

ODSTRAŇOVÁNÍ AMONIAKU JINÝMI NEŽ BIOLOGICKÝMI ZPŮSOBY

Karel Plotěný⁸, Darina Vinklárková⁹, Michal Křiška¹⁰, Miloš Rozkošný¹¹, Miroslav Plotěný¹²

Abstrakt

Tam, kde není rovnoměrný nátok na ČOV z důvodů přerušného užívání nemovitosti, tam není možné použít ČOV založené na aerobních procesech (aktivaci a případně ani biofiltr). V řadě případů je dle legislativy požadováno, aby ČOV splňovala stejné odtokové parametry, které jsou obvyklé u aerobního čištění - tj. odstranění jak organických látek (BSK do 30 mg/l) tak i nitrifikaci (NH₄-N do 20 mg/l). Proto jsme se v rámci projektu TAČR, na kterém se podíleli následující řešitelé – ASIO jako koordinátor projektu, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., firma Projekty VODAM a Vysoké učení technické v Brně, rozhodli prozkoumat a srovnat různé možnosti, jak těchto požadavků dosáhnout. Pro ověření byla zvolena sestava anaerobního předčištění postupně doplňovaná různými způsoby dočištění ve druhém stupni s cílem odstranit všechny formy dusíku, zejména amoniak.

Úvod

Na mnoha místech u rekreačních objektů, rodinných domů nebo na zemědělských usedlostech, kde není možné osadit klasické aerobní čistírny odpadních vod kvůli nepravidelnému nátoku, je možno využít zařízení na principu anaerobních procesů. Požadavky legislativy jsou v řadě případů podobné zákonným limitům pro aerobní ČOV. Hledali jsme tedy technologie a procesy, díky kterým bychom mohli těchto požadavků dosáhnout. Pro ověření byla zvolena sestava anaerobního předčištění doplněná dočištěním ve druhém stupni. Koncentrace amoniaku z menších septiků a čistíren po mechanickém předčištění kolísala mezi 30-150 mg/l, BSK 60-200 mg/l, CHSK 150-400 mg/l a NL 50-170 mg/l. Testované technologie byly tedy logicky ověřovány z hlediska účinnosti odstranění nutrientů, organických látek a nerozpuštěných látek.

V rámci projektu byl zkoumán konstrukčně nový septik s optimalizovaným prouděním, vnitřním členěním s maximálním využitím prostoru. Dále jsme se zaměřili na ověření solárního ohřevu septiku a prověření vlivu teploty na účinnost čištění. Jako další objekt byl vyroben, instalován a bude testován UASB (upflow anaerobic sludge blanket) reaktor. Součástí projektu je i vyhodnocení funkce stávajících anaerobně-aerobních čistíren typu AS-ANACOMB.

⁸ Ing. Karel Plotěný, ASIO spol. s r.o., Kšírova 45/552, 61900 Brno, tel.: 602780294, e-mail: ploteny@asio.cz

⁹ Mgr. Darina Vinklárková, ASIO spol. s r.o., Kšírova 45/552, 61900 Brno, tel.: 601576184, e-mail: vinklarkova@asio.cz

¹⁰ Ing. Michal Křiška, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny, Veveří 95, 602 00 Brno, tel. 541147778, e-mail: kriska.m@fce.vutbr.cz

¹¹ Ing. Miloš Rozkošný, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i., Mojmírovo nám. 16, 612 00 Brno, tel.: 602520430, email: milos_rozkosny@vuv.cz

¹² Ing. Miroslav Plotěný, ASIO spol. s r.o., Kšírova 45/552, 61900 Brno, tel.: 724337620, e-mail: mploteny@asio.cz

Jako dočištění pak byly a jsou a budou zkoušeny různé postupy:

- elektroflotace
- elektrokoagulace
- sorpce
- biofiltrace na dávkově zatěžovaném zemním biofiltru
- kombinace sorpce a biofiltrace
- Chemická a fotokatalytická oxidace

Anaerobní předčištění

Bylo změřeno, že skutečná doba zdržení ve stávajících septicích je až překvapivě o hodně kratší než teoretická. Cesta k intenzifikaci tedy vede přes optimalizaci průtoku septikem, např. i zvýšením počtu přepážek, čímž se v podstatě ze septiku stává více či méně sofistikovaná anaerobní čistírna. Další cesta zvyšování účinnosti teoreticky vede přes zvyšování teploty při čistícím anaerobním procesu.

V rámci projektu ANASEP tak byla a ještě jsou prověřována tato řešení – účinnější septik, jeho ohřev a různé typy anaerobního předčištění – a to jak již dříve dodávané anaerobní ČOV ANACOMB, tak i nově navržený UASB reaktor (v literatuře uváděný jako nejperspektivnější způsob čištění odpadních vod např. v rozvojových zemích). Zajímavostí je např. využití vzniklého bioplynu k chlazení - adsorpční chladnička nebo na vaření – sporák na neupravený bioplyn.

Septik - ANASEP

Inovativní septik byl navržen ve spolupráci projektantů, výroby a s pomocí matematického modelování. Výsledkem je prodloužení doby zdržení odpadní vody v septiku a eliminace zkratového proudění, což má za následek zvýšení účinnosti odstranění látkového znečištění (podílu organických látek, BSK). Oproti běžně nabízenému septiku je nově nádrž rozdělena do čtyř sekcí. Umístění vnitřních přepážek a dílů je provedeno tak, aby odpadní voda protékala postupně celým užitným prostorem a zachytilo se co nejvíce nerozpuštěných látek. Septik je takovým přechodem od klasického septiku k anaerobní ČOV s tím, že vznikající bioplyn není jímán a využíván a tyto procesy nejsou s ohledem na tento účel projektovány. Cílem projektu ANASEP je maximalizace a optimalizace doby zdržení.



Obr.1 Inovativní septik na zkušebním polygonu v areálu VUT

Jak již bylo uvedeno – je známo, že anaerobní procesy jsou závislé na teplotě, s rostoucí teplotou rostou rychlosti rozkladu organických látek a je tak možno celý proces intenzifikovat. V rámci projektu byl proto zkoumán i vliv teploty na čistící proces.

Byla vybrána lokalita pro instalaci solárního panelu pro ohřev septiku. V průběhu loňského roku byly zapojeny do septiku dva solární panely s technologií heat pump spolu s výměníkem, kontinuálně je měřena teplota uvnitř septiku a teplota prostředí, konduktivita a pH. Cílem této instalace bylo zvýšení teploty anaerobního procesu, čímž se změní mikrobiální společenstvo z psychrofilního na mezofilní, a tím by se měla zvýšit i účinnost rozkladu organických látek. Teplota v septiku vzrostla v průběhu srpna až na 25-27°C. Byla pozorována redukce koncentrace nerozpuštěných látek a CHSK až o 55 % oproti provozu bez solárního ohřevu. Zajímavostí je, že s rostoucí teplotou klesaly počty bakterií (KTJ/ml) z 10^6 na 10^3 v parametrech *Escherichia coli* a celkového počtu fekálních koliformních bakterií.



Obr. 2 Trubkový výměník, čerpací a řídicí jednotka solárního panelu, zapojení solárního panelu v septiku

ANACOMB

V rámci projektu byla navštívena řada lokalit s cílem zjistit stav v minulosti dodaných zařízení ANACOMB využívajících kombinace aerobních a anaerobních procesů u čistíren odpadních vod. Bylo konstatováno, že účinnost koresponduje s objemem zařízení a s jeho velikostí – lepších výsledků dosahují především větší zařízení.



Obr. 3 Anaerobní čistírna odpadních vod ANACOMB

UASB reaktor

V rámci projektu je zkoušen i UASB reaktor – který by měl vykazovat ještě větší účinnost než anaerobní reaktory na bázi přepážkového reaktoru. V současnosti je instalován na lokalitě u RD a nabíhá na předpokládaný výkon.

Nátok odpadní vody je rovnoměrně rozváděn pomocí rozdělovacího systému u dna reaktoru a protéká ve směru zespodu nahoru. Proud vody i vznikající bioplyn zajišťují udržení biomasy ve vznosu v reaktoru a tímto je k dispozici dostatečná styčná plocha mezi biomasou a odpadní vodou. Reaktor pracuje optimálně v mezofilní oblasti (33-37°C). Teplota by neměla poklesnout pod 15°C. V horní části reaktoru je nainstalovaný třífázový separátor plynné, kapalné a pevné fáze. V tomto separátoru dojde k oddělení vznikajícího bioplynu od vyčištěné vody a vyflotovaného kalu. Kal se gravitačně vrací zpět do kalového lůžka, vyčištěná voda gravitačně odtéká přes odtokové žlaby a bioplyn je vypouštěn do ovzduší.



Obr. 4 UASB reaktor připravený pro testování v roce 2014 a instalace na lokalitě

V této části budou popsány testované metody dočišťovacích technologií odpadních vod:

a) Elektroflotace

Na vodách ze septiku bylo v rámci projektu ANASEP při pokusech prokázáno, že elektroflotací lze podstatně snížit obsah nerozpuštěných látek (až na jednotky mg/l) a BSK. Na druhé straně tento proces měl například minimální vliv na koncentraci amoniaku.

Nejprve jsme testovali účinek prosté flotace na vodách ze septiku. Samotná flotace je fyzikální děj, při kterém na rozdíl od usazování dochází k separaci nerozpuštěných látek z vody tak, že je jemné bublinky vynášejí ve formě pěny na hladinu. Bylo použito zařízení DAF, s kompresorem 7 barů, do vzorku byla přidána saturovaná voda ze saturátoru ve stanovém poměru (11%, 20% a 30%) a v intervalech 20min, 40 min, 1h, 2h byly odebrány vzorky na stanovení CHSK, NL, N-NH₄, pH teplotu a konduktivitu. Prostá flotace neměla velký vliv na odstraňování organických látek (do 19%) a ani na obsah amoniaku (úbytek jen asi 5%).

Jako poloprovozní zařízení pro zvýšení účinnosti separace tuků v lapáku tuku a organických látek na vodách ze septiku byly použity elektrody holandské firmy MAGNETO special anodes B.V., která se dlouhodobě zabývá využitím elektro metod ve vodohospodářství. Použité elektrody pro elektroflotaci (Obr. 5) byly vyrobeny z titanu potaženého vrstvičkou platiny – anody a nerezové oceli – katody.

Elektroflotace na vodách ze septiku měla logicky vliv jen na koncentraci nerozpuštěných látek – redukce znečištění byla 63%, vliv na snížení dalšího znečištění byl minimální.

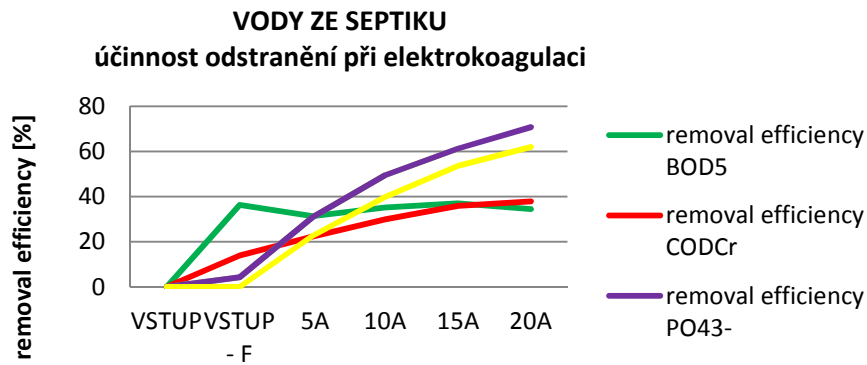


Obr. 5: Elektroflotační jednotka

b) Elektrokoagulace

V loňském roce jsme testovali navržený prototyp elektrokoagulační jednotky (Obr. 6) s hliníkovou a železnou elektrodou. První výsledky potvrdily naši hypotézu, že pomocí elektrokoagulace lze úspěšně snížit koncentraci celkového fosforu.

Na vodách ze septiku byla odzkoušena elektrokoagulační jednotka s železnou a hliníkovou elektrodou. Byl použit procházející proud 5 A, 10 A, 15 A, 20 A, při průtoku 75 l/h, v časových intervalech po 30 min. Ve sledovaných parametrech měla elektrokoagulace vliv na CHSK, BSK₅, PO₄³⁻ a celkový fosfor. Např. při použití hliníkové elektrody byla zaznamenána redukce koncentrace CHSK o 38%, BSK₅ o 37% a fosforečnanových iontů o 71% (celkový fosfor o 62%). V grafu 1 jsou uvedeny hodnoty účinnosti odstranění CHSK, BSK a fosforu ze septikových vod při použití hliníkové elektrody.



Graf 1 Účinnosti odstranění nutrientů ze septikových vod za použití hliníkové elektrody

Závěrem lze říci, že elektrokoagulace redukovala značně koncentrace fosforu při použití hliníkové elektrody a také měla vliv (i když omezený) na snížení koncentrací BSK a CHSK, avšak tato metoda by vyšla z hlediska praktického využití na domovních ČOV jako energeticky náročná.



Obr. 6 Elektrokoagulační jednotka

c) kombinace sorpce a biofiltrace

Pro účely výzkumu v laboratorních a poloprovozních podmínkách (Obr.7) byl testován zeolit, různé typy šterků a písků, keramzitu, umělých materiálů, aj. Předpokládá se odzkoušení dalších látek na principu nanomateriálů s vyššími sorpčními schopnostmi.



Obr. 7 Provoz modelových filtrů v roce 2013

Cílem testování bylo ověřit použitelnost vybraných sorbentů (struska 8/16mm a 0/2mm, zeolit 2-5mm, štěrk 0/2mm a 8/16mm, PUR pěna, bílé válcové nosiče biomasy, černé kuličky) a jejich frakcí při odstranění amoniakálního dusíku a fosforu. V laboratorním testování byla použita reálná voda z nátoky čistírny (cca 750EO) po předčištění, která měla obsah amoniakálního dusíku 43 mg/l, vstupní koncentrace celkového fosforu byla 5 mg/l (voda byla obohacena pro laboratorní účely roztokem fosforu v převažujících rozpustných formách na 113 mg/l). Z odborné literatury je známo využití přírodního jílu - klinoptilolitu pro odstraňování amoniakálního dusíku. Klinoptilolit má vysokou afinitu k NH_4^+ iontům a je tak účinný při selektivním odstraňování amoniaku z kalové vody. Využití zeolitu jako nosiče biomasy v biofiltru kombinuje výhody obou metod: adsorpce a biologické oxidace. Potvrzené výsledky studií uvádějí, že adsorpční kapacita a účinnost odstranění roste s koncentrací a klesá za přítomnosti dalších kationtů (Ca, Na) a sloučenin v roztoku.

Dávkování zeolitu v laboratorních podmínkách bylo zvoleno 1, 10 a 20 g/l. U laboratorních testů paradoxně byla účinnost odstranění amoniaku vyšší 22-38% u větších frakcí (>200 μm) a při vyšších dávkách zeolitu (10 a 20g). Zeolit neměl větší vliv na redukci fosforu. V poloprovozních podmínkách byl průtok vody 0,2-1,1 l/h, při zatížení 0,1 až 0,5 m/d. Pro amoniakální dusík při použití kolon se zeolitem byla účinnost 24-75%. Pro všechny sledované sorpční materiály byly uspokojivé odtokové parametry CHSK, BSK, NL, s výjimkou koncentrací fosforu, dusičnanů a koncentrace mikrobiálních společenstev. Z hlediska praktičnosti – cena x výkon x energetická náročnost – je zatím sorpce v kombinaci s biofiltrací hodnocena jako nejperspektivnější.

d) AOPs a ozonizace

Asi nejčastěji jsou v souvislosti s pokročilými oxidačními procesy (AOPs) zmiňovány – peroxid, ozón, chlór. Testování ozonizace proběhlo ve spolupráci s STU Bratislava a bylo provedeno v ozonizačním reaktoru s vnější recirkulací. Z výsledků ozonizace odpadových vod vyplývá:

Největší účinnosti odstranění CHSK, BSK_5 a N-NH_4 působením ozónu byla naměřená pro odpadní vodu po předčištění z KČOV pro 750EO a také významně poklesla koncentrace amoniakálního dusíku (tj. ne po anaerobním předčištění a zejména v ukazatelích BSK a CHSK). Odstraňování amoniaku ozonem se jeví jako funkční (na rozdíl od mnoha výzkumných

zpráv), ale vyžaduje velmi dlouhé doby zdržení – pravděpodobně naši předchůdci neměli tak velkou trpělivost a to co je prokázaný trend, pokládali jen za chybu měření.

e) Chemické metody - chlorinace

Chlorinace pomocí použití elektřiny, vody a soli. Působením elektrického proudu o bezpečném napětí dochází v elektrolytické cele k tvorbě plynného chlóru, který je okamžitě rozpuštěn ve vodě a vzniklá kyselina chlorná je principiálně sanitačním agentem. V procesu elektrolyzy rovněž vznikají další účinné sanitační látky a to ozón a kyslík. Přístroj autochlor SWC jsme použili na otestování účinku tohoto procesu na reálné vody ze septiku. V této konfiguraci bohužel nebyl dosažen žádný účinek redukce koncentrace amoniaku nebo CHSK. I když teoreticky výsledky dosaženy být měly. Experiment chceme proto opakovat.



Obr. 9 Zapojení zařízení s elektrolytickou celou Autochlor

f) Fotokatalytická oxidace

Zkoumány byly zejména výsledky fotooxidačních účinků oxidu titaničitého a ftalocyaninových fotosenzibilizátorů na modelové polutanty ze skupiny organických i anorganických látek. Na polutantech typu amoniak a formaldehyd ve vzdušném prostředí bylo otestováno účinné fotooxidační působení PES textilie povrchově modifikované nanočásticemi TiO_2 . Tato textilie byla současně podrobena testování za účelem odbourání amoniaku z vodného prostředí fotokatalytickými procesy. Účinky této textilie byly z důvodu nízkého obsahu TiO_2 v systému shledány jako nedostatečné, významného poklesu amonných iontů bylo dosaženo až použitím TiO_2 ve formě disperze. Obdobné postupy jsou zkoumány s použitím ftalocyaninových fotosenzibilizátorů, jejichž použití se jeví v praxi jako lépe využitelné, neboť pracují se světlem více podobným dennímu světlu.

V laboratorním měřítku byla testována fotokatalytická oxidace amoniaku s oxidem titaničitým, který je aktivován uv-zářením o vlnové délce 365 nm. V letošním roce bude navrženo poloproduční zařízení principu fotokatalytické oxidace, které by mělo využít jako zdroje záření žárovky LED o vlnové délce uv-zářením a v červeném spektru a testování se bude opakovat.

Závěr

Ukazuje se, že i u čistíren s přerušovaným přísunem organického znečištění je možné dále zvýšit účinnost odstranění organických látek a to prostorovou optimalizací a regulací podmínek anaerobních procesů.

Série provedených testů i v poloprovozních podmínkách prokázala, že lze dále zvyšovat účinnost odstranění organických látek, především optimalizací a intenzifikací užitných objemů, dále pomocí ohřevu anaerobního procesu, ale také přímo využitím anaerobního reaktoru UASB.

Složitější je pak zajištění redukce nutrientů, zejména fosforu a amoniakálního dusíku. Z provedených pokusů se zatím jako nejspolehlivější a nejefektivnější jeví instalace „zemního“ filtru, který je pulzně a rovnoměrně zatěžován látkově i hydraulicky vodami po mechanickém předčištění.

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen s finanční podporou Technologické agentury ČR v rámci projektu TA02021032.

Literatura

13. Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2013, projekt ANASEP - TA02021032