van. (2000). Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia*, 122, 297–305.
- Stenbacka, F., Hjältén, J., Hilszczański, J., Ball, J. P., Gibb, H., Johansson, T., Pettersson, R. B., & Danell, K. (2010). Saproxylic parasitoid (Hymenoptera, Ichneumonidae) communities in managed boreal forest landscapes. *Insect Conservation and Diversity*, 3(2), 114–123. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00082.x>
- Ulanova, N. G. (2000). The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management*, 135, 155–167.
- Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O. P., Viiri, H., Ikonen, V. P., & Peltola, H. (2020). Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. In *Global Change Biology* (Vol. 26, Issue 8, pp. 4178–4196). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/gcb.15183>
- Vieira, L. C., Oliveira, N. G., Brewster, C. C., & Gayubo, S. F. (2012). Using higher taxa as surrogates of species-level data in three Portuguese protected areas: A case study on Spheciformes (Hymenoptera). *Biodiversity and Conservation*, 21(13), 3467–3486. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0374-3>
- Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* - A review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202(1–3), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.018>
- Willig, M. R., & Presley, S. J. (2017). Biodiversity and disturbance. In *Encyclopedia of the Anthropocene* (Vols 1–5, pp. 45–51). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09813-X>