

Magyarországi szikes tavak kovaalga fajainak ökofiziológiai vizsgálata és szerepük az ökológiai állapotbecslésben és a klímaváltozás megértésében

c. OTKA kutatás zárójelentése

Sós tavak a világ szinte minden részén előfordulnak. Számuk az elmúlt évtizedekben jelentősen megfogyatkozott, köszönhetően az emberi tevékenységnek (pl. lecsapolás, csatornázás, vízkivétel, vízutánpótlás) és a klímaváltozásnak. Ennek értelmében ezeknek a veszélyeztetett ökoszisztémáknak a megőrzése és a megfelelő természetvédelmi kezelése kulcskérdéssé vált. A Kárpát-medence szikes tavai HCO_3^- , SO_4^{2-} és Cl^- anion dominanciájúak, szemben a klasszikus sós tavakéval, melyek legnagyobb koncentrációban Cl^- -ot tartalmaznak. A szikes tavak nagy vezetőképességű és növényi tápanyagtartalmú élőhelyek valamint, sekélységüknél fogva –igen nagy napi hőingadozást mutatnak. pH-juk az erősen lúgos tartományban mozog (pH= 9-10). Az ilyen környezet állandó stresszt jelent az ott élő szervezeteknek, a fajok közötti kompetíciónak éppen ezért csak minimális szerep jut. Emiatt ezek az élőhelyek kitűnő célpontjai azoknak az ökológiai vizsgálatoknak, melyek a közösség összetételét meghatározó környezeti paraméterekkel foglalkoznak. A tavak vízkémiai tulajdonsága és biótája is unikálisnak tekinthető, mint ahogy azt már számos élőlénycsoport vizsgálata esetén egyértelműen kimutatták (baktériumok, pikoplankton, zooplankton, makrogerinctelenek és a vízimadarak; Borsodi et al., 2014; Pálffy et al., 2014, Horváth et al., 2013, 2014; Boros et al., 2008) .

Az alga florisztikai vizsgálatok a szikes vízterekben hosszú múltra tekintenek vissza (pl. Kiss 1976). Bentikus kovaalgákhoz kapcsolódó adatokat és információkat csak elvétve találhatunk (pl. Grunow 1860), annak ellenére, hogy ez az élőlénycsoport kiváló indikátora a környezeti paraméterek megváltozásának, így ökológiai állapotbecslésre is kiválóan alkalmas.

A kutatás alapvetően három részfeladatra koncentrált:

1. A szikes tavak kovaalga flórájának feltárására, mely alapkutatósi szempontból fontos.
2. A bentikus kovaalga összetétel és a tavak fizikai és kémiai kapcsolatának feltárására, ökológiai állapotuk becslésére és a természetvédelmi szempontú megőrzésére alkalmas indexek azonosítására.
3. A domináns kovaalga fajok ökofiziológiai vizsgálatára, mely a fajok éghajlatváltozásra adott válaszainak prediktálására alkalmas.

A kutatás alapját a taxonómiai feltárás adta. Az ilyen munkáknál gyakran előfordul, hogy egy-egy csoport részletesebb elemzése számos, előre nem várt nehézséggel jár - a kérdések tisztázásához sok időre van szükség. A kutatás során több alkalommal változtatták meg a kovaalga fajok taxonómiai besorolását így ezek leválogatása, újbóli ellenőrzése és azonosítása nem várt feladat elé állított bennünket. A fény –és scanning elektron mikroszkópos vizsgálatok nagyon nehezen voltak kivitelezhetőek, mivel a minták a tavak turbiditásának köszönhetően nagy mennyiségben tartalmaznak szerves szemcséket, melyek a kovavázakat, és morfológiai bélyegeket elfedték, így megfelelő taxonómiai képek és a vizsgálatok elvégzése sokkal több időt, energiát vett igénybe, mint az más felszíni vizekből származó minták esetén szokásos. Ennek megfelelően a kutatás meghosszabbítására engedélyt kértünk és kaptunk.

A projektben előzetesen begyűjtött minták (térbeli, egyszeri vizsgálatok eredményei 2006 és 2008-ból) és a projekt során gyűjtött további minták (fitobentosz és vízminta) (két régió nyolc tavának havi mintavételezése 2012-2015 között) feldolgozására és elemzésére került sor, kiegészítve más víztípusok (tavak, vízfolyások) mintáinak a projekt céljainak megfelelő szempontú elemzésével.

A kutatás részletes bemutatásában félkövér betűkkel emeltük ki azokat a hivatkozásokat, melyek az e kutatás során elért eredményeket tartalmazzák a jelen OTKA támogatás megjelölésével.

1. A szikes tavak kovaalga flórája

A szikes tavak élővilágának egyedisége az irodalomból jól ismert (Borsodi et al., 2014; Pálffy et al., 2014, Horváth et al., 2013, 2014; Boros et al., 2008). Ez kovaalga flórájukat tekintve is egyértelműen kijelenthető. De nemcsak a szikes tavak, mint élőhely típus más tavakhoz képest, hanem az egyes tavak önmagukban is nagyon egyedi flórával jellemezhetőek. A legtöbb faj konstanciája 1-es, ami azt jelenti, hogy az adott faj a tavak kevesebb, mint 20%-ban fordul elő (**Lengyel et al., 2012**). A tavak átlagos fajszáma és diverzitása is alacsony köszönhetően az extrém környezeti változóknak, melyet csak kevés faj tud elviselni. Nem ritkák ezekben a tavakban a vörös listás fajok (pl. *Fragilaria famelica*, *Pinnularia oriunda*, *Nitzschia valdecostata* *Campylodiscus bicostatus*) sem (**Stenger-Kovács és Padisák, 2012**).

A Kiskunságban található színes vizű Bába-székben a *Nitzschia supralitorea*, *Surirella hoefleri*, *Craticula halophila* és *Halamphora spp.* voltak a leggyakoribbak, míg a zavaros vizű Bogárzóban a *Nitzschia palea*, *Halamphora. spp*, *Nitzschia supralitorea*, *Navicula wiesneri*, *Surirella brebissonii* és *Ctenophora pulchella* volt tömeges, összhangban a tavak magas trofitásával és sótartalmával. A Bába-székben a Chrysophyceae ciszták tél végén és tavasz elején, míg a Bogárzóban nyáron, ősszel és télen fordultak elő nagyobb mennyiségben. Mind a két algacsoport határozott szezonalitást mutatott (Körmendi et al., 2015).

A Fertő-Hanság régióban található élőhely-rekonstrukció során létrehozott tavak vizsgálata háttérbe szorul még a természetes állapotú szikes tavakéhoz képest is (Tóth et al., 2014), annak ellenére, hogy a megjelent fajok jól jelzik a tavak szikes jellegét (Stenger-Kovács és Lengyel, 2014).

A Víz Keretirányelv bevezetésével a kovaalgák, mint élőlénycsoport vizsgálata is a kötelezően vizsgált biológiai elemek közé tartozik. A monitoring hálózatban jó néhány szikes tó vizsgálatát is előírták. Így a biológus szakemberek olyan feladatot kaptak, melyet nagyon nehéz teljesíteni, hiszen nem ismerik ezen élőhelyek kovaalgáit, melyek nagyon könnyen félrehatározhatóak. Ezért taxonómiai útmutatót készítettünk a Kárpát-medence szikes tavainak 93 domináns és karakterisztikus kovaalga fajáról, mely nemcsak hazai, de nemzetközi szinten is egyedülálló ikonográfiának mondható (Stenger-Kovács és Lengyel, 2015). Az útmutató 1257 fény- és 180 elektronmikroszkópos képet tartalmaz a tisztított kovavázakról illetve az élő sejtekről. Ezen kívül mindegyik faj előfordulásáról, gyakoriságáról pontos adatokat tettünk közzé. Az ikonográfia másik különlegessége, hogy az egyes fajokat populáció szinten vizsgálja, és megadja a morfológiai paraméterek tartományait, melyek a Közép-európai régióban tapasztalhatóak. E tanulmány jól mutatja az alap kutatás fontosságát, ugyanis ez a hatalmas mikroszkópos munka biztos alapja a jelenleg a fajhatározáson alapuló ökológiai állapotbecslésnek (Stenger-Kovács és Lengyel, 2015), mely akár a közoktatásban is jól alkalmazható (Lengyel, 2014).

Egy kiemelt példa az ikonográfiából- Az *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* adat- és fotótáblája:

***Achnanthes brevipes* var. *intermedia* Agardh [ABIN] Plate 1: Figs 1-14**

REFERENCE:

Krammer, K., Lange-Bertalot, H. 1991. Süßwasserflora von Mittel-Europa. Bacillariophyceae. Vol. 2/4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Spektrum Akademischer Verlag. p. 3. pl. 1:4

Morphological parameters:

Length: 14-130 µm

Width: 9.5-40 µm

Striae: 9-10/10 µm

Observations in soda pans:

31.4-50.8 µm

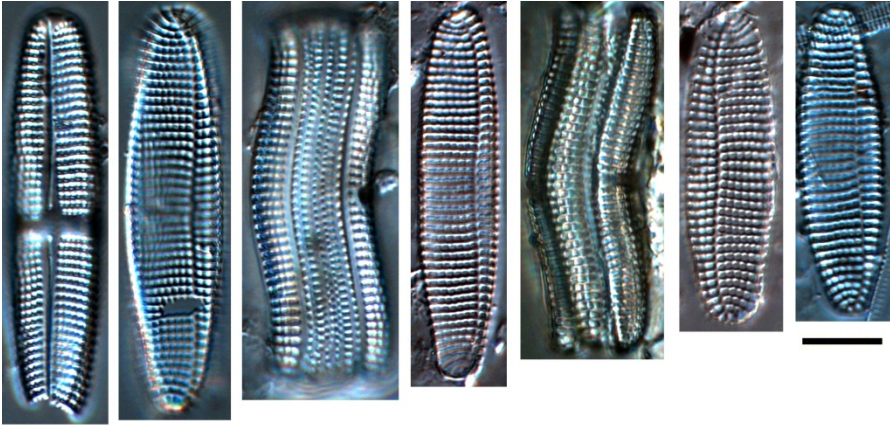
9.1-12.5 µm

9-10/10 µm

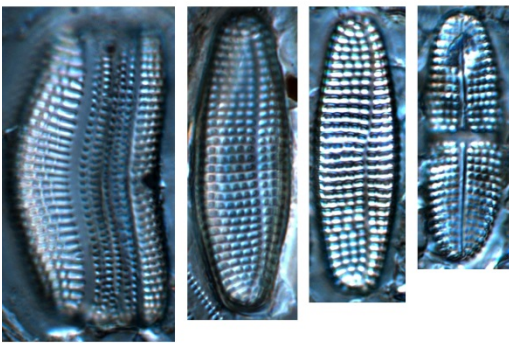
Distribution in soda pans of the Carpathian basin:

lakes	Borsodi-dűlű
mean abundance	1.1%
constancy	1 (2.6%)

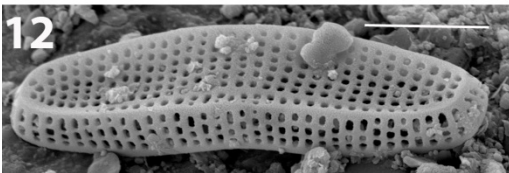
Ecology: Cosmopolitan species in sea coasts and in saline, inland waters.



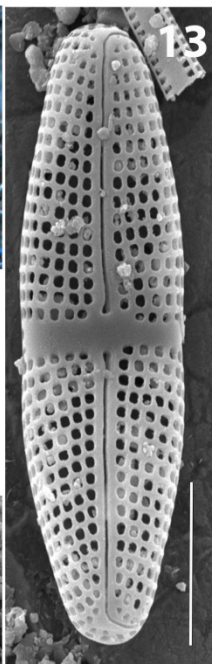
1-7



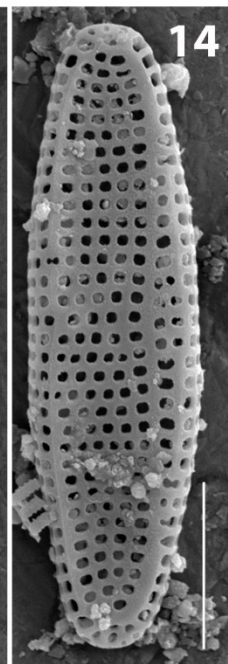
8-11



12



13



14

2. A bentikus kovaalga összetétel és annak ökológiai vonatkozásai

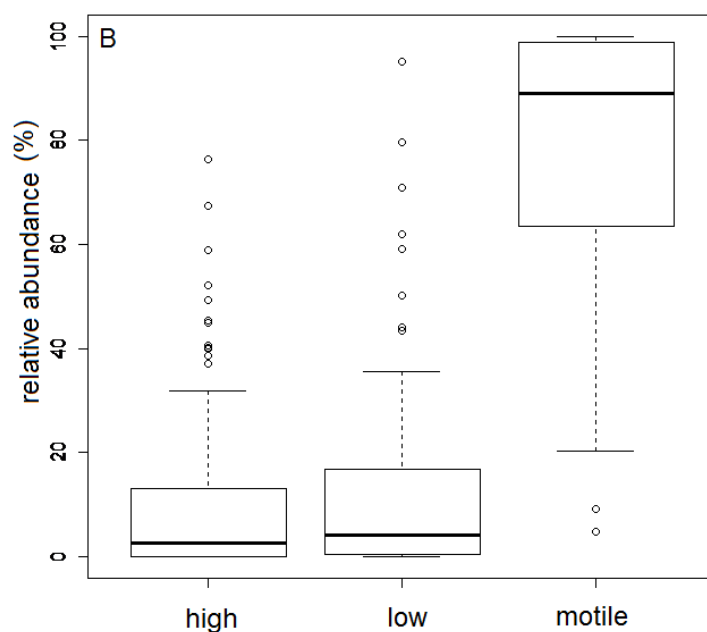
A kovaalga ökológiai guildok alkalmazása a változó környezeti állapot nyomon követésére egy új irányvonal (Passy, 2007). A kovaalga alapú ökológiai állapotbecslésben az eddigi fajkonceptiót kezdi felváltani a funkciós csoportok alkalmazása, az ez irányú kutatások az elmúlt években nagy lendületet kaptak elsősorban folyóvizekben (Tapolczai et al., submitted). A szikes tavakban való alkalmazásukhoz azonban még számos ismeret hiányzott a jobban kutatott folyóvízi ökoszisztémákból is. Ilyen volt az, hogy vajon az időbeli változások nyomon követésére mennyire alkalmazhatók a kovaalga guildok, vajon mik azok a környezeti paraméterek, amelyeknek időbeli változást jól indikálja a három guild.

Ennek vizsgálatára a rendelkezésünkre álló folyóvízi mintákat (Torna-patak) használtuk fel, hogy aztán újonnan szerzett ismereteinket áttemelhessük a szikes tavakra (Stenger-Kovács et al., 2013). Eredményeink azt mutatták, hogy a guild alapú csoportosítás elég erős ahhoz, hogy egyszerűsége ellenére alkalmazható legyen az időben változó környezeti paramétereinek indikálására (pl. tápanyagok, hőmérséklet, fény, vízhozam), és az egyes guildok más – más környezeti paraméter megváltozására érzékenyek (Stenger-Kovács et al., 2013).

	Strength (S)	Weakness (W)	Opportunity (O)	Threat (T)
High profile	Position allows for superior access of light and nutrients	Exposition to grazing and shear forces	Utilization of small substrate surfaces; access to light/nutrients in case of scarcity	Sudden disturbances
Low profile	Resistance to high flow velocity and floods	Substrate surface (population increase is space limited)	Re-development after disturbance events	Developing canopy by high profile spp. results in shading and nutrient limitation
Motile	Ability to change position	Lack of stabilizing aid	Ability to change position	Any increase in flood velocity

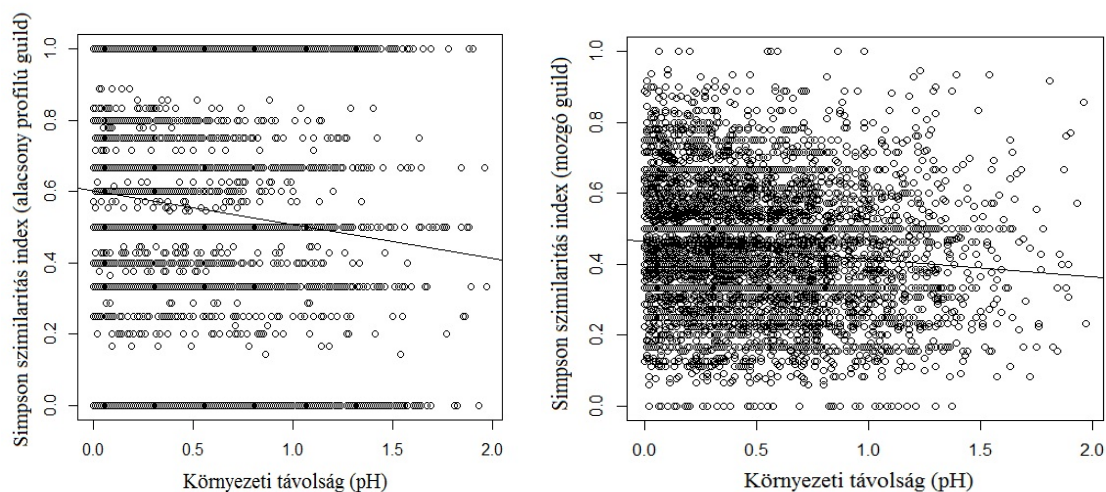
A kovaalga ökológiai guildok SWOT analízise (Stenger-Kovács et al., 2013, 1. táblázat).

A szikes tavakban a domináns fajok a mozgó ökológiai guild tagjai, melyek szignifikánsan nagyobb mennyiségben voltak jelen, mint a magas vagy alacsony profilú ökológiai guildhez tartozó kovaalgák. Ennek magyarázata, hogy a mozgó guild tagjai alacsonyabb fényintenzitás mellett kompetíciós előnyben vannak a másik két guilddel szemben, nagy stresszt képesek elviselni, mivel mozgásra képesek, így kiválaszthatják a számukra legmegfelelőbb élőhelyet. A mozgó ökológiai guild tagjai a kimondottan tápanyag gazdag élőhelyeket részesítik előnyben, mint amilyenek kis szikes tavaink (Stenger-Kovács et al., 2014a, b).



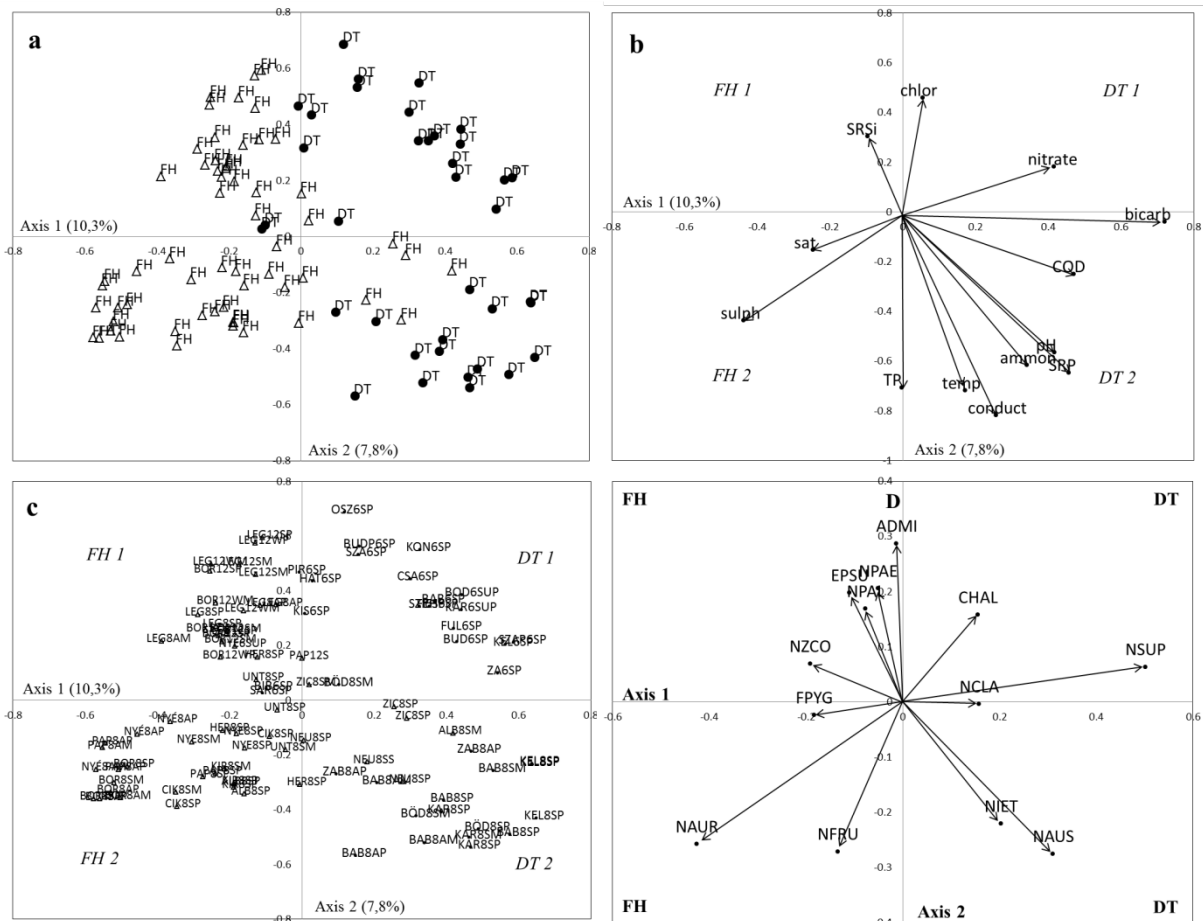
A kovaalga ökológiai guildék relatív gyakorisága szikes tavakban (Stenger-Kovács et al., 2014b, 2. ábra).

Bray-Curtis és Simpson disszimilitás index alkalmazásával kimutattuk, hogy a teljes bentikus kovaalga közösség béta-diverzitását egyértelműen meghatározta a vezetőképesség, pH, HCO_3^- , KOI, és SRP változása. Megállapítottuk, hogy Simpson index alapján a KOI gradiens mentén a magas profilú, míg a pH gradiens mentén az alacsony profilú kovaalga guild fajcsere rátája volt a legnagyobb. Ezzel szemben a Bray-Curtis index esetében a kovaalga ökológiai guildék fajcsere rátája nem különbözött jelentős mértékben a vizsgált változók függvényében (Szabó et al., 2015, Szabó et al., in prep). Az eredményeket közlő cikket 2015. novemberében adjuk le a Plos One folyóiratnak.



Az alacsony és mozgó kovaalga ökológiai guild Simpson szimilitás indexének változása a pH különbségek függvényében (Szabó et al., in prep. 2. ábra)

A szikes tavak kovaalga közösségének összetételét alapvetően a klímavezérelt vezetőképesség, HCO_3^- és SO_4^{2-} koncentráció határozza meg. De a tápanyag növekedés, az extrém időjárási események és a természetvédelmi kezelések hatásai is kimutathatók a kovaalga közösség összetételének megváltozásában, így hatékony eszközök lehetnek szikes tavak ökológiai állapotbecslésében és közösségből kinyerhető információk növelhetik a természetvédelmi kezelések hatékonyságát a természetes hidrológiai állapot megőrzésében (Stenger-Kovács et al., 2014b).



A vízkémiai paraméterek és a kovaalga összetétel alapján készített RDA analízis (a) régiókat, (b) a magyarázó változókat, (c) a mintákat és (d) a domináns fajokat figyelembe véve (Stenger-Kovács et al., 2014b, 3. ábra).

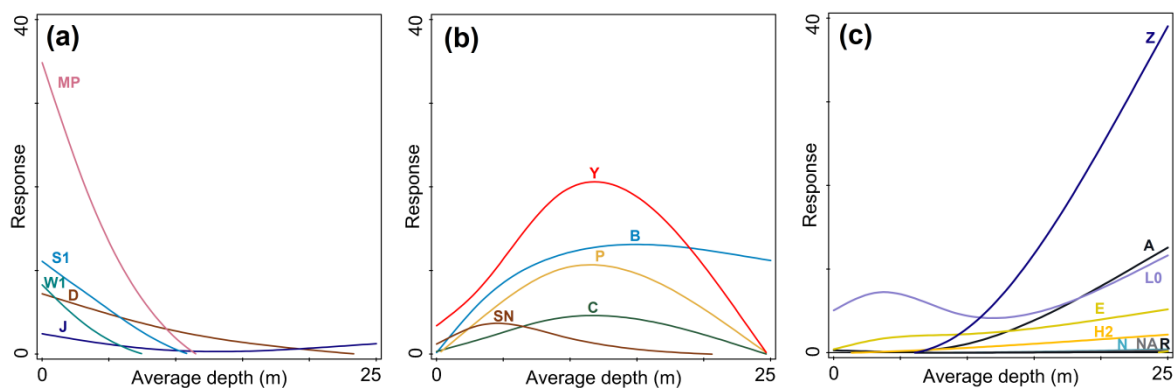
Vizsgáltuk a különböző diverzitási indexek alkalmazhatóságát a szikes tavak limnológiai és a természetvédelmi szempontú megőrzése szempontjából. A leginkább elterjedt és használt indexeken (fajsám, Shannon diverzitás) kívül taxonómiai távolságot és annak varianciáját is teszteltük, melyet a Kárpát-medence régiójának szikes tavaira kalibráltunk. Ez utóbbi indexek az irodalmak alapján további lehetőséget nyújthatnak a kis szikes tavak állapotának megítélésére és megőrzésére (Srivastava et al, 2012). A vizsgálatok eredménye azonban azt mutatta, hogy a „klasszikus” indexek (fajsám és Shannon diverzitás) sokkal szorosabb kapcsolatban vannak a szikes tavakat leginkább jellemző és megőrzendő környezeti paraméterekkel, mint pl. a vezetőképesség és a pH. A taxonómiai távolságot és annak varianciáját elsősorban a tavak tápanyagtartalma befolyásolta, ami viszont a tavakban természetes okokból magas (vízimadarak tízezrei pihennek és táplálkoznak a tavakon), tehát állapotukkal nem áll összefüggésben. A pH esetében azonban az új generációs diverzitási indexek közül a taxonómiai távolság precízebbnek és érzékenyebbnek mutatkozott (Stenger-Kovács et al, submitted). Kimutattuk, hogy az édesvizekkel ellentétben (Leira et al, 2009), a

szikes víztereken - ahol nagy a stressz és kicsi a habitat diverzitás - közeli rokon fajok dominanciája jellemző (Stenger-Kovács et al, submitted).

	F	p	partial r
Model (AvTD)			
TP	18.95	<0.001	-0.3692
NH ₄ ⁺	11.85	<0.001	-0.3161
pH	15.72	<0.001	-0.3857
Model (VarTD)			
NH ₄ ⁺	13.76	<0.001	0.2694
temp	7.09	<0.01	0.261
Model (species richness)			
cond	70.08	<0.001	-0.3458
temp	14.69	<0.001	-0.2832
pH	4.62	<0.05	-0.2143
Model (Shannon diversity)			
cond	18.19	<0.001	-0.2529
pH	8.64	<0.01	-0.3122
Cl ⁻	6.83	<0.05	0.2656

A redukált többváltozós lineáris modellek a parciális korrelációs koefficiens értékei az egyes diverzitás metrikák és a környezeti paraméterek között (Stenger-Kovács et al, submitted., 3. táblázat).

A tavak fitoplankton funkcionális összetételének, valamint az egyes tótipológiákhoz köthető jellegzetes fitoplankton-asszociációk megismerése céljából az alap tótipológiai paraméterek gradiense mentén vizsgáltuk a fajkompozíciót. A gradiens az extrém sekély szikes tavak és az abszolút mély dimiktikus tavak gradiense mentén épült fel. Eredményeink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a fitoplankton diverzitása nemcsak szimplán trofitás, vagy diszturbancia frekvencia mentén skálázható, hanem egy általános rétegződési tipológia mentén is (Abonyi et al., 2015). Szikes tavaink működésének megértése szempontjából releváns eredményeink, hogy ezen extrém sekély rendszerek egy általános tótipológiai gradiens azon végpontját jelentik, ahol a természetes állapot az egyes környezeti paraméterek extrém évszakos lefutásához kötött. Annak ellenére, hogy sekény rendszerek fitoplankton alapú tipizálása nehézkes (Borics et al., 2014), jelen eredményeink rávilágítanak arra, hogy alapvető különbség adódik asztatikus (Borsodi-dűlő) és állandó vízborítottságú (Legény-tó) tavak esetén. Annak ellenére, hogy mindkét tipológiai példa esetében prognosztizálható néhány eutróf bentikus, vagy korai szukcessziós állapotokat indikáló faj abszolút dominanciája (Borics et al., 2012), az állandó vízborítás a fajszám hirtelen és szignifikáns növekedését eredményezheti a rendszer funkcionális komplexitásának növekedésén keresztül. (Abonyi et al., submitted).



A fitoplankton funkcionális csoportok GAM modellel kapott jellegzetes mintázatai (a, csökkenő, b, haranggörbe, d, csökkenő) a tavak átlagos mélységi gradiense mentén. (Abonyi et al., submitted, 3. ábra)

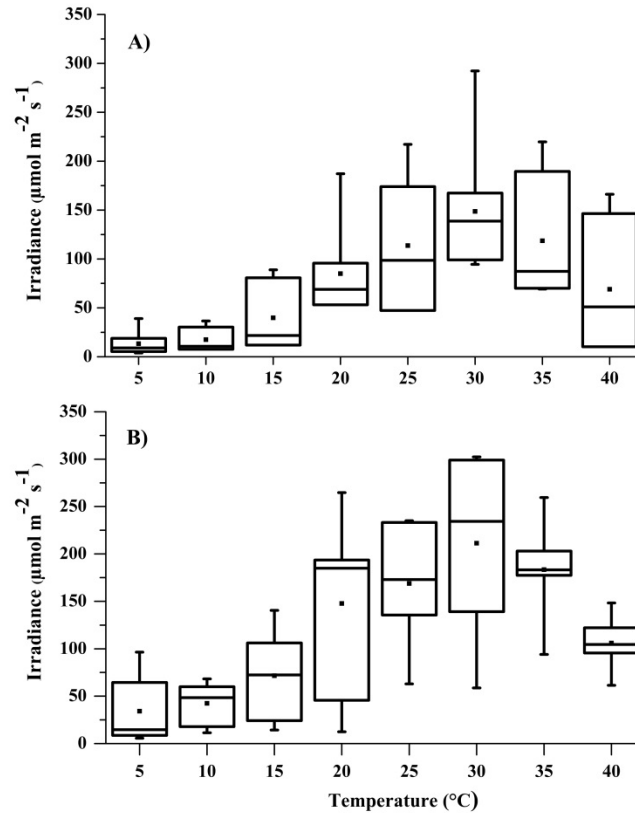
Megvizsgáltuk a természetvédelmi kezelés hatásait a Fertő-Hanság Nemzeti Park területén található a három rekonstruált szikes tóban. Habár a Borsodi-dűlő és Nyéki-szállás jelenlegi ökológiai állapota (magasabb vezetőképesség, alacsonyabb diverzitás) megközelíti a természetes szikes tavakét, a vízszintjük szabályozásának köszönhetően hidrológiai ciklusuk jelentősen módosított. A Legény-tó ökológiai állapota messze elmarad a természetes szikes tavakétól, vezetőképessége a vizsgált időszakban végig alacsony volt ($<3000 \mu\text{S cm}^{-1}$), míg a kovaalga diverzitás magas, köszönhetően a közvetlenül mellette futó csatornával való állandó összeköttetésének. Mindazonáltal a három tó természetvédelmi jelentősége nem kétséges, mivel számos veszélyeztetett fajnak szolgálnak élőhelyül (pl. *Diatoma vulgare*, *Encyonema lacustris*, *Fragilaria dilatata*, *F. nanana*, *F. tenera*, *Gyrosigma acuminatum*, *Navicula oblonga*) (Lengyel et al., before submission).

3. Az éghajlatváltozásra adott válaszok - kovaalga fajok ökofiziológiai vizsgálata

A limnológia tudásanyagának bázisát a nagy és mély tavak vizsgálatából nyeri, annak ellenére, hogy a legtöbb tó kicsi és sekély. Ráadásul a Víz Keretirányelv szintén a 10 ha-nál nagyobb tavak vizsgálatát szorgalmazza, így a kis vizek vizsgálata továbbra is háttérbe szorul és a tudáshiányunk e területen csak fokozódik. Történik ez annak ellenére, hogy a kisvizek a biodiverzitás megőrzése szempontjából különösen fontosak, veszélyeztetettségük pedig igen nagy (Padisák et al., 2015). A szikes tavak olyan zárt medencéjű kis tavak, melyek lefolyástalan területen jönnek létre, ahol a nettó evaporáció mértéke hosszú időskálán eléri vagy meghaladja a lehulló csapadék mennyiségét. A szélsőséges időjárási eseményekre és a klímaváltozásra érzékenyek. A társadalom többsége nem jut el olyan természetvédelmi

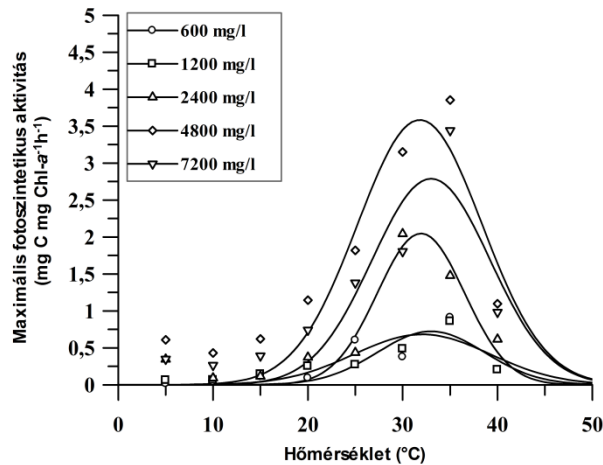
területekre, ahol megismerkedhetnének olyan speciális élőhelyekkel, mint a szikes tavak. Láthatnák, ahogy a tavak időszakosan kiszáradnak vagy tűnnek el végleg az ember okozta klímaváltozás következtében (Stenger-Kovács, 2013). Az éghajlatváltozással kapcsolatban számos kérdés merül fel, pl. mely fajok kerülnek előnybe a másikkal szemben azáltal, hogy a magasabb hőmérsékletet és sótartalmat kedvelik, vagy jobban tolerálják. Ez ilyen típusú kérdésekre ökofiziológiai kísérletekkel kerestük a választ.

A szikes tavak domináns *Nitzschia* fajait vizsgáltuk. Mikromanipulátorral izoláltuk őket, s a felszaporítást követően meghatároztuk a fajok fotoszintetikus karakterisztikáját eltérő szulfát és klorid koncentrációjú diatóma tápoldatokban 8 különböző fényintenzitáson 5 és 40 °C között 5 °C -ként egy kilenc cellából álló fotoszintetronban (Üveges et al., 2011). A *Nitzschia* fajok közül a *N. supralitorea* magasabb hőmérsékleten (30-35 °C) fotoszintetizált a legintenzívebben és az adott hőmérséklet tartományban a legnagyobb szulfát koncentráción (2500 mg l⁻¹) mértük a legnagyobb fotoszintetikus aktivitást (Lengyel et al., 2014). A *Nitzschia frustulum*, alapvetően a HCO₃⁻-SO₄²⁻ típusú tápoldatot kedvelte, a fotoszintetikus aktivitása ebben a típusban kétszer akkora volt, mint a HCO₃⁻-Cl⁻ dominanciájú tápoldatban. Vezetőképességi optimuma ~5600 μS cm⁻¹, tág toleranciájú faj. Sok esetben már alacsony fényintenzitáson is tapasztaltunk fénytélitődést. A maximális fotoszintézisét 28-29 °C-on, míg 30 °C feletti hőmérsékleten a fotoszintézis hirtelen csökkenését mértük. A faj ezen tulajdonságai jól magyarázzák jelenlétét és dominanciáját a szikes tavakban, és kimondottan a Fertő környéki területeken. A hőmérséklet további növekedésével azonban a faj gyakoriságának csökkenése illetve eltűnése várható (Lengyel et al., 2015).



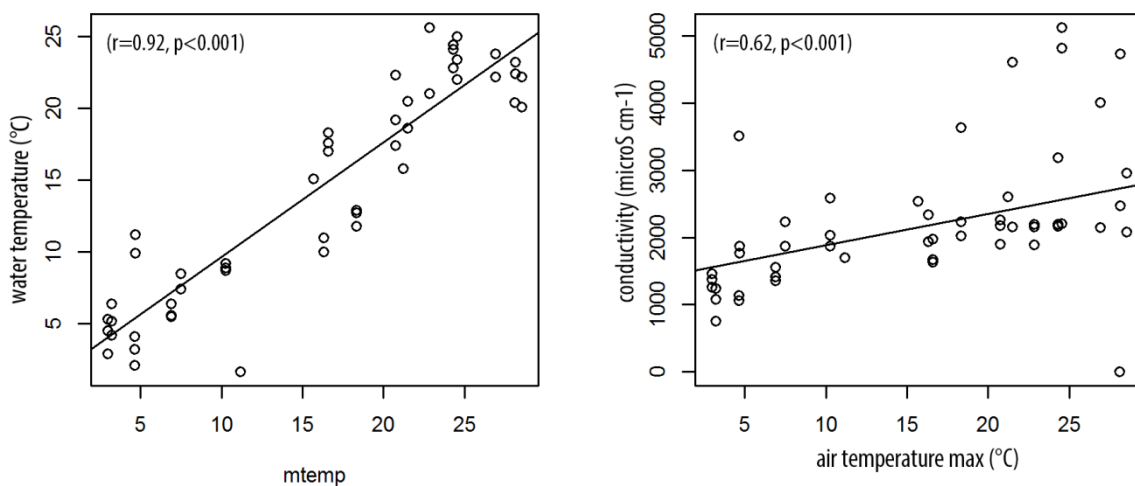
A fotóadaptációs paraméterek (Ik) különböző inkubációs hőmérsékleten A, szulfát B, klorid típusú oldatban. (Lengyel et al., 2015, 5. ábra)

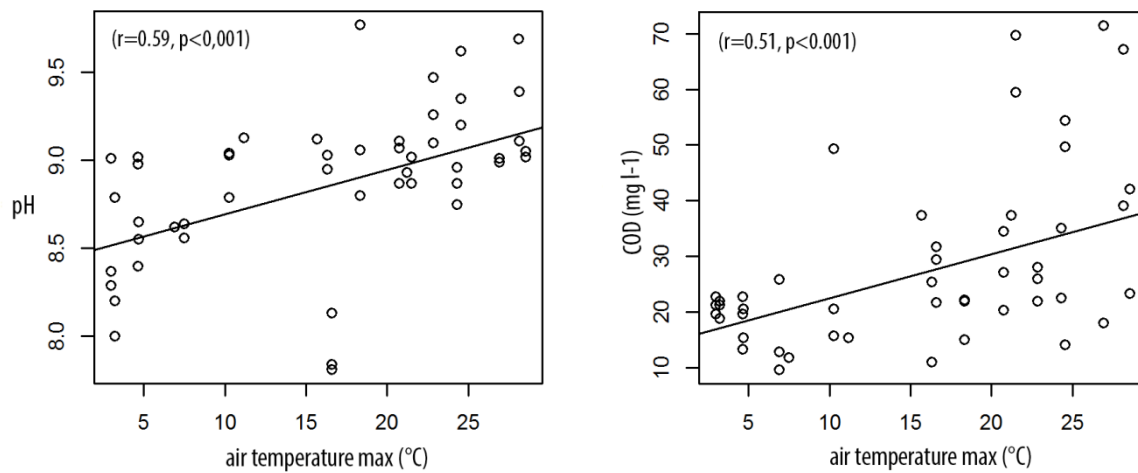
A szakirodalomban a *Nitzschia aurariae* sós vizeket kedvelő fajként ismert, melyet kísérletünk is megerősített. A *Nitzschia aurariae* magasabb vezetőképességnél ($7472 \mu\text{S cm}^{-1}$) és szulfátion (5300 mg l^{-1}) koncentrációnál fotoszintetizált aktívabban. Több *Nitzschia* fajhoz (pl. *N. palea*, *N. frustulum*, *N. closterium*) hasonlóan ez a faj is a melegebb vizeket kedveli, a hőmérséklet optimuma $32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ körülnek adódott. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a *Nitzschia aurariae* a klímaváltozás hatására bekövetkező növekvő vezetőképességet, szulfátion tartalmat és hőmérsékletet jobban képes elviselni, így kompetíciós előnyre tehet szert más fajokkal szemben (Lázár et al., 2015).



A *N. aurariae* hőmérsékleti optimuma (Lázár et al., 2015, 1. ábra)

Közösségi szinten is vizsgáltuk a klímaváltozás hatásait az aktív természetvédelmi kezelés alatt álló szikes tavakban. Ezekben a vízterekben a Pt szín, a maximális napi levegőhőmérsékletek átlaga és a vezetőképesség alapvetően meghatározza a kovaalga összetételt. A meteorológiai adatok közül (csapadék mennyiség, levegő hőmérséklet, napi maximális levegőhőmérséklet és szélsebesség) pedig a napi maximális levegőhőmérséklet az, ami a tavak fizikai és kémiai paramétereinek alakulását a leginkább meghatározza (Stenger-Kovács et al., 2014c).





A maximális napi léghőmérséklet és a tavak fizikai és kémiai paramétereinek közötti kapcsolat
(Stenger-Kovács et al., 2014c, 2. ábra)

Irodalomjegyzék

- ABONYI A, STENGER-KOVÁCS C, T-KRASZNAI E, YANG Y, PADISÁK J. (submitted)
The multiple succession hypothesis of phytoplankton: A mechanistic view on environmental constraints affecting community organization along a lake depth gradient. *COMMUNITY ECOLOGY IF*: 1,214
- ABONYI A, PADISÁK J, STANKOVIĆ I, T-KRASZNAI E, STENGER-KOVÁCS C. 2015.
Fitoplankton-diverzitás az extrém sekély és abszolút mély tótipológiai esetek között. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* (in press)
- BORICS G., TÓTHMÉRÉSZ B., LUKÁCS B., VÁRBÍRÓ G. 2012. Functional groups of phytoplankton shaping diversity of shallow lake ecosystems. *HYDROBIOLOGIA* 698: 251-262.
- BORSODI AK., KNÁB M, CZEIBERT K, MÁRIALIGETI K, VÖRÖS L, SOMOGYI B. 2013. Planktonic bacterial community composition of an extremely shallow soda pond during a phytoplankton bloom revealed by cultivation and molecular cloning. *EXTREMOPHILES* 17: 575-584.
- BOROS E, FORRÓ L, GERE G, KISS O, VÖRÖS L, ANDRIKOVICS S. 2008. The role of aquatic birds in the regulation of trophic relationships of continental soda pans in Hungary. *ACTA ZOOLOGICA ACADEMIAE SCIENTIARUM HUNGARICAE* 54: 189-206.
- GRUNOW A. 1860. Über neue oder ungenügend gekannte Algen. *VERH ZOOL-BOT GES WIEN*. 10:503-582.
- HORVÁTH Z, VAD CF, TÓTH A, ZSUGA K, BOROS E, VÖRÖS L, PTACNIK R. 2014. Opposing patterns of zooplankton diversity and functioning along a natural stress gradient: when the going gets tough, the tough get going. *OIKOS* 123: 461-471.
- HORVÁTH Z, VAD CF, VÖRÖS L, BOROS E. 2013. Distribution and conservation status of fairy shrimps (Crustacea: Anostraca) in the astatic soda pans of the Carpathian basin: the role of local and spatial factors. *JOURNAL OF LIMNOLOGY* 72: 103-116.
- KISS I. 1976. Magyarország szikes tavaiban végzett hidrológiai és algológiai vizsgálataim áttekintése. *ACTA ACAD PAED SZEGEDIENSIS*. 1976:63-80.

- KÖRMENDI K., LENGYEL E., BUCZKÓ K., STENGER-KOVÁCS C. 2015. A Kiskunsági Nemzeti Park néhány szikes tavának kovavázis algái. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* (in press)
- LÁZÁR D, LENGYEL E, STENGER-KOVÁCS C. 2015. A *Nitzschia aurariae* Cholnoky (Bacillariophyceae) fotoszintetikus aktivitásának vizsgálata szulfát gradiens mentén. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* (in press)
- LEIRA M, CHEN G, DALTON C, IRVINE K, TAYLOR D. 2009. Patterns in freshwater diatom taxonomic distinctness along an eutrophication gradient. *FRESHWATER BIOLOGY* 54: 1-14.
- LENGYEL E. 2014. Mikroszkopikus algáink jelentősége és lehetséges alkalmazása a környezetpedagógiában. *ISKOLAKULTÚRA* 11-12: 87-95.
- LENGYEL E, STENGER-KOVÁCS C. 2012. Osztrák és hazai kis szikes tavak különleges jellemzői és kovaalga flórája. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* 92: pp. 52-54.
- LENGYEL E, KOVÁCS WA, HESHAM SM, STENGER-KOVÁCS C. 2014. *Nitzschia supralitoreae* (Bacillariophyceae) fotoszintetikus aktivitásának vizsgálata eltérő szulfát koncentrációk esetén. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* 94: 59-61.
- LENGYEL E, KOVÁCS WA, PADISÁK J, STENGER-KOVÁCS C. 2015. Photosynthetic characteristics of the benthic diatom species *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow isolated from a soda pan along temperature-, sulfate- and chloride gradients. *AQUATIC ECOLOGY* doi: 10.1007/s10452-015-9533-4
- LENGYEL E, PADISÁK J, HAJNAL É, PELLINGER A, STENGER-KOVÁCS C. (before submission) Efficiency of conservation management in the case of three reconstructed soda pans based on benthic diatoms. *HYDROBIOLOGIA* IF: 2,275
- PADISÁK J, STENGER-KOVÁCS C, LÁZÁR D, HUBAI KE, NĚMCOVÁ Y, MAGYAR D, VASS M, TRÁJER A J, TÁNCZOS B, HAMMER T, LENGYEL E. 2015. A kisvizes ökoszisztémák prediktív értéke a klímaváltozás hatásainak megértésében és jelentőségük a biodiverzitás megőrzésében. *MAGYAR TUDOMÁNY* 5: 559-567.

- PASSY SI. 2007. Diatom ecological guilds display distinct and predictable behavior along nutrient and disturbance gradients in running waters. *AQUATIC BOTANY* 86: 171–178.
- PÁLFFY K, FELFÖLDI T, MENTES A, HORVÁTH H, MÁRIALIGETI K, BOROS E, VÖRÖS L, SOMOGYI B. 2014. Unique picoeukaryotic algal community under multiple environmental stress conditions in a shallow, alkaline pan. *EXTREMOPHILES* 18: 111-119.
- SRIVASTAVA DS, CADOTTE MW, MACDONALD AAM, MARUSHIA RG, MIROTCHEV N. 2012. Phylogenetic diversity and the functioning of ecosystems. *ECOLOGY LETTERS* 15: 637-648.
- STENGER-KOVÁCS C., PADISÁK J. 2012. A Fertő algavegetációjának jellegzetességei és kutatása. In: Kárpáti László, Josef Fally (szerk.) Fertő-Hanság – Neusiedler See-Seewinkel Nemzeti Park I.: Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház, p. 69-72. (ISBN:978-615-5224-30-0)
- STENGER-KOVÁCS C, LENGYEL E. 2014. Egy mexikópusztai szikes tó (Borsodi-dűlő) diatómái és fizikai, kémiai jellemzői. *SZÉLKIÁLTÓ* 16: pp. 32-34.
- STENGER-KOVÁCS C, LENGYEL E. 2015. Taxonomic and distribution guide of diatoms in soda pans of Central Europe. *STUDIA BOTANICA HUNGARICA* 210 pp. (accepted).
- STENGER-KOVÁCS C, LENGYEL E, CROSSETTI L O, ÜVEGES V, PADISÁK J. 2013. Diatom ecological guilds as indicators of temporally changing stressors and disturbances in the small Torna-stream, Hungary. *ECOLOGICAL INDICATORS* 24: pp. 138-147. IF: 2,967
- STENGER-KOVÁCS C, LENGYEL E, BUCZKÓ K. 2014a. Kovaalga összetétel és ökológiai guildek kis szikes tavainkban. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY* 94:(4) pp. 28-30.
- STENGER-KOVÁCS CS, LENGYEL E, BUCZKÓ K, TÓTH M F, CROSSETTI O L, PELLINGER A, ZÁMBÓNÉ DOMA ZS, PADISÁK J. 2014b. Vanishing world: alkaline, saline lakes in Central Europe and their diatom assemblages. *INLAND WATERS* 4: pp. 383-396. IF: 1,432

- STENGER-KOVÁCS C, LENGYEL E, BUCZKÓ K. 2014c. Effect of conservational management and the global climate change on benthic diatom composition of inland saline lakes (Central Europe). Konferencia előadás és absztrakt. 8th Shallow Lakes Conference. 2014. október 12-17.
- STENGER-KOVÁCS C. 2013. Az éghajlatváltozás következménye: szikes tavak és algaközösségeinek veszélyeztetettsége. ISKOLAKULTÚRA 2013/2: 86-94.
- SZABÓ B, LENGYEL E, PADISÁK J, STENGER-KOVÁCS C. 2015. Kis szikes tavak kovaalga diverzitásának mintázata stressz gradiens mentén. Konferencia absztrakt és előadás. X. Magyar Ökológus Kongresszus, Veszprém 2015. aug. 12-14.
- SZABÓ B, LENGYEL E, PADISÁK J, STENGER-KOVÁCS C. (in prep.) β -diversity and species turnover of diatom communities along different environmental variables in soda pans (Central-Europe). PLOS ONE IF: 3,234
- STENGER-KOVÁCS CS, HAJNAL É, LENGYEL E, BUCZKÓ K, PADISÁK J. (submitted). A test of traditional and new generation diversity measures on benthic diatoms of soda pans in the Carpathian basin. ECOLOGICAL INDICATORS IF: 3,444
- TAPOLCZAI K, BOUCHEZ A, PADISÁK J, RIMET F. (submitted): Trait-based ecological classifications for benthic diatoms: review and perspectives. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT
- TÓTH A, HORVÁTH Z, VAD F CS, ZSUGA K, NAGY SA, BOROS E. 2014. Zooplankton of the European soda pans: fauna and conservation of a unique habitat type. INTERNATIONAL REVIEW OF HYDROBIOLOGY 99: 1-22.
- ÜVEGES V, VÖRÖS L, PADISÁK J, KOVÁCS WA. 2011. Primary production of peipsammic algal communities in Lake Balaton (Hungary). HYDROBIOLOGIA 600: 17-27.

Összefoglaló publikációs és tudományometriai adatok (K-81599)

Nem impaktos folyóiratban megjelent és elfogadott cikkek száma: 10

Impaktos folyóiratban megjelent és elfogadott cikkek száma: 3

Impaktos folyóiratnak leadott cikkek száma: 2

Impaktos folyóiratnak leadás előtt álló cikkek száma: 2

Könyvfejezet: 1

Konferencia absztrakt:2

Kumulatív impact: 5,821+10,167 (várható)

Összes független idézettség: 27

Idézettség WoS-ban vagy Scopusban: 13