



Fontana®

VÝROBCE ZAŘÍZENÍ PRO ČISTÍRNY ODPADNÍCH VOD



VERTIKÁLNÍ ČESLE FIRMY FONTANA R



14.-18.5.2018

Messe München

fontanar@fontanar.cz

PŘIJMĚTE NAŠE POZVÁNÍ DO STÁNKU Č. 209/308 V HALE A3

www.fontanar.cz

23.-24. 5. Hydrochémia. VÚVH Bratislava. Info: www.huvh.sk

28.-31. 5. Pitná voda. Konference. Tábor. Info: www.wet-team.cz

17.-19. 10. Odpadové vody. Štrbské Pleso. Info: viz strana 32.

Dvoustupňová úprava fugátu jako cesta k produkci procesní vody

Pavel Míchal, Pavel Švehla, Liz Mabel Vargas Cáceres,
Pavel Tlustoš

Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou zpracování kapalné frakce fermentačního zbytku vznikajícího při provozu bioplynových stanic (tzv. fugátu) dvoustupňovou úpravou spočívající v nitrifikaci a následném tepelném zahuštění nitrifikovaného fugátu. Konečnými produkty jsou zahuštěný nitrifikovaný fugát využitelný jako komplexní kapalné hnojivo a destilát, který může být v rámci bioplynových stanic (BPS) zpětně využit jako procesní voda. Nitrifikace vede k převedení části amoniakálního dusíku na dusičnanovou formu a zároveň k významnému poklesu pH fugátu. Ten je pozitivní vzhledem k minimalizaci přechodu zbývajících amoniakálního dusíku do destilátu. Důraz je v rámci příspěvku kladen zejména na možnost využití destilátu. Prezentovány jsou základní charakteristiky surového fugátu, nitrifikovaného fugátu i jednotlivých produktů tepelného zahušťování. V těchto frakcích byly sledovány parametry jako pH, koncentrace N-amon, N-NO_3^- a N-NO_2^- , CHSK či nižších mastných kyselin. Sledována byla i elektrická vodivost.

Klíčová slova

fermentační zbytek – fugát – procesní voda – nitrifikace – tepelné zahušťování – destilát

Úvod

Problematika BPS jako obnovitelného zdroje energie je vysoce diskutovaným tématem jak v České republice, tak i v Evropské unii. V ČR je v současné době v provozu 554 bioplynových stanic, z čehož je 383 zemědělských. V celé Evropské unii se nachází přibližně 12 tisíc zemědělských BPS z celkového počtu 17 tisíc [1]. Vedle energeticky bohatého bioplynu jsou vedlejším produktem anaerobní digesce velké objemy suspenze, která již prošla anaerobním rozkladem. Jedná se o tekutý materiál se sušinou obvykle okolo 10 %, který je označován jako digestát, respektive fermentační zbytek. Fermentační zbytek je v některých provozech BPS separován na dvě složky: na pevnou složku (tzv. separát) a na kapalnou frakci (tzv. fugát).

Separát je charakterizován poměrně vysokou sušinou 20–30 % a může být následně využit pro řadu účelů (hnojivo, stelivo, pěstební substrát či jeho složka apod.). Z celkové hmotnosti digestátu zaujímá separát pouze 10 až 20 % a je v něm koncentrováno přibližně 60 % fosforu [2].

Naopak fugát se vyznačuje nízkou sušinou 0,8–4 %, přičemž obsahuje relativně vysoké koncentrace živin – zejména amoniakálního dusíku (N-amon, 5–15 % sušiny; koncentrace v jednotkách g/l), draslíku (0,1 % sušiny), ale i fosforu (cca 1 % sušiny, většinou desítky až stovky mg/l) [3, 4, 5]. Z celkového množství představuje fugát 80–90 % hmotnosti digestátu [2]. Běžnou praxí nakládání s fugátem je jeho poměrně dlouhodobé skladování v areálu BPS a následná aplikace na zemědělskou půdu jakožto zdroje živin pro rostliny.

Vysoké koncentrace N-amon ve fermentačním zbytku, resp. ve fugátu jsou způsobeny transformací organicky vázaného dusíku přítomného v různých organických substrátech (hnůj, kejda či jateční odpady) během anaerobní fermentace [6]. Amoniakální dusík zahrnuje amonný iont (NH_4^+) a nedisociovaný amoniak (NH_3). Zastoupení obou forem je dáno fyzikálně-chemickými podmínkami, zásadní význam má v tomto ohledu hodnota pH a teplota. Zastoupení tekavého NH_3 se zvyšuje s rostoucí hodnotou pH a s rostoucí teplotou [7, 8, 9]. Fugát je přitom charakteristický mírně zásaditou hodnotou pH, která se pohybuje v rozmezí 7,5 až 8,5 [4], proto je zastoupení nedisociovaného NH_3 ve fugátu poměrně vysoké. Při aplikaci fugátu na zemědělskou půdu i při jeho skladování dochází tedy k uvolňování NH_3 do ovzduší, což má negativní vliv na lidské zdraví [10] a stav životního prostředí obecně. Zároveň dochází i ke ztrátám dusíkaté živiny, která je nezbytná pro vývoj rostlin.

Přes relativně vysoký obsah živin ale fugát zároveň obsahuje i velké objemy balastní vody. To vede ke zvýšeným nárokům na objem uskladňovacích nádrží. Problém dlouhodobého skladování fugátu je zásadní hlavně v období zákazu hnojení, které je v České republice zakotveno v nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. Fugát je na základě tohoto nařízení hodnocen jako hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem a zákaz jeho aplikace je v období od 15. 11. do 15. 2. pro klimatický region 0–5 (tzn. region velmi teplý, teplý až po mírně teplý–mírně vlhký region), respektive od 5.11. do 28.2 pro klimatický region 6–9 (mírně teplý–vlhký až po chladný region). V Evropě se požadavky na skladování digestátu, resp. fugátu velmi různí a záleží na legislativních úpravách jednotlivých států. Maximální přípustná doba skladování se pohybuje od 4 do 9 měsíců [2]. Zároveň i doprava digestátu či jeho kapalné frakce do vzdálenějších oblastí (více než 20 km) neúměrně prodražuje ekonomiku celého provozu BPS [11].

Za účelem dosažení optimální sušiny materiálu vstupujícího do anaerobního reaktoru BPS je zpravidla substrát potřeba ředit. To platí zejména při zpracování substrátů s vyšší sušinou. V celém procesu anaerobní digesce tak má významnou úlohu voda, které musí být zajištěn dostatečný přísun. Jako ředící médium zpravidla bývá používán právě fugát, jehož neustálá recirkulace v systému však může vést k provozním problémům způsobeným nárůstem koncentrace N-amon či jiných látek až na úroveň inhibující proces [2]. Nabízí se tedy možnost zakonzentrovat živiny obsažené ve fugátu vhodným postupem do jednoho proudu a druhý proud (prakticky čistou vodu) použít jako ředící médium pro úpravu sušiny substrátu či k jiným účelům (čištění technologických součástí BPS, užitková voda pro obsluhu BPS atd.) [12]. Frakce, ve které je zakonzentrována většina živin i jiných látek, může mít charakter pevné hmoty. Na druhou stranu je však v některých případech vhodnější koncentrovaný proud vznikající úpravou fugátu produkovat ve formě kapaliny. Kraume [11] například uvádí, že optimální je situace, kdy cca 50 % původního objemu připadne na kapalný zahuštěný proud a zbylých 50 % představuje dále využitelná „čistá voda“.

Vysoký obsah balastní vody ve fugátu a snaha o racionalizaci využití v něm obsažených živin i této balastní vody podporují rozvoj nových metod nakládání s fermentačním zbytkem, respektive s fugátem. Známé jsou fyzikálně-chemické metody vedoucí k získání amonného dusíku, popřípadě k současnému získávání amonného dusíku a fosforu – například stripování či srážení struvitu. Uplatnění mohou v těchto souvislostech nalézt také membránové procesy či sorpce [5].

Zajímavou alternativu představuje také odpařování balastní vody při tepelném zahušťování využívajícím odpadní teplo produkované kogeneračními jednotkami [2], popřípadě jeho kombinace s biologickou předúpravou fugátu nitrifikací [13]. Konečnými produkty zpracování fugátu v soustavě nitrifikace/tepelné zahuštění jsou zahuštěný nitrifikovaný fugát využitelný jako komplexní kapalné hnojivo a destilát, který může být v rámci BPS zpětně využit jako procesní voda. Nitrifikace fugátu realizovaná podobným způsobem jako při čištění odpadních vod vede k převedení části (popřípadě veškerého) amoniakálního dusíku obsaženého v surovém fugátu na dusičnanovou formu a zároveň dochází k významnému poklesu pH fugátu do mírně kyselé oblasti (6,0 či méně). Pokles pH je pozitivní vzhledem k minimalizaci tékání amoniaku při dlouhodobém skladování nitrifikovaného fugátu, resp. při jeho přímé aplikaci na půdu. V případě dvoustupňové úpravy nitrifikace/tepelné zahuštění je zásadní i z pohledu snížení intenzity přechodu zbývajících amoniakálního dusíku do destilátu při tepelném zahušťování nitrifikovaného fugátu. Dusičnany vyprodukované při nitrifikaci lze z pohledu rizika ztrát dusíku považovat za stabilní formu, u které by nemělo při manipulaci s fugátem docházet k jejímu úniku do atmosféry, resp. do destilátu [5].

Hlavním cílem tohoto příspěvku je vyhodnotit možnosti využití destilátu, vznikajícího při tepelném zahušťování nitrifikovaného fugátu jako procesní vody využitelné v areálu BPS.

Metodika

V rámci pokusů byla v prvním kroku realizována nitrifikace fugátu v laboratorním reaktoru o provozním objemu 5 litrů. Tento fugát pocházel z BPS, která zpracovává bioodpady a biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven (gastroodpady). V nitrifikačním reaktoru bylo dlouhodobě udržováno pH na hodnotě 6,0. Popis funkce nitrifikačního reaktoru je uveden v práci [13].

V navazujícím kroku byly vzorky nitrifikovaného fugátu (odtok z nitrifikačního reaktoru) tepelně zahuštěny přibližně na 50 % pů-

vodního objemu. Zbývajících 50 % původního objemu fugátu přešlo do destilátu (vody vznikající kondenzací par produkovaných při tepelném zahušťování nitrifikovaného fugátu). Ve fázi tepelného zahušťování bylo použito 200 ml nitrifikovaného fugátu, přičemž výsledky prezentované v níže uváděných **tabulkách 1 a 2** jsou průměry hodnot ze tří měření. K tepelnému zahuštění byla využita odparka BÜCHI Rotavapor R-215 s vakuovou pumpou V-700 a regulátorem podtlaku V-850. Výsledky rozborů zaznamenané u vzorků zahuštěného nitrifikovaného fugátu byly vždy srovnány s hodnotami získanými pro surový fugát (materiál vstupující do nitrifikačního reaktoru) a fugát po nitrifikaci (odtok z nitrifikačního reaktoru). Odpařování probíhalo za sníženého tlaku (300 mbar) s využitím vodní lázně temperované na teplotu 95 °C. Teplota vznikající páry se při daném tlaku pohybovala okolo 70 °C. V rámci chemických rozborů byly ve vzorcích surového fugátu, nitrifikovaného fugátu, zahuštěného nitrifikovaného fugátu (destilačního zbytku) i destilátu dle Horákové a kol. [14] stanovovány hodnoty těchto parametrů:

- hodnota pH;
- koncentrace N-amon, N-NO_3^- , N-NO_2^- [mg/l];
- chemická spotřeba kyslíku dichromanovou spektrofotometrickou semimikrometodou [mg/l];
- konduktivita [mS/cm].

Byly také sledovány koncentrace nižších mastných kyselin (NMK) v surovém fugátu, fugátu po nitrifikaci a v produktech tepelného zahušťování nitrifikovaného fugátu pomocí plynového chromatografu Thermo Fischer scientific Trace 1310 s FID detektorem.

Výsledky a diskuse

Z výsledků prezentovaných v **tabulce 1 a 2** jsou zřejmé základní rozdíly v charakteristikách surového fugátu, nitrifikovaného fugátu a jednotlivých produktů procesu tepelného zahuštění. Z **tabulky 1** je patrné, že v důsledku nitrifikace dochází v souladu s [8] k poklesu hodnoty pH (z 8,4 na 6,1) a k poklesu koncentrace N-amon z 3 600 mg/l na 5,9 mg/l. Pokles koncentrace N-amon byl logicky doprovázen nárůstem koncentrace dusičnanového dusíku (z prakticky neměřitelných hodnot na 5 650 mg/l). Výskyt dusitanového dusíku v nitrifikovaném fugátu nebyl u zpracovávaných vzorků významný. Nesoulad v koncentraci celkového dusíku ve fugátu vstupujícího do nitrifikačního reaktoru a ve fugátu nitrifikovaném je patrně způsoben částečnou mineralizací organického dusíku v reaktoru a odparem určité části vody [5]. Významný je také pokles hodnoty CHSK_{RL} (tedy CHSK odstředěného vzorku kvantifikující organické rozpuštěné látky) z 12 000 na 2 400 mg/l. Ten potvrzuje poměrně vysokou aktivitu aerobních heterotrofních organismů v nitrifikačním reaktoru [15]. Na druhé straně můžeme při srovnání surového a nitrifikovaného fugátu pozorovat nárůst konduktivity z 33,7 mS/cm na 49,8 mS/cm. Ten se také dá vysvětlit mineralizací organických látek, která patrně vedla ke zvýšení koncentrace elektrolytů v odtoku z reaktoru. Nezanedbatelnou roli může i v tomto ohledu hrát také výše zmíněné zahuštění směsi v důsledku odparu vody.

Dále je zřejmé, že v důsledku tepelného zahušťování dochází k nárůstu koncentrace N-NO_3^- v tepelně zahuštěném fugátu oproti nitrifikovanému fugátu před zahuštěním z 5 650 mg/l až na 14 470 mg/l. Tyto hodnoty v zásadě odpovídají skutečnosti, že prakticky veškerý dusičnanový dusík zůstal v zahuštěném fugátu, jehož objem byl cca poloviční ve srovnání s nitrifikovaným fugátem před zahuštěním. Oproti tomu hodnota CHSK_{RL} se v důsledku zahuštění zvýšila více než 4x (z 2 400 na 10 900 mg/l). To je zřejmě způsobeno přechodem části organických látek vyskytujících se v nerozpuštěné formě do formy rozpuštěné v důsledku vysoké teploty panující v destilační aparatuře. Nejsou vyloučeny ani změny v chemické struktuře organických látek, které by také mohly částečně vysvětlit tento jev. Z údajů uvedených v **tabulce 1** je také patrné, že do destilátu přechází velmi malé množství jednotlivých forem dusíku, koncentrace celkového dusíku v něm nepřekračuje 5 mg/l. V souvislosti s relativně nízkým obsahem elektrolytů v de-

stilátu byly v tomto proudu zaznamenány o minimálně 3 řády nižší hodnoty konduktivity ve srovnání s ostatními proudy. Z **tabulky 1** je dále patrné, že do destilátu přechází určité množství organických látek kvantifikovatelných pomocí parametru CHSK , jehož hodnota dosahovala v tomto proudu 110 mg/l. Tato skutečnost může být zapříčiněna přítomností určitého množství těkavých NMK v nitrifikovaném fugátu a jejich částečným transferem do destilátu (viz **tabulka 2**).

Tabulka 2 zobrazuje koncentrace NMK. Je z ní patrné, že surový fugát před nitrifikací obsahoval vysoké koncentrace jednotlivých kyselin. To svědčí o nedokonalém anaerobním rozkladu v reaktoru BPS, ze které byl vzorek odebrán. V důsledku aerobního rozkladu organické hmoty v nitrifikačním reaktoru došlo k rapidnímu poklesu koncentrace NMK. Koncentrace jednotlivých NMK v zahuštěném fugátu, respektive v destilátu je s ohledem na jejich nízký obsah v nitrifikovaném fugátu před zahuštěním poměrně vysoká. Zajímavá je také změna v zastoupení jednotlivých NMK v produktech zahuštění ve srovnání s původním nitrifikovaným fugátem. Toto zjištění může indikovat průběh chemických změn organické hmoty při procesu tepelného zahušťování. Jedná se však pouze o prvotní výsledky, které bude potřeba ověřit v rámci navazujícího výzkumu.

Závěr

Z výsledků dosud provedených experimentů je zřejmé, že do destilátu vznikajícího při tepelném zahušťování nitrifikovaného fugátu (potenciální procesní kapaliny) přechází poměrně malé množství jednotlivých forem dusíku. Na druhou stranu se zdá, že koncentrace organických látek v destilátu může být relativně významná, patrně zvláště při vyšších koncentracích těkavých nižších mastných kyselin v nitrifikovaném fugátu. Přestože chemické složení destilátu v žádném případě nedosahuje kvality například destilované vody, z předběžných výsledků výzkumu prezentovaných v rámci tohoto příspěvku vyplývá, že má smysl se i nadále zabývat možností aplikace postupu nitrifikace/tepelné zahuštění jako metody pro zpracování fugátu, včetně myšlenky využívat destilát produkovaný v rámci tohoto procesu v provozu bioplynové stanice jako procesní vodu, například k ředění vstupních surovin. Zároveň se jeví jako reálné uvažovat o využití zahuštěného nitrifikovaného fugátu jako komplexního kapalného hnojiva.

Poděkování: Projekt vznikl za finanční podpory Národní agentury pro zemědělský výzkum QK1710176.

Literatura/References

- [1] European Biomass Association. *AEBIOM statistical report*. AEBIOM, Brussels, 2016.
- [2] Wellinger, A.; Murphy, J.; Baxter, D. *The biogas handbook – Science, production and application*. ns. Woodhead Publishing, Cambridge, 2013.

Tabulka 1. Základní charakteristiky jednotlivých frakcí

	Vzorek			
Parametr	Surový fugát	Nitrifikovaný fugát	Zahuštěný fugát	Destilát
CHSK_{RL} (mg/l)	12 000	2 400	10 900	110
N-NH_4^+ (mg/l)	3 600	5,9	10,6	2,3
N-NO_3^- (mg/l)	-	5 650	14 470	1,9
N-NO_2^- (mg/l)	-	0,34	0,99	0,03
Konduktivita (mS/cm)	33,7	49,8	99,0	0,02
pH	8,4	6,1	5,79	7,19

Tabulka 2. Koncentrace nižších mastných kyselin u jednotlivých forem fermentačního zbytku

Parametr (koncentrace v mg/l)	Surový fugát	Nitrifikovaný fugát	Zahuštěný fugát	Destilát
k. octová	3555	16,4	16,0	7,60
k. propionová	731	0	43,0	0
k. izomáselná	144	15,5	4,50	9,90
k. máselná	448	0	6,50	0
k. izovalerová	296	19,5	0	0
k. valerová	36	19,0	0	0
k. kapronová	18	0	0	0

- [3] Kolář, L.; Kužel, S.; Peterka, J.; Borová-Batt, J. Agrochemical value of the liquid phase of wastes from fermenter during biogas production. *Plant Soil and Environ.* 56 (2010) 23–27.
- [4] Straka, F.; Čiahotný, K.; Dohányos, M.; Jeníček, P.; Kajan, M.; Lacey, P.; Zábranská, J. Bioplyn. Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. GAS s.r.o., Říčany, 2010.
- [5] Guštin, S.; Logar, R. Effect of pH, temperature and air flow rate on the continuous ammonia stripping of the anaerobic digestion effluent. *PROCESS SAF ENVIRON.* 89 (2011) 61–66.
- [6] Anthonisen, A. C.; Loehr, R. C.; Prakasam, T. B. S.; Srinath, E.G. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. *J Water Pollut Control Fed.* 48 (1976) 835–852.
- [7] Pitter, P. *Hydrochemie*. VŠCHT, Praha, 1999.
- [8] Park, S.; Bae, W. Modeling kinetics of ammonium oxidation and nitrite oxidation under simultaneous inhibition by free ammonia and free nitrous acid. *Process Biochem.* 44 (2009) 631–640.
- [9] Butterbach-Bahl, K.; Gundersen, P.; Ambus, P.; Augustin, J.; Beier, C.; Boeckx, P. Nitrogen processes in terrestrial ecosystems. In: *The European Nitrogen Assessment*, Sutton, M. A.; Howard, C. M.; Erisman, J. W.; Billen, G.; Bleekes, A.; Grenfelt, P.; van Grimsven, H.; Grizzetti, B. (ed.), University Press, Cambridge, 2010.
- [10] Kraume, M.; Fechter, M. Treatment of digestate from biogas production – status and trends. In: *Energy from biomass and biogas*. Vilnius, 2010.
- [11] Ruiz-Hernando, M.; Martinez-Elorza, G.; Labanda, J.; Llorens, J. Dewaterability of sewage sludge by ultrasonic, thermal and chemical treatments. *CHEM ENG J.* 230 (2013) 102–110.
- [12] Švehla, P.; Radechovská, H.; Míchal, P.; Páček, L.; Tlustoš, P. (2016). Řízení procesu nitrifikace kapalně frakce fermentačního zbytku s ohledem na další postup zpracování tohoto materiálu. In: *Kaly a odpady 2016*. Senec, 2016.
- [13] Švehla, P.; Radechovská, H.; Páček, L.; Míchal, P.; Hanč, A.; Tlustoš, P. Nitrification in a completely stirred tank reactor treating the liquid phase of digestate: The way towards rational use of nitrogen. *Waste Manage.* 64 (2017) 96–106.
- [14] Horáková, M. a kol. *Analytika vody*. VŠCHT, Praha, 2003.
- [15] Meng, Q.; Yang, F.; Liu, L.; Meng, F. Effects of COD/N ratio and DO concentration on simultaneous nitrification and denitrification in an airlift internal circulation membrane bioreactor. *J. Environ. Sci.* 20 (2008) 933–939.

Ing. Pavel Míchal (autor pro korespondenci)
Ing. Pavel Švehla, Ph.D.
Bc. Liz Mabel Cáceres Vargas
prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin
Česká zemědělská univerzita v Praze
Kamýcká 129
165 00 Praha 6 – Suchbátka
michalp@af.czu.cz

Two-Stage Treatment of the Liquid Fraction of Digestate Enabling the Production of Process Water (Michal, P.; Švehla, P.; Cáceres, L. M. V.; Tlustoš, P.)

Abstract

This paper deals with the treatment of the liquid phase of the digestate (LPD) produced during the operation of agricultural biogas plants by a two-stage process consisting of nitrification and subsequent thermal thickening. Thickened nitrified LPD could be used as a complex liquid fertilizer. Distillate produced during thermal thickening could be utilized as a process water in biogas plants. Nitrification transfers part of the ammonium contained in raw LPD to nitrate. Simultaneously, the pH value decreases significantly as the consequence of this process. The pH decrease is positive because it minimizes the transfer of the remaining ammonium into the distillate. In this paper, the main attention is given to the evaluation of the possibilities to utilize the distillate. The basic characteristics of raw LPD, of nitrified LPD, as well as of the products of thermal thickening (thickened nitrified LPD and distillate) are presented. In these fractions, the concentration of ammonia nitrogen, N-NO_3^- , N-NO_2^- , COD, and volatile fatty acids was monitored. The value of pH and conductivity was also evaluated.

Key words

fermentation residue – fugate – process water – nitrification – thermal thickening – distillate

Tento článek byl recenzován a je otevřen k diskusi do 30. června 2018. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků. Příspěvky posílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.

Sweco Hydroprojekt a. s.

Projektové, konzultační a inženýrské služby pro vodní hospodářství, životní prostředí a infrastrukturu

www.sweco.cz

SWECO

PRAHA 4 Táborská 31 Tel. 261 102 242 praha@sweco.cz	BRNO Minská 18 Tel. 541 214 973 brno@sweco.cz	OSTRAVA Varenská 49 Tel. 596 638 329 ostrava@sweco.cz	ČESKÉ BUDĚJOVICE Zátkovo nábřeží 7 Tel. 386 103 511 c.budejovice@sweco.cz
---	---	---	---

abess
člen Asociace pro vodu ČR

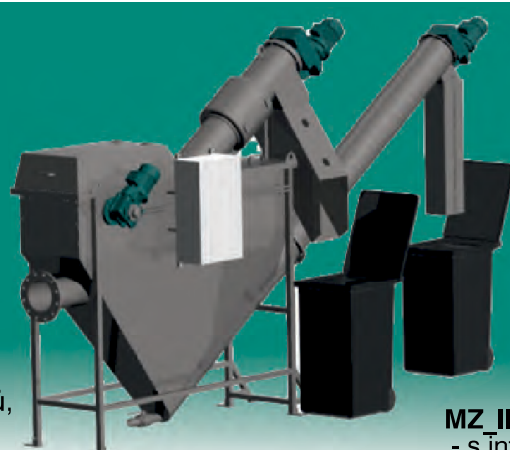
- Kompletní řešení vodního hospodářství pro průmysl i domácnost
- Recirkulační okruhy technologických vod
- Individuálně řešené čistírny odpadních vod

ABESS, s.r.o., Manž. Topinkových 796, 272 01 Kladno-Dubí
www.abess.cz tel.: +420 720 180 028

MULTIFUNKČNÍ ZAŘÍZENÍ

TO NEJLEPŠÍ ŘEŠENÍ POKUD PŘEMÝŠLÍTE O ČISTÉ VODĚ

Jednotka pro kombinované předčištění odpadních vod od shrabků a písku s možností provzdušňování a lapání tuků, s kapacitou od 5 do 250 l/s.



ALL FOR WATER

IN-EKO TEAM

IN - EKO TEAM s.r.o.
Trnec 1734, Tišnov 666 03
tel.: +420 549 415 234
fax: +420 549 412 383
e-mail: sales@in-eko.cz
www.in-eko.cz

MZ_II_10
- s integrovaným lisem



**vodní
hospodářství®**
**water
management®**

4/2018 ♦ ROČNÍK 68

Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v ČR a SR

Specialized scientific and technical journal for projection, implementation and planning in water management and related environmental fields in the Czech Republic and in the Slovak Republic

Redakční rada: prof. Ing. Jiří Wanner, DrSc. – předseda redakční rady, doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, PhD., prof. Ing. Igor Bodík, PhD., Ing. Václav David, Ph.D., doc. Ing. Petr Dolejš, CSc., Ing. Pavel Hucko, CSc., Ing. Tomáš Just, prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc., Jaroslava Nietzscheová, prom. práv., prof. Vladimír Novotný, PhD., P. E., DEE, RNDr. Pavel Punčochář, CSc., doc. Ing. Nina Strnadová, CSc., Ing. Jiří Švancara, RNDr. Miroslav Vykydal

Šéfredaktor: Ing. Václav Stránský
stransky@vodnihospodarstvi.cz, mobil 603 431 597

Redaktor: Stanislav Dragoun
dragoun@vodnihospodarstvi.cz, mobil: 603 477 517

Objednávky časopisu, vyúčtování inzerce:
administrace@vodnihospodarstvi.cz

Adresa vydavatele a redakce (Editor's office):
Vodní hospodářství, spol. s r. o., Bohumilice 89,
384 81 Ččny, Czech Republic
www.vodnihospodarstvi.cz

Roční předplatné 966 Kč, pro individuální nepodnikající předplatitele 690 Kč. Ceny jsou uvedeny s DPH. **Roční předplatné na Slovensko** 30 €. Cena je uvedena bez DPH.

Objednávky předplatného a inzerce přijímá redakce.

Expedici a reklamace zajišťuje DUPRESS, Podolská 110,
147 00 Praha 4, tel.: 241 433 396.

Distribuce a reklamace na Slovensko:
Mediaprint-Kapa Pressegrasso, a. s., oddelenie inej formy predaja,
P. O. BOX 183, Vajnorská 137, 830 00 Bratislava 3,
tel.: +421 244 458 821, +421 244 458 816, +421 244 442 773,
fax: +421 244 458 819, e-mail: predplatne@abompkapa.sk

Sazba: Martin Tománek – grafické a tiskové služby,
tel.: 603 531 688, e-mail: martin@tomanek.cz.

Tisk: Tiskárna Macík, s.r.o., Církvičská 290, 264 01 Sedlčany,
www.tiskarnamacik.cz

6319 ISSN 1211-0760. Registrace MK ČR E 6319.
© Vodní hospodářství, spol. s r. o.

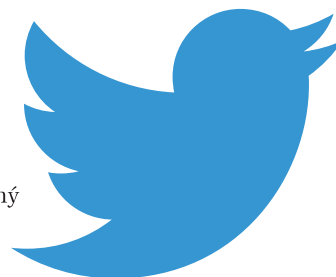
Rubrikové příspěvky nejsou lektorovány
Obsah příspěvků a názory v časopise otiskované nemusejí být
v souladu se stanoviskem redakce a redakční rady.
Neoznačené fotografie – archiv redakce.

Časopis je v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných
periodik vydávaných v České republice. Časopis je sledován
v Chemical abstract.

Sledujte časopis Vodní hospodářství na Twitteru!

Odemčené články, diskuze,
komentáře, průběžně aktualizovaný
seznam vodohospodářských akcí.

twitter.com/vodni_hosp



NENECHTE si ujít

19. 4. Vodojemy. Odborný kurz z oblasti zásobování obyvatelstva pitnou vodou, zaměřený speciálně na vodojemy. Fakulta stavební VUT v Brně. Info: water.fce.vutbr.cz

24. 4. Vodní díla – praxe a výhled 2018. Seminář. Olomouc, BEA campus Olomouc. Info: www.asio.cz

24. 4. Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství. XXV. konference. Hotel Clarion Congress v Českých Budějovicích. Info: www.cvtvhs.cz

27. 4. ČOV AS-HSBR - nová konstrukce SBR reaktoru. On-line seminář. Info: www.asio.cz

4. 5. Podzemní vody ve vodárenské praxi. Konference. Hotel Studánka, Rychnov nad Kněžnou. Info: www.enviweb.cz

14.–18. 5. IFAT. Mezinárodní odborný veletrh pro vodu, odpadní vodu, odpady a recyklaci. Mnichov – Nové výstaviště. Info: www.expocs.cz

15. 5. Vodní díla – praxe a výhled. Seminář, 1. termín (29. 5. – 2. termín). Praha, Konferenční centrum CITY – Pankrác. Info: www.asio.cz

16. 5. Aktuální otázky vodohospodářské: sucho a vodní cesty v ČR. Konference. Praha. Info: www.bids.cz/cz/konference

17.–18. 5. Studijní program Provozovatel vodovodů a kanalizací 2018–2019. Kurz. IES, Podolská, Praha 4 – Podolí nebo VOŠS a SŠS Vysoké Mýto, Komenského. Info: www.slovak.cz/seminare

23.–24. 5. Hydrochémia. XLIII. ročník konference s mezinárodní účastí. Výskumný ústav vodného hospodářstva Bratislava. Info: www.huvh.sk

25. 5. Vývoj technických řešení a nové směry při úpravě a čištění odpadních vod a jejich opětovné využívání. On-line seminář. Info: www.asio.cz

28.–31. 5. Pitná voda. Konference. Tábor. Info: www.wet-team.cz

31. 5. – 1. 6. ČOV pro objekty v horách. 8. ročník diskuzního semináře. Hotel Serlišský mlýn – Orlické hory. Info: www.czwa.cz

12.–14. 6. AQUA 2018. 22. ročník mezinárodní výstavy vodného hospodářstva, hydroenergetiky, ochrany životního prostředí, odpadového hospodářstva a rozvoje měst a obcí. Výstaviště Expo Center Trenčín. Info: www.expo-center.sk

14. 6. Mladá voda břehy mele 2018. Konference YWP CZ. Brno. Info: www.czwa.cz

20.–21. 6. Kaly a odpady. Konference. Hotel Myslivna, Brno. Info: www.czwa.cz

20. 6. Aktuální problémy v oblasti lidských zdrojů v oboru VaK a jejich možná řešení. Seminář. Konferenční sál č. 319 na Novotného lávce Praha. Info: www.slovak.cz/seminare

18.–2. 9. FOR ARCH. Mezinárodní výstava. PVA EXPO PRAHA Letňany. Info: www.abf.cz

4.–5. 10. Městské vody. Konference a výstava. Velké Bílovice. Info: ardec.cz/mestskevody

!!!VÝZVA!!!

Pořádáte-li či víte-li o vodohospodářských akcích
v roce 2018, pošlete nám o nich informace. Rádi je
zdarma otiskneme.