

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
BIOLÓGIAI INTÉZET

A KISZÁRADÁS KÉRÉSZ-, ÁLKÉRÉSZ- ÉS
TEGZESFAUNÁRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA MECSEKI KISVÍZFOLYÁSOKBAN



KÉSZÍTETTE: KOVÁCS ZSOLT, HIDROBIOLÓGUS MSC, 1. ÉVFOLYAM

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

TÉMAVEZETŐ: DR. CSABAI ZOLTÁN

KONZULENS: SZLOBODA ANITA

36. ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
BIOLÓGIA SZEKCIÓ

2023

Tartalomjegyzék

I. Bevezetés.....	2
I.1. Globális klímaváltozás.....	2
I.2. Az időszakos vízfolyások.....	3
I.3. Makroszkopikus vízi gerinctelenek időszakos vízfolyásokban.....	4
I.4. Az EPT (Ephemeroptera, Plecoptera és Trichoptera) csoport.....	6
II. Célkitűzések.....	9
III. Módszer.....	9
III.1 Mintavételi terület.....	9
III.2. Mintavételi módszer.....	10
III.3. Statisztikai elemzések.....	11
IV. Eredmények.....	12
IV.1. Taxon- és egyedszámok.....	12
IV.2. Összehasonlítások az élőlényegyüttesek szerkezeti jellemzői alapján.....	13
V. Diskusszió.....	15
VI. Köszönetnyilvánítás.....	19
VII. Irodalomjegyzék.....	20
VIII. Melléklet.....	24

I. Bevezetés

I. 1. A globális klímaváltozás

A globális klímaváltozás sokak számára napjaink egyik legfontosabb környezeti jelenségeként vált ismertté. Az általános értelmezés szerint a különböző emberi tevékenységek, különösen a fosszilis tüzelőanyagok (szén, olaj és más energiahordozók) elégetése és a nagymértékű erdőirtás eredményeként felgyorsuló jelenségnek tekinthető (Houghton 2005). A Föld 4,6 milliárd éves története során hidegebb és melegebb időszakok váltották egymást. Az utolsó eljegesedés vége óta folyamatosan melegszik az éghajlat, de ezt a természetes melegedést az antropogén hatások felgyorsították (Márfy & Rác 2013). Ugyanis a fent említett tevékenységek mértéke az ipari forradalom óta hatalmas mértékben nőtt, és jelenleg évente mintegy 7 milliárd tonna szén-dioxid kibocsátását eredményezik szén-dioxid illetve egyéb gázok (metán, dinitrogén-oxid, klórozott-fluorozott szénhidrogének stb.) formájában. Ezek az üvegházhatású gázok, melyek a természetes üvegházhatás révén járulnak hozzá a 15°C-os átlagos felszíni hőmérséklet kialakításához. A természetes üvegházhatás egyértelműen létfontosságú a Föld jelenlegi éghajlatának fenntartásában, ugyanakkor egyes gázok mennyisége jelentősen megnőtt az ipari forradalom óta, ami a Föld felszínének globális felmelegedéséhez vezet (Houghton 2005). Ehhez a drasztikus növekedéshez a Föld népességének robbanásszerű emelkedése járult hozzá (Sárfalvi & Bernek 1992).

Azonban a legnagyobb hatást a gyakoribbá váló szélsőséges éghajlati jelenségek – többek között aszályok, villámárvizek fogják gyakorolni az éghajlatunkra. A klímaváltozás következtében a víz mennyiségében és minőségében jelentős változások következnek be. A csapadék térben és időben is egyenlőtlené váló eloszlása módosítja a globális vízkörforgást (Houghton 2005), így egyre nagyobb területen módosulnak a vízfolyások áramlási viszonyai, és olyan éghajlati területeken válnak időszakossá korábban állandó vízfolyások, ahol korábban ez nem volt jellemző.

I. 2. Az időszakos vízfolyások

Az éghajlatváltozással összefüggő felmelegedés és szélsőséges aszályok jelentős hatást gyakorolnak a természetes rendszerekre, és ez a kisvízfolyások esetében hatványozottan igaz, mivel vízgyűjtő területük viszonylag kis kiterjedésű, és jelentős mértékben érintik őket a csapadék mennyiségében bekövetkező változások és a talajvíz csökkenése (Herbst et al. 2019).

Az időszakos vízfolyások, az angol elnevezésből rövidítve IRES (intermittent rivers and ephemeral streams) globális szinten napjainkban a legelterjedtebb vízfolyástípusnak tekinthetők (Datry et al. 2017). Ez a kategória az áramló vizek széles skáláját foglalja magába, kezdve azoktól a kis efemer patakoktól, melyek medre a hóolvadás vagy heves esőzés után néhány napig szállít vizet, az olyan nagyobb folyókig, amelyek izolált medencékké apadhatnak a száraz időszakokban. Összességében ebbe a csoportba tartozik minden olyan folyóvíz, melynek bizonyos időszakokban megszűnik az áramlása vagy legalább egyes szakaszain teljesen kiszárad (Datry et al. 2014). Az időszakos folyók vagy patakok esetében az áramlás szezonálisan vagy alkalmanként szűnik meg, és ez általában néhány héttől néhány hónapig tart. Az efemer patakok medre csak hóolvadás vagy heves esőzések után telik meg vízzel (Skoulikidis et al. 2016). Az időszakos vízfolyásokat leginkább a sivatagi, félsivatagi és mediterrán éghajlattal azonosítjuk, pedig igen gyakoriak a mérsékelt övben, a boreális, hegy- és sarkvidéki régióban is, sőt az utóbbi éghajlati területeken a vízfolyások jórésze nem állandó. Minden kontinensen, az Antarktisz is beleértve, jelen vannak (Datry et al. 2014). Területenként igen eltérő lehet azonban a vízhálózaton belüli arányuk, Franciaországban 25-40%, míg Görögországban 50% ez az arány, míg Ausztrália vízfolyásainak 70%-a sorolható ebbe a kategóriába. Globális szinten a vízfolyások akár 50%-át is időszakos vizek tehetik ki (Messenger et al. 2021).

Bár leginkább a klímaváltozással hozzák összefüggésbe az időszakos vízfolyásokat, az időszakos kiszáradás természetes jelenség egyes éghajlati területeken. Az egyes éghajlati régiókban különböző tényezők járulnak hozzá a vízfolyások kiszáradásához, így például az alpesi és sarki területeken akkor szűnik meg az áramlás, amikor a felszíni és felszín közeli vizek megfagynak. Az Antarktiszon a Dry Valley-ben csak néhány hónapig, a nyár folyamán áramlanak a patakok. Ezzel szemben a száraz éghajlatú területeken a nyári alacsony csapadékmennyiség okozza az időszakosságot (Datry et al. 2017).

Azt ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a fent említett antropogén hatások nagyban hozzájárulnak a vízfolyások kiszáradásához, időszakossá válásához, amit mi sem mutat jobban, mint hogy olyan nagy folyók váltak időszakossá az elmúlt évtizedekben, mint a Nílus, a Colorado vagy az Amudarja és a Szir-darja (Datry et al. 2014). Az időszakos folyók tanulmányozása időszerű kérdés, mivel számuk és kiterjedésük gyorsan növekedhet a jelenlegi tendenciák (Novais et al 2020). A közel jövőben azokon a területeken, ahol egyre melegebb és szárazabb lesz az éghajlat, illetve nagy mennyiségű víz kerül felhasználásra mezőgazdasági és ipari célokra, jelentősen fog növekedni ezen folyók aránya (Datry et al. 2014), illetve változni fognak egyes folyók áramlási viszonyai és vízhozama is.

Korábban Európában leginkább a Földközi-tenger medencéjére voltak jellemzőek az időszakos vizek, ahol a mediterrán éghajlatra jellemző forró, száraz nyár során a vízfolyások nagyrésze kiszárad. Előrejelzések szerint azonban Európa jelentős részén várható eddig állandó vízfolyások időszakossá válása az egyre gyakoribbá váló szélsőséges éghajlati események és hőhullámok következtében (Stubbington et al. 2017; Peszek et al. 2021).

Franciaország kontinentális éghajlatú részén húzódó Albarine folyó esetében éghajlati modellek szerint 2050-re a kiszáradásos időszak 5%-os növekedése várható (Datry et al. 2017). Ez a példa jól mutatja, hogy Európában a mediterrán klímájú területeken kívül a nedvesebb és hűvösebb éghajlati területek vízfolyásait is egyre növekvő mértékben fogja érinteni a klímaváltozás által kiváltott kiszáradás.

A közel múltig nem végeztek az éghajlatváltozás révén időszakossá váló vízfolyásokra koncentrált kutatásokat, ezért viszonylag kevés adat áll rendelkezésünkre velük kapcsolatban, így fontos lenne, hogy a közeljövőben több vizsgálat irányuljon a felmérésükre, megismerésükre (Straka et al. 2021).

I. 3. Makroszkopikus vízi gerinctelenek időszakos vízfolyásokban

A vízi makrogerinctelenek nagyon fontos ökológiai szerepet töltenek be a vízi ökoszisztémákban (Clarke 2008), és minden víztípusban megtalálhatók (Figuerola et al. 2009). A "makrogerinctelen" kifejezés nem taxonómiai csoport, hanem egy a gerinctelen állatok egy részének mesterséges elhatárolására szolgáló fogalom (Javier Alba-Tercedor 2006). A vízi makrogerincteleneknek fontos szerepe van az elsődleges termelésben és a lebomlásban, a vízi élőhelyek tápanyagkörforgásában. Számos édesvízi hal valamint számos más, a vízben vagy víz körül élő állat elsődleges táplálékát képezik, így a

táplálékhálózat kulcsfontosságú láncszemei. Az édesvízi gerinctelenek a vízi élőhelyek legdiverzebb csoportját alkotják, körülbelül 90 000 fajt sorolunk ebbe a kategóriába (Strayer 2006). Általában jól meghatározhatók ökológiai igényeik és számos taxon érzékenyen reagál egyes környezeti tényezők változásaira. Ezen tulajdonságaiknak köszönhetően gyakran alkalmazzák őket biomonitring vizsgálatokhoz (Figueroa et al. 2009). Az ideiglenes vízfolyásokban is előforduló makrogerinctelenek közül számos kifejlesztett valamilyen stratégiát a szárazság ellen, mint például a refúgiumok használata, a gyors fejlődés, diszperzió más víztestekbe vagy diapauzával megszakított életciklus (López-Rodríguez et al. 2012).

A kiszáradás, mint zavarás (vagyis a víz mennyiségének csökkenése és az áramlás megszűnése), az érintett bióta válaszreakcióját váltja ki (Lake 2003). Ez a válasz két féle módon történhet, rezisztencia vagy reziliencia formájában. Előbbi esetében az adott taxon képes ellenállni a kiszáradásnak, alkalmazkodik hozzá valamilyen formában, míg utóbbi esetében elhagyja a kiszáradó medret, majd az áramlás helyreállításával visszatelepülnek (Lake 2003). Az adott válasz eltérő a szezonális kiszáradás, és a nem szerzonális (supra-seasonal) kiszáradások esetében. Az időszakos kiszáradások kiszámíthatók, általában evolúciós úton alkalmazkodtak hozzá, míg a nem időszakos kiszáradások ideje és időtartama is kiszámíthatatlan, így jóval nehezebb a hozzá való alkalmazkodás. Mind a rezisztencia, mind a reziliencia csoport-specifikus, de akár fajspecifikus is lehet (Lake 2003).

A többi kontinenshez hasonlóan az európai vízfolyások különböző paramétereire is hatással lesz a klímaváltozás, az emelkedő hőmérséklet és a csapadék mennyisége és eloszlása révén. Az emelkedő felszíni hőmérséklet hatással lesz a vizek hőmérsékletére is, ami pedig szűkítheti az alacsony hőmérsékletű és magas oxigén tartalmú vizekhez kötődő fajok számára alkalmas élőhelyeket. A legtöbb vízi szervezet egy viszonylag jól meghatározható hőmérséklettartományon belül fordul elő, amely meghatározza térbeli elterjedésüket. Az elmúlt években számos faj areája tolódott el magasabb szélességi körök felé, illetve nagyobb tengerszint feletti magasság felé a klímaváltozásnak köszönhetően (Figueroa et al. 2009).

A víz hőmérsékletében bekövetkező változások hatással lehetnek a makrogerinctelenek életciklusára is. Azokra a taxonokra, amelyek állandó vizekben fordulnak elő, és nem alkalmazkodtak a kiszáradó, időszakos vizekhez, lassú univoltin, semivoltin vagy merovoltin fejlődés jellemző, ahol a lárva lassan fejlődik a nyár folyamán,

vagy több évet vesz igénybe a fejlődése (McRoberts & Grubbs 2021). Vannak olyan taxonok is, amelyek jól alkalmazkodtak az időszakos kiszáradáshoz, ezek gyors univoltin fejlődésűek. A lárvák rövid idő alatt kibújnak a petékből és a hiporeikus zónába húzódnak vissza, ahol még található víz, itt pedig diapauza áll be a lárvális fejlődésben, addig, amíg az áramlás újra nem indul (McRoberts & Grubbs 2021). A patakok állandósága szűrőként is funkcionálhat a biodiverzitás szempontjából. A vízi makrogerinctelenek regionális elterjedését befolyásolhatja az áramlás időszakossága (McRoberts & Grubbs 2021).

A környezeti feltételekre tekinthetünk úgy, mint "szűrőkre", amelyeken a regionális fajkészletben lévő fajoknak át kell jutniuk ahhoz, hogy potenciálisan jelen lehessenek egy adott területen. Poff 1997-es munkájában négy szintet emel ki, ezek sorrendje a legdurvábbtól a legfinomabbig: vízgyűjtő szintű, szakasz szintű (habitat), mesohabitat szintű (pl. riffle/medence) és mikrohabitat szintű (pl. üledék típusa) (Poff 1997). Ezek a szintek segítenek azon szűrők azonosításában, amelyek befolyásolhatják a fajok eloszlását és a fajok gyakoriságát a tájban. A klímaváltozás hatásai minden szinten hatást gyakorolnak a vizes élőhelyekre.

I. 4. Az EPT (Ephemeroptera, Plecoptera és Trichoptera) csoport

A vízi makrogerinctelenek közül a gyakran EPT csoportnak nevezett taxon-csoportot alkotó kérészek (Ephemeroptera), álkérészek (Plecoptera) és tegzesek (Trichoptera), bár vannak kivételek, általában szűktűrűsűek számos tényezővel szemben és igen érzékenyen reagálnak az élőhelyek változásaira, a zavarás erősödésével csökken a diverzitásuk (Siegloch et al. 2016).

A kérészek a rovarok osztályának egy rendjét alkotják, megközelítőleg 3500 leírt fajjal (Salles et al. 2015). Édesvízi állatok, melyek az Antarktisz kivételével minden kontinensen megtalálhatók (Sartori és Brittain 2015). Hemimetamorfózissal fejlődnek, életciklusuknak nagy része vízben játszódik és csak kifejlett állapotban, rövid időt töltenek a vízen kívül (Sartori és Brittain 2015). A peték fejlődésének hossza a hőmérséklettől függően néhány héttől akár 10 hónapig is terjedhet. A tojás diapauzája előfordul, de nem gyakori jelenség. A lárvák növekedési ütemének fő szabályozója szintén a víz hőmérséklete (Elliott and Humpesch 1980). A lárva stádiumban a diapauzája nem jellemző, bár a növekedési sebesség télen lecsökkenhet, különösen a sarkvidéki/alpesi régiókban (Sartori és Brittain 2015). A fajok nagy részének lárvája ragadozó, néhány faj lárvája pedig az üledék

szerves anyagaival táplálkozik. A lárvák fejlődése 1-3 évig tart (Ujhelyi 1959). A kérészek fejlődésének érdekessége, hogy a vízi lárvából a kifejlett állattá váló alakulás előtt egy szárnyas, kifejlett egyed előtti állapot stádium, a szubimágó alakul ki (Sartori és Brittain 2015). Sem a szubimágó, sem az imágó nem táplálkozik (Ujhelyi 1959). A kérészek kivétel nélkül vízben fejlődnek, s mivel gyenge repülők, legtöbbször a kifejlett egyedek is a víz közelében maradnak (Ujhelyi 1959). A kifejlett kérészek repülése kizárólag a szaporodáshoz kapcsolódik, mivel nem táplálkoznak. A mérsékelt övben késő délutánra vagy napnyugta előttre tolódik (Sartori és Brittain 2015).

Az álkérészek (Plecoptera) a rovarok osztályának egy kis rendjét alkotják, 16 családdal, és jelenleg mintegy 3900 fajjal (Yanai 2022). Az Antarktisz kivételével minden kontinensen előfordulnak, bár földrészenként igen eltérő génusz és fajszámmal vannak jelen, ami ökológiai igényeikkel magyarázható. Jelenleg az álkérészek leginkább a mérsékelt övre, illetve hegyvidéki éghajlatú területekre jellemzőek, itt tapasztalható a legnagyobb diverzitás is. A Holarktikus régió tekinthető diverzitási hot-spotnak, az észak-amerikai és eurázsiai fauna a legfajgazdagabb (Fochetti & de Figueroa 2008). Az álkérészek hemimetamorfózissal fejlődnek, a lárváallapot szinte mindig vízi életmódú, és életük jelentős részét ebben a formában élik. Az utolsó vedlés előtt másznak ki a vízből. Az imágók jellemzően szárazföldi életmódúak, de mindig víz közelében fordulnak elő (Andrikovics & Murányi 2002). Bár a kifejlett állatok már rendelkeznek szárnyal, viszonylag gyenge repülők, ami diszperziós képességüknek is korlátot szab (Malmqvist 2000). A kifejlett egyedek rövid ideig élnek, a repülési időszak néhány naptól 2-4 hétig terjedhet (Andrikovics & Murányi 2002). Fejlődésüket tekintve a többségük univoltin, vagyis a lárvák fejlődése egy évet ölel fel, a nagyobb testű fajok esetében 3 évig tart (Andrikovics & Murányi 2002). Táplálkozásukat tekintve igen változatos csoportról van szó, egyes taxonok lárvái fitofágok, szerves anyaggal, gombákkal, algákkal és különféle mikroorganizmusokkal táplálkoznak, míg más csoportok lárvái ragadozók (Figueroa & López-Rodríguez 2019). A kifejlett állatok pollent, algákat, zuzmókat esznek, a nagyobb fajok imágói viszont nem táplálkoznak (DeWalt et al 2009). A vízi rendszerekben nagyon fontos szerepet töltenek be, hiszen lárváik számos más állatnak szolgálnak táplálékkul: vízi rovarok és halak fontos táplálékforrását képezik, míg az imágók ragadozói lehetnek pókok, futóbogarak és hangyák. Kora tavasszal és késő ősszel, amikor kevés rovar aktív, még jelentősebb szerepük van (Andrikovics & Murányi 2002). Az álkérészek jellemzően a jó oxigénellátottságú, hideg vizű, gyorsfolyású vízfolyásokat

kedvelik, de akadnak állóvízi fajok is. Magyarországon három csoportba sorolhatók élőhelyeik. Bár kis faj- és egyedszámban, de előfordulnak állandó hőmérsékletű forráskifolyókban (például *Nemoura cinerea* [Retzius, 1783]). Szintén kevés faj képes megélni lassú áramlású, iszapos aljzatú síkvidéki vízfolyásokban, patakokban (például *N. cinerea*). Azonban a legtöbb faj köves, kavicsos aljzatú, gyors áramlású domb- és hegyvidéki patakok lakója (Andrikovics & Murányi 2002).

A tegzesek rendje az EPT-csoportot alkotó három rend legnagyobb diverzitású, megközelítőleg 15 000 fajt számláló rendje, és az elsődlegesen vízi rovarok közül is a legfajgazdagabb csoportot képviselik (Holzenthal, Thompson & Ríos-Touma 2015). Holometabolikus fejlődésű rovarok, a lárvá az imágóvá alakulás előtt bebábozódik (Kiss 2000). A kérészekhez és az álkérészekhez hasonlóan a tegzesek életciklusának nagy része is a vízhez kötődik, csak a kifejlett állatok hagyják el a vizet. A diapauza jelensége itt is ismert, mind a tojások, mind pedig a lárvák esetében, sőt, egyes fajok imágói is nyugalmi állapotba kerülhetnek (Holzenthal, Thompson & Ríos-Touma 2015). Diapauza tojások fejlődése során történő megjelenésére példaként említhetők egyes *Anabolia*, *Chaetopteryx* és *Halesus* fajok. A diapauza bekövetkezhet a lárvastádiumban, ezzel késleltetve a metamorfózist, ilyenkor a kifejlett egyedek csak ősszel fejlődnek ki. A lárvastádium általában az életciklus leghosszabb szakasza, a fejlődés 2 hónaptól közel egy évig is eltarthat, hosszát nagymértékben befolyásolja a hőmérséklet. A legtöbbjük életciklusa univoltin, azaz egyéves (Holzenthal, Thompson & Ríos-Touma 2015). A kifejlett tegzesek nagy része képes repülni, csak néhány faj imágói szárnyatlanok. A különböző fajok kifejlett példányai fajok egyedei néhány naptól több hónapig élnek (Morse 2009). A funkcionális táplálkozási csoportok minden kategóriája előfordul. A lárvák algákkal, lebomló és élő növényi szövetekkel és más vízi gerinctelen állatokkal táplálkoznak (Morse 2009). A tegzslárvák többsége különböző formájú lakócsövet (tegezt) vagy hálót készít. A lárvák sokféle ásványi és növényi anyagból építenek tokot, az anyag típusa és a tok alakja gyakran nemzetség- vagy fajspecifikus (Morse 2009).

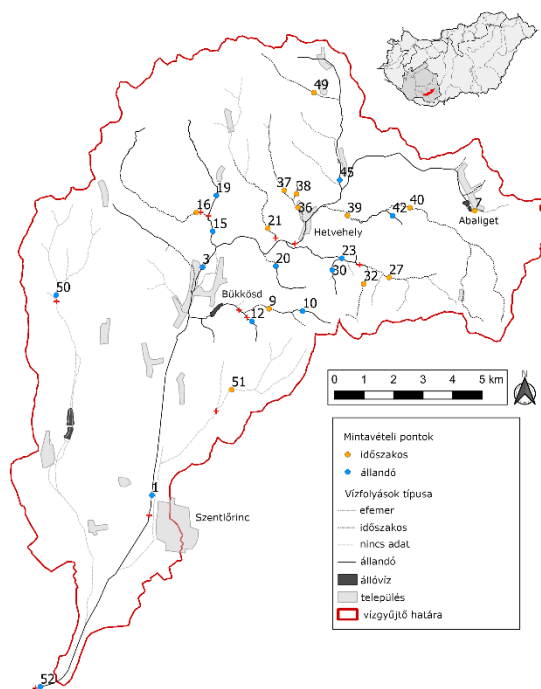
II. Célkitűzések

Kutatásunkban a hazánkban is egyre jellemzőbbé váló klímaváltozás indukálta kiszáradás EPT faunát alkotó taxonokra gyakorolt hatását vizsgáltuk. Célunk az volt, hogy összehasonlítsuk az állandó és időszakos kisvízfolyásokat az EPT-együttesek összetétele alapján. Hipotézisünk szerint a kiszáradó és állandó vízfolyások között van különbség, a kérészek, álkérészek és tegzesek jellegzetes ökológiai igényei alapján azt feltételeztük, hogy az időszakos vízfolyásokban kisebb taxon- és egyedszámban vannak jelen.

III. Módszer

III. 1. Mintavételi terület:

Vizsgálatainkat a Bükkösdi-víz vízgyűjtő területén végeztük (1. ábra). A patak főága Orfű környékén, a Nyugat-Mecsekben ered. A Bükkösdi-víz mellékágai a Nyugat-Mecsekből és a Zselicből érkeznek. Nyugati oldalról hat kisebb vízfolyás (Okorvölgyi-árok, Hétménvölgyi-árok, Gorica-mellékág, Sormás-patak, Korpád-patak) a fontosabbak, míg keleti oldalról négy vízfolyás (Petőczyi-árok, Nyáras-patak, Hetvehelyi-mellékág és Megyefai-árok) táplálja.



1. ábra: A mintavételi terület a mintavételi pontokkal.

A terület éghajlata kontinentális. Magyarország éghajlatára a földrajzi elhelyezkedéséből adódóan számos éghajlatmódosító tényező gyakorol hatást. A Mecsek hegységet a Balkán-félsziget felől mediterrán hatás éri, ami a klímaváltozásnak köszönhetően valószínűleg egyre erősödni fog, ami a vízfolyások gyakoribb és elterjedtebb kiszáradását okozhatja.

III. 2. Mintavételi módszer:

Kutatásunk az Európai Unió H2020 Kutatási és Innovációs Programjának támogatásával megvalósuló DRYvER projekt keretében történt. A projekt során a klímaváltozás indukálta kiszáradás makrogerinctelen közösségekre gyakorolt hatását vizsgáltuk különböző éghajlati területeken található vízgyűjtők esetében.

Mintavételek egy éven keresztül kéthavonta, tehát hat alkalommal (február, április, június, augusztus, október és december hónapokban) történtek. A Bükkösi-vízen és mellékágain egy kutatás során több mintavételi hely került kijelölésre, ezek közül választottunk ki 25 mintavételi helyet, melyek között voltak időszakos és állandó vízfolyások is. A vízfolyások mentén egy esettől eltekintve 50 méter hosszú szakaszokat jelöltünk ki. A BUK01 mintavételi helyen a vizsgált szakasz (Bükkösi-víz főága) nagyobb szélessége miatt 100 méteres szakasz lett kijelölve a DRYvER vizsgálatokban alkalmazott protokollnak megfelelően. A vizsgált vízfolyások közül 13 volt állandó, míg 12 vízfolyás esetében bizonyos szintű kiszáradást tapasztaltunk a mintavételt megelőző években. A mintavétel Surber-típusú mintavevővel történt, multi-habitat mintavételi elrendezésben. Utóbbi lényege, hogy vizuális felmérés után a reprezentatívnak ítélt szakaszon a részmintákat az élőhely-típusok arányának megfelelően vesszük (vö. Várbíró et al. 2015). Minden mintavételi helyen 8 almintát vettünk. Ez alól a BUK 01 nevű hely képez kivételt, ahol a 100 méteres szakaszon 16 almintát vettünk.

A mintavételek után a minták előválogatását terepen végeztük el. Az előválogatás előtt a makrogerinctelen minták térfogatát háromtagú (0,5 mm; 2 mm; 10 mm) szitasorral csökkentettük. A nagyobb méretű, a legnagyobb lyukbőségű szitán fennakadt szerves anyag (falevelek, ágak) eltávolításra került. A 2 mm lyukbőségű szita által kiszűrt törmelékből tálcán, csipesz segítségével válogattuk ki az állatokat, majd azokat jól zárható edényben, 96 %-os etil-alkoholban tartósítottuk. A legkisebb méretű állatokat, amelyek a harmadik szitán akadtak fent, a törmelékkel együtt tettük az alkoholos tárolóedénybe. A minták további

válogatása és határozása már laboratóriumban történt. Mindhárom taxon álkérészek esetében a lárvák fajszerű határozása gyakran bizonytalan, a nagyon kis méretű esetében szinte lehetetlen, ezért jelen kutatásban gényusz szűű határozást végeztünk Olympus SC50 kamerával rendelkező Leica Wild M420 mikroszkóp használatával. A kérészek határozását Boóz Bernadett, a tegzesek határozását Hárságyi Dorottya végezte, az álkérészeket én határoztam. A határozáshoz használt publikációk és határozókulcsok a következők voltak: az álkérészek határozásához Krno (2004) és Tachét (2010) munkáit használtam fel, a kérészek határozása Tachet (2010), a tegzesek határozása pedig Waringer & Wolfram (2011) és Waringer & Wolfram (2013) munkái alapján történt.

III. 3. Statisztikai elemzések:

A határozás után az egyes gényuszek egyedszámadatait MS Excel formátumban rögzítettük, majd az elemzéseket Past 4.11 (Hammer et al. 2011) illetve R 4.2.1. szoftverrel (R Development Core Team, 2022) ('labdsv, package) készítettük. Az egyedszámadatokat az eltérő alminta szám miatt 1 m²-re korrigáltuk, majd az adott helyre vonatkozó mintavételi alkalmak kiszáradások miatti eltérő számával standardizáltuk, és az így kapott korrigált egyedszámokkal dolgoztunk a statisztikai elemzések során.

A vizsgált vízfolyásokat a korábbi és a mintavételi év során tapasztalt jellemzők alapján négy csoportra osztottuk. Az állandó vízfolyásokat, amelyek egész évben áramlanak, két alcsoportra osztottuk: csatorna jellegű vízfolyásokra, mint a Bükkösi-víz főágának alsó és középső szakaszai, illetve középhegységi jellegű kisvízfolyásokra. Az időszakos vízfolyásokon belül is két alcsoportot különítettünk el. Ezek mindegyike középhegységi jellegű patak, közöttük a különbséget a kiszáradás időtartama jelentette : rövid (két hónapnál rövidebb), illetve hosszú (két hónapnál hosszabb) kiszáradási periódussal jellemezhető vizeket különítettünk el. Egy, a rövid időre kiszáradó vízfolyások közé tartozó mintavételi helyet (BUK07) külön csoportba soroltuk be, speciális helyzete miatt, ugyanis egy közvetlenül a forrás alatt található szakasról van szó, ami így a medermorfológiájában, vízhozamában és egyéb paramétereiben is eltér a többi vízfolyástól.

A taxonok számát és az egyedszámadatokat összehasonlítására Mann-Whitney tesztet végeztünk, és box-ploton ábráztuk az eredményeket. A vízfolyások EPT-

közösségeinek mintázatelemzése, az egyes típusok összetételének összehasonlítása nem-metrikus többdimenziós skálázással (NMDS), Bray-Curtis távolságmátrix alkalmazásával történt. R szoftverrel indikátor érték (IndVal) elemzést végeztünk, azt vizsgálva, hogy az adott vízfolyás-típusok és a vizsgált taxonok között kimutatható-e valamilyen kapcsolat.

IV. Eredmények:

IV. 1. Taxon és egyedszámok

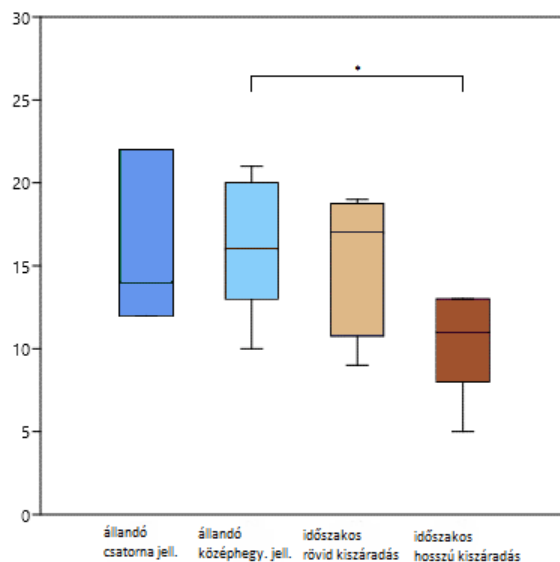
A mintavételek során összesen 38, az EPT csoportba tartozó génusz 147 000 egyedét gyűjtöttük és határoztuk meg.

A kérészeket 10 génuszba sorolható 16 865 egyed képviselte. A legnagyobb egyedszámot a *Habrophlebia* (7590 egyed, 45%), a *Baetis* (1955 egyed, 11,6%), az *Electrogena* (1709 egyed, 10%), az *Ephemera* (1394 egyed, 8%) és a *Siphonurus* (774 egyed, 4,5%) génuszok képviselték. Ennek az öt nemzetségnek a tagjai tették ki az összes egyedszám majdnem 80%-át. Ugyanakkor akadtak olyan taxonok is (pl.: *Caenis* sp.) amelyek csak néhány egyeddel képviseltették magukat az általunk vizsgált vízfolyások esetében.

A mennyiségi mintavételek alkalmával összesen 4 álkérész génusz 18 331 egyedét sikerült gyűjtenünk, ezek a *Nemoura*, az *Amphinemura*, az *Isoperla* illetve a *Capnia* génuszba tartoztak. A különböző taxonok relatív gyakorisága az alábbi volt: *Nemoura* 80,639%, *Capnia* 12,574%, *Isoperla* 3,453%, *Amphinemura* 3,333%. A domináns taxonnak a *Nemoura* sp. bizonyult, a többi csoport aránya jóval kisebb volt. Néhány mintavételi hely esetében azonban lokálisan más taxonok voltak dominánsak. Az *Isoperla* génusz sehol sem került elő nagyobb egyedszámban, sehol nem volt domináns. Két helyen kiugró összesített egyedszámot tapasztaltunk, a BUK 39 esetében 2047 darab, míg BUK 40 esetében 5585 darab, a *Nemoura* génuszba tartozó egyedet gyűjtöttünk.

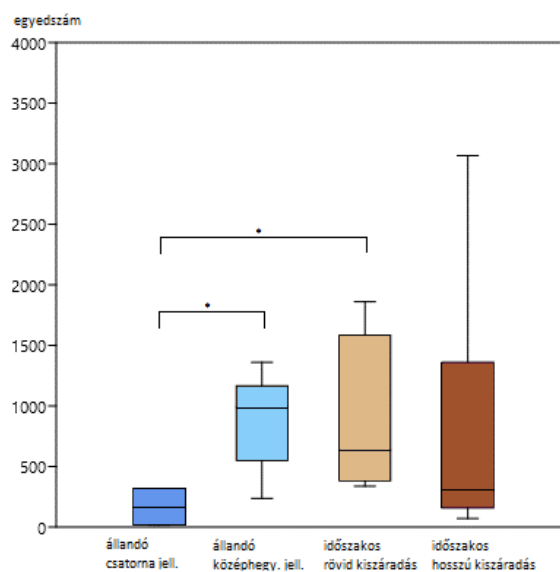
Mintavételeink során 5450 tegzes egyedet gyűjtöttünk, melyek között 24 génusz egyedeit határoztuk meg. A legnagyobb egyedszámú génusz a *Limnephilus* (1440 egyed, 26,4%), a *Chaetopteryx* (1035 egyed, 18,9%) és a *Glyphothaelius* (900 egyed, 16,5%) voltak, amelyek a teljes egyedszám több, mint 60%-át tették ki.

IV. 2. Összehasonlítások az élőlényegyüttesek szerkezeti jellemzői alapján



2. ábra: A vízfolyás típusok összehasonlítása a taxonszám alapján (*-gal jelöltük a szignifikáns eltéréseket.)

A taxonszám alapján (2. ábra) szignifikáns különbség ($p=0,0094$) az állandó és a hosszú időre kiszáradó középhegységi jellegű vízfolyások között volt. Az átlagos taxonszám a kiszáradó patakokban alacsonyabb volt, mint az állandóakban.



3. ábra: A vízfolyás típusok összehasonlítása az EPT-csoportba tartozó makrogerinctelenek egyedszáma alapján (*-gal jelöltük a szignifikáns eltéréseket.)

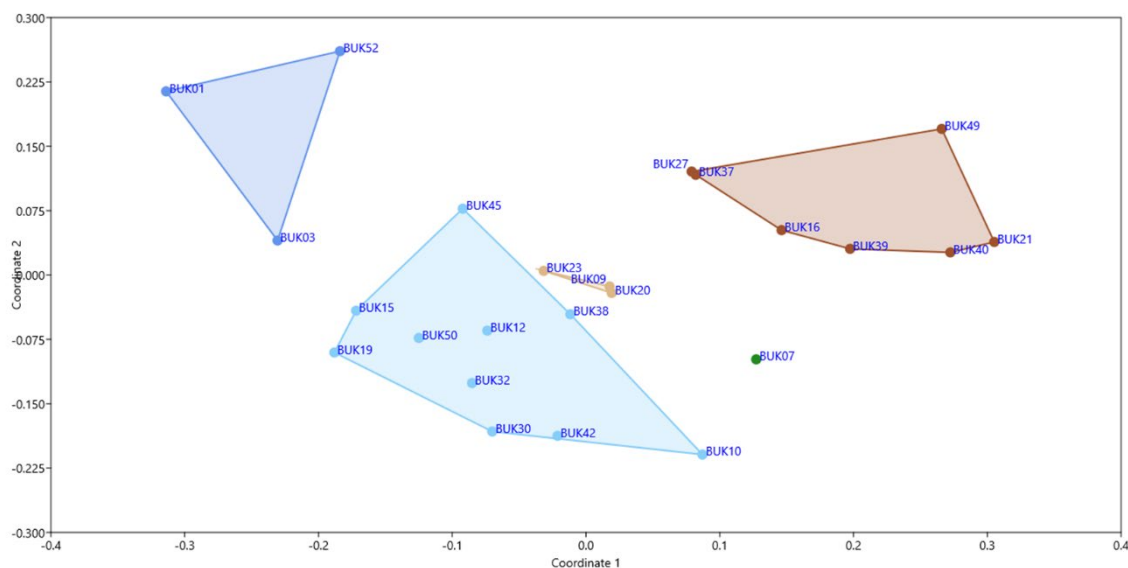
Az egyedszám tekintetében (3. ábra) a csatorna jellegű vízfolyások szignifikánsan különböznek az állandó ($p=0,02249$) és a rövid időre kiszáradó ($p=0,05183$) középhegységi patakoktól.

Az indikátor-érték elemzés eredményei (4. ábra) alapján három tegzes génusz (*Mystacides*, *Anabolia*, *Hydropsyche*) mutatott kapcsolatot az állandó, csatorna jellegű vízfolyásokkal. Az *Ephemera* kérészek és a középhegységi jellegű állandó vízfolyások között is erős kapcsolatot mutatott az elemzés. Voltak olyan taxonok is, amelyek valamely időszakos vízfolyás típussal mutattak kapcsolatot. Ilyen volt az *Amphinemura* génusz a rövid időre kiszáradó, míg a *Stenophylax* és a *Siphonurus* génusz a hosszú időre kiszáradó vízfolyásokkal való kapcsolata.

1. táblázat: Indikátor-érték elemzés

	csoport	indikátor érték	p-érték
<i>Mystacides sp.</i>	állandó, csatorna jellegű vízfolyások	1,000	0,001
<i>Anabolia sp.</i>		0,935	0,002
<i>Hydropsyche sp.</i>		0,935	0,043
<i>Ephemera sp.</i>	állandó, középhegységi jellegű vízfolyások	0,861	0,016
<i>Amphinemura sp.</i>	időszakos, középhegységi jellegű vízfolyások, rövid kiszáradási idő	0,987	0,024
<i>Stenophylax sp.</i>	időszakos, középhegységi jellegű vízfolyások, hosszú kiszáradási idő	0,954	0,001
<i>Siphonurus sp.</i>		0,879	0,001

Az NMDS szórásdiagrammja alapján jól láthatóan elkülönültek a különböző típusú vízfolyások az EPT-közösségek mennyiségi viszonyai alapján (5. ábra). Az ábrán a középhegységi jellegű állandó, illetve rövid időre kiszáradó vízfolyások pontthalmaza között ugyan nincs átfedés, de közel helyezkednek el egymáshoz. Az állandó, csatorna jellegű vízfolyások és a középhegységi jellegű, hosszú ideig kiszáradt vízfolyások ugyanakkor határozottan elkülönülnek a többi típustól.



4. ábra: A mintavételi helyek ordinációja (NMDS, Bray-Curtis távolságmátrix) az EPT-élőlényegyüttesek mennyiségi viszonyai alapján jól mutatja a két fő típus és a 2-2 altípus elválását egymástól. (Színkód: sötétkék: állandó, csatorna jellegű vízfolyások; világoskék: állandó, középhegységi jellegű vízfolyások; világosbarna: időszakos, középhegységi jellegű vízfolyások (rövid idejű kiszáradás); sötétbarna: időszakos, középhegységi jellegű vízfolyások (hosszú idejű kiszáradás)).

V. Diszkusszió:

Kutatásunk során állandó és időszakos vízfolyások EPT-közösségeit hasonlítottuk össze, eredményeink alapján pedig elmondható, annak ellenére, hogy Magyarországon a korábban állandó vízfolyások klímaváltozás általi kiszáradása rövid múltra tekint vissza, mégis mutatható ki különbség a fent említett vízfolyások között.

A taxonszámok összehasonlítása esetében (2. ábra) eredményeink más kutatások eredményeivel hasonlónak bizonyultak, szembetűnő a hosszú időre kiszáradó középhegységi vízfolyásokra jellemző alacsony taxonszám, ami szignifikánsan különbözik a középhegységi jellegű, állandó vízfolyásokban tapasztalható taxonszámtól. Miller és Gollady az Egyesült Államokban vizsgálták a makrogerinctelen-közösségek diverzitását vízfolyásokban, ahol az eredményeinkkel egybevágó eredményeket kaptak, amelyeket azzal magyaráztak, hogy a vízfolyás kiszáradása megakadályozza az áramlást igénylő taxonokat életciklusuk befejezésében, így csak azok maradnak a kiszáradó vízfolyásban, amelyek sajátos életmenet stratégiával képesek átvészelni a kiszáradást (Miller & Gollady 1996). Franciaországban az

Albarine folyó esetében az EPT-csoport alapján hasonlították össze a folyó időszakos és állandó szakaszait, ahol a folyó kiszáradó szakaszain alacsonyabb taxondiverzitást tapasztaltak (Crabot et al. 2021). Ugyanakkor a rövid időre kiszáradó vízfolyások már nem különböznek szignifikánsan az állandó vízfolyásoktól. Bogan és munkatársai kutatásukban, mely során a két vízfolyástípus közötti különbségekről számolnak be, mind egyedszám, mind taxonszám tekintetében, kiemelik, hogy mennyire fontos figyelembe venni a kiszáradás időtartamát, hiszen az jelentősen befolyásolhatja az időszakos vizek fajkompozícióját.

Egyedszám tekintetében a csatorna jellegű vízfolyások szignifikánsan különböznek az állandó és a rövid időre kiszáradó középhegységi patakoktól (3. ábra). A csatorna jellegű vízfolyás esetében tapasztalható alacsony egyedszám valószínűleg a vizsgált taxonok élőhelyigényével magyarázható. A Bükkösi-víz főágát, amelyre lassú áramlás jellemző, a vizsgált szakaszokon mezőgazdasági területek övezik, ami valószínűleg az érzékenyebb taxonok szempontjából hátrányosan érinti a vízminőséget. A hosszú időre kiszáradó vízfolyásokra jellemző alacsony egyedszám korábbi kutatások eredményeivel egybevág. Franciaországi vizsgálatok során az EPT-csoportba tartozó taxonok relatív abundanciája alacsonyabb volt a kiszáradó szakaszokon (Datry et al. 2013). Észak-amerikai állandó és időszakos vízfolyások makrogerinctelen együtteseit összehasonlítva szintén hasonló eredményeket tapasztaltak, mind a diverzitás, mind a denzitás tekintetében alacsonyabb értékek jellemezték az időszakos vízfolyásokat (del Rosario & Resh 2000). Ugyanakkor a vízi makrogerinctelenek számos csoportjára, így a kutatásunk során vizsgált taxonokra is jellemzők túlélési stratégiák, amelyek segítségével át tudják vészelni a száraz időszakokat. Ezek lehetnek menedékek a meder különböző részein (medencék, üledék stb.) vagy viselkedési formák (diszperzió, drift stb.) (Robson et al. 2011). A kiszáradó vízfolyásoknál megfigyelhető kiugró értékekre a kiszáradó mederben fennmaradó medencék magyarázatul szolgálhatnak, ugyanis egyes gerinctelen taxonok képesek a medencékben túlélni az áramlás helyreállásáig. Miller és Golladay 1996-os publikációjában számolt be arról, hogy az áramlás megszűnése után a medencékben a denzitás jelentős növekedését tapasztalták (Miller & Golladay 1996). A medencék refúgiumként való használata mind a kérészekre, állkérészekre és tegzesekre is jellemző (Robson et al. 2011). A kiugró egyedszámokra egy másik stratégia is magyarázatul szolgálhat. Egyes taxonok az életciklus módosításával vészelik át a száraz időszakot. A lárvális diapauza vagy a tojások nyugalmi állapota késlelteti

a fejlődést, ami ennek köszönhetően a kedvező körülmények esetén fejeződik be (Sandberg & Stewart 2004). A mintavételek során két alkalommal nagy egyedszámú álkérészt gyűjtöttünk, ami valószínűleg a kiszáradást átvészelő tojásoknak köszönhető, amelyekből az áramlás helyreállása után kelhettek ki a lárvák.

Egyes tanulmányok szignifikánsan nagyobb diverzitást tapasztaltak az állandó vizekben, mint az időszakosakban, míg mások csak kis különbsége tapasztaltak, vagy egyáltalán nem mutattak ki szignifikáns különbséget (Bogan et al. 2013). Ezek a különbségek adódhatnak az alkalmazott módszerek különbözőségéből is. Egy másik befolyásoló tényező lehet, hogy a nehéz és bizonytalan határozhatóság miatt egyes taxonok esetében csak család, vagy akár rend szintű határozás történik (Bogan et al. 2013). Számos olyan csoportot találunk azonban, ahol családon vagy renden belül nagyon változatos ökológiai igényű taxonok találhatók: vannak az állandó vizekhez kötődő fajok, de akadnak a szárazsághoz alkalmazkodott taxonok is. A nem megfelelő taxonómiai felbontás ezeket a különbségeket elfedi, így nem minden esetben lehet jól látható különbségeket kimutatni a vízfolyásokra jellemző közösségek között (Bogan et al. 2013). Ez a probléma az álkérészeknél is fennáll, hiszen a lárvák fajsztípusú határozása sokszor nagyon bizonytalan. A Mecsekben azonban a vizsgált génuszokat csak néhány faj képviseli (Kovács 2009; Szivák et al. 2010), így valószínűleg a fajsztípusú határozás hiánya nagymértékben nem befolyásolta az eredményeinket.

Az indikátor-érték elemzés (4. ábra) alapján az állandó, csatorna jellegű vízfolyásokhoz kötődő *Mystacides*, az *Anabolia* és a *Hydropsyche* génusz fajai igénylik a folyamatos áramlást, illetve az állandó vizű vízfolyások közül is a széles, mélyebb kisvízfolyásokra jellemzőek, így nem meglepő, hogy az indikátor-érték elemzés során mind a három taxon esetében nagy indikátor értéket kaptunk (1,000; 0,935; 0,935). Az *Ephemera* kérészek jellemzően gyors folyású, domb-és hegyvidéki, jó oxigénellátottságú patakokban fordulnak elő, így ebben az esetben is érthető a magas érték (0,8621). Egyes taxonok időszakos vízfolyásokkal mutattak kötődést. Az *Amphinemura* génusz a rövid időre kiszáradó vízfolyásokkal erős kapcsolatot mutatott (0,987). A mintavételi területen megtalálható *Amphinemura* fajra, az *A. standfussiana* jellemző a tojások diapauzája, amely a száraz időszak átvészelésére lehetőséget adó jelenség a fejlődés során. A szárazságtűrő tojások több álkérészfaj mellett (Bogan et al. 2013) egyes kérészfajoknál is megtalálhatók

(Robson et al. 2011). A *Stenophylax* nemzetségbe tartozó tegzesfajok fejlődésére jellemző, hogy az imágók nyáron fejlődnek ki, és a száraz periódusban nyugalmi állapotba kerülnek és ősszel válnak újra aktívá. Ebben az esetben azonban nem a vízfolyások kiszáradásához való alkalmazkodásról van szó, hiszen ezen tegzesek életciklusa állandó vízfolyásokban is ebben a formában játszódik le. Ezzel szemben a *Siphonurus* génuszba tartozó kérészek lárvái a vízfolyások kiszáradásakor a nedves üledékben élik túl az áramlás megszűnését.

Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy az általunk vizsgált állandó és időszakos vízfolyások az EPT-közösségek alapján különböztek a vizsgált paraméterek tekintetében. Magyarországon az eddig állandó vízfolyások klímaváltozás általi kiszáradása csak a közel múlt óta tapasztalható jelenség, de a jövőben a kiszáradások gyakoriságának és hosszának növekedésével valószínűleg sokkal határozottabb különbségek lesznek detektálhatók. A globális klímaváltozás hatására a jövőben a vízfolyások kiszáradása, időszakossá válása egyre gyakoribbá váló jelenség lesz, ezért mindenképpen aktuálisak az erre irányuló kutatások, hogy a lehető legpontosabban megismerhessük e folyamatot és következményeit.

VI. Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti Csabai Zoltánt, témavezetőmet, Szloboda Anitát, az egyetem PhD hallgatóját, társtémavezetőmet, illetve Boóz Bernadett és Hárságyi Dorottya PhD hallgatókat akik segítségükkel hozzájárultak munkám sikerességéhez.

Munkánkat az Európai Unió H2020 Kutatási és Innovációs Programjának keretében a DRYvER projekt (No. 869226) támogatta (<http://www.dryver.eu/>).

VII. Irodalomjegyzék

- Andrikovics, S. & Murányi, D. (2001): A checklist of stoneflies with remarks of published, undocumented species and two species new to the Hungarian fauna (Insecta: Plecoptera). *Folia entomologia hungarica*, 62, 23-35.
- Andrikovics, S. & Murányi, D. (2002). *Az Álkérészek (Plecoptera) kishatározója*. Környezetgazdálkodási Intézet.
- Bartholy, J. & Pongrácz, R. (Eds.) (2013). *Klimaváltozás*. Eötvös Lóránd Tudományegyetem. (pp. 1-70).
- Bogan, M. T., Boersma, K. S., & Lytle, D. A. (2013). Flow intermittency alters longitudinal patterns of invertebrate diversity and assemblage composition in an arid-land stream network. *Freshwater Biology*, 58(5), 1016-1028. <https://doi.org/10.1111/fwb.12105>
- Clarke, A., MacNally, R., Bond, N., & Lake, P. S. (2008). Macroinvertebrate diversity in Headwater Streams: A Review. *Freshwater Biology*, 53(9), 1707–1721. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02041.x>
- Crabot, J., Dolédec, S., Forcellini, M., & Datry, T. (2021). Efficiency of invertebrate-based bioassessment for evaluating the ecological status of streams along a gradient of flow intermittence. *Ecological Indicators*, 133, 108-440. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108440>
- Datry, T., Bonada, N. & Boulton, A. J. (2017). General Introduction. In Datry, T., Bonada, N. & Boulton, A. J. (Eds.), *Intermittent rivers and ephemeral streams*. Ecology and Management (pp. 1-20). Elsevier Academic Press.
- Datry, T., Larned, S. T., & Tockner, K. (2014). Intermittent rivers: A challenge for Freshwater Ecology. *BioScience*, 64(3), 229-235. <https://doi.org/10.1093/biosci/bit027>
- Datry, T., Larned, S. T., Fritz, K. M., Bogan, M. T., Wood, P. J., Meyer, E. I., & Santos, A. N. (2013). Broad-scale patterns of invertebrate richness and community composition in temporary rivers: Effects of flow intermittence. *Ecography*, 37(1), 94–104. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.00287.x>
- del Rosario, R. B. & Resh, V. H. (2000). Invertebrates in intermittent and perennial streams: Is the hyporheic zone a refuge from drying? *Journal of the North American Benthological Society*, 19(4), 680-696. <https://doi.org/10.2307/1468126>
- DeWalt, R. E., Kondratieff, B. C., Sandberg, J. B. (2009). Order Plecoptera. In Thorp, J. H. Rogers, D. C. (Eds.) *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. (pp. 933-949).
- Elliott, J. M. (1967). The life histories and drifting of the plecoptera and Ephemeroptera in a Dartmoor Stream. *The Journal of Animal Ecology*, 36(2), 343. <https://doi.org/10.2307/2918>

- Fochetti, R., & de Figueroa, J. M. (2008). Global diversity of stoneflies (Plecoptera; Insecta) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 365–377. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_39
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p.
- Herbst, D. B., Cooper, S. D., Medhurst, R. B., Wiseman, S. W., & Hunsaker, C. T. (2019). Drought ecohydrology alters the structure and function of benthic invertebrate communities in mountain streams. *Freshwater Biology*, 64(5), 886–902. <https://doi.org/10.1111/fwb.13270>
- Holzenthal, R. W., Thomson, R. E., & Ríos-Touma, B. (2015). Order trichoptera. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates, 965–1002. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385026-3.00038-3>
- Houghton, J. (2005). Global warming. *Reports on Progress in Physics*, 68(6), 1343–1403. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/68/6/r02>
- Kiss, O. (2000). A tegzesek szaporodása. *Folia historico naturalia musei matraensis* 24: 95–102.
- Krno, Il'ja. (2004). Nemouridae (Plecoptera) of Slovakia: autecology and distribution, morphology of nymphs. *Entomological Problems*. 34, 125–138.
- Lake, P. S. (2003). Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology*, 48(7), 1161–1172. <https://doi.org/10.1046/j.13652427.2003.01086.x>
- López-Rodríguez, M. J., Peralta-Maraver, I., Gaetani, B., Sainz-Cantero, C. E., Fochetti, R., & de Figueroa, J. M. (2012). Diversity Patterns and food web structure in a Mediterranean intermittent stream. *International Review of Hydrobiology*, 97(6), 485–496. <https://doi.org/10.1002/iroh.201201541>
- Malmqvist, B. (2000). How does wing length relate to distribution patterns of stoneflies (Plecoptera) and Mayflies (ephemeroptera)? *Biological Conservation*, 93(2), 271–276. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(99\)00139-1](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(99)00139-1)
- Márfy, J. & Rácz, Z. (2013). A jégkorszakok rejtélyei. *A Természet Világa*, 2, 77–81.
- McRoberts, T., & Grubbs, S. (2021). Effects of stream permanence on Stonefly (Insecta, Plecoptera) community structure at Mammoth Cave National Park, Kentucky, USA. *Biodiversity Data Journal*, 9. <https://doi.org/10.3897/bdj.9.e62242>
- Messenger, M. L., Lehner, B., Cockburn, C., Lamouroux, N., Pella, H., Snelder, T., Tockner, K., Trautmann, T., Watt, C., & Datry, T. (2021). Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature*, 594(7863), 391–397. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03565-5>
- Miller, A. M., & Golladay, S. W. (1996). Effects of spates and drying on macroinvertebrate assemblages of an intermittent and a perennial Prairie Stream. *Journal of the North American Benthological Society*, 15(4), 670–689. <https://doi.org/10.2307/1467815>

Morse, J. C. 2009. Trichoptera (caddisflies). Pages 1015-1020 in V.H. Resh and R.T. Cardé (editors), *Encyclopedia of Insects*, 2nd edition. Academic Press, New York.

Novais, M. H., Morales, E. A., Penha, A. M., Potes, M., Bouchez, A., Barthès, A., Costa, M. J., Salgado, R., Santos, J., & Morais, M. (2020). Benthic diatom community dynamics in Mediterranean intermittent streams: Effects of water availability and their potential as indicators of dry-phase ecological status. *Science of The Total Environment*, 719, 137462. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137462>

Peszek, Ł., Zgrundo, A., Noga, T., Kochman-Kędziora, N., Poradowska, A., Rybak, M., Puchalski, C., & Lee, J. (2021). The influence of drought on diatom assemblages in a temperate climate zone: A case study from the Carpathian Mountains, Poland. *Ecological Indicators*, 125, 107579. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107579>

Poff, N. L. (1997). Landscape filters and species traits: Towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(2), 391–409. <https://doi.org/10.2307/1468026>

R Development Core Team (2010). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <<http://www.R-project.org>> 14 October 2011

Robson, B. J. , Chester, E. T. , & Austin, C. M. (2011). Why life history information matters: Drought refuges and macroinvertebrate persistence in non-perennial streams subject to a drier climate. *Marine and Freshwater Research*, 62, 801–810. <https://doi.org/10.1071/MF10062>

Salles, F. F., Domínguez, E., Molineri, C., Boldrini, R., Nieto, C., & Dias, L. G. (2018). Order ephemeroptera. Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates*, 61–117. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804223-6.00003-2>

Sárfalvi, B. & Bernek, Á. (1992). *Humánökológia*. Eötvös Lóránd Tudományegyetem. (pp. 313-315).

Sartori, M., & Brittain, J. E. (2015). Order ephemeroptera. Thorp and Covich's *Freshwater Invertebrates*, 873–891. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-385026-3.00034-6>

Skoulidakis, N. T., Sabater, S., Datry, T., Morais, M. M., Buffagni, A., Dörflinger, G., Zogaris, S., del Mar Sánchez-Montoya, M., Bonada, N., Kalogianni, E., Rosado, J., Vardakas, L., De Girolamo, A. M., & Tockner, K. (2017). Non-perennial Mediterranean rivers in Europe: Status, pressures, and challenges for research and Management. *Science of The Total Environment*, 577, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.147>

Snadberg, J. B. & Stewart, K. W. (2004). Capacity for Extended Egg Diapause in Six Isogenoides Klapálek Species (Plecoptera: Perlodidae). *Transactions of the American Entomological Society*, 130 (4), 411-423.

- Straka, M., Polášek, M., Csabai, Z., Zweidick, O., Graf, W., Meyer, E. I., Mišíková Elexová, E., Lešťáková, M., & Pařil, P. (2021). Stream drying bioindication in Central Europe: A biodrought index accuracy assessment. *Ecological Indicators*, 130, 108045. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108045>
- Strayer, D. L. (2006). Challenges for freshwater invertebrate conservation. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(2), 271–287. [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[271:cffic\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[271:cffic]2.0.co;2)
- Stubbington, R., England, J., Wood, P. J., & Sefton, C. E. M. (2017). Temporary streams in temperate zones: Recognizing, monitoring and restoring transitional aquatic terrestrial ecosystems. *WIREs Water*, 4(4) 1223. <https://doi.org/10.1002/wat2.1223>
- Szivák, I., Deák, Cs., Kálmán, Z., Soós, N., Mauchart, P., Lökkös, A., Rozner, Gy., Móra, A., & Csabai, Z. (2010). Contribution to the aquatic macroinvertebrate fauna of the Mountains Mecsek with the first record of *Limnius opacus* P. J. W. Müller, 1806 in Hungary. *Acta Biologia Debrecina Supplementum Oecologica Hungarica*. 21, 197-222.
- Tachet, H., Bournaud, M., Richoux, P., & Usseglio-Polatera, P. (2010). Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. Paris: CNRS Editions.
- Tierno de Figueroa, J. M., & López-Rodríguez, M. J. (2019). Trophic ecology of Plecoptera (Insecta): A Review. *The European Zoological Journal*, 86(1), 79-102. <https://doi.org/10.1080/24750263.2019.1592251>
- Tierno de Figueroa, J. M., López-Rodríguez, M. J., Lorenz, A., Graf, W., Schmidt-Kloiber, A., & Hering, D. (2009). Vulnerable taxa of European Plecoptera (Insecta) in the context of climate change. *Biodiversity and Conservation*, 19(5), 1269-1277. <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9753-9>
- Ujhelyi, S. (1959) Kérészek = Ephemeroptera. Magyarország állatvilága - Fauna Hungariae, 5 (49). Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Várbíró, G., Boda, P., Csányi, B., Szekeres, J. (2015) Módszertani útmutató a makroszkopikus vízi gerinctelenek élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és feldolgozásához. MTA Ökológiai Kutatóközpont
- Waringer, J., & Graf, W. (2013). Key and bibliography of the genera of European Trichoptera larvae. *Zootaxa*, 3640(2), 101–151. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3640.2.1>
- Waringer, J., & Graf, W. (2011). Atlas der Mitteleuropäischen Kocherfliegenlarven = Atlas of Central european Trichoptera larvae. E. Mauch.
- Yanai, Z. (2022). The stoneflies (Insecta: Plecoptera) of Israel: Past, present, future...? *Diversity*, 14(2), 80. <https://doi.org/10.3390/d14020080>
- Ziglio, G., Siligardi, M., & Flaim, G. (2006). Biological monitoring of Rivers. Water Quality Measurements. <https://doi.org/10.1002/0470863781>

VIII. Mellékletek

A. melléklet: A Bükkösdi-víz vízgyűjtőjének területén található mintavételi helyek kódja, neve és a vízfolyás típusa

Mintavételi hely kódja	Mintavételi hely neve	Vízfolyás típusa
BUK 01	Bükkösdi 01	állandó
BUK 03	Bükkösdi 03	állandó
BUK 07	Bükkösdi 07	időszakos
BUK 09	Megyefai 02	időszakos
BUK 10	Megyefai 03	állandó
BUK 12	Megyefai 05	állandó
BUK 15	Sormás 01	állandó
BUK 16	Sormás 02	időszakos
BUK 19	Gorica 01	állandó
BUK 20	Noname 4434	állandó
BUK 21	Kani 01	időszakos
BUK 23	Petőczy 02	állandó
BUK 27	Petőczy 06	időszakos
BUK 30	Petőczy 09	állandó
BUK 32	Petőczy 11	időszakos
BUK 36	Hétménvölgyi 01	időszakos
BUK 37	Hétménvölgyi 02	időszakos
BUK 38	Hétménvölgyi 03	időszakos
BUK 39	Nyáras 01	időszakos
BUK 40	Nyáras 02	időszakos
BUK 42	Nyáras 04	állandó
BUK 45	Okorvölgyi 02	állandó
BUK 49	Szentkatalini 01	időszakos
BUK 50	Sándor 01	állandó
BUK 52	Okor 01	állandó