

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra alpikované ekologie



Vyhledávání úniků na vodovodním potrubí

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Rostislav Rabas

© 2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Rostislav Rabas

Krajinářství

Územní technická a správní služba

Název práce

Vyhledávání poruch na vodovodním potrubí

Název anglicky

Troubleshooting on the water pipe

Cíle práce

Cílem práce je popsat problematiku vyhledávání poruch. Srovnání jednotlivých typů měřidel – standardní vodoměry, průtokoměry, navrtávky, výhody/nevýhody, cenová kalkulace kompletních nákladů jednotlivých řešení). Detailní analýza využití navrtávkových průtokoměrů pro detailnější monitorování průtoků na vodovodní infrastruktuře po rozdělení sítě na menší okrsky. Popis situace na Teplicku. Detailní popis zařízení pro případovou studii. Proces samotného osazení. Výsledky a vyhodnocení po roce používání.

Metodika

Zásady pro zpracování:

1. Úvod
 2. Cíle práce
 3. Literární rešerše
 4. Metodika
 5. Stručný popis vodovodního systému oblasti
 6. Přístroje použité pro vyhledávání poruch
 7. Vyhledávání poruch v dané lokalitě
 8. Vyhodnocení úspěšnosti nalezení poruchy
 9. Diskuze
 10. Závěr
 11. Použité zdroje
 12. Přílohy
-

Doporučený rozsah práce
40 stran textu a přílohy

Klíčová slova
vodovodní síť, porucha, vyhledání poruchy

Doporučené zdroje informací

ČIHÁKOVÁ, I. Vlastní spotřeba a ostatní voda nefakturovaná – složky vody k realizaci. In: Provoz vodovodů a kanalizací. Provoz vodovodů a kanalizací 2014. Liberec, 04.11.2014 – 05.11.2014. Praha: SOVAK, 2014, s. 71-75. ISBN 978-80-87140-36-9.

NOVÁK J. a kol., 2003: Příručka provozovatele vodovodní sítě. Medium, Libeznice

ŠRYTR P. a kol., 1996, 2001: Městské inženýrství I a II. Academia, Praha

Předběžný termín obhajoby
2019/20 LS – FŽP

Vedoucí práce
Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Garantující pracoviště
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 16. 12. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 17. 12. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 06. 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: vyhledání úniků na vodovodní infrastruktuře vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

.....

Vlastnoruční podpis autora

V Teplicích dne:30.6.2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Marcele Synáčkové, CSc., za vedení této práce. Předáním odborných rad, cenných informací a metodického řízení, díky jim jsem mohl tuto práci vyhotovit. Dále bych chtěl poděkovat pracovnímu kolektivu, za umožnění podkladů, které pomohly s částí vyhotovení této práce. V neposlední řadě bych chtěl nejvíce poděkovat mé manželce, za podporu a ohleduplný přístup při studiu.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	3
3	Literární rešerše.....	4
3.1	Terminologie a definice.....	5
3.2	Provozování vodovodní infrastruktury.....	6
3.3	Úniky na vodovodní síti.....	7
3.4	Přístroje používané pro vyhledání poruch	9
3.5	Zařízení pro zjišťování průtoku vody v lokalitě.....	11
3.5.1	Vodoměry.....	11
3.5.2	Měřidla	12
3.5.3	Srovnání jednotlivých typů měřidel.....	14
4	Metodika	19
5	Popis vodovodního systému sledované oblasti	20
5.1	Popis vodárenské soustavy	20
5.2	Rozdělení vodovodních řadů v okrese Teplice	22
5.3	Vodojem Šibeník 1.....	23
6	Postup vyhledávání poruch v dané lokalitě.....	25
6.1	Částečné rozdělení pásma VDJ Šibeník 1	25
6.2	Postup kontroly sítě	27
6.3	Postupy snímání dat z průtokoměru AquaLink	29
6.4	Popis montáže průtokoměru AquaLink	30
7	Vyhodnocení úspěšnosti nalezení poruchy.....	32
8	Diskuze.....	34
9	Závěr	35
10	Citovaná literatura.....	37
11	Přílohy.....	41
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	43

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá popisem distribuce pitné vody z konkrétního vodojemu na Teplicku, ale i dlouhodobým problémem provozovatelů vodovodní infrastruktury, kterým je hledáním úniků na vodovodní infrastruktuře, snižování uniklé vody při haváriích a následné snižování časové prodlevy zjišťování a dohledání konkrétního místa úniku.

Práce je zaměřena na osazování navrtávkových průtokoměrů, které monitorují větvenou vodovodní síť a vyhodnocují množství proteklé pitné vody. V rámci optimalizace hospodaření s pitnou vodou tato práce také popisuje návrh využití technologie, díky které provozovatel vodovodní infrastruktury dokáže vyhodnotit dlouhodobou skrytou havárii porovnáním spotřebované vody přes fakturační cejchované vodoměry u odběratelů a proteklého množství vody přes navrtávkový průtokoměr a reakci pomocí softwarového nastavení.

Klíčová slova

vodovodní síť, porucha, vyhledání poruchy

Abstract

The present thesis deals with water distribution of a particular water tower located in Teplice region. The thesis also deals with long term issues of water infrastructure operators, which are water piping leakage localization minimization of the volume of the leakage during breakdown and localization of the breakdown.

The present thesis focuses on pipping flowmeters. These measurement tools monitor ramified water pipe network and measure the quantity of flowing drinking water. The author presents a proposal for an optimization of water infrastructure operator's water leakage decision using simple software based supervision technique of a combination of measured piping flowmeters data and calibrated water meter data.

1 Úvod

Jedna z nejdůležitějších složek pro existenci života na Zemi nejen lidí, zvířat, rostlin, ale i všech živých organismů je voda (Syrůček, 2011). Dnešní klimatické podmínky vyžadují vodou šetřit nejen přímé odběratele, ale i provozovatele vodárenské soustavy, kteří využívají zdroje surové vody pro úpravu na vodu pitnou.

Dostupnost kvalitní a nezávadné pitné vody je hlavním cílem vodárenských společností. Zdroje surové vody jsou různě kontaminované pesticidy, hormony, polutanty a samozřejmě i eutrofizovány biomasou mikroorganismů. S tím souvisí i zvýšený požadavek na účinné technologie úpravy vody eliminovat toto znečištění, protože kvalita a hygienická nezávadnost pitné vody je zcela zásadní a prioritní s ohledem na lidské zdraví (Rusek & Stárková, 2014).

Dalším hlediskem, které provozovatelé distribuční sítě u vyrobené a hygienicky zabezpečené pitné vody řeší, je monitoring ztrát vody v síti. Analýzou ztrát se detailněji zabývalo Sdružení oboru vodovodů a kanalizací. Touto studií bylo zjištěno, že se za posledních dvacet let ztráty vody v distribuční síti snižují díky cílevědomému přístupu jednotlivých vodárenských společností tím, že využívají pokrokovější diagnostické technologie a podrobnější monitoring distribuční sítě. Monitorování vodovodní infrastruktury je zásadní pro snižování ztrát vody (úniků vody), které vznikají na distribuční síti zvýšenými nárazovými odběry spotřebitelů v zásobované oblasti, stářím vodovodního potrubí (materiál, konstrukce, úprava povrchu) a podloží. Úniky vody jsou pro provozovatele vodovodní infrastruktury ekonomicky nevýhodné, proto je potřeba distribuční síť monitorovat, pokud možno nejlepším a nejjednodušším způsobem. Díky podrobnějšímu monitorování distribuční sítě má provozovatel přehled o únicích (ztrátách) a následně má možnost rychle reagovat na vzniklou situaci (O vodárenství, ©2016)

V současné době se při monitoringu úniků vody používají diagnostické přístroje a měřidla umožňující rozdělit vodovodní infrastrukturu na jednotlivé dílčí distriktní okruhy a měřit v nich průtok a zároveň tlak v nočních hodinách. Průtok se měří v rozmezí od 02:00 h do 04:00 h, kdy odběratelé (spotřebitelé) odebírají minimální množství vody a tím pádem lze vyhodnotit stav mimořádné situace, kterou je havárie (únik vody)

Nejefektivnější a zároveň nejjednodušší způsob monitoringu je rozdělení tlakového pásma vodojemu na měřené distriktní okrsky, které umožní monitorovat menší část sítě. Takové rozdělení distribuční sítě na menší okrsky výrazně přispívá ke snížení nákladů na dohledání konkrétního úniku, a to nejen na množství případně uniklé vody, ale i náklady na výjezd pracovní skupiny, která únik hledá.

Celkové množství ztracené uniklé vody je jedním z významných ukazatelů hospodářského výsledku provozovatele vodovodní infrastruktury (SmVaK Ostrava, ©2020).

2 Cíl práce

Cílem této práce je popis vodárenské soustavy a distribuční sítě v zásobované oblasti Teplic, ve správě Severočeských vodovodů a kanalizací, a.s. Práce se detailněji zaměřuje na rozdělení zásobované oblasti (jednotlivé dílčí segmenty) z pohledu řešení úniků a ztrát vody v celé sledované síti.

Možnosti sledování stavu na vodovodní síti z pohledu monitorování lze rozdělit do několika dílčích kritérií:

- 1. Vyhledávání poruch** (úniky – skryté, viditelné, vedlejší; dopady úniků vody na provozování distribuční sítě; rozdělení distribuční sítě na měrné okrsky).
- 2. Srovnání jednotlivých typů měřidel** (standardní vodoměry; průtokoměry; navrtávkové průtokoměry včetně jejich výhod a nevýhod). S navrtávkovými průtokoměry souvisí detailní analýza jejich využití pro detailnější monitorování průtoků na vodovodní infrastruktuře, po rozdělení distribuční sítě na menší okrsky. Součástí specifikace a popisu zařízení je specifikace procesu samotného osazení a výsledky zhodnocení po roce jeho použití.
- 3. Vyhodnocení nákladů na vyhledání konkrétního místa diagnostikem distribuční sítě.**
- 4. Vyhodnocení nákladů na vyhledání havárie pomocí navrtávkových průtokoměrů.**
- 5. Náklady na pořízení a finanční návratnost.**

3 Literární rešerše

Kvalita pitné vody se řídí předpisy, které vychází z postupu HACCP (Hazard Analyses and Critical Control Points; Analýza rizik a kritické kontrolní body), jež musí podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004 v platném znění, do výrobního procesu zavést všichni výrobci potravin v Evropské unii. Pod označením WPS (Water Safety Plans) vznikl obdobný postup modifikovaný na úpravu a distribuci pitné vody, který prosazuje Mezinárodní asociace pro vodu (IWA) i Světová zdravotnická organizace (WHO). Evropská komise na ně reagovala novelizací směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě (Kožíšek, Kos, & Pumann, 2007). V závislosti na této směrnici proběhla v České republice v roce 2017 novelizace Zákona č. 258/2000 Sb., která provozovatelům veřejných vodovodů, výrobcům a dodavatelům pitné vody ukládá povinnost zpracovat rizikovou analýzu, jejímž cílem je odhalení a zhodnocení nebezpečí, hrozících při úpravě a distribuci pitné vody, od zdroje až ke kohoutku spotřebitele.

Z hlediska rizikové analýzy jsou jedním z významných kritických bodů distribuční sítě, jejich kvalita a způsob provozování. Postup vypracování posouzení rizik včetně hodnocení výsledků je od roku 2018 (novela č. 70/2018 Sb.) uveden v příloze č. 7 prováděcí Vyhlášky č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů. (Ambrožová Říhová & kol, 2010)

Snižování ztrát vody a zajištění jejich trvale nízké úrovně, je dlouhodobě jednou z priorit provozovatelů vodovodních sítí. Příčinou úniků (ztrát) vody je stárí distribuční sítě, materiál potrubí, kvalita položení trubního systému, podkladový a posypový materiál, geologie podloží, tlaková úroveň, zatížení silničním provozem apod.

Navíc v souvislosti se suchem, které je ve větší míře diskutováno v souvislosti s provozováním vodohospodářské soustavy v ČR, je problematika ztrát vody ve vodovodních distribučních sítích o to více aktuálnějším tématem. V roce 2019 byly v mnoha vodárenských společnostech zaznamenány případy vyšších počtů havárií na vodovodních řadech právě vlivem horkého počasí v letních měsících, kdy půda vysychala a docházelo k jejímu pohybu. Vlivem pohybu zeminy docházelo k destrukci vodovodního potrubí (PVK, ©2019). Téma úniků a ztrát v distribučních sítích je tématem aktuálním a na různé úrovni i řešeným.

Výzvy pro hledání úniků vody při zvyšujícím se stáří infrastruktury i do budoucna dále rostou. Z praxe jsou známé případy využívání různého monitoringu ztrát na síti. Při hledání úniků vody hraje roli technologický pokrok.

3.1 Terminologie a definice

V této části jsou uváděny následující výrazy a terminologie:

Havárie

Havárie neboli únik je vystižen v § 2 písm. g) Zákona č. 224/2015 Sb., (Ministerstvo ž. p., 2015)

Únik

Definice úniku není blíže specifikována. Jedná se o finanční zátěž provozovatele, nebo spotřebitele (odběratele). Za únik se považuje většinou havárie vodovodního řadu, přípojky nebo dalších technických zařízení, sloužících pro rozvod pitné vody. Únik se může projevit zaplavením vodoměrné šachty nebo jiných podzemních prostor, a to před vodoměrem a upozornit na něj mohou obyvatelé. Další únik vzniká za vodoměrem a v tom případě způsobuje škodu zákazníkovi (odběrateli). Častým zdrojem úniků jsou nevhodné, zastaralé či poškozené uzavírací ventily na vnitřních rozvodech, nicméně velké riziko úniku je u vnitřních starších rozvodů uložených v zemi.

Vlastní spotřeba (VS) - voda, která je vyrobená a současně firmou spotřebovaná pro vlastní chod a pracovní činnosti spojené s jejím chodem. Vlastní spotřeba může být buď měřená anebo je odhadovaná. Měřená vlastní spotřeba je např. spotřeba pro provoz provozních budov, dohadovaná se uplatňuje např. při režimu odkalování a propláších. Měřenou spotřebu provozních budov je firma povinna evidovat. Rozdělení na jednotlivé druhy vlastní spotřeby si firma určuje sama.

Voda fakturovaná (Fa) - voda zrealizovaná, kterou se podařilo prodat koncovému odběrateli. Do fakturace se nepočítá voda, která je prodaná jako předaná (VPd).

Voda nefakturovaná (VNF) - voda, která je v posuzované lokalitě zrealizovaná, ale nedošlo k fakturaci. Je složená ze ztrát a z vlastní spotřeby. $VNF = Zt + VS$.

Celková VNF se vždy počítá za celou lokalitu, např. VNF celkem za SčVK = součet VNF za závody.

Voda k realizaci (VR) - veškerá voda dodaná do posuzované lokality, ve které zůstane. Tato voda obsahuje vodu fakturovanou (Fa), vlastní spotřebu (VS) a ztráty (Zt).
 $VR = Fa + VS + Zt$.

Voda předaná (VPd) - voda realizovaná v rámci posuzované lokality a předaná mimo lokalitu, např. v rámci firmy nebo cizího subjektu jiného podniku VaK nebo souvisejících vodohospodářských infrastruktur.

Voda převzatá (VPv) - voda získaná od jiného subjektu, a to buď v rámci firmy formou předávky mezi závody, provozy a středisky, nebo od jiné firmy, např. od společnosti Vodovody a Kanalizace (VaK), a.s. Karlovy Vary z úpravny vody (ÚV) Žlutice. Voda vyrobená jiným subjektem a realizovaná v rámci posuzované lokality.

Voda vyrobená (VV) - voda získaná technologickou úpravou surové vody, zjm. mechanickou předúpravou a následně chemickým procesem úpravy (např. koagulace, filtrace apod.). Uvažuje se vždy množství vody vyrobené v rámci posuzované lokality. Například pro vodárenskou společnost jsou tím míněny všechny úpravny vody a zdroje vody. Pro okres Teplice (dále TP) jsou to pouze zdroje umístěné v rámci tohoto okresu.

Ztráty (Zt) - veškerá zrealizovaná voda, která se nedostala k odběrateli, nebyla vyfakturovaná a ani nebyla použita k vlastní potřebě. Ztráty, stejně jako VNF, se vykazují v % anebo v m³.

Zt a VNF se mohou vykazovat v různých předdefinovaných parametrech, např. Zt, VNF v síti na přepočtenou délku potrubí (Severočeské vodovody a kanalizace, 2020), (Novák, 2003).

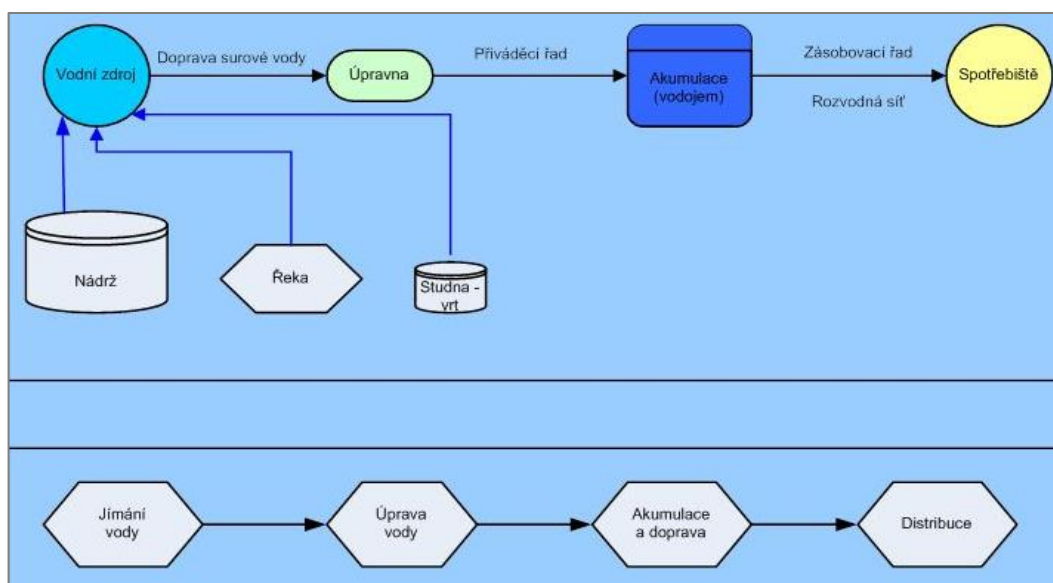
3.2 Provozování vodovodní infrastruktury

Provozováním vodovodní infrastruktury se zajišťuje úprava a dodávka pitné vody ke spotřebitelům. Součástí provozování distribuční sítě je kromě distribuce vody řešení eliminace netěsností a oprav potrubí, ze kterého uniká nefakturovaná voda. Jakýkoli únik vody z distribuční sítě zvyšuje nároky na celou vodárenskou soustavu, kterou je zdroj surové vody, technologická linka úpravny vod s následnou distribucí s hygienicky zabezpečenou pitnou vodou. Ztráty vody výrazně ovlivňují hospodářský výsledek všech provozovatelů vodovodní infrastruktury, a proto jsou jedním z podstatných ekonomických ukazatelů. Únikem vody vznikají provozovateli zbytečně vynaložené náklady na úpravu, distribuci a následně vzniklé škody na majetku. Ztrátám vody na vodovodní infrastruktuře

se věnuje mnoho odborníků nejen vodohospodářského zaměření, ale také výrobců diagnostických přístrojů. (Hamilton & Charalambous, 2013), (Klingel & Knobloch, 2015)

Náklady na odstraňování úniků ať už z důvodu špatné údržby, nebo stáří vodovodu a vodovodních přípojek na veřejné části představují pro provozovatele ekonomické zatížení. Náklady spojené na opravu vodovodního řadu, nebo i vodovodních přípojek na veřejné části provádějí provozovatelé na své náklady.

Vodovodní infrastruktura (distribuční síť) vyžaduje preventivní pravidelnou kontrolu těsnosti, která spočívá v manipulaci a diagnostice jednotlivých armatur na síti z důvodu funkčnosti, zjišťování poškození a úniků. Preventivní prohlídky provádí proškolení zaměstnanci vodárenské společnosti pochůzkou nad vodovodním řadem a odposlechem armatur diagnostickými přístroji. K odposlechu používají jednoduchý ruční odposlechový přístroj, který slouží ke zjištění prvotního stavu distribuční sítě. Příklad provozu vodovodní infrastruktury uvádí obr. 1 (Smetana, 1985).



Obrázek č. 1 Schéma provozování vodohospodářské infrastruktury (Škrobánková, ©2020)

3.3 Úniky na vodovodní síti

Úniky na vodovodní síti jsou z důvodu kvality materiálů, tloušťky stěny potrubí, kvality spojů potrubí a prvků na potrubí, způsoby uložení potrubí (např. obsyp) nebo způsobu kvality montáže. Největší vliv na úniky mají klimatické podmínky, vlivem kterých

dochází ke změně teploty podloží a k jeho následnému pohybu. Dalším vlivem vzniku úniků jsou tlakové poměry jednotlivých tlakových pásem. Při odstranění nalezené havárie je potřeba dbát na šetrné manipulace obzvláště na napouštění opraveného řadu. Při nešetrném zacházení dochází k tlakovému rázu v potrubí a k následnému prasknutí potrubí a tím ovlivnění celé infrastruktury. (Misiūnas, 2008)

Hledání ztrát na distribuční síti je pro provozovatele vodovodní infrastruktury souborem činností, které jsou technicky i ekonomicky náročné. Veškeré úniky vody se označují jako voda nefakturovaná, protože na ní provozovatel vynaložil náklady spojené s úpravou a distribucí vody do spotřebišť. Nefakturovaná voda je rozdílem mezi vodou k realizaci a vodou fakturovanou (celkové množství vody určené k dodání do distribuční sítě až k odběrateli). (Bojanovsky, 2011)

Výši nefakturované vody se provozovatelům podařilo za posledních 20 let snížit o 190 miliónů m³. V tomto údaji je zahrnuta i voda, která byla odebrána neoprávněnými odběry, nebo pro veřejnou potřebu a bezpečnost, tj. pitka, odběr vody při zásahu hasičských záchranných sborů (HZS), neoprávněných odběrech, kterými jsou připojené vodovodní přípojky bez fakturačních vodoměrů, voda neoprávněně odebrána přes požární obchvaty, ale i vlastní spotřebou při provádění preventivního odkalování, odkalování řadů po odstraněných haváriích apod.

Úniky na síti jsou výsledkem technického stavu vodohospodářské infrastruktury. Úniky drobné, ale i velké, nejsou pouze na potrubí, ale i na armaturách, spojích a uzávěrech, u kterých dochází např. k postupnému povolení těsnění na vřetenu a spojích vodovodního potrubí, zatěžují ekonomiku provozovatelů. Ztráty vody na vodovodní síti jsou nejčastěji způsobeny přímými poruchami vodovodního řadu. Faktory, které se podílejí na těchto ztrátách jsou zjm. korozní procesy a s tím souvisí charakter použitého materiálu, jeho kvalita a případně i způsoby provedení napojení (netěsnosti, charakter sváru, povrch a struktura materiálu). Dále pak se jedná o způsoby nevhodného uložení potrubí do podloží, s tím souvisí případné pohyby zeminy, dale pak ovlivnění terénu povětrnostními vlivy, zatížením dopravou anebo probíhající stavební činností a úpravou. Negativní ovlivnění může nastat i v případě nevhodně situovaného magnetického pole v dotčené oblasti (Gassman & Chaudhry, 2010).

Provozovatelé mohou úniky vyhodnocovat a dělit na akceptovatelné, neakceptovatelné, viditelné a vedlejší.

Akceptovatelné úniky vody jsou například úniky skryté, které mají dlouhodobý charakter a představují v praxi největší procentuální část z celkových ztrát. Skryté úniky

nemusí zásadně ovlivňovat distribuci vody až do té doby, než se projeví jako havárie. Z praxe jsou známy případy, kdy se projeví pokles tlaku vody u koncového odběratele. Obecně jsou skryté úniky vody z hlediska oprav považovány za ekonomicky nevýhodné. S vyhodnocením opravy souvisí několik ekonomických faktorů, kterými je únik vody v l/s, cena vody, cena lidské práce, cena techniky a podmínky vlastníků pozemků na uvedení povrchu do původního stavu (např. oprava komunikací po haváriích inženýrských sítí je 25 m od hrany výkopu do obou směrů). (Alexander, 2014)

Neakceptovatelné úniky jsou pro provozovatele nepřipustné i ekonomicky nevýhodné. Tyto úniky jsou většího rázu. Do těchto úniků provozovatelé řadí ztráty vody přepočtené na 1 km sítě.

Viditelné úniky jsou všechny úniky vody, u kterých dochází k vývěru vody na povrch (jsou vizuálně viditelné). Tyto úniky jsou převážně většího rozsahu. Je možná jejich lepší lokalizace, a navíc o nich mohou informovat samotní spotřebitelé. Z praxe je převážná většina těchto úniků většího rozsahu. Tyto úniky jsou zřetelně viditelné i na dispečerském systému (DIS), do kterého jsou data exportována z měřidla.

3.4 Přístroje používané pro vyhledání poruch

Šumy, které způsobuje jakákoli netěsnost (únik) na distribuční síti, se nejčastěji detekují pomocí odposlechu na armaturách.

Nejčastěji používanými diagnostickými přístroji jsou elektroakustické přístroje, které fungují jako snímače šumu. Snímáním šumu se provádí při preventivní prohlídce vodovodních řadů a dále při vyhodnocení úniku vody. Pokud je přístroj správně používán, umožňuje v některých případech detekovat, zda v blízkosti armatury, na kterou se přístroj přiloží, nedochází k úniku vody.

Mezi základní diagnostické elektroakustické přístroje patří testovací tyče (viz obr. 2A), které nepřímo detekují místo úniku na distribuční síti. K přesné lokalizaci místa úniku slouží tzv. korelátoři (viz obr. 2B). Korelátoři mají schopnost odfiltrovat rušivé vlivy okolí. Odfiltrování rušivých vlivů okolí lze provádět prostřednictvím dvou mikrofonů, které se umístí na monitorovaný úsek armatury. Korelátoři jsou použitelné pro rychlé a účinné určení místa úniku. Korelace snímá šum pomocí čidel umístěných na dvou armaturách (hydrant + šoupě). Čidla zachycující šumy a ty jsou přenášeny pomocí vysílače do korelátoru. Korelátor porovná rychlost obou šumů a vyhodnotí místo úniku. Pro vyhodnocení místa úniku je potřeba zadat dvě základní veličiny (DN potrubí a typ

materiálu). Díky těmto veličinám lze spočítat rychlost přenášeného zvuku. I přes sofistikované metody měření, není diagnostika při použití korelátorů rovněž stoprocentně spolehlivá. Jedna z mnoha dalších metod jsou půdní mikrofony, které pomocí vysoce citlivých senzorů snímají zvuk, stoupající na povrch. Půdní mikrofón místo úniku ukazuje sloupcovitým grafem. (Long & kol, 2001)

Jeden z mnoha citlivých odposlechových přístrojů je metoda poslechem prutem. Touto metodou se zjišťují úniky na vodovodních přípojkách i řadech s přesným místem úniku. Výhodou této metody je neomezení dodávky vodovodním řadem i možnost trasování vodovodu a vodovodních přípojek pomocí vysílací sondy. Vysílací sondu lze vytrasovat jakýmkoli lokátorem inženýrských sítí. Odposlechový přístroj se ovládá manuálně pomocí sklolaminátového prutu umístěným na otočné cívce. Prut lze vsunout do potrubí až do sta metrů. Součástí prutu je výše zmiňovaná vysílací sonda a hydrofon, který snímá případný šum, který havárie na vodovodní síti způsobují. Komunikace mezi hydrofonem a přijímacím zařízením pracovníka (sluchátka, reproduktor) je prostřednictvím BLUETOOTH.



Obrázek č. 2 Testovací tyč v rukou odborníka (obrázek vlevo) zdroj: Vlastní a způsob kolerace vodovodního potrubí (obrázek vpravo) zdroj (SEBA KMT, ©2020)

Aby se mohlo zařízení vložit do vodovodní přípojky pod tlakem, je potřeba uzavřít kulový uzávěr, který je před vodoměrem, následně demontovat vodoměr a připevnit

speciální adaptéry na převlečnou matici šroubení. Dalším zcela jednoduchým krokem je otevření kulového uzávěru a vsunutí trasovacího prutu do vodovodní přípojky. Dále pak následuje vsunutí prutu s vysílací sondou a hydrofonem.

Postup montáže na vodovodním řadu je zcela totožný jako v případě vodovodní přípojky jen s rozdílem, že neprobíhá demontáž vodoměru. Pro vsazení poslechového prutu do vodovodního řadu je potřeba provést výkop až na potrubí. Po tomto úkonu osadit navrtávací pas a vyvrtat otvor do potrubí. Součástí navrtávacího pasu musí být nožový uzávěr, nebo se na navrtávací pas aplikuje kulový uzávěr. Nožový nebo kulový uzávěr slouží k odstavení vody, která by mohla proudit vyvrtaným otvorem v potrubí do navrtávacího pasu (Line Control, ©2016a).

Pro dlouhodobější snímání šumu a diagnostiku poruchovosti distribuční sítě se používají použít dataloggery, které se umístí přímo na armatury a mají schopnost on-line snímání stavu šumů. Data nashromážděná např. po 24 hodinách provozu dataloggeru jsou vyhodnocena vhodným softwarem a odeslána do programu. Výhodou on-line snímačů je bezobslužný provoz (není nutná přítomnost pracovníka). (LineControl, ©2016b)

Dalším nejčastěji využívaným diagnostickým přístrojem je příložený průtokoměr, u kterého se pro snímání dat musí přiložit zařízení na vnější stranu potrubí. Toto zařízení slouží pro dočasné zjištění množství průtoku, nebo i směru toku ve vodovodním potrubí. (Line Control, ©2016c)

3.5 Zařízení pro zjišťování průtoku vody v lokalitě

3.5.1 Vodoměry

Další zařízení, které slouží pro zjišťování průtoku vody jsou vodoměry. Stanovení těchto měřidel schvaluje Český metrologický institut (ČMI). Při splnění metrologických a technických vlastností jsou pro vodoměry předepsány zkoušky potřebného typu měření, z důvodu přesnosti. Vodoměry jsou cejchovány (ověřovány) akreditovanými společnostmi a mají štítek přesnosti, který odpovídá evropské směrnici MID (Measuring Instrument Directive). MID je v platnosti od 31. 10. 2006 s přechodovým obdobím 10 let (tj. od 1. 11. 2016). Pro zjištění přesnosti těchto měřidel se udává potřebná jednotka převodového poměrového průtoku Q1/Q10.

Měřidla se rozdělují na fakturační (prováděna dodavatelem vody) a kontrolní tj. bytové, poddružné, průmyslové, provozní apod.

Fakturační vodoměry

Tyto vodoměry jsou převážně určeny pro byty (domácnosti) a jsou suchoběžné a mokroběžné. Montovány jsou na vodovodní přípojku do vodoměrné šachty nebo v domě. Provozovatelé používají různé typy a průměry měřidel. Fakturační vodoměry jsou ve vlastnictví provozovatelů distribuční sítě a proto je mohou měnit pouze pracovníci jednotlivých vodárenských společností. Zabezpečení proti neoprávněné manipulaci jsou spoje opatřeny plombou. Vodoměry jsou cejchovány na dobu šesti let. Po uplynutí této doby je pracovníci vodárenských společností vymění. Vodoměry s prošlým ověřením se zasílají na opětovnou kontrolu.

Provozovatelé jako jednu z výhod fakturačního vodoměru umožňují instalaci podružných vodoměrů. Tato měřidla odběratelé využívají pro odběr pitné vody z veřejného vodovodu, kterou využívají na zalévání, dopouštění bazénů či jezírka. Jde o vodu, která není odváděna kanalizační sítí na ČOV (čistírna odpadních vod). Tyto typy měřidel jsou umísťovány za fakturační vodoměr vnitřních rozvodů a není z nich účtováno stočné. Pro splnění podmínek je nutné prokazatelně odebrat požadované množství vody za rok. Podle § 19 odst. 7 Zákona č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích je požadované množství 30 m³ za rok.

Kontrolní vodoměry a průtokoměry

Tato měřidla se používají k rozpočítání spotřebované vody ve vícebytových jednotkách (bytové jednotce), ke kontrolním průtokům na vodojemech, na distribuční síti (provozní síti). Provozovatelé těmito měřidly monitorují proteklé množství vody a vyhodnocují ztráty na vodovodní síti. Tyto kontrolní vodoměry a průtokoměry jsou umísťovány převážně na větší průměry potrubí a také v průmyslových objektech pro kontroly průtoků (průmyslové průtokoměry).

3.5.2 Měřidla

Jednotlivé vodárenské společnosti využívají různé typy přístrojů na měření proteklého množství vody. V principu se odlišují pouze technickým zpracováním a konstrukcí. Všechna měřidla, která se využívají pro fakturování vody musí mít platné ověření.

Domovní vodoměry

Nejčastěji používaná měřidla ve vodárenské společnosti na Teplicku jsou vodoměry typu Itron Aquadis a Itron Flostar (viz obr. 3).



DN	15	20	25
Cena v Kč	1 070	1 390	4 220
Startovací Q v l/h	1	6	10
Minimální Q c l/h	15,6	25	50
Přesnost měření při max. Q v l/h	(±) 2 %	(±) 2 %	(±) 2 %
Přesnost měření při min. Q v l/h	(±) 5 %	(±) 5 %	(±) 5 %

DN	40	50
Cena v Kč	6 270	7 890
Startovací Q v l/h	22	32
Minimální Q c l/h	100	100
Přesnost měření při max. Q v l/h	(±) 2 %	(±) 2 %
Přesnost měření při min. Q v l/h	(±) 5 %	(±) 5 %



Obrázek č. 3

. Specifikace vodoměru typu Itron Aquadis (A) (Itron, ©2018) a Itron Flostar (B) (Itron, ©2010)

Elektromagnetické průtokoměry

Příkladem používaného elektromagnetického průtokoměru je typ Siemens/SitransF MAG 5100, jehož specifikaci uvádí obr. 4.

DN	25	50	100	200	300
Cena v Kč	56 100	58 800	60 700	76 440	116 450
Startovací Q v l/h	0,07	0,25	1	4,5	10,8
Minimální Q c l/h	0,7	2,8	10,8	36	80
Přesnost měření při max. Q v l/h	(±) 2 %	(±) 2 %	(±) 2 %	(±) 2 %	(±) 2 %
Přesnost měření při min. Q v l/h	(±) 5 %	(±) 5 %	(±) 5 %	(±) 5 %	(±) 5 %



Obrázek č. 4 Zařízení (Tanlake Flowmetering, nedatováno) a specifikace průtokoměru typu (Siemens, ©2018)

3.5.3 Srovnání jednotlivých typů měřidel

Jednotlivé typy vodoměrů a průtokoměrů se liší konstrukcí, zpracováním, technickým řešením a uchycením na vodovodní potrubí. V této kapitole jsou specifikované typy ultrazvukových a mechanických měřidel. Hodnoty jednotlivých měřidel se mění v závislosti na průměru (DN). Pro porovnání v této práci jsou uvedena zařízení ve standardních dimenzích DN 80.

Mechanická měřidla

Mezi mechanická měřidla patří např. SENSUS WPD (obr. 5) a Itron Flostar M (obr. 6).

Montáž zařízení SENSUS WPD je zcela jednoduchá. Vloží se mezi potrubí, které je potřeba monitorovat. Utěsnění spojů je kruhovým těsněním DN 80 a následné utažení šroubů M16 k jichž vyhotoveným přírubovým spojům. Výhodou je možnost osazení měřidla do horizontální i vertikální polohy. Nevýhodou je vysoká váha zařízení a při manipulaci je zapotřebí zhotovit přírubové spoje pro přichycení na příruby, kterými zařízení disponuje. Pro osazení je potřeba vložit mezi stávající potrubí. Zařízení není vhodné pro montáž bez šachty. Je zapotřebí počítat s vysokými náklady na osazení zařízení (vybudování šachty). Při přípravě a montáži je omezena dodávka vody pro odběratele.



Startovací průtok	
Minimální průtok Q 1	(±) 5 % 1,11 m ³ /h
Maximální průtok	70 m ³ /h
Cena v Kč	od 12 700

Obrázek č. 5 Zařízení (WP-Dinamic, nedatováno) a specifikace (Bermand Technologies, ©2020) mechanického měřidla typu SENSUS WPD

Vodoměr Itron Flostar M je od výrobce vybaven technologií, kterou lze doplnit komunikačním modulem. Tímto modulem se zajistí odesílání naměřených hodnot pulsních výstupů on-line. Způsob měření je prováděn v jednom směru proudění. Vodoměr je možné uložit do horizontální nebo vertikální polohy. Jeho výhodou jsou otočné příruby na zařízení, což umožňuje vhodnější aretaci při montáži. Naopak nevýhodou je objemnost a robustnost obalu.

Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 100 l/h
Maximální průtok	60 m ³ /h
Cena v Kč	19 900



Obrázek č. 6 Zařízení (UGAP, nedatováno) a specifikace mechanického měřidla typu Itron Flostar M (Itron, ©2018)

Ultrazvuková měřidla

Mezi ultrazvuková měřidla patří např. Arad OCTAVE (obr. 7A) a JalSonic (obr. 7B). JalSonic má svůj vlastní napájecí zdroj, tj. není zapotřebí stálé napětí a data je možné odesílat pomocí SMS (Short Message Service - textová zpráva). Bohužel toto měřidlo nelze instalovat přímo na potrubí a zahrnout ho zeminou.

Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 0,035 l/s
Maximální průtok	22,22 m ³ /s
Cena v Kč	19 900



Minimální průtok Q 1	0,022l/s
Maximální průtok	27,7
Cena v Kč	20 000

Obrázek č. 7 Zařízení a specifikace ultrazvukového měřidla typu Arad OCTAVE (A) (Arad Group Integrated Metering Technologies, Nedatováno) a JalSonic (B) (Jalsonic, nedatováno)

Magneticko-indukční měřidla

Příkladem magneticko-indukčních měřidel jsou výrobky typu Siemens Mag 8000 (viz obr. 8) a WATERFLUX 3000 (viz obr. 9). Pro montáž těchto průtokoměrů je nezbytné zajištění přírubových spojů na potrubí, které umožní uchycení a utěsnění měřidla. Zařízení s příslušenstvím lze využít s on-line přenosem do dispečerského systému a tím sledovat vykazované hodnoty ihned. Nevýhodou těchto průtokoměrů je opatření vnitřního průměru gumovou pryží. Na gumovou pryž se zachytávají drobné nečistoty, které ovlivňují výpočet průtoku. Průtokoměr pro přenos dat využívá stálé napětí. Lze ho umístit pouze tam, kde je připojení na elektrický proud.

Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 0,17 l/h
Maximální průtok	55 m ³ /h
Cena v Kč	42 000



Obrázek č. 8 Zařízení (SIEMENS AG, nedatováno) a specifikace magneticko-indukčního měřidla typu Siemens Mag 8000 (SIEMENS AG, nedatováno)



Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 0,25 l/h
Maximální průtok	200 m ³ /h
Cena v Kč	52 733

Obrázek č. 9 Zařízení (KROHNE, ©2020) a specifikace magneticko-indukčního měřidla typu WATERFLUX 3000 (KROHNE, ©2018)

Lopátkové průtokoměry

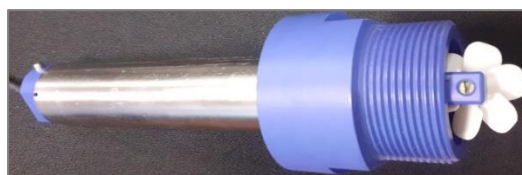
Lopátkové průtokoměry patří mezi měřidla, která mají jednoduchou montáž, která spočívá ve vsunutí do potrubí přes navrtávací pas. Výhodou montáže je přímé umístění do potrubí DN 15. Montáž je většinou rychlá a snadná. Měřicí vrtulku lze vyměnit za sensor suchého kontaktu pro případnou kontrolu čerpadel. Nevýhodou při montáži je omezení velikosti potrubí, která se může promítnout do nepřesného měření v případě malých průtoků. Příkladem používaných typů lopátkových průtokoměrů je např. 2537 Paddlewheel Flow Sensor (viz obr. 10) a AquaLink Sensor (viz obr. 11).

Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 0,50 l/s
Maximální průtok	30 l/s
Cena v Kč	15 500



Obrázek č. 10 (Recycled Goods, Inc, nedatováno)Příklad lopátkového průtokoměru typu 2537 Paddlewheel Flow Sensor (+GF+, ©2019)

Minimální průtok Q 1	(± 5 %) 0,1250 l/s
Maximální průtok	22,2l/s
Cena v Kč	80 000



Obrázek č. 11 Příklad lopátkového průtokoměru typu AquaLink Sensor zdroj: vlastní

AquaLink sensor je průtokoměr, jehož výhodou je přímé vsazení do potrubí, aniž by se omezila dodávka vody pro odběratele. Pro případ následné demontáže nebo servisního úkonu, lze průtokoměr vyjmout bez provedení výkopu. Voda se musí odstavit pouze na 10 minut. Při provedení výkopu není dodávka vody omezena. Při montáži nelze odhadnout, zda je stávající potrubí zdeformované, nebo jsou v potrubí nánosy (inkrusty). Inkrusty v potrubí, nebo jeho jakákoliv deformace, se projevuje nepravdivými výpočty a

zkreslením skutečně vykazovaných hodnot průtokoměrem. Nevýhodou těchto průtokoměrů je, že při provozu nelze vysílací anténu zanechat u přístroje. Anténa se pro spolehlivé odesílání dat musí umístit na povrch, např. do spáry mezi zámkovou dlažbu, nebo do spáry v asfaltu.

U AquaLink sensoru lze nastavit alarmující hodnoty, které se zasílají do grafu. Tyto informace jsou následně zaslány pomocí e-mailu nebo SMS. Při mechanickém poškození zařízení jsou hodnoty v grafu roztrhané a nečitelné. Uživatel toto zjistí ihned při otevření nabídky konkrétního typu zařízení. (Jordan doo, nedatováno)

4 Metodika

Prvním krokem pro zpracování této bakalářské práce byl realizovaný projekt autorem, zahájený v roce 2017. Součástí tohoto projektu bylo shromáždění potřebných informací od pracovního kolektivu zmiňované provozované sítě, studium odborné literatury a informace z webových stran a portálů vodárenských společností. Zdroje dostupné literatury k problematice ztrát jsou omezené.

Dalším podstatným krokem byla úzká spolupráce s dodavatelem (Linecontrol) průtokoměrů AquaLink. Společnost AquaLink poskytla pro řešení této práce zcela zásadní a strategické informace, obrázky a data.

Další součástí projektu bylo získávání informací od zaměstnanců, kteří vodovodní síť obsluhují. Součástí těchto informací bylo mnoho návrhů a kreseb na vytištěné podkladové mapy z programu GIS. Velice složité bylo rozdělení sítě na distrikty, které částečně rozdělují tlakové pásmo vodojemu (VDJ) Šibeník 1. Rozdělením distriktů nebylo pouze určení ovládacích armatur, ale i ověření jejich funkčnosti.

V práci jsou uvedeny a diskutovány základní procesy a polemizování jmenovaného provozovatele v procesu zjišťování pravdivých údajů. Veškerá data vznikla na základě velmi intenzivní spolupráce se Sdružením vodovodů a kanalizací (SOVAK) a společností Linecontrol, která výše zmiňované navrtávkové průtokoměry dodává.

5 Popis vodovodního systému sledované oblasti

5.1 Popis vodárenské soustavy

Na Teplicku je majitelem vodovodní infrastruktury Severočeská vodárenská spol. a.s. Provozování vodovodní infrastruktury provádí společnost Severočeské vodovody a kanalizace a.s., a servisní úkony na vodovodní infrastruktuře provádí Severočeská servisní společnost a.s. (Severočeská vodárenská spol. a.s., nedatováno).

Město Teplice se nachází v severních Čechách mezi Středočeskými horami, hřebeny Krušných hor, a hraničí s německým státem Sasko. Město s nadmořskou výškou cca 230 m n. m. leží přibližně 15 km západně od krajského města Ústí nad Labem. Vodovodní infrastrukturu v Teplicích vlastní Severočeská vodárenská společnost a.s. Součástí distribuce vody pro Teplice jsou odkalovací, přiváděcí a rozvodné řady, které v tomto okrese dosahují délky 922 889,53 km. V okrese Teplice je provozováno celkem 46 vodojemů, které zajišťují zásobování obyvatel zdravotně nezávadnou pitnou vodou a jsou významným zdrojem vody pro zajištění provozu lázeňské činnosti. K 1. lednu 2020 bylo evidováno 48 154 obyvatel (Místopisy.cz, ©2020). (Severočeské vodovody a kanalizace, 2020)

Zásobování okresu Teplice lze rozdělit do několika částí. Jedná se o zásobování měst Duchcova, Dubí, Bíliny a samotných Teplic.

Město Duchcov je primárně zásobováno z úpravny vody (ÚV) Fláje a ÚV Meziboří, které jako významné zdroje pro plnění vodojemů nestačí. Proto je zásobování Duchcova doplňováno místními zdroji, např. zářezy. V Dubí jsou vodojemy zásobované z ÚV Fláje. Město Bílina je zásobeno vodou vedeného z vodojemu Liščí Vrch (v Mostě), ve kterém se mísí voda z ÚV Přísečnice a vodojemu Chomutov 1600. Vodojem Liščí Vrch je rovněž rozdělovacím místem pro strategický vodojem Šibeník 1 (viz text dále). (Severočeské vodovody a kanalizace a.s., ©2018)

Teplice jsou zásobovány pitnou vodou upravenou na dvou strategických úpravnách vody (ÚV) Meziboří a ÚV Hradiště. ÚV Meziboří jako zdroj surové vody využívá vodní dílo (VD) Fláje (viz obr. 12), které bylo vybudováno v roce 1939 s rozlohou 153 ha a se zásobou vody dosahující 21,6 miliónů m³ (Povodí, Ohře, ©2019 b) a ÚV Hradiště, které využívá surovou vodu z VD Přísečnice (viz obr. 13). VD Přísečnice bylo vybudováno v roce 1976, má rozlohu 362 ha a zásoba vody dosahuje 46,670 miliónů m³. (Povodí, Ohře, ©2019 b).



Obrázek č. 12 Vodní dílo Fláje (Povodí, Ohře, ©2019)



Obrázek č. 13 Vodní dílo Přísečnice (Povodí, Ohře, ©2019)

Surová voda je ze zdrojů VD Fláje a VD Přísečnice dopravována štolami do jednotlivých úprav vody na vhodně uspořádanou technologickou linku. Součástí technologické linky je reakční nádrž, ve které je do surové vody dávkován koagulant (síran hlinitý), který funguje jako srážedlo nečistot organického a anorganického původu

včetně přítomných mikroorganismů do vloček. Vytvořené vločky jsou od upravované vody separovány v usazovací nádrži, ve které voda pomalu proudí, vločky sedimentují ke dnu, a odtud se odebírají ve formě kalu. Voda z usazovacích nádrží následně protéká na pískové filtry, kde se přefiltruje přes jemný písek, a tím se zbaví veškerých zbylých drobných nečistot. Po odstranění nečistot se upravuje celková mineralizace oxidem uhličitým na optimální hodnotu pH 8,0. Posledním stupněm v úpravě vody je hygienické zabezpečení, které spočívá v dávkování chloračního činidla a případně použití UV lampy. Takto upravená a hygienicky zabezpečená pitná voda, která splňuje požadavky Vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění, je akumulována v zásobních vodojemech v objektu ÚV (např. o kapacitě 3 000 m³), následně v distribuční síti a na ní situovaných vodojemech.

Upravená pitná voda z ÚV Meziboří a ÚV Hradiště je přiváděna vodovodními řady DN 500 na VDJ Hudcov, kde se mísí. Z VDJ Hudcov vedou přivaděče DN 700 pro další vodojemy a zásobují podstatnou část města Teplice. (Fedor, 2020)

Větvené rozvodné řady jednotlivých vodojemů v Teplicích jsou propojeny sekčními ovládacími armaturami, které slouží v případě potřeby k propojení jednotlivých tlakových pásem, které pod vodojemy spadají (viz obr. II v Příloze této práce).

5.2 Rozdělení vodovodních řadů v okrese Teplice

Odkalovací řady slouží k efektivnímu provozování přivaděčích a rozvodných řadů. Dlouholetým provozováním se v potrubí projevuje koroze povrchu smáčených stěn potrubí anebo sedimentace částic unášených vodou. K uvolnění částic (narušení biofilmu) dochází většinou z důvodů hydraulického proudění vody potrubím. Druhotným projevem je zbarvení vody, nepříjemná chuť i zápach (organoleptické závady vody). Odkalováním řadů pomocí hydrantů přímo na síti, nebo použitím odkalovacích souprav nebo automatických vzdušníků se tyto komplikace eliminují.

Přivaděcí řady jsou většinou větších průměrů (např. DN 400, DN 500, DN 600), v porovnání s rozvodnými řady. Příkladem jsou hlavní zásobní potrubí, kterými je míněn tranzitní přívod z úpravny vody do vodojemu, nebo z vodojemu, popř. předávacího místa do jiného okresu.

Rozvodný řad je distribuční síť, která je převážně napojena na samotný vodojem, ze kterého je gravitačně dodávána voda přímo do Teplic. V Teplicích je celková délka rozvodných řadů 601 686,35 km se smíšenými průměry (rozvodné řady nebývají větší než DN 200).

5.3 Vodojem Šibeník 1

VDJ Šibeník (viz obr. 14) je největší a strategicky významný vodojem pro město Teplice, který se nachází v oblasti Bílá cesta. Vodojem má dvě akumulční nádrže o velikosti 2×2 000 m³. Délka distribuční sítě tohoto vodojemu je 45,5 km, na trase je umístěno celkem 1 978 odběrných měřených míst.



Obrázek č. 14 Vzhled objektu VDJ Šibeník 1 Zdroj: Vlastní

Provoz vodojemu se řídí vnitřními předpisy vodárenské společnosti, které vycházejí z platné legislativy ČR (Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, prováděcí Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění, normy ČSN 75 5355 Vodojemy, Technické doporučení I-D-48 Konstrukční uspořádání, provoz a údržba vodojemů). (Ministerstvo z. , ©2000)

Po přívodu upravené vody z přivaděčího řadu DN 700 do vodojemu Šibeník 1 je důležité provést dochlorování zásobního systému. Důvodem je zabezpečení vody v celé distribuci, před sekundárním rozvojem mikroorganismů, které mohou způsobit zhoršení kvality vody. Dezinfekce chlornanem sodným se provádí přímo ve vodojemu dávkovacím čerpadlem, které je řízeno množstvím přitékající vody do objektu. Takto dezinfikovaná a zdravotně nezávadná voda je určena k přímému odběru z vodovodní přípojky.

Pro zabezpečení akumulované pitné vody ve vodojemu se jeho akumulace (zásobní prostor pro pitnou vodu) periodicky čistí, a to nejméně jednou za rok. V tomto případě dochází k vypuštění jedné komory, k odebrání sedimentů ze dna a vyhodnocení odebraných vzorků v laboratoři. Stěny, stropy, podlaha a armatury jsou očištěny tlakovou vodou a dezinfekčním prostředkem (většinou chlornan sodný), který se nechá alespoň po dobu 30 minut působit. Po 30 minutách působení se povrchy omyjí vodou z armaturní komory a akumulace se napustí pitnou vodou. Za účelem kontroly se odebere kontrolní vzorek vody a zjistí se nezávadnost. Při této činnosti nedochází k odstavení distribuční sítě ani k jinému omezení pro odběratele (viz vnitřní Směrnice pro mytí VDJ pro Severočeské vodovody a kanalizace a.s. z roku 2018) (Severočeské vodovody a kanalizace, 2020).

6 Postup vyhledávání poruch v dané lokalitě

Ztráty na distribuční síti nezpůsobuje pouze špatný technický stav vodovodní infrastruktury, ale rovněž veškeré činnosti velkých odběratelů, kteří nárazově odebírají velké množství vody a tím způsobují gravitační zrychlení průtoků, nebo zpětné rázy. Důsledkem těchto anomálií vznikají na distribuční síti trhliny či praskliny. Ztráty na této distribuční síti jsou zjišťovány přímo v tlakovém pásmu konkrétního vodojemu, které je částečně rozděleno na menší „distrikty“. Blíže a konkrétněji řešený postup vyhledávání poruch v dané lokalitě je VDJ Šibeník 1.

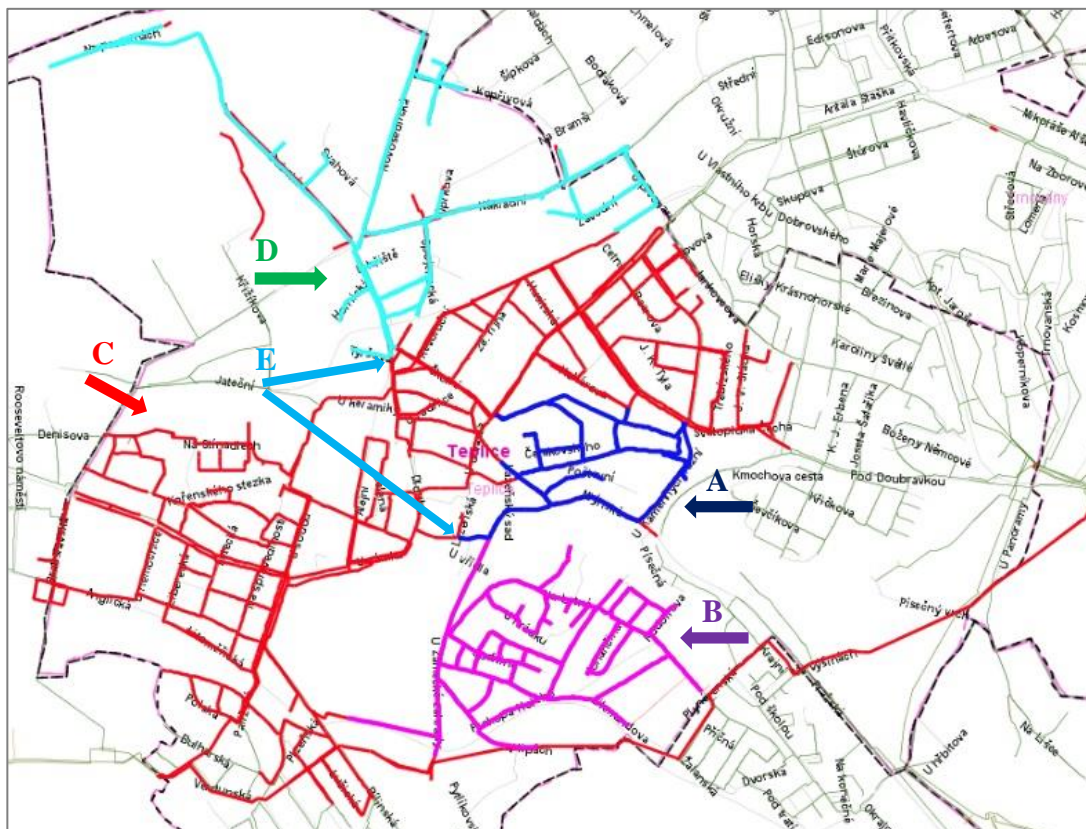
6.1 Částečné rozdělení pásma VDJ Šibeník 1

Pásma VDJ Šibeníku 1 je rozděleno do několika distriktů. Měřené pásmo A má délku vodovodního potrubí 3 790,39 m s počtem 128 odběrných míst (OM), u kterých jsou naměřena noční minima jsou v průměru 0,25 l/s. Měřené pásmo B má délku vodovodního potrubí 7 131 m s počtem odběrných míst (OM), u kterých jsou naměřena noční minima jsou v průměru 0,25 l/s. Měřené pásmo C1 je vyobrazeno celkové specifikované pásmo Šibeník se zahrnutými body A, B, D: délka vodovodního potrubí 45 578 m s počtem OM 1978. Noční minimální průtoky jsou 13,5 l/s. Měřené pásmo D má délku vodovodního potrubí 7 527 m s počtem 225 odběrných míst (OM), u kterých jsou naměřena noční minima v průměru 0,2 l/s. Pásma Teplice Šibeník (na obr. 15, viz C) má délku vodovodního potrubí 45 578 m s počtem 1 978 odběrných míst, u kterých jsou naměřena noční minima 13,5 l/s.

Monitoring množství dodané pitné vody se měří v armaturní komoře indukčním průtokoměrem, ze kterého jsou odesílána data do dispečerského programu (DIS). Zde jsou data vyhodnocována a je zjištěn zvýšený průtok na tlakovém pásmu vodojemu. Monitorování probíhá po celý den, přičemž minimální průtoky se vyhodnocují v nočních hodinách, a to konkrétně v čase 02:00 h do 04:00 h.

Hodnoty VDJ Šibeník 1 vykazují minimální noční průtoky 13,5 l/s (historicky zaznamenané jako nejnižší průtoky). Každé ráno jsou pracovníci vykonávající

provozování této sítě informování o bilanci vodojemů jednotlivých závodů. V případě, zaznamenání zvýšených hodnot indukčního vodoměru provádí specializovaní pracovníci provozovatele odposlech armatur pro bližší zjištění úniku. Příklad vykazování denních úniků uvádí tabulka 1 (Severočeské vodovody a kanalizace, 2020).



Obrázek č. 15 Schéma rozdělení tlakového pásma VDJ Šibeník 1 na Teplicku. Zdroj: (Severočeské vodovody a kanalizace, 2020)

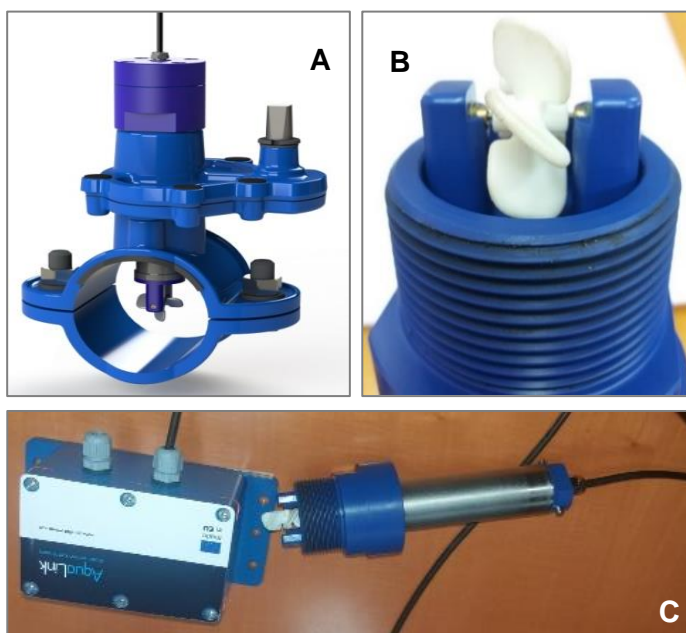
Tabulka č. 1 Způsob vykazování denních úniků pro VDJ Šibeník 1 a další objekty provozované v rámci závodu Most (Dolejší, 2020)

objekt	datum l/s	nejnižší noční min.	25.2.	26.2.	27.2.	28.2.	2.3.	3.3.	4.3.	5.3.	6.3.
VDJ Dubí 2	5	5	0,8	1,3	1,1	1	1,3	1	1	1	1,5
VDJ DTP CV	6	6	4,3	3,7	3	0	3,2	2,7	2,8	3,7	2
ČS Bílence	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,7	0,5	0,5
DTP Kadaň	4	4	4,5	3,1	3,9	3,4	2,9	3,2	3,2	2,8	2,8
VDJ DTP Jirkov	3,5	3,5	2,1	2,3	1,8	1,9	1,5	0,9	1,5	1,5	1,9
Podbořany - Bidipo	4	4	1,6	2,1	1,6	2,5	1,6	0	0	0	0
MŠ Komořany	4,5	4,5	0,9	0,8	1,3	0,8	0,8	0,8	0,9	0,6	0,6
Šibeník 2	6	6	2,6	1,6	2,6	2,5	1,6	2,5	2,3	2,1	2,8
VDJ Bystřany	3	3	2,3	2,3	1,2	0,6	0,6	1,2	1,2	0,6	0
STP Chmutov	6	6	0,6	1,9	1,9	1,1	1,7	0,9	0	1,2	2
Radonice - Vilémov	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Chomutov 325	1,5	1,5	2	2,4	2	2,3	2,3	2,4	3,4	2,5	2,8
VDJ Maštov - obec	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5
VDJ Šibeník 1	13,5	13,5	0,8	0	0	1	0	0	0	2,1	0,3
Radonice - Radonice	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,8	0,6	0,6	0,5	0,3
N. Ves - Straky	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3
VDJ Maíše	3,5	3,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,1	1,4
N. Ves - Bílá cesta	3,5	3,5	1,4	1,4	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,5

6.2 Postup kontroly sítě

V této kapitole jsou blíže specifikovány případy konkrétního vyhledávání poruch zaměstnanci vodárenské společnosti v tlakovém pásmu VDJ Šibeník 1 na Teplicku. Vyhledání poruchy v této lokalitě se provádí pomocí již výše uváděných diagnostických přístrojů (viz kap. 3.5). Jedním z mnoha efektivních způsobů diagnostiky je monitorování distriktů prostřednictvím průtokoměrů řady AquaLink.

Průtokoměr AquaLink sensor umožňuje měřit aktuální průtok v potrubí a tlakové hodnoty (viz obr. 16, technický výkres viz obr. I v Příloze této práce). Tento průtokoměr byl zkonstruován/vyroben pro jednoduché a efektivní monitorování vody na distribuční síti. Výrobce průtokoměru AquaLink sensor je Jordan d.o.o. Slovinsko a jeho technické parametry jsou uvedeny v tabulce 2 (Jordan doo, nedatováno).



Obrázek č. 16 Průtokoměr AquaLink sensor Zdroj: vlastní

AquaLink se vkládá do středu potrubí, aniž by byl provozovatel nucen potrubí uzavřít, nebo vypustit. Ve zvoleném distriktu se měří průtok po dobu 24 hodin denně. Informace o průtoku jsou zasílána na server, ve kterém jsou znázorněna graficky i tabelárně. Princip měření průtokoměrem AquaLink je založen na měření rychlosti proudění v metrech za vteřinu, převedené na plochu (viz tabulka 3).

Důvod nepřesného množství jsou inkrustace v potrubí, které narušují pravidelnou kružnici. Nepravidelnou kružnicí se nesprávně vypočítá hodnota s rozdíly i v několika milimetrech, což se promítne je v konečném výsledku odlišných hodnot.

Tabulka 2 Technické parametry průtokoměru AquaLink sensor (Jordan doo, nedatováno)

Parametr	Specifikace
Materiál vrtulky	Vysokopevnostní kompozit
Uložení osy vrtulky	Karbidová osa uložena v safírových pouzdrech
Těsnění	Dva O-kroužky
Přesnost měření	± 2 % záleží na inkrustaci (zmenšení profilu)
Snímání a odesílání dat	Možnost volit interval snímání minimálně 5 sekund a odesílání minimálně 5 minut
Komunikace	SMS nebo GPRS (internet)
Baterie	Výdrž dle konfigurace snímání a odesílání dat
Doplňující informace	Možnost nastavení alarmů libovolných hodnot (SMS, e-mail na neomezený počet přístrojů)
	Konstrukce krytí IP68
	Kalibrační list připadající k jednotlivému průtokoměru
	Atest zdravotní nezávadnosti pro ČR

Tabulka 3 Způsob výpočtu průtoku z přístroje AquaLink sensor (Jordan D.o.o, 2020 b)

DN potrubí	100	mm
Vnitřní plocha	7850	mm ²
Rychlost proudění	0,5	m/s
Průtok	3,925	l/s
Výpočty:	Vnitřní plocha	Průtok
	3,14*DN100/2	7850*0,5/1000

Nezbytnou součástí AquaLink je datalogger, ve kterém je umístěna SIM karta (malá deska plošných spojů pro komunikaci), kterou se přenáší data přes GPRS (General Packet Radio Service – obecná radiokomunikační služba) nebo SMS (Short Message Service - textová zpráva) na server.

Přístroj má vlastní napájení pomocí dvou monočlánků typu D (1,5V), proto je vhodný do oblastí, kde není možnost využití elektrické energie. Veškerá nashromážděná data se odesílají na server Aquaweb, kde jsou zkontrolována a zpracována. Po vyhodnocení a zjištění zvýšeného odběru server odesílá upozorňující alarmové zprávy prostřednictvím SMS nebo e-mailu a zároveň odesílá naměřené hodnoty do grafu. Na základě všech zaznamenaných a zpracovaných dat může provozovatel sítě optimalizovat a určit provozní režim systému provozování distribuční sítě.

AquaLink sensor je navržen pro venkovní použití a poskytuje mu robustní krytí IP68 a proto ho lze vsazovat přímo do potrubí a zahrnout zeminou. Většina uživatelů průtokoměr nezahrnují, ale vytvoří šachtu z PVC o minimálním průměru DN 300 pro případ servisu nebo závady. Výhoda šachty je, že průtokoměr lze z potrubí vyjmout speciálně upraveným přípravkem s odstavením vodovodního řádu na přibližně 10 minut. V případě, že dojde u průtokoměru k jakékoli závadě (např. mechanická nebo elektronická), musí se pro případ demontáže provést výkop až k průtokoměru. V tomto případě je výhodou neodstavování potrubí. Průtokoměr lze vyjmout speciálními přípravky, aniž by se vodovodní potrubí odstavilo a tím se např. omezila dodávka pitné vody pro obyvatele. (PVK, ©2019)

6.3 Postupy snímání dat z průtokoměru AquaLink

V průtokoměru AquaLink je umístěna kompozitová vrtulka uložena v safírových pouzdrech se zabudovanými magnety. Otáčky vrtulky jsou elektromagneticky snímány tak, že při každém otočení dojde k sepnutí a vygeneruje se puls. Za X otočení vrtulky v m/s je zaznamenán rychlostní průtok Y v m/s, čímž je zjištěna rychlost proudění.

Hodnoty pulsů jsou metrologicky navázány na kalibrovaná měřidla s ohledem na minimální a maximální průtok. V praxi to znamená, že ne vždy za všech okolností znamená jeden puls, tedy jedno otočení vrtulky kolem své osy stejnou hodnotu. Díky této vlastnosti dosahuje průtokoměr lepších hodnot např. při náběhu průtoku.

Pro uživatele je hodnota rychlosti proudění v potrubí nezajímavá. Uživatel v běžných podmínkách chtějí sledovat proteklé množství v jednotkách l/s nebo v m³/h. Pokud je

známá rychlost proudění a tvar potrubí, lze protečené množství vypočítat určením podle vnitřního průměru potrubí.

Hodnota počtu impulsů je do zařízení zaznamenávána v určitých intervalech, které má uživatel možnost nastavit např. na 10 minut. Při tomto nastavení dochází k desetiminutovému načítání impulsů. Po tomto okně, kdy je načteno např. 50 pulsů, se tato hodnota v zařízení uloží a začne se načítat nový soubor s novými hodnotami.

Komunikace přístroje se serverem je on-line. Pokud je nastaveno odesílání dat dvakrát denně, pak vždy po dvanácti hodinách dochází k odeslání uložených údajů na server. Zde jsou data přepočítána vzorcem, který je unikátní pro každé zařízení a je rovněž výsledkem jeho kalibrace. Přepočtená data vidí uživatel ve svém rozhraní ve formě hodnot a grafu s celou řadou doplňkových funkcí.

Pokud má zařízení nastavené alarmy, jsou ukládány v paměti zařízení. Zařízení je nastaveno tak, že pokud dojde k napočítání více jak 50 pulsů během měřeného okna např. deset minut, zařízení se aktivuje a aktuální naměřenou zvýšenou hodnotu ihned odesílá.

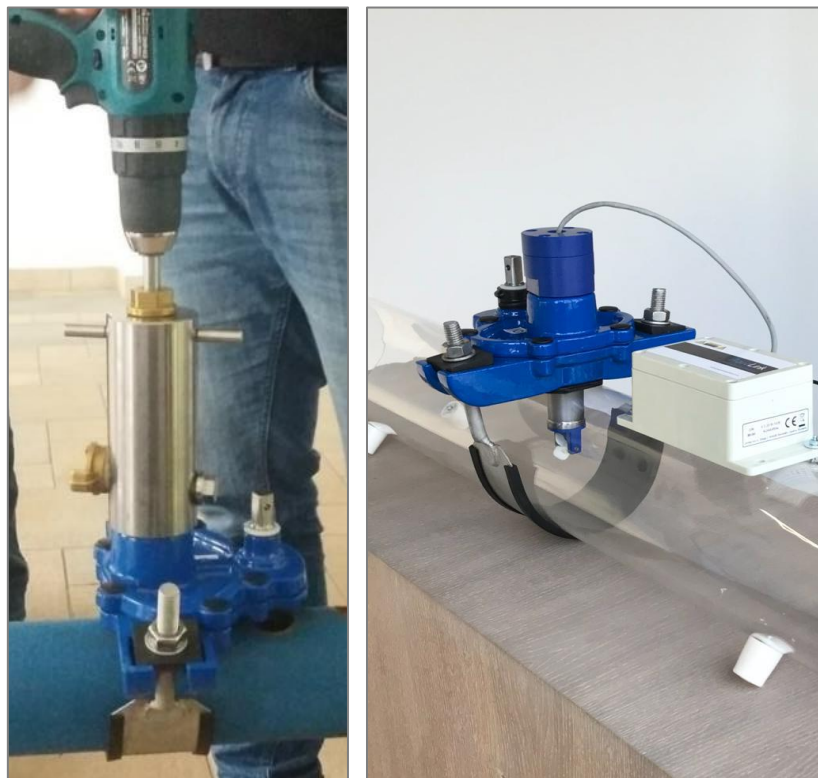
6.4 Popis montáže průtokoměru AquaLink

Prvním krokem při montáži je zajištění výkopu až na vodovodní potrubí pitné vody. Potrubí, do kterého se průtokoměr instaluje se musí řádně očistit od vnější koroze. V tomto kroku je třeba dbát zvýšené pozornosti, aby dosedací pryž, která utěsňuje spoj mezi potrubím a objímkou dolehla na povrch a byla utěsněna. Na očištěné potrubí je připevněn navrtávací pas s nožovým uzávěrem. Tento navrtávací pas je připevněn na vodovodní potrubí.

Dalším nezbytným krokem je montáž navrtávací soupravy, která má korunkový vykrūžovač o průměru 34 mm. Tímto korunkovým vykrūžovačem se vytvoří otvor ve vodovodním potrubí. Na vřetenou navrtávací soupravy, které slouží k rotaci korunkového vykrūžovače se připevní vrtačka a proplachovací hadice. Tato proplachovací hadice slouží k tomu, aby se zamezilo vniknutí nečistot při montáži průtokoměru do potrubí.

Po kontrole všech spojů se do potrubí začne vykrūžovat otvor. Po vykroužení se otvorem z potrubí vypláchnou veškeré nečistoty pomocí proplachovací hadice. Po vypláchnutí se na navrtávacím pase uzavře nožový uzávěr, který zamezí uniku vody z potrubí. Demontuje se navrtávací souprava. Do navrtávacího pasu se připevní

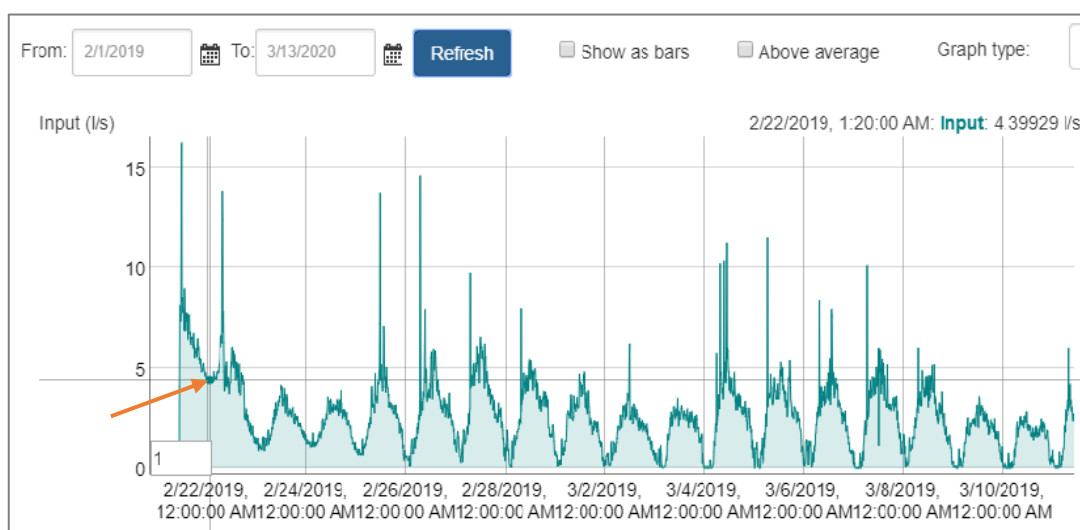
průtokoměr pomocí matice z kompozitního materiálu, která zabezpečuje pohyb průtokoměru k navrtávacímu pasu. Zabezpečení průtokoměru proti vysunutí slouží uchycení čtyř šroubů typu M6 (viz obr. 17).



Obrázek č. 17 Postup montáže (vlevo) a osazení v potrubí (vpravo) Zdroj: Vlastní

7 Vyhodnocení úspěšnosti nalezení poruchy

První případ vyhodnocení (krátkodobý únik): Při osazení průtokoměru v ulici Školní (Teplice) dne 21. 2. 2019 (viz obr. 18, stav „šipka“) byly vykazované hodnoty průtokoměru přibližně 4,3 l/s (viz tabulka 4 a 5). Tentýž den byl vyslán diagnostik, aby provedl preventivní prohlídku za účelem dohledání zvýšeného odběru. Diagnostik lokalizoval únik v ulici Novosedlická (Teplice) na vodovodní přípojce. Druhý den byl únik odstraněn.



Obrázek č. 18 Graf naměřených hodnot se záznamem úniků (viz šipka) Zdroj: Vlastní

Tabulka č. 4 Průměrné vyhodnocení nalezené poruchy po zajištění distriktů a měření AquaLink

Datum vzniku úniku	Datum zjištění místa úniku	Oprava úniku	Velikost úniku v l/s	Celková ztráta vody v m ³	Finanční vyhodnocení při ceně Kč 53,07 s DPH
21. 2. 2019	22. 2. 2019	22. 2.	5	432	22 926,2
15. 7. 2019	15. 7. 2019	16. 7.	9	9,7	514,7

Tabulka č. 5 Průměrné vyhodnocení měřeného pásma pouze z vodojemu s kontrolou celého pásma diagnostikem

Datum vzniku úniku	Datum zjištění místa úniku	Oprava úniku	Velikost úniku v l/s	Celková ztráta vody v m ³	Finanční vyhodnocení při ceně v Kč 53,07 s DPH
21. 2. 2019	21. 3. 2019	21. 3.	5	12 960	687 787
15. 7. 2019	15. 8. 2019	15. 8.	9	23 328	1 238 016

Druhý případ vyhodnocení (krátkodobý únik): Dne 2. 1. 2020 bylo zjištěné navýšení průtokoměru v ulici Školní (Teplice) o 1 l/s. Pohotovostní mistr po dohodě s pracovníky dne 8. 2. 2020 provedli v čase 00:30 preventivní prohlídku odposlechem armatur. Při preventivní prohlídce byl lokalizován únik u hydrantu, který se podařilo uzavřením armatury odstranit.

Třetí případ vyhodnocení (krátkodobý únik): Dne 26. 1. 2020 průtokoměr umístěn v ulici Vrchlického (Teplice) byl navýšen na 0,8 l/s. Následná havárie byla lokalizována v ulici K. Čapka (Teplice) a odstraněna byla dne 27. 1. 2020.

Čtvrtý případ vyhodnocení (krátkodobý únik): Dne 15. 7. 2019 byl zaznamenán překročený alarm na průtokoměru v ulici Školní (Teplice). Po výjezdu byl zjištěný únik vody na vodovodním řadu v ulici Nákladní (Teplice). Mistr obdržel alarmovou SMS zprávu o zvýšeném odběru vody ve 20:30. Zjištění místa úniku vody bylo ve 22:00 (navýšení 9 l/s, viz tabulka 4 a 5) a okamžitě byl uzavřen vodovodní řad.

Pátý případ vyhodnocení (dlouhodobý únik): Při osazení průtokoměru dne 4. 12. 2019 Teplice Šachta FK Teplice (přivaděč pro město Teplice) byly vykazované zvýšené hodnoty už během nočního průtoku 7,8 l/s. Po čtyřech dnech se hodnoty průtokoměru zvýšily na 9,08 l/s. Diagnostici při provádění preventivních prohlídek tento únik nelokalizovali. Mistr po dohodě s pracovníky rozhodl o určení přibližného místa a zahájil výkopové práce pro lokaci možného místa průsaku. Sondou byl zjištěn velký přítok vody do výkopu. Vykopáním další sondy se množství vody zvětšilo. Lokalizována byla porucha na DN 350, která se dne 12. 11. 2019 opravila. Průtokoměr vykazoval ztrátu 8 l/s, což je stále vysoká hodnota ztráty. Následně dne 17. 12. 2020 byla lokalizována havárie Teplice Rokycanova. Průtokoměr šachta FK Teplice po opravě vykazoval 5 l/s. Únik vody byl dlouhodobého charakteru. Je možné spekulovat nad dobou skutečného úniku, zda šlo o rok nebo roky. V tomto případě, v době řešení projektu (1 rok), byl zjištěný malý průsak do vzdáleného sklepa budovy. Měřicí přístroje diagnostiků distribuční sítě přitom nevykazovaly žádné hodnoty havárie. Únik mohl trvat i nadále.

8 Diskuze

Lidé si v dnešní době klimatických změn, sucha a snižování zásob vody příliš neuvědomují, že je voda cenná a je zapotřebí s ní šetřit. Nehledě na to, že upravená voda je drahá. Do ceny vody se promítá významně typ a způsob jímání zdroje surové vody, dale pak náročnost na technologické uspořádání vodárenské linky, charakter distribuční sítě a velikost spotřebišť. Používání vody pro zalévání, napouštění bazénů a zbytečné čerpání takto upravené vody snižuje hladinu potřebných zdrojů.

Každodenní úkol provozovatelů vodovodní infrastruktury je zamezení netěsností vodovodní sítě a tím pádem i eliminace zbytečných ztrát již upravené vody. I přes veškeré snahy provozovatelů jsou hlavní nedostatky v monitorování sítě. Vytvoření distriktu na bilančním pásmu vodojemu znamená pro provozovatele snížení nákladů na opravu. V těchto případech se často dostávají do úskalí, jelikož tato investice je velice nákladná. I přes velkou investici pro „měřené distrikty“ lze jednoduše spočítat rychlou finanční návratnost. V dnešní době by se ve vodárenské infrastruktuře mělo, kromě pořizování investic, pohlížet hlavně na optimalizování preventivních prohlídek v distriktech z důvodu úniku. V monitorovaném distriktu není potřeba tyto preventivní prohlídky provádět. Na základě všech zaznamenaných a zpracovaných dat může provozovatel sítě optimalizovat a určit provozní režim systému.

Pokud je v monitorovaném distriktu zvýšený odběr, musí se kontrola sítě provést. Tato kontrola ale nemusí být preventivně manuálně monitorována několikrát po sobě.

Provozovatelé vodovodní infrastruktury řeší snižování ztrát bez navýšení investic, což pro snižování ztrát vody není zapotřebí.

Pokud provozovatelé nebudou investovat do on-line monitorování vodovodní sítě nebudou se snižovat ztráty na síti. Do doby, kdy bilanční oblast vodojemu nebyla rozdělena na distrikty se úniky na vodovodní síti hledaly mnohem déle. V některých případech, se únik dohledal díky koncovým odběratelům, kdy byla ohlášena hodnota tlaku v místě napojení v rozporu se Zákonem č. 274/2001 Sb. v platném znění.

9 Závěr

Cílem této práce bylo popsat systém zásobování obyvatel města Teplic pitnou vodou z konkrétního vodojemu. Dále pak specifikovat nové kroky pro minimalizaci ztrát vody a bezproblémový monitoring nočních průtoků pomocí navrtávkových průtokoměrů typu AquaLink sensor.

V rešeršní části jsou uvedeny veškeré informace, týkající se způsobu provozování a snižování úniků. Specifikována jsou měřidla a zařízení používaná pro měření úniků a ztrát vody na síti.

Podstatná část práce je zaměřena na cílovou oblast vodovodní infrastruktury města Teplice, její provozování a rozdělení na distrikty.

Při rozdělení sítě na měrné okrsky bylo detekováno mnoho nedostatků, které bylo potřeba pro vymezení distriktů vyřešit.

Prvním z významných kroků tohoto projektu bylo zajištění funkčnosti uzavíracích armatur a případně jejich výměna. Bylo zapotřebí zajistit funkčnost veškerých armatur, aby bylo možné uzavřít daný distrikt pro vpuštění vody jedním monitorovaným přívodním potrubím. Zvažována byla varianta přítomného vodojemu na síti z důvodu zajištění potřebného tlaku vodního sloupce (např. výškové převýšení, gravitační spád apod.).

Při zjišťování funkčnosti armatur byla odhalena určitá anomálie na síti, provozem definována jako tzv. „provozní záhada“. Anomálie se projevila při odstavení vodovodu tím, že uzavření jedné armatury výrazně ovlivnilo tlak v potrubí v jiných částech města. Tato anomálie spočívala v neúplném otevření armatury technikem po opravě havárie.

Kromě úniků vody byly zaznamenány případy, kterými byl zjištěn opačný směr toku vody. Tímto poznatkem bylo prokázáno, že zmiňované noční hodnoty vodojemu Šibeník 1 neodpovídají proteklému množství vody těmito strategickými přívodními řady, které monitorují průtokoměry AquaLink.

Po zajištění všech těchto kroků se hledání úniků na vodovodní infrastruktuře zjednodušilo a snížily se náklady na hledání úniků.

Dalším zjištěním bylo vyhodnocení průtokoměrů na přívodním potrubí, které dodává vodu do rozvodní sítě a neodpovídá množství minimálních nočních průtoků 5 l/s. Po prověření této skutečnosti je přítomnost odbočky, kterou provozovatel nemá zavedenou v mapové aplikaci GIS (Geografický informační systém).

Mapová aplikace se doplňovala z papírových pasportů, ve kterých nebyly zakresleny všechny vodovody. Při postupném obnovování se sítě dokreslují dodnes. Diagnostické přístroje dnes už s vyspělejší technologií dokáží směr vodovodu vytrasovat.

10 Citovaná literatura

- Alexander, D. a. (2014). *The IBNET Water Supply and Sanitation Blue Book 2014*. Washington: Word Bank Group. doi:10,1596/978-1-4648-0277-5
- Ambrožová Říhová, J., & kol, a. (2010). Minimalizace rizik při provozu akumulací s pitnou vodou. *W&ET Team*, (stránky 253-258). Č. Budějovice.
- Bermad Technologies*. (©2020). Získáno 26. Červen 2020, z WP-Dinamic Turbine Water Meter: (online) [cit. 26.6.2020] <https://www.bermad.com.au/products/wp-dynamic-turbine-water-meter-pattern-approved/>
- Bojanovsky, O. (6. Duben 2011). Vodovod.info. *Hodnocení poruch na vodovodních řadech a přivaděčích*,. Brno. Získáno 2. Červen 2020, z Hodnocení poruch na vodovodních řadech a přivaděčích: (online) [cit. 26.2020] http://www.vodovod.info/index.php/clanky/146-hodnoceni-poruch-na-vodovodnich-a-radech-a-privadecich#.Xvn4U_kzaUk
- ČSN 755355. (2011). *Vodojemy*, 20 s.
- Dolejší, P. (6. Březen 2020). Vykazování nočních průtoků Severočeské vodovody a kanalizace Závod Most. Most.
- Fedor, F. (25. 1 2020). Ústní sdělení manažer provozu ÚV. Hradiště.
- Gassman, L. S., & Chaudhry, M. (1. Únor 2010). Leak detection in pipes by frequency response method using a step e. 127. doi:10,1080/02221680309499965
- Hamilton, S., & Charalambous, B. (2013). *Leak Detection: Technology and Implementation*. London: IWA.
- Jordan D.o.o. (2020 b). *Ústní sdělení, konzultace společnosti Jordan Doo*. Získáno 6. Leden 2020, z [cit. 6.1.2020]
- Jordan doo. (nedatováno). *Aqualink*. Získáno 25. Červen 2020, z Aqualink: (online) [cit. 26.6.2020] <https://www.environmental-expert.com/products/aqualink-water-metering-system-529256>
- Klingel, P., & Knobloch, A. (1. Červenec 2015). Water supply. *Automated determination and evaluation of water losses in water distribution systems*, 107(7), 11. Získáno 4. Duben 2020, z <https://awwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.5942/jawwa.2015.107.0084>
- Kožíšek, F., Kos, J., & Pummann, P. (2007). Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství. 1-74.
- KROHNE. (Červenec ©2018). *KROHNE*. Získáno 26. 3 2020, z (oline) [cit. 26.3.2020] <https://krohne.com/en/products/flow-measurement/flowmeters/electromagnetic-flowmeters/waterflux-3100/>

- Line Control*. (©2016a). Získáno 25. Únor 2020, z Trasovací prut: (online) [cit. 25.2.2020]
<https://www.linecontrol.cz/trasovaci-prut#!>
- Line Control*. (©2016c). Získáno 25. Únor 2020, z SeFlow: (online) [cit. 25.2.2020]
<https://www.linecontrol.cz/seflow-400>
- LineControl*. (©2016b). Získáno 25. Únor 2020, z Dataloggery: (online) [cit. 25.2.2020]
<https://www.linecontrol.cz/voda>
- Long, R., & kol, a. (2001). *Monitoring acoustic wave propagation in buried cast iron water pipes*. New York. Získáno 18. Červen 2020
- Ministerstvo, z. (11. Srpen ©2000). *eAGRI*. Načteno z eAGRI:
http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_zakon-2000-258-verejne-zdravi.html
- Ministerstvo, ž. p. (12. Srpen 2015). *MŽP, zákon o prevenci závažných havárií, v platném znění*. Závažnou havárií je mimořádná, částečně nebo zcela neovladatelná, časově a prostorově ohraničená údalost, zjm. závažný únik nebezpečné látky, požár nebo výbuch. Jedná se o havárii, která vznikla nebo je. Získáno 12. Leden 2020, z
https://www.mzp.cz/cz/pravni_ramec_havarii
- Misiūnas, D. (2008). *Failire Monitoring and Asset Condition Assessment in Water Supply Systems*. Vilnius, Litva: Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- Místopisy.cz. (1. 1 ©2020). *Místopisný průvodce po České republice*. Načteno z (online) [cit. 25.6.2020], dostupné z <https://www.mistopisy.cz/pruvodce/obec/8561/teplice/pocet-obyvatel/>
- Novák, J. e. (2003). *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Praha: Líbeznice u Prahy: Medim, spol. s.r.o.
- O vodárenství*. (12. Prosinec ©2016). Získáno 28. Červen 2020, z V letošním roce "se ztratilo" nejméně vody: (online) [cit. 28.6.2020] <http://www.ovodarenstvi.cz/clanky/v-letosnim-roce-se-tratilo-nejmene-vody>
- Povodí, Ohře*. (6. Únor ©2019). Získáno 28. Červen 2020, z Vodní dílo Fláje: (online) [cit.29.6.2020]
<https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602>
- Povodí, Ohře*. (6. Únor ©2019). *Povodí, Ohře*. Získáno 26. Červen 2020, z Vodní dílo Přisečnice: (online) [cit. 23.6.2020]
https://www.poh.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=200341&id=2616&n=vodni%2Ddilo%2Dprisecnice
- PVK. (30. Leden ©2019). *Pražské vodovody a kanalizace*. Získáno 25. Duben 2020, z Sucho zapříčinilo nárůst počtu havárií na vodovodní síti, ztráty vody na minimum: (online) [cit.

25.4.2020] <https://www.pvk.cz/aktuality/sucho-zapricinilo-narust-poctu-havarii-na-vodovodni-siti-ztraty-vody-na-minimu/>

Rusek, M., & Stárková, D. (2014). *Získávání a úprava vody: příručka k projektu OPPA Podpora vzdělávání studentů středních škol v přírodovědeckých předmětech a matematice*. Praha: UK v Praze - Pedagogická fakulta.

SEBA KMT. (©2020). *SEBA KMT A member of Megger Group*. Načteno z (online) [cit. 19.6.2020] <https://www.sebakmt.com/en/portfolio-reader/correlux-c-3-en.html>

Severočeská vodárenská spol. a.s. (nedatováno). *Severočeská vodárenská spol.* Získáno 19. Březen 2020, z SVS a.s.: (online) [cit. 2.2.2020] <https://www.svs.cz/cz/spolecnost/kdo-jsme/>

Severočeské vodovody a kanalizace a.s. (15. 3 ©2018). *Severočeské vodovody a kanalizace a.s.* Načteno z Severočeské vodovody a kanalizace a.s.: (online) [cit. 22.3.2020] <https://www.scvk.cz/media/tiskove-zpravy/myti-vodojemu-je-nedilnou-soucasti-pecce-o-kvalitu-vody/>

Severočeské vodovody a kanalizace, a. (9. Duben 2020). Interní podklady provozovatele Severočeské vodovody a kanalizace a.s. *Technická dokumentace stavby Šibeník*. Teplice, Česká republika, CZ: Severočeské vodovody a kanalizace a.s. Získáno 9. Duben 2020

Siemens. (©2018). Získáno 25. Červen 2020, z Siemens AG: (online) [cit. 25.6.2020] https://cache.industry.siemens.com/dl/files/956/109764956/att_977074/v1/sitransf_fm_mag5100w_fi01_en.pdf

SIEMENS AG. (nedatováno). Získáno 25. Červen 2020, z MAG 8000/8000 CT Quick Start,: (online) [cit. 22.5.2020] <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/flow-measurement/electromagnetic/sitrans-fm-mag-8000-mag-8000-ct.html>

Smetana, P. (1985). *Provozování veřejných vodovodů*. Praha: Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR.

SmVaK Ostrava. (5. Červen ©2020). *VODÁRENSTVÍ.CZ*. Získáno Červen 2020, z Ztráty v síti SmVaK Ostrava dlouhodobě klesají i díky chytré aplikaci: (online) [cit. 15.6.2020] <http://www.vodarenstvi.cz/2020/06/05/ztraty-ve-vodovodni-siti-smvak-ostrava-dlouhodobě-klesaji-i-diky-chytre-online-aplikaci/>

Syruček, M. (2011). *Voda jak ji neznáme*. Praha: Epoque, Praha.

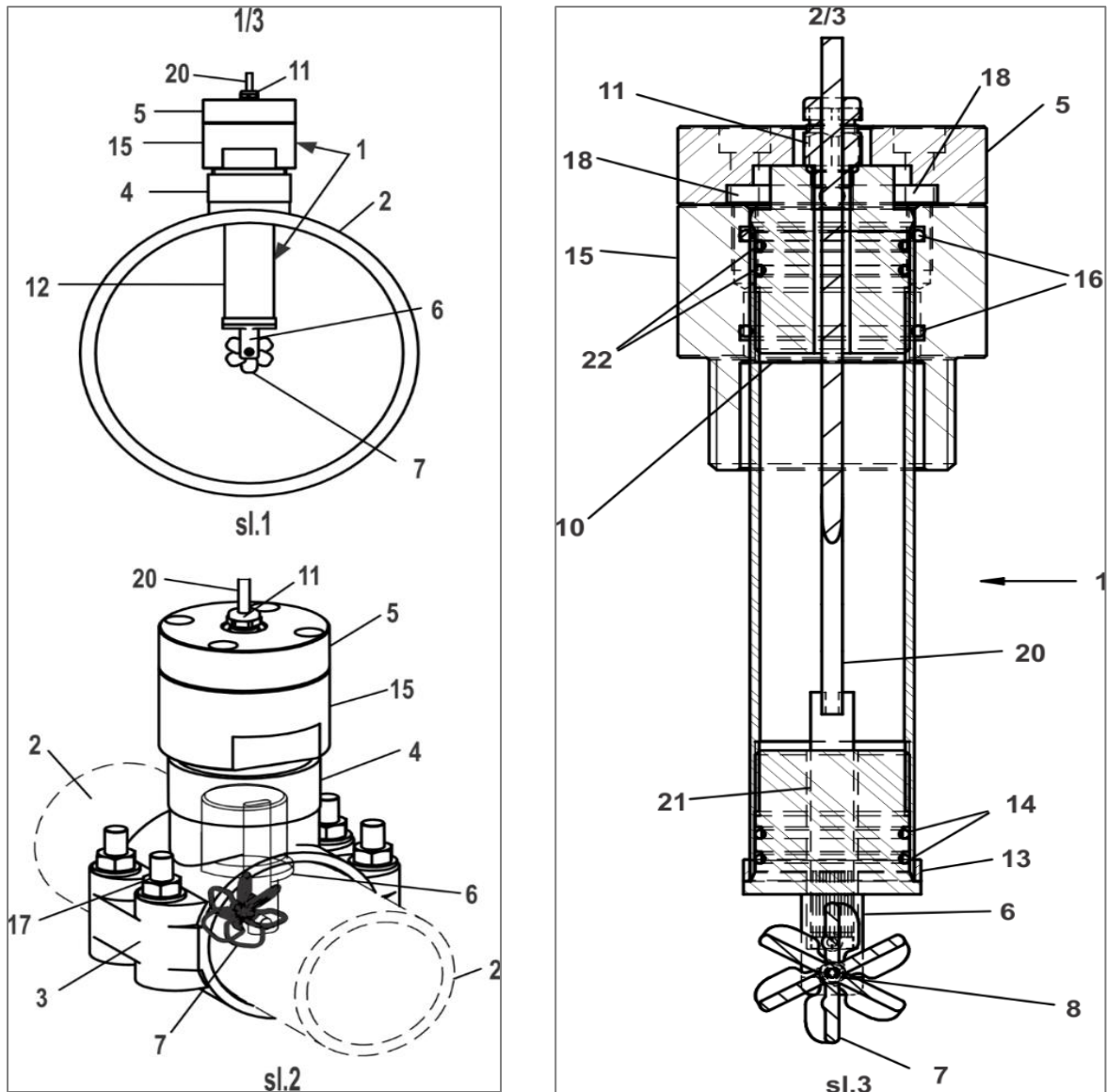
Škrobánková, H. (©2020). Slide Serve. *BILANCE a měření - PowerPoint PPT Presentation*, 8-86 s. Načteno z <https://www.slideserve.com/kylie-morrison/balance-a-m-en>

Tanlake Flowmetering. (nedatováno). Získáno 14. Květen 2020, z (online) [cit. 14.5.2020] <https://www.tanlakeflowmetering.co.uk/products/siemens-flow-meters.html>

WP-Dinamic. (nedatováno). Získáno 26. Červen 2020, z Turbine water meter:
<https://www.minerva-intra.com/wp-content/uploads/2016/02/WP-Dynamic-130degC.pdf>

Zlámal, K. (1977). *Hledání poruch ve vodovodním potrubí*. (P. Viceník, Editor) Praha: Ministerstvo lesního a vodního hospodářství.

11 Přílohy



Obr. I. Technický výkres průtokoměru AquaLink

Legenda: 1 ... průtokoměr; 2 ... vodovodní potrubí; 3 ... objímka, 4...límcový adapter 6/4",
 5 ... plastová příruba, 6 ... uložení vrtulky, 7 ... vrtulka, 8 ... safírová pouzdra,
 9 ... osa, 10 ... horní kryt, 11 ... vstup kabelu, 12 ... tělo průtokoměru,
 13 ... bezpečnostní kroužek, 14 ... vnitřní o-kroužek, 15 ... fitinka
 16 ... 6/4" o-kroužky límcového adaptéru, 17 ... matice, 18 ... bezpečnostní pojistka,
 19 ... magnety, 20 ... kabel, 21 ... elektronika, 22 ... uchycení o-kroužků

Seznam použitých zkratk a symbolů

ČMI	Český metrologický institut
ČOV	Čistírna odpadních vod
DIS	Dispečerský systém
DN	Diameter nominal; vnitřní průměr potrubí udávaný v milimetrech
GIS	Geografický informační systém
GPRS	General Packet Radio Service; Obecná radiokomunikační služba
HACCP	Hazard Analyses and Critical Control Points; Analýza rizik a kritické kontrolní body
HZS	Hasičský záchranný sbor
IWA	International Water Association; Mezinárodní asociace pro vodu
MID	Measuring Instrument Directive; Směrnice pro měřicí přístroje
OM	Odběrné místo
PVC	Polyvinylchlorid
SMS	Short Message Service; textová zpráva
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR
ÚV	Úpravna vody
VD	Vodní dílo
VDJ	Vodojem
WHO	World Hospital Organization; Světová zdravotnická organizace
WPS	Water Safety Plans; Plány bezpečného zásobování vodou

Obrázek č. 1 Schéma provozování vodohospodářské infrastruktury (online) [cit. 18.3.2020] Dostupné z < https://www.slideserve.com/kylie-morrison/bilance-a-m-en >	7
Obrázek č. 2 Testovací tyč v rukou odborníka (obrázek vlevo) Vlasní zdroj a způsob kolerace vodovodního potrubí (obrázek vpravo) (online) [cit. 19.6.2020] Dostupné z < https://www.sebakmt.com/en/portfolio-reader/correlux-c-3-en.html > obrázky	10
Obrázek č. 3 . Specifikace vodoměru typu Itron Aquadis (A) (online) [cit. 23.6.2020] Dostupné z < https://www.itron.com/na/solutions/product-catalog/aquadis-dn15--dn20 > a Itron Flostar (B) dostupné z (online) [cit. 24.6.2020] < https://www.itron.com/-/media/feature/products/documents/spec-sheet/flostar-ci-and-80wi-spec-sheet.pdf >	13
Obrázek č. 4 Zařízení a specifikace průtokoměru typu Siemens, (online) [cit. 14.5.2020], Dostupné z < https://www.tanlakeflowmetering.co.uk/products/siemens-flow-meters.html >	13
Obrázek č. 5 Zařízení a specifikace mechanického měřidla typu SENSUS WPD	14
(online) [cit. 26.6.2020] Dostupné z:< https://www.minerva-intra.com/wp-content/uploads/2016/02/WP-Dynamic-130degC.pdf >	
Obrázek č. 6 Zařízení a specifikace mechanického měřidla typu Itron Flostar M.15 (online) [cit. 26.6.2020] Dostupné z:< https://www.ugap.fr/achat-public/compteur-d-eau-industriel-flostar-m-80-dn80-l.350-mm-r400-corps-laiton-cadran-verre_2062296.html >	
Obrázek č. 7 Zařízení a specifikace ultrazvukového měřidla typu Arad OCTAVE (A) (online) [cit. 25.6.2020] Dostupné z:< https://arad.co.il/assets/Octave_2019_EN.pdf > a JalSonic (B) (online) [cit. 26.6.2020] Dostupné z: < https://www.chetascontrol.com/pdf/jal-sonic-leaflet.pdf >	15
Obrázek č. 8 Zařízení a specifikace magneticko-indukčního měřidla typu Siemens Mag 8000 (online) [cit. 22.5.2020] Dostupné z: < https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-	

instrumentation/flow-measurement/electromagnetic/sitrans-fm-mag-8000-mag-8000-ct.html>	16
Obrázek č. 9 Zařízení a specifikace magneticko-indukčního měřidla typu WATERFLUX 3000 (oline) [cit. 26.3.2020] dostupné z < https://krohne.com/en/products/flow-measurement/flowmeters/electromagnetic-flowmeters/waterflux-3100/ >	16
Obrázek č. 10 Příklad lopatkového průtokoměru typu 2537 Paddlewheel Flow Sensor (online) [cit. 25.6.2020] dostupné z: < https://www.recycledgoods.com/george-fischer-3-2537-6c-p0-paddlewheel-flowmeter-0-5-4-pipe-4-20ma-325376cp0/ >.....	17
Obrázek č. 11 Příklad lopatkového průtokoměru typu AquaLink Sensor zdroj:vlastní.....	17
Obrázek č. 12 Vodní dílo Fláje (online) [cit.29.6.2020] < https://www.poh.cz/vodni-dilo-flaje/d-2602 >	21
Obrázek č. 13 Vodní dílo Přisečnice (online) [cit. 23.6.2020] Dostupné z: < https://www.poh.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=200341&id=2616&n=vodni%2Ddilo%2Dprisecnice >	21
Obrázek č. 14 Vzhled objektu VDJ Šibeník 1 zdroj: vlastní.....	23
Obrázek č. 15 Schéma rozdělení tlakového pásma VDJ Šibeník 1 na Teplicku.zdroj: vlastní	26
Obrázek č. 16 Průtokoměr AquaLink sensor zdroj:vlastní.....	27
Obrázek č. 17 Postup montáže (vlevo) a osazení v potrubí (vpravo) zdroj: vlastní	31
Obrázek č. 18 Graf naměřených hodnot se záznamem úniků (viz šipka) zdroj: vlastní.....	32
Tabulka č. 1 Způsob vykazování denních úniků pro VDJ Šibeník 1 a další objekty provozované v rámci závodu Most. Zdroj: (Dolejší, 2020)	26
Tabulka 2 Technické parametry průtokoměru AquaLink sensor Zdroj: vlastní	28
Tabulka 3 Způsob výpočtu průtoku z přístroje AquaLink sensor) (Jordan doo, nedatováno).....	28
Tabulka č. 4 Průměrné vyhodnocení nalezené poruchy po zajištění distriktů a měření AquaLink Zdroj: Vlastní	32

Tabulka č. 5 Průměrné vyhodnocení měřeného pásma pouze z vodojemu s kontrolou celého pásma diagnostikem.Zdroj:vlasní.....	33
--	----