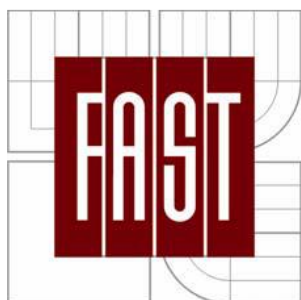


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

VYHODNOCENÍ ZTRÁT VODY PRO VYBRANÁ TLAKOVÁ PÁSMA MĚSTA BRNA

EVALUATION OF WATER LOSSES FOR SELECTED PRESSURE ZONES OF THE CITY BRNO

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL KONEČNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. TUHOVČÁK LADISLAV, CSc.

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Pavel Konečný

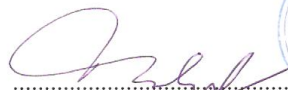
Název Vyhodnocení ztrát vody pro vybraná tlaková pásma města Brna

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

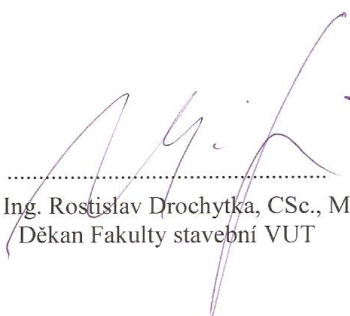
Datum zadání bakalářské práce 30. 11. 2013

Datum odevzdání bakalářské práce 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] TUHOVČÁK, L. Ztráty vody ve vodovodních sítích. Ztráty vody ve vodovodních sítích. Brno: FAST, ÚVHO, Brno, 2011. s. 1-34.
[2] TUHOVČÁK, L.; TÓTHOVÁ, K. Methodology of Technical and Economic Audit of Water Losses. In Water Loss 2009. 1. Cape Town, Jižní Afrika: IWA International Water Association, 2009. s. 358-364. ISBN: 978-1-920017-38- 5.
[3] BAŠE, M. Ekonomické aspekty ztrát vody. Diplomová práce, FAST VUT Brno, 2008
[4] Časopisy SOVAK, Vodní hospodářství, vybraná čísla ročníků 2009 až 2013

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Předmětem bakalářské práce bude zhodnocení stávajícího stavu vykazování ztrát vody v rámci společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Pro vybraná tlaková pásma města Brna bude provedeno vyhodnocení ztrát vody pomocí vybraných ukazatelů včetně ukazatele ekonomického indexu ztrát vody. Práce bude navazovat na zpracovávaný generel zásobování pitnou vodou města Brna. Předpokládá se spolupráce s Brněnskými vodárnami a kanalizací a.s.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozdělte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Ztráty vody je množství vody uniklé z vodovodní sítě. Kontrola ztrát vody je jednou ze základních povinností provozovatelů. Jejich velikost poukazuje na technický stav vodovodu a je rozhodující pro plánování investic na opravy. Je několik způsobů vykazování ztrát vody. Hodnoty, které popisují jednotkový únik, jsou častěji nahrazovány procentem vody ztracené k celkovému objemu vody vyrobené.

Abstract

Water losses indicate the amount of water leaked out of the water distribution system. Loss monitoring is one of the basic obligations of operators. Their size points to technical states and network operations, and at the same time is decisive for returns on future investment. Loss reports have recently recorded several changes. Values that describe the amount of unique leakage are continuously more often being used with traditional percentage data on losses related to the overall volume of supplied water.

Klíčová slova

Ztráty vody, distribuční síť, posouzení ztrát, voda vyrobená, voda fakturovaná, voda nefakturovaná

Keywords

Water loss, distribution networks, assessing losses, water produced, water billed, water balance, non-revenue water.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Pavel Konečný *Vyhodnocení ztrát vody pro vybraná tlaková pásma města Brna*. Brno, 2014. 63 s., 63 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2014

.....
podpis autora
Pavel Konečný

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji za panu doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi CSc. za ochotu, kterou mi věnoval při psaní této bakalářské práce a za jeho cenné rady.

Dále děkuji zaměstnancům BVK a.s. panu Jiřímu Kalivodovi, Ing. Pavlovi Dvořákovi, Ph.D. a Ing. Ondřeji Bojanovskému za vyčerpávající odpovědi na moje dotazy a za poskytnutí potřebných dat k výpočtu ztrát.

Obsah

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA	4
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP	5
PODĚKOVÁNÍ	7
1 ÚVOD.....	10
1.1 Předmět bakalářské práce.....	10
1.2 Hodnocení ztrát vody.....	10
1.2.1 Bilanční metoda objemů	10
1.2.2 Hodnocení ztrát vody.....	13
1.2.3 Hodnotící kritéria doporučená společností IWA.....	16
1.2.4 Nové přístupy k hodnocení ztrát.....	18
1.2.5 Ekonomický přístup ke snižování ztrát vody	19
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	22
2.1 Legislativa.....	22
2.2 Ztráty vody v ČESKÉ REPUBLICE.....	22
2.2.1 Statistické údaje vodovodu a kanalizací v ČR za roky 1990-2012	22
2.3 Ztráty vody v zahraničí	24
2.3.1 IWA – International water association.....	24
2.3.2 Plýtvání a ztráty vody v Evropě.....	25
2.3.3 Spotřeba vody ve světě	26
3 ANALÝZA ZTRÁT VODY VYBRANÝCH TLAKOVÝCH PÁSEM BVK	27
3.1 Popis zásobování města brna	27
3.1.1 Vířský oblastní vodovod (VOV).....	27
3.1.2 Spotřebišť napojená na přivaděč VOV	28
3.1.3 Úpravná vody Švařec.....	29
3.1.4 Vodovodní síť	29
3.1.5 Vodojemy a čerpací stanice	29
3.2 Popis vykazování ztrát BVK	30
3.3 Monitoring provozu vodovodní sítě na brněnském vodovodním systému	30
3.4 Analýza ztrát pro vybraná tlaková pásma.....	35
3.4.1 Výběr tlakových pásem	35
3.4.2 Sladová MO III.....	36
3.4.3 TP Kníničky.....	39
3.4.4 TP Kohoutovice, věžový VDJ	44
3.4.5 TP Líšeň II	49
3.4.6 TP Želešice	54

4	NÁVRHY A OPATŘENÍ – VYHODNOCENÍ	58
5	ZÁVĚR	59
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	60
	SEZNAM TABULEK	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	63

1 ÚVOD

1.1 PŘEDMĚT BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dle zadání je předmětem bakalářské práce vyhodnocení ztrát vody pro vybraná tlaková pásma v Brně.

1.2 HODNOCENÍ ZTRÁT VODY

Sledování a vykazování ztrát vody je jednou ze základních povinností provozovatelé vodárenských systémů. Jejich velikost poukazuje na technický stav, provozování minulého století nakolik podstatných změn. K tradičním procentuálním údajům používaným v počátku řešení této problematiky, které byly vztaženy k celkovému objemu dodané vody, se začínají stále častěji používat hodnoty, které vystihují množství jednotkového úniku. Tyto způsoby mají snahu porovnávat a vyhodnocovat různé typy provozů. Pro možnost porovnání většího počtu provozovatelů, regionů a pro snadnější orientaci budoucích zájemců na trhu vyzývá mezinárodní organizace IWA (International Water Association), aby provozovatelé vodárenských společností vykazovali ztráty jednotným způsobem, který byl společností IWA doporučen. [1]

1.2.1 Bilanční metoda objemů

Jednou ze základních teorií pro hodnocení ztrát je bilanční metoda objemů vody, za sledované období je doporučen jeden rok. Spolehlivost metody závisí na přesnosti měření jednotlivých složek bilančních vztahů. Tato metoda je v naší vodohospodářské praxi běžně používána, na obr.1 je uvedena struktura hodnocení ztrát doporučovaná společností IWA. [1]

Z obr. 1. je patrné, že u nás běžné oznámení „ztráty vody“ zahrnuje podle mezinárodní terminologie ztráty zdánlivé (ZZ) a skutečné (SZ). Pokud ke ztrátám přičteme registrovanou spotřebu nefakturovanou, získáme celkový roční objem vody, jenž nebyl zaplacen. [1]

Bilanční vztahy:

Voda vyrobená k realizaci je součtem vody fakturované (VF) a vody nefakturované (VNF).

$$VVR = VF + VNF \quad (1.1)$$

Kde VVR ... voda vyrobená k realizaci [m³]

VF ... voda fakturovaná [m³]

VNF ... voda nefakturovaná [m³]

Registrovaná spotřeba vody má dvě složky: registrovanou spotřebu (RS) fakturovanou (RSF) a nefakturovanou (RSNF).

$$RS = RSF + RSNF \quad (1.2)$$

Kde RS ... registrovaná spotřeba [m³]

RSF ... registrovaná spotřeba fakturovaná [m³]

RSNF ... registrovaná spotřeba nefakturovaná [m³]

Ztráty vody (ZV) jsou součtem ztrát zdánlivých (ZZ), což jsou neměřené odběry a chyby v měření, a ztrát skutečných (ZS), které činí ztráty v síti, netěsnosti a přepady vodojemů, ztráty v přípojkách.

$$ZV = ZZ + ZS \quad (1.3)$$

Kde ZV ... ztráty vody [m³]

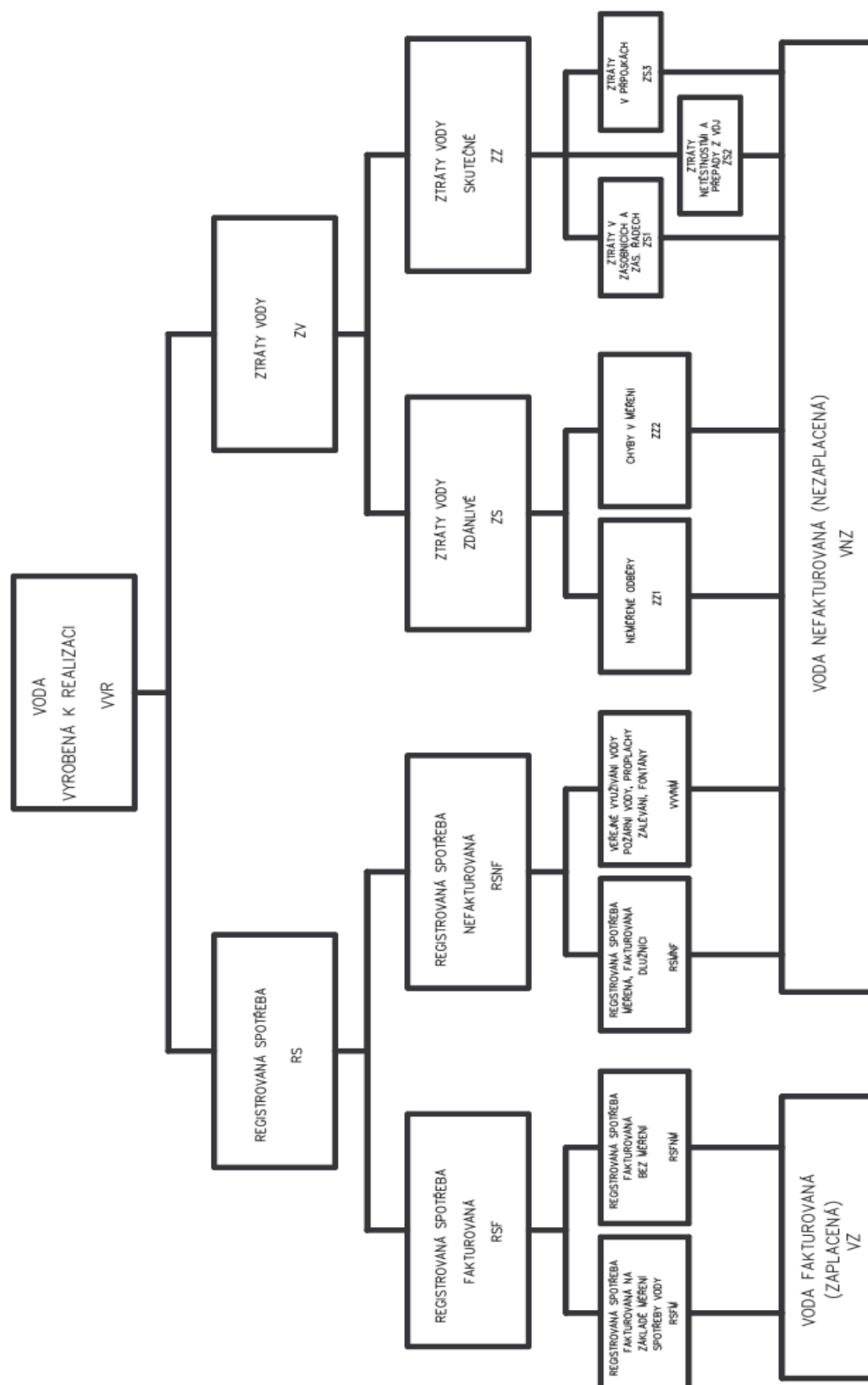
ZZ ... zdánlivé ztráty [m³]

ZS ... ztráty skutečné [m³]

Přesnost metody závisí, jak již bylo řečeno, na přesnosti měření objemů vody. Pro výpočet skutečných ztrát se doporučuje rovnice (1.3), čili rozdíl celkových a zdánlivých ztrát. Bohužel jsou údaje o zdánlivých ztrátách dost nepřesné, skutečné ztráty se snažíme získat přímo z jejich složek a to především:

- malé obtížně zjistitelné úniky,
- ztráty vzniklé při haváriích,
- ztráty z neohlášených úniků,
- úniky z vodojemů.

[1]



Obr. 1-1 Schéma bilančních složek při hodnocení ztrát vody

[1]

1.2.2 Hodnocení ztrát vody

Ztráty vody byly v dřívějších letech hodnoceny podle následně uvedených kritérií. Některá se osvědčila pouze jako „vnitrospolečenská“, tzn. pro porovnávání výsledků v různých letech pouze v dané vodárenské společnosti, kde se příliš nemění struktura a parametry sítě, některá se ukázala jako vhodná srovnávací kritéria různých vodárenských společností. [1]

Specifické množství vody nefakturované (SMVNF)

Posuzuje se velikost objemu vody nefakturované (VNF) z celkového objemu vody vyrobené k realizaci (VVR), důležitými podklady k hodnocení jsou: objem VNF, počet zásobovaných obyvatel. [1]

Procento vody nefakturované (%VNF)

Toto kritérium bylo kdysi jedno z nejpoužívanějších pro porovnání výše ztrát mezi jednotlivými vodárenskými společnostmi. Vypočte se podílem objemu vody nefakturované (VNF) ku celkovému objemu vody vyrobené k realizaci (VVR):

$$\%VNF = \frac{VNF}{VVR} * 100 \quad (1.4)$$

Výhody -jednoduché stanovení a dostupnost potřebných údajů potřebných pro výpočet, jedná se o VVR a VNF.

Nevýhody - nelze použít pro srovnání oblastí s různou skladnou odběratelů, pro různé délky vodovodní sítě, různou morfologii terénu a pro kolísání výroby a fakturace. [1]

Při dlouhodobém sledování může sloužit jako porovnávání vývoje dané vodárenské společnosti, ne však ke vzájemnému porovnání. Kvalita výsledků vyhodnocení se zvyšuje s délkou sledování. [1]

V lokalitách s hustou zástavbou lze brát hodnotu do 20 % VNF za vyhovující, v oblastech s řidší zástavbou je pro prokázání dobrého stavu sítě a provozování nutné dosáhnout nižší hodnoty. [1]

Jednotkový únik (JÚVNF)

Je přesnějším kritériem, které kromě ztrát poukazuje i na technický stav vodovodní sítě. Vyjadřuje objem vody nefakturované (VNF), která unikne z 1 km přepočtené délky sítě ($L_{přep.}$) za rok.

$$JÚVNF = \frac{VNF}{L_{přep.}} \quad (1.5)$$

$$L_{přep.} = Ki * Li \quad (1.6)$$

$$Ki = \frac{DNi}{DN150} \quad (1.7)$$

$$K_{přípojky} = 0,17$$

Kde $JÚVNF$... jednotkový únik vody nefakturované [$m^3/km/rok$]

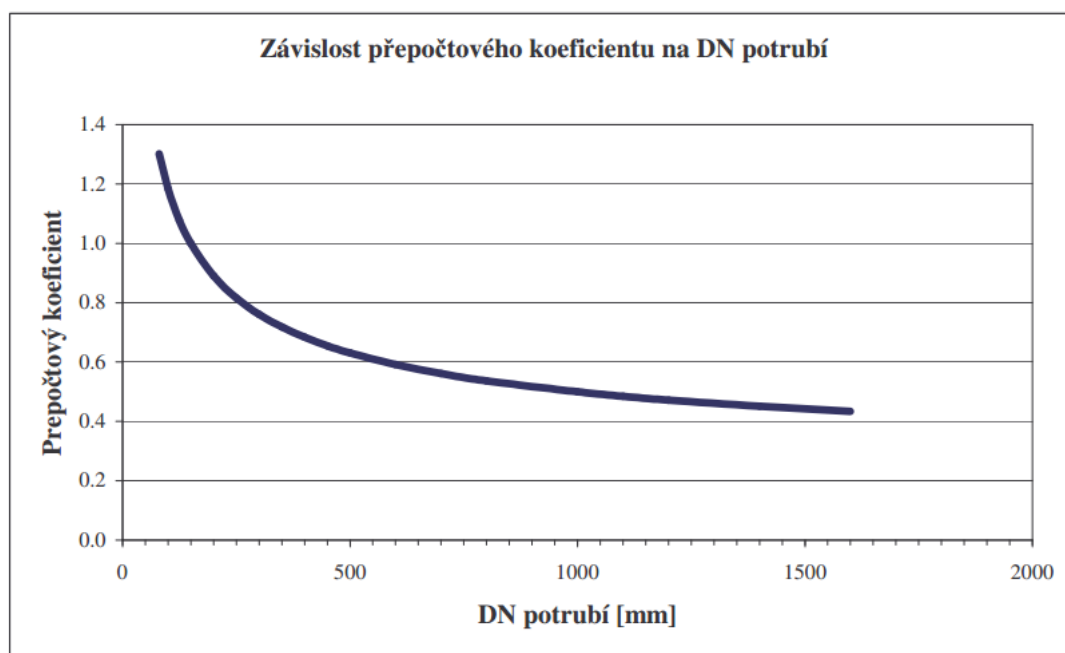
$L_{přep}$... přepočtená délka sítě [km]

L_i ... skutečná délka sítě se stejným DN [km]

K_i ... přepočtový koeficient [-]

$K_{přípojky}$... koeficient pro přepočet délky přípojek [-] [9]

K přepočtu vodovodní sítě se používá přepočtový koeficient, jehož velikost je závislá na velikosti profilu potrubí. Hodnoty tohoto koeficientu jsou patrné z obrázku 1-2.



Obr. 1-2 Závislost přepočtového koeficientu na DN potrubí [1]

Výhody: zohledňuje velikost profilů potrubí, množství tvarovek a armatur, jejichž počet přímo úměrně ovlivňuje velikost úniků.

Nevýhody: jsou nutné informace o skladbě sítě.

Z řady měření a průzkumů byla stanovena spodní hranice JÚVNF. Tato složka se skládá z hodnoty 2,6 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹, což představuje množství přípustných úniků v městské zástavbě, a z hodnoty 0,6 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹, která odpovídá orientační vlastní potřebě provozovatele. Celkem je tedy minimální hranice JÚVNF stanovena na 3,2 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹. V lokalitách do 20 000 obyvatel je za nevyhovující brána hodnota nad 4 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹, u lokalit nad 20 000 obyvatel je jako nevyhovující uváděna hodnota nad 6 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹. [1]

Voda nefakturovaná na přípojku – VNFP

Ztráty vody na přípojku byly vypočteny z celkového množství vody nefakturované a počtu vodovodních přípojek.

$$VNFP = \frac{VNF \cdot 10^3}{PP \cdot 365} \quad (1.8)$$

Kde VNFP ... voda nefakturovaná na přípojku [l/přípojku/den]

PP ... počet přípojek

Ztráty na 1 km přepočtené délky řadu

Tento ukazatel přepočítává velikost ztrát. Ztráty (Z) jsou uvažovány jako rozdíl vody nefakturované (VNF), vlastní spotřeby (VS) a ostatní vody nefakturované (OSVF), na přepočtenou délku vodovodního řadu: [1]

$$ZV = VNF - VS - OVNF \quad (1.9)$$

Kde ZV ... ztráty vody [m³]

VS ... vlastní spotřeba [m³]

OVNF ... ostatní voda nefakturovaná [m³]

Minimální (noční) průtok (Q_{min})

Minimální noční průtok je nejčastěji v nočních hodinách mezi 2-4 hodinou ranní a činí 0,8-1,5% maximální denní spotřeby vody. Znalost minimálního průtoku na km vodovodní sítě umožňuje rychlou reakci při nárůstu.

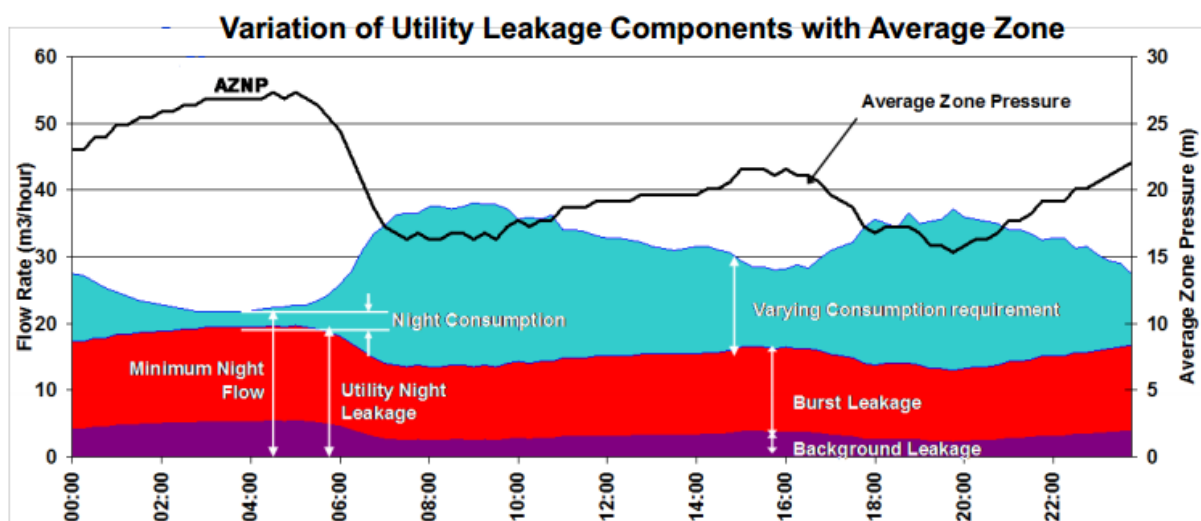
$$Q_{min} = \frac{q}{L_{přep}} \quad (1.10)$$

Kde Q_{min} ... minimální noční průtok [l/s]

Q ... průtok [l/s]

Výhody: průběžné sledování měřené oblasti, nezávislost na fakturaci.

Nevýhody: nutná znalost skladby sítě a odběratelů, nutnost údajů o nočních odběrech (velikost a lokalizace). [1]



Obr. 1-3 Rozdělení odběru a ztrát z průměrného denního odběru [12]

Slovník: Flow rate – hodnota průtoku

Minimum night flow – minimální noční průtok

Utility night leakage – noční ztráty
Night consumption – noční spotřeba
Varying consumption – proměnlivá spotřeba
Burst leakage – zjevné ztráty
Background leakage – Technicky nezjistitelné ztráty TNZ
Average zone pressure – průměrný tlak v pásmu

Počet poruch na km vodovodní sítě (PP)

Jde o vyhodnocení počtu tekoucích havárií (H) na km vodovodní sítě. Ukazuje na četnost úniků a na technický stav vodovodní sítě. Je to vlastně poměr počtu havárií (H) na síti za rok ke skutečné délce potrubí (L_{SKUT}): [1]

$$PPo = \frac{H}{L_{SKUT}} \quad (1.11)$$

Kde PPo ... počet poruch na 1 kilometr skutečné délky sítě

H ... počet poruch na síti

L_{SKUT} ... skutečná délka sítě

Výhody: spolu s objemem ztrát je vhodným ukazatelem na potřebu rekonstrukcí.

Nevýhody: nutnost vedení statistiky poruch, včetně oprav skrytých úniků a havárií, musí být známa délka sítě včetně přípojek. [1]

Sledováním poruch získáváme údaje o konkrétních úsecích sítě. Spolu s měřením minimálního průtoku nám tento ukazatel pomáhá určit pořadí nutnosti rekonstrukcí celých úseků systému. Při sledování poruch a jejich vyhodnocování je vhodné uvádět způsob uložení potrubí, přítomnost spodní vody, druh zeminy, nebo horniny, přítomnost pískových obsypů apod. Za nevyhovující stav je považován výskyt 2 a více poruch na km vodovodní sítě za rok. [1]

1.2.3 Hodnotící kritéria doporučená společností IWA

Mezinárodní společnost IWA se zasazuje o jednotné vyhodnocování ztrát vody, aby bylo možné jednotlivé provozní společnosti vyhodnocovat a mezi sebou porovnávat. Jedním z ukazatelů, který se v našich vodárenských společnostech začal používat, je infrastrukturní ztrátový index ILI. [1]

Infrastrukturní ztrátový index ILI

Infrastrukturní ztrátový index ILI je poměr technických indikátorů skutečných ztrát (uváděných dříve jako TIRL, dnes se můžeme setkat se zkratkou SZ) a nevyhnutelných ročních skutečných ztrát (dříve UARL, dnes používáme TNZ). ILI je provozní ukazatel vodovodního systému vyjadřující technický stav sítě z pohledu ztrát vody. Byl navržen IWA (Lambert, 2002).

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ} \quad (1.12)$$

Kde ILI ... infrastructure leakage index [-]

SZ ... skutečná ztráta vody [l/přípojku/den]

TNZ ... teoreticky nevyhnutelné ztráty [l/přípojku/den] [9]

Skutečné ztráty (SZ) se udávají v l.přípojku⁻¹.den⁻¹, technicky nevyhnutelné ztráty se udávají ve stejných jednotkách a jejich velikost závisí na hustotě přípojek a velikosti provozního tlaku.

TNZ je založena na výsledcích z mezinárodního výzkumu IWA obsahujícího data z 27 rozdílných vodárenských systémů z 19 zemí světa. Výsledky byly shrnuty do tabulky 1-1.

Tab. 1-1 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [l/přípojku/den]

Počet přípojek na km řadu	Průměrný provozní tlak [kPa]				
	200	400	600	800	1000
20	34	68	112	146	170
40	25	50	75	100	125
60	22	44	66	88	110
80	21	41	62	82	103
100	20	39	59	78	98

[9]

Určení tohoto kritéria je závislé na 4 následujících položkách:

- objem ztrát,
- počet přípojek,
- skutečná délka sítě,
- provozní tlak v síti (průměrná hodnota). [1]

Provozně-technické parametry jako délka vodovodní sítě a počet přípojek, lze poměrně přesně, odhadovaná chyba je cca 5 %. Určení objemu ztrát může být zatíženo větší chybou způsobenou nepřesností ve vykazování ztrát nebo ve fakturaci vody. Nejproblematictější a nejdůležitější je ale určení provozního tlaku v síti, které může být zatíženo chybou až 30 %. To je způsobeno kolísáním provozního tlaku v průběhu dne v závislosti na velikosti odběrů a zejména skutečností, že se určuje jedna referenční hodnota tzv. průměrný tlak. K velkým nepřesnostem v určení průměrného provozního tlaku jsou náchylná spotřebišť s malou hustotou přípojek. I když tento přístup nesporně přináší nové pohledy na hodnocení ztrát, nebyla dosud jasně stanovena jednotná stupnice hodnot ILI. Mezinárodní průzkum, který vyhodnocoval data z 27 vodárenských společností z 19 zemí, zjistil, že pro dané provozovatele se hodnota indexu ILI pohybuje od 2,0 do 14,1. Průměrná hodnota pro Českou republiku je 5,5. V tabulce 1 je uvedeno možné hodnocení stavu vodovodních sítí vzhledem k typu zástavby.

Tab. 1-2 Možné hodnocení vodovodních sítí na základě indexu ILI

Kategorie sítě	venkovská	příměstská	městská
dobrá	< 1,5	< 3	< 7
vyhovující	1,5 - 2,5	3 - 5	7 - 10
nevyhovující	2,5 - 4	5 - 8	10 - 15
špatná	> 4	> 8	> 15

[1]

Na základě vyhodnocení dat z let 1997 až 2001 pro 44 vodárenských společností v ČR byl odvozen vztah pro orientační stanovení ILI na základě známých hodnot jednotkových úniků.

$$ILI = 0,016 * VNFP + 0,19 \quad (1.13) [9]$$

1.2.4 Nové přístupy k hodnocení ztrát

Hodnocení ztrát, jak bylo uvedeno v úvodu, je předmětem výzkumu vodárenských společností od 90. let minulého století. Od té doby tato problematika zaznamenala několik změn v přístupu k hodnocení ztrát a hlavně v porovnávání společností navzájem. Je snahou najít několik vhodných hodnotících kritérií, která by postihla co nejvíc parametrů (počet zásobených obyvatel, topologii sítě, členitost systému, délku sítě, velikost profilů, atd.) [1]

Jako vhodný ukazatel se ukázal jednotkový únik. Ukazatel je závislý na objemu vody nefakturované (VNF) a přepočtené délce sítě, dříve vztahované k velikosti profilu DN 150, v současné době je možný přepočet na DN 100. Velikost spodní hranice je dnes odhadována na 3,2 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹, na konci 90. let se k této hodnotě připočítával 1 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹, což zahrnovalo dočasné zvýšení vzhledem k důsledku předchozí ne zcela dostačující péče o vodovodní síť. Tzv. základní specifická velikost nefakturované vody byla navržena podle VÚV Praha na 4,2 tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹. [1]

Rozdílné hodnocení ztrát pro přivaděče a rozvodnou síť

Většina uvedených hodnotících kritérií je vhodná pro vykazování ztrát v rozvodných sítích a použití stejné metody pro vyhodnocení ztrát na přivaděčích může celkové výsledky značně zkreslovat. Přivaděčí řady jsou charakteristické velkým profilem, větší délkou (ve většině případů), malým množstvím osazených armatur. V převážné většině případů jsou na přivaděčích osazovány měřidla, takže je dobrý přístup k relativně přesným údajům o případných nežádoucích únicích. [1]

Při použití JÚ se přepočtená délka značně liší od skutečné. Protože u velkých přivaděčů neplatí lineární úměra mezi velikostí úniku a velikostí profilu, může dojít k podstatnému snížení celkového JÚ počítaného pro celou vodovodní síť. Z tohoto důvodu se někdy doporučuje pro výpočet u přivaděčů násobit jejich délku koeficientem 0,3. Jako vhodnější se však jeví vyhodnocovat přivaděče samostatně a použít k tomu odlišnou metodu. Např. měrné ztráty. [1]

Měrné ztráty

V posledních letech se u nás začíná objevovat kritérium nazvané měrné ztráty, kterým je možné vyhodnocovat vodovodní sítě bez znalosti jejich skladby. Vypočítá se jako poměr ztrát ke skutečné délce vodovodní sítě:

$$MZ = \frac{Z}{L_{SKUT}} \quad (1.14)$$

Kde MZ ... měrné ztráty [m³/km/rok] [1]

1.2.5 Ekonomický přístup ke snižování ztrát vody

Současná nepříznivá ekonomická situace nutí podnikatelské subjekty hledat stále efektivní postupy vedoucí v krátkém čase k co největším provozním úsporám. Toto platí samozřejmě i pro obor vodohospodářství a pro oblast snižování ztrát vody. [2]

V uplynulém desetiletí byla v mnoha tuzemských vodárenských společnostech věnována maximální pozornost na snižování ztrát vody ve vodovodních sítích, protože ztráty jsou jedním z nejčastěji uváděných ukazatelů při hodnocení kvality a efektivnosti vodárenských systémů. Převládala snaha docílit dlouhodobého pozvolného plošného snižování ztrát vody. Postupně byly vypracovány podrobné bilanční postupy, které dokázaly kvantifikovat míru dosaženého snížení ztrát vody a díky jednotně definovaným ukazatelům umožnily navzájem porovnávat jednotlivé provozní společnosti. Velmi málo pozornosti se však věnovalo ekonomickým aspektům při snižování ztrát vody. Pokud chceme přistupovat k problému i s ekonomickým pohledem, je nutné se zabývat i dále popsány problémy v této oblasti. [2]

Ekonomická situace nutí provozovatele vodovodních sítí snižovat ztráty vody s největším ekonomickým ziskem. Z tohoto pohledu se jeví cílené plošné snižování ztrát vody jako málo ekonomicky efektivní. [2]

Vezmeme-li v úvahu stále více se prohlubující cenové rozdíly za odběr surové povrchové a podzemní vody, je ihned patrné, že pro provozovatele je ekonomicky výhodnější snižovat ztráty vody na vodovodních sítích, do kterých dodávají vodu z povrchových zdrojů, protože platba za odběr surové povrchové vody je v některých lokalitách více než dvojnásobná ve srovnání s poplatkem za odběr podzemní vody. Podpůrným argumentem pro toto tvrzení je také fakt, že surová povrchová voda ve srovnání s vodou podzemní vyžaduje ve většině případů provozně i investičně náročnější technologickou úpravu na pitnou vodu, takže pokud se podaří v procesu distribuce snižovat ztráty vody u této „dražší“ vody, je pro provozovatele jednoznačně větší úspora provozních nákladů. [2]

Ve snaze o efektivitu při snižování ztrát vody se nyní provozovatelé vrací k již dříve publikovaným poznatkům, které sice nenašly výrazné uplatnění v tuzemské praxi, ale mohou nyní v nových ekonomických podmínkách přinést nové impulsy v provozní oblasti. Takovým podnětem mohou být práce odborné skupiny IWA (Internacional Water Association) v rámci Water Loss Task Force (WLTF). Tato odborná skupina se začala zabývat cca před deseti lety vývojem metodiky pro stanovení nového ukazatele pro posuzování ztrát vody – tzv. ELL-Economical Leakage Level. Na práci v odborné skupiny WLTF navázala v tuzemsku FAST VUT Brno, kde na ÚVHO navrhli relativně jednoduchý orientační postup který umožňuje

základní porovnání ekonomiky ztrát v posuzovaných systémech. Navrhovaný postup byl publikován a je založena na tvz. Ekonomickém indexu ztrát – EIZ, který se stanoví podle vztahu:

$$EIZ = EI - IZ \quad (1.15)$$

kde

EI – ekonomický index: nabývá následujících doporučených hodnot v návaznosti na způsob úpravy a dopravy vody:

EI = 1,5 – voda pro posuzovaný systém je posuzována dvoustupňovou úpravou vody a je čerpána minimálně na výšku přesahující 50 m vodního sloupce.

EI = 1,0 – voda pro posuzovaný systém je posuzována dvoustupňovou úpravou vody, ale do systému je dopravována gravitačně nebo případně voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci, ale musí být do systému čerpána.

EI = 0,5 – voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci, resp. Jednoduchou úpravu a je do systému dopravována gravitačně.

a kde

IZ – index ztrát: stanoví se pro každý posuzovaný vodárenský systém, resp. jeho část, v závislosti na použitém ukazateli ztrát vody:

-Použijeme-li ukazatele jednotkových úniků (JUVNF), potom vyčíslujeme:

$$IZ = \frac{JUVNF}{3,6} \quad (1.16)$$

-přičemž hodnota 3,6 představuje doporučenou hodnotu ukazatele jednotkových úniků pro sítě ve velmi dobrém technickém stavu (v tis.m³.km⁻¹.rok⁻¹)

-Použijeme-li ukazatele ztrát ILI. Potom vyčíslujeme:

$$IZ = \frac{ILI}{4} \quad (1.17)$$

-přičemž hodnotu 4 lze doporučit jako technicky akceptovatelnou hodnotu ukazatele ILI (ukazatel ILI vyjadřuje poměr skutečných ztrát k tvz. teoreticky nevyhnutelným ztrátám vody). [2]

Podle výsledné hodnoty EIZ lze pak provést základní ohodnocení ekonomické úrovně ztrát vody v jednotlivých posuzovaných vodovodních systémech:

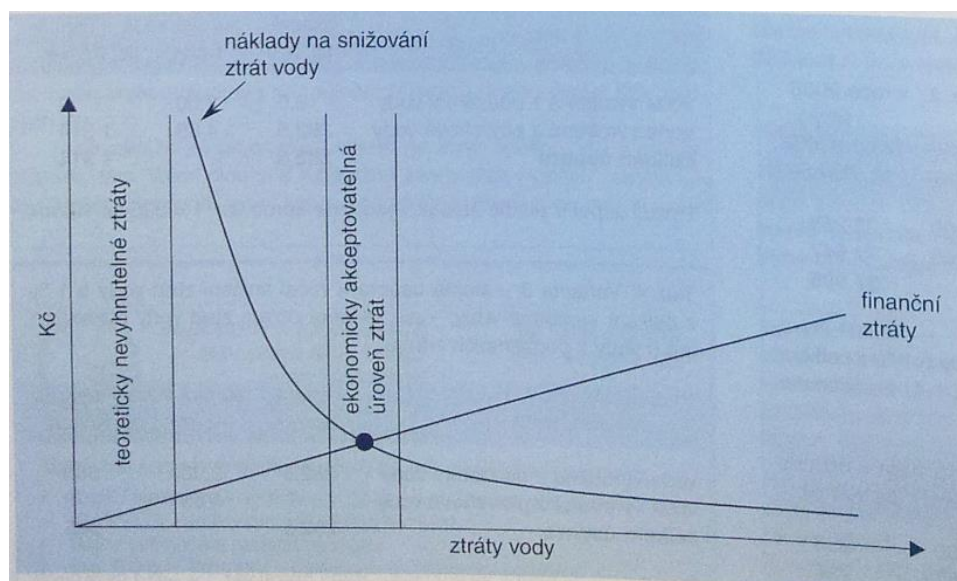
3. Třída: $EI \geq 1,3$ – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody způsobují značné ekonomické provozní ztráty a je žádoucí, aby provozovatel provedl podrobnou analýzu příčin ztrát vody a intenzivně se zaměřil na jejich snižování.

2. Třída: $0,8 \leq EIZ \leq 1,3$ – jedná se o vodovodní systém, kde v důsledku současných ztrát nedochází k významným ekonomickým provozním ztrátám.

1. Třída: $EIZ \leq 0,8$ – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody jsou jak po technické, tak i po ekonomické stránce vyhovující a realizace dalších opatření zaměřených na snižování ztrát vody by byla ekonomicky neefektní. [2]

Bilanční ekonomické hledisko – porovnání zisků (výnosů) a ztrát (nákladů)

Jako přijatelná metoda pro většinu provozovatelů vodovodních systémů pravděpodobně ještě dlouho zůstane při posuzování ztrát vody z ekonomického hlediska zdánlivě jednoduchá porovnání skutečných nákladů vložených na snížení ztrát vody a finančních přínosů, které touto činností provozovatel získá. Stanovení přesné hranice ekonomicky akceptovatelné úrovně ztrát vody je teoreticky známé již dlouhou dobu a je detailně propracované – např. viz graf.



Obr. 1-4: Ekonomický pohled na snižování ztrát vody

[2]

V praxi je ovšem z ohledem na mnoho faktorů, které do hodnocení procesů vstupují, velice obtížné získat přesný průběh teoretické hyperbolické funkce potřebných nákladů na snížení konkrétních objemů ztrát. Graf je přínosný a názorný v tom, že jednoduše poukazuje na skutečnost, že snižování ztrát vody pod určitou hranici je ekonomicky nevýhodné. Tento fakt si již mnoho provozovatelů uvědomuje a zejména v současné ekonomické situaci se jím také ve vlastním zájmu řídí. Při snižování ztrát vody se prozíraví provozovatele nyní soustředí na lokality, ve kterých jim vznikají největší ztráty provozních nákladů, při tom uvážlivě využívají osvědčených detekčních přístrojů, které jim spolehlivě slouží již několik let, protože nárazový nákup moderní techniky také může, zejména u malých provozních společností, podstatně zmenšit rentabilitu cíleného snižování ztrát vody. [2]

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Tato část práce obsahuje rešerši týkající se současného stavu poznání řešené problematiky.

2.1 LEGISLATIVA

Vodárenství v ČR je upravováno celou řadou zákonů, vyhlášek, nařízení a dalších právních předpisů.

Uvádím přehled aktuální legislativy vztahující se ke zdrojům vody, zásobování vodou, stanovení ceny vody, aj.

Zákony (výběr):

- **Zákon Parlamentu ČR č. 274/2001 Sb.**, o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (o vodovodech a kanalizacích), ve znění zákona č. 281/2009 Sb.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 254/2001 Sb.**, o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 76/2002 Sb.**, o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění zákona č. 521/2002 Sb.
- **Zákon Parlamentu ČR č. 258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. [3]

2.2 ZTRÁTY VODY V ČESKÉ REPUBLICE

2.2.1 Statistické údaje vodovodu a kanalizací v ČR za roky 1990-2012

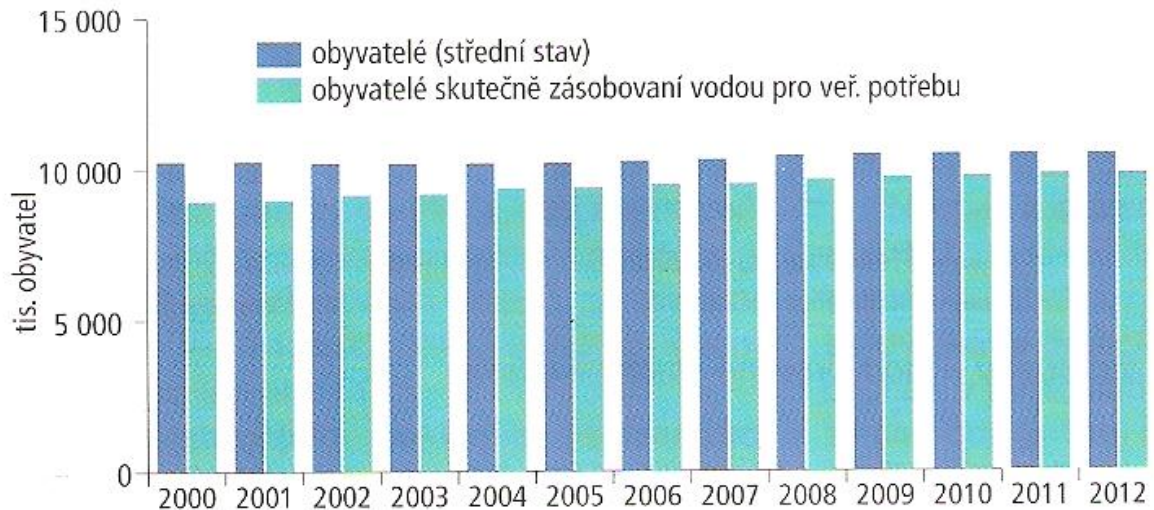
Statistický úřad ČR (ČSÚ) za rok 2012 šetřil v oboru vodovodů a kanalizací celkem 1378 respondentů (v roce 2010 1324 a v roce 2011 1338 respondentů), z toho bylo 1028 obcí a 296 provozovatelů, z nichž 22 provozují vodovody a kanalizace ve více krajích. U provozovatelů i obcí se dosáhlo 100 % návratnosti výkazů. Vykazované údaje se dopočítaly na celou republiku. [4]

Porovnání výsledků a vývojové trendy.

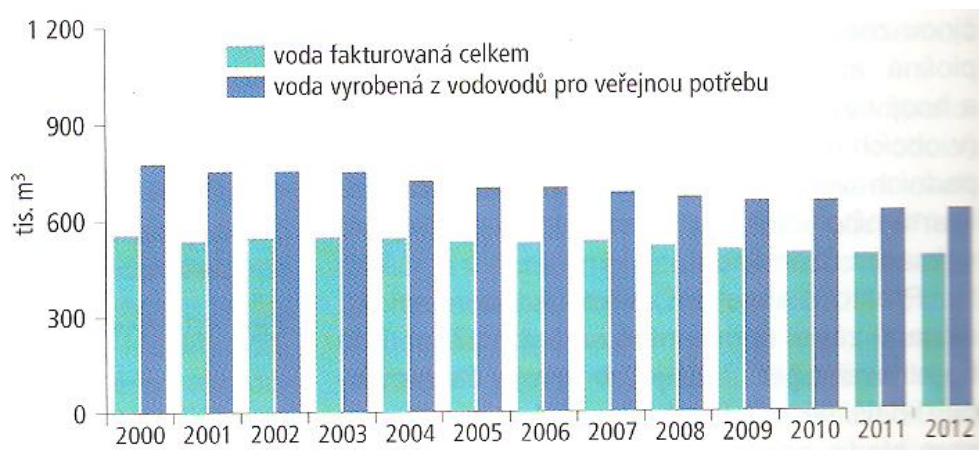
Trvá dlouhodobě mírný nárůst obyvatel zásobovaných pitnou vodou, oproti tomu se potvrzuje klesající úsporný trend v ukazatelích voda fakturovaná i specifické množství vody fakturované pro domácnosti. Technické ukazatele jako délka vodovodní sítě, počet osazených vodoměrů a počet vodovodních přípojek si zachovávají trend trvalého mírného nárůstu. [4]

Zajímavé zvýšení zaznamenal ukazatel ztráty vody v trubní síti. Cena vody (bez DPH) oproti loňskému roku vzrostla z 30,80 Kč.m⁻³ na 32,70 Kč.m⁻³.

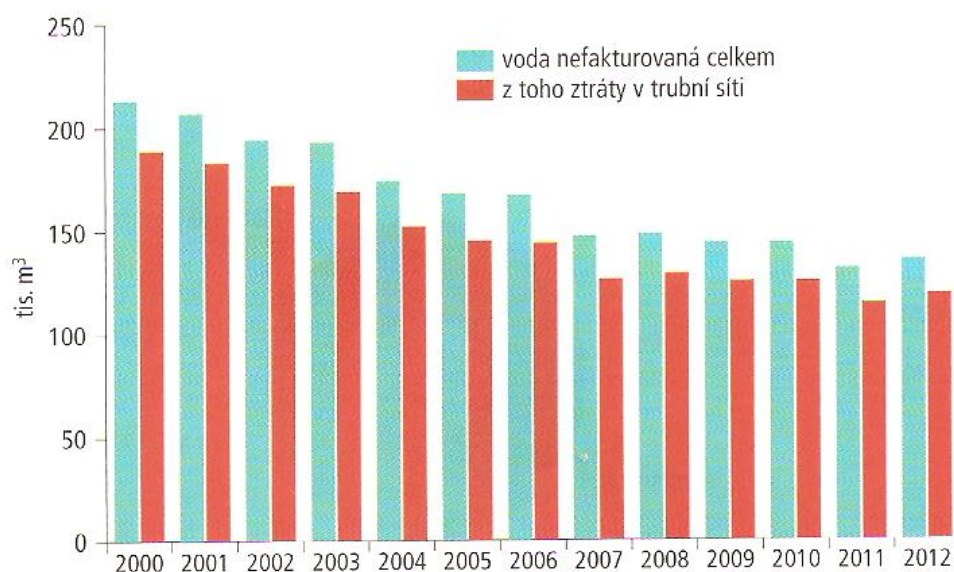
Údaje za rok 2012 jsou zpracovány podle publikace ČSÚ „Vodovody, kanalizace a vodní toky v roce 2012“ (ČSÚ, Praha, 2012) [4]



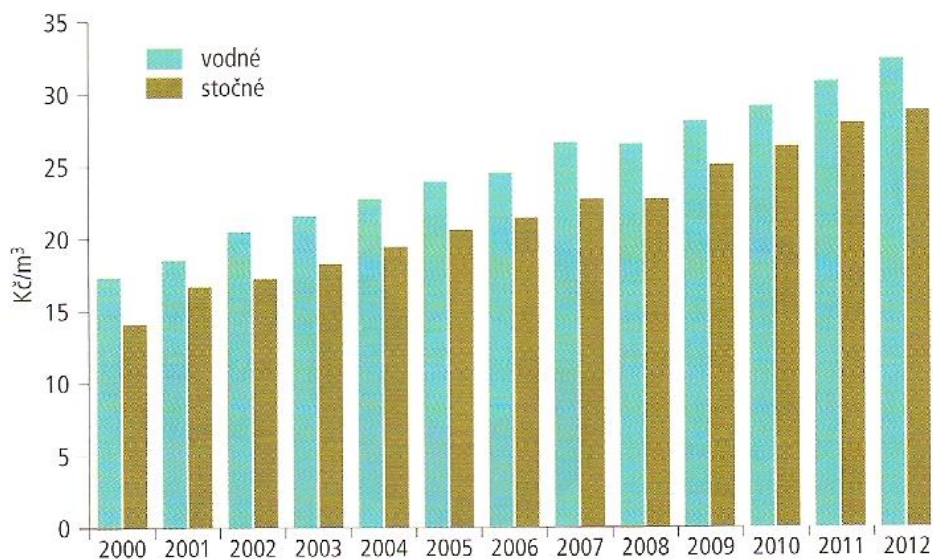
Obr. 2-1 Obyvatelé zásobování vodou z vodovodů pro veřejnou potřebu (2000-2012) [4]



Obr. 2-2 Voda vyrobená z vodovodů pro veřejnou potřebu a fakturovaná (2000-2012) [4]



Obr. 2-3 Množství vody nefakturované-ztráty (1999-2009) [4]



Obr. 2-4 Ceny vodného a stočného (2000-2012)

[4]

Souhrnné údaje o vodovodech 1990-2012

Tab. 2-1 Souhrnné údaje o vodovodech v ČR 1990-2012

Č.	Ukazatel	Jednotka	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	% 11/12
VODOVODY										
1	Obyvatelé zásobovaní vodou z vodovodů	tis.	8 624	8 860	8 952	9 376	9 787	9 805	9 823	100,2
2	Podíl obyvatel zásobovaných z vodovodů ke střednímu stavu obyvatel	%	83,2	85,8	87,1	91,6	93,1	93,4	93,5	100,1
3	Délka vodovodní sítě	km	44 907	46 071	53 288	69 358	73 448	74 141	74 915	101,0
4	Počet osazených vodoměrů	tis.	1 032	1 207	1 385	1 788	1 965	1 983	2 005	101,0
5	Počet vodovodních přípojek	tis.	–	1 214	1 368	1 782	1 956	1 975	2 003	101,0
6	Voda vyrobená celkem	tis. m³	1 238 961	936 187	755 878	698 850	641 783	623 059	623 534	100,1
7	z toho podzemní	tis. m³	526 593	409 392	368 474	334 882	316 250	312 813	311 890	99,7
8	Voda fakturovaná celkem	tis. m³	924 292	624 767	537 952	531 620	492 542	486 019	480 745	99,1
9	z toho domácnosti	tis. m³	546 184	373 355	341 066	338 564	319 582	317 163	315 875	99,6
10	průmysl	tis. m³	237 202	114 282	40 145	64 645	59 163	57 539	55 642	96,7
11	ostatní a zemědělství	tis. m³	150 023	137 130	156 741	128 412	113 797	111 317	109 227	98,1
12	Voda nefakturovaná celkem	tis. m³	314 047	302 204	212 925	167 743	143 820	131 403	135 699	103,3
13	z toho ztráty v síti	tis. m³	237 231	275 228	189 301	146 082	125 276	114 199	118 961	104,2
14	Vodné	mil. Kč	1 751	6 407	9 394	11 938	14 328	14 975	15 730	105,0

[4]

2.3 ZTRÁTY VODY V ZAHRANIČÍ

2.3.1 IWA – International water association

IWA je organizace, která sdružuje lidi z celého světa zabývající se vodním hospodářstvím. A řeší veškeré témata týkající se vody na Zemi. Zabývá se samozřejmě i ztrátami vody. Jako globální síť odborníků má za cíl spojit lidi z různých odvětví pro vytváření inovačních řešení v oblasti vodního hospodářství. Snaží se poskytovat praktická řešení, která jsou udržitelná a pružná.

IWA loss specialist group je skupina odborníků zabývající se ztrátami vody pod záštitou IWA. Jejich cílem je výzkum a vývoj znalostí v oblasti snižování ztrát vody pro všechny

skupiny vodárenské správy a veřejných služeb. Water loss specialist group se vyvinula z water loss task force (WLTF)

Jeden z nejznámějších odborníků na ztráty vody z IWA je Allan Lambert, který za pomoci svých kolegů vyvinul několik osvědčených praktických konceptů pro účinné a řízení vodovodních sítí v oblasti úniků vody a řízení tlaků. Allan Lambert byl předsedou WLTF, kdy zveřejnili ukazatel výkonnosti vodovodních sítí ILI – Infrastructure Leacage Index.

Další světový odborník patřící do IWA WLSG je Marco Fantozzi. Fantozzi zveřejnil mnoho odborných článků na téma snižování ztrát vody, podílel se také na několika mezinárodních projektech jako např. Aquaknight, ICeWater, Waterpipe. Jeho studio je distributor většiny evropských softwarů (LeaksSuite (<http://www.leakssuite.com/>) pro úniky vody a tlakové řízení ve vodovodních systémech), vyvinutých Allanem Lambertem a jeho ILMSS Ltd. (Internacional Leakage Manegment Support Services Ltd)

2.3.2 Plýtvání a ztráty vody v Evropě

Poslanci Evropského parlamentu chtějí zvýšit tlak na Evropskou komisi, aby zpřísnila ochranu zdrojů pitné vody. Dosavadní legislativa většiny členských států i předpisy EU je totiž, podle části europoslanců, nedostačující. [5]

"Nedostatkem pitné vody je ve světě ohrožena více než miliarda lidí. A toto číslo se rok od roku zvyšuje, za dvacet let to mají být již tři miliardy," upozorňuje český poslanec Evropského parlamentu Pavel Poc. Nejde přitom jen o problémy Afriky nebo Asie, jak se řada lidí domnívá. S ubývajícimi zásobami pitné vody se totiž potýkají už i některé části Evropy. Podle údajů Evropské unie se v posledních letech zvýšil počet obyvatel v členských státech postižených nedostatkem vody z šesti na téměř třináct procent. Především jde o obyvatele jižních částí Evropy. Odhaduje se, že jen suché období v roce 2003 pak evropské ekonomice způsobilo škody ve výši téměř devět miliard euro. Příčin je přitom celá řada. Od průmyslového znečištění, přes nadměrnou spotřebu, až po klesající schopnost krajiny zadržovat v důsledku lidských zásahů vodu nebo globální změny klimatu. V České republice jde také o důsledky meliorací nebo nesmyslného narovnávání vodotečí v druhé polovině minulého století. [5]

"Problémy s pitnou vodou nejsou jen důsledkem klimatických změn nebo zneužívání a plýtvání. Je to, mimo jiné, také otázka komodifikace přírodních zdrojů. Voda je výborný obchod, pít přece musí všichni, takže je to skvělé zboží," říká český poslanec Evropského parlamentu. "Řada evropských měst již ví, že když soukromý sektor vyhovodaří infrastrukturu pro zásobování vodou, prostě jde od toho a veřejná správa potom musí všechno zachránit a hlavně zaplatit. Je to pořád to samé, privatizace zisků a znárodnění ztráty. Ekonomická krize, krize v dodávkách vody. Je za tím vesměs obyčejná lumpárna," říká Poc. [5]

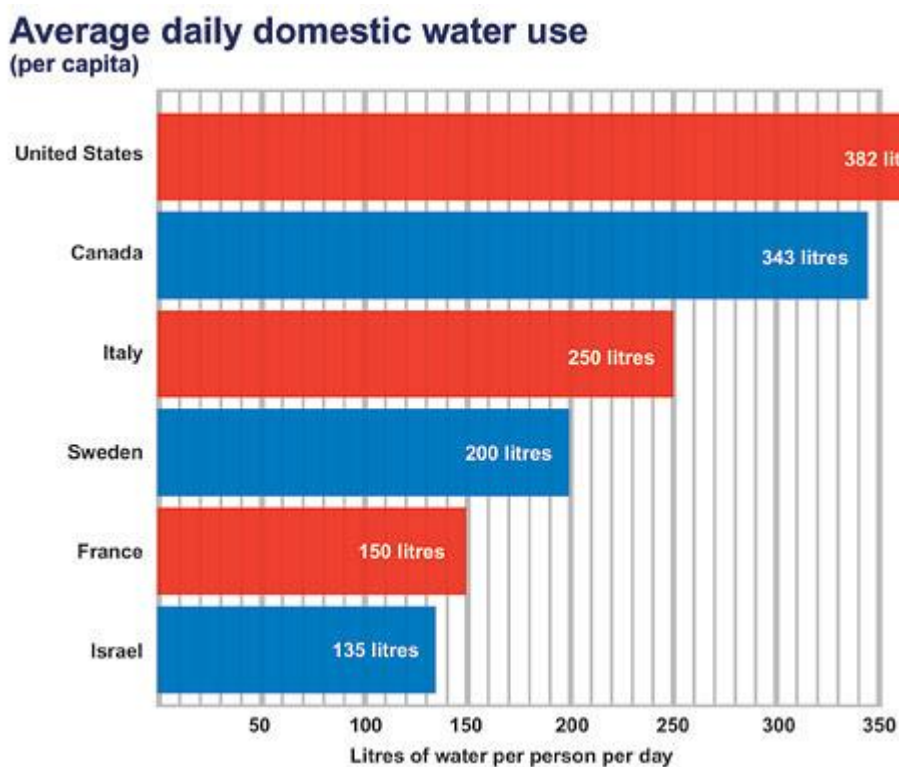
Typickou ukázkou je například Londýn. Tamní vodovodní síť provozovaná privátním vlastníkem dosahuje v důsledku investičního zanedbání obrovských ztrát. V důsledku toho spotřeba na jednoho obyvatele města dosahuje až 217 litrů, zatímco britský průměr činí 80 litrů. Obdobná situace je i v Praze, kde jen ztráty v potrubí dosahují zhruba 20 procent. [5]

Jak poslanec Evropského parlamentu Poc dále poukazuje, je zcela nezbytné, aby v souvislosti s úbytkem zásob, začaly členské země Evropské unie, Českou republiku nevyjímaje, k vodě přistupovat jinak než dosud. Jako ke strategické surovině. "Tedy aby nad jejich ochranou a využitím byla větší veřejná kontrola. V mnoha regionech totiž zásoby vody, nakládání s nimi, i distribuci, zcela kontrolují privátní subjekty, jejichž jediným cílem je pouze dosažení zisku. Nikoliv ohled na strategické zájmy země," konstatuje Poc. [5]

Problematikou zvýšené ochrany zdrojů pitné vody se zabýval i výbor ENVI Evropského parlamentu. Ten, mimo jiné, řešil i možnost zpřísnění současné směrnice o ochraně zdrojů pitné vody. [5]

2.3.3 Spotřeba vody ve světě

Pro představu uvádím hodnotu průměrné domácí spotřeby vody ve vybraných zemích světa. Z těchto hodnot je také patrné největší plýtvání vodou a její ztráty.



Obr. 2-5 Průměrná denní domácí spotřeba vody ve světě (l/os/den)

[8]

3 ANALÝZA ZTRÁT VODY VYBRANÝCH TLAKOVÝCH PÁSEM BVK

3.1 POPIS ZÁSOBOVÁNÍ MĚSTA BRNA

Město Brno má k dispozici dostatek zdrojů kvalitní pitné vody s kapacitními rezervami, které umožňují z pohledu zásobování vodou rozvoj města i celé brněnské aglomerace s mnohaletým výhledem do budoucna. Základními zdroji vody jsou prameniště podzemní vody v Březové nad Svitavou a úpravna povrchové vody ve Švařci. Z Březové nad Svitavou je voda do Brna přiváděna přivaděčem I. březovského vodovodu a přivaděčem II. březovského vodovodu. Z úpravny vody Švařec se voda do Brna přivádí přivaděčem Vířského oblastního vodovodu (VOV). Provoz úpravny vody v Brně-Pisárkách byl v květnu 2013 ukončen. Od roku 2001 plnila úpravna Pisárky již jen funkci zdroje rezervního s využitím při případných havarijních stavech a při mimořádných provozních situacích a od roku 2008 vodu do vodovodní sítě již nedodávala. [6]

3.1.1 Vířský oblastní vodovod (VOV)

Úpravna vody Švařec (ÚV Švařec) je po prameništi v Březové nad Svitavou druhým nejvýznamnějším zdrojem vody Brněnské vodárenské soustavy, kterou provozují Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. ÚV Švařec je součástí tzv. Vířského oblastního vodovodu (VOV), který slouží k zásobování vodou nejen Brna, ale i mnoha dalších měst a obcí severně a jižně od Brna. Všechny objekty VOV, tj. především úpravnu vody ve Švařci, příslušné přivaděčí řady, vodojemy a čerpací stanice, vlastní zájmové sdružení právnických osob s názvem Vířský oblastní vodovod - sdružení měst, obcí a svazků obcí (zkráceně VOV s.m.o.), které bylo založeno v roce 1993. Hlavní činností tohoto sdružení je správa majetku VOV a rozvoj a strategie VOV. Členy sdružení jsou Statutární město Brno, města Modřice, Rajhrad, svazek obcí pro vodovody a kanalizace Šlapanicko, svazek vodovodů a kanalizací Ivančice, svazek vodovodů a kanalizací Tišnovsko a další obce a svazky. Jde o subjekty, které mají zájem o využívání zdroje vody a infrastruktury VOV. [6]

V důsledku rozvoje města a nízké dotované ceny narůstala do roku 1989 v Brně spotřeba vody až na 65 mil. m³ za rok ze 43 mil.m³ v roce 1968. V té době bylo Brno zásobováno podzemní vodou z Březové nad Svitavou přivaděči I. a II. březovského vodovodu a upravovanou vodou z řeky Svatky z úpravny vody Brno-Pisárky. Kapacita zdrojů vody již nepostačovala pro pokrytí špičkových spotřeb, docházelo k výpadkům v dodávce vody a bylo nutné zavést regulační opatření omezující odběr vody. Zdroje vody byly přetěžovány, zejména úpravna Brno-Pisárky, což se negativně projevovalo na kvalitě upravené pitné vody, která byla předmětem oprávněných stížností odběratelů. Zhoršovala se i kvalita surové vody v řece Svatce pro úpravnu vody a přetrvávalo vysoké riziko její zranitelnosti kontaminací ropnými i jinými látkami z dopravně exponovaných okolních komunikací apod. [6]

Nedostatek vody nejen v Brně měl vyřešit nový oblastní vodovod. Příprava VOV byla zahájena již v sedmdesátých letech minulého století, stavět se začalo v roce 1988. Tehdy ještě pod názvem Brněnský oblastní vodovod. I. etapa VOV, která umožnila přivedení vody ze Švařce do Brna, byla dokončena v roce 2000, do trvalého provozu byla uvedena v roce 2002. Součástí I. etapy byla úpravná voda Švařec, přivaděč Švařec-Čebín průměru 1400 mm včetně dvou železobetonových tlakových štol průměru 2100 mm (štoly délky 16 km), vodojem Čebín, přivaděč Čebín-Bosonohy průměru 1400 a 1100 mm a vodojem Bosonohy. Úsek Švařec-Bosonohy má délku 47 km. Trubní úseky byly vybudovány z trub sklolaminátových. V roce 2001 byla uvedena do provozu i tzv. jižní větve VOV Moravany-Rajhrad-Těšany včetně vodojemů Rajhrad I, Rajhrad II a vodojemu Těšany. Jedná se o vodovodní řady z tvárné litiny vnitřního průměru nejdříve 400 mm, v koncovém úseku průměru 150 mm, o celkové délce asi 31 km. Tato stavba umožnila přivedení vody, dočasně z vodovodní sítě města Brna, do Rajhradu a do dalších obcí ležících jižně od Brna. O stavbách VOV po vodojemů Rajhrad I a II se hovoří jako o I. etapě VOV, zbytek jižní větve VOV byl označen jako II. etapa. Úsek přivaděče VOV Bosonohy-Nebovidy-Moravany a vodojem Nebovidy se nepodařilo postavit v rámci I. ani II. etapy. Voda tak byla až do roku 2010 dopravována přes brněnské 1. tlakové pásmo do vodojemu Moravany, odkud byla následně čerpána do vodojemu Rajhrad I a dále využívána v jižní větvi VOV. [6]

V roce 2010 byly dokončením tzv. 3. etapy VOV (přivaděč VOV v trase Bosonohy-Nebovidy-Moravany a vodojem Nebovidy) propojeny již dříve vybudované části VOV – severní část končící v Bosonohách a jižní část začínající v Moravanech. To umožnilo přivedení vody z vodojemu Čebín přivaděčem VOV nejen do jižní větve VOV, ale i do jižních částí města Brna zásobovaných především z vodojemu Moravany, namísto provizorního vedení vody přes brněnské 1. tlakové pásmo, které je nyní méně zatíženo. Nezanedbatelným přínosem bylo odstranění čerpání veškerého množství vody potřebného pro jižní větve VOV. Tato jižní část VOV je nyní zásobena pouze gravitačně z nového vodojemu Nebovidy. V rámci 3. etapy byl vybudován z Bosonoh do Nebovid asi 4,4 km dlouhý vodovodní řad z tvárné litiny profilu 600 mm a z vodojemu Nebovidy k rozdělovací šachtě jižní větve VOV v Moravanech stejný řad délky asi 2 km. [6]

3.1.2 Spotřebiště napojená na přivaděč VOV

Voda z úpravný Švařec je po trase přivaděče VOV Švařec-Čebín dodávána do obcí Koroužné-obecní část Švařec, Štěpánov nad Svratkou, Skorotice-obecní část Chlébské, Černvír, do městyse Doubravník, do obcí Štěpánovice, Dolní Loučky, Újezd u Tišnova a Kaly. V omezené míře je voda přiváděna i do vodojemu Květnice pro Tišnov a do Malhostovic. Voda přitékající od Švařce k Brnu přivaděčem VOV je míchána ve vodojemu Čebín s větším dílem vody podzemní přivedené II. březovským vodovodem v poměru asi 1:9. Takto smíchaná voda je pak dodávána pokračujícím II. březovským vodovodem a přivaděčem VOV do hlavní části Brněnské vodárenské soustavy, tj. především do Brna, Kuřimi, Modřic, ale i do dalších měst a obcí napojených na jižní větve VOV v trase Moravany-Rajhrad-Těšany. Množství vody smíchané ve vodojemu Čebín představuje dnes asi 75% celkového množství vody potřebného pro tuto část soustavy. Další množství vody (asi 25%) přitéká odděleně I. březovským

vodovodem do vodojemu Holé hory II v Brně na Lesné. Z úseku přivaděče VOV Čebín-Bosonohy je voda též dodávána do Rozdrojovic. Seznam lokalit napojených na přivaděč VOV se postupně rozrůstá. Zdroj, přivaděče a vodojemy VOV jsou nedílnou součástí dobře fungující Brněnské vodárenské soustavy. Pro vyšší využití potenciálu VOV zbývá ještě vybudovat některé vodovodní řady a upravit čerpací stanice. [6]

3.1.3 Úpravna vody Švařec

Umístění úpravny vody Švařec bylo navrženo v údolí řeky Svratky asi 5 km vzdušnou čarou od hráze nádrže Vír, odkud se voda do úpravny přivádí. Úpravna byla projektována na maximální výkon 2300 l/s. V průběhu výstavby byl plánovaný výkon dočasně redukován sníženou kapacitou filtrace na 1150 l/s z důvodu klesající tendence spotřeb vody. Z 20 pískových filtrů úpravny byla vystrojena jen polovina. Šest filtrů ze zbývajících poloviny filtrů bylo dodatečně využito pro doplnění technologie úpravy vody vybudováním druhého stupně filtrace, kde je vyrobená pitná voda sekundárně filtrována přes filtry s granulovaným aktivním uhlím. Zdrojem povrchové vody je údolní přehradní nádrž Vír I. Přehradní nádrž má vyhlášena pásma hygienické ochrany, je zde zakázáno koupání a rybolov. Na rozdíl od úpravny Brno-Pisárky, jejíž provoz tato nová úpravna nahrazuje, je zde výrazně sníženo riziko kontaminace surové vody ropnými látkami a jinými průmyslovými haváriemi. Úpravna vody Švařec dokáže vyrábět kvalitní pitnou vodu plně odpovídající všem kritériím stanoveným pro pitnou vodu. [6]

3.1.4 Vodovodní síť

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. provozují vodovodní síť, jejíž celková délka je 1349 km, včetně 159 km přivaděčů. Nejvíce zastoupeným materiálem potrubí je šedá litina (55 %), tvárná litina (22 %), ocel (10 %), zbytek tvoří potrubí z PE, PVC, sklolaminátu, železobetonu a azbestocementu. Nejvíce vodovodních řadů má profil DN 100, DN 150, DN 80 a DN 200. Vodovodní řady jsou uloženy především v zemi - v komunikacích a volných plochách, v centru města Brna jsou některé řady uloženy též v primárních (hlubinných) kolektorech a v sekundárních (podpovrchových) kolektorech. Na vodovodní řady je napojeno 49 tisíc vodovodních přípojek. [6]

Vodovodní síť je rozdělena na jednotlivá tlaková pásma, v nichž je požadovaný přetlak vody zajišťován příslušným vodojemem, redukčním ventilem, případně automatickou tlakovou stanicí. V současné době společnost provozuje 90 tlakových pásem, která jsou součástí Brněnské vodárenské soustavy, a dalších 5 v samostatných vodovodech. [6]

3.1.5 Vodojemy a čerpací stanice

Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. v současné době provozují na distribuční vodovodní síti 73 **vodojemů a akumulčních nádrží** o celkové využitelné kapacitě 250 tis. m³. Vodojemy slouží pro zajištění dostatečného přetlaku vody ve vodovodní síti a k vyrovnávání rozdílu mezi přítokem a odběrem vody. Zajišťují také poruchovou zásobu vody a vodu pro požární zabezpečení spotřebiště.

Čerpací stanice dopravují vodu do výše položených vodojemů, kam ji není možné dopravit gravitačním způsobem. V některých menších lokalitách jsou použity pro posílení

přetlaku vody ve vodovodní síti bez využití vodojemů speciální čerpací stanice, tzv. automatické tlakové stanice (ATS). Naše společnost provozuje na distribuční vodovodní síti 36 čerpacích stanic o celkové kapacitě 125 tis. m³/den. [6]

3.2 POPIS VYKAZOVÁNÍ ZTRÁT BVK

Dle informací z BVK, a.s. se ztráty vody evidují jako především množství vody nefakturované za jednotlivé roky za celou provozovanou vodovodní síť v m³/rok, což je rozdíl množství vody k realizaci a množství vody fakturované. Dále se vykazují ztráty vody jako množství vody nefakturované, což je množství vody nefakturované po odečtení tzv. vlastní spotřeby.

3.3 MONITORING PROVOZU VODOVODNÍ SÍTĚ NA BRNĚNSKÉM VODOVODNÍM SYSTÉMU

Měření průtoků vody na brněnské vodovodní síti, za účelem zjišťování úniků vody má na již dlouhou historii. Ve 20. letech min. stol. v období hospodářské poválečné konjunktury docházelo k rozšiřování brněnské vodovodní sítě nevídaným tempem do nově připojených částí města a k nárůstu spotřeb. Jediný tehdejší kvalitní zdroj podzemní pitné vody pro Brno – I. březovský vodovod svojí kapacitou přestával postačovat. Městské vodárny se proto rozhodly situaci řešit snižováním ztrát vody, které byly po I. světové válce, kdy údržba a opravy sítě byly zanedbávány, nadměrně vysoké. V roce 1919 ztráty vody v síti z vody vyrobené dosáhly na vodovodním systému vody pitné 55,2 %. Pro lepší kontrolu odběrů vody a identifikaci nežádoucích úniků vody bylo tehdy jako novinka zavedeno tzv. „okrskové“ měření spotřeby vody. K tomu účelu byla vodovodní síť rozdělena na uzavřené okrsky a na vtoku vody do okrsků byly zřízeny vodoměrové šachty s vodoměry s mechanickými registračními přístroji. Použity byly vodoměry Woltmanovy, dodané firmou Siemens Halske. Vodoměry byly osazovány obvykle na obtoku. V r. 1925, kdy brněnská vodovodní síť měřila cca 184 km, z toho I. tlakového pásma 123 km, II. tlak. pásma 50,6 km a III. tl. pásma 10,6 km, byla rozdělena na okrsky a to I. tl. pásmo na 5 okrsků, II. tlak p. také na 5 okrsků, pásmo III. vzhledem k malé délce již děleno nebylo. Pro okrsková měření bylo využíváno také osazených vodoměrů na zásobovacích řadech v některých vodojemech. [7]

Vyhodnocovány byly průtoky zaznamenané v noční době mezi 0,00 hod a 04,00 hod, kdy byly nejnižší. Na základě nočních průtoků bylo usuzováno na možné úniky vody skrytými poruchami, které byly uzavíráním řadů v jednotlivých ulicích a dalšími metodami lokalizovány. S růstem vodovodní sítě byl systém měření doplňován. Že prováděná opatření na snížení ztrát vody byla účinná, svědčí zaznamenaný pokles ztrát z původních cca 55 % v r. 1919 na 22 % z vody vyrobené v r. 1926. Snížením ztrát vody se podařilo městu Brnu pokrýt rozvoj vodovodu a nárůst potřeby vody bez výstavby nového zdroje na téměř celé meziválečné období. [7]

Systém okrskového měření bohužel zanikl po II. světové válce někdy v 50. letech min. stol., kdy prioritou bylo rychlé rozšiřování vodovodu. Zřizování dalších míst měření se v tehdejší politické situaci zřejmě jevílo jako zvyšování nákladů a komplikace rychlé výstavby, nová místa měření již nebyla stavěna a stará postupně zanikla. Na brněnském vodovodním systému jsme přistoupili k opětovnému zřízení systému měření na vodovodní síti v r. 1998.

Principiálně se současný systém měření od původního v zásadě neliší, avšak je s ohledem na mnohem delší vodovodní síť podstatně rozsáhlejší a složitější a samozřejmě je budován na mnohem vyšší technické úrovni, odpovídající možnostem a dostupnosti moderní měřicí, přenosové a výpočetní techniky. [7]

Více než roční příprava realizace systému měření byla zahájena zpracováním projektu „Měření na vodovodní síti“. Vodovodní síť byla rozčleněna do samostatných uzavřených celků, tzv. okrsků tak, aby pokud možno délka sítě v koncovém samostatném okrsku nepřesahovala 20 km. Tato maximální velikost a délka sítě v každém koncovém okrsku byla stanovena na základě získaných zkušeností od jiných, ať českých, či zahraničních, provozovatelů vodovodů a nezapomnělo se přitom ani na naše původní zkušenosti brněnské. Cílem návrhu míst měření na síti bylo, aby monitoringem průtoků a tlaků vody v místě měření bylo možné poměrně rychle identifikovat úniky vody, či jiné provozní anomálie. [7]

Základní síť míst měření navrhla pracovní skupina, složená z pracovníků vodovodní sítě, vodojemů a čerpacích stanic, útvaru investic, centrálního vodohospodářského dispečinku (CVD) a k realizaci bylo schváleno na vodovodním systému 137 měřících míst. Podle rozsahu a účelu měření, či lépe určité posloupnosti měření jsme provedli jejich kategorizaci na:

1. Měřící místa základní (MM Z)

tj. měřící místa, kterými je měřeno množství vody dodávané ze zdrojů do vodovodního systému městu Brna

2. Měřící místa I. kategorie (MM I)

tj. měřící místa množství vody dodávané do 5 základních tlakových pásem, nadřazených celé řadě menších tlakových pásem navazujících

3. Měřící místa II. kategorie (MM II)

tj. měřící místa množství vody dodávané do větších hydraulicky samostatných tlakových pásem brněnského vodovodního systému, řízených vodojemy nebo samostatných oblastí, které jsou rozsáhlými částmi základních tlakových pásem a zpravidla nadřazených dalším menším tlakovým pásmům navazujících

4. Měřící místa III. kategorie (MM III)

tj. měřící místa množství vody dodávané do menších hydraulicky samostatných tlakových pásem, řízených vodojemy, AT stanicemi, případně redukčními ventily, nebo měření množství vody dodávané do větších samostatných, uzavřených okrsků vodovodní sítě uvnitř velkých tlakových pásem.

5. Měřící místa IV. kategorie (MM IV)

tj. měřící místa množství vody dodávané do koncových, hydraulicky samostatných tlakových pásem brněnského vodovodního systému, AT stanicemi, redukčními ventily, případně vodojemy nebo měření množství vody dodávané do menších samostatných okrsků vodovodní sítě, nebo okrsků uvnitř tlakových pásem, pro účel měření oddělených od okolní sítě uzavřením uzávěrů.

6. Měřicí místa předávací (MM P)

jsou místa měření vody předávané (resp. předané, či prodávané) z brněnského vodovodního systému do sousedních vodovodní systémů jiných vlastníků a provozovatelů. V současné době jsou na všech těchto místech osazeny vodoměry, podle kterých je předaná voda fakturována.

7. Kontrolní místa měření průtoků (KMMP)

V některých vnitřních částech rozsáhlých základních tlakových pásem se ukázalo vymezení menších, od okolní sítě oddělených okrsků, značně problematické. Důvodem by bylo narušení hydraulických poměrů v síti po uzavření některých významných vodovodních řadů, negativní vliv na kvalitu vody vytvořením „koncových“ větví se stagnující vodou a v neposlední řadě též narušení stávajících tlakových poměrů. V uvedených částech sítě jsme proto přistoupili na kompromisní řešení. Vytipovali jsme vhodně situovaná místa na provozně a hydraulicky nejdůležitějších řadech a zde jsme zřídili tzv. „kontrolní měřicí místa průtoků“ (KMMP). I když svým charakterem získaná data z měření nemohou sloužit pro účely bilanční, je na nich možné po vysledování průtoků za běžných provozních poměrů identifikovat vznik provozních průtokových a tlakových anomálií, způsobených na příklad závažnými úniky vody z větších skrytých poruch, otevřením mezipásmového šoupátka, „zapomenuté“ uzavřené šoupátko při manipulaci s armaturami na významných řadech apod. a dalšími klasickými metodami tyto příčiny dohledat. [7]

Realizace projektu měření probíhala postupně. Nejdříve byla realizována projektovaná místa měření ve vodojemech, čerpacích stanicích i jiných vodárenských objektech, kde nebylo potřeba složitých a nebylo též zapotřebí vyřizování žádných stavebních povolení apod. Tyto objekty většinou případů již byly vybaveny přenosovým zařízením dat centrální vodohospodářský dispečink (CVD), takže bylo možno ihned nepřetržitě sledovat získaná data z měření. V objektech jsou využívány různé typy měřidel, buď původních, nebo nově osazených. Snímaná data jsou přenášena na centrální vodohospodářský dispečink radiostanicemi RACOM a průmyslovým automatem SINAUT. [7]

Obtížnější a nákladnější bylo budování nových šachet pro měření na síti, mnohde ve stísněných městských podmínkách.

V šachtách měřicího místa, kde není přívod el. energie je osazen zpravidla vodoměr typu Meinecke WPD s impulzním výstupem. V šachtě nechybí ani tlakové čidlo pro snímání a registraci průběhu tlaků. Data jsou ukládána v záznamových zařízeních - dataloggerech a pomocí GSM modemu 1 krát denně přenášena. Všechny takto přenesené hodnoty průtoků, tlaku a stavu počítadla vodoměru jsou ukládány a archivovány na vodárenském serveru v 15-ti minutových intervalech. [7]

Pro vyhodnocování těchto hodnot z měřicích míst nám slouží software vytvořený přesně pro potřeby analýz, který nám umožňuje tabulkové sledování hodnot, grafické znázornění křivky v reálném či historickém čase, minimální a maximální zaznamenané hodnoty průtoků a tlaku, sumární hodnoty průtoků za dané období či možnost exportu dat do MS Excel pro další zpracování. Těmito výsledky se v BVK zabývá diagnostické oddělení, které pravidelně vyhodnocuje průtoky a tlaky, ze kterých se určí, zda se jedná o skrytý únik nebo zvýšené odběry. Při vyhodnocování měřicích míst je vytvořená pomyslná minimální hodnota průtoků,

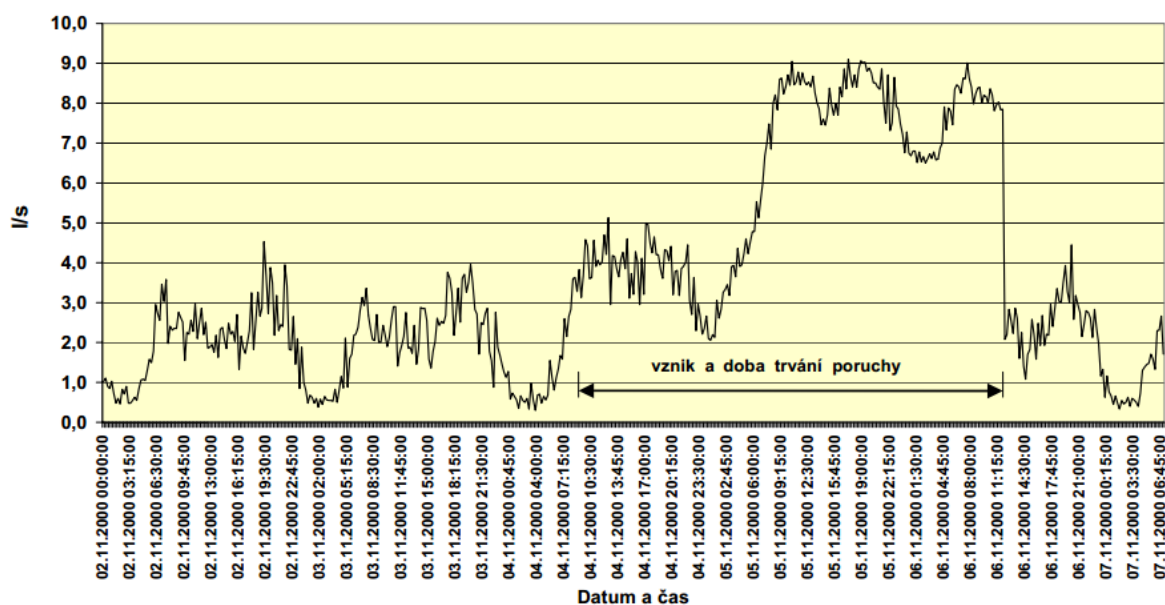
kteřá je sledována v nočních hodinách mezi 2. – 4. hod. Tato výchozí hodnota je pro nás nejdůležitějším kritériem ke zjištění skrytého úniku. Stanovení této hodnoty je dlouhodobější záležitostí a vždy se vychází z konkrétní situace v daném okrsku tzn. délka vodovodní sítě, typ zástavby v dané oblasti a pravidelné měření průtoků u velkoodběratelů. V těchto okrscích je zpravidla jednou ročně prováděno preventivní pátrání za pomoci akustických sběračů a pátrací skupiny, s cílem snížení této pomyslné minimální hodnoty nočních průtoků. [7]

V současné době se již využívá 171 měřících míst a ze 135 jsou data přenášena na CVD on-line, zbývajících 36 míst je osazeno dataloggery, takže je možno v poměrně krátké době lokalizovat poruchu v okrsku a její následné dohledání. Vlastní dohledání a určení místa úniku vody skryté poruchy provádíme za použití běžných metod a techniky pro zjišťování poruch. V některých případech lokalizaci poruchy zjednoduší postupné odstavování jednotlivých vodovodních řadů v okrsku a sledování změn průtoků místem měření, nejlépe v noční době. [7]

Sběr dat z měřících míst a vyhodnocování, včetně dat z míst s dálkovým přenosem, provádí pracovníci specializovaného odd. diagnostiky vodovodní sítě. Za období, kdy je tento projekt realizován, dochází každý měsíc k zachycení minimálně 8 poruch na vodovodní síti jejichž nalezení by při neexistenci MM stálo spoustu času, práce a uniklo by navíc i daleko větší množství vody. Rychlé dohledání poruchy v měřícím okrsku by nešlo bez pracovníků zabývajících se pátráním po skrytých poruchách a jejich letitých zkušenostech. [7]

Od roku 2001, kdy bylo poprvé spočteno, a pomocí měřících míst rychle identifikovány poruchy o celkovém okamžitém úniku vody v množství větším než 150 l/s, v r. 2002 cca 120 l/s, v r. 2003 cca 130 l/s, 2004 cca 100 l/s, 2005 cca 100 l/s. [7]

Na obrázku je záznam průběhu průtoků z měřícího místa jednoho měřícího okrsku, ze kterého lze jasně identifikovat vznik poruchy na síti, čas jejího vzniku a přibližně stanovit i množství unikající vody.



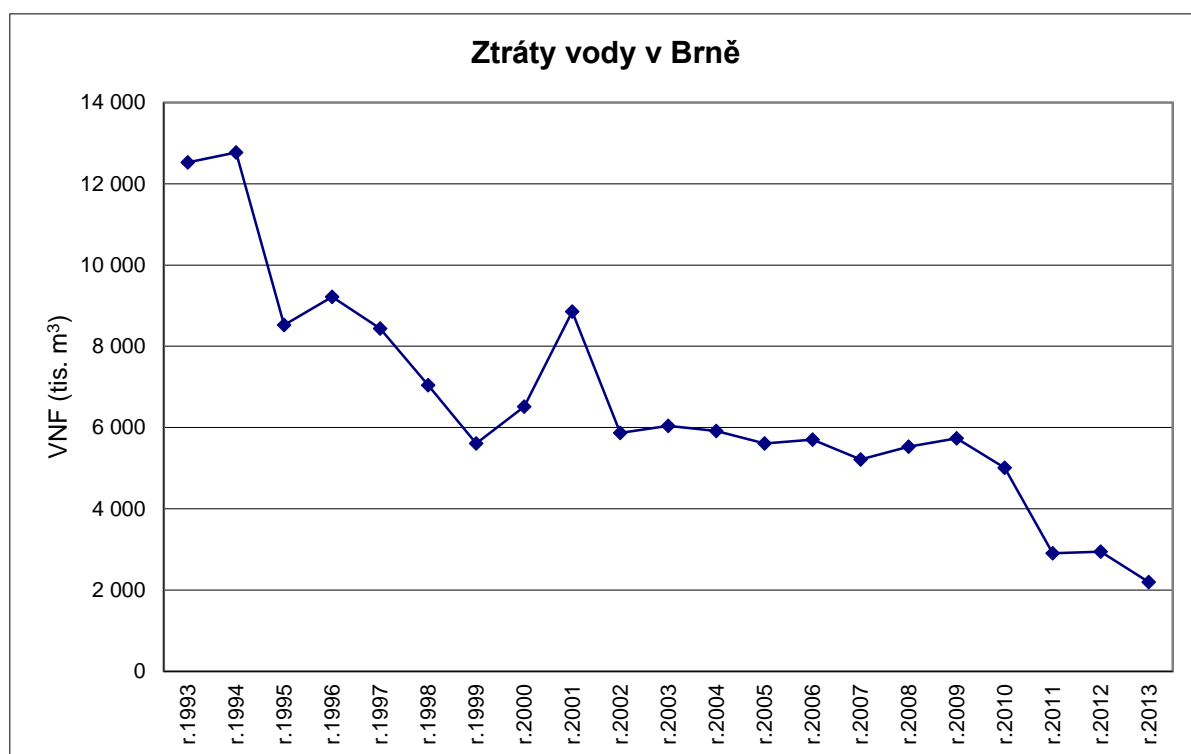
Obr. 3-1 Měření průtoků s typickým zobrazením výskytu poruchy [7]

V roce 2004 BVK zkušebně přistoupili k dalšímu využití dat z měřicích míst. Vytvořili si podmínky pro porovnávání skutečných spotřeb vody dle odečtů vodoměrů u odběratelů s množstvím vody dodané do měřeného okrsku sítě. Za tím účelem si upravili odečtové trasy a oblasti s měřenými okrsky sítě. Těmto odečtovým okrskům byl také přizpůsoben ZIS (zákaznický informační systém) a GIS, který nám umožňuje získané hodnoty dané oblasti vyhodnotit či graficky zobrazit na digitální mapě. [7]

V současné době máme takto upravených 60 oblastí a získané hodnoty nám dokáží prozradit informace v každé oblasti samostatně o:

- vyjádření nefakturované vody v %
- nefakturovaná voda na 1 přípojku
- nefakturovaná voda vyjádřená v l/s

Dalším údajem je množství nefakturované vody na délku vodovodní sítě v daném okrsku. Cílem této úpravy je získání podrobnějších informací o velikosti ztrát vody a tím i o stavu sítě v daném okrsku. I když popsany systém měření, sledování a analýz průtoků a tlaků vody je jen jedním článkem z celé řady realizovaných účinných opatření na snižování ztrát vody v brněnském vodovodním systému a na dosahovaných výsledcích ve ztrátách vody se podílí jen v určité míře, stojí za ukázkou graf vývoje ztrát vody v posledních letech.



Obr. 3-2 Ztráty vody v síti v jednotlivých letech

[7]

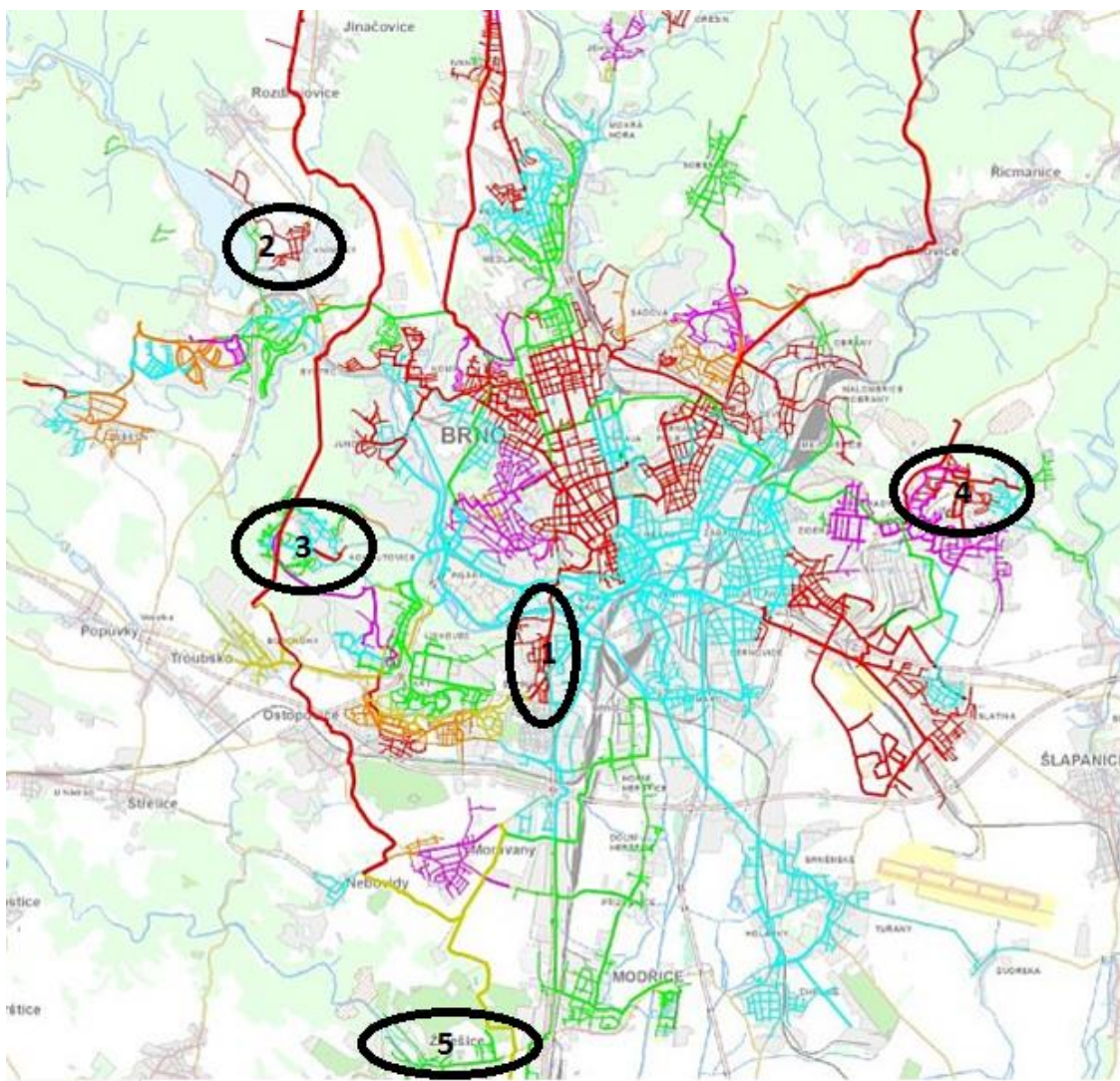
3.4 ANALÝZA ZTRÁT PRO VYBRANÁ TLAKOVÁ PÁSMA

3.4.1 Výběr tlakových pásem

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce a panem Jiřím Kalivodou, vedoucím úseku diagnostiky vodovodní sítě z BVK, a.s., jsme vybrali 5 tlakových pásem k vyhodnocení ztrát vody.

1. Sladová MO III – 2./2
2. VDJ Kníničky – Kníničky MO II – 3.6.
3. VDJ Kohoutovice 439 MO III - 1.3.2.1
4. VDJ Líšeň 405 MO II - 3.10.
5. VDJ Želešice

Pro výše uvedená TP se mi nepodařilo získat od BVK seznam velkoodběratelů, kvůli smluvním podmínkám mezi VO a BVK, kde se uvádí, že BVK nesmějí poskytovat údaje o spotřebě VO třetím osobám. Nicméně jsem se na BVK dozvěděl, že ve vybraných TP žádní významní odběratelé nejsou. (pozn. Velkoodběratel je ten, kdo odebírá více jak 10 000 m³/rok.)



Obr. 3-3 Vybraná tlaková pásma v Brně

[6]

Vybraná tlaková pásma posoudím podle 4 ukazatelů ztrát vody:

- % VNF – Procento vody nefakturované
- JÚVNF – Jednotkový únik vody nefakturované
- ILI - Infrastrukturní ztrátový index
- EIZ – Ekonomický index ztrát
- Q_{\min} – minimální noční průtok

3.4.2 Sladová MO III

Nejedná se bohužel o tlakové pásmo. Je to jen koncová část velkého TP (jednoho z největších TP v Brně) v centru města. Přívodní řád DN350 vede z ulice Údolní přes historické centrum města až do části města Štýřice, kde se větví a zásobuje tuto městskou část. Vodoměr je umístěn zhruba uprostřed příváděcího řádu na ulici Sladová.

Vzhledem k tomu, že se nejedná o TP, nepodařilo se mi sehnat víc informací o tomto okrsku.

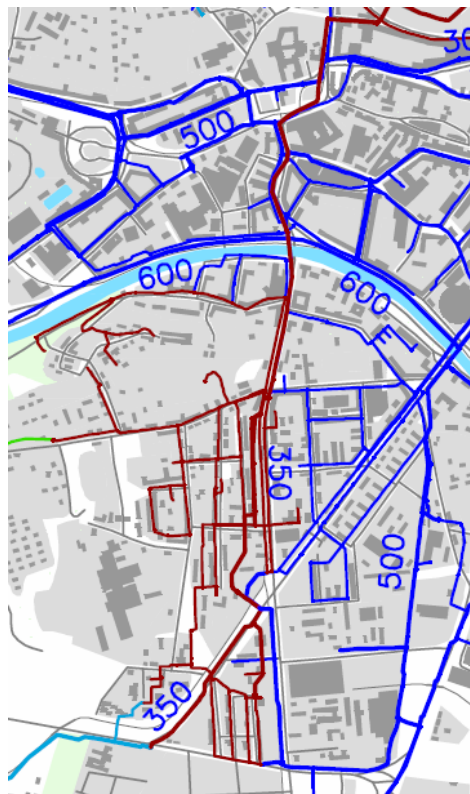
Zdroj dat: odečet vodoměru

Měřidlo: Vodoměr Sensus WPD 150

$Q_{\min} = 1,8 \text{ l/s}$

$Q_{\max} = 15 \text{ l/s}$

Výřez okrsku z generelu BVK



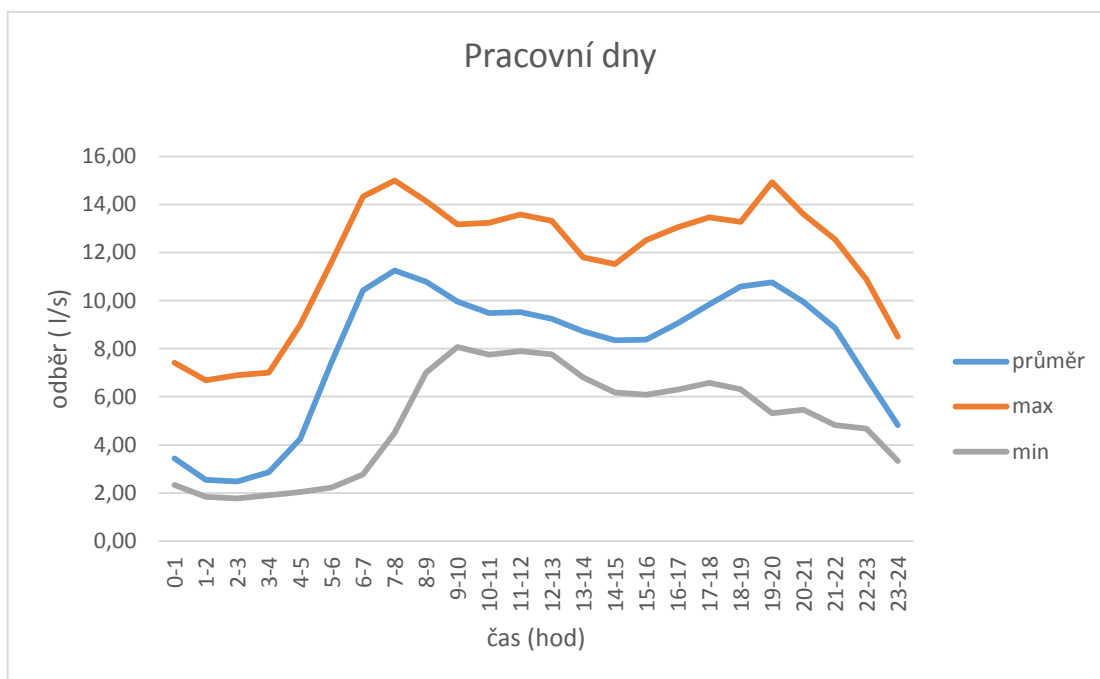
Obr. 3-4 Výřez okrsku Sladová z přehledné situace generelu BVK
Popisovaný okrsek je znázorněn na obr. 3-4 a je vykreslen hnědou barvou.

[6]

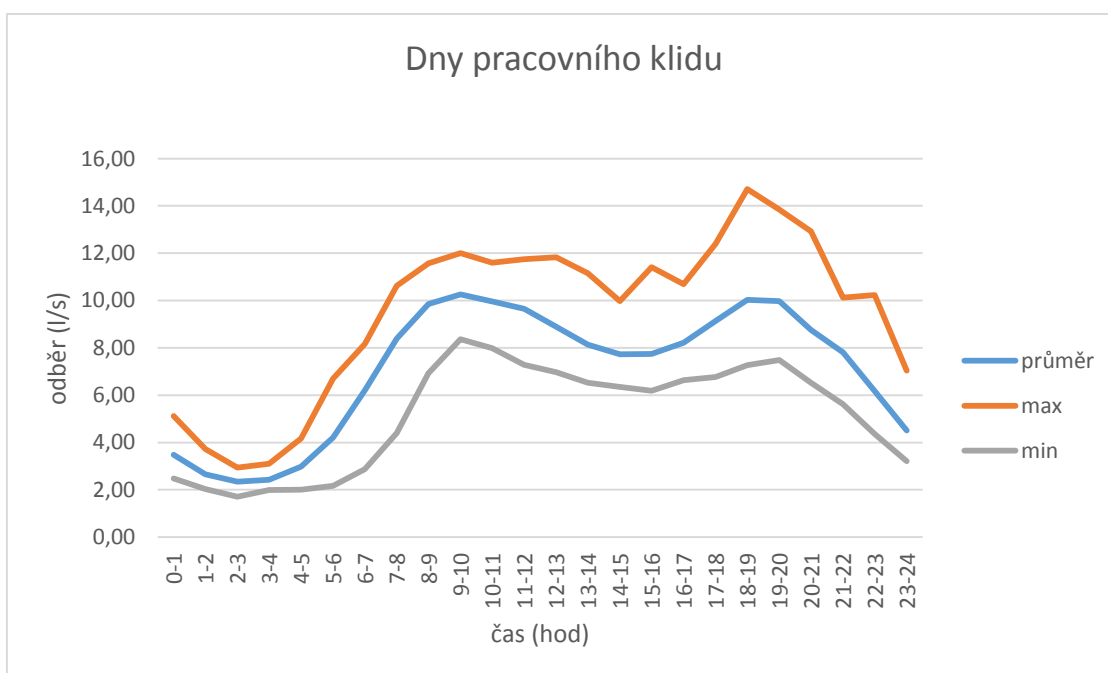
Detailní hydraulické poměry tohoto okrsku nejsou k dispozici, podle informací z BVK z důvodu chybného převodu souboru z programu MIKE URBAN do programu EPANET 2.0.

Odběry z TP v roce 2013

Bohužel jsem nedostal k dispozici data z celého roku 2013, ale pouze data od 19. 4. 2013 do 31. 12. 2013. Nicméně si myslím, že i tato data se dají považovat za dostačující a průměrná křivka za celý rok by se od těchto křivek nijak nelišila.



Obr. 3-5 průběh odběrů z okrsku Sladová v pracovní den



Obr. 3-6 průběh odběrů z okrsku Sladová v den pracovního klidu

Výpočet ztrát vody

Vstupní data z roku 2013 pro výpočet ztrát

Počet přípojek	PP=	362	-
Skutečná délka sítě bez přípojek	L _{SKUT} =	11,9	km
Počet přípojek na km řadu	PP _{1km} =	30,4	-
Přepočtená délka sítě na DN150	L _{PŘEP} =	13,8	km
Voda vyrobená k realizaci	VVR=	243017	m ³
Voda fakturovaná	VF=	233066	m ³
Voda nefakturovaná	VNF=	9951	m ³
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za rok	SZ _{1PŘÍP} =	27,5	m ³ /příp/rok
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za den	SZ _{1PŘÍP} =	75,3	l/příp/den
Teoreticky nevyhnutelné ztráty (viz tab. 1-1)	TNZ=	57	l/příp/den
Ekonomický index	EI=	1,5	-
Průměrný průtok TP	Q _p =	7,49	l/s

Výpočet ztrát

1) % Vody nefakturované	$\% VNF = VNF / VVR =$	4,1	%
2) Jednotkový únik	$JUVNF = VNF / L_{PŘEP} =$	721	m³/km/rok
3) Infrastructure leakage index	$ILI = SZ / TNZ =$	1,3	-
4) Ekonomický index ztrát	$EIZ = EI - IZ =$	1,17	-
Index ztrát	$IZ = ILI / 4 =$	0,330	-
5) Minimální noční průtok	Q _{min} =	1,71	l/s
	0,8 % Q _p =	1,43	l/s
	1,2 % Q _p =	2,15	l/s
Q_{min} = (0,8 % - 1,2 %) Q_p			

Zhodnocení stavu TP

- 1) %VNF vychází 4,1 %, což je i pro tak malé TP velmi dobrý výsledek.
- 2) JÚVNF je pouze 0,7 tis m³/km/rok, dle hodnocení popisovaném v kap. 1.2.2 se taktéž jedná o velmi dobrý výsledek ztrát.
- 3) ILI vychází taktéž minimální a podle tabulky 1-2 se dá jednoznačně určit, že stav sítě spadá do kategorie *dobrý*.
- 4) Podle EIZ se TP nedá zařadit mezi ty nejlepší, ale spadá do 2. kategorie: $0,8 \leq EIZ \leq 1,3$ – jedná se o vodovodní systém, kde v důsledku současných ztrát nedochází k významným ekonomickým provozním ztrátám.
- 5) I podle posouzení na Q_{\min} toto TP vyhovuje zadanému rozmezí doporučenému průtoku.

Dle výše uvedených ukazatelů ztrát vody se okrsek Sladová může hodnotit z hlediska ztrát jako dobré a nemusí se na něm provádět žádná opatření pro snižování ztrát vody. Opatření zaměřené na snižování ztrát by byla pro tento okrsek ekonomicky nevhodná.

3.4.3 TP Kníničky

Tlakové pásmo 3.6

napájecí uzel:	VDJ Kníničky nový	400m ³	295.00/290.60
rozsah zástavby:	288.00 - 240.00		

Zahrnuje oblast části Kníniček, která byla původně zásobena přes vodojem na kótě 295.00 m n. m. z místního zdroje. Nový vodojem Kníničky o objemu 400 m³ je plněný řadem DN 150 přímo ze základního tlakového pásma 3. Plnění vodojemu čerpáním z místního zdroje bylo zastaveno z důvodů závad v kvalitě vody a původní zdroj vody byl vyřazen z provozu. Vodojem je situován v prostoru Chříby. Zásobovacím řadem DN 150 je voda přiváděna do rekreační oblasti Sokolské koupaliště. Řadem DN 100 a DN 125 je voda přiváděna do vodovodní sítě Brna-Kníniček. [11]

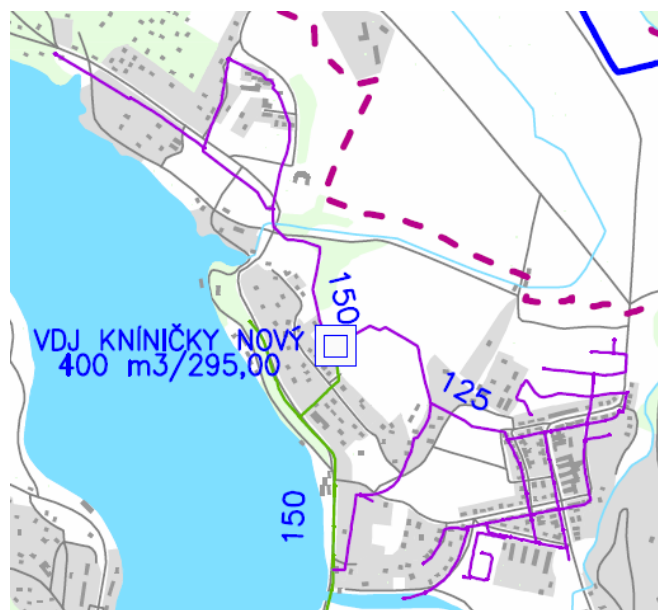
Zdroj dat: CVD – centrální vodohospodářský dispečink

Měřidlo: Vodoměr Sensus WPD 100

$Q_{\min} = 0,3$ l/s

$Q_{\max} = 5$ l/s

Výřez TP z generelu BVK

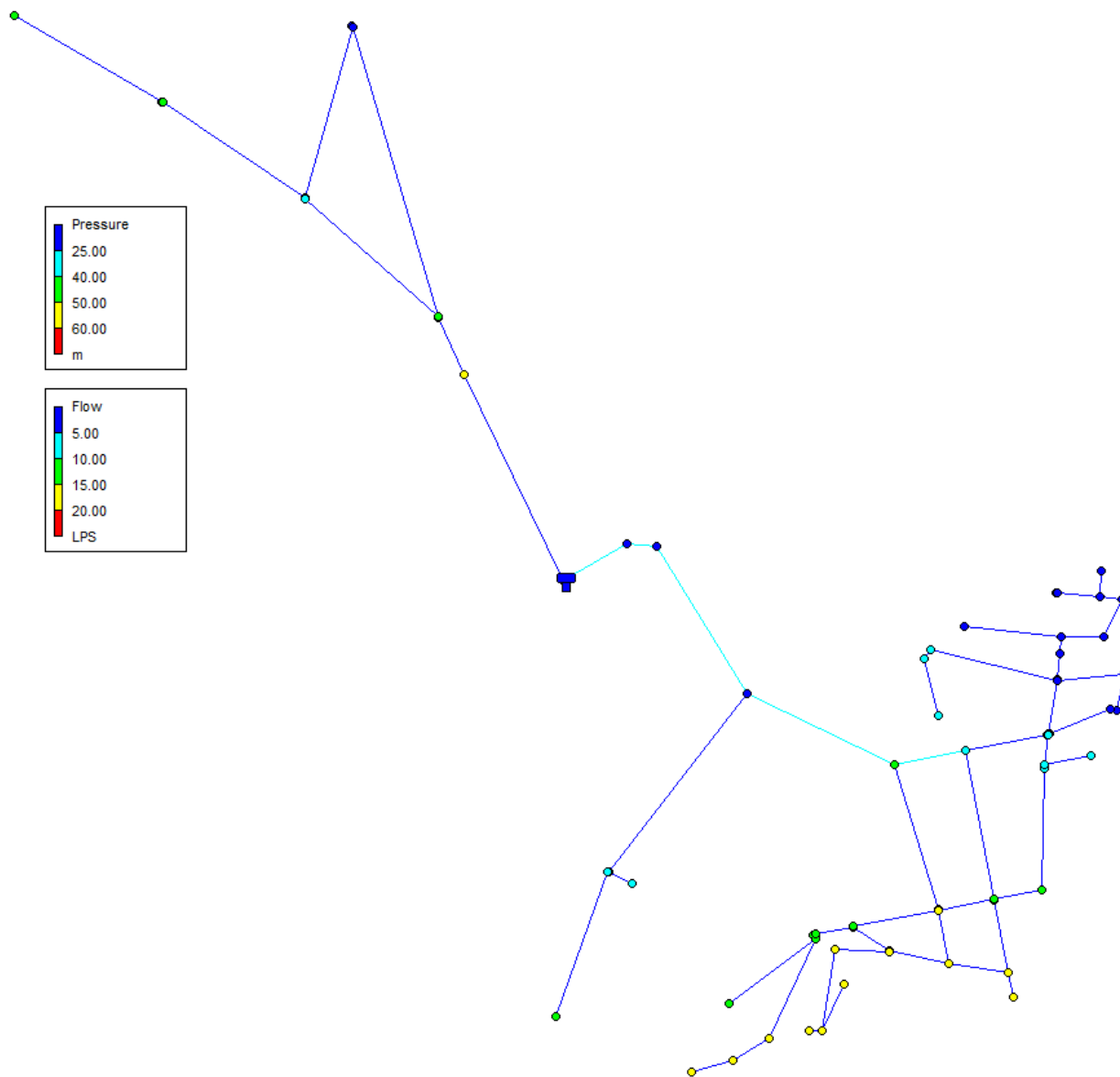


Obr. 3-8 Výřez TP Kníníčky z přehledné situace generelu BVK [6]

Popisované TP je znázorněno na výřezu z generelu BVK a je vykresleno fialovou barvou. Přiváděcí řad je vykreslen zelenou.

Hydraulické poměry tlakového pásma

Hydraulické poměry jsem získal od BVK v převedeném souboru do programu Epanet 2.0. Všechny obrázky týkající se hydrauliky TP jsou výstupy z tohoto programu. Na výstupech jsou zobrazeny hydrostatické tlaky pro jednotlivé uzly a průtoky pro jednotlivé úseky. Hodnoty těchto veličin jsou barevně rozlišené dle legendy.

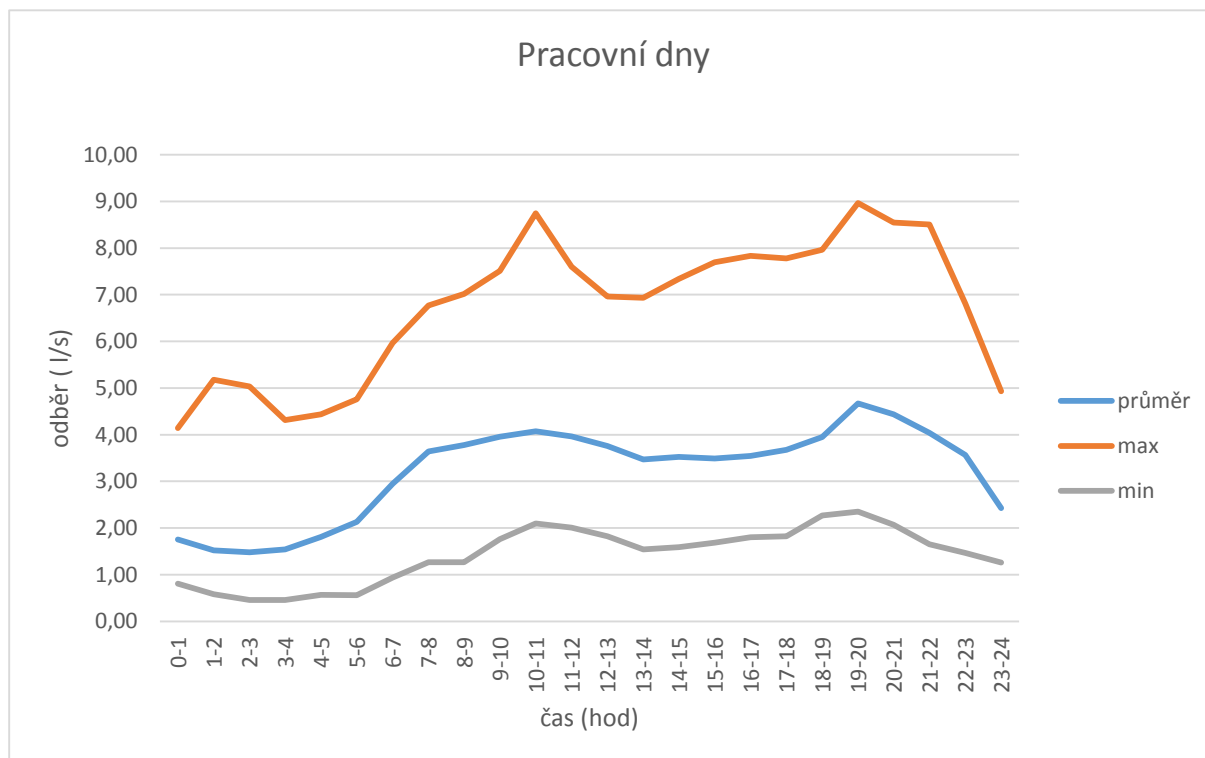


Obr. 3-9 Hydraulika TP Kníničky 3.6

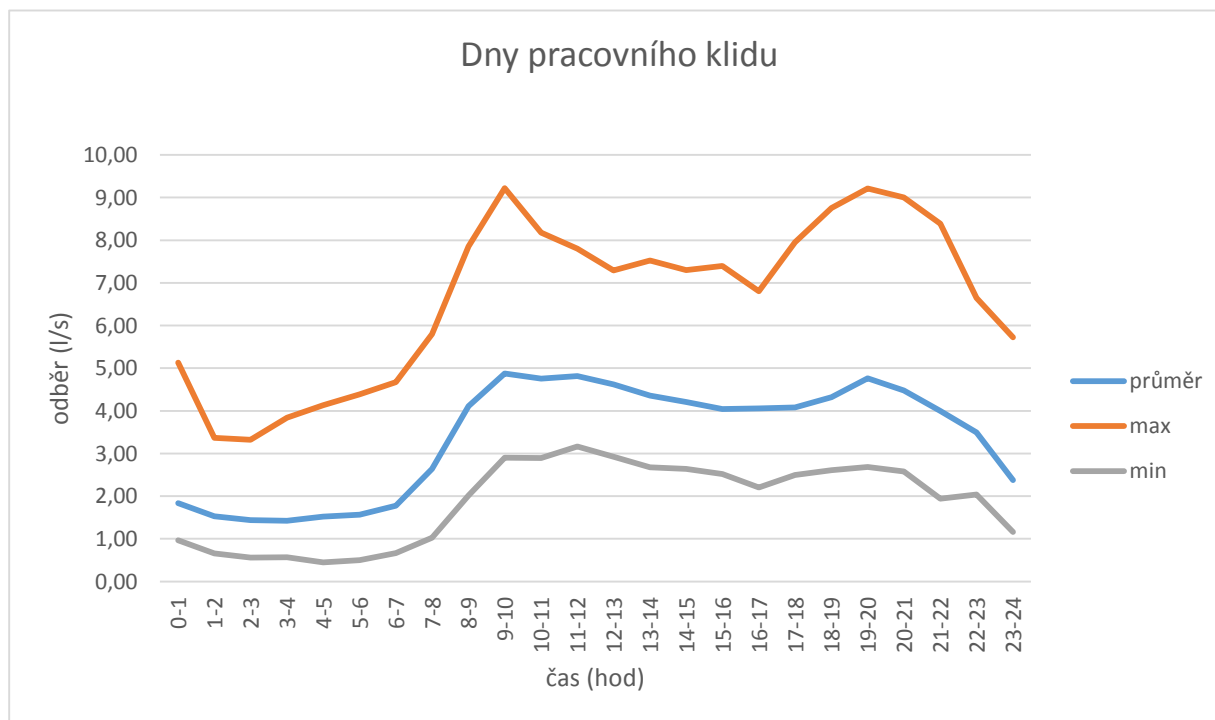
[6]

Odběry z TP v roce 2013

Během měření se několikrát stalo, že vodoměr naměřil nulovou hodnotu průtoku, což je zjevná chyba měření. Protože se ale nejednalo o chybu, která by trvala více jak hodinu, byly tyto chybové hodnoty nahrazeny průměrnými hodnotami pro danou denní hodinu.



Obr. 3-10 průběh odběrů z TP Kníničky v pracovní den



Obr. 3-11 průběh odběrů z TP Kníničky v den pracovního klidu

Výpočet ztrát vody

Vstupní data z roku 2013 pro výpočet ztrát

Počet přípojek	PP=	354	-
Skutečná délka sítě bez přípojek	L _{SKUT} =	5,7	km
Počet přípojek na km řadu	PP _{1km} =	62,1	-
Přepočtená délka sítě na DN150	L _{PŘEP} =	3,5	km
Voda vyrobená k realizaci	VVR=	69870	m ³
Voda fakturovaná	VF=	66188	m ³
Voda nefakturovaná	VNF=	3682	m ³
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za rok	SZ _{1PŘÍP} =	10,4	m ³ /příp/rok
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za den	SZ _{1PŘÍP} =	28,5	l/příp/den
Teoreticky nevyhnutelné ztráty (viz tab. 1-1)	TNZ=	40	l/příp/den
Ekonomický index	EI=	1,5	-
Průměrný průtok TP	Q _p =	3,3	l/s

Výpočet ztrát

1) % Vody nefakturované	$\% VNF = VNF / VVR =$	5,3	%
2) Jednotkový únik	$JUVNF = VNF / L_{PŘEP} =$	1052	m³/km/rok
3) Infrastructure laekage index	$ILI = SZ / TNZ =$	0,7	-
4) Ekonomický index ztrát	$EIZ = EI - IZ =$	1,32	-
Index ztrát	$IZ = ILI / 4 =$	0,178	-
5) Minimální noční průtok	Q _{min} =	0,45	l/s
	0,8 % Q _p =	0,63	l/s
	1,2 % Q _p =	0,95	l/s
Q_{min} ≠ (0,8 % - 1,2 %) Q_p			

Zhodnocení stavu TP

- 1) %VNF vychází 5,3 %, což je i pro tak malé TP velmi dobrý výsledek.
- 2) JÚVNF je pouze 1 tis m³/km/rok, dle hodnocení popisovaném v kap. 1.2.2 se taktéž jedná o velmi dobrý výsledek ztrát.
- 3) ILI vychází taktéž minimální a podle tabulky 1-2 se dá jednoznačně určit, že stav sítě spadá do kategorie *dobrý*.
- 4) Podle EIZ se TP nedá zařadit mezi ty nejlepší, ale spadá do 3. Třídy: $EI \geq 1,3$ – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody způsobují značné ekonomické provozní ztráty a je žádoucí, aby provozovatel provedl podrobnou analýzu příčin ztrát vody a intenzivně se zaměřil na jejich snižování.
- 5) Q_{\min} sice nespadá do doporučeného intervalu. Hodnota Q_{\min} je ještě nižší než 0,8% Q_p a z toho plyne, že noční průtok je nízký a na TP nevznikají významné ztráty vody, které by bylo nutné řešit.

Dle výše uvedených ukazatelů ztrát vody se TP Kníničky může hodnotit z hlediska ztrát jako dobré a nemusí se na něm provádět žádná opatření pro snižování ztrát vody. Opatření zaměřené na snižování ztrát by byla pro toto TP ekonomicky nevýhodná.

3.4.4 TP Kohoutovice, věžový VDJ

Tlakové pásmo 1.3.2.1

napájecí uzly: VDJ Kohoutovice věžový 700m³ 439.00/431.00
rozsah zástavby: 415.00 - 395.00

Pro nejvyšší část sídliště Kohoutovice bylo nutno zřídit věžový vodojem. Tento VDJ je situován v těsné blízkosti zemního vodojemu pásma 1.3.2, ze kterého je dočerpáván hladinově řízenou čerpací stanicí. Zásobovací řad DN 250 je veden do zástavby souběžně se zásobním řadem zemního vodojemu tl. pásma 1.3.2. [11]

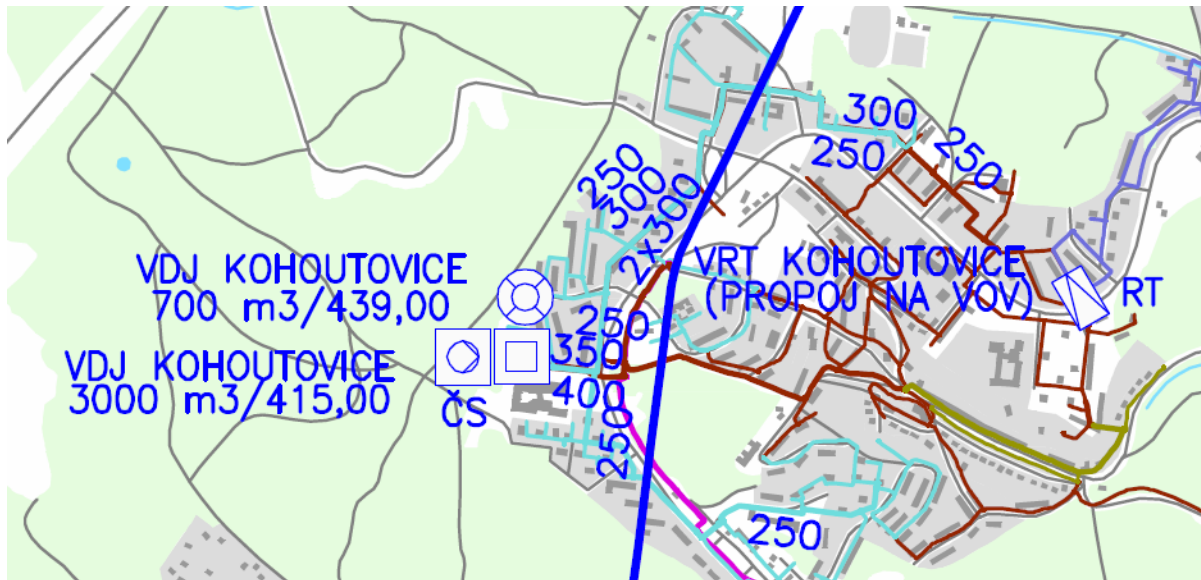
Zdroj dat: CVD – centrální vodohospodářský dispečink

Měřidlo: Vodoměr Sensus WPD 100

$Q_{\min} = 1,5$ l/s

$Q_{\max} = 20$ l/s

Výřez TP z generelu BVK



Obr. 3-12 Výřez TP Kohoutovice z přehledné situace generelu BVK [6]

Popisované TP je znázorněno na výřezu z generelu BVK a je vykresleno světle modrou barvou.

Vodojem v Kohoutovicích

Věžový vodojem v Brně-Kohoutovicích navrhl v roce 1969 olomoucký architekt Tomáš Černoušek. Vodojem je dimenzován pro 700 m³ vody. Výška vodního sloupce je 9 m a kóta přelivu je 439 m n. m. Vodojem se stal v roce 1973 díky své výšce třiceti metrů jednou z výrazných dominant města Brna. V témže roce dostal ocenění časopisem *Architektura ČSSR*.

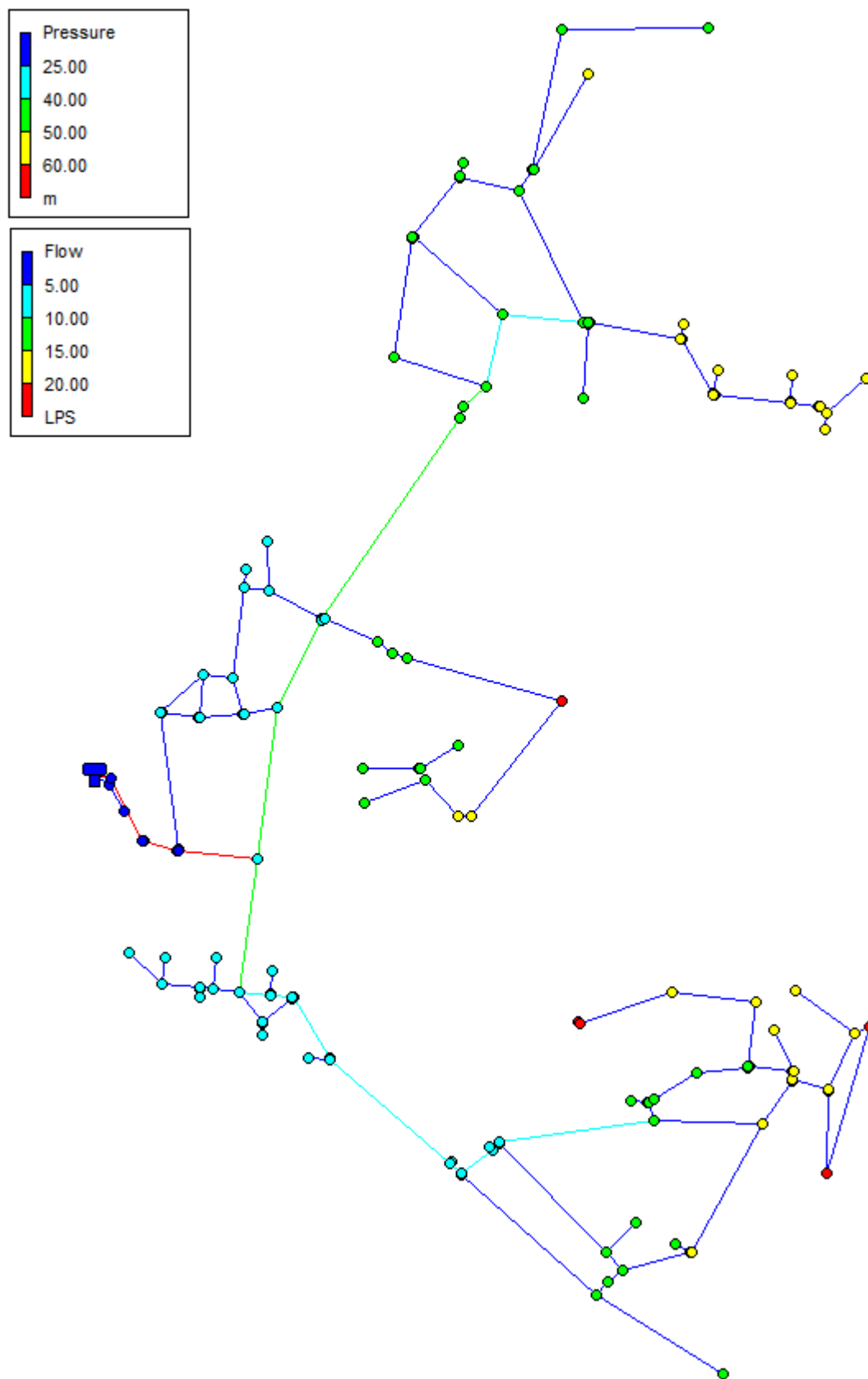
[10]



Obr. 3-13 Vodojem v Kohoutovicích

[10]

Hydraulické poměry tlakového pásma

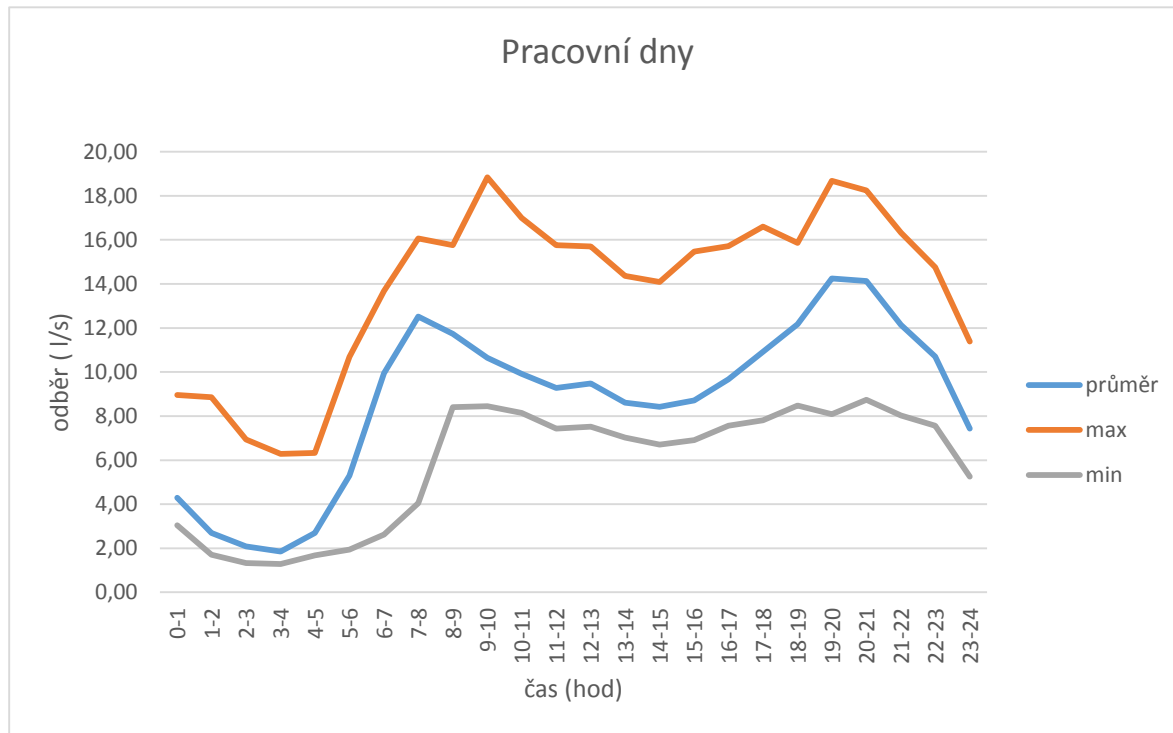


Obr. 3-14 Hydraulika TP Kouhoutovice 1.3.2.1

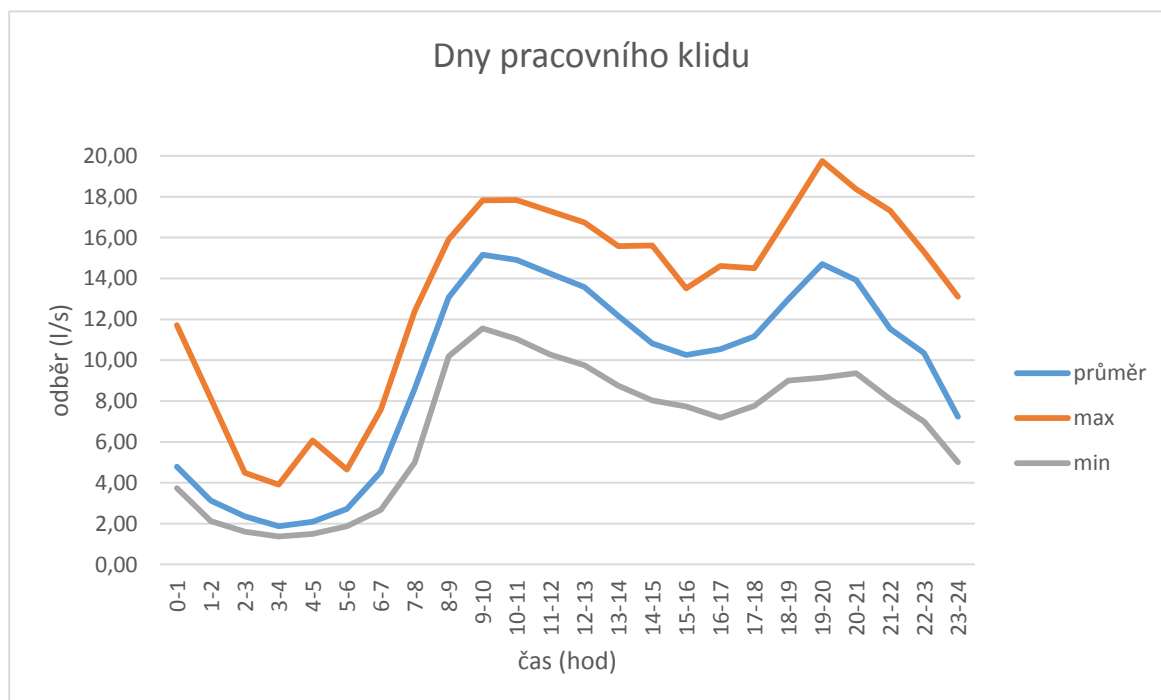
[6]

Odběry z TP v roce 2013

V roce 2013 byly zaznamenány 3 zjevné poruchy měření. Data z těchto poruchových dní jsem do grafu vůbec nezapočítával. Byla to tato období: 27. 3. 2013 8:00 – 2. 4. 2013 11:00; 27. 5. 2013 13:00 – 31. 5. 2013 11:00; 28. 11. 2013 8:00 – 28. 11. 2013 11:00.



Obr. 3-15 průběh odběrů z TP Kohoutovice v pracovní den



Obr. 3-16 průběh odběrů z TP Kohoutovice v den pracovního klidu

Výpočet ztrát vody

Vstupní data za rok 2013 pro výpočet ztrát

Počet přípojek	PP=	269	-
Skutečná délka sítě bez přípojek	L _{SKUT} =	8,9	km
Počet přípojek na km řadu	PP _{1km} =	30,2	-
Přepočtená délka sítě na DN150	L _{PŘEP} =	10,1	km
Voda vyrobená k realizaci	VVR=	274682	m ³
Voda fakturovaná	VF=	285041	m ³
Voda nefakturovaná	VNF=	-10359	m ³
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za rok	SZ _{1PŘÍP} =	-38,5	m ³ /příp/rok
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za den	SZ _{1PŘÍP} =	-105,5	l/příp/den
Teoreticky nevyhnutelné ztráty (viz tab. 1-1)	TNZ=	55	l/příp/den
Ekonomický index	EI=	1,5	-
Průměrný průtok TP	Q _p =	9,09	l/s

Výpočet ztrát

1) % Vody nefakturované	$\% VNF = VNF / VVR =$	-3,8	%
2) Jednotkový únik	$JUVNF = VNF / L_{PŘEP} =$	-	m³/km/rok
3) Infrastructure laekage index	$ILI = SZ / TNZ =$	-	-
4) Ekonomický index ztrát	$EIZ = EI - IZ =$	-	-
Index ztrát	$IZ = ILI / 4 =$	-	-
5) Minimální noční průtok	$Q_{min} =$	1,29	l/s
	0,8 % Q _p =	1,75	l/s
	1,2 % Q _p =	2,61	l/s
Q_{min} ≠ (0,8 % - 1,2 %) Q_p			

Zhodnocení stavu TP

U tohoto TP je množství VF (vody fakturované) větší než množství VVR (vody vyrobené k realizaci). Tato skutečnost může být dle informací z BVK způsobena několika vadami. Může se jednat o případnou chybu měření, dopočty fakturace nebo chyby fakturace atd. TP není propojeno z žádným jiným TP, a proto není možné, že by byla voda tlačena z jiného TP s vyšším provozním tlakem.

Z výše uvedených důvodů není možné zhodnotit technický stav sítě. Nemá smysl ani počítat jiné ukazatel ztrát, protože jejich záporné hodnoty nemají fyzikální význam. Je nutné zjistit technický stav vodoměru na všech přípojkách a zkontrolovat, zda měří správně, nebo zkontrolovat systém fakturace vody zákazníkům a popřípadě odstranit chyby ve fakturaci.

Posoudit se dá pouze minimální noční průtok tlakovým pásmem. Q_{\min} sice nespadá do doporučeného intervalu. Hodnota Q_{\min} je ještě nižší než $0,8\% Q_p$ a z toho plyne, že noční průtok je nízký a na TP nevznikají významné ztráty vody, které by bylo nutné řešit.

3.4.5 TP Líšeň II

Tlakové pásmo 3.10

napájecí uzly:	VDJ Líšeň II	5000m ³	405.00/400.00
rozsah zástavby:	352.00 - 306.00		

Toto pásmo zahrnuje severní a východní, výše položené části Líšně. Vodojem pro pásmo je umístěn severně od Líšně, u silnice na Ochoz. Voda je do něj čerpána z ČS Líšeň samostatným výtlačným řadem DN 400, který je veden souběžně s výtlačným řadem nižšího pásma 3.9 až ke křižovatce Jedovnická-Novolíšeňská. Zásobovací řad DN 400 je veden souběžně s výtlakem. v dolní části sítě jsou opět hydrostatické tlaky přesahující hodnoty 80 m v. sl.. Rozvodné řady jsou při současných spotřebách předimenzovány.

Sídlíštní síť je stará 20 let, síť staré zástavby cca 45 let.

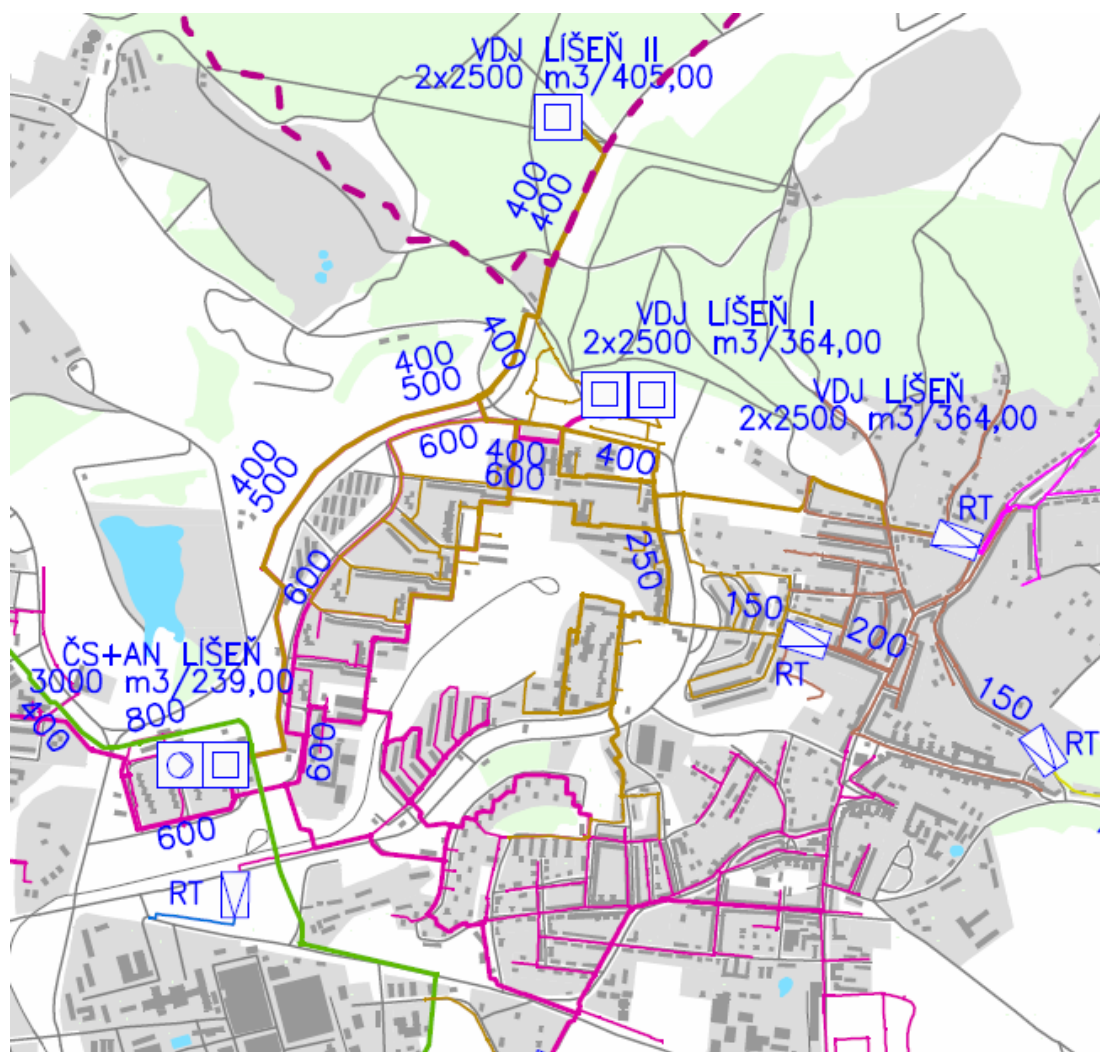
Zdroj dat: CVD – centrální vodohospodářský dispečink

Měřidlo: SIMA FC2 DN200

$Q_{\min} = 1,5$ l/s

$Q_{\max} = 40$ l/s

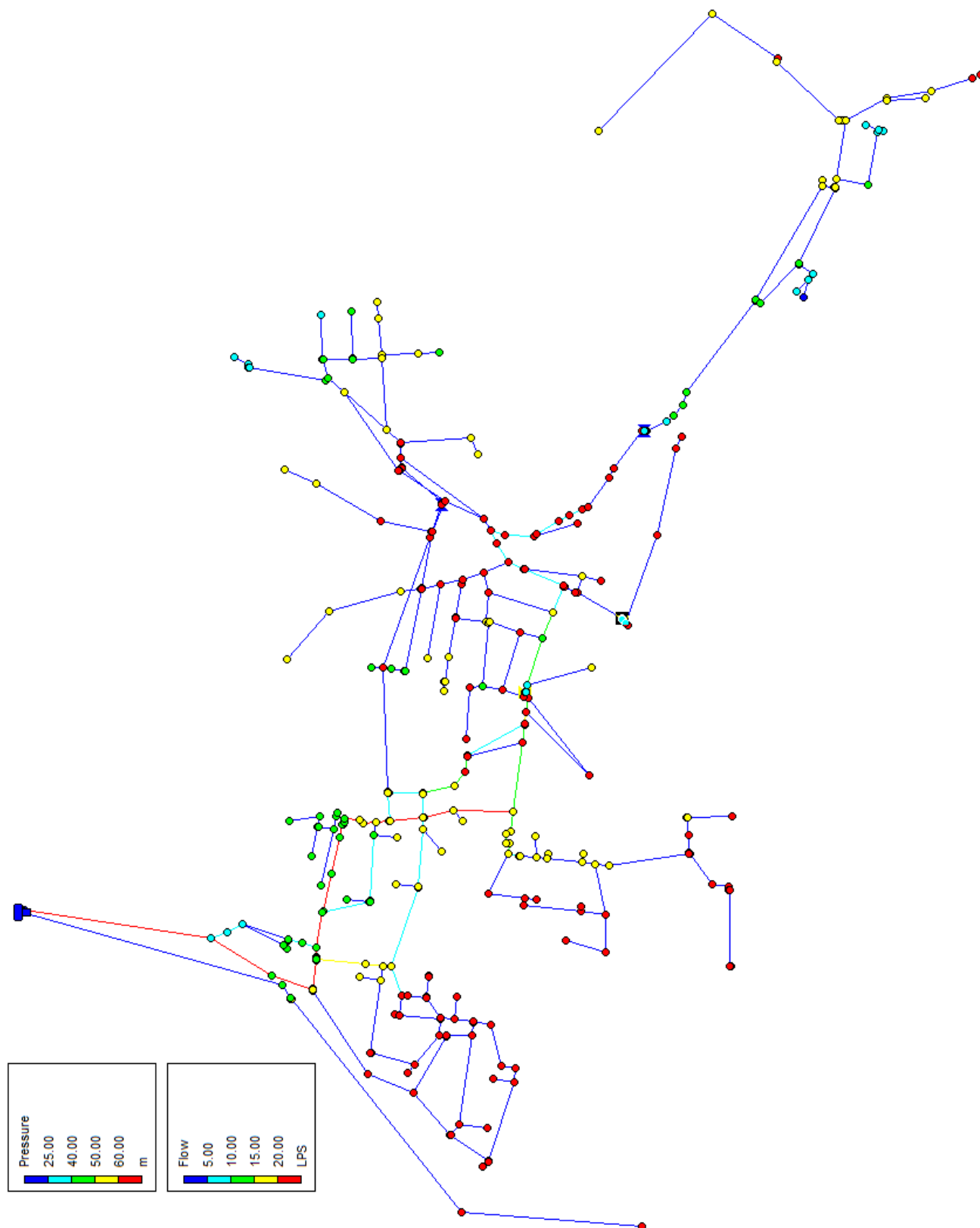
Výřez TP z generelu BVK



Obr. 3-17 Výřez TP Líšeň z přehledné situace generelu BVK [6]

Popisované TP je znázorněno na výřezu z generelu BVK a je vykresleno hnědou barvou. Ve výřezu je také znázorněno TP Líšeň I fialovou barvou, pro toto TP ztráty vyhodnocovány nebyly.

Hydraulické poměry tlakového pásma

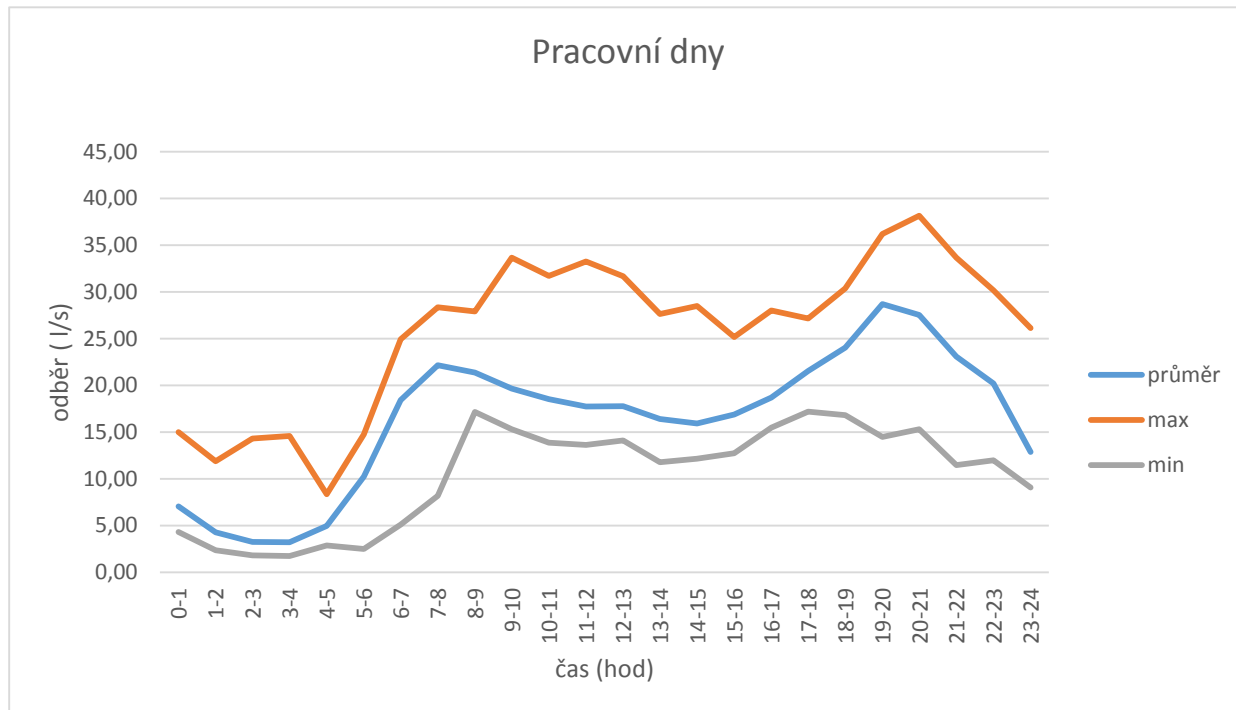


Obr. 3-18 Hydraulika TP Líšeň 3.10

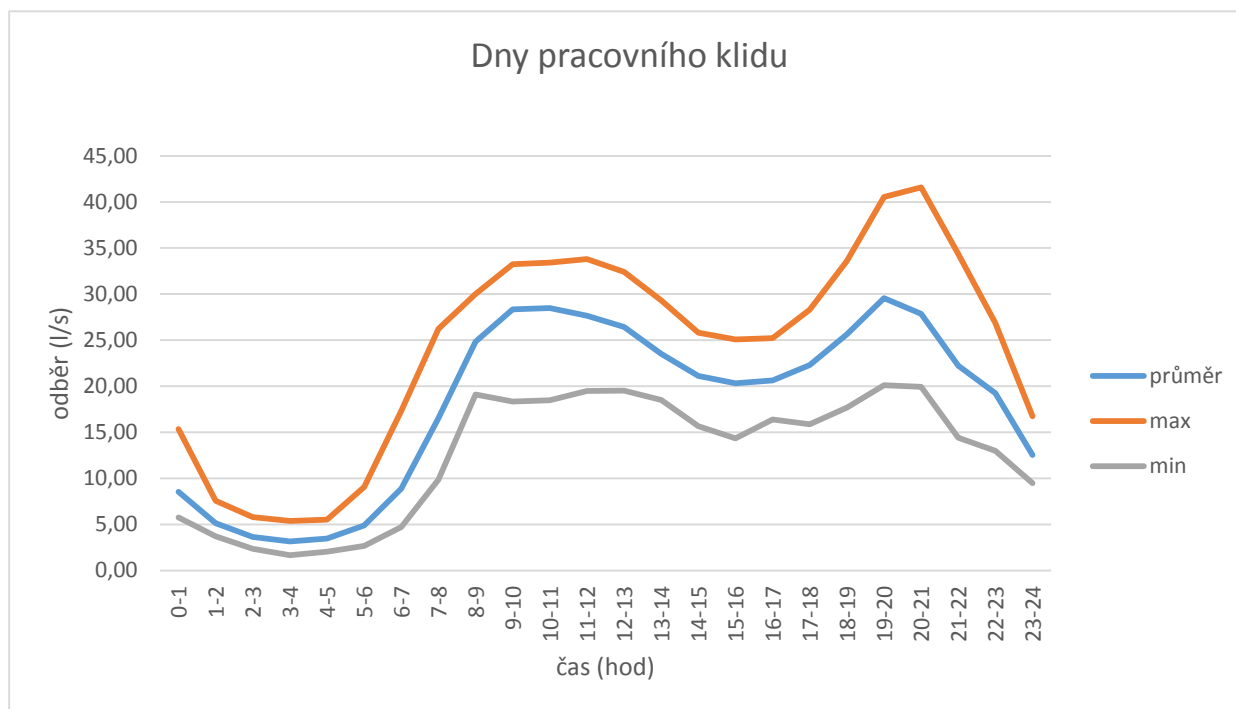
[6]

Odběry z TP v roce 2013

Během měření se několikrát stalo, že vodoměr naměřil nulovou hodnotu průtoku, což je zjevná chyba. Protože se ale nejednalo o chybu, která by trvala více jak pár hodin, byly tyto chybové hodnoty nahrazeny průměrnými hodnotami pro danou denní hodinu.



Obr. 3-19 Průběh odběrů z TP Líšeň II v pracovní den



Obr. 3-20 Průběh odběrů z TP Líšeň II v den pracovního klidu

Výpočet ztrát vody

Vstupní data z roku 2013 pro výpočet ztrát

Počet přípojek	PP=	349	-
Skutečná délka sítě bez přípojek	L _{SKUT} =	13,8	km
Počet přípojek na km řadu	PP _{1km} =	25,3	-
Přepočtená délka sítě na DN150	L _{PŘEP} =	17,5	km
Voda vyrobená k realizaci	VVR=	404336	m ³
Voda fakturovaná	VF=	394143	m ³
Voda nefakturovaná	VNF=	10193	m ³
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za rok	SZ _{1PŘÍP} =	29,2	m ³ /příp/rok
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za den	SZ _{1PŘÍP} =	80,0	l/příp/den
Teoreticky nevyhnutelné ztráty (viz tab. 1-1)	TNZ=	100	l/příp/den
Ekonomický index	EI=	1,5	-
Průměrný průtok TP	Q _p =	17,28	l/s

Výpočet ztrát

1) % Vody nefakturované	$\% VNF = VNF/VVR =$	2,5	%
2) Jednotkový únik	$JÚVNF = VNF/L_{PŘEP} =$	582	m ³ /km/rok
3) Infrastructure leakage index	$ILI = SZ/TNZ =$	0,8	-
4) Ekonomický index ztrát	$EIZ = EI - IZ =$	1,30	-
Index ztrát	$IZ = ILI/4 =$	0,200	-
5) Minimální noční průtok	Q _{min} =	1,65	l/s
	0,8 % Q _p =	3,32	l/s
	1,2 % Q _p =	4,97	l/s
Q_{min} ≠ (0,8 % - 1,2 %) Q_p			

Zhodnocení stavu TP

- 1) %VNF vychází 2,5 %, což je i pro tak malé TP velmi dobrý výsledek.
- 2) JÚVNF je pouze 0,5 tis m³/km/rok, dle hodnocení popisovaném v kap. 1.2.2 se taktéž jedná o velmi dobrý výsledek ztrát.
- 3) ILI vychází taktéž minimální a podle tabulky 1-2 se dá jednoznačně určit, že stav sítě spadá do kategorie *dobrý*.
- 4) Podle EIZ se TP nedá zařadit mezi ty nejlepší, ale spadá do 2. kategorie: $0,8 \leq EIZ \leq 1,3$ – jedná se o vodovodní systém, kde v důsledku současných ztrát nedochází k významným ekonomickým provozním ztrátám.
- 5) Q_{\min} sice nespadá do doporučeného intervalu. Hodnota Q_{\min} je ještě nižší než 0,8% Q_p a z toho plyne, že noční průtok je nízký a na TP nevznikají významné ztráty vody, které by bylo nutné řešit.

Dle výše uvedených ukazatelů ztrát vody se TP Kníničky může hodnotit z hlediska ztrát jako dobré a nemusí se na něm provádět žádná opatření pro snižování ztrát vody. Opatření zaměřené na snižování ztrát by byla pro toto TP ekonomicky nevýhodná.

3.4.6 TP Želešice

Popis současného zásobování pitnou vodou

Obec Želešice se nachází asi 12 km jihozápadně od města Šlapanice.

Rozsah zástavby je v rozmezí 202 – 232 m n.m.

Obec Želešice má vodovod pro veřejnou potřebu, který je majetkem Svazku vodovodů Rajhradsko a je provozován společností VAS a.s., divize Brno – venkov.

Obec Želešice je zásobena pitnou vodou ze samostatného vodovodu, který je od roku 2001 dotován z vodárenské soustavy Březová II, Vířský oblastní vodovod (dále jen VOV). V tomto roce byly místní zdroje vyřazeny z provozu z důvodu špatné kvality.

Na odbočce z přívodního řadu VOV DN 400, který dočasně plní funkci výtlačku, vodojem Moravany 8000 m³ s max. hladinou 255,0 m n.m. a vodojem Rajhrad 900 m³ s max. hladinou 280,0 m n.m., je plněn vodojemem Želešice 250 m³ s max. hladinou 260,0 m n.m., odkud je gravitačně obec zásobena rozvodnou sítí obce.

Vodovod pro veřejnou potřebu je z r. 1976, napojení na VOV proběhlo v r. 2001a v r. 2003 byla síť rozšířena dle nové zástavby. Rozvodná síť z r. 1976 je značně poruchová a potřebuje rekonstrukci. [13]

Zdroj dat: odečet vodoměru

Měřidlo: Vodoměr Sensus WPD 100

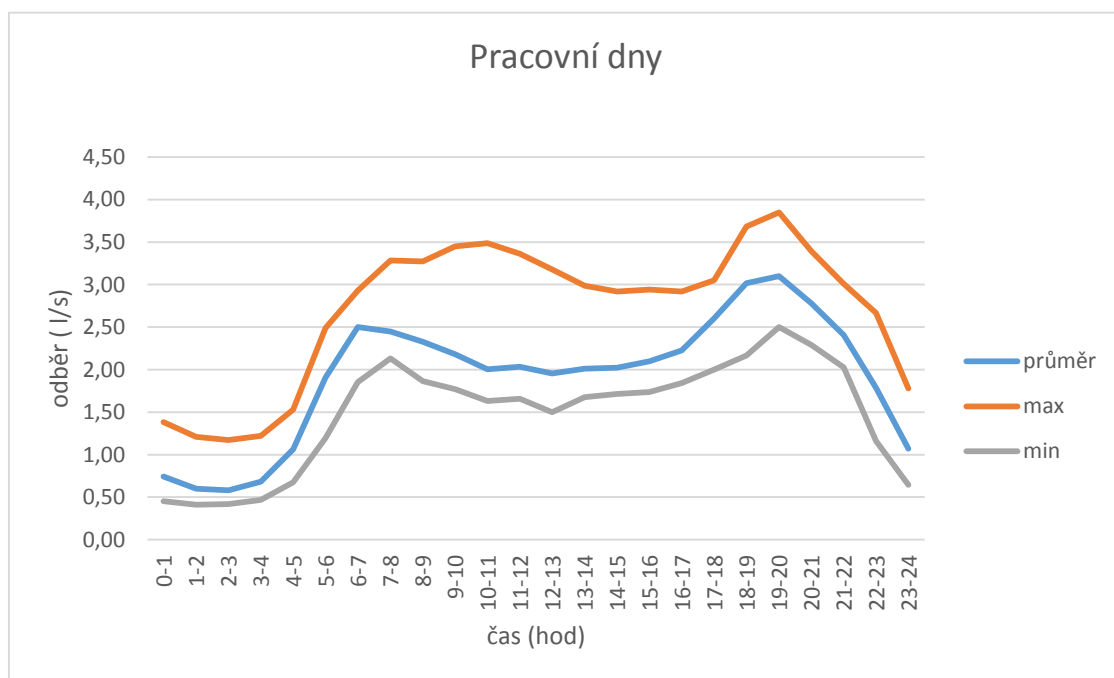
$Q_{\min} = 0,6$ l/s

$Q_{\max} = 5$ l/s

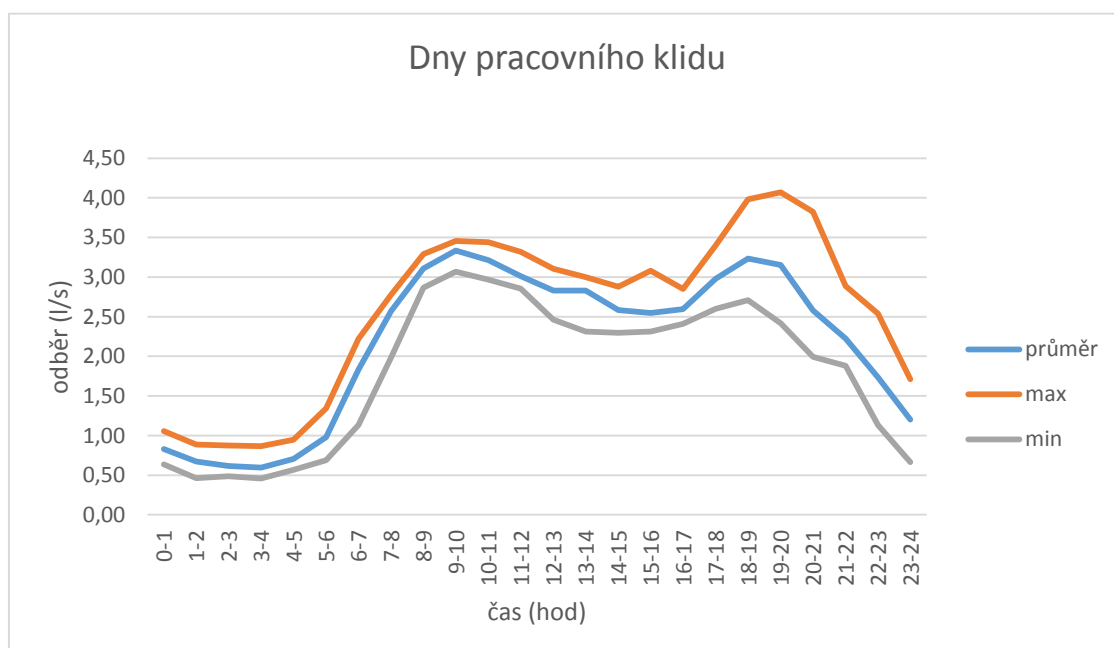
Bohužel TP Želešice není část Brna a není součástí generelu města Brna, takže se mi nepodařilo sehnat stejná data jako u předchozích TP. Nicméně data na výpočet ukazatelů ztrát se mi sehnat podařilo.

Odběry z TP v roce 2013

Bohužel jsem nedostal k dispozici data z celého roku 2013, ale pouze data od 10. 10. 2013 do 8. 11. 2013. Nicméně si myslím, že i tato data se dají považovat za dostačující a průměrná křivka za celý rok by se od těchto křivek moc nelišila.



Obr. 3-21 Průběh odběrů z TP Želešice v pracovní den



Obr. 3-22 Průběh odběrů z TP Želešice v den pracovního klidu

Výpočet ztrát vody

Vstupní data z roku 2013 pro výpočet ztrát

Počet přípojek	PP=	493	-
Skutečná délka sítě bez přípojek	L _{SKUT} =	10,2	km
Počet přípojek na km řadu	PP _{1km} =	48,3	-
Přepočtená délka sítě na DN150	L _{PŘEP} =	7,2	km
Voda vyrobená k realizaci	VVR=	74746	m ³
Voda fakturovaná	VF=	59245	m ³
Voda nefakturovaná	VNF=	15501	m ³
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za rok	SZ _{1PŘÍP} =	31,4	m ³ /příp/rok
Skutečná ztráta vody na 1 přípojku za den	SZ _{1PŘÍP} =	86,1	l/příp/den
Teoreticky nevyhnutelné ztráty (viz tab. 1-1)	TNZ=	48	l/příp/den
Ekonomický index	EI=	1,5	-
Průměrný průtok TP	Q _p =	2,04	l/s

Výpočet ztrát

1) % Vody nefakturované	$\% VNF = VNF/VVR =$	20,7	%
2) Jednotkový únik	$JUVNF = VNF/L_{PŘEP} =$	2153	m ³ /km/rok
3) Infrastructure leakage index	$ILI = SZ/TNZ =$	1,8	-
4) Ekonomický index ztrát	$EIZ = EI - IZ =$	1,05	-
Index ztrát	$IZ = ILI/4 =$	0,449	-
5) Minimální noční průtok	Q _{min} =	0,41	l/s
	0,8 % Q _p =	0,39	l/s
	1,2 % Q _p =	0,58	l/s
	Q_{min} = (0,8 % - 1,2 %) Q_p		

Zhodnocení stavu TP

- 1) %VNF vychází 20,7 %, což je pro zástavbu venkovského typu velmi vysoká hodnota.
- 2) JÚVNF je pouze 2,1 tis m³/km/rok, dle hodnocení popisovaném v kap. 1.2.2 se jedná o dobrý výsledek, protože maximální přípustná hodnota ztrát pro tento druh zástavby je 3,2 tis m³/km/rok.
- 3) ILI vychází 1,8 a podle tabulky 1-2 se dá určit, že stav sítě spadá do kategorie *vyhovující*.
- 4) Podle EIZ se TP dá zařadit mezi ty lepší, protože spadá do 1. kategorie: $EIZ \leq 0,8$ – jedná se o vodovodní systém, kde ztráty vody jsou jak po technické, tak i po ekonomické stránce vyhovující a realizace dalších opatření zaměřených na snižování ztrát vody by byla ekonomicky neefektní.
- 5) Podle posouzení na Q_{\min} toto TP vyhovuje zadanému rozmezí doporučenému průtoku.

Dle výše uvedených ukazatelů ztrát vody se TP Želešice může hodnotit z hlediska ztrát jako nevyhovující a měla by se na něm provádět, nebo alespoň plánovat, opatření pro snižování ztrát vody. Hlavně by se měly vodárny zaměřit na vysoké procento VNF, zjistit co to způsobuje a zajistit jeho zlepšení. TP Želešice se dá jednoznačně určit za nejhorší TP, co se z hlediska ztrát posuzovalo.

4 NÁVRHY A OPATŘENÍ – VYHODNOCENÍ

Nyní uvádím přehledné tabulky výsledků a vyhodnocení ztrát vody z jednotlivých tlakových pásem.

Tab. 4.1 Souhrn dosažených výsledků ukazatelů ztrát vody pro jednotlivá TP

Výsledky ukazatelů ztrát vody pro jednotlivá TP	% VNF	JÚVNF	ILI	EIZ
	%	m ³ /km/rok	-	-
MM Sladová	4,09	721	1,32	1,17
VDJ Kníničky 3.6	5,27	1052	0,71	1,32
VDJ Kohoutovice 1.3.2.1	-3,77	-	-	-
VDJ Líšeň 3.10	2,52	582	0,80	1,30
VDJ Želešice	20,74	2153	1,79	1,05

Tab. 4.2 Zhodnocení dosažených výsledků ukazatelů ztrát vody pro jednotlivá TP

Zhodnocení stavu TP dle kap. 1.2.2	% VNF	JÚVNF	ILI	EIZ	Q _{min}
MM Sladová	DOBRÝ	VYHOVUJÍCÍ	DOBRÝ	2. TŘÍDA	DOBRÝ
VDJ Kníničky 3.6	DOBRÝ	VYHOVUJÍCÍ	DOBRÝ	3. TŘÍDA	VYHOVUJÍCÍ
VDJ Kohoutovice 1.3.2.1	NELZE	NELZE	NELZE	NELZE	VYHOVUJÍCÍ
VDJ Líšeň 3.10	DOBRÝ	VYHOVUJÍCÍ	DOBRÝ	2. TŘÍDA	VYHOVUJÍCÍ
VDJ Želešice	ŠPATNÝ	VYHOVUJÍCÍ	VYHOVUJÍCÍ	2. TŘÍDA	DOBRÝ

Po zhodnocení všech výsledků mohu říci, že nejlepší TP, co se týče ztrát vody, je TP Líšeň 3.10, které dosáhlo ve všech ukazatelích velmi uspokojivých výsledku. Naopak nejhorší TP je TP Želešice, které dosáhlo špatných výsledků téměř ve všech ukazatelích. V TP Želešice by se měly vodárny snažit o snižování ztrát vody intenzivně, protože zde dochází k velkým ekonomickým ztrátám.

Jak je z vidět z tabulky 4.2. hodnocení ztrát vody podle různých ukazatelů se velmi liší. Tlakové pásmo může vyhovět na některé druhy ukazatelů, ale na jiné zase nevyhoví. Potom zaleží jen na provozovateli vodovodní sítě, který ukazatel na posuzování ztrát si vybere a bude se podle něho řídit ve vyhodnocování ztrát.

5 ZÁVĚR

Hodnocení ztrát, stejně jako řešení ostatních technických problémů, zaznamenává postupem času řadu změn, aktualizací a zpřesňování. V práci jsou shrnuta nejpoužívanější vyhodnocovací kritéria k vyhodnocení ztrát, jsou uvedena kritéria „zastaralá“, která jsou vhodná pro sledování vnitřního vývoje společností, i kritéria novější zohledňující více ukazatelů vypovídajících a technickém stavu sítě a z tohoto důvodu i vhodnější pro porovnávání jednotlivých vodárenských společností mezi sebou. Z práce je zřejmé, že dosavadní postupy vyhodnocování ztrát nemusí mít zcela přesné výsledky a i při použití na první pohled „vhodného“ kritéria, může dojít ke zkreslení velikosti celkové množství ztrát z důvodu nesprávného postupu vyhodnocení. Je třeba zvážit vhodnost hodnotícího kritéria vzhledem k části distribučního systému, rozdělení na přiváděcí řady a rozvodnou síť.

Pro sledování ztrát je také důležité měření na vodovodní síti. Naměřená data se ukládají a dále slouží k vyhodnocení např. systémem SCADA. Krom bilančního hodnocení ztrát vody je důležité kvantifikovat skutečné úniky. K jejich snižování je možné využívat i simulační modely, které mohou např. plánovat optimalizaci tlaku ve vodovodní síti.

V bakalářské práci jsem se věnoval vyhodnocování ztrát vody pro 5 tlakových pásem města Brna. Z hodnocení ztrát vody bylo provedeno podle 5 různých ukazatelů ztrát. Podle výsledků hodnocení si může provozovatel sítě tj. BVK a.s. udělat představu o unicích vody ze sítě a zaměřit se na tlaková pásma, která mají velké ztráty a provádět na nich opatření, které mohou tyto ztráty zlepšit. Provozovatel musí ale porovnat ekonomické náklady na investice do oprav sítě a následné ušetřené náklady na úpravu a dopravu vody.

Předmětem vyhodnocení byla také tlaková pásma, kterým vyšly ztráty vody nízké, a tudíž se na těchto pásmech nemusí provádět žádná opatření. U TP Kohoutovice bylo dokonce zjištěno, že množství vody fakturované bylo větší než množství vody vyrobené, z čehož plyne, že je tu problém s fakturací vody odběratelům. Vodárny by se tímto problémem měly zabývat a tuto skutečnost dát do pořádku.

Hodnocení ztrát vody se podle různých ukazatel liší, proto by si provozovatel sítě měl vybrat jen některé ukazatele, zdokonalit si systém hodnocení ztrát a porovnávat tlaková pásma mezi sebou jen podle ukazatelů, které zná a umí správně vyhodnotit.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] VESELÁ, Renata. Vývoj ztrát vody a jejich hodnocení v ČR. *Sborník referátů JUNIORSTAV 2008*. 2008. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/3/Vesela_Renata_CL.pdf
- [2] ŠENKAPOULOVÁ, Jana. Ekonomický přístup ke snižování ztrát vody. *Časopis SOVAK*. roč. 2010, č. 4.
- [3] Vodarenstvi.cz. [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.vodarenstvi.cz/clanky/vodarenstvi-v-reci-paragrafu>
- [4] PYTL, Vladimír. Statistické údaje vodovodů a kanalizací v ČR za roky 1990 – 2012. *Časopis SOVAK*. roč. 2013, č. 7-8.
- [5] POC, Pavel. Nedostatek vody stále větší hrozbou. *Vodovod.info* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/clanky/vodarenstvi/151-nedostatek-vody-stale-vetsi-hrozbou>
- [6] *Brněnské vodovody a kanalizace a.s.* [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: www.bvk.cz
- [7] KUBEŠ, Milan. Měření průtoků na brněnském vodovodním systému. *Časopis SOVAK*. roč. 2003, č. 6.
- [8] Wise Water Use. In: [online]. [cit. 2014-05-05]. Dostupné z: <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=En&n=F25C70EC-1>
- [9] TUHOVČÁK, Ladislav a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno, 2006.
- [10] *Vodárenské věže* [online]. 2013 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: http://www.vodarenskeveze.cz/Brno_Kohoutovice/Brno_Kohoutovice.html
- [11] *Plán rozvoje VaK Jihomoravského Kraje*. 2005.
- [12] FANTOZZI, Marco a Allan LAMBERT. Legitimate Night Use component of Minimum Night Flows Initiative. In: *Water Loss 2010, Brazil* [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.acquacon.com.br/waterloss2010/presentations/day9/08h30fantozzidia09sala2.pdf>
- [13] *Plán rozvoje VaK Jihomoravského Kraje. Želešice*. 2005.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [l/přípojku/den].....	17
Tab. 1-2 Možné hodnocení vodovodních sítí na základě indexu ILI.....	18
Tab. 2-1 Souhrnné údaje o vodovodech v ČR 1990-2012.....	24
Tab. 4.1 Souhrn dosažených výsledků ukazatelů ztrát vody pro jednotlivá TP	58
Tab. 4.2 Zhodnocení dosažených výsledků ukazatelů ztrát vody pro jednotlivá TP.....	58

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1-1 Schéma bilančních složek při hodnocení ztrát vody.....	12
Obr. 1-2 Závislost přepočtového koeficientu na DN potrubí.....	14
Obr. 1-3 Rozdělení odběru a ztrát z průměrného denního odběru.....	15
Obr. 1-4: Ekonomický pohled na snižování ztrát vody.....	21
Obr. 2-1 Obyvatelé zásobování vodou z vodovodů pro veřejnou potřebu (2000-2012).....	23
Obr. 2-2 Voda vyrobená z vodovodů pro veřejnou potřebu a fakturovaná (2000-2012).....	23
Obr. 2-3 Množství vody nefakturované-ztráty (1999-2009).....	23
Obr. 2-4 Ceny vodného a stočného (2000-2012).....	24
Obr. 2-5 Průměrná denní domácí spotřeba vody ve světě (l/os/den).....	26
Obr. 3-1 Měření průtoku s typickým zobrazením výskytu poruchy.....	33
Obr. 3-2 Ztráty vody v síti v jednotlivých letech.....	34
Obr. 3-3 Vybraná tlaková pásma v Brně.....	35
Obr. 3-4 Výřez okrsku Sladová z přehledné situace generelu BVK.....	36
Obr. 3-5 průběh odběrů z okrsku Sladová v pracovní den.....	37
Obr. 3-6 průběh odběrů z okrsku Sladová v den pracovního klidu.....	38
Obr. 3-8 Výřez TP Kníničky z přehledné situace generelu BVK.....	39
Obr. 3-9 Hydraulika TP Kníničky 3.6.....	41
Obr. 3-10 průběh odběrů z TP Kníničky v pracovní den.....	42
Obr. 3-11 průběh odběrů z TP Kníničky v den pracovního klidu.....	42
Obr. 3-12 Výřez TP Kohoutovice z přehledné situace generelu BVK.....	45
Obr. 3-13 Vodojem v Kohoutovicích.....	45
Obr. 3-14 Hydraulika TP Kouhoutovice 1.3.2.1.....	46
Obr. 3-15 průběh odběrů z TP Kohoutovice v pracovní den.....	47
Obr. 3-16 průběh odběrů z TP Kohoutovice v den pracovního klidu.....	48
Obr. 3-17 Výřez TP Líšeň z přehledné situace generelu BVK.....	50
Obr. 3-18 Hydraulika TP Líšeň 3.10.....	51
Obr. 3-19 Průběh odběrů z TP Líšeň II v pracovní den.....	52
Obr. 3-20 Průběh odběrů z TP Líšeň II v den pracovního klidu.....	52
Obr. 3-21 Průběh odběrů z TP Želešice v pracovní den.....	55
Obr. 3-22 Průběh odběrů z TP Želešice v den pracovního klidu.....	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

VVR	... voda vyrobená k realizaci [m ³]
VF	... voda fakturovaná [m ³]
VNF	... voda nefakturovaná [m ³]
ZV	... ztráty vody [m ³]
VS	... vlastní spotřeba [m ³]
JÚVNF	... jednotkový únik vody nefakturované [m ³ /km/rok]
L _{SKUT}	... skutečná délka sítě
L _{PŘEP}	... přepočtená délka sítě [km]
PP	... počet přípojek
Q	... průtok [l/s]
Q _{min}	... minimální noční průtok [l/s]
ILI	... infrastructure leakage index [-]
TNZ	... teoreticky nevyhnutelné ztráty [l/přípojku/den]
EIZ	... ekonomický index ztrát
EI	... ekonomický index
IZ	... index ztrát
BVK	... Brněnské vodovody a kanalizace
VDJ	... vodojem