



### LIFE2Water, testovací lokalita

- Projekt reaguje na současný stav: konvenční metody čištění mají omezenou účinnost odstranění farmaceutik, pesticidů, průmyslových látek a mikrobiálního znečištění
- Trvání projektu 09/2014-12/2017, 50% kofinancování Evropskou komisí, příjemci projektu: AQP, ALS, BvK
- Testovací lokalita ČOV Brno-Modřice
- **HLAVNÍ AKTIVITY:**
  - ⇒ Návrh, konstrukce, optimalizace a vyhodnocení účinnosti odstranění sledovaného znečištění u tří pilotních jednotek
  - ⇒ Propagace projektu, výsledků, zkušeností a přenos dobré praxe

LIFE2Water www.life2water.cz 2

### Pilotní jednotky

- **Navrženy a zkonstruovány 3 pilotní jednotky**
  - ⇒ Pilotní jednotka mikrosíťové filtrace s UV zářením a dávkováním peroxidu vodíku (MFO/UV)
  - ⇒ Pilotní jednotka sonolýzy ozonu ( $O_3$ /UZ)
  - ⇒ Ultrafiltrační pilotní jednotka s adsorpcí na aktivní uhlí
- **Provoz pilotních jednotek:**
  - ⇒ Mikrosíťová filtrace s UV zářením (MFO/UV) od března 2015 do března 2016
  - ⇒ Sonolýza ozonu ( $O_3$ /UZ) od dubna 2015 do dubna 2016
  - ⇒ Ultrafiltrace s adsorpcí na aktivní uhlí od března 2016 do dubna 2017
- **Více o pilotních jednotkách viz poster**

LIFE2Water www.life2water.cz 3

### Monitoring pilotních jednotek

- **Základní parametry** ( $BSK_5$ ,  $CHSK_{Cr}$ , NL,  $N_C$ ,  $P_C$ , 200 vz./jednotka)
- **Mikrobiologické parametry** (fekální koliformní bakterie, enterokoky, *Escherichia coli*, 200 vzorků/jednotka)
- **Znečištění chemickými látkami** (100 vzorků/jednotka):
  - ⇒ Alkylfenoly (bisfenol A, nonyl- a oktylfenoly a jejich metabolity)
  - ⇒ Pesticidy (celkem 26 látek vč. vybraných metabolitů)
  - ⇒ Farmaceutika (celkem 23 látek)
- **Ekotoxicita** (*Daphnia Magna*, *Vibrio fischeri*, *Scenedesmus subspicatus*, *Sinapis alba*)
- **AOX**
- **Provozní aspekty** (provozní náklady, nároky na obsluhu a údržbu)
- **Veškeré vzorky 24 hodinové směsné**

LIFE2Water www.life2water.cz 4

### MFO/UV: účinnosti odstranění mikrobiologického znečištění

- **Odstranění běžně přesahuje 90 %**
  - ⇒ UV 3300  $J \cdot m^{-2}$  → průměrné odstranění 95 %
  - ⇒ Dávkování 5  $mg \cdot l^{-1}$  PAA + UV 1100  $J \cdot m^{-2}$  → 0 KTJ $\cdot 10^{-1} ml^{-1}$
  - ⇒ Dávkování  $H_2O_2$  → odstranění nižší oproti samotnému UV
  - ⇒  $H_2O_2$  za UV reaktor → odstranění vyšší oproti dávkování před UV

Escherichia coli na vstupu za celé období 2879±2069 KTJ $\cdot 10^{-1} ml^{-1}$

LIFE2Water www.life2water.cz 5

### MFO/UV: účinnosti odstranění ostatních sledovaných parametrů

- **Odstranění  $BSK_5$  a NL od nuly do cca 60 %**
  - ⇒ Vyšších vstupní koncentrace ⇒ vyšší účinnosti odstranění
  - ⇒ Dávkování PAA →  $BSK_5$  na výstupu cca 3-násobně vyšší
- **$CHSK_{Cr}$  do 20 %**
- **K odstraňování  $N_C$  nedochází**
- **Odstranění  $P_C$  do cca 35 %, koresponduje s odstraněnými NL**
- **Chemické znečištění se neodstraňuje (nebo je odstranění nižší než chyba stanovení) mimo:**
  - ⇒ Dávka UV 1100  $J \cdot m^{-2}$  + 5  $mg \cdot l^{-1}$   $H_2O_2$  → 23 % a 17 % odstranění MCPA, respektive MCPP, 30 % bisfenolu A a 29 % diklofenaku
  - ⇒ Dávka UV 3300  $J \cdot m^{-2}$  → odstranění 33 % diklofenaku

LIFE2Water www.life2water.cz 6

### O<sub>3</sub>/UZ: účinnosti odstranění základních a mikrobiologických parametrů

- **Odstranění BSK<sub>5</sub> záporné (oxidace CHSK<sub>Cr</sub>)**  
⇒ Průměrný nárůst do 95 %, směrodatné odchylky velmi velké
- **Odstranění CHSK<sub>Cr</sub> do 45 %, koncentrace P<sub>C</sub> a N<sub>C</sub> bez změny**
- **NL: účinnosti odstranění od 10 % do 60 %**  
⇒ Kombinace O<sub>3</sub> s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> snižuje odstraňování NL
- **Mikrobiologické parametry: odstranění běžně nad 95 %**  
⇒ 50 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> a 20 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + 800 a 1250 J·l<sup>-1</sup> UZ → 0 KTJ·10 ml<sup>-1</sup>  
⇒ 5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + 2 mg·l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> → odstranění vzroste z 95 na 98 %  
⇒ 20 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + 800, 1250 a 1630 J·l<sup>-1</sup> UZ → odstranění 100 %, 100 %, resp. 99,5 %
- **Obecně účinnosti odstranění zvyšuje sonolyza ozonu i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; sonolyza ozonu je účinnější**

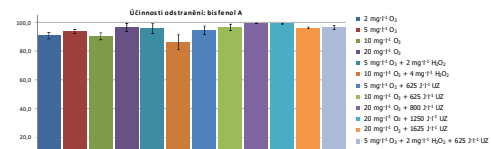
LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

7

### O<sub>3</sub>/UZ: účinnosti odstranění alkyfenoů

- **Bisfenol A vysoké odstranění, nonyl- a oktylfenoly a metabolity (ethoxyláty) nízké odstranění**  
⇒ 2 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> → odstranění 91 % BPA a 22 % NP+OPE)  
⇒ 20 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + 800/1250 J·l<sup>-1</sup> UZ → BPA pod mezí detekce (>99 %)  
⇒ Kombinace O<sub>3</sub> s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nemá pozitivní vliv  
⇒ 1250 J·l<sup>-1</sup> UZ + 5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>: 52 % → 60 % oproti samotnému O<sub>3</sub>



Bisfenol A na vstupu za celé období cca 0,5 µg l<sup>-1</sup>, v zimním období až k 2,0 µg l<sup>-1</sup>

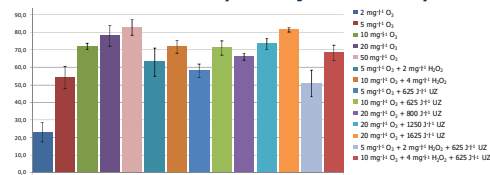
LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

8

### O<sub>3</sub>/UZ: účinnosti odstranění pesticidů

- **Účinné látky pesticidů a pesticidy vč. metabolitů**  
⇒ 2 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> → 27 % resp. 23 %; 50 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> → 87 % resp. 83 %  
⇒ O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ani O<sub>3</sub>/UZ nemají na odstranění účinných látek pesticidů pozitivní vliv, na odstranění pesticidů vč. metabolitů vliv mají
- **Odstranění atrazinu a metabolitů: do cca 20 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> se suma nemění – atrazin se přeměňuje na metabolity**



Suma pesticidů vč. metabolitů na vstupu za celé období cca 0,9 µg l<sup>-1</sup> s poklesem v zimním období

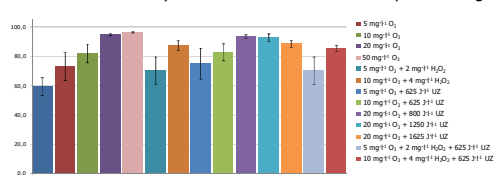
LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

9

### O<sub>3</sub>/UZ: účinnosti odstranění farmaceutik

- **Odstranění snadno rozložitelných látek (diklofenak nebo karbamazepin) od cca 80 % (2 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>) po mez detekce**
- **Odstranění sumy farmaceutik nižší – vliv RTG kontrastních látek (iohexol, iomeprol, iopamidol a iopromid)**  
⇒ Kombinace O<sub>3</sub> s H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ani sonolyza O<sub>3</sub> nemají pozitivní vliv  
⇒ Odstranění sumy bez kontrastních látek shodné pro 5-50 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub>



Suma farmaceutik na vstupu za celé období cca 10 µg l<sup>-1</sup> s nárůstem v zimním období (cca 10 µg l<sup>-1</sup>) a občasnými špičkami (až 35 µg l<sup>-1</sup>) tvořenými RTG kontrastními látkami

LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

10

### O<sub>3</sub>/UZ: ekotoxicita, AOX

- **AOX**  
⇒ MFO/UV: bez vlivu na AOX  
⇒ O<sub>3</sub>/UZ: při 10 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> průměrné odstranění 23 %, při 50 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> odstranění 44 % při průměrném vstupním AOX 33 µg l<sup>-1</sup>
- **Ekotoxicita**

|                                |         | vstup |    | 2 mg/L O <sub>3</sub> |    | vstup |    | 10 mg/L O <sub>3</sub> |    | vstup |    | 10 mg/L O <sub>3</sub> + 4 mg/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> |  | vstup |  | 20 mg/L O <sub>3</sub> |  | vstup |  | 50 mg/L O <sub>3</sub> |  |  |
|--------------------------------|---------|-------|----|-----------------------|----|-------|----|------------------------|----|-------|----|---|--|-------|--|------------------------|--|-------|--|------------------------|--|--|
|                                |         |       |    |                       |    |       |    |                        |    |       |    |   |  |       |  |                        |  |       |  |                        |  |  |
| <i>Daphnia magna</i>           | % imob. | 3     | 8  | 2                     | 12 | 2     | 5  | 2                      | 5  | 3     | 3  |   |  |       |  |                        |  |       |  |                        |  |  |
| <i>Vibrio fischeri</i>         | % inh.  | 6     | 17 | 2                     | 28 | -14   | 16 | 6                      | 9  | 9     | 61 |   |  |       |  |                        |  |       |  |                        |  |  |
| <i>Scenedesmus subspicatus</i> | % inh.  |       |    |                       |    | -2    | -8 | 27                     | 22 | 7     | 7  |   |  |       |  |                        |  |       |  |                        |  |  |
| <i>Sinapis alba</i>            | % inh.  |       |    | 29                    | 31 | 28    | 25 | 17                     | 31 | 27    | 19 |   |  |       |  |                        |  |       |  |                        |  |  |

LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

11

### UF/PAC: předběžné výsledky

- **Sledované mikrobiologické parametry 0 KTJ·10 ml<sup>-1</sup> při udržení integrity membrány**
- **NL pod mezí detekce**
- **Odstranění BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Cr</sub> do 60 % dle dávky PAC**
- **Odstranění P<sub>celk</sub> 40 – 80 %, N<sub>celk</sub> bez ovlivnění**
- **Odstranění chemického znečištění srovnatelné s O<sub>3</sub>/UZ**
- **Zvolená membrána (duté vlákno PAN, potting epoxidová pryskyřice) kontaminuje vodu bisfenolem A, koncentrace bisfenolu A na výstupu jsou 2x až 6x vyšší než před membránou**
- **UF/PAC se zdá být plnohodnotnou alternativou k O<sub>3</sub>/UZ se srovnatelnými provozními náklady a bez tvorby více toxických produktů oxidace**

LIFE<sub>2</sub> Water

www.life2water.cz

12

## Provozní poznatky, atd.

### ■ Vzorkování, analýzy

- ⇒ Provoz jednotek zahajován slepým vzorkováním – materiály jednotek kontaminují vodu alkylfenoly → nutná vhodná volba materiálů; hadice automatických odběráků PTFE místo PVC
- ⇒ Odběr vzorků do skleněných vzorkovnic s PTFE uzávěry (zamezení kontaminace alkylfenoly)
- ⇒ Nutná kázeň vzorkačů: s vodou na výstupu zacházet jako s pitnou (0 KTJ); s veškerými vzorky a vzorkovnicemi zacházet tak, aby se zabránilo kontaminaci (např. nedotýkat se hrdel lahví, atd.)
- ⇒ Při odběru vzorků pro mikrobiologii nutné pravidelně desinfikovat vzorkovač a přívodní potrubí (příp. odebírat bodové vzorky)

### ■ Obecně není problém detekovat nízké koncentrace látek, klíčové je vzorky správně odebrat, aby byla zajištěna jejich reprezentativnost!

LIFE<sub>2</sub>Water

www.life2water.cz

13

## Závěr

### ■ MFO/UV vhodné pouze na mikrobiologické znečištění

- ⇒ Kvalita užitkové vody při dávce UV 3300 J·m<sup>-2</sup> nebo 1100 J·m<sup>-2</sup> + 5 mg·l<sup>-1</sup> PAA (úplná desinfekce, zvýšené BSK<sub>2</sub>) s provozními náklady 0,13 €·m<sup>-3</sup> (3,5 Kč·m<sup>-3</sup>) respektive 0,06 €·m<sup>-3</sup> (1,7 Kč·m<sup>-3</sup>)

### ■ O<sub>3</sub>/UZ je univerzální technologií

- ⇒ Kvalita užitkové vody při dávce 5 mg·l<sup>-1</sup> O<sub>3</sub> + 625 J·m<sup>-3</sup> UZ (nebo + 2 mg·l<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) při provozních nákladech 0,06 €·m<sup>-3</sup> (1,6 Kč·m<sup>-3</sup>) resp. 0,05 €·m<sup>-3</sup> (1,3 Kč·m<sup>-3</sup>)
- ⇒ Současně se odstraní 95 % bisfenolu A, 68 % účinných látek pesticidů a 73 % farmaceutik a 16 % AOX
- ⇒ Ekotoxicita vůči perloočkách a řase se nemění, vůči horčiči ekotoxicita klesá a vůči bakteriím roste

### ■ O<sub>3</sub>/UZ: vyšší dávka ultrazvuku nebo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ≠ lepší výsledky

### ■ MFO/UV: zanášení UV reaktoru anorganickými usazeninami

LIFE<sub>2</sub>Water

www.life2water.cz

14



LIFE<sub>2</sub>Water

Děkuji za pozornost

WWW.LIFE2WATER.CZ