

## Társadalmi konfliktusokat generáló ökológiai történések a Balaton életében az utóbbi néhány évtizedben – *A víz barna elszíneződése*

V.-Balogh Katalin\*

**Abstract**      **Social Conflict Generating Ecological Developments in the Life of Lake Balaton in Recent Decades – Brown Discoloration of Water.** The largest quantities of brown coloured dissolved organic substances get into Lake Balaton in the Keszthely-basin through the River Zala and on the south shore from Nagyberek (peat bog) through pumping. Tourists avoid the beaches with brown water despite the fact that it does not pose any danger. Even though the humic substances causing the brown colour are not harmful for bathers, these compounds, however, do influence ecological processes. Humic substances are natural substances which are the decomposition products of dead plants. Their water-soluble fractions are fulvic acids and humic acids, while their third fraction (humins) is not water soluble. Humic substances play multiple ecological roles in surface waters: they serve as a carbon source for bacteria; change the underwater light climate through the increased attenuation of the short-wavelength ultraviolet (UV) radiation of the Sun; their photodegradation produces toxic free radicals containing oxygen (which is transformed to hydrogen peroxide); and they change the behaviour of other substances through their complex-forming property. A significant increase in the chromophoric dissolved organic matter load of the Lake can be anticipated because of the planned extension of the existing flooding area (16 km<sup>2</sup>) of the lower Kis-Balaton reservoir up to 52 km<sup>2</sup>.

**Keywords**      chromophoric dissolved organic matter • fulvic acids • humic acids • water quality of beaches

*Legutóbb néhány éve, 2010. július elején – a fő turistaszezonban – számos médium foglalkozott a balatonfenyvesi strand barnára színeződött vizével, amely a turisták közel felét elriasztja. A tudósításokból az is kiderült, hogy ennek oka a Balatontól délre található Nagyberek alacsonyabban fekvő tőzegetes területeiről szivattyúzott vízbefolyás. Paprikás hangulatú lakossági fórumokon – a helyzet enyhítésére – felmerült a tájékoztató táblák kihelyezése, a csak éjjelenkénti szivattyúzás, valamint a be-  
rekvíz távolabbi bevezetése.*

---

\* Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet  
E-mail: v-balogh.katalin@okologia.mta.hu

A berekvizek bevezetése a Balatonba nem új keletű, több évtizede tart, következtetés-képpen a víz barnára színeződése, mint turisztikai probléma is több évtizedes múltra tekint vissza. „Sajnálatos, hogy ez a berekvizek által történő elszíneződés a strandokat is érinti. A fürödni vágyók nem szívesen mennek ilyenkor a vízbe, mert rossz asszociációk miatt undorodnak a víztől” (Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1984). E tárgyban célzott kutatás folyt, amelyek kiterjedtek pl. a berekvíz előtározására (Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1982) a vízbevezetés és elkeveredés hidrológiai kérdéseire (Rákóczi, 1984), a berekvizeknek a balatoni algákra, nehézfémek toxicitására gyakorolt hatására (Herodek, 1984). A vizsgálati eredmények azonban jórészt nehezen hozzáférhető kutatási témabeszámolókból és jelentésekben találhatók (Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1982; 1983a; 1983b; 1984).

E korai vizsgálatok a következő eredményeket hozták. A közel egy év időtartamú tározás alatt az oldott szerves anyagok 40-70 %-a pelyhes csapadék formájában kivált (Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1984). Vizsgálva az áramlást és elkeveredést a nyomócsöveken át a mélyvízbe vezetést követően különböző szélviszonyok mellett, javasolják a berekvíz beszivattyúzás szélcsendes vagy közel szélcsendes időben lehetőség szerinti szüneteltetését, valamint az elosztóvezeték legalább 2 méter mélyre helyezését (Rákóczi, 1984). A berekvizek algákra gyakorolt hatásáról megállapították (Herodek, 1984), hogy pl. az Ordacsehi-árok vize nem befolyásolja lényegesen a Balaton nyíltvizének trofitási állapotát. *Daphnia magna* ágascsapú rákkal végzett nehézfém ( $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ) toxicitás tesztek eredményei az Ordacsehi-árok vizének toxicitás csökkentő hatását igazolták (az  $\text{LC}_{50}$  érték nőtt) (Herodek, 1984).

A „barna víz” probléma azért nem jelentkezett nagyon gyakran, mert a legtöbb évben a fő turistaszezont nem érintette, mivel a vízszivattyúzás szükségessége a csapadékviszonyok függvénye, és a nyári időszak általában csapadékszegény. A 2010-es év azonban extrém csapadékmennyiséget hozott még június hónapban is, az árvízi védekezés szinte az ország egész területét érintette valamilyen módon, így nem meglepő, hogy a berekvizes területeket is. A híradások utaltak arra is, hogy a szakhatóság (ÁNTSZ) nyilatkozata ellenére, miszerint a strand vize egészségre ártalmas anyagot nem tartalmaz, a turisták körében riadalmat keltett a víz sötét színe. A híradásokban kevés szó esett arról, hogy pontosan milyen anyagok okozzák a barna színt, és amelyek kitértek erre, pontatlanul tették. Huminsavról beszéltek, nem tettek említést a fulvosavakról, holott felszíni vizekben a fulvosavak dominálnak.

Ha a turisták tárgyyszerűbb információt kapnának a barna színt okozó anyagokról és tulajdonságaikról, csökkennének fenntartásaik a barnára színeződött vízzel szemben. Mai nevén, az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézetben másfél évtizede folyik a szóban forgó oldott szerves anyagok, összefoglaló néven huminanyagok kutatása (V.-Balogh, 2009). A huminanyagokat oldékonyságuk alapján csoportosítják, a vízben oldható frakciók a huminsavak és fulvosavak, míg a harmadik frakció, a humin oldhatatlan. Kémiaiilag pontosan nem leírható vegyületek, random (véletlenszerű) módon kapcsolódó monomerekből (kisebb egységek) állnak, ezért helyesebb huminsavakról és nem huminsavról beszélni. A huminsavak molekulamérete nagyobb, mint a fulvosavaké, és színesebbek. Ezek a szerves anyagok elpusztult növények bomlása, a bomlástermékek humifikációja útján keletkeznek (Aiken et al., 1985). Így, a Nagyberék tózegezes területein a huminanyagok forrásai a „valahavolt” növények. Hasonló folyamat laboratóriumban is generálható, üveg-edényben az avas nádtörmelék bomlástermékei a világos zalavizet (a Kis-Balaton felett vett) néhány hét alatt sötétbarnára színezték (V.-Balogh et al., 2006a).

Az oldott szerves anyagok mindig és mindenütt ott vannak a Balaton vizében, de csak akkor veszünk róluk tudomást, ha színesek. A szín intenzitása műszeresen

mérhető (platina egységben szokták megadni, az elnevezés a standard reagens Pt-tartalmával függ össze, Wetzel, 1983). Ezen a skálán Balatonfenyvesnél a befolyó víz színe 311 mg Pt/liter volt 2010. július 5.-én, ami valóban nagyon sötét szín. Ugyanakkor a Zala is barna színű (184 mg Pt/l) vizet hozott a Balaton Keszthelyi-medencéjébe, ami nem okozott hasonló „hisztériát”. Mivel anyagok kioldódásáról van szó, a bő csapadék nem hígulást eredményez (mint pl. az ásványi anyagoknál), hanem fokozza a kimosódást, azzal is, hogy olyan területek is víz alá kerültek, amelyek általában nem szoktak, és a júliusi hőmérsékletemelkedés szintén kedvezett a folyamatnak.

A szerves anyagok, így a huminanyagok fő építőeleme (legalább 40%) a szén. Az oldott szerves szén (angol nevének rövidítése alapján DOC) is mérhető műszereken. A DOC koncentráció a Balatonfenyvesnél befolyó vízben 35 mg/l volt, a Zala torkolatban pedig 18 mg/l. Ugyanakkor a Keszthelyi-medence közepén már csak 9 mg/liter a DOC koncentráció és a szín is csak 17 mg Pt/l. A tó keleti részén a víznek már nincs színe, de még jelentős benne a szerves anyagok koncentrációja. A Siócsatornán elfolyó vízben a DOC koncentráció jellemzően 7-8 mg/l (V.-Balogh et al., 2003).

Ez az átalakulás a napsugárzással van összefüggésben, ugyanis a Napból érkező ultraibolya sugárzást a barna színű huminanyagok elnyelik, miközben bomlanak és elvesztik színüket. A színvesztés azonban gyorsabban történik, mint a bomlás, ezért maradnak nem bomló, színtelen szerves anyagok jelentős mennyiségben a Balaton vizében. A színes szerves anyagok napsugárzás hatására történő bomlásakor oxigéntartalmú szabad gyökök képződnek, amelyekből pedig hidrogén-peroxid keletkezik, de ennek mennyisége nagyon kicsi, nem jelent veszélyt a vízi élővilágra (V.-Balogh, 2002; V.-Balogh et al., 2006b)

Izolációs módszerekkel az oldott szerves anyagok frakciókra bonthatók (V.-Balogh et al., 1998). Nemcsak a Balatonban, hanem a felszíni vizekben általában az oldott szerves anyagok legalább felét a huminanyagok adják, amelyek döntően fulvosavak (ezek kevésbé színesek) és nem huminsavak. A Balatonfenyvesnél befolyó vízben a DOC 40%-át u.n. nemhuminanyagok (szénhidrátok, fehérjék stb.), 40%-át a fulvosavak, és 20%-át a huminsavak teszik ki. Ugyanakkor a Balaton nyíltvízi területén a DOC-ból a huminsavak részesedése nem éri el a 10%-ot.

Fontos megjegyezni, hogy a huminanyagoknak számos ökológiai szerepe van a felszíni vizekben, így a Balatonban is. Nagy széntartalmuk miatt fő szerepük, hogy szénforrások a vízi baktériumok számára (Tóth et al, 2007). Barna színűeknek köszönhetően elnyelik a Napból érkező alacsony hullámhosszú ultraibolya (UV) sugarakat (V.-Balogh et al. 2009), ezáltal megváltoztatják a víz alatti fényklímát (Kirk, 1976; Bricaud et al., 1981.) Az UV-sugárzás lehatolási mélységének csökkentésével pedig hatásuk pozitív, azaz védenek a vízalatti UV sugárzás káros hatásaival szemben.

Komplexbépező tulajdonságukkal függ össze, hogy befolyásolják más szerves (pl. algatoxinok, peszticidek) és szervetlen (pl. nehézfémek, tápelemek) anyagok transzportját, hozzáférhetőségét és további sorsát, akár csökkenthetik toxikus anyagok (pl. bizonyos nehézfémek) mérgező hatását (Allard et al., 1991).

A huminanyagok egyedül az ivóvízbe kerülve jelentenek veszélyt. Az ivóvizet higiénés okok miatt klórozzák, és ha a klórozott vízben huminanyagok vannak, rákkeltő klórtartalmú vegyületek (pl. trihalometánok) képződnek (Bellar et al., 1974). Ki kell emelni, hogy ez a felismerés adott nagy lendületet a vízi huminanyagok kutatásának az 1970-es években.

A fentiek alapján bátran kijelenthető, hogy a természetes eredetű bomló növényi maradványokból képződő színes oldott szerves anyagok a fürdőzők számára

semmilyen veszélyt nem jelenthetnek. Ugyanakkor a kutatási eredményekből levonható az a következtetés is, hogy a tóban zajló ökológiai folyamatokat a színes szerves anyagok befolyásolják.

Egyébként a Balatonba a befolyókon érkező oldott szervesanyag-terhelés felét egyetlen befolyó, a Kis-Balaton tározókon (felső és alsó) átfolyó Zala-folyó adja. E tekintetben az alsó tározó szerepe jelentősebb a nagykiterjedésű növényborítottság miatt. Az alsó tározó az eddig elárasztott 16 km<sup>2</sup>-ről az eredetileg tervezett 52 km<sup>2</sup>-re történő bővítésével a tavat érő színes oldott szervesanyag-terhelés jelentős növekedése prognosztizálható.

### Köszönetnyilvánítás

Jelen munka az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával készült, a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0038 projekt keretében.

### Felhasznált irodalom

- Aiken, G. R., D. M. McKnight & R. L. Wershaw (eds) 1985. *Humic substances in soil, sediment and water*. John Wiley & Sons pp. 692
- Allard, B., H. Boren, A. Gimvall (eds) 1991. *Humic substances in the aquatic and terrestrial environment*. Springer-Verlag pp.514.
- Bellar, T. A., J. J. Lichtenberg & R. C. Kroner 1974. The occurrence of organohalides in chlorinated drinking water. - *J. Am. Water Works Assoc.* 66: 703-706.
- Bricaud, A., A. Morel & L. Prieur 1981. Absorption by dissolved organic matter of the sea (yellow substance) in the UV and visible domains. *Limnol. Oceanogr.* 26: 43-53
- Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság 1982. Berekvizek tározási kísérletei. Témabeszámoló.
- Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság 1983a. Berekvizek vizsgálata. I-III. ütem Témabeszámoló.
- Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság 1983b. A Balaton és a berekvizek. Témabeszámoló.
- Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság 1984. Berekvizek vizsgálata. Zárójelentés.
- Herodek S. 1984. A berekvizek hatása az algákra. Jelentés a Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság megbízásából. Készült az MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézetben 1984-ben.
- Kirk, J. T. O. 1976. Yellow substance (gelbstoff) and its contribution to the attenuation of photosynthetically active radiation in the aquatic environment. In: ALLARD, B. et al. (eds) *Humic substances in the aquatic and terrestrial environment*. Springer 369-390.
- Rákóczi L. 1984. Berekvíz bevezetés vizsgálata. Az Ordacsehi előtt a Balatonba vezetendő berekvizek elkeveredésének meghatározása helyszíni vizsgálatokkal. Témabeszámoló, Vizgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont, Megbízó: Déldunántúli Vízügyi Igazgatóság.
- Tóth, N., L. Vörös, A. Mózes & K. V.-Balogh 2007. Biological availability and humic properties of dissolved organic carbon in Lake Balaton (Hungary). *Hydrobiologia* 592: 281-290.
- V.-Balogh K. 2002. Hidrogénperoxid képződés felszíni vizekben. *Hidrológiai Közlemény* 82:140-142.

- V.-Balogh K. 2009. Oldott szervesanyagok (döntően huminanyagok) szerepe a Balaton vízminőségének alakításában. In: Bíró P. & Banczerowski J.-né (eds) *A Balaton-kutatások fontosabb eredményei 1999–2009*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest 21–32.
- V.-Balogh K., Hiripi L., Présing M. & Kónya Z. 1998. Izolációs technikák alkalmazása oldott huminanyagok vizsgálatában. *Hidrológiai Közlöny* 78: 383–384.
- V.-Balogh, K., L. Vörös, N. Tóth & M. Bokros 2003. Changes of organic matter quality along the longitudinal axis of a large shallow lake (Lake Balaton). *Hydrobiologia* 506–509: 67–74.
- V.-Balogh, K., M. Présing, L. Vörös, & N. Tóth 2006a. A study of the decomposition of reed (*Phragmites australis*) as a possible source of aquatic humic substances by measuring the natural abundance of stable carbon isotopes. *Int. Rev. Hydrobiol.* 91: 15–28.
- V.-Balogh, K., L. Vörös, A. W. Kovács & N. Tóth 2006b. The formation of hydrogen peroxide by the photodegradation of chromophoric organic substances in fresh waters. (Eds: Frimmel, F. H. & G. Abbt-Braun) *Proceedings of the 13<sup>th</sup> Meeting of the International Humic Substances Society*. 45 – II: 909–912.
- V.-Balogh, K., B. Németh. & L. Vörös 2009. Specific attenuation coefficients of optically active substances and their contribution to the underwater ultraviolet and visible light climate in shallow lakes and ponds. *Hydrobiologia* 632: 91–105.
- Wetzel, R. 1983. *Lymnology*. 2<sup>nd</sup> Ed. CBS College Publishing pp. 767.