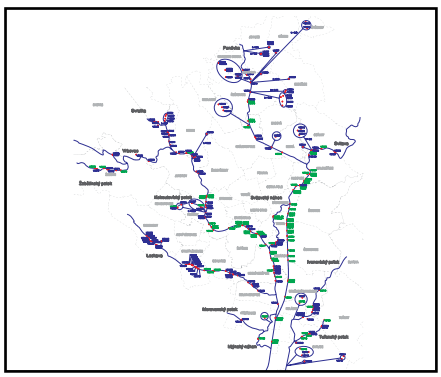
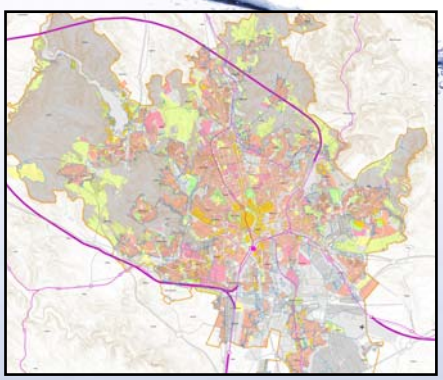




GENEREL ODVODNĚNÍ MĚSTA BRNA

PRŮVODCE PROJEKTEM

Duben 2010

B R N O

GENEREL ODVODNĚNÍ MĚSTA BRNA

PRŮVODCE PROJEKTEM

Ing. Karel Pryl
DHI a.s.
vedoucí projektu

Ing. Radek Maděřič
Pöyry Environment a.s.
člen řídícího výboru projektu

Ing. Radovan Haloun, CSc.
AQUA PROCON s.r.o.
odpovědný zástupce vedoucího projektu

Ing. Petr Prax, Ph.D.
Pöyry Environment a.s.
podpora řídícího výboru projektu

Ing. Alexandra Hradská
Pöyry Environment a.s.
odpovědný zástupce části odkanalizování

Ing. Jiří Štěpánek
Pöyry Environment a.s.
odpovědný garant části vodní toky

Ing. Václav Kaštan
Pöyry Environment a.s.
odpovědný garant části zásobování vodou

Ing. Milan Suchánek
DHI a.s.
odpovědný garant části monitoring

Objednatel Generelu odvodnění města Brna

Statutární město Brno
Dominikánské náměstí 1, 601 67 Brno

Odbor územního plánování a rozvoje
Kounicova 67, 601 67 Brno

Publikace vznikla za podpory magistrátu města Brna.

Grafická úprava MIA Studio, spol. s r. o.
Masarykovo nám. 15a, 682 01 Vyškov, Česká republika
Tel.: +420 517 324 611, fax: +420 517 324 627, GSM brána: +420 602 586 616

Copyright © 2010 MIA Studio, spol. s r. o.
Žádná část této publikace nesmí být žádným způsobem
reprodukována bez písemného svolení nakladatele.

Vydání první

Vytiskla tiskárna: Grafické podniky Kusák, s.r.o.
Kostelní 1, 682 01 Vyškov, tel./fax: 517 346 161, e-mail: kusak@kusak.cz

OBSAH

1 ÚVOD – ZDŮVODNĚNÍ A ZÁKLADNÍ CÍLE GENERELU ODVODNĚNÍ MĚSTA BRNA 1

1.1 Zadání a struktura GOmB 1
1.2 Základní cíle GOmB 1
1.3 Zpracovatelský tým GOmB 2

2 METODIKA GENERELU ODVODNĚNÍ A PRINCIP PLNĚNÍ ZADÁNÍ 3

2.1 Metodické zásady koncepce odvodnění 8
2.2 Principy schematizace řešení 9
2.2.1 Tvorba souhrnného modelu 10
2.2.2 Tvorba detailních modelů povodí kmenových stok „B“ a „C“, aktualizace existujících modelů 11
2.3 Stanovené limity pro vyhodnocení funkce městského odvodnění 11
2.4 Okrajové podmínky řešení 12
2.5 Srážky 14

3 VYHODNOCENÍ SOUČASNÉ FUNKCE SYSTÉMU 16

3.1 Vodovodní síť 16
3.2 Kanalizační síť včetně monitoringu 20
3.3 Vodní toky 29
3.3.1 Ochrana před povodněmi 29
3.3.2 Péče o jakost vody 32

4 ŘEŠENÍ VÝHLEDOVÉHO STAVU 38

4.1 Vodovodní síť 38
4.2 Kanalizační síť 41
4.2.1 Návrh RTC 49
4.3 Vodní toky 51
4.3.1 Ochrana před povodněmi 51
4.3.2 Péče o jakost vody 56

5 ZÁVĚRY – DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP 58

6 POUŽITÁ LITERATURA 59

7 CONCLUSIONS – RECOMMENDATIONS FOR FURTHER APPLICATIONS 60

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK_5	biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech
BVK	Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.
BVS	brněnská vodárenská soustava
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
ČS	čerpací stanice
DMMB	digitální mapa města Brna
EO	ekvivalentní obyvatel
EU	evropská unie
GIS	geografický informační systém
GOmB	generel odvodnění města Brna
HDV	hospodaření s dešťovou vodou
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
$CHSK_{Cr}$	chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným
MMB	magistrát města Brna
N_{celk}	celkový dusík
NL	nerozpouštěné látky
$N\text{-}NH_4$	amoniakální dusík
$N\text{-}NO_3$	dusičnanový dusík
OK	oddělovací komora
P_{celk}	celkový fosfor
PPO	protipovodňová ochrana
Q_a	průměrný roční průtok ve vodním toku
RN	retenční nádrž
RTC	řízení v reálném čase (real time control)
SMO 5	státní mapa 1:5 000
SPŽP	státní politika životního prostředí v České republice
ÚPmB	územní plán města Brna
VD	vodní dílo
VDJ	vodojem
VOV	Vírský oblastní vodovod
ZGOmB	zadání generelu odvodnění města Brna

1 ÚVOD – ZDŮVODNĚNÍ A ZÁKLADNÍ CÍLE GENERELU ODVODNĚNÍ MĚSTA BRNA

1.1 ZADÁNÍ A STRUKTURA GOMB

Město Brno je jedním z největších sídelních celků na území České republiky. Magistrát města Brna (MMB) se na přelomu tisíciletí rozhodl zpracovat ve vazbě na připravovaný „Územní plán města Brna“ (ÚPmB) nový komplexní „Generel odvodnění města Brna“ (GOmB). Jedná se o jeden z nejrozsáhlejších projektů svého druhu v České republice, založený na snaze optimalizovat akvatickou rovnováhu rozsáhlého urbanizovaného celku. Metodicky je postaven na nejmodernějších metodách aplikace výpočetní techniky. Práce byly zahájeny v roce 2007 s návazností na dílčí přípravné činnosti, zejména generely kanalizace jednotlivých kmenových stok a monitoring hydrologických podmínek, který kontinuálně pokračuje.

Zadání projektu představovalo multidisciplinární úkol v zájmovém území druhého nejrozsáhlejšího urbanizovaného povodí na území České republiky (ČR). Z pohledu zadání projektu je třeba zdůraznit, že odvádění odpadních vod se v mnoha případech stává limitujícím faktorem dalšího rozvoje města Brna. GOmB představuje územně plánovací podklad, který přináší základní informace o veškerých faktorech hydrosféry v zájmovém území, se zpětnou vazbou ovlivňující koncepční úvahy vztažené na změnu urbanizace a rozvojové plochy města Brna.

Dle specifikace v zadání (ZGOmB) je GOmB řešen v následujících kapitolách:
- Aktualizace Generelu vodovodní sítě.
- Monitoring stokové sítě.
- Přípravné práce – kanalizace.
- Koncepční část – kanalizace.
- Generely kmenových stok – detail.
- Přípravné práce – vodní toky.
- Ochrana před povodněmi.
- Péče o jakost vody.

1.2 ZÁKLADNÍ CÍLE GOMB

Hlavním cílem GOmB bylo stanovení ucelené koncepce odvodnění zájmového území tak, aby bylo zajištěno bezpečné odvádění srážkových a splaškových vod a bylo zajištěno jejich čištění na takové úrovni, že nedojde k překročení přípustného stupně zatížení vodních toků. Stanovená koncepce definuje hlavní směry vývoje systému a určuje, jakým způsobem mají být důležité prvky systému udržovány a rozvíjeny. Zde je třeba zdůraznit, že odvádění odpadních vod se v mnoha případech stává limitujícím faktorem dalšího rozvoje města Brna.
Základní „stavební kameny“ projektu GOmB spočívaly v posouzení stávajícího stavu systému odvodnění a následném variantním řešení stavu výhledového pro variantu I. a II. ÚPmB.

Hlavním cílem projektu bylo zpracovat inženýrsko-vodohospodářské úlohy definované ZGOmB do formátu územně plánovacího podkladu. Jedná se zejména o následující oblasti:
- územní plánování a územní rozvoj;
- stanovení strategie rozvoje kanalizační sítě a čistírny odpadních vod (ČOV);
- návrh protipovodňové ochrany (PPO);
- stanovení strategie provozování kanalizační sítě včetně objektů a ČOV;

- stanovení strategie protipovodňové ochrany kanalizace;
- stanovení strategie údržby sítě včetně objektů;
- investiční politika a optimalizace investičních nákladů;
- řízení sítě v reálném čase (RTC).

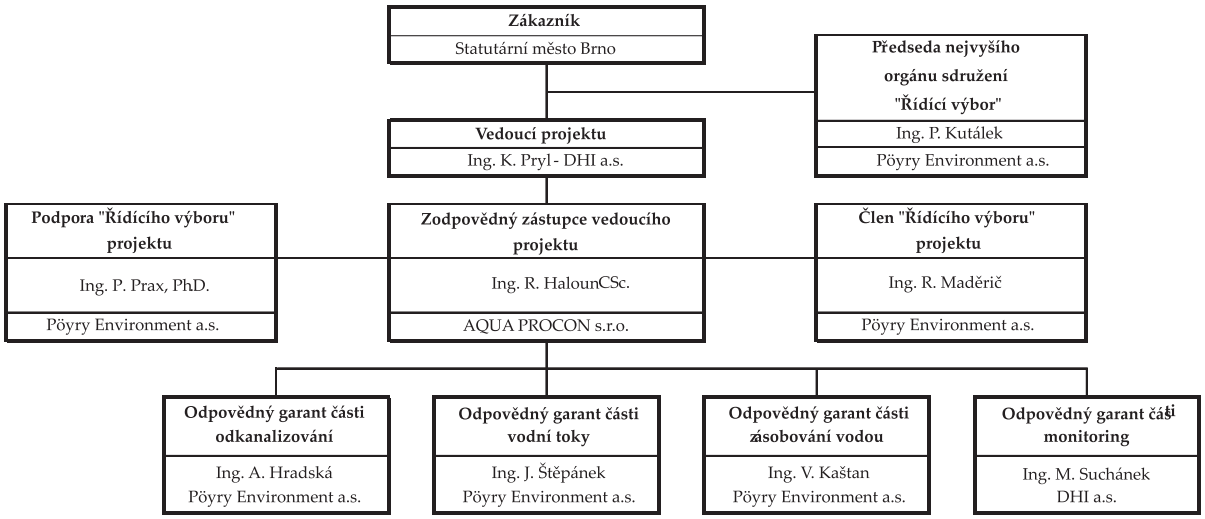
Technické cíle GOmB představují především snahu o:
- omezení akutního toxického ohrožení recipientu z kanalizace za srážkových událostí;
- ochránění nebo obnovení estetické hodnoty vodních toků;
- vytvoření podmínek pro udržení nebo znovuobnovení biologické různorodosti vodního toku;
- zabezpečení dostatečné kapacity recipientů z pohledu odvedení srážkových vod;
- zabezpečení funkce kanalizace a ČOV za povodňových stavů v recipientech;
- zlepšení hygienických a ekologických podmínek města;
- zlepšení funkce stávající stokové sítě, celková optimalizace její funkce a návrh potřebných opatření;
- přípravu podmínek pro připojení komunálních, průmyslových a jiných odpadních vod na veřejnou kanalizaci a jejich následné čištění s ohledem na plánovaný vývoj urbanizace;
- hospodaření s dešťovými vodami s ohledem na plánovaný vývoj urbanizace;
- identifikaci a postupné snižování podílu balastních vod v kanalizačním systému;
- vytvoření podkladu pro územně plánovací dokumentaci;
- návrh komfortu odvodnění na úrovni států Evropské unie (EU);
- technická, ekonomická a ekologická vyváženost návrhu.

Stanovené technické cíle GOmB jsou v rámci projektu naplňovány pomocí následujících technických postupů:
- Zvýšení retenčních schopností a transformačních vlastností stokové sítě.
- Zajištění napojení veškerých odpadních vod v zájmovém území na centrální systém odvodnění.
- Zabezpečení dovolené četnosti přepadů, dovoleného celkového objemu přepadů a celkového objemu přepadajícího znečištění formou optimalizace funkce oddělovacích komor (OK) a technickými opatřeními na stokové síti (retence, transformace, retardace).
- Zamezení vnosu znečištění do toků z přímých výustí dešťové kanalizace formou technických opatření na těchto výustích.
- Požadavek oddílného systému odkanalizování u nově odvodňovaných území.
- Zahrnutí principů hospodaření s dešťovou vodou do řešení GOmB.
- Zajištění zlepšení estetických vlastností toků snížením vnosu pevných plovoucích částic z oddělovacích komor a z dešťové kanalizace.
- Redukce možnosti kontaminace podzemní vody ze stokové sítě obnovou a rekonstrukcí kanalizační sítě.

1.3 ZPRACOVATELSKÝ TÝM GOMB

Projekt GOmB byl zpracován konsorciem firem Pöyry Environment a.s. a DHI a.s. s hlavním subdodavatelem firmou AQUA PROCON s.r.o. Mimo uvedené subjekty se na zpracování podíleli i další subdodavatelé, např. Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. (BVK) nebo Pražské vodovody a kanalizace, a.s. (spolupráce při realizaci části „Monitoring kanalizační sítě“).

Obr. 1.1. Detailní struktura odpovědných osob zpracovatelského týmu



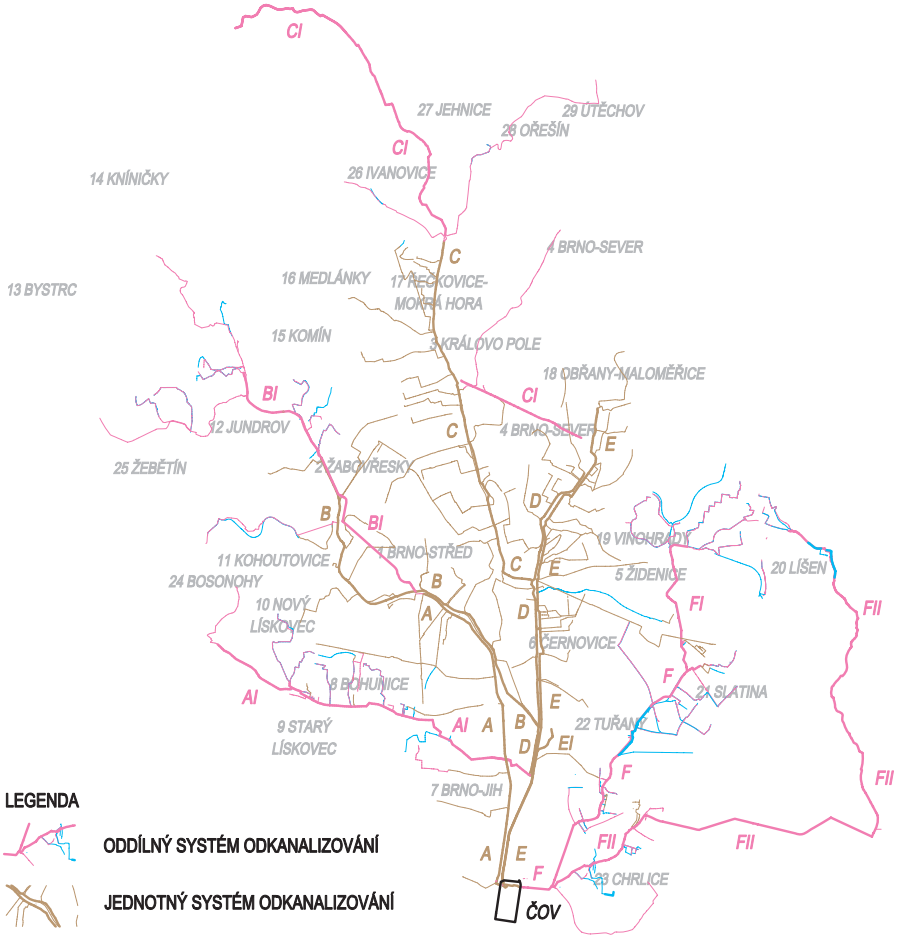
Důležitým kontrolním orgánem zřízeným MMB pro odborný dohled na plnění obsahu a dodržování termínů v souladu se ZGOmB byla expertní komise ve složení Prof. Ing. Jaromír Říha, CSc., Ing. Ondřej Dušek a Ing. Vladimír Habr, Ph.D.
Závěrečnou oponenturu projektu GOmB provedl Centroprojekt Zlín, a.s. pod vedením Ing. Jaroslava Valkoviče.

2 METODIKA GENERELU ODVODNĚNÍ A PRINCIP PLNĚNÍ ZADÁNÍ

Tvorba moderní koncepce odvodnění měst a obcí (urbanizovaných území) v ČR se ve většině případů musí vyrovnávat s ekologickým a provozně-ekonomickým dluhem předešlých generací. Ten se veřejnosti viditelně prezentuje např. eutrofizací vodních toků a poruch vyvolaných zejména „stářím“ provozovaných veřejných vodovodů a kanalizací. Povodně v letech 1997 a 2002, či účinek „bleskových povodní“ v roce 2006 a 2009 na mnohých místech v ČR naznačily, jaké neblahé následky přináší neznalost záplavových území či v horším případě jejich vědomá zástavba. Také pro město Brno je současná úroveň vodohospodářské infrastruktury v mnoha případech limitujícím faktorem dalšího rozvoje.

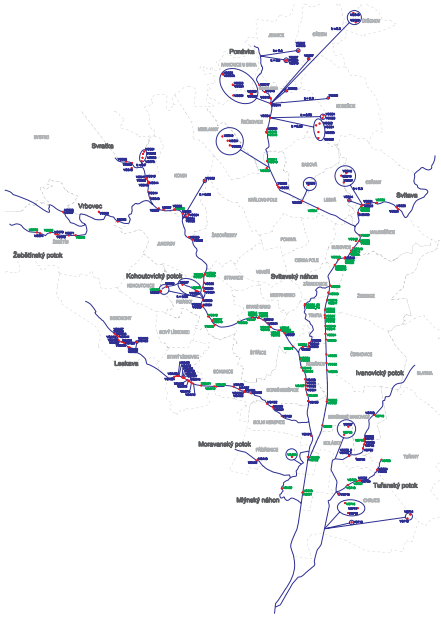
Počátky snah o nápravu tohoto stavu v městě Brně je možno spatřovat ve zpracování „Generelu kanalizační sítě města Brna“ v roce 1983. Na základě koncepce určené v tomto generelu byly postaveny či rekonstruovány části páteřního systému kmenových stok města. Páteř sítě je tvořena šesti základními kmenovými stokami „A – F“ převážně jednotné stokové soustavy (tzn. společně odvádějí znečištěné i neznečištěné odpadní vody). Ty byly doplněny úseky splaškových kmenových stok oddílné stokové soustavy (oddělená doprava znečištěných a neznečištěných odpadních vod samostatným potrubím), převážně využívajících gravitační princip dopravy odpadních vod. Podél dvou hlavních recipientů města Brna – Svratky a Svitavy jsou vedeny kmenové stoky jednotné soustavy A, B, D a E. Kmenová stoka C využila původní trasu přeloženého vodního toku Ponávka, který byl technickým zásahem odkloněn štolou v trase od žel. stanice Brno – Královo Pole do řeky Svitavy v Maloměřicích. Tyto nákladné, ale městu velmi prospěšné stavby, byly doplněny o splaškovou kmenovou stoku AI. Výstavba dílčích úseků v plánovaných trasách kmenových sběračů BI, CI, F, FII sice zahájily, ale doposud nedokončily „progresivně“ navrženou koncepci oddílné kanalizace v městě Brně. Významným počinem v oblasti revitalizace městského odvodnění bylo provedení rekonstrukce ČOV Modřice v letech 2001 – 2003.

Obr. 2.1. Schéma stávajícího stavu stokové sítě



Obr. 2.2. Schéma souhrnného modelu stokové sítě v prostředku MOUSE DHI

Obr. 2.3. Schéma modelu vodních toků v prostředku MIKE DHI



Základním principem zpracování moderní koncepce v popisovaném projektu „Generelu odvodnění“ bylo přijetí metodiky integrovaného přístupu k řešení odvodnění zájmového území. Ta pomocí nejnovějších vědecko – technických postupů metodicky řeší interakci „veřejná kanalizace – vodní toky“. Optimalizuje závažné disproporce jež jsou městskému odvodnění vlastní – zejména pak při převažující jednotné koncepci odvodnění v městě Brně. Jedná se zejména o rozpor mezi požadavky na hydraulickou spolehlivost systému s požadavky na kvalitu vody v povrchových tocích.

Hlavním úkolem státu v období let 2004 – 2010 je zabezpečení požadavků vyplývajících z Rámcové směrnice 2000/60/ES o vodní politice. Cílem této směrnice EU a Státní politiky životního prostředí v ČR (SPŽP) je především eliminace tzv. prioritních látek z životního prostředí. Snahou vodohospodářů je snížení koncentrací těchto látek v hydrosféře (ovlivněné urbanizací) na koncentrace blížící se jejich výskytu v přirozeném prostředí. Členské státy EU si uložily za povinnost dosažení přinejmenším dobrého stavu vod prostřednictvím zavedení nezbytných opatření v rámci integrovaných programů opatření a to s ohledem na existující požadavky Společenství. Tohoto stavu má byt dosaženo podle článku 4.1.(a) předmětné směrnice nejpozději do 22. 12. 2015.

Po schválení „Plánu hlavních povodí České republiky“ se musel GOmB soustředit zejména na následující cíle aktualizované SPŽP:

- splnit požadavky směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod do konce roku 2010;
- snížit znečištění povrchových a podzemních vod a zabránit, popř. snížit následky havarijního znečištění;
- zvýšit prevenci ochrany před povodněmi a zmírnit dopady období sucha zvýšením retenční a retardační schopnosti krajiny, zpomalením a vyrovnáváním odtoku srážkové vody, snížením erozních účinků povrchově odtékající vody a ověřením dostatečnosti stávajících vodních zdrojů na překlenutí období sucha;
- realizovat revitalizační opatření v krajině a na drobných vodních tocích s ohledem na komplexní řešení vodního režimu krajiny a na různé krajinné typy;
- zajistit podmínky pro život a reprodukci původní populace ryb, popř. dalším technickým i biologickým opatřením zvýšit výskyt původních vodních živočichů a omezit výskyt nepůvodních druhů ryb.

Účelem implementace směrnice 2006/44/ES o jakosti sladkých vod vyžadujících ochranu nebo zlepšení pro podporu života ryb, je chránit vody, které členské státy vymezí jako vhodné pro život ryb. Jsou stanoveny jakostní normy pro vody lososové a kaprové. (Jestliže jakost takto vymezených vod neodpovídá požadavkům směrnice, je nutno zpracovat programy akcí vedoucích ke snížení znečištění).

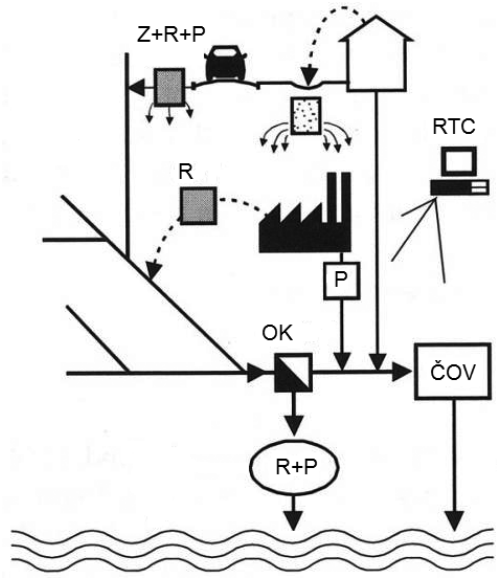
Samostatnou, nikoliv však druhořadou inženýrskou úlohou, byl návrh ochrany zájmového území před povodněmi a zajištění jeho bezpečné součinnosti s kanalizačním systémem města. Podrobněji je problematika komentována v kapitolách 3.3.1 a 4.3.1.

Nejmodernějšími dostupnými matematickými modely byly v projektu popsány (matematicky simulovány) současné dopady kanalizace v urbanizovaném území na hydrosféru. Tedy vliv antropogenní činnosti v zájmovém území na povrchové vody. Na základě vyhodnocení ekologických dopadů na recipienty byla hledána varianta rozvoje prvků městského odvodnění se stanovením opatření podmiňujících plánovité napojení rozvojových ploch podle potřeb nově zpracovávaného ÚPmB.

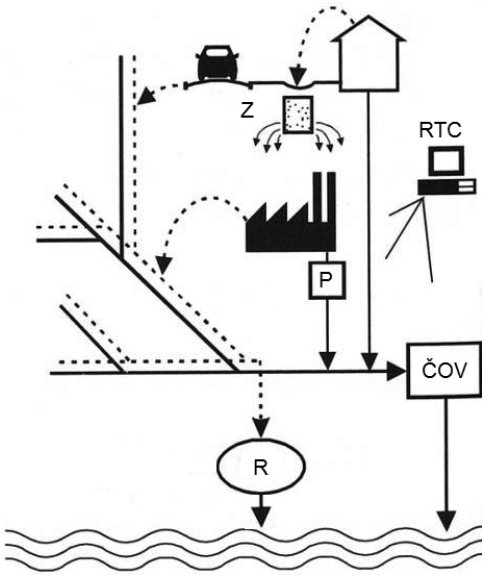
Základním koncepčním přístupem v GOmB zůstává maximální využití oddílné stokové soustavy v zájmovém území. Ve výhledových plochách či stávajících, dosud neodkanalizovaných územích, lze aplikovat nové trendy modifikovaných typů kanalizačních soustav (Obr. 2.4 a 2.5), které v rámci EU prosazují zejména ekologicky vyspělejší země (např. SRN, Finsko, Dánsko). Základní myšlenky je možno pochopit z následujících obrázků či z odborné literatury [4]. Jedná se o principy „nejlepších dostupných

technologií či postupů“ aplikovaných v městské hydrologii do podoby zásad hospodaření s dešťovými vodami. S ohledem na skutečnost, že GOmB je možno díky své digitální formě citlivě a velmi pružně měnit, bude s využitím zpracovaných matematických modelů v budoucnosti možno reagovat na očekávané změny parametrů v oblasti hospodaření s dešťovými vodami.

Obr. 2.4. Jednotná soustava s decentralizovaným hospodařením s dešťovými vodami [4]



Obr. 2.5. Oddílná soustava s decentralizovaným hospodařením s dešťovými vodami [4]



R – retence, P – předčištění, Z – zasakováním OK – oddělovací komora, RTC – řízení v reálném čase, ČOV – čistírna odpadních vod

Řešení hospodaření s dešťovými vodami na území města Brna reflektuje, ve smyslu vyhlášky 269/2009 Sb., (kterou se mění vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území), progresivní trendy zaváděné do legislativy vyspělých států EU. Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno:

- přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami, je nutné umístění zařízení k jejich zachycení,
- není-li možné vsakování, pak jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo
- není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.

Zasakování neznečištěných dešťových vod do horninového prostředí je jednoznačně pozitivním prvkem, a to především z hlediska doplňování zásob podzemních vod. To je v prostředí městské aglomerace s vysokým podílem zpevněných ploch značně omezeno. Uplatňování zasakování a regulace odtoku dešťových vod má dále vliv na snížení objemu a rychlosti odtoku povrchových vod z urbanizovaného území, což má pozitivní dopad na redukci povodňových stavů ve vodních tocích. Přestože se tedy jedná zejména o ekologická opatření, jsou známé jejich pozitivní dopady na hydraulickou spolehlivost městského odvodnění. Ta byla

v minulosti na území ČR dimenzována pomocí empirického výpočtového postupu na dvouletý „Návrhový déšť“. Jednalo se o velmi zjednodušený výpočtový přístup, který využíval též původní GOmB z roku 1983. Posouzení skutečné hydraulické spolehlivosti bylo možno získat až využitím nejnovějších srážko – odtokových matematických modelů v 90. letech minulého století. Po legislativních změnách spojených s harmonizací národní legislativy s předpisy EU (viz. tab. 2.1) byly zvýšeny požadavky na hydraulickou spolehlivost. Další rozvoj města v oblastech s jednotnou kanalizací by tedy byl nemyslitelný bez nákladných rekonstrukcí kanalizační sítě. Nezbytným úkolem projektu tedy bylo sladění navýšení hydraulické spolehlivosti stokové sítě s požadavky na ekologickou ochranu recipientů a celkovou optimalizaci systému včetně protipovodňové ochrany města Brna.

Hydraulicky nekapacitní oblasti byly v GOmB jednoznačně deklarovány pomocí matematické simulace na detailních hydraulických modelech stokové sítě. Bylo využito dvouleté syntetické návrhové srážky se zohledněním jejího plošného rozložení. Ze statistického hlediska byla její plošná distribuce zadávána tak, aby získala charakter srážky s periodicitou výskytu p = 0,2 rok^{-1}. Ve výhledových stavech městského odvodnění byla navržena nezbytná, ekonomicky únosná opatření, jež odstraní v městě Brně limity pro novou výstavbu (včetně rezervy pro rozvoj dopravní infrastruktury).

Tab. 2.1. Orientační hodnoty četností výpočtových dešťů pro návrh stokových sítí (ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky)

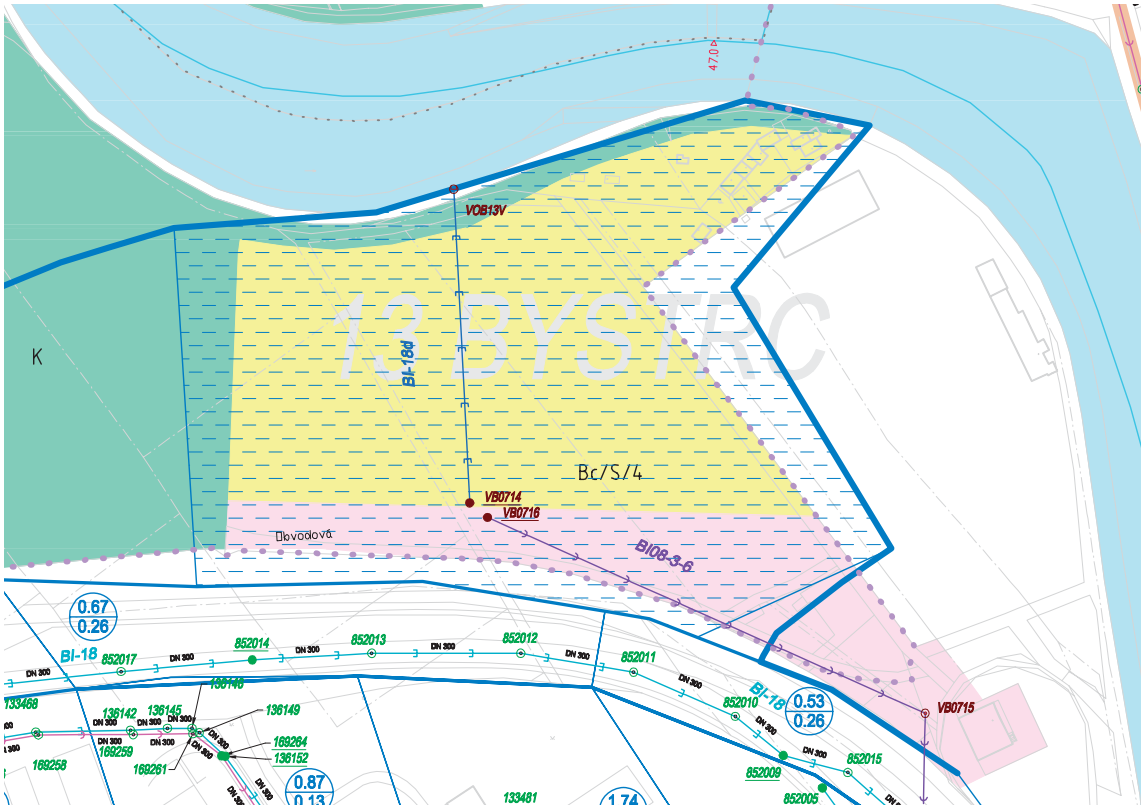
Četnost výskytu výpočtových dešťů N	Lokalita
1 (1x za 1 rok)	venkovská území
0,5 (1x za 2 roky)	obytná území
0,5 (1x za 2 roky) 0,2 (1x za 5 roků)	městská centra průmyslová a komerční území: ▪ s kontrolou povodňového stavu [1)] ▪ bez kontroly povodňového stavu od dešťových přívalů
1 (1x za 1 rok)	podzemní dráhy, podjezdy [1)]
[1)] Poznámka: v místě jsou stanoveny intenzity dešťových srážek pro nucený odtok.	

Základní představu o možnostech území a způsobu hospodaření s dešťovou vodou ve vytipované oblasti získává investor z rešerše v Generelu geologie, hydrogeologie a inženýrské geologie města Brna, který spravuje odbor životního prostředí magistrátu města Brna. Zásadní informace z tohoto projektu však byly v roce 2007 začleněny též do GOmB (viz obr. 2.6). Pro přesné stanovení možnosti zasakování dešťových vod do horninového prostředí v konkrétní lokalitě je zapotřebí vždy realizovat podrobný hydrogeologický průzkum, kterým budou upřesněny hydrogeologické podmínky v místě staveniště, a který vyhodnotí možnosti zasakování neznečištěných dešťových vod pro konkrétní lokalitu ve vztahu k propustnosti horninového prostředí a k požadavku na množství zasakovaných vod.

Zasakování nesmí být v žádném případě povoleno na území s výskytem prokázané kontaminace zemin či podzemních vod či v oblasti skládek odpadů. Toto platí i pro oblasti s propojením kvartérní a neogenní zvodně, pokud se průzkumem neprokáže, že v místě stavby je vyvinut izolátor z neogenních jílů. Využití zasakování v území není doporučeno také v oblastech výrazných projevů svahových nestabilit. V některých oblastech, u kterých je vyhlášeno ochranné pásmo, lze povolit zasakování pouze v případě získání kladného stanoviska provozovatele či správce daného území. V případě ostatních dílčích rizikových oblastí (např. členitý terén) musí být rizika vyplývající z těchto oblastí vyhodnocena při zpracování podrobného hydrogeologického průzkumu.

Jednotnou kanalizační síť města Brna bude dešťovými vodami zatěžovat pouze 19,2 % výhledových ploch. Ze zbývajících 80,8 % výhledových ploch bude dešťová voda odvedena oddílnou soustavou do povrchových vodních toků. Budování oddílné soustavy v rozvojových plochách GOmB jednoznačně preferuje.

Obr. 2.6. Ukázka plochy vhodné pro zasakování (GOmB, Hydrotechnická situace)



2.1 METODICKÉ ZÁSADY KONCEPCE ODVODNĚNÍ

GOmB navazuje koncepčně na Generel kanalizační sítě města Brna z roku 1983. Páteř stokového systému města Brna je tvořena šesti základními kmenovými stokami převážně jednotného systému, které jsou doplněné systémem splaškových kmenových stok, většinou s využitím gravitačního principu dopravy odpadních vod. Podél dvou hlavních recipientů města Brna – Svratky a Svitavy jsou vedeny kmenové stoky jednotné soustavy A, B – D a E. Tyto sběrače doplňují splaškové kmenové stoky: AI, BI, CI, F, FII.

Nakládání s dešťovými vodami je v podmínkách zájmového území města Brna motivováno především ekologickými problémy. Jak vyplynulo z posouzení převažují „čistotářské“ problémy nad problémy s hydraulickou přetížeností stokové sítě. Zařazení „Hospodaření s dešťovou vodou“ (HDV) do obecných principů GOmB bylo tedy stěžejním bodem naplnění opatření ke snížení dopadů stávající jednotné stokové soustavy na navazující vodní toky v zájmovém území města Brna. Zejména z pohledu velmi málo vodných recipientů v zájmovém území v letním období, což bohužel platí i pro oba nejvýznamnější toky, tedy řeku Svratku a Svitavu. Z pohledu správce nejvýznamnějších vodních toků v zájmovém území (Povodí Moravy, a.s) již nebude bez uplatnění v GOmB definovaných a matematickou simulací ověřených zásad (tedy zejména nastavení parametrů oddělovacích komor a důsledné uplatňování pokynů pro HDV v zájmovém území) povolováno nové připojení splaškových vod z rozvojových oblastí města Brna a jeho satelitů na veřejnou kanalizaci.

HDV má taktéž napomáhat redukci povodňových stavů v místních vodotečích. Bude redukovat nepříznivý trend výskytu povodňových stavů, jež by nastaly zrychlením povrchového odtoku srážkových vod, vyvolaných dalším rozšiřováním zpevněných ploch podle nově připravovaného ÚPmB. Metodika HDV je tedy navržena a v plném rozsahu platí také pro oddílnou dešťovou stokovou soustavu, která je v rozvojových oblastech rovněž vyžadována. Dalším důvodem vedoucím k zavádění HDV je časté napojení splaškové kanalizace oddílné stokové soustavy na stávající gravitační jednotnou kanalizaci.

Z výše uvedených důvodů byla do GOmB zapracována následující pravidla, jež budou požadována od všech investorů pro napojení srážkových vod z rozvojových ploch začleněných do Územního plánu města Brna.

Za účelem zajištění bezproblémového fungování kanalizační sítě města Brna a pro umožnění výstavby na všech rozvojových plochách podle Územního plánu města Brna, se na základě GOmB stanovuje regulace odtoku dešťových vod v hodnotě 10 $l.s^{-1}$ z neredukovaného hektaru pro všechny reálné srážky v zájmové oblasti (pro jednotnou i oddílnou stokovou soustavu, bez ohledu na typ zástavby), které nepřekročí limitní hranici přívalového deště. Ten je pro město Brno stanoven jako srážka o periodicitě výskytu p = 0,2 rok^{-1}, tedy pětiletý déšť podle Reinholda (pro ČR zpracoval Výzkumný ústav vodohospodářský Praha – Ing. Trupl (1958): Intenzity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy).

Návrh retenčních objemů pro zajištění hospodaření s dešťovými vodami je možné vyhodnotit:
- Empiricky – stanovením retenčních objemů pomocí empirického výpočtového postupu (např. podle ČSN 75 6261 Dešťové nádrže, článek 7.4) s využitím uspořádaných náhradních dešťových intenzit (Ing. Trupl (1958)).
- Deterministicky, pomocí dlouhodobé simulace srážkoodtokového děje s využitím závazných, místně platných historických dešťových řad.

Pouze na území, které bylo nařízením vlády č. 54/1989 Sb. vyhlášeno jako „Městská památková rezervace Brno“, se bude postupovat individuálně v intencích výpočtů „Detailního modelu kmenové stoky B a C“ popisovaného Generelu odvodnění města Brna.

2.2 PRINCIPY SCHEMATIZACE ŘEŠENÍ

Komplexnost vlastního řešení moderně pojatého generelu odvodnění vede k situaci, kdy je velmi složité vyřešit celý systém městského odvodnění v jedné úrovni detailu. Řešení generelu větších územních celků je proto nejčastěji prováděno v několika úrovních tak, aby bylo možno v dané úrovni projektu efektivně řešit klíčové vodohospodářské úlohy. Různé úrovně řešení je možné obecně charakterizovat rozdílnou schematizací stokové či říční sítě v matematickém modelu. Také okrajové podmínky (zatěžovací stavy systému) mají specifický charakter zaměřený na problémový okruh řešených vodohospodářských úloh.

Volba schematizace je při řešení vodohospodářských úloh jedním z nejpodstatnějších kroků. Schematizace řešení dané problematiky přitom vychází ze stanovených cílů řešení.

V zásadě lze při řešení generelu odvodnění aplikovat dvě rozdílné úrovně řešení:

Úroveň souhrnného modelu

Na úrovni schematizovaného modelu je systém městského odvodnění popsán v podobě, která věrně popisuje distribuci odpadní vody při průchodu celým systémem. Srážko-odtokový proces je popsán na systému povodí přiřazených k jednotlivým úsekům kmenových a dalších významných stok. Proces transportu odpadní vody a proces transportu znečištění je tedy definován na systému kmenových sběračů

a důležitých stok obsahujícím všechny objekty (oddělovací komory, čerpací stanice (CS), shybky, ad.). Mezi hlavní řešené problémové okruhy patří stanovení dlouhodobé transportní a retenční funkce stokové sítě, funkce oddělovacích komor a dalších objektů na síti, a taktéž vlivu stokové sítě na recipient.

Úroveň detailního modelu

Na úrovni detailního modelu je systém městského odvodnění schematizován do podoby detailně popisující celý systém z pohledu stokové sítě a povodí. Srážko-odtokový proces je definován na souboru detailních povodí jednotlivých stokových úseků. Stoková síť je reprezentována všemi stokami (kromě přípojek). Mezi hlavní řešené problémové okruhy patří podrobné stanovení kapacitní funkce a přetížení stokové sítě v jednotlivých úsecích stok.

2.2.1 TVORBA SOUHRNNÉHO MODELU

Základem pro řešení GOmB je sestavení souhrnného matematického modelu kanalizační sítě a vodních toků na území města Brna. Postavený matematický souhrnný model stávajícího stavu odvodnění je nutné kalibrací sjednotit s průběhem srážko-odtokových dějů dle skutečnosti. Souhrnný model je vytvořen za účelem simulace stávajícího stavu odvodnění a stanovení hydraulické a provozní spolehlivosti kanalizační sítě.

Hlavní zásady provedené schematizace:
- jsou zachovány všechny stoky vedoucí k rozvojovým územím;
- jsou zachovány všechny důležité objekty, spojné a rozdělovací šachty;
- je provedena tzv. vnitřní schematizace, tj. jsou vymazány šachty, kde nedochází ke změně profilu potrubí, nedochází k významné změně směru toku nebo významné změně sklonu;
- splaškové stoky nejsou z většiny do souhrnného modelu zahrnuty. Splaškové vody z povodí oddílné kanalizace jsou definovány uceleným povodím s příslušným počtem připojených obyvatel;
- průmyslové odpadní vody jsou zadány do modelu okrajovou podmínkou. Hodnota je zadána jako průměrná, v odůvodněných případech a dle kvality podkladů je použito kolísání průtoku;
- splaškový průtok je definován na základě spotřeby vody (v souladu s generelem vodovodu);
- variace průtoku pro splaškové vody je definována k monitorovacím bodům;
- povodí splaškové kanalizace – označeno ve jménu povodí;
- povodí dešťové kanalizace – označeno ve jménu povodí;
- grafická prezentace povodí je provedena pouze pro dešťovou a jednotnou kanalizaci;
- efektivní plocha ke každému povodí zůstává v podstatě zachována;
- zelené plochy, jako jsou bloky zahrad rodinných domů, neudržované zelené plochy v intravilánu, apod. jsou z hydrotechnické situace vyčleněny, pokud jejich neredukovaná plocha je větší než 1 ha;
- plochy menší než 1 ha jsou přiřazeny k okolním okrskům a zohledněny nižším odtokovým koeficientem;
- materiály jsou definovány na základě skutečnosti a zařazeny do prvních 7 typů materiálu dle MOUSE;
- Kuřim – Stoka C – řeší se jen bodovým vtokem, není zahrnuta síť ve městě;
- napojení stoky FII je řešeno bodovým vtokem v místě ČS Ponětovice. Okolní obce jsou řešeny schematicky (bodový vtok);
- na stoce FII je měrný bod mezi obcemi Podolí a Líšeň;
- FIII - není součástí řešení současného stavu;
- Modřice - je řešeno bodovým vtokem;
- na stoce B je výpustní místo fekálních vozů, tento přítok odpadních vod je v modelu zohledněn bodovým vtokem.

Vyhodnocení výsledků výpočtů stávajícího stavu kanalizační sítě dává podklad pro návrh opatření pro výhledový stav. Pro návrh výhledového stavu bylo nutné do modelu zapracovat veškeré změny osídlení vyplývající z návrhu UPmB dle I. a II. varianty. Pro odvedení splaškových a dešťových vod bylo nutné do modelu zapracovat taková opatření, která zajistí bezproblémovou funkci celé kanalizační sítě, dají podklad pro řešení problémových míst na kanalizační síti a v neposlední řadě předurčuje opatření, která zajistí snížení kvalitativní zátěže povrchových toků protékajících městem.

2.2.2 TVORBA DETAILNÍCH MODELŮ POVODÍ KMENOVÝCH STOK „B“ A „C“, AKTUALIZACE EXISTUJÍCÍCH MODELŮ

Bylo nutné vytvořit detailní matematické modely pro povodí kmenových stok B a C, které nebyly do doby zadání GOmB zpracovány. Tyto chybějící detailní modely dokončily strategii vytváření a odladění databáze co nejpodrobnějších matematických modelů sub-povodí výše popsaných kmenových stok zahájenou v devadesátých letech minulého století.

Aktualizace existujících modelů byla provedena v rozsahu odpovídajícím schematizaci spojeného modelu.
Bylo nutno zejména sjednotit popis výpočtových uzlů – jména šachet byla použita dle geografického informačního systému (GIS). Tam, kde nejsou data z GIS (např. data jiných provozovatelů), jsou šachty označeny prefixem kmenové stoky a čtyřmístným číslem.

Jména objektů jsou označena jako prefix_jméno stoky_číslo objektu_jméno z GIS (příklad OKF32_156568). Číslování je provedeno v koordinaci s existujícím značením provozovatele kanalizačních sítí (BVK).

Použité prefixy:
- OK – oddělovací komora;
- RK – rozdělovací komora;
- CS – čerpací stanice;
- V – výust.

Veškeré kalibrované a verifikované detailní modely kmenových stok byly podkladem pro zpracování souhrnného modelu. Jejich základním cílem je doložení informací o hydraulické spolehlivosti stokové sítě. V budoucnosti poslouží pro optimalizovaný návrh hydraulické spolehlivosti výhledového stavu stokové sítě v rámci „Správy GOmB“. Je na nich možno testovat dopady etapizace dílčích rekonstrukcí, které zákonitě vyvolají „provozní mezistavy“.

2.3 STANOVENÉ LIMITY PRO VYHODNOCENÍ FUNKCE MĚSTSKÉHO ODVODNĚNÍ

GOmB navazuje koncepčně na generel kanalizační sítě města Brna z roku 1983. Na základě koncepce určené v tomto generelu byly postaveny části páteřního systému kmenových stok města. Páteř stokového systému města Brna je tvořena kmenovými stokami jednotného systému, které jsou doplněné systémem splaškových kmenových stok, většinou na gravitačním principu dopravy odpadních vod. Podél dvou hlavních vodních toků města Brna – Svratky a Svitavy jsou vedeny kmenové stoky jednotné soustavy A – EI a tyto doplňují splaškové kmenové stoky: AI, BI, CI, F, FII.

Spojený model kanalizační sítě neřeší detaily odkanalizování jednotlivých výhledových ploch. Ty jsou řešeny v detailních modelech kmenových stok. V rámci spojeného modelu je specifikováno, jak se má stávající systém v daném území dobudovat a jak se má řešit vazba na vodní toky.

- GOmB určuje způsob odkanalizování v jednotlivých částech města. Pro výhled bude zachován stávající systém kmenových stok
  - jednotného systému – A, B, C, D, E a EI;
  - oddílného systému – AI, BI, CI, F, FI a FII.

  Pro návrh kanalizační sítě zajišťující rozvoj města dle ÚPmB – varianta I. a II. je počítáno s tím, že kmenové stoky oddílného systému budou napojeny na stávající jednotný systém v místech, ve kterých se na jednotný systém napojují v současnosti.
  Dobudování oddílného systému se samostatným napojením na ČOV v Modřicích je předpoklad dlouhodobého výhledu dobudování kanalizační sítě města do roku 2050 – v GOmB tudíž není zadáno a ve výpočtech není vyhodnoceno.

  V rámci GOmB – modelování výhledového stavu je navržen systém odvodnění jednotlivých rozvojových ploch a ploch dostaveb, které jsou navrženy ve variantě I a II. návrhu ÚPmB. Pro každou plochu je specifikován systém odvodnění, včetně vazeb na rekonstrukce a úpravy na stávající kanalizační síti, požadavky na nakládání s dešťovými vodami, nutnost ochrany dané lokality před povodněmi.

- Ve vazbě na požadavky rozvoje města a nutnosti ochrany vodních toků před znečištěním jsou navrženy nutné rekonstrukce hlavních a kmenových stok, včetně návrhu systému retenčních dešťových nádrží tak, aby byla dodržena dohoda mezi městem Brnem a správcem toků (Povodím Moravy) o ochraně kvality vody v řekách protékajících městem Brnem. Je navrženo umístění retenčních nádrží (RN) a jejich nutný objem.

- Návrh hospodaření s dešťovými vodami je navržen na základě zpracované hydrogeologické studie, která lokalizuje místa:
  - kde je možné zasakování dešťových vod. Tento předpoklad bude nutné ověřit a doložit podrobným hydrogeologickým průzkumem v dalších stupních projektové dokumentace;
  - kde geologické podmínky zasakování neumožňují a při návrhu odkanalizování bude nutné navrhnout zpoždění odtoku dešťových vod odtékajících do jednotné nebo dešťové kanalizace.

- Je určen maximálně možný odtok dešťových vod z rozvojových ploch hodnotou 10 $l.s^{-1}$ na neredukovaný ha.

- Součástí návrhu výhledového stavu kanalizační sítě je doporučení rozsahu měření na kanalizační síti a dále požadavky na vybavení center pro řízení a provoz kanalizační sítě, včetně určení nutných prostor pro tato zařízení. Toto je popsáno v samostatné kapitole 4.2.1.

- Systém prázdnění dešťových nádrží bude nutné koordinovat s provozem ČOV, protože čerpání těchto vod bude mít vliv na zatížení ČOV.

2.4 OKRAJOVÉ PODMÍNKY ŘEŠENÍ

Tvorba dlouhodobé koncepce odvodnění je hledáním vyvážené rovnováhy mezi optimalizací existujícího systému a optimalizací vlastního návrhu odvodnění. Na základě navržených (technických) cílů byl stanoven soubor technických opatření. Při realizaci technických opatření došlo k postupnému naplňování cílů generelu odvodnění a tím i k optimalizaci provozu a řízení stokové sítě i čistírny odpadních vod. Výsledné řešení je pak syntézou daných okrajových podmínek (velikost zájmového území, obyvatelstvo,

průmysl, vodní toky, legislativa ČR a EU, …) a možných technických řešení respektujících ekologické priority a ekonomické možnosti města Brna.

Schematizovaný model kanalizační sítě vychází z aktualizovaných matematických dílčích modelů povodí kmenových stok, které maximálně využívaly plné kapacity numerického modelu MOUSE DHI v době svého zpracování. Pro vyváženost spojeného modelu bylo nutno volit jednotná pravidla diskretizace stokové sítě s cílovým stavem odpovídajícím cca 14 500 výpočtových uzlů. Spojený model byl kalibrován a verifikován na průtok suchých splašků pro bezdeštné období a na vybrané dešťové události s cílem sladit srážko-odtokové poměry v zájmovém území a modelu za deště.

Pro výpočet povrchového odtoku je v prostředku MOUSE DHI použit model A – 2007, pro výpočet trubní hydrauliky je použita metoda dynamické vlny. Pro výpočet kvalitativních parametrů je použit modul MOUSE TRAP.

Návaznost prací lze shrnout do následujících bodů:
- Schematizace existujících modelů.
- Úprava existujících modelů s ohledem na definované standardy spojeného modelu – popis, duplicita, atd.
- Aktualizace modelu vzhledem k realizovaným stavbám a změnám v evidenci provozovatele stokové sítě.
- Validace matematických modelů na historický monitoring (využití veškerých výsledků monitoringu stokové sítě z minulosti – tedy před zahájením prací na GOmB).
- Spojení modelů – vytvoření spojeného modelu.
- Verifikace na monitoring 2007.
- Doplnění dat pro MOUSE TRAP.

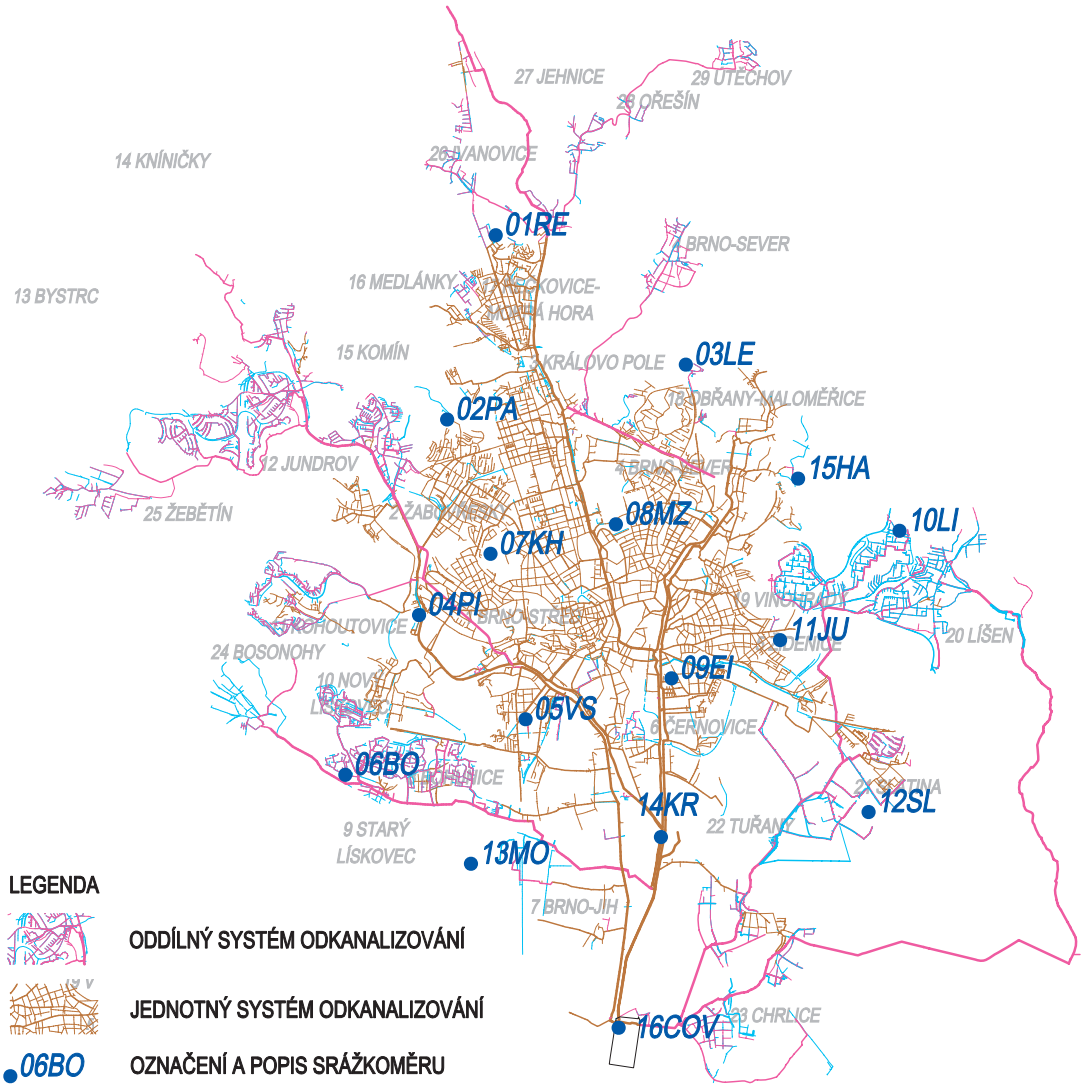
Při výpočtu splaškových průtoků byly do matematického modelu zadány hodnoty spotřeb vody pro stávající a výhledový stav. Výhledové potřeby vody byly zadány, jak pro obyvatele, tak pro občanskou vybavenost a výhledové průmyslové plochy v souladu s aktualizací generelu vodovodní sítě na základě rozborů provedených v GOmB – podrobněji popsáno viz kap 3.1 a 4.1.

Pro potřeby vyhodnocení reprezentativnosti hydrologických návrhových událostí v GOmB byly použity následující údaje:

- Měsíční úhrny srážek pro město Brno z let 1975 – 2006 (Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)).
- Denní úhrny srážek z období 1. 1. 2003 až 31. 12. 2006 (ČHMÚ).
- Monitoring srážek v plošné síti překlopných srážkoměrů (MMB).

Monitoring plošného rozložení srážek pro potřeby GOmB vychází ze sítě 16 stanic, které jsou provozovány od 1. 4. 2003 – 30. 10. 2009 a získávají cenná data do současnosti. Srážkoměry pokrývají zejména oblasti s jednotnou stokovou soustavou. Rozmístění stanic sice též částečně zasahuje do urbanizovaného území s oddílnou stokovou soustavou, pro potřeby kalibrace matematického modelu v rámci GOmB však bylo nutno stávající síť rozšířit o šest měrných bodů (aktivních pouze pro období probíhajícího monitoringu průtoků na stokové síti, tedy v období 1. 4. – 30. 8. 2007).
V rámci vyhodnocení podkladů z monitorovací sítě 16 (nebo 22) srážkoměrů bylo nutno provést kontrolu naměřených dat, následnou homogenizaci a autorizaci takto získané historické dešťové řady. Pro řešení srážko – odtokových podmínek v kanalizační síti byl do matematického modelu zadán syntetický déšť dle Šifaldy. Pro posouzení vlivu na vodní toky byl celý systém posouzen na dešťové události ve srážkově typickém roce (r. 2004).

Obr. 2.7. Situace rozmístění srážkoměrů pro potřeby odvodnění města Brna (1. 4. 2003 – 30. 8. 2007)



2.5 SRÁŽKY

Jednou z nejdůležitějších okrajových podmínek tvořících výpočtové scénáře posouzení městského odvodnění je popsání a zadání „návrhového deště“ do simulačního matematického modelu. V rámci matematických simulací na matematickém modelu srážko-odtokových poměrů bylo na základě statistických analýz využito následujících čtyř typů návrhového deště:

- Dešťová data pro kalibraci matematického modelu (IV – VIII. 2007).
- Syntetický návrhový déšť „Šifaldův déšť“.
- Syntetický N – letý návrhový déšť se zohledněním plošného rozložení.
- Typický rok 2004.

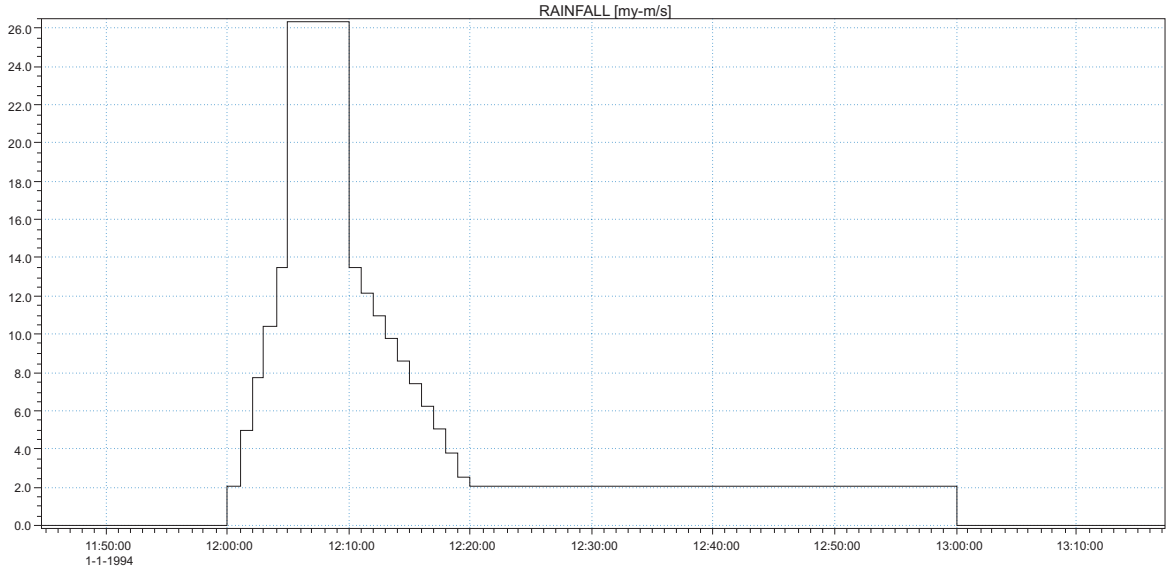
Dešťová data pro kalibraci matematického modelu (Kalibrační srážky)

V rámci statistického šetření byly autorizovány reálné srážkové epizody s výrazným dopadem srážko-odtokových jevů na posuzovanou stávající stokovou síť. Pro jejich výběr byl rozhodující srážkový úhrn, jejich rovnoměrnost a plošné pokrytí v zájmovém území.

Syntetický návrhový déšť – (Šifaldův déšť)

Syntetické deště se od sebe navzájem odlišují svými tvary, jelikož autoři vycházejí z odlišných přístupů šetření závislosti průběhu srážkových intenzit i = f (t). Šifalda pro nestacionární výpočtové modely zpracoval statistiku přívalových dešťů. Na základě křivek náhradních dešťových řad (IDF) sestrojil modelový déšť. Tento déšť byl vymodelovaný jako zástupce historických dešťů, které měly trvání delší jak 5 minut a které měly vyšší periodicitu výskytu než 1x za rok. Nejen průběh, ale i celkový objem návrhové srážky též významně ovlivňuje návrhové parametry stokové sítě, např. vyhodnocení objemů retenčních nebo dešťových nádrží či odhad přepadlého množství dešťových vod na oddělovacích komorách v průběhu posuzované srážky. Z těchto důvodů byl syntetický návrhový déšť pro Brno prodloužen o 40-ti minutovou blokovou dohru. Jeho skutečnou podoba je prezentována na obrázku v podobě histogramu.

Obr. 2.8. Návrhová srážka dle Šifaldy použitá pro posouzení současného stavu



Syntetický N – letý návrhový déšť se zohledněním plošného rozložení

Pro výpočet dešťových průtoků a posouzení hydraulické spolehlivosti ve výhledovém stavu GOmB byl použit syntetický návrhový Šifaldův déšť, upravený na dobu trvání 60 min. V zadávací dokumentaci GOmB byl v rámci výpočtů požadován výpočet se zadáním plošně rozloženého deště. V souladu s tímto požadavkem byl proveden kontrolní výpočet. Výsledky porovnávané v různých částech města nevykazovaly zásadní rozdíly mezi oběma typy výpočtů – tedy při zadání obou druhů návrhové srážky shodné (teoretické) frekvence výskytu – plošné srážky či syntetického deště bez plošného rozložení.

Typický rok

Nejnovější poznatky při posuzování vazby stoková síť – recipient vyžadují posouzení stokové sítě nejen podle hydraulických vlastností stokové sítě, ale zejména v případě oddělovacích komor, též pomocí „objemových charakteristik“. V posledním desetiletí se tak v městské hydrologii pro území s dostatkem potřebných vstupních dat využívá stále častěji kontinuální simulace s využitím historické řady dešťů. S ohledem na rozsah posuzované oblasti a tím i diskretizované sítě numerického modelu bylo možno využít maximálně jednoleté kontinuální simulace. Návrhovou srážku tedy prezentoval tzv. typický rok.

Za typický rok je považována historická dešťová řada, u které měsíční úhrny monitorovaných srážek jsou nejblíže mediánům statisticky dlouhodobě vyhodnocených měsíčních úhrnů v zájmovém území a to v celé ploše zájmového území. Typickým rokem z dostupných podkladů dlouhodobého monitoringu stokové sítě byl vyhodnocen rok 2004. Tento rok též nevykazuje výskyt dílčích srážek s charakteristikami „katastrofických srážek" podle Wussowa. Aplikace „Typického roku" má těžiště při zadávání objemových úloh a vyhodnocení kvalitativních dopadů kanalizace na recipienty.

3 VYHODNOCENÍ SOUČASNÉ FUNKCE SYSTÉMU

3.1 VODOVODNÍ SÍŤ

Zdroje

Do Brněnské vodárenské soustavy (BVS) je dodávaná voda ze tří zdrojů a to podzemní voda z prameniště v Březové nad Svitavou jímaná a dopravovaná I. a II. březovským vodovodem, povrchová voda odebíraná z Vírské přehradní nádrže upravovaná úpravnou vody Švařec (Vírský oblastní vodovod – VOV) a odebíraná povrchová voda z řeky Svratky upravovaná v úpravně vody Pisárky II.
Hlavním zdrojem pitné vody pro BVS je v současné době prameniště v Březové nad Svitavou, zdrojem doplňkovým je VOV – úpravna Švařec. Úpravna vody Pisárky od r. 2001 převzala úlohu již jen zdroje rezervního, pro mimořádné provozní situace a havarijní případy.

I. březovský vodovod

V letech 1911 až 1912 probíhala vlastní výstavba přivaděče, v září 1913 byla provedena kolaudace a 4. října 1913 byl slavnostně uveden do provozu.
Podle nového rozhodnutí o povolení odběru podzemní vody pro I. březovský vodovod, které bylo vydáno dne 15. 9. 2004. pod č.j. OŽP/35393-04/5368-04/puj, byly povoleny odběry v následujících množstvích: max. 300 $l.s^{-1}$, max. 777 600 $m^3.měs^{-1}$, max. 9 331 200 $m^3.rok^{-1}$.

II. březovský vodovod

Stavba II. březovského vodovodu byla povolena v roce 1971. Do zkušebního provozu byl II. březovský vodovod uveden v prosinci 1975. Trvalý provoz vodovodu byl schválen v říjnu 1987. Vydatnost vodovodu kolísá podle hydrologické situace v prameništi. Doporučený průměrný odběr je 780 $l.s^{-1}$. Kapacita II. březovského přivaděče se po jeho převedení do vodojemu Čebín (v rámci stavby Vírského oblastního vodovodu) bez provozu posilovací čerpací stanice Čebín se snížila na 930 $l.s^{-1}$, oproti původním 1 080 $l.s^{-1}$. V případě odůvodněné provozní potřeby lze zprovoznit posilovací čerpací stanici Čebín, která zajistí zvýšení max. průtoku II. březovským vodovodem až na 1 100 $l.s^{-1}$.

Úpravna povrchové vody Švařec z Vírské přehradní nádrže – Vírský oblastní vodovod

Druhým nejvýznamnějším zdrojem vody BVS je v současnosti vodárenská nádrž na řece Svratce ve Víru s úpravnou vody Švařec.
Úpravna vody Švařec, vybudovaná v rámci výstavby tzv. Vírského oblastního vodovodu, byla původně vyprojektována na špičkový výkon 2 300 $l.s^{-1}$. Tento výkon byl v důsledku poklesu spotřeb vody redukován na polovinu tj. 1 150 $l.s^{-1}$.

Úpravna povrchové vody z řeky Svratky v Brně Pisárkách

Z důvodu možností distribuce vody v systému je prozatím nutné udržovat stávající úpravnu vody Pisárky II v Brně Pisárkách v pohotovostním, provozuschopném stavu, jako rezervní zdroj pitné vody pro mimořádné havarijní nebo provozní situace.
Zdrojem surové povrchové vody pro úpravnu vody v Brně – Pisárkách je řeka Svratka. Voda z řeky je odebírána u jezu v Kamenném Mlýně a upravována úpravnou vody Pisárky II. Vzhledem k již zmíněnému poklesu spotřeb vody byl rozsah rekonstrukce zkorigován na maximální výkon 670 $l.s^{-1}$ (dáno kapacitou rychlofiltrů) s dlouhodobě dosažitelnou kapacitou 600 $l.s^{-1}$. Původně vodoprávně povolený odběr vody surové z řeky Svratky (tj. 1650 $l.s^{-1}$) byl snížen rozhodnutím v dubnu 1997 na max. 700 $l.s^{-1}$, 1 750 000 $m^3.měs^{-1}$, 16 000 000 $m^3.rok^{-1}$.

Objekty

Na vodovodní síti jsou umístěny objekty, které jsou nezbytné pro zajištění dodávky vody pro spotřebitele. Popis objektů je uveden v následujícím textu.

Vodojemy

Pitná voda z využívaných zdrojů je v systému BVS akumulována v 66 vodojemech a akumulačních nádržích, jejichž celkový objem činí 254 900 m^3 vody.

Čerpací stanice

K dopravě vody z níže položených míst do výše umístěných vodojemů (VDJ) je na distribučním systému Brněnské vodárenské soustavy zřízeno 36 čerpacích a přečerpacích stanic.

Ostatní zařízení

- Redukční šachty
  Na vodovodní síti je zřízeno 28 ks redukčních šachet, pomocí nichž se redukuje tlak ve vodovodní síti na požadovanou hodnotu dle příslušné ČSN.
- Jiné šachty
  V důležitých místech pro manipulaci s uzávěry se nachází armaturní a jiné šachty v celkovém počtu 420 ks.
- Uzávěry na síti
  Na vodovodních řadech je osazeno cca 11 100 ks uzávěrů, tj. šoupátek, klapek, apod.
- Hydranty
  Na vodovodní síti je osazeno cca 9 550 ks podzemních a nadzemních hydrantů, které jsou využívány pro odvzdušňování či odkalování řadů, ale i pro zásahy Hasičského záchranného sboru pro likvidaci požárů. Na základě stanovení Správou a útvarem sboru požární ochrany MMB je na vodovodní sítí z výše uvedeného počtu zařazeno do 1. tj. nejvyššího stupně požární důležitosti 232 ks hydrantů a do 2. stupně 131 hydrantů.
- Vodovodní přípojky
  K zásobování spotřebitelů je vybudováno cca 46 841 ks vodovodních přípojek, jejichž délka je cca 444 km. Vodovodní přípojky mají cca 47 900 ks. uzávěrů.
- Výtokové stojany
  V provozu jsou 2 veřejné výtokové stojany, které jsou ve správě provozovatele vodovodní sítě.

Vodovodní síť

Výstavba vodovodní sítě byla zahájena v roce 1871. Od tohoto data dochází k jejímu rozšiřování jak na území města Brna, tak i mimo něj.
Na území Brna se jedná o výstavbu zásobovacích řadů včetně rozvodných sítí do nových rozvojových ploch určených pro bytovou zástavbu nebo pro výstavbu průmyslových zón.
Na přívodní řady nacházející se mimo území města Brna jsou napojovány další obce, které se rozprostírají v jejich blízkosti.
Vodovodní potrubí je uloženo převážně v zemi, v některých sídlištích (sídl. Vinohrady, Kamenný vrch, část. Líšeň) a v centrálních částech města je uloženo v primárních a sekundárních kolektorech.
Vodovodní přivaděče a rozvodná síť je postavena z různých materiálů používaných na rozvod pitné vody. Ve městě Brně je použita šedá litina, tvárná litina, ocel, nerez ocel, sklolaminát (typ Hobas, Sarplast), eternit, PE, PVC a železobeton.
Z celkové délky vodovodů 1 286 km, evidované v roce 2006, má největší zastoupení šedá litina, která dosahuje 59% (tj. 761 km), dále následuje tvárná litina s 18% (tj. 237 km), ocelové potrubí má zastoupení ve výši 10% (tj. 129 km) a ostatní materiály dosahují 13% (tj. 159 km).
Profily přívodních řadů a rozvodné sítě se pohybují v rozmezí DN 80 až DN 1400, resp. DN 2100. Nižší profily než DN 80 jsou převážně použity pro vodovodní přípojky.
Vodovodní potrubí dosahuje různého stáří, které je patrno z následujícího přehledu:

- starší než 50 let období 1900 – 1960 délka 309 km tj. 24%
- starší než 30 let období 1961 – 1980 délka 442 km tj. 34%
- starší než 10 let období 1981 – 2000 délka 380 km tj. 30%
- starší než 5 let období 2001 – 2006 délka 155 km tj. 12%

Vodovodní systém BVS – popis a funkce

Vzhledem ke značné výškové konfiguraci a horizontální členitosti zásobovaného území je celý systém rozčleněn do šesti základních tlakových pásem. Přehled zákl. tl. pásem je uveden v následujícím textu.

1. tlakové pásmo
Pro základní pásmo jsou hlavními zdroji pitné vody vodojemy:

VDJ Holé Hory	11 930 m³	272.50/267.00 m.n.m.
VDJ Preslova	19 800 m³	287.00/282.00 m.n.m.

2. tlakové pásmo
Toto základní pásmo je zásobováno z vodojemů:

VDJ Holé Hory II	14 669 m³	295.00/290.00 m.n.m.
VDJ Kraví hora	5 000 m³	302.30/297.30 m.n.m.
přerušovací komora Palackého vrch	300 m³	295.00/289.70 m.n.m.

3. tlakové pásmo
Základní pásmo je zásobováno z vodojemů:

VDJ Palackého kopec	5 000 m³	318.00/313.00 m.n.m.
VDJ Palackého vrch	35 000 m³	318.00/313.00 m.n.m.

4. tlakové pásmo
Hlavní zdroj pro toto tl.pásmo je vodojem:

VDJ Kuřim I	3 000 m³	339.00/334.00 m.n.m.

5. tlakové pásmo
Toto základní pásmo je zásobováno z vodojemu:

VDJ Čebín	8 500 m^3	352.60/345.95 m.n.m.

6. tlakové pásmo
Pro základní pásmo je hlavním zdrojem pitné vody akumulační nádrže:

akum. nádrže ÚV Švařec	18 142,80 m^3	375.00/370.00 m.n.m.

Na tato základní tl. pásma navazují další podružná tl.pásma. Podružná tl. pásma jsou zásobována svými příslušnými zařízeními tzn. vodojemy, automatickými tlakovými stanicemi nebo přes redukční ventily.
Z těchto důvodů je na vodovodní síti vytvořeno celkem 52 tl. pásem. Systémy jednotlivých tlakových pásem jsou řízeny hladinami ve vodojemech, automatickými tlakovými stanicemi nebo redukčními ventily tak, aby ve vodovodní síti byly dosahovány tlakové poměry přiměřené dané výšce zástavby a spotřebám vody ve spotřebišti.

Počet zásobovaných obyvatel BVS

Počet zásobovaných obyvatel je různý a to podle toho, jestli se jedná o zásobování z vodovodní sítě města Brna a Modřic či z BVS.
Z vodovodní sítě v obou městech je zásobováno 370 597 obyvatel. BVS je zásobováno 390 669 obyvatel. Kromě toho provozovatel zajišťuje dodávku vody i pro další spotřebiště, která se nachází podél přívodních a zásobovacích řadů soustavy.
Jedná se především dodávku vody pro tyto obce, kterým se předává odebrané množství v předávacím místě, vybavené fakturačním měřidlem.

Spotřeba vody v BVS a ve městech Brno a Modřice

Z předaných podkladů od provozovatele BVK je zřejmé, že křivka vyjadřující spotřebu vody v BVS v letech 1985 – 2006 je z hlediska nárůstů a poklesů časově proměnná. Růst spotřeby vody je do roku 1989, a od tohoto přelomového data až do roku 2006 má stále sestupnou tendenci.

Posouzení vydatnosti zdrojů se spotřebou vody v BVS

Pro dodávku pitné vody do BVS jsou využívány dva hlavní zdroje. Prvním zdrojem je prameniště v Březové nad Svitavou, kde se jímá podzemní voda. Toto prameniště se rozprostírá na území Pardubického kraje.
Druhým zdrojem je úpravna Švařec, v níž se upravuje povrchová voda z vodárenské nádrže Vír, nacházející se na území kraje Vysočina.

Vydatnost prameniště Březová nad Svitavou

Vydatnost podzemního zdroje Březová je podmíněna hydrologickou situací v prameništi. Z výsledků sledování prameniště, provozovatelem BVK, se dlouhodobé minimální a maximální průměrné měsíční hodnoty vydatnosti pohybují v rozmezí:

- minimální vydatnost $Q_{min} =$ 719 $l.s^{-1}$
- maximální vydatnost $Q_{max} =$ 1 365 $l.s^{-1}$

Výkon úpravny povrchové vody Švařec z Vírské přehradní nádrže

- Úpravna povrchové vody Švařec byla původně vyprojektována na špičkový výkon Q = 2 300 $l.s^{-1}$. Z důvodu poklesu spotřeby vody byl výkon snížen na hodnotu

  Q = 1 150 $l.s^{-1}$.

Úpravna povrchové vody Pisárky II v Brně

- Třetím zdrojem je surová povrchová voda z toku Svratka, která je odebírána u jezu v Kamenném Mlýně a je přivedena do úpravny Pisárky II v Brně. Vzhledem k uvedenému poklesu spotřeby vody byl upraven špičkový výkon na hodnotu

  Q = 670 $l.s^{-1}$.

Do posuzování vztahu „vydatnost zdrojů a stávající spotřeby vody“ není tento zdroj zahrnut.

Spotřeba vody v BVS v roce 2006

V roce 2006 byly dosaženy následující hodnoty spotřeby vody.

- minimální denní spotřeba Q_{min} = 771 $l.s^{-1}$
- průměrná denní spotřeba $Q_{prům}$ = 1 040 $l.s^{-1}$
- maximální denní spotřeba $Q_{prům}$ = 1 177 $l.s^{-1}$

Na základě výše uvedených údajů o vydatnosti zdrojů a stávající spotřeby je zřejmé, že na straně zdrojů je výrazný přebytek. Při porovnání minimální vydatnosti zdroje v Březové 719 $l.s^{-1}$ a výkonu ÚV Švařec 1 150 $l.s^{-1}$ s maximální denní spotřebou 1 177 $l.s^{-1}$ je přebytek 692 $l.s^{-1}$.
Při porovnání minimální denní spotřeby 771 $l.s^{-1}$ s vydatnosti obou uvažovaných zdrojů je přebytek 1098 $l.s^{-1}$.
Vydatnost využívaných zdrojů plně zabezpečuje požadavky na dodávku vody v požadovaném množství.

3.2 KANALIZAČNÍ SÍŤ VČETNĚ MONITORINGU

V období, kdy město Brno bylo chráněno hradbami s hradním příkopem, byly odpadní vody odváděny ze zástavby do blízkých potoků, řek a vodních náhonů. Odpadní vody vytékaly potrubím z domů do toků nebo otevřených svodnic v ulicích a odtud samospádem do vodotečí. Svodnice sloužily současně k odtoku dešťových vod do potoků.
Hygienické závady v důsledku ucpávání svodnic páchnoucími odpady donutily konšely města k vydávání nařízení, aby stružky i rigoly byly prohlubovány a udržovány, vedeny nejkratší cestou do potoků a řek a zakryty. To byly počátky stokové sítě v Brně spadající do XVI. století.
Ve druhé polovině XVII. století byly vybudovány první stoky z cihelného nebo kamenného zdiva s rovnými stěnami, avšak bez nepropustného dna, takže odpadní vody prosakovaly do okolní půdy, což při stále hustší zástavbě města napomáhalo šíření epidemií.

V roce 1882 se obecní výbor města Brna usnesl dát vypracovat projekt městské kanalizace a rozhodl zřizovat betonové stoky vejčitého průřezu. Roku 1892 mělo Brno již 19 300 m cihelných a 15 100 m betonových stok. Tím byl položen základ k výstavbě soustavné městské kanalizace.
V prvním desetiletí po I. světové válce, tj. do roku 1929, bylo vybudováno 97 630 m kanalizačních stok.
Od roku 1930 do začátku okupace bylo postaveno celkem 144 270 m veřejné kanalizace. Bylo to nejúspěšnější období pro rozvoj městské kanalizační sítě.
V letech do roku 1950 byly postaveny jen nejnutnější úseky stok, které měly zabezpečit odkanalizování nejpotřebnější městské zástavby a průmyslových objektů. Bylo postaveno 25 786 m stok.

Kanalizační síť města Brna je převážně jednotné soustavy a je funkčně úzce spjata s řekami Svitavou a Svratkou, Leskavou a celou řadou místních potoků a svodnic. Velký počet dešťových oddělovačů umožňuje odlehčení stokového systému za dešťových událostí do toků.
Návaznost kanalizace na recipienty dešťovými oddělovači se však projevuje negativně zhoršením kvality vody v tocích za dešťových událostí.
Rozvoj města Brna odpovídá tendencím všech větších měst. Území města se rozšiřuje hlavně sídlištní zástavbou a skupinami rodinných domků. Tento rozvoj sebou nese dobudování oddílných systémů (dešťové a splaškové kanalizace) v nově zastavovaném území.
Pro zpracování GOmB bylo nutné shromáždit celou řadu podkladů. Veškeré podklady bylo nutné prověřit a v případě nutnosti doplnit.
Podklady pro sestavení modelů kanalizační sítě byly vytvářeny v různé úrovni podrobnosti. Tyto podklady bylo potřeba v rámci GOmB sladit a vytvořit souhrnný model s konzistentní úrovní schematizace na celém území města Brna.
V rámci sumarizace podkladů o kanalizační síti byly shromážděny podklady o kanalizacích v majetku města Brna i o kanalizacích v majetku jiných subjektů.

Pro shromáždění podkladů byly osloveny následující subjekty:

- Magistrát města Brna – Odbor technických sítí.
  - areálové kanalizace;
  - některé kanalizace soukromých subjektů.

- Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.
  - provozovatel kanalizační sítě pro veřejnou potřebu v městě Brně.

- Dopravní podnik města Brna, a.s.
  - informace o kanalizacích v areálech vozoven na území města Brna.

- Brněnské komunikace a.s.
  - dešťové kanalizace odvodňující vozovky, s napojením buď na kanalizační síť města Brna nebo zaústěné přímo do recipientu.

- České dráhy, a.s.
  - kanalizace ve správě ČD jedná se o kanalizace odvodňující větší areály, případně seřazovací plochy u nádraží.

- Fakultní nemocnice Brno
  - produkce odpadních vod z FN Brno Bohunice a dalších pracovišť FN na území města Brna.

Základem pro řešení GOmB je sestavení souhrnného matematického modelu kanalizační sítě a vodních toků na území města Brna. Souhrnný model byl vytvořen za účelem simulace stávajícího stavu odvodnění a stanovení hydraulické a provozní spolehlivosti kanalizační sítě na území města Brna.
Dále byly detailní modely kmenových stok B a C. Pro ostatní kmenové stoky (A, D, E, F) byly generely zpracovány již dříve.

Jednotlivé kmenové stoky lze stručně charakterizovat následně:

- A – pravobřežní svratecká kmenová stoka, jednotná, v délce 7,6 km, se 14 dešťovými oddělovači, vedoucí ze Starého Brna pod obec Modřice, kde podchází řeku Svratku a je přes ČS napojena na ČOV Modřice.

- B – levobřežní svratecká kmenová stoka, jednotná v délce 15 km, s 9 dešťovými oddělovači, vedoucí z lokality Osada na levém břehu Kníničské přehrady podél Svratky do Komárova, kde se odklání ke Svitavě a v prostoru křižovatky dálnic se napojuje na KS D.
- C – kmenová stoka (Ponávka), jednotná, cca. 10 km dlouhá, se 7 dešťovými oddělovači, vedoucí z Řečkovic po ulici Křenovou, přičemž trasa sleduje bývalé koryto potoka Ponávka. Od napojení ulice Masné se trasa lomí ke Svitavě, kde se napojuje na KS D. Potoční vody Ponávky jsou od ulice Myslínova vedeny štolou pod sídlištěm Lesná do Svitavy v Cacovicích. Kmenová stoka C odvádí vody z povodí, které v převážné části nemá přímou vazbu na vodní tok.

- D – pravobřežní svitavská kmenová stoka, jednotná v délce 7,3 km, s 11 dešťovými oddělovači, vedoucí z Cacovic do katastru Brněnských Ivanovic, kde cca. 1 km nad soutokem Svitavy se Svratkou přechází na levý břeh Svitavy, kde se napojuje na kmenovou stoku E.

- E - levobřežní svitavská kmenová stoka, jednotná v délce 12 km, s 18 dešťovými oddělovači, vedoucí z Obřan (od ul. Fryčajova) do ČOV Modřice.V povodí kmenové stoky E bude dobudována kmenová stoka EI , která výrazně zlepší hydraulickou spolehlivost v městské části Židenice.

- F – kmenová stoka, částečně oddílná, s délkou splaškové části 9 km, vedoucí ze sídliště Líšeň přes areál Zetoru a Slatinu k Švédským valům a odtud podél Ivanovického potoka do ČOV Modřice. Dešťová část s délkou cca. 4 km končí vyústěním do Ivanovického potoka.

- AI – kmenová stoka, oddílná s délkou 7 km, vedoucí podél levého břehu říčky Leskavy z Bosonoh ke Svratce v k.ú. Dolní Heršpice a dále ke kmenové stoce D, s níž se společně napojuje na kmenovou stoku E.

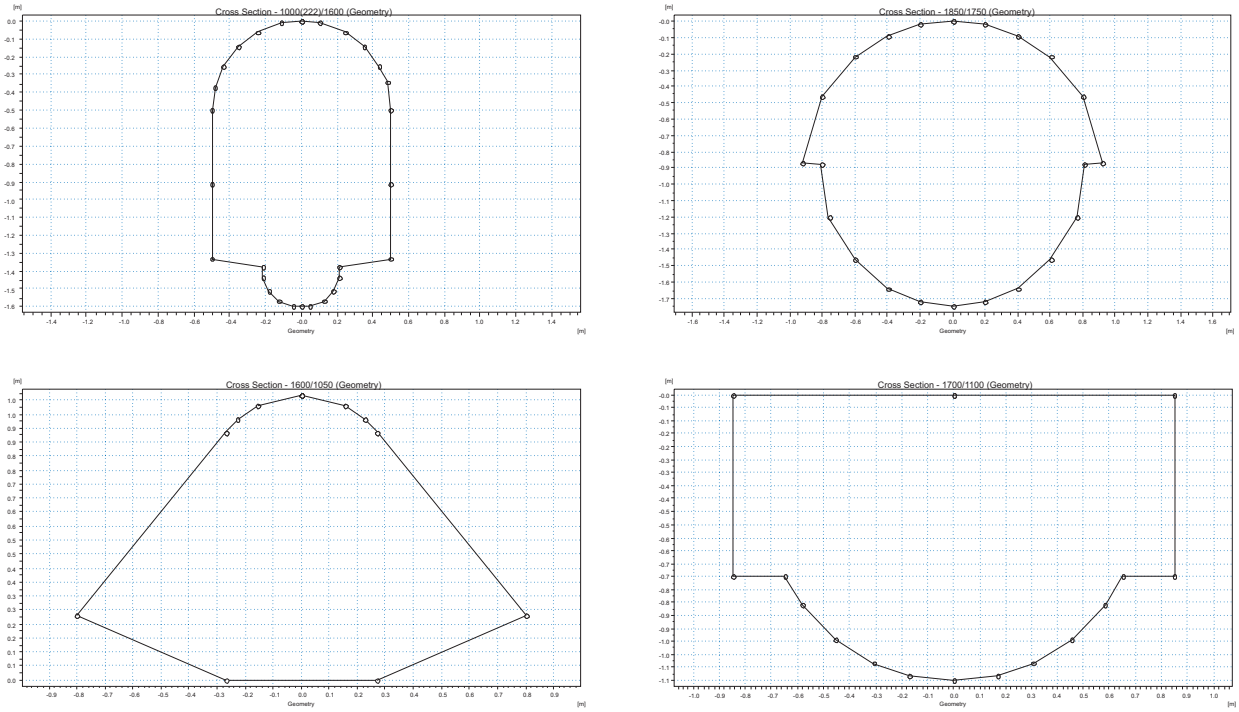
- BI – kmenová stoka oddílná (štola pod Žlutým kopcem) v současné době částečně jednotná, výhledově čistě splašková stoka v délce 1,9 km, vedoucí ze sídliště Bystrc do prostoru křižovatky ulic Rybářská – Poříčí, kde je napojena na kmenovou stoku B – jednotnou.

- CI – kuřimská kmenová stoka, oddílná, která je vybudována pouze v horní části s délkou 8 km, vedoucí od čerpací stanice v Kuřimi nejprve výtlačným řadem v délce 2,5 km nad obec Česká a odtud gravitačně do údolí Ponávky a podél ní do Řečkovic, kde se u podjezdu železniční tratě ČD na ul. Jandáskově napojuje na kmenovou stoku C jednotné soustavy. V budoucnosti bude napojena na kmenovou stoku EI.

- FII – líšeňská kmenová stoka, oddílná s částečnou rezervou pro dešťové vody, v délce cca 15 km, vedoucí z Mariánského údolí v Líšni podél Zlatého potoka (Říčky) ke Kobylnicím, odkud se přes čerpací stanici (Ponětovice) dostává výtlakem cca. 0,6 km dlouhým do prostoru letiště Tuřany a dále je vedena gravitačně na Tuřanské náměstí k Tuřanskému potoku a podél něho k Ivanovickému potoku pod Chrlicemi, kde se napojuje na KS F.

Na soustavu kmenových stok je napojen systém hlavních stok a stok uličních, které umožňují odvodnění jednotlivých dílčích povodí a nemovitostí. Na kanalizační síti města Brna se vyskytuje celá řada tvarů profilů, od profilů kruhových, vejčitých tlamových, obdélníkových až po profily složené.

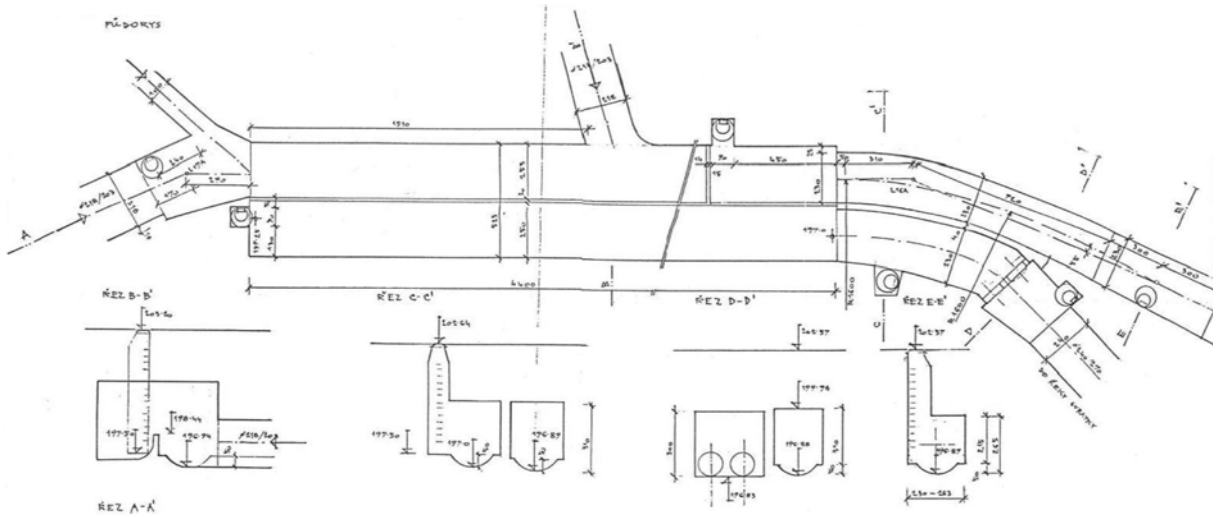
Obr. 3.1. Příklady složených atypických profilů



Celkový počet objektů, tvořících buď součást kanalizační sítě města Brna a připojených měst a obcí a nebo s touto sítí souvisejících, lze shrnout následným výčtem:

- oddělovací komory – 87 ks;
- čerpací stanice celkem napojené na ČOV Modřice – 23 ks, z toho města Brna 13 ks, okolních obcí 10 ks;
- shybky na kanalizaci města Brna – 12 ks;
- retenční nádrže (RN) na kanalizaci města Brna – 6 ks;
- měrné objekty na kanalizační síti v majetku města Brna – 6 ks, měrné objekty na kanalizační síti, které nejsou v majetku města Brna, jsou umístěny na vtoku do kanalizace pro veřejnou potřebu a jsou v majetku soukromých objektů.

Obr. 3.2. Ukázka nákresu oddělovací komory u Pedagogické fakulty, ul. Poříčí, na kmenové stoce B



V současnosti jsou na stokovou síť města Brna, odvádějící odpadní vody od obyvatel, průmyslu, občanské vybavenosti a zemědělství do ČOV Modřice napojena následující města a obce mimo intravilán města Brna:

- Modřice
- Kuřim
- Šlapanice
- Šlapanice-Bedřichovice
- Ostopovice
- Česká
- Moravské Knínice
- Lipůvka
- Podolí
- Želešice
- Ponětovice
- Rozdrojovice

Čistírna odpadních vod

Stávající ČOV je mechanicko-biologická.
Rekonstrukce této ČOV byla zahájena v roce 2000 a zahrnovala všechny technologické celky, byla ukončena roku 2003. Na ni pak bezprostředně navázal zkušební provoz. Do trvalého provozu byla zrekonstruovaná ČOV uvedena 1. 1. 2005.
Zrekonstruovaná ČOV musí plnit podmínky pro nakládání s vodami, stanovené rozhodnutím vydaným dne 24. 1. 2005 Krajským úřadem Jihomoravského kraje.
Maximální kapacita ČOV je 515 000 ekvivalentních obyvatel (EO).

Řešení koncepčních úloh na kanalizační síti města Brna

Pro řešení koncepčních úloh byl vytvořen spojený model, který popisuje stokovou síť na území celého města Brna a který má charakter modelu schematizovaného, tj. obsahuje všechny důležité objekty na stokové síti (oddělovací komory, čerpací stanice ad.) a důležité stoky.
V rámci schematizace byly z modelu vypouštěny některé méně významné stoky a byly vypouštěny uzly (šachty) na kanalizaci, ve kterých se nemění podstatné vlastnosti návazných stokových úseků (profil, sklon). Cílem schematizace je umožnit efektivní realizaci koncepčních úloh nad tímto modelem.
Součástí GOmB bylo též vytvoření detailních modelů kmenových stok B a C, kde byla posuzována každá uliční stoka DN ≥300. Kanalizace DN 300, které mají charakter přípojky, nebyly posuzovány.

Zásady kalibrace hydrodynamického modelu

Vytvořené modely kanalizační sítě bylo nutné nakalibrovat. Kalibrací byla ověřena správnost sestavení a funkce modelu ve srovnání s chováním kanalizační sítě. Podkladem pro kalibrační práce je monitoring (měření) na kanalizační síti.
Kalibrační práce spočívaly v nastavení parametrů modelu stokové sítě tak, aby model co nejlépe reprodukoval průběhy průtoků, naměřených v rámci monitorovací kampaně v kanalizační síti.
V průběhu kalibračních prací bylo nutné zejména:

- Zachovat objemové bilance – Tento požadavek znamená správné nastavení parametrů modelu z hlediska porovnání objemu odtoku odpadních vod v bezdeštném období v modelu se skutečností (= data z monitorovací kampaně).

- Zachovat maxima – Tento požadavek znamená nastavení modelu z hlediska správného zachycení průběhů maximálních průtoků.

- Zachovat tvar – Tento bod znamená nastavení simulačního modelu tak, aby respektoval tvar denního kolísání průtoku.

Pro kalibraci dešťových odtoků byly vybrány deště, které zajišťovaly:
- pokrytí celého území města Brna;
- dostatečně velké úhrny;
- rovnoměrnost rozložení úhrnů;
- zahrnutí extrémních srážek co do úhrnu a intenzit.

Monitoring pro GOmB

Monitoring je prostředkem pro sledování provozní funkčnosti systému odvodnění a dále pro kalibraci a verifikaci matematických modelů vyhodnocujících jednotlivé provozní stavy či potvrzujících chování systému. Přímá souvislost monitoringu a matematického modelování je oboustranná. Dobře navržený systém monitoringu zajišťuje vhodné podklady pro vyhodnocení jednotlivých parametrů odvodnění.

Význam a účel monitoringu pro zpracování GOmB

Monitoring (měření na kanalizační síti) je jednou z velmi důležitých činností při zpracování GOmB. Koncepce monitoringu vychází z koncepce řešení GOmB. Monitoring podává uživateli soubor informací o tom, jak se chová systém odvodnění, jak tento systém funguje a jak se mění. Z tohoto pohledu představuje měření jeden ze základních zdrojů informací. Cíle monitoringu pro GOmB lze definovat následovně:
- Validace reálných průtokových poměrů na stokové síti.
- Vyhodnocení infiltrace a exfiltrace vod v systému stokové sítě.
- Kalibrace a verifikace matematických modelů stokové sítě.
- Podklad pro posouzení hydraulické spolehlivosti a rizik na stokové síti.
- Podklad pro vyhodnocení kvality odpadních vod ve stokové síti a posouzení jejich vlivu na recipient.
- Kalibrace bilančního modelu úniku znečištění ze stokové sítě do recipientů.

Přípravné a průzkumné práce pro monitoring v rámci GOmB probíhaly v období 1. 3. 2007 až 1. 4. 2007. Provedené průzkumné práce vycházely z výběru lokalit pro měření. Vlastní průzkum přitom nebyl omezen pouze na lokality, kde se jednoznačně předpokládala instalace měřících přístrojů, naopak musel být aktuálně upravován dle dopravní situace na terénu, provozních podmínek a možnosti přístupu do vybraných šachet.

Měrná kampaň byla zahájena pro předchozích průzkumných pracích dne 1. 4. 2007. Ukončení kampaně bylo po 5 měsících tj. 31. 8. 2007.

Čas a časový krok záznamů z měření

Měření průtoků v stokové síti bylo zaznamenáváno s časovým krokem 6 minut za bezdeštného stavu, přičemž za dešťového odtoku s ohledem na určitou limitní hodnotu hladiny byl interval měření změněn na 2 minuty.

Měření hladin v stokové síti bylo zaznamenáváno s konstantním časovým krokem 2 minuty.

Měření srážek bylo zaznamenáno s časovým krokem 1 minuta během srážky. 15 minut po ukončení srážky, (po posledním překlopení člunku) se automaticky změnil minutový interval archivace na 1 hodinu.

Měrné profily

Měrná kampaň pro GOmB byla realizována v rozsahu 32 průtokoměrů, 20 hladinoměrů a 6 srážkoměrů. Toto měření je v rámci zpracování GOmB rozšířeno o využití dat ze stávajících měření – 4 měření průtoku na stokové síti a 16 srážkoměrných stanic.

Výstupy z měrné kampaně

Data o srážkách a jsou archivována s časovým krokem 1 minuta. Data o hladinách jsou archivována s časovým krokem 2 minuty. Data o průtocích ve stokové síti jsou archivována s proměnným časovým krokem 6 minut v bezdeštném období a 2 minuty za deště. Všechna data jsou registrována ve středoevropském čase. Data z měření srážek, hladin a průtoků jsou uložena v digitální formě.

Zpracovaná data byla analyzována z hlediska vazeb mezi jednotlivými měrnými profily. Tyto analýzy probíhaly v programovém prostředku Gandalf. Cílem analýz bylo zejména sledovat vazby jednotlivých prvků odvodnění mezi sebou a vyloučit možné chyby měřících přístrojů.
Základním cílem celé monitorovací kampaně bylo získat kalibrační a verifikační data pro účely hydrodynamického modelování. Tomuto cíli byl podřízen i systém monitoringu, výběr jednotlivých měrných profilů a měřících zařízení. Průběh monitorovací kampaně a výsledky této části projektu je možné shrnout do následujících bodů:

- Pro měření srážek a průtoků byla využita standardní, v rámci zpracování několika předchozích projektu obdobného typu ověřená metodika a technologie.
- V součinnosti se zadavatelem a provozovatelem stokové sítě bylo vytipováno a následně posouzeno několik potenciálních měrných profilů pro monitoring srážek a průtoků v kanalizaci.
- Přístroje byly v měrných profilech instalovány ve dnech 14. až 28. března 2007 a monitorovací kampaň byla zahájena dne 1. dubna 2007. Monitorovací kampaň byla ukončena po 5 měsících – tj. 31. 8. 2007.
- V průběhu celé měrné kampaně byla důsledně a pravidelně kontrolována funkčnost a spolehlivost měřící techniky.
- V rámci měrné kampaně bylo prováděno pravidelné vyhodnocení průběhu měření, které bylo ve formě průběžných zpráv předáváno zadavateli.
- Během celé měrné kampaně nedošlo k hrubým výpadkům měření.
- Monitorovací kampaň splnila předem vytyčený cíl – zajistit využitelné a spolehlivé údaje pro následnou kalibraci a verifikaci simulačních modelů stokové sítě a vodních toků.
- Veškerá registrovaná data o srážkách, hladinách a průtocích byla v digitální formě předána na CD.
- Po skončení měrné kampaně, úspěšné kalibraci a verifikaci modelů kanalizační sítě se mohlo přistoupit k vlastnímu výpočtu.

V rámci výpočtů byly provedeny výpočty pro:
- splaškové průtoky;
- dešťové průtoky.

Výpočet splaškových vod – bezdeštný průtok

Splaškové vody od obyvatel a z drobných provozoven byly zadávány pomocí počtu obyvatel a hodnoty spotřeby vody pro obyvatele v souladu s generelem vodovodní sítě.

Odpadní vody od velkoodběratelů byly zadány konstantní hodnotou pomocí okrajových podmínek dle generelu vodovodu.
V povodích příslušných jednotlivým měrným profilům bylo zadáváno kolísání bezdeštného průtoku během dne pomocí koeficientů hodinové nerovnoměrnosti, které byly zpracovány na základě měření v měrných profilech (podklad z monitoringu).

Výpočet dešťových vod – dešťový průtok

Odtok dešťových vod je simulován v programovém prostředku MOUSE DHI pomocí hydrologického modelu A. Pro jednotlivá povodí byl zohledněn charakter zástavby a bylo stanoveno procento nepropustných ploch. Takto sestavený model byl zkalibrován a verifikován v souladu s monitoringem.

Byly provedeny výpočty:
- pro zatížení kanalizační sítě návrhovou srážkou dle Šifaldy
- pro zatížení kanalizační sítě srážkami v typickém roce 2004

Zatěžovací srážka byla zvolena v souladu se zadáním GOmB, zároveň byl kladem důraz na skutečnost, aby zpracované výsledky byly porovnatelné s existujícími generely kmenových stok A, AI, D, E, EI a F.

Kapacitní vytížení hlavních sběračů a rozsah významně přetížených úseků

Stokový úsek je přetížený, když maximální dosažená hladina při výpočtových deštích překročí záklenek potrubí.
V GOmB jsou doloženy maximální dosažené hladiny ve všech kmenových stokách a vybraných sběračích při zatížení návrhovou srážkou dle Šifaldy a zdokumentovány přetížené úseky. Pro všechny takto identifikované přetížené stokové úseky jsou uvedeny příčiny přetížení.

Vyhodnocení funkce oddělovacích komor

Na základě analýzy hydraulických výpočtů pro návrhovou srážku dle Šifaldy a typický rok 2004 byly stanoveny hodnoty klíčových parametrů pro jednotlivé oddělovací komory. Základními parametry pro vyhodnocení jsou počet přepadů v průběhu typického roku a poměr ředění při návrhové srážce, doplňkovým parametrem je celkový přepadlý objem.

Kritéria pro vyhodnocení byla uvažována v souladu s požadavkem Povodí Moravy a Odboru vodního, lesního hospodářství a zemědělství magistrátu města Brna:
- počet přepadů: 7 přepadů.rok^{-1};
- poměr ředění: 1 + 20 (poměr ředění splaškových a dešťových vod při začátku přepadu z OK do řeky).

Přehled vyhodnocení oddělovacích komor na jednotlivých kmenových stokách:

- Kmenová stoka A
  Několik oddělovacích komor na kmenové stoce A nevyhovuje na obě posuzovaná kritéria. Jedná se o 4 OK. Nejproblematičtější jsou oddělovací komory OKA2 a zejména OKA8, které mají navíc i velké objemy přepadů.

- Kmenová stoka B
  S přihlédnutím k velikosti přepadlého objemu byla vyhodnocena jako nejproblematičtější komora OKB02, jejíž přepadlý objem tvoří 49% celkového přepadlého objemu na stoce B (oddělovací komora na Komárovském nábřeží).

- Kmenová stoka C
  Několik oddělovacích komor na kmenové stoce C nevyhovuje na obě posuzovaná kritéria. Jedná se o 4 OK. Nejproblematičtější jsou oddělovací komory OKC2 a zejména OKC13, které mají navíc i velké objemy přepadů.

- Kmenová stoka D
  Nejproblematičtější oddělovací komora je OKD01(oddělovací komora Královky), kde kromě toho, že je překročeno kritérium počtu přepadů i poměr ředění, dochází objemově ke druhému největšímu přepadu (cca 11%) ze všech oddělovacích komor v řešeném území města Brna.

- Kmenová stoka E
  Celá řada oddělovacích komor na kmenové stoce E nevyhovuje na obě posuzovaná kritéria. Jedná se o 11 OK. Nejproblematičtější je oddělovací komora OKE19, která se nachází před ČOV Modřice. Přepadlé objemy na této oddělovací komoře činí cca 46% z přepadlých objemů ze všech oddělovacích komor na území města Brna.

- Kmenová stoka F
  Několik oddělovacích komor na kmenové stoce F nevyhovuje na obě posuzovaná kritéria. Jedná se o 5 OK. Nejedná se však o zásadní překročení.

Kvalitativní parametry odlehčených odpadních vod

Výpočet kvality odpadních vod (splaškových i dešťových) a omezení vlivu odlehčených vod na vodní toky na území města Brna je jedním z technických cílů zpracovávaného GOmB.
V rámci monitoringu bylo provedeno v uzávěrných profilech jednotlivých kmenových stok několik měření kvality bezdeštných vod a v omezeném rozsahu i vod dešťových. Pro kmenové stoky B a C, zpracovávané v podrobném modelu, byly odebírány a vyhodnocovány kvalitativní parametry ve více profilech tak, aby bylo postiženo rozdělení znečištění po délce kmenové stoky.

Výsledky těchto měření prokázaly, že kvalita bezdeštných vod na jednotlivých kmenových stokách je značně rozdílná s ohledem na charakter zástavby v povodích těchto stok. Výsledky vyhodnocení odlehčovaných odpadních vod (tj. směs bezdeštného průtoku a dešťových vod) ukázaly, že jejich kvalita je velmi proměnná. Kvalita odlehčovaných odpadních vod závisí na charakteristice povodí, velikosti srážky, plošném rozdělení srážky, intervalu mezi jednotlivými srážkovými událostmi a dalších faktorech jako je zvýšený odtok znečištění v první fázi odtoku za deště (tzv.první splach).
Pro vyhodnocení odlehčovaných vod z jednotného systému kanalizace do recipientů za dešťových událostí byly převzaty naměřené hodnoty kvality odpadních vod během monitorovací kampaně.
Pro jednotlivá sledovaná místa odběru byly převážně odebrány vzorky ze 3 dešťových událostí. Jako reprezentativní vzorek kvality byla vybrána vždy řada rozborů pro srážku, která objemově výrazně překračovala průtok splaškových vod. Pro takto vybrané sady rozborů, které byly odebírány po 15-ti min. během srážky, byly spočítány průměrné hodnoty znečištění v době trvání konkrétní srážky. Pro podrobnější statistické vyhodnocení by bylo nutné, aby bylo odebíráno více vzorků, než bylo možné v rámci prací na GOmB.

Vyhodnoceny byly následující parametry:
- biochemická spotřeba kyslíku po 5 dnech (BSK_5);
- chemická spotřeba kyslíku (CHSK);
- nerozpuštěné látky (NL);
- amoniakální dusík ($N\text{-}NH_4$);
- celkový dusík (N_{celk});
- celkový fosfor (P_{celk}).

Vyhodnocení výpočtů

Výsledkem výpočtů souhrnného modelu je posouzení hydraulické kapacity kmenových a hlavních stok pro současný stav. Převážná část kmenových stok města Brna není z pohledu platné legislativy kapacitně přetížena. Při vyhodnocení kapacity hlavních stok je možné konstatovat, že velká část těchto stok je významně přetížena. Jedná se o hlavní stoky v povodí všech jednotných kmenových stok.
Po vyhodnocení funkce oddělovacích komor je možné konstatovat, že dostatečnou kapacitu kmenových stok v současnosti získává systém kanalizace zejména díky velkému objemu odlehčovaných odpadních vod během dešťových událostí a velkému počtu stávajících oddělovacích komor. Pro snížení vnosu znečištění do recipientů bude nutné redukovat v návrhovém stavu počet oddělovacích komor v místech, která mají podstatný vliv na znečištění toku. V místech, kde je nezbytné zachovat oddělovací komory, bude nutné odpadní vody přepadající do recipientů za dešťových událostí alespoň částečně zachytit v nově navržených retenčních nádržích.

3.3 VODNÍ TOKY

3.3.1 OCHRANA PŘED POVODNĚMI

Zájmové území

Město Brno se rozkládá na soutoku dvou významných jihomoravských řek Svratky a Svitavy. Postupným rozvojem města se stávající zástavba na mnoha místech ocitla v těsném sousedství některého z toků. Jde zejména o starou průmyslovou i obytnou zástavbu na březích Svratky a Svitavy. Především rozvoj průmyslu v druhé polovině 19. století, který spadal do období s malým výskytem povodní, a potřeba odběrů vody, byly příčinou výstavby průmyslových podniků v těsné blízkosti břehů. Tyto odběry byly často řešeny pomocí vzdouvacích objektů (jezů) četnými náhony, ze kterých se do dnešních dnů dochovaly jen některé. Tato zástavba má nepříznivý vliv na povodňové průtoky na těchto řekách.

Účelem zpracování GOmB, konkrétně části vodní toky, bylo aktualizovat vodohospodářskou přílohu územního plánu města Brna a posoudit možnost zvýšení ochrany města před povodněmi. Práce na GOmB byly zahájeny v únoru 2007. Návrh je zpracováván ve vazbě na koncept nového územního plánu podle varianty I. a II., v souladu se Studií protipovodňových opatření Jihomoravského kraje, firmou Pöyry Environment a.s. Moderně koncipovaný GOmB zahrnuje provázaný systém vodních toků a odkanalizování s vazbou na jakost vody v tocích, a představuje živý funkční systém nezbytný pro územní plánování i datové informace celého systému.
Pro řešení tak rozsáhlého úkolu byly do řešitelského týmu přizváni i Povodí Moravy s.p. Ing. Ladislav Gimun (řešení výpočtových modelů Svratky, Svitavy a Leskavy) a VUT FAST, Ústav vodních staveb Ing. Aleš Dráb, Ph.D. (řešení rizikové analýzy).

V části vodní toky jsou řešeny dvě skupiny problémů:

- Ochrana před povodněmi (stanovení rozsahu záplavového území při dnešním stavu toku pro průtoky Q_5, Q_{20}, Q_{100}, na základě výpočtu průběhu hladin povodňových průtoků a pomocí rizikové analýzy, bylo následně posouzeno záplavové území a navrženo opatření na zvýšení ochrany před povodněmi).
- Sledování jakosti vody v tocích (jakost vody v dlouhodobém horizontu, posouzení vlivu krátkodobého vypouštění látek při odlehčení ze stokové sítě, a rozbory a návrhy na zlepšení jakosti toků).

V rámci vymezení rozsahu zakázky GOmB, části C Vodní toky je v ZGOmB vybráno 38 významných toků a potoků, kterými se bude část C vodní toky zabývat. Takto byly zohledněny všechny významné toky v katastrálních hranicích města vyjma přítoků do Brněnské nádrže, které nebyly součásti ZGOmB.
Toky jsou řazeny a číslovány podle řádu vodních toků. Nejprve je to Svratka a všechny přítoky zprava a následně všechny levostranné přítoky včetně Svitavy. Toky jsou zakresleny v přiložené situaci vodních toků a plánované výstavby na území města Brna varianta I. a II. dle současně zpracovávaného ÚPmB. V rámci ZGOmB bylo upřesněno mimo Svratku a Svitavu dalších 15 jejich nejvýznamnějších přítoků, které se řešily podrobněji včetně matematických modelů proudění velkých vod. Jedná se o tyto toky: Vrbovec, Žebětínský potok, Leskava, Mlýnský náhon – Přízřenice, Přízřenická svodnice, Moravanský potok, Svitavský náhon, Obřanský potok, Ponávka, Ivanovický potok – Baba, Medlánecký potok, Ivanovický potok I, Tuřanský potok, Dvorský potok, Líšeňský potok.

Součásti ZGOmB části C Vodní toky je i péče o jakost vody na vodních tocích. V tomto zadání bylo vybráno celkem 11 toků, na kterých se bude jakost vody vyhodnocovat. Současně byla určena i délka toků včetně předběžného počtu měrných profilů, ve kterých bude monitoring probíhat. Na těch tocích byl zpracován následně i matematický model, který umožní vyhodnocení současného stavu znečištění toků a modelové řešení i pro budoucí zlepšení jakosti vody. V rámci péče o jakost byly sledovány dva typy problému:

- Dlouhodobá stabilizace jakosti vody na úrovni předepsané současně platnou legislativou.
- Krátkodobé zatížení toků způsobené odlehčováním stok do toků.

Z hlediska jakosti vody jde o řešení následujících toků:
Svratka, Vrbovec, Žebětínský potok, Leskava, Mlýnský náhon Přízřenice, Moravanský potok, Svitavský náhon, Svitava, Ponávka, Ivanovický potok I, Tuřanský potok.
Pro zpracování celého rozsahu této zakázky bylo nezbytné uskutečnit řadu jednání se všemi správci toků na území města Brna. Současně musela být svolána různá koordinační jednání, která zajišťují součinnost všech zúčastněných subjektů.
O podklady byli požádání tito správci toků a projekční firmy a instituce města Brna

- Povodí Moravy, státní podnik
- Zemědělská vodohospodářská správa
- Lesy České republiky
- Brněnské vodárny a kanalizace
- Brněnské komunikace
- Magistrát města Brna – Odbor správy budov
- Magistrát města Brna – Odbor technických sítí
- Magistrát města Brna – Odbor územního plánování a rozvoje
- Městská část Žebětín
- Městská část Maloměřice
- Arch Design
- Atelier Fontes s. r. o.
- Pratis s. r. o. Brno
- VH – Atelier s. r. o. Brno
- AQUAPROCON s. r. o.
- Český hydrometeorologický ústav Brno

Podklady

Mapové digitální podklady

Na základě smlouvy o výpůjčce uzavřené mezi Statutárním městem Brnem, Odborem městské informatiky a Pöyry Environment a.s. byla pro zpracování GOmB poskytnuta tato digitální data:
- výřezy z digitální mapy terénu města Brna (DMMB);
- digitální model terénu;
- výškopis – vyhlazené vrstevnice;
- digitální geografický model území České republiky (ZABAGED);
- digitální model území 1:25 000);
- státní mapa 1:5 000 (SMO 5);

Tyto podklady budou použity výhradně jen pro účel zpracování GOmB.

Projektové

Na základě ZGOmB byly postupně shromaždovány veškeré projektové podklady. Jejich výstupy jsou buď v digitální formě, nebo zejména u starších prací v tištěné formě. Podklady byly analyzovány z hlediska využitelnosti.
Současně proběhly pochůzky na všech vybraných 17 tocích, kde byly stanoveny tyto potřebné údaje:
- drsnostní součinitele pro výpočtový model nerovnoměrného proudění povodňového průtoku;
- stanovení polohy příčných řezů pro zaměření;
- fotodokumentace důležitých úseků na tocích včetně objektů. Byly to mosty, stupně, jezy, rozdělovací objekty, retenční nádrže, přelivné objekty, sdružené objekty, odlehčovací vyústění, křížení technických sítí, zaústění přítoků apod. Tyto fotografie jsou v Souhrnných technických zprávách každého toku a mohou sloužit uživatelům GOmB k rychlému získání znalostí o toku, případně jeho objektech.

Hydrologické a hydrotechnické

Na základě vyhodnocení starších hydrologických podkladů a jednání na ČHMÚ Brno byla provedena objednávka hydrologických dat ve vybraných profilech na tocích. Tato data ($Q_{n\text{-leté}}$ průtoky, objemy povodňových vln) byla použita jednak pro nezbytné hydraulické výpočty nerovnoměrného proudění na tocích pro stanovení hladin a rozlivů povodňových stavů a dále byla tato hydrologická data ($Q_{m\text{-denní}}$ průtoky) použita pro modelové řešení jakosti vody na tocích.
Na základě těchto úvah byly tyto potřebné hydrologické údaje objednány na 17 vybraných tocích v 54 profilech. Vybrané profily byly zakresleny do přehledné situace. Na základě analýzy těchto podkladů bylo rozhodnuto, které údaje se vyžádají jako nové a u kterých profilů byl požádán ČHMÚ o potvrzení stávajících údajů.
Dále bylo nutné:
- obstarat všechny starší dostupné projektové podklady;
- provést pochůzky pro stanovení rozsahu potřebného zaměření, stanovení koeficientu drsnosti vlastního koryta i inundací, provedení fotodokumentace celého posuzovaného toku;
- provést geodetické zaměřen toku i inundací pro umožnění sestavení matematického modelu. Jednalo se o příčné a údolnicové řezy, všechny objekty na tocích jako jsou mosty, lávky, stupně, jezy, velké odlehčovací stoky;
- zajištění aktuálních hydrologických podkladů na ČHMÚ;
- zajištění potřebných mapových podkladů SMO 5 včetně digitálního modelu terénu;
- následně zpracování matematického modelového řešení. Šlo především o hlavní brněnské toky Svratku, Leskavu a Svitavu a přítoky do nich zaústěné. Na přítocích jsou touto podrobnou metodou zpracovány především ty úseky toků, které jsou přilehlé k dnešní nebo budoucí zástavbě. Délky přítoků, které byly takto řešeny, jsou v ZGOmB přesně stanoveny.

Stávající stav záplavového území

Řeka Svratka je ve sledovaném úseku převážně upravený tok, i když v některých úsecích již koryto dostalo přirozený vzhled. Svitava je převážně upravená.

Stávající zátopová území byla stanovena na základě zaměření příčných řezů toků a všech významných objektů na tocích (jezy, mosty, lávky apod.), digitálního modelu terénu, platných hydrologických údajů a následně byly vypočteny nerovnoměrným neustáleným prouděním pomocí programu MIKE11 průběhy hladin. Rozsah záplavového území je patrný z obr. 3.3. Pro výpočet stávajícího i návrhového stavu byly použity tyto N-leté průtoky:
Svratka (pod vodním dílem (VD) Brno) Q_5 = 108,6 $m^3.s^{-1}$ (zelená čára), Q_{20} = 177,5 $m^3.s^{-1}$ (červená čára), Q_{100} = 280 $m^3.s^{-1}$ (modrá šrafa) $Q_{100\ neovl.}$ = 395 $m^3.s^{-1}$ (hnědá šrafa).
Kapacita hlavních toků je proměnná a toky mají místy kapacitu $Q_1 – Q_5$, $Q_{20} – Q_{100}$.

U řek Svratky a Svitavy byl návrh PPO proveden na průtok Q_{100} (obr. 3.3, světle modrá šrafa). V případě Svratky byl proveden i výpočet pro Q_{100} neovlivněné nádržemi v povodí. Bylo dohodnuto, že se protipovodňová opatření na Svratce budou navrhovat na Q_{100} neovlivněné nádržemi v jejím povodí (obr. 3.3, hnědá šrafa). Důvodem je možnost opakování povodňových scénářů v ČR z let 1997, 2002 a 2006 v povodí řeky Svratky. Tento scénář předpokládá, že v povodí řeky Svratky nastane srážková epizoda se dvěma vydatnými srážkovými vlnami. První z nich nasytí půdní horizont a odtékající vody z povodí zaplní retenční prostory VD Vír I, Vír II a Brno. Druhá srážková vlna, časově 4~5dnů po první vlně, steče s minimálním vsakem do toků. Zaplněné retenční prostory vodních nádrží následně nedokáží povodňovou vlnu transformovat a tak město Brno ohrozí Q_{100} neovlivněné. V roce 1997 při průtoku Q_{100} v profilu nádrže Víru byla nádrž vyprázdněna z důvodů výstavby odběrného objektu Brněnského oblastního vodovodu. Proto byla povodňová vlna beze zbytku transformovaná. Obdobný případ dvou katastrofických srážek během jednoho týdne postihl ČR i v roce 2002. Hlavní město Praha pod Vltavskou kaskádou bylo po stejném scénáři dokonce zaplaveno až 500letou vodou.

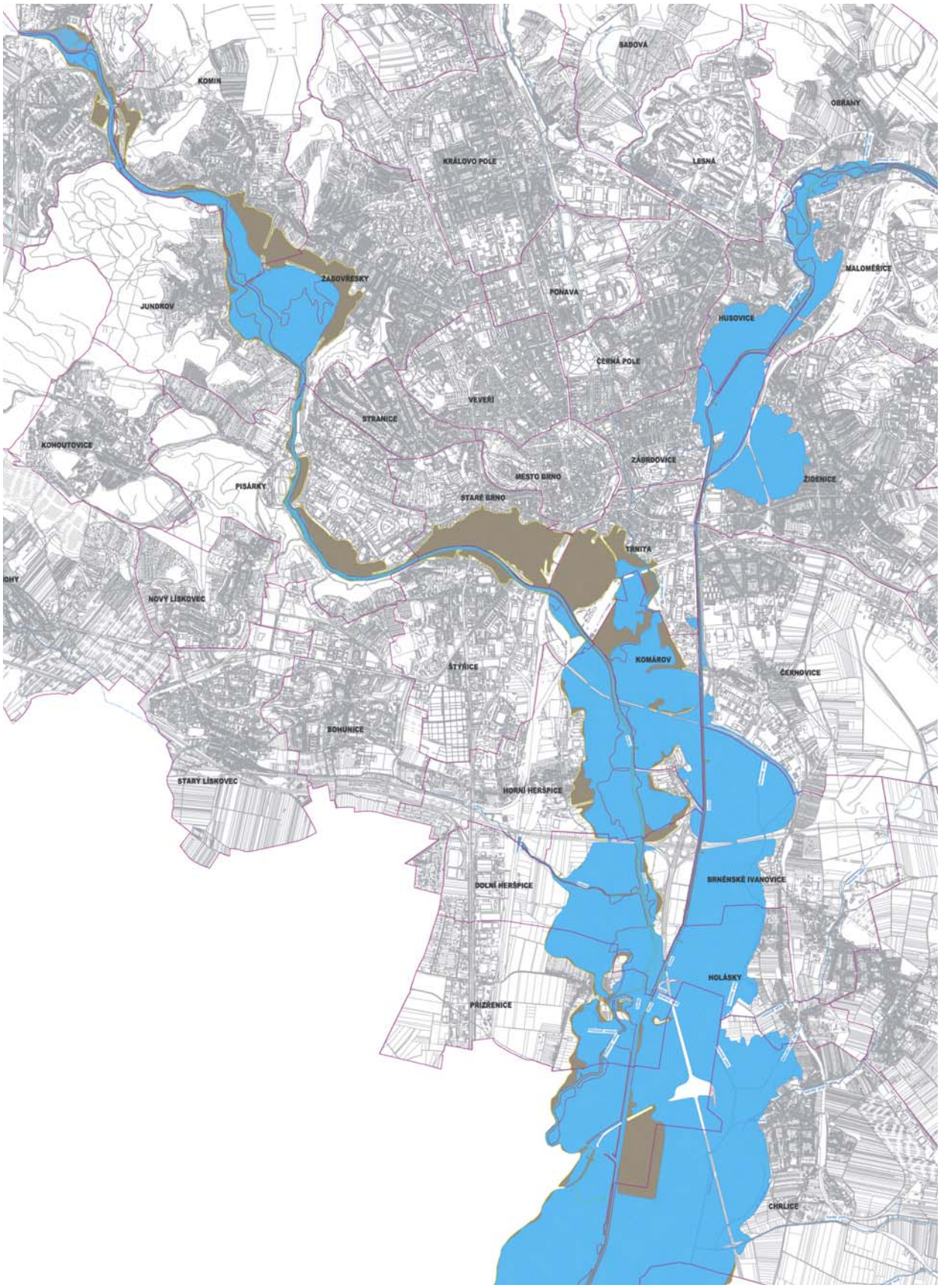
3.3.2 PÉČE O JAKOST VODY

Tato část se zabývala analýzou kvality vody ve vybraných ukazatelích jakosti vody – BSK_5, $CHSK_{Cr}$ (chemická spotřeba kyslíku stanovená dichromanem draselným), $N\text{-}NO_3$ (dusičnanový dusík), $N\text{-}NH_4$, N_{celk}, P_{celk} a nerozpuštěné látky – ve vodních tocích na území města Brna.

Podklady

Monitoring na vodních tocích – na každém toku byl stanoven měrný profil, kde se po dobu jednoho vegetačního období prováděly odběry a analýza vzorků vody. Pro zpřesnění údajů na páteřních tocích Svratky a Svitavy byly získány také výsledky monitoringu, který se provádí v rámci pravidelného sledování vývoje kvality vody správcem toku.
Hydrometrické zaměření odběrných profilů na vodních tocích – pro každý profil byla stanovena měrná křivka, z které se odvodil průtok odpovídající době odběru vzorků vody. Z těchto průtoků byl následně vypočítán látkový tok vybraných ukazatelů, který byl hlavním parametrem kalibrace modelu.

Obr. 3.3. Zátopové čáry dnešního stravu



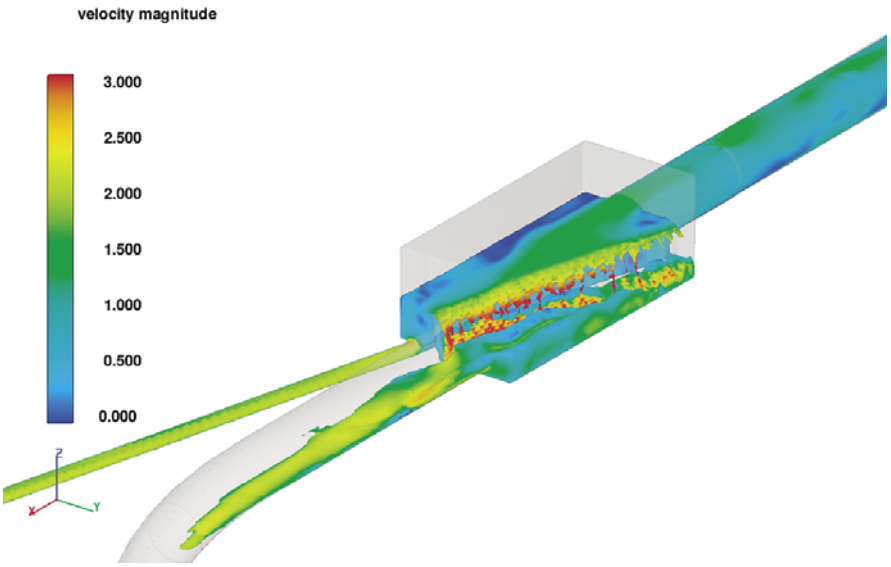
Bilanční model

Bilanční model řešil především znečištění toků v bezdeštném období za nižších průtoků, kdy se nejvýrazněji projevují bodové zdroje znečištění. Ty se nejvíce projevují na drobných tocích jako Leskava, Ponávka, Tuřanský potok a Moravanský potok. Lze konstatovat, že páteřní toky Svratky a Svitavy jsou těmito přítoky ovlivněny jen minimálně a hodnoty koncentrací se pohybují pod předepsanými limitními hodnotami. Jedinou výjimku tvoří fosfor, který je zvýšený v celé délce toku Svitavy a ovlivňuje také Svratku pod soutokem. Toto znečištění se ovšem do Svitavy dostává ještě nad územím města Brna.
Každý tok má tři sady výstupů (pro Q_{355}, Q_{270} a Q_a) pro jednotlivé vybrané ukazatele jakosti vody v tocích. Obsahují přehledné podélné profily jednotlivých toků se zobrazením koncentrací vybraných ukazatelů: BSK_5, $CHSK_{Cr}$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NH_4$, N_{celk}, P_{celk} a nerozpuštěné látky.

Model oddělovacích komor

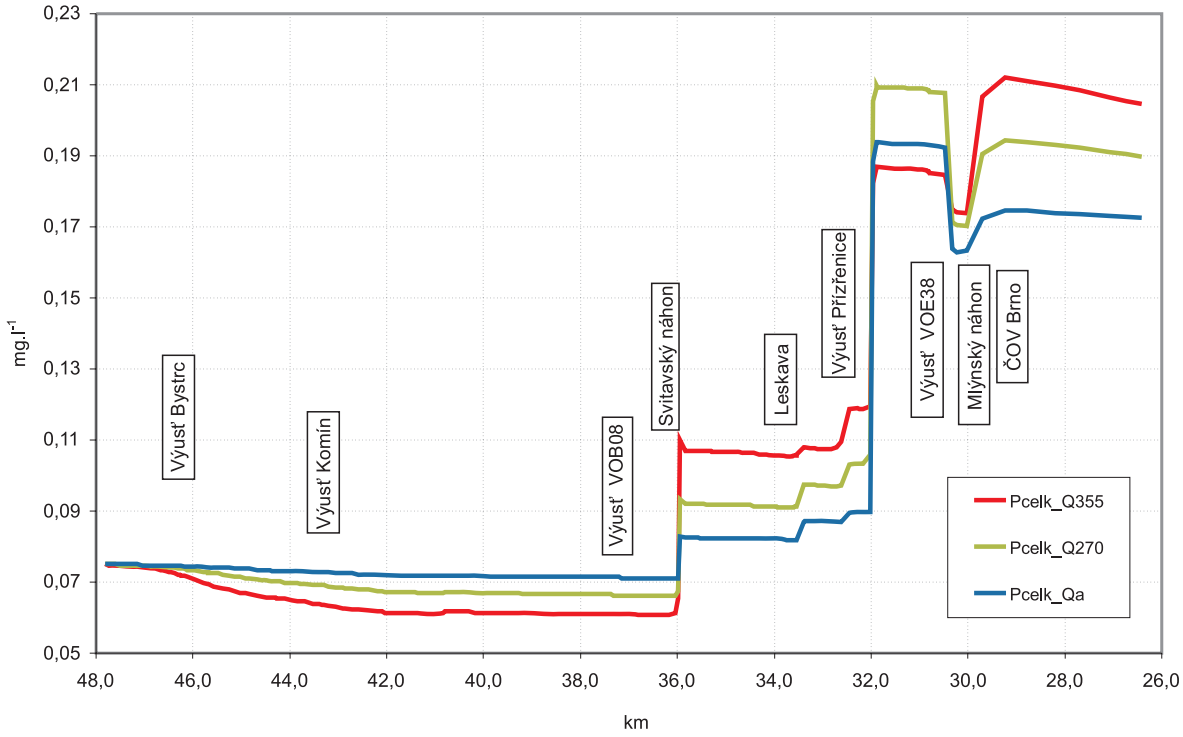
Základem pro sestavení tohoto modelu byl nakalibrovaný bilanční model bezdeštného stavu. Bilanční model byl rozšířen o vstupy z kanalizačních výustí. Jedná se o 255 výustí, které byly přiřazeny k jednotlivým tokům. Tyto bodové zdroje znečištění simulují dodatečné zatížení toků při srážkové epizodě při průměrném ročním průtoku ve vodních tocích.
Koncentrace látek v jednotlivých tocích je v tomto případě určena především odlehčovaným průtokem a koncentrací vypouštěné látky – zde velmi záleží na tom, zda se jedná o výusť oddílné či jednotné kanalizace. Na některých menších tocích, které vykazují značné znečištění již za bezdeštného stavu, dochází díky vstupům z dešťové kanalizace u některých ukazatelů ke snížení koncentrací (Leskava, Moravanský potok).
Na všech tocích dochází k mnohonásobnému zvýšení průtoku v porovnání se scénářovou variantou počátečního průtoku Q_a. U malých toků to je 50 – 200x více a při koncentracích vstupujících z oddělovacích komor se tak v podstatě stávají pouze svodnicemi odlehčené vody do hlavních toků Svratky a Svitavy.
Výrazně nižší zvýšení průtoku v porovnání se scénářovou variantou Q_a se projevuje na páteřních tocích Svratky a Svitavy. Ovšem díky velkým objemům převyšují nejvyšší koncentrace ve všech sledovaných ukazatelích jakosti přípustné imisní limity zhruba 10x. Jedinou výjimkou je celkový dusík, jehož maximální koncentrace je dvojnásobkem přípustného limitu daného nařízením vlády č. 229/2007 Sb.

Obr. 3.4. Ověření hydraulického chování oddělovací komory „Lazaretní“ pomocí matematického modelu FLOW-3D

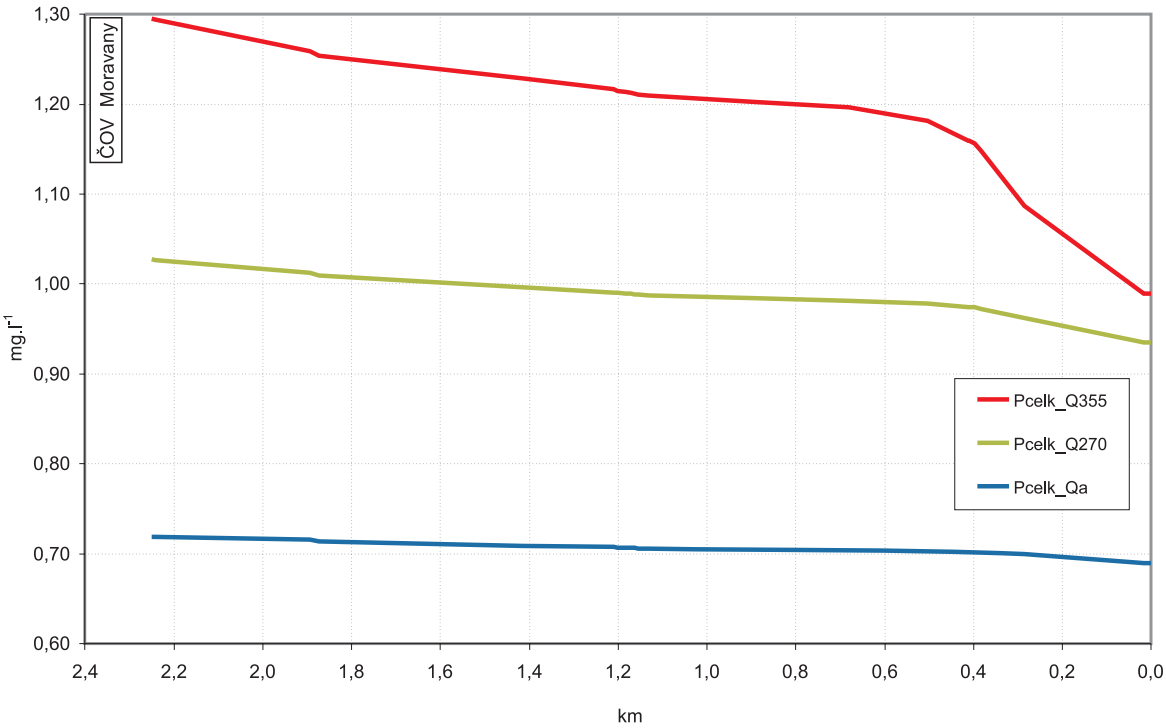


Obr. 3.5. Ukázky koncentrace P_{celk}

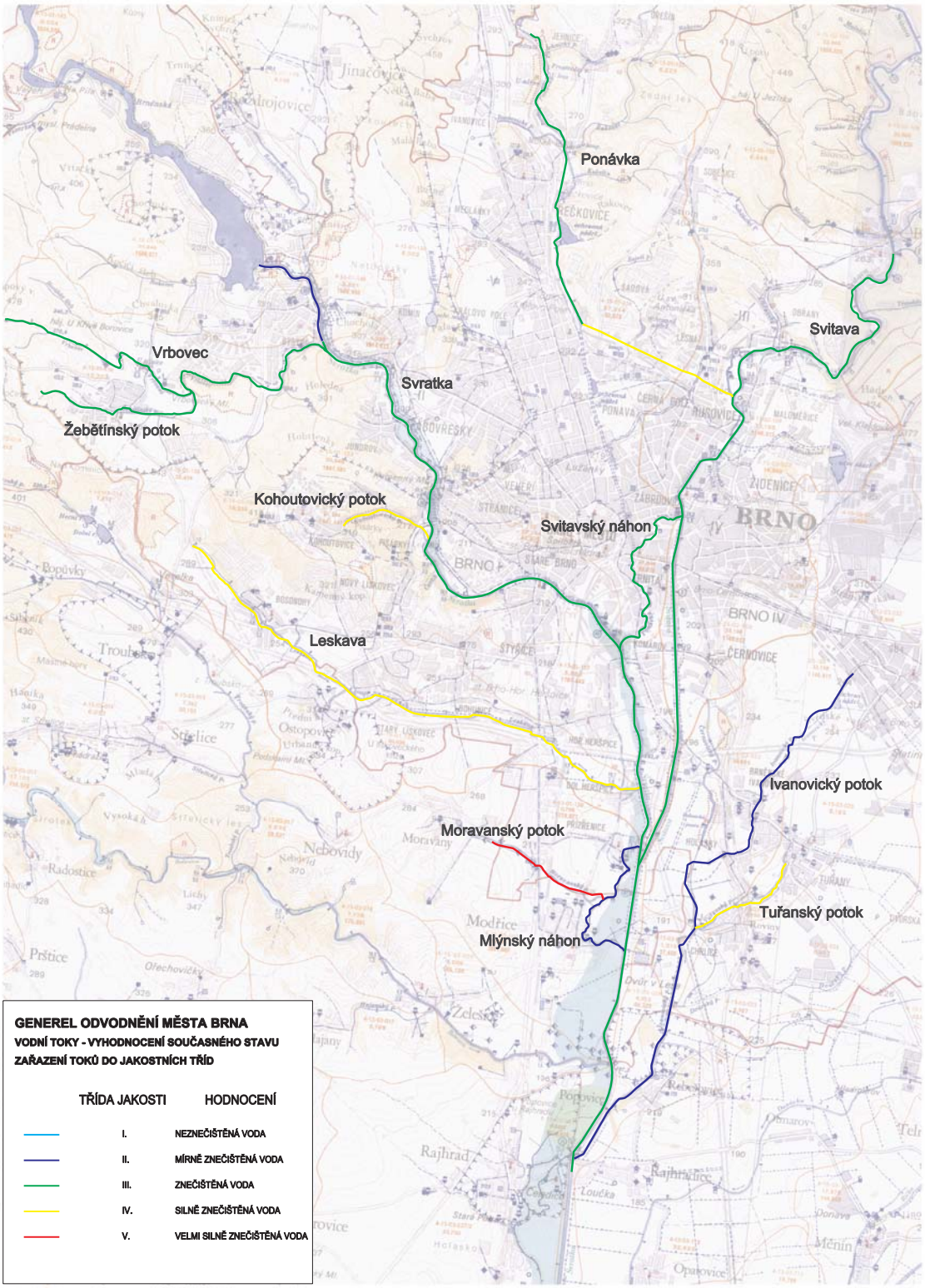
SVRATKA – Koncentrace P_{celk} pro scénářové simulace Q_{355}, Q_{270} a Q_a



MORAVANSKÝ POTOK – Koncentrace P_{celk} pro scénářové simulace Q_{355}, Q_{270} a Q_a

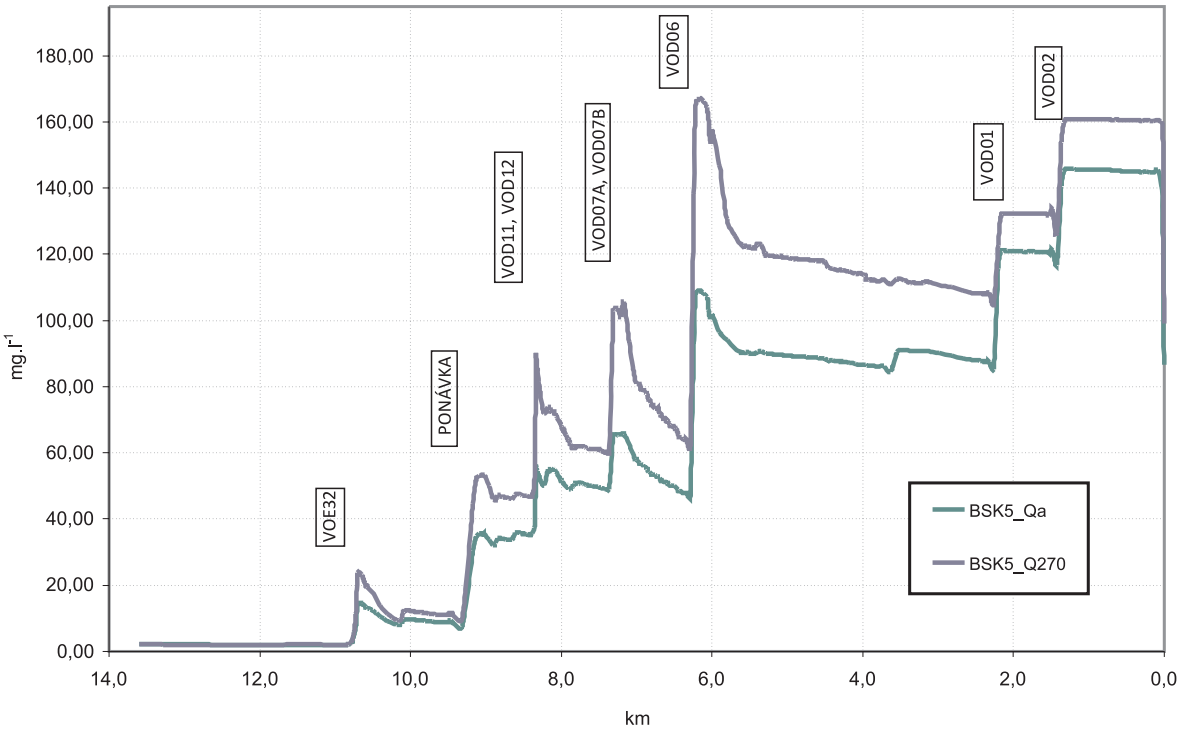


Obr. 3.6. Mapa tříd jakosti současného stavu

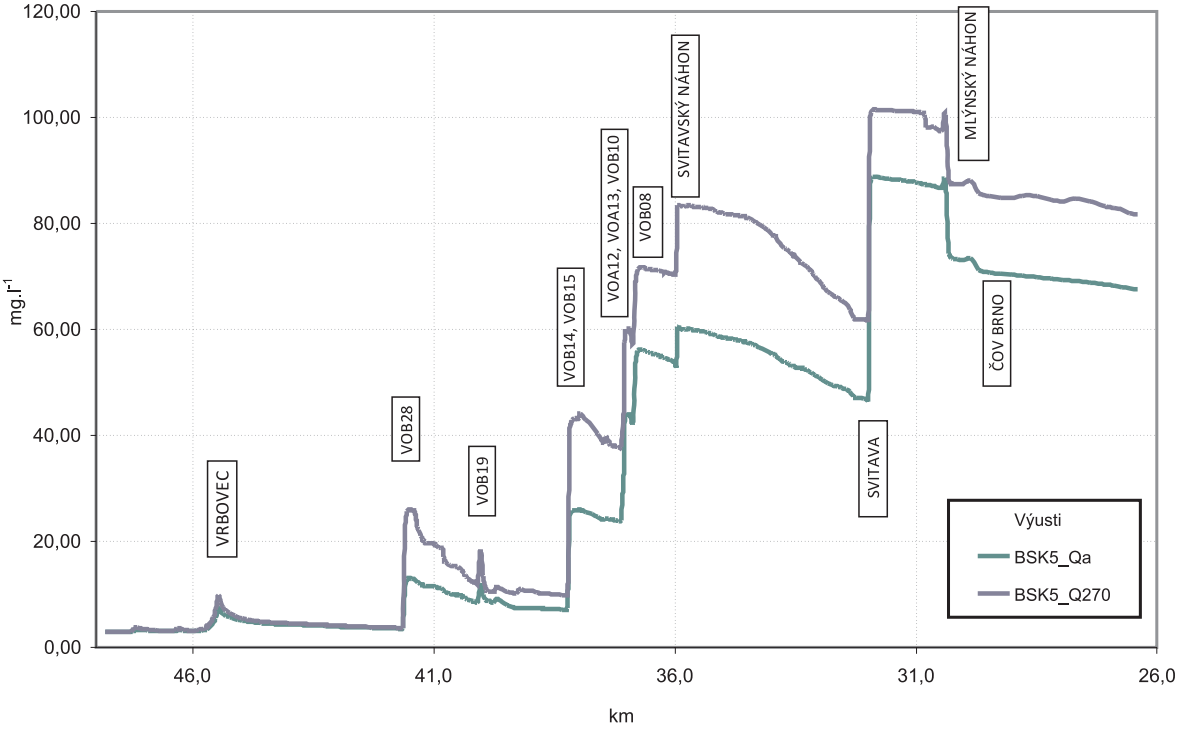


Obr. 3.7. Ukázky koncentrace BSK_5

SVITAVA – Koncentrace BSK_5 pro Q_a



SVRATKA – Koncentrace BSK_5 pro Q_a



4 ŘEŠENÍ VÝHLEDOVÉHO STAVU

4.1 VODOVODNÍ SÍŤ

Pro výpočet výhledových potřeb vody do roku 2015 byly využity podklady z nově zpracovávaného Územního plánu města Brna. Z této dokumentace byly převzaty počty přírůstku obyvatel, včetně zahrnutí potřeb nově navrhovaných rozvojových lokalit. Dle zadání objednatele je nový územní plán zpracováván ve dvou variantách. Obě varianty ÚPmB se liší v umístění nových návrhových ploch pro různá využití na území města. Z tohoto důvodu dochází k různému navýšení nových obyvatel, kteří by se měli usídlit na území města Brna.
Z hlediska procenta připojených obyvatel k vodovodu na území Brno-město nenastanou v souvislosti s připravovanými investicemi žádné změny. Rekonstrukce a dostavba vodovodní sítě města Brna je však nezbytná pro zachování základních funkcí města. Dostatečná kapacita a dobrý stavební stav jsou rovněž základním předpokladem dalšího rozvoje města.

Zdroje

Ve výhledu se předpokládá s využíváním pouze dvou zdrojů, a to podzemní vody z prameniště z Březové nad Svitavou a povrchové vody, odebírané z Vírské přehradní nádrže, upravované v úpravně vody Švařec. Vydatnost prameniště Březová a výkon úpravny vody Švařec je uveden v kapitole „Posouzení vydatnosti zdrojů s potřebou vody v BVS“.

Objekty

Ve výhledu bude nutno vybudovat nové vodárenské objekty – čerpací stanice, vodojemy, přívodní řady, řady rozvodné sítě, aby se zajistila dodávka vody do nově navrhovaných rozvojových lokalit.

Vodovodní systém BVS

Ve výhledu bude zachováno rozdělení do šesti základních tlakových pásem, které jsou uvedeny v popisu stávajícího stavu.
Nové rozvojové lokality na území města Brna si však vyžádají zřízení dalších tlakových pásem, z nichž pro některá bude nutno vybudovat objekty čerpacích stanic, vodojemů či redukčních šachet. Nově navržená tlaková pásma budou podružnými pásmy těch stávajících.

Počet zásobovaných obyvatel BVS

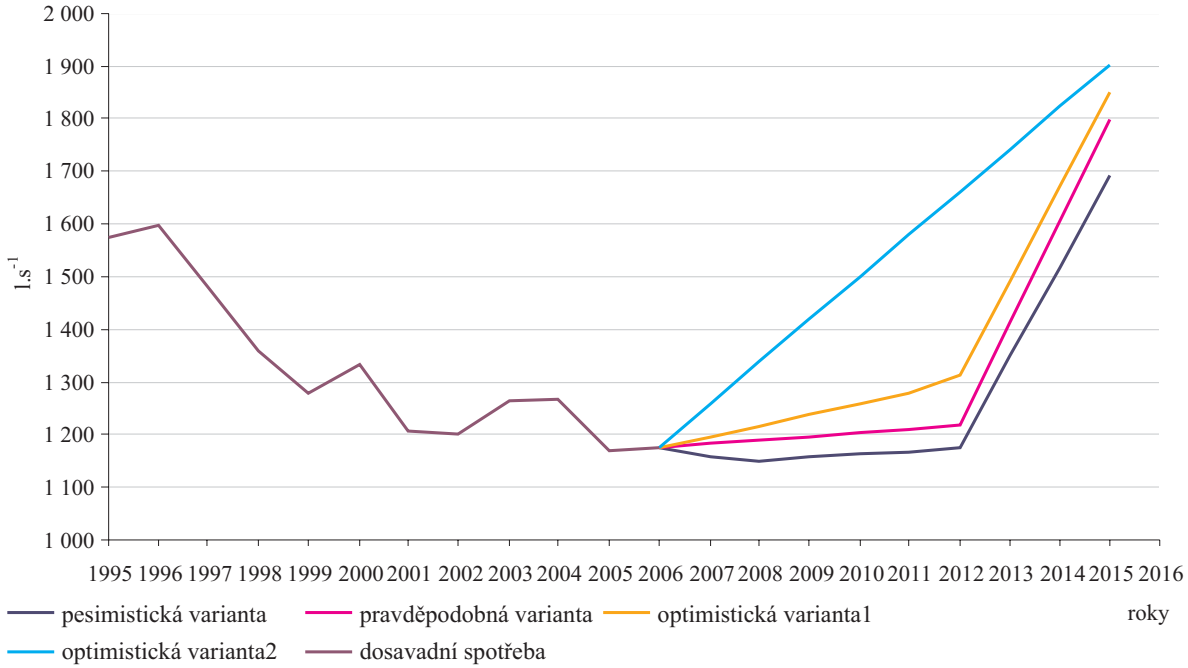
Nový územní plán města Brna je zpracováván ve dvou variantách. Z tohoto důvodu jsou rozdílné výsledné údaje o přírůstku nových obyvatel.
V I. variantě se předpokládá přírůstek ve výši 94 235 obyvatel, čímž bude celkový počet zásobovaných obyvatel v městě Brně, včetně Modřic, činit 464 832 obyvatel. Ve II. variantě se uvažuje s navýšením o 65 107 obyvatel, tím počet zásobovaných v Brně, včetně Modřic, dosáhne hodnoty 435 704 obyvatel.
Počet zásobovaných obyvatel Brněnskou vodárenskou soustavou je vyšší než je uvedeno v předcházejícím odstavci, neboť z BVS jsou mimo města Brno a Modřice současně zásobována i další města a obce, které se nachází podél přivaděčů I. a II. březovského vodovodu a Vírského oblastního vodovodu.

Potřeba vody v BVS ve městech Brno a Modřice

Jak je výše uvedeno, je nový ÚPmB zpracováván ve dvou variantách. Z tohoto důvodu je i výpočet potřeby vody proveden pro tyto dvě varianty.
Průběh potřeby vody ve výhledu v letech 2006 až 2015 byl určen na základě vývoje spotřeby vody v uplynulých letech a z budoucího rozvoje. Pro výhledový rok 2015 byla vypočtena hodnota potřeby vody, která pokryje předpokládané nároky na dodávku vody. V grafech je dokumentován nárůst potřeby vody pomocí čtyř křivek. Tři křivky („Pesimistická“, „Pravděpodobná“ a „Optimistická 1“) mají mírný růst potřeby vody do roku 2012, od tohoto roku však průběh potřeby prudce stoupá, až dosáhne vypočtené hodnoty pro rok 2015. Průběh křivek v letech 2006 – 2012 je reálný vzhledem k současnému tempu rozvoje města.
Obsahem této části GOmB bylo ověření toto, zda stávající využívané zdroje pokryjí výhledovou potřebu a návrh opatření pro zajištění plynulého zásobování vodou.

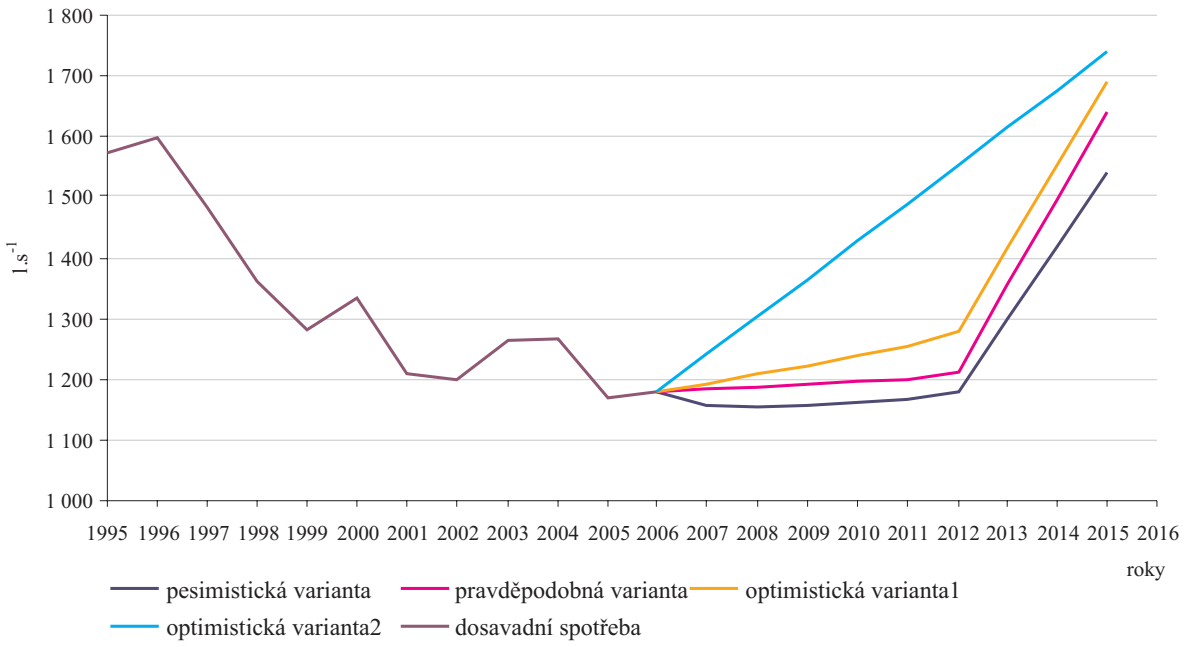
U varianty I hodnota maximální denní potřeby vody dosahuje množství Q_m = 1 797 $l.s^{-1}$ („Pravděpodobná“) pro výhledový rok 2015, průběh potřeby je zřejmý z obrázku č. 4.1.

Obr. 4.1. Maximální denní potřeba vody pro BVS – Varianta I



Pro výhledový rok 2015 u varianty II činí hodnota maximální denní potřeby vody Q_m = 1 640 l.s^{-1} („Pravděpodobná“).

Obr. 4.2. Maximální denní potřeba vody pro BVS – Varianta II



Potřeba vody pro města Brno a Modřice je nižší než vypočtené potřeby pro BVS. Z tohoto důvodu vydatnost zdrojů pokryje i požadavky obou měst.

Posouzení vydatnosti zdrojů s potřebou vody v BVS

Ve výhledu se předpokládá s využíváním pouze dvou zdrojů pitné vody pro BVS. Jedná se o prameniště v Březové nad Svitavou kde se jímá podzemní voda a úpravnu Švařec, odebírající povrchovou vodu z vodárenské nádrže Vír.

Vydatnost prameniště Březová nad Svitavou

Vydatnost podzemního zdroje Březová se pohybuje v následujících rozmezích:

- minimální vydatnost Q_{min} = 719 l.s^{-1}
- průměrná vydatnost Q_{max} = 1 091 l.s^{-1}
- maximální vydatnost Q_{max} = 1 365 l.s^{-1}

Výkon úpravny povrchové vody Švařec z Vírské přehradní nádrže

Špičkový výkon úpravny vody Švařec je Q = 1 150 l.s^{-1}.

Potřeba vody v BVS v roce 2015

V roce 2015 se předpokládá s dosažením následujících hodnot potřeby vody.

- varianta I
  - pesimistická hodnota potřeby $Q_{pes} = 1\,690\ l.s^{-1}$
  - pravděpodobná hodnota potřeby $Q_{prav} = 1\,797\ l.s^{-1}$
  - optimistická hodnota potřeby $Q_{opt} = 1\,903\ l.s^{-1}$
- varianta II
  - pesimistická hodnota potřeby $Q_{pes} = 1\,541\ l.s^{-1}$
  - pravděpodobná hodnota potřeby $Q_{prav} = 1\,640\ l.s^{-1}$
  - optimistická hodnota potřeby $Q_{opt} = 1\,738\ l.s^{-1}$

Na základě výše uvedených údajů o vydatnosti zdrojů a výhledové pravděpodobné potřeby je zřejmé, že na straně zdrojů je přebytek. Z tohoto důvodu je možno doporučit zrušení úpravny Pisárky II, třetího nevyužívaného zdroje.
Vydatnosti obou předpokládaných zdrojů plně zabezpečí požadavky ve výhledovém období do roku 2015 na dodávku vody v požadovaném množství.

Zvýšení zabezpečenosti dodávky vody BVS

Ke zvýšení zabezpečenosti dodávky vody BVS do spotřebišť je nutno realizovat investiční akce, které jsou uvedeny v následujícím textu. Jedná se o výstavby vodojemů, přívodních řadů a propojů mezi jednotlivými tlakovými pásmy. Tyto vyjmenované investice jsou shodné pro obě varianty.
Nezbytné investice:

- Vodojem Medlánky 50 000 m^3
- Rozšíření VDJ Palackého vrch VUT (o 650 m^3)
- Rozšíření VDJ Lesná I (o 1000 m^3)
- Přivaděč Medlánky – Palackého vrch
- Propojení VDJ Medlánky na VOV
- Propojení VDJ Holé Hory na 3.tl.p.
- Propojení VDJ Bystrc na VOV
- Rozšíření tlakového pásma 1.1.

Závěr

Na základě závěrů ekonomického posouzení se doporučuje přednostně využívat zdroj v Březové (pokud nedojde k výraznému navýšení poplatků za odběr podzemní vody) a druhý zdroj úpravnu vody Švařec využívat jako doplňkový zdroj. Využití druhého zdroje bude závislé na poklesu či zvýšení výhledové potřeby vody v období do roku 2015.
Z důvodu zabezpečení provozní spolehlivosti vodárenského systému a jeho rozvoje do budoucna bude vyžadováno kromě získání zdrojů na investice, také výrazné zvýšení vynakládaných finančních prostředků na obnovu. Tyto zdroje bude nutno částečně či plně zahrnout do tarifů vodného v závislosti na disponibilitě dodatečných zdrojů z rozpočtu vlastníků infrastruktury resp. evropských či jiných dotačních titulů.

4.2 KANALIZAČNÍ SÍŤ

Rozvoj kanalizační sítě v městě Brně musí reagovat na změnu v náhledu na strategii v odvodnění urbanizovaných území. V minulosti bylo úlohou systému odvodnění co nejrychlejší likvidace, tj. odvedení

splaškových a dešťových vod do ČOV a do recipientů. Tato strategie odvodnění měla za následek zvětšování profilů kanalizační sítě, zvětšování odtoků do vodních toků a následně zvýšení průtoků v recipientech, zhoršování kvality vody ve vodních tocích a v neposlední řadě i zvyšování nebezpečí povodní. V neposlední řadě dochází vlivem rychlého odtoku dešťových vod z povodí ke zmenšování dotací zdrojů podzemních vod. Současně se zvyšujícími se odtoky ze zastavěných území docházelo k častějším přepadům do řek v místech oddělovacích komor jednotné kanalizace a následně ke zvýšení vnášeného znečištění z kanalizační sítě do vodních toků.
Koncepce a návrh kanalizační sítě musí reagovat na požadavky rozvoje města v jednotlivých lokalitách v návaznosti na stávající kmenové stoky. Koncepce návrhu kanalizační sítě města Brna respektuje stávající systém kanalizace, ale současně zohledňuje požadavek na snížení dopadu pokračující urbanizace města na hydrologický režim území.
V rámci vyhodnocení stávajícího kanalizačního systému města pro stávající stav zástavby ve městě bylo provedeno vyhodnocení hydraulické spolehlivosti kanalizační sítě a jejího vlivu na kvalitu vody ve vodních tocích. Přehled vyhodnocení dosažených znečištění při návrhové srážce (syntetický déšť dle Šifaldy, při průměrném průtoku ve vodních tocích) ve sledovaných vodních tocích Svratka a Svitava je doložen v následující tabulkách.

Tab. 4.1. Kvalita vody nad městem Brnem a po průtoku městem Brnem za deště, kdy jsou ve funkci oddělovací komory

Svratka		
Parametr	nad Brnem	pod Brnem
	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
BSK_5	2,9	85,2
CHSK	17,4	267,9
NL	11,0	308,0
NH_4	0,1	6,9
N_{celk}	4,6	18,6
P_{celk}	0	2,0

Svitava		
Parametr	nad Brnem	pod Brnem
	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
BSK_5	2,0	103,6
CHSK	16,6	393,6
NL	15,1	658,8
NH_4	0,2	5,1
N_{celk}	5,7	20,9
P_{celk}	0,3	2,9

Z tabulek je zřejmé, že město Brno je významným znečišťovatelem toků protékajících městem.
Vzhledem k tomu, že město Brno by se mělo dle návrhu ÚPmB dále rozvíjet, je nutné řešit kanalizační síť nejen z pohledů hydraulických potřeb, ale i z hlediska snížení dosahovaných dopadů na kvalitu vody ve vodních tocích.
Návrh koncepce kanalizační sítě zohledňuje požadavek na bezpečné odvedení odpadních vod a zmenšení odtoku dešťových vod do kanalizačního systému a následně do vodotečí a ochranu znečišťování povrchových toků a podzemních vod.

Tab. 4.2. Kvalita vody ve vodních tocích za bezdeští nad Brnem a po průtoku městem

Svratka		
Parametr	nad Brnem	pod Brnem
	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
BSK_5	2,9	2,5
CHSK	17,0	14,3
NL	8,0	17,6
NH_4	0,1	0,2
N_{celk}	4,1	3,8
P_{celk}	0	0,2

Svitava		
Parametr	nad Brnem	pod Brnem
	[mg.l^{-1}]	[mg.l^{-1}]
BSK_5	1,9	2,9
CHSK	13,1	15,9
NL	9,0	19,4
NH_4	0,1	0,2
N_{celk}	5,7	5,1
P_{celk}	0,2	0,9

Model výhledového stavu – návrh variant řešení

V rámci spojeného modelu bylo specifikováno, jak se má stávající systém v daném území dobudovat a jak se má řešit vazba kanalizace na vodní toky. GOmB určuje způsob odkanalizování v jednotlivých částech města.

Pro návrh výhledového stavu byl zachován stávající systém kmenových stok:
- jednotného systému – A, B, C, D, E a EI;
- oddílného systému – AI, BI, CI, F, FI a FII.

Pro návrh kanalizační sítě zajišťující rozvoj města dle ÚPmB – varianta I a II je počítáno s tím, že kmenové stoky oddílného systému zůstanou napojeny na stávající jednotný systém v místech, ve kterých se na jednotný systém napojují v současnosti.
Dobudování oddílného systému se samostatným přivedením splaškových vod do ČOV v Modřicích je navrženo jako dlouhodobý výhled dobudování kanalizační sítě města do roku 2050.
Dobudování splaškových kmenových stok by znamenalo výrazné navýšení finančních prostředků bez výrazného zlepšení kvality vody ve vodních tocích.
V rámci GOmB – modelování výhledového stavu byl navržen systém odvodnění jednotlivých rozvojových ploch a ploch dostaveb, které jsou navrženy ve variantě I a II návrhu ÚPmB. Pro každou plochu v každé variantě byl specifikován systém odvodnění, včetně vazeb na nutné rekonstrukce a dostavby stávající kanalizační sítě, požadavky na nakládání s dešťovými vodami a nutnost ochrany dané lokality před povodněmi.
Ve vazbě na požadavky rozvoje města a nutnosti ochrany vodních toků před znečištěním jsou navrženy nutné rekonstrukce hlavních a kmenových stok, včetně návrhu systému retenčních dešťových nádrží tak, aby byla dodržena dohoda mezi městem Brnem a správcem toků (Povodím Moravy) o zlepšování kvality vody v řekách protékajících městem Brnem. Bylo navrženo umístění retenčních nádrží a jejich nutný objem.

Návrh hospodaření s dešťovými vodami je proveden na základě zpracované hydrogeologické studie, která lokalizuje místa, kde je možné zasakování dešťových vod. Tento předpoklad bude nutné ověřit a doložit podrobným hydrogeologickým průzkumem v dalších stupních projektové dokumentace a stanovit lokality, kde geologické podmínky zasakování neumožňují. V těchto lokalitách bude nutné při návrhu odkanalizování navrhnout zpoždění odtoku dešťových vod odtékajících do jednotné nebo dešťové kanalizace. Byla určena hodnota maximálního možného odtoku dešťových vod z rozvojové plochy dle UPmB plochy 10 $l.s^{-1}$ na jeden neredukovaný hektar. Toto opatření zajistí zlepšení kvality vody v tocích a má celoměstský význam.

Hodnoty kvality vody na vtoku do intravilánu města pro recipienty byly ponechány dle současného stavu. K výraznému zlepšení kvality vody v tocích dle správce toku (Povodí Moravy) nebude docházet ani v důsledku plánovaných opatření v povodí nad intravilánem města Brna. Pro vyhodnocení dopadu opatření na čistotu vody v řekách byly stanoveny také výše finančních prostředků, které je nutné vynaložit.
Vyhodnocením obou kritérií byla vybrána varianta řešení 3a z šesti řešených variant. Rozsah dostavby kmenových stok je pro všechny varianty stejný s výjimkou varianty 4, kde se předpokládá dostavba kmenových stok BI, CI, EI oddílného systému. Rekonstrukce a dostavby kanalizační sítě, zahrnuté do navržených variant, zajišťují přivedení odpadních vod k místům návrhů retenčních nádrží.

1. varianta – I. varianta ÚPmB – bez jakýchkoliv opatření na kanalizační síti byl zadán rozvoj města dle ÚPmB. Došlo k radikálnímu nárůstu znečištění na OK.

1a varianta – I. varianta ÚPmB – s rekonstrukcí části kmenových stok A, C, D, E, EI a s výstavbou RN s omezeným objemem

- kmenová stoka A
  - RN Přízřenický jez ..... 2 000 m³
  - RN Sokolova ..... 2 500 m³
- kmenová stoka B
  - RN Jeneweinova ..... 5 000 m³
- kmenová stoka D
  - RN Královky ..... 10 000 m³
- kmenová stoka E
  - RN Celiny nad shybkou ..... 2 500 m³
  - RN Ráječek ..... 2 000 m³

2. varianta – I. varianta ÚPmB – s rekonstrukcí částí kmenových stok A, C, D, E, EI a s výstavbou retenčních nádrží

- kmenová stoka A
  - RN Přízřenický jez ..... 5 000 m³
  - RN Sokolova ..... 5 500 m³
- kmenová stoka B
  - RN Jeneweinova realizovaná v rámci Železničního uzlu Brno ..... 7 000 m³
- kmenová stoka D
  - RN Královky ..... 20 000 m³
- kmenová stoka E
  - RN Celiny nad shybkou (OKEI01V – RNEIO1V) ..... 5 000 m³
  - RN Ráječek (OKEI02V – RNEI02V) ..... 5 000 m³
  - RN Lazaretní (OKE05V – RNE02V) ..... 500 m³
  - RN Stinná (OKE03V – RNE01V) ..... 1 000 m³
  - RN Hamry (OKE06V – RNE03V) ..... 500 m³

3. varianta – I. varianta ÚPmB – s rekonstrukcí části kmenových stok A, C, D, E, EI a s výstavbou retenčních nádrží

- kmenová stoka A
  - RN Přízřenický jez ..... 5 000 m³
  - RN Sokolova ..... 5 500 m³
- kmenová stoka B
  - RN Jeneweinova ..... 8 000 m³

- kmenová stoka D
  RN Královky ..... 30 000 m³

- kmenová stoka E
  RN Celiny nad shybkou (OKEI01V – RNEI 01V)..... 4 000 m³
  RN Ráječek (OKEI02V – RNEI02V)..... 2 000 m³

3a. varianta – I. varianta ÚPmB – s rekonstrukcí části kmenových stok A, C, D, E, EI a s výstavbou retenčních nádrží

- kmenová stoka A
  RN Přízřenický jez..... 5 000 m³
  RN Sokolova..... 5 500 m³

- kmenová stoka B
  RN Jeneweinova ..... 8 000 m³

- kmenová stoka D
  RN Královky..... 30 000 m³

- kmenová stoka E
  RN Celiny nad shybkou (OKEI01V – RNEI 01V)..... 4 000 m³
  RN Ráječek (OKEI02V – RNEI02V)..... 2 000 m³
  RN Hamry (OKE06V – RNE03V) ..... 800 m³

Opatření byla navržena se snahou eliminovat velká znečištění a místa s nevýrazným znečištěním neřešit.

4. varianta

V rámci 4. varianty je navržena dostavba oddílného systému kanalizační sítě, tj. dobudování kmenové stoky BI, dobudování kmenové stoky CI a dobudování kmenové stoky EI po místo napojení na kmenovou stoku CI vedoucí ve štole pod městskou částí Lesná.
Rekonstrukce kanalizační sítě bude nutná v rozsahu varianty „2“. Návrh retenčních nádrží:

- kmenová stoka A
  RN Přízřenický jez..... 5 000 m³
  RN Sokolova..... 5 500 m³

- kmenová stoka B
  RN Jeneweinova ..... 5 500 m³

- kmenová stoka D
  RN Královky..... 20 000 m³

- kmenová stoka E
  dle varianty 2

Varianty řešení – ekonomické vyhodnocení

V rámci ekonomického vyhodnocení jsou posouzena i opatření na kanalizační síti.
Samostatně jsou potom ohodnoceny RN ve vztahu k možnosti snížení transportovaného znečištění do recipientu. Ekonomické vyhodnocení je uvedeno v cenové úrovni 2007.

Tab. 4.3. Investiční náklady pro jednotlivé varianty

Varianta	kanalizační síť	RN	Celkem
	[tisíc Kč]	[tisíc Kč]	[tisíc Kč]
současnost	0	0	0
varianta 1	0	0	0
varianta 1a	1 473 546	883 641	2 357 187
varianta 2	1 473 546	1 770 418	3 243 964
varianta 3	1 473 546	1 846 814	3 320 360
varianta 3a	1 473 546	1 893 677	3 367 223
varianta 4	3 670 416	1 717 918	5 388 334

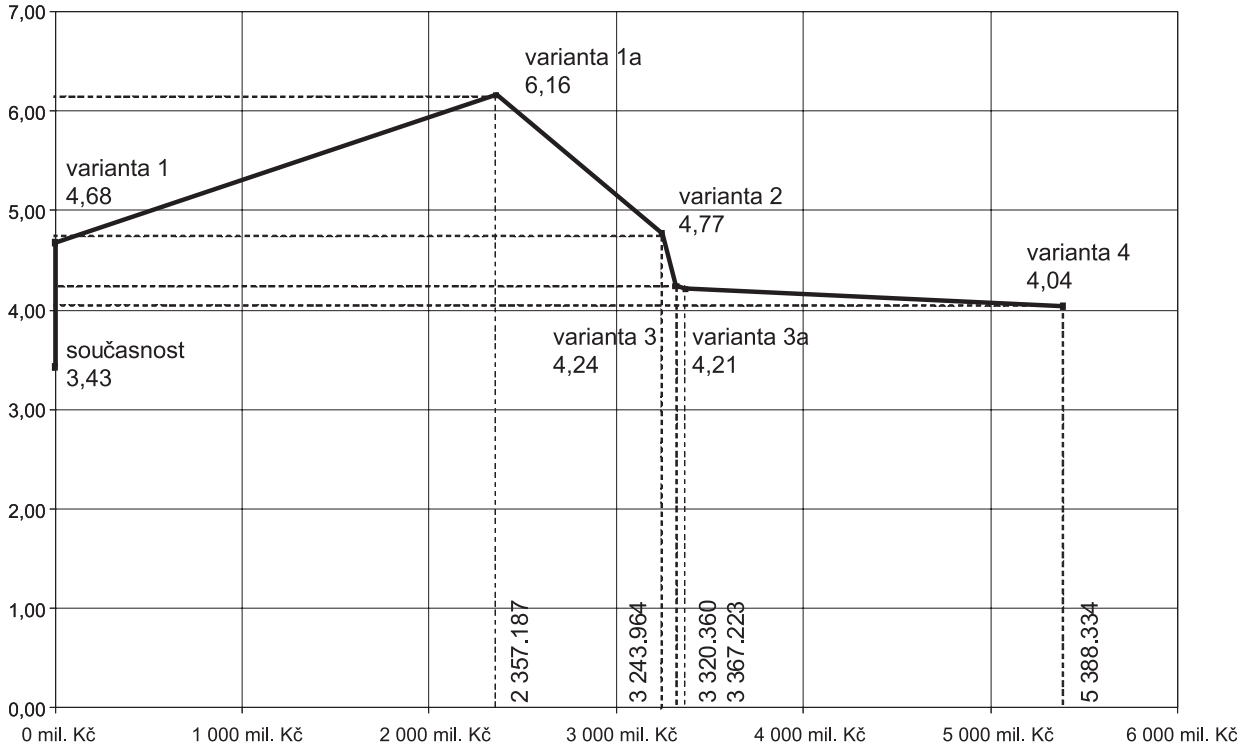
Tab. 4.3. Přehled navržených variant

KS	opatření	varianta					
		1	1a	2	3	3a	4
		[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]	[m^3]
	rekonstrukce kmenových stok	ano	ano	ano	ano	ano	ano
	dobudování oddílného systému splaškové kanalizace	ne	ne	ne	ne	ne	ano
A	RN Přízřenický jez	0	2 000	5 000	5 000	5 000	5 000
A	RN Sokolova	0	2 500	5 500	5 500	5 500	5 500
B	RN Jeneweinova	0	5 000	7 000	8 000	8 000	5 500
D	RN Královky	0	10 000	20 000	30 000	30 000	20 000
E	RN Celiny nad shybkou	0	2 500	5 000	2 000	2 000	5 000
E	RN Ráječek	0	2 000	5 000	2 000	2 000	5 000
E	RN Lazaretní	0	0	500	0	0	500
E	RN Stinná	0	0	1 000	0	0	1 000
E	RN Hamry	0	0	800	0	800	800

Výsledná varianta

Na základě ekonomického vyhodnocení a dosažených výsledků snížení znečištění byla vybrána jako nejvýhodnější varianta 3a (viz obr. 4.3).
Tato varianta byla dále zadána do výpočtů výhledového stavu spojeného i detailních modelů kanalizační sítě pro I. a II. variantu ÚPmB.
Ve vybrané variantě 3a nejsou zahrnuty dostavby kmenových stok oddílného systému. Dobudování těchto investic se předpokládá po roce 2050.
Dobudováním staveb dle varianty 3a budou nastaveny podmínky na další rozvoj města. Bez realizace investic nebude možné počítat s jakýmkoliv rozvojem města, protože by docházelo k neustálému zhoršování kvality vody ve vodních tocích. Navržený soubor opatření byl ověřen výpočtem kanalizační sítě a následně výpočtem modelem MIKE, tj. ověřením dopadů na vodní toky.

Obr. 4.3. Ukázka vyhodnocení přínosů opatření na síti (v daném případě pro P_{celk})



Návrh odkanalizování výhledových ploch

Odkanalizování výhledových ploch je řešeno oddílným systémem kanalizace s napojením do stávajících stok oddílné nebo jednotné kanalizace.
Dešťové vody budou, pokud to situace dovoluje, zasakovány nebo napojeny přímo do vodních toků a nezatěžují tak stávající kanalizační systém. Pokud tyto způsoby odvedení dešťových vod nebudou možné, budou dešťové vody napojeny na stávající stoky dešťové nebo jednotné kanalizace. Toto vše při respektování požadavků platné vyhlášky 501/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů.

Zadání výhledových ploch pro výpočet bezdeštných průtoků

Pro výpočet dešťových průtoků pro výhledový stav I. a II. varianty ÚPmB byl použit návrhový Šifaldův déšť.

Hodnoty pro zadání splašků jsou:
- obyvatelstvo 127 l.(ob.den)$^{-1}$;
- průmysl – spotřeba dle generelu vodovodů;
- výhledové plochy 127 l.(ob.den)$^{-1}$.

Pro výhledové plochy průmyslu byly vypočítány počty EO a kvalita odpadních vod byla zadána v souladu s generelem vodovodní sítě.
Pro výpočet bylo uvažováno, že veškeré rozvojové plochy budou napojeny na stávající kanalizační systém. Z toho vyplývá, že napojení oddílných kanalizací je uvažováno i na jednotný systém.

Zadání výhledových ploch pro výpočet dešťových průtoků

Pro výpočet dešťových průtoků pro výhledový stav I. a II. varianty (4. mílník) ÚPmB byl použit návrhový Šifaldův déšť.

Zadávání odtoku dešťů z výhledových ploch pro I. a II. variantu ÚPmB

Jedním z velmi důležitých podkladů pro rozhodnutí nakládání s dešťovými vodami je hydrogeologická studie, zaměřená na vyhodnocení území města Brna s ohledem na možné zasakování dešťových vod do terénu.

V rámci intravilánu města Brna bylo vytipováno 5 typů horninového prostředí podle míry vhodnosti soustředěného zasakování dešťových vod do tohoto horninového prostředí.

Pro zasakování dešťových vod byly v rámci výpočtů GOmB zohledněny plochy umístěné v kategorii 1 a 2. Ostatní kategorie pro zasakování vzhledem k problémům, které by mohly vznikat, nejsou pro zasakování uvažovány. I pro kategorie 1 a 2 platí, že musí být vždy podmínky konkrétního technického řešení podloženy podrobným hydrogeologickým průzkumem, jehož součástí musí být bezpodmínečně minimálně 1 hydrogeologický vrt situovaný v místě projektovaného zasakovacího systému, přičemž propustnost horninového prostředí musí být ověřena exaktně na základě zasakovací zkoušky.

Jako rizikové pro zasakování podzemních vod jsou oblasti:

- Území, ve kterém existuje možnost ohrožení hlubšího horizontu podzemních vod (artéských, resp. neogenních vod).
- Oblasti, ve kterých již byla prokázána kontaminace horninového prostředí a podzemních vod (dotace většího množství zasakovaných vod by mohla způsobit další rozšíření kontaminace).
- Oblasti v minulosti významně antropogenně využívané, ve kterých je možné předpokládat potenciální zdroj staré ekologické zátěže (velké průmyslové podniky, opravárenské závody, ČS PHM, chemické čistírny atd.).
- Oblasti skládek odpadů provozovaných v současné době i v minulosti.
- Oblasti, ve kterých byly zjištěny projevy svahové nestability, příp. i sesuvy půd nebo oblasti vyznačující se morfologicky náročným terénem.
- Oblasti, ve kterých jsou legislativně stanovena ochranná pásma vodních zdrojů.

Pro zadání odtoku dešťových vod z veškerých výhledových ploch do kanalizačního systému a do povrchových toků platí, že max. odtok dešťových vod nepřekročí hodnotu 10 $l.s^{-1}$ z neredukovaného ha. Pokud úprava plochy vykazuje vyšší odtok než výše uvedený, je nutné navrhnout reálný způsob hospodaření s dešťovými vodami v rámci řešené plochy.
Výše uvedená hodnota odtoku dešťové vody zahrnuje též odtok z komunikací, chodníků, zpevněných ploch pro parkování, střech apod. V projektové dokumentaci je pro každou lokalitu nutné prokázat, že předpokládaný návrh hospodaření s dešťovými vodami je technicky možný a je v souladu s koncepcí GOmB. V případě návrhu zasakování bude doložen hydrogeologický průzkum zpracovaný hydrogeologem pro konkrétní řešenou lokalitu.
Pro plochy rekonstrukcí a přestaveb platí stejné podmínky jako pro výhledové plochy
Pro snížení znečištění vnášeného do vodních toků jsou navrženy retenční nádrže.
Celkový objem RN je 55 300 m^3

Veškeré RN budou prázdněny, tj. přečerpávány do ČOV do osmi hodin po skončení srážkové události.
- při požadavku prázdnění během 8 hod. bude přítok z RN na ČOV 1,92 m3.s^{-1};
- při hydraulickém zatížení ČOV

$Q_{prům}$ = 1,58 $m^3.s^{-1}$
Q_{max} = 4,222 $m^3.s^{-1}$
při $Q_{prům + QRN}$ = 1,58 + 1,92 = 3,55 $m^3.s^{-1}$.

Z výše uvedeného je patrné, že prázdnění RN by nemělo mít zásadní vliv na hydraulické zatížení stávající ČOV. Je ale nutné zohlednit špičkový přítok na ČOV v průběhu dne. Odtok zadržené dešťové vody z RN bude řízen z dispečinku ČOV.

Návrh protipovodňové ochrany na kanalizační síti

Návrh protipovodňové ochrany kanalizační sítě byl zpracován pro I. a II. variantu řešení ÚPmB v rozsahu souhrnného modelu a je rozdělen do dvou částí:
- ochrana kanalizační sítě v zaplavovaném území
- ochrana kanalizační sítě před Q_{100} a před vytopením zástavby dešťovými vodami z vlastního povodí
- chrana kanalizační sítě v zaplavovaném území bude navazovat na návrh protipovodňové ochrany budované v rámci protipovodňové ochrany vodních toků.
- Ochrana kanalizační sítě před vniknutím Q_{100} a před vytopením zástavby dešťovými vodami. V rámci tohoto souboru opatření byly posouzeny veškeré výustě dešťové kanalizace na území města Brna a výustě jednotné kanalizace z oddělovacích komor. V místech výustí, které jsou výškově pod úrovní Q_{100}, bylo prošetřeno, zda může dojít k vylití Q_{100} do terénu některou stávající šachtou.

Návrh výše uvedených opatření na kanalizační síti musí být realizován v součinnosti s realizací protipovodňových opatření na vodních tocích.

4.2.1 NÁVRH RTC

„Real Time Control“ (RTC) nebo také „Řízení v reálném čase“ je souhrnný název pro systém opatření, která umožňují optimalizovat funkci stokového systému vhodnou manipulací na síti na základě předpovědi budoucího chování systému.
Díky systému RTC lze např. minimalizovat vliv stokové sítě na recipient pomocí optimalizovaného napouštění retenčních nádrží. Retence je také jedním ze základních předpokladů aplikace systému RTC.
Systém RTC se typicky sestává z následujících prvků:

- Řídící prvky – senzory / přístroje pro měření
  - srážek;
  - hladin a průtoků;
  - kvality vody.
- Přenos dat – SCADA systém
  - rádiová síť;
  - GSM síť;
  - jiný způsob.
- Strategie řízení
  - jednoduché (přímé ovládání vez ohledu na okolní prvky);
  - nadstavbové (vazba na jiné části systému, řídící algoritmy);
  - on-line model (předpověď v čase).

- Řízené prvky (zejména)
  - uzávěry;
  - hrany přelivů;
  - čerpadla.

Strategie řízení jsou soubory pravidel, podle kterých se řídí ovládané prvky. Strategie řízení mohou být jednoduché (např. spuštění čerpadla při nárůstu hladiny nad určitou úroveň) až po komplikované zahrnující kombinace a vyhodnocení informací z více zdrojů nebo předpověď chování systému.

Strategie řízení představuje určitý záměr, který je posléze algoritmizován a naprogramován do příslušných zařízení. V případě složitějších strategií je vhodné provést simulaci chování systému na matematickém modelu. Výpočet prokáže, jak bude systém reagovat při realizaci navrhnuté strategie a umožní případně její optimalizaci.

Koncept RTC pro výhledový stav je založen na vysoké míře znalosti chování systému, který umožní optimalizovat jeho chování. Pro tento účel byl navržen systém měření, který umožňuje sledovat
- srážkovou situaci nad městem Brnem;
- průtokové poměry v závěrových profilech kmenových stok;
- průtokové poměry na významných objektech.

Tato znalost bude v souladu s výhledovým stavem GOmB doplněna o manipulační prvky, které umožní optimalizovat vzniklou situaci s cílem minimalizovat ovlivnění recipientů. Konkrétní parametry a systém řízení bude vycházet z koncepce výhledového stavu GOmB a výsledků zkušebního provozu monitoringu u příslušných objektů.

Návrh etapizace výstavby RTC

- Rok 2010
  - Předrealizační příprava pro měrné profily u vybraných objektů (především OK).
  - Realizace měrných bodů provozovaných na bázi přenosných (bateriových) přístrojů.
  - Projektová příprava pro měrné profily na uzávěrných profilech kmenových stok.
  - Stavební realizace.
  - Obnova přístrojové techniky pro srážkoměrnou síť.
  - Začlenění radarových dat do dispečinku kanalizace.
- Rok 2011
  - Realizace měrných profilů na uzávěrných profilech kmenových stok (stavební, přístrojová a přenosová část).
  - Projektová příprava pro měrné profily u vybraných objektů na síti (objekty kde se v rámci výhledového stavu neplánují změny).

Realizace měrných profilů u vybraných objektů bude koordinována s realizací opatření na síti v rámci výhledového stavu.
V rámci projektu Generelu odvodnění města Brna byla velká pozornost věnována monitoringu srážek, průtoků, hladin a jakosti vod. Tato aktivita představuje významnou část prací a nákladů celého projektu. V průběhu projektu byl položen základ pro trvalé měření a pro systematický přístup k dočasnému měření.

V současné době běží již sedmiletý monitoring srážek 16 srážkoměry a monitoring průtoků v některých profilech, které se uvažují pro trvalé měření průtoků. Byla provedena řada několikaměsíčních měrných kampaní a to jak v rámci projektu GOmB, tak v rámci provozování stokové sítě nebo studií a posudků.

Tím byla založena unikátní databanka informací týkající se průtokových poměrů v brněnské kanalizační síti. Hodnota databanky průběžně vzrůstá s délkou trvání monitoringu a může být ohrožena přerušením kontinuity monitoringu. Zachování a rozvoj současného systému měření má velký význam i pro další stupně projektu Generelu odvodnění města Brna a pro zachování kontinuity tohoto projektu.

4.3 VODNÍ TOKY

4.3.1 OCHRANA PŘED POVODNĚMI

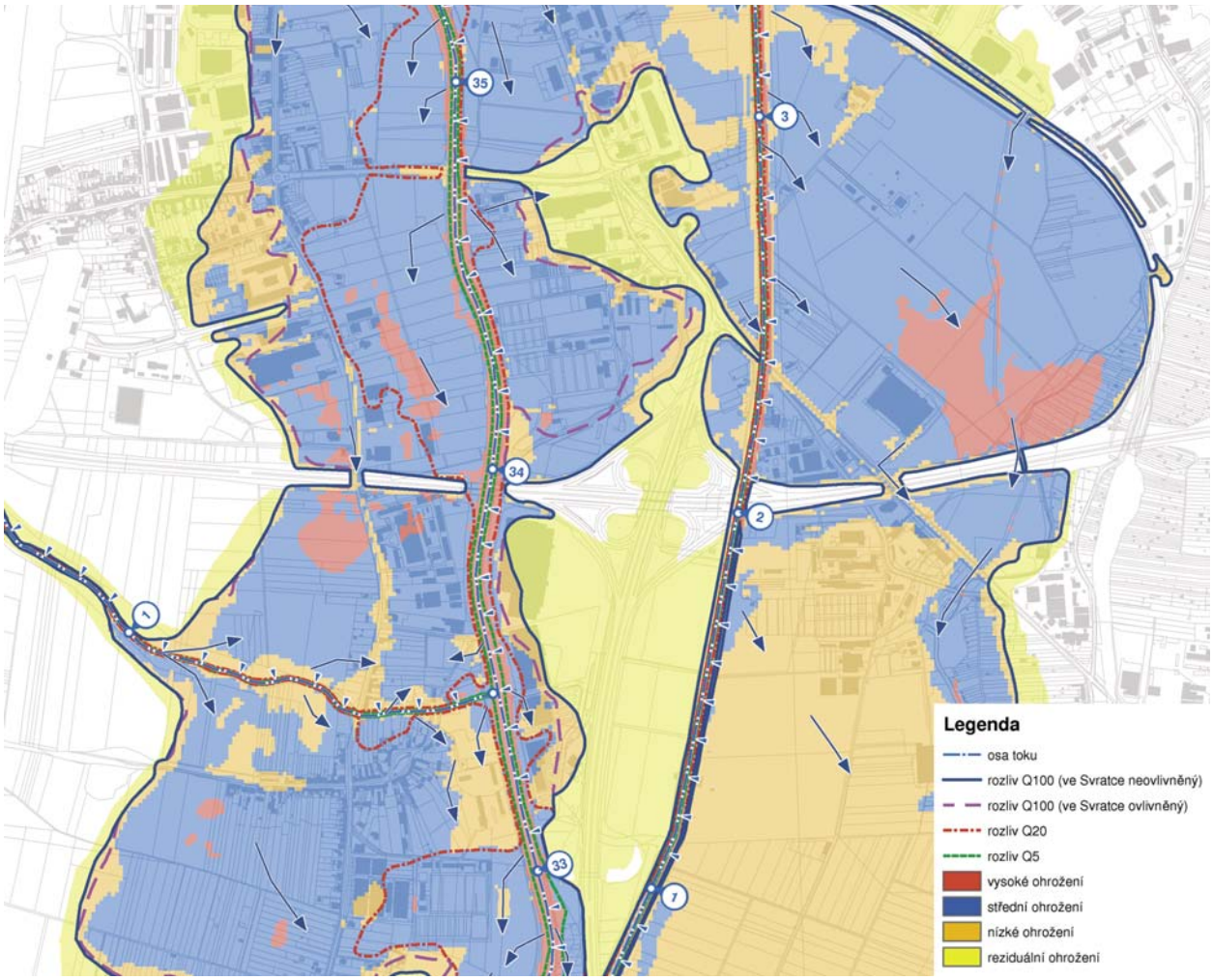
Při zpracování návrhu PPO v rámci Generelu odvodnění města Brna byly uplatněny progresivní metody rizikové analýzy záplavových území, které umožňují vymezení rozsahu území potenciálně ohroženého povodněmi. Poskytují podklad pro rozhodování o diferencované míře protipovodňové ochrany na základě posouzení její oprávněnosti, účelnosti a rentability. Pro plošné hodnocení záplavového území byla použita tzv. metoda matice rizika. Tato metoda umožňuje jednak rozčlenění území z hlediska stupně povodňového ohrožení a dále označení ploch s překročenou mírou tzv. přijatelného rizika. Příklady výstupů uvedené metody ve formě map ohrožení a rizika jsou patrné z obr. 4.4 a 4.5. V územích, kde rozsah záplavy vedl k nepřijatelné výši povodňového rizika, byly následně provedeny variantní návrhy protipovodňových opatření, včetně odhadu nákladů na jejich realizaci. Protipovodňová ochrana by měla být dle charakteru ohrožených území diferencovaná. Z tohoto důvodu byla navržená protipovodňová opatření podrobena hodnocení ekonomické efektivnosti, jehož výsledky budou spolu s řadou dalších hledisek (např. sociální, environmentální atd.) důležitým podkladem pro rozhodování o prioritách realizace opatření v jednotlivých částech města Brna.
Výstupy z řešení metodami rizikové analýzy by se měly promítnout i do paralelně zpracovávaného územního plánu. Průběh i výsledky řešení ukazují, že metody rizikové analýzy záplavového území, opírající se o výstupy z účinných prostředků matematického modelování proudění povrchové a podzemní vody, jsou významným přínosem v procesu zpracování generelních vodohospodářských výstupů, které jsou nezbytným podkladem při územním plánování v urbanizovaných územích. Tyto postupy lze v souladu s doporučeními Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik plně doporučit při zpracování generelů dalších měst i menších zastavěných území.

Návrh PPO

Návrh protipovodňových opatření města Brna byl rozdělen do těchto částí:
- Liniová PPO zabraňující rozlivům povodňových průtoků.
- PPO na kanalizační síti, která proti zpětnému vzdutí z toků a současně umožňují fungování kanalizační sítě z hlediska odlehčení při srážkových epizodách v době povodní (popis řešení je popsán v kap. č. 4.2.).

Hlavní zásadou při návrhu liniové PPO bylo umožnění rozlivu povodňových průtoků v lokalitách, kde je to možné a z vodohospodářského hlediska vhodné. Tyto plochy by měly vykompenzovat přirozenou záplavovou oblast, která by vznikla bez realizace PPO. Při tomto řešení je počítáno s tím, že vzniklý prostor bude dále podrobněji řešen s ohledem na revitalizace vodních toků ve vhodných lokalitách, s důrazem na pobytovou a rekreační funkci pro obyvatele. Navrhovaná protipovodňová opatření by měla chránit kromě ohrožené stávající zástavby i výhledové rozvojové lokality dle konceptu nového územního plánu podle varianty I. a II.
Vlastní návrh PPO byl pro Svratku proveden na úroveň průtoku $Q_{100\ neovl}$ = 395 m^3s^{-1} s převýšením 0,3 m pro Svitavu úroveň průtoku Q_{100} = 180 m^3s^{-1} s převýšením 0,5m.

Obr. 4.4. Příklad mapy ohrožení, Brno – Heršpice



Základními třemi typy liniových protipovodňových opatření zde jsou:

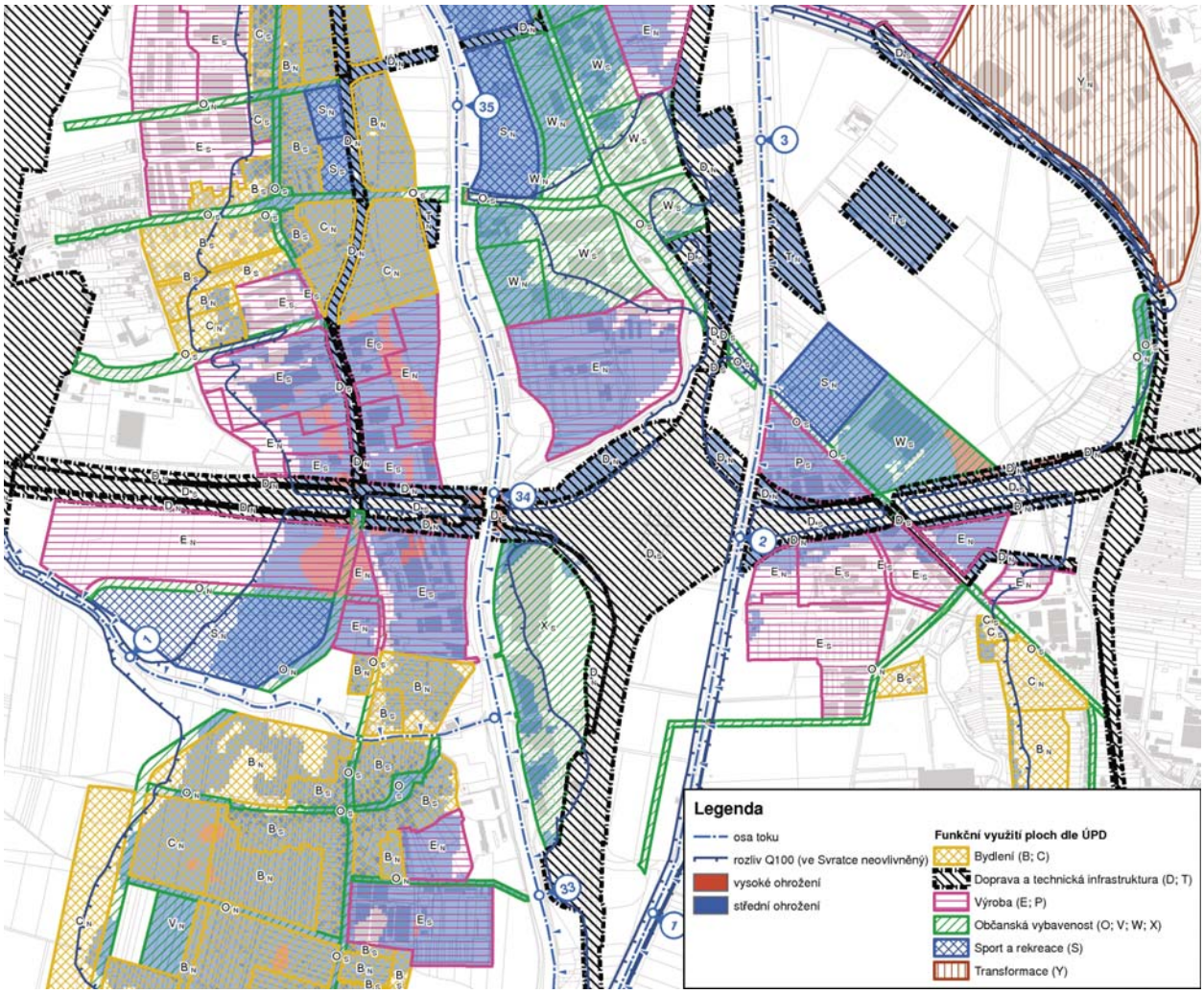
- zemní hráze (prioritně navrhovaný typ PPO, často jako odsazené od toku s přilehlými sníženými bermami vhodnými pro rekreační využití);
- železobetonové úhlové zídky (ve stísněných podmínkách zástavby nebo příbřežních komunikací, mohou být různě architektonicky ztvárněny (jako je obklad kamenem, popínavými rostlinami apod.);
- mobilní hrazení (v prostorách, kde z důvodů nutnosti zachování komunikačních tras v době mimo povodeň nemohou být pevná PPO – křižující komunikace, mosty, přítoky atd.).

Dalšími opatřenými souvisejícími s návrhem PPO je zkapacitnění nevhodných objektů na tocích:

- snížení pevných přepadových hran u 8 jezů o 1m, přičemž hladina stálého nadržení bude zachována za stávající úrovni pomocí moderní pohyblivé jezové konstrukce);
- rekonstrukce nekapacitních přemostění (8 lávek a 2 mosty).

Mimo výše uvedených typů opatření je třeba zmínit dvě lokality s odlišnou koncepcí návrhu PPO. Jedná se o lokalitu Žabovřeských luk, kde je v souladu s návrhem ÚP a Prověřovací studií Žabovřeské louky navržena dvoustupňová linie PPO. První stupeň PPO tvoří zemní hráz s ochranou na Q_{20} odsazena od levého břehu hrany toku ve vzdálenosti do 450m. V prostoru mezi břehovou hranou a touto hrází navržena krajinná zeleň typu lužní les. Druhou linii PPO tvoří zemní val o šířce cca 50 m, výškově 4 m nad terénem, sklony svahu cca 1:6 ~ 1:8, odsazen od toku až o 750 m. Val bude mít funkci ochrany před $Q_{100\ neovl}$. a současně funkci protihlukovou od velkého městského okruhu.
Zde je ale potřebná výška PPO jen do 1,8 m nad terénem.

Obr. 4.5. Příklad mapy rizika, Brno – Heršpice



V prostoru mezi liniemi PPO bude parková zeleň typu Lužánky včetně prostoru pro sportovní plochy. (bude doplněn výřez ze situace)

Další odlišnou lokalitou z hlediska návrhu PPO je Suchá nádrž Chrlice v místě soutoku Ivanovického a Tuřanského potoka. Nádrž bude sloužit k ochraně západní části Chrlic před povodňovou vlnou při střetu průtoků $Q_{100\ neovl}$. Svratky a Q_{100} Svitavy ale i před povodňovými průtoky Ivanovického a Tuřanského potoka.

Finanční náročnost

Z hlediska funkčnosti byly návrhy liniové PPO rozčleněny nejprve na 16 úseků (hydraulicky zcela nezávislých), které byly finančně ohodnoceny. Z hlediska postupné realizace s ohledem na finanční náročnost bylo nutné toto členění ještě více zpodrobnit na celkem 28 úseků. Vyčíslené náklady na PPO na vodních tocích jsou cca 2,7 mld. Kč (3,2 mld. vč. DPH) v cenové úrovni roku 2008.

Pro postupnou projekční přípravu jednotlivých úseků bylo nezbytné provedení další multikriteriální analýzy (vliv environmentálních faktorů, ohrožení citlivých objektů, dopravní hledisko), jejíž výsledek vede k určení priorit realizace jednotlivých etap.

Ukázky již postavených protipovodňových zdí:

Obr. 4.6. Ukázka železobetonové protipovodňové zídky s členěným povrchem (Praha – Holešovice)

Obr. 4.7. Ukázka železobetonové protipovodňové zídky v kombinaci s gabiony a parkovou úpravou (Praha – Karlín u objektu Prague River City)

Obr. 4.8. Ukázka železobetonové protipovodňové zídky v kombinaci s gabiony a parkovou úpravou (Praha – Karlín u objektu Prague River City)

Obr. 4.9. Ukázka železobetonové protipovodňové zídky zabudované do nábřežního zábradlí včetně kotevních profilů pro mobilní hrazení skrytých za zábradlím (Praha – Holešovice, Bubenské nábřeží)

4.3.2 PÉČE O JAKOST VODY

Návrhová část vycházela z výsledků monitoringu uskutečněného v rámci řešení projektu GOmB, modelových řešení pro stávající stav, z požadovaných mezních koncentrací jednotlivých sledovaných látek a z matematických simulací výhledového stavu na kanalizační síti.

Bilanční model

Samotné simulace výhledových stavů byly provedeny na základě výstupů ze simulace výhledových stavů na kanalizační síti, které zohledňují různá opatření prováděná v rámci připojování obyvatel na stokovou síť. Jedná se především o odstranění stávajících, či přidání nových výustí, popř. změny v množství odtoku ze stávajících výustí.
Následující vybrané toky patří mezi významně znečištěné, kde koncentrace jednoho, ale většinou více ukazatelů překračují imisní limity a existuje reálné řešení snížení tohoto imisního zatížení.

- Žebětínský potok, Leskava – dobudování splaškové kanalizace v obcích Žebětín a Bosonohy (Leskava) odlehčí oběma tokům a hodnoty koncentrací klesnou pod stanovené imisní limity.
- Tuřanský potok – odkanalizování Chrlic výrazně sníží koncentrace fosforu a amoniakálního dusíku. Problematický zůstává pouze dusičnanový dusík, jehož nárůst je ovšem pouze sezónní, a to především v jarních měsících.

Kromě úprav kanalizační sítě je také nutné se věnovat plošnému zemědělskému znečištění dusíkem a fosforem. Jednou z podmínek ochrany vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů je uplatňování správné zemědělské praxe, vyjádřené v Zásadách správné zemědělské praxe, které jsou jedním z požadavků nitrátové směrnice.

- Optimalizace hnojení – Základní požadavky na skladování a způsob používání hnojiv jsou stanoveny v zákoně č. 156/1998 Sb., o hnojivech a vyhlášce č. 274/1998 Sb., kde jsou definovány způsoby používání hnojiv, statkových hnojiv, pomocných látek a upravených kalů (např. z ohledu na půdu, klimatické podmínky, možnosti jejich přímého vniknutí do povrchových vod nebo na sousední pozemek apod.).
- Opatření na drenážních systémech – retardace vody v drenážních systémech omezením funkce drenáže (s úplným zaslepením, se zúžením průtočného profilu), opatřením v šachticích a na drenážních výustích, opatřením v drénech.
- Optimalizace výživy rostlin dusíkem – pro vhodné bilancování rostlinných živin je doporučováno zpracovávat bilanční odhady rostlinných živin (metoda povrchové bilance), zjišťovat aktuální výživný stav rostlin (metoda ARR) a půdy (metoda Nmin).

Model oddělovacích komor

Tato část prezentuje modelový odhad účinnosti zamýšlených nápravných opatření na základě matematické simulace výhledového chování kanalizace podle konceptu Územního plánu města Brna. Stejně jako v případě řešení stávajícího stavu, jsou simulace prováděny se vstupními hydrogramy ze spojeného modelu kanalizační sítě.
Na rozdíl od stávajícího stavu však nejsou použité koncentrace rozděleny pouze na jednotnou a oddílnou kanalizaci. Jednotná kanalizace resp. výustě jsou dále děleny podle toho, zda je nad nimi umístěna retenční nádrž, v několika případech je do výusti současně zaústěn přepad z oddělovací komory a zároveň dešťová kanalizace.

Tab. 4.4. Porovnání počtu výustí stávajícího a výhledového stavu na řešených tocích

Tok	Jednotná kanalizace			Oddílná kanalizace			Celkem		
	Stáv. stav	Výhled		Stáv. stav	Výhled		Stáv. stav	Výhled	
		I	II		I	II		I	II
Svratka	35	24	24	44	59	61	79	83	85
Mlýnský náhon	2	1	1	0	2	3	2	3	4
Svitava	34	28	28	10	15	16	44	43	44
Svitavský náhon	3	3	3	4	4	4	7	7	7
Leskava	3	1	1	37	56	54	40	57	55
Vrbovec	0	0	0	4	5	7	4	5	7
Žebětínský potok	3	0	0	4	8	9	7	8	9
Ponávka	6	6	6	36	51	58	42	57	64
Moravanský potok	0	0	0	2	4	4	2	4	4
Ivanovický potok I	4	4	4	16	25	26	20	29	30
Tuřanský potok	4	4	0	4	5	10	8	9	10
Celkem	94	71	71	161	234	245	255	305	319

Ačkoli je ve výhledovém stavu počítáno se značným počtem rozvojových ploch, průtokové poměry na páteřních tocích Svratky a Svitavy zůstávají velmi podobné stavu stávajícímu. Je to především díky uvažovanému dobudování kanalizační sítě a tedy zvýšenému přítoku splaškové vody na ČOV Brno. Oproti tomu na menších tocích dochází k nárůstu proteklého množství, jedná se však pouze o vodu z dešťové kanalizace, která zatěžuje toky pouze vyššími hodnotami koncentrace nerozpuštěných látek a mírně zvýšenými hodnotami BSK_5.

Výrazné zlepšení oproti stávajícímu stavu se projevilo téměř na všech tocích, především pak z Vrbovce, Žebětínského potoka a Leskavy byly úplně odstraněny výustě jednotné kanalizace a toky jsou zatěžovány pouze odtokem z kanalizace dešťové. Ve variantě II je pak výrazné zlepšení na Tuřanském potoce, kde byly také eliminovány výustě jednotné kanalizace. Obecně lze říci, že rozdíly mezi řešenými variantami výhledového stavu nejsou výrazné, s výjimkou Tuřanského potoka a také Ponávky, kde je patrné snížení na vstupu do Svitavy.

5 ZÁVĚRY – DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ POSTUP

Tvorba dlouhodobé koncepce odvodnění je hledáním vyvážené rovnováhy mezi optimalizací existujícího systému a optimalizací vlastního návrhu odvodnění. Na základě navržených technických cílů byl stanoven soubor technických opatření. Při realizaci technických opatření došlo k postupnému naplňování cílů generelu odvodnění a tím i k optimalizaci provozu a řízení stokové sítě a čistírny odpadních vod. Výsledné řešení je pak syntézou daných okrajových podmínek (velikost zájmového území, obyvatelstvo, průmysl, vodní toky, legislativa ČR a EU, …) a možných technických řešení respektujících ekologické priority a ekonomické možnosti města Brna.

Zpracovaný GOmB má zásadní význam nejen z pohledu stanovení koncepce odvodnění, ale i z pohledu vytvoření systému shromažďování, aktualizace a uchovávání veškerých informací souvisejících se systémem odvodnění v městě Brně. Ať už z hlediska kompletace dat, geodetických měření, ověřování přesnosti dat nebo z pohledu realizace monitoringu kanalizační sítě a vodních toků, realizované práce GOmB představují i významný kvalitativní posun pro datovou základnu správců jednotlivých prvků systému odvodnění.
Další přínosy celého projektu lze specifikovat následovně:

- Zajištění všech měření v zájmovém území potřebných pro vypracování generelu vzhledem k zadané metodice zpracování.
- Návrh koncepce trvalého monitoringu daného území.
- Vytvoření moderního nástroje (tj. generelu odvodnění) pro rozhodování státní správy a samosprávy, pro správce a provozovatele systému odvodnění, který umožní pružně reagovat na společenský vývoj
- Vytvoření podkladu pro územně plánovací činnost.
- Ojedinělá kombinace klasického generelu odvodnění s problematikou protipovodňové ochrany zájmového území i protipovodňové ochrany kanalizační sítě..
- Zpracování platformy (data, realizovaná měření, kalibrovaný model) pro následnou realizaci detailního Generelu zásobování pitnou vodou města Brna.

Předložený GOmB představuje pro zadavatele:

- Rozhodující podklad pro územní plánování – koncepce odvodnění
- „Živý“ funkční a operativní systém pro realizaci zvolené investiční politiky (možnost aktuálního posouzení před realizací),
- „Živý“ funkční a operativní systém pro provozní potřeby (možnost aktuálního ověřování opatření). Datovou a informační základnu celého systému (realizací projektu se zcela zásadně zvýší kvalita informací o systému).

Dokončený generel je zpracován plně digitálně a jako výstup existuje vlastní tištěná forma pro běžné užívání a digitální nástroj obsahující vedle digitální podoby celého výtisku i veškerá použitá i získaná data.

6 POUŽITÁ LITERATURA

1. TRUPL, J. *Intensity krátkodobých dešťů v povodí Labe, Odry a Moravy, práce a studie,* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958
2. WUSSOW, G. *Untere Grenze dichter Regenfälle,* Meteorologische Zeitung, 1922
3. AQUA ENVIRO s. r. o. *Generel geologie, hydrogeologie a inženýrské geologie města Brna,* 2009
4. MARSALEK, J. (ed.), SZTRUHAR, D. (ed.), GUILIANELLI, M. (ed.), URBONAS, B. (ed.). NATO *Advanced Research Workshop: Enhancing Urban Environment by Environmental Upgrading and Restoration, Rome, Italy, 6 – 9 November 2003,* Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004
5. MARSALEK, J. (ed.), WATT, E. (ed.), ZEMAN, E. (ed.), SIEKER, H. (ed.). NATO Advanced *Research Workshop: Advances in Urban Stormwater and Agricultural Runoff Source Controls, St. Marienthal-Ostritz, Germany, 8 – 12 November 2000,* Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001
6. HLAVÍNEK, P., MIČÍN, J., PRAX, P. *Příručka stokování a čištění,* Brno: NOEL 2000, 2001
7. HLAVINEK, P. (ed.), KUKHARCHYK, T. (ed.), MARSALEK, J. (ed.), MAHRIKOVA, I., (ed.). NATO *Advanced Research Workshop: Integrated Urban Water Resources Management, Senec, Slovakia, 19 – 23 October 2005,* Czech Republic: VENSEN, 2005
8. WATERMATEX 2000: 5th IWA International Symposium on Systems Analysis and Computing in *Water Quality Management, Gent, Belgium, 18 – 20 September 2000,* Bristol: J W Arrowsmith Ltd, 2001
9. HLAVINEK, P. (ed.), BONACCI, O. (ed.), MARSALEK, J. (ed.), MAHRIKOVA, I., (ed.). NATO *Advanced Research Workshop: Dangerous Pollutants (Xenobiotics) in Urban Water Cycle, Lednice, Czech Republic, 2 – 6 May 2007,* Czech Republic: VENSEN, 2007
10. URCIKÁN, P., IMRIŠKA, L. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd: Tabulky na výpočet stôk,* Bratislava: Alfa – vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatůry, Praha: SNTL – nakladatelství technické literatury, 1986
11. KREJČÍ, V. a kol., HLAVÍNEK, P. (ed.), ZEMAN, E. (ed.). *Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup,* Brno: NOEL 2000, 2002
12. ŘÍHA, J. a kol. *Riziková analýza záplavových území,* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2005
13. ŘÍHA, J. a kol. *Jakost vody v povrchových tocích a její matematické modelování,* Brno: NOEL 2000, 2002

7 CONCLUSIONS – RECOMMENDATIONS FOR FURTHER APPLICATIONS

Developing a long-term drainage concept is a quest of a balance between the existing system and a system specified by the proposal. A set of technical measures was formulated on the basis of specified technical objectives. The technical objectives of the General Plan of the Brno Drainage System (GPBDS) were progressively implemented during the execution phase of the technical measures, which in turn ensured the most effective operation and management of the sewerage network and Waste Water Treatment Plant. This then resulted in a synthesis of the boundary conditions (the size of the area, population, industry, watercourses, CZ and EU legislation, ...) and possible technical solutions whilst respecting environmental priorities and economic possibilities of the city Brno.

GPBDS has been developed in accordance with the assignment's specification (AGPBDS) as per the following chapters:
- Updating of the General Plan (GP) of the water-supply network.
- Monitoring of the sewer network.
- Preparatory work – sewerage.
- Conceptual part – sewerage.
- GPs of interceptors – details.
- Preparatory work – waterflows.
- Flood protection systems.
- Ensuring good quality of water.

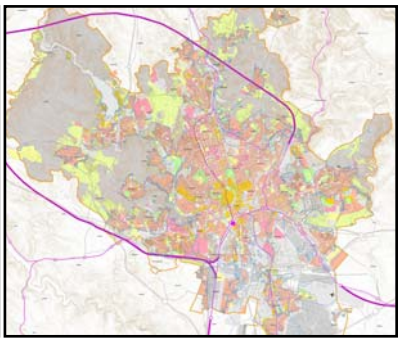
The developed GPBDS is crucial not only in terms of establishing the concept of drainage, but also in terms of a system for gathering, updating and storing of all information related to the drainage system of the city Brno. Whether it is considered in terms of the assembling of data, geodetic measurements, verifying the accuracy of data or in terms of monitoring of sewerage network and water-flows, the works implemented per GPBDS represent an important qualitative shift in the direction of a data base essential for administrators of various elements relevant to the system.

Further benefits of the project could be summarized as follows:
- Provision of all measurements in the area of interest required for developing the General Plan in accordance with the specified methodology.
- Proposal of a concept of continuous monitoring of the demarcated territory.
- Creation of modern tools (i.e., General Plan of the Brno Drainage System) for decision-making bodies of the State, local governments, administrators and operators of the system – allow a flexible response to the social and economic developments.
- Creation of the base for Land-Use activities.
- A unique combination of a classical general plan of drainage system with flood protection of the area including flood protection of the sewerage system.
- Development of a platform (data, executed measurements, calibrated model) for the subsequent implementation of a detailed General Plan of water supply system for the city Brno.

- The submitted GPBDS offers to the client the following:
- The decisive basis for Land-Use Planning – the drainage concept
- "Live" functional and operational system for implementing the selected investment policy (possibility of the actual assessment prior to implementation),
- "Live" functional and operational system for operational needs (option of actual verification measures). Data and information base of the whole system (implementation of the project will augment the quality of information on the system).

BRNO CITY
GENERAL MASTER PLAN
OF URBAN DRAINAGE

PROJECT GUIDE



B R N O

April 2010