



extra

WASSERWIRTSCHAFT

Technológia – Kutatás – Gyakorlat

Biokémiaiilag stimulált iszaplebontás sekély vizű tavakban | Megvalósíthatósági tanulmány



Biokémiailag stimulált iszaplelebontás sekély vizű tavakban: megvalósíthatósági tanulmány

A lerakódott iszap gyakran megnehezíti az eutrofikus sekély tavak és halastavak használatát. A három elkészült megvalósíthatósági tanulmány, melyekben CaO_2 -tartalmú termékeket teszteltek a kotrás alternatívájaként, az üledék és a szervesanyag-tartalom szignifikáns csökkenését mutatták. Az oxigén fokozatos felszabadítása elősegíti az elektronakceptorok átjutását a zárórétegen át az üledékbe és ott stimulálja a mikrobiális mineralizációt. A tavak ökoszisztémáira kifejtett negatív hatást nem észleltek.

Kai-Uwe Ulrich, Alice Rau és Thomas Willuweit

1 A tanulmány indoka

A tavak és folyók gyors eutrofizációja nagy mennyiségű üledék felhalmozódásától kísérve, az oxigénhiányos fenék, a foszfátok (PO_4 -vegyületek) elégtelen megkötése és a cianobaktériumok túlsúlya továbbra is alapvető fontosságú, globális probléma a vízminőség és az egészség tekintetében [1]. A sekélyvizű tavakat, melyek világszerte a leggyakoribb forrásai az édesvíznek, rendkívüli mértékben érinti ez a probléma [2]. Gyakori elemei a tájnak és hozzájárulnak a mikroklímához, a biodiverzitáshoz, helyszínei a helyi szabadidős tevékenységeknek és – halastóként üzemeltetve – akár még ez élelmiszertermelésben is részt vesznek. A kis vízmélység (< 5 m) miatt gyakran polimiktikusak, alkalomadtán időjárásfüggő időszakos stratifikációval.

A mély tavakkal ellentétben, a tápanyagok körforgása gyors és sűrű a sekély tavakban, aminek következtében nagyobb a trófikus szint [3]. A középső trófikus szintben a legnagyobb tömegben jelenlévő elsődleges termelők, melyek egyben táplálékként is szolgálnak, a makrofíták és a lebegő leveles növények, melyek fenntartják az áttetsző (tiszta) tóvizet. A tápanyagok növekvő mennyiségével a makrofíták dominanciáját hamar felválthatja a fitoplankton, ami fokozhatja a víz zavarosságát. A cianobaktériumok és a nagyfokú üledékképződés gyorsan korlátozhatja az eutrofikus tavak használatát.

Mivel a trófikus szint csökkentése a jól ismert hiszterézis miatt nagyon hosszú időt vehet igénybe, még a tápanyag-kiegészítések korlátozása után is kívánatos hatékony intézkedések megtétele a vizek megóvása és felhasználása érdekében [4]. Emiatt

Absztrakt

- A kalcium-peroxid hatóanyag elősegíti az iszap lebomlását három tesztvízben.
- Az iszapban található szerves anyag nagyobb mértékben csökkent, mint sz stöchiometrikan elvárható lett volna.
- A kezelésnek nem volt negatív hatása a vízi élőhelyek ökológiájára.

általában a – gyakran iszap formájában – lerakódott üledékre fókuszálnak a kutatások. Az üledék hagyományos helyreállítási módjai közé tartozik a kotrás, amely a kialakult élőhelyek durva megsemmisítésével és általában magas költségekkel jár. Ezenkívül a kotrott anyagot el kell szállítani vagy el kell helyezni valahol. A kotrott anyag gyakran szennyezett, mivel a szabályozás hatálya alá eső anyagok határértéken felüli koncentrációban található meg benne. Számos *in situ* beavatkozás ellensúlyozza a túlzott oxigénhiányt, illetve a tápanyagoknak az üledékből való felszabadulását. Az egyik bevált módszer nitrát hozzáadása elektronakceptorként, az üledék-víz határreteg közelében a redox potenciál növeléséhez, és a mineralizáció fokozásához kalcium vagy vas hozzáadásával a foszfátok kicsapódásához (RIPLOX-módszer) [4]. Bár ezzel a módszerrel a nitrogénhiányt ellensúlyozó vízdoldékony tápanyag kerül a rendszerbe, és ez kedvez a cianobaktériumok növekedésének, ez közvetlenül megnöveli az üledék foszformegkötő képességét is [5].

Jelen tanulmány egy új módszer, mely során egy olyan tápanyaggazdag keveréket alkalmaznak, ami aerob mikrobákat tartalmaz és hosszabb időszakon át szabadít fel molekuláris oxigént, megvalósíthatóságát vizsgálja. Az oxigén elősegíti a szerves anyagok (sz.a) aerob mikrobiális bomlását és a redukált ionok potenciális oxidációját. Ebben az írásban három teszthelyen, két tavacskában és egy sekélyvizű tóban – Németországban és Kínában – történő alkalmazást kísérő vizsgálatok eredményeit mutatjuk be.

2 Anyagok és kivitelezés

A megvalósíthatósági tanulmányokhoz használt hatóanyag legfeljebb három hatóanyag keveréke, mely Németországban szaküzletekben kapható SchlixXPlus néven:

- kalcium-peroxid (CaO_2), hatóanyag (15–75%),
- bentonit (hígításhoz), CaCO_3 és CaCl_2 (pufferoláshoz) és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (a CaO_2 -termelés mellékterméke),

- tenyésztett aerob baktériumok (akár 8 különböző fajta, fagyasztva szárítva).

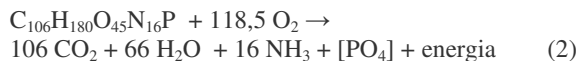
A kalcium-peroxid egy szinte vízdoldhatatlan anyag (<0,01%-os oldékonyság 20 °C-on), ami nem savas vízben lassan, 8–10 hét alatt bomlik le molekuláris oxigén felszabadulása mellett [6]:



Ezt az anyagot oxigénfelszabadító összetevőként használták talajszennyezők lebontására [7], rákfarmokon, szűrőfalakban [8] vagy a P-koncentráció kontrollálására vízben és üledékben. Alkalmazzák még fogkrémekben, kozmetikai termékekben és a gyógyszeriparban is. Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban „stabil szerves peroxidként” (SIP) hivatkozunk a tesztelt hastóanyagra.

Egy speciális, többtestű, adagolóval és GPS-nyomkövetővel ellátott hajóval, az SIP az üledék felszínére került kiadagolásra, illetve azt egy lándzsa segítségével 0,5 m mélyre injektáltuk az üledékbe. A kémiai hatások méréséhez, kiszámoltuk a négyzetméterenkénti szükséges SIP-dózist az izzítási veszteség legalább 1 százalékpontos csökkentéséhez. A Gl. 2 [9] szerinti átlagos biomasszával számolva 1,56 g O₂/g sz.a. szükséges. Ennél fogva 15,6 g O₂/kg száraz maradék (sz.m.) szükséges 10 g O/kg sz. m. lebontásához.

0,045 g sz.m./cm³ nedves eredeti üledék (n.e.ü.) bruttó száraz sűrűségű 0–1 cm vastagságú üledékréteg esetében 450 g sz.m./m²-re számítva 7,0 g O₂/m² szükséges:



Mivel 1 kg SIP 33,3 g O₂-t szabadít fel 8–10 hét alatt, a szükséges mennyiséget legkevesebb 210 g/m² tófelszínhez számították. Ezen felül a felszabaduló

oxigén oxidálhatja az üledékben lévő szervesen redukáló anyagokat, pl. a Fe(II)-ionokat:

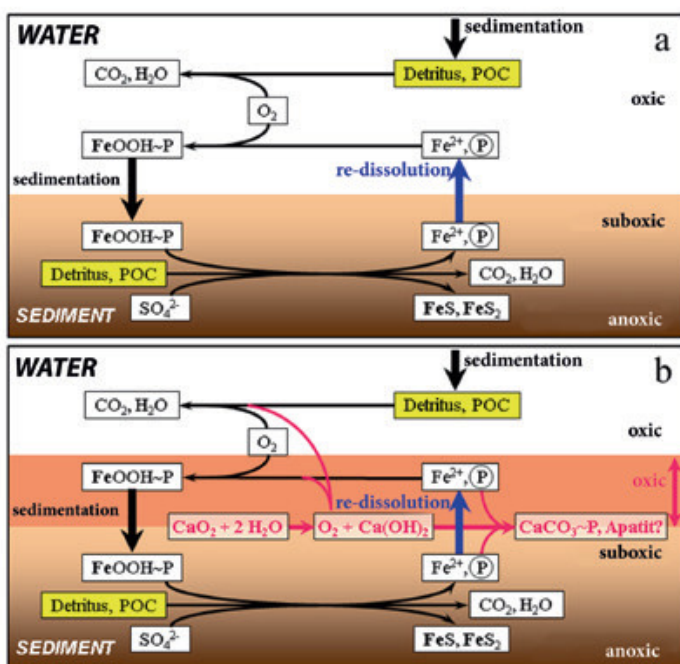


A víz-üledék határ közelében lévő kölcsönhatások és reakciók elméleti vázlatát az **1. ábra** mutatja.

3 Vizsgálati terület

3.1 Mühlenteich-tó

A Mühlenteich-tó (52°12,027' É, 8°6,265' K) az alsó-szászországi Oesede kolostor közelében lévő Georgsmarienhütte községhez tartozó természetvédelmi területen található. A felülete kb. 10 700 m² (a teljesen kiszáradt területek nélkül), a víz mélysége 2014-ben <0,5 m és 1,1 m között volt. A tavat csapadékvíz és talajvíz táplálja, a közeli folyóval nincs kapcsolata. A SIP első alkalmazását megelőzően az üledék teljes, becsült mennyisége 10 700 m³ volt. A SIP négy alkalommal, a következő dózisokban került kijuttatásra: 47 g/m² (2012. 09.), 280 g/m² (2013. 07.), 140 g/m² (2014. 06) és 62 g/m² (2018. 08.). 2012 augusztusa és 2019 júniusa között az üledék vastagságát az aktuális és az eredeti vízszinthez képest mérték a P1–P17 (eredetileg P1–P5) pontokon. Az üledékmintákat lineáris csövekbe vették le, azokat homogenizálták és a DIN EN 12 880 és DIN EN 15 935 szabványoknak megfelelően elemezték a száraz maradék (sz. m.)- és szerves anyag (sz. a.)-koncentrációjukat. A sz. m. sűrűségét egy 2,5 g/cm³ átlagos szilárdanyag-sűrűséget alapul véve, a sz.m.-koncentrációból számították ki. Az üledék diffúz P-kibocsátását 10 üledékmagon vizsgálták, 48 órányi inkubációt követően, környezeti hőmérsékleten mérték. Monitorozták a tó vízminőségét, a fitoplankton, a zooplankton és a makrofitákat.



1. ábra: A fosfor- és vas-ciklus biokémiai reakcióinak vázlatos rajza a víz-üledék határ közelében: a) SIP adagolása nélkül, b) SIP adagolását követően és nappali fény szimuláció mellett

3.2 Caohai halastó

Egy kínai-német együttműködés keretében a Dian-tóhoz (24° 48'–25° 28' É, 102° 29'–103° 01' K) tartozó Caohai-tótól részlegesen leválasztott halastavat választottak ki egy hathónapos megvalósíthatósági tanulmány elvégzésére. A viszonylag idős, erősen eutrófikus sekély tó 1887 méter magasan helyezkedik el a tengerszint felett, a délnyugat-kínai Jünnan tartományban található Kunming városa közelében. Nagyjából a mintegy 10 000 m²-es kísérleti tó közepére 2 db akrilcsövet helyeztek le az üledékkezelést megelőzően; ezek átmérője 1 m, hossza 2 m volt. Az így körülzárt területek egyenként 0,8 m² üledékes felületet foglaltak magukba; az üledék mélysége ~0,8 m, míg a vízoszlop térfogata a vízszint függvényében, hozzávetőlegesen 0,8 m³ volt. A kísérleti hengerben (KH) és a kísérleti tóban a SIP-et kb. 0,5 m mélyre injektálták az iszapba 0,2 g/kg üledék CaO₂-dózisban szuszpenzió formájában, míg a referencia henger (RH) kezeletlen maradt.

Az üledékkezelést megelőzően, majd hat hónap múlva, üledékmintákat vettek a kulcs tulajdonságok – úgymint víztartalom, bruttó száraz sűrűség, szerves anyagok mint izgatási veszteség, P-koncentráció és P-frakciók – meghatározásához a Psenner et al. [10] féle és Hupfer [11] által módosított szekvenciális extrakcióval. Az üledék vastagságát hetente monitorozták a henger külső falához rögzített jelzés alapján mért vízmélységhez képest. A Jünnani Egyetem Természettudományi Kara végzete a fitoplankton, a merülő makrofiták és a makrozoobentosz szervezetek monitorozását. A fitoplankton monitorozását két mintavételi csíkkal végezték. A vízbiológia monitorozását a projekt megkezdése előtt, valamint a SIP alkalmazását követő harmadik és hatodik hónapban végezték el.

3.3 Kleiner Russweiher-tó

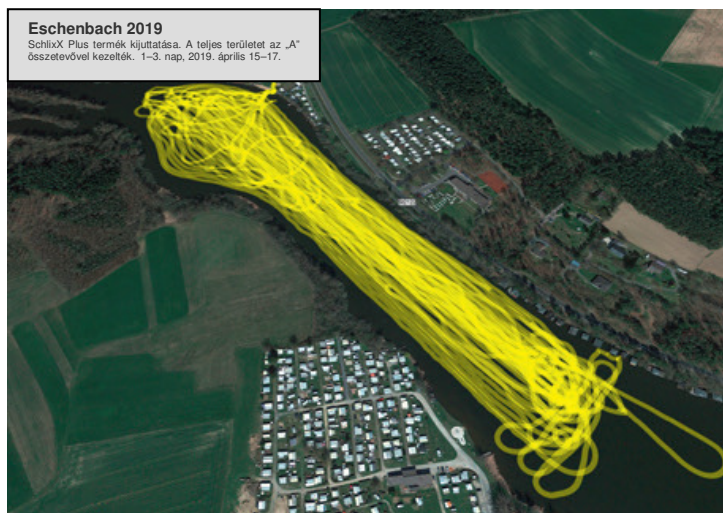
Felület tekintetében a legnagyobb SIP-alkalmazás teszt a bajorországi, Eschenbach i. d. Opf melletti Kleiner Russweiher-tóban történt. Ebben a sekélyvízű tóban, a 27 ha üledékből 16,9 ha-t kezeltek 7,5 t SIP-pel, 44 g/m² dózisban, 2019 áprilisában. A hajó útvonalát (lásd 2. ábra) GPS-szel rögzítették. A hatások monitorozása a következőket foglalta magába: tóvíz, pórúsvíz és az üledék tulajdonságainak elemzése, beleértve a szekvenciális P-extrakciót, valamint a fitoplankton-, zooplankton-, makrozoobentosz- és makrofita-közösségek összetételét.

4 Eredmények és diszkusszió

4.1 Mühlenteich-tó

A Mühlenteich-tóban a kezdeti üledékvastagság 99,8 ± 32,5 cm (N = 5) volt. A 2012-ben adagolt első, kisdózisú SIP adagolása (47 g/m²) átlagosan 12%-os üledék-vastagság-csökkenést eredményezett. 2013 júniusában, egy akkumuláló szeszonlerakódás miatt, átlagosan 91,4 ± 32,5 cm (N = 5) üledékvastagságot mértek a P1–P5 pontokon a második (fő) kijuttatás előtt. Az üledék-tulajdonságok adatai nagymértékű variabilitást mutattak, ami lecsökkenthető volt az öt kezdeti monitorozási pont két csoportba sorolásával: 1. csoport (P1, P3, P4) és 2. csoport (P2, P5). Három hónappal a második SIP-kijuttatást követően, az üledék vastagságának csökkenése egyértelműbb volt (3. ábra). A kiindulási szárazmaradék-tartalom alapján, a maximális csökkenés mértéke 220 kg/m² vagy az üledékvastagság 25%-a.

A harmadik SIP-kijuttatást követően az üledékvastagság tovább csökkent 59,8 ± 16,8 cm-re (N = 17). A 2013 októberében mért (N = 15) adatokhoz képest, az üledékvastagságnak ez a további 20%-os csökkenése, százalékban nézve, hasonló az átlagos szervesanyag-csökkenéshez (234 ± 128 kg/m²) és a 22%-os üledéktérfogat-csökkenéséhez.



2. ábra: A Kleiner Russweiher-tó nyugati részének légifelvétele. A sárga vonalak a hajónak a GPS-szel rögzített útvonalát mutatják a SIP-nek az üledékre történő kijuttatása során.

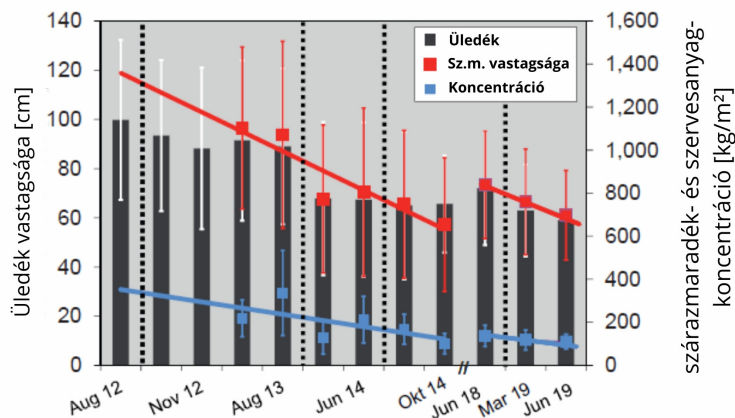
A szeszonlerakódásoknak friss szervesanyaggal és a reziduális szervesanyag perzisztens részének köszönhetően, az üledékminták továbbra is tartalmaztak reziduális szervesanyagokat minden egyes SIP-kijuttatást követően. Összességében, a kezelés hatása a teljes – 2012 augusztusa és 2014 októberé közötti – monitorozási időszakban $45 \pm 11\%$ -os ($N = 5$) átlagos üledékvastagság-csökkenésében mutatkozott. 2018 októberé és 2019 júniusa között, mind az üledék térfogata, mind a szervesanyag-tartalom átlagosan 18%-os csökkenést mutatott a negyedik SIP-kijuttatás után. A kijuttatás előtt mért P-kibocsátás rátája magasabb volt ($13,7 \pm 8,1 \text{ mg P}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$), mint a kijuttatást követő pár hónap múlva ($3,9 \pm 9,8 \text{ mg P}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$). Eközben a 10 üledékmintából 3 még P-abszorpciót mutatott (4. ábra). Ugyanekkor a térbeli variabilitás jelentős volt, és nem lehet kizárni a szezonális hatását sem, amikor is kora nyáron nagyobb a P-kibocsátás, mint kora tavasszal. A rendelkezésre álló monitorozási jelentések alapján a Mühlenteich-tó ökológiai monitorozása nem mutatta a kezelés negatív hatását a zooplankton- és fitoplankton-fajok, valamint a merülő makrofitavegetáció összetételét illetően. Mivel egyes fajok összességében szaporodnak, és ténylegesen foszfátot fogyasztanak, a tó vizében megfigyelt enyhe foszftartalom-csökkenés nem tudható be kizárólagosan a SIP kijuttatásának. A SIP kijuttatásának időszakában a Mühlenteich tavat megóvták a teljes kiszáradástól és biztosították a halállomány regenerációját. A SIP-nek a P-mérlegre kifejtett hatásával további vizsgálatok szükségesek.

4.2 Caohai halastó

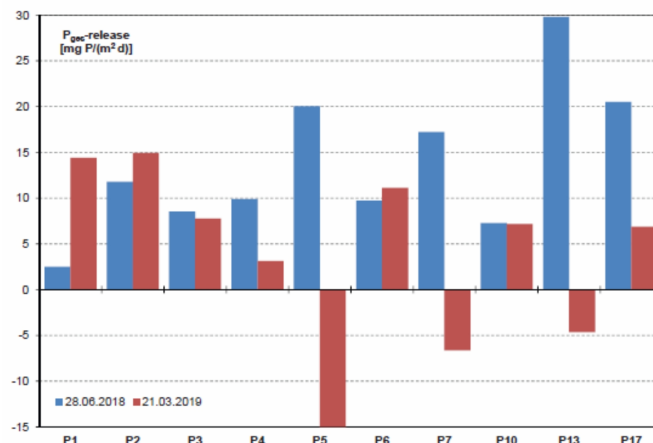
A tesztidőszak alatt, az üledékes felszín a Caohai tesztő kezeletlen referencia mintájában (RH) ± 3 cm-rel fluktuált az eredeti tőfenékhez képest. A kísérleti hengerben (KH) az üledékes felszín akár 12 cm-rel is csökkent a SIP kijuttatását követően (avagy a kezelt réteg 24%-ával) (5. ábra). Az üledékes felszín átmeneti növekedése volt megfigyelhető a partmenti vízinövények jelentős elszaporodása miatt; ez mind a RH, mind a tesztő esetében igaz volt. A merülő makrofiták nagytömegű elszaporodása miatt konkrét mélységmérés időszakosan nem volt lehetséges. A kezeletlen referenciaponthoz viszonyítva a tesztőben elszórtan elhelyezett mérőpálcák révén az üledékes felszín szintjének csökkenő trendje is mérhető volt. Az ökológia elemzések növényi és állati társulások (biocönózisok) gyors szezonális szukcesszióját mutatták ki, melyeket hipertrófikus termelési és lebontási folyamatok jellemeznek, így a tesztelt hatóanyag tekintetében nem lehetett végleges érvényű megállapításokat hozni.

Az üledékben megkötött foszfor a standard szekvenciális extrakcióval történő elemzése ([10], [11]) a P-frakciók jelentős eltolódását mutatta, különösen igaz volt ez a redukáló körülmények között oldékony P-frakcióra (BD-P) és az 1 M nátrium-hidroxid mellett oldható P-frakcióra (NaOH-SRP) (6. ábra). Ez a két foszfátkészlet megfelelt az ugyanekkor kivont vasnak, ami azt sugallja, hogy az F(II) oxidációja növekedést okoz az Fe(III)-hidroxidok P-szorpció készletében. Ennél fogva a SIP alkalmazása fokozhatja a P-

szekvesztrációt mindaddig, míg oxidatív körülmények uralkodnak az üledék felszínének közelében. Ez a szekvesztrációs hatás mélyebb a Caohai tesztő kísérleti hengerének üledékében, mint a Kleiner Russweiher-tól üledékében, ahol hasonló P-frakció-eltolódásokat mértek.



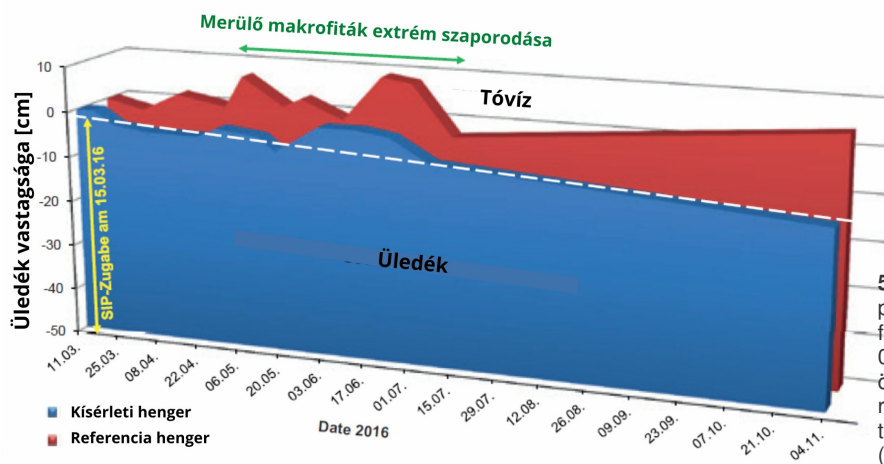
3. ábra: Az üledék vastagságának időbeli alakulása (bal oldali y-tengely), száraz maradék és szervesanyagok koncentrációja (jobb oldali y-tengely), SIP-kijuttatás által befolyásolt (szaggatott vonal) a Mühlenteich-tóban



4. ábra: A Mühlenteich-tóból vett 10 üledékmagban mért P-kibocsátás. Az üledékmagokat 2018. június 28-án és néhány hónappal a SIP kijuttatása után gyűjtötték.

4.3 Kleiner Russweiher-tó

Kilenc héttel a SIP-nek a Kleiner Russweiher-tóba való juttatása után, az üledék szervesanyag-koncentrációja 3-6%-kal csökkent a kezelt rész mintavételi pontjában a nem kezelt rész 2,5-4%-ához képest ($N = 4$). Azonban voltak jelei annak, hogy a SIP a vízárammal elsodródott a tó kezelt részéből a kezeletlen részre. A szárazmaradék-tartalom inkább enyhe csökkenést mutatott, semmint növekedést, de ez a SIP kismértékű szilárdanyag-tartalma miatt várható is volt. Kilenc hét elteltével az üledék lebomlása a kezelt részben $2,7 \pm 1,5 \text{ cm}$ ($N = 115$) volt, a mért bruttó szedimentációs ráta figyelembe vétele mellett. Egy öt



5. ábra: A kísérleti henger (SIP-pel kezelt) TP-tartalmának és P-frakcióinak változása a felső 0,5 méteres rétegben összehasonlításban a kezeletlen referencia hengerrel a Dian-tóhoz tartozó Caohai teszttóban (Kína)

hónappal később elvégzett további mérés szerint az üledék összesen $11\,700\text{ m}^3$ -rel csökkent a $70\,000\text{ m}^2$ -es mért felületen, ami átlagosan 17 cm üledékvastagság-csökkenésnek felel meg. Figyelembe véve a száraz maradék mért szedimentációs rátáját, az üledékvastagság átlagos csökkenése $22 \pm 2\text{ cm}$. Nyilvánvaló, hogy az üledék bomlásának jelentős része később, mint kilenc héttel a SIP kijuttatása után történt, ami a mineralizáló mikroorganizmusok hosszabb adaptációs idejét veti fel.

5 Következtetés

A három független megvalósíthatósági tanulmány az üledékvastagság és a szervesanyag lényeges csökkenését mutatta a SIP kijuttatását követően, messze meghaladva a sztöchiometrikusan becsült nagyságrendet is. Ehhez hasonló hatásokat nem észleltek a kezeletlen területeken (pl. a referencia hengerben). Ennélfogva az adatok alátámasztják azt a feltételezett mechanizmust, mely szerint CaO_2 -ből felszabaduló oxigén hatására a stimulált mikroorganizmusok lebontják a szervesanyagokat. Ez a folyamat valószínűleg elősegítette az elektronakceptorok (oxidálószerke) átjutását a tóvizéből a határretegben keresztül, és fokozta az üledékben a mikrobiális mineralizáció mértékét. A tesztelt SIP-pel kapcsolatban nem figyeltek meg nemkívánatos mellékhatásokat a tavak ökoszisztémáiban. A planktonközösségek és a tóvíz tápanyagtartalmának szezonális változásai (az adatok helyhiány miatt nem kerültek ismertetésre) bekövetkeztek ugyan a megfigyelési időszakokban, ám ezek nem vezethetők vissza az üledéknek a SIP-pel történt kezelésével. A CaO_2 -t tartalmazó termékek hatékonyak, környezetbarátok és költséghatékony módszereknek tűnnek a tavak kezelésére. További

projektek és tanulmányok javallottak a kisméretű és sekély tavak üledékére gyakorolt hatások megértéséhez, nemcsak a foszfát-szedimentáció szempontjából, hanem a SIP-kezelések rövid és hosszú távú ökológiai hatásainak tekintetében is.

Köszönetnyilvánítás

Külön köszönetünket szeretnénk kifejezni Georgsmarienhütte és Eschenbach in der Oberpfalz településeknek, valamint Andreas Mollenkamp és Christian Meyer környezetvédelmi tanácsadóknak a tanulmányunk támogatásáért. Hálásak vagyunk Andreas Boenertnek (AgL – Környezetvédelmi Felügyelet) a monitoringadatok és -jelentések rendelkezésre bocsátásáért. Juliana Valle a Soll GmbH-val pedig jelen publikáció egy korábbi változatában való közreműködéséért érdemel köszönetet.

A szerzők

Dr. Kai-Uwe Ulrich
BGD ECOSAX GmbH
Tiergartenstraße 48
01219 Dresden
k.ulrich@bgd-ecosax.de

Alice Rau
Szászországi Szövetségi Gátfelügyelet,
telephely: Oberes Elbtal
01744 Dippoldiswalde
alice.rau@ltv.sachsen.de

Thomas Willuweit
Söll GmbH
Fuhrmannstr. 6
95028 Hof
willuweit@soelltec.de

Irodalomjegyzék

- [1] Ansari, A. A.; Gill, S. S.; Lanza, G. R.; Rast, W. (Eds.): Eutrophication: causes, consequences and control. [Eutrofizáció: okok, következmények és kontroll] Berlin: Springer-Verlag, 2011.
- [2] Downing, J. A.; Prairie, Y. T.; Cole, J. J. et al.: The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. [A különböző méretű tavak és vízgyűjtők globális előfordulása és méret szerinti megoszlása] In: *Limnology and Oceanography* 51 (2006), 5, p. 2388–2397.
- [3] Kumar, D. S.; Sekaran, V.: Nutrient Cycles in Lakes. [Tápanyagciklus a tavakban] In: *International Journal of Lakes and Rivers* 7 (2014), no. 1, pp. 11–24.
- [4] DWA (Eds.): Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie. [A tókezelés alapjai és műveletei] In: DWA Leaflet (2006), No. M 606.
- [5] Schauser, I.; Lewandowski, J.; Hupfer, M.: Seeinterne Maßnahmen zur Beeinflussung des Phosphor-Haushalts eutrophierter Seen – Leitfaden zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens. [Az eutrofizált tavak foszfor-egyensúlyának befolyásolására szolgáló, tavon belüli módszerek – Útmutató a megfelelő módszer kiválasztásához] In: *Reports of the IGB* (2003), Issue 16.
- [6] Ma, Y.; Zhang, B. T.; Zhao, L. et al.: Study on the generation mechanism of reactive oxygen species on calcium peroxide by chemiluminescence and UV-visible spectra. [Reaktív oxigénfélék vizsgálata kalcium-peroxidon kemilumineszcenciával és az UV-spektrumban] In: *Luminiscence* 22 (2007), pp. 575–580.
- [7] Cassidy, D. P.; Irvine, R. L.: Use of calcium peroxide to provide oxygen for contaminant biodegradation in a saturated soil. [Kalcium-peroxid felhasználása oxigén biztosítására a szennyező anyagok biológiai lebontásához egy telített talajban] In: *J. Hazard. Mater.* 69 (1999), pp. 25–39.
- [8] Chevalier, L. R.; McCann, C. D.: Feasibility of calcium peroxide as an oxygen releasing compound in treatment walls. [A kalcium-peroxid mint oxigénkibocsátó vegyület használhatósága szűrőfalakban] In: *Int. J. Environ. Waste Management* 2 (2008), 3, pp. 245–256.
- [9] Uhlmann, D.; Horn, W.: *Hydrobiologie der Binnengewässer*. [Szárazföldi vizek hidrobiológiája] Stuttgart: UTB Verlag Eugen Ulmer, 2001.
- [10] Psenner, R.; Pucsko, R.; Sager, M.: Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten. [Az üledékek szerves és szervetlen foszforvegyületeinek frakcionálása] Versuch einer Definition ökologisch wichtiger Fraktionen. [Kísérlet az ökológiai szempontból fontos frakciók meghatározására] In: *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 70 (1984), pp. 111–155.
- [11] Hupfer, M.: Bindungsformen und Mobilität des Phosphors in Gewässersedimenten. [A foszfor vegyületei és mobilitása vízi üledékekben] In: Steinberg, C.; Bernhardt, H.; Klapper, H. (Eds.): *Handbuch Angewandte Limnologie*. [Alkalmazott limnológia kézikönyve] ecomed Verlag, 1995, pp. 1–22.
- [12] Town of Georgsmarienhütte [Georgsmarienhütte városa] (Ed.): *Natur, Naturschutz* [Természet, természetvédelem]: Mühlenteich – Kloster Oesede (www.georgsmarienhuette.de/stadt/natur/naturschutz/muehlenteich-kloster-oesede/; letöltés dátuma 2020/01/27).

Kai-Uwe Ulrich, Alice Rau és Thomas Willuweit

Biokémiai módszerekkel kiváltott iszapbomlás sekély tavakban: Megvalósíthatósági tanulmány

A lerakódott szapropél gyakran veszélyezteti az eutrofikus sekély tavak és halastavak használatát. Három független megvalósíthatósági tanulmány, melyek során a CaO₂-tartalmú termékeket kémilumineszcenciával vizsgálták, az üledék mélységének és a szervesanyag-tartalom jelentős csökkenését mutatta. A körülrzárt referenciaterületen nem figyeltek meg hasonló hatásokat. A terepen kapott adatok alátámasztják a stimulált szervesanyag bomlási mechanizmusát a gyakorlatilag oldhatatlan kalcium-peroxidból történő oxigén felszabadításával. Ez a folyamat elősegítette az elektronakceptorok (oxidálószerke) átjutását a tóvízből a határretegben keresztül, és fokozta az üledékben a mikrobiális mineralizáció mértékét. A vizsgált anyagnak a tavi ökoszisztémákra gyakorolt káros hatásait, beleértve a makrozoobentost, a halfaunát, a zooplankton, a fitoplankton és a vízínövényeket, nem figyeltek meg. A CaO₂-tartalmú termékek hatékony, környezetbarát, olcsó alternatíváknak tűnnek a hagyományosan alkalmazott kármentesítési módszerekhez, mint például a levegőztetés vagy az üledékkotrás, képest. Azonban további kutatásokra van szükség a foszfornek az üledékből való felszabadulásának megelőzésére és a foszfor szexvesztációjának fokozására.

SpringerProfessional.de

Kulcsszó: sekély tavak

Ludewig, C.; Weyer, G.: Entschlammung von Flachseen am Beispiel des Steinhuder Meeres. [Sekély tavak iszapmentesítése a Steinhuder Meer példáján] In: *Wasser, Energie und Umwelt*. [Víz, energia és a környezet] Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017. www.springerprofessional.de/link/12350170

Schuster, H.-H.; Prante, J.; Gade, R.: Sanierung des Dümmer Sees und seines Umlandes. [A Dümmer-tó és annak környékének rehabilitálása] In: *Wasser, Energie und Umwelt*. [Víz, energia és a környezet] Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017. www.springerprofessional.de/link/12350176

IMPRESSZUM:

2020-as kiadás, a Söil GmbH-val való együttműködés keretében, Fuhrmannstr. 6, 95030 Hof; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Telephely: Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

ÜGYVEZETŐK: Joachim Krieger, Juliane Ritt, Stefanie Burgmaier

VÁLLALATI MEGOLDÁSOK: Markus Bereszewski

PROJEKTIRÁNYÍTÁS: Anja Trabusch

BORÍTÓKÉP: © Elenarts / Getty Images / iStock

PROFESSZIONÁLIS

VÍZTECHNOLÓGIA



Rendkívül hatékony iszaplebontás természetes vizekben

Egyértelmű, fenntartható eredmények a környezet védelme mellett.

A SchlixX Plussszal a nagyobb víztestek tulajdonosai, bérleti vagy kezelői rendkívül hatékony eszközzel rendelkeznek a fokozott iszaposodás, ami nagy veszélyt jelent az ott élő állatokra és növényekre, ellen. A folyamatos foszfátmegkötés és oxigénfelszabadítás mellett, a nagy fokban hatékony mikroorganizmusok biztosítják az iszap lebomlását a tó fenekén.

Nézzon utána az OASE PROFESSIONAL – Water Technology többi vízkezelő termékének is. A biológiában jártas szakértőkkel közösen kifejlesztett termékek holisztikus hatással bírnak mind a természetes vizekben, úszótavakban vagy halgazdaságokban.

www.oase-professional.com

Német
Vízpartnerség
Megbízható megoldások

