

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání nátoku a skutečné spotřeby vody ve vybraném tlakovém pásmu za účelem zjištění úniků

Vedoucí práce: Ing. Radek Roub, Ph.D.

Diplomant: Bc. Radek Čejka

2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Radek Čejka

Krajinné inženýrství
Voda v krajině

Název práce

Porovnání nátoky a skutečné spotřeby vody ve vybraném tlakovém pásmu za účelem zjištění úniků

Název anglicky

Comparsion of inflow and actual water consumption in the selected pressure zone to detect leaks

Cíle práce

Výběr vhodného tlakovému pásma a jeho charakteristika
Zpracování dat z průtokoměrů
Porovnání spotřeby v tlakovém pásmu s daty z průtokoměrů
Návrh dalšího postupu při zjištění úniků vody

Metodika

Úvod
Určení cílů práce
Zpracování rešeršní části o problematice vodovodních sítí
Charakteristika vybraného tlakového pásma
Zpracování dat z průtokoměrů a tlakového pásma
Vyhodnocení výsledků
Návrh řešení
Diskuze a závěr
Seznam použité literatury

Doporučený rozsah práce

Cca 60 stran

Klíčová slova

Vodovod, průtokoměr, vodovodní síť, tlakové pásmo, poruchy na vodovodu

Doporučené zdroje informací

NOVÁK, J. – SDRUŽENÍ OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Vydalo Medim pro SOVAK ČR, 2003. ISBN 80-238-9946-5.

ROTH, J. – KROUPA, P. *Vodárenství I*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1970.

TESAŘÍK, I. *Vodárenství*. Praha: SNTL, 1985.



Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 7. 2. 2022

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2022

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: „Porovnání nátoku a skutečné spotřeby vody ve vybraném tlakovém pásmu za účelem zjištění úniků“ vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou 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 diplomové 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.

V Praze, dne 29.3.2022

.....

Bc. Radek Čejka

Poděkování:

Za cenné rady a věnovaný čas při konzultacích diplomové práce bych chtěl touto cestou poděkovat především svému vedoucímu práce, Ing. Radku Roubovi. Dále bych chtěl své díky vyjádřit také pracovníkům společnosti Vodárna Plzeň a.s. za poskytnutí potřebných informací a dat.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou ztrát vody z vodovodního potrubí. Toto je pak řešeno na konkrétním případě, kdy je ve vybrané části vodovodní sítě porovnáváno, jaké množství vody do něj za rok 2021 přiteklo a kolik z tohoto množství bylo skutečně spotřebováno odběrateli. Na základě tohoto rozdílu, od kterého je dále odečteno množství vody, které bylo za sledovaný časový úsek spotřebováno na údržbu sítě (proplachování apod.), jsou určeny ztráty vody. K pochopení souvislostí v této problematice je součástí práce rešerše, ve které jsou popsány jednotlivé části a zařízení vodovodní sítě, které na ni mají přímý dopad. Na zjištěné ztráty vody poté navazuje návrh, jehož cílem je tyto ztráty snižovat a včas rozpoznat úniky vody, které tyto ztráty způsobují.

Klíčová slova: Vodovod, průtokoměr, vodovodní síť, tlakové pásmo, poruchy na vodovodu

Abstract

This diploma thesis deals with the issue of water losses from water pipes. This is then solved on a specific case where a selected part of the water supply network compares how much water flowed into it in 2021 and how much of this amount was actually consumed by customers. Water losses are determined on the basis of this difference, from which the amount of water that was used for network maintenance (flushing etc.) during the monitored period is further deducted. To understand the context in this issue, part of the work is a research that describes the various parts and equipment of the water supply network that have a direct impact on it. The identified water losses are then followed by a proposal aimed at reducing these losses and recognizing the water leaks that cause these losses in a timely manner.

Keywords: water supply, flow meter, water supply network, pressure band, faults on the water pipeline

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Metodika.....	3
4. Problematika vodovodních sítí.....	4
4.1 Rozdělení vodovodů.....	5
4.1.1 Územní působnost vodárenských soustav.....	5
4.1.2 Na základě výškového uspořádání.....	6
4.1.3 Uspořádání rozvodných sítí.....	8
4.2 Akumulace vody ve vodárenských soustavách.....	9
4.2.1 Vodojemy podle účelu.....	10
4.2.2 Vodojemy podle umístění.....	11
4.3 Trubní materiály vodovodů.....	13
4.3.1 Kovové materiály.....	15
4.3.2 Nekovové materiály.....	18
4.3.3 Ostatní.....	21
4.4 Armatury na vodovodní síti.....	21
4.4.1 Uzavírací armatury.....	22
4.4.2 Odběrné armatury.....	25
4.4.3 Ostatní armatury.....	27
4.5 Opravy poruch na vodovodních sítích.....	29
4.6 Měření tlakových poměrů.....	31
4.7 Měření průtoků a vyhledávání poruch.....	32
4.8 Ztráty vody v rozvodných systémech.....	35
4.8.1 Základní pojmy ve výrobě a distribuci vody.....	37
4.8.2 Ztráty vody obecně.....	38
4.8.3 Opatření ke snižování ztrát.....	40
5. Vlastní práce.....	41
5.1 Údaje o vodním díle.....	41

5.2	Charakteristika zájmového území	44
5.3	Zpracování dat.....	46
6.	Výsledky	48
7.	Návrh řešení	49
7.1	Konkrétní kroky ke snížení zjištěných ztrát	49
8.	Diskuze.....	52
9.	Závěr	53
10.	Seznam použitých zdrojů	54

1. Úvod

Vodovodní sítě jsou považovány za jednu ze součástí kritické infrastruktury a hrají v moderní společnosti významnou roli (UNESCO-IHP ©2015). Poškození systému zásobování vodou může mít katastrofální dopady na veřejné zdraví, ekonomiku, bezpečnost nebo na jejich kombinaci. Vodovodní systém musí nepřetržitě dodávat vodu odběratelům v požadované kvalitě a množství. Pro dodržení těchto požadavků je potřeba věnovat zvýšenou pozornost jednomu z hlavních problémů, kterým je stárnutí distribučních systémů (Grigg 2017). Tento problém vyžaduje dlouhodobou strategii obnovy, v níž budou jasně stanoveny plány na modernizaci vodovodní sítě. Provozovatelé těchto sítí mají ovšem často problémy se stanovením jasných priorit, což je bohužel často následkem omezeného rozpočtu a zdrojů. (Alegre 2012).

V roce 2020 bylo v České republice pomocí vodovodů zásobováno 10,126 mil. obyvatel. To znamená, že tímto způsobem byla voda dopravována pro 94,6 % všech obyvatel ČR. Celkem bylo za tento rok vyrobeno 589,4 mil. m³ pitné vody, z čehož bylo dodáno odběratelům (fakturováno) 479,0 mil. m³ pitné vody. Z tohoto fakturovaného množství bylo pak 70,5 % (337,5 mil. m³) pitné vody dodáno domácnostem. Ztráty pitné vody ve vodovodní síti dosáhly 87,8 mil. m³ a tvořily tak 15,1 % z celkového množství vyrobené vody, která byla určena k realizaci (MZe ©2020).

Snahou každého provozovatele je zajištění co nejefektivnějšího provozu vodovodní sítě. Jedním z klíčových ukazatelů jsou v otázce zásobování vodou jednoznačně ztráty vody. Ty pak zjednodušeně lze vyjádřit jako rozdíl mezi vodou k realizaci (voda, která byla dodána do vodovodní sítě) a vodou, která byla fakturovaná odběratelům. Z tohoto rozdílu je navíc nutné odečíst vodu, která byla spotřebovaná při údržbě sítě (odkalování potrubí, čištění vodojemů). Kromě úniků vody, jsou ve ztrátách mimo jiné promítnuty také černé odběry a krádeže vody. Mezi úniky vody z potrubí je pak potřeba rozlišovat mezi únikem zjevným a skrytým. V případě prvního zmíněného se jedná o situaci, kdy voda vytéká na povrch a lze jej snadno odhalit. Oproti tomu při úniku skrytém, zůstává voda, unikající z poruchy pod povrchem. Zjevný únik je pak obvykle větší, ve většině případů ale ihned dojde k jeho nalezení a doba trvání je tak velice krátká (v řádu minut, maximálně hodin). Skryté úniky bývají až 10x menší, problémem je ale jejich složitá identifikace, díky čemuž mohou trvat dny, týdny a v některých případech i déle. Hlavní rozdíl je pak ve ztrátě

vody, která může u úniků zjevných tvořit desítky až stovky m³, kdežto u úniků skrytých, může tento objem dosahovat tisíců až desetitisíců m³. Jednoznačným opatřením, které vede ke snížení ztrát, je tedy cílené hledání skrytých úniků (Kobr a kol. 2018).

Hlavní myšlenkou této práce je zjištění ztrát a odhalení skrytých úniků vody ve vybrané oblasti vodovodní sítě. K pochopení celého kontextu této problematiky slouží rešeršní část, kde jsou v jednotlivých kapitolách rozepsány dílčí části a zařízení vodovodních systémů.

2. Cíle práce

Prvním z cílů této diplomové práce, je seznámení čtenáře s problematikou vodovodních sítí. Kde v rešeršní části jsou popsány jednotlivé části a zařízení, kterými je voda, získaná z vodních zdrojů, dopravována k její úpravě, akumulaci, a nakonec ke spotřebě odběratelům. Tyto informace mají sloužit čtenáři k získání přehledu o používaných materiálech, armaturách, způsobech akumulace vody a rozvodných systémech. Tato část práce má dále informovat o problémech, způsobených poruchami vodovodní sítě, jejich lokalizací a následnou opravou. V neposlední řadě má také poukázat na možnosti monitoringu vodovodní sítě, kde je tato problematika vysvětlena v kapitolách, zabývajících se měřením tlakových poměrů, měřením průtoků a popisem využívaných vodoměrů u koncových odběratelů. Z této problematiky pak vychází poslední dílčí cíl této části, a tím je upozornění na ztráty vody v rozvodných systémech a možnosti jejich snížení.

Hlavním cílem této práce je pak analýza a porovnání získaných dat. Na straně jedné, jsou to data získaná z průtokoměru, osazeného na přítoku do zkoumaného tlakového pásma, u kterých je cílem jejich zpracování a posouzení relevantnosti. Na straně druhé jsou to pak data, která obsahují informace z odběrných míst a celkovou roční spotřebu vody ve vybraném tl. pásmu. Hlavním úkolem je tedy zpracovaná data porovnat a zjistit, zda množství vody, které do zájmového území nateklo za určitý časový úsek, odpovídá množství vody, které bylo za tuto dobu skutečně spotřebováno odběrateli. V případě, že budou odhaleny nesrovnalosti v těchto objemech, stane se dalším dílčím cílem práce vytvoření návrhu, který se bude zabývat odhalením skrytých úniků vody, včetně možností jejich monitoringu.

3. Metodika

Prvním krokem při psaní této diplomové práce bylo vytvoření rešeršní části tak, aby dostatečně přiblížila problematiku vodovodních sítí. Součástí tohoto pak bylo obstarání kvalitních literárních zdrojů, pomocí kterých bylo tento krok možno provést. Jelikož se zpracovávaná oblast nachází na území města Plzně, tvořili literární zdroje také Plzeňský standard vodovod – kanalizace a Provozní řád vodovodní sítě Plzeň, ze kterých byly čerpány aktuální informace, jako například možnosti využití trubních materiálů na území města. Do rešeršní části byly kapitoly vybrány tak, aby čtenář získal znalosti, potřebné k pochopení souvislostí zpracovávaného tématu. Druhým krokem pak bylo oslovení společnosti Foxon s.r.o., která pro společnost Vodárna Plzeň zajišťuje sběr a archivaci dat z průtokoměrů, osazených na různých místech Plzeňské vodovodní sítě. Na základě poptání byla od této společnosti získána data, která obsahovala údaje o tlakových poměrech, průtocích a celkových objemech vody, které do jednotlivých tlakových pásem přitékají. U těchto dat bylo pak zjišťováno, zda obsahují data dostatečně relevantní pro účely této práce. Jako nejvhodnější se pak jevila data z tlakového pásma Újezd – Národní. Jelikož tyto data obsahovali záznamy z pouze 52 po sobě jdoucích dní, došlo k jejich přepočítání na hodnoty roční, a to pomocí průměrného denního přítoku. Pro účely porovnání muselo dojít u těchto dat ještě k odečtení množství vody, které nebylo ve sledovaném období spotřebováno odběrateli, ale například při odkalování vodovodní sítě. Po zpracování těchto dat došlo k oslovení pracovníků společnosti Vodárna Plzeň a.s., kterými byly poskytnuty data skutečné roční spotřeby vody ve vybraném tlakovém pásmu. Tyto data vycházeli z ročního odečtu vodoměrů u jednotlivých odběratelů. V další fázi došlo k porovnání těchto dat, na základě, kterého bylo zjištěno, že se ve zkoumané části vodovodní sítě pohybují ztráty vody okolo 21 %. Z tohoto důvodu bylo potřeba vytvořit návrh, který se tímto zjištěním bude zabývat, a který povede k jejich snížení. Součástí tohoto návrhu je pak zapojení měřicí skupiny, která disponuje potřebným vybavením a zkušenostmi pro hledání skrytých úniků vody. Návrh tedy obsahuje soupis konkrétních přístrojů a postup, kterým je pomocí jejich využití možné případné úniky odhalit. Posledním krokem byl návrh systému, který by se zabýval osazením dálkově odečítaných hlav vodoměrů a údržbou průtokoměru, umístěného na přítoku do tlakového pásma. Smyslem takto vzniklého systému by pak bylo zajištění potřebného monitoringu, který by včas dokázal rozpoznat nesrovnalosti v množství vody, které do tlakového pásma přiteklo a které bylo odběrateli skutečně spotřebováno.

4. Problematika vodovodních sítí

„Vodovody musí být navrženy a provedeny tak, aby bylo zabezpečeno dostatečné množství zdravotně nezávadné pitné vody pro veřejnou potřebu ve vymezeném území a aby byla zabezpečena nepřetržitá dodávka pitné vody pro odběratele. Je-li vodovod jediným zdrojem pro zásobování požární vodou, musí splňovat požadavky požární ochrany na zajištění odběru vody k hašení požárů, je-li to technicky možné“ (zákon č.274/2001Sb.).

Ve vodárenství je potřeba vyřešit úlohu, jak ke spotřebiteli dopravit vyrobenou pitnou vodu v požadované kvalitě, množství, tlaku a jak zajistit spolehlivost této dodávky. Zároveň je potřeba řešit, jak u vodárenských soustav optimalizovat odběr, výrobu a dopravu vody tak, abychom co pokud možno nejvíce snížili provozní náklady spojené se zásobování vodou (Grünwald a kol. 1998).

Pod pojmem vodovod je myšlen celý soubor staveb a zařízení, obsahující vodovodní řady a vodárenské objekty, kde hovoříme zejména o stavbách, sloužících k jímání a odběru podzemní nebo povrchové vody a o objektech na její úpravu a akumulaci. Každý vodovod obsahuje následující nezbytné objekty: (Novák a kol. 2003).

- povrchový nebo podzemní vodní zdroj
- objekt sloužící k jímání vody z vodního zdroje (v závislosti na jeho charakteru)
- čerpací stanice
- úpravna vody
- příváděcí gravitační nebo výtlačný řad do úpravny, čerpací stanice, případně vodojemu
- vodojem
- zásobní řad
- rozvodná síť (zahrnující nezbytné objekty a provozní příslušenství)

Vodovody je pak možné na základě tří základních kritérií rozdělit jako: (Novák a kol. 2003)

- a) podle rozsahu zásobení, kde hraje roli počet spotřebišť a rozsah zásobovaných územních celků, na **vodovody místní**, **vodovody skupinové** a **vodovody oblastní**,
- b) podle vzájemného výškového umístění vodního zdroje vůči spotřebišti na **vodovody výtlačné** a **vodovody gravitační**,

- c) podle účelu na **vodovody průmyslové, vodovody požární a vodovody s převažující funkcí hromadného zásobování pitnou vodou.**

4.1 Rozdělení vodovodů

4.1.1 Územní působnost vodárenských soustav

Vodovody místní

Jedná se o vodovody, které vznikaly již s rozvojem vyspělých starověkých měst a jde tak o historicky nejstarší typ vodovodů. Plní funkci zásobování jedné obce, případně města z jednoho či více vodních zdrojů a jsou charakteristické svojí provozní a technickou jednoduchostí. Pokud to podmínky dovolují, je pak tento typ vodovodů přednostně budován jako gravitační (Novák a kol. 2003).

Vodovody skupinové

V důsledku rozvoje spotřebišť, a tím i rostoucí potřeby vody se okolo dvacátých let minulého století začaly budovat vodovody skupinové, pro které je charakteristické zásobování hned několika spotřebišť napřímo z jednoho nebo více zdrojů vody. Využívá se zde jak vody podzemní, tak upravované vody povrchové, která je pak dopravována gravitačně ale ve velké míře také čerpáním. V závislosti na objektovém vybavení a technickém uspořádání je pak tyto vodovody možné navrhovat s jedním společným vodojemem nebo s několika vodojemy pro jednotlivá spotřebišť. Ve variantě první je veškerá upravená voda dopravována do jednoho vodojemu, který zajišťuje po tlakové i objemové stránce ovládnutí spotřebišť. Hlavní předností při budování této varianty je jednoznačně úspora finančních prostředků, a také jednoduchost provozu. Snížené investiční náklady při budování jednoho vodojemu jsou pak ale vykoupeny zvýšenými náklady při budování zásobních řadů, které jsou dlouhé, s velkou světlostí. Další nevýhodou je značná rozkolísanost tlaků, která může zejména v koncových úsecích ohrozit plynulost zásobování pitnou vodou. U druhé varianty je pak snaha o vybudování vodojemů co nejbližší jednotlivým spotřebišťům za účelem eliminovat požadavky na výstavbu dlouhých přiváděcích řadů o velké světlosti. Takto vybudované vodojemy jsou zásobovány upravenou vodou gravitačními nebo výtlačnými řady. Výhodou této varianty je pak úspora investičních nákladů při výstavbě přiváděcích řadů menších světlostí a rovnoměrné pokrytí všech spotřebišť, a to i v období s nedostatkem vody. Nevýhodami jsou zvýšené investiční náklady na výstavbu několika vodojemů a jejich případnou rekonstrukci (Novák a kol. 2003).

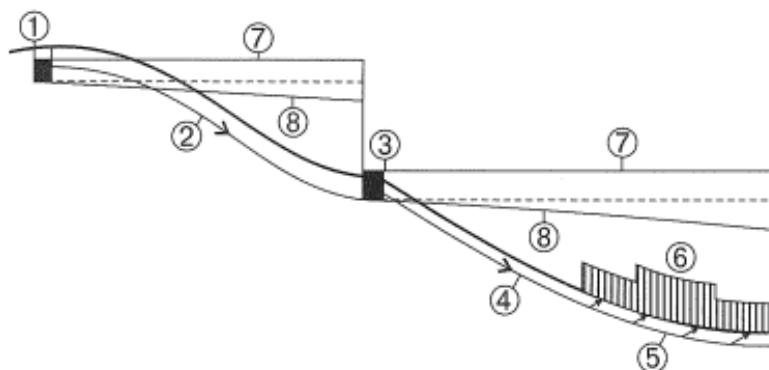
Vodovody oblastní

Jedná se o vodovody, které zásobují velké množství spotřebišť, rozmístěných v několika okresech či krajích. Zdrojem vody je zde zpravidla vodárenská nádrž, která může být doplněna několika dalšími zdroji. Vznik těchto vodovodů je na našem území situován do období po druhé světové válce, kdy v návaznosti na hospodářský růst, rostla také potřeba zásobovat větší územní celky. Takovéto vodovody, zajišťující dopravu vody běžně i na několik desítek kilometrů, s velkým množstvím objektů a složitým systémem řízení se označují jako vodárenské soustavy. Mezi nezpochybnitelné výhody vodárenských soustav patří zvýšené zabezpečení dodávek vody, optimální využitelnost vodních zdrojů a možnost převodů vody. Za pomoci moderní výpočetní techniky a sdělovacích prostředků je také zajištěno centrální řízení celého systému. S těmito soustavami jsou pak spojeny vysoké investiční a provozní náklady, vycházející z dopravy vody na velké vzdálenosti, větší ztráty vody, dlouhodobý horizont pro realizaci investic a dopady poruch na velké území (Novák a kol. 2003).

4.1.2 Na základě výškového uspořádání

Vodovody gravitační

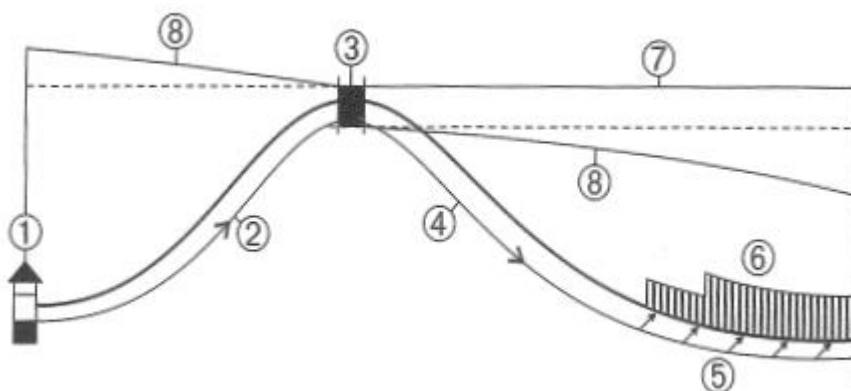
Z provozního hlediska se jedná o výhodnou variantu uspořádání vodovodu, jejíž použití závisí na výškovém umístění vodních zdrojů vůči spotřebišti tak, aby byl v celé rozvodné síti zajištěn minimální hydrodynamický přetlak 0,25 MPa, a to bez nutnosti čerpání. U nejpoužívanější varianty, kdy je vodojem umístěn před spotřebištem, přitéká voda do úpravny vody gravitačně z vodního zdroje, následně příváděcím řadem do vodojemu, odkud je voda rovnou skrze zásobní řad dopravována do spotřebišť. Gravitační vodovody jsou charakteristické permanentním přítokem vody do vodojemu, díky čemuž jsou velice výhodné z pohledu úspory provozních nákladů, a také z hlediska úspory investičních nákladů na samotný objekt vodojemu. Ten je z důvodu celodenního nátoku mnohdy vybudován s nejmenším objemem akumulací nádrže (Novák a kol. 2003).



Obrázek 1 - Schéma gravitačního vodovodu, 1 – vodní zdroj, 2 – přiváděcí řad, 3 – vodojem, 4 – zásobní řad, 5 – rozvodná síť, 6 – spotřebiště, 7 – čáry max. hydrostatického tlaku, 8 – čáry min. hydrodynamického tlaku (Novák a kol. 2003)

Vodovody výtlačné

Oproti vodovodům gravitačním jsou z provozního hlediska méně výhodné, nicméně stále jsou nejčastěji využívanou variantou uspořádání vodovodů. Využívají se v případech, kdy není možné vodu gravitačně dopravit ze zdroje do spotřebiště nebo by touto dopravou nebyl zajištěn dostatečný tlak. Jedná se tedy o případy, kdy je vodní zdroj umístěn vůči spotřebišti níže, ve stejné úrovni nebo o něco málo výše. Pro tento typ vodovodů je pak typické, že je vodu nutno do vodojemu dostávat z vodního zdroje, případně úpravny vody za pomoci čerpání (Novák a kol. 2003). Nejčastěji využívanými materiály pro návrh jak gravitačních, tak výtlačných vodovodů, je tvárná litina a ocel (Hubačíková 2015).



Obrázek 2 - Schéma výtlačného vodovodu, 1 – vodní zdroj s čerpací stanicí, 2 – výtlačný řad, 3 – vodojem, 4 – zásobní řad, 5 – rozvodná síť, 6 – spotřebiště, 7 – čára max. hydrostatického tlaku, 8 – čáry hydrodynamického tlaku (Novák a kol. 2003)

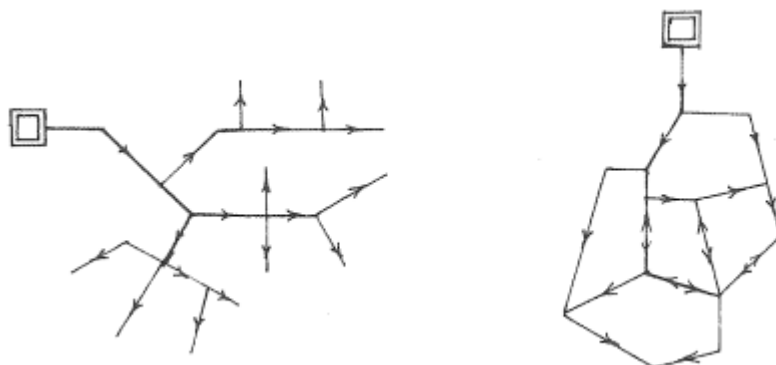
4.1.3 Uspořádání rozvodných sítí

Pod pojmem rozvodná vodovodní síť si lze představit systém vodovodních řadů, disponujících potřebným objektovým vybavením a které mají přímou vazbu na konkrétní spotřebiště. V závislosti na uspořádání vodovodních řadů se pak rozvodné sítě dělí na větevnu, okružovou a kombinovanou (Novák a kol. 2003).

Větevná síť je pak uspořádána do tvaru rozvětveného stromu a jednotlivé větve nejsou mezi sebou propojeny. Její použití má smysl u malých spotřebišť, kde by liniový charakter zástavby nedovoloval smysluplné zokružování rozvodných řadů jak z provozního, tak ekonomického hlediska. Výhodami u tohoto uspořádání jsou nízké investiční náklady, jednoznačné tlakové a průtokové poměry a také snadné navrhování a provozování. Nevýhodou je pak absence propojení jednotlivých větví, díky které jsou tyto sítě z provozního hlediska nespolehlivé. Voda se k jednotlivým odběratelům dostává pouze jedním směrem, což může v případě poruchy na síti způsobit problémy s její dodávkou (Novák a kol. 2003).

U **okružové sítě** jsou, oproti síti větevné, mezi sebou jednotlivé větve propojeny do uzavřených okruhů. Používá se, pokud je zokružování z provozního a ekonomického hlediska účelné a výhodné. Převážně se využívá u spotřebišť s větším počtem odběratelů a rovinným charakterem zástavby. Jednotlivá odběrná místa jsou zde zásobována ze dvou stran, což minimalizuje dopady poruch. Tlaky na síti jsou u tohoto typu vyrovnanější a celkově je po provozní stránce výhodnější. Nevýhodou je pak jednoznačně vyšší pořizovací cena, společně s potřebou náročnějších návrhů a výpočtů sítě (Novák a kol. 2003).

Kombinovaná síť je pak, jak z názvu vyplývá, kombinací výše zmíněných typů, kdy je okružová síť doplněna o síť větevnu tak, aby byla pokryta i liniová zástavba na okraji spotřebišť. Výhody i nevýhody pak vycházejí z obou předchozích uspořádání (Novák a kol. 2003).



Obrázek 3 - Schéma větvivé (vlevo) a okružové (vpravo) vodovodní sítě (Novák a kol. 2003)

4.2 Akumulace vody ve vodárenských soustavách

Účel krátkodobé akumulace vody zastávají ve vodárenských soustavách vodojemy. Jsou to stavební objekty různého umístění, vybavení i konstrukčního řešení. U vodovodů zastávají hned několik důležitých funkcí, jakými jsou například vyrovnávání rozdílů mezi nerovnoměrným přítokem a odběrem vody, vytváření potřebné zásoby vody pro požární účely nebo pro případ výskytu poruchy na vodním zdroji nebo na objektech před vodojemem. Dále slouží k zajištění potřebného minimálního hydrodynamického přetlaku pro spotřebiště, který musí být minimálně 0,25 MPa a zároveň nesmí překročit hodnotu tlaku hydrostatického, odpovídající 0,7 MPa (Novák a kol. 2003).

Vodojemy je dále možno rozdělit podle jejich účelu, umístění a konstrukce, kde je zohledněn tvar a umístění akumulární nádrže. **Podle účelu** se vodojemy dělí na zásobní (akumulační), hlavní, pásmový, vyrovnávací a požární. **Podle umístění** jsou vodojemy rozděleny na základě jejich poloze vůči spotřebišti, konkrétně jako před spotřebištem, ve spotřebišti, za spotřebištem, a nakonec před a za spotřebištem. **Na základě konstrukce, tvaru a umístění akumulární nádrže** se pak vodojemy dělí na 2 podskupiny, a to na zemní a nadzemní. Kde se první zmíněné budují ze železobetonu o válcovém nebo pravoúhlém tvaru jako monolitické nebo prefabrikované. Zemní vodojemy mohou být také trubní. Co se týče vodojemů nadzemních, ty jsou budovány jako věžové s ocelovými nádržemi, případně stejně jako předchozí, tedy monolitické a prefabrikované. Do této skupiny spadají také vodojemy komínové nebo vodojemy, které nemají zasypanou akumulární nádrž na povrchu terénu (Novák a kol. 2003).

4.2.1 Vodojemy podle účelu

Vodojemy akumulční (zásobní)

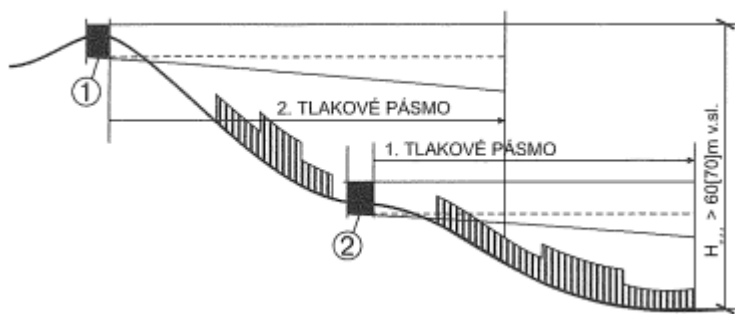
Tyto vodojemy plní všechny základní funkce a zásobují určité tlakové pásmo. K jejich plnění dochází za situace, kdy je přítok do vodojemu větší než odběr spotřebištěm. V opačném případě dochází k prázdnění naakumulované vody, kdy je její nedostatek vyrovnáván ze zásoby vodojemu (Novák a kol. 2003).

Vodojemy hlavní

Tyto jsou používány u vodovodů skupinových nebo oblastních a jsou nadřazeny ostatním vodojemům. Jejich výškové umístění je pak voleno tak, aby byly schopné tlakově ovládat všechny podřízené zásobní vodojemy (Novák a kol. 2003).

Vodojemy pásmové

Využití pásmových (přerušovacích) vodojemů si vyžadují případy, kdy je mezi nejnižším a nejvyšším místem spotřebiště velký výškový rozdíl. Jejich hlavním úkolem je rozdělit tlakové pásmo tak, aby nebyla překročena hraniční hodnota maximálního hydrostatického tlaku 0,7 MPa. Osazením těchto vodojemů tak dochází k rozdělení na dvě tlaková pásma. V území s výškovým převýšením 75–100 m se pak musejí tyto vodojemy vybudovat dva a původní tlakové pásmo je tak rozděleno na tři dílčí. U převýšení 100-120 m se pak dělí na čtyři tlaková pásma atd. (Novák a kol. 2003).

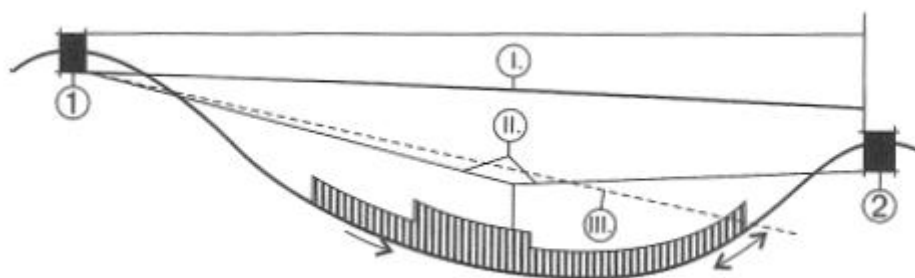


Obrázek 4 - Schéma vodojemu pásmového (přerušovacího), 1 - vodojem 2. tl. pásma, 2 - vodojem 1. tl. pásma (Novák a kol. 2003)

Vodojemy vyrovnávací

Vyrovnávací vodojemy mají své uplatnění ve spotřebištích s nepříznivým rozložením terénu, kde by ve výškově hůře položených místech nebyl pomocí jednoho zásobního vodojemu zajištěn minimální potřebný hydrodynamický přetlak. Při vhodně vybraném výškovém umístění těchto vodojemů je tak zajištěn dostatečný tlak i v takto nepříznivě umístěných částech spotřebiště. V období větších a

špičkových odběrů dochází ke spolupráci mezi vodojemem hlavním a vodojemem vyrovnávacím, naopak v době, kdy jsou odběry minimální, dochází k plnění vodojemu vyrovnávacího z vodojemu zásobního. Potrubí mezi tímto vodojemem a spotřebišťem zastává jak funkci řadu přívaděcího, tak i zásobního. Voda v něm tedy může proudit oběma směry a tento pohyb je ovlivněn aktuální odběrovou situací (Novák a kol. 2003).



Obrázek 5 - Schéma vodojemu vyrovnávacího, 1 – vodojem zásobní, 2 – vodojem vyrovnávací (Novák a kol. 2003)

Vodojemy požární

Při návrhu objemu akumulčních nádrží vodojemů je vždy započítávána i rezerva pro požární účely, nicméně existují i případy, kde je potřeba vybudovat samostatný objekt, sloužící pro tyto případy.

Požární vodojemy plní výhradně funkci zajištění zdroje požární vody na základě normy ČSN 73 0873 Požární bezpečnost staveb-Zásobování požární vodou. Tento typ má své využití jako součást protipožárního zabezpečení různých zemědělských a průmyslových areálů. Případně u obytných celků s věžovým vodojemem, který zásobou požární vody nedisponuje (Novák a kol. 2003).

4.2.2 Vodojemy podle umístění

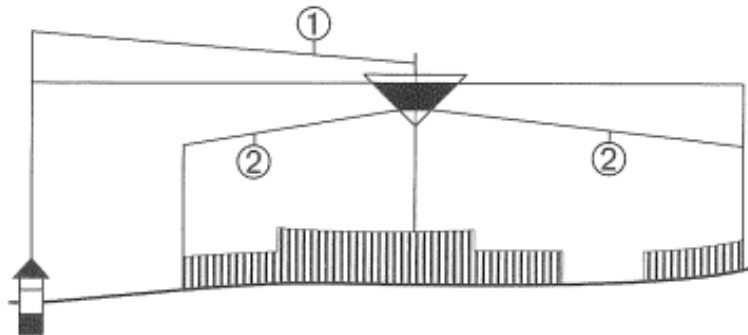
Určujícím faktorem při výběru umístění vodojemu je zajištění minimální požadované hodnoty hydrodynamického přetlaku v celém spotřebišti, a zároveň nepřekročení hraniční hodnoty maximálního přetlaku hydrostatického. Za účelem snížení nákladů, vyvolaných nutností čerpání vody, je vhodné vodojem umístit do co nejbližší vzdálenosti k vodnímu zdroji. Kvůli minimalizaci tlakových ztrát by zároveň jeho umístění mělo být co nejbližší k těžišti spotřebišťe. Umístění je také do značné míry ovlivněno bezproblémovým přístupem a dostupností zdroje elektrické energie (Novák a kol. 2003).

Vodojem čelní (před spotřebištěm)

Jedná se o klasický průtočný zásobní vodojem u gravitačních nebo výtlačných vodovodů s výhodou v podobě snadného určení tlakových i průtokových poměrů. Z důvodu přítoku pouze z jedné strany je tak jeho slabou stránkou nižší zabezpečení spotřebiště. U výtlačných vodovodů jsou jejich nevýhodou také vyšší provozní náklady, jelikož zde vystává potřeba veškerý potřebný objem vody do vodojemu přečerpat.

Vodojemy ve spotřebišti

Typickým případem tohoto umístění je věžový vodojem v těžišti spotřebiště, jehož využití se uplatňuje převážně v rovinatém území. Voda může být do této varianty vodojemů dopravována buď přes zásobní síť, nebo samostatným výtlačným potrubím. V prvním případě existuje pouze jeden společný řad, zastávající funkci příváděcího a zásobního řadu a na který je zároveň napojena rozvodná síť. Ve druhém případě funguje vodojem jako klasický průtočný a je zásobován ze samostatného výtlačného řadu. Z vodojemu je pak navržen řad zásobní, na který je napojena rozvodná síť (Novák a kol. 2003). Tyto věžové vodojemy jsou tvořeny třemi základními částmi, a to: akumulací nádrží, nosnou konstrukcí (dříkem) a jejím základem (Chejnovský 2011).



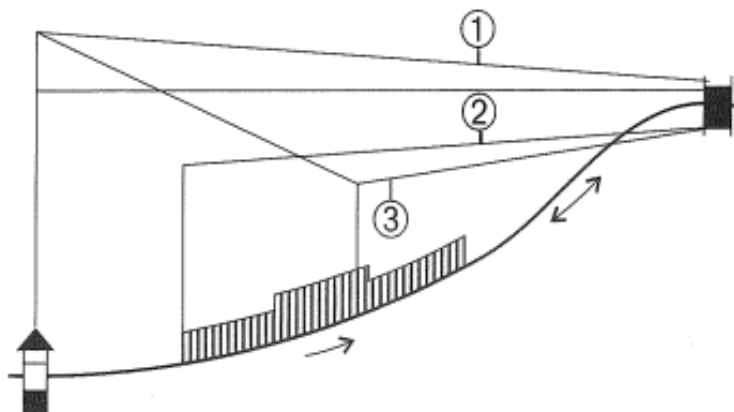
Obrázek 6 - Schéma vodojemu ve spotřebišti, 1 – tlaková čára při plnění vodojemu, 2 – tlaková čára při zásobení vodojemu (Novák a kol. 2003)

Vodojemy koncové (za spotřebištěm)

Tato varianta umístění nevychází z geografických dispozic území, ale z provozní funkce a propojení hlavních součástí vodovodní sítě. Pro tento typ vodojemů je typické vedení výtlačného řadu přímo spotřebištěm. Kde zároveň v úseku mezi vodojemem a spotřebištěm potrubí zastává funkci zásobního řadu a v samotném spotřebišti pak funkci hlavního rozvodného řadu, zásobujícího

rozvodnou sítí. Výhodou při tomto umístění je možnost zásobování vodou ze dvou stran, díky čemuž je zajištěna vyšší provozní zabezpečení spotřebiště. Plusovou stránkou je také snížení nákladů na čerpání, jelikož není do vodojemu nutné čerpat celé množství maximální denní potřeby vody. Nevýhodou jsou pak komplikované a značně proměnlivé tlakové a průtokové poměry. Za provozu je možno u těchto vodojemů sledovat různé provozní situace kdy: (Novák a kol. 2003).

- spotřebiště má nulový odběr a čerpací stanice je v provozu => vodojem je plněn veškerým čerpaným objemem,
- odběr vody ve spotřebišti je nižší než množství vody čerpané => nespotebované přebytky vody ze spotřebiště doplňují zásobu ve vodojemu,
- odběr vody je větší než čerpané množství => dochází k zásobování spotřebiště ze dvou stran, tedy jak z čerpací stanice, tak i vodojemu,
- voda je spotřebištem odebírána, ale čerpací stanice je v klidu => spotřebiště je zásobeno pouze z vodojemu.



Obrázek 7 - Schéma vodojemu koncového, 1 – tlaková čára při plnění vodojemu, 2 – tlaková čára při zásobení z vodojemu, 3 – tlakové čáry při současném zásobení z vodojemu a čerpací stanice (Novák a kol. 2003)

Vodojemy čelní a koncové (před a za spotřebišťem)

V tomto případě je řeč o umístění dvou vodojemů, kde jeden z nich je klasický zásobní a plní funkci vodojemu před spotřebišťem a vodojemu vyrovnávacího, který zastává funkci vodojemu za spotřebišťem (Novák a kol. 2003).

4.3 Trubní materiály vodovodů

Při výstavbě nových vodovodních řadů hraje výběr správného materiálu tu nejdůležitější roli. U výstavby všech druhů vodovodních řadů představují náklady na materiál majoritní část z celkových nákladů. Zejména toto pak platí při výstavbě

skupinových a oblastních vodovodních řadů, jejichž součástí jsou technicky a investičně náročné objekty, jako například úpravny vody, vodojemy či přečerpávací stanice. Volba materiálu trub, tvarovek a armatur musí primárně zohledňovat následující faktory: (Chejnovský 2010).

- volba trasy – zastavěné x nezastavěné území (velikost vnějšího zatížení),
- pracovní a zkušební přetlak,
- nebezpečí vzniku hydraulických rázů,
- základové poměry (únosnost, stabilita, agresivita, základové půdy či výskyt podzemní vody),
- druh a kvalita dopravované vody,
- zdravotní nezávadnost materiálu,
- nebezpečí výskytu bludných proudů,
- drsnost potrubí a náchylnost na inkrustaci,
- životnost potrubí,
- nároky na montáž a uložení potrubí,
- dostupnost a cena trubního materiálu.

Při tvorbě kladečského schématu, které je součástí projektové dokumentace je nutno, u potrubí uložených v zemi, pamatovat na minimalizaci výskytu přírubových spojů a využívat je pouze v nezbytných případech, a to například při vysazení přírubové armatury a s ní související tvarovky. Snaha minimalizovat tento druh spojů vychází ze skutečnosti, že jejich spojovací prvky, tedy šrouby a matice jsou nejslabším článkem celé vodovodní sítě a mohou výrazně snížit její provozní spolehlivost a životnost. Z tohoto důvodu jsou na šrouby a matice kladeny nároky na antikorozi provedení, využívají se tedy buďto pozinkované nebo přímo nerezové (Chejnovský 2010).

Všechny materiály potrubí určené pro kontakt s pitnou vodou musí splňovat podmínky zdravotní nezávadnosti. Vnitřní ochrana vodovodního potrubí a jeho součástí nesmí negativně ovlivňovat kvalitu dopravované pitné vody. Všechny části vodovodní sítě, tedy trouby, armatury, tvarovky i ostatní příslušenství musí mít hygienický atest a splňovat příslušné normy (Chejnovský 2010).

Materiály pro vodovodní potrubí se dělí do dvou kategorií, a to na materiály kovové a materiály nekovové. Každý materiál má různé vlastnosti a vhodnost jeho použití se liší případ od případu. Některé materiály za dobu svého využívání prošly vývojem, kdy se při jejich výrobě začali přidávat různé příměsi za účelem zlepšení

některých vlastností. Takto nově vzniklé materiály postupně vytlačují materiály, ze kterých byly odvozeny.

Možnosti použití materiálů na území města Plzně

„Materiály řadů navrhovaných na katastrálním území města Plzně v rámci systému vodovodu pro veřejnou potřebu musí splňovat požadavky ČSN 75 5401 Navrhování vodovodních potrubí“ (Plz. standard ©2017).

Obecně pak platí, že výroba těchto výrobků musí splňovat platné evropské, eventuálně české normy. Výrobky zároveň musejí být certifikovány pro Českou republiku. Pokud jsou výrobky určeny pro styk s pitnou vodou, musejí splňovat požadavky zákona o ochraně veřejného zdraví (č. 258/2005), a také vyhlášku Ministerstva zdravotnictví o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody (č. 409/2005) v platném znění. Podle druhů výrobků je vyžadována také kontrola kvality, a zároveň výroba musí podléhat ČSN EN ISO 9001 (Plz. Standard ©2017).

Jak pro řady hlavní a přívaděcí, tak pro řady rozváděcí se upřednostňují výrobky z tvárné litiny, které se navíc v lokalitách s nepříznivým zemním prostředím, způsobujícím povrchovou korozi, vyžadují se speciální vnější ochranou potrubí. Vnitřní povrch trub je pak vyžadován epoxidový, polyuretanový nebo s cementovou výstelkou. Například v kolektorech, či v místech s omezenými prostorovými možnostmi lze zcela výjimečně použít jako hlavní materiál trouby z nerezové oceli, nebo důkladně protikorozně ochráněné trouby ocelové. Potrubí uložené v zemi se dále doplňuje o identifikační vodič a signalizační fólii (Plz. Standard ©2017).

4.3.1 Kovové materiály

Mezi kovové materiály se pak řadí šedá litina, tvárná litina, ocel a nerezová ocel.

Šedá litina

Vodovodní trouby ze šedé litiny jsou u nás nejdéle používaným materiálem a z pohledu dřívějšího využití pro výstavbu vodovodní sítě také jedním z nejrozšířenějších. Mezi hlavní přednosti tohoto materiálu řadíme velkou pevnost společně s vysokou odolností vůči mechanickému opotřebení. Zároveň také vyniká dobrou odolností vůči korozi. Kromě výhod má také své charakteristické nevýhody, jakými jsou velká hmotnost, křehkost a minimální únosnost v tahu a ohybu. Dříve se při spojování trub z šedé litiny používaly temované hrdlové spoje, se kterými byla spojena náročnost montáže a zároveň jejich těsnost nebyla příliš spolehlivá. Díky

poměrně velké drsnosti mají prosté litinové trouby, které nejsou opatřeny vnitřní povrchovou úpravou náchylnost k tzv. inkrustaci, tedy zarůstání potrubí. Litina jako materiál se skládá ze železa a uhlíku, jehož množství je zde více než v oceli a tvoří okolo 3–6 %. Téměř nulová tahová a ohybová pevnost u šedé litiny je způsobena výskytem uhlíku ve formě mikroskopických lupínků (Chejnovský 2010).

Tvárná litina

Tento materiál vzniká se šedé litiny, která se procesem tzv. očkování doplní o hořčík a nikl. Zároveň se zde oproti litině šedé uhlík vyskytuje ve formě mikrogranulí. Kombinace tohoto faktu společně s doplněnými přísadami, pak mají za výsledek podstatné zlepšení mechanických vlastností, především pevnosti a pružnosti. V otázce protikorozní odolnosti nabízí tvárná litina vysokou ochranu. Jedná se také o materiál, který v sobě zahrnuje ty nejlepší vlastnosti z litiny šedé a rovněž oceli. Výroba vodovodních trub z tvárné litiny má ve světě již stoletou tradici, na našem území se až do roku 1989 nepoužívala. V tuzemsku její výroba neprobíhala a dovoz ze západní Evropy, konkrétně z Francie byl spojen s velkými devizovými nároky (Chejnovský 2010).

V současné době se při spojování trub používají pryžové kroužky, které se vkládají do hrdla roury a mají za úkol jistit spoj proti rozpojení. Světově nejrozšířenější je pak spoj TYTON, který má v sobě vlisované ocelové segmenty, které se do roury „zakousnou“ a chrání jí tak proti nechtěnému rozpojení. Dále se využívají i tzv. zámkové spoje, které chrání proti podélnému posunu. Svoje využití mají například v úsecích s velkým sklonem potrubí, při výstavbě shybek, při nebezpečí výskytu hydraulických rázů nebo při velkých provozních tlacích. V případech, které to vyžadují, je díky zámkovým spojmům možné provést výstavbu trasy vodovodu do vertikální polohy. Díky využití těchto jištěných spojů také došlo k usnadnění a urychlení výstavby, jelikož zde odpadla nutnost budování opěrných betonových bloků (Chejnovský 2010).

V rámci jedné lokality je preferována dodávka vodovodních trub a jejich příslušenství od jednoho dodavatele, s tím, že je preferováno potrubí z tvárné litiny, splňující ČSN EN 545 Trubky, tvarovky a příslušenství z tvárné litiny a jejich spojování pro vodovodní potrubí – Požadavky a zkušební metody. Pro spojování trub se upřednostňují spoje hrdlové a v místech přechodů na armatury pak spoje přírubové, přičemž jsou preferovány příruby otočné. Zároveň je požadováno dodržení provozně – technických parametrů, kde potrubí musí splňovat tlakovou třídu min. PN 10. Dále,

dle těchto parametrů musí potrubí disponovat vnitřní ochrannou vrstvou, která je buďto cementová, dle ČSN EN 545, polyuretanová, dle ČSN EN 15655 nebo epoxidová, dle ČSN EN 14901 (Plz. Standard ©2017).

Ocel

Trouby a tvarovky z oceli mají při výstavbě vodovodu opodstatnění především v úsecích, kde se setkáváme s vysokým provozním tlakem a nepříznivými podmínkami pro ukládání. Hlavní využití tedy mají při budování řadů výtlačných a přiváděcích. Dále se navrhuje v místech s nepříznivými geologickými poměry, tedy v místech poddolovaných, s malou únosností základové půdy či pod exponovanými komunikacemi. Mimo funkci potrubí pro pitnou vodu, mohou trouby z oceli plnit roli chráničky, toto se využívá například při křížení jiných inženýrských sítí a při křížení komunikací. Pod pojmem chránička si lze vybavit rouru, která se umístí např. pod komunikaci a následně je do ní, pomocí kluzných objímek vsunuta roura například z tvárné litiny. Ocel tedy zde plní roli ochrany vodovodu při křížení s komunikací. Mimo výše uvedené má ocel své využití také pro technologické rozvody ve vodojemech, čerpacích stanicích a v úpravnách vod. Mezi hlavní přednosti oceli patří velká pružnost a pevnost, a oproti troubám z šedé litiny také malá drsnost a hmotnost. Další výhodou je pak větší stavební délka a s ní tedy menší počet nutných spojů. Ocel jako materiál je také velmi flexibilní, díky své snadné opracovatelnosti jí lze libovolně řezat a svařovat, případně z ní vytvářet atypické tvarovky. Hlavní nevýhodou oceli je pak velká náchylnost ke korozi, kvůli čemuž je nutné ji doplnit o důkladnou protikorozi ochranu, která je ale také finančně náročná (Chejnovský 2010).

Na území města Plzně je použití ocelových trub a tvarovek schvalováno pouze v mimořádně technicky odůvodněných případech a jejich použití musí být vždy předem konzultováno s budoucím vlastníkem a provozovatelem vodovodní sítě. Možné je využití potrubí splňující PN 10 až PN 16, opatřené vysokou vnitřní i vnější protikorozi ochranou, podléhající ČSN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo ve vodě proti korozi. Konstrukce musí splňovat požadavky na minimální životnost, která je v tomto případě 35 let. Použité trubní části musí splňovat požadavky na jmenovitý tlak odpovídající minimálně jmenovitému tlaku celého trubního řadu. Vnitřní povrch potrubí se upravuje vhodným nátěrem, který splňuje požadavky pro styk s pitnou vodou, ideální je však ochrana cementací. V případě uložení potrubí do země se jako protikorozi ochrana využívá ochranná asfaltová vrstva nebo ocelové roury, přímo dodávané s izolací plastovou, konkrétně z polyetyleny (Plz. Standard ©2017).

Nerezová ocel

Použití nerezové oceli je možné pouze v mimořádných, technicky odůvodněných případech a její použití je vždy potřeba dopředu projednat s budoucím provozovatelem a majitelem. Potrubí z tohoto materiálu je navrhováno pro řady příváděcí, hlavní i rozváděcí, a to zejména v otevřeném prostoru, jakým mohou být kolektory, šachty nebo vodojemy. Nutná je také ochrana potrubí před účinky bludných proudů (Plz. Standard ©2017).

4.3.2 Nekovové materiály

Mezi hlavní zástupce nekovových materiálu se řadí plasty, ty se pak podle zpracovatelnosti po ohřátí dělí na termoplasty, termosety a elastomery.

Plasty

Jedná se o látky organického původu, které se vyrábějí synteticky, procesem spojování molekul, jehož výsledkem jsou makromolekuly. Další možností výroby je pak přeměna přírodních látek, jako například celulózy nebo kaučuku. Základní prvky, kterými jsou plasty tvořeny, jsou uhlík a vodík. Některé další plasty pak obsahují fluor, chlor, síru nebo kyslík (Chejnovský 2010).

Termoplasty

Jde o plasty, které se působením teploty změknou a dají se tvarovat. Po ochlazení si pak zachovávají nově vzniklý tvar. Bez změny jejich fyzikálních, chemických a mechanických vlastností je možné tento proces opakovat. Jedná se o nejzastoupenější skupinu plastů. Pro výrobu vodovodních trub se z této skupiny používají především PVC (polyvinylchlorid), PE (polyetylen), PP (polypropylen) (Chejnovský 2010).

Termosety

Také označované jako duroplasty, charakteristické jsou svými velmi silnými strukturálními vazbami. Tento druh plastů lze spojovat pouze mechanicky, nedají se totiž tepelně tvarovat ani svařovat. Mezi jejich zástupce řadíme PEX (síťovaný polyetylen) a GRP (polyesterovou pryskyřici) (Chejnovský 2010).

Elastomery

Vazba mezi molekulami je u elastomerů slabší. Pokud jsou vystaveny fyzickému namáhání, mění svůj tvar, nicméně po odstranění zatěžující síly se materiál vrací do svého původního stavu. Stejně jako termosety se nedají tepelně

tvárovat ani svařovat. Hlavní zástupci této skupiny je hlavně PUR (polyuretan) a silikon (Chejnovský 2010).

Výhody plastů

Mezi hlavní výhody plastových vodovodních potrubí patří malá vnitřní drsnost, a tedy i dobrá odolnost proti inkrustaci (zarůstání potrubí). Lze je snadno řezat, tvarovat a opracovat, což je v kombinaci s jejich nízkou hmotností výhodou při samotné montáži. Vynikají také vysokou chemickou odolností. Mezi další výhody patří také: ohebnost, hygienická nezávadnost, menší energetická náročnost při výrobě a zpracování, možnost recyklace. A v poslední řadě je potřeba zmínit, že plasty nepodléhají korozi (Chejnovský 2010).

Nevýhody plastů

U plastových potrubí je nevýhodou především malá odolnost vůči mechanickému namáhání a pevnost v tahu. Mají také malou tepelnou odolnost, díky které se pro dopravu horké vody hodí jen některé, jako například PP nebo PEX. Pro účely požárního potrubí pak z tohoto důvodu potrubí z plastů použít nelze. Oproti kovům mají plastová potrubí 10–15 x větší tepelnou roztažnost, což si vyžaduje vybudování většího množství kompenzátorů. Při nedodržení provozních parametrů, jako teploty a tlaku hrozí výrazné zkrácení životnosti potrubí (Chejnovský 2010).

Použití nekovových materiálů na území města Plzně

Stejně tak, jako některé kovové materiály vyžadují před jejich navržením schválení budoucího provozovatele a majitele vodovodu, jinak tomu není ani u materiálů nekovových. Kde navíc každý návrh musí být doplněn o posudek roztažnosti daného materiálu, a to z důvodu kolísání teploty dopravované vody (0-21 °C). Na území města Plzně je pak z těchto materiálů používán polyetylen PE 100, dle ČSN EN 12201 Plastové potrubní systémy pro rozvod vody a pro tlakové kanalizační přípojky a stokové sítě. Dále je možné použití PE 100 RC a PE 100 s vnější ochrannou vrstvou, vícevrstvá potrubí PE 100 RC a síťovaný polyetylen PE – X. Požadovaná životnost je u těchto materiálů minimálně 50 let (Plz. Standard ©2017).

PVC – polyvinylchlorid

Trouby a tvarovky z PVC jsou náchylné na mechanické poškození a za nízkých teplot jsou poměrně křehké. S ohledem na tyto skutečnosti by se pokládka měla provádět při teplotách větších než 0° a její součástí musí být provedení jak podkladní, tak ochranné vrstvy jemnozrným materiálem. Zástupcem jsou například

moderní trouby z molekulárně orientovaného PVC, označované jako MONDIAL systém, které oproti jejich předchůdcům vynikají lepšími pevnostními vlastnostmi a menší tloušťkou stěny, tedy také sníženou hmotností. Garantovaná životnost je u tohoto systému 100 let (Chejnovský 2010).

PE – polyetylen

Podle technologie výroby a chemického složení se pak trouby a tvarovky z PE rozdělují do těchto skupin: (Chejnovský 2010).

- nízkohustotní (rozvětvený) LDPE (rPE)
- středněhustotní MDPE
- vysokohustotní (lineární) HDPE
- síťovaný PEX
- vícevrstvý PE-AL-PE

Z výše uvedených se pro venkovní vodovody hodí pouze polyetyleny nízkohustotní a vysokohustotní. Oproti PVC je pak PE pružnější a disponuje dobrou pevností v tahu. Jedná se ale o materiál měkčí a je tak o něco náchylnější k mechanickému poškození při manipulaci, montáži, ale také dopravě. Stejně jako u ostatních materiálů se při jeho pokládce vyžaduje dostatečný jemnozrnný podsyp a obsyp (Chejnovský 2010). Trubky a tvarovky z HDPE se při výstavbě plastových vodovodních potrubí jeví jako nejvhodnější, především díky dlouhé životnosti, nízkým nákladům na údržbu, vysoké pevnosti a také nízké hmotnosti (Vlase a kol. 2020).

Beton a železobeton

Tento materiál je z důvodu převahy negativních vlastností pro výstavbu vodovodní sítě nevhodný. Řeč je o velké hmotnosti, celkové robustnosti výrobků, a také o velké vnitřní drsnosti. Nicméně výrobky z něj měli dříve své využití pro úpravny vody, kde sloužily jako gravitační přivaděče surové vody. Využití těchto materiálů pak bylo především při budování chrániček u podchodů s vodovodním potrubím, případně s jinými inženýrskými sítěmi. Hlavní výhodou, tedy především u železobetonu je velká pevnost a únosnost. Betonové a železobetonové trouby mají pak své dominantní uplatnění u kanalizací (Chejnovský 2010).

Azbestocement

Tento materiál se v současné době již používat nesmí. Důvodem k tomu je jeho zdravotní závadnost, kde v něm obsažená azbestová vlákna mají karcinogenní účinky. Nicméně tato skutečnost byla dříve neznáma, a tak se tento materiál hojně využíval, zejména pak v 70. letech minulého století. V nedávné době byl vytvořen státem dotovaný program, který si kladl za cíl vyměnit azbestocementové potrubí za potrubí z jiných, nezávadných materiálů. Azbestocement je vlastně druh betonu, který je tvořen cementem, zastupujícím pojivo a azbestovými vlákny tvořícími plnivo. Svoje využití si v dřívější době našel především díky malé drsnosti a nízké hmotnosti, se kterou je spojena také snadnější montáž potrubí. Kromě dnes již známé zdravotní závadnosti se mezi jeho nevýhody řadí také malá odolnost vůči agresivnímu prostředí a proti hydraulickým rázům (Chejnovský 2010).

4.3.3 Ostatní

V 70. letech minulého století se zde pro výstavbu vodovodů experimentovalo také se sklem, nicméně díky jeho křehkosti nikdy nedošlo k jeho masovému použití. Nicméně nesporným faktem je, že sklo disponuje téměř nulovou drsností a výbornou, snad až absolutní odolností vůči agresivním účinkům. Sklo se dnes využívá především pro technologické rozvody v potravinářském a chemickém průmyslu (Chejnovský 2010).

4.4 Armatury na vodovodní síti

Armatury jsou nezbytnou součástí vodovodní sítě a slouží k řízení a ovládní provozu. Dle funkce a způsobu použití dělíme armatury na **armatury uzavírací**, jakými jsou například šoupátka, klapky, kohouty, ventily či plovákové uzávěry. Dalším typem jsou **armatury odběrné**, ze kterých na síti můžeme nejčastěji najít hydranty, a to buď podzemní či nadzemní. Dále do této skupiny patří vzdušníky, kalosvody a výtokové stojany. V poslední řadě se na síti vyskytují armatury patřící do skupiny **ostatní** a jsou jimi například redukční ventily, zpětné klapky, kompenzátory nebo montážní vložky (Novák a kol. 2003).

Pouze odborně kvalifikovaný pracovník provozu vodovodů může manipulovat s armaturami na síti. Kromě případů odvrácení hrozící velké škody na majetku nemá žádný z pracovníků právo manipulovat se šoupaty na síti ze své vlastní vůle. O manipulaci na síti musí být uvědomen mistr provozu vodovodů nebo vedoucí provozu, pokud tedy nebyla manipulace prováděna na jejich příkaz. Manipulaci se šoupaty je nutné provádět dle předpisů výrobce armatur a při dokončení tohoto úkonu překontrolovat, zda se dotčená šoupata nacházejí ve správné poloze. Pokud by při manipulaci se šoupaty došlo k jejich poškození, je tuto skutečnost pracovník povinen ihned nahlásit mistrovi nebo vedoucímu provozu (PŘ VP a.s. ©2022).

4.4.1 Uzavírací armatury

Šoupátka

Tento druh armatur se umísťuje zejména v místech, kde potrubí odbočuje, u větvěné sítě se pak osazují jak na odbočný řad, tak za odbočku na řad hlavní. V případě okružové vodovodní sítě je šoupátka vhodné osazovat také před samotnou odbočku, pro případ nutnosti zokruhování sítě při výskytu poruchy. Šoupátka se také osazují průběžně (sekční) v trase dlouhých vodovodních přivaděčů. V závislosti na provozních potřebách navrhuje jejich umístění projektant. V současné době jich existuje velké množství v různých provedeních. Nejpoužívanější jsou šoupátka z tvárné litiny, které můžeme dále rozlišovat dle montážního spoje, který může být přírubový, hrdlový nebo nátrubkový. Přírubová šoupátka lze využít při výstavbě nových vodovodních řadů pro všechny druhy potrubí. Hrdlová pak mají využití u potrubí z PVC a nátrubková při výměně stávajících nefunkčních šoupat (Novák a kol. 2003).

Šoupátka se osazují také na odbočkách při osazování hydrantů, kalosvodů, vzdušníků či výtokových stojanů. Dále se osazují pro každou vodovodní přípojku a společně s vodoměry nebo redukčními ventily se osazují v tzv. montážních sestavách. V tomto případě se umísťují před i za tyto armatury. Využívají se také při křížení vodních toků (shybek) nebo komunikací i v tomto případě se umísťují na obě strany objektu (Chejnovský 2010).



Obrázek 8 - Šoupátko Hawle E2, krátké s přírubami, dostupné z: <https://www.hawle.cz/d/820423/e2-soupatko-s-prirubami-kratke>



Obrázek 9 - Šoupátko Hawle E3 s přírubami, dostupné z: <https://www.hawle.cz/d/820483/e3-soupatko-s-prirubami>

Klapky

Klapky tvoří na síti stejně jako šoupátka funkci uzavírací armatury, nicméně oproti nim disponují některými dalšími funkcemi. Klapky podle funkce rozlišujeme na zpětné, koncové a uzavírací (Chejnovský 2010).

Zpětné klapky jsou uzavírací armatury, které nemají funkci regulující průtok, osazují se na místech, kde chceme z určitých bezpečnostních nebo provozních důvodů zabránit zpětnému toku kapaliny. Ve vodárenství mají tyto klapky své využití na výtlačných potrubích za čerpadly, v montážních sestavách vodoměrů nebo v domácích instalacích, jako součást výtokových ventilů sloužících pro připojení pračky nebo myčky. Klapky se na potrubí montují tak, aby směr proudění odpovídal směru šipky na těle klapky. Zpětné klapky dále dělíme podle typu uzavíracího prvku na diskové, pryžové a kulové. **Koncové klapky** se osazují u kalosvodů na konci odkalovacího potrubí nebo u různých vodárenských objektů, jako vodojemů a akumulacích nádrží, kde slouží na odpadním a odkalovacím potrubí k zamezení zpětného vtékání znečištěné vody a zabraňují případnému vniknutí živočichů z venkovního prostředí. Klapka disponuje diskovým uzavíracím prvkem, který je otočný v čepu, a který se vlastní hmotností drží v uzavřené poloze. Pokud potrubím začne proudit voda, klapka se díky vzniklému přetlaku sama otevře. **Uzavírací klapky** jsou armatury, jejichž uzavírací prvek tvoří talíř, otočný kolem osy, kolmé na směr

proudění. Stejně jako šoupátka, je tento druh klapky možné využít jako oboustrannou armaturu, která umožňuje uzavření toku vody v potrubí z obou stran. Klapky se na potrubí montují na příruby a jejich výhodou je nízká hmotnost a malá prostorová náročnost. Jejich ovládání je možné ručně, pomocí kolečka či páky nebo pomocí elektroservopohonu. Nevýhodou jsou jednoznačně horší hydraulické parametry, pokud se talíř při manipulaci vychýlí, může dojít k rozkmitání. Z tohoto důvodu se tyto klapky nesmějí využívat v místech s nebezpečím výskytu hydraulických rázů (Chejnovský 2010).



Obrázek 10 - Uzavírací motýlková klapka Hawle, dostupné z: <https://www.hawle.cz/d/825408/uzaviraci-klapka-hawle>

Plovákové uzávěry

Jedná o uzavírací armaturu, která v závislosti na úrovni hladiny akumulované vody v potrubí či nádrži reguluje přítok, průtok nebo odtok z tohoto systému. Nejčastěji se využívají u gravitačních vodovodů na přítoku do akumulačních nádrží a na potrubí, přivádějícím vodu do vodojemů. Plovákové uzávěry se rozdělují na dva druhy, a to na plovákové ventily a plovákové klapky. U plovákových ventilů se jedná o přírubové armatury, jejichž uzavíracím prvkem je dvousedlový ventil, reagující na pohyb plováku v šachtě. Plováková klapka je pak armatura bezpřírubová, jejíž ovládací páka je kloubově spojena s plovákem. Plovákové ventily malých dimenzí se nejčastěji využívají u nádržkových splachovačů v domovních instalacích (Chejnovský 2010).

4.4.2 Odběrné armatury

Hydranty

Jedná se o armatury, jejichž primární funkcí je odběr vody ze sítě. Účel odběru vody je různý, může se jednat o požární účely, údržby veřejné zeleně či údržbu zpevněných ploch. Zároveň plní funkci jak vzdušníků, tak kalosvodů. Na vodovodních řadech se vysazují na krátké odbočky s uzávěrem. S ohledem na charakter spotřebiště a v závislosti na míře požárního rizika se jejich umístění řídí dle ČSN 78 0873 Požární bezpečnosti staveb – Zásobování požární vodou. Hydranty se podle jejich konstrukce a způsobu umístění dále dělí na podzemní a nadzemní. U **podzemních** je celá jejich konstrukce skrytá a výtok je umístěn těsně pod úroveň terénu. Takto osazený hydrant je chráněn hydrantovým poklopem, který se osazuje zároveň s terénem. Na odbočce z vodovodního řadu se osazuje společně se šoupátkem a hydrant samotný pak na patní koleno. **Nadzemní hydranty** se umísťují do míst, kde nepřekážejí dopravě a pohybu osob, tj. mimo chodníky a komunikace, ideálně tedy do zelených ploch. Na vodovodní řad se vysazují obdobně jako hydranty podzemní (Chejnovský 2010).



Obrázek 11 -
Podzemní hydrant "D"
plnoprůtokový,
dostupný z:
<https://www.hawle.cz/d/820927/podzemni-hydrantd-plnoprutokovy>



Obrázek 12 - Nadzemní
hydrant DUO, objezdový,
jednočinný, dostupný z:
<https://www.hawle.cz/d/820953/nadzemni-hydrant-duo-objezdovy-jednocinny>

Odvzdušňovací a zavzdušňovací armatury

Do vodovodní sítě se při čerpání vody z vodních zdrojů, při výtoku vody do akumulačních nádrží a vodojemů nebo při různých procesech, které jsou součástí úpravy vody, dostává vzduch. Rovněž se do sítě může dostávat při opravách poruch na potrubí. Ten se pak hromadí v různých výškových lomech potrubí a obecně v nejvyšších místech, kde může svou přítomností způsobovat provozní potíže. Nejčastěji se jedná o snížení průtoku, poklesy tlaku a hydraulické rázy. Toto pak může na síti způsobit škody jak na samotném potrubí, tak na armaturách (Chejnovský 2010).

V případě opačném, může při náhlém uzavření nebo vypouštění dlouhých gravitačních a přiváděcích řadů, dojít k podtlaku, který může na síti způsobit škody obdobné. V lepším případě pak vzniklý podtlak nedovolí potrubí zcela vypustit. Oběma popsáním problémům se dá zcela předejít umístěním odvzdušňovacích a zavzdušňovacích armatur na vhodná místa vodovodní sítě. Tuto funkci mohou na síti zastávat také hydranty, a proto již při návrhu jejich umístění je potřeba odvzdušnění reflektována. Spolehlivá funkce těchto armatur je zajištěna pomocí automatického plovákového ventilu, jehož primární část tvoří kulový, případně oválný plovákový ventil. Otevírání a zavírání tohoto ventilu je zajištěno jeho svislým pohybem v komoře a poloze vůči výtokové trysce. Pokud v komoře dojde k nahromadění vzduchu, plovák se stlačí dolů a tím uvolní výtokový otvor, kterým nahromaděný vzduch odchází. Poté v komoře dojde k vystoupaní vody, která plovák zvedne a tím se výtok uzavře. V situaci, kdy dochází k vypouštění vody z potrubí, vzniká podtlak, který způsobí pokles plováku do nejnižší polohy, díky čemuž dojde k úplnému otevření výtokového otvoru a přisávání vzduchu (Chejnovský 2010).

Kalosvody

Tento druh armatur není ničím speciální, v podstatě se jedná o odbočku z vodovodního řadu, opatřenou o šoupátko a odkalovací potrubí, které má výust' na povrchu terénu, případně ve vodním toku a je ukončeno koncovou klapkou. Průměr tohoto potrubí se pak volí tak, aby bylo schopno odvést vodu z okolních úseků do 2 hodin od jeho otevření. Na vodovodní síť se osazují do míst s nejnižší nadmořskou výškou a slouží k odplavení nahromaděných sedimentů, jako kalu, písku či korozních produktů. Mimo to mají využití při opravách či rekonstrukcích vodovodu, kdy přes ně dochází k úplnému vypouštění potrubí. Funkci kalosvodů mohou v zastavěném území zastávat také požární hydranty. Z tohoto důvodu je při návrhu umístění hydrantů zohledněna potřeba odkalení sítě (Chejnovský 2010).

Výtokové stojany

Výtokové stojany se na vodovodní síť osazují za účelem odběru pitné, případně užitkové vody v zastavěném území. Odběr vody přes tyto armatury může sloužit k údržbě zeleně, veřejných ploch nebo pouze pro osvěžení v letních měsících. Jejich vysazení probíhá obdobně jako u hydrantů, tedy na krátkou odbočku, opatřenou šoupátkem (Chejnovský 2010).

4.4.3 Ostatní armatury

Redukční ventily

Jedná se o speciální armatury, jejichž hlavním úkolem je regulovat (snižovat) tlak vody v úsecích potrubí, které to z provozních důvodů vyžadují. Může to být v místech, kde se potkávají dvě tlaková pásma nebo na gravitačních a přiváděcích řadech. Z konstrukčního a provozního hlediska je nejjednodušší redukční ventil pružinový, jehož vnitřní prostor si lze představit jako dvě komory, od sebe oddělené hrdlem uzavíraným talířem. Díky tahu pružiny je pak talíř přitlačován k hrdlu a voda proudící z jedné komory do druhé, musí takto vyvinutou sílu překonat, čímž ztrácí část své tlakové energie. Poměr vstupního a výstupního tlaku lze pak snadno regulovat pomocí šroubu, měnícího odpor pružiny. U moderních redukčních ventilů je pak ovládání zajištěno pomocí řídicí jednotky, založené na principu pneumatického, hydraulického či elektromechanického ovládání. Tyto novější typy pak mají použití univerzální, dokážou kromě klasické redukce tlaku plnit funkci uzavíracích armatur, udržovat konstantní průtok, zastupovat funkci zpětné klapky nebo chránit potrubí a čerpadla proti hydraulickým rázům (Chejnovský 2010).

Vodoměry

Tyto armatury, jak sám název napovídá, slouží k měření množství vody, a to buď odebrané, proteklé, čerpané nebo dodané. Pro vodárenské účely lze pak vodoměry dělit dle tří základních kritérií. Podle zákona o metrologii se rozlišují na pracovní měřidla stanovená a pracovní měřidla nestanovená. Dále se dělí dle jejich umístění a funkce, a to na domovní, bytové, výrobní (provozní) a sekční. Poslední dělení je na základě konstrukce a principu měření průtoku, ty jsou pak rychlostní, objemové, průřezové a speciální (Chejnovský 2010).

Určující kritéria při volbě typu a kapacitní řady vodoměru: (Chejnovský 2010)

- hodnota provozního tlaku a jeho mezní hodnoty,
- fyzikální a chemické vlastnosti vody,
- předpokládané rozmezí průtoků,
- přijatelná hodnota tlakové ztráty.

Parametry určující konkrétní vodoměr:

- jmenovitý průtok Q_n [m^3/h],
- maximální průtok Q_{max} [m^3/h],
- minimální průtok Q_{min} [m^3/h],
- maximální pracovní přetlak P_{max} [Pa],
- nejvyšší provozní teplota [$^{\circ}C$].

Na výše uvedená **pracovní měřidla stanovená** se vztahuje zákon o metrologii, a tak podléhají pravidelnému ověřování a kalibraci. Do této skupiny patří veškeré vodoměry, podle kterých jsou za množství proteklé vody účtovány platby. Jedná se jak o klasické domovní vodoměry, tak i o ty, měřící množství vody odebírané vody z povrchových či podzemních zdrojů, které podléhá zpoplatnění na základě zákona o vodách. Současná právní úprava udává maximální dobu, po kterou lze měřidla ověřovat. Při jejich využití na odečty studené vody je tato doba 6 let, pro vodu teplou pak 4 roky a pro speciální, tzv. bubnové vodoměry, je tato doba 2 roky. **Pracovní měřidla nestanovená**, jinak také označovaná jako provozní, jsou všechna ostatní měřidla, sloužící interním záležitostem odběratele nebo vlastníka či provozovatele vodovodu. Mohou to být například vodoměry osazené na vodojemech, úpravných vod nebo čerpacích stanicích. Dále mezi tyto měřidla lze zahrnout tzv. sekční vodoměry, osazené na rozvodných vodovodních sítích. Tyto vodoměry mohou sloužit k upozornění na vzniklou poruchu, a tedy na únik vody nebo ke sledování a řízení provozu v rozvodných systémech. Na tato měřidla se zákon nevztahuje, a tak nepodléhají povinné kalibraci a ověřování. V tomto případě tento úkon závisí plně na vůli provozovatele vodovodní sítě, případně jiného subjektu, využívajícího tato měřidla (Chejnovský 2010).

Principy měření průtoků

Vodoměry rychlostní fungují díky rotoru roztáčeného rychlostí vodního proudu, samotný rotor je pak umístěn ve vodoměrné komoře na svislé nebo vodorovné hřídeli. Přes mechanické ústrojí je pak tento pohyb přenášen na počítadlo, které pomocí součtů měří celkový objem proteklé vody. Tyto vodoměry se dále podle

typu rotoru rozdělují na lopatkové a na šroubové. Dalším rozdílem je pak rozřazení do kategorií na základě maximálních možných průtoků, kde lopatkové, spadají do kategorie, s jmenovitým průtokem do 20 m³/h, označované jako malé vodoměry a šroubové pak nad 20 m³/h, patřící do skupiny velkých vodoměrů. **Vodoměry objemové** pak fungují na základě měření objemu proteklé vody skrz měrné komory, u kterých je znám jejich přesný objem. Od vodoměrů rychlostních jsou přesnější ale také konstrukčně náročnější a dražší. Zástupcem této skupiny je vodoměr bubnový, jehož vnitřní prostor je tvořen pěti komorami stejného objemu. **Vodoměry průřezové** vycházejí ze základních hydraulických rovnic a fungují na principu měření poklesu tlaku při průtoku vody zúženým profilem. Pro dosažení požadované přesnosti je pro tento typ vodoměrů důležité, aby před i za vodoměrem byl co nejdelší rovný úsek. **Vodoměry speciální** se dělí do dvou kategorií, a to na průtokoměry *indukční* a *ultrazvukové*. **Indukční průtokoměry** jsou v otázce měření tlakového průtoku nejpřesnějším druhem měřidel. Jsou založené na snímání indukčního napětí U , které přímo odpovídá střední profilové rychlosti v a vzniká při proudění kapaliny magnetickým polem. Toto napětí se dá vypočítat ze vztahu $U = K \cdot v$, kde K je konstanta daná výrobcem průtokoměru. Průřezový profil u těchto vodoměrů neobsahuje žádné zúžení či překážku, a tak zde nevzniká žádná místní tlaková ztráta. Lze jich využít také při měření znečištěných odpadních vod. Kvůli nutnosti vyvinutí rychlostního profilu je potřeba, aby před i za měřidlem byl úsek potrubí co nejpřímější. Toto zařízení se skládá ze dvou částí, a to z v potrubí přímo zabudovaného snímače (indukčního čidla) a řídicí jednotky, která vyhodnocuje, zpracovává a následně zobrazuje naměřená data. **Ultrazvukové průtokoměry** patří stejně jako zmíněné průtokoměry indukční k nejpřesnějším měřidlům. Tento typ je však založený na měření objemu a zároveň vyžaduje v měřené kapalině přítomnost bublinek nebo pevných částic. Z tohoto důvodu se tedy pro měření pitné nebo destilované vody nehodí, jejich využití je naopak u vod odpadních, případně jiných velmi znečištěných kapalin (Chejnovský 2010).

4.5 Opravy poruch na vodovodních sítích

Riziko vzniku havárie na některé z částí vodovodní sítě je bohužel nevyhnutelné. Nicméně vhodnou preventivní údržbou a včasnou obnovou dosluhujících částí vodovodní sítě lze těmto rizikům předcházet, avšak ne je zcela eliminovat. V některých případech může být součástí havárie také únik tlakové vody, díky kterému mohou vznikat škody na majetku, komunikacích nebo ostatních inženýrských sítích. V extrémních případech pak může mít za následek také ohrožení zdraví i lidských životů. Problémem je, že takto závažné havárie mohou být

způsobeny i na první pohled nezjistitelnou poruchou ovladatelnosti důležitého uzávěru. Z těchto důvodů je nutné, aby každý dobrý provozovatel vodovodní sítě, sloužící pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, měl po dobu 24 hodin denně připravené prostředky a pracovníky pro provedení opravy a likvidaci jejích následků. Nepřetržitě zajištěno tak musí provozovatel mít: (Novák a kol. 2003).

- Pracoviště, kam je havárie možné ohlásit a pracovníky, kteří zajistí nejnnutnější první zákrok,
- Skupinu s pohotovostním vozidlem, provádějící první nutné práce,
- Pohotovostní četou, vybavenou k opravě havárií, řízenou mistrem oprav vodovodní sítě a v závislosti na konkrétní situaci také pracovníka, zajišťujícího vytyčení podzemních sítí,
- Pohotovostní prostředky pro potřeby náhradního zásobování vodou,
- Zodpovědné pohotovostní techniky provozu sítě pro další řízení a organizování prací na odstranění havárie.

Ideálním místem k nahlášení vzniklé havárie na vodovodní síti je vodárenský dispečink se zajištěnou nepřetržitou službou. K hlášení havárií často dochází ze strany veřejnosti, pracovníků na stavbách ale i samotných pracovníků provozovatele vodovodu, kteří mohou případnou poruchu odhalit při vykonávání činností související s provozem vodovodní sítě. Havárie jsou nejčastěji ohlašovány telefonicky. Po ohlášení havárie na dispečink je pak tato skutečnost zaznamenána do počítačové evidence a jsou zajištěny kroky k prošetření místa pohotovostní službou. Na základě kterého, je pak dle zjištěné závažnosti dispečer povinen rozhodnout o dalších nutných opatřeních, jako o zajištění náhradního zásobování a uvědomění dalších pohotovostních pracovníků a techniků, u kterých posuzuje nutnost jejich přítomnosti při řešení opravy a likvidace následků havárie. Pracovníci pohotovostního vozidla mají za úkol havárii prošetřit přímo na místě, uzavřít příslušné armatury na porušeném potrubí a lokalizovat její přesný původ. Pokud to její charakter umožní, také uvědomit jednotlivé odběratele o pozastavení dodávky pitné vody a pomocí hrazení a dopravních značek zabezpečit místo havárie. Důležitá je spolupráce s dispečerem, který řídí manipulace na síti a který může v případě potřeby zajistit další postup. Je to právě rychlý, správný a účinný zásah pracovníků pohotovostního vozidla, co může být zásadním momentem ke snížení následných škod způsobených havárií, a také pro její samotné odstranění. Po prošetření místa vzniklé poruchy pracovníky pohotovostní služby je na místo povolána pohotovostní skupina oprav, která neprodleně začne s pracemi na rychlém odstranění havárie s cílem v co nejkratším čase obnovit dodávku pitné vody. Dalším úkolem této skupiny je zajistit v okolí havárie

bezpečný pohyb chodců a dopravy. Pro četnu, pracující na těchto událostech, je také nutné zajistit potřebná vozidla a mechanizaci. Nutností pro opravné práce musí být také zajištění výdeje potřebného materiálu ze skladu. Aby nedošlo k porušení ostatních inženýrských sítí, je nutné před zahájením výkopových prací věnovat maximální pozornost jejich umístění. Z důvodů časové tísně však často dochází k problémům se zjištěním jejich vedení a vytyčením od jejich správců, tyto problémy nastávají zejména mimo pracovní dobu, kdy je dosažitelnost správců sítí omezená. V těchto situacích je pak jediným východiskem povolání pracovníka vybaveného detekčními přístroji, který je schopen zjistit, zda se v místě havárie nějaké inženýrské sítě nacházejí. Postup při opravě havárie na vodovodní síti se tedy dá shrnout do následujících bodů: (Novák a kol. 2003).

- Zajištění potřebného dopravního značení a zabezpečení pracoviště,
- Zjištění polohy ostatních inženýrských sítí,
- Informování odběratelů o odstávce vody,
- Uzavření vodovodního řadu, pokud již nebylo provedeno pohotovostní skupinou,
- Komunikace s dispečinkem ohledně manipulace s armaturami,
- Výkopové práce (obnažení porušeného místa, případně armatury),
- Zajištění náhradního zdroje pitné vody, informování dispečinku o přibližném časovém horizontu opravy,
- Oprava poruchy, montážní práce,
- Proplach a napuštění potrubí vodou,
- Před zásypem provést zkoušku těsnosti provozním tlakem,
- Informovat dispečink o obnovení dodávky vody a manipulaci s armaturami,
- Zásyp výkopu náhradním soudržným materiálem a hutnění,
- Obnova konstrukčních vrstev vozovky, chodníku,
- Osazení armaturních poklopů,
- Za vhodných klimatických podmínek definitivní obnova povrchů, jinak alespoň provizorní,
- Odstranění nebo změna dopravního značení.

4.6 Měření tlakových poměrů

Vodovodní síť je potřeba navrhnout takovým způsobem, aby bylo zajištěno plynulé zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Toho je pak dosaženo zajištěním minimálního hydrodynamického tlaku 0,15 MPa, což odpovídá 15 m vodního sloupce. V případě zástavby nad dvě nadzemní podlaží pak musí tento tlak

dosahovat minimálně 0,25 MPa a maximálně 0,6 MPa, přičemž ve výjimečných případech může provozovatel sítě připustit maximální tlak 0,7 MPa.

Ve vodovodní síti jsou tlakové poměry dány zpravidla vstupními tlakovými poměry tlakového pásma. Ty jsou pak závislé na nadmořské výšce spotřebiště, výšce hladiny ve vodojemu nebo výstupním tlaku z redukčního ventilu. Kolísání tlaku je pak v největší míře způsobeno tlakovými ztrátami, které se odvíjejí od délky potrubí, jeho profilu, okamžitého průtoku, nebo také hydraulické drsnosti vnitřního povrchu potrubí. Tlakové poměry na síti je vhodné sledovat, zaznamenávat a následně vyhodnocovat. Jejich výkyvy mohou být dobrým identifikátorem, ukazujícím na vzniklou poruchu, inkrustaci potrubí, přetížení v době špičkových odběrů nebo nedokonale uzavřená šoupátka. Pro účely vyhodnocení se jako nejcennější jeví údaje sbírané v pravidelných intervalech, na stejném místě, kdy je záznam prováděn každý den ve stejnou hodinu a nejlépe v době špičkových odběrů. Případně v době okolo druhé hodiny ráno, kdy odběry bývají minimální a sledovaný tlak by tak měl přibližně odpovídat tlaku hydrostatickému. Ideálním je pak nepřetržité měření tlaků a průtoků tlakovými čidly, osazenými na vytipovaných místech vodovodní sítě, které jsou v reálném čase odesílány na vodárenský dispečink, případně zaznamenávány na vhodný datalogger. Tyto zařízení pak musejí být pravidelně sbírány a data z nich vyhodnocovány. V případě, že je pro sledovanou oblast zpracován hydraulický model, je také možné naměřené tlaky porovnávat s hodnotami namodelovanými. Data lze případně porovnat s evidencí provozních tlaků za delší časové období. Na základě odchylek mezi tlaky naměřenými a zjištěnými jednou z těchto metod, lze zjistit, že je na síti něco v nepořádku a zahájit kroky pro odhalení příčin těchto výkyvů. Odhalené nesrovnalosti v tlakových poměrech mohou být způsobeny například skrytými úniky nebo závadami na síti. Takovou závadou může být zavřené nebo přivřené šoupátko a v letních měsících také plnění bazénu průtokem v rozporu se smlouvou. Pokud tlakové výkyvy přetrvávají i při dlouhodobém sledování, je třeba nalézt příčiny a zahájit kroky vedoucí k nápravě. Dosažení zmíněného ideálního stavu je však značně nákladnou investicí, která dává smysl u významnějších vodovodních systémů. S ohledem na místní podmínky a význam příslušného vodovodu je pak potřeba zvážit rentabilitu této investice (Novák a kol. 2003).

4.7 Měření průtoků a vyhledávání poruch

Měření průtoků v celé vodovodní síti je pro provozovatele velice důležitým provozním prvkem, který má celou řadu dalších využití. Poskytuje přehled o aktuálních spotřebách vody, její výrobě a slouží jako výchozí podklad při rozdělování vody v distribučním systému a při vyhodnocování provozních stavů. Znalost průtoků

je nepostradatelným podkladem jak v otázce plánování a projektování rozšiřování vodovodní sítě, tak při její obnově a výpočtech zůstatkových kapacit pro zásobování nově vznikajících lokalit. Mimo jiné tato znalost umožňuje identifikovat ztráty vody nebo případné poruchy a usnadňuje také lokalizaci místa jejich vzniku. Pro účely rychlé identifikace úniků vody jsou na vodovodní síti vytvářeny systémy, kontinuálně měřící průtoky, ke kterým jsou v ideálním případě zaznamenávány také tlaky. V zásadě se jedná o velice jednoduchý a účelný systém. Základem pro úspěšný monitoring je zajištění průběžného měření objemů vody, která přiteče do jednotlivých tlakových pásem. Vodovodní síť má těchto tlakových pásem několik, přičemž následně se ještě rozděluje na dílčí okrsky, kde se v podstatě jedná o uzavřené části, u nichž měření průtoků probíhá pro každou zvlášť. S ohledem na dosud získané poznatky by pak délka vodovodní sítě v jednom okrsku neměla přesahovat délku 20 km. Měřidla průtoků by měla být optimálně umístěna přímo ve vodárenských objektech, jako vodojemech nebo čerpacích stanicích. Nejlepším řešením při sběru dat o průtocích, je zajistit jejich průběžný přenos na vodárenský dispečink pomocí radiové sítě. Stejně jako při měření tlaků je možné vybavení měřícího místa vhodným dataloggerem, u kterého je potřeba zajistit jeho pravidelné odebírání a následné vyhodnocování dat specializovaným pracovištěm. V částech vodovodní sítě, kde může trvalé rozdělení na samostatné okrsky způsobovat provozní potíže související s kvalitou vody nebo provozními tlaky, je vhodné pro účely hledání úniků provádět uzavírání okrsků pouze v noci, případně v době s minimálními odběry. Nadstavbou pro okrskové měření průtoků je přiřazení fakturačních vodoměrů k danému tlakovému pásmu vodovodní sítě. Díky známému množství vody dodané do okrsku a součtu odebrané vody z fakturačních vodoměrů lze pak za určitých předpokladů získat obrázek o velikosti ztrát vody ve zkoumané oblasti. K funkčnosti tohoto systému je nutná vhodná organizace odečítání vodoměrů. Vybudování fungujícího systému měření průtoků a tlaků na celé vodovodní síti je významnou investicí, nicméně za předpokladu, že provozovatel využívá všechny informace zjištěné měřením, je praxí ověřena její rychlá návratnost. Před zřízením samotného systému okrskového měření průtoků je především nutná spolupráce s provozovatelem vodovodu, jehož detailní znalost sítě a jejích provozních problémů může při hledání optimálního řešení sehrát klíčovou roli (Novák a kol. 2003).

Pro provozovatele vodovodní sítě, jsou jedním z hlavních nepřátel skryté poruchy, při kterých se voda unikající z potrubí ztrácí pod zemí a nezanechává žádné viditelné známky na povrchu. Tato voda pak může unikat do špatně těsnícího kanalizačního potrubí, drenážního potrubí nebo se ztrácet v propustných vrstvách

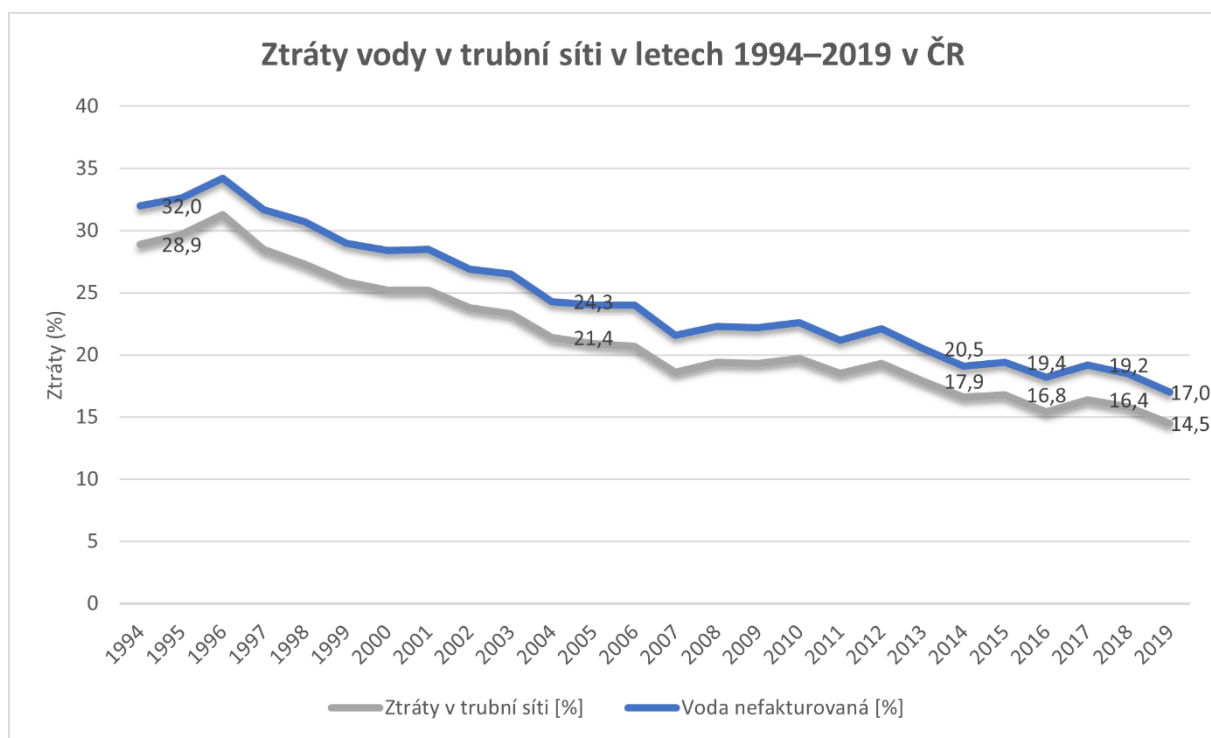
podloží. Co se týče ztrát vody, jsou tyto úniky jedny z nezávažnějších. Důvodem pro toto tvrzení je fakt, že jejich odhalení je velice složité a bez povšimnutí tak může dlouhodobě unikat velké množství vody. Z tohoto důvodu je nutné, aby každý dobrý provozovatel měl zajištěný systematický monitoring úniků, jehož součástí je preventivní pátrání po skrytých poruchách. Vodovodní sítě, jejichž součástí je již vytvořený systém měření tlaků a průtoků, disponují značnou výhodou. Díky naměřeným hodnotám lze včas rozeznat významnější skryté úniky, zaměřit se na jejich přesnou lokalizaci a následně provést opravu. Ani na tento systém se však nelze spoléhat na sto procent, a tak je na místě přibližně jednou ročně provést propátrání celé vodovodní sítě. Obtížnější situace nastává u vodovodních sítí, které systémem měření průtoků a tlaků nedisponují. V těchto případech je potřeba, aby pracovníci znali místních poměrů na vodovodní sítí a jejich problematických částí vytvořili tzv. plán pátrání, který popisuje postup pátrání po skrytých poruchách, jenž je následně nutno dodržovat. Vhodné je také rozdělení vodovodní sítě na úseky s nízkou, střední a vysokou pravděpodobností vzniku poruch, na základě, kterého je potřeba volit odpovídající intervaly organizovaného pátrání. Podle tohoto rozdělení a historických zkušeností je pak doporučeno části sítě s nízkou pravděpodobností výskytu poruch propátrat přibližně 1x ročně, části se střední pravděpodobností 2x ročně a oblasti s vysokou pravděpodobností pak i 4x ročně. Existují však i případy částí sítě, kde by byla kontrola vhodná i 1x měsíčně, k těmto oblastem je však potřeba přistupovat radikálněji a na místě je celá obnova vodovodního potrubí. Na odhalování skrytých poruch by měla být vyčleněna specializovaná skupina, která je řádně proškolená a má v této oblasti bohaté zkušenosti. Součástí jejich vybavení jsou pak vysoce citlivými a spolehlivými detekčními přístroji. V dnešní době jsou tyto přístroje a výpočetní technika na vysoké úrovni, nicméně k maximálnímu využití jejich potenciálu je potřebná jejich důkladná znalost, a především znalost problematiky místní vodovodní sítě, tyto faktory jsou při pátrání po poruchách nenahraditelné. Zmíněné detekční přístroje jsou založené na principu identifikace šumu, který vzniká při vyvěrání tlakové vody z porušených nebo špatně těsnících částí vodovodní sítě. Pro orientační kontrolu potrubí lze využít také odposlechu, který je prováděn pomocí jednoduchých sluchátek, což jsou v podstatě kovové tyče, přikládané k přístupným částem vodovodu, jako například k zemním soupravám šoupátek. V porovnání s dnes využívanými přístroji se jedná o primitivní nástroje, které však v běžné praxi mají stále své opodstatnění. Moderní elektroakustické přístroje dokážou pak zvuk, vydávaný poruchou zesílovat a jsou schopny odfiltrovat jiné rušivé zvuky, které jsou do potrubí přenášeny z okolního prostředí. Z kategorie elektroakustických přístrojů se pro lokalizaci přesného místa poruchy používají tzv. půdní mikrofony, které jsou schopny

snímat poruchový zvuk na terénu nad trasou potrubí. Zaznamenaný zvuk je pak přenášen do přístroje, který ho následně zesiluje do sluchátek. Pro možnost vizuální kontroly je pak zvuk převáděn na stupnici, kde je ručičkou zobrazována jeho síla. Místo poruchy odpovídá místu, kde přístroj zaznamenal největší intenzitu poruchového zvuku. Při odposlechu poruch je nutná znalost přesného vedení trasy vodovodního potrubí, z tohoto důvodu jsou tyto přístroje často vybaveny zařízením, které jsou schopny jeho trasu také vytyčit. Využití uvedených metod naráží na problémy, způsobené rušivými okolními zvuky a šумы, ty jsou nejčastější v místech frekventovaných komunikací, z tohoto důvodu je nutné měření v těchto úsecích přesouvat do nočních hodin, kdy je provoz na komunikaci minimální. Často využívané jsou pro identifikaci místa poruchy také tzv. korelátory, které nejsou tolik ovlivněny zmíněnými rušivými elementy. Tyto zařízení fungují tak, že se na dva kontaktní body vodovodní sítě umístí mikrofony, které na základě rychlosti šíření zvuku a analýzy snímané frekvence, identifikují místo poruchy a jeho vzdálenost od umístěných mikrofonů. Korelátory se vždy používají tak, že se jejich mikrofony umísťují na okraj zkoumaného úseku (na hydranty nebo šoupátka) a hledání poruchy pak probíhá mezi nimi. Mezi další metody odposlechu poruch patří také využití speciálních dataloggerů, které se osazují na hydranty a jejich funkcí je snímat a zaznamenávat poruchové šумы. Tyto zařízení se po dokončení měření odeberou a data z nich jsou pak pomocí výpočetní techniky vyhodnocována. Výhodou je, že při měření není nutná fyzická přítomnost pracovníka, a především nepřetržité měření, které pokrývá i dobu s nižším výskytem rušivých šumů. V praxi je pak využíváno kombinace popsaných metod, a to zvláště v situacích, kdy je hledání poruchy problematické. Pomocí jedné metody se obvykle zjistí, že se v určitém úseku porucha vyskytuje a druhou metodou se pak toto místo lokalizuje a ověřuje. Komplikovanější je situace v případě hledání poruch na plastových vodovodních potrubích, ty mají obecně mnohem horší zvukovou vodivost a typický zvuk úniku není tak výrazný (Novák a kol. 2003).

4.8 Ztráty vody v rozvodných systémech

Jedním ze základních úkolů vodárenských společností je snižování ztrát vody v distribuční síti. Na základě znalosti technického stavu vodovodní sítě je patrné, jakým směrem by se z dlouhodobého hlediska měla ubírat investiční politika. Rekonstrukce vodovodní sítě je však značně finančně náročná, a tak je nutné, aby každá moderní společnost měla vytvořený monitoring realizované vody a sledovala vývojové trendy. Zanedbání těchto problémů může významně snižovat efektivitu investic, jejich návratnost, a naopak zvyšovat provozní náklady a cenu vodného (Kročová 2004).

Celkové ztráty vody se pak nejčastěji udávají ze dvou různých úhlů pohledu. V prvním případě se jejich množství hodnotí na základě podílu nefakturované vody z celkového množství VVR. V případě druhém se porovnávají stejné ukazatele, ale s tím rozdílem, že od vody nefakturované, je navíc odečtena voda, která byla spotřebovaná pro provozní potřeby vodárenské společnosti (např. čištění vodojemů, odkalování sítě) a voda poskytovaná zdarma. Rozdíl mezi oběma úhly pohledu při stanovování celkového množství ztrát je pak uveden v následujícím grafu: (Sovak ©2021)



Obrázek 13 – Dlouhodobý graf ztrát vody v ČR, dostupný z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/ztraty-vody-v-ceske-republice>

Na obrázku č. 13 lze pozorovat, že ztráty vody v ČR mají dlouhodobě klesající trend. V roce 2019 pak tyto ztráty tvořily 14,5 %, což jak lze z grafu vidět, je oproti letům předchozím významný pokles, zejména pak oproti roku 1996, kdy ztráty dosahovali hodnot přes 30 %.

V rozvinutých zemích jsou ztráty vody způsobeny zejména špatným technickým stavem vodovodní sítě, který může vyústit v různé poruchy či netěsnosti. K černým odběrům v těchto zemích dochází jen v malém množství případů, naopak v zemích rozvojových, tvoří tyto úniky značnou část celkových ztrát vody. Problémem je, že země, které si ztráty vody nemohou dovolit, mají tyto ztráty ze všech zemí největší. Odhaduje se, že v rozvojových zemích se z celkově vyrobené vody při distribuci k odběratelům ročně ztratí 45 mil. m³ vody (Farley 2003). Ztráta takového

množství vody pak odpovídá přibližně třem miliardám dolarů ročně. Pokud by se ztráty v těchto rozvojových zemích podařilo snížit na polovinu, bylo by možné obsloužit navíc až 90 milionů lidí (Rosegrant 2002).

4.8.1 Základní pojmy ve výrobě a distribuci vody

Ve vodárenství existuje mnoho pojmů, které mají svojí přesnou definici. Nicméně jejich obsah se může napříč zeměmi trochu lišit a často tak při porovnávání některých ukazatelů dochází ke srovnávání nesrovnatelného. Toto je možné demonstrovat na příkladu vodních ztrát, do kterých se v ČR nezahrnuje část vody, která byla sice dodána a využita, ale k její fakturaci nedošlo, jedná se tedy tak o vodu dodanou zdarma. Oproti tomu, ostatní západní země uvádějí ztráty vody, jako veškerou nefakturovanou vodu (Novák a kol. 2003).

Spotřeba vody – Pod tímto termínem je myšleno množství vody, které bylo za určitý časový interval z vodovodní sítě skutečně odebráno (Tuhovčák a kol. 2006).

Voda surová – Jedná se o vodu, která se nachází v přiváděcím systému ze zdroje vody do úpravny vody (Kročová 2004).

Voda technologická – Je množství vody, které se spotřebuje v procesu výroby pitné vody (Novák a kol. 2003).

Voda vyrobená – Jedná se o množství vody, odebrané z vodního zdroje, které prošlo procesem úpravy a odchází do distribučního systému vodovodu (Novák a kol. 2003).

Voda předaná – Je množství vody předané z distribučního systému jednoho vlastníka do distribučního systému jiného provozovatele (Kročová 2004).

Voda převzatá – Jde o množství vody, převzaté od jiného provozovatele vodovodní sítě (Kročová 2004).

Voda k realizaci – Je celkové množství vody v distribučním systému, ve kterém je zahrnutá jak voda vyrobená, převzatá, tak i předaná (Kročová 2004).

Voda fakturovaná – Je to veškerá voda dodaná a vyfakturovaná všem odběratelům za dané období (Novák a kol. 2003)

Voda nefakturovaná – Jedná se o vodu, který byla do sítě dodána, došlo k její potřebě, ale nebyla nikým uhrazena (Novák a kol. 2003).

Voda zdarma – Je to voda předaná k hašení požárů (Kročová 2004), Jedná se o vodu, která byla odebrána z vodovodní sítě zdarma provozovatelem, nebo s jeho vědomím (Novák a kol. 2003).

Do vody zdarma je dále zahrnuta: (Novák a kol. 2003)

- voda, která je spotřebovaná během proplachování a odkalování vodovodní sítě,
- voda spotřebovaná při opravách poruch,
- voda, která je spotřebovaná na náhradní zásobování při výpadku dodávky vody, např. formou výtokových stojanů,
- voda akumulovaná v nových vodojemech, akumulačních nádržích nebo vodovodních řadech,
- voda, která je spotřebovaná při vypouštění a čištění vodojemů a nádrží,
- voda odebraná pro kašny ve správě provozovatele,
- voda spotřebovaná v objektech, patřících provozovateli,
- voda, která je spotřebovaná při výměně vodoměrů,
- voda spotřebovaná z vodovodní sítě provozem kanalizační sítě (např. pro čištění kanalizací). Platí pouze v případech kdy, vodovod i kanalizace má stejného provozovatele,
- voda odebrána hasičskými sbory při likvidaci požárů.

Ztráty vody v síti – Jedná se o množství vody, uniklé z vodovodního distribučního systému. Může se jednat také o vodu, jejíž odběr ze sítě nebyl provozovatelem zaregistrován (krádež vody, nepřesné měření vodoměry). Ztráty vody jsou nejčastěji interpretovány v objemových jednotkách [tis. m³] a % z vody k realizaci. V lokalitách se známou strukturou vodovodní sítě je přesnější a technicky vhodnější použít jako kritérium jednotkový únik, což je objem vody nefakturované unikající z jednoho kilometru přepočtené délky vodovodní sítě a udává se v [tis. m³ * km⁻¹ * rok⁻¹] (Novák a kol. 2003).

4.8.2 Ztráty vody obecně

Stejně tak jako doprava a rozvod různých druhů medií, tak i všechny druhy motorů pracují s určitou účinností a vykazují ztráty, jinak tomu není ani u vodárenských systémů. U těch pak dochází při výrobě, dopravě a distribuci vody k jejím ztrátám. Ty jsou v podstatě odrazem toho, v jakém technickém stavu se vodovodní síť nachází a své vypovídají také o provozovateli, resp. o tom, jak o vodovod pečuje. Pokud je brán v potaz současný ukazatel ztrát vody, tedy jako %

z vody k realizaci, lze v ČR pozorovat ztráty v opravdu širokém rozmezí (Novák a kol. 2003).

Ztráty vody se dají rozdělit na skutečné a zdánlivé. Ztráty skutečné vznikají převážně z důvodu špatného technického stavu vodovodní sítě, jejich příčinou mohou být různé poruchy nebo netěsnosti spojů. Ztráty zdánlivé jsou pak způsobené nepřesnostmi, vznikajícími na měřících zařízeních, a to jak ve výrobě, tak u samotných odběratelů. Tyto ztráty mohou být dále tvořeny také černými odběry vody (Ryša 2004, Kyncl 2014).

Mezi ztráty se nepočítají pouze úniky vody, ale také její množství, které bylo ze sítě odebráno, ale provozovatel jej nezaregistroval, v některých případech může dokonce dojít k tomu, že se voda do sítě nedodá ale, i přesto je zaregistrovaná jako dodaná. Podle místa vzniku lze ztráty dále rozdělit do těchto oblastí: (Novák a kol. 2003).

- Ztráty vody vzniklé nepřesností měření vody převzaté nebo vyrobené. Vznikají, pokud vodoměry nebo průtokoměry neměří správně a mohou tak přímo ovlivnit výši ztrát, a to jak do plusu, tak do záporu,
- Ztráty vody způsobené nepřesným měřením vody dodané odběratelům, případně vody předané. Celkové ztráty tak mohou být ovlivněny stejně jako u prvních zmíněných,
- Ztráty vody, způsobené úniky na vodárenských objektech, netěsností vodojemů, a především poruchami a netěsnostmi vodovodní sítě,
- Ztráty způsobené krádeží vody z vodovodní sítě. Příkladem může být odběr bez měření, načerno vybudované přípojky nebo úmyslně poškozený vodoměr,
- Ztráty vody vzniklé nevykázáním veškeré vody dodané zdarma.

Ztráty v jakékoliv oblasti lidské činnosti jsou sice nežádoucí, ale je nutné k nim přistupovat jako k nutnému zlu. Proaktivním přístupem je však možné je snižovat a udržovat na ekonomicky i technicky rozumné úrovni, což v plném rozsahu platí i pro ztráty ve vodárenství (Novák a kol. 2003).

4.8.3 Opatření ke snižování ztrát

Ke snižování ztrát vody ve vodovodní síti je potřebná značná výše investičních prostředků. Ty se pak v podstatě dají rozdělit do dvou skupin, kde první z nich jsou investice do obnovy řadů staršího data a infrastruktury, která je již po technické stránce nevyhovující. Druhou, stejně tak důležitou skupinou jsou investice do technologií pro samotnou distribuci pitné vody, včetně jejího monitoringu, které mají vliv na nefakturované množství vody, a také do technologií, které zajišťují dohled nad parametry distribuce vody. Součástí poslední zmíněné skupiny jsou to pak například technologie, zajišťující online sledování průtoků a tlaků ve vodovodní síti, monitoring množství vody ve vodojemech a měření spotřeby na odběrných místech. Tyto provozní parametry pak mohou sloužit dispečinku ke včasné identifikaci poruchy na vodovodní síti. Samozřejmě čím dříve se poruchu podaří najít a opravit, tím menší pak budou samotné ztráty vody (Sovak ©2021).

Přímý dopad na ztráty vody má stav vodovodní sítě a jejích součástí, ovladatelnost armatur, obnova dosluhujících potrubí a celková úroveň péče o všechna její zařízení. Investicí do budoucna je také nasazování lepších, i když dražších, technických řešení výstavby nových vodárenských zařízení, technologického vybavení a spolehlivějších materiálů s delší dobou životnosti. Nejsou to pouze činnosti spojené s odstraňováním úniků, co ztráty vody snižuje, jsou to také vhodně zvolená preventivní opatření, které mohou celkové ztráty minimalizovat a případně jim i předcházet. Zmíněná prevence začíná již při návrhu samotného projektu stavby vodovodu, kdy je nutné jeho projednání s budoucím provozovatelem. Na základě, kterého pak vyplynou opatření k zajištění spolehlivosti provozu, použití vhodných materiálů, a také technických řešení, které by mohli v budoucnu tvořit potenciální příčinu poruch či netěsností. Kvůli dohledu nad kvalitou prováděné práce, je také vhodná přítomnost budoucího provozovatele při samotné realizaci projektu (Novák a kol. 2003).

5. Vlastní práce

5.1 Údaje o vodním díle

Pro potřeby této práce bylo vybráno tlakové pásmo, které je součástí vodovodní sítě společnosti Vodárna Plzeň a.s. V této a následující kapitole je tedy vybrané tlakové pásmo popsáno a zasazeno do kontextu Plzeňské vodovodní sítě.

Vodní dílo – Plzeňská vodovodní síť se nachází na území města Plzně. Město Plzeň se pak nachází v západní části Čech a leží na soutoku čtyř řek: Radbuzy, Mže, Úhlavy a Úslavy. Hlavním zdrojem pitné vody pro toto území je řeka Úhlava, spadající do správy povodí Vltavy. Město Plzeň se rozkládá na ploše přibližně 138 km² a žije zde okolo 175 tisíc obyvatel. Současnou rozlohu má Plzeň od 1. ledna 2003, kdy se k ní připojily do té doby samostatné obce Lhota, Malesice a Dolní Vikýš, které se zároveň staly novými městskými obvody. Od té doby je město Plzeň tvořeno deseti městskými obvody, kde největší z nich jsou obvody 1 až 4, které se skládají z několika původních nejstarších městských částí, ve kterých se začala budovat Plzeňská vodovodní síť. První vodovody a kanalizace pro veřejnou potřebu vznikaly již s rozvojem města v 16. a 17. století. Plzeňská vodovodní síť, s úpravou vody v dnešní podobě, se na území města Plzně postupně buduje cca od roku 1889 a slouží dnes k zásobování pitnou vodou všech částí území města Plzně, kromě městské části Malesice a Dolní Vikýš. Dále slouží k zásobování přilehlého území k městu Plzni, okresů Plzně-jihu, Plzně-severu a Rokycan. Zajišťuje výrobu a dodávku pitné vody pro cca 230 tisíc obyvatel z výše uvedených okresů Plzeňského kraje (PŘ VP a.s. ©2022)

Vodovodní síť je na území města Plzně tvořena: přiváděcími výtlačnými řady, hlavními vodovodními řady a rozváděcími vodovodními řady, jinak také označovanými jako rozvodná trubní síť. Samotná vodovodní síť pak vznikala jako větvěná a později, s rozrůstajícím se počtem spotřebišť, jako okružová. Nejzastoupenějším materiálem trubní sítě je litina, následovaná litinou tvárnou. V menším zastoupení se na síti vyskytuje potrubí ocelové a v nejmenším zastoupení pak potrubí plastové. Celá vodovodní síť je dimenzována od jmenovité světlosti 50–800 mm a k datu 1.1.2022 činila její celková délka 586,2 km. Na vodovodní síti je připojeno celkem 10 vodojemů, které zabezpečují potřebnou akumulaci vody, dále 16 čerpacích stanic, které v síti zabezpečují zvyšování tlaku a nakonec 33 redukčních ventilů, jejichž úkolem je snižování tlaku v rozvodné trubní síti. Jednotlivá tlaková pásma jsou na vodovodní síti rozdělena tak, aby dosahovali přetlaku optimálně 0,25 – 0,6 a maximálně 0,7 MPa. Součástí vodovodní sítě jsou dále řadové uzávěry,

přípojkové uzávěry, hydrantové uzávěry, hydranty, pásmové uzávěry a obtoky oddělující jednotlivá tlaková pásma a sloužící jako havarijní propojení jednotlivých tlakových pásem. Požární zásobování vodou je zajištěno pomocí 1070 požárních hydrantů, které jsou určeny na základě hydrantové studie a dohody s orgány hasičského záchranného sboru (PŘ VP a.s. ©2022)

Seznam vodojemů			
číslo	název VDJ	počet komor	celkový objem (m ³)
1	VDJ Homolka	4	12 760
2	VDJ Bory	2	12 000
3	VDJ Sylván	2	12 000
4	VDJ Sytná	2	12 000
5	VDJ Dýšina	2	800
6	VDJ Starý Plzenec	2	1 500
7	VDJ Lobzy	2	20 000
8	VDJ Vinice	2	12 000
9	VDJ Radčice	2	200
10	VDJ DB Rokycanská	2	60

Tabulka 1 - Seznam vodojemů ve správě společnosti Vodárna Plzeň a.s. (PŘ VP a.s. ©2022)

Seznam čerpacích stanic		
číslo	název ČS	tlakové pásmo
1	ČS Slovany I	2TP
2	ČS Slovany II	2TP
3	ČS Úhlavská	2TP
4	ČS Božkov	2TP
5	ČS Lobzy - Doubravka	2TP
6	ČS Lobzy - Rokycanská	3TP
7	ČS Lobzy - VDJ Dýšina	2TP
8	ČS Edvarda Beneše	2TP
9	ČS Bory	2TP
10	ČS Žlutická	3TP
11	ČS Úhlavská - Starý Plzenec	3TP
12	ČS Sylván - Sytná	3TP
13	ČS Nová Hospoda 1	3TP
14	ČS Nová Hospoda 2	3TP
15	ČS Nová Hospoda 3	3TP
16	ČS BD Rokycanská	3TP

Tabulka 2 - Seznam čerpacích stanic ve správě společnosti Vodárna Plzeň a.s. (PŘ VP a.s. ©2022)

Zastoupení materiálů rozvodné tržební sítě		
materiál	km	zastoupení
neznámo	6,6	1,0%
litina	243,7	41,7%
litina tvárná	223,2	38,0%
ocel	29,6	5,1%
PVC	55,7	9,5%
PE	11,4	2,0%
nerezová ocel	16	2,7%

Tabulka 3 - Zastoupení jednotlivých tržební materiálů (PŘ VP a.s. ©2022)

Zastoupení profilů rozvodné tržební sítě		
průměr	km	zastoupení
neznámo	1,3	0,2%
40	0,2	0,0%
50	0,0	0,0%
60	0,6	0,0%
63	2,1	0,4%
65	0,0	0,0%
80	76,5	13,1%
90	15,9	2,7%
100	151,5	25,6%
110	36,1	6,2%
125	1,3	0,2%
150	92,3	15,8%
160	0,3	0,0%
180	8,1	1,4%
200	49,1	8,4%
225	4,0	0,7%
250	22,2	3,8%
300	28,0	4,8%
350	12,8	2,2%
400	27,5	4,7%
500	13,9	2,4%
550	6,2	1,1%
600	30,0	5,2%
700	4,0	0,7%
800	2,3	0,4%

Tabulka 4 - Zastoupení profilů rozvodné tržební sítě (PŘ VP a.s. ©2022)

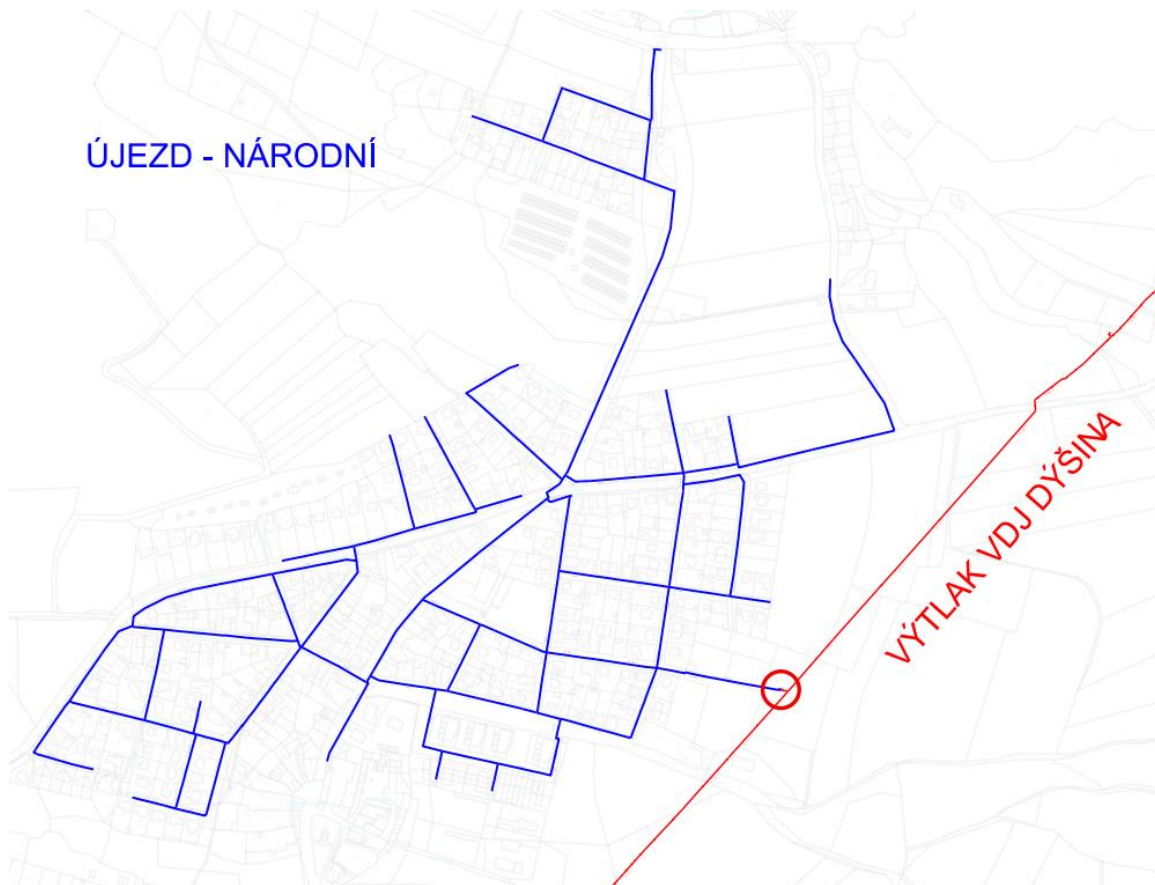
5.2 Charakteristika zájmového území

Pro účely této práce bylo vybráno tlakové pásmo, které je pro interní potřeby společnosti Vodárna Plzeň a.s. označeno jako Újezd – Národní. Újezd je část statutárního města Plzně a spadá pod městský obvod Plzeň 4.



Obrázek 14 - Poloha zájmového území v rámci ČR (vyznačeno červenou tečkou), dostupné z: www.mapy.cz

Vybrané tlakové pásmo je součástí II. tlakového pásma, které zajišťuje zásobování spotřebišť, nacházejících se ve výškovém rozmezí 335–401 m.n.m. Voda je do posuzovaného tlakového pásma dopravována pomocí výtlačného řadu, napájejícího vodojem Dýšina. Do vodojemu Dýšina je pak voda čerpána pomocí čerpací stanice, umístěné u vodojemu Lobzy. Zásobování tlakového pásma Újezd – Národní probíhá z výtlačného řadu skrze redukční ventil, který se nachází v ulici Národní. V současné době je zde evidováno 364 odběrných míst. Místo napojení na výtlačný řad je znázorněno pomocí červeného kolečka na následujícím obrázku. Tento obrázek mimo jiné zobrazuje uspořádání rozvodné sítě ve vybraném území a je z něj patrné, že se jedná o síť kombinovanou.



Obrázek 15 - Rozvodná síť zkoumaného tlakového pásma vč. místa jeho napojení na výtlačný řad (VODÁRNA PLZEŇ a.s. ©2022)

Zastoupení materiálů tlakového pásma Újezd - Národní			
materiál	km	stáří	zastoupení
litina	4,7	1965 - 1980	24,96%
litina tvárná	7,5	2004 - 2017	39,83%
PVC	6,5	1974 - 2004	34,52%
PE	0,13	1976 - 1980	0,69%

Tabulka 5 - Zastoupení jednotlivých materiálů trubní sítě ve zkoumaném tlakovém pásmu (VODÁRNA PLZEŇ a.s. ©2022)

Evidence poruch v tlakovém pásmu Újezd - Národní za rok 2021					
Datum nahlášení	Datum opravy	Sledovaný prvek	Prvek poruchy	Druh závady	Materiál řadu
01.01.2021	01.01.2021	Rozvodná síť	Potrubí	Lom	Litina
25.01.2021	25.01.2021	Rozvodná síť	Potrubí	Lom	Litina
25.01.2021	25.01.2021	Přípojky	Armatury	Poklop poškozen, chybí	nevidováno
22.03.2021	23.03.2021	Rozvodná síť	Armatury	Netěsnost	Litina
03.05.2021	12.05.2021	Přípojky	Armatury	Nefunkční armatura	nevidováno
07.10.2021	08.10.2021	Rozvodná síť	Potrubí	Lom	nevidováno
07.10.2021	08.10.2021	Přípojky	Armatury	Poškozená zemní souprava	PolyEtylén
12.10.2021	13.10.2021	Rozvodná síť	Potrubí	Lom	Litina
19.10.2021	20.10.2021	Rozvodná síť	Potrubí	Lom	Litina

Tabulka 6 - Evidence poruch ve zkoumaném tlakovém pásmu za rok 2021 (VODÁRNA PLZEŇ a.s. ©2022)

5.3 Zpracování dat

Data pro účely této práce byla poskytnuta společností Foxon s.r.o., která pro společnost Vodárna Plzeň a.s. zajišťuje sběr a archivaci dat z průtokoměrů, osazených na jednotlivých tlakových pásmech. Celkem byla poskytnuta data z 24 různých měřicích míst. Poskytnutá data obsahovala záznamy o průtoku, tlaku a objemu proteklé vody, a to v hodinovém kroku. Pro účely této práce bylo však dále pracováno pouze s daty, které zobrazují celkový objem vody, který natekl do jednotlivých tlakových pásem. Z těchto dat bylo po analýze jejich relevantnosti vybráno tlakové pásmo Újezd – Národní. Data obsahovala záznamy z 52, po sobě jdoucích dnů, konkrétně za časové období od 11.10. 2021 – 3.12.2021. Níže v této části jsou pak data interpretována a upravena tak, aby objem nateklé vody, odpovídal skutečnému množství, které bylo určeno ke spotřebě odběratelům. Od celkového objemu je tedy odečteno množství vody, které bylo ve vybraném časovém období spotřebováno při pravidelném odkalování vodovodní sítě nebo při odkalování po opravě vzniklých havárií.

Pro interpretaci dat je v tabulce č. 7 zobrazeno měření za 24 hodin. V případě této tabulky byl úmyslně vybrán časový úsek, ve kterém nebyla evidována žádná porucha na síti. Pro porovnání je pak v tabulce č. 8 zobrazeno měření ze dne, ve kterém byla porucha zjištěna. Rozdíl mezi těmito daty je pak na první pohled vidět v časných ranních hodinách, kdy by odběr vody ze sítě měl být téměř nulový. V den, kdy nebyla zaznamenána žádná porucha, byl celkový objem vody, který natekl do tlakového pásma 173 m³. Oproti tomu, v den, kdy porucha byla zaznamenána, činil tento objem 304 m³. Rozdíl je tak téměř dvojnásobný. Vzhledem k tomu, že jsou porovnávaná data naměřena v měsíci říjnu, lze téměř s jistotou vyloučit možnost, že by byl zvýšený noční odběr způsobený např. napouštěním bazénů.

Datum	Č. měřeného místa	objem [m ³]
16.10.2021 0:05	31474	278032
16.10.2021 1:05	31474	278034
16.10.2021 2:05	31474	278035
16.10.2021 3:05	31474	278036
16.10.2021 4:05	31474	278038
16.10.2021 5:05	31474	278042
16.10.2021 6:05	31474	278049
16.10.2021 7:06	31474	278060
16.10.2021 8:06	31474	278072
16.10.2021 9:06	31474	278084
16.10.2021 10:06	31474	278095
16.10.2021 11:06	31474	278106
16.10.2021 12:06	31474	278116
16.10.2021 13:06	31474	278124
16.10.2021 14:06	31474	278131
16.10.2021 15:06	31474	278139
16.10.2021 16:06	31474	278148
16.10.2021 17:06	31474	278158
16.10.2021 18:06	31474	278170
16.10.2021 19:06	31474	278178
16.10.2021 20:06	31474	278185
16.10.2021 21:06	31474	278194
16.10.2021 22:06	31474	278200
16.10.2021 23:06	31474	278203
17.10.2021 0:06	31474	278205

Tabulka 7 - Data naměřená průtokoměrem za 24 hodin (den bez poruchy) (Foxon s.r.o. ©2022)

Datum	Č. měřeného místa	objem [m ³]
12.10.2021 0:05	31474	277264
12.10.2021 1:05	31474	277275
12.10.2021 2:05	31474	277286
12.10.2021 3:05	31474	277299
12.10.2021 4:05	31474	277313
12.10.2021 5:05	31474	277330
12.10.2021 6:05	31474	277347
12.10.2021 7:05	31474	277364
12.10.2021 8:05	31474	277386
12.10.2021 9:05	31474	277407
12.10.2021 10:05	31474	277428
12.10.2021 11:05	31474	277447
12.10.2021 12:05	31474	277462
12.10.2021 13:05	31474	277478
12.10.2021 14:05	31474	277492
12.10.2021 15:05	31474	277499
12.10.2021 16:05	31474	277507
12.10.2021 17:05	31474	277518
12.10.2021 18:05	31474	277531
12.10.2021 19:05	31474	277543
12.10.2021 20:05	31474	277552
12.10.2021 21:05	31474	277559
12.10.2021 22:05	31474	277564
12.10.2021 23:05	31474	277567
13.10.2021 0:05	31474	277568

Tabulka 8 - Data naměřená průtokoměrem za 24 hodin (den s poruchou) (Foxon s.r.o. ©2022)

6. Výsledky

Následující tabulka zobrazuje počet dní, ve kterých byla data sbírána a objem vody, který za tuto dobu do tlakového pásma přitekł. Tyto data pak byla pomocí průměrného denního přítoku přepočítána na roční hodnotu objemu vody. Z evidence odkalování vodovodního potrubí bylo pak zjištěno, jaký objem vody byl za rok 2021 pro tyto účely spotřebován, a došlo k jeho odečtení od celkového množství vody, které přiteklo do tlakového pásma. Dalším údajem v tabulce je pak celkové množství vody, které bylo dodáno odběratelům v roce 2021. Data o celkové roční spotřebě odběrateli byla získána z aplikace is-USYS.net, kterou Vodárna Plzeň a.s. využívá ke správě odběrných míst a evidenci ročních, případně měsíčních odečtů z vodoměrů.

Újezd - Národní	
počet dní	53
nátok [m ³]	9151
nátok/den [m ³]	172,66
nátok/rok [m ³]	63021,04
odkalování/rok [m ³]	3511
nátok - odkalování [m ³]	59510,04
spotřeba/rok [m ³]	46 802
ztráty	21%

Tabulka 9 - Přehled vstupních parametrů a celkových ztrát vody

Jak lze z této tabulky vidět, rozdíl mezi vodou, která byla určena ke spotřebě odběratelům a kterou odběratelé skutečně spotřebovali je 12 708,04 m³, což odpovídá roční ztrátě vody přibližně 21 %. V přepočtu na základě aktuálního ceníku společnosti Vodárna Plzeň a.s., kdy cena vodného činí 57,52 Kč/m³ bez DPH, je tedy řeč o ročních ztrátách vody v hodnotě cca 730 966 Kč.

Jelikož bylo od celkového množství vody, které za rok 2021 nateklo do tlakového pásma odečteno veškeré množství vody, které bylo spotřebováno jak pro účely preventivního odkalování sítě, tak při odkalování po odstranění havárií, je tedy patrné, že tyto ztráty vody jsou způsobené skrytými úniky a množstvím vody, které se z vodovodní sítě ztratilo při vzniklých haváriích.

7. Návrh řešení

Vzhledem ke zjištění, že ztráty ve zkoumaném tlakovém pásmu Újezd – Národní, dosahují 21 %, je potřeba vytvořit návrh řešení, který povede k jejich snížení. Součástí tohoto návrhu musí být zapojení měřící skupiny, která s využitím moderních přístrojů prošetří zkoumanou oblast. Tento návrh by dále měl obsahovat možnosti monitoringu, pomocí kterých bude vybrané území sledováno a případné rozdíly v objemech vody hlášeny na dispečink. Ten by v takovém případě zahájil kroky, vedoucí k prošetření a případné opravě.

7.1 Konkrétní kroky ke snížení zjištěných ztrát

Prvním krokem pro odhalení skrytých úniků, a tím i ke snižování ztrát vody ve vodovodní síti by mělo být oslovení měřící skupiny, která disponuje technikou a potřebnými znalostmi v oblasti vyhledávání poruch, havárií a preventivní kontroly vodovodní sítě. Pracovníci měřící skupiny společnosti Vodárna Plzeň a.s. jsou pro

tyto účely vybaveny multikorelačními přístroji Enigma, Enigma 3M, systémem snímačů šumu Phocus 3, korelátoři Eureka 3+, Correlux C-3 a půdními mikrofony Hydrolux HL7000. Vhodné použití těchto přístrojů pak může vést k odhalení skrytých úniků. Vzhledem k tomu, že některé úseky vodovodního potrubí, zejména pak litinového, jsou staršího data (nejstarší 1965), bylo by v začátcích vyhledávání vhodné upřít pozornost právě tímto směrem.

Enigma je digitální multikorelační systém, který dokáže najednou zkorelovat až 2 km vodovodní sítě a odhalit i více poruch najednou. Mezi jeho hlavní výhody patří vysoký korelační výkon i v obtížných podmínkách a možnost využití i pro plastová potrubí. Hlavní využití těchto zařízení je pro efektivní správu rozsáhlejších vodovodních sítí, prevenci a lokalizaci složitých nebo malých poruch (Radeton ©2022).

Enigma 3M je automatický systém sledování vodovodní sítě. Jedná se o multikorelační systém, který v sobě kombinuje snímač šumů a korelaci, při zachování výkonu digitálního multikorelátoru Enigma. Zajímavou výhodou je u tohoto systému zobrazení lokalizované poruchy přímo v mapové aplikaci. Využití je možné jako permanentní instalace, např. v historických centrech měst nebo jako semi-permanentní instalace pro plošné snižování ztrát (Radeton ©2022).

Phocus 3 slouží k efektivnímu průzkumu rozsáhlých vodovodních sítí. Jedná se o inteligentní snímače šumu, které dokážou odhalit přítomnost poruchy na vodovodní síti. Ideální je tyto snímače nastavit na noční měření, kdy je největší klid a je tak snížena pravděpodobnost ovlivnění okolními šumy. Výhodou je bezdrátová komunikace, GPS a kapacita pro délku záznamu až 1 rok (Radeton ©2022).

Eureka 3+ a **Correlux C-3** jsou zařízení, které se skládají ze dvou vysílačů a vyhodnocovací jednotky. Tyto vysílače lze pak osadit přímo na potrubí nebo zemní soupravu armatur. Hlavní využití je pak pro přesné vyhledávání poruch na vodovodní síti (Radeton ©2022), (SebaKMT ©2020).

Půdní mikrofony **Hydrolux HL7000** slouží k dohledání přesného místa úniku vody z vodovodního potrubí. Součástí těchto zařízení je senzorová hůl, která je opatřena piezoelektrickým půdním mikrofonom, který má v sobě integrovaný předzesilovač, díky kterému jsou i extrémně nízké frekvence úniků čistě zesilovány. Součástí je dále intuitivní přijímač a bluetooth sluchátka (SebaKMT ©2020).

Postup hledání skrytých úniků pomocí výše zmíněných zařízení je následující:

- Rozdělení tlakového pásma na úseky, které budou postupně procházeny v závislosti na množství dostupné techniky.
- Osazení „válečků“ systému Phocus 3, postupně na celé zkoumané území a následné vyhodnocení naměřených dat.
- V úsecích potrubí, u kterých systém Phocus 3 odhalí přítomnost skrytých úniků, dojde následně k osazení systémů Enigma (Enigma 3M).
- Pokud tyto zařízení únik vody potvrdí nebo případně odhalí nový, bude dále za účelem ověření provedeno měření v terénu s využitím korelátorů Eureka 3+, případně Correlux C-3.
- V případě pochybností o přesném místě úniku, bude použit půdní mikrofón Hydrolux HL 7000, pomocí kterého bude toto místo jasně identifikováno.

Pokud by prošetření vodovodní sítě ukázalo na místa, kde se s vysokou pravděpodobností skrytý únik vyskytuje, bude o této skutečnosti informován mistr provozu, jehož kompetencí je oprava poruch. Ten následně zajistí potřebné kroky, vedoucí k odstranění příčiny skrytého úniku.

Mimo výše popsané kroky, které jsou nezbytné k odhalení již existujících skrytých úniků a na základě kterých lze konkrétní místo přesně identifikovat, musí být součástí návrhu také řešení, pomocí kterého bude tyto úniky možno včas rozpoznat a zabránit tak ztrátě většího množství vody. Výchozím bodem pro systém monitoringu může být projekt společnosti Vodárna Plzeň a.s. „SMART CITY“, který byl spuštěn v roce 2019. Cílem tohoto projektu je postupně osazovat na vodoměry odečtové hlavy, zajišťující dálkový odečet. Předchůdcem této myšlenky byl pilotní projekt z roku 2018, kdy bylo v rámci testování osazeno 500 ks těchto zařízení. K datu 31.12.2021 bylo tímto systémem odečtů osazeno již 4600 odběrných míst. Dálkový odečet je pak zajištěn pomocí IoT sítí, v tomto případě konkrétně pomocí sítě LoRa Plzeň. Tento systém dálkových odečtů je také plně kompatibilní se systémem is-USYS.net, který vodárna využívá ke správě odběrných míst.

Konkrétním krokem pro vytvoření systému monitoringu ve zkoumaném tlakovém pásmu je tedy osazení dálkově odečítaných hlav vodoměrů, u všech 364 odběrných míst, které jsou v této lokalitě evidovány. Data z těchto modulů jsou pak z důvodu prodloužení životnosti baterie nejčastěji odečítána na měsíční bázi. K odhalení případných výkyvů ve spotřebě vody, je tyto data nutno s něčím porovnat. K tomu bude sloužit již osazený průtokoměr na nátok do tlakového pásma, u kterého je však potřeba zajistit jeho bezproblémový chod. Jak samotná data, ze kterých bylo

vycházeno při tvorbě vlastní práce, ukazují, tak tento přístroj byl v provozu pouze po určité části roku. Je tedy potřeba zajistit včasnou výměnu baterií, ze kterých je napájen a průběžně kontrolovat, zda jsou data zaznamenávaná korektně. Cílem tohoto systému je pak porovnávat objemy vody, které byly zaznamenány průtokoměrem, s objemy vody, které odběratelé skutečně spotřebovali. Toto vyhodnocování by pak probíhalo vždy za uplynulý měsíc.

8. Diskuze

Jak lze vidět v části výsledků, vstupní data z průtokoměru byla tvořena záznamy z pouze 52 dnů. Aby bylo možné tyto data porovnat s daty, udávajícími celkovou roční spotřebu v tlakovém pásmu, bylo nutné je pomocí průměrného denního přítoku přepočítat na hodnoty roční. Je tedy možné, že výsledek tohoto porovnání může být zkreslený a nemusí odpovídat realitě. Součástí návrhu je tedy postup, který by do budoucna mohl zajistit získávání dat, které by pro účely srovnávání byly dostatečně relevantní. Zde však vyvstává otázka, zda je vytvoření tohoto systému pro odhalování skrytých úniků vody dostatečně výhodné z pohledu výše nutné investice jak do samotných zařízení, tak do činností spojených s jejich údržbou. V případě realizace tohoto návrhu by muselo dojít k důkladnému posouzení investice a její návratnosti. Alternativou k tomuto řešení by mohlo být využití, ve vodárenství stále častěji zmiňovaného, satelitního skenování.

K odhalení úniků vody je využívána technologie japonského vesmírného programu JAXA a družice ALOS-2, která monitoruje zemský povrch z výšky 628 km. Při přeletu nad zkoumanou oblastí dochází pomocí satelitu ke skenování terénu a díky umístěnému senzoru také k zachytávání vyslaných radarových impulzů. Takto vzniklé snímky jsou následně podrobeny radiometrické analýze a analýze, která je na základě obsahu minerálů schopna určit, zda se jedná o vodu odpadní, pitnou nebo povrchovou. Na základě elektrochemických změn je pak možno odhalit potencionální únik vody z vodovodní sítě, a to až do hloubky tři metry pod terénem (Kohoutová 2022).

Tato technologie je velice zajímavá a vodárny, které jí v České republice již využili, hlásí převážně pozitivní výsledky s poměrně krátkou dobou návratnosti investice. Při konkrétním návrhu systému, sledujícího skryté úniky vody by tedy bylo vhodné z investičního hlediska posoudit obě tyto varianty.

9. Závěr

Tato diplomová práce si kladla za cíl odhalení případných úniků vody z vodovodní sítě v tlakovém pásmu Újezd – Národní. Po porovnání získaných dat se ukázalo, že k nim v této lokalitě skutečně dochází. Z rozdílu mezi množstvím vody, které za rok 2021 do tlakového pásma nateklo, a které bylo za toto období skutečně spotřebováno odběrateli, vyplynuly ztráty vody, dosahující 21 %. Na toto zjištění navazuje popis jednotlivých kroků, kterými je možno tyto úniky odhalit. Dále je pak nastíněno, jakým způsobem by mohl být vytvořen systém, který by tuto lokalitu monitoroval a dokázal identifikovat případné úniky vody z vodovodního potrubí.

Jelikož je posuzované tlakové pásmo poměrně malé, alespoň co se týče počtu odběratelů, je tedy poměrně vhodné pro vytvoření pilotního projektu. Ten by pak zahrnoval konkrétní návrhy uvedené v této práci, zejména osazení dálkově odečítaných hlav vodoměrů a zajištění potřebné údržby průtokoměru, který se nachází na nátoku do tlakového pásma. Pokud by se na základě tohoto projektu podařilo snížit ztráty vody v takové míře, aby dával ekonomický smysl, mohl by se do budoucna stát podnětem k zavedení tohoto systému monitoringu i v ostatních částech vodovodní sítě.

Závěrem je potřeba říci, že „boj“ se ztrátami vody má mnoho rovin a nelze ho vyřešit pouze vytvořením, byť sebelepšího systému monitoringu. Potřeba je věnovat také dostatečnou pozornost dosluhujícím trubním materiálům, které je nutné v rámci obnovy vodovodní sítě měnit za nové, kvalitnější. Nutný je také proaktivní přístup měřicí skupiny, která disponuje potřebným vybavením a zkušenostmi s hledáním poruch. Limitujícím faktorem je však v této problematice potřeba značného množství finančních prostředků.

10. Seznam použitých zdrojů

DRASSLER J., HOLEČEK V., CHEJNOVSKÝ P., JIRSA V., KUBEŠ M., MÄRZ J., NEPOVÍM J., NOVÁK J., ONDROUŠEK J., PYTL V., RAUDOVÁ M., ČEJNOHA J. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, c2003. ISBN 80-238-9946-5.

Farley, M.; Trow, S. *Losses in Water Distribution Networks*; IWA publishing: London, UK, 2003; ISBN 1900222116.

GRÜNWARD A., MACEK L., ŠRYTR P., ČIHÁKOVÁ I. *Vodárenství*. Praha: Český svaz stavebních inženýrů, 1998. ISBN 9788090246072.

HUBAČÍKOVÁ Věra. *Vodní hospodářství*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-239-7.

CHEJNOVSKÝ, Pavel. *Zdravotní vodohospodářské stavby: akumulace vody – vodojemy*. Praha: Informatorium, 2011. ISBN isbn978-80-7333-089-7.

CHEJNOVSKÝ, Pavel. *Zdravotní vodohospodářské stavby: pro 3. ročník SOŠ stavebních*. Praha: Sobotáles, 2010. ISBN 978-80-86817-40-8.

KROČOVÁ, Šárka. *Provozování distribučních sítí pitných vod*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2004. ISBN 9788024806068.

KYNCL M., HEVIÁNKOVÁ S. *Udržitelné systémy veřejných vodovodů a veřejných kanalizací*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-799-9.

Radeton s.r.o. ©2022. *Katalog pomocníků pro správu vodovodní a kanalizační sítě*.

Rosegrant, M.W.; Cai, X.; Cline, S.A. *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*; Intl Food Policy Res Inst: Washington, DC, USA, 2002; ISBN 0896296466.

RYŠA, L'úbomír. *Straty vody vo vodovodných systémoch a spôsoby ich znižovania*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2004. ISBN isbn80-227-2206-5.

TUHOVČÁK L., ADLER P., KUČERA T., SVOBODA M., *Vodárenství: doprava vody*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební. Brno, 2006.

VODÁRNA PLZEŇ a.s. ©2017. *Plzeňský standard kanalizace – vodovod*.

VODÁRNA PLZEŇ a.s. ©2022. *Provozní řád vodovodní sítě města Plzně.*

Vodovody a kanalizace ČR. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, [2020]. ISBN 978-80-7434-627-9.

Zákon č. 274/2001 Sb. *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.*

Internetové zdroje:

Alegre, H.; Coelho, S.T. Infrastructure asset management of urban water systems. In *Water Supply System Analysis—Selected Topics*; Ostfeld, A., Ed.; InTech: Rijeka, Croatia, 2012; pp. 49–73. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z:

<https://books.google.cz/books?hl=en&lr=&id=HfqdDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA49&ots=HRDXr5ehAd&sig=NjdTYmLsOIQ-IsTmAZoY22a9wol&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false>

Data o celkové roční spotřebě ve vybraném tlakovém pásmu byla poskytnuta společností VODÁRNA PLZEŇ a.s. (www.vodarna.cz).

Data z průtokoměrů pro tvorbu vlastní práce byla poskytnuta společností Foxon s.r.o. (www.foxon.cz).

Grigg, N.S. Aging Water Distribution Systems: What Is Needed? *Public Work. Manag. Policy* 2017, 22, 18–23. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z:

<<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1087724X16668180?journalCode=pwma>>

HAWLE ©2022. *Motýlová uzavírací klapka.* (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <<https://www.hawle.cz/d/825408/uzaviraci-klapka-hawle>>.

HAWLE ©2022. *Nadzemní hydrant objezdový.* (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <<https://www.hawle.cz/d/820953/nadzemni-hydrant-duo-objezdovy-jednocinny>>.

HAWLE ©2022. *Podzemní hydrant plnopřítokový.* (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <<https://www.hawle.cz/d/820927/podzemni-hydrantd-plnoprutokovy>>.

HAWLE ©2022. *Šoupátko s krátkými přírubami.* (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <<https://www.hawle.cz/d/820423/e2-soupatko-s-prirubami-kratke>>.

HAWLE ©2022. *Šoupátko s přírubami*. (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <https://www.hawle.cz/d/820483/e3-soupatko-s-prirubami>.

KOBR J., KOLLER M., LOUDA J. *Nikdy nekončící boj se ztrátami vody*. (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z: https://www.sovak.cz/sites/default/files/2019-06/Sovak%200518_72.pdf.

KOHOUTOVÁ, Miroslava. *Satelit, který vyhledává vodu na Marsu, využívají česká města při úniku vody*. (online) [cit. 2022.03.27], dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-67034190-satelit-ktery-vyhledava-vodu-na-marsu-vyuzivaji-ceska-mesta-pri-uniku-vody>.

SebaKMT ©2020. *Korelátor Correlux c-3*. dostupné z: <https://www.sebakmt.com/cz/ctenar-portfolio/correlux-c-3-320.htm>.

Seznam.cz a.s. ©2022. (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z: www.mapy.cz

SOVAK ©2021. *Ztráty vody v České republice*. (online) [cit. 2022.03.17], dostupné z: <https://www.sovak.cz/cs/clanek/ztraty-vody-v-ceske-republice>.

UNESCO-IHP. Water in the Post-2015 Development Agenda and Sustainable Development Goals. IHP/SDG-WATER/1/2014. *Working Papers id:7841, eSocialSciences*. 2015. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z: <https://ideas.repec.org/s/ess/wpaper.html>.

Vlase S, Marin M, Scutaru ML, Scărlătescu DD, Csatlos C. Study on the Mechanical Responses of Plastic Pipes Made of High Density Polyethylene (HDPE) in Water Supply Network. *Applied Sciences*. 2020; 10(5):1658. (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app10051658>