

Ověření a vyhodnocení technologií pro terciární dočištění komunálních odpadních vod

DOKUMENTACE K PILOTNÍ JEDNOTCE SONOLÝZY OZONU

SOUHRN VÝSTUPU B2D1 PROJEKTU
LIFE2WATER

EXECUTIVE SUMMARY OF DELIVERABLE
B2D1 OF LIFE2WATER PROJECT

BŘEZEN 2015

www.life2water.cz

ÚVOD

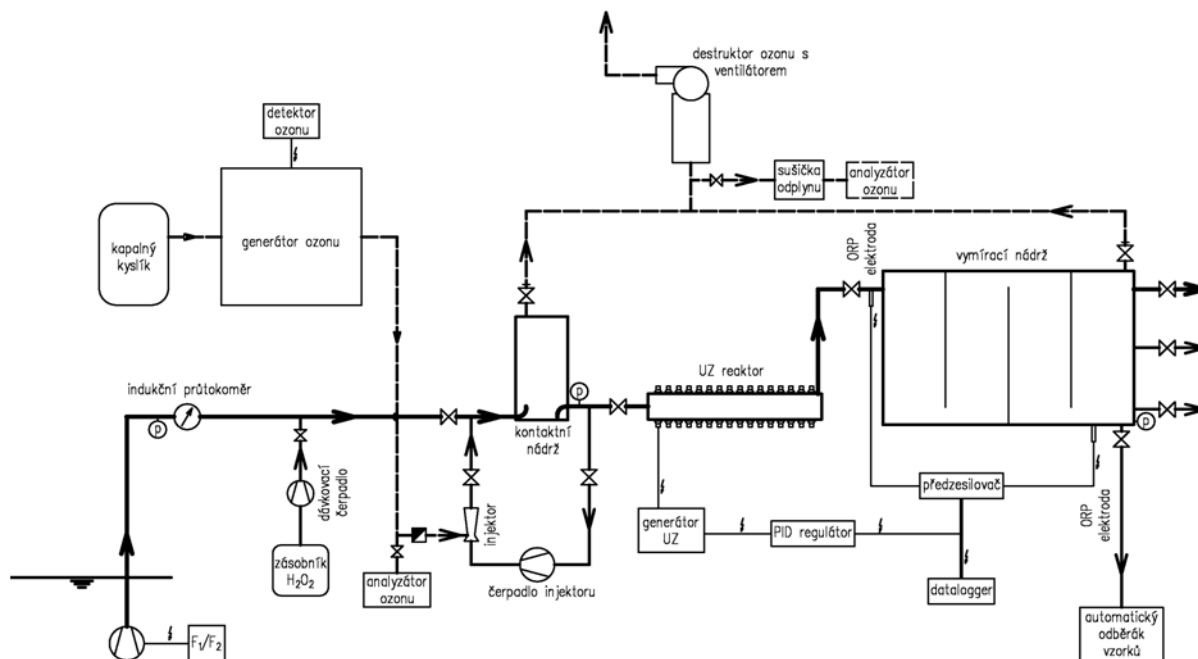
Sonolýzou ozonu se rozumí kombinace akustické kavitace (sonolýzy) s ozonizací. Využití ultrazvuku pro čištění odpadních vod je poměrně novou technologií využívanou zejména pro čištění vod z textilního průmyslu. Ultrazvuk vzniká v ultrazvukovém měniči, který převádí mechanickou, nebo elektrickou energii na vysokofrekvenční mechanické kmitání. Účinek ultrazvuku je dán fyzikálními nebo chemickými změnami v odbourávané látce, dále roztrháváním membrán buněk způsobených kavitací. Při sonolýze dochází k odbourávání znečištění oxidací hydroxylovými radikály, pyrolýzou látek uvnitř kavitační bubliny, hydrodynamickou erozí a nadkritickou mokrou oxidací na povrchu kavitační bubliny. Při sonolýze ozonu navíc dochází k tepelnému rozkladu ozonu uvnitř kavitační bubliny za vzniku hydroxylových radikálů. Sonolýzou ozonu se ve srovnání se samotnou ozonizací nebo se samotnou sonolýzou dosahuje rychlejšího rozkladu mnoha látek. Sonolýza ozonu umožňuje snížit dávky ozonu až na třetinu při zachování stejné efektivity čištění. Touto technologií je možné výrazně snižovat obsah znečištění vyjádřeného parametrem chemické a biologické spotřeby kyslíku, dále se snižuje zabarvení a koncentrace celkového dusíku a fosforu. Zároveň je možné odstraňovat mikrobiologické patogeny a mnohé mikropolutanty pod mez detekce.

USPOŘÁDÁNÍ POLOPROVOZNÍ PILOTNÍ JEDNOTKY O₃/UZ

Základními komponenty poloprovozní testovací jednotky sonolýzy ozonu (O₃/UZ) jsou:

- čerpadlo hlavního proudu vody.
- dávkovací čerpadlo H₂O₂;
- generátor ozonu;
- zdroj plynného kyslíku;
- systém vnosu plynu do vody;
- kontaktní nádrž;
- ultrazvukový reaktor s generátory ultrazvuku;
- vymírací nádrž;
- systém destrukce přebytečného ozonu;
- trubní rozvody; a
- měření, řízení a elektroinstalace.

Schéma zapojení všech komponent jednotky je uvedeno na následujícím obrázku. Jednotlivé součásti poloprovozní pilotní sonolýzy ozonu jsou popsány v následujících níže.



obr. 1 Schéma pilotní jednotky

Čerpadlo hlavního proudu vody je dimenzováno na maximální průtok nejméně $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a maximální výtlak rovný nejméně geodetické výšce (cca 2,0 m) zvětšené o hydraulické ztráty v pilotní jednotce (max 8 m), tzn. celkem 10 m. Čerpadlo hlavního proudu je ponorné a je osazeno v jímce s biologicky vyčištěnou odpadní vodou. Pro zabránění poškození některých komponent pilotní jednotky je čerpadlo osazeno do sacího koše. Výtlak čerpadla je pohyblivým potrubím veden přes indukční průtokoměr do kontaktní nádrže. Čerpadlo je řízeno frekvenčním měničem umožňující nastavit požadovaný průtok biologicky vyčištěné odpadní vody.

Jako dávkovací čerpadlo peroxidu vodíku bylo zvoleno hadicové čerpadlo, které splňuje svými parametry nároky na dostatečně plynulý průtok. Elektronika čerpadla umožňuje měnit směr otáčení čerpací hlavy (tzn. měnit směr průtoku kapaliny) a dále umožňuje plynule měnit čerpané množství prostřednictvím víceotáčkového potenciometru. Výtlak dávkovacího čerpadla peroxidu vodíku je zapojen na odbočku za indukčním průtokoměrem. K potřebnému promísení vody s peroxidem vodíku dochází těsně před kontaktní nádrží vlivem turbulencí vznikajících za mezipřírubovou klapkou a zejména pak při soutoku hlavního proudu vody s vodou z ozonizační smyčky (výtlak čerpadla injektoru).

Generátor ozonu slouží k přeměně plynného kyslíku na směs ozonu a kyslíku prostřednictvím dielektrického výboje. Generátor ozonu je přes redukční ventil zásoben čistým kyslíkem z mobilní odpařovací stanice kyslíku tvořené nádobami o objemu 180 l současně sloužící jako odparník. Jmenovitý výkon generátoru je $100 \text{ g O}_3 \cdot \text{h}^{-1}$. Chlazení generátoru je zajištěno průtokem vody. Generátor je dále vybaven detektorem ozonu v okolí, který odstaví generátor v případě překročení bezpečné koncentrace ozonu v okolí. Nezbytným doplňkem generátoru je katalytický destruktor ozonu sloužící k likvidaci nevyužitého ozonu (tzn. ozonu, který se nerozpustí v kontaktní nebo vymírací nádrži). Nevyužitý ozon je do destruktoru přiváděn z kontaktní a vymírací nádrže.



obr. 2 Generátor ozonu

Za účelem mísení směsi kyslíku s ozonem je v pilotní jednotce vytvořen vedlejší proud vody. Smísení plynu s vodou je realizováno pomocí injektoru a čerpadla zajišťující vhodné hydraulické podmínky v injektoru. Součástí systému pro vnos plynu do vody je i kontaktní nádrž, ve které za zvýšeného tlaku dochází k rozpouštění ozonu a k odvádění kyslíku s nerozpouštěným ozonem do destrukturu ozonu.

Dalším komponentem pilotní jednotky je ultrazvukový reaktor s generátory ultrazvuku. Generátor ultrazvuku vytváří elektrický signál sinusového průběhu o frekvenci 25 kHz a napájí ultrazvukové měniče umístěné z vnější strany reaktoru. Výkon generátoru je možné řídit na místě nebo dálkově (dle hodnoty redox potenciálu). Za ultrazvukovým reaktorem je umístěna vymírací nádrž, kde dochází k reakci zbývajícího ozonu se znečištěním a tím ke snížení jeho koncentrace na mez, kdy je možné vodu bezpečně vypouštět.



obr. 3 Ultrazvukový reaktor s generátory ultrazvuku

Ve vymírací nádrži dochází k reakci ozonu se znečištěním a tím snížením jeho koncentrace na mez, kdy je možné vodu bezpečně vypouštět. Přítok vody z ultrazvukového reaktoru je v horní části nádrže z důvodu zajištění zatopení ultrazvukového reaktoru. Odtok z vymírací

nádrže je ve třech výškových úrovních umožňující nastavení různé doby hydraulického zdržení.



obr. 4 Celkový pohled na pilotní jednotku sonolýzy ozonu (vlevo) a systém vnosu ozonu do vody (vpravo)

Pilotní jednotka je dále vybavena systémem destrukce přebytečného ozonu spočívajícím v katalytickém vyhřívaném destrukturu ozonu s ohřevem a ventilátorem. Plyn do destrukturu ozonu je přiváděn z odvodušňovacích ventilů z obou nádrží.

V pilotní jednotce je měřeno několik veličin. Z důvodu vyhodnocení ekonomiky provozu je monitorována spotřeba elektrické energie jednotlivých komponent pilotní jednotky. Na přítoku a odtoku z vymírací nádrže je měřen redox potenciál. Obě hodnoty redox potenciálu jsou zaznamenávány počítačem. Dále je sledován průtok čištěné vody a celkový objem vyčištěné vody. Dále jsou instalovány automatické odběráky vzorků na přítoku a na odtoku. Součástí pilotní jednotky je rovněž analyzátor koncentrace ozonu sloužící k přesnému stanovení množství vyráběného ozonu a ke stanovení množství nevyužitého ozonu (tzn. stanovení účinnosti přestupu ozonu do vody).

ZÁVĚR

Tato zpráva je souhrnem výstupu B2d1 projektu LIFE2Water (LIFE13 ENV/CZ/000475, Ověření a vyhodnocení technologií pro terciární dočištění komunálních odpadních vod). Ve vlastní zprávě je popsána pilotní jednotka sonolýzy ozonu, jsou uvedeny její komponenty a nakonec je uvedeno i skutečné zhotovení této jednotky. Na základě této dokumentace byla vyrobena a zprovozněna pilotní jednotka sonolýzy ozonu v lokalitě ČOV Brno-Modřice. Pro více informací o projektu a jeho výstupech kontaktujte prosím příjemce projektu.