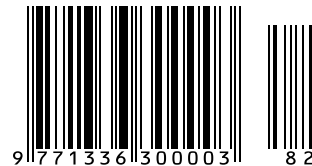


ISSN 1336-300X



Acta Facultatis Ecologiae



FAKULTA EKOLÓGIE
A ENVIRONMENTALISTIKY

Journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences
Technical University in Zvolen

Volume 39
2018 – 2

PŮVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

DUBŠÍKOVÁ, V. & PERHÁČOVÁ, Z.
MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA ODPADOVÝCH VŮD ZO SKLÁDKY HNEDEHO KALU
MICROBIAL ANALYSIS OF WASTEWATER FROM BROWN MUD DISPOSAL SITE 7

KUNCA, V., OLAH, B. & GALLAY, I.
ZBER PLODNÍC VOJNE RASTÚCICH HÚB AKO EKOSYSTÉMOVÁ SLUŽBA A JEJ POTENCIÁL
V LESOCH NA ÚZEMÍ NA OKRESU ZVOLEN
HARVESTING OF WILD MUSHROOMS AS AN ECOSYSTEM SERVICE AND ITS POTENTIAL
IN FORESTS OF THE ZVOLEN DISTRICT TERRITORY 13

TURČÁNIOVÁ, E. & OLLEROVÁ, H.
OBSAH RASTLINÁM PRÍSTUPNÝCH FORIEM ŽIVÍN V PÔDE V OKOLÍ SKLÁDKY GUDRÓNOV
CONTENT OF PLANTS ACCESSIBLE FORMS OF NUTRIENTS IN THE SOIL AROUND LANDFILLS GUDRON 23

PREHEADOVÉ PRÁCE – REVIEWS

LOBOTKOVÁ, M. & HYBSKÁ, H.
AKVATICKÉ EKOTOXIKOLOGICKÉ BIOTESTY A ICH VYUŽITIE VO VODNOM HOSPODÁRSTVE
AQUATIC ECOTOXICOLOGIC BIO-ASSAYS AND THEIR USING IN WATER MANAGEMENT 31

INŠTRUKCIE AUTOROM PRE PUBLIKOVANIE V ACTA FACULTATIS ECOLOGIAE

Acta Facultatis Ecologiae je vedecký časopis Fakulty ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, ktorý vychádza ako periodikum a od roku 2007 je členený na dve sekcie: ekologickú a environmentálnu. Uverejňuje **pôvodné** recenzované vedecké práce tematicky zamerané v **sekcii Ekológia** na krajinnú ekológiu, krajinné plánovanie a tvorbu krajiny, ekológiu populácií a v **environmentálnej sekcii** na problematiku antropogénnych vplyvov na prostredie, ako aj filozofické aspekty vzťahov človeka a prírody. Okrem **vedeckých prác** je v časopise možné publikovať teoretické a syntetické práce, **Prehľadové články (reviews)** a **Recenzie** knižných publikácií z uvedených oblastí.

Príspevky na uverejnenie schvaľuje redakčná rada, ktorá zároveň určuje recenzentov príspevkov. Recenzent zhodnotí obsah práce, jej prínos a formálne náležitosti a odporúča príspevok na publikovanie. V prípade nesúhlasu autora s posudkom recenzenta rozhoduje o uverejnení príspevku redakčná rada.

Všeobecné pokyny

1. Príspevok musí byť svojim zameraním **v súlade s obsahovým zameraním časopisu**.
2. Vedecký príspevok musí byť **pôvodnou prácou**, t.j. nesmie byť publikovaný alebo zaslaný na publikovanie do inej redakcie. Za pôvodnosť práce i za vecnú správnosť zodpovedá autor.
3. Cieľ práce má byť jasne formulovaný. Príspevok má tvoriť ucelený, logicky usporiadaný prehľad nových pôvodných poznatkov a ich kritické hodnotenie s konkrétnymi závermi.
4. Experimentálny alebo teoretický prístup má byť primeraný. Pracovný postup má byť opísaný spôsobom, umožňujúcim jeho reprodukciu. Experimentálne údaje majú byť stanovené so spoľahlivosťou zodpovedajúcou súčasnej technike a majú byť správne interpretované.
5. Rozsah práce má zodpovedať jej vedeckému prínosu a **nemal by prekročiť 15 strán A4** napísaných v textovom editore podľa predlohy, vrátane tabuliek a grafov. Ilustrácie a tabuľky majú byť úsporné a výstižné, pričom rovnaké údaje nemožno uvádzať duplicitne v oboch formách.
6. **Príspevok** môže byť napísaný v slovenskom, českom alebo v anglickom jazyku. Za úroveň jazyka zodpovedá autor. **Abstrakt** sa uvádza vždy v anglickom jazyku. **Súhrn** je uvedený v slovenskom jazyku, len ak je celý príspevok napísaný v anglickom jazyku.

Rukopis príspevku ako i konečná verzia príspevku (t.j. rukopis po recenznom a redakčnom pripomienkovaní a následnom spracovaní pripomienok autorom) musia byť zaslané v tlačenej forme a zároveň doručené v elektronickej podobe, resp. zaslané e-mailom na journalafezv@gmail.com, resp. výkonným alebo technickým redaktorom príslušnej sekcie (vid' web stránku http://www.tuzvo.sk/sk/organizacna_struktura/fakulta_ekologie_a_environmentalistiky/veda_a_vyskum/acta_facultatis_ecologiae/acta_facultatis_ecologiae.html)

Termín dodania rukopisov je 31. január a 15. júl príslušného roku.

Recenzie je možné zasielať priebežne. Publikované budú v najbližšom čísle časopisu.

Acta Facultatis Ecologiae

Journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences
Technical University in Zvolen

Volume 39
2018

Editorial Board

Editor-in-Chief
Michal Wiezik

Vice-Editor-in-Chief
Dagmar Samešová

Executive Editor
Andrea Diviaková – Ecological Section
Andrea Zacharová – Environmental Section

Technical Editors
Anna Ďuricová, Miroslav Vanek

Members

Magdaléna Bálintová, Barbara Bialecka, Ján Gáper, František Hnilička, László Miklós, Volodymyr Nykyforov, Branislav Olah, Peter Ondrišík,
Andrej Oriňák, František Petrovič, Magdaléna Pichlerová, Artur Radecki-Pawlik, Tamás Rétfalvi,
Dagmar Samešová, Marián Schwarz, Branko Slobodník, Slavomír Stašiov,
Jaroslava Vrábliková

List of Reviewers Acta Facultatis Ecologiae 39

Helena Hybská, Danica Krupová, Tomáš Lepeška, Martin Pavlík,
Zuzana Perháčová, Andrea Zacharová

© Technická univerzita vo Zvolene

ISSN 1336-300X

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH / CONTENT

PÔVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

DUBŠÍKOVÁ, V. & PERHÁČOVÁ, Z. Mikrobiologická analýza odpadových vôd zo skládky hnedého kalu Microbial analysis of wastewater from brown mud disposal site	7
KUNCA, V., OLAH, B. & GALLAY, I. Zber plodníc voľne rastúcich húb ako ekosystémová služba a jej potenciál v lesoch na území na okrese Zvolen Harvesting of wild mushrooms as an ecosystem service and its potential in forests of the Zvolen district territory	13
TURČÁNIOVÁ, E. & OLLEROVÁ, H. Obsah rastlinám prístupných foriem živín v pôde v okolí skládky gudrónov Content of plants accessible forms of nutrients in the soil around landfills gudron	23
PREHEADOVÉ PRÁCE – REVIEWS	
LOBOTKOVÁ, M. & HYBSKÁ, H. Akvatické ekotoxikologické biotesty a ich využitie vo vodnom hospodárstve Aquatic ecotoxicologic bio-assays and their using in water management	31

PÔVODNÉ VEDECKÉ PRÁCE
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

MIKROBIOLOGICKÁ ANALÝZA ODPADOVÝCH VÔD ZO SKLÁDKY HNEDEHO KALU

VERONIKA DUBŠÍKOVÁ¹, ZUZANA PERHÁČOVÁ²

¹Katedra environmentálneho inžinierstva, ²Katedra biológie a všeobecnej ekológie, Fakulta ekológie a environmentalistiky TU, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen e-mail: dubsikova.veronika@gmail.com, tel.: +421 94 85 08 069

ABSTRACT

(Dubšíková V., Peháčová Z.: **Microbial analysis of waste water from brown mud disposal site**)

The aim of this work was to identify cultivable bacteria and their genetic variability, colonizing alkaline drainage water from brown mud disposal site near Žiar nad Hronom. The mud was deposited to disposal site during aluminum production by sintering method. The disposal site currently belongs to recultivated environmental loads; nevertheless it represents a significant anthropogenic structure in the area. Drainage water, despite its high pH and heavy metal content, is an environment to a broad microbial community. By cultivation analysis and MALDI-TOF analysis we identified several genera of microorganisms, with specific with potential use in biotechnologies, e.g. resistance to heavy metals and the ability to degrade aromatic hydrocarbons. Alkalotolerant microflora consisted of bacteria species like *Bacillus benzoovorans*, *Alishewanella fetalis* and *Novosphingobium resinovorum*.

Key words: aluminum, brown mud, alkalotolerant bacteria, heavy metals

ÚVOD

Výroba hliníka má významné postavenie v produkcii neželezných kovov. Najväčším environmentálnym problémom je vznik nerozpustného zvyšku hnedého alebo červeného kalu (Schwarz et al., 2011). Na Slovensku sa oxid hlinitý vyrábala prevažne spekacím spôsobom v hlinikárni v Žiari nad Hronom v rokoch 1957 až 1997. Výrobu prevádzkala produkcia odpadu, tzv. hnedého kalu, ktorý bol deponovaný na odkalisko. Odhaduje sa, že počas tejto výroby vzniklo asi 9 miliónov ton hnedého kalu (Pariláková, 2003; Nosál a Ladomerský, 2008). Vysoká alkalinita zaraďuje hnedý kal na zoznam nebezpečných odpadov, čo obmedzuje možnosti jeho likvidácie, aplikácie a opätovného využitia (Kong et al. 2017). Skládky odpadových kalov negatívnym spôsobom ovplyvnila základné zložky životného prostredia (Pariláková, 2003).

V posledných rokoch dramaticky vzrastá záujem o extrémofilné a extrémotolerantné baktérie kvôli využitiu týchto baktérií v extrémnych prostrediach (Stramová et al., 2015). Extrémofilné organizmy sú klasifikované ako živé organizmy schopné prežiť v prostrediach s extrémnymi fy-

zikálnymi (teplota, tlak, žiarenie) a geochemickými parametrami (salinita, pH, redoxný potenciál) (Dalmaso et al., 2015). Alkalofily sú mikroorganizmy schopné rasti pri pH medzi 10–12 a pri neutrálnom pH rastú veľmi pomaly alebo vôbec. Termín alkalofily v sebe zahŕňa dve fyziologické skupiny mikroorganizmov, alkalofily a haloalkalofily. Alkalofilné mikroorganizmy vyžadujú prostredie s pH vyšším ako 9,0. Haloalkalofily vyžadujú alkalické prostredie a súčasne vysoký obsah rozpustených solí v prostredí (Stramová et al., 2015). Špeciálne adaptačné mechanizmy umožňujú ich prežitie v prostredí s vysokým alkalickým pH. Tieto vlastnosti robia z alkalofilov zaujímavé organizmy pre biotechnológie (Tindall et al., 1984).

Dlhé roky najväčším problémom skládky boli alkalické odpadové vody. Účinnou rekultiváciou sa podarilo zredukovať ich množstvo na minimum (Bielik et al., 2012). Drenážna voda, napriek vysokému pH a obsahu ťažkých kovov, obsahuje špecifickú skupinu alkalotolerantných mikroorganizmov. Existuje len málo prác popisujúcich zloženie mikrobiálneho spoločenstva nachádzajúceho sa v odpadových kaloch z výroby hliníka. Drenážna voda sa vyznačuje veľkou variabilitou

a početnosťou bakteriálnych druhov (Remenář et al., 2011). Ich identifikácia je ale značne problematická, pretože ide o druhy bližšie nepopísané a nezaradené v taxonómii. Predkladaný článok sa zaoberá identifikáciou kultivovateľných baktérií nachádzajúcich sa v drenážnej vode zo skládky odpadových kalov z výroby hliníka.

MATERIÁL A METÓDY

Vzorkovanie vody

Vzorky drenážnej vody boli odobraté z drenážnej nádrže do sklenených sterilných vzorkovník tak, aby po uzavretí vzorkovnice zostal vzduchový priestor nad hladinou. Drenážna voda bola oranžovožltej farby bez výrazného zápachu. Vzorky boli okamžite prenesené v prenosnom chladiacom zariadení do laboratória a uchované v chladničke pri teplote 4 °C (STN EN ISO 5667).

Stanovenie fyzikálno-chemických ukazovateľov

Hodnota pH bola stanovená potenciometricky prístrojom InoLab WTW Level-1. Podstatou uvedenej metódy je presné meranie elektrického potenciálu medzi mernou a referenčnou elektródou. Kyslosť merného roztoku určuje elektrický potenciál mernej sklenenej elektródy. Prístroj mení hodnotu napätia medzi elektródami priamo na hodnotu pH, ktorú zobrazuje digitálne na displeji. Kadička bola naplnená vzorkou o objeme potrebnom pre dostatočné ponorenie elektródy. Do kadičky bola vložená magnetická tyčinka a kadička bola položená na magnetické miešadlo. Elektróda bola opláchnutá demineralizovanou vodou, osušená a ponorená do kadičky so vzorkou. Roztok bol premiešaný a po vypnutí miešadla bola odčítaná hodnota pH (Hybská a Samešová, 2014).

Konduktivita bola stanovená konduktometrom WTW LF 318. Konduktometer bol uvedený do činnosti podľa návodu od výrobcu. Vodivostná nádobka bola naplnená vytemperovaným roztokom so známou konduktivitou. Meranie konduktivity bolo uskutočnené na vzorkách vytemperovaných na 25 °C (Hybská a Samešová, 2014).

Izolácia bakteriálnych kmeňov

Z každej vzorky bol odobratý 1 ml a naočkovaný priamou metódou nalievania na povrch TSA agaru. Vzorky boli kultivované 48 hodín pri 35 °C. Na identifikáciu baktérií boli použité základné mik-

robiologické metódy – natívne preparáty farbené metylénovou modrou a fixované preparáty farbené podľa Grama (Kaprálek, 1999). Morfológia, pohyblivosť buniek a prítomnosť spór boli skúmané svetelným mikroskopom Olympus BX 40.

Analýza rezistencie na ťažké kovy

Každý izolát bol testovaný na 5 ťažkých kovov (Zn, Cr, Cu, Co, Ni) s koncentráciou ťažkého kovu 10 mg/L. Analýza rezistencie na ťažké kovy bola vykonaná podľa metodiky (Kubárová, 2011). Pre testovanie rezistencie boli použité Petriho misky obsahujúce TSA agar s obsahom ťažkého kovu. Kontrola bola uskutočnená samostatne pre každý kov.

MALDI-TOF analýza

Vybrané kmene baktérií boli identifikované na báze odtlačku bakteriálnych proteínov generovaných MALDI-TOF MS analyzátorom podľa návodu určeného výrobcom – Bruker Daltonics, USA (Kopcakova et al., 2014). Proteínové profily boli zaznamenané Bruker Microflex LT MALDI-TOF MS analýzou a následne automaticky spracované softvérom Biotyper (verzia 2.0). Príprava vzoriek pre MALDI-TOF MS analýzu bola nasledovná: do čistých Eppendorfových skúmaviek bolo napipetovaných 300 µl destilovanej vody; odobratý biologický materiál (5-10 mg) bol v Eppendorfových skúmavkách zmiešaný s vodou, dôkladne premiešaný a následne vortexovaný 1 minútu; bolo pridaných 900 µl etanolu a vzorky boli znova dôkladne premiešané; vzorky boli centrifugované pri maximálnych otáčkach 2 minúty; supernatant bol vyliaty a vzorky ďalej centrifugované; vzorky z centrifúgy sa vysušovali pár minút pri laboratórnej teplote; do vzoriek bol pridaný 1 µl 70 % kyseliny mravečej pripravenej zmiešaním 300 µl destilovanej vody s 700 µl 100 % kyseliny mravečej v Eppendorfovej skúmavke a vortexovaním 1 minútu; vzorky boli dôkladne premiešané pipetovaním a vortexovaním; do vzoriek bol pridaný 1 µl 100 % acetonitrilu a vzorky boli opäť premiešané; vzorky boli centrifugované pri maximálnych otáčkach 2 minúty; na čistú MALDI doštičku bol nakvapkaný 1 µl supernatantu, ktorý vyschol pri laboratórnej teplote, po zaschnutí bol supernatant prekrytý 1 µl MALDI matrice – HCCA (alpha -cyano-4-hydroxyškoricová kyselina) a vyschol pri laboratórnej teplote; MALDI doštička bola vložená do MALDI-TOF MS analyzátoru (Cohen, 2006).

Porovnanie získaných dát bolo vykonané s referenčnou knižnicou, verzia 3.0 bez intervencie

používateľa (Bruker Daltonik GmbH, Leipzig, Germany). Presnosť analýzy bola stanovená podľa hodnoty dosiahnutého skóre pre analyzované vzorky (tab. 1). Porovnanie získaných dát bolo vykonané s referenčnou knižnicou, verzia 3.0 bez

intervencie používateľa (Bruker Daltonik GmbH, Leipzig, Germany). Presnosť analýzy bola stanovená podľa hodnoty dosiahnutého skóre pre analyzované vzorky (tab. 1).

Tab. 1 Význam hodnôt skóre MALDI-TOF analýzy (zdroj: Mačák a Fandáková, 2017)

Tab. 1 Significance of MALDI-TOF analysis score values (source: Mačák a Fandáková, 2017)

2.300 ... 3.000	veľmi pravdepodobná identifikácia druhov	(+++)	zelená
2.000 ... 2.299	bezpečná identifikácia rodu, pravdepodobná identifikácia druhov	(++)	zelená
1.700 ... 1.999	pravdepodobná identifikácia rodu	(+)	žltá
0.000 ... 1.699	nie je spoľahlivá identifikácia	(-)	červená



Obr. 1 Kolónie baktérií na TSA agare po 48 hodinách kultivácie (Perháčová, 12. 3. 2018)
Obr. 1 Colonies of bacteria on TSA agar after 48 hours cultivation (Perháčová, 12. 3. 2018)

VÝSLEDKY

Napriek extrémnym podmienkam, ako sú vysoké pH (9,94), obsah ťažkých kovov a množstvo rozpustených solí, boli v drenážnej vode zistené populácie heterotrofných baktérií. Bola zistená početnosť baktérií 23 KTJ/ml (kolóniu tvoriaca jednotka), 1 KTJ oranžovej farby, 2 žlté KTJ, 3 biele KTJ a 17 KTJ krémovej farby.

Na základe morfológie buniek a kolónií bolo zistené nasledovné: oranžová kolónia bola tvorená krátkymi tyčinkovitými Gram negatívnymi baktériami; žltá kolónia bola tvorená krátkymi tyčinkovitými Gram pozitívnymi baktériami, ktoré sa v niektorých prípadoch javili ako sarcinie; biela kolónia pozostávala z krátkych tyčinkovitých Gram negatívnych baktérií; kolónia krémovej farby bola tvorená krátkymi tyčinkovitými Gram negatívnymi baktériami.

Pre MALDI-TOF MS analýzu bola zvolená najpočetnejšia skupina, a to izolovaná kolónia krémovej farby. Boli analyzované vzorky z čistej kultúry, ale ani pri jednej nebola jednoznačná

identifikácia druhu, t.j. skóre nebolo vyššie ako 2.000. Na základe porovnania s databázou Brukerovej taxonómie, MALDI-TOF MS analyzátor vyhodnotil iba možné druhy nachádzajúce sa vo vzorke, ktoré sú uvedené (tab. 2 a 3) s príslušnými hodnotami skóre a presnosťou analýzy. V analyzovaných vzorkách dosiahla najvyššie skóre baktéria *Alishewanella fetalis* (Gram negatívna baktéria osídľujúca priemyselne znečistené pôdy), od 1,226 do 1,582. Drenážnu vodu zo skládky odpadových kalov môže kolonizovať baktéria *Bacillus benzoevorans* (veľmi adaptabilná baktéria s premenlivou reakciou na Gramovo farbenie) či *Novosphingobium resinovorum* (Gram negatívne baktérie tvoriace žlté kolónie), čo naznačujú aj zistenia z pozorovania mikroskopických preparátov uvedené vyššie.

Výsledky analýzy rezistencie na ťažké kovy poukázali na to, že všetky skúmané izoláty boli rezistentné voči testovaným ťažkým kovom a rástli pri koncentrácii 10 mg/L. Výsledok testovania indikoval využitie týchto mikroorganizmov pri odstraňovaní ťažkých kovov zo zložiek životného prostredia.

Tab. 2 Výsledok MALDI-TOF analýzy vzorky č. 1
Tab. 2 MALDI-TOF analysis result of sample no. 1

Poradie (kvalita)	Priradená vzorka	Hodnota skóre	NCBI identifikátor
1 (-)	<i>Bacillus benzoovorans</i> DSM 5391T DSM	1.203	1 456
2 (-)	<i>Lactobacillus johnsonii</i> DSM 20553 DSM	1.174	33 959
3 (-)	<i>Lactococcus garvieae</i> DSM 20684T DSM	1.169	1 363
4 (-)	<i>Listeria seeligeri</i> DSM 20751T DSM	1.160	1 640
5 (-)	<i>Bordetella bronchiseptica</i> A220 FLR	1.097	518
6 (-)	<i>Candida tropicalis</i> ATCC 13803 THL	1.094	5 482
7 (-)	<i>Alishewanella fetalis</i> DSM 16032T HAM	1.582	111 143
8 (-)	<i>Novosphingobium resinovorum</i> DSM 7478T HAM	1.208	158 500
9 (-)	<i>Bacillus benzoovorans</i> DSM 5391T DSM	1.126	1 456
10 (-)	<i>Arthrobacter citreus</i> DSM 20133T DSM	1.009	1 670

Tab. 3 Výsledok MALDI-TOF analýzy vzorky č. 2
Tab. 3 MALDI-TOF analysis result of sample no. 2

Poradie (Kvalita)	Priradená vzorka	Hodnota skóre	NCBI identifikátor
1 (-)	<i>Alishewanella fetalis</i> DSM 16032T HAM	1.226	111 143
2 (-)	<i>Novosphingobium resinovorum</i> DSM 10700 HAM	0.979	158 500
3 (-)	<i>Alishewanella fetalis</i> DSM 16032T HAM	1.571	111 143
4 (-)	<i>Bacillus benzoovorans</i> DSM 5391T DSM	1.192	1 456
5 (-)	<i>Lodderomyces elongisporus</i> CBS 2605T CBS	1.126	36 914
6 (-)	<i>Enterococcus malodoratus</i> VA_20209_09 ERL	1.068	71 451
7 (-)	<i>Hydrogenophaga pseudoflava</i> B338 UFL	1.059	47 421

DISKUSIA

Bayerovou metódou výroby hliníka vzniká odpad červený kal a pri spekacom spôsobe výroby hliníka vzniká hnedý kal. Prevládajúcou zložkou odpadových kalov sú oxidy Fe a v menšom množstve sa vyskytujú oxidy Na, Si, Ti, Ca, K a iných kovov. Okrem uvedených prevládajúcich zložiek sú v odpadovom kale obsiahnuté aj menšie množstvá prvkov Na, Cr, V, K, Ni, Ba, Mn, Pb, Cu, Zn,

Ga, Tl (Schwarz et al., 2011). Z ekologického hľadiska nezáleží na tom, či ide o hnedý alebo červený kal, pretože obidva sa radia medzi nebezpečný odpad predstavujúci významnú environmentálnu záťaž. Nebezpečnosť takéhoto druhu odpadu spočíva predovšetkým vo vysokom obsahu alkalických látok, ktorých dôsledkom sú hodnoty pH v čerstvom kale vyššie ako 13.

V našich experimentoch bola analyzovaná kultivovateľná heterotrofná mikroflóra drenážnej

vody zo skládky odpadových kalov. Porovnaním s výsledkami prác autorov, ktorí sa zaoberali touto problematikou (Remenár et al., 2011; Stramova et al., 2015) bolo zistené, že mikróflóra drenážnej vody bola výrazne zmenená. Konštatujeme, že zistené zmeny boli spôsobené zmenou alkality vo vzorkách. Vo vyššie uvedených prácach bola stanovená mikróflóra pri pH viac ako 13, ale v našich experimentálnych vzorkách bolo pH 9,94 (výrazne nižšie). Zmeny pH ovplyvňujú diverzitu mikroorganizmov, čo sa preukázalo zmenou zloženia mikroorganizmov aj v našom experimente.

Viacere nami identifikované druhy boli kmenzálne baktérie osídľujúce tráviaci trakt cicavcov, napr. *Lactobacillus johnsonii*, *L. gasseri*, *Enterococcus malodoratus* či *Campylobacter helveticus*. Iné boli patogénne mikroorganizmy napr. *Lactococcus garvieae* (nebezpečný parazit rýb), *Bordetella bronchiseptica* (parazit v dýchacích cestách cicavcov), *Clostridium baratii* (pôvodca botulitizmu) alebo *Moraxella* sg *Branhamella catarrhalis* (spôsobujúca infekcie dýchacích ciest). Tieto baktérie vyžadujú pre svoj život prítomnosť iného organizmu, s ktorým spolužijú alebo na ňom parazitujú. Ich prítomnosť v drenážnej vode bola dôkazom, že vo vode pravdepodobne uhynuli niektoré druhy vtákov alebo drobných cicavcov pohybujúcich sa v areáli haldy. Analýzou MALDI-TOF MS boli tiež identifikované viaceré baktérie vyskytujúce sa v životnom prostredí (pôde a vode), napr. *Bacillus benzoevorans*, *Novosphingobium resinovorum*, *Alishewanella fetalis*, *Streptomyces griseus*, *Kocuria rosea*, *Arthrobacter citreus*.

V drenážnej vode s pH viac ako 13 bola pozorovaná oveľa nižšia variabilita kultivovateľných baktérií. Pomocou MALDI-TOF MS analýzy bolo identifikovaných 6 skupín izolátov. Z nich bola iba v dvoch prípadoch identifikácia jednoznačná a to *Micrococcus luteus* a *Bacillus megaterium*. Ďalšie izoláty ukazovali najväčšiu podobnosť s *Microbacterium hydrocarbonoxydans*, *Microbacterium testaceum* a *Brevundimonas (Mycoplana) bullata* (Stramova et al., 2015). Iní autori v drenážnej vode s pH vyšším ako 13 zo skládky odpadových kalov pomocou MALDI-TOF MS analýzy jednoznačne stanovili iba druhy *Micrococcus luteus* a *Bacillus megaterium* (Remenár et al., 2011).

Veľmi podobné výsledky z identifikácie mikroorganizmov v kaloch z výroby hliníka boli nájdené v ďalších prácach (Krishna et al., 2014), ktorí identifikovali kultivovateľné baktérie v červe-
nom kale pomocou 16S rRNA sekvenčnej analýzy. Analýzou bolo dokázané, že až 41,1 % druhov

vo vzorke patrilo do kmeňa betaproteobaktérií. Izoláty boli alkalotolerantné a schopné produkovať organické kyseliny. Sekvenčnou analýzou boli identifikované bakteriálne druhy *Agromyces indicus*, *Bacillus litoralis*, *B. anthacis*, *Chungangia koreensis*, *Kocuria flava*, *K. polaris*, *Microbacterium hominis*, *Planococcus plakortidis*, *Pseudomonas alcaliphila* a *Salinococcus roseus*. Ďalší autori z odpadových kalov z výroby hliníka izolovali približne 150 kultúr, medzi nimi rody *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* a *Enterobacter*. Pridaním živín bol stimulovaný rast mikroorganizmov, ktoré produkovali organické kyseliny znižujúce celkové pH (Hamdy a Williams, 2001). Analýzou mikróflóry odpadových kalov z výroby hliníka pomocou 16S rRNA sekvenčnej analýzy bolo zistené, že v rekultivovanej vzorke sa nachádzali bakteriálne druhy typické pre pôdy z čefade *Acidobacteriaceae*, *Nitrosomonadaceae* a *Caulobacteraceae*, zatiaľ čo v nerekultivovanej vzorke sa nachádzali druhy z čefade *Acetobacteraceae*, *Xanthomonadaceae*, *Beijerinckiaceae* a *Chitinophagaceae*, ktorých výskyt je spájaný predovšetkým s alkalickými soľnými jazerami a sedimentmi (Schmalenberger et al., 2013).

ZÁVER

Výsledok testovania rezistencie na ťažké kovy, v ktorom izoláty vykazovali úplnú alebo čiastočnú rezistenciu voči vybraným ťažkým kovom (Cu, Ni, Cr, Co a Zn) a vlastností určených druhov indikujú, že tieto mikroorganizmy možno využiť v procese bioremediácie na odstraňovanie ťažkých kovov a aromatických organických zlúčenín zo životného prostredia. Baktérie degradujúce fenol a jeho zlúčeniny by bolo možné použiť aj v priemysle pri čistení odpadovej vody s obsahom týchto zlúčením. Významnou vlastnosťou viacerých identifikovaných baktérií bola ich adaptabilita na životné podmienky, napr. prítomnosť kyslíka alebo pH. Predmetom aplikácie by mohli byť aj produkované enzýmy pri výrobe chemikálií, potravín, krmív či detergentov.

Tieto aplikácie vyžadujú ešte podrobnejšie skúmanie. Pre lepšie zhodnotenie možností využitia baktérií z drenážnej vody v biotechnológiách by bola potrebná ďalšia podrobnejšia identifikácia druhov a testovanie enzymatickej aktivity jednotlivých izolátov.

LITERATÚRA

- BIELIK, R. – IVAN, P. – ĎURICA, P. – ŤAHÚŇOVÁ, M. 2012. Dokončili sme rekultiváciu odkaliska. In *Vodohospodársky spravodajca* [online]. vol. 55, no. 1-2, p. 12-13. [cit. 2018-02-09] ISSN 0322-886X Dostupné na internete: <http://www.zzv.sk/data/files/196.pdf>
- COHEN, R. R. H. 2006. Use of microbes for cost reduction of metal removal from metals and mining industry waste streams. In *J Cleaner Prod* [online]. vol. 14, no. 12-13, p. 1146-1157. [cit. 2018-02-11] ISSN 0959-6526 Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.009>
- DALMASO, G. Z. L. – FERREIRA, D. – VERMELHO, A. B. 2015. Marine Extremophiles: A source of hydrolases for biotechnological applications. In *Mar. Drugs* [online]. vol. 13, no. 4, p. 1925-1965. [cit. 2018-02-11] ISSN 1660-3397 Dostupné na internete: doi:10.3390/md13041925
- HAMDY, M. K. – WILLIAMS, F. S. 2001. Bacterial amelioration of bauxite residue waste of industrial alumina plant. In *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* [online]. vol. 27, no. 4, p. 228-233. [cit. 2017-30-04] ISSN 1476-5535 Dostupné na internete: <https://link.springer.com/article/10.1038/sj.jim.7000181>
- HYBSKÁ, H. – SAMEŠOVÁ, D. 2014. Procesy úpravy a čistenia vody. Prvé vydanie. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2014. 124 s. ISBN 978-80-228-2629-7
- KAPRÁLEK, F. 1999. *Mikrobiologické praktikum*. Praha: UK, Karolinum, 1999. ISBN 80-7184-927-8.
- KONG, X. – GUO, Y. – SHENGGUO, X. – HARTLEY, W. WU, Ch. – YE, Y. – CHENG, Q. 2017. Natural evolution of alkaline characteristics in bauxite residue. In *Journal of Cleaner Production* [online]. vol. 143, p. 1800-1810. [cit. 2017-09-04] ISSN 0959-6526 Dostupné na internete: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.125>
- KOPCAKOVA, A. – STRAMOVA, Z. – KVASNOVA, S. – GODANY, A. – PERHACOVA, Z. – PRISTAS, P. 2014. Need for database extension for reliable identification of bacteria from extreme environments using MALDI TOF mass spectrometry. In *Chemical Papers* [online]. vol. 68, no. 11, p. 1435-1442. [cit. 2018-02-09] ISSN 1336-9075 Dostupné na internete: <https://doi.org/10.2478/s11696-014-0612-0>
- KRISHNA, P. – BABU, A. G. – REDDY, M. S. 2014. Bacterial diversity of extremely alkaline bauxite residue site of alumina industrial plant using culturable bacteria and residue 16S r RNA gene clones. In *Extremophiles* [online]. vol. 18, no. 4, p. 665-676. [cit. 2017-29-04] ISSN 1433-4909 Dostupné na internete: DOI:10.1007/s00792-014-0647-8
- KUBÁROVÁ, E. 2011. *Možnosti bioremedácie vôd s využitím kmeňov rodu Arthrobacter izolovaných zo skládky hnedého kalu v Žiari nad Hronom*: diplomová práca. Banská Bystrica: UMB.
- MACÁK, J. – FANDÁKOVÁ, I. 2017. *Rýchla diagnostika mikroorganizmov MALDI-TOF Biotyper*. [online]. [cit. 2017-05-03] Dostupné na internete: http://www.synlab.sk/fileadmin/standortseiten/synlab_sk/pdf/prednasky/2017-11-KE/06-Macak-rychla-diagnostika.pdf
- NOSÁL, E., LADOMERSKÝ, J. 2008. Straty v starých environmentálnych záťažiacich a možné prínosy z ich spracovania. In: Podkrušohorská pánev – revitalizace a resocializace, Ústí nad Labem, 2008. s. 62–68.
- PARILÁKOVÁ, K. 2003. Možnosti riešenia biologicko-technickej rekultivácie kalových polí ZSNP a.s. Prvé vydanie. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2003. 128 s. ISBN 80-89128-02-5
- REMENÁR, M. – DUBÍKOVÁ, K. – PRISTAŠ, P. – JÚDOVÁ, J. 2011. Alkalotolerantná bakteriálna populácia z drenážnej vody skládky hnedého kalu v Žiari nad Hronom. [online]. [cit. 2018-03-07] Dostupné na internete: https://www.preveda.sk/userFiles/file/189_2011_p.pdf
- SCHMALENBERGER, A. – O'SULLIVAN, O. – GAHAN, J. – COTTER, P. D. – COURTNEY, R. 2013. Bacterial Communities Established in Bauxite Residues with Different Restoration Histories. In *Environ. Sci. Technol.* [online]. vol. 47, no. 13, p. 7110-7119. [cit. 2017-29-04] ISSN 1520-5851 Dostupné na internete: DOI: 10.1021/es401124w
- SCHWARZ, M. – LALÍK, V. – VANEK, M. 2011. Možnosti využitia odpadového kalu z výroby oxidu hlinitého. In *Chem. Listy* [online]. vol. 105, p. 114-121. [cit. 2017-09-020] ISSN 1213-7103 Dostupné na internete: http://www.chemickelisty.cz/docs/full/2011_02_114-121.pdf
- STN EN ISO 5667: Kvalita vody. Odber vzoriek.
- STRAMOVA, Z. – REMENAR, M. – JAVORSKY, P. – PRISTAS, P. 2015. Heterotrophic microflora of highly alkaline (pH>13) brown mud disposal site drainage water near Ziar nad Hronom (Banska Bystrica region, Slovakia). In *Environ Sci Pollut Res* [online]. vol. 23, p. 4199-4206. [cit. 2018-02-11] ISSN 1614-7499 Dostupné na internete: DOI 10.1007/s11356-015-4842-7
- TINDALL, B. J. – ROSS, H. N. M. – GRANT, W. D. 1984. *Natronobacterium* gen. Nov. And *Natronococcus* gen. Nov., Two New Genera of Haloalkaliphilic Archaeobacteria. In *Systematic and Applied Microbiology* [online]. vol. 5, no. 1, p. 41-57. [cit. 2018-02-11] ISSN 0723-2020 Dostupné na internete: [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(84\)80050-8](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(84)80050-8)

ZBER PLODNÍC VOĽNE RASTÚCICH HÚB AKO EKOSYSTÉMOVÁ SLUŽBA A JEJ POTENCIÁL V LESOCH NA ÚZEMÍ OKRESU ZVOLEN

VLADIMÍR KUNCA – BRANISLAV OLAH – IGOR GALLAY

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra aplikovanej ekológie, T. G. Masaryka 24, SK-960 53 Zvolen; kunca@tuzvo.sk, olah@tuzvo.sk, gallay@tuzvo.sk

ABSTRACT

Kunca, V., Olah, B., Gallay, I.: **Harvesting of wild mushrooms as an ecosystem service and its potential in forests of the Zvolen district territory**

Harvesting of wild mushrooms is very popular in Slovakia. It is considered to be an important ecosystem service both production and cultural, since its potential is growing with increasing recreational activities. We summarized a list of favourite mushrooms and their typical biotopes in region of Zvolen district. Especially we evaluated a potential of forest stands for occurrence and harvesting of ectomycorrhizal mushrooms in the district territory. For this analysis we used selected parameters of forest stand such as natural conditions and vegetation structure. The most suitable conditions for these mushrooms occur in 29.4% of the Zvolen district forest area. Effects of mushroom harvest in settlements and sampling of fruit bodies belonging to protected species is also discussed in the paper.

Key words: mushrooms, *Boletus*, ecosystem services, Zvolen, Slovakia

ÚVOD

Huby sú u nás najčastejšie vnímané cez zber ich plodníc. Práve takto s vývojom ľudskej spoločnosti prešli od jedla chudobných, cez delikatesu až po postavenie, keď sa v súčasnosti stali hlavne výživovým doplnkom, často s liečivými účinkami (Mikšík, Kunca, 2015). Zber húb sa vo svete zvýšil a stúpa od 80-tych rokov minulého storočia (Heilmann-Clausen et al., 2015) a stáva sa rekreačnou aktivitou s regionálnymi až lokálnymi špecifikami (Kotowski, 2016). Na Slovensku sa nárast rekreačnej aktivity v lesoch, spojeným so zberom rôznych plodov a húb, spája s politickými zmenami v roku 1989 (Kovalčík, 2014). Vtedy sa zároveň mení aj vnímanie čisto drevoprodukčnej funkcie lesov, s prijatím plnenia napr. aj rekreačnej a environmentálnej funkcie. Navyše, neustále stúpa záujem o huby aj preto, lebo pribúdajú nové poznatky o významných liečivých účinkoch húb (Wasser, 2010). Celkový význam húb narastá tak výrazne, že sa navrhuje, aby sa všeobecne používaný termín „jedlé huby“ nahradil termínom „užitočné huby“. Aj vzhľadom na to, že sa ich využitie vzťahuje okrem konzumácie aj napr. na zabezpe-

čenie mykorízy, využitie v medicíne a dekontamináciu pôdy (Lelley, 2005).

Na svete je známych viac ako 1000 druhov jedlých ektomykorizných (EM) druhov húb a predaj niektorých, ako sú hlúzovky, hříby a kuriatka, predstavujú obrat na svetových trhoch v miliardách euro (Donnini et al., 2013). Schulp et al. (2014) uvádzajú na základe údajov z 13 krajín Európy, že sa v nich zbiera 152 druhov a 12 rodov voľne rastúcich húb. Na svete nie je veľa krajín, ktoré môžu konštatovať, že zber húb, teda ich plodníc, je v čase ich rastu niečím ako „národným športom“. Slovensko, spolu s okolitými krajinami s prevažne slovanským obyvateľstvom, medzi ne patrí a zaraďuje sa medzi tzv. „mykofílné“ krajiny (Łuczaj, Nieroda, 2011, Peintner et al., 2013). Medzi známe hubárske regióny patrí na Slovensku aj okolie mesta Zvolen.

Plodnice húb sa vzhľadom na svoje zloženie často prezentujú ako vhodný doplnok stravy. Na druhej strane, však dokážu akumulovať rôzne látky, ako sú napr. ťažké kovy, ktoré sú v určitých koncentráciách škodlivé pre ľudské zdravie (Aloupi et al., 2012). Ti istí autori uvádzajú, že tieto koncentrácie sa dokonca môžu pri rovna-

kom druhu významne líšiť aj vzhľadom na pôdovný substrát a nadväzujúce pôdne podmienky. Zvlášť zvýšené hodnoty ťažkých kovov, prekračujúce limity pre ľudské zdravie stanovené EU, sa môžu objavovať v plodniciach, ktoré sú zbierané na miestach, kde sa historicky ťažili a spracovávali rudy (Árvey et al., 2015) alebo priamo v ľudských sídlach (Schlecht, Säumel, 2015).

Huby majú svoje miesto aj v ekosystémových službách, ktoré sú rýchlo sa rozvíjajúcou oblasťou využívania krajiny človekom (Schulp et al., 2014). Podľa klasifikácie CICES v.51 patria voľne rastúce huby do zásobovacích služieb, ako voľne rastúce terestrické alebo vodné rastliny využívané pre výživu (CICES kód 1151). No huby, nielen ako potrava z divokej prírody alebo ako nedrevný lesný produkt, sa môžu dokonca využiť napr. aj ako činitele environmentálneho manažmentu pri regulácii burín alebo pri procesoch zlepšovania stavu životného prostredia. Ide o časti environmentu, ako sú lesné pôdy, orná pôda a vodné zdroje, zvlášť ak sú znečistené a huby pomáhajú pri ich rekonvalescencii a detoxikácii (Donnini et al., 2013, Spina et al., 2018). Iné aktivity spojené s hubami môžu prerásť až do ďalšej úrovne využívania krajiny, a to do mykotoristiky, hlavne keď sa tým podporia vidiecke oblasti a využijú sa napr. nezamestnaní (Büntgen et al., 2017). Týmto spôsobom sa huby stávajú aj významnou zložkou regulačných a kultúrnych ekosystémových služieb.

Ľudská spoločnosť je spojená s prírodou, teda je vo všeobecnosti závislá od prírodných zdrojov a procesov, z ktorých nielen získava suroviny, vodu, vzduch a potraviny, ale ktoré aj zároveň napomáhajú regulácii klímy, predchádzaniu záplavám, umožňujú opelenie alebo poskytujú oddych. Mnohé z týchto prínosov však nie sú ekonomicky ohodnotené, čo vedie k ich využívaniu tak, akoby ich zásoby boli takmer neobmedzené a zaobchádza sa s nimi ako s bezplatnými komoditami, v zmysle ekonomických externalít. Týka sa to aj húb. V snahe priznať takýmto prínosom hodnotu (pokiaľ je to možné i cenu) a takto ich začleniť do ekonomickej súvahy, sa aj z tohto dôvodu rozpracovala koncepcia ekosystémových služieb (Constanza et al., 1997, EEA, 2011, Bateman et al., 2013). Prvú globálne akceptovanú klasifikáciu ekosystémových služieb predstavil Millennium Assessment (MA, 2005). Táto rozdeľuje ekosystémové služby na zásobovacie, regulačné, kultúrne a podporné. Aktuálne klasifikácie TEEB (2010) a CICES (Haines-Young, Potschin, 2018) prevzali a dopracovali toto rozdelenie.

Pri hodnotení ekosystémových funkcií ide teda aj o finančné vyčíslenie úžitku. Ohodnotenie často nie je jednoduché. Pri zbere húb ako rekreačnej službe môže byť takouto hodnotou úžitku

ocenenie jednej cesty za hubami, ktorá môže predstavovať aj 39 euro (Martínez de Aragón et al., 2011). Priemerné hodnoty vyčíslenia objemu a ceny zberaných, voľne rastúcich húb v lesoch Slovenska predstavujú 27 488 ton a 27,5 mil. euro (Kovalčík, 2014). Tieto hodnoty sa však pohybujú v pomerne širokých intervaloch, keďže tvorba plodníc sa medziročne často aj veľmi významne líši (Bonet et al., 2004, Turtiainen et al., 2012).

Ekosystémy môžu poskytovať služby, ktorých koexistencia sa navzájom podporuje, ale uprednostnenie niektorých služieb, hlavne produkčných, môže viesť k ochudobneniu iných najmä regulačných alebo kultúrnych. Rozhodnutie, ktoré služby sú v danom konkrétnom prípade významnejšie a potrebnéjšie, umožní ich prioritizáciu pri praktickom manažmente ekosystémov. Tzv. trade-off analýza ekosystémových služieb je založená na dopyte po konkrétnych ekosystémových službách v závislosti od lokálnej situácie. Dopyt môže byť založený na požiadavkách vychádzajúcich priamo od obyvateľov (produkčné alebo kultúrne služby) alebo z miery ohrozenia životného prostredia prírodnými hazardmi (potreba regulačných služieb). Na regionálnej či národnej úrovni môže byť prioritou v konkrétnej oblasti produkcia biomasy, no pri ochrane života či majetku na lokálnej úrovni bude prioritou posilnenie regulačných služieb.

Územie okresu Zvolen je rôznorodé z viacerých krajinnoekologických hľadísk. Tvorí a zasahuje do neho niekoľko geomorfologických celkov, ako Zvolenská kotlina, Kremnické vrchy, Poľana, Javorie, Pliešovská kotlina, Krupinská planina a Štiavnické vrchy. To zároveň vytvára aj veľmi pestrú škálu prírodných podmienok, ktorá sa odráža v diverzite húb. Vyskytujú sa tu lesné spoločenstvá od 1. až po 7. vegetačný stupeň (Slamková, 2013), čo je v podmienkach okresov Slovenska unikátne. Vyskytujú sa tu tak spoločenstvá vřbovo-topoľových lužných lesov, podhorských jelšových lužných lesov, dubových lesov, lipovo-javorových lesov, bukových kvetnatých lesov a smrekových lesov (Kontriš, Pichler, 2013). Lesnatosť okresu je 46,4% a dominantnou drevinou je buk. Členený terén vytvára rôzne kombinácie aj z pohľadu mikroklimatických podmienok, čo tiež ovplyvňuje špecifický výskyt húb.

Cieľom nášho príspevku je zosumarizovať zoznam húb, ktorých plodnice hubári najviac v regióne okolia Zvolena zbierajú, a lokalizovať územia s vhodnými podmienkami pre výskyt a zber ektomykorrhizných húb na území okresu Zvolen. Uskutočnili sme to na základe analýzy lokálnych prírodných podmienok vo vzťahu k výskytu a rastu húb, kde sme zároveň zohľadnili aj „priechodnosť“ vybraných lokalít pre bežných

hubárov, a na základe expertného odhadu sme stanovili potenciál lesných porastov pre zber húb ako produkčnej (a zároveň aj kultúrnej) ekosystémovej služby.

MATERIÁL A METÓDY

Sumarizačná časť príspevku vychádza zo spracovania a zhrnutia viacerých zdrojov údajov. Z daného regiónu je publikovaných viacero prác, kde sa uvádzajú rôzne druhy húb, vhodné aj na zber (napr. Bučinová, 2004, Mihál, Gáper, 1995, Pavlík, 2008, Glejdura, Kunca, 2010, Kunca, Glejdura 2013, Gáperová et al., 2015). Navyše ide aj o zhrnutie skúseností a poznatkov z hubárskych a mykologických výstav uskutočňovaných Lesníckym a drevárskym múzeom vo Zvolene a mykologickej poradne na Technickej univerzite vo Zvolene, ktorú vedie prvý z autorov, a údajov z nálezov pre Zvolen a okolie zo stránky www.nahuby.sk. Niektoré nálezy húb sú dokladované v súkromnom herbári prvého z autorov (PVKU).

Potenciál pre rast a zber plodníc ektomykoríznych húb v lesných porastoch okresu Zvolen (pozn. súčasťou hodnotenia nie sú údaje za vojenský priestor Pliešovce na juhu okresu, ktoré nie sú dostupné), aj s prihliadnutím na plnenie príslušnej ekosystémovej funkcie lesov, sme vy-

hodnotili s využitím geografických informačných systémov. Pri jeho stanovení sme vychádzali z prírodných podmienok stanovišťa a reálnej vegetácie. Ako podklad nám poslúžila priestorová databáza jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL) a digitálny model terénu s veľkosťou bunky 20x20m. Tento potenciál bol vypočítaný podľa nami naformulovaného algoritmu:

$$Ph = Lt \cdot Dr \cdot Vk \cdot Zk \cdot SE$$

Kde:

- Ph – potenciál pre rast a zber mykoríznych húb
- Lt – koeficient pre lesný typ
- Dr – koeficient pre prevládajúcu drevinu
- Vk – koeficient pre vekovú triedu
- Zk – koeficient pre zakmenenie
- SE – koeficient kombinácie sklonu a expozície plochy

Presný zoznam použitých koeficientov je uvedený v tabuľke 1. Všetky koeficienty nadobúdali hodnoty v intervale $<0 - 1>$, preto výsledný potenciál tiež dosahuje hodnoty v tomto rozpätí. Vypočítané hodnoty pre jednotlivé bunky rastra boli zoskupené to troch tried: nízky potenciál pre rast a zber ektomykoríznych húb (0 – 0,33), stredný potenciál (0,34 – 0,66) a vysoký potenciál (0,67 – 1,0).

Tab. 1 Koeficienty pre výpočet potenciálu pre výskyt a zber ektomykoríznych húb

Tab. 1 Coefficients for calculation of potential for occurrence and harvesting of ectomycorrhizal mushrooms

	Hodnota koeficientu	Opis
Lt – koeficient pre lesný typ	1,0	Lesné typy s relatívne hlbokými pôdami, kde skelet takmer vôbec nevystupuje na povrch pôdy, v pôvodnom zastúpení dominujú dreviny s vysokým ektomykoríznyim potenciálom, lesné spoločenstvá sú v daných podmienkach skôr svetlejšieho charakteru
	0,7	Lesné typy s podobnými podmienkami ako pri hodnote koeficientu 1,0, ale s určitým obmedzením pre rast viacerých druhov EM húb, ako je čiastočné zamokrenie, výrazné zakyslenie alebo vyšší podiel skeletu aj na povrchu pôdy
	0,5	Lesné typy s podobnými podmienkami ako pri hodnote 0,7, avšak napr. všeobecne podmáčané, resp. s typickým výskytom vysokých bylín a papradín, štrkovitou až kamenitou pôdou, prirodzene vysokým zápojom alebo výrazným podielom drevín s nízkym alebo žiadnym EM potenciálom
	0,2	Lesné typy na extrémnych stanovištiach napr. s veľmi plytkou pôdou, na kamenitých s prevahou drevín s nízkym alebo žiadnym EM potenciálom, vápencové s veľmi nízkou vododržnosťou alebo dominantným výskytom vysokých bylín a papradín
	0,0	Lesné typy lužných lesov bez prirodzeného výskytu duba letného, resp. sutinové lesy, exponované vápencové spoločenstvá, lesy s balvanovitými pôdami, lesy na hornej hranici svojho výskytu alebo lesy s dominanciou drevín so žiadnym EM potenciálom

Pokračovanie Tab. 1

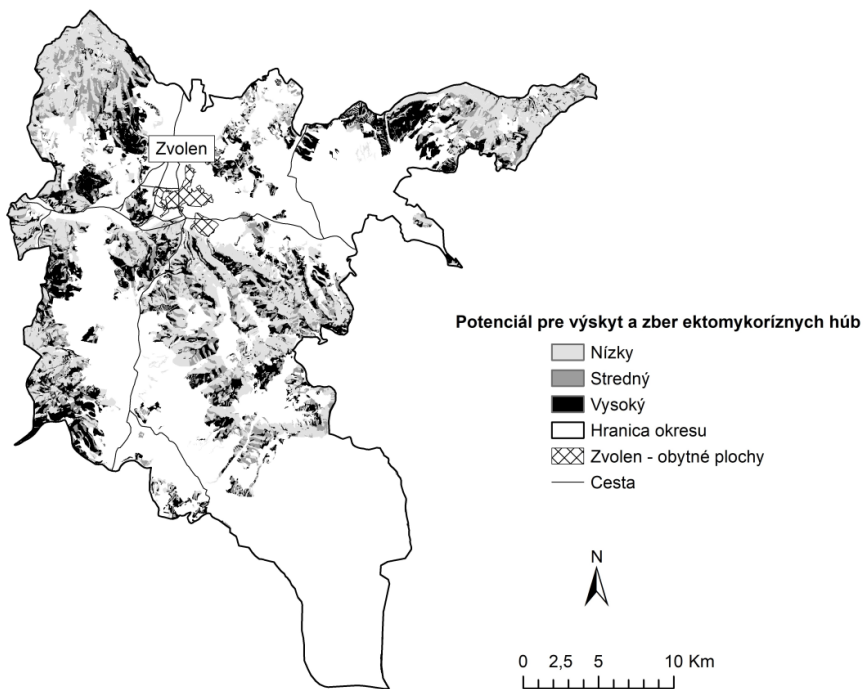
Dr – koeficient pre prevládajúcu drevinu	1,0	BR (brezy), BK (buk), CER (dub cerový), DB (duby – domáce druhy), DL (dub letný), DZ (dub zimný), HB (hrab), SM (smrek obyčajný)
	0,7	BO (borovica lesná), DC (dub červený), JD (jedľa), LP (lípy), OS (osika)
	0,3	DG (duglaska), JO (jedľa obrovská), SC (smrekovec), VJ (vejmutovka)
	0,0	AG (agát), BC (borovica čierna), BH (brest horský), CS (čerešňa), JH (javor horský), JL (jelša lepkavá), JM (javor mliečny), JS (jaseň štíhly), LB (borovica limba), SP (smrek pichľavý), VR (vrbý – domáce vrbý), TS (topoľ šľachtený)
Vk – koeficient pre vekovú triedu	1,0	Viac ako 60 rokov
	0,5	20 – 60 rokov
	0,2	Menej než 20 rokov
Zk – koeficient pre zakmenenie	1,0	Zakmenenie 0,1–0,7
	0,8	0,8
	0,7	0,9
	0,6	1
SE – koeficient kombinácie sklonu a expozície plochy	1,0	Sklon do 12° na všetkých expozíciách, resp. sklon 13° – 30° na J alebo JZ expozíciách
	0,8	Sklon 13° – 30° a JV alebo Z expozícia
	0,5	Sklon 13° – 30° a V expozícia
	0,2	Sklon 13° – 30° a S, SV alebo SZ expozícia
	0,0	Sklon nad 30°

Intervaly jednotlivých parametrov vychádzajú okrem osobných skúseností prvého z autorov (následne uplatnených pri kalibrácii výslednej mapy), aj z ekologických preferencií najzbieranejších EM druhov húb a výskytu ich plodníc (podľa prác Aldea et al., 2012, Ambrosio, Zotti, 2015, Kutszegi et al., 2015, Parladé et al., 2017), so špecifickým dôrazom na hubármi najobľúbenejšie hríbovité druhy. Špecifiká koeficientu kombinácie sklonu a expozície plochy sme okrem iného odvodili z parametrov mikro-, mezo- a expozičnej klímy (Petřík et al., 1986). Sklony nad 30° sú pomerne náročné pre pohyb bežných hubárov, preto boli svahy so sklonmi vyššími ako táto hodnota vyhodnotené ako nevhodné – koeficient 0. Na druhej strane, plodnice jedlých EM húb sa vyskytujú aj na takýchto lokalitách, ktoré z pohľadu našej práce nepovažujeme za úplne vhodné

alebo dokonca až nevhodné. Určite však prevažne neposkytujú ideálne podmienky pre EM huby.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základným výstupom tejto štúdie je mapa potenciálu pre výskyt a zber EM húb v lesných porastoch v okrese Zvolen (Obr. 1). Podielové vyčíslenie tohto potenciálu je zrejme z tabuľky 2. Mesto Zvolen je na mape reprezentované len svojimi obytnými časťami. Vychádzame z predpokladu, že na zbieranie húb vychádzajú obyvatelia zo svojich domovov a týmto dokumentujeme aj relatívnu dostupnosť vhodných lesných porastov pre Zvolenčanov.



Obr. 1 Potenciál pre výskyt a zber ektomykorizálnych húb v lesných porastoch okresu Zvolen
 Fig. 1 Potential for occurrence and harvesting of ectomycorrhizal mushrooms in forest stands of the Zvolen district

Tab. 2 Rozloha a podiel plôch potenciálne vhodných pre výskyt a zber ektomykorizálnych húb v lesoch okresu Zvolen

Tab. 2 Coverage and proportion of potentially suitable areas for occurrence and harvesting of ectomycorrhizal mushrooms in forests of the Zvolen district

Potenciál pre rast a zber húb	rozloha v ha	podiel v %
Nízky	14522,1	50,4
Stredný	5818,1	20,2
Vysoký	8457,2	29,4
Spolu	28797,4	100,0

Podľa údajov z tabuľky 2 je zrejmé, že okres Zvolen poskytuje značný areál pre potenciálny výskyt a zber plodníc EM húb v lesoch, samozrejme v prípade, že sú splnené aj iné podmienky, napr. vhodné počasie. Zároveň je zrejmy aj vysoký podiel lesov (nízky potenciál), ktoré sa nachádzajú na strmých svahoch, na lokalitách s vysoko skeletnatými pôdami, určitým podielom cudzokrajných drevín a pod. V spojení s vyobrazením na obrázku 1 sú zrejme aj väčšie komplexy lesov, ktoré sú hubármi zo Zvolena a okolia známe a často vyhľadávané ako napr. Zvolen – Stráže, okolie Budče, Breziny, Očovské háje, Kráľová a Dubové. V týchto lesoch dominujú teplé listnaté spoločenstvá, a to buď takmer čisté dubiny ale-

bo zmes dubov, hrabu, resp. buka. Avšak celkovo veľmi široká amplitúda lesných spoločenstiev od zvyškov nížinných lužných lesov, cez xerothermné dubiny, mezofilné dubové lesy s bukom, v tomto regióne špecifické dubiny s jedľou, bučiny, zmiešané horské lesy karpatskej zmesi až po rovnomeré smrečiny, s azonálne sa vyskytujúcimi sutinovými lesmi, ponúka vhodné podmienky pre vysoký počet rôznych druhov húb. Niektoré jedlé druhy húb je možné spojiť s konkrétnymi prírodnými spoločenstvami a ekosystémami.

V lužných lesoch je možné už v skorom jarnom období nájsť plodnice jednej z prvých húb hubárskej sezóny – smrčkovca českého (*Verpa bohemica*). Obľubuje rozkladajúci sa listový

opad hlavne vŕby rakyty a topoľa osikového, príp. čerešne vtáčej. Plodnice sa dajú nájsť nielen vo vŕbovo-topoľových lužných lesoch napr. popri Hrone, ale približne o nejaký ten týždeň neskôr aj v podhorských lužných lesoch, ktoré sa tiahnu pozdĺž vodných tokov vyššie do hôr. Na podobných miestach, ale pomenej, môžeme uprostred jari nájsť smrčky (*Morchella* sp.), a to prevažne smrčok kužeľovitý (*Morchella conica*) a smrčok jedlý (*M. esculenta*). Tie okrem vyššie spomenutých spoločenstiev obľubujú aj teplé okraje lesov s pestrým zastúpením drevín, okraje lesných ciest, lesné sklady, staré sady alebo dokonca aj smrekmi zarastajúce horské lúky. Vo väčšom počte sa dajú smrčky nazbierať hlavne v zárstoch a lesoch s vyšším zastúpením jaseňa. Aj na podobných lokalitách, sa koncom jari v čarokruhoch objavujú, teda hlavne na lúkach a okrajoch lesov, plodnice čirovnice májovej (*Calocybe gambosa*), známej aj ako májovka. Jej výskyt má široké výškové rozpätie, keďže sa dá nájsť v nižších polohách ako na okrajoch lužných lesov, ale trocha neskôr aj na horských lúkach v nadmorských výškach okolo 1000 m n.m.

Hríby (*Boletus* spp.) sú najobľúbenejšími hubami, ktorých plodnice Slováci zbierajú (Kovalčík, 2014). S približujúcim sa letom sa už koncom mája objavujú plodnice typicky ektomykoríznej huby – „dubáka“. Väčšina hubárov pod týmto menom nerozlišuje viaceré, až štyri druhy hŕibov s bielou dužinou: hŕib dubový (*Boletus reticulatus*), hŕib smrekový (*B. edulis*), hŕib bronzový (*B. aereus*) a hŕib sosnový (*B. pinophilus*). Medzi nimi sú určité rozdiely v ekologických nárokoch, vo fenológii a dokonca aj z kulinárskeho hľadiska. Ako prvý, avšak nie pravidelne každý rok, sa na kyslých pôdach a vo svetlejších častiach lesných spoločenstiev objavuje hŕib sosnový. Nemusi to byť len v spojení s borovicou lesnou, ale aj pod dubmi zimnými alebo bukmi. Najčastejší je v prírodných podmienkach okolia Zvolena hŕib dubový. Okrem dubín a bučín ho môžeme dokonca objaviť aj na horských lúkach so solitérnymi smrekmi. Najviac náročný na teplotu je hŕib bronzový, ktorý je skôr mediteránnym druhom a v tomto regióne má aj severnú hranicu rozšírenia na Slovensku. Obľubuje najteplejšie lesy hlavne s prevahou duba cerového. Ako posledný sa už aj počas leta, po výraznejšom ochladení, objavuje hŕib smrekový. Ten dokáže rásť podobne ako hŕib dubový v širokom ekologickom a výškovom spektre, a podobne ako hŕib sosnový neskoro do jesene. Hŕib smrekový sa od vyššie spomínaných druhov hŕibov líši aj tým, že vysoká produkcia jeho plodníc sa často objavuje aj v mla-

dých, rozvoľnených porastoch smreka, dokonca aj na zarastajúcich lúkach, kde ešte nie je uzavretý korunový zápoj. Takéto biotopy boli prípadne z nášho hodnotenia nepriamo vylúčené, keďže často nejde o lesné pozemky. Takéto spoločenstvá sa na hodnotenom území početne vyskytujú v oblasti Podpoľania. Obdobné zistenia pre mladé a rozvoľnené smrečiny, z pohľadu zvýšenej produkcie ektomykorízneho mycélia, zistili aj Wallander et al. (2010). Práve jedlé druhy hŕibov (*Boletus* spp.) sú najviac zberanými hubami aj v Európe a zároveň obsahujú metabolity, ktoré môžu byť z pohľadu ľudskej stravy dokonca považované za zdravé potraviny (Heleno et al., 2011).

V širšom okolí Zvolena sa hlavne na lokalitách s výskytom jedle, napr. v Kováčovskej doline (vo Zvolenskej kotline sú to aj špecifické kotlinové dubiny s jedľou), a v smrečinách môžu početne od konca jari až do neskorkej jesene nájsť plodnice hŕiba zrnitohlúbikového (*Neoboletus luridiformis*), teda tzv. modráka. Sprievodnými druhmi z ríše húb sú často na takýchto lokalitách podobné suchohríby. Najčastejšie je to suchohŕib hnedý (*Imleria badia*, pôvodne *Xerocomus badius*), rastúci skôr vo vyšších polohách, suchohŕib žltomäsový (*Xerocomellus chrysenteron*), ktorý nájdeme prevažne v bučinách a suchohŕib plstnatý (*Boletus subtomentosus*) z teplých lesov s prevahou dubov.

V širokom ekologickom spektre sa dajú počas leta a jesene nájsť plodnice rôznych druhov kozákov (*Leccinum* spp.). Veľmi často sú úzko viazané na konkrétnu drevinu (mykorízneho partnera), čomu nasvedčujú aj ich druhové mená: kozák osikový (*Leccinum albobostipitatum*), kozák hrabový (*L. pseudoscabrum*), kozák topoľový (*L. durisculum*) a kozák brezový (*L. scabrum*). V tomto regióne rastú aj vzácnejšie, dokonca niekde aj početne, teplomilné druhy ako kozák žltopórový (*L. crocipodium*) a kozák dubový (*L. aurantia-cum*). Vo vyšších polohách a na kyslom podloží sa ešte dá nájsť kozák žltoranžový (*L. versipelle*) a kozák smrekový (*L. piceinum*), obidva druhy s oranžovou až červenou farbou povrchu klobúka, ktoré však hubári často ani nerozlišujú. Všetky druhy kozákov sú jedlé a výborné huby. Rovnako sú na tom z kulinárskeho pohľadu aj kuriatka, napr. v dubinách hlavne rastúce kuriatko bledé (*Cantharellus pallens*), a bučiny a smrečiny uprednostňujúce hojnejšie kuriatko jedlé (*C. cibarius*).

S typickým výskytom v letnom období majú výnimočné kulinárske hodnoty aj muchotrávka červenkastá (*Amanita rubescens*) a trúdnik klobúkatý (*Polyporus umbellatus*). Muchotrávka

červenkastá je v hlavne listnatých lesoch nižších a stredných polôh bežnou, no pre hubárov často „obávanou“ hubou, z pohľadu jej možnej zámeny za jedovaté druhy muchotrávok. Často početne rastie práve v čase výskytu plodníc hřibovitých húb. Trúdnik klobúčkatý je v okolí Zvolena málo známou hubou, hoci jej výskyt tu je pomerne početný a celá huba má viaceré liečivé účinky (Kunca, 2011, Kunca, Pavlík, 2019). Obľubuje hlbšie pôdy v teplých listnatých lesoch s dubmi a bukmi a huba sa dá nájsť počas celého roka, pretože plodnice vyrastajú z trvalého čierneho sklerócia.

Pre jesenné obdobie sú typické bedle a rýdziky a rastie vtedy aj viacero druhov plávok. Z bediel sú najčastejšie, a aj zbierané, tie najväčšie druhy – bedľa vysoká (*Macrolepiota procera*) a bedľa štíhla (*M. mastoidea*). Z viacerých druhov jedlých rýdzikov sú najbežnejšie rýdzik pravý (*Lactarius deliciosus*), rýdzik smrekový (*L. deterrimus*) a rýdzik lososovoružový (*L. salmonicolor*), spod rôznych druhov ihličnanov. V teplých listnatých lesoch sa niektoré roky vyskytuje rýdzik surovičkový (*L. volemus*). Ako jeden z mála jedlých rýdzikov má biele mlieko a nie oranžové až červené, ako vyššie uvedené rýdziky. Zo značného počtu plávok, ktoré sa na území Slovenska vyskytujú, sú v tomto regióne asi najviac zbierané plodnice plávky modrastej (*Russula cyanoxantha*) a plávky zelenkastej (*R. virescens*).

Plodnice húb neprestávajú rásť, alebo dokonca niektoré rastú len, v chladnom až zimnom období. Asi takou najtypickejšou, a všeobecne asi jednou z najznámejších húb aj s liečivými účinkami, je hľiva ustricovitá (*Pleurotus ostreatus*). Obľubuje hynúce alebo mŕtve drevo, stojace alebo ležiace, rôznych listnáčov, hlavne buka. Vhodnými sú v tomto ohľade ako lokality ochranné lesy, teda hlavne lesy na strmých svahoch a horšie dostupných lokalitách, kde sa staré stromy alebo mŕtve kmene ťažia alebo vyťahujú len výnimočne. Na bazách, hlavne na mŕtvych častiach kmienkov, sa v chladnejšom období typicky objavujú plodnice uchovca bazového (*Auricularia auricula-judae*). Tie sú skôr známe ako huby, ktoré sa často používajú v ázijskej kuchyni. Podobne ako dva predchádzajúce druhy sa v čase teplejších období zimného obdobia, a na jeho začiatku a konci, ukazujú plodnice plamienok (*Flammulina sp.*). Plodnice plamienok ako jedny z mála dokážu prežiť a pokračovať v raste aj po skončení tých najväčších mrazov. Pre viaceré druhy plamienok, ktoré nie sú ľahko odlišiteľné, avšak jedlé, je najčastejším substrátom mŕtve drevo (alebo takéto časti živých stromov) mäkkých listnáčov, ako sú hlavne vrbý a topole. Vhodným biotopom sú tak hlavne lužné lesy.

Vzhľadom na to, že časť regiónu a krajiny v strede Slovenska „zarastá“, teda pôvodné lúky a pasienky, príp. aj orná pôda, sa prestáva využívať (Gallay, Gallayová, 2011), vznikajú v krajine „nové vegetačné okraje“, ako výsledok rôznych kombinácií prírodných podmienok a ekosystémov. Huby práve takéto podmienky obľubujú a často tam majú vhodné podmienky pre svoju existenciu (Crockatt, 2012, Pešková et al., 2015). Takéto biotopy sa vyskytujú aj v okolí Zvolena (spomínané pri hříbe smrekovom). Obdobne špecifické sú na hodnotenom území aj klimatické podmienky. Zvolenskú kotlinu môžeme zaradiť medzi veľmi inverzné oblasti Slovenska (Lapin, Tekušová, 2002). Kotlina je síce typická aj miestnymi vetrami, no vysokým percentom bezveterných dní patrí k najmenej veterným krajom Slovenska, a má najväčší počet hmľistých dní v roku, v priemere je to 80–100 dní. To sú podmienky, ktoré práve hubám skôr vyhovujú.

Schulp et al. (2014) uvádzajú ako najzbieranejšie huby z Európy aj všetky tie, ktoré uvádzame v našom prehľade: kúrikatko jedlé, smrčok jedlý, hľiva ustricovitá, rýdzik pravý a hříb smrekový. Na ďalších miestach v ich poradí je aj hľuzovka letná, na Slovensku chránená. Problematický tak môže byť aj zber plodníc chránených druhov húb. Tento problém je okrem toho, že je na Slovensku málo známy, zároveň aj veľmi „citlivý“, zvlášť v takejto „hubárskej“ krajine akou je Slovensko. Zber plodníc húb tak môže naraziť aj na porušovanie zákona, keďže niektoré huby, teda len ich plodnice, sú chránené. Problematika ochrany húb na Slovensku je detailnejšie spracované v prácach Gáper a Pišút (2003) a Kunca (2012a). Problematickými druhmi sú v tomto ohľade na hodnotenom území napr. hříb kráľovský (*Butyriboletus regius*), suchohříb moravský (*Boletus moravicus*), muchotrávka cisárska (*Amanita caesarea*) a korallovec ježovitý (*Hericium erinaceus*). Avšak, prvý spomínaný druh má na Slovensku pomerne široké teritórium výskytu a jeho plodnice sa v posledných rokoch pri určitej kombinácii klimatických podmienok objavujú dosť početne. Navrhli sme na zváženie jeho zaradenie do zoznamu chránených húb Slovenska (Kunca, 2010). Druhý v poradí je často bežne zbieraný s inými druhmi suchohříbov, za ktoré je ľahko zameniteľný (Kunca, 2012b). Posledný spomínaný druh má navyše viaceré známe liečivé účinky (Kunca, Čiliak, 2017). Hoci v prípade chránených druhov húb je v prvom rade dôležité chrániť lokalitu výskytu daného druhu, na druhej strane, nadmerný zber plodníc môže mať niekedy aj škodlivý vplyv na populáciu aj bežných húb a využívanie húb a zber plodníc

by mali byť súčasťou trvalo udržateľného rozvoja krajiny (Donnini et al., 2013).

Viacere druhy húb, dokonca aj hríbov, sa dajú nájsť aj priamo v meste Zvolen, hlavne v parkoch. Avšak napr. odtiaľ dokladovaný hríb jamkatý (*Hemileccinum depilatum*) a hríb horký (*Caloboletus radicans*) sú vzácnejšie druhy hríbov, a navyše druhý menovaný, je nejedlý, a aj chránený. Popritom, zber plodníc v prostredí výrazne ovplyvnenom človekom, alebo dokonca aj priamo v sídlach sa neodporúča, napr. z dôvodu možného vysokého obsahu rôznych tzv. rizikových prvkov v plodniciach. Je známe, že huby a ich plodnice často pôsobia v krajine ako „spongie“ z pohľadu rôznych chemických elementov (napr. Schlect, Säumel, 2015). To isté platí aj o pečiarokach a kozákoch (Aloupi et al., 2012 a literatúra v tomto článku), ktoré sa často zbierajú priamo v sídlach, a aj v meste Zvolen. Riziko sa potom priamo zvyšuje s možným predajom takto zbieraných plodníc, napr. na verejných trhoviskách. Stáva sa, že sa niekedy predávajú huby, ktoré predávajúci ani nepozná alebo nevie o tom, že sú napr. chránené (Kasper-Pakosz et al., 2016).

Zber plodníc voľne rastúcich druhov húb asi aj naďalej zostane hlavným zdrojom toho, čo sa skrýva za slovom huby, keďže len 60 z 268 druhov známejších jedlých húb v Európe sa dá pestovať (Peintner et al., 2013). Avšak nie každý rok musí byť bohatý na „huby“. Problémom môžu byť výrazné medziročné rozdiely v produkcii plodníc, hlavne v súvislosti s nestabilnými až extrémnymi prejavmi klimatických faktorov počas jednotlivých ročných období, čo sa v poslednom období často spája s klimatickou zmenou. Hubári veľmi často čakajú na dažď a práve dažďové zrážky sa často ukazujú ako kľúčové pre rast plodníc. Podľa Alday et al. (2017) sú pre rast zbieraných húb rozhodujúce zrážky na konci leta a začiatkom jesene.

ZÁVER

Hubárčenie patrí medzi významné voľnočasové aktivity značnej časti obyvateľov Slovenska. Z pohľadu ekosystémových služieb v sebe kombinuje zásobovaciu službu (huby ako potravina či pochutina) a kultúrnu službu (zber húb ako pohybová aktivita v prírode). Pre hubárov je výskyt a dostupnosť miest vhodných na zber húb dôležitou časťou ich života. Obzvlášť to platí pre mestských obyvateľov, pre ktorých je les útočiskom pred každodenným zhomom a výrazne prispieva k zlepšeniu kvality ich života. To bolo aj východiskom práce na tomto príspevku. Skombinovať expertné znalosti hubárov, extrapolovať

ich na územie lesných porastov v okrese Zvolen a takto vytvoriť mapu potenciálu pre hubárčenie obyvateľov. Takto vytvorená mapa spolu so zoznamom reálne nájdených húb môže predstavovať dobré východisko pre začínajúcich, ale aj skúsených hubárov v tomto území.

PodĎakovanie

Výskum bol podporený projektami VEGA 1/0664/17 a 1/0104/19.

LITERATÚRA

- ALDAY, J. G., BONET, J. A., ORIA-DE-RUEDA, J. A., MARTÍNEZ-DE-ARAGÓN, J., ALDEA, J., MARTÍN-PINTO, P., DE-MIGUEL, S., HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, M. MARTÍNEZ-PEÑA, F. 2017. *Record breaking mushroom yields in Spain*. In *Fungal Ecology* 26, s. 144–146.
- ALDEA, J., MARTÍNEZ-PEÑA, F., DÍAZ-BALTEIRO, L. 2012. *Integration of fungal production in forest management using a multi-criteria method*. In *European Journal of Forest Resources* 131, s. 1991–2003.
- ALOUPI, M., KOUTROTSIOS, G., KOULOUSARIS, M., KALOGEROPOULOS, N. 2012. *Trace metal contents in wild edible mushrooms growing on serpentine and volcanic soils on the island of Lesbos, Greece*. In *Ecotoxicology and Environmental Safety* 78, s. 184–194.
- AMBROSIO, E., ZOTTI, M. 2015. *Mycobiota of three Boletus edulis (and allied species) productive sites*. In *Sydowia* 67, s. 197–216.
- ÁRVAY, J., TOMÁŠ, J., HAUPTVOGL, M., MASSÁNYI, P., HARANGOZO, L., TÓTH, T., STANOVÍČ, R., BRYNDZOVÁ, Š., BUMBALOVÁ, M. 2015. *Human exposure to heavy metals and possible public health risks via consumption of wild edible mushrooms from Slovak Paradise National Park, Slovakia*. In *Journal of Environmental Science and Health*, pt. B., 50, s. 833–843.
- BATEMAN, I. J. et al. 2013. *Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom*. In *Science* 341, s. 45, DOI: 10.1126/science.1234379
- BONET, J. A., FISCHER, C. R., COLINAS, C. 2004. *The relationship between forest age and aspect on the production of sporocarps of ectomycorrhizal fungi in Pinus sylvestris forests of the central Pyrenees*. In *Forest Ecology and Management* 203, s. 157–175.
- BUČINOVÁ, K. 2004. *Porovnanie druhovej diverzity makromycétov v bukových lesných ekosystémoch s rôznou imisnou záťažou*. In: Turisová, I., Prokešová, R. (eds), *Ekologická diverzita Zvolenskej kotliny*. Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, s. 49–54.

- BÜNTGEN, U., LATORRE J., EGLI S., MARTÍNEZ-PEÑA F. 2017. *Socio-economic, scientific, and political benefits of mycotourism*. In *Ecosphere* 8(7), s. e01870.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. 1997. *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. In *Nature* 387, s. 253–260.
- CROCKATT, M. E. 2012. *Are there edge effects on forest fungi and if so do they matter?* In *Fungal Biology Reviews* 26(2), s. 94–101.
- DONNINI, D., GARGANO, M. L., PERINI, C., SAVINO, E., MURAT, C., DI PIAZZA, S., ALTOBELLI, E., SALERNI, E., RUBINI, A., RANA, G. L., BENCIVENGA, M., VENANZONI, R., ZAMBONELLI, A. 2013. *Wild and cultivated mushrooms as a model of sustainable development*. In *Plant Biosystems* 147, s. 226–236.
- EEA (European Environment Agency) 2011. *An experimental framework for ecosystem capital accounting in Europe*. EEA technical report 13/2011.
- GALLAY, I., GALLAYOVÁ, Z. 2011. *Zarastanie nalesných plôch vo veľkoplošných chránených územiach Slovenska za ostatných 15 rokov (na základe Corine Land Cover)*. In *Naturae Tutela* 15(2), s. 125–135.
- GÁPER, J., PIŠÚT, I. 2003. *Mykológia. Systém, vývoj a ekológia húb*. Univerzita Mateja Bela, Fakulta prírodných vied, Banská Bystrica, 320 s.
- GÁPEROVÁ, S., NÁPLAVOVÁ, K., GÁPER J. 2015. *Ectomycorrhizal and saprotrophic macrofungi associated with woody plants in the Borova hora arboretum*. In *Thaiszia* 25 (Suppl. 1), s. 163–170.
- GLEJDURA, S., KUNCA, V. 2010. *Nové poznatky o mykoflore CHKO-BR Poľana*. In: Midriak (ed.), *Biosférické rezervácie na Slovensku VIII., zborník referátov z VIII. národnej konferencie o biosférických rezerváciách Slovenska, 19.-20. október 2010*, Technická univerzita vo Zvolene, CHKO-BR Poľana, s. 71–77.
- HAINES-YOUNG, R., POTSCHEIN, M. B. 2018. *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*.
- HEILMANN-CLAUSEN, J., BARRON, E. S., BODDY, L., DAHLBERG, A., GRIFFITH, G. W., NORDÉN, J., OVASKAINEN, O., PERINI, C., SENN-IRLET, B., HALME, P. 2015. *A fungal perspective on conservation biology*. In *Conservation Biology* 29, s. 61–68.
- HELENO, S. A., BARROS, L., SOUSA, M. J., MARTINS, A., SANTOS-BUELGA, C., FERREIRA, I. C. F. R. 2011. *Targeted metabolites analysis in wild Boletus species*. In *LWT—Food Science and Technology* 44(6), s. 1343–1348.
- KASPER-PAKOSZ, R., PIETRAS, M., ŁUCZAJ, Ł. 2016. *Wild and native plants and mushrooms sold in the open-air markets of south-eastern Poland*. In *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12(1), s. 45.
- KONTRIŠ, J., PICHLER, V. 2013. *Lesy*. In: Bebej, J. (ed.), *Monografia mesta Zvolen; Príroda. Mesto Zvolen*, s. 33–34.
- KOTOWSKI, M. 2016. *Differences between European Regulations on Wild Mushroom Commerce and Actual Trends in Wild Mushroom Picking*. In *Slovenský národopis (Slovak Ethnology)* 64(2), s. 169–178.
- KOVALČÍK, M. 2014. *Value of forest berries and mushrooms picking in Slovakia's forests*. In *Beskydy* 7(1), s. 39–46.
- KUNCA, V. 2010. *Vzácné hriby Slovenska*. In *Svět hub* 1, s. 20–23.
- KUNCA, V. 2011. *Ecology and incidence of Polyporus umbellatus in Slovakia*. In *Czech Mycology* 63(1), 39–53.
- KUNCA, V. 2012a. *Huby a ich ochrana na Slovensku*. In *Životné prostredie* 46(3), s. 142–144.
- KUNCA, V. 2012b. *Boletus moravicus – ecological conditions of new localities in Slovakia*. In *Czech Mycology* 64(2), s. 165–174.
- KUNCA, V., ČILIAK, M. 2017. *Habitat preferences of Hericium erinaceus in Slovakia*. In *Fungal Ecology* 27, s. 189–192.
- KUNCA, V., PAVLÍK, M. 2019. *Fruiting Body Production and Suitable Environmental Ranges for Growing of Medicinal Mushroom Polyporus umbellatus in Natural Conditions of Central Europe*. In *International Journal of Medicinal Mushrooms* 21(2), s. 121–129.
- KUTSZEGI, G., SILLER, I., DIMA, B., TAKÁCS, K., MERNYI, Z., VARGA, T., TURCSÁNYI, G., BIDLO, A., ÓDOR, P. 2015. *Drivers of macrofungal species composition in temperate forests, West Hungary: functional groups compared*. In *Fungal Ecology* 17, s. 69–83.
- LAPIN, M., TEKUŠOVÁ, M. 2002. *Rýchlost' a smer vetra a inverznosť územia*. In: *Atlas krajiny SR. 1. vyd.*, Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská agentúra životného prostredia, Bratislava, Banská Bystrica, 100 s.
- LELLEY, J. I. 2005. *Modern applications and marketing of useful mushrooms*. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 7, s. 39–47.
- ŁUCZAJ, Ł., NIERODA, Z. 2011. *Collecting and learning to identify edible fungi in southeastern Poland: age and gender differences*. In *Ecology of Food and Nutrition* 50(4), s. 319–336.

- MA (Millennium Assessment) 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Current State and Trends*. Volume 1, Island Press, Washington D.C.
- MARTÍNEZ DE ARAGÓN, J., RIERA, P., GIERGICZNY, M., COLINAS, C. 2011. *Value of wild mushroom picking as an environmental service*. In *Forest Policy Management* 252(1–3), s. 239–56.
- MIHÁL, I., GÁPER, J. 1995. *Mykocenologická charakteristika makromycétov smrekových lesných porastov biosférickej rezervácie UNESCO Polana na Slovensku*. In *Lesnícky časopis - Forestry Journal* 41, s. 119–130.
- MIKŠÍK, M., KUNCA, V. 2015. *1000 slovenských a českých húb*. Svojtko & Co., Bratislava, 800 s.
- PARLADÉ, J., MARTÍNEZ-PEÑA, F., PERA, J., 2017. *Effects of forest management and climatic variables on the mycelium dynamics and sporocarp production of the ectomycorrhizal fungus Boletus edulis*. In *Forest Ecology and Management* 390, s. 73–79.
- PAVLÍK, M. 2008. *Occurrence of ectomycorrhizal mushrooms in disturbed forest stands*. In: *Mushroom biology and mushroom products, proceedings of the sixth international conference: 29th September - 3rd October 2008, Bonn, Germany*/ed. J. I. Lelley, J. A. Buswell. - [Krefeld: GAMU GmbH, Institut für Pilzforschung], s. 287–297.
- PEINTNER, U., SCHWARZ, S., MEŠIČ, A., MOREAU, P.-A., MORENO, G., SAVIUC, P. 2013. *Mycophilic or mycophobic? Legislation and guidelines on wild mushroom commerce reveal different consumption behaviour in European countries*. *PLoS ONE* 8, s. e63926.
- PEŠKOVÁ, V., LORENC, F., MODLINGER, R., POKORNÁ, V. 2015. *Impact of drought and stand edge on mycorrhizal density on the fine roots of Norway spruce*. In *Annals of Forest Research* 58, s. 1–13.
- PETRÍK, M., HAVLÍČEK, V., UHRECKÝ, I. 1986. *Lesnícka bioklimatológia*. Príroda, Bratislava, 352 s.
- SCHLECHT, M. T., SÄUMEL, I. 2015. *Wild growing mushrooms for the Edible City? Cadmium and lead content in edible mushrooms harvested within the urban agglomeration of Berlin, Germany*. In *Environmental Pollution* 204, 298–305.
- SCHULP, C. J. E., THUILLER, W., VERBURG, P. H. 2014. *Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service*. In *Ecological Economics* 105: 292–305.
- SLAMKOVÁ, M. (ed.) 2013. *Regionálny územný systém ekologickej stability okresu Zvolen*. Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, 280 s.
- SPINA, F., CECCHI, G., LANDINEZ-TORRES, A., PECORARO, L., RUSSO, F., WU, B., CAI, L., LIU, X., TOSI, S., VARESE, G., ZOTTI, M., PERSIANI, A. 2017. *Fungi as a toolbox for a sustainable bioremediation of pesticides in soil and water*. In *Plant Biosystems* 152(3), s. 474–488.
- TEEB 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and economic foundation*. Earthscan, Cambridge
- TURTIAINEN, M., SAASTAMOINEN, O., KANGAS, K., VAARA, M. 2012. *Picking of wild edible mushrooms in Finland in 1997–1999 and 2011*. In *Silva Fennica* 46(4), s. 569–581.
- WALLANDER, H., JOHANSSON, U., STERKENBURG, E., BRANDSTRÖM DURLING, M., LINDAHL, B. D. 2010. *Production of ectomycorrhizal mycelium peaks during canopy closure in Norway spruce forests*. In *New Phytologist* 187, s. 1124–1134.
- WASSER, S. P. 2010. *Medicinal mushroom science, history, current status, future trends, and unsolved problems*. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 12(1), s.1–16.

OBSAH RASTLINÁM PRÍSTUPNÝCH FORIEM ŽIVÍN V PÔDE V OKOLÍ SKLÁDKY GUDRÓNOV

ESZTER TURČÁNIOVÁ¹ – HANA OLLEROVÁ¹

¹Technická univerzita vo Zvolene, Katedra environmentálneho inžinierstva, Fakulta ekológie a environmentalistiky, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, ester.turcaniova@gmail.com, ollerova@tuzvo.sk

ABSTRACT

Turčániová, E., Ollerová, H.: **Content of plants accessible forms of nutrients in the soil around landfills Goudron**

The submitted contribution deals with the determination of nutrients in the soil near the landfills in the Brezno region. These landfills have represented an old environmental burden for 50 years. Gudrons originated from the process of petroleum processing, in acid refining of oils with sulfuric acid. Semi-liquid waste was stored in two dumps between 1964 and 1983. Consequently the waste was disposed by incineration, hence production in the region ceased to exist. The aim of the paper is to determine the content of accessible soil potassium, magnesium and mobile calcium in the Mehlich III soil extract. Soil samples were taken from eight sites within a transect at one landfill site in 2016 and analyzed on an atomic absorption spectrophotometer. The measurements were carried out in an acetylene-air flame. The results for calcium were found to range from 0.08 to 1.11%, for potassium from 0.0032 to 0.016% and for magnesium from 0.016 to 0.138%. Variability is, in our view, caused by a number of factors, especially the occurrence of anthrax, non-original soil substrates, transported and relocated during the construction and operation of the landfill. The pH of the soil was measured using the WTW Inolab 1 pH meter. The values of the active soil reaction (pH/H₂O) ranged from 4.41 to 7.34 and the pH/KCl exchange rate ranging from 3.93 to 7.18.

Key words: gudron, oil waste, landfill, nutrients

ÚVOD

Človek je od začiatku svojej existencie úzko spätý s prírodou, ktorá je zdrojom uspokojovania jeho životných potrieb. Čerpá z nej organický a anorganický materiál, ktorý spracúva v rôznych odvetviach výroby. Tieto činnosti prinášajú mnohé pozitíva, ale aj negatívne vplyvy na životné prostredie (Ollerová, 2004). Jedným z prírodných zdrojov, ktorý je stále veľmi cennou komoditou súčasného života, je ropa. Napriek dnešným moderným a šetrným technológiám spotreba ropy a ropných výrobkov neustále stúpa. Ropa ako nerastná surovina má najväčší význam pri výrobe mechanickej a elektrickej energie, tepla a je základnou surovinou širokej škály rafinérskych a petrochemických produktov. Súčasne to predstavuje pre ľudskú populáciu a životné prostredie vážne riziko kontaminácie, ku ktorej môže dôjsť pri ťažbe, transporte, spracovaní a distribúcii rop-

ných látok. Nezanedbateľným problémom je produkcia odpadov, ktoré pri jej spracovaní vznikajú, ako aj ďalšie nakladanie s nimi (Kala, 1997).

Odpady zo spracovania ropy vznikali počas prevádzkovania petrochemického podniku na Horehroní. Boli deponované na dvoch skládkach, a to v rokoch 1964 až 1984. Ide o gudróny – nebezpečné odpady z rafinácie, čistenia minerálnych olejov. Rafinácia pozostáva z 3 častí: 1. Kyselinová rafinácia olejov s H₂SO₄ za vzniku kyselinových smôl – gudrónov. 2. Neutralizačná rafinácia – vypieranie kyslých zložiek rafinátu roztokom NaOH. 3. Adsorbčná rafinácia – práškovanie neutrálneho oleja aktivovanou hlinkou (Čížek, 1994).

Odpad uložený na skládkach ovplyvňuje okolité prostredie, najmä pôdy a podzemné vody. Stálosť, šírenie i premeny ropných látok v pôde a vo vode závisia od druhu a množstva znečisťujúcej látky. Všeobecne platí, že ťažšie frakcie

ropy sú v horninovom a vodnom prostredí dosť stále, ľahšie frakcie sú postupne odbúrané prírodnými oxidačnými a mikrobiálnymi procesmi. Pôsobenie ropných látok v pôde brzdí transport vody a živín pôdnymi kapilármi ku koreňom rastlín a tým celkovú prístupnosť pre rastliny (Šedivý, 1992, Bienik, 1982).

Cieľom príspevku je stanovenie obsahu rastlinám prístupného pôdneho draslíka, horčíka a mobilnej formy vápnika v pôdnom výluhu s ohľadom na zistené koncentrácie nepolárnych extrahovateľných látok (NEL) v pôde v blízkosti skládky gudrónov.



Obr. 1 Skládky gudrónov
Fig. 1 Landfill of guadróns

Tab. 1 Chemické zloženie gudrónov
Tab. 1 Chemical composition of guadróns

Parameter	Jednotka	Koncentrácia
Merná hmotnosť	kg.m ⁻³	1 100 – 1 900
NEL	mg.kg ⁻¹	759 000 – 870 000
Fenoly	mg.kg ⁻¹	44 – 118
pH		2,9
Sušina	%	58,95
Uhl'ovodíky celkové	mg.kg ⁻¹	234 870
Lipofilné látky	mg.kg ⁻¹	297 270
Zmydliteľné oleje a tuky	mg.kg ⁻¹	46 700
Polycyklické aromatické uhl'ovodíky (PAU)	mg.kg ⁻¹	948
Polychlórované bifenyly (PCB)	mg.kg ⁻¹	21
Železo	mg.kg ⁻¹	7 700
Celkový obsah síry	mg.kg ⁻¹	28 000
Celkový obsah chlóru	mg.kg ⁻¹	1 100
Celkový obsah dusíka	mg.kg ⁻¹	2 200

Odber a úprava vzoriek

Za účelom stanovenia rastlinám prístupného pôdneho draslíka, horčíka a mobilnej formy pôdneho vápnika sme odobrali vzorky pôd v blízkosti skládky gudrónov na transekte prebiehajúcom V – Z smerom v násypovom svahu so sklonom

MATERIÁL A METÓDY

Materiál

Skládka gudrónov (obr. 1) predstavuje starú environmentálnu záťaž už 50 rokov. Odpad sa na ňu vyvážal v období rokov 1964 – 1974. Má rozlohu približne 10 000 m² a objem 100 000 m³. V súčasnosti sa odčerpáva povrchová zrážková voda a odváža sa na ČOV v dôsledku možného pretečenia odpadu cez hrádzu skládky. Vrchnú vrstvu tvorí olejová frakcia. Zloženie gudrónov zobrazuje tab. 1 (Ollerová, 2004).

20°. Vzorky pôd boli odobraté na konci vegetačného obdobia v roku 2016 z ôsmich stanovišť. Prvá vzorka bola odobratá tesne pri skládke pod trávny porastom. Vzorky 2–6 boli odobraté z násypového svahu orientovaného na východ v 5 m vzdialenostiach. Tieto stanovištia neboli po-

kryté vegetáciou. Siedma vzorka bola odobratá vo vzdialenosti 30 m od skládky opäť spod porastu. Ôsmu vzorku sme odobrali pod príjazdovou cestou na poli s vysiatou krmovinou. GPS ôsmej lokality je: N 48° 49.216', E 19° 29.121' a nadmorská výška je 512 m n. m. Odber bol uskutočnený podľa STN 48 1000 Odber a príprava vzoriek lesných pôd pri zisťovaní zdravotného stavu lesa. Z každého stanovišťa sme odobrali vzorku z hĺbky 10-30 cm pomocou lopatky. Priemerné vzorky sme získali z 3-5 čiastkových odberov premiešaním a kvartáciou. Vzorky pôd sme presušili v laboratórnych podmienkach, odstránili sme z nich skelet a hrubé organické zvyšky. Zvyšné podiely

vzoriek sme presitovali cez sito s veľkosťou oka 2 mm a ďalej ich analyzovali.

Stanovenie K, Mg a mobilnej formy Ca vo vzorkách pôd

Prvky boli stanovené v extrakčnom roztoku podľa Mehlicha III, pripraveného podľa Hrivňákovej et al. (2011). Meranie sa uskutočnilo metódou atómovej absorpčnej spektrofotometrie v plameni acetylén – vzduch.

Stanovenia pH vo vzorkách pôd

Stanovenie pH sme uskutočnili podľa Hrivňákovej et al. (2011), na pH metri WTW INOLAB 1. Hodnotenie pH (H₂O) pôd sme vyhodnotili podľa Moravca et al. (1994), je zobrazené v tab. 2.

Tab. 2 Hodnotenie pH/H₂O
Tab. 2 Clasification of pH/H₂O

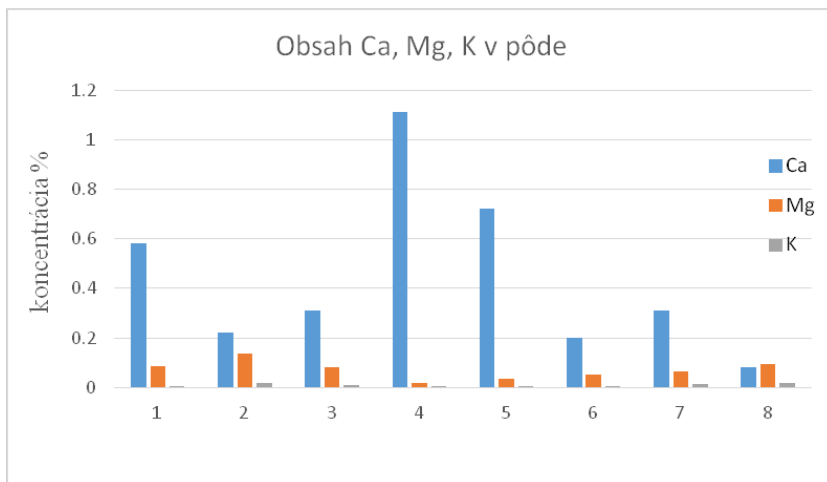
Hodnotenie pH/H ₂ O	
<3,5	Veľmi silne kyslé
3,5-4,5	Silne kyslé
4,5-5,5	Stredne kyslé
5,5-6,5	Mierne kyslé
6,5-7,2	Neutrálne
7,2-8,0	Mierne zásadité
8,0-8,5	Stredne zásadité
8,5-9,0	Silne zásadité
>9,0	Veľmi silne zásadité

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V odobraných vzorkách pôd sme zistili nasledovné hodnoty rastlinám prístupných prvkov – K a Mg a mobilnej formy pôdneho vápnika (tab. 3, obr. 2).

Tab. 3 Obsah vybraných živín a pH v pôde
Tab. 3 Content of selected nutrients and pH in soil

prvok	Ca	Mg	K	pH	pH
číslo vzorky	%	%	%	(H ₂ O)	(KCl)
1	0,58	0,087	0,004	7,16	7,06
2	0,22	0,138	0,016	7,34	6,97
3	0,31	0,08	0,01	7,34	7,18
4	1,1	0,016	0,004	6,26	5,9
5	0,72	0,033	0,003	4,41	3,93
6	0,2	0,05	0,006	5,19	4,38
7	0,31	0,064	0,012	7,16	6,66
8	0,08	0,094	0,016	7,29	6,73



Obr. 2 Obsah rastlinám prístupných prvkov K, Mg a mobilnej formy Ca
Fig. 2 Contents of plants accessible elements K, Mg and mobile form of Ca

Najvyššiu nameranú hodnotu Ca sme zistili na stanovišti č. 4 bez vegetácie 1,11%, naopak najnižšiu hodnotu sme namerali na stanovišti č. 8 0,08%. Pre porovnanie uvádzame výsledky koncentrácií pôdnych makroživín z niekoľkých zdrojov. Hodnoty podľa Bowena (1979) sú v intervale 0,07 – 50%, s priemerom 1,5% (Bowen, 1979). Množstvo pôdneho vápnika podľa Beneša (1994) je v rozmedzí od 0,1% – 9,55%, s priemerom 1,48% (Beneš, 1994). Koncentrácie vápnika v blízkosti skládky gudrónov korešpondujú väčšinou s priemerami a hodnotami oboch uvedených autorov, avšak na dolnej hranici nimi stanovených intervalov. Zaujímavé je, že najnižšia hodnota vápnika bola zistená najďalej od skládky na poli s vysiatou krmovinou.

Marušková (2011) uvádza koncentráciu Ca získanú pomocou metódy Mehlich III na lokalite bez porastu 0,14%. Na skládke gudrónov na lokalitách 2 – 6 (tiež bez porastu) boli všetky naše hodnoty vyššie ako 0,14% (Marušková, 2011). Na stanovišti s porastom Marušková uvádza hodnoty v rozpätí 0,11% - 0,57% (Marušková, 2011). Pri vzorke č. 1, ktorá bola odobratá v tesnej blízkosti skládky s porastom, sme zistili vyššiu hodnotu Ca 0,58%. Vo vzorke zo stanovišťa č. 7, ktorá bola odobratá 30 m od skládky gudrónov spod porastu, sme zistili hodnotu 0,31%. Supuka et al. (1991) uvádza hodnoty výmenného Ca^{2+} nasledovne: hodnoty < 0,1% indikujú nedostatočné zásoby - sem patrí vzorka č. 8, ktorú sme odobrali pod prijazdovou cestou na poli s vysiatou krmovinou (0,08%). Strednú úroveň zásoby reprezentuje rozpätie 0,1%–0,3%, sem patria lokality č. 2 a 6 bez porastu s hodnotami (0,22%, 0,2%). Dobrú úroveň (hodnoty > 0,3%) podľa Supuku et al.

(1991) dosahujú vzorky z lokalít č. 1, 3, 5, 7 s hodnotami v intervale 0,31% – 0,72%. Nežiadúcu úroveň (> 1,0) dosahuje vzorka č. 4.

Najvyššia hodnota Mg v substráte z okolia skládky gudrónov bola nameraná na stanovišti č. 2, 0,138%. Najnižšia hodnota bola zistená na stanovišti č. 4, 0,016%. Ak porovnáme hodnoty koncentrácií z oblasti skládky gudrónov s výsledkami uvedenými v štúdiách Bowena (1979) a Beneša (1994), môžeme skonštatovať, že hodnoty sa nachádzajú v stanovených intervaloch, ale opäť pri dolnej hranici intervalu. Vzorky 4 a 5 predstavujú hodnoty pod dolnou hranicou. Bowen udáva hodnoty koncentrácií Mg v intervale 0,04 – 0,9% s priemerom 0,89%. Beneš stanovil obsah makroživín v substráte v rozmedzí 0,07% - 3,88%, s priemerom 0,88% (Beneš, 1994, Bowen, 1979).

Marušková (2011) uvádza hodnoty horčička na halde bez porastu 0,75%, čo je oveľa vyššia hodnota, aké sme my namerali na lokalitách bez vegetačného krytu (lokality č. 2 – 6 v intervale od 0,016% – 0,138%). Na halde s porastom je to 0,38% - 0,89% Mg podľa meraní Maruškovej (2011), v našom prípade na stanovištiach č. 1 a č. 7 s pokryvom vegetácie sú to značne nižšie hodnoty (0,087% a 0,064%) (Marušková, 2011).

Supuka et al. (1991) stanovil pre obsah Mg v pôde, ale vo výluhu v NH_4Cl , štyri kategórie: nedostatočná (< 0,003%), stredná (0,003 – 0,005%), dobrá (> 0,005%), nežiadúca (> 0,1%). Podľa uvedených kritérií všetky nami namerané hodnoty, okrem stanovišťa č. 2 s hodnotou 0,138% (nežiadúca úroveň zásoby), zaradujeme do kategórie s dobrou úrovňou zásoby Mg v pôde.

Porovnanie sme uskutočnili s Vyhlaškou č. 338/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnos-

ti o postupe pre odber pôdnych vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovaní pôdnych vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch. Podľa prílohy č. 5 je obsah horčíka pre stredne ťažké pôdy trvalo-trávných porastov považovaný za dobrý, ak je v intervale 0,0131 % – 0,0175 %. Sem patrí vzorka zo stanovišťa č. 4 (0,016 %). Do kategórie s veľmi vysokým obsahom Mg (nad 0,0255 %) patria všetky ostatné vzorky, ktorých hodnoty sú v rozmedzí od 0,033 % do 0,138 % (Vyhláška č. 338/2005 Z. z.).

Najvyššiu hodnotu draslíka sme namerali na stanovišti č. 2 a 8 (zhodne 0,016 %), najmenšiu hodnotu sme zistili na stanovišti č. 5 (0,0032 %) (Vyhláška MŽP SR č. 338/2005 Z. z.). Hodnoty podľa Bowena (1979) pre obsah draslíka v pôde sú v intervale 0,01 % - 3,7 %, s priemerom 1,4 %. Nami zistené výsledky čiastočne korešponujú s Bowenovými zisteniami, 5 hodnôt je pod touto hranicou (Bowen, 1979). Podľa Beneša (1994) sa hodnoty K pohybujú v rozmedzí od 0,5 % do 4,06 %, s priemerom 2,04 %. Naše výsledky sú omnoho nižšie (Beneš, 1994).

Obsah draslíka v pôde podľa Maruškovaj (2011) je na halde s porastom v intervale 1,56 % - 2,54 % a na halde bez porastu 1,86 %. Pri porovnávaní s týmito hodnotami zisťujeme, že nami získané výsledky sú výrazne nižšie (Marušková, 2011).

Supuka et al. (1991) uvádza hodnoty pre draslík v dvoch formách: vo výluhu v laktáte a vo výluhu v 1 % kyseline citrónovej. V prípade K vo výluhu laktátu a kyseliny citrónovej do kategórie s nedostatočným obsahom (< 0,006 %, < 0,007 %) patria lokality č. 1, 4, 5 a 6. Stredná

úroveň zásoby podľa Supuku et al. (1991) je v intervaloch 0,006 % – 0,011 % a 0,007 % – 0,014 %. Sem patria stanovištia č. 3, 6 a 7. Dobrú úroveň (> 0,011 %, > 0,014 %) spĺňajú vzorky č. 2, 7 a 8 (0,016, 0,012, 0,016 %).

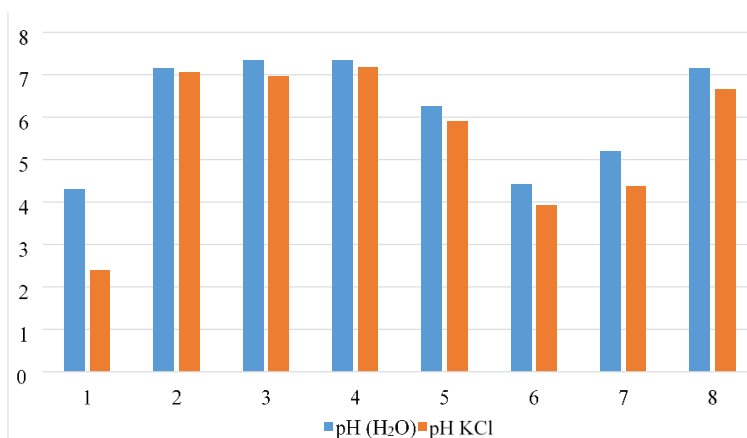
Podľa Vyhlášky č. 338/2005 Z. z. a prílohy č. 5 je nízky obsah draslíka (do 0,01 %) na odberových miestach č. 1, 4, 5, 6. Hodnoty sú v intervale od 0,0032 do 0,0064 %. Obsah K je vyhovujúci (0,01 – 0,015 %) na miestach č. 3 a 7. Dobrý obsah draslíka (0,0151 – 0,021 %) indikujú stanovištia č. 2 a 8 (Vyhláška č. 338/2005 Z. z.).

Hodnoty pH, ktoré sme zaznamenali v zemi v okolí skládky, sú dosť variabilné (obr. 3). Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (pH/H₂O) sa pohybujú v intervale od 4,41 do 7,34 a hodnoty výmennej pôdnej reakcie (pH/KCl) v intervale od 3,93 do 7,18. V zmysle Moravca et al. (1994) môžeme povedať, že aktívna pôdna reakcia bola v troch prípadoch mierne zásaditá, v dvoch prípadoch neutrálna a v zostávajúcich troch prípadoch mierne kyslá, stredne kyslá a silne kyslá (Moravec et al., 1994).

Takýto veľký rozptyl je spôsobený nepôvodným pôdnym krytom, ktorý tvoria antropogénne navážky, často neznámeho pôvodu z hľadiska pôdneho typu aj pôdneho druhu.

Na tranzekte vedeného od skládky gudrónov boli na prvých šiestich odberových miestach stanovené koncentrácie nepolárnych extrahovateľných látok (NEL). Ollerová (2004) zaznamenala nasledovné hodnoty: 1 - 188,7; 2 - 238,2; 3 - 1006,7; 4 - 422,5; 5 - 898,7; 6 - 331,7 mg.kg⁻¹. Na odberových miestach 3 a 5 bol limit pre NEL 500 mg.kg⁻¹ prekročený.

Ostatné stanovištia nevykazujú prekročenie, hodnoty sú nachádzajú v intervale od 188,7 do 422,5 mg.kg⁻¹ (Ollerová, 2011).



Obr. 3 pH pôdy

Fig. 3 Graphical presentation of soil pH

ZÁVER

Na základe stanovených hodnôt Ca, Mg, K a pH v pôde sme zistili pomerne vysokú variabilitu hodnôt v rámci jedného 100 m transektu. Vzorka č. 8 odobratá pod príjazdovou cestou na poli s vysiatou krmovinou indikovala nedostatočnú zásobnú úroveň vápnika, vzorka z lokality 2 mala vysokú – nežiadúcu úroveň zásoby a ostatných 6 vzoriek dosiahlo dobrú, resp. strednú zásobu vápnika podľa Supuku et al. (1991). Hodnoty draslíka naznačujú, že 4 vzorky mali nízky obsah draslíka v pôde a 4 vzorky boli vyhovujúce v zmysle Vyhlášky č. 338/2005 Z. z. Hodnoty horčička boli stanovené nasledovne – 7 vzoriek malo veľmi vysoký a 1 vzorka dobrý obsah horčička v zmysle vyhlášky č. 338/2005 Z. z. (Vyhláška MŽP SR č. 338/2005 Z. z.).

Zistené hodnoty makroprvkov sú ovplyvnené viacerými faktormi. Na stanovištiach boli zistené vyššie hodnoty NEL. Hrádza skládky, odkiaľ boli vzorky odobraté, je tvorená antrozemou, ktorá predstavuje nepôvodný resp. premiešaný pôdny kryt. Tieto antropogénne navážky dosahujú v blízkosti skládky hrúbku 0,4 - 2,5 m. Už v čase výstavby skládky došlo k premiestneniu zeminy a k navezeniu zeminy neznámeho pôvodu. Tieto pôdy stratili diagnostické znaky, podľa ktorých by ich bolo možné zaradiť k niektorému pôdnemu typu s výrazne diferencovanými morfológickými znakmi. Pôdy sa vyznačujú slabým humusovým horizontom a procesy humifikácie a mineralizácie prebiehajú veľmi pomaly. Niektoré časti transektu nie sú porastené vegetáciou, a tým nedochádza k spätnému vstupu živín späť do substrátu z odumretej biomasy. Ďalej sklon hrádze ovplyvňuje vlhkostné pomery, odtok dažďovej vody a teda zadržanie vody v zemine. To sú činitele, ktoré podľa nášho názoru ovplyvňujú variabilitu nameraných hodnôt jednotlivých prvkov na relatívne malom území, kde bol uskutočnený výskum.

Pod'akovanie

Príspevok bol podporený vedeckou grantovou agentúrou VEGA, projektami č. 1/0111/18, 1/0500/19 a KEGA 021TU Z-4/2017.

LITERATÚRA

- BENEŠ S., 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférahch životního prostředí. II. část. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 159 s. ISBN 80-7084-090-0
- BIENIK, J., 1982: *Ropa, zemný plyn a životné prostredie*. Bratislava : Alfa, 233 s.
- BOWEN, H. J. M., 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. London : Acad. Press, 348s.
- ČÍŽEK, Z. (ed), 1994: Ropné látky. BIJO, Praha, s. 7-21
- HRIVŇÁKOVÁ, et al., 2011: Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VÚPOP, Bratislava, 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1
- KALA, J., 1997: Prostriedky na likvidáciu ropných havárií a prepravu nebezpečných vecí. In: Ropné látky v ekosystéme. Zborník prednášok. BIJO, Košice, s. 57 – 69
- MARUŠKOVÁ, A., 2011: *Flóra a vegetácia na pôdach starých environmentálnych záťaž v regióne Banská Štiavnica*. (Vedecké štúdie), Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 123 s. ISBN 978-80-228-2234-3
- MORAVEC, J., et al., 1994: *Fytocenologie*. Praha : Academia, 403 s. ISBN 80-200-0128-X
- OLLEROVÁ, H., 2004: Flóra a vegetácia stanovišť ovplyvnených ropnými látkami v oblasti Petrochema Dubová.(Vedecké štúdie), Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 117 s. ISBN 80-228-1428-8
- STN 48 1000. Odber a príprava vzoriek lesných pôd pri zisťovaní zdravotného stavu lesa.
- SUPUKA, J. et al., 1991: *Ekologické princípy tvorby a ochrany zelene*. Bratislava : SAV, 151 s. ISBN 80-224-0128-5
- ŠEDIVÝ, J., 1992: *Vlastnosti a chování ropných látek v přírodních podmínkách, analytické stanovení ropných látek*. In: Čížek, Z. (ed): Ropné látky. BIJO, Praha, s. 23-43
- Vyhláška MŽP SR č. 338/2005 zo 6. júla 2005, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdnych vzoriek

PREHLADOVÉ PRÁCE – REVIEWS

AKVATICKÉ EKOTOXIKOLOGICKÉ BIOTESTY A ICH VYUŽITIE VO VODNOM HOSPODÁRSTVE

MARTINA LOBOTKOVÁ, HELENA HYBSKÁ

Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

Lobotková M., Hybská H.: **Aquatic ecotoxicologic bio-assays and their using in water management**

Water environment is mainly affected by the contaminants which have their origin in industry, agriculture, transport and households; hence, there is a crucial need for water purification methods and the protection of surface water. Apart from physical-chemical analyses, it is possible to use the assessment of biological effects of purified waste water on ecosystem by special help of ecotoxicologic bio-assays. These are suitable for evaluations of toxicologic impact of substances in waste water and assessment of the effectivity of purification process. The paper is focused on the problem of waste water, the possibility of toxicants' establishment in water and experiences with ecotoxicologic test's use. It supports the fact that spreading of waste water is very risky for environment. In spite of the fact that physical and chemical indicators fulfill criterion of the clean water quality, it is highly recommended to be focused on the processes in the cleaning of waste water. The present review provides an overview of suitable biotests for ecotoxicological assessment of water quality and experience with their application.

Key words: waste water, tests ecotoxicity, purification plant of waste, wastewater treatment plant

ÚVOD

Voda je nenahraditeľná zložka životného prostredia, ktorej množstvo je obmedzené. Spoločnosť musí s ňou nakladať čo najviac efektívne. S rozvojom antropogénnych činností sa do vodných tokov dostávajú látky, ktoré nie vždy pôsobia priaznivo a voda nadobúda iný, neprirodený charakter. Antropogénne znečistenie má za následok zmenu kvalitatívnych vlastností vody, čo sa prejavuje zmenami hodnoty pH prostredia, vodivosti, ale aj druhovej diverzity, reprodukcie alebo iných životných funkcií organizmov. Cieľom vodného hospodárstva je zabezpečiť ochranu a kvalitu vôd. Okrem iného venuje pozornosť zásobovaniu obyvateľstva kvalitnou pitnou vodou, priemyslu a poľnohospodárstva úžitkovou vodou, ochrane povrchových a podzemných vôd pred znečistením, správe vodných tokov a všetkých objektov na nich, vodovodov, kanalizácií, čistiarní odpadových vôd a i. (Kijovská, 2013).

Je potrebné v maximálnej miere zabezpečiť, aby splaškové, priemyselné odpadové vody a vody z poľnohospodárstva boli odvádzané

do čistiarní odpadových vôd. Pri čistení je dôležité, aby nežiaduce zložky dosiahli čo najnižšiu koncentráciu, resp. došlo k ich úplnej eliminácii. Problémom súčasnosti sa stávajú okrem prítomných usadenín, nutričov, patogénnych mikrobov, pesticídov a herbicídov predovšetkým emergentné polutanty, medzi ktoré patria prípravky osobnej starostlivosti (PPCP – Pharmaceuticals and Personal Care Products), rezíduá liekov, liečiv, drog a pod. Ahuja (2009).

Čistiareň odpadových vôd je vodohospodárske zariadenie, ktoré zneškodňuje privádzané odpadové vody. Podstatou efektívneho čistenia vôd je zvolenie vhodných procesov a postupov, ktorými sa zmenia vlastnosti a kvalita vypúšťaných vôd na žiadanú akosť (Oppeltová a kol., 2012). Pri navrhovaní čistiarenskeho procesu sa zohľadňuje súčasný stav, ale aj využívanie danej lokality v budúcnosti. Projekt a výstavba čistiarne odpadových vôd závisí od množstva a druhu prítokovej vody, prietoku, teploty, ale i požiadaviek na vypúšťané vyčistené vody do recipientov (Drtil a Hutňan, 1999). Čistiarenský proces musí byť navrhnutý tak, aby bol postup čistenia dostatočne

účinný, ekonomicky prijateľný a nebol náročný na spotrebu energie (Dohányos a kol., 2007).

Efektívnosť čistenia odpadových vôd sa hodnotí predovšetkým na základe hodnôt fyzikálno-chemických ukazovateľov. Nebezpečnými sú špecifické toxikanty, ktoré nie sú bežnými procesmi odstrániteľné, o ich prítomnosti nemusí byť vedená evidencia a spôsobujú tak nežiaduci stav vôd (Lobotková, 2018). Z toho dôvodu sa v posledných rokoch dostávajú do popredia nové experimenty zamerané na monitoring aj iných prítomných špecifických látok vo vodách. Jednou z moderných vedných disciplín je ekotoxikológia, ktorá je zameraná na analýzy vzájomných interakcií medzi chemickou látkou alebo zmesou látok a živým organizmom. Skúšky ekotoxicity sú schopné, na rozdiel od fyzikálno-chemických ukazovateľov, zaznamenať možný negatívny vplyv na ekosystém. Akvatická ekotoxikológia využíva množstvo rôznorodých skúšok, z ktorých sú niektoré štandardizované na európskej resp. svetovej úrovni. Skúšky je možné aplikovať na rôznych zástupcoch vodných a terestrických druhoch a rôznych trofických úrovniach potravného reťazca. Výsledky slúžia na ďalšie hodnotenie následkov a rizík vyplývajúcich z prítomnosti toxikantu, pričom každý toxikant vplýva na živé organizmy inak. Toxický účinok je podmienený viacerými faktormi (fyzikálne, chemické, a pod.) a prejavuje sa rôzne (najčastejšie mortalita alebo inhibícia vybraného parametra, napr. rastu, pohyblivosti) (Kijovská, 2013).

Článok poskytuje prehľad vhodných akvatických biotestov na posudzovanie kvality vôd, predovšetkým odpadových vôd. Jeho súčasťou je aj prehľad skúseností s využitím biotestov v praxi a tiež pri posudzovaní účinnosti čistiarenskeho procesu.

EKOTOXIKOLÓGIA AKO VEDNÝ ODBOR

Začiatky ekotoxikológie ako vedného odboru na Slovensku pochádzajú z obdobia rozvoja priemyselnej činnosti súvisiacej s nadmernou produkciou odpadových vôd rôzneho zloženia. Väčšina odpadových vôd (z priemyslu, poľnohospodárstva, domácnosti, havárií a pod.) bola v minulosti vypúšťaná do recipientov bez čistenia. Okrem toho dochádzalo ku kontaminácii vodných tokov, jazier, podzemných vôd, s čím úzko súviseli problémy týkajúce sa výskytu rýchleho úhynu rýb, viditeľne znečistených tokov, či šírenia zápachu. Tieto skutočnosti viedli spoločnosť k budovaniu čistiarní odpadových vôd a k zvýšenej pozornosti ekotoxikologického skúmania vodného prostre-

dia. Skúšky toxicity sa postupne stali súčasťou slovenskej legislatívy a v súčasnosti patria medzi štandardizované testy na národnej i medzinárodnej úrovni (Kijovská, 2013).

EKOTOXIKOLOGICKÉ TESTOVANIE

V akvatickom prostredí žijú rôzne spoločenstvá organizmov, ktorých životné podmienky ovplyvňuje kvalita danej vody. Jej zmena môže pre niektoré organizmy zhoršiť podmienky pre ich život, až spôsobiť úhyn, alebo práve naopak, pre vybrané organizmy môže pôsobiť stimulačne, teda zmena kvality poskytne priaznivejšie prostredie pre ich existenciu (Hybská, Samešová 2015). Na posúdenie možných negatívnych dopadov antropogénnej činnosti na akvatické prostredie sa v praxi na základe doterajších získaných poznatkov osvedčili metódy biomonitoringu. Ich podstatou je uskutočnenie systematickej analýzy detekcie nežiaducich prvkov, resp. zlučnín, ktoré môžu mať za následok zmeny v bunkách živých organizmov. Jednou z týchto metód sú ekotoxikologické biotesty. Prostredníctvom nich sa sleduje odozva organizmu na koncentráciu znečisťujúcej látky obsiahnutej vo vybranej vzorke, pričom ide predovšetkým o identifikáciu potenciálnych nebezpečných expozícií a účinkov tejto látky (Costa and Teixeira, 2014). Informácie získané po vyhodnotení biotestu určia hraničné koncentrácie, v ktorých rozmedzí je organizmus životaschopný. Vplyv toxikantu na organizmus závisí nielen od druhu látky, ale aj od veku organizmu, jeho pohlavia a zdravotného stavu. Na základe výsledku biotestu je možné tieto informácie pretransformovať na výpočet potenciálneho rizika na ľudskú populáciu a pomocou laboratórneho organizmu môžu biotesty modelovať toxický vplyv látky na človeka (Hybská, Samešová, 2015).

Vo všeobecnosti platí, ak pôsobí toxická látka na organizmus, hrozí jeho poškodenie. Po skončení pôsobenia toxikantu sa časť buniek dokáže obnoviť. Ak však ide o radikálne poškodenie, v krátkom čase bunky odumierajú. V najhoršom prípade možno hovoriť o smrti organizmu (Lobotková, 2018). Najčastejšie sa pomocou ekotoxikologických biotestov analyzuje akútna toxicita. Testy akútnej toxicity sú z ekonomickej i časovej stránky menej náročné. Kvantifikácia toxického účinku sa vyjadruje rôznymi ukazovateľmi a indexmi toxicity. Výjadrenie výsledku nie je v ekotoxikológii formálne upravené žiadnym medzinárodným legislatívnym predpisom. Najčastejšie sa využívajú parametre a merné jednotky uvedené v Tab. 1 (Kijovská, 2013).

Tab. 1 Ukazovatele a indexy toxicity (Kijovská, 2013)**Tab. 1 Indicators and toxicity indices**

Parameter		Jednotka miery
EC _x	efektívna koncentrácia látky, ktorá zapríčiňuje x % maximálnej odozvy	mg.l ⁻¹
IC _x	inhibičná koncentrácia látky, ktorá zapríčiňuje x % maximálnej odozvy	mg.l ⁻¹
LC _x	letálna koncentrácia látky, ktorá zapríčiňuje x % maximálnej odozvy	mg.l ⁻¹
TU	jednotka toxicity	–

Laboratórne skúšky využívané vo vodnom hospodárstve možno rozdeliť podľa viacerých kritérií. Na základe použitého testovacieho organizmu testy možno rozdeliť na testy s producentmi, konzumentmi a deštruentmi. Typickým príkladom producentov je využitie zelených rias *Desmodesmus subspicatus*, semien vyšších kultúrnych rastlín *Sinapis alba*, poľnohospodárskych plodín *Zea mays*, *Allium cepa* alebo makrofytných rastlín *Lemna minor*. Testy s konzumentmi zahŕňajú testovacie organizmy, ako napr. perloočky *Daphnia magna* alebo ryby *Poecilia reticulata*. Najviac využívanými deštruentmi sú baktérie *Vibrio fischeri* (Fargašová, 2009).

PREHĽAD VYBRANÝCH ŠTANDARDIZOVANÝCH BIOTESTOV

Ekotoxikologické testy patria k tzv. uzančným metódam. Každý test má v rámci správnej laboratórnej praxe (GLP – Good Laboratory Practice) stanovený postup práce, spôsob vyhodnocovania a prostredníctvom použitia referenčných látok je zabezpečená kontrola porovnateľnosti výsledkov biotestov aj s inými štúdiami. V Tab. 2 sú uvedené vybrané štandardizované ekotoxikologické biotesty (STN EN ISO) využívané na Slovensku vo vodnom hospodárstve. Niektoré z týchto testov sú štandardizované na úrovni OECD.

Tab. 2 Ekotoxikologické skúšky kvality vody (Kijovská, 2013; Fargašová, 2009)**Tab. 2 Ecotoxicological tests of water quality**

Názov biotestu	Príslušná norma
Stanovenie akútnej letálnej toxicity látok na sladkovodných rybách (<i>Brachydanio rerio</i> Hamilton-Buchanan (<i>Teleostei</i> , <i>Cyprinidae</i>)). Časť 1: Statická metóda. Časť 2: Semistatická metóda. Časť 3: Prietoková metóda.	STN EN ISO 7346-1: 1999 (OECD 203) STN EN ISO 7346-2: 1999 (OECD 204) STN EN ISO 7346-3: 1999 (OECD 204)
Stanovenie inhibície pohyblivosti <i>Daphnia magna</i> Straus (<i>Cladocera</i> , <i>Crustacea</i>). Skúška akútnej toxicity.	STN EN ISO 6341: 1999 (OECD 202 I)
Stanovenie dlhodobej toxicity látok na <i>Daphnia magna</i> Straus (<i>Cladocera</i> , <i>Crustacea</i>).	STN ISO 10706: 2004 (OECD 202 II)
Stanovenie akútnej toxicity odpadovej vody na vajíčka Dánia pásikavého (<i>Danio rerio</i>).	STN EN ISO 15 088: 2010
Skúška inhibície rastu sladkovodných rias s jednobunkovými zelenými riasami.	STN EN ISO 8692: 2012 (OECD 201)
Skúška inhibície rastu <i>Pseudomonas putida</i> . (Skúška inhibície rozmnožovania buniek <i>Pseudomonas</i>)	STN EN ISO 10 712: 1999
Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu <i>Vibrio fischeri</i> . Časť 1: Metóda používajúca čerstvo pripravené baktérie. Časť 2: Metóda používajúca dehydratované baktérie. Časť 3: Metóda používajúca baktérie sušené vymrazovaním.	STN EN ISO 11348-1: 2009 STN EN ISO 11348-2: 2009 STN EN ISO 11348-3: 2010
Stanovenie toxického účinku zložiek vody a odpadovej vody na <i>Lemna minor</i> (žaburinku). Skúška inhibície rastu.	STN EN ISO 20079: 2008 (OECD 221)

Stanovenie akútnej letálnej toxicity látok na sladkovodných rybách (*Brachydanio rerio* Hamilton-Buchanan (*Teleostei, Cyprinidae*)).

Podstatou testovania je určenie koncentrácie v špecifických podmienkach, v ktorých je použitá vzorka letálna pre 50 % testovaných organizmov v danom časovom horizonte v porovnaní s kontrolou. Testovacie organizmy sú vystavené pôsobeniu toxikantu po dobu 24 až 96 hodín. Pozoruje a zaznamenáva sa správanie organizmov alebo počet usmrtených jedincov. Každá populácia rýb využívaných pri testovaní má stanovené špecifické podmienky, ako napr. teplota, pH, tvrdosť vody a pod. Na Slovensku sa najviac využívajú ekotoxikologické testy s gubkou dúhovou – *Poecilia reticulata*. Za negatívne pri testovaní možno považovať, že na test je potrebné väčšie množstvo testovanej vody, keďže jeden jedinec potrebuje približne 150 ml vzorky (Kijovská, 2013).

Stanovenie inhibície pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (*Cladocera, Crustacea*). Skúška akútnej toxicity.

Princípom ekotoxikologického skúšania s testovacím organizmom *Daphnia magna* je stanovenie koncentrácie znečisťujúcej látky po 24, resp. 48 hodinách, ktorá spôsobí imobilizáciu 50 % testovacích organizmov. Týmto spôsobom je možné zistiť najnižšiu koncentráciu, ktorá imobilizuje všetky jedince, alebo naopak, najvyššiu koncentráciu, ktorá nespôsobuje imobilizáciu žiadneho z nich. Pri skúškach toxicity sa používajú jedince mladšie ako 24 hodín, pretože citlivosť jedincov klesá s narastajúcim vekom.

Stanovenie dlhodobej toxicity látok na *Daphnia magna* Straus (*Cladocera, Crustacea*).

Na rozdiel od predchádzajúceho testu, stanovenie dlhodobej toxicity pomocou konzumentov *Daphnia magna* trvá 21 dní. Sleduje sa prežívanie a správanie materských organizmov a ich potomstva na konci testu. Všetky zmeny v testovaných vzorkách sa porovnávajú s kontrolou. Výstupom testu je zhodnotenie najvyššej koncentrácie bez toxického účinku na organizmy, resp. najnižšej koncentrácie so štatisticky významným účinkom na organizmy (Fargašová, 2009).

Stanovenie akútnej toxicity odpadovej vody na vajíčka Dánia páskavého (*Danio rerio*).

V skúške sa využívajú vajíčka sladkovodnej ryby *Danio rerio*. Vývoj oplodnených vajíčok je

ovplyvnený prítomnosťou toxikantu, vplyvom čoho môže dôjsť k poruchám vývoja embrya, či úhynu rýb. Plody sú vystavené pôsobeniu toxikantu po dobu 48 hodín. Mikroskopicky sa vyhodnocuje počet koagulovaných vajíčok, oddelenie chvosta a tep srdca. V prípade negatívnych výsledkov sa embryo považuje za mŕtve.

Skúška inhibície rastu sladkovodných rias s jednobunkovými zelenými riasami.

Typickými predstaviteľmi biotestov sú zelené riasy *Desmodesmus subspicatus* a *Pseudokirchneriella subcapitata*. Odozva na prítomnosť toxikantov sa sleduje pomocou kultivácie v presne definovaných médiách. Testovanie prebieha minimálne 72 hodín, pričom sa každých 24 hodín vyhodnocuje hustota buniek. Inhibícia rastu sa stanoví ako redukcia rastu alebo rastovej rýchlosti v porovnaní s kontrolou kultúr kultivovaných za rovnakých podmienok. Výsledkom skúšky je stanovenie EC₅₀ pre rastovú rýchlosť a inhibície biomasy.

Skúška inhibície rastu *Pseudomonas putida*. (Skúška inhibície rozmnožovania buniek *Pseudomonas*)

Pseudomonas putida predstavujú heterotrofné sladkovodné gram negatívne aeróbne baktérie. Princípom testovania je inhibícia rastu buniek testovaného organizmu v porovnaní s kontrolnou vzorkou. Biotest trvá 16 hodín. Homogenizované vzorky sa vyhodnotia spektrometricky. Základom vyhodnotenia sú tie koncentrácie testovaných vzoriek, ktorých rast v danom čase je inhibovaný o 10 % a 50 % (Kijovská, 2013).

Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri*.

Norma STN EN ISO 11348 (1.–3. časť) predstavuje ekotoxikologické testovanie s použitím deštruentov (baktérii), ktorí sú čerstvo pripravení, lyofilizovaní alebo mrazením vysušení. Využívané morské baktérie *Vibrio fischeri* z mikrobiologického hľadiska možno definovať ako gram negatívne anaeróbne paličky. Princípom skúšky je posúdenie inhibície žiarenia emitovaného kultúrou baktérii po kontaktnom čase 5, 15 resp. 30 minút s toxikantom, ktorý vo vzorke spôsobí zmeny biochemického reťazca bioluminiscencie. Objektívne výsledky testu možno získať už do 30 minút od začiatku rehydratácie baktérii. Práve z toho dôvodu je testovanie vhodné predovšet-

kým pri havarijných únikoch znečisťujúcich látok do vodných tokov a iných kritických situáciách. Účinnosť inhibície sa určuje ako EC_{20} a EC_{50} (Kijovská, 2013).

Stanovenie toxického účinku zložiek vody a odpadovej vody na *Lemna minor*. Skúška inhibície rastu.

Testovací organizmus *Lemna minor* sa v ekotoxikológii používa predovšetkým pre jeho jednoduchú kultiváciu v laboratórnych podmienkach a krátku dobu reprodukcie. Rastlina je vystavená vplyvu toxikantu v rôznych koncentráciách po dobu 7 dní. Počas testu musí byť zabezpečená teplota a osvetlenie na konštantnej úrovni. Rastlina je skúmaná vo vhodných sklenených nádobách, ktoré sú prekryté parafilmom, aby sa zachoval konštantný objem vzorky počas trvania biotestu. Po 7 dňoch sa hodnotí účinok vzorky na vegetatívny rast rastliny v porovnaní s kontrolou. Vyhodnocuje sa počet lístkov a biomasa – suchá hmotnosť, vlhká hmotnosť, resp. celková plocha lístkov. Zaznamenávajú sa údaje o zmene pigmentu lístkov, chloróze, nekróze, resp. rozpadu rastliny alebo koreňa a pod. Výsledkom je % inhibície rastu vyjadrené ako parameter EC_x (Fargašová, 2009).

SKÚSENOSTI S VYUŽITÍM BIOTESTOV

Pomocou ekotoxikologických testov vedci posudzovali rôzne druhy akvatického prostredia, vrátane vypúšťaných odpadových vôd do recipientov. Biotesty je možné využiť aj ako metódu posúdenia účinnosti čistiarenskeho procesu. Významnosť aplikácie ekotoxikologických testov v praxi potvrdzujú rôzne štúdie, ktoré boli uskutočnené vo viacerých krajinách. Mnoho štátov má biotesty implementované do národnej legislatívy týkajúcej sa ochrany životného prostredia (Hybská, Samešová, 2015). Ako príklad možno uviesť Nemecko, ktoré prostredníctvom Nemeckej agentúry pre životné prostredie zostavilo zoznam metód ekotoxikologických testov, pomocou ktorých možno zhodnotiť vyťažené horniny a morské sedimenty, ale aj kvalitu vôd v recipientoch. Z výsledkov možno získať závery o akútnej, resp. chronickej toxicite, bioakumulácii, endokrinných účinkoch, účinkoch na reprodukciu a pod. Súčasne z nich vyplývajú opatrenia, ktoré majú zabrániť negatívnym dopadom na životné prostredie (Nendza, 2002).

Prítomnosť liekov a liečiv

Zvyškové koncentrácie antibiotík (analyzované Ciprofloxacín a Sulfametoxazol) sa môžu dostávať prostredníctvom odpadových vôd do recipientov a následne ústiiť až do mora. V švédskej štúdii sa zamerali na chronickú toxicitu rôznych druhov baktérií a rias odobratých pozdĺž švédskeho západného pobrežia, ktoré boli vystavené 4-dňovej koncentrácii vybraných liekov. Sulfametoxazol spôsobil zníženie využitia zdrojov uhlíka v sledovaných organizmoch a Ciprofloxacín bol viac špecifický pre určité bakteriálne druhy. Účinky na riasy boli zamerané na analýzu množstva a zloženia fotosyntetických pigmentov. Vo vzorkách vôd s Ciprofloxacínom nedošlo k inhibičnému účinku. Naopak, prítomnosť Sulfametoxacolu spôsobila významnú stimuláciu obsahu pigmentov už pri nízkej koncentrácii (Johansson et al., 2014).

Cieľom inej, portugalskej, štúdie Fonseca et al. (2017) bolo posúdenie ekotoxikologického účinku cytostatika na *Nereis diversicolor*. Výrazné poškodenie testovacieho organizmu, aj neurotoxické účinky sa prejavili už pri najnižších koncentráciách tohto liečiva.

Na Inštitúte Zenerei (USA) využili ekotoxikologické testy na analýzu prítomnosti fluoxetínu v odpadových vodách pomocou rýb. V modelovej štúdii spozorovali zmeny v ich správaní, ale i životaschopnosti. V závere štúdie je potvrdené, že metóda je vhodná pre farmakologickú prax (Stewart et al., 2014).

Obsah ťažkých kovov

V povodí rieky Mississippi vyhodnocovali možnú kontamináciu ortuťou. Ako testovací organizmus boli použité ryby. Súčasne sa sledoval obsah ortuti i v sedimentoch. Koncentrácia ortuti v sedimentoch v miestnych jazerách sa v danom roku pohybovala na približne rovnakej hodnote (priemerná hodnota vo vzorkách 0,110 mg Hg. kg⁻¹). Avšak obsah ortuti v jedlých filetoch z rýb predstavoval vyššiu hladinu, ako je pre ľudské zdravie prípustné (limit < 1,0 mg Hg. kg⁻¹). Hodnota bola prekročená pri rybách rodu ostráčovitě, šťukovitě a ostriežovitě. Naopak, pri kaproch a sumcoch hodnota bola pod prípustnou hladinou (Huggett et al., 2001).

Na Univerzite v Pune (India) bola rastlina *Plagiochasma appendiculatum* vystavená rôznym stupňom znečistenia vody ťažkými kovmi. Rastlina je najcitlivejšia na prítomnosť ortuti a medi. Pri vyššom obsahu ťažkého kovu bolo pozorováno

vané fyzické poškodenie rastlinného organizmu a dochádzalo k zníženiu obsahu chlorofylu. Naopak, rastlina pozitívne reagovala (zvýšenie rastu) na prítomnosť olova, zinku a chrómu (Ghate and Chaphekar, 2000).

Stanovenie povrchovo aktívnych látok

Využitím testu akútnej toxicity s vodnými bezstavovcami *Lymnaea stagnalis* testovali Mazur et al. (2013) prítomnosť povrchovo aktívnych látok (zvyšky pracích prostriedkov, chemické toxikanty z priemyslu a pod.). Ako testovacie organizmy sa použili rôzne formy slimákov – embryá až mláďatá, pričom hodnoty meraní sa porovnávali s testom s *Daphnia magna*. Organizmy boli vystavené rôznym koncentráciám zriedených povrchovo aktívnych látok (ozn. Brij 32, Brij 58, Brij 72, Brij 76, Brij 78 a detergent s obchodným názvom Ludwik). Výsledky ukázali, že mladšie formy testovacích organizmov vykazujú vyššiu citlivosť na použité toxické látky.

Vplyv nanočastíc

Nanomateriály sú v súčasnej dobe stále viac využívanými prvkami v procesoch nanoremediácie. V štúdiu na Univerzite v Goiás (Brazília) sa venovali genotoxickým a mutagénnym účinkom nanočastíc Fe_2O_3 v odpadových vodách na rybách *Poecilia reticulata*. Testovanie prebiehalo 21 dní, pričom stav organizmov sa kontroloval priebežne. Poškodenie DNA sa prejavilo už pri akútnej toxicite (kontrola na 3. a 7. deň), mutagénne účinky až po dlhodobej expozícii (21. deň). Poškodenie DNA i abnormality erytrocytov zistené v testovacích organizmoch, ktoré sa zvyšovali lineárne počas expozície (Qualhato et al., 2017).

Vplyv toxických látok z textilného priemyslu na vody

Mesto Faisalabad (Pakistan) je typické rozšíreným textilným priemyslom, s čím súvisí nadmerná produkcia odpadových vôd, ktoré boli cieľom štúdie Noreena et al. (2017). Ako testovací organizmus boli zvolené *Mysidopsis bahia*. Ekotoxikologické skúmanie potvrdilo významné znečistenie a prekročenie sledovaných prípustných limitov. Úmrtnosť organizmov bola 69–72 % v povrchových i v podzemných vodách v blízkosti vyústení vôd z textilných prevádzok. Je potrebné jednotlivé prevádzky na povodí monitorovať a hľadať opatrenia na zamedzenie únikov toxikantov do vodného prostredia.

Zníženie toxicity odpadovej vody jej využitím na závlahy

Možnosťou využívania odpadových vôd na závlahy poľnohospodárskych pôd sa zaoberala štúdia Univerzity vo Frankfurte nad Mohanom. Voda bola testovaná organizmami *Daphnia magna*, *Pseudokirchneriella subcapitata* a *Lemna minor*. Fytotoxicita odpadovej vody sa po aplikácii na pôdu znížila, pričom najvyššiu čistiacu schopnosť mali rašelinové pôdy (Richter et al., 2015). Na Slovensku sa o odstraňovaní zvyškovej koncentrácie toxikantov z odpadových vôd zmieňuje napr. Lorko a Knapec (2010), ktorí uvádzajú, že odpadová voda je vhodná na závlahy a jej aplikáciou sa odstraňujú zvyšky znečistenia. Okrem toho zvyškové látky obsiahnuté vo vode zvyšujú výnosy rastlinnej výroby.

ZÁVER

Na základe v článku uvedených poznatkov získaných experimentálnymi štúdiami vo viacerých krajinách sveta sa potvrdzuje prítomnosť antropogénnych toxikantov vo vodách, ktorá má za následok ich negatívne vplyvy na kvalitu vody, ktoré môžu spôsobiť až trvalé poškodenie ekosystémov. Ekotoxikologické biotesty sú vhodným nástrojom na posudzovanie kvality vôd, či už povrchových, odpadových a pitných pomocou v článku uvedených biotestov. Negatívne však pôsobí fakt, že aplikácia biotestov v slovenskej praxi je veľmi sporadická. Biotesty doposiaľ nie sú uskutočňované štandardne, ich výsledky slúžia skôr informatívne. Perspektívou využitia biotestov je posudzovanie kvality vyčistených odpadových vôd a stanovenie účinnosti čistiarenskeho procesu. Ďalšími možnosťami využitia testov ekotoxicity sú sanácie znečistených plôch, hodnotenie kvality závlahových vôd pre optimálny rast kultúrnych rastlín, ale i pri riešení rôznych mimoriadnych udalostí.

Podakovanie:

Ďakujeme agentúram VEGA 1/0377/17 a KEGA 021TUZ-4/2017 a 018TUZ-4/2017 za podporu.

LITERATÚRA

- AHUJA, S. 2009. Handbook of water purity and quality. 1. vyd. New York: Academic press, 2009. 435 s. ISBN 978-0-12-374192-9
- COSTA, C. – TEIXEIRA, J. P. Biomonitoring. In: Reference Module in Biomedical Sciences. 3 rd Edition. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 483–484. ISBN 978-0-12-801238-3

- DOHÁNYOS, M. – KOLLER, J. – STRNADOVÁ, N. Čištění odpadních vod. Praha: VŠCHT Praha, 2007. 177 s. ISBN 978-80-7080-619-7
- DRTIL, M. – HUTŇAN, M. Návrh a prevádzka vybraných technológií čistiarní odpadových vôd. Bratislava: VÚVH Bratislava, 1999. s. 10. ISBN 80-85330-69-5
- FARGAŠOVÁ, A. Ekotoxikologické biotesty. Bratislava: Perfekt, a. s., 2009. 317 s. ISBN 978-80-8046-422-6
- FONSECA, T. G. et al. Ecotoxicological assessment of the anticancer drug cisplatin in the polychaete *Nereis diversicolor*. In: Science of The Total Environment, 2017, vol. 575, p. 162–172. ISSN: 0048-9697
- GHATE, S. – CHAPHEKAR, S. B. *Plagiochasma appendiculatum* as a biotest for water quality assessment. In: Environmental Pollution, 2000, vol. 108, p. 173–181. ISSN: 0269-7491
- HUGGETT, D. B. et al. Mercury in sediment and fish from North Mississippi. In: Chemosphere, 2001, vol. 42, p. 923-929. ISSN: 0045-6535
- HYBSKÁ H. – SAMEŠOVÁ, D. Ecotoxicology. Zvolen: Technical University in Zvolen, 2015. 164 p. ISBN 978-80-228-2750-8
- HYBSKÁ, H. – LOBOTKOVÁ, M. – SAMEŠOVÁ, D. Biomonitoring a biotesty – ich využitie pri posudzovaní kvality vôd v praxi. In: Zborník prednášok – 50. konferencia vodohospodárov v priemysle, 2018. s. 197–204. ISBN 978-80-971819-4-9
- JOHANSSON, H. C. et al. Toxicity of ciprofloxacin and sulfamethoxazole to marine periphytic algae and bacteria. In: Aquatic Toxicology, 2014, vol. 156, p. 248–258. ISSN: 0166-445X
- KIJOVSKÁ, L. Ekotoxikológia vo vodnom hospodárstve Slovenska. Bratislava: Nakladateľstvo STU v Bratislave, 2013. 296 s. ISBN 978-80-227-3944-3
- LOBOTKOVÁ, M. Posúdenie procesu čistenia odpadových vôd pomocou testov ekotoxicity diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018. 60 s. Školiteľ: Helena Hybská.
- LORKO, M. – KNAPEC, J. Technika a životné prostredie. Dubnica nad Váhom: Dubnický technologický inštitút v Dubnici nad Váhom, 2010. 178 s. ISBN 978-80-89400-08-9
- MAZUR, R. et al. The application of the *Lymnaea stagnalis* embryo-test in the toxicity bioindication of surfactants in fresh waters. In: Ecological Indicators, 2013, vol. 30, p. 190–195. ISSN: 1470-160X
- NENDZA, M. Inventory of marine biotest methods for the evaluation of dredged material and sediments. In: Chemosphere, 2002, vol. 48, p. 865–883. ISSN: 0045-6535
- NOREEN, M. et al. Measurement of cytotoxicity and heavy metal load in drains water receiving textile effluents and drinking water in vicinity of drains. In: Measurement, 2017, vol. 109, p. 88–99. ISSN: 0263-2241
- OPPELTOVÁ, P. – VÍŤEZ, T. – ŠEVČÍKOVÁ, J. Vliv účinnosti ČOV na kvalitu vody v recipientu. In: Littera Scripta, 2012, roč. 5, č. 2. ISSN 1802-503X
- QUALHATO, G. et al. Genotoxic and mutagenic assessment of iron oxide (maghemite- γ -Fe₂O₃) nanoparticle in the guppy *Poecilia reticulata*. In: Chemosphere, 2017, vol. 183, p. 305–314. ISSN: 0045-6535
- RICHTER, E. et al. Assessing the ecological long-term impact of wastewater irrigation on soil and water based on bioassays and chemical analyses. In: Water Research, 2015, vol. 84, p. 33–42. ISSN: 0043-1354
- STEWART, A. M. et al. Aquatic toxicology of fluoxetine: Understanding the knowns and the unknowns. In: Aquatic Toxicology, 2014, vol. 156, p. 269–273. ISSN: 0166-445X
- STN EN ISO 10 712: 1999. Skúška inhibície rastu *Pseudomonas putida*. (Skúška inhibície rozmnožovania buniek *Pseudomonas*)
- STN EN ISO 11348-1: 2009. Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 1: Metóda používajúca čerstvo pripravené baktérie (ISO 11348-1:1998)
- STN EN ISO 11348-2: 2009. Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek vody na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (skúška luminiscenčných baktérií). Časť 2: Metóda používajúca dehydratované baktérie (ISO 11348-2: 2007)
- STN EN ISO 11348-3: 2010. Kvalita vody. Stanovenie inhibičného vplyvu vzoriek na svetelnú emisiu *Vibrio fischeri* (Skúška luminiscenčných baktérií). Časť 3: Metóda používajúca baktérie sušené vymrazovaním (ISO 11348-3: 2007)
- STN EN ISO 15 088: 2010. Stanovenie akútnej toxicity odpadovej vody na vajčka Dánia pášikavého (*Danio rerio*)
- STN EN ISO 20079: 2008. Kvalita vody. Stanovenie toxického účinku zložiek vody a odpadovej vody na Lemna minor (žaburinku). Skúška inhibície rastu (ISO 20079: 2005)
- STN EN ISO 6341: 1999. Kvalita vody. Stanovenie inhibície pohyblivosti *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea). Skúška akútnej toxicity (ISO 6341: 2012)
- STN EN ISO 7346-1: 1999. Kvalita vody. Stanovenie akútnej letálnej toxicity látok na sladkovodných rybách [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Časť 1: Statická metóda (ISO 7346-1:1996)

- STN EN ISO 7346-2: 1999. Kvalita vody. Stanovenie akútnej letálnej toxicity látok na sladkovodných rybách [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Časť 2: Semistatická metóda (ISO 7346-2:1996)
- STN EN ISO 7346-3: 1999. Kvalita vody. Stanovenie akútnej letálnej toxicity látok na sladkovodných rybách [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)]. Časť 3: Prietoková metóda (ISO 7346-3:1996)
- STN EN ISO 8692: 2012. Kvalita vody. Skúška inhibície rastu sladkovodných rias s jednobunkovými zelenými riasami (ISO 8692: 2012)
- STN ISO 10706: 2004. Kvalita vody. Stanovenie dlhodobej toxicity látok na *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Crustacea)

Acta Facultatis Ecologiae, Volume 39, 2018 – 2

Vydanie I. december 2018 – Vydala Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, IČO 00397440 – Počet strán 39 – 3,23 AH, 3,32 VH – Náklad 170 výtlačkov – Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene – Vydanie publikácie schválené v Edičnej rade TU dňa 30. 1. 2018, číslo EP 80/2018 – Evidenčné číslo MK SR 3859/09 – Periodikum s periodicitou dvakrát ročne – Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori a recenzenti – Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

ISSN 1336-300X