

# **PROVOZNÍ ZKUŠENOSTI S KONTINUÁLNÍM MONITOROVACÍM SYSTÉMEM KVALITY PITNÉ VODY NA VODOJEMU JESENICE V PODMÍNKÁCH PVK, a.s.**

**Ing. Pavla Dobrá <sup>1)</sup>, Ing. Bohdana Tláskalová <sup>1)</sup>, Ing. Miroslav Zezula <sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Pražské vodovody a kanalizace, a.s, Pařížská 11, 110 00 Praha 1  
[pavla.dobra@pvk.cz](mailto:pavla.dobra@pvk.cz), [bohdana.tlaskalova@pvk.cz](mailto:bohdana.tlaskalova@pvk.cz)

<sup>2)</sup> ECM ECO Monitoring a.s. Bratislava, Nevädzová 5, 821 01 Bratislava  
[miroslav.zezula@ecm.sk](mailto:miroslav.zezula@ecm.sk)

Současný trend ve vyspělých vodárnách je garantování kvality pitné vody nejenom akreditovanými laboratorními rozbory, ale i pomocí automatických měřících zařízení, které představují systém včasného varování. Kvalita zjišťování dat je rozhodujícím faktorem při zajišťování optimální kvality vody.

Společnost Pražské vodovody a kanalizace, a.s. (dále PVK) provozuje vodohospodářskou infrastrukturu hl. m. Prahy. Jedním ze zdrojů pitné vody pro Prahu je i dodávka vody z ÚV Želivka, která je zabezpečována štolovým přivaděčem, jenž ústí do VDJ Jesenice. Od listopadu 2013 není ÚV Želivka a tento vodojem v provozování PVK, ale Želivské provozní s.r.o. Kontrola kvality vody na přítoku do VDJ Jesenice je prováděna pravidelně podle Programu kontroly schváleného orgánem ochrany veřejného zdraví, jedná se o diskontinuální kontrolu. Vzhledem k tomu, že VDJ Jesenice je klíčovým vodojemem zásobování hlavního města Prahy, je nutné podchytit co nejdříve možné změny v kvalitě vody, popřípadě sekundární znečištění. Z důvodu ochrany zákazníků odebírajících pitnou vodu od PVK je žádoucí co nejefektivněji a v co nejkratší době zachytit případnou kontaminaci vody dopravované z ÚV Želivka štolovým přivaděčem do VDJ Jesenice. Pro zabezpečení kvality vody dodávané spotřebitelům potřebuje PVK jako provozovatel veřejného vodovodu v hlavním městě Praze znát aktuální kvalitu vody. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto v roce 2011 o instalaci včasného varovného monitorovacího systému kvality vody umístěného na konci štolového přivaděče na nátok do komor VDJ Jesenice, a to jako součást opatření krizového managementu. Realizace instalace kontinuálního monitoringu kvality vody byla provedena v roce 2012. Přenos dat z kontinuálního monitorovacího zařízení kvality vody mezi VDJ Jesenice a centrálním dispečinkem PVK zajišťuje společnost TeleDataControl s.r.o.

Na základě referencí provozovatelů vodárenské infrastruktury ve Vídni a Bratislavě PVK oslovily společnost ECM ECO Monitoring a.s. Bratislava (dále ECM), která zastupuje na území České republiky společnost S::CAN GmbH se sídlem ve Vídni. Výrobce monitorovacího zařízení firma S::CAN vyhověl kritériím požadovaným PVK na kontinuální monitoring kvality pitné vody, tzv. systém včasného varování.

Na základě konzultace projektu a účelu pořízení kontinuálního monitoringu jsme vytipovali následující rozsah sledovaných parametrů:

- `condu::lyser` vodivost
- `pH::lyser` pH  
teplota

- spectro::lyser  
NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
TOC  
CHSK<sub>Mn</sub>  
SAC 254 ( absorbance při 254nm)  
BTX
- ana::tool  
pesticidy (zástupce terbuthylazin)  
nervově paralytické látky (zástupce saxitoxin)  
uhlovodíky (zástupce benzen)

Monitorovací zařízení se skládá z analytické – snímací části (spektrometrický modul Spectro::lyser, snímače pH a vodivosti) a z vyhodnocovací jednotky con::cube. Průběžnou statistickou kontrolu naměřených dat provádí systém vali::tool, který filtruje nerelevantní údaje, např. aby nebyly zbytečně aktivovány řídicí systémy. Co nejširší spektrum možných znečišťujících látek pak zachycuje unikátní systém ana::tool. Analyzátor Spectro::lyser pracuje na nechemickém UV-VIS spektrofotometrickém principu měření. Spectro::lyser měří optické spektrum od 220 do 750 nm, a to přímo v pitné vodě. Pro pitnou vodu je šířka štěrbin 100 mm.

Monitorovací systém kvality vody byl nainstalován na VDJ Jesenice na konci štolového přivaděče na nátok do komor vodojemu. Vzorek sledované vody je přiváděn bypasssem ke spektrometrickému senzoru a v pravidelných intervalech dochází k vyhodnocení sledovaných parametrů. Sonda nejenom kontinuálně měří parametry vody, ale při předem nastavené definované odchylce vysílá alarm na Centrální dispečink PVK, kde se v IŘS PVK zobrazuje grafický záznam historických hodnot i online výsledky měření. Měřené veličiny (absorbance, TOC, CHSK<sub>Mn</sub> a NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) mají nastaven spodní a horní limit, alarmové stavy (zástupci indikující nebezpečnou kontaminaci pitné vody) pak mají nastaven varovný a alarmový limit. V případě alarmových hlášení se dále postupuje podle vnitropodnikového předpisu - okamžitý odběr vzorku vody, analytické zpracování v laboratoři, přijatá opatření v distribuci vody.

Po dobu zkušebního provozu probíhala „tréninková fáze“, kdy si sonda zapamatovala typický tvar a dynamiku absorpčních křivek matrice konkrétní vody, viz dále. Tréninky sondy prováděla v rámci servisního nastavení firma ECM. Během zkušebního provozu byl optimalizován i interval čištění sondy, kdy se zjistilo, že nestačí pouze automatické čištění, ale je nutné i čištění manuální. Po uplynutí doby zkušebního provozu byla na základě dobrých předchozích zkušeností s firmou ECM ECO Monitoring a.s. Bratislava uzavřena servisní smlouva, dle které je prováděn pravidelný profylaktický servis měřicího systému. Kromě tohoto servisu je provozovatelem ve dvoutýdenních intervalech zajištěno i manuální čištění sondy roztokem 3% HCl. Během jednoho roku, kdy je sonda v ostrém provozu, nebyl hlášen žádný alarm z důvodu nevyhovující kvality vody a nemusela být ze strany PVK prováděna žádná opatření v distribučním systému pitné vody.

Od uvedenia do prevádzky na jar roku 2012 meracia stanica na Jesenici pracovala bez prerušenia prevádzky, dostupnosť systému bola 100 %. V priebehu skúšobnej prevádzky bolo vykonaných niekoľko kalibrácií a tréningov meraných a alarmových parametrov.

### **Princíp merania a kalibrácia spektrometrickej sondy s::can spectro::lyser**

Sonda spectro::lyser detekuje pri každom meraní absorbanciu zapríčinenú meraným médiom na rôznych vlnových dĺžkach. Tieto takzvané fingerprinty (odtlačky prstov) sú

merané v rozsahu spektra od 220 - 750 nm. Použitím tzv. "Globálnej kalibrácie" sú z nameraných fingerprintov vypočítavané koncentrácie rôznych parametrov (napr.  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{N-NO}_3$ ).

„Globálne kalibrácie“ sú štandardné spektrálne algoritmy dostupné pre špecifické podmienky v typických aplikáciách (napr. komunálna odpadová voda, riečna voda, pitná voda). Vďaka týmto globálnym kalibráciám je monitorovací systém s::can schopný merania bez prípravy.

Použitím tzv. "Lokálnej kalibrácie" môžu byť v prípade potreby konkrétne parametre adaptované na aktuálnu kompozíciu vody. Lokálna kalibrácia môže byť vykonaná priamo na každej riadiacej jednotke s::can, a to bez demontáže systému alebo nutnosti použiť štandardné roztoky. Je potrebné iba vložiť výsledky laboratórnej analýzy pred spustením automatického výpočtu novej lokálnej kalibrácie. Na rozdiel od iných meracích systémov, kvalita a presnosť lokálnej kalibrácie môže byť overená priamo pri kalibrácii a zrejme chybné hodnoty môžu byť vyňaté.

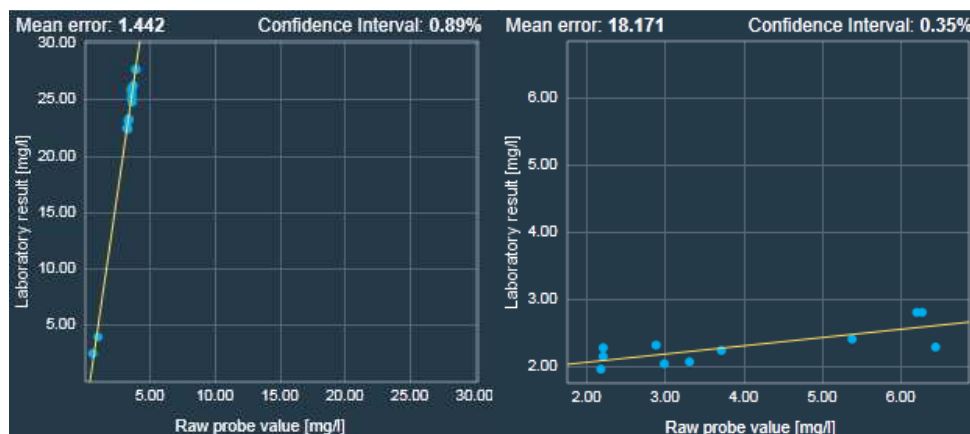
Databázu každej s::can kalibrácie tvoria výsledky konvenčných laboratórnych analýz a absorbných spektier získaných pri meraní sondy spectro::lyser. Pretože porovnávacie analýzy sú robené v laboratóriu, je nutné odobratie náhodných vzoriek vody. Meranie fingerprintov je vykonávané priamo v procese (on-line a in-situ). Z tohoto dôvodu kvalitu kalibrácie ovplyvňuje nielen odchýlka zapríčinená použitím rôznych metód, ale tiež celková chyba vzorkovania (homogenita média, biochemické reakcie v čase medzi vzorkovaním a analýzou).

## A. Lokálna kalibrácia - spectro::lyser

Na základe laboratórnych výsledkov boli v priebehu skúšobnej doby vykonávané lokálne kalibrácie meraných parametrov. Lokálne kalibrácie boli vykonané aj po cca roku prevádzky v nasledujúcich dňoch:

- 28. 01. 2013 lokálna kalibrácia TOC a  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  (dial'kovo)
- 05. 02. 2013 lokálna kalibrácia  $\text{N-NO}_3$  (dial'kovo)
- 07. 02. 2013 lokálna kalibrácia  $\text{NO}_3^-$  (počas návštevy v Jesenici)
- 04. 03. 2013 lokálna kalibrácia  $\text{NO}_3^-$ , TOC a  $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  (dial'kovo)

Nasledujúce obrazovky (Obr. č.1) uvádzajú koreláciu laboratórnych výsledkov s on-line hodnotami meranými sondou spectro::lyser zobrazenými na obrazovke riadiacej jednotky v softvéri moni::tool počas viacbodovej kalibračnej procedúry.

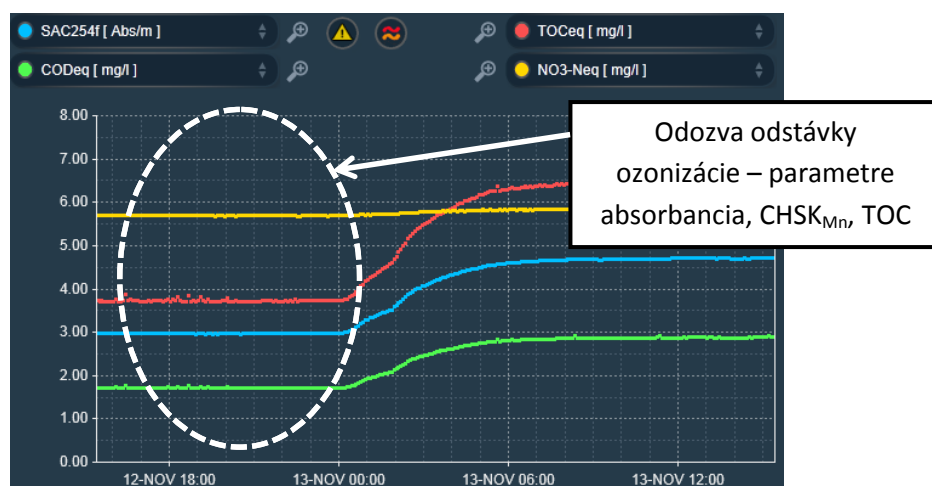


Obr. 1. Lokálne kalibrácie v prostredí moni::tool pre  $\text{NO}_3^-$  (vľavo), TOC (vpravo)

## B. Odozva systému na zmeny prevádzkových parametrov

### Vplyv ozonizácie vody

Na úpravni vody Želivka je inštalované zariadenie na ozonizáciu vody. Za účelom vykonania bežných servisných úkonov na ozonizačnom zariadení je zariadenie na nevyhnutnú dobu odstavované z prevádzky. Sonda s::can spectro::lyser je schopná detekovať odchýlku fingerprintu spôsobenú odstávkou ozonizácie. Nasledujúce obrázky dokumentujú tieto časové periódy, kedy došlo k zmene (zapnutiu/vypnutiu) ozonizácie. Na obrázku č.2 sú zobrazené časové priebehy hodnôt meraných veličín v priebehu vypnutia ozonizácie - nárast hodnôt ukazovateľov organického znečistenia – absorbancie,  $CHSK_{Mn}$ , TOC. Obrázok je vytvorený priamo v softvéri moni::tool, čo znamená, že takéto porovnanie môže byť vykonané priamo na obrazovke riadiacej jednotky con::cube.



**Obr. 2. Zmena ozonizácie (vypnutie) 13.November 2012**

### C. Tréning spektrálnych alarmov

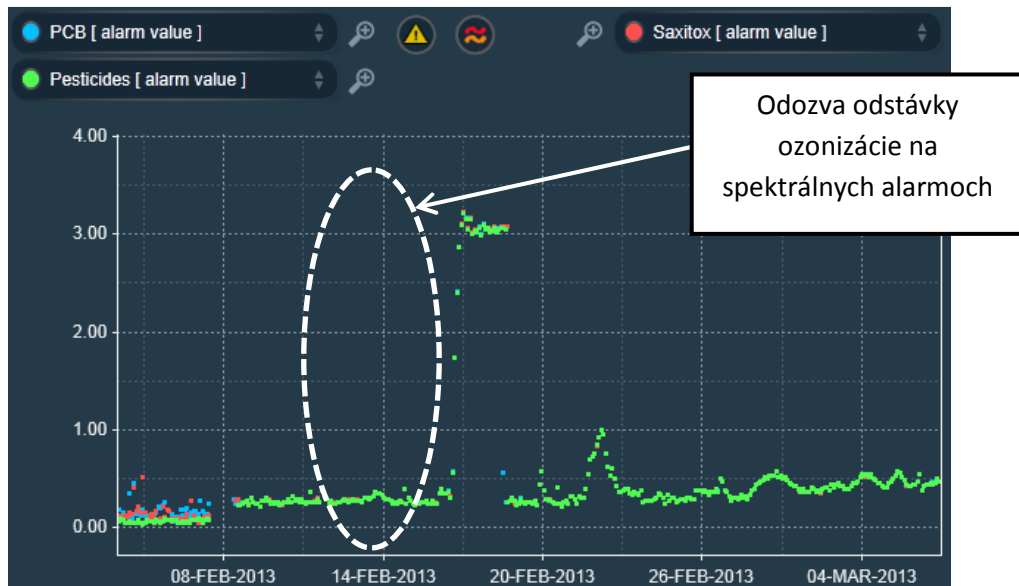
Meracia stanica s::can micro::station je vybavená softvérom ana::tool. Tento softvér umožňuje vytvorenie alarmových parametrov založených buď na meraných hodnotách, alebo na meraných absorpčných spektrách (fingerprintoch)

Pre PVK boli na základe objednávky vytvorené nasledujúce tri spektrálne alarmové parametre:

- Pesticídy (terbuthylazin)
- Saxitoxín (nervovoparalytické plyny)
- PCB (uhl'ovodíky)

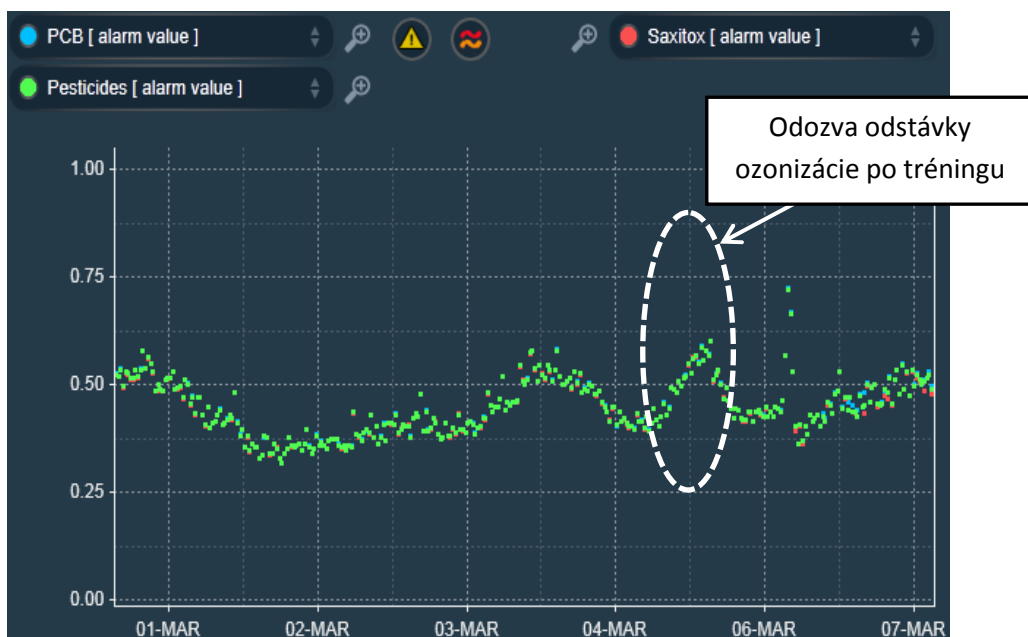
Všetky spektrálne alarmové parametre potrebujú tréningovú fázu za účelom zistenia a zapamätania typického tvaru a dynamiky absorpčných kriviek matrice neznečistenej vody. Tréning spektrálnych parametrov slúži na zachytenie všetkých prirodzených fluktuácií matrice vody a nastavenie alarmovej úrovne vyvolanej mimoriadnymi stavmi v kvalite vody. Akonáhle jeden z nastavených parametrov prekročí limitnú hodnotu, je automaticky spustený alarm pre daný parameter.

Počas prvej zmeny ozonizácie dňa 16.2.2013 bol spustený alarm všetkých troch spektrálnych alarmových parametrov, pretože modifikácia tvaru fingerprintu spôsobená vypnutím ozonizácie bola systémom indentifikovaná ako netypická (Vid'. Obr.č.3). Všetky alarmy boli vyradené cez diaľkový prístup operátorom. 18.2.2013 bol vykonaný nový tréning.



**Obr.3. Časové priebehy všetkých troch spektrálnych alarmových parametrov**

Ozonizácia bola opäť vypnutá 5.3.2013. Počas tejto udalosti alarmové parametre indikovali malú modifikáciu (vzostup na hodnotu 0,75), ale táto zmena nevyvolala alarm, pretože táto zmena fingerprintov už bola akceptovaná ako normálna (Vid'.obr.4)



**Obr. 4. Alarmové parametre po tréningu počas zmeny stavu ozonizácie**

## Údržba systému

Systém s::can micro::station je vybavený internými kontrolními rutinami, které zabezpečují, že akýkoliv problém alebo porucha systému je automaticky okamžite detekovaná. Akonáhle vznikne podozrenie výskytu akejkoľvek chyby systému, užívateľ je informovaný na čelnom paneli riadiacej jednotky con::cube a chybové hlásenie je tiež prenesené cez digitálny výstup (chybové relé) do riadiaceho systému PVK. Monitorovací systém je vybavený prietokovou meracou komorou s automatickým čistením. Čistenie je zabezpečené automatickými čistiacimi kefkami, ktoré zabezpečujú, že optické okienka spektrometra sú udržiavané v čistom stave. Napriek tomu je odporúčané manuálne čistenie počas rutinného funkčného testu. V podmienkach inštalácie na Jesenici sa tento interval ustálil na 2-týždňovej báze. Tieto úkony si zabezpečuje PVK. Okrem toho, dodávateľ systému ECM ECO Monitoring, a.s. vykonáva v štvrtročných intervaloch kontrolu a kalibráciu systému. Kontrola pozostáva z kontroly kalibrácie parametrov spektrometra -  $CHSK_{Mn}$ , TOC a dusičnany, kalibrácie senzorov pH a vodivosti a tiež z kontroly nameraných dát a celkovej činnosti systému.

## Záver

- Monitorovací systém s::can micro::station je v provozu víc jak jeden rok, a to bez jakéhokoliv přerušení způsobeného technickým problémem řídicí jednotky nebo senzoru. Funkceschopnost monitorovacího systému byla 100%.
- Senzory fyzikálních veličin (condu::lyser a pH::lyser) poskytují stabilní měření, které koreluje velmi dobře s měřením laboratorním. Senzory vyžadují minimální údržbu.
- Sonda spectro::lyser poskytuje stabilní měření, které se na začátku zkušebního měření odlišovalo od laboratorních výsledků. Po vykonání lokálních kalibrací bylo dosaženo dobré korelace s laboratorními výsledky.
- Všechny tři spektrální alarmové parametry jsou dobře natrénované a zůstávají pod kontrolou výrobce a dodavatele pomocí dálkového přístupu.
- Modifikace vodní matrice způsobená vypnutím a zapnutím ozonizace na ÚV Želivka je systémem dobře zvládnutá. Měřené parametry indikují malé změny v kvalitě vody, ale nevyvolávají alarmové stavy.
- Z poznatků vyplynulo, že před uvedením včasného varovného monitorovacího systému do běžného provozu, je nutný předchozí roční tréninkový provoz.