

## **Mi történik a vízbe hulló avarral?**

*Az évenkénti lombhullás biztosítja az erdei patakok külső szervesanyag-igényét, mely fontos energiaforrás a kisvízfolyásokban. A behulló avar mennyisége jelentősen eltérhet attól függően, hogy milyen a patak menti növényzet. A lehulló növényi részek legnagyobb részét a levelek teszik ki, ezért az avarlebomlás fontos része az ökoszisztéma<sup>1</sup> összefüggéseinek. A folyamat vizsgálata segít a biodiverzitás<sup>2</sup> megismerésében. A biológiai sokféleség<sup>3</sup> napjainkban csökken, melynek okai lehetnek az erős emberi behatás, valamint a klímaváltozás, mely a különböző ökoszisztémákat éri. Erdei patakokban és az egyéb vizes élőhelyeken az avar lebomlása központi folyamat, melynek lefolyása függ a biológiai sokféleségtől. Így az avarlebomlás folyamatának vizsgálata fontos információkat szolgáltathat számunkra az adott víztest állapotáról.*

### **Mi a vízbe hulló avar sorsa?**

**É**lvizeinkben a természetes eredetű szerves anyag két fő forrásból származhat: (1) autochton forrásból, ami a vízben lezajló fotoszintetikus termelési folyamatokból származó szerves anyag, (2) allochton forrásból, melynek az eredete vízparti erdő (Dobson és Frid, 1998). A mérsékeltövi erdőkben évenként lehulló avar biztosítja az alsóbbrendű patakok allochton szervesanyag-igényét. A lehulló szárazavar-mennyiség négyzetméterenként akár több 100 grammot is elérheti (Hill és Webster, 1983). Azonban a behulló avar mennyisége több tényező függvénye (például növényzet, talaj típus, fák kora) (Hernandez, Gallardo és Santa Regina, 1992), és függ a patak jellemzőitől. A levelek mellett levéltöredékek, virágos növényi részek, kéregdarabok, termések, ágak, galy-lyak, tobozok és egyéb növényi részek is lehetnek (Benfield, 1997).

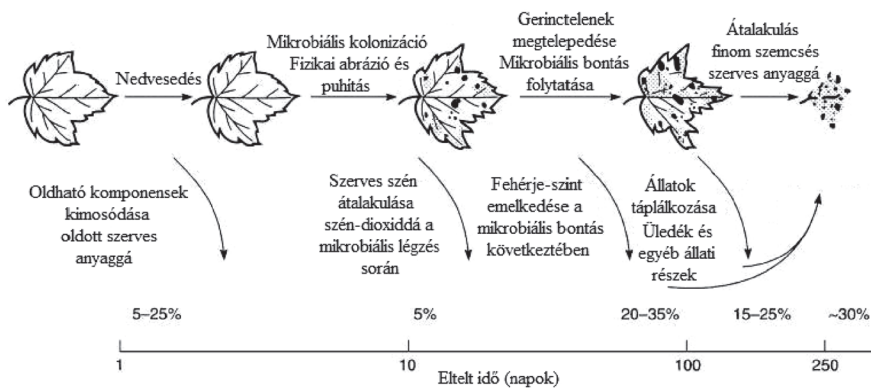
A vízbe hulló avar mennyiségét egy egyszerű módszerrel meghatározhatjuk. Ehhez a patak fölé és partjára kihelyezett úgynevezett avarcsapdákat kell alkalmaznunk.

Ezek nem mások, mint egy egyszerű fém- vagy fakeretre erősített zsákok, amik könnyedén átengedik a vizet. A csapdákból 10 darabot egy adott hosszúságú patakszakaszra véletlenszerűen kihelyezünk, majd a keret méretének és a patakmeder területének ismeretében kiszámítható az éves avarbehullás a patak egy négyzetméterére vonatkoztatva. Általában levelek alkotják a behulló növényi részek legnagyobb részét, ami 41–98 százalék lehet (Abelho, 2001).

Felmerülhet bennünk a kérdés, hogy mi történik akkor, ha túl sok avar hullik a patakba? Hogyan tud ez lebomlani? A vízbe hulló avar lebontása létfontosságú folyamat, így kutatása is fontos (Abelho, 2001; Gessner, 2001; Bärlocher, 2005; Graça és Canhoto, 2006). Az avar lebomlása egy többlépcsős, nagyon bonyolult és időigényes folyamat, melyet több fázisra oszthatunk (1. ábra).



1. kép. Patakmeder fölé (a) és partjára (b) kihelyezett avarcsapdák

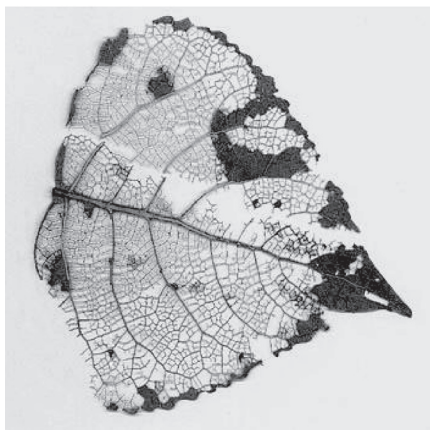


1. ábra. Avarlebonlás folyamata

Miután a levél behullik a patak medrébe, száraz tömegének maximum 25 százalékát elveszíti vízoldható vegyületeinek (például vízoldható szénhidrátok, aminosavak) kioldásakor a vízi környezetben eltöltött első 24 óra alatt (*Webster és Benfield, 1986*).

Ezt a kioldási szakaszt követi a mikrobiális lebontás<sup>4</sup>, melyet elsősorban gombák, majd később növekvő arányban a baktériumok végeznek. A vízbe került avar a hideg, téli hónapok alatt bomlik intenzíven. Ennek az a magyarázata, hogy a vízigombák jobban preferálják a hideg időszakokat (az optimumuk kevesebb, mint 20 °C [*Ingold, 1975*]), szemben a talajban megtalálható szaprofita<sup>5</sup> gombákkal, amelyek a nyári meleg hónapokban aktívak, s ekkor a legnagyobb az avarbőség is. A levéllemez struktúrájában a folyamat során történnek meg a főbb változások. A biotikus bontást végző gombák ekkor olyan enzimeket választanak ki, melyek képesek hidrolizálni a cellulózt, pektint, kitint és további nehezen emészthető vegyületet, és hozzáférhetővé teszik azokat egyéb élőlények számára (*Suberkropp és Klug, 1976; Suberkropp, 1998*). Nagy különbségek adódhatnak az egyes fafajok leveleinek lebomlási sebessége közt, függően a levél kémiai összetételétől és szerkezetétől. Ebben a szakaszban látványos változás következik be a levél szerkezetében, amit már szabad szemmel is könnyen észrevehetünk. A mikroorganizmusok megtelepedése a leveleken felgyorsítja az avar mineralizációját, javítja a táplálék minőségét és feldolgozhatóságát az aprító szervezetek számára.

Az aprító makrogerinctelen szervezetek apró darabokra szagatják a levéllemezket, főként a levél érhálózata közötti részeket (2. ábra).



2. ábra. Aprító makrogerinctelenek  
tevékenységének nyoma

A levelek kémiai összetétele eltérő, ezért egyes avartípusok könnyebben, míg mások nehezebben apríthatók. Korábbi vizsgálatok igazolták, hogy a magas tápelem-tartalmú levelek gyorsabb degradáción mennek keresztül, mint azok, melyekben ez a szint alacsony (Allan, 1995). Általában a gyors növekedésű fajok avarja alacsony szén (C): nitrogén (N) és szén (C): foszfor (P) aránnyal, alacsony rosttartalommal rendelkezik és gyors lebontási rátával jellemezhetőek (Enriquez, Duarte és Sand-Jensen, 1993; Wrubleski, Murkin, van der Valk és Nelson, 1997). Egyéb komponensek, mint például a lignin, tannin, fehérjék, lipidek is hatással vannak a folyamatra, lassítják azt (Suberkropp és Klug, 1976). A mikrobiális kolonizációval és az aprító szervezetek megtelepedésével

párhuzamosan a levelek fizikai aprózódása is megfigyelhető, azonban a lebomlás ezen szakasza nehezen különíthető el az aprítók tevékenységétől (Bärlocher, 1992; Schädler és Brandl, 2005).

A makrogerinctelen szervezeteket táplálkozásuk alapján funkcionális táplálkozási csoportokba<sup>6</sup> tudjuk sorolni (például aprító, szűrőgető, ragadozó, legelő szervezetek). Ezen funkcionalitási mutatók használata fontos, hiszen ezek segítségével ökológiai állapotot tudunk becsülni, mely megmutatja az ökoszisztéma „egészségét”.

### Az avarlebomlás vizsgálatának módszerei

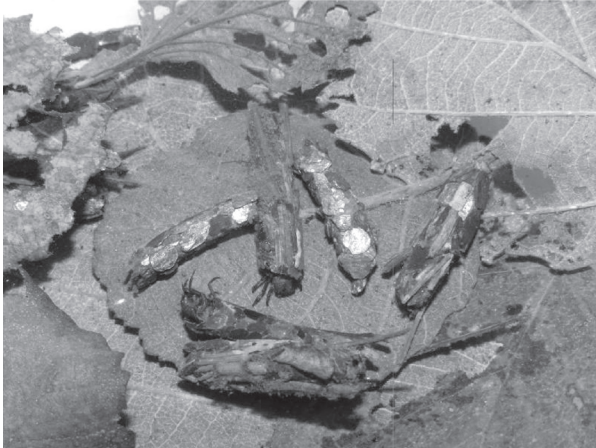
Az avarlebomlás vizsgálatára alkalmas eljárások közül a legelterjedtebb avarzsákos módszer (Graça, Bärlocher és Gessner, 2005). Az előzőleg begyűjtött avart laboratóriumban 75 °C-on tömegállandóságig szárítjuk. A száraz levelekből 10±0,1 grammot 3 milliméter lyukbőségű, körülbelül 10x10 centiméter méretű zsákokba töltünk. A megtöltött avarzsákokat rácson rögzítve a patakba helyezük (3. ábra), majd ezekből bizonyos időközönként véletlenszerűen kiválasztva begyűjtjük egyet a makrogerinctelen szervezetek, a lebontási ráták és a gombák biomasszájának meghatározásához.



3. ábra. Avarzsákok rögzítése rácra és a rác rögzítése a patakmederhez

A mintákat a laboratóriumba szállítást követően háromszintes, különböző lyukbőségű szita felett átmoszuk, hogy eltávolítsuk a levelekre rakódott szervesetlen üledéket, illetve az összes, az avarzsákba bejutott makrogerinctelen állatot (4. ábra).

Az avarzsákban található makrogerinctelen egyedeket mintatartó üvegekbe helyezük, és a későbbi meghatározás céljából 70 százalékos etanolban tartósítjuk. Avarfogyás



4. kép. Avarzsákból gyűjtött aprító makrogerinctelen fajok

( $M_0=10$ gramm),  $k$  az exponenciális bomlási együttható ( $\text{nap}^{-1}$ ) és  $t$  a kihelyezés óta eltelt idő (nap). Az exponenciális bomlási együttható alapján az egyes fajok avarbomlásának ütemét három „gyors” ( $k>0,01$ ), „közepes” ( $k=0,005-0,01$ ) és „lassú” ( $k<0,005$ ) csoportba soroljuk (Graça és mtsai, 2005).

meghatározásához az átmosott avarmintákat  $75\text{ }^\circ\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítjuk, majd ismét lemérjük a megmaradt avar tömegét.

A három párhuzamos minta avartömegeit átlagolva megkapjuk az avarzsákban viszsamaradt avar tömegét ( $M_t$ ). A szakirodalomban használatos exponenciális formulát használva meghatároztuk az avar bomlási együtthatóját (Graça és mtsai, 2005):

$$M_t = M_0 \cdot e^{-kt}$$

ahol  $M_t$  a száraz avar tömege az adott időpillanatban,  $M_0$  az avar kiindulási tömege

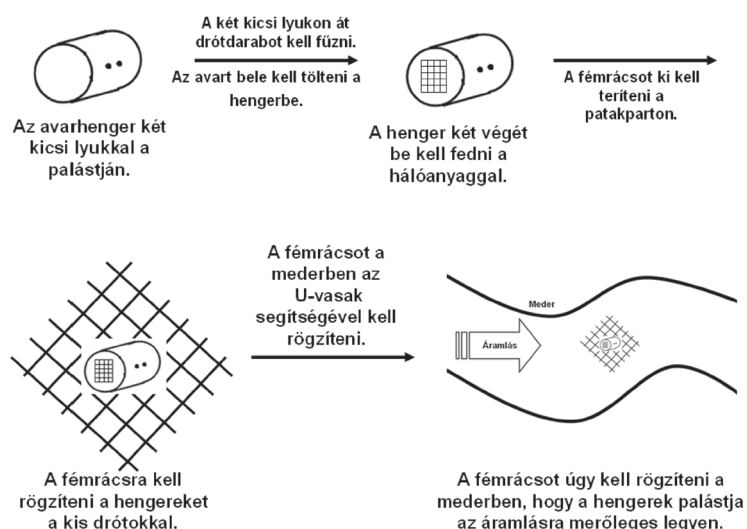
### Új, avarlebontást vizsgáló terepi módszer kifejlesztése

Magyarországon a kisvízfolyásokon végzett avarzsákos kísérletek terepi nehézségei arra készítettek minket, hogy egy új módszert dolgozzunk ki, ugyanis nehézségbe ütköztünk, amikor a makrogerinctelen szervezetek aprító tevékenységét akartuk felmérni. A zsákoknak ugyanis érintkezniük kell az aljzattal, és a zsákokat betemette a finom szemcsés üledék. Magyarországon nincsenek magas hegységek, hegyvidéknek tekintjük a 350–1000 m tengerszint feletti magasságú területeket, míg a dombvidékek az ennél alacsonyabban elterülő területek, 200–350 méteres tengerszint feletti magassággal. Ezen beosztás szerint lettek megállapítva a Víz Keretirányelvben<sup>7</sup> (Water Framework Directive; WFD, 2000) a vízfolyástípusok. Már a hegyvidéki patakszakaszon is a jelentős áramlás mellett sok az apróbb szemcsésű hordalék, így a mederbe helyezett avarzsákokat sokszor betemette a hordalék a hosszabb időtartamú kísérletekben, aminek következtében a bontási folyamatok lelassultak és a makrogerinctelen szervezetek vagy elhagyták a zsákokat, vagy elpusztultak.

Az általunk fejlesztett avarhenger egy műanyag henger, melynek a két vége nyitott. A henger hossza 15 centiméter, átmérője 10 centiméter, és kemény műanyagból (például PVC) készült. A henger palástján előzetesen két kis lyukat (átmérője körülbelül 3 milliméter) fúrunk egymás mellett, amin kis drótdarabot (hossza körülbelül 10 centiméter) vezetünk át, amivel később a fémhálózathoz rögzíteni lehessen. A hengerbe beletöltjük a tömegállandóságig szárított avart, és a henger két nyitott végét befedjük a megfelelő

lyukbőségű hálóval. A hengerhez a hálóanyagot nagyon könnyű rögzíteni ragasztópisztollyal.

A patak partján a fémrácsot (rácsátmérő körülbelül 5 centiméter) kiterítjük, amihez a drót segítségével erősítjük a hengereket (2. ábra). A hengereket palástjukkal az áramlás irányára merőlegesen kell elhelyezni. A hengereket tartalmazó rácsot U-vassal rögzítjük a patak medrében.



2. ábra. Az avarhenger elkészítésének és kihelyezésének módszere

A vizsgálatainkban a minták begyűjtését követően az avart a már fentiekben leírt módon megtisztítottuk, majd tömegállandóságig szárítottuk, és a fenti képlettel meghatároztuk a bomlási együtthatót. A különböző eszközökkel nyert adatok alapján a hengerben nagyobb átlagos aprító egyedszámot találtunk, valamint a hengerben a bomlási folyamat is zavartalan volt a többi eszközhöz képest.

### Mikor tekintünk egy patakot „egészségesnek”?

Az ökoszisztémák megfelelő működése szempontjából fontos az élőhely heterogenitása (azaz változatossága), hiszen minél mozaikosabb, összetettebb egy terület, annál többféle élőlény találhatja meg a számára megfelelő élőhelyet. A mederszabályozás során sok helyen kővel, betonlapokkal burkolt, sokszor hosszabb kiegyenesített szakaszokkal rendelkező, jellemzően trapézszelvényű patakmedret alakítanak ki, és a part is ezeken a szakaszokon általában fátlan, vagy egyetlen fafajból álló ültetett fasorok kísérik. Pedig az Európai Unió Víz Keretirányelve (WDF, 2000) is hangsúlyozza, hogy a patak medrének módosítása elszegényedő növény- és állatvilágot eredményezhet, ami miatt a víztestben lejátszódó folyamatok sérülékenyebbé válnak, és így a víztest nem fogja elérni a jó ökológiai állapotot. A nagyjából természetes jellegű, érintetlen vízfolyásokban, ahol a patak partján megfelelő növényzet található és a patakmeder is kanyarog, az avarbontási képesség az akkumulációs zónában akár kétszer nagyobb is lehet, mint a módosított, fátlan parttal és egyenes mederrel rendelkező patakok esetében (Watson és Barmuta, 2010). Ennek az a magyarázata, hogy a vízi aprító makrogerinctelen szervezeteknek

kulcsszerepük van az avarlebomlás folyamatában (Bärlocher, 1985), és a patak módosított szakaszán a behulló avar mennyisége és annak megtartása, esetleges elsodródása befolyásolja a táplálék mennyiségét és az aprítók tevékenységének aktivitását, ezáltal a lebomlás sebességét.

2010. október 4-én történt vörösiszap-katasztrófát követően a Torna-patak élővilága kipusztult. A katasztrófa után a Pannon Egyetem Limnológia Intézeti Tanszékének munkatársai avarlebomlási vizsgálatokat végeztünk. A kutatás során megállapítottuk, hogy a korábbi eredményekhez képest a vizsgált avartípusok lebomlásának sebessége csökkent (Üveges és mtsai, 2011). Ennek az a magyarázata, hogy a lebomlást nagymértékben befolyásolja az aprító makrogerinctelen szervezetek mennyisége. A referenciaponton, melyet nem érintett a vörösiszap-szennyezés, az avarzsákok kihelyezését követően 24 óra múlva találtunk az avarzsákokban makrogerinctelen fajokat (*Hydropsyche angustipennis*, *Gammarus roeselii*, *Asellus aquaticus*, *Cloeon dipterum*, *Chironomidae*, *Gammarus fossarum*, *Rhyacophila laevis*). Devecserben ezzel szemben 2011. március 30-án (kihelyezést követően 60 nap múlva) találtunk először makrogerinctelen szervezetet az avarzsákokban, ezt követően jelenlétük tömegessé vált. Ezzel a különbséggel magyarázható, hogy Devecserben lassabb ütemű volt a lebontási sebesség, valamint az, hogy a makrogerinctelen szervezetek megjelenését követően a lebomlás felgyorsult.

#### Iskolai keretek között elvégezhető vizsgálatok

A közép- és általános iskolák programjában gyakran szerepel egy patak vagy folyószakasz megismerése, akár „jeles napok” program, akár szakkör keretében. Ilyen eseményeken lehetőség nyílik, hogy megismeressük a gyerekekkel a környezetükben található vizes életközösségeket, valamint hogy felhívjuk a figyelmüket az azokat veszélyeztető emberi beavatkozásokra. Napjainkban a terepgyakorlatok, az iskolán kívüli tanulási helyzetek száma még mindig kevés, és a természettudományi tantárgyak óráit túlnyomórészt a frontális, hagyományos módszerek szerint oktatják. Az ilyen kísérletekkel lehetőségünk nyílik a természettudományi kompetenciák fejlesztésére, tanulói és tanári kísérletek, vizsgálatok elvégzésére. A tanulói kísérletek bevezetése a természettu-

---

*A mederszabályozás során sok helyen kővel, betonlapokkal burkolt, sokszor hosszabb kiegészített szakaszokkal rendelkező, jellemzően trapézszelvényű patakmedret alakítanak ki, és a part is ezeken a szakaszokon általában fátlan, vagy egyetlen fajfajból álló ültetett fasorok kísérik. Pedig az Európai Unió Víz Keretirányelve (WDF, 2000) is hangsúlyozza, hogy a patak medrének módosítása elszegényedő növény- és állatvilágot eredményezhet, ami miatt a víztestben lejátszódó folyamatok sérülékenyebbé válnak, és így a víztest nem fogja elérni a jó ökológiai állapotot. A nagyjából természetes jellegű, érintetlen vízfolyásokban, ahol a patak partján megfelelő növényzet található és a patakmeder is kanyarog, az avarbontási képesség az akkumulációs zónában akár kétszer nagyobb is lehet, mint a módosított, fátlan parttal és egyenes mederrel rendelkező patakok esetében (Watson és Barmuta, 2010).*

---

dományos tárgyak megfelelő színvonalú oktatásához elengedhetetlen, minthogy a fiatalok természettudományos érdeklődésében bekövetkezett hanyatlás gyökerei nagyrészt a természettudományos tanításának módszereiben keresendők. Hiába ért egyet azzal a természettudományos neveléssel foglalkozó oktatók közössége, hogy a kutatásalapú tanuláson nyugvó oktatási módszerek hatékonyabbak, az osztálytermi gyakorlatban ezeket a módszereket a legtöbb országban egyszerűen nem használják (Rocard és mtsai, 2010).

### **Lehulló avar mennyiségi és minőségi vizsgálata**

Amennyiben nem található a közelben vizes élőhely, akkor érdekes kísérletet végezhetünk el az iskola udvarán vagy a közeli parkban elhelyezett avarcsapdával. Ezen egyszerűen elkészíthető eszköznek a segítségével megvizsgálhatjuk a tanulókkal a lehulló avar mennyiségét, valamint hogy egy szeles idő után milyen levelek, termések kerülnek az adott területre. Megvizsgálhatjuk, hogy milyen termésterjesztési stratégiákkal rendelkeznek a környező fák. Ha lehetőségünk van rá, megkereshetjük azokat a fákat, ahonnan a levél vagy a termés származhat. A kísérlet során a tanulók megismerhetik a környezetükben található fafajokat. A fejlesztett kompetenciákra példák: problémamegoldás, összehasonlítás, oksági gondolkodás, információkezelés.

### **Avarlebomlási kísérletek kivitelezésének lehetősége iskolában**

Avarlebomlási kísérlet szakkör keretében történő vizsgálatához hálós anyagból minden tanulóval közösen egy zsákot készítünk, melybe ismert mennyiségű száraz avart helyezünk, a zsákokat a patakmederben rögzítjük. A következő alkalommal a zsákok kiemelését követően megvizsgálhatjuk az avarzsákokba bejutó makrogerinctelen szervezeteket. A vízfolyásban talált makrogerinctelen élőlényegyüttesek segítségével több, a patakra jellemző tulajdonságot határozhatunk meg. A természetes és emberi hatások (például élőhely-degradáció, szervesanyag-terhelés, szélsőséges vízjárás) változást idéznek elő összetételükben. Az ilyen típusú kísérlet elősegítheti, hogy felkeltsük az érdeklődő tanulók figyelmét. Ugyanakkor a tehetséges diákok későbbiekben részt vehetnek például a Kaán Károly Környezetismereti Tanulmányi Versenyen vagy a Kitaibel Pál Tanulmányi Versenyen. A fejlesztett kompetenciákra példák: problémamegoldás, összehasonlítás, kísérlettervezés, adatelemzés, információkezelés.

### **Összefoglalás**

Tavak és patakok esetén az allochton (külső) eredetű avar igen fontos energiaforrás. Az ilyen típusú allochton szerves terhelésnek a vízfolyások mentén a hegyek sűrű erdei, az árnyas ligeterdők és a partvonalon a közvetlen makrofita növényzet a legfontosabb forrásai. E szempontból különös jelentőséggel bír a hegyi, alacsonyabb rendű patakok esetében az erdei vegetáció. A vízfolyásokban az avarterhelés feldolgozása négy szakaszból áll: (1) kioldódás, (2) mikrobiális kolonizáció, a (3) gerinctelen szervezetek aprítása és a (4) fizikai aprózódás. Az egy élőhelyen található vízi makrogerinctelen szervezeteket korábban nagyobb taxonómiai csoportokba sorolva publikálták, amit felváltott az úgynevezett táplálkozási csoportokba (például aprító, aktív és passzív szűrő-, törmelékevő, ragadozó, gyűjtögető, élősködő, legelő szervezetek) sorolás. A makrogerinctelen funkcionális csoportok olyan mutatók, melynek vizsgálata – a hagyományos biomonиторing mellett – egyre inkább elfogadott az ökológiai állapot értékelése során. A funkcionális

mutatók használata fontos előrelépés, hiszen közvetlenül mérhető elemeinek arányából az ökoszisztémák működésére és annak sérülékenységére is lehet következtetni.

Az avarlebonlás vizsgálata jó lehetőség arra, hogy közép- és általános iskolák tanulóit megismertessünk a környezetükben található vizes életközösségekkel, valamint hogy felhívjuk a figyelmüket az azokat veszélyeztető emberi beavatkozásokra. Napjainkban a terepgyakorlatok, az iskolán kívüli tanulási helyzetek száma még mindig kevés, és a természettudományi tantárgyak óráit túlnyomórészt a frontális, hagyományos módszerekkel oktatják. Az ilyen kísérletekkel lehetőségünk nyílik a természettudományi kompetenciák fejlesztésére, tanulói és a tanári kísérletek, vizsgálatok elvégzésére, mely segítséget nyújthat a természettudományok népszerűsítésében.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást, valamint a közlemény megjelenését a TÁMOP (4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 *Szélsőséges időjárási események hatása felszíni vizekre* almodul) támogatta.

### Jegyzetek

<sup>1</sup> Az ökoszisztéma az élőlények és élettelen környezetük teljes kapcsolatrendszerét jelenti, mely nyílt rendszer, de bizonyos mértékű önszabályozásra képes.

<sup>2</sup> A biodiverzitás: az élővilág sokfélesége. A fogalom több szinten értelmezhető, egyaránt jelenti a Földön előforduló élőhelyek sokféleségét, a fajok összességét, a fajon belüli genetikai változatosságot (nézzük csak meg, hányféle alma van), de egy kisebb területen belül is értelmezhető, például a Kárpát-medence biológiai sokfélesége, de akár egy kerti tó biodiverzitását is vizsgálhatjuk.

<sup>3</sup> Lásd: biodiverzitás.

<sup>4</sup> Mikrobiális lebontás: mikroorganizmusok (gombák, baktériumok) által végzett lebontó folyamat.

<sup>5</sup> A szaprofita korhadéklakó olyan élőlény, amelyek elhalt növények vagy állatok szerves anyagaiból, bomlástermékeiből táplálkozik.

<sup>6</sup> A funkcionális táplálkozási csoportba sorolhatóság vízi makrogerinctelenek jellemző tulajdonsága. Az, hogy egy aprító makrogerinctelen fajt milyen táplálkozási csoportba soroljuk, attól függ, hogy melyik táplálkozási formát részesíti előnyben. Eszerint lehetnek aprítók, aktív és passzív szűrő, törmelékevő, ragadozó, gyűjtögető, élősködő, legelő szervezetek.

<sup>7</sup> Az az Európai Unió víz- és vízi környezetgazdálkodási politikája, melyben előírja, hogy 2015-ig jó állapotba hoznak minden felszíni és felszín alatti vizet az Európai Unió egész területén.

### Irodalomjegyzék

Abelho, M. (2001): From litterfall to breakdown in streams: a review. *The Scientific World Journal*, 1. sz. 656–680.

Allan, J. D. (1995): *Stream Ecology Structure and Function of Running Waters*. Chapman and Hall, London, UK.

Bärlocher, F. (1985): The role of fungi in the nutrition of stream invertebrates. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 91. sz. 83–84. o.

Bärlocher, F. (1992): Stream Ecology and Its Relevance to Aquatic Mycology. In: uő (szerk.): *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Springer-Verlag, Berlin. 16–37.

Bärlocher, F. (2005): Leaf mass loss estimated by litter bag technique. In: Graça, M. A. S., Bärlocher, F.

és Gessner, M. O. (szerk.): *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer, Netherlands.

Benfield, E. F. (1997): Comparison of litterfall input to streams. In: Webster, J. R. és Meyer, J. L. (szerk.): *Stream Organic Matter Budgets. Journal of the North American Benthological Society*, 16. sz. 3–161.

Dobson, M. és Frid, C. (1998): *Ecology of Aquatic Systems*. Longman, Essex.

Enríquez, S., Duarte, C. M. és Sand-Jensen, K. (1993): Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content. *Oecologia*, 94. sz. 457–471.

Gessner, M. O. (2001): Mass loss, fungal colonization and nutrient dynamics of *Phragmites australis* leaves



- during senescence and early aerial decay. *Aquatic Botany*, 69. sz. 325–339.
- Graça, M. A. S., Bärlocher, F. és Gessner, M. O. (2005): *Methods to Study Litter Decomposition. A Practical Guide*. Springer, The Netherlands.
- Graça, M. A. S. és Canhoto, C. (2006): Leaf litter processing in low order streams. *Limnetica*, 25. sz. 1–10.
- Hernandez, I. M., Gallardo, J. F. és Santa Regina, I. (1992): Dynamic of organic matter in forests subject to a Mediterranean semi-arid climate in the Duero basin (Spain): litter production. *Acta Oecologia*, 13. sz. 55–65.
- Hill, B. H. és Webster, J. R. (1983): Aquatic macrophyte contribution to the New River organic matter budget. In: Fontaine, T. D. III. és Bartell, S. M. (szerk.): *Dynamics of Lotic Ecosystems*. Ann Arbor Press, Ann Arbor.
- Ingold, C. T. (1975): *An illustrated guide to aquatic and water-borne hyphomycetes (fungi imperfecti) with notes on their biology*. Freshwater Biology Association Publication, London. 30. sz. 96.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2010): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, 20. 12. sz. 13–30.
- Schädler, M. és Brandl, R. (2005): Do invertebrate decomposers affect the disappearance rate of litter mixtures? *Soil Biology & Biochemistry*, 37. sz. 329–337.
- Suberkropp, K. és Klug, M. (1976): Fungi and bacteria associated with leaves during processing in a woodland stream. *Ecology*, 57. sz. 707–719.
- Suberkropp, K. (1998): Effect of dissolved nutrients on two aquatic hyphomycetes growing on leaf litter. *Mycological Research*, 102. sz. 998–1002.
- Üveges, V., Andirkó, V., Ács, A., Biró, R., Drávecz, E., Hajnal, É., Havasi, M., Hubai, K. E., Kacsala, I., Kovács, K., Kovács N., Kucserka, T., Lengyel, E., Matulka, A., Selmeczy, G. B., Stenger-Kovács, CS., Szabó B., Teke, G., Vass, M. és Padisák, J. (2011): A vörösiszap katasztrófa hatása a Torna patak és a Marcal élővilágára, a regeneráció első időszaka. *Economica*, 4. 12. sz. 95–139.
- Watson, A. és Barmuta, L. A. (2010): Litter retention in Tasmanian headwater streams after clear-fell logging. *Hydrobiologia*, 637. sz. 197–206.
- Webster, J. és Benfield, E. (1986): Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. *Annual Review of Ecological Systems*, 17. sz. 567–594.
- WFD (2000): *Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a framework for community action in the field of water policy*. European Union, Luxembourg. PE-CONS 3639/1/00 REV 1 (2000).
- Wrubleski, D. A., Murkin, H. R., van der Valk, A. G. és Nelson, J. W. (1997): Decomposition of emergent macrophyte roots and rhizomes in a northern prairie marsh. *Aquatic Botany*, 58. sz. 121–134.