

Vliv ozonizace na odstranění pesticidů – pokus v reálných podmínkách na ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře

Ladislava Hatáková, Jiří Beneš

Nádrže s povrchovou vodou jsou citlivé na znečištění pesticidy a jejich metabolity. To platí o to více u nádrží, v jejichž okolí dochází k zemědělské činnosti. Takovou nádrží je VD Vrchlice, která slouží jako zdroj vody pro úpravnu vody U Svaté Trojice v Kutné Hoře. Limitní hodnoty sledovaných pesticidních látek v pitné vodě jsou tak nízké, že pro úpravy vody není jednoduché je splnit a nutí je zavádět další stupně úpravy vody. To s sebou nese i další ekonomické nároky, spojené jak se zavedením dalších stupňů úpravy, tak s jejich provozem.

Úpravna vody U Svaté Trojice disponuje ozonizací s následnou GAU filtrací. Pro zajištění co nejúčinnějšího odstranění pesticidních látek z upravované vody je důležité správné nastavení ozonizace. Na úpravnu vody U Svaté Trojice byl v reálném provozu studován vliv dávky ozonu s následnou GAU filtrací na míru odstranění sledovaných pesticidních látek. Zároveň byla sle-

dována ekonomická náročnost ozonizačního stupně v závislosti na aplikované dávce ozonu. Výsledky analýz ukázaly, že vzhledem k aktuálním koncentracím pesticidních látek ve VD Vrchlice je ozonizace s následnou GAU filtrací pro úpravnu nejen klíčová, ale i nezbytná.

Nádrž VD Vrchlice

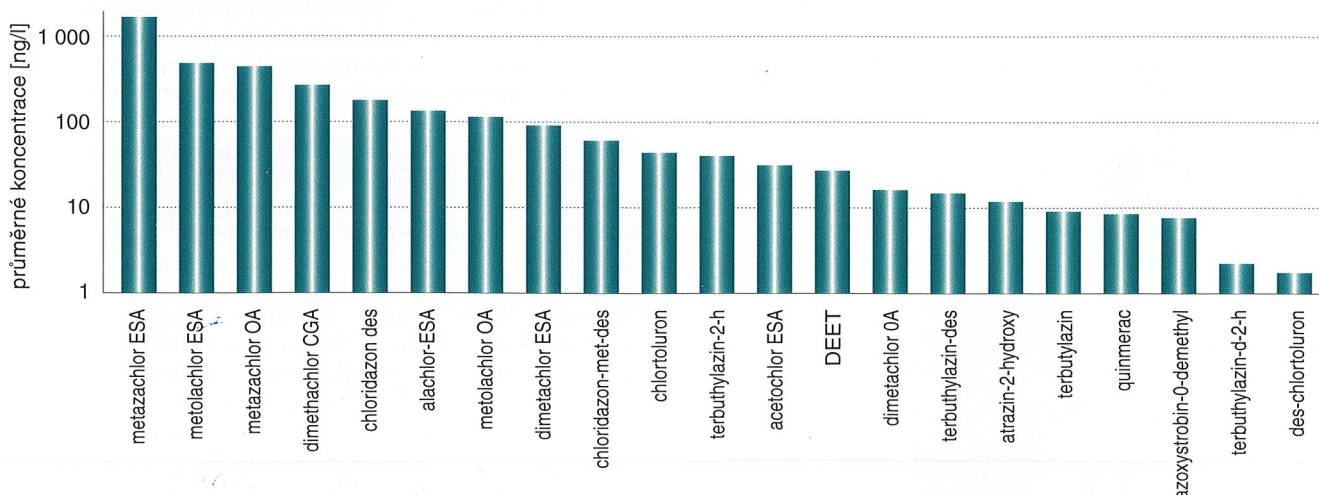
Zdrojem vody pro Úpravnu vody (ÚV) U Svaté Trojice je povrchová voda z nádrže VD Vrchlice patřící pod Povodí Labe. Nádrž byla uvedena do provozu v roce 1973 a je unikátní svou klenbovou hrází, která je jediná v České republice. Celkový objem nádrže je 8 322 000 m³, plocha nádrže činí 1,028 km², průměrná hloubka je 31,6 m a teoretická doba zdržení 210 dní [1]. V okolí nádrže dochází k zemědělské činnosti (obr. 1), plocha zemědělské půdy v povodí nádrže je 59 km².

Zemědělství je nejvýznamnějším zdrojem znečištění prostředí pesticidními látkami. I při dodržení správné zemědělské praxe se na rostlinu dostane pouze 65 % aplikovaného pesticidu [2]. Zbytek pesticidu se dostává na půdu a úletem do vzduchu, v prostředí pak dochází k jeho migraci, degradaci a přeměně na metabolity pesticidů.

Z tohoto důvodu jsou ve vodě z nádrže VD Vrchlice ve významném množství nacházeny pesticidní látky. V nejvyšších kon-



Obr. 1: Letecký snímek nádrže VD Vrchlice



Obr. 2: Průměrné koncentrace pesticidních látek v nádrži VD Vrchlice v průběhu let 2022–2023 v profilu u hráze

centracích se v nádrži v průběhu let 2022–2023 vyskytovaly metabolity pesticidních látek metazachlor ESA, metolachlor ESA, metolachlor OA, dimetachlor CGA, chloridazon-desfenyl, alachlor ESA a metazachlor OA (obr. 2). I přes vysokou samočisticí schopnost nádrže se pro úpravu vody na ÚV U Svaté Trojice používá surová voda s významnými koncentracemi pesticidních látek.

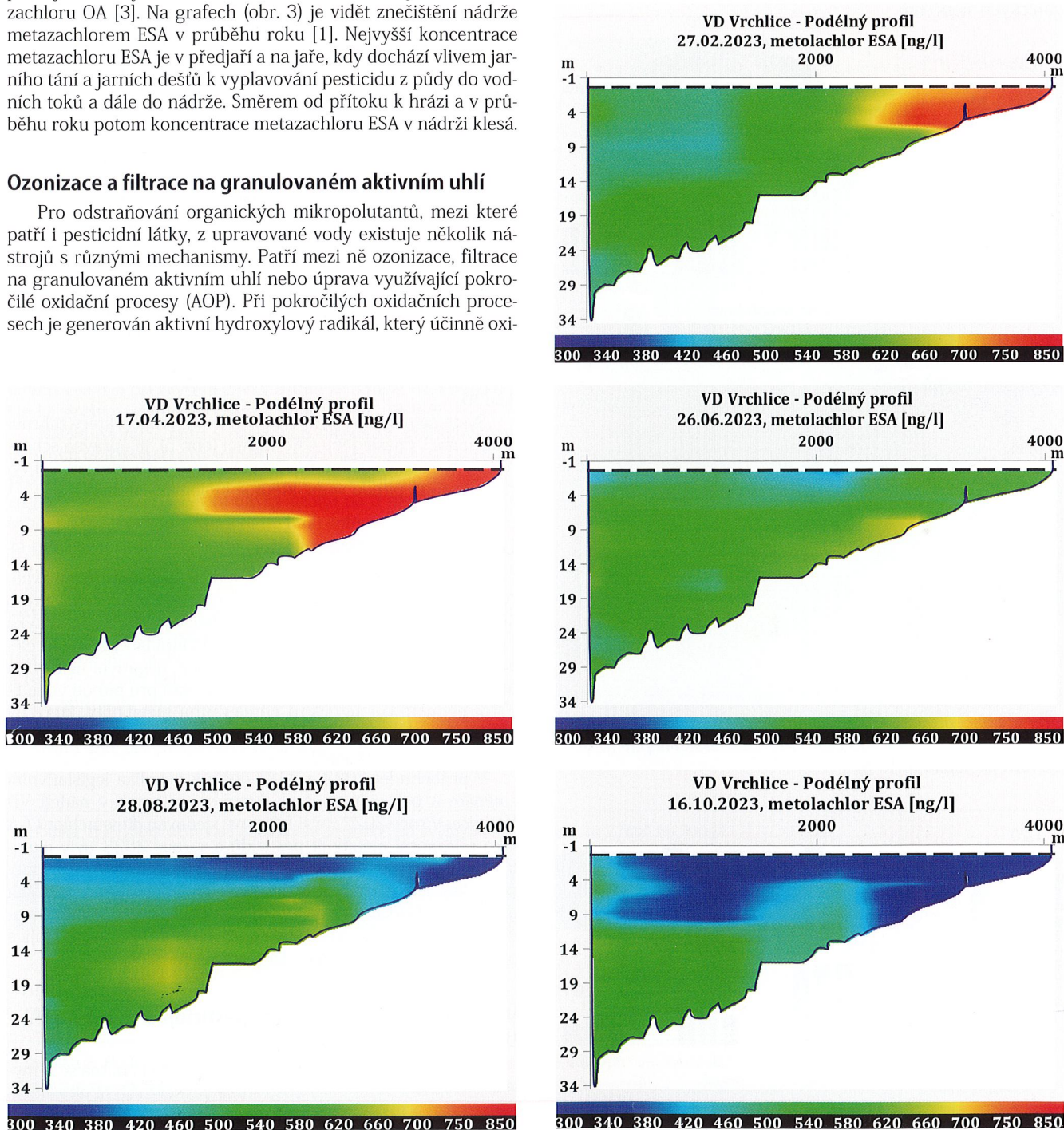
V nejvyšší koncentraci se v nádrži vyskytoval metazachlor ESA. Je to metabolit chloracetanilidového pesticidu metazachlor (stejně jako zakázaný alachlor, metolachlor, imetachlor). Metazachlor je herbicid, aplikovaný pro ochranu rostlin, hlavně řepky olejky. Poločas rozpadu metazachloru, stejně jako ostatních chloracetanilidových pesticidů je krátký, dva týdny. Degraduje se na metazachlor ESA a metazachlor OA. Jejich poločasy rozpadu jsou 17 týdnů u metazachloru ESA a 13 týdnů u metazachloru OA [3]. Na grafech (obr. 3) je vidět znečištění nádrže metazachlorem ESA v průběhu roku [1]. Nejvyšší koncentrace metazachloru ESA je v předjaří a na jaře, kdy dochází vlivem jarního tání a jarních dešťů k vyplavování pesticidu z půdy do vodních toků a dále do nádrže. Směrem od přítoku k hrázi a v průběhu roku potom koncentrace metazachloru ESA v nádrži klesá.

Ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Pro odstraňování organických mikropolutantů, mezi které patří i pesticidní látky, z upravované vody existuje několik nástrojů s různými mechanismy. Patří mezi ně ozonizace, filtrace na granulovaném aktivním uhlí nebo úprava využívající pokročilé oxidační procesy (AOP). Při pokročilých oxidačních procesech je generován aktivní hydroxylový radikál, který účinně oxi-

duje mikropolutanty [4]. Pro úpravu vody jsou nejčastěji používány kombinace ozon a UV záření, ozon a peroxid vodíku, UV záření a peroxid vodíku.

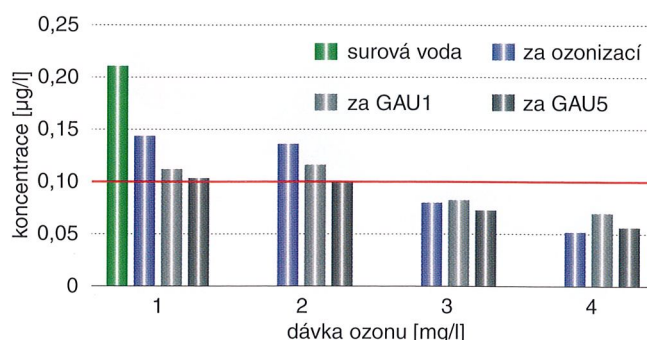
Ozon je jedním z nejstarších dezinfekčních činidel používaných ve vodárenství. První kontinuální ozonizace pitné vody v Evropě byla zprovozněna již koncem 19. století, na území České republiky pak začátkem 20. století. V současnosti má ozon pro své oxidačně dezinfekční účinky široké využití, přičemž v České republice se využívá zejména při úpravě pitných vod, ale vzhledem k novým trendům v čistírenství lze jeho budoucí potenciál spatřovat i při čištění odpadních vod, a to právě při likvidaci mikropolutantů.



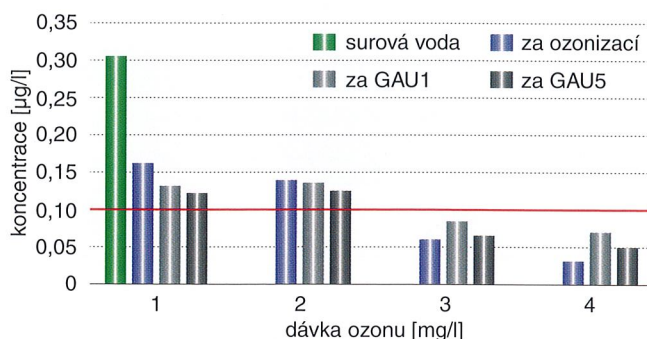
Obr. 3: Koncentrace metazachloru ESA v nádrži VD Vrchlice v průběhu roku

Reakcí ozonu s mikropolutanty dochází k jejich oxidaci a tvorbě jednodušších organických sloučenin. Ty jsou již hůře odstranitelné ozonizací, ale mikroorganismy je mohou využívat jako zdroj uhlíku. Takto může docházet ke zvýšení ukazatele AOC (Assimilable Organic Carbon), což ve svém důsledku může ovlivnit biologickou stabilitu upravované vody. Nejen proto bývá zařazována za stupeň ozonizace filtrace na granulovaném aktivním uhlí [5].

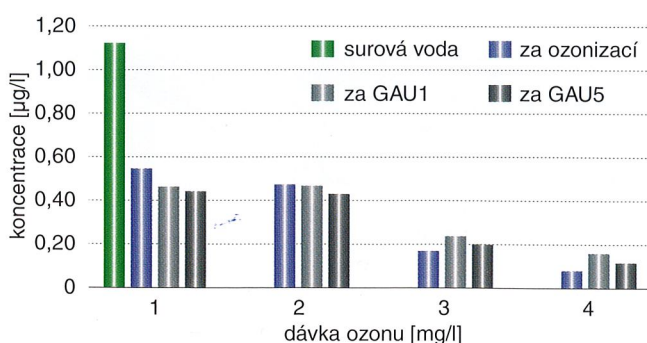
Granulované aktivní uhlí (GAU) je vysoce porézní materiál, který má obrovský vnitřní povrch. Díky tomu je schopné adsorbovat široké spektrum látek, včetně zbytků rozložených organických látek. Po filtraci na granulovaném aktivním uhlí získáváme vodu, která je nejen bezpečná z hlediska odstranění mikropolutantů, ale také biologicky stabilní, a to díky adsorpci nebo asimilaci/biodegradaci biologicky snadno rozložitelných organických sloučenin.



Graf 1: Koncentrace pesticidu dimetachlor CGA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 2: Koncentrace pesticidu metolachlor ESA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 3: Koncentrace pesticidu metazachlor ESA při různých dávkách ozonu za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)

Úprava vody U Svaté Trojice v Kutné Hoře – ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí

Na ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře byl stupeň ozonizace poprvé zprovozněn v roce 1995. Dvě ozonizační jednotky OKM-1500 vyráběly ozon z vysušeného vzduchu. K postozonizaci upravené vody za stupněm pískové filtrace docházelo dávkováním ozonu přímo do reakční nádrže směšovacími hlavicemi ve směšovacích rostech. Nevýhodou tohoto systému byla nízká koncentrace ozonu ve vzduchu (2–3 hm. %) a s ní spojená vysoká energetická náročnost výroby ozonu (15–20 kWh/kg vyrobeného ozonu).

V roce 2014–2015 prošla ÚV U Svaté Trojice rekonstrukcí a intenzifikací technologie. Do technologie byly instalovány dva generátory ozonu řady WEDECO SMOevo 410 vyrábějící ozon z čistého kyslíku (obr. 4). K dávkování ozonu do vody nyní dochází s využitím statických mísičů technologie GDS Statiflo a upravovaná voda až poté putuje do reakční nádrže. Tím dochází k vyšší účinnosti rozpouštění ozonu ve vodě, díky čemuž lze dosáhnout lepších výsledků oxidačního procesu. Generátory mohou vyrábět ozon v rozsahu koncentrací 6–15 hm. %. Vhodným výběrem optimální koncentrace O_3/O_2 lze snížit spotřebu elektrické energie na výrobu ozonu (7–10 kWh/kg vyrobeného ozonu).

Nový systém ozonizace, kromě zvýšení účinnosti a snížení energetických nákladů, poskytuje i detailnější informace o vlastním procesu ozonizace. Kontinuálně se měří koncentrace ozonu v kyslíku, průtok kyslíku, automaticky se reguluje námi zadaná dávka ozonu vzhledem k výkonu úpravy vody a měří se koncentrace ozonu ve vodě. V roce 2016 byl za stupeň ozonizace zařazen i stupeň filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Do provozu bylo instalováno pět tlakových filtrů s granulovaným aktivním uhlím. Aktuálně používanou náplní filtrů je Filtrasorb TL830.

Systémem úpravy vody na ÚV U Svaté Trojice, který zahrnuje ozonizaci s následnou GAU filtrací (obr. 5), je úprava schopna z vody účinně odstranit mikropolutanty (pesticidní látky) a vyrábět kvalitní pitnou vodu, která je biologicky stabilní.

Legislativa a pesticidní látky

Současným trendem v úpravě vody a ve sledování její kvality jsou mikropolutanty. Dochází k zařazování nově sledovaných látek i ke zpřísnování limitů pro již sledované látky. To se týká i pesticidů a jejich metabolitů. Pro pesticidní látky a jejich relevantní metabolity, které mohou mít stejné negativní účinky na lidský organismus jako mateřská látka, platí pro pitnou vodu limitní hodnota 0,1 µg/l. Pro nerelevantní metabolity, které by neměly mít škodlivé účinky jako mateřská látka, je limitní hodnota vyšší (jednotky µg/l).

V průběhu let 2022 a 2023 došlo k několika legislativním změnám u pesticidních látek, které se vyskytují v nádrži VD Vrchlice. V roce 2022 začal být nově sledován dimetachlor CGA jako relevantní metabolit pesticidů a v roce 2023 byly metolachlor ESA a metolachlor OA přechodně přerazeny ze skupiny nerelevantních metabolitů pesticidů do skupiny relevantních metabolitů. U těchto pesticidních látek byla limitní hodnota stanovena na 0,1 µg/l, kterou voda upravená na ÚV U Svaté Trojice pro dimetachlor CGA a metolachlor ESA nesplňovala.

Vliv ozonizace na odstranění pesticidních látek na ÚV U Svaté Trojice

Pro splnění přísnějších limitních hodnot bylo nutné se zamyslet, jak zajistit vyšší míru odstranění pesticidních látek z upravované vody. Jednou z možností je prodloužení doby filtrace na granulovaném aktivním uhlí. To na ÚV U Svaté Trojice není možné, protože kapacita GAU filtrů neumožňuje delší dobu zdr-

žení než používanou, a to 11,7 minuty. Další možností je změna dávky ozonu. Z toho důvodu byl v říjnu 2023 a v lednu 2024 ve spolupráci s firmou DISA s. r. o. proveden ozonizační pokus.

Na ÚV U Svaté Trojice je ozonizace zařazena za stupněm pískové filtrace (obr. 5). Dávkováná koncentrace ozonu je 1,8 mg/l, doba zdržení v ozonizační nádrži je v průměru 90 minut. Dále je upravovaná voda filtrována na pěti tlakových filtrech s granulovaným aktivním uhlím. Doba zdržení na filtrech je 11,7 minuty. Ve čtyřech GAU filtrech je náplň v provozu od března 2021. V GAU filtru číslo 5 je náplň v provozu od června 2022.

V rámci pokusu byla koncentrace pesticidů sledována na surové vodě (TrS), za ozonizační nádrží a po filtraci na filtru GAU 1 (starší náplň) a na filtru GAU 5 (novější náplň). Filtry GAU 1 a GAU 5 byly sledovány pro porovnání účinnosti odstranění pesticidů z upravované vody vzhledem ke stáří granulovaného aktivního uhlí.

Pro pokus byly vybrány čtyři dávky ozonu: 1, 2, 3 a 4 mg/l. Koncentrace ozonu 4 mg/l byla vybrána jako nejvyšší, jakou je možné vyrobit a nadávkovat stávajícím systémem ozonizace. Koncentrace pesticidů ve vodě byla analyzována laboratořemi ALS s uváženou odchylkou měření $\pm 30\%$. Celkem bylo analyzováno 103 pesticidních látek, ze kterých bylo 18 nalezeno v surové vodě ve stanovitelné koncentraci.

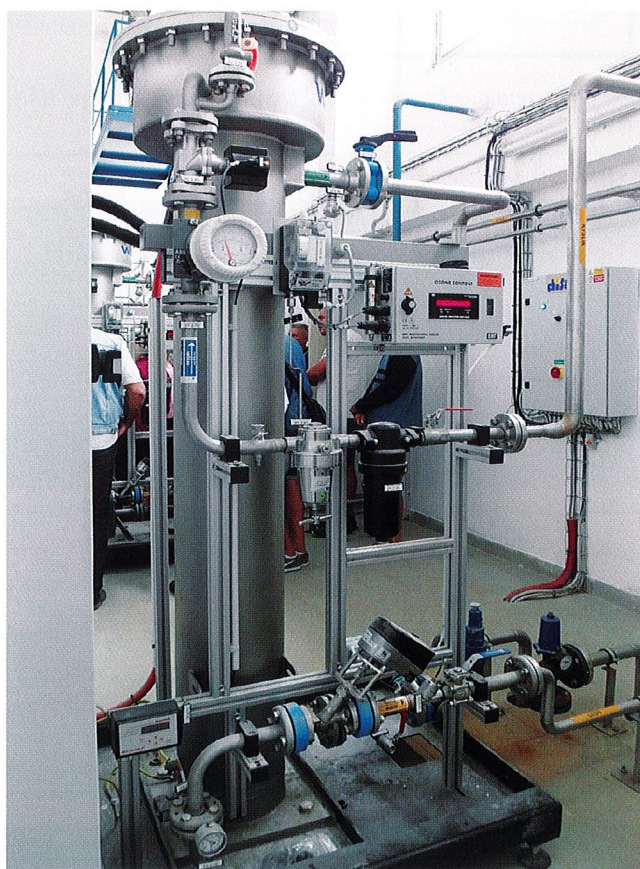
Získané výsledky ukázaly, že se zvyšující se dávkou ozonu se koncentrace pesticidů v upravované vodě snižuje. Koncentrace pesticidů byly porovnávány po ozonizaci a následné GAU filtraci na GAU 5. Nejvyšší pokles koncentrace pesticidů byl zaznamenán mezi dávkou ozonu 2 a 3 mg/l. Účinnost odstranění některých pesticidů z upravované vody se při zvýšení dávky ozonu z 2 na 3 mg/l zvýšila až o 21,9 % (tabulka 1) a při dávce ozonu 3 mg/l dosahovala okolo 80 %. Zatímco u zvýšení dávky ozonu z 1 mg/l na 2 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 1–2 % a při zvýšení dávky ozonu ze 3 mg/l na 4 mg/l došlo ke zvýšení účinnosti odstranění pesticidů o 5–7 %.

Dávka ozonu 2 mg/l s následnou filtrací na granulovaném aktivním uhlí nestačí pro splnění zprůsňovacího limitu 0,1 $\mu\text{g/l}$ jak pro pesticid dimetachlor CGA (graf 1), tak v případě metolachloru ESA (graf 2). Po zvýšení dávky ozonu na 3 mg/l je úprava schopna vyrábět vodu, která tento limit splňuje, a to dokonce už za procesem ozonizace, ještě před filtrací na GAU.

Metazachlor ESA, který se v nádrži VD Vrchlice vyskytuje v nejvyšší koncentraci, je ozonizací s následnou GAU filtrací také nejúčinněji odstraňován. Při dávce ozonu 3 mg/l je účinnost odstranění metazachloru ESA za GAU 5 přes 82 % (graf 3). Přestože je rozdíl v účinnosti odstranění pesticidů u filtrů GAU 1 a GAU 5 v rámci jednotek procent, lze pozorovat jednoznačný trend snižování adsorpční účinnosti granulovaného aktivního uhlí v čase. Pro zjištění vlivu samotné filtrace na granulovaném aktivním uhlí, bez příspěvku ozonizace, byl pokus v lednu 2024

doplněn o zkoušku s nulovou koncentrací ozonu. Pokus byl proveden ve stejném uspořádání jako v říjnu 2023.

Schopnost adsorpce granulovaným aktivním uhlím se u jednotlivých pesticidních látek významně liší. U některých pesticidních látek (např. chloridazon-desfenyl, chloridazon-methyl-desfenyl) je účinnost odstranění na GAU filtrech vysoká (přes 80 %, graf 4). Pro zajištění vyhovující kvality vody z pohledu těchto pesticidů by byla GAU filtrace dostačující. U dalších pesticidních látek, a to u metabolitů chloracetanilidových pesticidů, které se ve VD Vrchlice vyskytují ve vyšších koncentracích (např. dimetachlor CGA, metolachlor ESA, metazachlor ESA), dochází k adsorpci na GAU filtrech s nízkou účinností (10 až 20 %, graf 5). Pro tyto případy představuje ozonizace nezbytnou součást procesu úpravy vody.



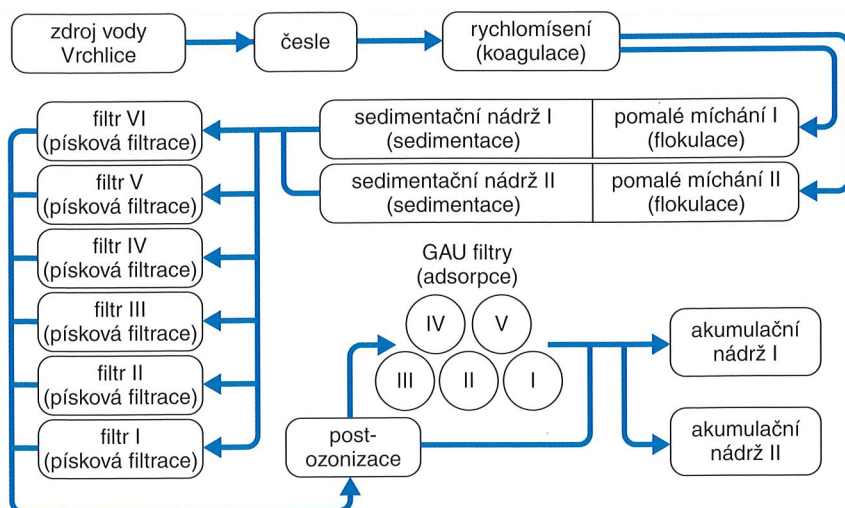
Obr. 4: Generátor ozonu řady WEDECO SMOevo 410

Tabulka 1: Zvýšení účinnosti odstranění pesticidů při zvýšení dávky ozonu ze 2 mg/l na 3 mg/l

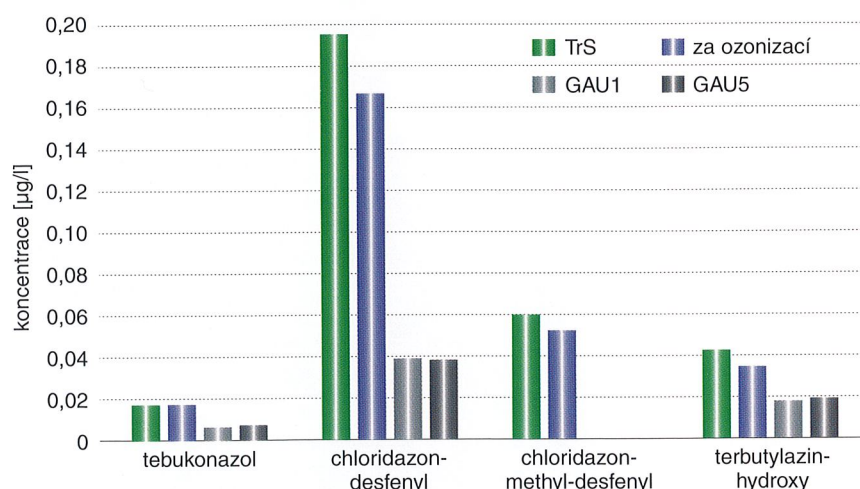
Dávka ozonu [mg/l]	Dimetachlor CGA [%]	Metolachlor ESA [%]	Účinnost odstranění pesticidů Metolachlor OA [%]	Metazachlor ESA [%]	Metazachlor OA [%]	Alachlor ESA [%]
2	51,7	58,8	55,2	61,3	60,6	58,3
3	65,6	78,6	77,1	82,6	82,3	79,2
zvýšení účinnosti	13,9	19,8	21,9	21,3	21,7	20,9

Tabulka 2: Podíl ceny ozonizace na celkové ceně výroby 1 m³ upravené vody pro dávky ozonu 1, 2, 3 a 4 mg/l

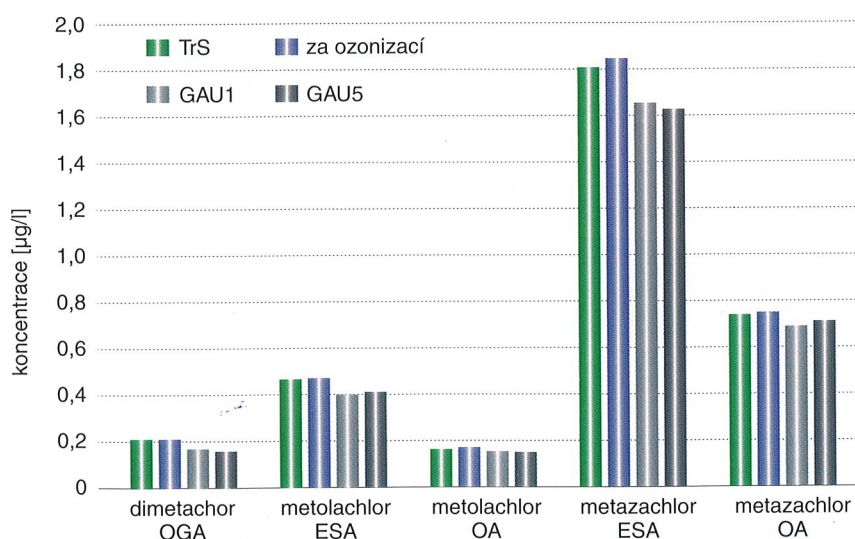
Dávka ozonu [mg/l]	1	2	3	4
ozonizace/celkové náklady na výrobu 1 m ³ upravené vody [%]	2,7	4,3	5,8	7,3



Obr. 5: Technologické schéma ÚV U Svaté Trojice v Kutné Hoře



Graf 4: Koncentrace pesticidů (tebukonazol, chloridazon-desfenyl, chloridazon-methyl-desfenyl, terbutylazin-hydroxy) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě, za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)



Graf 5: Koncentrace pesticidů (dimetachlor CGA, metolachlor ESA, metolachlor OA, metazachlor ESA, metazachlor OA) při dávce ozonu 0 mg/l v surové vodě, za ozonizací a za GAU filtrem se starší náplní (GAU 1) a s novější náplní (GAU 5)

Ekonomické nároky na ozonizaci

Odstraňování nově sledovaných mikropolutantů (pesticidních látek) z upravované vody s sebou nese další ekonomické nároky pro úpravy a odráží se na ceně upravené vody. Proto byla v rámci pokusu provedena kalkulace nákladů na ozonizaci 1 m³ vody pro dávky ozonu 1, 2, 3 a 4 mg/l a vypočítán podíl ceny ozonizace na celkové ceně výroby 1 m³ upravené vody (tabulka 2). Do provozních nákladů na ozonizaci byly zahrnuty náklady na elektrickou energii, kyslík a externí servis včetně náhradních dílů. Celkové náklady jsou přímé náklady na výrobu 1 m³ upravené vody.

Na ÚV U Svaté Trojice je používána dávka ozonu 1,8 mg/l, při této dávce ozonu činí ekonomické nároky na ozonizaci 4,0 % z celkové ceny výroby 1 m³ upravené vody.

I při nejvyšší testované dávce ozonu 4 mg/l činí náklady za ozonizaci jednotky procent celkové ceny výroby upravované vody, konkrétně 7,3 %. V případě zpřísnění limitních hodnot pro pesticidní látky metolachlor ESA a metolachlor OA by limit 0,1 µg/l splňovala voda upravená na ÚV U Svaté Trojice už při dávce ozonu 3 mg/l. Podíl ceny ozonizace na celkové ceně úpravy 1 m³ vody by se tak zvýšil ze 4,0 % na 5,8 %, tedy o 1,8 procentního bodu. Pokud se ÚV U Svaté Trojice má připravit na zpřísnění limitních hodnot u sledovaných a regulovaných mikropolutantů, zvýšení účinnosti odstranění mikropolutantů vyšší dávkou ozonu se jeví jako varianta, která nebude ekonomicky náročná. Provozní náklady by bylo možno v budoucnu ještě snížit v důsledku zamýšlené modernizace části ozonizační technologie, kterou aktuálně diskutujeme s dodavatelem ozonizace.

Závěr

Existuje mnoho odborných publikací, které se věnují kombinaci ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí, nicméně jejich drtivá většina pracuje s uměle připravenou vodou a s přidáním konkrétními mikropolutanty obvykle ve vyšších koncentracích, než je běžné v reálné pitné vodě. Účinnost ozonizace a adsorpce i jejich kombinace významně závisí na celkové kvalitě vody, vstupních koncentracích mikropolutantů a množství konkurenčních sloučenin. Například rozpuštěný organický uhlík (DOC-Dissolved Organic Carbon) konkuruje odstraňování mikropolutantů jak během ozonizace, tak během filtrace na granulovaném aktivním uhlí. Proto tyto práce neposkytují zcela spolehlivé informace o kombinaci ozonizace a GAU filtrace v reálných podmínkách. Z tohoto důvodu je tato práce praktickou ukázkou fungování kombinace

ozonizace a GAU filtrace na konkrétní úpravně, při běžném průtoku vody, se skutečným koktejlem mikropolutantů v environmentálních koncentracích a s reálným pozadím (DOC).

Z našich výsledků plyne, že schopnost adsorpce granulovaného aktivního uhlí se významně liší u jednotlivých pesticidních látek. Pesticidní látky ze skupiny chloracetanilidových pesticidů (dimetachlor, metolachlor, metazachlor) je nutné nejprve destruovat ozonizací a na GAU filtraci snižovat zbytkové koncentrace, případně vzniklé produkty oxidace ozonem. Vzhledem k tomu, že ve vodě z nádrže VD Vrchlice se tyto pesticidní látky vyskytují ve vysokých koncentracích, je pro úpravu vody na ÚV U Svaté Trojice stupeň ozonizace nezbytný.

Výrazný nárůst účinnosti odstranění pesticidů z upravované vody při zvýšení dávky ozonu pomůže ÚV U Svaté Trojice připravit se na zpřísňování limitních hodnot pro pesticidy. Výkonový potenciál ozonizačního stupně může navíc v budoucnu ÚV U Svaté Trojice pomoci při zvýšení účinnosti odstranění dalších sledovaných, zatím neregulovaných mikropolutantů, jako jsou léčiva, produkty osobní péče, nebo látky narušující endokrinní systém. Je nutné mít na paměti, že se zvýšení dávky ozonu promítne do celkových nákladů na výrobu upravené vody, a tím potenciálně i do konečné ceny pro spotřebitele. Z kalkulace nákladů na ozonizaci ale vyplývá, že toto zvýšení by nebylo veliké, jedná se o jednotky procent z celkových nákladů na výrobu upravené vody. Kombinace ozonizace a filtrace na granulovaném aktivním uhlí představuje robustní a flexibilní nástroj pro účinné odstranění mikropolutantů z upravované vody. Ozonizace snižuje zatížení náplně GAU filtrů, a tím může prodloužit jejich životnost.

Úprava vody U Svaté Trojice provozující ozonizaci s následnou filtrací na granulovaném aktivním uhlí má v rukou nejlepší dostupnou technologii pro odstranění organických mikro-

polutantů a je schopná vyrábět biologicky stabilní pitnou vodu nejvyšší kvality.

Literatura

1. Povodí Labe, státní podnik.
2. Vieira D. et. al. Pesticides residues in European agricultural soils. 2023. DOI: 10.2760/86566.
3. Kodeš V. Metazachlor a jeho vliv na kvalitu vod v ČR. Český hydro-meteorologický ústav Praha, 2021.
4. Oturan MA., Aaron J-J. Advanced oxidation processes in water/wastewater treatment: principles and applications. 2014;44(23). DOI: 10.1080/10643389.2013.829765.
5. Wang J. et. al. Production of micro-pollutants free and bio-stable drinking water, full paper from pilot testing, Singapore's national water agency, 2016.

Ing. Ladislava Hataková

Vodohospodářská společnost Vrchlice – Maleč, a. s.

Ing. Jiří Beneš

DISA s. r. o.

VAK PRAHA www.vakprahaas.cz

JSME STRÁŽCI VODOVODŮ A KANALIZACÍ

Specializujeme se na výstavbu, rekonstrukci a údržbu vodohospodářských celků pro obce, města a průmyslové areály.

- Evidence VÚME, VÚPE, JSPOP
- Plány rozvoje vodovodů a kanalizací (PRVKÚK)
- Plány financování obnovy
- Kanalizační řády a Provozní řády ČOV
- Havarijní plány
- Čištění lapolů

+420 777 400 200 info@vakprahaas.cz

- Úprava pitné vody
- Ionexové technologie
- Filtrační postupy
- Neutralizační stanice
- Tepelné úpravy vody
- Předúprava vody
- Membránová separace
- Čistírný odpadních vod
- Úprava chladicí vody
- Odvodňování kalů

VCL WATERTech, s.r.o.

Železná 492/16, 619 00 Brno www.vclwatertech.cz

tel.: +420 545 427 711
e-mail: vclwt@vclwt.cz

Jsme právním pokračovatelem firmy VA TECH WABAG Brno spol. s r.o.

ALL FOR WATER **IN-EKO TEAM**

FILTRACE **FLOTACE** **PŘEDČIŠTĚNÍ**

komunální a průmyslové ČOV rybí farmy
terciární a kvartérní čištění
redukce fosforu až na 0,1 mg/l

www.in-eko.cz

DEN malých OBČÍ

20. 3. 2025
O₂ universum Praha

27. 3. 2025
Výstaviště Flora Olomouc



Vše podstatné pro rozvoj a správu vaší obce

Registrujte se na www.denmalychobci.cz/registrace

Akční cena do 10. 3. 2025

