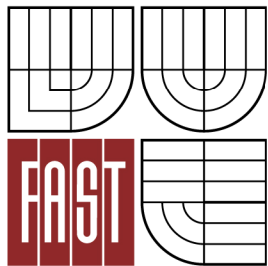


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

MĚŘENÍ MALÝCH ODBĚRŮ NA VODOVODNÍCH PŘÍPOJKÁCH

MEASUREMENTS OF SMALL FLOW IN WATER SERVICE CONNECTIONS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. VERONIKA STEHLÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV TUHOVČÁK, CSc.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. VERONIKA STEHLÍKOVÁ
Název	Měření malých odběrů na vodovodních přípojkách
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013

V Brně dne 31. 3. 2012

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

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

Podklady a literatura

- [1] ČIHÁKOVÁ, Iva. Vykazování ztrát vody – srovnávání provozovatelů, organizací, společností. *Sovak*. 2004, roč. 13, č. 4, s. 1-3. ISSN 1210-3039
- [2] NOVÁK, Josef. Příručka provozovatele vodovodní sítě. SOVAK, 2003. ISBN: 8023899465
- [3] Vodovody, kanalizace a vodní toky v roce 2010, poslední aktualizace 4. 5. 2011. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/publ/2003-11-r_2011
- [4] Vyhledávání tras podzemních sítí a lokalizace poruch na vodovodech, Vodárenská akciová společnost. Dostupné z: <http://www.vodarenska.cz/file/614/>
- [5] TUHOVČÁK, Ladislav. - ADLER, Pavel. - KUČERA, Tomáš. Vybrané statě z vodárenství. BRNO: CERM, 2008. 182 S.
- [6] ELLIOTT, Jack. - KLER, Jeff. Netradiční řešení pro snížení ztrát ve vodovodních řadech. *Sovak*. 2009, roč. 18, č. 9, s. 20-21.
- [7] RADKOVSKÁ, Eva. Vliv vyhledávání skrytých úniků na objem vody k realizaci a nové metody měření. *Sovak*. 2006, roč. 15, č. 3, s. 10-11.
- [8] FANTOZZI, Marco et al. Investigations into under-registration of customer meters in Palermo and the effect of introducing Unmeasured Flow Reducers. In: *Proceeding of IWA World Water Congress*, CD, IWA Publishing. Vídeň, 2010
- [9] MATOŠKA, Martin. Testování zařízení UFR – Unmeasured Flow Reducer. Brno, 2012. Diplomová práce. VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hosp. obcí. Vedoucí práce doc. Ing. L. Tuhovčák, CSc.

Zásady pro vypracování

Předmětem diplomové práce bude testování zařízení Unmeasured Flow Reducer, které se osazuje na vodovodní domovní přípojky a má zefektivnit a zpřesnit měření odebrané vody při velmi malých odběrech. Diplomant provede měření pro různé typy vodoměrů a pro různé hodnoty vstupních tlaků na sestaveném testovacím modelu v laboratořích UVHO. V druhé části práce provede vyhodnocení měření a doporučení pro realizaci testování zařízení na reálných vodovodních přípojkách.

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

ABSTRAKT

Diplomová práce v rešeršní části popisuje základní informace o ztrátách vody a jejich vykazování. Předkládá prostředky a postupy pro snižování ztrát vody a vhodnost jejich použití. V neposlední řadě uvádí obecné informace o vodoměrech a stručně popisuje zařízení UFR. Druhá, praktická část práce se věnuje testování vodoměru a zařízení UFR na reálné vodovodní přípojce v rodinném domě. Z práce vyplynula autorčina obecná doporučení pro majitele a provozovatele vodovodních sítí.

ABSTRACT

In the first part of this thesis the basic information about the losses of water and their reporting are described. There are presented the means and methods of reducing water losses and their suitability for use. Finally, general information about water meters are presented and the UFR device is briefly described. The second part of the thesis is devoted to testing water meter and UFR device on specific water connection in a family house. The thesis resulted in the author's general recommendations for owners and operators of water supply networks.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ztráty vody, UFR, vodoměr, vodovodní přípojka, měření, spotřeba vody, průtok.

KEY WORDS

Water loss, UFR, water meter, water connection, measurement, water consumption, flow.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

STEHLÍKOVÁ, Veronika. *Měření malých odběrů na vodovodních přípojkách*. Brno, 2013. 74 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně, podle pokynů vedoucího práce, a že jsem uvedla všechny použité zdroje.

V Brně dne 11. 1. 2013

.....
podpis autora

Bc. Veronika Stehlíková

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat rodičům za jejich velkou podporu při studiu. A dále vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi, Csc. za ochotu, rady a připomínky, díky kterým jsem mohla tuto práci dokončit.

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	ZTRÁTY VODY VE VEŘEJNÝCH VODOVODECH	10
2.1	Základní terminologie	10
2.2	Ztráty vody	11
2.3	Důvody pro snižování ztrát vody	13
2.4	Vykazování ztrát vody	14
2.4.1	Procento VNF	14
2.4.2	Jednotkový únik (JÚ)	14
2.4.3	Ztráty vody na 1 km přepočtené délky řadu (Z)	15
2.4.4	Ztráty na přípojku (ZP)	16
2.4.5	Počet poruch na km vodovodní sítě (PP)	16
2.4.6	Minimální (noční) průtok (Q_{\min})	16
2.4.7	Vhodnost použití kritérií	17
2.4.8	Postupy pro analýzu sítě pomocí jednotlivých kritérií	18
2.4.9	Postupy doporučené IWA	19
2.5	Opatření ke snižování ztrát vody	20
3	UFR – UNMEASURED FLOW REDUCER	24
3.1	Vodoměr	24
3.2	Problematika měření malých odběrů na domovních přípojkách	26
3.3	Co je UFR	28
3.4	Jak UFR funguje	28
3.5	Typy UFR	29
3.6	Zvýšení fakturace vody použitím UFR	31
3.7	Technické parametry UFR testované na ČMI	32
3.8	Výsledky testů na ČMI	33

4	MĚŘENÍ	34
4.1	Vodovodní přípojka	34
4.1.1	Obecní vodovod	34
4.1.2	Domovní přípojka	35
4.1.3	Popis objektu	38
4.1.4	Domovní vodoměr	42
4.2	Měření na přípojce	45
4.2.1	Denní měření	45
4.2.2	Hodinová měření	50
4.3	Vyhodnocení měření	62
5	ZÁVĚR	66
	POUŽITÁ LITERATURA	68
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	72
	SEZNAM TABULEK	73
	SUMMARY	74

1 ÚVOD

Volba tématu předkládané diplomové práce vyplynula ze zájmu autorky o problematiku ztrát vody na vodovodních sítích.

Úkolem této práce je testování schopností vodoměru osazeného na vodovodní přípojce, zkoumání jeho možností a výkonnosti při měření malých odběrů vody. Dalším úkolem je testování zařízení UFR - Unmeasured Flow Reducer, které se osazuje na vodovodní přípojky právě pro zefektivnění a zpřesnění měření odebrané vody při velmi malých průtocích. Proto hlavním cílem diplomové práce je vyhodnocení měřících schopností vodoměru samotného a s instalovaným UFR. Dále vyhodnocení vzniku případných ztrát vody a vytvoření stručného návodu pro majitele a provozovatele vodovodních sítí, jak účinně těmto ztrátám předcházet.

Z výše uvedených požadavků vyplynula struktura této práce.

První rešeršní část práce se věnuje ztrátám vody na vodovodních řadech a přípojkách, které zahrnují určité množství vody, jež není změřena, a tedy ani nezaplacena. Jsou zde shrnuty používané metody vyhodnocování ztrát vody a vhodnost jejich použití. Jsou zde popsány důvody pro snižování ztrát a doporučené postupy jak těmto ztrátám předcházet. Dále část práce poskytuje obecné informace o vodoměrech a stručně popisuje zařízení UFR, k čemu slouží, jak funguje a jaký je jeho přínos pro provozovatele vodovodní sítě. Shrnuje i jeho testování a výsledky na ČMI.

Druhá, praktická část se věnuje testování samotného vodoměru a vodoměru s instalovaným zařízením UFR na konkrétní vodovodní přípojce umístěné v rodinném domě. Testování je zaměřeno na velmi malé průtoky, které jsou vodoměry běžně nezměřitelné. Jsou zde přiloženy fotografie, tabulky se zapisovaným měřením a následné vyhodnocení celého měření.

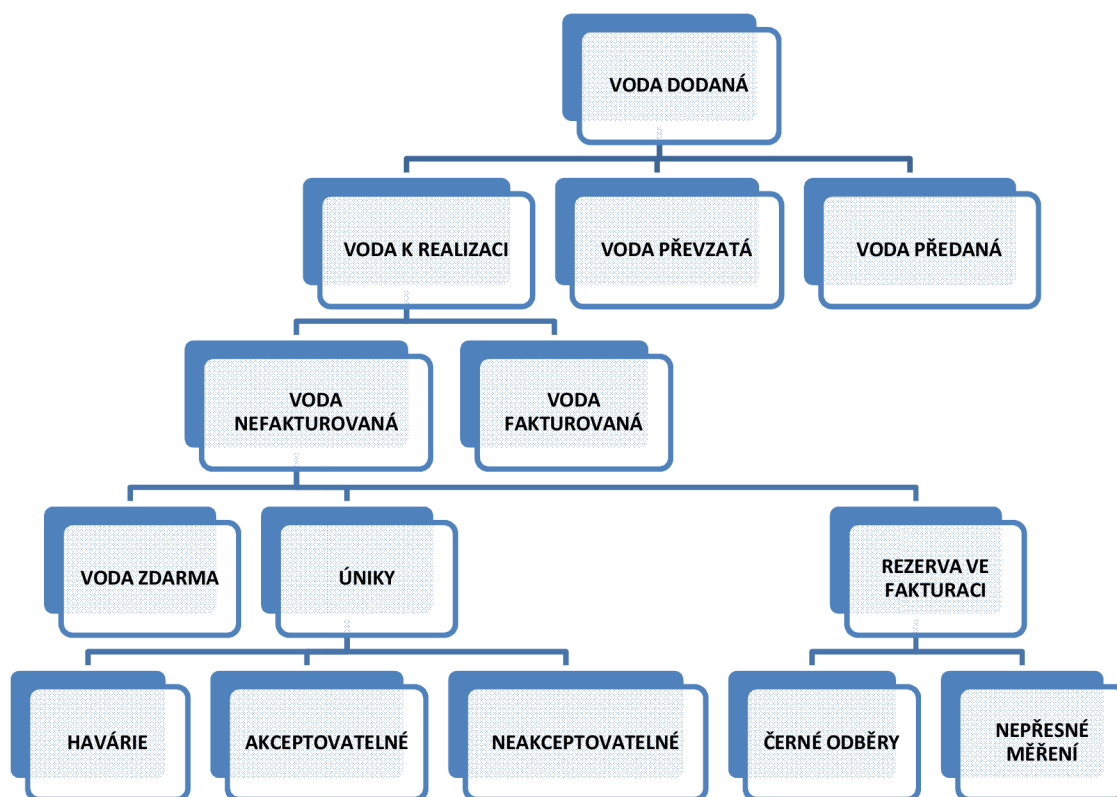
Předpokládám, že tato práce a její závěry mohou napomoci obecně všem majitelům a provozovatelům vodovodních sítí k zefektivnění správného měření odebrané vody a předcházení tak zbytečným ztrátám na zisku.

2 ZTRÁTY VODY VE VEŘEJNÝCH VODOVODECH

2.1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

VD	voda dodaná	
VR	voda k realizaci	$VR = VD + \text{voda převzatá} - \text{voda předaná}$
VF	voda fakturovaná	
VFD	voda fakturovaná domácnostem	
VFO	voda fakturovaná ostatním odběratelům	
VNF	voda nefakturovaná	$VNF = VR - VF$ $VNF = \text{ztráty vody} + \text{vlastní spotřeba}$
VS	vlastní spotřeba, spotřeba na objektech, proplachy potrubí, údržba vodojemů	
OVNF	ostatní voda nefakturovaná (většinou pro požární účely)	
MP	minimální průtok (většinou v noci)	
Ú	úniky z potrubí (při haváriích, skryté úniky)	
SkÚ	skryté úniky (největší část VNF), mají dlouhodobý charakter, výrazně ovlivňují účinnost zásobování, nemají bezprostřední vliv na distribuci, většinou se časem projeví jako havárie, dělíme je na SkÚa a SkÚn	
SkÚa	skryté úniky akceptovatelné (objem úniků, u kterého je neekonomické vyhledávání a opravy; závisí na geologických podmínkách, členitosti terénu, vodohospodářské bilanci a ceně vyráběné vody)	
SkÚn	skryté úniky neakceptovatelné (úniky, které jsou svým objemem nad hranicí přijatelného množství, jejich odstraňováním se intenzivně provozovatelé zabývají)	
Hav	objem vody unikající při haváriích (tj. do doby uzavření – závisí na rychlosti uzavření, výrazně závisí na údržbě, preventivních kontrolách, obnově sítě)	
ReF	rezerva ve fakturaci; nevhodná měřidla, (nepřesná měřidla – většinou předimenzovaná; nutné periodické cejchování, výměny při změně objemu odběru, čerpané odběry tj. neplacené – krádeže z hydrantů, přes požární obtoky, nelegální přípojky, neplatiči)	

JÚ jednotkový únik vody nefakturované (VNF vztažená na jednotku přepočtené délky sítě profilu DN 150 za jednotku času) ^[5,21]



Obr. 2.1: Schéma složek vody dodané ^[5]

2.2 ZTRÁTY VODY

Sledování a vykazování ztrát vody je jednou ze základních povinností provozovatelů vodárenských systémů. Ztráty vody poukazují na technický stav vodovodní sítě a celého distribučního systému vodovodu.

Ztráty vody ve vodovodní síti nejsou jenom úniky vody a havárie, ale i množství vody ze sítě odebrané, ale provozovatelem neregistrované a naopak množství vody do sítě zaregistrované, ale nedodané.

Jednou ze základních teorií pro hodnocení ztrát vody je bilanční metoda objemů vody. Spolehlivost této metody závisí především na přesnosti měření jednotlivých složek bilančních vztahů. ^[7]

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. Pokud ke ztrátám přičteme registrovanou spotřebu nefakturovanou, získáme celkový roční objem vody, jež nebyl zaplacen.

$$ZV = ZZ + ZS \text{ [22]}$$

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

$$RS = RSF + RSNF \text{ [22]}$$

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

$$VR = VF + VNF \text{ [22]}$$

Množství vody nefakturované tedy získáme odečtením vody fakturované od celkového objemu vody vyrobené k realizaci.

$$VNF = VR - VF \text{ [22]}$$

VODA K REALIZACI [m ³ /rok]	REGISTROVANÁ SPOTŘEBA	RS FAKTUROVANÁ	VODA MĚŘENÁ	VODA FAKTUROVANÁ (ZAPLACENÁ)
			VODA NEMĚŘENÁ	
		RS NEFAKTUROVANÁ	MĚŘENÉ NEPLACENÉ ODBĚRY	VODA NEFAKTUROVANÁ (NEZAPLACENÁ)
			NEMĚŘENÉ NEPLACENÉ ODBĚRY	
	ZTRÁTY VODY	ZDÁNLIVÉ ZTRÁTY	NEMĚŘENÉ ODBĚRY	
			CHYBY V MĚŘENÍ	
		SKUTEČNÉ ZTRÁTY	ZTRÁTY VODY V DISTRIBUČNÍ SÍTI	
			ZTRÁTY VODY NA VODOJEMECH	
	ZTRÁTY VODY NA PŘÍPOJKÁCH			

Obr. 2.2: Schéma bilančních složek při hodnocení ztrát vody ^[7]

2.3 DŮVODY PRO SNIŽOVÁNÍ ZTRÁT VODY

Ekonomické:

- Náklady, jež jsou zbytečně vynaložené na výrobu, dopravu a distribuci pitné vody, jež unikne jako nevyužitá z vodovodního systému
- Možné škody, způsobené unikající vodou z vodovodního systému
- Pokud je z nějakého důvodu na straně odběratele omezována, nebo přerušována dodávka vody z důvodů úniků
- Vynaložené náklady na náhradní zásobování vodou při přerušené dodávce vody
- Finanční ztráty z důvodů fakturace nepřesně změřeného množství vody dodané odběratelům nebo odebrané ze zdrojů apod.

Technické:

- Přetěžování vodovodní sítě a ostatních zařízení vodou, jež uniká a nebude dodána odběratelům
- Dimenzování vodovodní sítě a zařízení na kapacitu zahrnující nezanedbatelné množství ztrát
- Odběr většího množství vody ze zdrojů než je nezbytně nutné a vyčerpání jejich vydatnosti, snižování zásob kvalitní podzemní pitné vody z pramenišť a nutnost její náhrady méně kvalitní vodou
- Problémy s dodržováním předepsané kvality vody při přetěžování úpraven vody apod.

Zcela nereálné je úplné odstranění ztrát vody v síti. I snižování ztrát je složitým problémem nejen ekonomickým, ale i technickým, neboť opatření pro snižování ztrát jsou nákladnými investicemi a každý provozovatel, či vlastník vodovodu by si měl sám zhodnotit, až na jakou úroveň ztrát vody jsou pro něj konkrétní investice a náklady vynaložené na snižování ztrát výhodné.

Snížení ztrát např. z 25% na 20% lze dosáhnout daleko snáze, jednoduššími prostředky při podstatně nižších nákladech než např. snížení ztrát z 12% na 11%. U tohoto snížení se může stát, že náklady spojené se snížením ztrát přesáhnou úspory tímto snížením docílené. Různá bude ekonomická hranice rentability snižování ztrát u provozovatelů vodovodů s dostatečně vydatným zdrojem levné podzemní vody, nevyžadující úpravu s gravitační dopravou vody do spotřebiště a např. u vodovodu s nákladnou úpravou povrchové vody, čerpané do vysoko položeného spotřebiště. ^[11]

2.4 VYKAZOVÁNÍ ZTRÁT VODY

2.4.1 Procento VNF

Toto kritérium bylo dříve jedno z nejpoužívanějších pro porovnávání výše ztrát mezi jednotlivými vodárenskými společnostmi. Vypočte se podílem objemu vody nefakturované ku celkovému objemu vody k realizaci:

$$\text{VNF} = \frac{\text{VNF}}{\text{VR}} * 100 [\%] \quad [22]$$

Výhodou tohoto výpočtu je jednoduché stanovení a dostupnost potřebných údajů. Nevýhodou naopak je jeho nemožné použití pro srovnání oblastí s různou skladbou odběratelů, pro různé délky vodovodní sítě, různou morfologii terénu a pro kolísání výroby a fakturace.

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

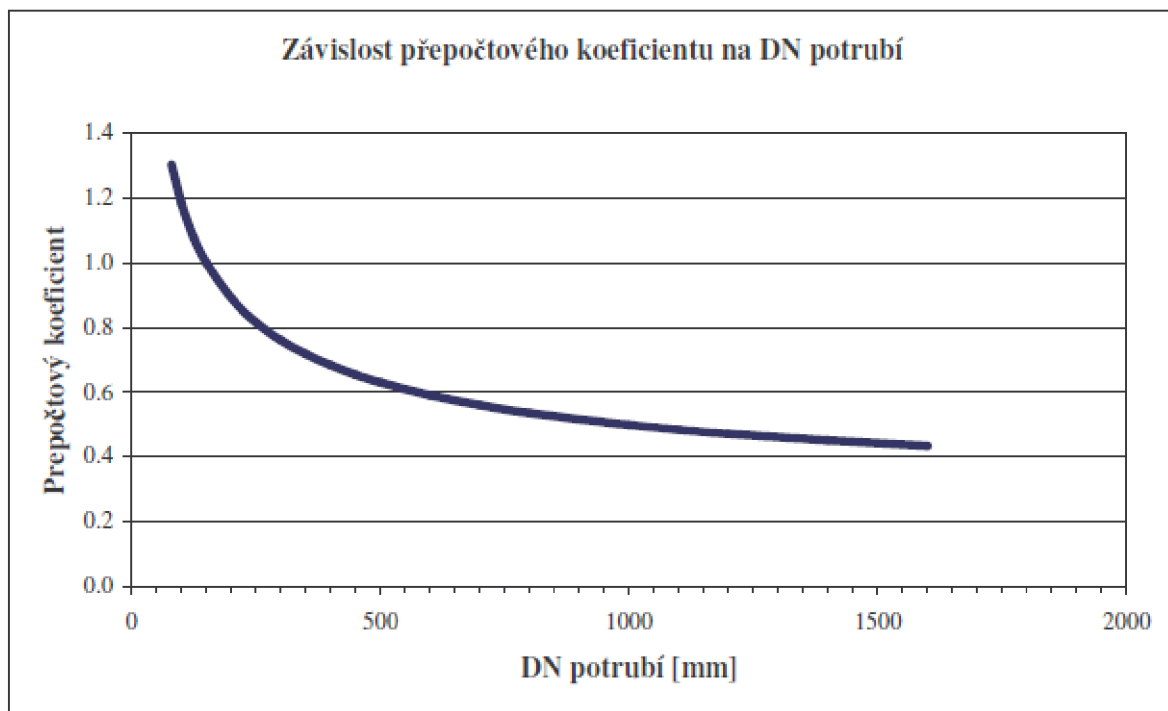
V lokalitách s hustou zástavbou lze brát hodnoty do 20% VNF za vyhovující, v oblastech s řidší zástavbou je pro prokázání dobrého stavu sítě a provozování nutné dosáhnout nižší hodnoty. ^[22]

2.4.2 Jednotkový únik (JÚ)

Je přesnějším kritériem, které kromě ztrát poukazuje i na technický stav vodovodní sítě. Vyjadřuje objem vody nefakturované, která unikne z 1 km přepočtené délky sítě za rok.

$$\text{JÚ} = \frac{\text{VNF}}{L_{\text{přep}}} \left[\frac{\text{tis} * \text{m}^3}{\text{km} * \text{rok}} \right] \quad [22]$$

K přepočtu vodovodní sítě se používá přepočtový koeficient, jehož velikost je závislá na velikosti profilu potrubí. Hodnoty tohoto koeficientu jsou patrné z obrázku 2.3. ^[22]



Obr. 2.3: Závislost přepočtového koeficientu na DN potrubí ^[22]

Výhodou tohoto kritéria je jeho zohlednění velikosti profilů potrubí, množství tvarovek a armatur, jejichž počet přímo úměrně ovlivňuje velikost úniků. Nevýhodou je nutnost informací o skladbě sítě.

Z řady měření a průzkumů byla stanovena spodní hranice JÚ. 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 JÚ 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. ^[22]

2.4.3 Ztráty vody na 1 km přepočtené délky řadu (Z)

Tento ukazatel přepočítává velikost ztrát. Ztráty jsou uvažovány jako rozdíl vody nefakturované, vlastní spotřeby a ostatní vody nefakturované, na přepočtenou délku vodovodního řadu:

$$Z = VNF - VS - OVNF \text{ [22]}$$

2.4.4 Ztráty na přípojku (ZP)

Toto kritérium zohledňuje počet vodovodních přípojek, tudíž i počet armatur na vodovodní síti, vypočítává se jako poměr objemu ztrát ku počtu přípojek:

$$ZP = \frac{Z}{PP} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ks*den}} \right] \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ks*rok}} \right] \quad [22]$$

2.4.5 Počet poruch na km vodovodní sítě (PP)

Jde o vyhodnocení počtu tekoucích havárií PP na km vodovodní sítě. Ukazuje na četnost úniků a na technický stav vodovodní sítě. Je to vlastně poměr počtu havárií na síti za rok ke skutečné délce potrubí:

$$PP = \frac{H}{L_{\text{skut}}} \quad [22]$$

Výhodou je, že spolu s objemem ztrát je vhodným ukazatelem na potřebu rekonstrukcí sítě. Nevýhodou je nutnost vedení statistiky poruch, včetně oprav skrytých úniků a havárií, a musí být známa délka vodovodní sítě včetně přípojek.

Za nevyhovující stav se považuje hodnota 2 a více poruch na km vodovodní sítě za rok. [22]

2.4.6 Minimální (noční) průtok (Q_{\min})

Znalost minimálního průtoku na km vodovodní sítě umožňuje rychlou reakci při nárůstu úniků. Vyjadřuje se jako minimální naměřený průtok na 1 km přepočtené délky sítě:

$$Q_{\min} = \frac{Q}{L_{\text{přep}}} \left[\frac{\text{l*s}^{-1}}{\text{km}} \right] \quad [22]$$

Výhodami jsou průběžné sledování měřené oblasti a nezávislost na fakturaci. Nevýhodami jsou nutnost znalosti skladby sítě a odběratelů, a nutnost údajů o nočních odběrech (velikost a lokalizace). [22]

2.4.7 Vhodnost použití kritérií

Procento VNF je při dlouhodobém sledování distribučně jednoduchých oblastí použitelné k vyhodnocování VNF za předpokladu rovnoměrného vývoje VR a VF. Je vhodné pro porovnávání oblastí s podobnou skladbou sítě. Používá se i pro rozsáhlé provozované celky. Kvalita výsledků vyhodnocení se zvyšuje délkou sledování.

Jednotkový únik je přesnějším kritériem, s vyšší vypovídající schopností o stavu sítě. V současné době se provozovatelé snaží mít informace o skladbě sítě, aby mohli toto kritérium více používat.

Obě kritéria ukazují objem VNF bez možnosti rozlišení, zda se jedná o skryté úniky nebo rezervu ve fakturaci.

Z těchto důvodů je dalším krokem porovnání s minimálním průtokem, jehož velikost je závislá na objemu skrytých úniků.

Počet poruch na km sítě ukazuje četnost úniků. Sledování tohoto kritéria vypovídá o stavu konkrétního úseku sítě a spolu s měřením minimálního průtoku pomáhá s určením pořadí při rekonstrukcích celých úseků sítě. Při sledování poruch a jejich vyhodnocování je vhodné uvádět způsob uložení potrubí, přítomnost spodní vody, druh zeminy, nebo horniny, přítomnost pískových obsypů apod. V poslední době si provozovatelé k dokumentaci o prováděných opravách a rekonstrukcích také přidávají konkrétní firmu, která stavbu prováděla.

Pro vyhodnocování VNF lze tedy doporučit sledovat jednotkový únik, příp. procento VNF, pro základní vyhodnocení VNF.

Další kritérium minimální průtok, příp. počet poruch na km, umožní cílení činností pro snižování ztrát do oblasti sítě nebo fakturace. ^[5]

2.4.8 Postupy pro analýzu sítě pomocí jednotlivých kritérií

JÚ nevyhovuje a MP vyhovuje:

Bude provedena,

- a) kontrola stavu a přesnosti měřidla dodávky vody a způsobu odečtu,
- b) fakturace je oproti dodávce vody nízká – kontrola hranic pásem, kontrola odběratelů – zejména velkoodběratelů, staveb, parků, nádraží, podzemních staveb, nových odběratelů a stavu fakturačních měřidel – cejch, správné rozsahy měřidel.

JÚ a MP nevyhovují:

Je sledován počet havárií, místní poměry a zjišťováno, zda stav ovlivňuje velikost SkÚ. V případě, že ano, je proveden,

- c) průzkum vodovodní sítě s cílem nalezení úniků a následujících oprav.

Použité vyhledávací metody:

- předběžný průzkum, tj. odposlech,
- snímání šumů a tlaků,
- analýza průtoků,
- přesná lokalizace metodou korelační a elektroakustickou,
- kontrola měření mezi pásmy – stabilizace pásma.

Velikost SkÚ a ReF není vyhovující:

Souběžně je prováděna činnost dle bodů a), b), c).

JÚ vyhovuje a MP nevyhovuje:

Je nutná kontrola stanovení MP, tj. skladby odběratelů, nočních velkoodběratelů (teplárny, bazény, apod.), kontrola měřidel (přesnost na spodní hranici).

JÚ záporný:

Fakturace je vyšší než dodávka.

Bude proveden postup dle bodů a), b) se zaměřením např. na paušály. Je kontrolováno důsledné oddělení pásem a zjištěna přesnost měření převodů mezi pásmy.

V případech, že jsou z nutných distribučních důvodů porušena tlaková pásma, je žádoucí takto propojená pásma vyhodnocovat jako celek. Při navrhování opatření bereme v úvahu předchozí dlouhodobě sledovaná kritéria a hodnoty.

Pro dispečinky lze doporučit vyhodnocování jednotlivých kritérií graficky na mapách. Každé kritérium je zachyceno na samostatné vrstvě. Zásobní pásma jsou graficky odlišena. Porovnáním dosažených hodnot s příslušnými zásobními pásmy lze určit problémové oblasti. Zároveň lze určit problémové oblasti zasahující do několika pásem, což vede k posuzování dalších faktorů, jakými např. jsou: použitý materiál potrubí, technologie provádění, prováděcí firma, nebo územní vlivy, geologické poměry apod. [5]

2.4.9 Postupy doporučené 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.

Infrastrukturní ztrátový index ILI je poměr technických indikátorů skutečných ztrát (SZ) a nevyhnutelných ročních skutečných ztrát (TNZ). ILI je provozní ukazatel vodovodního systému vyjadřující technický stav sítě z pohledu ztrát vody. [22]

$$ILI = \frac{SZ}{TNZ} [-]$$

Mezinárodní průzkum, který vyhodnocoval data z 27 vodárenských společností z 19 zemí, zjistil, že pro dané provozovatele se hodnota ILI pohybuje od 2,0 do 14,1. Průměrná hodnota pro Českou republiku je 5,5. [22]

Tento poměr je možné sestavit z řady sledovaných veličin (% ztrát, JÚ, objem ztrát na odběrové místo, délku přípojky apod.). Velký důraz pak musí být kladen serióznosti stanovení velikosti nevyhnutelných ztrát.

Zde je jako jeden z hlavních faktorů uváděn tlak vody, pod jakým je síť provozována. Vedle doporučené hodnoty průměrného tlaku bude vhodné uvádět i extrémní hodnoty tlaku. Skutečnost, zda je systém výtlačný, nebo gravitační je také doporučováno uvádět. Maximální tlak v síti by měl být uváděn rovněž.

Hodnocení ztrát je potom možné jako porovnání údajů získaných ze stejných ukazatelů a za obdobných podmínek (stejný tlak, hustota přípojek, materiál potrubí, geologické podmínky, stáří sítě, aj.).

Základní hodnocení ztrát, které je nejčastěji užívané v různých zemích, srovnává roční objemy skutečných ztrát. Uvádí se jako:

- procento z dodávaného objemu vody,
- objem ztrát na délku řadů za jednotkový čas,
- objem ztrát na nemovitost (odběrné místo) za jednotkový čas,
- objem ztrát na přípojku za jednotkový čas,
- objem ztrát na délku systému za jednotkový čas (délka systému = délka řadů + délka přípojek po vodoměr).

Jedná se zde o tzv. funkční (výkonnostní) ukazatele (Performance Indicators PI).

Veškeré tyto ukazatele je možné doplnit o hodnotu tzv. teoreticky nevyhnutelných ztrát. Velikost poměru ILI je pak možné stanovit pro takovou dvojici hodnot, která je u dané společnosti tradičně vykazována a pro kterou jsou k dispozici podklady. Chybějící údaje k dalšímu páru je možné dopočítat a následným měřením ověřit. ^[5]

2.5 OPATŘENÍ KE SNIŽOVÁNÍ ZTRÁT VODY

Pro jednotlivé oblasti vzniku ztrát vody při provozu vodovodu lze doporučit celou řadu opatření pro snižování ztrát vody:

- Ztráty vody způsobené *nepřesností měření vody vyrobené nebo převzaté* lze eliminovat pouze osazením odpovídajících měřidel, správně dimenzovaných a s předepsanou uklidňovací délkou přímého potrubí. Měřidla musejí být pravidelně kontrolována a cejchována v autorizovaném metrologickém středisku. Pokud kvalita vody vyžaduje nutnost osazení filtru před tato měřidla, je třeba zajistit jeho pravidelnou kontrolu

a čištění. Ke zkreslení měření může docházet i tam, kde je měřidlo osazeno v místech zavzdušňování potrubí.

- Pro snižování ztrát v síti vlivem *nepřesnosti měření vody dodané odběratelům nebo vody předané* platí stejné zásady, zejména volba odpovídající dimenze vodoměru, zajištění včasné výměny vodoměrů a nepřipouštět již žádné odběry „paušální“. U měření vody dodané odběratelům se navíc objevují neoprávněné manipulace s vodoměry, i úmyslné poškozování vodoměrů, otáčení vodoměrů apod. s cílem dosáhnout naměření co nejmenší spotřeby. Aby takto vzniklé ztráty činností nepoctivých odběratelů byly včas zjištěny, je třeba znemožnit nepovolaným osobám manipulaci s vodoměrem. To se provádí zaplombováním vodoměrného šroubení. Při provádění odečtů vodoměrů je pak nutné kontrolování neporušenosti těchto plomb a neporušenosti a funkčnosti měřidla.

- Ztráty vody *poruchami těsností řadů, netěsností vodojemů nebo úniky v jiných vodárenských objektech* jsou obvykle nejobemnější částí vykazovaných ztrát vody v síti. U poruch *zjevných*, při nichž bezprostředně po vzniku poruchy dojde k vývěru vody na povrch terénu, je identifikace místa úniku vody bezproblémová. Z hlediska bilance ztrát vody nebývají tolik závažné, neboť únik vody je v krátké době zastaven a uniklé množství vody celkový objem ztrát příliš neovlivní. Mnohem závažnější jsou poruchy *skryté*, při kterých může docházet dlouhodobě k únikům vody, a tak celkové množství ztrát vody může být značné. Existuje již řada účinných metod jak tyto poruchy zjistit, a máme k dispozici různé technické prostředky pro identifikaci skrytých úniků.

- *Krádeže vody z vodovodní sítě* se s růstem ceny vodného a stočného stávají pro nepoctivé odběratele stále zajímavější. Nejčastějšími způsoby krádeže vody jsou odběry vody z požárních hydrantů na síti přes požární nástavce bez měření do cisteren, z veřejných výtokových stojanů do cisteren, odběry nepovolenými a neregistrovanými přípojkami, odběry na přípojkách před vodoměrem, manipulace s vodoměrem apod. Jedinou obranou proti krádežím vody je pravidelný dohled nad vodovodní sítí, zainteresování všech pracovníků provozovatele vodovodu na odhalování této trestné činnosti při své práci na síti. Ke zjištění krádeží vody může též přispět i okrskové měření průtoků a tlaků na síti. Důležitou úlohu přitom mohou sehrávat i odečítači vodoměrů. Nelze podceňovat ani práci s veřejností, která může účinně přispět k odhalování „černých“ odběrů.

- Pozornost je třeba věnovat úplnosti a objektivnosti podchycení, změření nebo alespoň odbornému odhadu množství vody *dodávané zdarma*. Nevykázaná voda dodaná

zdarma potom zbytečně zhoršuje ukazatel ztráty vody v síti. Nesprávnou cestou je naopak úmyslné nadhodnocování odhadů vody dodané zdarma, čímž si někteří provozovatelé vodovodů vědomě a neoprávněně nadlepšují své dosažené výsledky ve ztrátách vody. Tudy cesta ke snižování ztrát nevede. Lze odhadnout, že reálná hodnota vody dodané zdarma podle místních podmínek se může pohybovat max. do cca 2% z vody k realizaci. Vykazované vyšší hodnoty již nevzbuzují důvěru.

Ztráty vody v síti celkově ovlivňuje stav vodovodní sítě a jejích armatur, ovladatelnost armatur, celková úroveň péče o všechna zařízení vodovodního systému, úroveň preventivní údržby, oprav a obnovy vodovodní sítě. Vkladem do budoucna je i uplatňování lepších, byť dražších technických řešení výstavby nových vodárenských zařízení, technologického vybavení, a používání kvalitnějších a trvanlivějších trubních i jiných stavebních materiálů.

Činnosti vedoucí tedy ke snižování ztrát vody nespočívají jen v odstraňování úniků vody a stavů, které způsobuje, ale je to i prevence a preventivní opatření, která odstraňují nebo minimalizují příčiny možného vzniku ztrát vody. Tato prevence začíná již u projektu nové stavby vodovodu. Každý projekt by měl být projednán s budoucím provozovatelem vodovodu z pohledu spolehlivosti provozu, použitých materiálů a technických řešení, které by se mohly stát příčinou netěsností. V neposlední řadě by i vlastní stavba měla být realizována za dohledu budoucího provozovatele nad kvalitou prováděné práce. Nezastupitelnou úlohu pro snižování ztrát sehrává zlepšování technického stavu vodovodní sítě.

Pro zlepšování technického stavu potrubí vodovodní sítě, prodloužení jeho životnosti, omezení negativního vlivu potrubí na kvalitu vody a snižování ztrát lze aplikovat bezvýkopové technologie na provádění vnitřních výsterek potrubí – cementových, epoxidových nebo vyvločkových potrubí polyesterepoxidovými tkanými vložkami.

U řadů fyzicky dožilých je nutné řešit jejich výměnu. Každý z vlastníků nebo provozovatelů vodovodů musí pečlivě zvážit jak prostředky, které má na obnovu sítě, co nejúčelněji využít. Zde je důležitý správný výběr řadů k výměně, u kterých je pravděpodobnost úniků nejvyšší. Musí být zhodnocena i všechna ostatní kritéria.

Významný podíl na snižování ztrát má stav vodovodních armatur, jejich ovladatelnost, přístupnost, technický stav, těsnost a spolehlivost. Nevyhovující kvalita dříve dodávaných tuzemských armatur se dá řešit jedině jejich výměnou za nové spolehlivé. Potenciálním zdrojem úniků vody jsou již nevyužívané vodovodní řady a přípojky, které již pozbyly svůj význam a nebyly odpojeny od vodovodní sítě. Jejich fyzickou likvidací se dá předejít následným nemalým únikům vody i jiným problémům.

Významným faktorem ovlivňující ztráty vody v síti je provozní tlak vody. Snížením provozních tlaků všude, kde to daný vodovodní systém a výšková poloha spotřebiče umožňuje, lze docílit významné snížení ztrát vody. Zde se nabízí možnost použití v dnešní době již spolehlivých redukčních ventilů, snížení tlaků přepásmováním na nižší tlakové pásmo, snížení vypínacích tlaků u automatických tlakových stanic apod.

Prevencí úniků vody především na stávajících ocelových řadech je aktivní protikorozi ochrana. Protikorozním průzkumem a realizací účinné aktivní protikorozi ochrany se dá předejít značné korozi potrubí, únikům vody, a lze tak prodloužit životnost řadů.

Nezanedbatelný vliv na snižování ztrát vody mohou mít i opatření organizačního charakteru. Dispečerské řízení provozu, dobrá organizace pohotovostní poruchové služby a zkracování doby nutné na odstavení a opravu poruchy od jejího nahlášení se na snižování ztrát též podílí. ^[10]

3 UFR – UNMEASURED FLOW REDUCER

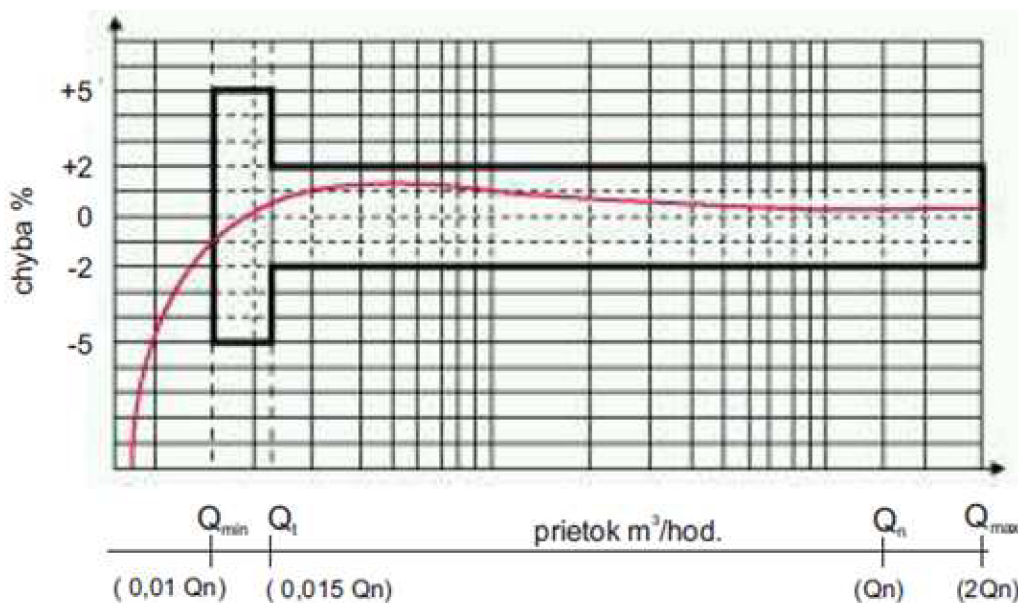
3.1 VODOMĚR

Vodoměr je přístroj určený k měření, zaznamenávání a zobrazení objemu vody protékajícího měřicím snímačem za podmínek měření. ^[4] Vodoměr je důležitou součástí vodovodní přípojky a nezbytnou podmínkou pro napojení do vodovodní sítě. Vodoměry je nutné pravidelně kontrolovat, neboli cejchovat (v případě vodoměrů na studenou vodu každých 6 let).

Vodoměry dělíme podle účelu použití a podle principu měření průtoku vody do několika různých skupin, např.: bytové, domovní, průmyslové, hydrantové, indukční, apod. Rozlišujeme i rychlostní a objemové vodoměry. Objemový vodoměr slouží pro přesnější měření a funguje na principu střídavého plnění nádob uvnitř vodoměru. Rychlostní vodoměry jsou nejpoužívanější. Pracují na základě dynamického působení tlaku protékající vody na lopatky, které roztáčejí počítadlo vodoměru. Tyto rozlišujeme na tzv. suchoběžné a mokroběžné vodoměry. Suchoběžný vodoměr má magnetickou spojku mezi lopatkovým kolem a počítadlem. Lze ho tedy dostatečně silným magnetem ovlivňovat, aby se zastavil. Mokroběžný vodoměr má tento prvek z konstrukce vyloučen. Díky tomu je chráněn před nepoctivými spotřebiteli, kteří se snaží ovlivňovat vodoměr ve svůj prospěch.

Jak bylo uvedeno výše (kap. 2.2), ztráty vody se skládají ze skutečných a zdánlivých ztrát. Skutečné ztráty jsou objemem vody všech typů úniků ztrát v síti, jako například netěsnost, přepady vodojemů, ztráty na přípojkách a další. Zdánlivé ztráty se skládají z nelegálních odběrů a dalších nepřesností v měření vody, která je spotřebiteli odebrána, ale nezaplacena. Tyto ztráty představují finanční ztráty ve výnosech majitele a provozovatele vodovodní sítě. Jsou způsobeny především krádežemi vody, chybami v měření a účtování a nezměřitelnými průtoky vody.

Nezměřitelný průtok vodoměrem je považován za jednu z největších příčin zdánlivých ztrát. Výkon jakéhokoliv vodoměru může být popsán pomocí středních hodnot průtoků na křivce chyb vodoměru (Obr. 3.1). První hodnota je tzv. startovací průtok (Q_a), pod kterým vodoměr spotřebu neregistruje vůbec. Když je průtok roven velikosti minimálního průtoku (Q_{min}), chyba měřiče by měla být $\pm 5\%$. Při přechodovém průtoku (Q_t) vodoměr dosahuje maximální přesnosti a chyba je asi $\pm 2\%$. Jmenovitý průtok (Q_n) je roven polovině maximálního průtoku (Q_{max}).



Obr. 3.1: Křivka chyb vodoměru ^[15]

Při průtoku vodoměrem nižším než Q_{min} chyba měření roste velmi rychle. V případě starého vodoměru by se nemuselo registrovat dokonce více než 50 % objemu vody, který proteče. Proto byl zájem tyto ztráty vody kontrolovat a snižovat. Na trhu se objevilo několik hydraulických zařízení připojených k vodoměru, který nebyl schopen malé průtoky měřit. Možným řešením se jevílo zavedení pulzujících ventilů. UFR při nízkých průtocích pouští v pulzech vodu přes vodoměr hodnotami vyššími než je startovací průtok vodoměru.

Běžné domovní vodoměry, obvykle rychlostní, jsou určeny pro měření protečeného množství studené pitné vody, třídy přesnosti B, Q_n 2,5 (jmenovitý průtok [m^3/hod]). Na ciferníku vodoměru je vyznačena jeho přesnost v různých polohách. Označení H/B znamená, že v případě instalace vodoměru v horizontální (vodorovné) poloze měří ve třídě přesnosti B. Označení V/A znamená, že vodoměr instalovaný ve vertikální (svislé) poloze měří ve třídě přesnosti A. Pokud označení H a V chybí, platí přesnost vodoměru pro obě polohy.

Vodoměry jsou rozděleny do tří metrologických tříd přesnosti podle hodnot minimálního průtoku (Q_{min}) a přechodového průtoku Q_t (Tab. 3.1).

Tab. 3.1: Metrologické třídy přesnosti vodoměru ^[2]

Třídy:		Q _n	
		< 15 m ³ /hod	≥ 15 m ³ /hod
Třída A	Hodnota: Q _{min}	0,04 Q _n	0,08 Q _n
	Hodnota: Q _t	0,10 Q _n	0,30 Q _n
Třída B	Hodnota: Q _{min}	0,02 Q _n	0,03 Q _n
	Hodnota: Q _t	0,08 Q _n	0,20 Q _n
Třída C	Hodnota: Q _{min}	0,01 Q _n	0,006 Q _n
	Hodnota: Q _t	0,015 Q _n	0,015 Q _n

Zjednodušeně:^[8]

A... vodoměr měří cca od 60 l/hod

B... vodoměr měří cca od 30 l/hod

C... vodoměr měří cca od 15 l/hod

Stanovení optimální velikosti vodoměru se provádí pro budovy určené k bydlení (rodinné domky, činžovní a panelové domy, apod.) ze vzorce 3.1^[12]. Zjednodušené stanovení velikosti vodoměru je uvedeno v tabulce 3.2.

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^m (q_i^2 \times n_i)} \quad [l \cdot s^{-1}] \quad (3.1)$$

n počet zařizovacích předmětů stejného typu

q hodnota jmenovitého výtoku zařizovacího předmětu [l · s⁻¹]

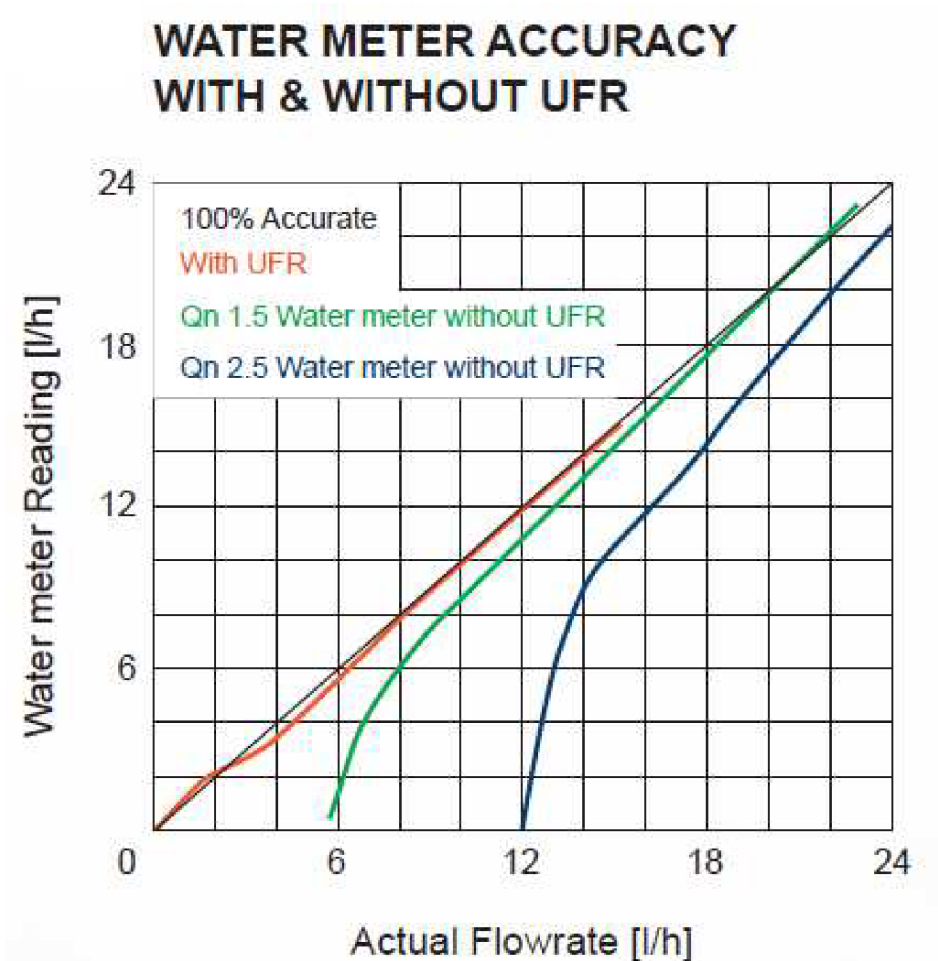
Tab. 3.2: Velikost vodoměru ^[12]

Velikost vodoměru Q _n [m ³ /hod]	1,5	2,5	3,5	6,0	10,0
--	-----	-----	-----	-----	------

3.2 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ MALÝCH ODBĚRŮ NA DOMOVNÍCH PŘÍPOJKÁCH

Běžné domovní vodoměry nejsou z technických a konstrukčních důvodů schopné přesně zaznamenat nízké průtoky 1 – 25 l/hod. Z hlediska spotřebitele jde o kapající, nebo nedostatečně uzavřené vodovodní baterie, protékající WC, netěsnosti v domácím rozvodu vody, či záměrné „nakapávání si“ vody do zásoby ze strany vychytralých spotřebitelů. Množství této nefakturované vody se promítá do celkových ztrát vodárenské společnosti a může dosáhnout až 5 – 10 % z celkového množství nefakturované vody, dodavatele vody tak připravuje o nemalé příjmy. ^[19]

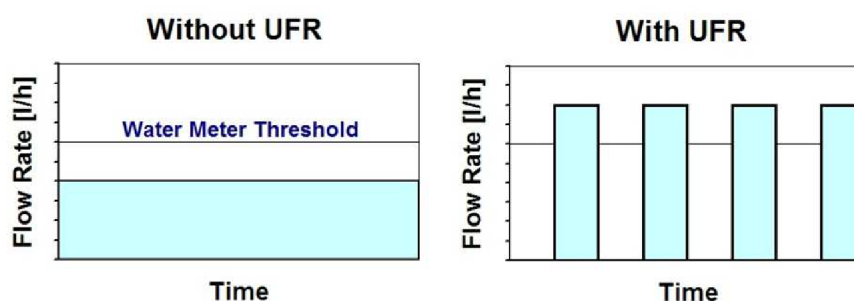
Porovnání naměřených průtoků pro vodoměry třídy přesnosti B je znázorněno na obrázku 3.2, kde je na ose x aktuální průtok a na ose y čtení na vodoměru, obojí v l/hod. Z obrázku můžeme vyčíst, že vodoměr s UFR (na obr. červená) splývá se stoprocentní přesností (černá) již od nejnižších průtoků. Vodoměr velikosti Q_n 1,5 bez UFR (zelená) začíná měřit okolo průtoků 6 l/hod a přibližně od 20 l/hod je změřený průtok také stoprocentní. Oproti tomu vodoměr velikosti Q_n 2,5 bez UFR (modrá), tedy nejběžněji používaný domovní vodoměr, začne měřit až od 12 l/hod a ke stoprocentní přesnosti se přiblíží až při vyšších průtocích nad 24 l/hod - zde již mimo obrázek.



Obr. 3.2: Porovnání naměřeného průtoku pro vodoměry třídy B^[1]

3.3 CO JE UFR

UFR neboli Unmeasured Flow Reducer (omezovač neměřitelných průtoků) je jednoduchá zpětná klapka izraelského výrobce A.R.I. Flow Control Accessories Ltd., pro kterou má firma ATJ special, s.r.o. zastoupení na českém trhu. UFR začíná pracovat, když průtok poklesne pod hodnotu 25 l/hod, funguje tedy jako zpětná klapka, modulující průtok ve chvílích, kdy se průtok vodoměrem dostane pod měřitelnou mez. Při malých průtocích dělí průtok do dávek, tzv. pulzů, které je vodoměr schopen měřit (Obr. 3.3). Naopak v režimech provozu s průtokem nad 25 l/hod zůstává klapka plně otevřena a žádným způsobem neovlivňuje přesnost vodoměru.^[19]

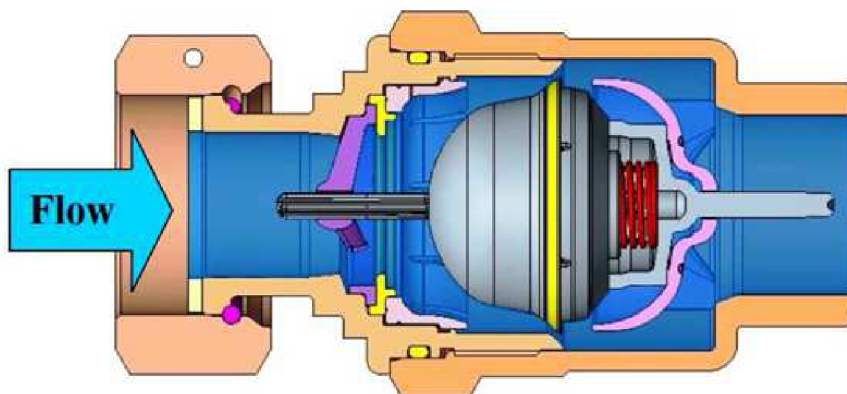


Obr. 3.3: UFR dělí průtok do dávek, tzv. pulzů^[20]

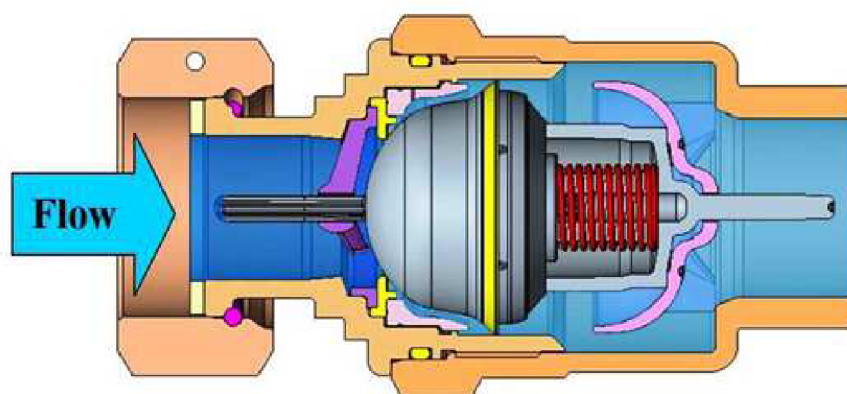
3.4 JAK UFR FUNGUJE

UFR začíná pracovat, když průtok poklesne pod hodnotu 25 l/hod, funguje tedy jako zpětná klapka, modulující průtok ve chvílích, kdy se průtok vodoměrem dostane pod měřitelnou mez. Naopak v režimech provozu s průtokem nad 25 l/hod zůstává klapka plně otevřena a žádným způsobem neovlivňuje přesnost vodoměru. Pokud tedy existuje v systému domácího rozvodu vody bez UFR netěsnost, voda ze systému pomalu vytéká, tlak za vodoměrem klesá, vzniká malý, vodoměrem neměřitelný průtok, který vodoměr není schopen zaznamenat. V systému s instalovaným UFR proces probíhá odlišně. UFR jako klapka malý průtok na krátkou chvíli zadrží a v okamžiku, kdy rozdíl tlaků před a za UFR dosáhne hodnoty 0,4 bar, UFR krátce otevře a propustí do systému malou dávku vody o průtoku vyšším, než je minimální mez měření, čímž aktivuje lopatky vodoměru, který dávku zapíše. Krátkodobý volný průtok skrz UFR vyrovná tlaky před a za UFR a UFR

klapka se uzavře. Kontinuální pokles tlaku v systému za vodoměrem má za následek periodické opakování této operace. Při každém otevření UFR, proteče vodoměrem malá dávka vody o průtoku vyšším, než je minimální mez měření vodoměru a umožní vodoměru toto množství vody změřit. ^[19]



Obr. 3.4: UFR otevřeno ^[20]



Obr. 3.5: UFR uzavřeno ^[20]

3.5 TYPY UFR

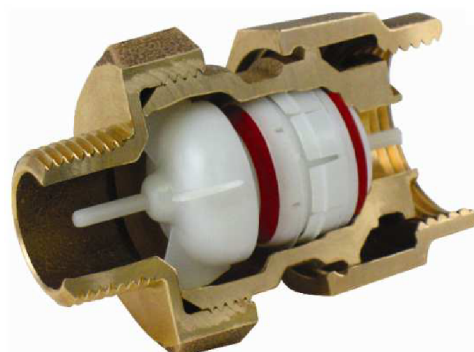
Zařízení UFR jsou na českém trhu dostupné v různém materiálovém provedení. Nejpoužívanější je UFR v plastovém (Obr. 3.6) a mosazném provedení (Obr. 3.7). Možné je také použití UFR integrovaného do kulového ventilu CIMBERIO (Obr. 3.9).



Obr. 3.6: UFR v plastovém provedení ^[20]



Obr. 3.7: UFR v mosazném provedení ^[20]



Obr. 3.8: Řez mosazným UFR ^[20]



Obr. 3.9: UFR integrované v kulovém ventilu CIMBERIO ^[20]

3.6 ZVÝŠENÍ FAKTURACE VODY POUŽITÍM UFR

Uvažujeme např. domácnost, která má 4 členy – tj. 400 l/den. V průměru navýšení fakturace o 5 %, to je cca 1 l/hod. Přínos UFR je počítán jednou s cenou vodného a stočného 77,70 Kč/m³ (Žďár nad Sázavou, 2012), a podruhé pro obec, která je bez kanalizace pouze s cenou za vodu 18 Kč/m³ (Radešínská Svratka, 2012).

V tabulkách 3.3 a 3.4 je uvedeno o jakou výši výnosů majitel a provozovatel vodovodu přichází při nepoužívání zařízení UFR v průběhu 1 roku a 5 let. Ve výpočtu s cenou vodného a stočného již jde o nezanedbatelné částky. Malá obec, v našem případě s cca 600 obyvateli, by si přišla při 100 UFR za 5 let na částku bez mála 400 tis., což pro obec disponující malým rozpočtem je již velkým přínosem.

Tab. 3.3: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Žďár nad Sázavou)

Průtok		Přínos 1 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 1 UFR za 5 let [Kč]	Přínos 100 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 100 UFR za 5 let [Kč]
[l/hod]	[l/rok]				
1	8 760	681	3 403	68 065	340 326
2	17 520	1 361	6 807	136 130	680 652
3	26 280	2 042	10 210	204 196	1 020 978
4	35 040	2 723	13 613	272 261	1 361 304
5	43 800	3 403	17 016	340 326	1 701 630

Tab. 3.4: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Radešínská Svratka)

Průtok		Přínos 1 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 1 UFR za 5 let [Kč]	Přínos 100 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 100 UFR za 5 let [Kč]
[l/hod]	[l/rok]				
1	8 760	158	788	15 768	78 840
2	17 520	315	1 577	31 536	157 680
3	26 280	473	2 365	47 304	236 520
4	35 040	631	3 154	63 072	315 360
5	43 800	788	3 942	78 840	394 200

3.7 TECHNICKÉ PARAMETRY UFR TESTOVANÉ NA ČMI

Technické parametry zařízení UFR byly dle ^[20] potvrzeny testováním na Českém metrologickém institutu. *Český metrologický institut* zabezpečuje jednotnost a přesnost měřidel a měření ve všech oborech vědecké, technické a hospodářské činnosti v rozsahu podle § 14 zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů. Institut provádí metrologický výzkum a uchovává státní etalony, zajišťuje přenos hodnot měřicích jednotek na měřidla nižších přesností, vykonává certifikaci referenčních materiálů, provádí výkon státní metrologické kontroly měřidel a řadu dalších činností. Institut poskytuje široké spektrum služeb. ^[3]

UFR testováno s třemi typy vodoměrů třídy B, DN 20:

- ABB MNR Q_n 2,5
 - SPX XN 020
 - Premex VM 3-5
1. Zkouška statickým tlakem (25,6 a 32 bar)
 2. Zkouška ovlivnění přesnosti vodoměru (při Q_{min}, Q_t, Q_n)
 3. Zkouška funkce jednotky UFR (průtoky 5, 8 a 12 l/hod s UFR před i za vodoměrem)
 4. Zkouška životnosti jednotky UFR (100 tisíc cyklů)

Test opotřebitelnosti v laboratoři ARAN:

- voda s obsahem písku 0,7 g/l a velikost zrn do 0,65 mm
- tvrdost vody CaCO₃ = 251 – 296 mg/l
- testováno zařízení T 40 pro trvalý průtok 8 l/hod

Výsledkem testu bylo konstatování, že zařízení UFR i po 12 milionech cyklů stále pracuje ve správné relaci a není ucpané nebo zaseklé. Dalším zjištěním je také fakt, že počet a charakter jednotlivých pulzů za minutu zůstává neměnný s ohledem na tlakové poměry cca 3 bary. ^[20]

3.8 VÝSLEDKY TESTŮ NA ČMI

- Možnost zvýšení objemu vody fakturované až o 10%
- Zpřesnění měření při průtocích 2 – 12 l/hod
- Zajištění funkčnosti i bez ohledu na kvalitu vody
- Osazení v nových přípojkách – nahrazuje zpětnou klapku
- Možnost použití v malých panelových domech (6 bytů)
- Maximální dostupná velikost 1“ (Q_n 2,5)
- Nutno osadit tam, kde je provozní tlak min. 3,0 bar
- Cena 500 – 1000 Kč dle typu provedení
- Možná varianta přímo v kulovém ventilu – úspora místa
- Zařízení bylo ohodnoceno zlatou medailí na výstavě WATENVI 2010 ^[20]

4 MĚŘENÍ

Vzhledem k tomu, že celý areál školy se rozsáhle rekonstruuje a upravuje a laboratoř ústavu vodního hospodářství obcí nebylo možno pro potřeby diplomové práce využít, rozhodla jsem se po dohodě s vedoucím práce, že měření proběhnou na reálné vodovodní přípojce v rodinném domě. Nelze tedy splnit přesné zadání diplomové práce o měření malých odběrů na vodovodních přípojkách pro různé typy vodoměrů a pro různé hodnoty vstupních tlaků, příp. pro různé materiály, které by se daly zkusit při variabilním sestavení modelu v laboratoři. Nicméně si myslím, že testování konkrétního vodoměru na již existující vodovodní přípojce je přínosem ve vyhodnocování ztrát vody při malých, vodoměrem nezměřitelných průtocích.

4.1 VODOVODNÍ PŘÍPOJKA

4.1.1 Obecní vodovod

Obec Radešínská Svratka leží asi šest kilometrů jižně od Nového Města na Moravě, v okrese Žďár nad Sázavou, v kraji Vysočina, v nadmořské výšce 520 m n. m. a rozkládá se po obou březích říčky Bobrůvky. Katastr obce má rozlohu 699 hektarů a v současnosti zde žije 618 obyvatel. Obec má moderní infrastrukturu, vodovod, je plynofikována a v současné době probíhá výstavba kanalizace a čistírny odpadních vod.

Vodovodní přípojka se nachází v rodinném domě čísla popisného 52 v obci Radešínská Svratka. Rodinný dům je napojen na obecní vodovod, který byl zbudován svépomocí občany obce jako akce Z roku 1989, investorem byl MNV Radešínská Svratka. Před vybudováním tohoto vodovodu měl každý dům v obci jako zdroj pitné vody vlastní studnu anebo jiný povrchový zdroj vody, u kterých ale nebyly kontrolovány hygienické vlastnosti.

Zdrojem vody pro obecní vodovod je soustava 10 studní, které byly zřízeny nad obcí v lesích a lukách. Studny mají vypočtenou vydatnost celkem 0,97 l/s, která se může měnit v závislosti na srážkových poměrech během roku. Svodné řady mezi studnami a sběrnou jámkou jsou uloženy v zemi. Vodovod je zcela gravitační, materiálově provedený z PVC. Skládá se z vodovodního řadu DN 150 mm, na který navazují zásobovací řady A-J celkové délky 3807 m, z toho řad A DN 150 mm má 963 m, a ostatní řady DN 100 mm délku celkem 2844 m. Vodovodní potrubí je uloženo v rýze do šterkopískového lože. Každá třetí

trubka je opatřena betonovým blokem. Šoupata a hydranty jsou označeny na ocelových sloupcích tabulkami. Pro vyhledávání případných poruch je do rýhy k vodovodnímu potrubí přiložena zemní páska FeZn.

Vodojem je 2x 150 m³ montovaný typový, obsypaný se sklonem svahů 1:1,5. Manipulační komora MK3-2 je typová, je zde osazen vodoměr DN 100 mm. Pro hygienické zabezpečení pitné vody je v komoře vodojemu osazena odradonovací stanice a dávkovač chlornanu sodného.

4.1.2 Domovní přípojka

Vodovodní přípojka se v domě nachází v suterénu domu (1.S). Domovní rozvody vody prošly roku 2001 kompletní rekonstrukcí, staré pozinkové trubky byly nahrazeny novými polypropylénovými trubkami DN 25 mm. Na přípojce je osazen běžný domovní vodoměr třídy přesnosti B, Qn 2,5. Za vodoměrem je odkalovací filtr pro filtraci pevných částic z vody. Nakonec je zde umístěn redukční ventil omezující vysoký tlak na přípojce, který by mohl způsobit přetěžování vodovodních baterií a zkrácení jejich životnosti. Tlak je na redukci nastaven zhruba na 3,5 baru. Při instalaci UFR zařízení byl redukční ventil sice ponechán, ale na čas zbaven funkce redukční, načež slouží pouze jako ukazatel aktuálního tlaku. Tlak je tedy dán výškovým převýšením vodojemu a domovní přípojky, a pohybuje se okolo 6,4 bar. UFR zařízení v mosazném provedení bylo instalováno na přípojce za vodoměr ve svislé poloze na samostatně uzavíratelný obtok. Za vodoměrem ve svislé poloze bylo instalováno kvůli nedostatku místa v jiných částech přípojky. Samostatný obtok byl realizován, aby mohlo současně probíhat měření malých odběrů i bez vlivu UFR. Eliminace funkce redukčního ventilu musela být provedena z důvodu správného fungování UFR. Zařízení totiž pracuje na bázi změny tlaků před a za ním. Kdyby byl redukční ventil ponechán ve stejném stavu, neumožňoval by potřebné kolísání tlaků, a tím správnou funkci UFR. Zařízení bylo zapůjčeno prostřednictvím vedoucího diplomové práce společností ATJ Special s.r.o.

Pro lepší představu stavu domovní přípojky před a po namontování UFR přikládám obrázek 4.1, kde je vodovodní přípojka v původním nepozměněném stavu, a obrázek 4.2, kde je vodovodní přípojka s již instalovaným zařízením UFR. Zařízení samotné je na obrázku 4.3 ve srovnání s délkovým měřítkem pro představu jeho reálné velikosti. Na obrázku 4.4 je znázorněna změna tlaků na manometru při práci UFR.



Obr. 4.1: Vodovodní přípojka bez UFR ^[17]



Obr. 4.2: Vodovodní přípojka s UFR ^[17]



Obr. 4.3: Zařízení UFR ^[17]



Obr. 4.4: Rozdíl tlaků při práci UFR ^[17]

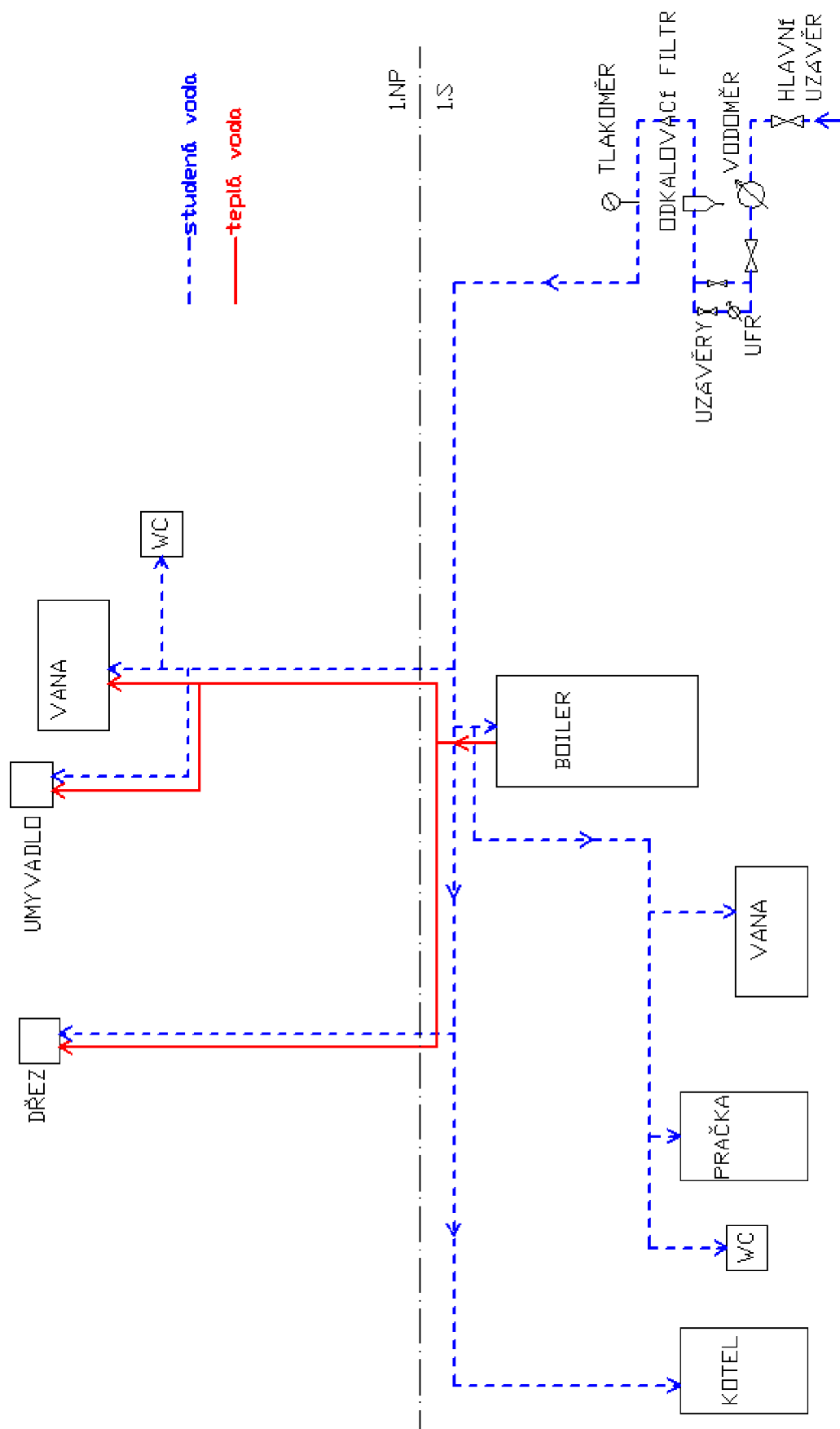
4.1.3 Popis objektu

V domě trvale žije pět dospělých osob a jedno dítě – otec (69 let), matka (67 let), syn s manželkou a dcerou (30 a 28 let, 2 roky), a dcera (25 let). Otec i matka jsou již důchodci. Syn pracuje jako stavební dělník, jeho manželka je s malou dcerou na rodičovské dovolené. Dcera je studentka pobývajících v Brně. V domě se tedy většinou po celý den nacházejí 3 dospělé osoby a jedno dítě.

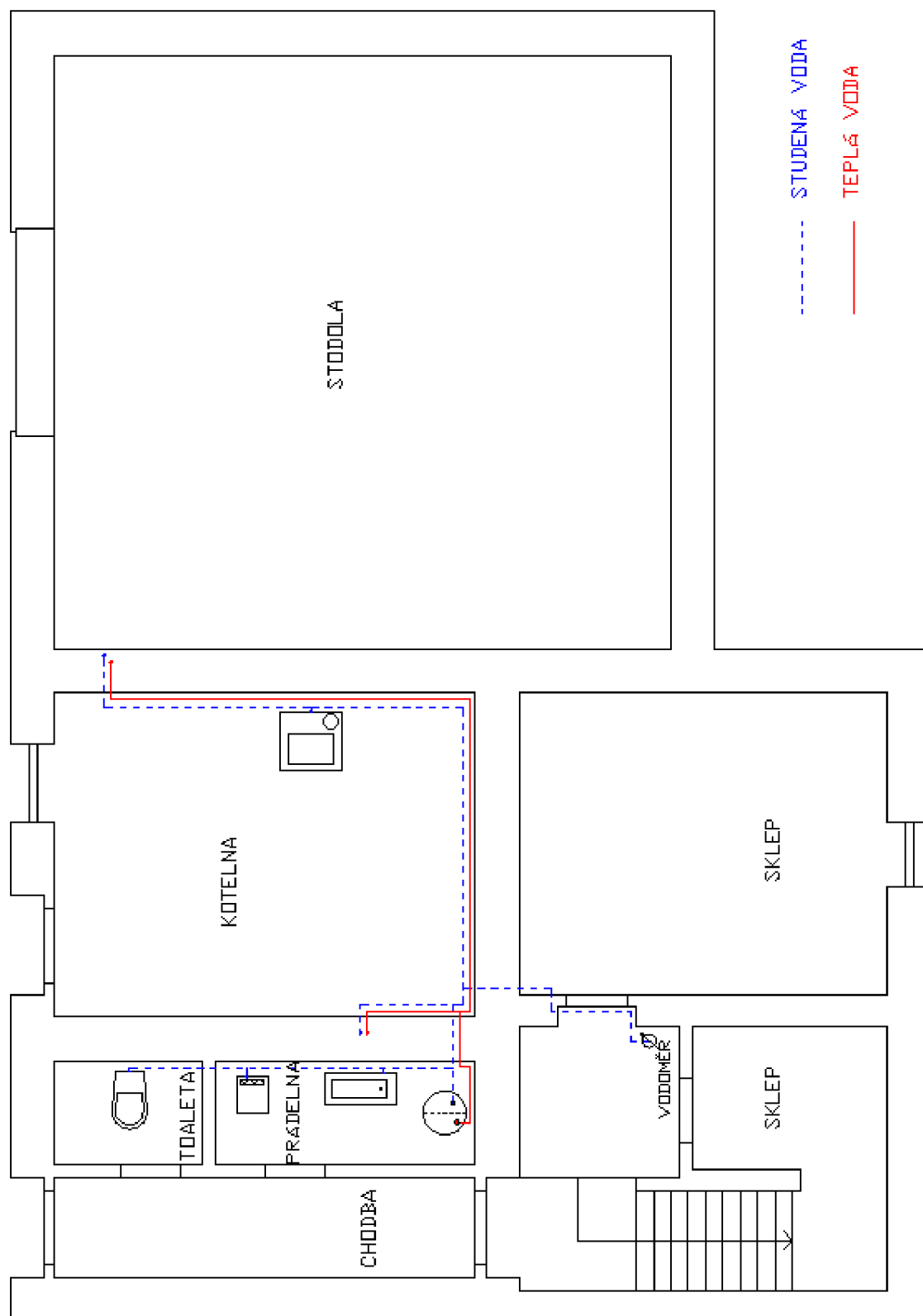
Rodinný dům leží ve svahu a má jedno obydlené nadzemní podlaží (1.NP) a suterén (1.S). V suterénu je umístěna i vodovodní přípojka s vodoměrem. Potrubí od vodoměru dále pokračuje suterénem směrem k odběrným místům v prádelně, na toaletě a v kotelně. V prádelně je umístěn plynový boiler pro ohřev vody, dále jako největší odběr vody pračka a následně vana, která se ale již dlouhá léta využívá pouze jako místo pro odvod odpadní vody z praní. V kotelně je jediný odběr ke kotli na tuhá paliva. Z kotelny je zdí vyvedeno potrubí do 1.NP, kde se nachází tři odběrná místa, a to kuchyň, koupelna a toaleta. V kuchyni se nachází pouze dřez. V koupelně je vyveden odběr do vany a umyvadla. Z koupelny je podlahou vyvedeno potrubí k toaletě. Dům má ještě druhé nadzemní podlaží (2.NP), kde je ale pouze jeden obydlený pokoj bez odběru, a zbytek plochy zabírá půda.

Přibližné schéma domu a rozvodů vody, včetně veškerých odběrů, místností a příslušenství jsou patrné z obrázků 4.5, 4.6 a 4.7.

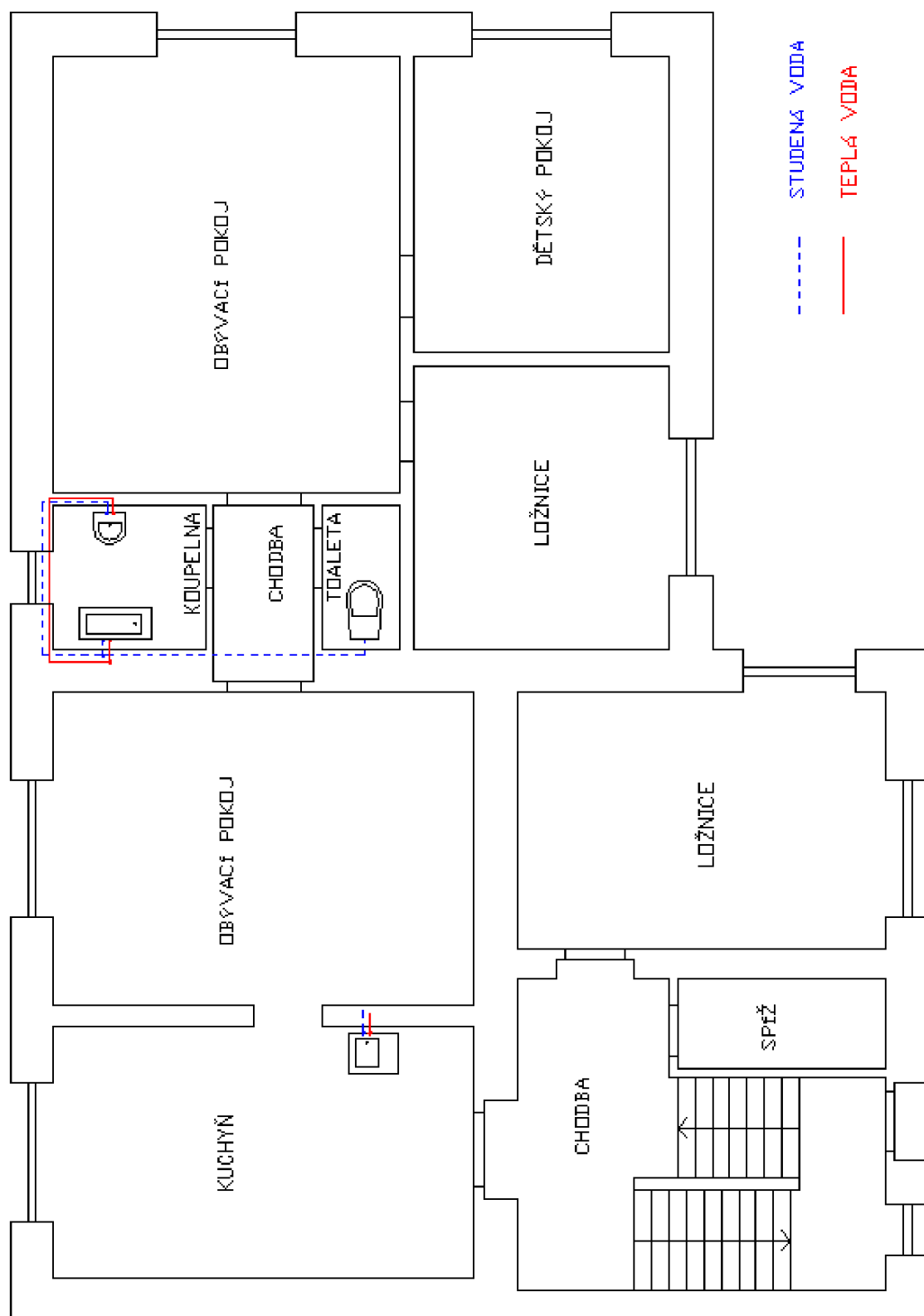
Obrázek 4.5 znázorňuje schéma rozvodů studené a teplé vody od vodoměru až k vlastním odběrným místům po instalaci UFR. Obrázek 4.6 znázorňuje rozvod studené a teplé vody k odběrným místům včetně všech místností v suterénu domu (1.S). Obrázek 4.7 znázorňuje rozvod studené a teplé vody k odběrným místům včetně všech místností v obydleném prvním nadzemním podlaží (1.NP).



Obr. 4.5: Schéma rozvodů vody



Obr. 4.6: Půdorysné schéma 1.S



Obr. 4.7: Půdorysné schéma 1.NP

4.1.4 Domovní vodoměr

Původní vodoměr nacházející se na přípojce byl instalován roku 2001. Od té doby nebyl měněn ani repasován, není tudíž s určitostí prokazatelné, zda ještě fungoval se stoprocentní přesností. Vodoměr je běžného typu pro měření spotřeby vody, třídy přesnosti B, Qn 2,5. Vodoměr je schopen měřit s přesností na 0,5 litru.

Vzhledem k jeho stáří se již nepodařilo dohledat výrobce a přesné technické parametry. Tento vodoměr je znázorněn na obrázku 4.8.



Obr. 4.8: Původní vodoměr ^[17]

Nový vodoměr firmy Sensus byl instalován pro možnost porovnání měření se starým vodoměrem. Tento vodoměr zakoupil majitel a provozovatel vodovodní sítě a na přípojce již trvale zůstane. Výměna tohoto vodoměru a mnoha dalších v obci byla naplánována na následující rok. U tohoto vodoměru, v rámci diplomové práce, došlo pouze k usklopení daného záměru.

Vícevtokový mokroběžný domovní vodoměr, třídy přesnosti B, Qn 2,5, typu XN je určen na měření protečeného objemu studené pitné vody do maximální teploty 40°C. Vodoměr byl uložen ve vodorovné poloze počítadlem nahoru. Počítací strojek je kombinací ručičkového a válcového počítadla. Měřicí mechanismus je z plastu, těsnění vodoměru je z gumy, ostatní součásti vodoměru jsou z nerez oceli a mosazi.

Nový vodoměr je znázorněn na obrázku 4.9. Jeho zapojení na přípojku na místo starého vodoměru je na obrázku 4.10. Technické parametry a schéma tohoto vodoměru je znázorněno na obrázku 4.11. Křivka chyb tohoto vodoměru je na obrázku 3.1 ze str. 25.



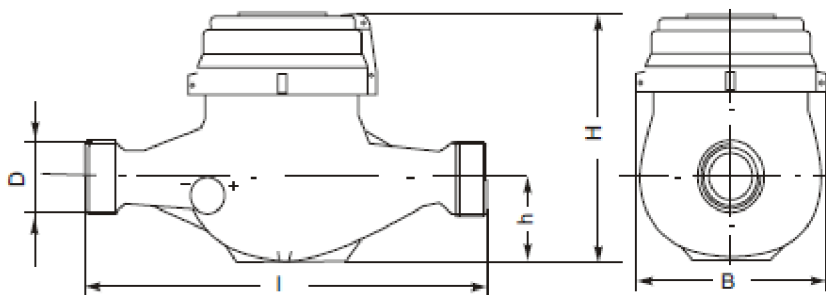
Obr. 4.9: Nový vodoměr [17]



Obr. 4.10: Zapojení nového vodoměru [17]

Technické parametry:

Velikost vodoměru		2,5	m ³ /h
Třída přesnosti		B	
Maximální průtok	Q_{\max}	5	m ³ /h
Jmenovitý trvalý průtok	Q_n	2,5	m ³ /h
Přechodový průtok	Q_t	0,2	m ³ /h
Minimální průtok	Q_{\min}	0,05	m ³ /h
Jmenovitý tlak	PN	1,6	MPa
Jmenovitá teplota	t	40	°C
Dovolená chyba v rozsahu	$Q_t - Q_{\max}$	± 2	%
	$Q_{\min} - Q_t$	± 5	%
Závit přípojných částí		R 3/4	
Závit vodoměru	D	G1 B	
Rozměry	l	190	mm
	h	36	mm
	H	112	mm
	B	95	mm
Hmotnost		1,6	kg



Obr. 4.11: Technické parametry a schéma nového vodoměru ^[15]

4.2 MĚŘENÍ NA PŘÍPOJCE

Měření probíhala dvojího typu:

1. Denní měření
2. Hodinová měření

U každého z nich se dále měření rozdělovalo:

- Měření bez UFR na původním vodoměru
- Měření s UFR na původním vodoměru
- Měření bez UFR na novém vodoměru

4.2.1 Denní měření

Toto měření spočívalo v každodenním zapisování stavu vodoměru vždy ve stejnou hodinu večer do připravené tabulky. Zapisování se událo ve třech různých intervalech. V prvním čtyřtýdenním intervalu, od 19. 10. 2012 do 15. 11. 2012, se zapisoval stav na vodoměru bez jakéhokoliv zásahu na přípojce, tedy bez UFR. Před druhým intervalem zapisování stavů vodoměru, tedy 16. 11. 2012, bylo na přípojku nainstalováno UFR, a to na samostatný obtok pro potřeby dalšího měření. Interval tohoto měření s UFR trval také čtyři týdny, a to do 13. 12. 2012. A poslední, pro nedostatek času už jenom týdenní, interval zapisování probíhal bez UFR, ale již s novým vodoměrem, který byl nainstalován 14. 12. 2012. Měřeno bylo do 21. 12. 2012.

Do připravené tabulky se zapisovala ke každému dni doba odečtu vodoměru, stav vodoměru, počet osob a významné odběry. Ostatní položky tabulky se z těchto hodnot následně vypočítaly. Zvolený čas byl 22:00, aby spotřeba na vodoměru byla vždy pro celých 24 hodin. K tomu se zaznamenával počet osob, které se v domě za daný den nacházeli, a dále významné odběry vody, např. při praní a úklidu. Běžné odběry, jako například osobní potřeba a hygiena, spotřeba na vaření a mytí nádobí, jsou každodenní záležitost a zapisovat se nemusely.

Dle zapsaných stavů vodoměru po sobě jdoucích se rozdílem stanovila spotřeba vody za každý den. Na základě počtu osob se spočetla spotřeba vody na osobu a den. Ve dnech, kdy se pralo prádlo, se od denní spotřeby odčítala spotřeba na jednotlivá praní. Spotřeba pračky byla stanovena pokusem, při kterém se zapsal stav vodoměru před a po

probíhajícími praní, načež nebyl žádný jiný odběr. Rozdíl těchto dvou hodnot pak znamenal množství vody, které pračka spotřebovala na jedno praní. Hodnota byla odzkoušena vícekrát, rozdíl byl vždy $\pm 1,5$ litru, vzala se tedy průměrná hodnota. V prvních dvou intervalech se od sebe nelišila, a byla stanovena na 84 litrů. Ve třetím mírně poklesla a to na 82 litrů.

Po dokončení čtyřtýdenního, resp. týdenního měření byly spočítány průměrné hodnoty denní spotřeby vody, průměrné hodnoty spotřeby vody na osobu a den, a spotřeby vody na osobu a den bez praní. Tyto hodnoty z jednotlivých tabulek byly vloženy do souhrnné tabulky a mezi sebou porovnány.

Veškeré stavy vodoměru a hodnoty jednotlivých spotřeb vody za den jsou znázorněny v tabulkách 4.1 - 4.4.

Tabulka 4.1 znázorňuje stavy vodoměru při prvním intervalu zapisování, a to na přípojce bez UFR s původním vodoměrem.

Tabulka 4.2 znázorňuje stavy vodoměru při druhém intervalu měření na přípojce s již instalovaným UFR, ale stále s původním vodoměrem.

Tabulka 4.3 zaznamenává stavy vodoměru posledního týdenního intervalu zapisování znovu bez zařízení UFR, ale již s vyměněným, zcela novým vodoměrem.

Tabulka 4.4 je souhrnná tabulka. Porovnává průměrné hodnoty spotřeby vody za den, průměrné hodnoty spotřeby vody na osobu a den s praním a bez praní, a průměrný počet praní za jeden týden.

Tab. 4.1: Čtyřtýdenní měření bez UFR na původním vodoměru

Den	Hodina	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba [l/den]	Počet osob*	Spotřeba na 1 osobu celkem [l/den]	Spotřeba na 1 os. bez praní [l/den]	Poznámka
19.10.2012	22:00	1981,4225					
20.10.2012	22:00	1981,6430	220,5	3/2	73,5	73,5	úklid
21.10.2012	22:00	1982,1830	540,0	16/13	33,7	28,5	1x pračka, rodinná oslava
22.10.2012	22:00	1982,5675	384,5	5/1	76,9	60,1	1x pračka
23.10.2012	22:00	1982,8565	289,0	5/1	57,8	41,0	1x pračka
24.10.2012	22:00	1982,9490	92,5	5/1	18,5	18,5	
25.10.2012	22:00	1983,2190	270,0	5/1	54,0	54,0	
26.10.2012	22:00	1983,6575	438,5	6/2	73,1	59,1	1x pračka
27.10.2012	22:00	1983,8670	209,5	6/2	34,9	34,9	úklid
28.10.2012	22:00	1984,3070	440,0	6/1	73,3	59,3	1x pračka
29.10.2012	22:00	1984,5420	235,0	5/3	47,0	47,0	
30.10.2012	22:00	1984,8780	336,0	5/3	67,2	67,2	
31.10.2012	22:00	1985,2965	418,5	5/3	83,7	50,1	2x pračka
1.11.2012	22:00	1985,5365	240,0	5/3	48,0	48,0	
2.11.2012	22:00	1985,7985	262,0	6/4	43,7	29,7	1x pračka
3.11.2012	22:00	1986,4470	648,5	6/3	108,1	66,1	3x pračka, úklid
4.11.2012	22:00	1986,6950	248,0	6/4	41,3	41,3	
5.11.2012	22:00	1986,9115	216,5	5/3	43,3	26,5	1x pračka
6.11.2012	22:00	1987,3050	393,5	5/3	78,7	61,9	1x pračka
7.11.2012	22:00	1987,6830	378,0	6/4	63,0	49,0	1x pračka
8.11.2012	22:00	1988,0015	318,5	6/3	53,1	53,1	
9.11.2012	22:00	1988,1930	191,5	4/1	47,9	47,9	
10.11.2012	22:00	1988,6505	457,5	6/6	76,2	62,2	1x pračka, úklid
11.11.2012	22:00	1988,8285	178,0	6/4	29,7	29,7	
12.11.2012	22:00	1989,3095	481,0	6/1	80,2	52,2	2x pračka
13.11.2012	22:00	1989,4420	132,5	5/3	26,5	26,5	
14.11.2012	22:00	1989,7725	330,5	5/3	66,1	66,1	
15.11.2012	22:00	1990,0685	296,0	5/1	59,2	25,6	2x pračka

průměr 324,1 57,7 47,4 1x pračka = 84 l

* počet osob celkem/počet osob, které nebyli doma celý den

Tab. 4.2: Čtyřtýdenní měření s UFR na původním vodoměru

Den	Hodina	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba [l/den]	Počet osob *	Spotřeba na 1 osobu celkem [l/den]	Spotřeba na 1 os. bez praní [l/den]	Poznámka
16.11.2012	22:00	1990,3995					
17.11.2012	22:00	1990,6825	283,0	6/1	47,2	47,2	úklid
18.11.2012	22:00	1991,0315	349,0	6/0	58,2	58,2	
19.11.2012	22:00	1991,4405	409,0	6/3	68,2	54,2	1x pračka
20.11.2012	22:00	1991,6140	173,5	5/3	34,7	34,7	
21.11.2012	22:00	1992,0570	443,0	5/1	88,6	71,8	1x pračka
22.11.2012	22:00	1992,2340	177,0	5/1	35,4	35,4	
23.11.2012	22:00	1992,5600	326,0	5/3	65,2	48,4	1x pračka
24.11.2012	22:00	1992,9375	377,5	6/4	62,9	48,9	1x pračka, úklid
25.11.2012	22:00	1993,2845	347,0	6/0	57,8	43,8	1x pračka
26.11.2012	22:00	1993,7450	460,5	6/1	76,7	48,7	2x pračka
27.11.2012	22:00	1994,0125	267,5	6/3	44,6	44,6	
28.11.2012	22:00	1994,2915	279,0	6/1	46,5	46,5	
29.11.2012	22:00	1994,6900	398,5	5/3	79,7	62,9	1x pračka
30.11.2012	22:00	1995,0795	389,5	6/1	64,9	36,9	2x pračka
1.12.2012	22:00	1995,5835	504,0	6/4	84,0	84,0	úklid
2.12.2012	22:00	1995,8420	258,5	6/0	43,1	43,1	
3.12.2012	22:00	1996,2565	414,5	6/3	69,1	55,1	1x pračka
4.12.2012	22:00	1996,5050	248,5	6/2	41,4	41,4	
5.12.2012	22:00	1996,8460	341,0	6/1	56,8	56,8	
6.12.2012	22:00	1997,2040	358,0	6/3	59,7	59,7	
7.12.2012	22:00	1997,4495	245,5	6/1	40,9	40,9	
8.12.2012	22:00	1998,1370	687,5	6/0	114,6	86,6	2x pračka, úklid
9.12.2012	22:00	1998,4820	345,0	6/1	57,5	57,5	
10.12.2012	22:00	1998,7800	298,0	6/1	49,7	49,7	
11.12.2012	22:00	1999,1290	349,0	6/1	58,2	44,2	1x pračka
12.12.2012	22:00	1999,4220	293,0	6/1	48,8	34,8	1x pračka
13.12.2012	22:00	1999,7935	371,5	6/1	61,9	47,9	1x pračka
průměr			350,4		59,9	51,3	1x pračka = 84 l

* počet osob celkem/počet osob, které nebyli doma celý den

Tab. 4.3: Týdenní měření bez UFR na novém vodoměru

Den	Hodina	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba [l/den]	Počet osob *	Spotřeba na 1 osobu celkem [l/den]	Spotřeba na 1 os. bez praní [l/den]	Poznámka
14.12.2012	22:00	0,3435					
15.12.2012	22:00	0,7340	390,5	6/2	65,1	51,4	1x pračka, úklid
16.12.2012	22:00	0,9685	234,5	4/0	58,6	58,6	
17.12.2012	22:00	1,3100	341,5	4/1	85,4	23,9	3x pračka
18.12.2012	22:00	1,6950	385,0	4/1	96,3	34,8	3x pračka
19.12.2012	22:00	1,8990	204,0	4/1	51,0	68,0	
20.12.2012	22:00	2,1300	231,0	4/1	57,8	77,0	
21.12.2012	22:00	2,4760	346,0	4/1	86,5	86,5	úklid
průměr			304,6		71,5	57,2	1x pračka = 82 l

* počet osob celkem/počet osob, které nebyli doma celý den

Tab. 4.4: Porovnání průměrných hodnot v jednotlivých intervalech měření

Interval	1.	2.	3.
Průměrná denní spotřeba [l/den]	324,1	350,4	304,6
Průměrná spotřeba na 1 osobu celkem [l/den]	57,7	59,9	71,5
Průměrná spotřeba na 1 osobu bez praní [l/den]	47,4	51,3	57,2
Průměrný počet praní za 1 týden	5	4	7

Z tabulky 4.4 vyplývá, že průměrná hodnota denní spotřeby vody v prvním intervalu zapisování stavů vodoměru při denním měření, tedy na původní nepozměněné přípojce bez UFR, byla 324,1 l/den. Při druhém intervalu po zapojení UFR se při jinak téměř totožných podmínkách navýšila na 350,4 l/den. Roli mohla sehrát jistá nerovnoměrnost ve spotřebě vody. Ve třetím - týdenním - intervalu po nainstalování nového vodoměru a měření bez UFR se průměrná denní spotřeba snížila na 304,6 l/den, ale snížil se i počet osob, které pobývaly v domě.

Průměrná spotřeba vody na 1 osobu a den ve dnech bez použití pračky a ve dnech s praním se v prvních dvou intervalech měření lišila jen mírně, malé navýšení v druhém intervalu bylo opět přičteno nerovnoměrnosti ve spotřebě vody. Ve třetím intervalu se hodnoty dosti navýšily, a to z důvodu menšího počtu osob v domácnosti při vyšší spotřebě

vody. Nárůst spotřeby vody v tomto týdnu je zřejmý z důvodu předvánočního času spojeného s větším počtem praní a úklidu. Počet praní je oproti průměrným hodnotám z předchozího měření navýšen o dvoje praní za týden. Taktéž se v posledním týdnu zkrátil interval úklidu na rozdíl od předchozích týdnů.

4.2.2 Hodinová měření

Hodinová měření probíhala v odpoledních a nočních hodinách při zamezení veškerého ostatního odběru vody v domácnosti, včetně splachování toalety. Pro všechny případy potřeby vody v domě byla nachystána voda v přistavených nádobách. Při spotřebování nachystané vody byl použit náhradní zdroj pitné vody, a to domácí studna, která není nijak napojena na obecní vodovod, a není tedy zahrnuta do spotřeby vody na vodoměru.

Měření spočívala v nastavení průtoků od nejmenšího kapání 2 l/hod až po slabý proud vody 20 l/hod, resp. 30 l/hod, v zachycení tohoto průtoků do přichystaných nádob, a ve sledování případné změny stavu vodoměru. Pro lepší představu, jak velký je například průtok 12 l/hod, přikládám obrázek 4.12.

Množství vody nateklé v nádobě za daný čas se poté porovnávalo s množstvím vody, které za stejný čas zachytil vodoměr. Průtoky se postupně po 2 litrech navyšovaly, a sledovalo se, jak na tyto změny vodoměr reaguje. Začalo se od malých průtoků, které samotný vodoměr nezachytil, přes průtoky, kdy zachytil jen část, až po průtoky, které již zachytil úplně. Cílem bylo zjištění konkrétních hodnot průtoků protečených a k tomu skutečné množství vody změřené vodoměrem.

Jednotlivé průtoky od nejmenšího po největší byly měřeny po hodinách, resp. půlhodinách. Poté byly vybrány konkrétní průtoky, které se měřily bez ustání v delším časovém intervalu, a to 4 hodiny. Po jednotlivých půlhodinách se zapisoval stav vodoměru a množství nateklé vody. Obě tyto hodnoty se mezi sebou porovnávaly.

Voda byla zachytávána do připravených nádob, jako na obrázku 4.13, a měřena s přesností na 0,5 litru, protože i na samotném vodoměru bylo možno rozlišit nejmenší hodnoty na 0,5 litru. Množství takto nashromážděné vody se poté zpracovávalo při dalším měření jako načerpaná zásoba vody pro domácnost při nemožnosti spouštění ostatních odběrů.



Obr. 4.12: Průtok 12 l/hod^[17]



Obr. 4.13: Zachytávání měřené vody do nádob^[17]

Měření probíhala ve třech různých případech:

1. Měření bez UFR na původním vodoměru
2. Měření s UFR na původním vodoměru
3. Měření bez UFR na novém vodoměru

1. Měření bez UFR na původním vodoměru

Toto měření probíhalo na nijak neovlivněné vodovodní přípojce, a tedy na původním starém vodoměru a bez zapojeného UFR. Cílem tohoto měření bylo zjistit, do jakých průtoků se vodoměr není schopen roztočit, od jakých průtoků je vodoměr schopen dané množství vody zachytit a v jaké míře, a od kdy změří dané množství celé. Při dlouhodobém měření pro jednotlivé vybrané průtoky bylo za cíl zjistit, zda je toto měření stálé, či zda se s časem mění.

Měření daných průtoků po hodinách bylo provedeno na dvou různých odběrných místech. První odběr je situován nejbližší vodoměru a nachází se v suterénu domu v prádelně u vany. Druhý nejvzdálenější odběr od vodoměru se nachází v 1.NP v koupelně domu v umyvadle. Dlouhodobé měření konkrétních průtoků již bylo provedeno pouze na jednom z těchto odběrů, a sice na tom nejvzdálenějším, v koupelně v 1.NP.

Měření po jednotlivých hodinách pro dané průtoky od 2 l/hod až po 20 l/hod je v tabulce 4.5 pro odběr nejbližší, a v tabulce 4.6 pro odběr nejdále.

Měření vybraných průtoků po dobu čtyř hodin jsou v tabulkách 4.7 – 4.11.

Tab. 4.5: M1.1

M1.1							
Tlak 6,4 bar	Průtok	Délka měření	Stav vodoměru		Spotřeba na vodoměru	Objem v barelu	Diference
	[l/hod]	[min]	Před [m ³]	Po [m ³]	[l]	[l]	[l]
Bez UFR - původní vodoměr, odběr nejblíže	2	60	1986,4470	1986,4470	0	2	2,0
	4	60	1986,4470	1986,4470	0	4	4,0
	6	60	1986,4470	1986,4470	0	6	6,0
	8	60	1986,4470	1986,4470	0	8	8,0
	10	60	1986,4470	1986,4470	0	10	10,0
	12	60	1988,0015	1988,0015	0	12	12,0
	14	60	1988,0020	1988,0050	3	14	11,0
	16	60	1988,0055	1988,0150	9,5	16	6,5
	18	60	1988,6505	1988,6655	15	18	3,0
20	60	1988,6685	1988,6885	20	20	0,0	

Tab. 4.6: M1.2

M1.2							
Tlak 6,4 bar	Průtok	Délka měření	Stav vodoměru		Spotřeba na vodoměru	Objem v barelu	Diference
	[l/hod]	[min]	Před [m ³]	Po [m ³]	[l]	[l]	[l]
Bez UFR - původní vodoměr, odběr nejdále	2	60	1996,8460	1996,8460	0	2	2,0
	6	60	1996,8460	1996,8460	0	6	6,0
	10	60	1996,8460	1996,8460	0	10	10,0
	12	60	1996,8460	1996,8460	0	12	12,0
	14	60	1997,2040	1997,2070	3	14	11,0
	16	60	1997,2075	1997,2170	9,5	16	6,5
	18	60	1997,2185	1997,2335	15	18	3,0
	20	60	1997,2360	1997,2560	20	20	0,0

Tab. 4.7: M1.3

M1.3						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 5 l/hod	0,0	1998,4820	0	0	0	0
	0,5	1998,4820	0	0	2,5	2,5
	1,0	1998,4820	0	0	5,0	5,0
	1,5	1998,4820	0	0	7,5	7,5
	2,0	1998,4820	0	0	10,0	10,0
	2,5	1998,4820	0	0	12,5	12,5
	3,0	1998,4820	0	0	15,0	15,0
	3,5	1998,4820	0	0	17,5	17,5
	4,0	1998,4820	0	0	20,0	20,0

Tab. 4.8: M1.4

M1.4						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 10 l/hod	0,0	1998,7800	0	0	0	0
	0,5	1998,7800	0	0	5	5
	1,0	1998,7800	0	0	10	10
	1,5	1998,7800	0	0	15	15
	2,0	1998,7800	0	0	20	20
	2,5	1998,7800	0	0	25	25
	3,0	1998,7800	0	0	30	30
	3,5	1998,7800	0	0	35	35
	4,0	1998,7800	0	0	40	40

Tab. 4.9: M1.5

M1.5						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 14 l/hod	0,0	1999,1290	0	0	0	0
	0,5	1999,1310	2	2	7	5
	1,0	1999,1320	1	3	14	11
	1,5	1999,1320	0	3	21	18
	2,0	1999,1320	0	3	28	25
	2,5	1999,1320	0	3	35	32
	3,0	1999,1320	0	3	42	39
	3,5	1999,1320	0	3	49	46
	4,0	1999,1320	0	3	56	53

Tab. 4.10: M1.6

M1.6						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 16 l/hod	0,0	1999,4315	0	0	0	0
	0,5	1999,4345	3,0	3,0	8,0	5,0
	1,0	1999,4410	6,5	9,5	16,0	6,5
	1,5	1999,4480	7,0	16,5	24,0	7,5
	2,0	1999,4495	1,5	18,0	32,0	14,0
	2,5	1999,4530	3,5	21,5	40,0	18,5
	3,0	1999,4530	0	21,5	48,0	26,5
	3,5	1999,4530	0	21,5	56,0	34,5
	4,0	1999,4530	0	21,5	64,0	42,5

Tab. 4.11: M1.7

M1.7						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 20 l/hod	0,0	1999,7935	0	0	0	0
	0,5	1999,8035	10,0	10,0	10,0	0,0
	1,0	1999,8135	10,0	20,0	20,0	0,0
	1,5	1999,8235	10,0	30,0	30,0	0,0
	2,0	1999,8335	10,0	40,0	40,0	0,0
	2,5	1999,8430	9,5	49,5	50,0	0,5
	3,0	1999,8530	10,0	59,5	60,0	0,5
	3,5	1999,8630	10,0	69,5	70,0	0,5
	4,0	1999,8725	9,5	79,0	80,0	1,0

Z tabulek 4.5 a 4.6 je patrné, že tato dvě různá odběrná místa mají stejné naměřené hodnoty. Je tedy zřejmé, že již na nejbližším odběrném místě z polohy rozvodů vody v domě je dostatečná ukladňovací délka a nedochází k nechtěnému ovlivňování vodoměru např. zpětnými rázy v potrubí. Pro další měření byl tedy zvolen pouze jeden odběrný bod, a to ten nejbližší - v koupelně domu.

Je zde také patrné, že původní vodoměr nebyl schopen změřit průtoky do 12 l/hod včetně. Po překročení tohoto průtoku začal vodoměr množství vody zachytávat, ale pouze v určité míře. Při 14 l/hod změřil vodoměr během hodiny pouze 3 litry vody. Při zvedajícím se průtoku se začalo poměrně rychle zvedat i změřené množství vody vodoměrem. Například při 18 l/hod již vodoměr zachytával celých 15 litrů. Teprve při průtoku 20 l/hod změřil tento vodoměr veškeré množství nateklé vody.

Z tabulek 4.7 – 4.11 pro vybrané průtoky je zřejmé, jak byl vodoměr schopen daný průtok v čase 4 hodin udržet. Při průtoku, který byl schopen pouze částečně zachytit, se po uplynutí určité doby opět zastavil, a tedy neměřil dlouhodobě odebírané množství vody. Při průtoku 14 l/hod se již po hodině úplně zastavil, a při 16 l/hod se zastavil po 2,5 hodinách měření. Až při průtoku 20 l/hod lze tvrdit, že s minimálními odchylkami měřil správně po delší dobu rovnoměrného odběru.

2. Měření s UFR na původním vodoměru

Toto měření probíhalo na původním starém vodoměru se zapojeným UFR na vodovodní přípojce. Měřeny byly opět průtoky od nejmenšího kapání 2 l/hod se vzrůstající tendencí až po průtok 20 l/hod. Cílem tohoto měření bylo zjistit, zda nainstalované UFR pracuje správně, a zda je schopné dopomoci i tak starému vodoměru k tomu, aby změřil i velmi malé průtoky.

Měření probíhalo již pouze na jediném odběrném místě, a to v koupelně domu v 1.NP. Jednotlivé průtoky byly měřeny nejprve po hodinách, při vyšších průtocích již jen po půlhodinách.

Naměřené hodnoty jsou v tabulce 4.12.

Tab. 4.12: M2.1

M2.1							
Tlak 6,4 bar	Průtok	Délka měření	Stav vodoměru		Spotřeba na vodoměru	Objem v barelu	Diference
	[l/hod]	[min]	Před [m ³]	Po [m ³]	[l]	[l]	[l]
S UFR - původní vodoměr	2	60	1994,0125	1994,0145	2	2	0,0
	4	60	1994,0145	1994,0185	4	4	0,0
	6	60	1994,0185	1994,0245	6	6	0,0
	8	60	1994,0245	1994,0325	8	8	0,0
	10	60	1994,0325	1994,0425	10	10	0,0
	12	30	1994,2915	1994,2975	6	6	0,0
	14	30	1994,2980	1994,3050	7	7	0,0
	16	30	1994,3050	1994,3130	8	8	0,0
	18	30	1994,3140	1994,3230	9	9	0,0
	20	30	1994,3250	1994,3350	10	10	0,0

Dle tabulky 4.12 lze s jistotou tvrdit, že zařízení UFR bylo nainstalováno správně, protože díky němu i starý původní vodoměr byl schopen změřit veškeré množství protečené vody. Nemělo tedy vliv, že je zabudováno do přípojky za vodoměrem, ani to, že je ve svislé poloze. Od měření v delším časovém intervalu bylo tedy upuštěno.

3. Měření bez UFR na novém vodoměru

Poslední třetí měření probíhalo bez UFR na zcela novém vodoměru. Měřeny byly opět průtoky od nejmenšího 2 l/hod až po 30 l/hod, resp. 40 l/hod. Měřily se stejně jako v prvním případě dané průtoky po jednotlivých hodinách, a poté vybrané průtoky po delší časový úsek 4 hodin, resp. 2 hodiny. Cílem tohoto měření bylo zjistit, do jaké míry se budou naměřené hodnoty shodovat či lišit od hodnot naměřených starým původním vodoměrem.

Obě měření, jak jednotlivých průtoků, tak vybraných průtoků v delším časovém úseku, probíhaly opět pouze na jednom odběrném místě v koupelně domu v 1.NP.

Měření daných průtoků po hodinách je v tabulce 4.13. Naměřené delší časové úseky vybraných průtoků jsou v tabulkách 4.14 – 4.20.

Tab. 4.13: M3.1

M3.1							
Tlak 6,4 bar	Průtok	Délka měření	Stav vodoměru		Spotřeba na vodoměru	Objem v barelu	Diference
	[l/hod]	[min]	Před [m ³]	Po [m ³]	[l]	[l]	[l]
Bez UFR - nový vodoměr	2	60	0,6705	0,6705	0	2	2,0
	4	60	0,6705	0,6705	0	4	4,0
	6	60	0,6705	0,6705	0	6	6,0
	8	60	0,6705	0,6705	0	8	8,0
	10	60	0,7340	0,7360	2	10	8,0
	12	60	0,7360	0,7410	5	12	7,0
	14	60	0,7410	0,7500	9	14	5,0
	16	60	0,8330	0,8450	12	16	4,0
	18	60	0,8475	0,8615	14	18	4,0
	20	60	1,6950	1,7120	17	20	3,0
	24	60	1,7150	1,7350	20	24	4,0
	30	60	1,7350	1,7650	30	30	0,0

Tab. 4.14: M3.2

M3.2						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 5 l/hod	0,0	0,9685	0	0	0	0
	0,5	0,9685	0	0	2,5	2,5
	1,0	0,9685	0	0	5,0	5,0
	1,5	0,9685	0	0	7,5	7,5
	2,0	0,9685	0	0	10,0	10,0
	2,5	0,9685	0	0	12,5	12,5
	3,0	0,9685	0	0	15,0	15,0
	3,5	0,9685	0	0	17,5	17,5
	4,0	0,9685	0	0	20,0	20,0

Tab. 4.15: M3.3

M3.3						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 10 l/hod	0,0	1,2715	0	0	0	0
	0,5	1,2725	1	1	5	4
	1,0	1,2735	1	2	10	8
	1,5	1,2745	1	3	15	12
	2,0	1,2755	1	4	20	16
	2,5	1,2765	1	5	25	20
	3,0	1,2775	1	6	30	24
	3,5	1,2785	1	7	35	28
	4,0	1,2795	1	8	40	32

Tab. 4.16: M3.4

M3.4						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 14 l/hod	0,0	1,3100	0	0	0	0
	0,5	1,3145	4,5	4,5	7,0	2,5
	1,0	1,3190	4,5	9,0	14,0	5,0
	1,5	1,3240	5,0	14,0	21,0	7,0
	2,0	1,3260	2,0	16,0	28,0	12,0
	2,5	1,3305	4,5	20,5	35,0	14,5
	3,0	1,3355	5,0	25,5	42,0	16,5
	3,5	1,3400	4,5	30,0	49,0	19,0
	4,0	1,3445	4,5	34,5	56,0	21,5

Tab. 4.17: M3.5

M3.5						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 16 l/hod	0,0	1,6330	0	0	0	0
	0,5	1,6390	6,0	6,0	8,0	2,0
	1,0	1,6450	6,0	12,0	16,0	4,0
	1,5	1,6505	5,5	17,5	24,0	6,5
	2,0	1,6570	6,5	24,0	32,0	8,0
	2,5	1,6630	6,0	30,0	40,0	10,0
	3,0	1,6685	5,5	35,5	48,0	12,5
	3,5	1,6745	6,0	41,5	56,0	14,5
	4,0	1,6800	5,5	47,0	64,0	17,0

Tab. 4.18: M3.6

M3.6						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 24 l/hod	0,0	1,8295	0	0	0	0
	0,5	1,8395	10,0	10,0	12,0	2,0
	1,0	1,8495	10,0	20,0	24,0	4,0
	1,5	1,8590	9,5	29,5	36,0	6,5
	2,0	1,8690	10,0	39,5	48,0	8,5
	2,5	1,8785	9,5	49,0	60,0	11,0
	3,0	1,8880	9,5	58,5	72,0	13,5
	3,5	1,8980	10,0	68,5	84,0	15,5
	4,0	1,9075	9,5	78,0	96,0	18,0

Tab. 4.19: M3.7

M3.7						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 30 l/hod	0,0	2,7510	0	0	0	0
	0,5	2,7660	15,0	15,0	15,0	0,0
	1,0	2,7810	15,0	30,0	30,0	0,0
	1,5	2,7960	15,0	45,0	45,0	0,0
	2,0	2,8110	15,0	60,0	60,0	0,0

Tab. 4.20: M3.8

M3.8						
Tlak 6,4 bar	Doba měření [hod]	Stav vodoměru [m ³]	Spotřeba na vodoměru [l]	Spotřeba na vodoměru [l]	Objem vody v barelu [l]	Diference [l]
Průtok 40 l/hod	0,0	2,8350	0	0	0	0
	0,5	2,8550	20,0	20,0	20,0	0,0
	1,0	2,8750	20,0	40,0	40,0	0,0
	1,5	2,8950	20,0	60,0	60,0	0,0
	2,0	2,9150	20,0	80,0	80,0	0,0

Z tabulky 4.13 je zřejmé, že i zcela nový vodoměr není samostatně schopen změřit ty nejmenší průtoky. Nový vodoměr oproti starému začal zaznamenávat malé množství protečené vody dříve, již při 10 l/hod. Tendence nárůstu změřeného průtoku však při vzrůstajícím průtoku stoupala jen pozvolna. Starý vodoměr již při 20 l/hod měřil celé množství protečené vody, ale tento nový vodoměr při 20 l/hod změřil pouze 17 litrů. Teprve při průtoku 30 l/hod byl nový vodoměr schopen zaznamenat veškeré množství protečené vody.

Z tabulek 4.14 – 4.20 pro vybrané průtoky je patrné, že oproti starému vodoměru dokáže ten nový zaznamenat množství vody s minimálními výkyvy udržet po celou zkoušenou dobu měření 4 hodin. I když nezměří veškeré množství nateklé vody, průtok vodoměrem je v čase stálý.

4.3 VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

V průběhu dvouměsíčního měření bylo zaznamenáno vodoměrem téměř 22 m³ vody. První zaznamenaný stav byl 1981, 4225 m³. Starý vodoměr byl měněn, když se jeho počítadlo zastavilo téměř přesně na 2000 m³. Poslední zaznamenaný stav nového vodoměru byl 2,915 m³. Po dokončení měření bylo zařízení UFR vymontováno. Vodovodní přípojka a její stav po ukončení měření je znázorněn na obrázku 4.14.

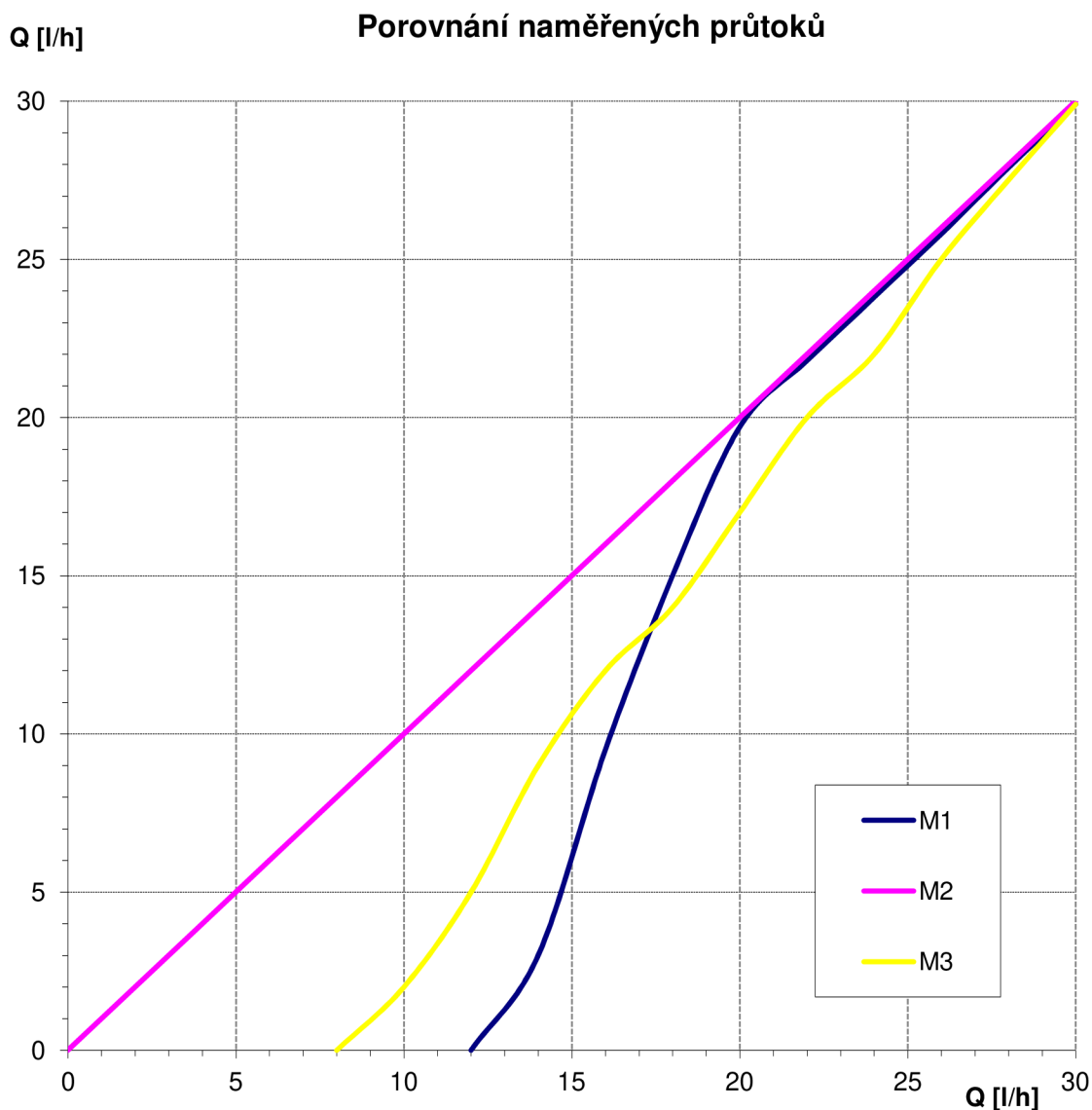


Obr. 4.14: Vodovodní přípojka po dokončení měření^[17]

Na tomto místě bych chtěla poděkovat panu Václavu Binkovi, jako šikovnému instalatérovi, který přetvářel vodovodní přípojku dle daných požadavků pro potřebná měření, a tím mi dopomohl tuto práci dokončit. Také děkuji celé rodině za to, jak trpělivě snášela moje zákazy používání všech odběrů vody při probíhajícím měření.

Díky těmto měření byla porovnána schopnost starého a nového vodoměru bez UFR a starého vodoměru s UFR změřit malé odběry vody. Zatímco správně instalované zařízení UFR je stoprocentně schopné dopomoci vodoměru změřit i ty nejmenší průtoky, běžné domovní vodoměry bez UFR nedokážou zcela změřit průtoky do 20 l/hod, resp. 30 l/hod.

Pro lepší představu schopnosti vodoměru změřit určité průtoky a možnost porovnání je dán obrázek 4.15, který znázorňuje naměřené průtoky pro různé stavy přípojky. Porovnává hodinové měření první pro původní vodoměr bez UFR (M1), měření druhé s UFR také na původním vodoměru (M2) a poslední třetí měření pro nový vodoměr bez UFR (M3).



Obr. 4.15: Graf porovnání naměřených průtoků

Na obrázku 4.15 je na ose x znázorněn průtok vody [l/hod] a na ose y k tomu průtok skutečně změřený vodoměrem [l/hod]. Vidíme, že v případě měření s UFR (M2) je křivka lineární, tzn. že průtok vody se v každém případě rovná množství vody změřené vodoměrem s instalovaným zařízením UFR. V případě prvního měření bez UFR na původním vodoměru (M1) můžeme pozorovat, že nad 12 l/hod křivka prudce stoupá a změřené množství vody se od 20 l/hod rovná skutečnému průtoku. Naopak při měření bez UFR s novým vodoměrem (M3) křivka nad 8 l/hod stoupá jen pozvolna oproti M1, a průtok vody se s hodnotou změřenou vodoměrem rovná až při 30 l/hod.

Pro představu majitelů a provozovatelů vodovodních sítí dokládám tabulky 4.21 a 4.22, kde se uvádí, o jakou výši výnosů přicházejí např. při tzv. neměřených malých odběrech nakapáváním si vody do zásoby. V tabulce 4.21 je navýšení fakturace vody použitím UFR počítáno s cenou vodného a stočného 77,70 Kč/m³ (Žďár nad Sázavou, 2012), a v tabulce 4.22 pro obec, která je bez kanalizace, pouze s cenou za vodu 18 Kč/m³ (Radešínská Svratka, 2012).

Tab. 4.21: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Žďár nad Sázavou)

Průtok		Přínos 1 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 1 UFR za 5 let [Kč]	Přínos 100 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 100 UFR za 5 let [Kč]
[l/hod]	[l/rok]				
5	14 600	1 134	5 672	113 442	567 210
10	29 200	2 269	11 344	226 884	1 134 420

Tab. 4.22: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Radešínská Svratka)

Průtok		Přínos 1 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 1 UFR za 5 let [Kč]	Přínos 100 UFR za 1 rok [Kč]	Přínos 100 UFR za 5 let [Kč]
[l/hod]	[l/rok]				
5	14 600	263	1 314	26 280	131 400
10	29 200	526	2 628	52 560	262 800

Počítáno je s průtoky 5 l/hod a 10 l/hod po dobu 8 hodin za den. Když si odběratel toto množství bude odebírat každý den, bude mít za rok našetřeno při průtoku 5 l/hod celých 14,6 m³, při průtoku 10 l/hod 29,2 m³. Při ceně vodného a stočného 77,70 Kč/m³ (Žďár nad Sázavou, 2012) by si majitel a provozovatel vodovodní sítě při použití 100 UFR za 5 let přišel při průtoku 10 l/hod na více jak milion korun. Při ceně bez stočného pouze za vodu 18 Kč/m³ (Radešínská Svratka, 2012) si majitel a provozovatel vodovodní sítě přijde při použití 100 UFR za 5 let při průtoku 10 l/hod na částku bez mála 263 tisíc.

Cena za jedno UFR se pohybuje 500 – 1000 Kč. Přičtíme k tomu cenu montážních prací, nutnost zohledňovat problém variabilních a fixních nákladů dodávané vody a další neopomenutelné vlivy, jako je např. otázka - co když malé odběry nebudou? (kvalitní nekapající armatury, poctivost odběratelů, apod.). Ze všeho je zřejmé, že tato počáteční investice se vyplatí pouze při návratnosti vysokých výnosů.

5 ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce bylo provedeno testování vodoměru a zařízení UFR na reálné vodovodní přípojce v rodinném domě. Bylo uskutečněno dlouhodobé zapisování každodenního stavu vodoměru při třech různých stavech přípojky v rámci denního měření. A dále byla naměřena hodinová a dlouhodobá měření pro postupně se zvyšující průtoky pro stejné tři stavy přípojky. Dle mého názoru tak byly splněny cíle vytyčené v úvodu této práce.

Z denního měření vyplynula průměrná spotřeba vody na osobu a den. V prvních dvou intervalech měření na starém vodoměru bez a s UFR se pohybovala těsně pod hranicí 60 l/os/den. V posledním týdnu s novým vodoměrem překročila 70 l/os/den. Vyšší spotřeba vody byla zřejmá z důvodu předvánočního času spojeného s vyššími nároky na potřebu vody. Z měření lze ale říci, že specifická spotřeba vody se při běžném provozu domácnosti pohybuje okolo 60 l/os/den, což není mnoho, když běžná specifická spotřeba vody se udává okolo 95 l/os/den.

Z testování původního vodoměru je patrné, že i přes svoje stáří byl tento vodoměr schopen i bez zařízení UFR změřit alespoň částečně malé krátkodobé průtoky. Vodoměr při průtoku nad 12 l/hod začal zaznamenávat malé množství vody. Při postupném navyšování těchto průtoků se rychle zvedalo i množství vodoměrem změřené. Bohužel při dlouhodobém odběru se po určitém čase při nižších průtocích opět zastavil. Teprve od průtoku 20 l/hod pracoval s minimálními odchylkami spolehlivě a přesně i při dlouhodobém odběru.

Dále je zřejmé, že správně nainstalované zařízení UFR na vodovodní přípojce je schopné rozpohybovat i poměrně starý vodoměr a bezpečně změřit i ty nejmenší průtoky od 2 l/hod. Při testování tedy nehrálo roli, že byl instalován za vodoměrem a ve svislé poloze, i tak pracoval se stoprocentní přesností. To znamená, že se UFR stává zcela nezaměnitelným pomocníkem majitelů a provozovatelů vodovodů při vodoměrem jinak nezměřitelných malých odběrech vody.

Nový vodoměr ve srovnání se starým začal malé množství vody registrovat již při nižších průtocích, a to od 10 l/hod. Naopak měl pozvolnou stoupající tendenci při zvyšování průtoků a veškeré množství protečené vody začal bezpečně měřit až při průtoku 30 l/hod. Naopak výhodou nového vodoměru bylo, že množství, které vodoměr zachytil,

byl schopen měřit i při dlouhodobém odběru vody bez větších odchylek i při průtocích, které nebyly změřeny celé.

Na základě zjištění plynoucích z této diplomové práce bych doporučila majitelům a provozovatelům vodovodních sítí využívat zařízení UFR na vodovodních přípojkách hlavně v případech, kdy není možnost jiné ochrany před neměřitelnými odběry vody. Investice do využívání UFR se dle výše uvedeného vyplatí pouze pro majitele a provozovatele vodovodních sítí při ceně vodného a stočného. Pro malou obec bez kanalizace a čistírny odpadních vod, tedy pouze s cenou za vodu, tato investice nemá vysokou návratnost, a proto si nemyslím, že bude UFR těmito obcemi využíváno.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *A.R.I. Flow Control Accessories Ltd.* [online]. [cit. 2013-01-06]. Unmeasured Flow Reducer. Dostupné z WWW: <<http://www.aquaspec.co.nz/resources/shop/documents/section-f-air-valves/unmeasured-flow-reducer.pdf>>
- [2] Česká republika. Vyhláška č. 334/2000 Sb. ze dne 6. září 2000, kterou se stanoví požadavky na vodoměry na studenou vodu označované značkou EHS. V: Sběrka zákonů České republiky. 2000, částka 91, s. 4377. Dostupný také z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-334-2000-sb-kterou-se-stanovi-pozadavky-na-vodomery-na-studenou-vodu-oznacovane-znackou-ehs>>
- [3] *Český metrologický institut* [online]. 18. 12. 2012 [cit. 2013-01-06]. Český metrologický institut. Dostupné z WWW: <<http://www.cmi.cz/>>
- [4] *Český metrologický institut* [online]. 18. 12. 2012 [cit. 2013-01-06]. Text směrnice ES o měřících přístrojích (MID) - pracovní materiál. Dostupné z WWW: <www.cmi.cz/download.php?wdc=505>
- [5] ČIHÁKOVÁ, Iva. Vykazování ztrát vody – srovnávání provozovatelů, organizací, společností. *SOVAK*. 2004, roč. 13, č. 4, s. 1-3. ISSN 1210-3039
- [6] FANTOZZI, Marco et al. Investigations into under-registration of customer meters in Palermo and the effect of introducing Unmeasured Flow Reducers. In: *Proceeding of IWA World Water Congress*, CD, IWA Publishing. Vídeň, 2010
- [7] HAVLÍK, Vladimír. Možnosti využití technicko-provozních ukazatelů k posuzování ztrát vody ve vodovodních sítích. *SOVAK*. 2004, roč. 13, č. 4, s. 5-7. ISSN 1210-3039
- [8] *INMES, spol. s.r.o.* [online]. c2009 [cit. 2013-01-06]. Jak vybírat vodoměry. Dostupné z WWW: <<http://www.mereni-tepla.cz/jak-vybirat-vodomery>>
- [9] *Instalatéři EKOMPLEX* [online]. c2013 [cit. 2013-01-06]. Vodoměry. Dostupné z WWW: <<http://www.vodari.eu/voda/vodomery.php>>
- [10] MATOŠKA, Martin. Testování zařízení UFR – Unmeasured Flow Reducer. Brno, 2012. Diplomová práce. VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, Csc.
- [11] NOVÁK, Josef. Příručka provozovatele vodovodní sítě. *SOVAK*, 2003. ISBN: 8023899465
- [12] *Portál eAGRI – resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. c2009-2011 [cit. 2013-01-06]. Metodický pokyn pro určení optimální velikosti fakturačního vodoměru a profilu vodovodní přípojky. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/file/34659/MP10535_02.pdf>

- [13] *Radešínská Svratka* [online]. [cit. 2012-12-05]. O obci. Dostupné z WWW: <<http://www.radesinskasvratka.cz/o-obci/ms-52/p1=52>>
- [14] *Radešínská Svratka*. Technická dokumentace stavby vodovodu. V: Radešínská Svratka: Archiv.
- [15] *Sensus Metering Systems a. s.* [online]. [cit. 2012-12-20]. Viacvtokový mokrobežný vodoměr s možností impulzného výstupu. Dostupné z WWW: <http://www.sensusesaap.com/files/ld_1100_sk_xn_001.pdf>
- [16] STEHLÍK, Stanislav - ústní sdělení (bývalý starosta a pamětník obce, majitel domu č. p. 52 v obci Radešínská Svratka).
- [17] STEHLÍKOVÁ, Veronika. [Fotografie]. V: Radešínská Svratka: Fotoarchiv.
- [18] *Svratecký občasník*. Radešínská Svratka: OÚ Radešínská Svratka, 2012, č. XIV., roč. 4, s. 10.
- [19] ŠEVČÍK, Jiří. UFR – Unmeasured Flow Reducer, popis a technické parametry. ATJ Special s.r.o. [online]. [cit. 2012-11-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.smv.cz/res/data/051/005785.pdf>>
- [20] ŠEVČÍK, Jiří. Nové poznatky a metody pro snižování ztrát vody. ATJ Special s.r.o. [online]. [cit. 2012-11-26]. Dostupné z WWW: <<http://www.vakinfo.cz/konference-sovak-2010/prezentace/nove-poznatky-a-metody-pro-snizovani-ztrat-vody>>
- [21] TUHOVČÁK, Ladislav, *CP53 - Vybrané statě z vodárenství (přednáška)*, Brno, FAST VUT v Brně, letní semestr 2010/2011.
- [22] VESELÁ, Renata. Vývoj ztrát vody a jejich hodnocení v ČR. *JUNIORSTAV* [online]. 2008, s. 6. [cit. 2012-11-25]. Dostupné z WWW: <http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/3/Vesela_Renata_CL.pdf>
- [23] *Vodárenská akciová společnost, a. s., divize Žďár nad Sázavou* [online]. [cit. 2012-11-26]. Cena vodného a stočného v roce 2012. Dostupné z WWW: <<http://www.vodarenska.cz/divize-zdar-nad-sazavou/cena-vody>>
- [24] *Wikipedie* [online]. [cit. 2013-01-06]. Vodoměr. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodom%C4%9Br>>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

1.NP	první nadzemní podlaží
1.S	suterén (první podzemní podlaží)
2.NP	druhé nadzemní podlaží
ČMI	Český metrologický institut
DN	jmenovitý profil
Hav	objem vody unikající při haváriích
ILI	Infrastructure Leakage Index
IWA	International Water Association
JÚ	jednotkový únik vody nefakturované
$L_{\text{přep}}$	přepočtená délka sítě
L_{skut}	skutečná délka sítě
MNV	Místní národní výbor
MP	minimální průtok
OVNF	ostatní voda nefakturovaná
PP	počet poruch na km vodovodní sítě
PVC	polyvinylchlorid
Q	průtok
Qa	startovací průtok
Qmax	maximální průtok
Qmin	minimální průtok
Qn	jmenovitý průtok
Qt	přechodový průtok
ReF	rezerva ve fakturaci
RS	registrovaná spotřeba
RSF	registrovaná spotřeba fakturovaná
RSNF	registrovaná spotřeba nefakturovaná
SkÚ	skryté úniky
SkÚa	skryté úniky akceptovatelné
SkÚn	skryté úniky neakceptovatelné
Ú	úniky z potrubí

UFR	Unmeasured Flow Reducer
VD	voda dodaná
VF	voda fakturovaná
VFD	voda fakturovaná domácnostem
VFO	voda fakturovaná ostatním odběratelům
VNF	voda nefakturovaná
VR	voda k realizaci
VS	vlastní spotřeba
Z	ztráty vody na 1 km přepočtené délky řadu
ZP	ztráty na přípojku
ZS	ztráty skutečné
ZV	ztráty vody
ZZ	ztráty zdánlivé

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1: Schéma složek vody dodané ^[5]	11
Obr. 2.2: Schéma bilančních složek při hodnocení ztrát vody ^[7]	12
Obr. 2.3: Závislost přepočtového koeficientu na DN potrubí ^[22]	15
Obr. 3.1: Křivka chyb vodoměru ^[15]	25
Obr. 3.2: Porovnání naměřeného průtoku pro vodoměry třídy B ^[1]	27
Obr. 3.3: UFR dělí průtok do dávek, tzv. pulzů ^[20]	28
Obr. 3.4: UFR otevřeno ^[20]	29
Obr. 3.5: UFR uzavřeno ^[20]	29
Obr. 3.6: UFR v plastovém provedení ^[20]	30
Obr. 3.7: UFR v mosazném provedení ^[20]	30
Obr. 3.8: Řez mosazným UFR ^[20]	30
Obr. 3.9: UFR integrované v kulovém ventilu CIMBERIO ^[20]	30
Obr. 4.1: Vodovodní přípojka bez UFR ^[17]	36
Obr. 4.2: Vodovodní přípojka s UFR ^[17]	36
Obr. 4.3: Zařízení UFR ^[17]	37
Obr. 4.4: Rozdíl tlaků při práci UFR ^[17]	37
Obr. 4.5: Schéma rozvodů vody	39
Obr. 4.6: Půdorysné schéma 1.S	40
Obr. 4.7: Půdorysné schéma 1.NP	41
Obr. 4.8: Původní vodoměr ^[17]	42
Obr. 4.9: Nový vodoměr ^[17]	43
Obr. 4.10: Zapojení nového vodoměru ^[17]	43
Obr. 4.11: Technické parametry a schéma nového vodoměru ^[15]	44
Obr. 4.12: Průtok 12 l/hod ^[17]	51
Obr. 4.13: Zachytávání měřené vody do nádob ^[17]	51
Obr. 4.14: Vodovodní přípojka po dokončení měření ^[17]	63
Obr. 4.15: Graf porovnání naměřených průtoků	64

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1: Metrologické třídy přesnosti vodoměru ^[2]	26
Tab. 3.2: Velikost vodoměru ^[12]	26
Tab. 3.3: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Žďár nad Sázavou)	31
Tab. 3.4: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Radešínská Svratka)	31
Tab. 4.1: Čtyřtýdenní měření bez UFR na původním vodoměru	47
Tab. 4.2: Čtyřtýdenní měření s UFR na původním vodoměru	48
Tab. 4.3: Týdenní měření bez UFR na novém vodoměru	49
Tab. 4.4: Porovnání průměrných hodnot v jednotlivých intervalech měření	49
Tab. 4.5: M1.1	53
Tab. 4.6: M1.2	53
Tab. 4.7: M1.3	54
Tab. 4.8: M1.4	54
Tab. 4.9: M1.5	55
Tab. 4.10: M1.6	55
Tab. 4.11: M1.7	56
Tab. 4.12: M2.1	57
Tab. 4.13: M3.1	58
Tab. 4.14: M3.2	59
Tab. 4.15: M3.3	59
Tab. 4.16: M3.4	60
Tab. 4.17: M3.5	60
Tab. 4.18: M3.6	61
Tab. 4.19: M3.7	61
Tab. 4.20: M3.8	62
Tab. 4.21: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Žďár nad Sázavou)	65
Tab. 4.22: Zvýšení fakturace vody použitím UFR (Radešínská Svratka)	65

SUMMARY

The goal of this work was to test the abilities of water meter connected to the water connection and testing its performance and possibilities of measuring small water withdrawals. The next task was to test the UFR device - Unmeasured Flow Reducer - fitted to the water connection to streamline and refine measurements of collected water at very low flow rates. Therefore the main aim of this thesis was to evaluate the capability of measuring when water meter is installed separately and with UFR. Furthermore, the assessment of potential losses of water and creation of brief guide for owners and operators of water supply systems to effectively prevent these losses, were done.

The first part of the work deals with the losses of water at the water mains and water connections that contain a certain amount of water, which is not measured, and thus not paid. It summarizes the techniques used for the evaluation of water losses and the appropriateness of their use. The reasons for reducing losses and best practices to prevent these losses are described there. Further part provides general information about water meter and briefly describes the UFR device - what it is for, how it works and what the benefits for water network operator are. It also summarizes the results of the testing from the CMI.

The second part of the work is devoted to testing the specific water meter and the same water meter with installed UFR device on a particular water connection located in a family house. Testing is focused on very small flows, which are normally immeasurable. Daily and hourly measurements of small flow of water were performed. The photos, tables of measurement and subsequent evaluation of the measurement are attached.

I suppose that this work and its findings in general may help all owners and operators of water supply systems to streamline the correct measurement of collected water and to prevent the unnecessary loss of profit.