

Optimalizace dávkování chloru ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy za použití simulačních prostředků

Ing. Luboš Mazel ¹⁾, Ing. Radovan Krivský ¹⁾, Ing. Zdeněk Sviták ²⁾

¹⁾VAS, a.s., divize Žďár nad Sázavou, Studentská 1133, Žďár n/S

²⁾DHI HYDROINFORM a.s., Na vrších 5, Praha 10, Strašnice

Abstract:

Dodávka kvalitní vody spotřebitelům je jednou z nejdůležitějších priorit provozovatelů vodárenských systémů. Optimalizace dávkování chloru spočívá jednak v dodržení hygienických limitů koncentrace chloru u všech spotřebitelů ale i zohlednění dalších problémů jako minimalizace dávky chloru a výběr vhodné chemikálie v místech, kde hrozí vznik nežádoucích vedlejších produktů dezinfekce.

Simulace rozpadu chloru v matematickém modelu byla použita pro posouzení stávajícího způsobu dávkování chloru ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy provozovaném společností Vodárenská akciová společnost, a.s. Návrh optimalizace dávkování chloru byl proveden s ohledem na stávající poměry a pro předpokládaný vývoj potřeby vody, rekonstrukcí vodovodních řadů a předpokládaných změn technologie úpraven vody. Příspěvek popisuje dosažené výstupy, výsledky simulací pro jednotlivé řešené varianty a souhrn navrhovaných opatření.

Úvod:

„Vodárenská soustava jihozápadní Moravy“ zajišťuje zásobování pitnou vodou měst a obcí v části kraje Vysočina a kraji Jihomoravském na území okresů Žďár nad Sázavou, Třebíč a Znojmo.

Na území okresu Žďár n.S. jsou vodárenskou soustavou zásobována města Žďár nad Sázavou, Nové Město n.Mor., Bystřice nad Pernštejnem, Velké Meziříčí, Velká Bíteš a 122 obcí popř. místních částí. Soustava má pět zdrojů vody, 2 povrchové (úpravna vody Mostiště, úpravna vody Vír), 3 podzemní, 758 km vodovodních řadů (včetně rozvodných vodovodních řadů jednotlivých obcí), 53 vodojemů a 10 čerpacích stanic.

Na území okresu Třebíč a Znojmo jsou vodárenskou soustavou zásobována města Třebíč, Jaroměřice nad Rokytnou, Moravské Budějovice, Jemnice, Moravský Krumlov, Náměšť nad Oslavou, Hrotovice a 87 obcí, popř. místních částí. Soustava má 3 vlastní zdroje vody a 1 zdroj je voda přebíraná z divize Žďár n.S, 23 čerpacích a přečerpávacích stanic, 65 vodojemů a 766 km vodovodních řadů. Povrchový zdroj – ÚV Štítary (Vranov), dva zdroje podzemní – prameniště Heraltice, prameniště Slatina a přebíraná voda je z povrchového zdroje – ÚV Mostiště.

Reakce dezinfekčního činidla a jeho úbytek jsou závislé jednak na fyzikálních (teplota), chemických (dávky dezinfektantu, pH, obsah organických látek, iontů NH_4^+ , NO_2^- aj.) a mikrobiologických vlastnostech vody a jednak na materiálu, s nímž je distribuovaná pitná voda ve styku (vnitřní stěny potrubí, akumulací, volná hladina apod.). Přesné modelování takto složitého procesu, zejména s ohledem na neustále se měnící jakost pitné vody vyrobené z povrchových zdrojů, je téměř nemožné, a proto musíme při simulaci vycházet z mnoha zjednodušení a takto vzniklý model následně kalibrovat v terénu naměřenými daty.

Základním nástrojem pro posouzení koncentrace chloru v distribučním systému a návrh opatření pro zlepšení současného stavu je matematický model v programovém prostředí ODULA. Tento model byl vytvořen v rámci projektu „Generel zásobování vodou pro vodárenskou soustavu Jihozápadní Moravy“¹, který zahrnuje dva vzájemně propojené skupinové vodovody – skupinový vodovod Žďársko a skupinový vodovod Třebíčsko. V modelu je zahrnuto 560,4 km přívaděcích řadů (Žďársko - 280,1 km, Třebíčsko – 270,3 km).

V modelech vodovodních systémů se běžně provádí posouzení stáří vody. Postavení správně fungujícího modelu pro simulaci koncentrace chloru s sebou přináší několik zásadních problémů. Je to především správné nastavení koeficientů rozpadu chloru a to jednak objemového, jednak na stěně potrubí. Tyto parametry se zjišťují laboratorními testy s tím, že se dále ověřují vzorky z distribučního systému. Zároveň je třeba si uvědomit celou řadu faktorů, které ovlivňují průběh koncentrace chloru v různých místech sítě jako např. výrazný vliv řadů bez ochrany vnitřního povrchu a vliv provozu čerpacích stanic.

V modelu bylo řešeno několik základních stavů – stávající stav, krátkodobý výhled a dlouhodobý výhled. V rámci modelu stávajícího stavu byly podchyceny stávající poměry v distribuci vody a provedena kalibrace modelu na základě laboratorních měření a odběru vzorků v několika místech distribučního systému. V rámci krátkodobého výhledu byl proveden návrh doplnění dochlorovacích stanic v systému tak, aby byla eliminována některá problematická místa. Scénář dlouhodobého výhledu uvažoval s konečným stavem distribučního systému k roku 2015 s uvažováním všech důležitých změn jako zlepšení kvality vody ze zdrojů doplněním technologie, doplnění vnitřní ochrany řadů a snížení některých profilů rekonstruovaných řadů.

Kalibrace modelu – laboratorní testy

Stanovení volného a celkového chloru prováděla Vodárenská akciová společnost, a.s. divize Žďár nad Sázavou - Vodohospodářské laboratoře dle ČSN 7393 (SOP 06).

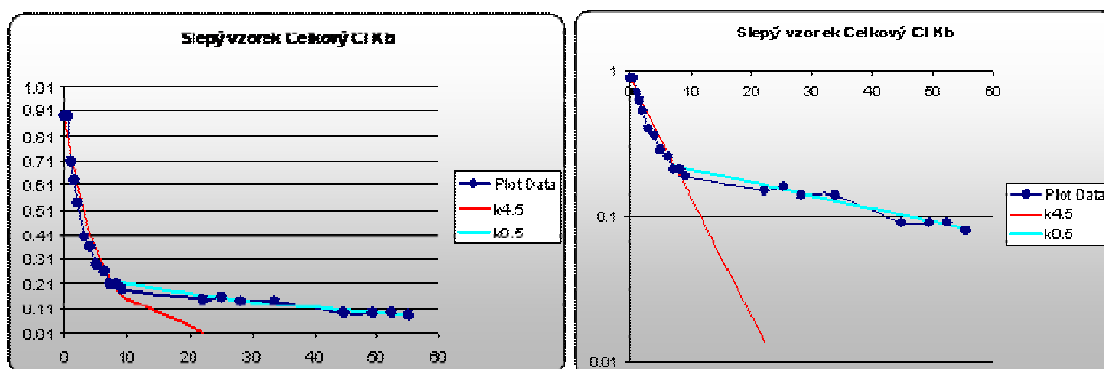
Stanovení byla provedena pro vodu z úpravny vody Vír a z úpravny vody Mostišť. Vzorky o objemu 10 l byly odebrány na ÚV Vír na konci nové akumulace a na ÚV Mostišť - kohout na výtlačném potrubí ze staré akumulace na VDJ Vídeň a byly uchovávány v temnu za konstantní teploty (odpovídající počáteční teplotě).

Rozbory vzorků byly prováděny jednak pro slepé stanovení (bez přidání kontaktního materiálu) a dále pro podmínky při styku vody s ocelovými destičkami o přibližné ploše 10 dm² (povrch destiček odpovídá za daného objemu vzorku ekvivalentnímu profilu potrubí DN 400) a dále s betonovými pásy o přibližně stejném povrchu.



¹ „Generel zásobování vodou pro vodárenskou soustavu Jihozápadní Moravy“; HDP Praha, DHI Hydroinform; 2004

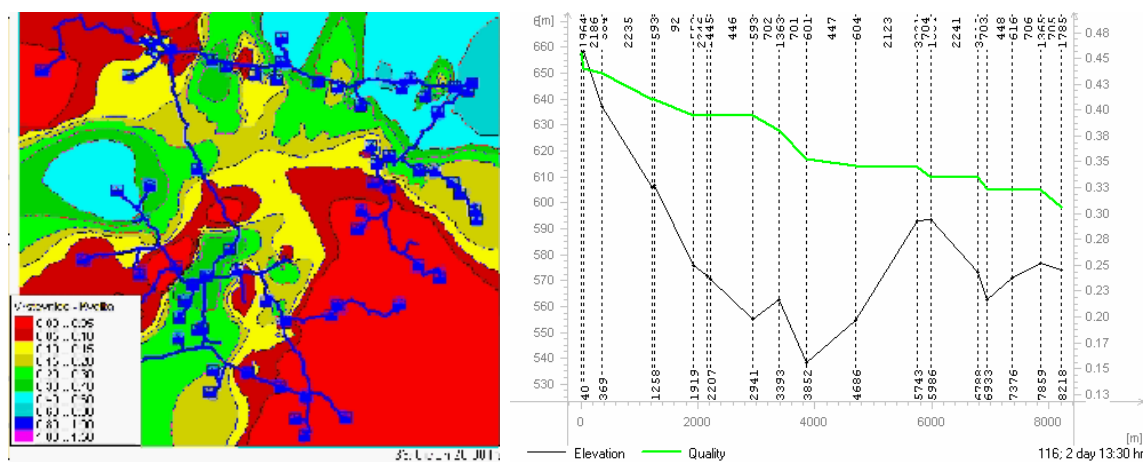
obr. č. 1 Vybavení pro laboratorní testy - odběrné nádoby, ocelové destičky a betonové pasy.



obr. č. 2 Příklad vyhodnocení koeficientů rozpadu chloru na základě laboratorních testů.

Výsledky simulace – stávající stav

V rámci simulace stávajícího stavu bylo vyhodnoceno celkové chování koncentrace chloru v distribučním systému. Pro pochopení souvislostí byla důležitá především animace koncentrace chloru v systému, kdy se projevují značné poklesy koncentrace chloru v souvislosti s režimem čerpání v hlavním distribučním systému viz obr.3.



obr. č. 3 – Výsledky simulace koncentrace Cl – tématická mapa a podélný profil

Pro stávající stav byly vyhodnoceny koncentrace chloru pro všechna předávací místa do připojených obcí (průměrná, minimální a maximální koncentrace Cl v průběhu týdenní simulace). Dále byla specifikována místa problematická, pro které byl dále proveden návrh opatření.

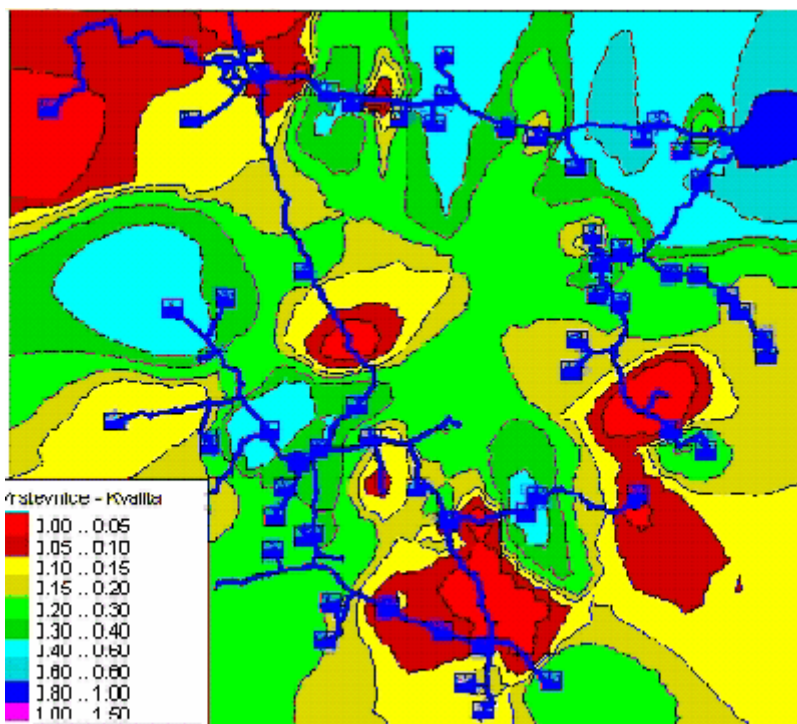
Odběrné místo	Minimální konc CL	Maximální konc CL	Průměrná konc CL	Odběrné místo	Minimální konc CL	Maximální konc CL	Průměrná konc CL	Poznámka
Bezděkov	0,290	0,300	0,298	Kdousov	0,008	0,066	0,039	Z vodojemu Skalka
Blažejovice	0,039	0,114	0,077	Kožichovice	0,004	0,012	0,008	Z vodojemu Pocoucov - uzavření obchvatu
Blažkov	0,131	0,318	0,263	Mladoňovice	0,008	0,066	0,039	Z vodojemu Skalka
Blízkov	0,098	0,167	0,120	Okřešice	0,000	0,076	0,008	Z vodojemu Okřešice
Bohuňov	0,069	0,681	0,388	Oponešice	0,013	0,064	0,037	Z vodojemu Skalka
Branišov	0,082	0,502	0,301	Pro JEDU	0,001	0,010	0,006	Samostatný řad z VDU Slavětice
Bratrušín	0,295	0,587	0,440	Račerovice	0,000	0,076	0,008	Z vodojemu Okřešice
Březí	0,024	0,164	0,085					
Březka	0,079	0,190	0,158					
Březské	0,025	0,167	0,083					

obr. č. 4 – Ukázka vyhodnocení koncentrace chloru pro jednotlivá předávací místa a identifikace problematických míst

Výsledky simulace – krátkodobý výhled

Na základě simulace stávajícího stavu byla identifikována místa s nízkou koncentrací chloru a byla navržena opatření pro nápravu. Ve většině případů bylo navrženo jedno nové místo dochlorování pro vyřešení skupiny problematických předávacích míst. Pro skupinový vodovod Žďársko byla ve většině případů potvrzena místa, kde se dnes provádí dochlorování. Pro skupinový vodovod Třebíčsko bylo identifikováno několik míst, která bude třeba dovybavit buď stálou nebo dočasnou dochlorovací stanicí.

Při uvažování zřízení nově navržených dochlorovacích míst zůstávají v systému lokální problematická místa pouze tam, kde je pouze minimální, nebo nulový odběr. Nadále přetrvávají problémy s oscilací koncentrace chloru na čerpaných přiváděcích v souvislosti s přerušovaným provozem čerpacích stanic.



34; 0 den 20:30 hod

obr. č. 5 – Tématická mapa koncentrace chloru – krátkodobý výhled

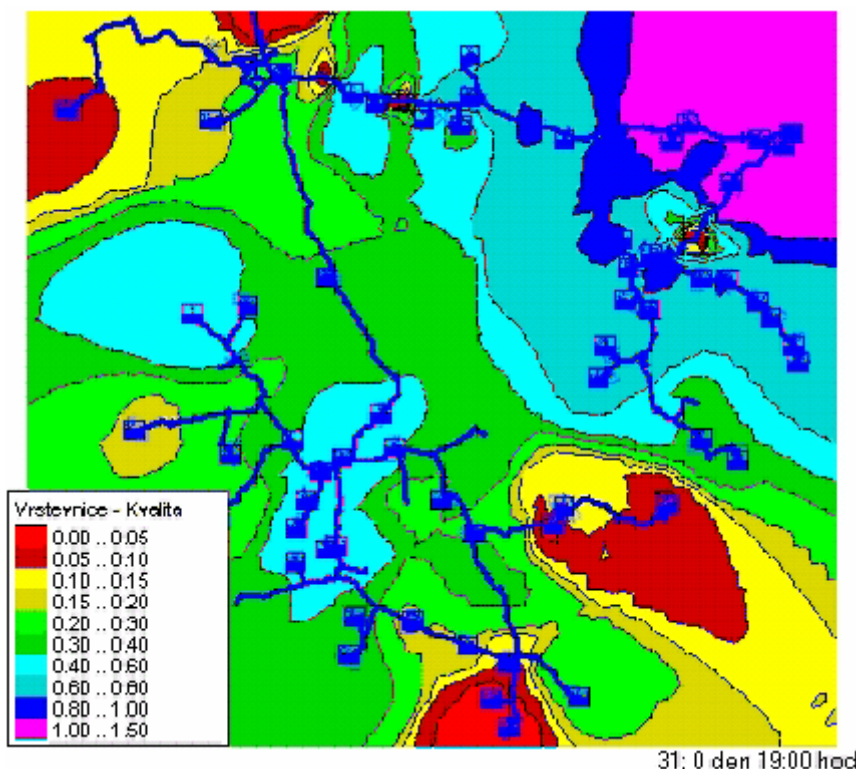
Výsledky simulace – dlouhodobý výhled

Pro dlouhodobý výhled byla uvažována všechna opatření plánovaná v rámci Generelu vodárenské soustavy k roku 2015. Jako nejdůležitější faktory ovlivňující koncentraci chloru v systému zásobování vodou byly uvažovány

- Zlepšení kvality vody dodávané ze zdrojů doplněním technologie úpravy vody
- Doplnění (optimalizace) míst dochlorování
- Opatření na distribučním systému
 - Cementace řadů - všechny řady budou ve výhledu opatřeny vnitřní ochranou
 - Zmenšování profilů řadů
 - Úpravy způsobu provozování

Pro dlouhodobý výhled dojde ke značnému zlepšení situace z hlediska koncentrace chloru v systému a bude možno jednak zrušit některá, především dočasná, místa dochlorování, jednak snížit dávky chloru.

Místa s nízkou koncentrací chloru jsou pouze koncové úseky s nulovým nebo minimálním odběrem, případně místa s přerušovaným čerpáním vody.



obr. č. 6 – Tématická mapa koncentrace chloru – dlouhodobý výhled

Závěr:

Simulační model se osvědčil jako nástroj pro řešení problematiky koncentrace chloru v systému. Simulace pomohla k porozumění významu jednotlivých faktorů ovlivňující průběh koncentrace chloru v systému a jejich vztah. Na základě zkalibrovaného modelu pro stávající stav bylo možno navrhnout a posoudit opatření pro zlepšení situace v problematických lokalitách.

Pro okamžité zlepšení stávajícího stavu byla navržena nová místa dochlorování (Třebíčsko). Pro dlouhodobý výhled byl vyhodnocen velice příznivý dopad navrhovaných opatření v rámci Generelu jako cementace řadů, doplnění technologie úpravy vody a snížení profilů některých řadů.

Kontaktní osoba: Ing. Zdeněk Sviták, DHI HYDROINFORM a.s., Na vrších 5, Praha 10, Strašnice, tel.: +420 604 290 904, Fax: +420 271 736 912
Ing. Luboš Mazel, Ing. Radovan Křivský

