

# ODSTRAŇOVÁNÍ DUSIČNANŮ A DUSITANŮ Z VOD S VYSOKÝM OBSAHEM SOLÍ POMOCÍ BIOTECHNOLOGIE LENTIKATS

TRÖGL J.<sup>1</sup>, PILAŘOVÁ V.<sup>1</sup>, DÁŇOVÁ P.<sup>1</sup>, HOLÍČEK R.<sup>1</sup>, KRUDENCOVÁ J.<sup>1</sup>, MĚCHUROVÁ J.<sup>1</sup>, KOHLOVÁ M.<sup>1</sup>, KRHŮTKOVÁ O.<sup>2</sup>, BOUŠKOVÁ A.<sup>2</sup>, MRÁKOTA J.<sup>2</sup>, STLOUKAL R.<sup>2</sup>

1. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, josef.trogl@ujep.cz

2. LentiKat's a.s., Praha, lentikats@lentikats.eu

Článek shrnuje dosavadní výsledky výzkumu aplikace denitrifikačních bakterií imobilizovaných v polyvinylalkoholové matici (tzv. denitrifikační Biokatalyzátor lentikats) na odstraňování oxidovaných forem dusíku z vod s vysokým obsahem anorganických solí. První aplikací je odstraňování dusičnanů z eluátů vznikajících regenerací iontoměničových kolon koncentrovanými roztoky solí pro jejich opakované použití. Druhou aplikací je denitrifikace odpadních vod z tepelných elektráren vyznačujících se vysokou koncentrací chloridů, síranů a dalších iontů (např. Ca, Na, K, těžké kovy).

## 1. Úvod

Dusíkaté látky patří mezi nejvýznamnější polutanty povrchových vod, proto je nutné jejich odstraňování z vod odpadních (OV) obvykle biologickou cestou – kombinací nitrifikace a denitrifikace [1]. Klasické čistírenské technologie využívající aktivovaný kal však často selhávají při aplikaci na specificky znečištěné vody (slané, toxické apod.) [2, 3]. Vhodnou alternativou je využití mikroorganismů enkapsulovaných do polyvinylalkoholových (PVA) čoček patentovaným postupem dle Vorlopa (tzv. Biokatalyzátor lentikats = BL) [4–6]. Imobilizace technologií Lentikats je vysoce biokompatibilní (zachovává přes 90 % biologické aktivity) a je zvládnuta firmou LentiKat's a.s. v průmyslovém měřítku. Imobilizací je možné dosáhnout vysoké koncentrace aktivní biomasy v systému, a to i u pomalu rostoucích bakterií (např. nitrifikačních). Zároveň je redukována produkce odpadního kalu, jehož další zpracování patří k nejvýznamnějším nákladům na čištění OV. Hustota PVA gelu je jen o málo vyšší než hustota vody, což usnadňuje udržování BL ve vznosu. Unikátní čočkovitý tvar pak prakticky nebrání difúzi látek dovnitř a ven z matrice [4, 7, 8]. PVA matrice na druhou stranu nebrání rozmnožování imobilizovaných mikroorganismů a obsahuje-li čištěná voda dostatek živin, je možné udržet dlouhodobou aktivitu BL. Vhodným dávkováním BL je možné dosáhnout téměř libovolně nízkých odtokových koncentrací znečišťujících látek [8–10]. Pro imobilizované bakterie představuje PVA matrice také jakousi ochrannou vrstvu zvyšující jejich životaschopnost a umožňující čištění právě i specificky znečištěných vod, typicky průmyslových [10–13]. V této oblasti bylo v provozu už několik pilotních modelů (např. ČOV Chemopetrol a.s., Litvínov, ČOV ICN Rožtoky u Prahy, ČOV Biotika a.s., Slovenská Lúпча, Diamo s.p.) a další jsou v různém stádiu laboratorního až poloprodučního výzkumu.

Ve spolupráci s LentiKat's a.s. jsou na Fakultě životního prostředí Univerzity J.E. Purkyně aktuálně řešeny dva projekty zaměřené na aplikaci denitrifikačních BL na vody s vysokou salinitou a vysokým obsahem dusičnanů – eluáty vznikající regenerací iontoměničových kolon koncentrovanými roztoky NaCl a Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a OV z tepelných elektráren. Takové vody jsou klasickými technologiemi založenými na aktivovaném kalu hůře čistitelné hlavně kvůli osmotickému stresu a inhibici denitrifikace vyššími koncentracemi solí a dusitanů. V tomto příspěvku jsou stručně shrnuty nejdůležitější dosavadní výsledky [10–12].

## 2. Experimentální část

*Eluáty iontoměničových kolon* [10–12]. Pro experimenty byly použity simulované roztoky eluátů připravené z destilované vody přidavkem až 12,14 g/l Cl<sup>-</sup>, až 1,35 g/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a až 2,86 g/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

*Odpadní vody z tepelných elektráren.* Testovány byly reálné odpadní vody dodávané průběžně z již provozovaných elektráren v Polsku. Vody jsou charakteristické zejména vysokými a značně

proměnlivými obsahy anorganických solí (Cl<sup>-</sup> až 35 g/l, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> až 17 g/l, Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup> až 2 g/l), vysokým obsahem dusičnanů (až 200 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), vysokou CHSK (až 1400 mg/l) a naopak nižší BSK<sub>5</sub> (stovky mg/l) a nedostatkem fosforu (<0,04 mg/l). Pro částečnou standardizaci pokusů byly vody upravovány na koncentraci Cl<sup>-</sup> 20 g/l a 35 g/l přidavkem CaCl<sub>2</sub> a NaCl a na koncentraci 200 mg/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> přidavkem KNO<sub>3</sub>.

*Biokatalyzátor lentikats.* V pokusech byly použity tři typy denitrifikačních BL s imobilizovanými denitrifikačními bakteriemi *Paracoccus pantotrophus*, *Paracoccus denitrificans* a *Pseudomonas fluorescens*. BL byly připraveny na velkokapacitní lince LentiKat's a.s.

*Experimenty.* Detaily experimentálního uspořádání jsou shrnuty v Tab. 1 a pak dále u popisu konkrétních experimentů. Experimenty byly prováděny ve skleněných válcových reaktorech (resp. kádinkách) s promícháváním pro dosažení homogenity BL v celém objemu reaktoru. Pomocí měřicích sond byly sledovány hodnoty pH, rozpuštěného kyslíku a teploty. Průtočného uspořádání bylo dosaženo pomocí dávkovacích a odtahových peristaltických čerpadel a osazením odtoku síťovým separátorem pro udržení BL v systému. Pro správný průběh denitrifikace byl dávkován nutný externí organický substrát.

*Analytická stanovení.* Pravidelně je sledována koncentrace dusičnanového a dusitanového dusíku, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> a CHSK (po filtraci přes filtr o porozitě 0,45 μm), zákal (= optická densita (OD) stanovená spektrofotometricky při 600 nm) a obsah nerozpuštěných látek včetně ztráty žiháním při 550 °C. Koncentrace dusičnanů je stanovována iontovou chromatografií (DIONEX ICS 1000). Dusitanů, CHSK a fosforečnanů jsou stanovovány spektrofotometricky pomocí setů Spectroquant odpovídajících příslušným normám. Stanovení CHSK a dusitanů byla validována na interference chloridů, síranů a dusitanů resp. dusičnanů.

*Aktivita BL.* Aktivita Biokatalyzátoru je vyjadřována v miligramech odbouraného celkového dusíku jedním kilogramem Biokatalyzátoru lentikats za jednu hodinu; analogicky jsou vyjadřovány aktivity odbourávání dusičnanů a dusitanů. U vsádkových experimentů byla aktivita počítána z času potřebného pro odstranění počátečních N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> pod mez stanovitelnosti (~6 mg/l); u průtočných experimentů z rozdílu mezi nátokem a odtokem N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> v ustáleném stavu.

Na počátku a v případě výrazného poklesu denitrifikační aktivity byly použité BL kultivované na standardním živném denitrifikačním médiu (DM) o složení KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 2,3 g/l, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 2,9 g/l, NH<sub>4</sub>Cl 1 g/l, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,5 g/l, NaHCO<sub>3</sub> 0,5 g/l, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,1 g/l, citrát amonoželeznatý 0,5 g/l, roztok stopových prvků 5 ml/l (ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0,1 g/l, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0,03 g/l, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0,3 g/l, CoCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0,2 g/l, CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,01 g/l, NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O 0,02 g/l, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0,03 g/l) s přidavkem dusičnanů a odpovídající externí CHSK [11,12].

Dokončení na další straně

Tab. 1 – Základní experimentální parametry pro denitrifikace používaných odpadních vod

Parametr	Denitrifikace OV z elektráren	Denitrifikace eluátů iontoměničových kolon
Pracovní objem	3 l	10 l (vsádkové pokusy), 12 l (průtočné pokusy)
Plnění Biokatalyzátorem LentiKats (kg)	200–300 g	1 kg
Teperace	30 °C	Bez teperace
Externí organický substrát	Brenntaplus VP1 (komerční směs)	Ethanol
Dávkování org. substrátu (CHSK:N)	5:1	4,2:1
Přidávaný fosfor (P:N)	0,07:1, některé pokusy bez	Bez fosforu
Doba zdržení u průtočných experimentů	6 hodin	20–60 hodin
Použité imobilizované mikroorganismy	<i>P. pantotrophus</i> (průtočné pokusy) <i>P. fluorescens</i> (vsádkové pokusy)	<i>P. denitrificans</i>
Regulace pH	Průtočné pokusy udržovány na 7,5–7,8 Vsádkové pokusy bez regulace – pH na počátku upraveno na 7,0	Bez regulace, pH na počátku upraveno na 7,0

Obr. 1 – Laboratorní aparatura pro denitrifikaci Biotechnologií LentiKats



### 3. Výsledky

#### 3.1. Eluáty iontoměničových kolon

V první fázi byly provedeny vsádkové pokusy nejprve s proměnlivou koncentrací dusičnanového dusíku (0,02–0,22 g/l) a konstantní koncentrací solí (12,14 g/l Cl<sup>-</sup> + 1,35 g/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) a poté s konstantní koncentrací dusičnanového dusíku (1,11 g/l) a proměnlivou koncentrací solí (2,4 g/l Cl<sup>-</sup> + 0,27 g/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> až 12,14 g/l Cl<sup>-</sup> + 1,35 g/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) s cílem dosáhnout maximální denitrifikační aktivity. Celkem bylo provedeno 45 experimentů v trvání ca 8 měsíců.

Kinetiky odbourávání dusičnanového i dusitanového dusíku byly dobře aproximovatelné kinetikou nultého řádu. Aktivity redukce dusitanů byly srovnatelné s aktivitami redukce N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup> (tj. kompletního odbourání dusičnanů přes dusitany), aktivity redukce dusičnanů byly cca dvojnásobné. Spolu s dočasnou kumulací dusitanů v průběhu procesu to svědčí o tom, že limitním krokem denitrifikace je právě redukce dusitanů [11].

Dosažené denitrifikační aktivity se pohybovaly v širokém intervalu 26–1066 mg N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL), přičemž vysokých hodnot bylo dosaženo v počátečních fázích pokusů. Simulované eluáty totiž neobsahují dostatek živin pro rozmnožování bakterií a po určité době (cca měsíc) docházelo k postupnému poklesu denitrifikačních aktivit vlivem postupného úhynu a úniku imobilizovaných bakterií z matrice a reaktoru. Jako nejvýznamnější faktor denitrifikace v eluátech se tedy se ukázala doba, která uplynula od poslední kultivace Biokatalyzátoru.

Vzhledem ke značné heterogenitě výsledků byla provedena korelační analýza dosažených denitrifikačních aktivit a proměnných parametrů pokusů pro odhalení významných faktorů ovlivňujících denitrifikaci. Korelace mezi koncentrací solí a denitrifikační aktivitou BL nebyla nalezena. Dalšími parametry významně pozitivně korelujícími s aktivitou BL byly měnící se laboratorní teplota a rostoucí koncentrace dusičnanů [11].

Ve druhé fázi byl reaktor provozován jako průtočný po předchozí opakované vsádkové kultivaci použitého BL na aktivitu cca 550 mg N/(hod • kg BL). Zatížení systému bylo postupně zvyšováno z počátečních 230 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL) zvyšováním průtoku na hodnotu 439 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL). Systém po celou dobu dosahoval nulových koncentrací dusíku na odtoku. Po zvýšení zatížení na 439 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL) (cca měsíc od spuštění) začala aktivita Biokatalyzátoru klesat, což bylo doprovázeno nejprve zvýšenou koncentrací dusitanů a později i dusičnanů na odtoku z reaktoru. Prakticky rovnoměrný pokles aktivity pak pokračoval až do ukončení pokusu po cca 4 měsících; dalšímu poklesu aktivity nezabránilo ani postupné snižování nátoky až na hodnotu 280 mg N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL). Systematický pokles aktivity potvrzuje výsledky získané ze vsádkových pokusů, i doba poklesu denitrifikace byla srovnatelná. Za hlavní příčinu poklesu aktivity je považován opět nedostatek živin, čemuž napovídá i koncentrace fosforu na odtoku. Fosfor se v systému mohl objevit pouze sorbovaný na BL z předchozí kultivace nebo rozkladem mikroorganismů. Postupně vyplavování fosforu bylo detekováno cca tři první týdny a koresponduje tak s časem začátku poklesu aktivity. I když pokles aktivity korespondoval také se zvýšeným zatížením systému natékáním dusíkem, tento nelze považovat za příčinu poklesu, protože v předchozích kontinuálních pokusech bylo dosaženo srovnatelné denitrifikační aktivity při vyšším nátoky dusíku i vyšší koncentraci dusíku v systému [12].

#### 3.2. Odpadní vody z tepelných elektráren

Úvodní vsádkové experimenty ukázaly, že v použité reálné OV upravené na koncentraci Cl<sup>-</sup> 20 g/l a N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 200 mg/l docházelo k významné inhibici denitrifikace. Aktivity odbourávání N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup> v upravené OV ve srovnání s DM byly sníženy o 81–83 % a aktivity odbourávání N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> o 46–76 %. Z naměřených hodnot vyplynulo, že denitrifikace byla inhibována, zejména však druhý krok - redukce dusitanového dusíku na plynný - docházelo ke zvýšené kumulaci dusitanového dusíku (ve srovnání s DM). Rozdíl v inhibicích je pravděpodobně způsoben buněčnou lokalizací enzymu nitritreduktázy u Gram-negativních bakterií v perioplazmatickém prostoru, kde je, na rozdíl od cytoplazmatické nitratreduktázy, vystavena působení vnějšího prostředí [14]. Nižší denitrifikační aktivity částečně přetrvávaly i v ověřovacích pokusech v DM (snížení o 8–45 %). Výsledky byly srovnatelné pro oba BL s imobilizovanými *P. pantotrophus* i *P. fluorescens*.

Vzhledem k tomu, že reálná OV je chudá na fosfor, byla stejným způsobem testována hypotéza o možném pozitivním vlivu přídavku fosforu (v poměru P:N 0,07) [15]. Přídavek fosforu odstranil inhibici redukce dusičnanů a částečně i dusitanů (pokles aktivity odbourávání N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup> o 35–50 %). V ověřovacích pokusech v DM pak bylo dosaženo dokonce vyšší aktivity; příčinou je pravděpodobně nárůst imobilizované biomasy. V následujících průtočných experimentech byl proto fosfor přidáván.

Další experimenty byly prováděny v průtočném (kontinuálním) uspořádání s BL s *P. pantotrophus*. Cílem bylo zejména zjistit reálné ustálené aktivity při různých koncentracích chloridů pro dosažení podlimitních odtokových koncentrací dusíku a ověřit dlouhodobou aplikovatelnost BL. Aktivita odbourávání N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup> při koncentraci chloridů 20 g/l dosáhla 450 mg N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL), při koncentraci chloridů 35 g/l pak 193 mg N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>/(hod • kg BL). I v tomto uspořádání docházelo k pomalejšímu odbourávání dusitanového dusíku – ve zbytkovém N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup> v odtékající vyčištěné vodě dusitany výrazně převažovaly nad dusičnany. Druhý krok denitrifikace byl více ovlivňován inhibicí, což dokazuje i případ, kdy při částečném

ucpání hadičky s přívodem organického substrátu a snížení poměru dávkované CHSK:N z 5:1 na 2:1 došlo k poklesu aktivity odbourávání N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>, ale aktivita odbourávání N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> zůstala nezměněna, prakticky tedy došlo pouze k transformaci dusičnanů na dusitany.

### 4. Diskuze

Prezentované výsledky ukazují, že Biotechnologie LentiKats využívající imobilizovaných denitrifikačních bakterií rodu *Paracoccus* a *Pseudomonas* je použitelná pro odstraňování vysokých koncentrací dusičnanů ze silně zasolených vod. Z aplikačního hlediska jsou nejdůležitější, i přes inhibici dostatečně vysoké denitrifikační aktivity, vysoké odbouratelné koncentrace N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> a naopak nízké odtokové koncentrace zbytkového N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>.

Pro dlouhodobou aplikaci je klíčová také životnost BL a s tím související dávkování dodatečných živin. Zatímco při aplikacích na komunální vody je garantována životnost BL 1,5–2,5 roku v závislosti na teplotě OV [16], u eluátů iontoměničových kolon se doba udržení vysoké aktivity BL pohybuje pouze okolo 1–2 měsíců a poté je třeba zařadit regenerační (kultivační) krok kvůli nedostatku základních nutrientů nezbytných pro imobilizované bakterie v simulovaných eluátech. U OV z elektráren byl BL používán čtyři měsíce bez kultivace bez známek poklesu denitrifikační aktivity. Teprve v poslední době se objevují mírné náznaky jejího poklesu. Zdá se proto, že OV z elektráren obsahují většinu důležitých živin pro částečnou reprodukci imobilizovaných mikroorganismů s výjimkou fosforu, který byl do reaktoru přidáván. Pro čištění eluátů se jako efektivnější jeví prokládání denitrifikace regeneračním krokem než přidávání dalších přísad do vyčištěné vody.

Při všech pokusech s BL dochází k produkci volných mikroorganismů částečně pomalým únikem z matrice a částečně jejich následným pomnožením (při dostatku živin). Tato volná biomasa se projevuje ve zvýšení koncentrace nerozpuštěných látek s vysokým organickým podílem na odtoku (přibližně 50 mg/l) a je snadno odstranitelná filtrační. Optimalizace dalších provozních parametrů (dávkování CHSK a P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, úpravy pH apod.), která je předmětem dalšího zkoumání, by měla přinést i snížení produkovaných volných mikroorganismů.

Nedořešenou otázkou je adaptace použitých mikroorganismů na vyšší koncentrace solí. První výsledky z denitrifikace eluátů naznačovaly pokles denitrifikace se vzrůstající koncentrací solí. V pozdějších experimentech, po opakovaných kultivacích, ale probíhala denitrifikace v eluátech a standardním denitrifikačním médiu srovnatelně. Zdá se tedy, že pro vyšší aktivity denitrifikace eluátů je potřeba nějaký čas na adaptaci mikroorganismů a selekci odolnějších jedinců a následný kultivační krok pro jejich pomnožení. U čištění OV z elektráren nebyly žádné zjevné známky adaptace (např. v podobě postupně se zvyšujících aktivit) dosud pozorovány.

### 5. Závěr

V tomto příspěvku byly prezentovány dosavadní výsledky dvou aplikací Biokatalyzátorů lentiKats na odstraňování dusičnanového dusíku ze zasolených vod. I přes částečnou inhibici denitrifikace vyššími koncentracemi solí byly dosaženy denitrifikační aktivity dostatečně vysoké. Bylo dosaženo odstranění vysokých koncentrací dusičnanů (až 2,22 g/l N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) na zbytkové koncentrace v řádech mg/l N-NO<sub>x</sub><sup>-</sup>. Dlouhodobá udržitelnost denitrifikačních aktivit pak byla závislá na dostatku živin pro rozmnožování imobilizovaných mikroorganismů.

**Zkratky:** BL – Biokatalyzátor lentiKats, ČOV – čistírna odpadních vod, DM – standardní kultivační denitrifikační médium, OV – odpadní voda, PVA – polyvinylalkohol

**Poděkování:** Projekt byl řešen v rámci výzkumného centra „Pokročilé sanační technologie a procesy“ podporovaného MŠMT (grant č. 1M054) a spolufinancován firmou LentiKat's a.s.

### Literatura

[1] AHN, Y.H. Sustainable nitrogen elimination biotechnologies: A review. Proc. Biochem. 2006, 41, s. 1709–1721.

- [2] GLASS, C., SILVERSTEIN, J. Denitrification of high-nitrate, high-salinity wastewater. Water Res. 1999, 33, s. 223–229.
- [3] DAHL, C., SUND, C., KRISTENSEN, G.H., VREDEN-BREGT, L. Combined biological nitrification and denitrification of high-salinity wastewater. Wat. Sci. Tech. 1997, 36, s. 345–352.
- [4] JEKEL, M., BUHR, A., WILKE, T., VORLOP, K.D. Immobilization of biocatalysts in LentiKats. Chem. Eng. Technol. 1998, 21, s. 275–278.
- [5] SCHLIEKER, M., VORLOP, K.D. A novel immobilization method for entrapment LentiKats®. in Guisan, J.M. (ed.). Immobilization of enzymes and cells, Second edition, Humana Press Inc., Totowa, New Jersey. 2006. s. 333–343.
- [6] VORLOP K.D.: Způsob výroby biokatalyzátoru a biokatalyzátor připravený tímto způsobem. Český patent 294179.
- [7] JAHNZ, U., WITTLICH, P., PRÜSSE, U., VORLOP, K.D. New matrices and bioencapsulation processes. In Hofman, M., Thonart P. (ed.). Engineering and manufacturing for biotechnology, Kluwer Academic Publishers, Netherland. 2001. s. 293–307.
- [8] SIEVERS, M., SCHÄFER, S., JAHNZ, U., SCHLIEKER, M., VORLOP, K.D. Significant reduction of energy consumption for sewage treatment by using LentiKat® encapsulated nitrifying bacteria. Landbauforsch. Volk. 2002, SH 241, s. 81–86.
- [9] KRŽIŽENEC, S., TRÖGL, J., PILAŘOVÁ, V., BUCHTOVÁ, H., ČECHOVSKÁ, L. Čištění specifických odpadních vod pomocí imobilizovaných mikroorganismů. Studia Oecologica. 2009, 1, s. 95–103.
- [10] BOUŠKOVÁ, A., MRÁKOTA, J., STLOUKAL, R., TRÖGL, J., LEDERER, T. Application of LentiKats Biotechnology in industrial wastewater treatment. Proc. conf. Water & Industry 2009, Palmerston North, New Zealand, 30.11.–2.12.2009, Proceedings on CD, 2009, příspěvek č. 5.
- [11] TRÖGL, J., MRÁKOTA, J., BOUŠKOVÁ, A., KRŽIŽENEC, S., PILAŘOVÁ, V., KRUDENCOVÁ, J., MĚCHUROVÁ, J., STLOUKAL, R. Removal of Nitrates from Simulated Ion-Exchange Brines with *Paracoccus denitrificans* encapsulated in LentiKats®. Desalination. Submitted.
- [12] TRÖGL, J., PILAŘOVÁ, V., MĚCHUROVÁ, J., KRUDENCOVÁ, J., JANOŠ, P., BOUŠKOVÁ, A., MRÁKOTA, J., STLOUKAL, R. Denitrifikace zasolených vod po regeneraci iontoměničových kolon pomocí biotechnologie LentiKats. Sb. konf. Inovativní sanační technologie ve výzkumu a praxi II, Žďár n. S., 7.–9.10.2009, 2009, s. 64–69, ISBN 978-80-86832-45-6.
- [13] HANAKI, K., HIRUMNASUWAN, S., MATSUO, T. Protection of methanogenic bacteria from low pH and toxic materials by immobilization using polyvinyl alcohol. Wat. Res., 1994, 28, s. 877–885.
- [14] ZUMFT, W.G. Cell biology and molecular basis of denitrification. Microb. Mol. Biol. Rev. 1997, 61, s. 533–616.
- [15] MOHSENI-BANDPI A., ELLIOTT D.J. Groundwater denitrification with alternative carbon sources. Wat. Sci. Tech., 38, 6, 1998, s. 237–243.
- [16] Datasheet „Biokatalyzátor lentiKats – denitrifikace“, září 2010. Dostupné on-line z www.lentikats.eu.

### Abstract

APPLICATION OF LENTIKATS BIOTECHNOLOGY FOR REMOVAL OF NITRATES AND NITRITES FROM HIGH-SALINITY WATERS

**Summary:** Results of the research aimed on application of denitrifying bacteria encapsulated in polyvinylalcohol matrix (denitrifying LentiKats Biocatalyst) for removal of nitrates and nitrites from high-salinity waters are presented. The former application describes removal of nitrates from brines used for regeneration of ion-exchange columns. The latter is aimed on denitrification of high-chlorides, high-sulfates and other ions (i.e. Ca, Na, K, heavy metals), wastewaters from desulphurisation in coal power station.

**Keywords:** denitrification, LentiKats Biocatalyst, high salinity wastewaters, ion-exchange brines