

Soproni Egyetem  
Erdőmérnöki Kar



## **OTDK DOLGOZAT**

### **Összehasonlító talajbiológiai vizsgálatok a hansági Csíkos-éger erdőben és a környező ültetvényeszerű faállományokban**

Készítette:  
Zagyva Zsolt Rókus  
Erdőmérnöki Szak, II. évf. emh.

Konzulens:  
Prof. Dr. Winkler Dániel egyetemi tanár

Sopron  
2024

## NYILATKOZAT

Alulírott Zagyva Zalán Rókus (Neptun kód: VR75VS) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az **Összehasonlító talajbiológiai vizsgálatok a hansági Csíkos-éger erdőben és a környező ültetvényszerű faállományokban** című dolgozat **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. Tv. szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében<sup>1</sup>.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 2024. november 4.

\_\_\_\_\_  


hallgató

---

<sup>1</sup> **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

**36. § (1)** Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

## Rezümé

Kutatásomban talajfaunisztikai vizsgálatokat végeztem hansági reliktum jellegű mézgás éger állományban (Csikos éger), valamint ezzel egyidejűleg vizsgáltam a területen található egyéb állománytípusok (természetszerű tölgyes-kőrises, ültetett hazai és nemes nyár állományok) talajfaunáját. A talajbiológiai minőség értékelésére a QBS indexet alkalmaztam, amelynek alapja a különböző, a talajban való léthez eltérő fokon adaptálódott mikroartopóda taxonok jelenléte vagy hiánya. A kimutatott taxonok (valamint lárváformák) száma a legmagasabb (18) a mézgás égeresben volt, ezt követte a tölgyes-kőrises 14 taxonnal, majd a nemes nyáras (13) és a hazai nyáras (12). Mind az átlag, mind a kumulált QBS index a mézgás égeresben volt a legnagyobb. Sorrendben a tölgyes-kőrises állomány következett, végül a nyár ültetvények. Utóbbiakat tekintve az átlagos QBS érték a nemes nyárasban volt magasabb, míg a magasabb kumulált index a hazai nyárasra volt jellemző. Az ugróvillások vizsgálata során összesen 2025 egyed 51 fajtát azonosítottuk be. Az átlagos és az élőhelyet jellemző kumulatív fajszaót (S) tekintve egyaránt a reliktum mézgás égeres állomány bizonyult a legfajgazdagabbnak. Ha a teljes vizsgálati területen kimutatott Collembola fajok számát 100%-nak tekintjük, akkor a mézgás égeres állományokban a fajok 72,5%-a (37 faj) fordult elő. Magasnak tekinthető a tölgyes-kőrises állományok fajszaa (35 faj), ami a teljes területen kimutatott fajkészlet közel 70%-a. Fajokban jóval szegényebbnek bizonyultak az ültetvényszerű nyár állományok. A nemes nyárasokban 23, a hazai nyárasokban 22 faj került elő (a teljes fajkészlet 43–45%-a). Az abundancia vonatkozásában hasonló arányok figyelhetők meg. A legnagyobb átlagos abundancia (A) szintén a mézgás égeresek talajára volt jellemző. A nyár ültetvényekkel összehasonlítva 2,5-szeres volt az 1 m<sup>2</sup>-re vonatkoztatott egyedsűrűség a mézgás égeresekben.

## Abstract

In my research, I conducted soil faunistic studies in a relict alder stand in Hanság, and simultaneously I investigated the soil fauna of other stand types (semi-natural oak-ash, planted native and Euramerican hybrid poplar stands) in the area. To assess the soil biological quality, I used the QBS index, based on the presence or absence of different microarthropod taxa and their adaptation level to the soil environment. The highest number of taxa detected was in the common alder stand (18), followed by oak-ash forest with 14 taxa, then the non-native hybrid poplar (13) and native poplar (12) stands. Both the mean and cumulative QBS index was the highest in the common alder stand. The oak-ash stand ranked next, followed by the poplar plantations. A total of 51 species of 2025 individuals were identified during the study of the springtails. Both in terms of mean and habitat-specific cumulative species number (S), the relict common alder stand was found to be the most species-rich. If we consider the number of Collembola species detected in the whole study area as 100%, 72.5% of the species (37 species) occurred in the common alder stands. The number of species in the oak-ash stands (35 species) is considered high, representing almost 70% of the species recorded in the whole area. Species richness of the poplar plantations was much lower. 23 species were found in the native poplar stands and 22 species in the non-native poplar plantations (43-45% of the total species observed). Similar proportions were observed for abundance. The highest average abundance (A) was also found in the soils of the common alder stands. Compared to the poplar plantations, the Collembolan density per m<sup>2</sup> was 2.5 times higher in the honey alder soils.

## Tartalomjegyzék

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Bevezetés.....                                                                              | 5  |
| 2. Irodalmi áttekintés.....                                                                    | 7  |
| 2.1. A Hanság egykori láperdei.....                                                            | 7  |
| 2.2. Tájátalakítás, erdősítések.....                                                           | 7  |
| 2.3. Az ültetvénytípusú erdőgazdálkodás és az idegenhonos fafajok hatása a talajfaunára.....   | 8  |
| 2.4. Collembola faunisztikai vizsgálatok hazánkban, illetve a Fertő-táj és a Hanság területén. | 8  |
| 3. Anyag és módszer.....                                                                       | 10 |
| 3.1. A vizsgálati terület bemutatása.....                                                      | 10 |
| 3.1.1. Geológiai adottságok.....                                                               | 10 |
| 3.1.2. Domborzati adottságok.....                                                              | 10 |
| 3.1.3. Éghajlati adottságok.....                                                               | 10 |
| 3.1.4. Hidrológia.....                                                                         | 10 |
| 3.1.5. Talajtani adottságok.....                                                               | 11 |
| 3.1.6. Növényföldrajzi jellemzés.....                                                          | 11 |
| 3.2. Mintaterületek jellemzése.....                                                            | 11 |
| 3.3. Terepi mintavételezés módszere.....                                                       | 14 |
| 3.4. Laboratóriumi vizsgálatok.....                                                            | 14 |
| 3.4.1. Talajparaméterek meghatározása.....                                                     | 14 |
| 3.4.2. Mikroartropódák kinyerése.....                                                          | 15 |
| 3.4.3. A talajlakó mikroartropódák határozása.....                                             | 15 |
| 3.5. Az adatfeldolgozás és kiértékelés módszerei.....                                          | 15 |
| 3.5.1. A talajbiológiai minőség index számítása.....                                           | 15 |
| 3.5.2. Közösségi-ökológiai karakterisztikák és statisztikai módszerek.....                     | 17 |
| 3.5.3. A talajparaméterek és a Collembola-közösségek összefüggései.....                        | 18 |
| 4. Eredmények.....                                                                             | 19 |
| 4.1. Talajparaméterek.....                                                                     | 19 |
| 4.2. A vizsgált állománytípusok talajbiológiai minősége (QBS).....                             | 19 |
| 4.3. Ugróvillások.....                                                                         | 20 |
| 4.3.1. Faunisztikai eredmények.....                                                            | 20 |
| 4.3.2. Közösség-ökológiai eredmények.....                                                      | 28 |
| 4.3.3. A talajfauna és a talajkörnyezeti paraméterek összefüggései.....                        | 30 |
| 5. Diskusszió.....                                                                             | 31 |
| 6. Összefoglalás.....                                                                          | 34 |
| 7. Köszönetnyilvánítás.....                                                                    | 35 |
| 8. Felhasznált irodalom.....                                                                   | 36 |
| Mellékletek.....                                                                               | 42 |

## 1. Bevezetés

A szélesebben fejlődő kultúránk térhódítása mérhetetlen veszélyt jelent az évezredek alatt stabilizálódott természetes élőhelyekre, ökoszisztémákra (Lájer 1994). Az élőhelyátalakítások során egyre inkább elterjedté vált az idegenhonos fajokból álló monokultúrák telepítése, amely egyike a legszembetűnőbb változásoknak, ugyanis a nem odaillo fajok markáns hatást gyakorolnak az élőhely mezo-, illetve mikroklimájára, faunájának fajkészletére, diverzitására és flórájára (Rakonczay 1990). Ez az erőteljes átalakítás több szembetűnő folyamatot is elindít, például a mikroklima felborulását, vagy akár a talaj fizikai és kémiai paramétereinek változását, amely markáns hatást fejt ki a talajlakó organizmusokra, például a mikroatropódákra (Straalen 1988). A mikroartopoda taxonok jelenléte vagy éppen hiánya pedig hatással van a talaj biológiai minőségére (Parisi 2001).

Hazánk kisalföldi területein egykor jellegzetes erdőtípus volt a ligetes, mocsaras égeres, amely mára a túlzott átalakítások hatására jórészt eltűnt, illetve az eltűnés veszélyezteti (Balsay 1979). Gyakorivá váltak a lecsapolások, az érintett területeket mezőgazdasági művelés alá vonták vagy gyakran olyan fajok állományokat ültettek, amely gyorsan nő, kevesebb tápanyaggal is remekül boldogul és alacsonyabb a vágásfordulója (Papp és Horváth 2016). Ez a tevékenység az 1930-as években indult fekete dióval, valamint nemes nyárral. Utóbbiak számára kiváló termőhelyet jelentett a Hanság a laza, szerves talajokkal (Balsay 1990). Az elmúlt évszázad átalakító munkálatai folyamán mára odáig jutottunk, hogy az egykoron 4000 hektáros egybefüggő elegyetlen éger-kultúra már a 100 hektárt sem haladja meg (Balsay 1975).

A talaj mezofaunához tartozó ugróvillásokból (Collembola) zavartalan, természetközeli élőhelyeken átlagosan ~1000 példányt találunk minden liter földben. Nagymértékben hozzájárulnak a humuszképződéshez és a növények számára nagy segítséget jelentő mikorrhiza gombák terjesztéséhez, valamint segítik a szerves anyag lebontását és a talaj mineralizációját. Mindemellett a talaj fizikai és kémiai jellemzésére is alkalmasak, sok esetben jobban, mint a laboratóriumi módszerek. Kiváló indikátorai a talajkörnyezeti változásoknak (pl. mezőgazdasági művelés intenzitása, erdőgazdálkodási eljárások, szennyezések). A talajban bekövetkezett változásokra a Collembolák gyorsan reagálnak. Nagy felület-térfogat arányuk miatt sokkal szorosabb kapcsolatban vannak környezetükkel, mint a magasabb rendű élőlények. Populációikban, faj- és egyedszámukban bekövetkező változások, gyakran megelőzve a talaj fizikai és kémiai tulajdonságaiban kimutatható eltéréseket, a talajállapot és a környezet változásának korai figyelmeztető jele lehet (Hopkin 1997).

Az erdők átalakulása talajbiológiai vonatkozásban is érdekes kutatási lehetőségeket kínál. Vizsgálatom újszerűségét az biztosítja, hogy összehasonlító talajbiológiai vizsgálatokat a hansági Csíkos-éger állományban még nem végeztek. Kutatásom fontosságát az is alátámasztja, hogy az országunk területén alig maradt olyan reliktum égeres, amelynek mérete akkora, hogy pontos következtetéseket lehessen belőle levonni a környező mesterséges erdősítések talajbiológiai hatásairól, mezofaunájának változásáról, illetve Collembola diverzitásáról.

Kutatásom fontosabb célkitűzései a következők voltak:

- talajfaunisztikai vizsgálatokat végezni a hansági reliktum jellegű mézgás éger állományban (Csíkos éger),
- ezzel egyidejűleg vizsgálni a területen található egyéb állománytípusok (természetszerű tölgyes-kőrises, ültetett hazai és nemes nyár állományok) talajfaunáját,

- a mintákban található mikroartopóda taxonok alapján meghatározni az egyes állománytípusok talajbiológiai minőségét,
- az ugróvillások részletesebb, faj szintű beazonosítását követően összehasonlító elemzéseket végezni a Collembola-közösségek ökológiai jellemzői alapján,
- vizsgálni az egyes Collembola fajok élőhelyválasztását és ökológiai igényeit a főbb talajparaméterek függvényében.

## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1. A Hanság egykori láperdei

A Kapuvártól északra található egykoron egybefüggő erdőterületről az első térképes forrásunk a II. József által elrendelt katonai felmérés (1784) nyújtotta. A térképen egy hatalmas erdőtömb látható, amelyet a feltöltődő erek, a több kisebb ágra oszló Répce és a Kis-Rába ligetes megjelenésre szabdaltak. Ez a nagy kiterjedésű élőhely sokféle élőlénynek adott otthont, viszont a terület átalakításával, a víz lecsapolásával biológiai diverzitása mára már nagyban csökkent (Balsay és Balsay 2010). Az 1800-as évek elején a nagy csatornaépítések, medermélyítések hatására az égerlápok vízszintje látványosan lecsökkent, amely határozott változásokat hozott az reliktum erdő életében. A vízszint csökkenésének hatására lehetőség nyílt a belterjesebb erdőgazdálkodás előtt. Az 1845-ös második katonai felmérés térképén jól látszik, hogy éles határral lett elválasztva, jelezve az erdőgazdálkodás és mezőgazdálkodás térnyerését (Balsay és Balsay 2010).

Az állandó vízhatás következtében a Hanságban nagy kiterjedésben voltak jellemzőek a láptalajok, amelyek kialakulása állandó vízborításhoz, de mindenképpen az év nagy részében víz alatt álláshoz, vízzel telítettséghez kötődik (Bidló 2012). Az állandó vízhatás eredményeként a növényzet elhalása után maradványok levegőtlen viszonyok között bomlanak el, ami tözegesedéssel jár. A tözeges talajú, általában nyáron is víz fedte őshonos erdőtársulások a mocsári fajokban gazdag éger- vagy kisebb részben kőriserdők. Vízük pangó, csak erőteljes csapadékhullást követően lesz kis áramlása. A többnyire állandósult vízborítás anaerob körülményeket biztosít, ami tözegfelhalmozódást eredményez. Tözeges, glejes láptalajuk savanyú kémhatású, bázisokban és mészből szegény. Kialakulásukat jelentősen elősegíti a boreális és az atlantikus éghajlati hatás, ezért hazánkban elsősorban a viszonylag hűvösebb klímájú dombvidéken és az alföldi peremvidéken (Szigetköz, Hanság, Bereg-Szatmári-sík, Nyírség, Dráva-sík) találhatók meg (Bölöni et al. 2007). A láperdők felső lombkoronaszintjének magassága körülbelül 15-20 méteres. A fák záródása a vízállás állandóságától függ. Alacsonyabb vízállás esetén (60-80%) sűrűbb, magasabb vízszint esetén pedig (30-50%) gyéresebb. A lágyszárú növények a szigetszerű, vízzel nem vagy alig borított területeken, illetve az égerfák gyökérfőin élnek. A talpszerűen kiszélesedő „lábas fák” gyökérfői főként lombos mohákkal, néha tözegmohákkal sűrűn borítottak. A Hanságra legfőképpen az égeres láperdő (*Carici elongatae-Alnetum*) jellemző, de előfordul az éger-kőris láperdő (*Fraxino pannonicae-Alnetum*) is (Bölöni et al. 2007).

### 2.2. Tájátalakítás, erdősítések

Magyarország az első világháború előtt 7,3 millió hektár erdőterülettel rendelkezett, ami az ország 25,8%-át tette ki (Lett 2021). Az 1920. június 4-én Trianonban kiadott békediktátum hatására az ország elvesztette kétharmad részét, az erdőterületeinek 84%-át. Gazdaság-földrajzilag tekintve Magyarország elvesztette azon területeit nagy részét, ahol az erdőgazdaság és a bányászati munkálatokat jelentős formában lehetett kivitelezni: a Kárpátok hegykoszorúját (Kovácsévics 2016). Hazánkban pusztán a sík és dombvidéki, néhol középhegységi területek maradtak, ahol nagytöbbségben a mezőgazdasági termelés uralta a területeket, az erdőgazdaságok csak elenyésző részben vagy egyáltalán nem jutottak szerephez.

Kaán Károly, a kincstári erdők főosztályi vezetője, 1919-ben fogalmazta meg az alföldfásítási programját, amelynek célja a hazai erdősültség növelése, egykori fényének visszaállítása volt. Olyan új erdészeti politikai irányzatot hozott létre, amely egészen az ezredfordulóig töretlenül élt (Szakács 2017).

### 2.3. Az ültetvénszerű erdőgazdálkodás és az idegenhonos fafajok hatása a talajfaunára

A természetszerű erdők átformálása gazdasági erdőkké, illetve a mezőgazdasági területek rohamos térhódítása az erdővel borított tájak rovására már több száz, több ezer éve meghatározza Európa, így Magyarország tájait. Korunk egyik fő problémáját, a biodiverzitás elszegényedését kutatva gyakran vitatott kérdés, hogy milyen hatással bír a tájhasznosítás intenzitása a fajgazdagságra (Traser és Horváth-Szováti 2004).

Az idegenhonos fafajokból álló, ültetvénszerű faállományok talajfaunája fajkészlet és diverzitás vonatkozásában általában szegényebb, mint az őshonos fafajok által alkotott állományoké (Lindenmayer et al. 2003, Wang et al. 2022). Ez a megállapítás legfőképpen a nemesnyár (*Populus x euramericana*), feketefenyő (*Pinus nigra*), erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), valamint akác (*Robinia pseudoacacia*) monokultúrák esetében került igazolásra (Traser és Csóka 2001, Traser 2003, Winkler és Tóth 2012, Palkó et al. 2020), de ugyanezt el lehet mondani bármely egzóta ültetvényre Európa szerte (Klimitzek 1992), még úgy is, hogy viszonylag kevés célzott kutatás történt az idegenhonos fafajok hatásáról a talajlakó mezofaunára és az ugróvillás-közösségekre nézve. A trópusi erdők és helyükön létesített ültetvények vonatkozásában már jóval több ilyen jellegű vizsgálatot végeztek, amelyek kimutatták, hogy összességében az eredeti, elsődleges trópusi erdőben nagyobb a biodiverzitás (Barlow 2007, Singh et al. 2019).

Portugáliában és Spanyolországban elsősorban a nagy területen előforduló eukaliptusz (*Eucalyptus* spp.) ültetvények veszélyeztetik a környező természetes élőhelyek biodiverzitását. Az eukaliptusz és a tűlevelű, nem őshonos ültetvényeket vizsgálva, azt a megállapítást tették, hogy a talajfauna, azon belül a Collembola közösségek diverzitását főként az állomány alatt felhalmozódó avarréteg eltérő kémhatása, s a kémhatás változása következtében módosult egyéb talajparaméterek csökkentik (Arbea és Jordana 1985, Gama et al. 1994, 1995, Sousa és Gama 1994, Pinto et al. 1997, Sousa et al. 1997). A talajkémhatás változása a talajparamétereket is módosítja. Hazai viszonylatban a fenyvesítés hatását Traser és Csóka (2001), valamint Winkler és Tóth (2012) vizsgálták. A telepített erdei- és feketefenyvesek talajában az ugróvillás fajsza és abundancia jelentősen alulmaradt a természetszerű állományokkal szemben (Traser és Csóka 2001, Winkler és Tóth 2012).

A Hanságban viszonylag kevés olyan kutatás készült, ahol a talajfauna diverzitását összehasonlították a környező telepített erdőkkel. Traser (2003) rövid közleményében hansági égererdők és a környező élőhelyek (rétek, nyárültetvények) ugróvillás-faunáját vizsgálta. Az ültetvények vonatkozásában fontos megállapítást tett arra, hogy az ugróvillás-diverzitás és az abundancia sem tud teljes mértékben regenerálódni a vágásérettségi korig. A telepített erdők és a természetes erdőszülségek közti fontos különbségnek számít az is, hogy a folyamatos erdőgazdálkodás alatt álló területeken nem jelennek meg a jellemző erdei fajok, vagy csak nagyon kevés egyed és fajsza. Palkó et al. (2020) kiskunsági reliktum homoki tölgyesek és a helyükre telepített idegenhonos fafajú ültetvények ugróvillás-közösségeit vizsgálták. Míg az természetes erdőtársulásban a kimutatott fajok 84%-a került elő, addig az idegenhonos telepítésekben ez az arány csupán 34-41% volt.

### 2.4. Collembola faunisztikai vizsgálatok hazánkban, illetve a Fertő-táj és a Hanság területén

Hazánk első ugróvillásokkal foglalkozó kutatója Tömösváry Ödön volt, aki számos fajt kimutatott hazánk területéről, valamint nevéhez fűződik a *Sminthurus maculatus* gömböc ugróvillásfaj elírása is (Tömösváry 1883). A századfordulón Vellay (1900) publikálta összefoglaló művét, amelyben 39 ugróvillás fajt sorolt fel. Ennek alapját a természettudós tanár Bíró Lajos gyűjtött anyag szolgáltatta, amelynek meghatározását a finn Odo Reuter

végezte. Húsz évvel később folytatódtak a Collembola faunisztikai vizsgálatok, amelyek érdekes módon egy olyan lengyel kutató, Jan Stach nevéhez fűződnek, aki nem is járt Magyarországon. A részére megküldött anyagból számos hazánkra, valamint a tudományra nézve új fajt is leírt, beazonosított (Stach 1922, 1926, 1929). Az ezt követő időszakban hazánk neves zoológusa, Loksa Imre végzett kimagasló kutatásokat a hazai Collembola fauna felmérésében. Országsszerte több tájegységben és élőhelyen végzett felméréseket, nevéhez több, a tudományra nézve új faj leírása kötődik (Loksa 1956, 1977, 1978, 1983, 1987, 1991). Széles körű gyűjtést végzett a Fertő-táj talajfaunisztikai feltárására (Loksa és Traser 1992), de sajnos ezek az adat nem kerültek publikálásra. Fontos kiemelni Traser György munkásságát, aki számos ugróvillás-faunisztikai és ökológiai vizsgálatot, kutatást végzett (Traser 1980, 1994, 1997, 2002a, 2002b, 2003). Több, mint tíz tudományra nézve új faj fűződik a nevéhez, közülük megemlíthetjük a Fertő nádasából leírt *Lepidocyrtus peisonis* fajt (Traser és Christian 1992), amelyet később hansági égeresekben és réteken is megtaláltak (Traser 2003, Zagyva és Winkler 2024). 2008-ban Dányi és Traser (2008) összeállította az ugróvillások teljes magyarországi checklistáját, amely a következő nagy lépés volt a hazai Collembola-kutatásban.

A Fertő ausztriai részéről faunisztikai-ökológiai tanulmányok már a múlt század 30-as éveitől ismertek (Kseneman 1938, Franz és Beier 1948, Gunhold és Pschorn-Walcher 1956, Baumgartner-Gamauf 1959a, 1959b, Christian és Kamplicher 1984, Christian 1986a, 1986b). A Fertő táj magyarországi oldalának ugróvillásairól az első tanulmány a Fertő–Hanság Nemzeti Park faunakötetében jelent meg (Traser 2002). Ez a munka 51 faj esetében utal fertői előfordulásra, illetve további 54 faj lelőhelyeként ad meg a Fertő-tájhoz tartozó hansági élőhelyeket. A Csíkos-égerben három gyűjtésről ismerünk beszámolót, publikációt (Traser 2003, Mateos és Winkler 2018, Zagyva és Winkler 2024). Érdekességként megemlíthető, hogy egy tudományra nézve új fajt (*Lepidocyrtus florae*) is leírtak az égeresből (Mateos és Winkler 2018).

### **3. Anyag és módszer**

#### **3.1. A vizsgálati terület bemutatása**

A vizsgálati terület Győr-Moson-Sopron vármegyében helyezkedik el a Kisalföld nagytájon, a Győri-medence középtájban, azon belül a Hanság kistáj területén található.

##### **3.1.1. Geológiai adottságok**

A terület egy olyan korlátozott lefolyású medence, amely földtanilag a Rába és a Duna hordalékkúpjai közé van zárva. A holocén mocsárvidék tőzeg- és mocsári agyagrétegei a 10 métert is meghaladják. A felszínét jelenkori öntéshomok, agyag és iszap, szigetszerűen pleisztocén kavicsos homok és láptőzeg építi fel. Alattuk nyugatról keletre növekvő, 10–50 méter vastagságban folyóvízi homokos kavicsrétegek találhatók, amelyek a negyedidőszakban képződtek. A rétegek alatt több ezer méteres pliocén üledékek találhatók. Medencealjzata karbon kristálypala. Az országos átlagnál nagyobbak a geotermikus gradiens értékei (Dövényi 2010).

##### **3.1.2. Domborzati adottságok**

A kistáj 75%-a lápi agyaggal, tőzeggel és iszappal fedett alacsonyártér, melynek nagy része belvízmentesített. Ennek ellenére az év csapadékosabb időszakában 25%-a víz alá merül. A kistáj legmagasabb földrajzi pontja Szállástető (120 m), a legalacsonyabb pedig a 114 m magas felszínrészletek. A felszínt egy nagyobb nyugati és egy kisebb keleti medencére tagolja a Bősárkány és Szállástető között elhelyezkedő alacsony földhát. A központi süllyedék területe körülbelül 3-4 méterrel alacsonyabb a környezeténél, Győr irányába enyhén lejt. Sűrű belvízmentesítő csatornahálózat adja a felszín szabdaltságát (Dövényi 2010).

##### **3.1.3. Éghajlati adottságok**

Keleten mérsékelt meleg, nyugaton mérsékelt hűvös, száraz éghajlatú vidék. Az évi napsütéses órák száma 1880–1930. Télen 180 óra, nyáron 750 óra napfénytartamra számíthatunk. Az évi középhőmérséklet általában 10,0 °C körüli. Április közepétől október végéig tart a fagymentes időszak. A nyári félév átlaghőmérséklete 16,5-16,7 °C, a legmelegebb napok elérik a 34,0 °C-ot, a leghidegebbek -15,5 °C körül mozognak (Dövényi 2010).

A kistáj nyugati részén (590 mm) több a csapadék, mint a keletin (550 mm). Jánossomorján 76 mm a 24 órás csapadékmaximum. Télen általában 30-32 át fedi hó a talajt, az átlagos maximális hóvastagság 18 cm. A terület szárazságát jellemző ariditási index keleti részeken 1,25–1,27 körüli nyugati vidékeken 1,18. Az szélesség átlagosan 3,5 m/s körüli, ÉNy-i az uralkodó szélirány. Nem túl hőigényes kertészeti és mezőgazdasági növények termesztésére az éghajlat megfelelő (Dövényi 2010).

##### **3.1.4. Hidrológia**

A Hansági-főcsatorna a legnagyobb vízfolyása a kistájnak, amely 30 km hosszú. Tárnokréttől nyugatra torkollik a Rábcába, amely Dél felől érkezik. A Kardos-érrel bővült Ikva Tőzeggyármajor település mellett folyik a Hansági-főcsatornába bővítve annak vízhozamát. A Répce-Rábca 25 km-es szakasza húzódik a területen. Áthalad még az Ikva (8 km), Kardos-ér (3 km), Kis-Rába (2 km). Nagyszámú lecsapoló csatorna épült és hálózta be a kistájat, amelyek összes hossza 480 km körüli. Legfontosabbak a Szegedi- (16,6 km),

Mosonszentjánosi- (16 km), Kimle-Szolnok-Lébényi (13,2 km) csatornák. A kistáj mérsékelt lefolyású terület. A táj vízfolyásainak vízhozamát és vízállását a Hansági-főcsatorna és a Rábca bősárányi vízmérce adataival reprezentálják. A csapadékos nyárelő az árvizek időszaka, a kisvizekre mindig lehet számítani, ha szárazság van. Ma már állandó jellegű állóvíz a sűrű csatornahálózat miatt nincs, viszont az időszakosan vízborította területek megközelítik a 3000 ha-t. A vízfolyások minőségét szinte mindenhol II. osztályúnak ítélik. A „talajvíz” mélysége körülbelül 1-2 m között helyezkedik el a talajfelszín alatt. A keménység mérsékelt, kémiaileg kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos. A szulfáttartalom bizonyos helyeken meghaladja a 600 mg/t-t. Az artézi kutak átlagosan 100 m feletti mélységgel rendelkeznek a rétegek jó víztároló képessége miatt. A vízhozamuk közepes (Dövényi 2010).

### 3.1.5. Talajtani adottságok

A kistáj eltözegeedett a lefolyástalansága és közrezártsága miatt a Rába és a Duna hordalékkúpjai által. A talajainak körülbelül 4/5 része vízhatás alatti lecsapolt és telkesített síkláp, lápos réti, és réti öntéstalaj. Mindegyik alluviális üledéken képződött. Termőképesség vonatkozásában a lápos réti, telkesített és réti síkláp talajok kifejezetten gyengék. Kedvezőbbek viszont az erősen víztartó és nagy vízraktározó képességű, gyengén savanyú kémhatású réti öntéstalajok. Az ilyen területeken a mocsár- vagy láprétek, illetve a mocsári erdőtársulások jellemzők. Szántóként csupán a pár méter mély talajvízű területek használhatók fel, amelyeken csak a répfélék és a tavaszi gabona termesztethető biztonsággal. Az észak-keleti területek, illetve néhány magasabb terasz löszös-homokos üledékein csernozjom talajtípusok képződtek. Ilyenek a terasz csernozjomok 5%, a mészlepedékes alföldi csernozjomok 4%, a réti talajok között réti csernozjomok 11%. Mechanikai összetételük vályog, vízgazdálkodásuk kedvező. A termőréteg vastagság kedvező, termékenységük helyenként (int. <115), viszont a kavicsosabb területeken alacsonyabb (int. <85) (Dövényi 2010).

### 3.1.6. Növényföldrajzi jellemzés

A kistáj viszonylag homogén vegetációjú. A terület belsejében főleg keményfás ligeterdők voltak megtalálhatók. Ezeket néhol fátlan mocsarak, puhafás állományok és lápi társulások váltották fel. A kistáj északi szélén megjelentek a lápi vegetációk. Manapság a szántóföldi területek dominálnak, a természetes erdők aránya körülbelül megegyezik a kultúrerdőkével. A gyepek feltörése folyamatosan zajlik a kistájon, de pár nagy értéket képviselő terület még megmaradt, például Osli vagy Bogyoszló térsége.

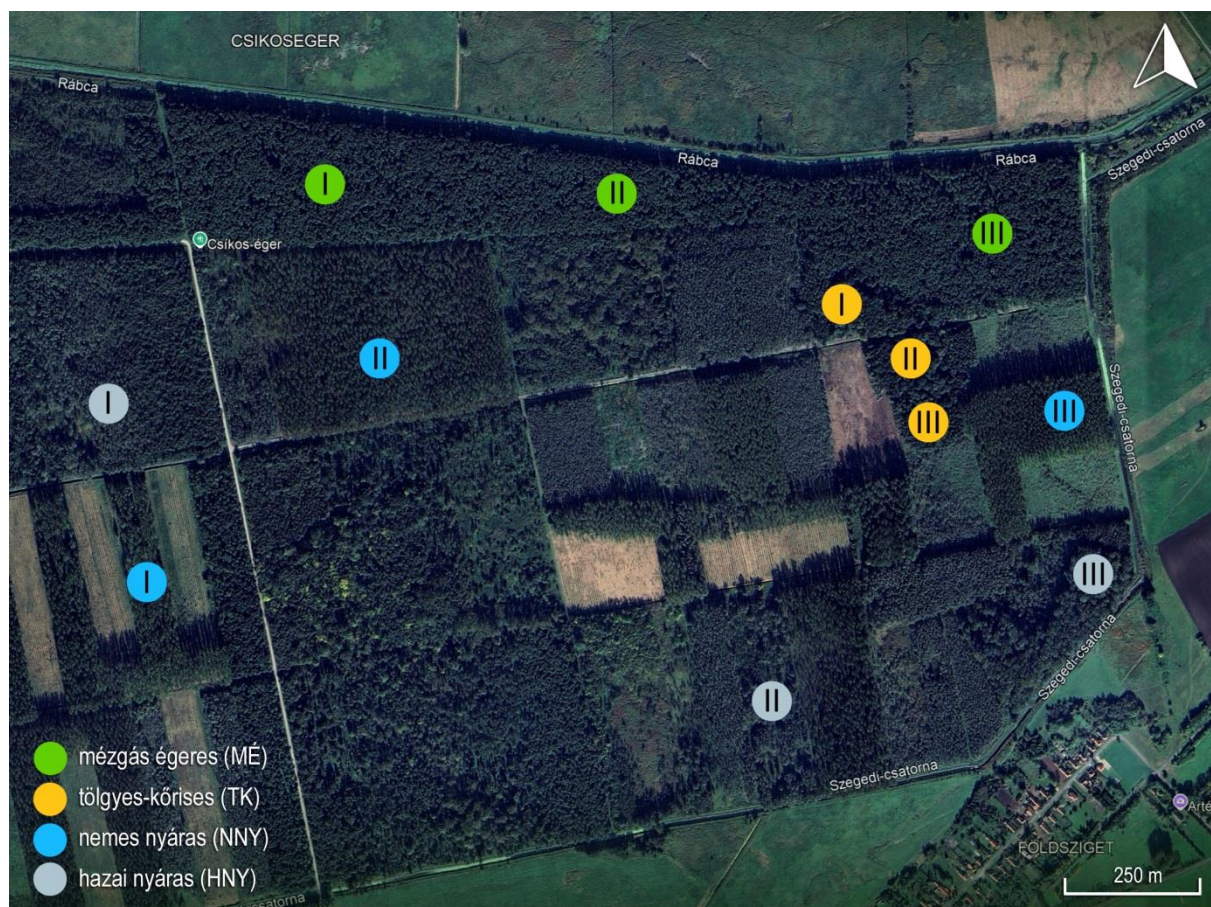
Az alpokaljai hatás jól érződik a területen megjelent növényfajok miatt. Ilyen fajok például az erdei békaszem (*Omphalodes scorpioides*), hegyi veronika (*Veronica montana*), a tavaszi tűzike (*Leucojum verniim*), a kisvirágú pacsirtafű (*Polygala amarella*) vagy a foltos orbáncfű (*Hypericum dubium*). A meleg és szárazságg kedvelő xerotherm növényfajok is megjelennek, például a taréjos csormolya (*Melampyrum cristatum*), bugás macskamenta (*Nepeta nuda*), pázsitos nőszirm (*Iris graminea*) vagy a parlagi rózs (*Rosa gallica*). Az érintetlen mocsári élőhelyeken felbukkan a bördös borgyökér (*Oenanthe fistulosa*), mocsári kutyatej (*Euphorbia palustris*), tófonal (*Zannichellia palustris*) vagy akár a hegyeslevelű békaszőlő (*Potamogeton acutifolius*).

## 3.2. Mintaterületek jellemzése

A célkitűzéseknek megfelelően az autochton mézgás égeres és tölgy-körises állományokban, illetve a helyükre telepített nemes- és hazai nyár főfajú ültetvényekben jelöltem ki a mintaterületeket. A mintavételezést minden állománytípusban három ismétléssel

végeztük különböző erdőrészekben. Így a négy erdőtípus miatt összesen 12 mintavételezési helyet különböztetünk meg.

A mintaterületek elhelyezkedését az 1. ábra szemlélteti, rövid jellemzésüket az alábbiakban adom meg.



1. ábra: A mintaterületek elhelyezkedése a hansági vizsgálati területen (Forrás: Google Earth)

### **Mézgás égeres (MÉ) (2.a. ábra)**

**MÉ I:** Csorna 14A, kor: 81 év, fafaj: mézgás égeres, magas kőris, magyar kőris

**MÉ II:** Csorna 21A, kor: 81 év, fafaj: mézgás égeres, magas kőris, magyar kőris

**MÉ III:** Csorna 21F, kor: 81 év, fafaj: mézgás égeres, magas kőris, magyar kőris

### **Tölgyes-kőrises (TK) (2.b. ábra)**

**TK I:** Csorna 20B, becsült kor 80 év, fafajok: kocsányos tölgy, magas kőris

**TK II:** Csorna 21E, becsült kor 80 év, fafajok: kocsányos tölgy, magas kőris

**TK III:** Csorna 20C: kor: 59 év, fafajok: magas kőris, szálanként kocsányos tölgy

### **Nemes nyáras**

**NNY I:** 20E, becsült kor: 25 év, fafaj: nemes nyár

**NNY II:** 14C becsült kor: 25 év, fafaj: nemes nyár

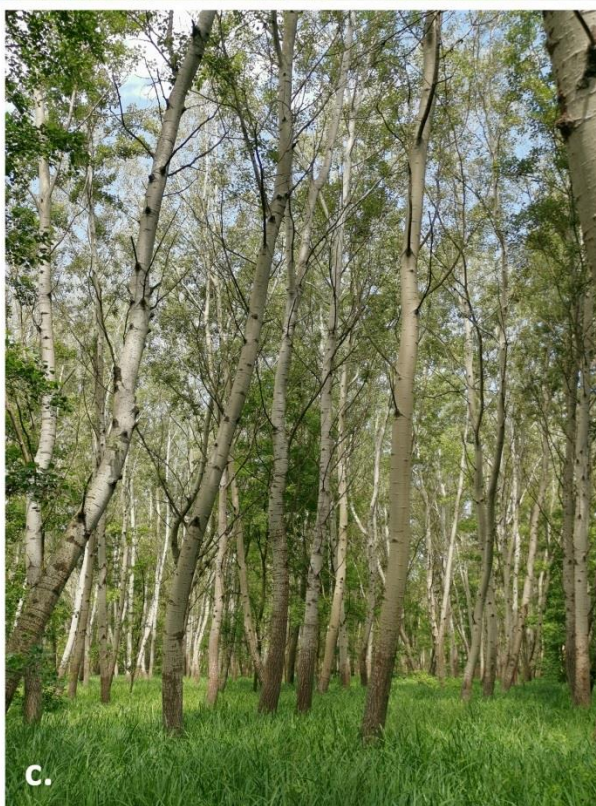
**NNY III:** 16C1 becsült kor: 25 év, fafaj: nemes nyár

### **Hazai nyáras (2.c. ábra)**

**HNY I:** 15E, becsült kor: 25 év, fafaj: szürke nyár

**HNY II:** A19A, becsült kor: 25 év, fafaj: szürke nyár

**HNY III:** 20F, becsült kor: 25 év, fafaj: szürke nyár



2. ábra: Vizsgált élőhelyek. a. mézgás égeres; b. tölgyes-kőrises; c. nyár ültetvény (Fotó: Zagya Z.)

### 3.3. Terepi mintavételezés módszere

Minden mintaterületről öt, kb. egy liter talajmintát gyűjtöttem, amelyek talajparamétereit kiértékelésre kerültek. A mintavételek helyszínén egy speciális mintavevővel, melynek űrtartalma  $100\text{ cm}^3$ , bolygatatlan talajmintát vettem, amely a talajlakó ízeltlábúak vizsgálatához szükséges (3. ábra). A mintavevő két egymásba illeszthető hengerpalástból és egy fejből áll. A felszínen lévő avart el kell távolítani mintavételezés előtt, így nem kerül felesleges anyag a talajmintába. Az eszközt függőlegesen a földbe nyomjuk óvatos mozdatással, hogy az eredeti talajszerkezet teljes mértékben megmaradjon így a lehető legpontosabb értékeket kapjuk a talajfaunára. Az eszközt óvatosan eltávolítjuk a földből, majd a benne lévő mintát egy mintatartó edénykébe helyezzük, amelyen feltüntettük a mintagyűjtés helyét, idejét és számát. A négy állománytípusban a 3-3 mintavételi területen 5-5 mintát, így összesen 60 (4x3x5) mintát vettem. A talaj nedvességtartalmát és a talajhőmérsékletet a helyszínen mértük FIELDSCOUNT TDR-350 készülékkel (4. ábra). A terepi mintavételt és méréseket 2024. májusában végeztem.



3. ábra: Hengeres talajmintavevő  
(Fotó: Zagyva Z.)



4. ábra: Talajnedvesség-mérés  
(Fotó: Winkler D.)

### 3.4. Laboratóriumi vizsgálatok

#### 3.4.1. Talajparaméterek meghatározása

A talajmintákat először légszárazra szárítás után felapróztuk, majd egy 2 mm átmérőjű szitával átszitáltuk. A talajok mechanikai összetételének vizsgálatát (MSZ-08-0205 1978) követően meghatároztuk a kálium-kloridos ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) és a desztillált vizes ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ) pH-t (MSZ 08 0206/2 1978), a széntartalmat ( $\text{C}\%$ ), meghatározásra került a humusztartalom  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  és  $\text{H}_2\text{SO}_4$  segítségével Tyurin módszerrel (MSZ 21470-52 1983), illetve Kjeldahl módszerrel a nitrogén tartalom (%). Megállapításra került még a mésztartalom ( $\text{CaCO}_3$ ) és az ammónium-laktát-oldható K és P tartalom (MSZ 20135 1999).

### 3.4.2. Mikroartropódák kinyerése

A talajlakó mezofauna kinyerése a mintákból Berlese-Tullgren elven (Tullgren 1918) működő futtatóval történt, 10 napos várakozási idővel, normál körülmények között szobahőmérsékleten. A lefutott állatokat 96%-os alkohol tartalmú fiolákban tároltam, amelyeket gondosan felcímkéztem.

### 3.4.3. A talajlakó mikroartropódák határozása

A lefuttatott mintákból BTC STM-9T sztereómikroszkóp segítségével vizsgáltam a talajlakó ízeltlábúakat. A talajbiológiai minőség index (lásd 3.5.1.) számításához először a magasabb taxonok jelenlét-hiányát vizsgáltam az adott mintákban. Ezt követően külön leválogattam az ugróvillásokat. A család- és genus-szintű elkülönítéséhez Jordana és Arbea (1989), valamint Bellinger et al. (2024) munkáit vettem alapul. A fajszintű határozást konzulensem segítségével végeztem. A fajlistát a magyarországi ugróvillás fauna check-listáját (Dányi és Traser 2008) alapul véve állítottam össze.

## 3.5. Az adatfeldolgozás és kiértékelés módszerei

### 3.5.1. A talajbiológiai minőség index számítása

A talaj biológiai minőségének értékelésére jól bevált és elterjedt módszer az ún. QBS index alkalmazása (Parisi 2001; Parisi et al. 2005; Gardi et al. 2008; Galli et al. 2014; Menta et al. 2017a). Ez az értékelési módszer a talajmintában jelen lévő mikroartropóda-csoportok osztályozásán alapul. A talajkörnyezethez való alkalmazkodásuk szintje szerint minden egyes biológiai formát 1 és 20 közötti értékkel pontozunk (ökomorfológiai érték - EMI) Parisi et al. (2005) nyomán, Menta et al. (2017a) legújabb módosításait is figyelembe véve (1. táblázat). Egyes mikroartropóda csoportok egyetlen EMI-értékkel jellemezhetők, míg mások (pl. Collembola, Coleoptera) többféle értéket is kaphatnak a fajok talajhoz való különböző alkalmazkodási szintjétől függően (Menta et al. 2017a). Abban az esetben, ha egy adott csoportban több, különböző EMI-pontszámmal rendelkező biológiai forma van jelen, a magasabb értéket választjuk a QBS index kiszámításához (Menta et al. 2011). Adott minta talajbiológiai minőség (QBS) indexe a kimutatott taxonok EMI-értékek összege (Parisi 2001; Parisi et al. 2005).

1. táblázat: A vizsgált mikroartropóda taxonok ökomorfológiai értékei (Menta et al. 2017a alapján)

| Taxon                                                       | EMI érték | Taxon                                                         | EMI érték |
|-------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| Álskorpiók (Pseudoscorpionida)                              | 20        | Sertefarkúak (Thysanura)                                      | 10        |
| Szálfarkúak (Palpigradi)                                    | 10        | Fülbemászók (Dermaptera)                                      | 1         |
| Kaszáspók (Opiliones)                                       | 10        | Egyenesszárnyúak (Orthoptera)                                 | 1         |
| Pókok (Araneae)                                             |           | ezen belül juvenil lőtűcsők                                   | 20        |
| > 5 mm                                                      | 1         | Szövőlábúak (Embioptera)                                      | 10        |
| < 5 mm, gyengébben pigmentált                               | 5         | Csótányok (Blattodea)                                         | 5         |
| Atkák (Acari)                                               | 20        | Fürgetetvek (Psocoptera)                                      | 1         |
| Ászkarakok (Isopoda)                                        | 10        | Félfedelesszárnyúak (Hemiptera)                               | 1         |
| Ikerszelvényesek (Diplopoda)                                |           | ezen belül énekeskabóca-szerű (Cicada) lárvák                 | 10        |
| > 5 mm                                                      | 10        | Rojtoszárnyúak (Thysanoptera)                                 | 1         |
| < 5 mm (Polyxenida)                                         | 20        | Bogarak (Coleoptera)                                          |           |
| Villáscsápúak (Pauropoda)                                   | 20        | <i>epigeikus</i>                                              | 1         |
| Szövőcsévések (Symphyla)                                    | 10        | a további besorolásnál négy paramétert kell figyelembe venni: |           |
| Százlábúak (Chilopoda)                                      |           | - testméret (< 2 mm)                                          |           |
| > 5 mm                                                      | 10        | - pigmentáltság (világosbarna szín)                           |           |
| < 5 mm (Geophilomorpha)                                     | 20        | - redukált vagy hiányzó szem                                  |           |
| Előrovarok (Protura)                                        | 20        | - redukált vagy hiányzó szárny                                |           |
| Diplura (Lábaspotrohúak)                                    | 20        | Ezek mindegyikénél 5-5 pont adható                            |           |
| Ugróvillások (Collembola)                                   |           | pl. < 2 mm, gyengén pigmentált, vak, számyatlan Coleoptera    | 20        |
| <i>epedafikus forma</i>                                     |           | Hártyásszárnyúak (Hymenoptera)                                | 1         |
| > 2 mm, komplex pigmentáltság, jól fejlett függelékek       | 1         | ezen belül a hangyák (Formicidae)                             | 5         |
| pigmentált, jól fejlett függelékek, fejlett szem            | 2         | Kétszárnyúak (Diptera)                                        | 1         |
| kis méret, gyengén pigmentált, átlagosan fejlett függelékek | 4         | Lárvák                                                        |           |
| <i>hemiedafikus forma</i>                                   |           | Coleoptera                                                    | 10        |
| pigmentált, kevésbé fejlett függelékek, fejlett szem        | 6         | Diptera                                                       | 10        |
| pigmentált, gyengén fejlett függelékek, rövid/hiányzó furca | 8         | Hymenoptera                                                   | 10        |
| <i>euedafikus forma</i>                                     |           | Lepidoptera                                                   | 10        |
| nem pigmentált, kis méret, furca gyengén fejlett            | 10        | Egyéb fejlett szárnyas rovarok (Holometabola)                 | 1         |
| nem pigmentált, furca hiányzik, rövid függelékek            | 20        | pl. Mecoptera, Neuroptera, Raphidioptera                      |           |

### 3.5.2. Közösségi-ökológiai karakterisztikák és statisztikai módszerek

Az egyes élőhelytípusok ugróvillás-közösségeinek értékelését, összehasonlító vizsgálatát az alábbiakban bemutatott közösségi-ökológiai paraméterek, illetve statisztikai módszerek segítségével végeztem el. A statisztikai elemzéseket a Past programcsomag 4.09 verziójának (Hammer et al. 2001) segítségével végeztem.

#### *Abundancia*

A gyűjtött ugróvillás-fajok abundancia értékét 1 m<sup>2</sup> talajra vonatkoztatva adom meg ( $A = \text{egyedszám/m}^2$ ), amelyet a talajmintavevő paraméterei alapján kalkuláltam. Élőhelytípusonként elkészítettem a közösségek rang-abundancia görbéit (Magurran 1988).

#### *Dominancia-viszonyok*

Krebs (1978) alapján számoltam az ún. közösségi dominanciaindexet (*KDI*). Ez az egyszerű mutatószám megadja, hogy a dominanciasorrendben elől szereplő első két faj dominanciaösszege hány %-a az összdominanciának.

#### *Diverzitás*

Az ugróvillás-közösségek diverzitását a legáltalánosabban alkalmazott mérőszámmal, a Shannon és Weaver (1949) által leírt formulával ( $H'$ ) számoltam:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{ahol} \quad p_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{és} \quad \sum_{i=1}^S p_i = 1$$

ahol  $S$ : fajszám  
 $p_i$ : az  $i$ -edik faj relatív gyakorisága  
 $N$ : összes egyedszáma  
 $n_i$ : az  $i$ -edik faj egyedszáma

#### *Kiegyenlítettség*

A közösségalkotó fajok mintában való eloszlásáról ad információt a kiegyenlítettség ( $J$ ), amelynek értékét Pielou (1966) alapján az alábbi képlettel számoltam:

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

ahol:  $H'$ : Shannon-Weaver diverzitás  
 $S$ : fajszám

Értéke 0 és 1 között változhat, az 1-hez közeli kiegyenlítettségi érték a fajok arányos eloszlására utal.

#### *Rényi-féle diverzitási rendezés*

A diverzitásindexek kétségtelen előnye, hogy egy számértékkel jellemzik az adott közösség, ezen keresztül az élőhely diverzitását. Viszont a legtöbb index érzékeny bizonyos paraméterekre (pl. a Shannon-index a közösségben előforduló ritka fajok számára érzékeny). Ezzel szemben a diverzitási rendezések segítségével nem egy számértékkel, hanem egy

profilal jellemezzük a közösség diverzitását, amelyhez egy  $\alpha$  skálaparaméterrel rendelkező függvénycsaládot használunk (Rényi 1961, Tóthmérész 1995). A profil alakulásához így több diverzitásérték (vagy azokkal arányos érték) is hozzájárul (pl. esetünkben  $\alpha=0$ : teljes fajszám;  $\alpha=1$ : Shannon-diverzitás;  $\alpha=2$ : Simpson-diverzitás;  $\alpha=3$ : Berger-Parker index). A profilok helyzete alapján rangsorolhatjuk a közösségeket a diverzitás alapján: a magasabban futó profil nagyobb diverzitást jelez. Amennyiben két közösség diverzitási profilja metszi egymást, a rangsorolás nem lehetséges.

### *Hasonlósági elemzés*

Az élőhelytípusok ugróvillás-közösségeinek hasonlóságát a Bray-Curtis indexen (Bray és Curtis 1957) alapuló hierarchikus klaszteranalízis segítségével vizsgáltam. Az index előnye más (pl. Jaccard, Sørensen) hasonlósági indexekkel szemben az, hogy a jelenlét-hiány mellett a fajok abundancia-adatait is figyelembe veszi.

$$C_{BC} = \frac{\sum_{i=1}^S (n_{1i}, n_{2i})}{\sum_{i=1}^S (n_{1i} + n_{2i})}$$

ahol: S: fajszám  
 $n_{1i}$ : i-edik faj egyedszáma az 1 sz. közösségben  
 $n_{2i}$ : i-edik faj egyedszáma az 2 sz. közösségben

### 3.5.3. A talajparaméterek és a Collembola-közösségek összefüggései

#### *Korrespondencia-analízis*

A vizsgált talajparaméterek, mint környezeti változók, és az egyes ugróvillás fajok további összefüggéseit kanonikus korrespondencia analízis (CCA) segítségével igyekeztem feltárni. Az ordináció során az algoritmus a változókat lépésenkénti kiválasztással válogatta ki a lefedett variancia alapján (ter Braak és Šmilauer 2002). A kevés mintában ( $N < 5$ ), valamint kis létszámban ( $n < 10$ ) előforduló fajokat kizártuk az analízisből a környezeti tényezőkkel való bizonytalan kapcsolat miatt.

## 4. Eredmények

### 4.1. Talajparaméterek

A feldolgozott minták talajfizikai és kémiai paramétereit az 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A vizsgált állományok talajparaméterei átlagos értékei

|                                          | Mézgás égeres<br>(MÉ) | Tölgyes-kőrises<br>(TK) | Nemes nyáras<br>(NNY) | Hazai nyáras<br>(HNY) |
|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
| pH (H <sub>2</sub> O)                    | 4,6 ± 0,06            | 6,5 ± 0,8               | 6,6 ± 0,07            | 6,5 ± 0,10            |
| pH (KCl)                                 | 4,2 ± 0,04            | 6,2 ± 0,06              | 6,4 ± 0,06            | 6,2 ± 0,05            |
| H%                                       | 42,3 ± 3,72           | 30,5 ± 2,94             | 11,8 ± 1,28           | 17,0 ± 1,73           |
| A%                                       | 22 ± 1,43             | 22 ± 0,92               | 14 ± 0,99             | 22 ± 0,94             |
| I%                                       | 24 ± 1,14             | 22 ± 0,73               | 40 ± 2,51             | 32 ± 1,71             |
| Fh%                                      | 54 ± 2,41             | 34 ± 1,17               | 44 ± 2,91             | 39 ± 3,97             |
| Dh%                                      | 0                     | 22 ± 1,02               | 2 ± 0,03              | 7 ± 0,09              |
| N%                                       | 2,38 ± 0,07           | 1,60 ± 0,02             | 0,62 ± 0,04           | 0,74 ± 0,06           |
| AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | 153,8 ± 12,3          | 440,7 ± 22,9            | 309,2 ± 34,29         | 781 ± 59,6            |
| AL-K <sub>2</sub> O (mg/kg)              | 616,7 ± 81,4          | 445,2 ± 61,5            | 702,1 ± 91,9          | 425,4 ± 44,2          |
| w%                                       | 41,5 ± 3,49           | 25,8 ± 3,15             | 44,4 ± 3,18           | 42,9 ± 2,31           |

A minták a pH értékek alapján a gyengén savanyútól az erősen savanyú talajkémhatási kategóriákba esnek. Feltűnő a reliktum mézgás égeresből származó talajok erősen savanyú kémhatása, míg a tölgyes-kőrises természetsszerű állomány, valamint a telepített nyárasok talaja a gyengén savanyú kategóriába esett.

A szervesanyag-tartalom meglehetősen magasnak mondható a minták összességét tekintve. Különösen magas érték adódott viszont a mézgás égeres mintákban, ami a tözegetes láptalaj sajátja.

A szemcseeloszlásra jellemző az iszap és a finomhomok frakció magasabb aránya, (kivételt képez a tölgyes-kőrises állományok talaja, ahol egyenletesebbnek adódott az eloszlás).

Az összes nitrogéntartalom a szervesanyag-tartalomhoz hasonlóan alakult, legmagasabb a mézgás égeresekben volt, ezt követte a tölgyes-kőrises állományok talaja, míg alacsonyabb nitrogéntartalommal volt jellemezhető a nyárültetvények talaja.

A nedvességtartalom – a tölgyes-kőrises állomány kivételével – magas (40% feletti) volt a mintákban.

### 4.2. A vizsgált állománytípusok talajbiológiai minősége (QBS)

A teljes vizsgálati területen előfordult mikroartropóda taxonokat és ökomorfológiai értéküket az 3. táblázat foglalja össze. Ugyanitt található a számított talajbiológiai minőség (QBS) index átlagértékei, valamint az élőhelyre kumulált értékek. Az egyes mintavételi pontok részletes eredményei a melléklet 1–4. táblázataiban találhatók.

A kimutatott taxonok (valamint lárvafarmák) száma a legmagasabb (18) a mézgás égeresben volt, ezt követte a tölgyes-kőrises 14 taxonnal, majd a nemes nyáras (13) és a hazai nyáras (12). Mind az átlag, mind a kumulált QBS index a mézgás égeresben volt a

legnagyobb. Sorrendben a tölgyes-kőrises állomány következett, végül a nyár ültetvények. Utóbbiakat tekintve az átlagos QBS érték a nemes nyárasban volt magasabb, míg a magasabb kumulált index a hazai nyárasra volt jellemző. Egyes taxonok (Pauropoda, Lepidoptera) csak a mézgás-égeresben fordultak elő, míg például az álskorpiók (Pseudoscorpionida) kizárólag a természetzerű erdőkben fordultak elő, a nyárültetvényekben nem.

3. táblázat: A vizsgált élőhelyeken előfordult taxonok, ökomorfológiai értékeik és a kalkulált talajbiológiai minőség (QBS) index.

|                         | Mézgás égeres<br>(MÉ) | Tölgyes-<br>kőrises (TK) | Nemes nyáras<br>(NNY) | Hazai nyáras<br>(HNY) |
|-------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| ACARI (20)              | 20                    | 20                       | 20                    | 20                    |
| ARANEAE (1-5)           | 5                     |                          |                       | 5                     |
| CHILOPODA (10)          | 10                    | 10                       | 10                    |                       |
| COLEOPTERA (1-20)       | 10                    | 10                       | 15                    | 15                    |
| COLEOPTERA larvae (10)  | 10                    | 10                       | 10                    | 10                    |
| COLLEMBOLA (1-20)       | 20                    | 20                       | 20                    | 20                    |
| DIPLOPODA (10-20)       | 20                    | 10                       |                       | 20                    |
| DIPLURA (20)            | 20                    | 20                       | 20                    | 20                    |
| DIPTERA larvae (10)     | 10                    | 10                       | 10                    | 10                    |
| HEMIPTERA (1-10)        |                       |                          | 10                    |                       |
| HYMENOPTERA (1-5)       | 5                     | 5                        | 5                     | 5                     |
| HYMENOPTERA larvae (10) | 10                    |                          | 10                    |                       |
| ISOPODA (10)            | 10                    | 10                       | 10                    | 10                    |
| LEPIDOPTERA larvae (10) | 10                    |                          |                       |                       |
| PAUROPODA (20)          | 20                    |                          |                       |                       |
| PSEUDOSCORPIONIDA (20)  | 20                    | 20                       |                       |                       |
| PSOCOPTERA (1)          |                       | 1                        | 1                     | 1                     |
| PROTURA (20)            | 20                    | 20                       |                       |                       |
| SYMPHYLA (10)           | 10                    | 10                       |                       | 10                    |
| THYSANOPTERA (1)        |                       |                          | 1                     |                       |
| DIPTERA (1)             | 1                     |                          |                       |                       |
| QBS index (átlag±SE)    | 88,6 ± 5,0            | 82,5 ± 4,4               | 75,5 ± 3,7            | 72,5 ± 3,5            |
| QBS index (kumulált)    | <b>231</b>            | <b>196</b>               | <b>142</b>            | <b>146</b>            |

### 4.3. Ugróvillások

#### 4.3.1. Faunisztikai eredmények

A kutatás során összesen 2025 ugróvillás egyedet határoztunk meg. Összesen 51 fajt azonosítottunk be, amelyek élőhelyenkénti átlagos abundancia-értékeit az 4. táblázat tartalmazza. A kimutatott fajok összesen 15 családot képviselnek.

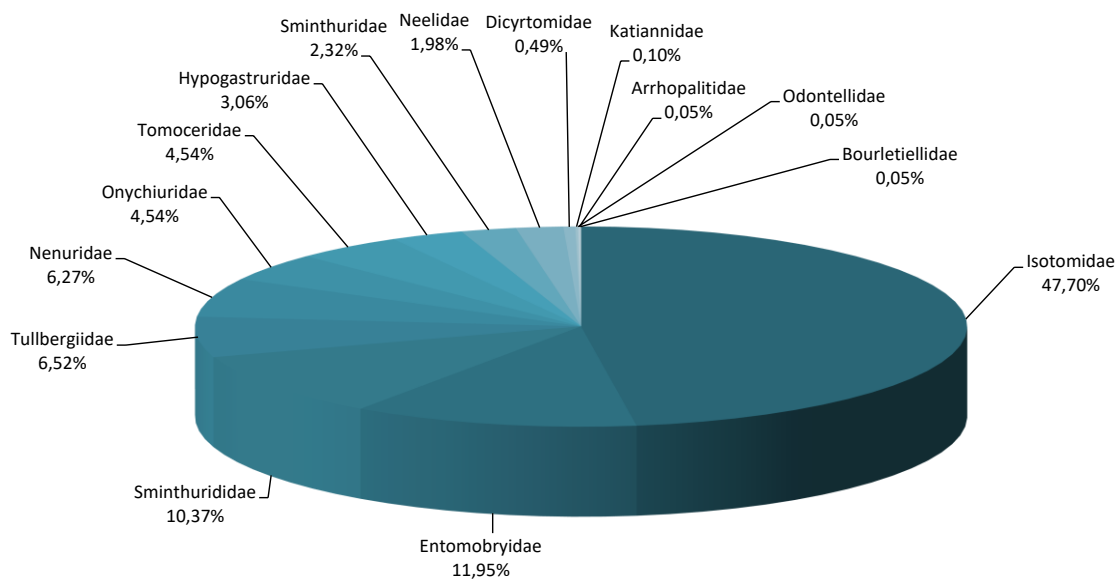
4. táblázat: Az előfordult ugróvillás-fajok és abundanciájuk (egyed/m<sup>2</sup>; átlag±SE) a vizsgált állománytípusokban.

| COLLEMBOLA                                            | Mézgás égeres<br>(MÉ) | Tölgyes-<br>kőrises (TK) | Nemes nyáras<br>(NNY) | Hazai nyáras<br>(HNY) |
|-------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Hypogastruridae</b>                                |                       |                          |                       |                       |
| <i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)     | 146,6±87,4            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)          | 26,7±26,7             | 0                        | 0                     | 0                     |
| <i>Willemia virae</i> Kaprus, 1997                    | 386,7±70,7            | 26,7±26,7                | 33,3±24,0             | 80,0±30,6             |
| <b>Nenuridae</b>                                      |                       |                          |                       |                       |
| <i>Micranurida pygmaea</i> Börner, 1901               | 40,0±40,0             | 20,0±20,0                | 0                     | 0                     |
| <i>Deutonura conjuncta</i> (Stach, 1926)              | 413,4±106,7           | 100,0±41,6               | 66,7±17,6             | 80,0±34,6             |
| <i>Friesea truncata</i> Cassagnau, 1958               | 133,3±81,2            | 33,3±17,2                | 0                     | 0                     |
| <i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)             | 186,7±148,4           | 193,3±55,7               | 0                     | 0                     |
| <i>Xenyllodes armatus</i> Axelson, 1903               | 173,4±96,2            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <b>Tullbergiidae</b>                                  |                       |                          |                       |                       |
| <i>Mesaphorura critica</i> Ellis, 1976                | 80,0±80,0             | 253,3±72,2               | 133,3±43,7            | 240,0±72,1            |
| <i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976            | 106,7±58,2            | 206,7±63,6               | 46,7±29,1             | 40,0±23,1             |
| <i>Paratullbergia macdougalli</i> Bagnall, 1936       | 40,0±40,0             | 0                        | 0                     | 0                     |
| <b>Odontellidae</b>                                   |                       |                          |                       |                       |
| <i>Superodontella lamellifera</i> (Axelson, 1903)     | 0                     | 13,3±13,3                | 0                     | 0                     |
| <b>Onychiuridae</b>                                   |                       |                          |                       |                       |
| <i>Micraptorura absoloni</i> (Börner, 1901)           | 120,0±40,0            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)           | 253,4±196,4           | 240,0±46,7               | 66,7±35,3             | 146,7±63,6            |
| <i>Protaphorura bicampata</i> (Gisin, 1956)           | 80,0±23,0             | 0                        | 13,3±13,3             | 0                     |
| <b>Isotomidae</b>                                     |                       |                          |                       |                       |
| <i>Cryptopygus bipunctatus</i> (Axelson, 1903)        | 0                     | 46,7±46,7                | 13,3±13,3             | 20,0±20,0             |
| <i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)             | 880,0±151,4           | 700,0±160,1              | 226,7±69,6            | 233,3±160,1           |
| <i>Isotoma riparia</i> (Nicolet, 1842)                | 106,7±70,6            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839                  | 106,7±58,2            | 20,0±20,0                | 73,3±40,6             | 80,0±80,0             |
| <i>Folsomia penicula</i> Bagnall, 1939                | 200,0±61,2            | 246,7±121,7              | 0                     | 0                     |
| <i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1871)        | 0                     | 93,3±51,9                | 720,0±111,4           | 626,7±148,9           |
| <i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)          | 1013,4±224,4          | 946,7±149,4              | 1060,0±103,9          | 666,7±150,7           |
| <i>Proisotoma minima</i> (Absolon, 1901)              | 0                     | 140,0±72,2               | 0                     | 0                     |
| <b>Entomobryidae</b>                                  |                       |                          |                       |                       |
| <i>Entomobrya corticalis</i> (Nicolet, 1842)          | 333,4±70,7            | 253,3±127,7              | 0                     | 0                     |
| <i>Entomobrya multifasciata</i> (Tullberg, 1871)      | 0                     | 53,3±26,4                | 20,0±20,0             | 26,7±26,7             |
| <i>Entomobrya muscorum</i> (Nicolet, 1842)            | 186,7±35,2            | 80,0±26,4                | 20,0±11,5             | 20,0±20,0             |
| <i>Entomobrya quinquelineata</i> Börner, 1901         | 0                     | 0                        |                       | 13,3±13,1             |
| <i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)          | 93,4±35,2             | 146,7±62,4               | 26,7±13,3             | 20,0±20,0             |
| <i>Heteromurus major</i> (Moniez, 1889)               | 0                     | 6,7±6,7                  | 0                     | 0                     |
| <i>Lepidocyrtus arrabonicus</i> Traser, 2000          | 0                     | 0                        | 6,7±6,7               | 13,3±13,3             |
| <i>Lepidocyrtus florae</i> Winkler & Mateos, 2018     | 120,0±69,2            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)        | 0                     | 80,0±80,0                | 0                     | 0                     |
| <i>Lepidocyrtus lignorum</i> (Fabricius, 1793)        | 0                     | 13,3±13,3                | 0                     | 0                     |
| <i>Lepidocyrtus peisonis</i> Traser & Christian, 1992 | 160,0±83,2            | 0                        | 73,3±40,6             | 93,3±43,7             |

4. táblázat (folytatás)

| COLLEMBOLA                                          | Mézgás égeres<br>(MÉ) | Tölgyes-<br>kőrises (TK) | Nemes nyáras<br>(NNY) | Hazai nyáras<br>(HNY) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Orchesella flavescens</i> (Bourlet, 1839)        | 186,7±70,7            | 180,0±62,4               | 0                     | 0                     |
| <i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)           | 0                     | 166,7±26,4               | 13,3±13,3             | 0                     |
| <i>Willowsia buski</i> (Lubbock, 1871)              | 26,7±26,7             | 40,0±26,4                | 13,3±13,3             | 6,7±6,7               |
| <i>Willowsia nigromaculata</i> (Lubbock, 1873)      | 13,3±13,3             | 6,7±6,7                  | 0                     | 0                     |
| <b>Tomoceridae</b>                                  |                       |                          |                       |                       |
| <i>Tomocerus minor</i> (Lubbock, 1862)              | 173,4±48,0            | 360,0±180,9              | 0                     | 13,3                  |
| <i>Tomocerus vulgaris</i> (Tullberg, 1871)          | 0                     | 13,3±13,3                | 0                     | 0                     |
| <i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871) | 240,0±100,6           | 100,0±55,7               | 33,3±17,6             | 46,7±37,1             |
| <b>Sminthurididae</b>                               |                       |                          |                       |                       |
| <i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)        | 853,4±93,4            | 820,0±174,3              | 213,3±54,6            | 213,3±35,3            |
| <b>Arrhopalitidae</b>                               |                       |                          |                       |                       |
| <i>Arrhopalites ulehlovae</i> Rusek, 1970           | 13,3±13,3             | 0                        | 0                     | 0                     |
| <b>Katiannidae</b>                                  |                       |                          |                       |                       |
| <i>Sminthurinus bimaculatus</i> Axelson, 1902       | 0                     | 0                        | 13,3±13,3             | 0                     |
| <b>Dicyrtomidae</b>                                 |                       |                          |                       |                       |
| <i>Ptenothrix atra</i> (Linnaeus, 1758)             | 133,3±96,2            | 0                        | 0                     | 0                     |
| <b>Bourletiellidae</b>                              |                       |                          |                       |                       |
| <i>Heterosminthurus bilineatus</i> (Bourlet, 1842)  | 13,3±13,3             | 0                        | 0                     | 0                     |
| <b>Sminthuridae</b>                                 |                       |                          |                       |                       |
| <i>Allacma fusca</i> (Linnaeus, 1758)               | 13,3±13,3             | 40,0±13,3                | 0                     | 0                     |
| <i>Caprainea marginata</i> (Schött, 1893)           | 0                     | 6,7±6,7                  | 0                     | 0                     |
| <i>Lipothrix italica</i> (Cassagnau, 1968)          | 280,0±92,4            | 40,0±40,0                | 60,0±41,6             | 46,7±29,1             |
| <b>Neelidae</b>                                     |                       |                          |                       |                       |
| <i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900            | 106,7±35,2            | 113,3±55,7               | 46,7±24,0             | 86,7±52,1             |
| <i>Neelides minutus</i> (Folsom, 1901)              | 13,3±13,3             | 0                        | 0                     | 0                     |

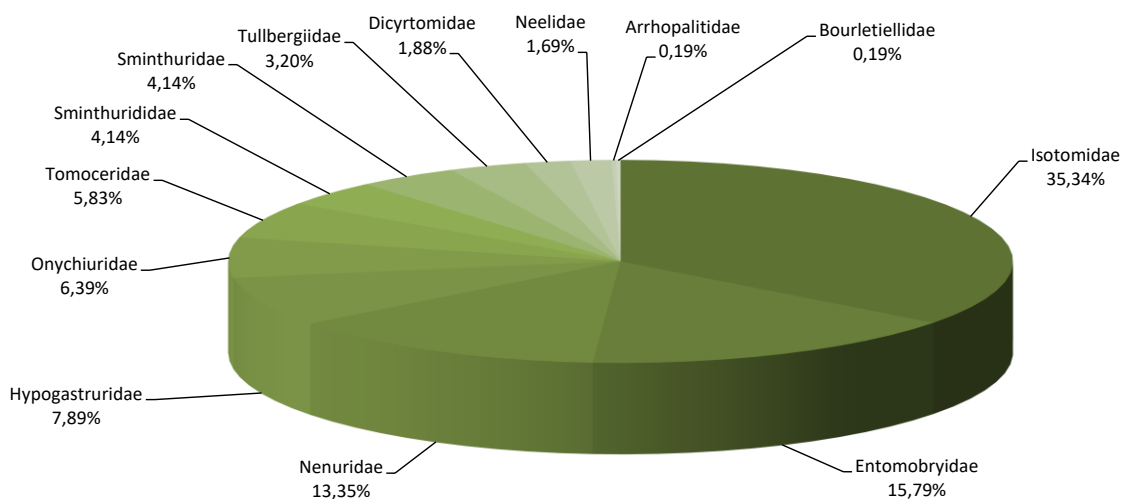
A gyűjtött és meghatározott ugróvillások családok szerinti megoszlását az egyedszám alapján az 5. ábra szemlélteti. Legnagyobb egyedszámmal az elsősorban hemiedafikus fajokat tömörítő Isotomidae család képviselt (összesen 8 fajuk került elő), a gyűjtött állatok közel fele (47,70%) ebbe a családba tartozik. Majdnem kétszeres fajszámmal (15), azonban kisebb egyedszám szerinti részarány (11,95%) voltak jelen a főként epigeikus fajokat magába foglaló Entomobryidae család képviselői. Közel azonos egyedszám szerinti részarány (10,37%) találtuk a Sminthurididae család egyetlen fajtát (*Sphaeridia pumilis*). A talaj mélyebb rétegeiben élő, euedafikus fajokat magába foglaló Tullbergiidae és Onychiuridae családok, a jórészt avarlakó fajokban gazdag Neanuridae család, valamint a jellegzetes talajfelszíni ugróvillásokat tömörítő Tomoceridae család közel hasonló, 5% körüli részarány (5%) voltak képviselvek. Alacsonyabb egyedszámmal, de több esetben érdekes fajokkal további családok is reprezentáltak voltak a mintákban (a Hypogastruridae és az Odontellidae család fajai, valamint a Katiannidae, Sminthuridae, Arrhopalitidae, Bourletiellidae és a Neelidae gömböc ugróvillásai).



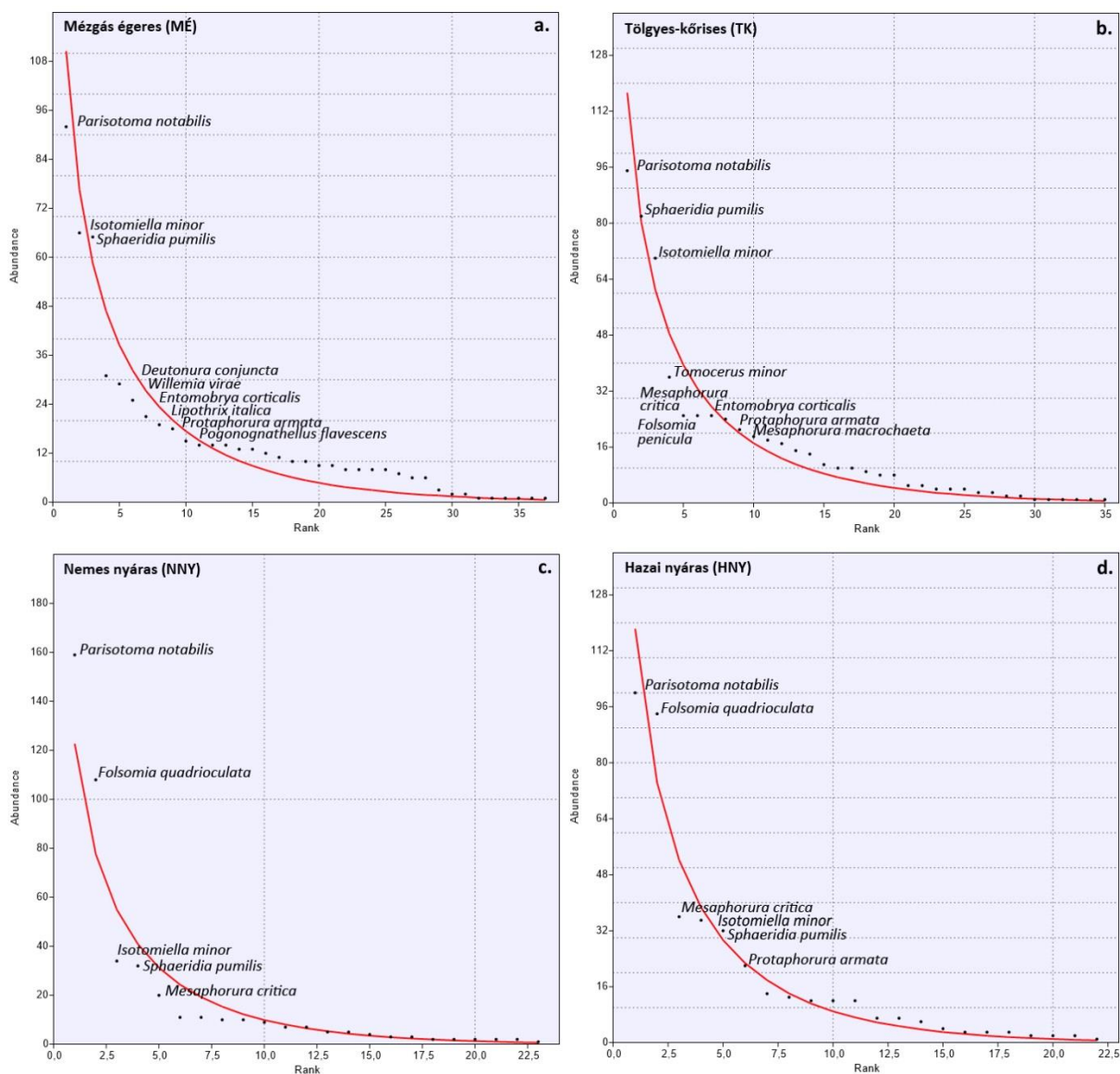
5. ábra: A teljes vizsgálati területen gyűjtött Collembola egyedek családok szerinti megoszlása az egyedszám alapján

### *Mézgás égeres (MÉ)*

A Csíkos éger reliktum állományából gyűjtött és meghatározott minták magas fajgazdagságot mutatnak. Összesen 37 fajt sikerült kimutatnunk, amelyek 13 családot képviselnek. A családok egyedszám szerinti megoszlását a 6. ábra, az abundanciastruktúrát pedig a 7.a. ábra szemlélteti.



6. ábra: A mézgás égeresekben (MÉ) gyűjtött Collembola egyedek családok szerinti megoszlása az egyedszám alapján



7. ábra: A vizsgált élőhelyek Collembola közösségeinek rang-abundancia görbéi

Az ugróvillások 35%-a az Isotomidae család fajai közül került ki. Ezek közül eudominánsnak tekinthetjük a *Parisotoma notabilis* fajt (8. ábra). Szintén ebbe a családba tartozik az égeresek szubdomináns faja, az *Isotomiella minor* (9. ábra).

Az Entomobryidae családból (15,79%) összesen nyolc faj került elő a mézgás égeresből. Ezek közül érdemes megemlíteni a néhány éve innen leírt *Lepidocyrtus florum* fajt (10. ábra), valamint a Fertő nádasából leírt *L. peisonis* (11. ábra). A tipikusan üde élőhelyekhez kötődő *Entomobrya muscorum* (12. ábra) ebből az élőhelytípusból került elő a legnagyobb egyedszámmal.

További szubdomináns faj a Sminthuridae család egyetlen kimutatott képviselője, a parányi termetű *Sphaeridia pumilis* (13. ábra).

Az akcesszórius fajok között találunk néhány érdekességet is, mint például a hazánkon kívül csak Olaszországból ismert *Lipothrix italica* fajt, valamint a tipikusan higrofil *Isotoma palustris*-t.



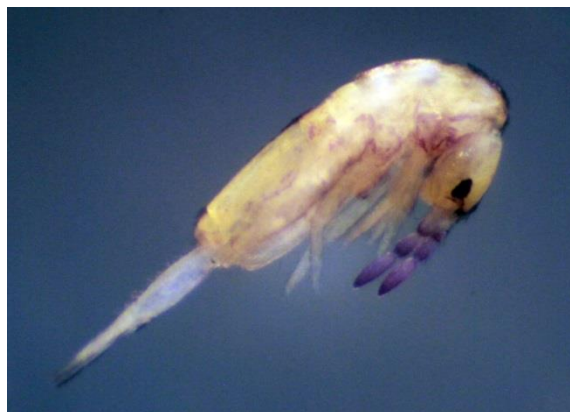
8. ábra: *Parisotoma notabilis* (Fotó: Zagyva Z.)



9. ábra: *Isotomiella minor* (Fotó: Winkler D.)



10. ábra: *Lepidocyrtus florum* (Fotó: Zagyva Z.)



11. ábra: *Lepidocyrtus peisonis* (Fotó: Zagyva Z.)



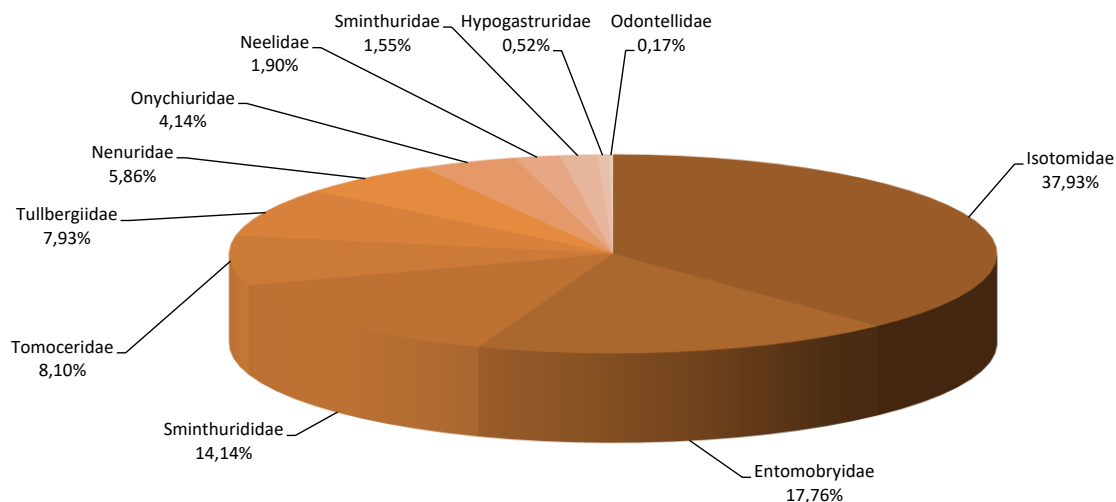
12. ábra: *Entomobrya muscorum* (Fotó: Zagyva Z.)



13. ábra: *Sphaeridia pumilis* (Fotó: Zagyva Z.)

### *Tölgyes-kőrises (TK)*

A tölgyes-kőrisesben 11 család 35 faja került elő. Az égereshez hasonlóan itt is az Isotomidae (37,93%), majd az Entomobryidae család (17,76%) aránya volt a legnagyobb, de számottevő részaránnyal (14,14%) volt képviselt a Sminthurididae család is (14. ábra).



14. ábra: A tölgyes-kőrisesben (TK) gyűjtött Collembola egyedek családok szerinti megoszlása az egyedszám alapján

A domináns fajok ebben az élőhelytípusban is a *Parisotoma notabilis*, *Sphaeridia pumilis* és az *Isotomiella minor* voltak (7.b. ábra). Az akcesszórius fajok közül gyakori volt az *Entomobrya corticalis* (15. ábra) és a *Tomocerus minor* (16. ábra). Ritka fajoknak bizonyultak a csak ebben az erdőtípusban előfordult *Superodontella lamellifera* (17. ábra) és *Caprainea marginata* (18. ábra).



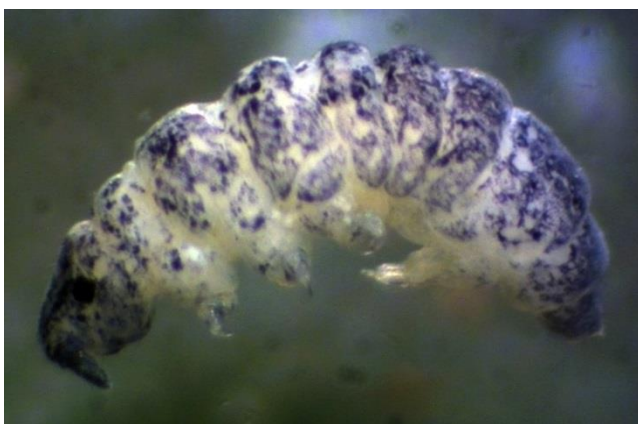
15. ábra: *Entomobrya corticalis* (Fotó: Zagyva Z.)



16. ábra: *Tomocerus minor* (Fotó: Zagyva Z.)



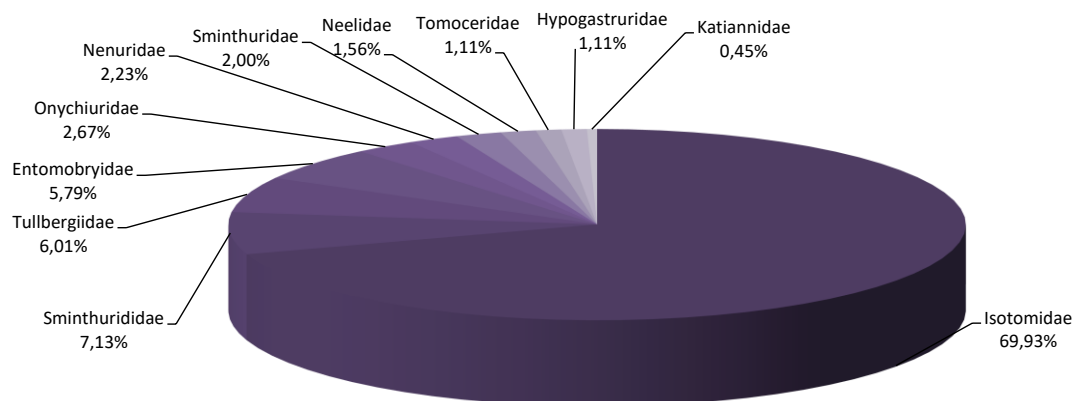
17. ábra: *Caprainea marginata* (Fotó: Winkler D.)



18. ábra: *Superodontella lamellifera* (Fotó: Zagyva Z.)

### Nemes nyáras (NNY)

A nemes nyáras ültetvényekben 11 család összesen 23 fajt sikerült kimutatni. A legnagyobb részaránnyal itt is az Isotomidae családot találtuk, az ugróvillás egyedek közel háromnegyede tartozik ide ezen az élőhelyen (19. ábra). Az Entomobryidae a nemes nyárasban kissé háttérbe szorult, részaránya az elsősorban a mélyebb rétegekben élő, euedafikus fajokat magába foglaló Tullbergiidae családhoz, valamint az egyetlen fajjal (*Sphaeridia pumilis*) képviselt Sminthurididae családhoz hasonlóan 5% körül alakul.

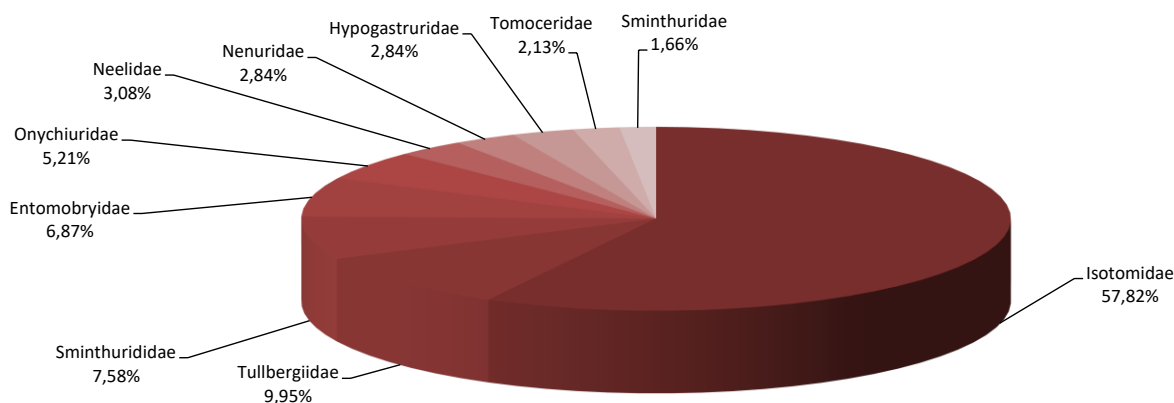


19. ábra: A nemes nyáras ültetvényekben (NNY) gyűjtött Collembola egyedek családok szerinti megoszlása az egyedszám alapján

A domináns faj itt is a *Parisotoma notabilis* volt, valamint megjelent egy másik pionír jellegű faj, a *Folsomia quadrioculata* is (7.c. ábra). A *Sphaeridia pumilis* és az *Isotomiella minor* itt már csak mint kísérő fajok vannak jelen, utóbbiakhoz társul az euedafikus *Mesapohorura critica* is.

### Hazai nyáras (HNY)

A hazai nyáras ültetvényekben 10 család összesen 22 fajt sikerült kimutatni (20. ábra). Az Isotomidae család fajtái itt is nagy részaránnyal képviselték magukat, az egyedek több mint fele ebbe a családba tartozik. Sorrendben a második a Tullbergiidae család, amelynek magasabb részaránya az euedafikus *Mesapohorura* fajok (*M. critica*, *M. macrochaeta*) nagyobb abundanciájának köszönhető.



20. ábra: A hazai nyáras ültetvényekben (NNY) gyűjtött Collembola egyedek családok szerinti megoszlása az egyedszám alapján

A két domináns faj a nemesnyár ültetvényekhez hasonlóan a *Parisotoma notabilis* és a *Folsomia quadrioculata* volt (7.d. ábra), a kísérő fajok között megtalálható a *Mesaphorura critica*, az *Isotomiella minor*, a *Sphaeridia pumilis* és a *Protaphorura armata* is.

#### 4.3.2. Közösség-ökológiai eredmények

A vizsgált természetszerű (mézgás égeres, tölgyes-kőrises), valamint ültetvényszerű (nemes nyár, hazai nyár állományok ugróvillás-közösségeinek fontosabb karakterisztikáit az 5. táblázat tartalmazza.

Az átlagos és az élőhelyet jellemző kumulatív fajszámot (S) tekintve egyaránt a reliktum mézgás égeres állomány bizonyult a legfajgazdagabbnak. Ha a teljes vizsgálati területen kimutatott ugróvillás-fajok számát (51) 100%-nak tekintjük, akkor a mézgás égeres állományokban a fajok 72,5%-a (37 faj) fordult elő. Magasnak tekinthető a tölgyes-kőrises állományok fajszáma (35 faj), ami a teljes területen kimutatott fajkészlet közel 70%-a. Fajokban jóval szegényebbnek bizonyultak az ültetvényszerű nyár állományok. A nemes nyárasokban 23, a hazai nyárasokban 22 faj került elő (a teljes fajkészlet 43–45%-a).

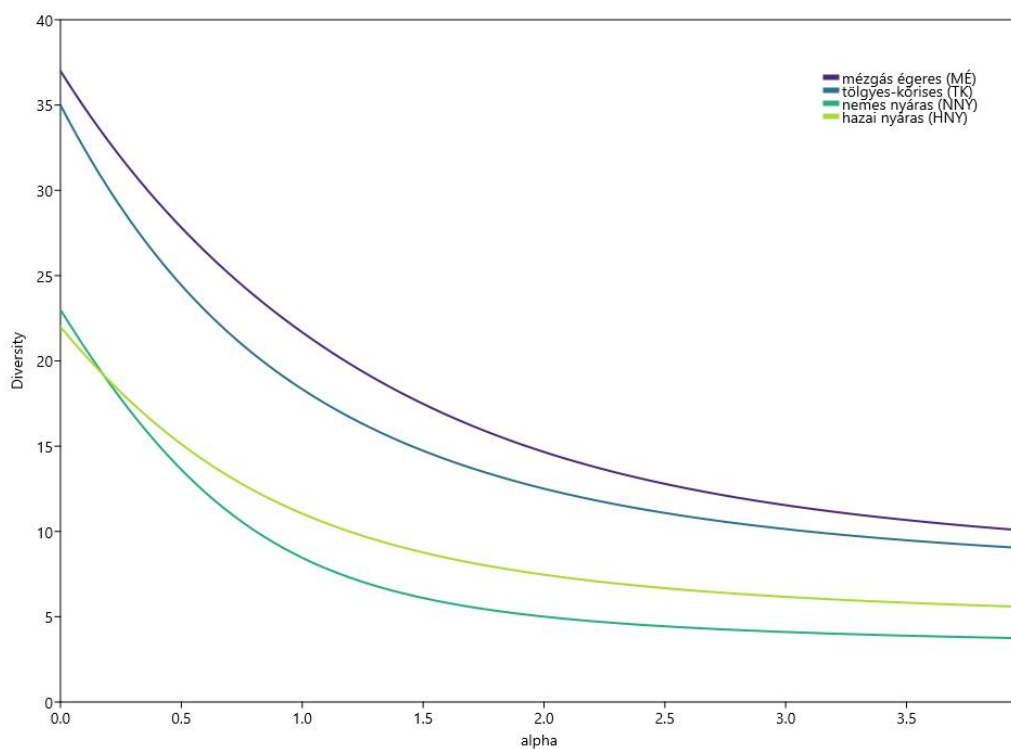
5. táblázat: A vizsgált élőhelyek Collembola közösségeinek fontosabb karakterisztikái (átlag $\pm$ SE). \*kumulatív fajszám

|                                  | Mézgás égeres<br>(MÉ)    | Tölgyes-<br>kőrises (TK) | Nemes nyáras<br>(NNY)   | Hazai nyáras<br>(HNY)    |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Fajszám (S)                      | 83,0 $\pm$ 1,20<br>(*37) | 25,0 $\pm$ 2,7<br>(*35)  | 15,0 $\pm$ 0,6<br>(*23) | 14,3 $\pm$ 1,46<br>(*22) |
| Abundancia (A)                   | 7653 $\pm$ 1257          | 5800 $\pm$ 923           | 2993 $\pm$ 585          | 2813 $\pm$ 535           |
| Shannon diverzitás (H')          | 2,897 $\pm$ 0,049        | 2,742 $\pm$ 0,040        | 2,005 $\pm$ 0,083       | 2,135 $\pm$ 0,234        |
| Egyenletesség (J)                | 0,873 $\pm$ 0,015        | 0,856 $\pm$ 0,025        | 0,741 $\pm$ 0,021       | 0,803 $\pm$ 0,054        |
| Közösségi dominancia-index (KDI) | 27,53 $\pm$ 1,92         | 30,52 $\pm$ 3,14         | 59,47 $\pm$ 4,48        | 45,97 $\pm$ 5,81         |

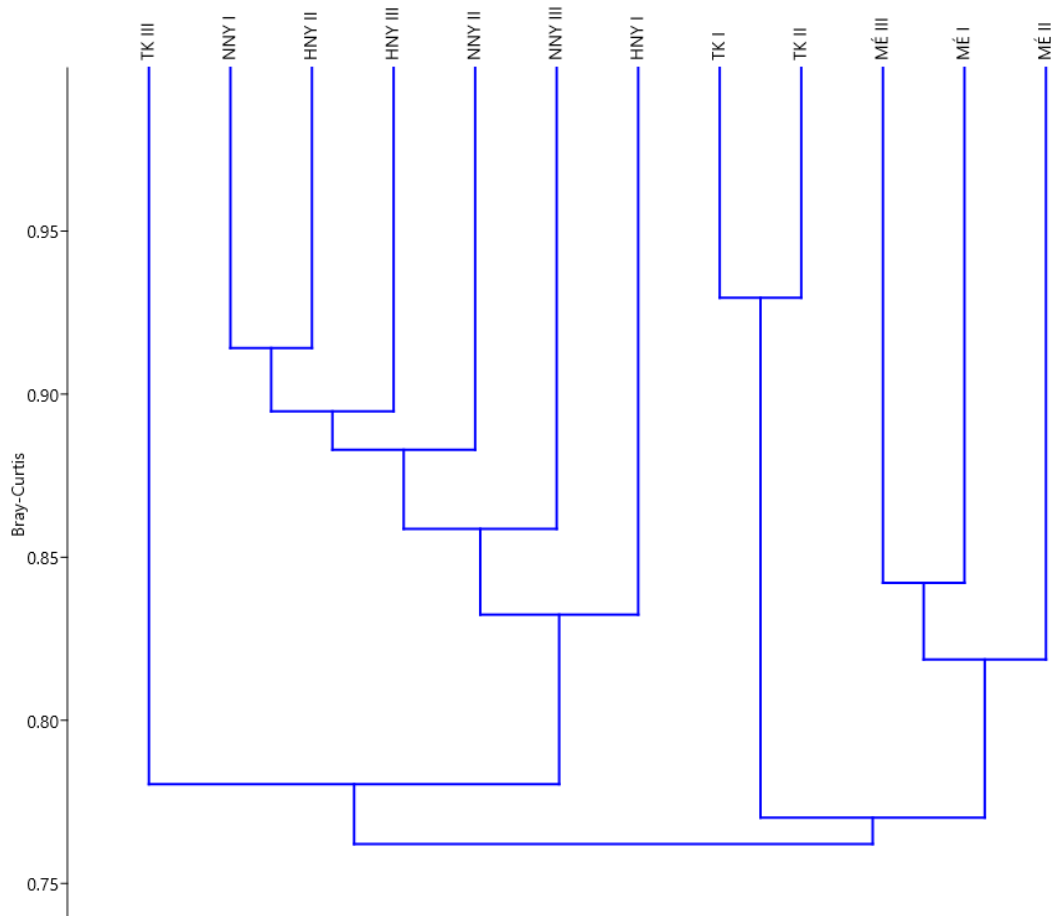
Az abundancia vonatkozásában hasonló arányok figyelhetők meg. A legnagyobb átlagos abundancia (A) szintén a mézgás égeresek talajára volt jellemző. A nyár ültetvényekkel összehasonlítva 2,5-szeres volt az 1 m<sup>2</sup>-re vonatkoztatott egyedsűrűség a mézgás égeresekben.

A Shannon-diverzitás (H') legnagyobb átlagos értéke a fajszámhoz hasonlóan a mézgás égeresben adódott a legmagasabbnak, ezt követte sorrendben a tölgyes kőrises, a hazai nyáras, és végül a nemes nyáras diverzitása. Részben ezt igazolják a Rényi-féle diverzitás profilok (21. ábra) is, amelyek a Shannon-diverzitáson kívül a fajszámot, a Simpson-diverzitást, valamint a Berger-Parker indexet is figyelembe veszik. Az ugróvillás-közösségek Rényi-féle diverzitási profiljait elemezve megmutatkozik, hogy a mézgás égereshez kötődik a legdiverzebb közösség, ennek az élőhelynek a profilja fut a legmagasabban. Ezt követi a rangsorban a tölgyes-kőrises erdő, végül a nemes nyár és hazai nyár ültetvények. Utóbbi kettő esetében azonban a diverzitási profilok metszik egymást, így ezek a közösségek diverzitás szempontjából nem rangsorolhatók.

A Bray-Curtis hasonlósági indexen alapuló hierarchikus klaszteranalízis eredményét a 22. ábra szemlélteti. A dendrogramon két nagy csoport különül el. Az első ilyen csoporton belül találjuk a reliktum mézgás égeres mindhárom mintaterületét, valamint a természetszerű tölgyes-kőrises két mintaterületét. A második nagy csoporton belül találjuk elkülönülve a tölgyes kőrises harmadik mintaterületét. Ezt a kivételt leszámítva, a második alcsoportba sorolódva találjuk az ültetvényszerű állományokat. A nemes nyár és a hazai (szürke) nyár mintaterületek nem mutatnak egymástól való elkülönülést.



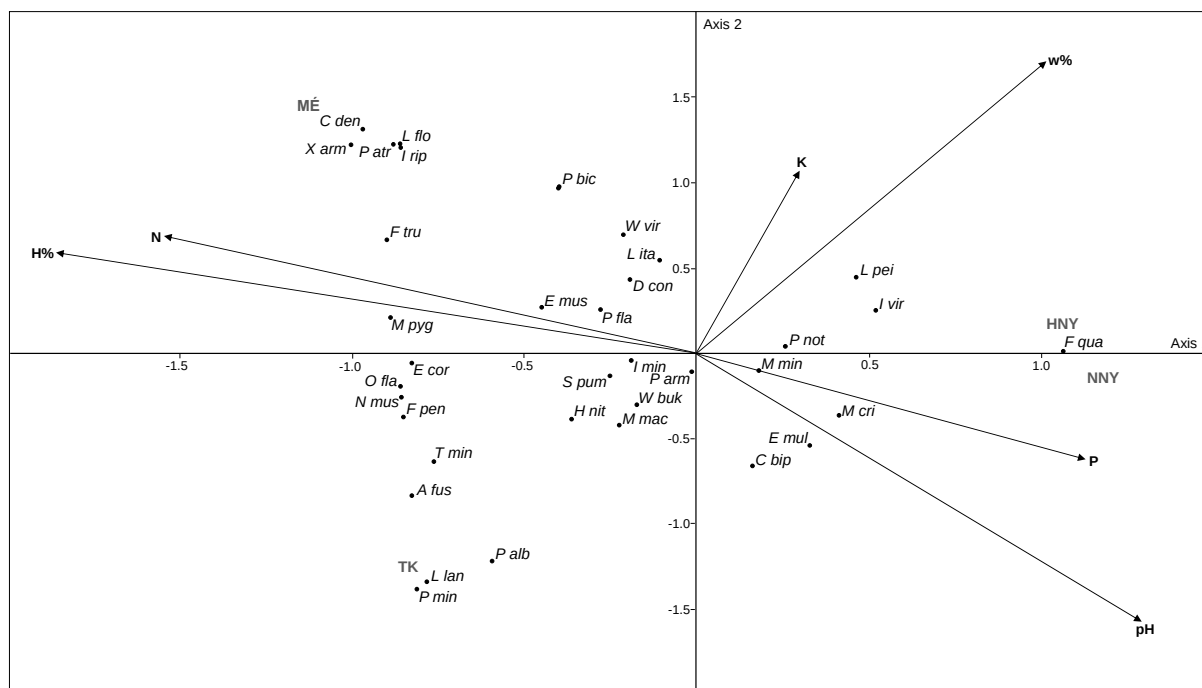
21. ábra: A vizsgált élőhelyek ugróvillás-közösségeinek Rényi-féle diverzitási profiljai



22. ábra: A vizsgált élőhelyek Collembola-közösségeinek klaszter-analízise a Bray-Curtis-féle fajazonossági index alapján (single-linkage módszer)

### 4.3.3. A talajfauna és a talajkörnyezeti paraméterek összefüggései

A mért talajkörnyezeti paraméterek és a közösséget alkotó ugróvillás-fajok abundancia-értékei lehetővé tették komplex összefüggések feltárását is. Az ordinációs módszerként alkalmazott kanonikus korrespondencia analízis (CCA) eredményét a 23. ábra szemlélteti.



23. ábra: A Collembola fajok, mintaterületek és a háttérváltozók elhelyezkedése a CCA ordináció első két tengelye mentén (a fajokat tudományos nevük 1+3 betűs kódjával tüntettem fel).

A Monte Carlo permutációs teszt igazolta az első két tengely szignifikanciáját  $p < 0,05$  szinten. A két tengely együttesen 90,26% magyarázza a varianciának: 59,84%-ot az első, további 30,42%-ot pedig a második tengellyel sikerült lefedni. Az első tengelyt leginkább a talaj szervesanyag-tartalma (H%), a N és a P tartalom határozza meg, de nem elhanyagolható a pH és a nedvességtartalom (w%) hatása sem. Utóbbi két paraméter mellett, a második tengelyt a legerősebben a K tartalom határozza meg.

A szervesanyag-tartalom, valamint a vele azonos irányba futó N tartalom (jó közelítéssel az 1. tengely) mentén jól megfigyelhető az élőhelyek elkülönülése. A magas szervesanyag-tartalommal jellemezhető mézgás égeres az első tengely negatív oldalán található, a második tengelynek pedig a pozitív oldalán, ahol alacsonyabb pH és magasabb víztartalom jellemző. Itt találhatók a kimondottan a mézgás égeresre jellemző karakterfajok, mint pl. a *Ceratophysella denticulata*, *Xenyllodes armatus*, *Isotoma riparia*, *Lepidocyrtus florum* és a *Ptenotrix atra*. A tölgyes-kőrises élőhely mind az első, mind a második tengelyt tekintve a negatív oldalon található, tehát még számottevő humusztartalommal, viszont alacsonyabb nedvességtartalommal jellemezhető. Ide orientálódnak emiatt a kissé xerofíli fajok is, mint a *Pseudosinella alba*, *Proisotoma minuta*, *Lepidocyrtus lanuginosus* és a *Ptenotrix atra*. A pH tengely mentén negatív irányba eltolódva érdemes megemlíteni a kimondottan acidofil *Micranurida pygmaea* elhelyezkedését. A kissé nyíltabb, de nedves élőhelyekre jellemző fajok, mint az *Isotoma viridis* és a *Lepidocyrtus peisonis* mindkét tengely szempontjából a pozitív irányban helyeződnek, a kissé nyitott nyár ültetvényekben voltak jellemzőek. A vizsgálat leggyakoribb, minden élőhelyen domináns, euriók fajai, mint pl. a *Protaphorura armata*, *Isotomiella minor*, *Parisotoma notabilis* és a *Sphaeridia pumilis* centrális helyzetűek.

## 5. Diszkusszió

Napjainkban egyre több szó esik arról, hogy természetes élőhelyeink dergradációja, feldarabolódása vagy éppen eltűnése oly mértékben csökkenti a biodiverzitást, ami a ~65 millió évvel ezelőtti kréta-tercier kori tömeges kihalásokkal mérhető össze (Lájer 1994). A megfogalmazott kritikák sokszor az erdőgazdálkodásnál csapódnak le, mivel a tájhasználat, s ezen belül az erdőgazdálkodás, nagy mértékben átformálta a tájakat, élőhelyeket, erdeinket (Traser és Horváth-Szováti 2004, Takács 2011). Ezek közé a jelentős átalakítások közé tartozik a természetes erdeink átalakítása, vagy azok helyén sokszor tájidegen, nem őshonos fafajok ültetvényszerű telepítése. Amellett, hogy az említett markáns folyamatoknak komoly természetvédelmi következményei is vannak, talajbiológiai vonatkozásban érdekes kutatási és értékelési lehetőséget kínálnak.

Általánosan elfogadott, hogy az idegenhonos fafajú, elegyetlen monokultúrák talajfaunája alapvetően szegényebb, mint az őshonos fafajok alkotta állományoké (Lindenmayer et al. 2003, Wang et al. 2022). A hansági kutatásomban is ezt a kérdéskört igyekeztem jobban feltárni, kétféle megközelítésből. Az egyik ilyen megközelítés a talajbiológiai minőség vizsgálata, amelyre az olasz Parisi (2001) dolgozott ki módszert, amelynek alapja a különböző, a talajban való léthez eltérő fokon adaptálódott mikroartopóda taxonok jelenléte vagy hiánya. A taxonokhoz rendelt értékek alapján kalkulálhatjuk a talajbiológiai minőség-indexet. Bár mára a módszer széles körben elterjedté vált (Menta et al. 2018), ezidáig főként a mezőgazdasági művelés értékelésére (pl. Mazzoncini et al. 2010, Menta et al. 2017a, Tóth et al. 2025), valamint különböző szennyezések (pl. Migliorini et al. 2004, Visioli et al. 2013, Santorufó et al. 2012, Winkler et al. 2018) hatásának kimutatására alkalmazták, és meglehetősen kevés az erdei talajokról szóló ilyen jellegű tanulmány (Blasi et al. 2013, Rybak 2010).

A talajbiológiai minőség értéke a hansági mintákban széles intervallumban változott. A legmagasabb QBS-index érték (231) a reliktum jellegű mézgás égeresre volt jellemző, ezt követte a természetszerű tölgyes-körises QBS-értéke (196), míg közel azonos, alacsony értéket számítottunk a nemes nyáras és a hazai nyáras ültetvények talajmintáiból kinyert mikroartopódák alapján (142 illetve 146). Utóbbiak értékei alapján kijelenthető, hogy az alkalmazott nyár fafaja (idegenhonos illetve őshonos) nem volt hatással a talajbiológiai minőségre, kétség kívül itt a gazdálkodási mód (ültetvényszerű, monokultúrás telepített állományok) volt inkább meghatározó és eredményezte az alacsonyabb talajbiológiai minőség index értékeket. Ugyanakkor a telepített nyárasok talajbiológiai minőségértékei sem mondhatók extrém alacsonynak. Mint arra egyes tanulmányok (Parisi et al. 2005; Wahsha et al. 2014) rávilágítottak, a talajbiológiai minőség 100–200 közötti értéke már stabil talajökoszisztémára utal. Mindazonáltal érdemes azt is jobban megvizsgálni, hogy melyek azok a mikroartopóda taxonok, amelyek hiányoztak az ültetvények talajából. Ezek közé tartoznak az álskorpiók (Pseudoscorpionida), amelyek jelenlétét kizárólag a természetes, illetve természetszerű állományokból (mézgás égeres, tölgyes-körises) mutattuk ki. A villáscsápúak (Pauropoda) kizárólag a mézgás égeres talajából kerültek elő. Ezeknek az élőlényeknek az abundanciája általában nagyon alacsony, gyakran kevesebb, mint 100 egyed/m<sup>2</sup> (Coleman et al. 1996; Jeffery et al. 2010). Ennek eredményeképpen gyakran képviselik a háborítatlan talajokat, és a talajminőség bioindikátoraiként működnek (Menta és Remelli 2020).

A talajlakó taxonok közül az ugróvillásokat faj szinten is meghatároztuk, ami kevésbé elnagyolt, pontosabb értékelést és összehasonlítást tesz lehetővé. A vizsgálatok során összesen ugróvillás 51 faj került elő, ez a hazánkban kimutatott fajok (Dányi és Traser 2008) több, mint 12%-a. Ha a Fertő-tájból kimutatott fajok listájával (Traser 2002, Traser és Winkler 2012) tesszük meg az összevetést, még jobb az arány, mivel az eddig kimutatott

fajoknak több mint felét sikerült megtalálni. Faunisztikai érdekesség a *Lepidocyrtus florum*, amely fajt néhány évvel ezelőtt írtak le a Csíkos-égerből (Mateos és Winkler 2018). Míg az eredeti leírásban azt olvashatjuk, hogy a faj az égerfák mohabevonatában él, most a talajmintákból került elő néhány egyede. Egy másik *Lepidocyrtus* fajt, a Fertő nádasából leírt *L. peisonis*-t szintén megtaláltuk, az égeresen kívül a telepített nyárasok talajában is.

Lindenmayer et al. (2003) megállapítása, miszerint adott területen az őshonos, természetes állományok talajfaunája nagyobb fajgazdagságot mutat, a hansági vizsgálati területen az ugróvillások vonatkozásában is megmutatkozott. Míg a teljes vizsgálati területen kimutatott ugróvillás-fajok számát 100%-nak tekintve a mézgás égeres állományokban a fajok 73%-a előfordult, ez a százalékos arány az ültetvényeszerű, telepített nyárasokban ez az arány 43-45% volt. Ezt a jelenséget Palkó et al. (2022) kiskunsági homoktalajokon is megfigyelték, ahol reliktum homoki tölgyesek és a helyükön létesített idegenhonos faállományokban vizsgálták a talajlakó ugróvillásokat. Kimutatták, hogy a nemes nyár ültetvényekben egyes talajparaméterek értéke oly mértékben lecsökkent, ami nem csak az ugróvillások abundancia-csökkenéséhez, hanem egyes sztenók fajok eltűnéséhez is vezetett. Meglehetősen kevés információ áll rendelkezésre a nemes nyárasok talajbiológiai vonatkozásairól. Gyorsan növe nemesített fajtáik köztudottan „kizsarolják” a talajt, ami megmutatkozott a talajparaméterek változásában a hansági mintaterületeken is. A legalacsonyabb szervesanyag-tartalom (ami erős összefüggést mutat az ugróvillások abundanciájával) is a nyár ültetvények talajára volt jellemző.

A talajdegradáció foka és a Collembola közösségek fajszáma, valamint abundanciája között Hågar (1987) erős negatív korrelációt mutatott ki. Ugyanakkor fellelhetők olyan példák is a szakirodalomban, amelyben bizonyos ugróvillás fajcsoportok ellenállnak a különböző degradációs folyamatoknak a talajparaméterek változása során (Bengtsson és Rundgren 1988). A talajlakó ugróvillás-közösségek összetételében és dominancia-viszonyaiban változásokat indukálhatnak egyes tájidegen fajok a talajra hulló avar bomlásával is. például a fenyőfélék gyantás tűlevelének bomlása során savas vegyületek (pl. terpének, fenolos jellegű vegyületek) keletkeznek és szabadulnak fel, s emiatt a talajfauna lebontó tevékenysége is jóval kisebb hatékonyságú (Dunger és Voigtländer 2009). Spanyolországi fenyvesekben végzett vizsgálataikban Arbea és Jordana (1985) kimutatták, hogy a tűavar hatásának következtében az ugróvillások abundanciájának csökkenése mellett számos faj el is tűnt a területről. Hasonló következtetésre jutottak hazai vizsgálatokban is, miszerint telepített erdei- és feketefenyvesek talajában a Collembola fajszám és abundancia jelentősen alulmaradt a természeteszerű állományokkal szemben (Traser és Csóka 2001, Winkler és Tóth 2012). Az idegenhonos fafajok közül az akác ugróvillásokra gyakorolt hatását hazánkban több is vizsgálták (Palkó et al. 2020, Harta et al. 2021, Szigeti et al. 2021). Harta et al. (2021) akác telepítések talajfaunáját vizsgálva alacsonyabb fajszámú és diverzitású ugróvillás-közösséget mutatott ki a kocsánytalan tölgyes telepítéshez képest, az egyedsűrűség viszont – bár nem jelentős mértékben – az akácokban volt nagyobb. Az akác lombjának bomlása allelopatikus hatást fejt ki a többi növényfaj felé, lágyszárú szintje átalakul, elszegényedik (Csiszár 2009). Ezáltal elmarad a lágyszárúak gyökérnövekedése általi talajlazítás és kedvezőtlenebb lesz a talaj vízáteresztő képessége. Ezen felül az akác erősen mérgező hatású másodlagos metabolitokat (toxalbuminok, robin, phasin) állít elő és szabadít fel, amelyek a talajlakó szervezetek fehérjeszintézisére lehetnek gátló hatással (Rahmonov 2009, Lazzaro et al. 2018). Ezt bizonyos Collembola fajok kevésbé tolerálják (Hopkin 1997).

A hansági vizsgálati területen a fafajcsere következtében jelentkező kedvezőtlen hatások mellett egyéb problémákkal is szembesülhetünk. A hansági láptalajok ugyanis a lecsapolások eredményeképpen jelentősen átalakultak (Heil et al. 2008). Az állandó vízborítás megszűnésével, a talajvíz csökkenésével a legtöbb ugróvillás számára életteret jelentő felszíni rétegek kiszáradhatnak. A szerves- és tápanyagokban gazdag kotus részeket a szél könnyen

felkapja és messzire elhordja, így akár deflációs károk is felléphetnek (Stefanovits 1956, Bidló 2012). A vizsgálati időszakban a Csíkos-éger állományok egy részén jellemző volt a vízborítás, viszont a korábbi évek során előfordultak extrém száraz időszakok. A lényegesen szárazabb talajviszonyú tölgyes-kőrises eltérő ugróvillás-fajkészlete is mutatja, hogy ezek a változások jelentős hatással lehetnek a talajlakó mezofaunára. Ezért a lápterületek kedvező ökológiai állapotának megóvása érdekében törekedni kell a korábban fennálló termőhelyi tényezők – különös tekintettel a hidrológiai viszonyok – biztosítására (Heil 2008).

Összességében elmondható, hogy az egykori mézgás égeres állományok lecserélése akár idegenhonos, akár őshonos fafajú ültetvényekkel mérhető változásokat hozott egyrészt a talajparaméterek, másrészt a talaj biológiai minősége vonatkozásában. A jelentősen alacsonyabb QBS index, valamint a Collembola közösségek ökológiai karakterisztikáiban jelentkező szignifikáns csökkenés kétséget kizáróan jelzi a talajdegradáció jelenlétét és mértékét.

## 6. Összefoglalás

Kutatásom fő célkitűzése volt talajfaunisztikai vizsgálatokat végezni a hansági reliktum jellegű mézgás éger állományban (Csíkos éger), valamint ezzel egyidejűleg vizsgálni a területen található egyéb állománytípusok (természetszerű tölgyes-kőrises, ültetett hazai és nemes nyár állományok) talajfaunáját. A vizsgálatokhoz minden állománytípusból 3-3 mintaterületet jelöltem ki, ezek mindegyikén 5-5 talajmintát vettem a talajlakó mikroartropóda taxonok, valamint az és részletesebben az ugróvillások részletesebb, faj szintű meghatározásához.

A talajbiológiai minőség értékelésére a QBS indexet alkalmaztam, amelynek alapja a különböző, a talajban való léthez eltérő fokon adaptálódott mikroartropóda taxonok jelenléte vagy hiánya. A talajkörnyezethez való alkalmazkodásuk szintje szerint minden egyes biológiai formát 1 és 20 közötti értékkel pontozunk, a QBS index pedig az adott mintában található taxonok pontszámának összegeként határozható meg. A kimutatott taxonok (valamint lárvafarmák) száma a legmagasabb (18) a mézgás égeresben volt, ezt követte a tölgyes-kőrises 14 taxonnal, majd a nemes nyáras (13) és a hazai nyáras (12). Mind az átlag, mind a kumulált QBS index a mézgás égeresben volt a legnagyobb. Sorrendben a tölgyes-kőrises állomány következett, végül a nyár ültetvények. Utóbbiakat tekintve az átlagos QBS érték a nemes nyárasban volt magasabb, míg a magasabb kumulált index a hazai nyárasra volt jellemző. Egyes taxonok (Pauropoda, Lepidoptera) csak a mézgás-égeresben fordultak elő, míg például az álskorpiók (Pseudoscorpionida) kizárólag a természeteszerű erdőkben fordultak elő, a nyárültetvényekben nem.

Az ugróvillások vizsgálata során összesen 2025 egyedet határoztunk meg. Összesen 51 fajt azonosítottunk be, amelyek 15 családot képviselnek. Az átlagos és az élőhelyet jellemző kumulatív fajszaámot (S) tekintve egyaránt a reliktum mézgás égeres állomány bizonyult a legfajgazdagabbnak. Ha a teljes vizsgálati területen kimutatott ugróvillás-fajok számát (51) 100%-nak tekintjük, akkor a mézgás égeres állományokban a fajok 72,5%-a (37 faj) fordult elő. Magasnak tekinthető a tölgyes-kőrises állományok fajszaama (35 faj), ami a teljes területen kimutatott fajkészlet közel 70%-a. Fajokban jóval szegényebbnek bizonyultak az ültetvényszerű nyár állományok. A nemes nyárasokban 23, a hazai nyárasokban 22 faj került elő (a teljes fajkészlet 43–45%-a). Az abundancia vonatkozásában hasonló arányok figyelhetők meg. A legnagyobb átlagos abundancia (A) szintén a mézgás égeresek talajára volt jellemző. A nyár ültetvényekkel összehasonlítva 2,5-szeres volt az 1 m<sup>2</sup>-re vonatkoztatott egyedsűrűség a mézgás égeresekben. A Shannon-diverzitás (H') legnagyobb átlagos értéke a fajszaámhoz hasonlóan a mézgás égeresben adódott a legmagasabbnak, ezt követte sorrendben a tölgyes kőrises, a hazai nyáras, és végül a nemes nyáras diverzitása.

Összességében elmondható, hogy az egykori mézgás égeres állományok lecserélése akár idegenhonos, akár őshonos fafajú ültetvényekkel mérhető változásokat hozott egyrészt a talajparaméterek, másrészt a talaj biológiai minősége vonatkozásában. A jelentősen alacsonyabb QBS index, valamint a Collembola közösségek ökológiai karakterisztikáiban jelentkező szignifikáns csökkenés kétséget kizáróan jelzi a talajdegradáció jelenlétét és mértékét.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Szeretném megköszönni intézeti konzulensemnek, Winkler Dánielnek a munkáját és segítségét a TDK-dolgozatom elkészítésében.

A kutatás elkészülését a Tudományos Diákköri (TDK) és Művészeti Diákköri (TMK) felkészülési ösztöndíj támogatta.

## 8. Irodalomjegyzék

- Arbea J.I., Jordana R. (1985): Efecto de una repoblación con coníferas en un robledal de Navarra sobre los colémbolos edáficos. Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia Supl. 1(2): 277–286.
- Balsay L. (1979): A "Kapunvári Égeresek" eltűnésének körülményeiről. Az erdő 28(10): 475–476.
- Balsay L. (1990): A Hanság nyárasításának története. Erdészettörténeti Közlemények 18: 99–100.
- Balsay E., Balsay S. (2010): Hansági égeresek. Fertő-Hanság Nemzeti Park, Kapuvár
- Barlow J., Gardner T.A., Araujo I.S., Ávila-Pires T.C., Bonaldo A.B., Costa J.E. (2007): Quantifying the Biodiversity Value of Tropical Primary, Secondary, and Plantation Forests. Proceedings of the National Academy of Sciences 104: 18555–18560.
- Baumgartner-Gamauf M. (1959a): Zur Kenntnis der Collembolenfauna des Neusiedlersees. Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland. Burgenländisches Landesmuseum, Eisenstadt 23: 144–146.
- Baumgartner-Gamauf M. (1959b): Einige ufer- und wasserbewohnende Collembolen des Seewinkels. Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaft, Mathematische – Naturwissenschaftliche Klasse, Abt. I.: 363–369.
- Bellinger P.F., Christiansen K.A., Janssens F. (1996–2024): Checklist of the Collembola of the World.
- Bidló A. (2012): Földtani, éghajlattani és talajtani viszonyok. In: Kárpáti L., Fally J. (eds.): Nationalpark Fertő-Hanság – Neusiedler See-Seewinkel Nemzeti Park: Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 41–48.
- Blasi S., Menta C., Balducci L., Conti F.D., Petrini E., Piovesan G. (2013): Soil microarthropod communities from mediterranean forest ecosystems in Central Italy under different disturbances. Environmental Monitoring and Assessment 185: 1637–1655.
- Bölöni J., Molnár Zs., Kun A., Biró M. szerk. (2007): Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer, Vácrátót
- Bray J.R., Curtis J.T. (1957): An ordination of the upland forest communities of southern Southern Wisconsin. Ecological Monographs 27: 325–349.
- Christian E., Kampichler C. (1984): Zur Zoogeographie einiger epedaphischer Collembolen aus dem östlichen Niederösterreich. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 86/B: 133–139.
- Christian E. (1986a): Apterygota from terrestrial sand, gravel, and debris accumulations in Austria. 2nd Intern. Sem. Apterygota, Siena, 139–141.
- Christian E. (1986b): *Micranurophorus schalleri* n. sp. aus dem terrestrischen Sandlückensystem des Neusiedlersee-Ufers (Collembola, Isotomidae). Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft Österreich 124: 121–127.
- Coleman D., Callahan M.A., Crossley D.A. (1996): Fundamentals of Soil Ecology. London: Academic Press
- Csiszár Á. (2009): Allelopathic effects of invasive woody plant species in Hungary. Acta Silvatica et Lignaria Hungarica 5: 9–17.

- Dányi L., Traser Gy. (2008) An annotated checklist of the springtail fauna of Hungary (Hexapoda: Collembola). *Opuscula Zoologica* 38: 3–82.
- Dövényi Z. szerk. (2010): Magyarország kistájainak katasztere MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest.
- Dunger W., Voigtländer, K. (2009): Soil fauna (Lumbricidae, Collembola, Diplopoda and Chilopoda) as indicators of soil eco-subsystem development in post-mining sites of eastern Germany – a review. *Soil Organisms* 81(1): 1–51.
- Galli L., Capurro M., Menta C., Rellini I. (2014): Is the QBS-ar index a good tool to detect the soil quality in Mediterranean areas? A cork tree *Quercus suber* L. (Fagaceae) wood as a case of study. *Italian Journal of Zoology* 81(1): 126–135.
- Gama M.M., Sousa J.P., Vasconcelos T.M. (1995): Comparison of Collembolan populations structure from Portuguese forests of *Pinus pinaster* AITON and *Eucalyptus globulus* LABILL. *Bulletin Entomologique de Pologne* 64: 71–89.
- Gama M.M., Vasconcelos T.M., Sousa J.P. (1994): Collembola diversity in Portuguese autochthonous and allochthonous forests. *Acta Zoologica Fennica* 195: 44–46.
- Gardi C., Menta C., Leoni A. (2008): Evaluation of environmental impact of agricultural management practices using soil microarthropods. *Fresenius Environmental Bulletin* 17: 1165–1169.
- Gunhold P., Pschorn-Walcher H. (1956): Untersuchungen über die Mikrofauna von Verlandungs-, Steppen- und Waldböden im Neusiedlersee-Gebiet. *Wissenschaftliche Arbeiten aus dem Burgenland, Burgenländisches Landesmuseum* 12: 1–27.
- Hågvar S. (1987): Why do collembolans and mites react to changes in soil acidity? *Entomologiske Meddelelser* 55(2-3): 115–119.
- Hammer Ř., Harper D.A.T., Ryan P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1–9.
- Harta I., Simon B., Vinogradov S., Winkler D. (2021): Collembola communities and soil conditions in forest plantations established in an intensively managed agricultural area. *Journal of Forestry Research* 32: 1819–1832.
- Heil B., Kovács G., Bidló A., Illés G. (2008): A dél-hansági láprekonstrukciót megalapozó termőhelyi vizsgálatok. *Talajvédelem Különszám, Talajtani Vándorgyűlés, Nyíregyháza*, 81–89.
- Hopkin S.P. (1997): *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. University Press, Oxford.
- Jeffery S., Gardi C., Jones A., Montanarella L., Marmo L., Miko L., Ritz K., Peres G., Römbke J., van der Putten W.H. (2010): *European Atlas of Soil Biodiversity*. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union.
- Jordana R., Arbea J.I. (1989): Clave de identificación de los géneros de Colémbolos de España (Insecta:Collembola). *Serie Zoológica* 19: 1–16.
- Klimetzek D. (1992): Schädlingsbelastung der Waldbäume in Mitteleuropa und Nordamerika. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 111: 61–69.
- Kovácsévics P. szerk. (2016): *Magyar Erdők – A magyar erdőgazdálkodás*. Országos Erdészeti Egyesület.
- Krebs C.J. (1978): *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6th ed. Benjamin Cummings, San Francisco.

- Kseneman M. (1938): Beitrag zur Kenntnis der Beziehungen der Apterygoten zu den Eigenschaften ihrer Standorte mit besonderer Berücksichtigung der Waldböden. Bull. Inst. Nat. Agron. Brno, Sign. D. 26, 1–56.
- Lájer K. (1994): Gondolatok a természetvédelem biológiájáról. Természet Világa 125(7): 290–293.
- Lett B. (2021): Amit a számok mutatnak az erdőművelés ökonómiájáról. Erdővagyon-gazdálkodási közlemények 14: 110–192.
- Lindenmayer D.B., Hobbs R.J., Salt D. (2003): Plantation forests and biodiversity conservation. Australian Forestry 66(1): 62–66.
- Loksa I. (1991): The Collembola fauna of the Bátorliget Nature Reserves (NE Hungary). In: Mahunka S. (ed.) The Bátorliget Nature Reserves – after forty years. Studia Naturalia 1(1): 269–277.
- Loksa I., Traser Gy. (1982): Untersuchungen über die Bodenarthropoden am Süd-Ost-Ufer des Neusiedler-Sees. Illmitz, BFB-Bericht 43: 211–213.
- Loksa I. (1956): Zoologische Untersuchungen von Collembolen im Bükkgebirge. Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 2(4): 379–419.
- Loksa I. (1977): Quantitative Analysen des Collembolenbesatzes im Jahre 1975. im Untersuchungsgebiet bei Síkfőkút. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös, Nominata, Sectio Biologica 18–19: 205–218.
- Loksa I. (1978): Die Collembolen-Fauna der Urwacholder aus der Umgebung von Barcs. Dunántúli Dolgozatok, Természettudományi Sorozat, Pécs 1: 51–64.
- Loksa I. (1983): Collembola from the Hortobágy National Park. In: Mahunka, S. (ed.): The fauna of the Hortobágy National Park. Akadémiai Kiadó, Budapest, 71–77.
- Loksa I. (1987): Collembola from the Kiskunság National Park. In: Mahunka S. (ed.): The fauna of the Kiskunság National Park. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 78–80.
- Magurran A.E. (1988): Ecological Diversity and its Measurements. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Mateos E., Winkler D. (2018): New data clarifying the taxonomy of European members of the *Lepidocyrtus pallidus-serbicus* group (Collembola, Entomobryidae). Zootaxa 4429: 548–568.
- Mazzoncini M., Canali S., Giovannetti M., Castagnoli M., Tittarelli F., Antichi D., Nanelli R., Cristani C., Bàrberi P. (2010): Comparison of organic and conventional stockless arable systems: a multidisciplinary approach to soil quality evaluation. Applied Soil Ecology 44: 124–132.
- Menta C., Bonati B., Staffilani F., Conti F.D. (2017b): Agriculture management and soil fauna monitoring: the case of emilia-Romagna region (Italy). Agricultural Research & Technology 4(5): 1–3.
- Menta C., Conti F.D., Pinto S. (2017a): Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils – QBS-ar approach. Applied Soil Ecology 123: 740–743.
- Migliorini M., Pigino G., Carusob T., Fanciullia P.P., Leonzio C., Berninia F. (2004): Soil communities (Acari Oribatida; Hexapoda Collembola) in a clay pigeon shooting range. Pedobiologia 49: 1–13.
- MSZ 08-0206-2 (1978): A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.
- MSZ 20135 (1999): A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása.

- MSZ 21470-52 (1983): Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Talajok szervesanyag-tartalmának meghatározása.
- MSZ-08-0205 (1978): A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.
- Palkó Á., Ónodi G., Rédei T., Winkler D. (2020): Talajfaunisztikai- és ökológiai vizsgálatok alföldi reliktum homoki tölgyesekben és a helyükön létesített idegenhonos faállományokban. Erdészettudományi Közlemények 10: 123–137.
- Parisi V. (2001): La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microatropodi. Acta Naturalia de “L’Ateneo Parmense” 37 (3/4): 105–114.
- Parisi V., Menta C., Gardi C., Jacomini C., Mozzanica E. (2005): Microarthropod community as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. Agriculture, Ecosystems & Environment 105: 323–333.
- Pielou E.C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collection. Journal of Theory Biology 13: 131–144.
- Pinto C., Sousa J.P., Graça M.A., Da Gama M.M. (1997): Forest soil Collembola. Do tree introductions make a difference? Pedobiologia 41: 207–214.
- Rakonczay Z. szerk. (1990): Vörös könyv. A Magyarországon kipusztult és veszélyeztetett növény- és állatfajok. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Rényi A. (1961): On measure of entropy and information. In: Neyman, J. (ed.): Proceedings of the 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press, Berkeley. 547–561.
- Rybak J. (2010): The assessment of biological diversity of spruce forest degradation area based on arthropod communities. Opera Concorctica 47: 239–245.
- Santorufio L., Van Gestel C.A.M., Rocco A., Maisto G. (2012): Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. Environmental Pollution 161: 57–63.
- Shannon C.E., Weaver W. (1949): The mathematical theory of communication. Urbana, Illinois, University of Illinois Press.
- Singh D., Ferry Slik, J.W., Jeon Y.S., Tomlinson K.W., Yang X., Kerfahi D., Porazinska D.L., Adams J.M. (2019): Tropical forest conversion to rubber plantation affects soil micro- & mesofaunal community & diversity. Scientific Reports 9: 5893.
- Sousa J.P., Gama M.M. (1994): Rupture in a Collembola community structure from a *Quercus rotundifolia* Lam. forest due to reforestation with *Eucalyptus globulus* Labill. European Journal of Soil Biology 30(2): 71–78.
- Sousa J.P., Vingada J.V., Barrocas, H., da Gama, M.M. (1997): Effects of introduced exotic tree species on Collembola communities: the importance of management techniques. Pedobiologia 41: 166–174.
- Stach J. (1922): Apterygoten aus dem nordwestlichen Ungarn. Annales Musei Nationalis Hungarici 19: 1–75.
- Stach J. (1926): Zwei neue Collembolen aus Ungarn. Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici, 24: 81–86.
- Stach J. (1929): Verzeichnis der Apterygogenea Ungarns. Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici 26: 269–312.
- Stefanovits P. (1956): Magyarország talajai. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Szakács L. szerk. (2017): Százötven éve született Kaán Károly (1867–2017). Országos Erdészeti Egyesület, 1–36.

- Szigeti N., Berki I., Vityi A., Winkler D. (2021) Soil mesofauna and herbaceous vegetation patterns in an agroforestry landscape. *Agroforestry Systems* 96(4): 773–786.
- Takács G. (2011): Tájátalakítás és a felszínborítás változásai a Hanságban a XVIII-XX. században. *Tájökológiai Lapok* 9: 13–42.
- ter Braak C.J.F., Šmilauer P. (2002): CANOCO Reference Manual and Canodraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (Version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- Tóth Zs., Vasileiadis V.P., Dombos M. (2025): An arthropod-based assessment of biological soil quality in winter wheat fields across Hungary. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 378: 109325.
- Tóthmérész B. (1995): Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6(2): 283–290
- Tömösváry Ö. (1883): Magyarországon talált *Smynturus* fajok. *Természetrajzi Füzetek* 7: 31–38.
- Traser Gy. (1980): Adatok a farkasgyepűi bükkösök avarszintjének Collembola (ugróvillás) faunájához. *Erdészeti és Faipari Tudományos Közlemények* 2: 19–23.
- Traser Gy. (1994): A meszezés hatása egy savanyú bükkös ugróvillás (Insecta: Collembola) faunájára. *Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa, Sopron*, pp. 99–103.
- Traser Gy. (1997): Egy szigeteközi nemesnyáras biodiverzitása: a talajfauna. In: Pájer J., Fabich E. (szerk): V. Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa a WoodTech keretében. Sopron, pp. 57–64.
- Traser Gy. (2002): Borókás-nyáras erdők ugróvillás (Insecta: Collembola) faunája. In Barna T. szerk.: *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói nap 2001–2002.*, Gyula, 46–52.
- Traser Gy. (2002): The Collembola of the Fertő-Hanság National Park. In: Mahunka S. (ed.): *The fauna of the Fertő-Hanság National Park*. Hungarian Natural History Museum, Budapest. 259–270.
- Traser Gy. (2002a): Xerothermic Collembola from the Bükk-Mts NE-Hungary. *Folia Historico-Naturalia Musei Matraensis* 26: 159–161.
- Traser Gy. (2002b): Borókás-nyáras erdők ugróvillás (Insecta: Collembola) faunája. In: Barna T. (ed.): *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói nap 2001–2002.*, Gyula, 46–52.
- Traser Gy. (2003): Hansági nemesnyár és éger erdők ugróvillás (Insecta: Collembola) faunája. *Magyar Biológiai Társaság, Budapest. III. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium kiadványa*, 153–157.
- Traser Gy., Christian E. (1992): *Lepidocyrtus peisonis* sp. n., ein neues Springschwanz aus dem Neusiedlersee-Gebiet (Collembola: Entomobryidae). *Folia Entomologica Hungarica* 52: 119–122.
- Traser Gy., Csóka Gy. (2001): A mezofauna – Insecta: Collembola – átotthalmi fenyő- és tölgyerdők talajában. *Erdészeti Kutatások* 90: 231–240.
- Traser Gy., Horváth-Szováti E. (2004): Táj-hasznosítás hatása a talajfaunára: ugróvillás (Parainsecta: Collembola) közösségek diverzitása Csévharasztón. *Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét*, 51–62.
- Tullgren A. (1918): Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierformen. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 4(1): 149–150.

- Vellay I. (1900): Ordo Apterygogenea. In: Paszlavszky, J. (ed.): A Magyar Birodalom Állatvilága (Fauna Regni Hungariae) III. Arthropoda. Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 19–22.
- Visioli G., Menta C., Gardi C., Conti F.D. (2013): Metal toxicity and biodiversity in serpentine soils: application of bioassay tests and microarthropod index. *Chemosphere* 90: 1267–1273.
- Wahsha M., Bini C., Nadimi-Goki M. (2014): The impact of olive mill wastewater on the physicochemical and biological properties of soils in Northwest Jordan. *International Journal of Environmental Quality* 15: 25–31.
- Wang C., Zhang W., Li X., Wu J. (2022): A global meta-analysis of the impacts of tree plantations on biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 31: 576–587.
- Winkler D., Bidló A., Bolodár-Varga B., Erdő Á., Horváth, A. (2018): Long-Term Ecological Effects of the Red Mud Disaster in Hungary: Regeneration of Red Mud Flooded Areas in a Contaminated Industrial Region. *Science of the Total Environment* 644: 1292–1303.
- Winkler D., Tóth V. (2012): Effects of Afforestation with Pines on Collembola Diversity in the Limestone hills of Szárhalom (West Hungary). *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 8: 9–20.
- Zagyva Z., Winkler D. (2024): Adatok a hansági Csíkos-éger ugróvillás (Collembola) faunájához. *Szélkiáltó* 18: in press.

## MELLÉKLETEK

1. táblázat: A mézgás égeresekben (MÉ) előfordult taxonok, ökomorfológiai értékeik és a kalkulált talajbiológiai minőség (QBS) index mintavételi pontonként.

|                         | MÉ I |    |    |    |     | MÉ II |    |     |    |    | MÉ III |    |     |    |    | MÉ         |
|-------------------------|------|----|----|----|-----|-------|----|-----|----|----|--------|----|-----|----|----|------------|
|                         | 1    | 2  | 3  | 4  | 5   | 1     | 2  | 3   | 4  | 5  | 1      | 2  | 3   | 4  | 5  |            |
| ACARI (20)              | 20   | 20 | 20 | 20 | 20  | 20    | 20 | 20  | 20 | 20 | 20     | 20 | 20  | 20 | 20 | 20         |
| ARANEAE (1-5)           |      |    |    |    |     |       |    | 5   |    |    |        |    |     |    | 5  | 5          |
| CHILOPODA (10)          |      |    |    |    |     | 10    |    | 10  |    |    | 10     |    | 10  |    |    | 10         |
| COLEOPTERA (1-20)       | 10   | 10 | 10 | 10 | 10  |       | 10 |     | 10 |    | 10     |    | 10  |    | 5  | 10         |
| COLEOPTERA larvae (10)  | 10   | 10 | 10 | 10 |     | 10    | 10 |     |    | 10 | 10     |    |     | 10 | 10 | 10         |
| COLLEMBOLA (1-20)       | 20   | 20 | 20 | 20 | 20  | 20    | 20 | 20  | 20 | 20 | 20     | 20 | 20  | 20 | 20 | 20         |
| DIPLOPODA (10-20)       |      |    | 10 |    | 10  |       |    |     |    |    |        |    |     | 20 |    | 20         |
| DIPLURA (20)            |      |    |    |    |     | 20    |    |     |    |    |        |    |     |    |    | 20         |
| DIPTERA larvae (10)     |      | 10 | 10 | 10 | 10  | 10    | 10 | 10  | 10 |    | 10     |    | 10  | 10 | 10 | 10         |
| HYMENOPTERA (1-5)       |      |    | 1  | 5  | 5   |       |    | 5   |    | 5  |        | 1  | 5   |    | 1  | 5          |
| HYMENOPTERA larvae (10) |      |    | 10 |    |     |       |    | 10  |    |    |        |    | 10  |    | 10 | 10         |
| ISOPODA (10)            |      |    |    | 10 | 10  | 10    |    | 10  | 10 |    | 10     |    |     | 10 |    | 10         |
| LEPIDOPTERA larvae (10) |      |    |    |    |     |       |    |     |    |    |        |    |     |    | 10 | 10         |
| PAUROPODA (20)          |      |    |    |    | 20  |       |    |     |    |    |        |    |     |    |    | 20         |
| PSEUDOSCORPIONIDA (20)  |      |    |    |    |     |       |    | 20  |    |    |        |    | 20  |    |    | 20         |
| PROTURA (20)            | 20   |    |    |    |     |       |    |     |    | 20 |        |    |     |    |    | 20         |
| SYMPHYLA (10)           |      |    |    |    |     |       |    | 10  |    |    |        |    |     |    |    | 10         |
| DIPTERA (1)             |      |    |    |    | 1   |       |    |     |    |    |        |    |     |    |    | 1          |
| QBS index               | 81   | 72 | 94 | 89 | 111 | 101   | 72 | 123 | 74 | 80 | 91     | 43 | 108 | 94 | 96 | <b>231</b> |

2. táblázat: A tölgyes-körises állományokban (TK) előfordult taxonok, ökomorfológiai értékeik és a kalkulált talajbiológiai minőség (QBS) index mintavételi pontonként.

|                        | TK I |    |    |    |    | TK II |    |    |    |    | TK III |    |    |    |    | TK         |
|------------------------|------|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|------------|
|                        | 1    | 2  | 3  | 4  | 5  | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  |            |
| ACARI (20)             | 20   | 20 | 20 | 20 | 20 | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20         |
| CHILOPODA (10)         | 10   |    |    |    |    | 10    |    | 10 |    |    |        |    |    |    |    | 10         |
| COLEOPTERA (1-20)      | 10   |    | 10 |    |    |       |    |    |    | 10 | 10     |    |    |    |    | 10         |
| COLEOPTERA larvae (10) |      |    |    |    | 10 |       | 10 |    |    |    |        | 10 | 10 |    |    | 10         |
| COLLEMBOLA (1-20)      | 20   | 20 | 20 | 20 | 20 | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20         |
| DIPLOPODA (10-20)      |      |    |    |    |    |       | 10 |    |    |    |        |    |    |    |    | 10         |
| DIPLURA (20)           |      |    |    | 20 | 20 |       |    |    |    |    |        |    |    | 20 |    | 20         |
| DIPTERA larvae (10)    | 10   | 10 | 10 | 10 |    |       | 10 | 10 | 10 | 10 |        |    |    | 10 |    | 10         |
| HYMENOPTERA (1-5)      | 5    | 5  | 5  | 5  |    |       |    |    | 5  | 5  |        |    |    |    |    | 5          |
| ISOPODA (10)           | 10   | 10 | 10 | 10 | 10 |       | 10 |    |    | 10 |        | 10 |    | 10 | 10 | 10         |
| PAUROPODA (20)         |      |    |    |    |    |       |    |    |    |    | 20     |    |    |    |    | 20         |
| PSEUDOSCORPIONIDA (20) |      |    |    |    |    |       |    | 20 |    |    |        |    |    |    |    | 20         |
| PSOCOPTERA (1)         |      |    |    |    |    |       |    |    |    |    |        | 1  | 1  |    |    | 1          |
| PROTURA (20)           |      | 20 |    |    |    |       |    |    |    |    | 20     |    |    |    |    | 20         |
| SYMPHYLA (10)          | 10   | 10 | 10 | 10 | 10 | 10    | 10 | 10 | 10 | 10 |        |    |    |    |    | 10         |
| QBS index              | 96   | 97 | 88 | 99 | 95 | 61    | 92 | 93 | 69 | 90 | 91     | 63 | 54 | 84 | 55 | <b>196</b> |

3. táblázat: A nemes nyárasokban (NNY) előfordult taxonok, ökomorfológiai értékeik és a kalkulált talajbiológiai minőség (QBS) index mintavételi pontonként.

|                         | NNY I |    |    |    |    | NNY II |    |    |    |    | NNY III |    |    |     |    | NNY        |
|-------------------------|-------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|---------|----|----|-----|----|------------|
|                         | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 1       | 2  | 3  | 4   | 5  |            |
| ACARI (20)              | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20      | 20 | 20 | 20  | 20 | 20         |
| CHILOPODA (10)          |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    |         |    |    | 10  |    | 10         |
| COLEOPTERA (1-20)       | 10    |    |    | 15 | 10 |        | 10 | 10 | 10 | 10 | 10      |    | 10 |     |    | 15         |
| COLEOPTERA larvae (10)  | 10    | 10 | 10 | 10 | 10 | 10     |    | 10 | 10 | 10 |         | 10 |    | 10  | 10 | 10         |
| COLLEMBOLA (1-20)       | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20      | 20 | 20 | 20  | 20 | 20         |
| DIPLURA (20)            |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    | 20      |    | 20 | 20  |    | 20         |
| DIPTERA larvae (10)     | 10    | 10 | 10 |    | 10 |        |    |    |    | 10 |         |    | 10 | 10  | 10 | 10         |
| HEMIPTERA (1-10)        |       |    |    |    |    |        | 10 | 10 |    |    |         |    |    |     |    | 10         |
| HYMENOPTERA (1-5)       | 5     | 1  | 1  |    |    |        |    |    |    |    |         |    | 1  | 5   |    | 5          |
| HYMENOPTERA larvae (10) |       |    |    |    |    | 5      | 5  | 5  | 5  | 5  |         |    |    |     | 10 | 10         |
| ISOPODA (10)            |       |    |    |    |    | 10     |    | 10 |    |    | 10      |    | 10 | 10  |    | 10         |
| PSOCOPTERA (1)          |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    |         |    | 1  |     |    | 1          |
| THYSANOPTERA (1)        |       |    |    | 1  | 1  |        |    |    |    |    | 1       |    |    |     |    | 1          |
| QBS index               | 76    | 63 | 64 | 70 | 76 | 66     | 67 | 88 | 69 | 80 | 82      | 52 | 95 | 109 | 75 | <b>142</b> |

4. táblázat: A hazai nyárasokban (MÉ) előfordult taxonok, ökomorfológiai értékeik és a kalkulált talajbiológiai minőség (QBS) index mintavételi pontonként.

|                         | HNY I |    |    |    |    | HNY II |    |    |    |    | HNY III |    |    |    |    | HNY        |
|-------------------------|-------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|------------|
|                         | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  |            |
| ACARI (20)              | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20      | 20 | 20 | 20 | 20 | 20         |
| ARANEAE (1-5)           |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    | 5       |    | 5  |    |    | 5          |
| COLEOPTERA (1-20)       | 10    | 10 | 10 | 10 | 10 |        |    |    | 10 | 5  | 10      |    | 15 | 10 | 15 | 15         |
| COLEOPTERA larvae (10)  | 10    | 10 | 10 | 10 | 10 |        |    |    |    |    | 10      | 10 | 10 | 10 | 10 | 10         |
| COLLEMBOLA (1-20)       | 20    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20      | 20 | 20 | 20 | 20 | 20         |
| DIPLOPODA (10-20)       |       |    |    |    |    |        |    | 20 | 20 |    |         |    |    |    |    | 20         |
| DIPLURA (20)            |       |    |    |    |    |        |    |    |    | 20 |         |    |    |    |    | 20         |
| DIPTERA larvae (10)     | 10    | 10 | 10 | 10 | 10 |        |    |    | 10 |    |         | 10 | 10 | 10 | 10 | 10         |
| HEMIPTERA (1-10)        |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    |         |    |    |    |    |            |
| HYMENOPTERA (1-5)       | 5     | 1  | 1  | 1  | 1  |        |    | 5  | 5  |    | 2       |    |    | 5  |    | 5          |
| HYMENOPTERA larvae (10) |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    |         | 10 |    |    |    | 10         |
| ISOPODA (10)            |       |    |    |    |    |        |    | 10 | 10 |    |         |    |    |    |    | 10         |
| PSOCOPTERA (1)          |       |    |    | 1  |    |        |    |    |    |    |         |    |    |    |    | 1          |
| PROTURA (20)            |       |    |    |    |    |        |    |    |    |    |         |    |    |    |    |            |
| SYMPHYLA (10)           |       |    |    |    |    | 10     |    |    |    |    |         |    |    |    |    | 10         |
| QBS index               | 76    | 73 | 74 | 76 | 76 | 51     | 42 | 78 | 99 | 70 | 68      | 62 | 83 | 79 | 80 | <b>146</b> |