



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ**

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

**HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU  
VODÁRENSKÉ INFRASTRUKTURY**

TECHNICAL ASSESSMENT OF WATER SUPPLY INFRASTRUCTURE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Lukáš Hos**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.**

**BRNO 2017**



## VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	B3607 Stavební inženýrství
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
PRACOVIŠTĚ	Ústav vodního hospodářství obcí

### ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT	Lukáš Hos
NÁZEV	Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	30. 11. 2016
DATUM ODEVZDÁNÍ	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

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

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

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. Majetková a provozní evidence vodovodů a kanalizací [online]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/majetkova-a-provoznievidence-vodovodu-a/vstupni-formulare-aplikace-vybranych.html>
- [2] TUHOVČÁK, Ladislav a Tomáš KUČERA. Technický audit vodárenských distribučních systémů [online]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1213058-Technicky-audit-vodarenskych-distribucnich.html>
- [3] TUHOVČÁK, Ladislav, Tomáš KUČERA, Miloslav TAUŠ a Miroslav MENŠÍK. Voda Zlín 2015: TEA Water. 2015. ISBN 978-80-905716-1-7.
- [4] TUHOVČÁK, Ladislav a Miloslav TAUŠ. Voda Zlín 2013: Hodnocení technického stavu vodovodů. 2013. ISBN 978-80-260-3739-2.
- [5] TUHOVČÁK, Ladislav, Tomáš SUCHÁČEK a Miloš TAUŠ. Metodika hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury. SOVAK. 2015(12).
- [6] KONEČNÝ, Pavel. Technický audit veřejného vodovodu. Brno, 2016. 71 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
- [7] [www.teawater.cz](http://www.teawater.cz)

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

Předmětem bakalářské práce bude testování metodiky technického auditu a softwarové aplikace TEA Water vybraných prvků vodárenské infrastruktury (přiváděcí řady, vodojemy, čerpací stanice, vodovodní síť, vodovodní řady) pro konkrétní systémy zásobování pitnou vodou. Budou zpracována data z majetkové a provozní evidence, stanoveny hodnoty příslušných ukazatelů a provedeno jejich vyhodnocení.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

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

.....  
**doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.**

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA**

### Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá hodnocením technického stavu vodárenské infrastruktury. První část práce je teoretická, popisuje legislativními požadavky na hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury, dále se zabývá metodami používanými v zahraničí. V další části práce je popsána metodika hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury v aplikaci TEA Water. Tato aplikace byla v praktické části práce využita pro hodnocení vodárenské infrastruktury. Nejprve bylo provedeno testování aplikace na fiktivním vodovodu a poté na vybraných objektech skutečného vodovodu.

### Klíčová slova

Technický stav, audit, vodovodní síť, zásobování vodou, ztráty vody

### Abstract

This bachelor's thesis is about condition assessment of water supply infrastructure. First part is about legislative demands on condition assessment and about methods used abroad to assess water supply infrastructure. Second part of this thesis is about application TEA Water. It is described how it works and it is used to condition assessment of fictional water supply infrastructure and chosen objects of real water supply infrastructure.

### Keywords

Technical condition assessment, audit, water network, water supply, water losses

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Lukáš Hos *Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury*. Brno, 2017. 77 s., 77 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

**Prohlášení:**

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

V Brně dne 26.5. 2017

.....  
podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji panu doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi CSc. za odborné vedení při psaní této bakalářské práce a za jeho cenné rady. Dále děkuji pracovníkům Vodárenské akciové společnosti, a. s. za umožnění osobní návštěvy vodárenských objektů a poskytnutí potřebných dat k vypracování práce, konkrétně Ing. Pavlu Svobodovi a Ing. Miroslavu Svobodovi.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Legislativní požadavky v ČR.....</b>	<b>8</b>
2.1.1	Zákon 274/2001 Sb.....	8
2.1.2	Vyhláška 428/2001 Sb.....	9
2.1.3	Majetková a provozní evidence .....	10
<b>2.2</b>	<b>Porovnání s legislativou ve Slovensku .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Současný stav v ČR.....</b>	<b>12</b>
2.3.1	Metodika společnosti DHI a. s.....	12
<b>2.4</b>	<b>Faktory mající vliv na technický stav, indikátory technického stavu.....</b>	<b>14</b>
2.4.1	Indikátory poškození .....	15
2.4.2	Interferenční indikátory .....	15
<b>2.5</b>	<b>Metody hodnocení technického stavu .....</b>	<b>16</b>
2.5.1	Metoda Echopulse .....	18
2.5.2	SmartBall .....	19
2.5.3	Sahara .....	19
<b>2.6</b>	<b>Současný stav v zahraničí .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>APLIKACE TEA WATER .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Moduly aplikace TEA Water .....</b>	<b>27</b>
3.1.1	Modul TEAM .....	27
3.1.2	Modul TEAA .....	27
3.1.3	Modul TEAP.....	29
3.1.4	Modul TEAN .....	30
3.1.5	Modul TEAS.....	30
<b>4</b>	<b>TESTOVÁNÍ APLIKACE NA FIKTIVNÍM VODOVODU .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Založení nového projektu .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Čerpací stanice .....</b>	<b>34</b>
4.2.1	Popis čerpací stanice.....	34
4.2.2	Hodnocení čerpací stanice .....	34
<b>4.3</b>	<b>Příváděcí řad.....</b>	<b>39</b>
4.3.1	Popis příváděcího řadu .....	39
4.3.2	Hodnocení příváděcího řadu .....	39

---

<b>4.4</b>	<b>Vodojem .....</b>	<b>41</b>
4.4.1	Popis vodojemu .....	41
4.4.2	Hodnocení vodojemu.....	42
<b>4.5</b>	<b>Tlakové pásmo .....</b>	<b>43</b>
4.5.1	Popis tlakového pásma .....	43
4.5.2	Hodnocení tlakového pásma .....	43
<b>4.6</b>	<b>Vodovodní řady .....</b>	<b>45</b>
4.6.1	Popis vodovodních řadů .....	45
4.6.1.1	Vodovodní řad 1.....	45
4.6.1.2	Vodovodní řad 2.....	45
4.6.1.3	Vodovodní řad 3.....	45
4.6.2	Hodnocení vodovodních řadů.....	46
4.6.2.1	Vodovodní řad 1.....	46
4.6.2.2	Vodovodní řad 2.....	47
4.6.2.3	Vodovodní řad 3.....	50
<b>4.7</b>	<b>Celkové hodnocení fiktivního vodovodu .....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>TESTOVÁNÍ APLIKACE NA SKUTEČNÉM VODOVODU .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Čerpací stanice Říčka.....</b>	<b>54</b>
5.1.1	Popis objektu .....	54
5.1.2	Hodnocení objektu.....	55
<b>5.2</b>	<b>Výtlačný řad na VDJ Ochoz u Brna .....</b>	<b>60</b>
5.2.1	Popis objektu .....	60
5.2.2	Hodnocení objektu.....	60
<b>5.3</b>	<b>Vodojem Ochoz u Brna.....</b>	<b>62</b>
5.3.1	Popis objektu .....	62
5.3.2	Hodnocení objektu.....	63
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>68</b>
<b>7</b>	<b>ZDROJE .....</b>	<b>70</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>72</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ .....</b>	<b>75</b>
	<b>SUMMARY .....</b>	<b>77</b>

# 1 ÚVOD

Výstavba vodovodních sítí a dodávka pitné vody obyvatelům je jedním ze základních znaků vyspělé a rozvinuté společnosti. V dnešní době považujeme pitnou vodu v každé domácnosti téměř za samozřejmost. Ve většině měst a obcí v České republice je již vodovodní síť vybudována. Český statistický úřad udává, že v roce 2015 bylo na vodovody pro veřejnou potřebu napojeno 94,2 % obyvatel ČR. Postavením a zprovozněním vodovodní sítě ovšem není problém zásobování pitnou vodou navždy vyřešen. Vodovodní síť, tak jako všechny ostatní stavby, stárne a je potřeba jí průběžně obnovovat a renovovat. [17]

Problému stárnutí vodovodní sítě se v minulosti nevěnovala příliš velká pozornost, to je dáno také tím, že velká část objektů vodovodní sítě je schovaná pod zemí a tím pádem není na první pohled vidět jejich špatný technický stav. V současnosti se začínají objevovat stále silnější tendence k systematickému přístupu k obnově a renovaci vodovodních sítí. Omezené finanční prostředky vlastníků vodárenské infrastruktury ovšem nutí k pečlivému výběru prvků vodovodu určených k obnově.

Z tohoto důvodu byla na Ústavu vodního hospodářství obcí na Fakultě stavební vyvinuta aplikace TEA Water, která umožňuje hodnocení všech základních objektů vodovodní sítě. Zhodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury umožní vlastníkům účelnější rozdělení finančních prostředků určených pro obnovu infrastruktury. Dalším cílem aplikace je sjednocení metod používaných k hodnocení technického stavu, což by umožnilo vzájemné porovnávání a vyhodnocování výsledků.

Bakalářská práce se zabývá testováním metodiky a aplikace TEA Water. Cílem práce je ověřit funkčnost aplikace a odhalení případných chyb a nedostatků.

## 2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

### 2.1 LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY V ČR

V současné době neexistuje v České Republice žádný legislativní podklad, který by přesně definoval, jakým způsobem má být hodnocen technický stav vodárenské infrastruktury. Existují však právní dokumenty, v nichž je pojem technický stav zmíněn.

#### 2.1.1 Zákon 274/2001 Sb.

Celým jménem Zákon 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Tento zákon se vztahuje na vodovody a kanalizace, pokud je trvale využívá alespoň 50 fyzických osob, nebo pokud průměrná denní produkce z ročního průměru pitné nebo odpadní vody za den je 10 m<sup>3</sup> a více a na každý vodovod nebo kanalizaci, která s nimi provozně souvisí.

Nevztahuje se na vodovody, které slouží k rozvodu jiné než pitné vody a na vodovody, na něž není připojen alespoň jeden odběratel. [1]

V § 8, odstavci 12 je uvedeno: „Vlastník vodovodu nebo kanalizace je povinen poskytnout na vyžádání ve lhůtě stanovené ve výzvě ministerstva údaje o technickém stavu jeho vodovodů nebo kanalizací.“ [1] Dále se v § 9, odstavci 12 říká: „Provozovatel je povinen poskytnout na vyžádání ve lhůtě výzvou stanovené ministerstvu údaje, které se týkají technického stavu vodovodu nebo kanalizace, které provozuje...“ [1].

Dále se zákon v § 37, odstavcích 1 až 7 zmiňuje o technickém auditu vodovodů a kanalizací jako o nástroji, kterým může Ministerstvo zemědělství kontrolovat technický stav vodovodů a kanalizací, oprávněnost vynaložených provozních nákladů, pořizovacích nákladů a nákladů navrhovaného rozvoje vodovodů a kanalizací. Technický audit může Ministerstvo zemědělství vyhlásit z vlastního podnětu nebo na základě podnětu obce, vlastníka či provozovatele vodovodu nebo kanalizace, vodoprávního úřadu, Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže nebo Ministerstva financí. Vlastník nebo provozovatel vodovodu nebo kanalizace je povinen poskytnout k provedení technického auditu potřebné údaje. Výsledkem technického auditu je zpráva se zjištěními a doporučeními ke zlepšení hospodárnosti provozu nebo rozvoje vodovodů a kanalizací. [1]

Z tohoto vyplývá, že Zákon 274/2001 zná pojem technický stav vodovodů, ale není zde přesně určeno, jakými údaji má být technický stav popsán a jak má být určován.

## 2.1.2 Vyhláška 428/2001 Sb.

Celým jménem Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Vyhláška v příloze 18 specifikuje požadavky na Plán financování obnovy vodovodů nebo kanalizací (PFOVK).

Povinnost vlastníků vodovodů a kanalizací zpracovávat a realizovat PFOVK vychází ze zákona 274/2001 Sb. § 8, odstavce 11. PFOVK musí být prováděn nejméně na 10 kalendářních let a každých 5 let je nutná jeho aktualizace.

Příloha 18 definuje potřebné údaje k PFOVK včetně následující tabulky a metodiky pro její vyplnění. Součástí tabulky je sloupec 4, ve kterém se hodnotí technický stav pomocí míry opotřebení vyjádřené v procentech.

Vyhláška vyplnění sloupce 4 definuje následovně: „Vlastník si podle vlastního uvážení, popřípadě metodiky stanoví hodnotu procenta opotřebení pro jednotlivé skupiny vybraných údajů majetkové evidence, popřípadě položky. Určení % za větší celky se provede váženým (podle ceny) průměrem. Způsob stanovení procent opotřebení se popíše v komentáři plánu. Procento je vyjádřením stavu, lze jej odvodit i z délky životnosti. Vyhodnocení je možné i jako výsledek odborného šetření míry opotřebení (zhoršení stavu).“ [2]

**Tabulka 2.1: Plán financování obnovy vodovodů nebo kanalizací [2]**

4. Tabulka plánu financování obnovy vodovodů nebo kanalizací:

Č.j.:

Razítko vlastníka a podpis statutárního zástupce:

Datum schválení:

Poř. č.	Majetek podle skupin pro vybrané údaje majetkové evidence	Hodnota majetku v reprodukční pořizovací ceně jako součet všech příslušných položek uvedených ve vybraných údajích majetkové evidence (VÚME) v mil.Kč na 2 desetinná místa	Vyhodnocení stavu majetku vyjádřené v % opotřebení	Teoretická doba akumulace Finančních prostředků v počtu roků	Délka potrubí v roce schválení plánu v km	Finanční prostředky zajišťované na obnovu* vodovodů a kanalizací v mil. Kč na 2 desetinná místa					
						2011	2012	2013	2014	2015	2016-2020
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Vodovody přiváděcí řady					+					
3	+ rozvodná vodovodní síť					++					
4	Úpravy vody				0	+					
5	+ zdroje bez úpravy					++					
6	Kanalizace, přiváděcí					+					
7	stoky+ stoková síť					++					
8	Čistírný odpadních vod				0	+					
9						++					
10	Vodovody celkem										
11	Kanalizace celkem										
12	CELKEM										
13	Celkem řádky 2, 4, 6, 8					+					
14	Celkem řádky 3, 5, 7, 9					++					

\* Obnova viz § 2 odst. 9 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu, ve znění pozdějších předpisů.

+ Finanční prostředky získané z vodného a stočného; v komentáři vlastník popíše zdroje této hodnoty (nájemné, odpisy účetní, opravy, popř. prostředky účelově určené pro obnovu tímto plánem).

++ Finanční prostředky ostatní - jedná se o jiné než získané z vodného a stočného; v komentáři vlastník popíše způsob členění a stanovení této hodnoty (např. dotace, zdroje z příjmů obcí, úvěry atd.).

V dalším sloupci se vyplňuje teoretická doba akumulace finančních prostředků v počtu roků. Ta se podle vyhlášky vypočítá podle vzorce:

$$TEORETICKÁ DOBA AKUMULACE = \frac{\text{ŽIVOTNOST}}{100} \cdot (100 - \text{OPOTŘEBENÍ V \%})$$

Výsledek se zaokrouhlí na celé roky. Doporučuje se uvažovat následující životnost: vodovodní řady příváděcí a vodovodní síť 80 let, úpravny vody, popřípadě zdroje 45 let, kanalizační síť 90 let, čistírny odpadních vod 40 let. [2]

Vzhledem k tomu, že není přesně určen postup, jak stanovit míru opotřebení majetku, mohou být výsledky PFOVK zkrácené a není možné je vzájemně objektivně porovnávat.

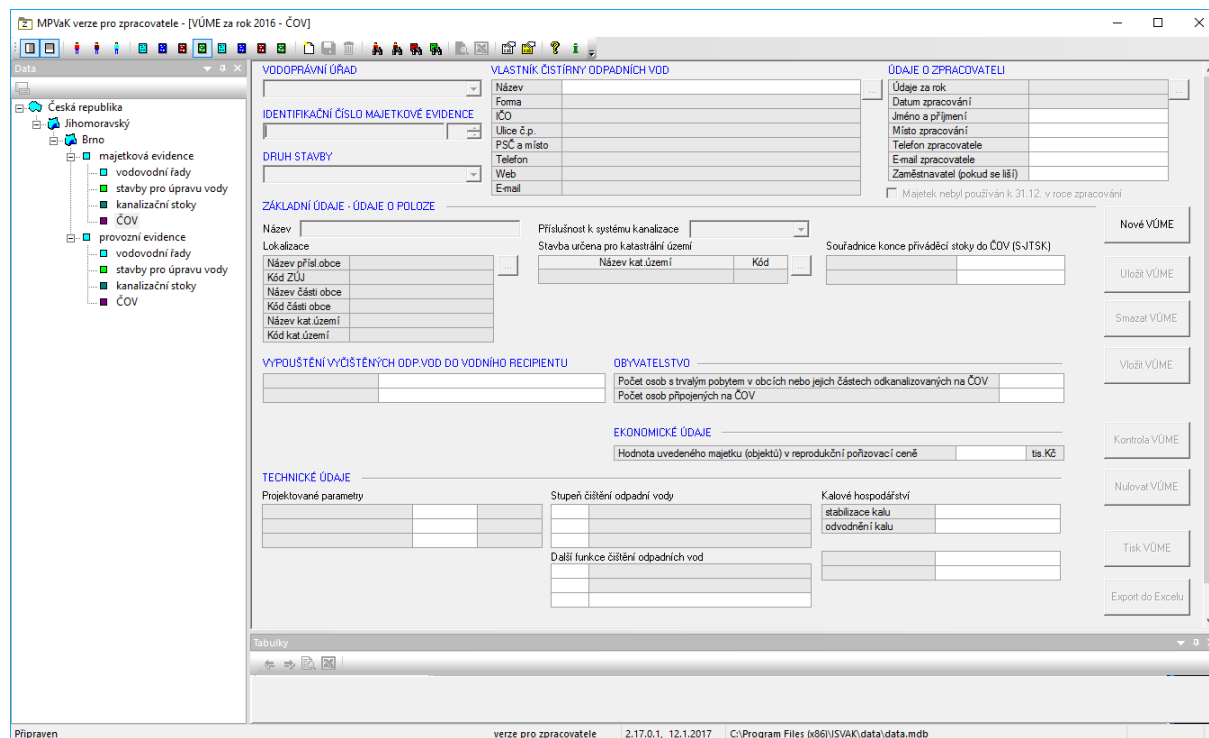
### 2.1.3 Majetková a provozní evidence

Vlastník vodovodů a kanalizací je podle zákona 274/2001 Sb. § 5 povinen na vlastní náklady zajistit průběžné vedení majetkové a provozní evidence svých vodovodů a kanalizací. Dále je vlastník povinen předávat vybrané údaje majetkové evidence (VÚME) a vybrané údaje provozní evidence (VÚPE) územně příslušnému vodoprávnímu úřadu v elektronické podobě a v předepsaném formátu do 28. února za předešlý rok. Vodoprávní úřad zpracuje obdržená data a do 31. března je předá Ministerstvu zemědělství k vedení ústřední evidence vybraných údajů o vodovodech a kanalizacích. [1]

VÚME a VÚPE se vykazují odděleně pro:

- Vodovodní řady
- Stavby pro úpravu vody
- Kanalizační stoky
- Čistírny odpadních vod

Požadovaný rozsah dat je uveden ve vyhlášce 428/2001 Sb. v přílohách 1 až 8. Ministerstvo zemědělství nechalo zpracovat aplikaci pro vyplnění vybraných údajů. Aplikace je zdarma ke stažení na webových stránkách ministerstva a je k dispozici ve dvou verzích – pro zpracovatele a pro vodoprávní úřady.



Obrázek 2.1: Ukázka pracovního prostředí aplikace MPVaK

Součástí aplikace pro zpracovatele je uživatelská příručka s návodem na ovládání aplikace a s návodem na předání dat vodoprávním úřadům.

Program „MPVaK – vybrané údaje majetkové a provozní evidence“ byl vytvořen pro uživatelské prostředí MS Windows XP a vyšší. Program nemá zvláštní nároky na hardwarové vybavení. [3]

## 2.2 POROVNÁNÍ S LEGISLATIVOU VE SLOVENSKU

Podobně jako v České republice jsou ve Slovensku práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů vodovodů a kanalizací definovaná zákonem. Jedná se o zákon č. 442/2002 Z. z.; o veřejných vodovodech a veřejných kanalizacích. Podle paragrafu 15, odstavce tohoto zákona je vlastník veřejného vodovodu povinen vypracovat Plán obnovy veřejného vodovodu na minimálně 10 let. [6]

Na rozdíl od České republiky je ve Slovensku Plán obnovy definován samostatnou vyhláškou Ministerstva životního prostředí a to vyhláškou č. 262/2010 Z. z. Součástí vyhlášky je i metodika na hodnocení technického stavu infrastruktury. V příloze 2 vyhlášky jsou uvedeny hodnoty základních technických ukazatelů a jejich zařazení. Hodnotí se 4 technické ukazatele: stáří objektu, poruchovost, využití stávající kapacity a soulad s právní úpravou/povolením. [7]

**Tabulka 2.2: Ukázka hodnocení – zařazení objektů podle věku [7]**

Odhadnutý průměrný věk objektu	Trieda	Charakterizácia (popis) stavu majetku	Hodnota v príslušnej triede
Do $\leq 0,40$ hodnoty životnosti uvedenej pre príslušný objekt v tab. 3	T1	vyhovujúca hodnota veku objektu, ktorá nevyžaduje žiadne opatrenia v rámci obnovy	1
Od $> 0,40$ do $\leq 0,70$ hodnoty životnosti uvedenej pre príslušný objekt v tab. 3	T2	príemerné hodnoty veku objektu, ktoré nevyžadujú okamžité riešenie (potenciálne je potrebné uvažovať s obnovou)	2
Od $> 0,70$ do $\leq 0,90$ hodnoty životnosti uvedenej pre príslušný objekt v tab. 3	T3	hodnoty veku objektu, ktoré indikujú potrebu previerky technického stavu objektu, a v prípade, že je nevyhovujúci, potrebu realizácie obnovy (treba plánovať obnovu)	3
Od $> 0,90$ hodnoty životnosti uvedenej pre príslušný objekt v tab. 3	T4	vysoký vek objektu, ktorý indikuje prioritnú potrebu previerky technického stavu objektu, a v prípade, že je nevyhovujúci, realizáciu obnovy, nakoľko sú ohrozené jeho základné funkcie a predstavuje zvýšené riziko	4

Vzhľadom k presne stanoveným kritériám hodnocení technického stavu je značne omezeno jeho subjektívni ovlivnění. Výsledky plánu obnovy tak lze mezi sebou jednodušeji srovnávat a systematicky vyhodnocovat.

## 2.3 SOUČASNÝ STAV V ČR

Směrodatná a zákonem ustanovená metodika pro hodnocení technického stavu vodovodů, kterou by se mohli vlastníci (provozovatelé) vodovodů řídit, v současné době v České republice neexistuje. Vypracování metodiky pro hodnocení technického stavu vodovodů tedy zůstává na vlastníci vodovodů. Vlastníci větších infrastruktur vodovodů mají ve většině případů vypracovanou dostatečně detailní metodiku pro hodnocení vodovodů. Problém ovšem nastává u vlastníků menších lokálních vodovodů. Zde si metodiku vytvářejí sami na základě zkušeností a znalostí, které získali pracovníci vodovodu jeho provozováním. Nedostatečně zpracovaná metodika má za následek i nepřesné výsledné hodnocení technického stavu vodovodu. V některých případech nemají dokonce vlastníci vodovodu metodiku vypracovanou vůbec. [4]

### 2.3.1 Metodika společnosti DHI a. s.

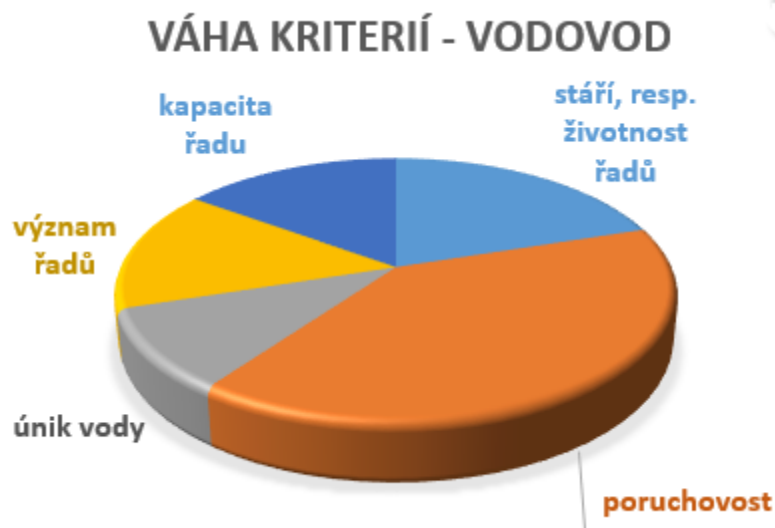
Jednou z používaných metodik k optimalizaci plánu obnovy vodovodních a kanalizačních sítí je metodika zpracovaná společností DHI a. s. Tato metodika byla použita v Praze a v nejvýznamnějších městech spravovaných SVS a.s. a provozovaných SČVK a.s., kde je plán obnovy součástí každého generelu zásobování vodou. V Olomouci byl zpracován rozsáhlý projekt Generelu vodohospodářské infrastruktury, jehož součástí byl i plán obnovy vodovodů a kanalizace. Plán obnovy kanalizační sítě byl zpracován v Mariánských Lázních a dále byl tímto způsobem zpracován projekt obnovy kanalizační a vodovodní sítě v Táboře. [5]

Součástí je i metodika pro vyhodnocení technického stavu vodovodní a kanalizační sítě. Obecný postup vyhodnocení technického stavu vodovodní a kanalizační sítě a následného

plánování obnovy sítě je založen na multikriteriálním vyhodnocení zvolených parametrů. Metodika pracuje s jednotlivými konkrétními technickými ukazateli (TU), jimž je vždy přiřazena váha ukazatele dle jeho významu pro technický stav sítě a plánování rekonstrukcí. Příklad rozdělení váhy kritérií technického stavu vodovodní sítě je uveden na následujícím obrázku. Základní technické ukazatele jsou:

- Poruchovost
- Stáří, respektive životnost řadu
- Kapacita řadu
- Význam řadu
- Únik vody

Výběr dalších použitých technických ukazatelů vychází vždy z místních zkušeností a priorit. Lze například jmenovat inkrustaci, provozní rizika, obtížnost provádění oprav, rizikovou analýzu provedenou v modelu sítě, přetížení vodovodních řadů atd. Velice často se v hodnocení používá i kritérium koordinace s jinými liniovými stavbami. [5]



Obrázek 2.2: Kritéria a jejich váha pro hodnocení stavu vodovodu [5]

Výsledkem analýzy technických ukazatelů je celkový počet vážených bodů, maximální počet je obvykle 1 000. Na základě těchto celkových vážených bodů je určen stupeň priority, určující časový požadavek na investice nebo opravy vodovodní sítě. Hraniční limit pro zařazení segmentu sítě do plánu investic je obvykle překročení hodnoty 550 až 610 bodů. Základní technické ukazatele pro hodnocení jsou určovány na základě podkladů GIS (stáří řadu, materiál řadu, poruchovost atd.). Provozní vstupy (poruchovost, výsledky kamerových prohlídek kanalizace apod.) jsou získávány z databáze technickoprovozní evidence. [5]

Výsledky hodnocení technického stavu se zpracovávají pomocí softwarových aplikací, kterými lze systém hodnocení technického stavu vodohospodářské infrastruktury a tvorbu plánu obnovy efektivně používat jako nástroj soustavného sledování stavu sítí a jako součást kontinuálního uceleného řešení koncepce rozvoje území. [5]

## 2.4 FAKTORY MAJÍCÍ VLIV NA TECHNICKÝ STAV, INDIKÁTORY TECHNICKÉHO STAVU

Technický stav potrubí je ovlivněn mnoha vnějšími a vnitřními vlivy (faktory). Al-Barqawi a Zayed rozdělili tyto faktory do tří kategorií: fyzikální, enviromentální (týkající se prostředí) a provozní. Přehled jednotlivých faktorů je uveden v následující tabulce.

Tabulka 2.3: Rozdělení faktorů majících vliv na potrubí do kategorií [8]

Fyzické faktory	Enviromentální faktory	Provozní faktory
Stáří potrubí	Podsyp, obsyp a zásyp potrubí	Tlak vody a jeho kolísání
Materiál potrubí	Druh půdy	Úniky vody
Tloušťka stěny potrubí	Hladina podzemní vody	Kvalita vody
Průměr potrubí	Podnebí	Rychlost proudění
Typy spojů	Umístění potrubí	Provoz a údržba potrubí
Opěrné a kotevní bloky	Bludné proudy	
Uložení potrubí	Seismická aktivita	
Vystýlka a nátěr potrubí		

Faktory v prvních dvou kategoriích lze ještě rozdělit na statické a dynamické (závislé na čase). Statické faktory zahrnují materiál a rozměry potrubí, zatímco do dynamických patří podnebí, stáří potrubí, seismická aktivita apod. Provozní faktory patří mezi dynamické.

Spousta faktorů z předchozí tabulky není snadno měřitelná a hodnotitelná. Navíc kvantitativní vztah mezi daným faktorem a poškozením potrubí není často plně pochopen. V důsledku toho současné postupy pro hodnocení technického stavu potrubí používají dva druhy indikátorů – indikátory poškození a interferenční indikátory. [9]

### 2.4.1 Indikátory poškození

Rajani a kol. definovali indikátory poškození jako pozorovatelné/měřitelné fyzikální procesy stárnutí a opotřebovovacích procesů. Indikátory poškození jsou výsledkem některých nebo všech výše vypsanych faktorů. Každý indikátor poškození poskytuje částečný důkaz o stavu specifické části potrubí. Rajani a kol. definovali indikátory poškození pro jednotlivé nejčastější materiály vodovodního potrubí. V následující tabulce jsou uvedené indikátory pro PVC potrubí. [9]

**Tabulka 2.4: Indikátory poškození pro PVC potrubí [9]**

Kategorie	Indikátor poškození	Komentář
Vnější povrch potrubí	Zbývající tloušťka stěny	Dutiny nebo nevyplněné vzduchové bubliny vzniklé během výroby (a nezjištěné během pokládky) mohou být významné velikosti v PVC potrubí.
	Typ rýh v potrubí	Podélné rýhy vznikají kvůli nevhodnému a hrubému zacházení. Kruhové rýhy se mohou tvořit, pokud dochází ke zvedání potrubí ostrými předměty (např. řetězy)
	Hloubka rýh v potrubí	Vznik únavových poškození je pravděpodobný u hlubokých rýh, především pokud dosáhnou 10 % původní tloušťky stěny.
Provedení napojení	Trhlina v napojení	Nedostatečně provedené napojení a nízká tloušťka stěny mohou vést k trhlinám na PVC potrubí. Trhliny vznikají většinou na vnitřní straně potrubí.
Spoje	Změna v zarovnání	Změny v zarovnání spoje (rotace) naznačují, že je potrubí citlivé na otřesy půdy. Velké změny mohou vést k únikům vody.
	Posun spoje	Posun spoje indikuje, že na potrubí působí další vnější síly.

### 2.4.2 Interferenční indikátory

Interferenční indikátory neposkytují přímý důkaz o opotřebení, ale naznačují jeho potenciál. Mezi interferenční indikátory patří mnoho environmentálních faktorů (například druh půdy, kolísání hladiny podzemní vody...). Tyto indikátory bývají obvykle jednodušší a levnější rozeznatelné, protože mohou být získány nedestruktivními metodami. Kvůli tomu jsou často používány pro předběžné hodnocení technického stavu potrubí.

Jako interferenční indikátor lze v určitém kontextu vnímat i stáří potrubí. Nicméně stáří potrubí je ve své podstatě pouze vystavení potrubí svému okolí a provozním podmínkám (tj. ostatním interferenčním indikátorům), a proto se neobjevuje jako samostatný indikátor v následující tabulce.

Rajani a kol. definovali interferenční indikátory pro jednotlivé nejčastější materiály vodovodního potrubí. V následující tabulce jsou uvedené indikátory pro PVC potrubí. [9]

**Tabulka 2.5: Interferenční indikátory pro PVC potrubí [9]**

<b>Kategorie</b>	<b>Indikátor poškození</b>	<b>Komentář</b>
Vlastnosti potrubí	Druh materiálu, historické standardy a instalační postupy	Poškození potrubí se může vztahovat na určitý výrobní proces a na postup při pokládce potrubí.
Tlak vody	Provozní tlak	Čím vyšší je tlak vody v potrubí, tím vyšší je riziko poškození.
	Změna provozního tlaku	Veliké změny tlaku mohou způsobovat vyšší riziko poškození
	Frekvence změn tlaku	Časté změny tlaku mohou vést k únavovým poruchám materiálu, především pokud se na potrubí nachází rýhy a drážky.
Umístění	Plošné zatížení – druh dopravy	Vysoké plošné zatížení zvyšuje riziko poškození potrubí, především pokud se na potrubí nachází rýhy a drážky.
Půda	Uhlovodíky	PVC potrubí je nepropustné pro podzemní vody znečištěné vysokooktanovým benzinem a naftou až na 2 roky.
	Citlivost na zamrzání	PVC potrubí není navrženo na zamrzání. Pokud existují podmínky k zamrzání velmi se zvyšuje riziko poškození potrubí.

## 2.5 METODY HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU

Metody pro hodnocení technického stavu lze rozdělit do dvou základních kategorií podle provádění na metody destruktivní a nedestruktivní. Destruktivní testování technického stavu potrubí zahrnuje vyjmutí vzorku k analýze (např. tloušťky stěny, pevnosti nebo poškození). Destruktivními metodami se tato práce nezabývá. Nedestruktivní testování (NDT)

zahrnuje přímé vizuální pozorování (např. trhliny, korozní důlky nebo poškození), stejně jako technologie, které poskytují signály, které jsou použity pro určení výše zmíněných indikátorů poškození. [9]

Metody nedestruktivního testování lze dále rozdělit podle technologie, kterou jsou prováděny. Základní rozdělení je do následujících kategorií:

- Vizuální kontrola
- Elektromagnetické metody
- Akustické metody
- Radiografické metody
- Termografické metody
- Senzorové technologie
- ...

Ke každé kategorii existuje řada dostupných technologií. Ne každá metoda je však vhodná k použití na všechny typy vodovodního potrubí. Stručný přehled vhodnosti použití je uveden v následující tabulce.

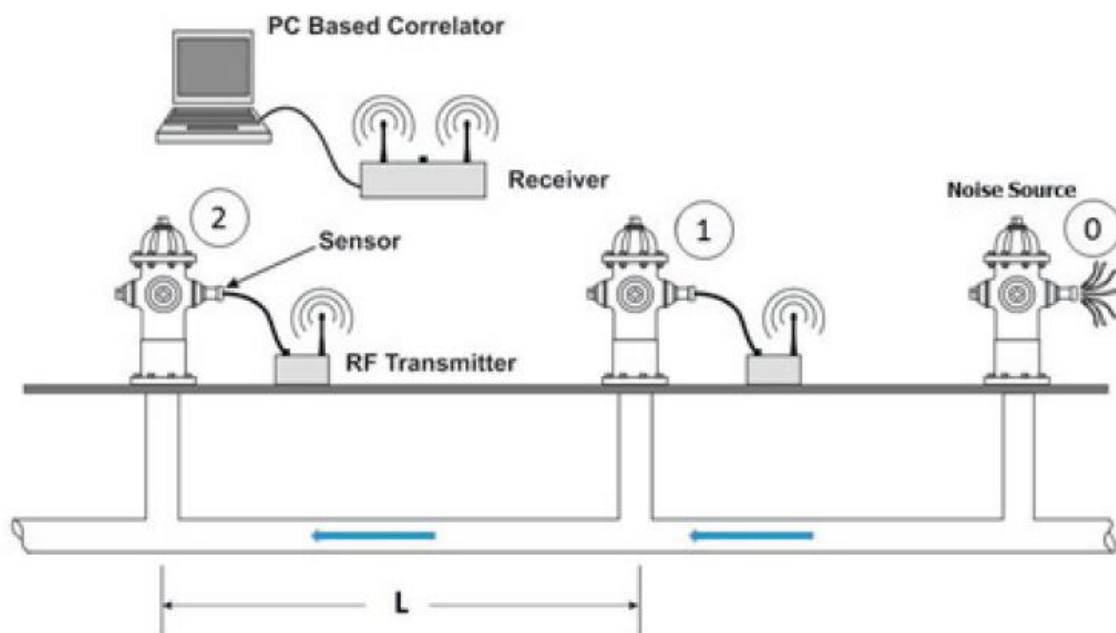
**Tabulka 2.6: Vhodnost použití technologie podle druhu potrubí [9]**

Technologie/Metoda	Kovová potrubí			Betonová potrubí		Plastová potrubí		
	GG	GGG	OC	ŽB	AC	GPR	PVC	PE
Měření odchylek materiálu		✓			-		-	
Vizuální kontrola		✓			✓		?	
Elektromagnetická metoda		✓			✓		-	
Akustická metoda		✓			✓		✓	
Ultrazvuková metoda		✓			-		?	
Radiodetekce		✓			-		-	
Radiografická metoda		✓			-		-	
Termografická metoda		✓			-		-	
Hodnocení stavu potrubí podle vlastností zeminy		✓			?		?	
Senzorové technologie		✓			✓		?	

V následující části práce jsou stručně popsány některé vybrané z těchto technologií.

## 2.5.1 Metoda Echopulse

Metoda Echopulse patří mezi akustické metody. Je vhodná pro kovová a betonová potrubí. Pomocí této metody se určuje stávající tloušťka potrubí a případné úniky vody. Metoda je založena na snímání vlastností zvukových vln a jejich vyhodnocování. Schéma metody je zobrazeno na následujícím obrázku.



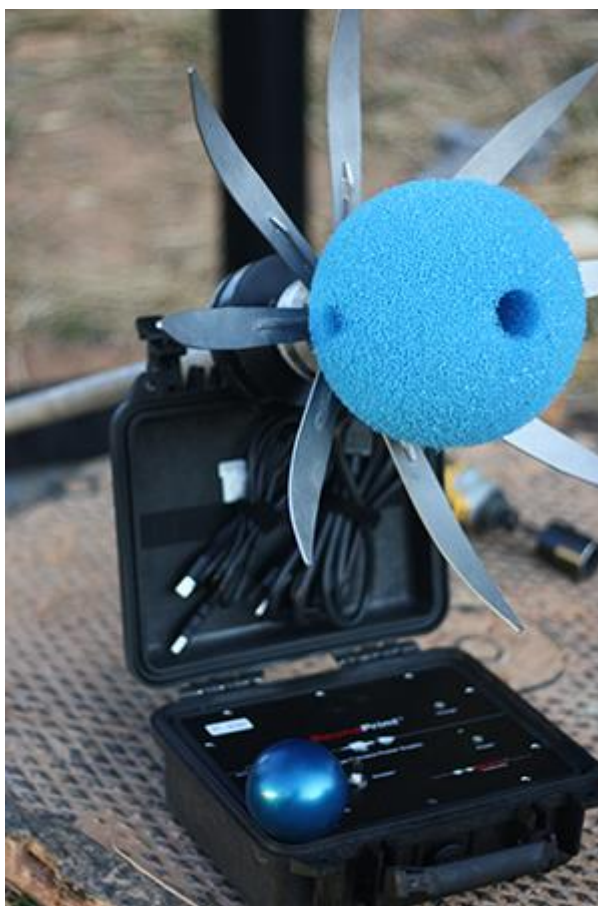
Obrázek 2.3: Schéma metody Echopulse [10]

Bod 0 je zdroj zvuku (například proplachování hydrantu nebo bouchání kladivem). Hodnocený úsek potrubí se nachází mezi body 1 a 2. Vzdálenost  $L$  se doporučuje zhruba 90 m. V bodech 1 a 2 jsou umístěny senzory, které snímají zvukovou vlnu šířící se potrubím. Na základě změn vlastností vlny mezi bodem 1 a 2 se vyhodnotí zkoumaný úsek.

Metoda byla v roce 2012 testována několika vodárenskými společnostmi v Nizozemí. Vodárenské společnosti se shodli, že vyhodnocování stavu potrubí pomocí metody Echopulse je snadno proveditelné a podává spolehlivé výsledky. Rychlost testování byla zhruba 1 km potrubí za den. S narůstajícími zkušenostmi testujících pracovníků se dá očekávat nárůst rychlosti až na 1,5 km za den. [10]

## 2.5.2 SmartBall

SmartBall je zařízení určené pro odhalení úniků a vzduchových kapes v potrubí. Zařízení se za běžného provozu umístí do potrubí a nechá se unášet proudící vodou. Cestou potrubím dochází pomocí senzorů umístěných uvnitř zařízení k analýze potrubí. Zařízení zároveň vysílá signál o svojí poloze, takže dokáže detekovat místo úniku vody nebo vzduchové kapsy s přesností na 1 m.



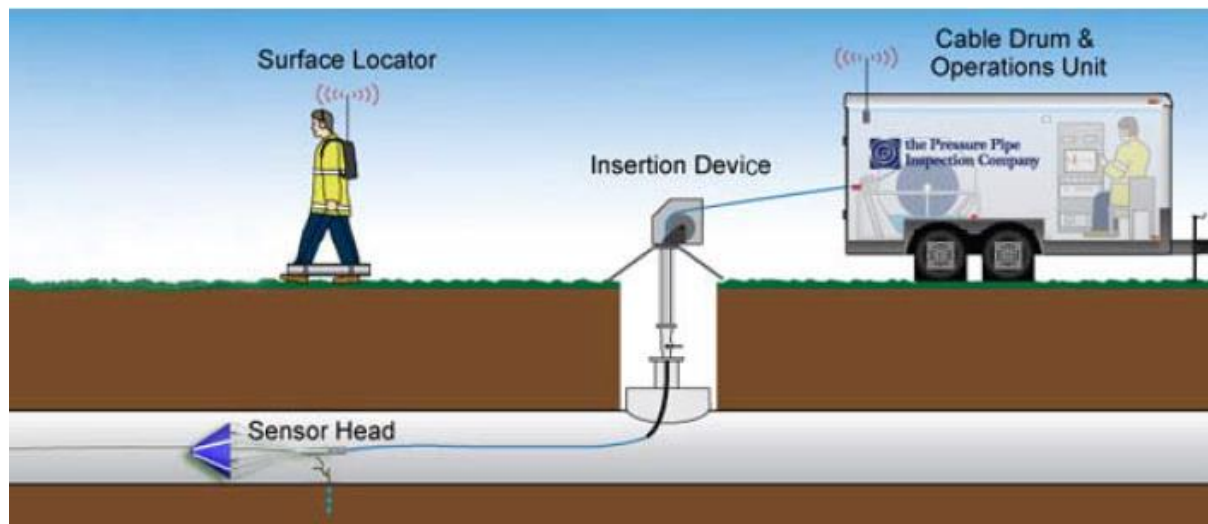
Obrázek 2.4: Zařízení SmartBall [11]

Mezi největší výhody zařízení patří všestrannost jeho použití. Zařízení se dá použít na libovolný materiál potrubí a střední a velké profily. Další výhodou je možnost hodnotit dlouhé úseky na jedno nasazení zařízení. Dosud nejdelší provedený průzkum byl na úseku potrubí dlouhém 25 km. [11]

## 2.5.3 Sahara

Sahara je zařízení, které se spouští do vodovodního potrubí na speciálním kabelu. Slouží k akustickému zjišťování úniků a vzduchových kapes. Zároveň zařízení pořizují kamerový záznam potrubí. Pohyb zařízení potrubím je zapříčiněn proudem vody, ale pracovník

provádějící průzkum má rovněž možnost pohyb zařízení zpomalit nebo zastavit pomocí kabelu. Zařízení zároveň vysílá signál o svojí poloze, takže dokáže detekovat místo úniku vody nebo vzduchové kapsy s přesností na 0,5 m.



Obrázek 2.5: Schéma zařízení Sahara [12]

Jako největší výhody zařízení uvádí výrobce vysokou citlivost na zjišťování úniků, možnost použití i pro malé profily vodovodního potrubí a možnost regulovat pohyb zařízení v potrubí. [12]

## 2.6 SOUČASNÝ STAV V ZAHRANIČÍ

Ačkoliv během posledních 20 let téma hodnocení technického stavu všeobecně zaznamenává vzrůstající zájem, není zcela jasné, jaké metody hodnocení technického stavu vodárenské společnosti používají, ani jaká je četnost jejich používání. Některé průzkumy naznačují, že mnohé středně velké a velké vodárenské společnosti přijaly jistou formu hodnocení technického stavu potrubí a s tím související procesy obnovy sítě. Tyto technologie byly buď vyvinuty samotnými společnostmi, převzaty z odborné literatury nebo vznikly vzájemnou kombinací obojího. Mnohé vodárenské společnosti používají jistou formu kontroly stavu potrubí, která zahrnuje vizuální, nedestruktivní nebo destruktivní techniky (destruktivní techniky bývají používány především pro velké přivaděče).

Informace o malých vodárenských společnostech jsou mizivé. Thomson a Wang (2009) uvádějí řadu překážek pro efektivní použití metod hodnocení technického stavu. Například: nedostatek údajů pro srovnání výsledků, vysoké náklady na provedení, nedostatek důvěry v existující technologie, nízká úroveň odborných znalostí potřebná pro provádění složitějších metod atd.

V letech 2006-2009 byly provedeny dva průzkumy v USA, Kanadě a Austrálii, které si kladly za cíl zjistit, jakou metodiku na hodnocení technického stavu vodárenské společnosti používají. První byl anonymní průzkum provedený NRC (Národní výzkumná rada USA). Anonymní dotazník byl zaslán deseti vodárenským společnostem a zpět se vrátilo pět vyplněných odpovědí. Druhý průzkum byl proveden společností Virginia Tech. V tomto průzkumu bylo osloveno devět konkrétních vodárenských společností. Shrnutí obou průzkumů je uvedeno v následujících tabulkách. [9]

**Tabulka 2.7: Anonymní průzkum provedený NRC USA [9]**

Společnost	Materiál potrubí	Použití NDT	V současnosti používané NDT	Míle prozkoumaného potrubí	Četnost inspekce	Využití dat	Provádění inspekce
A	ŽB	Ano	Akustické metody, detekce úniků	5-8 mil/rok	8 % potrubí za 3 roky	Hodnocení zbývajících tuhostí potrubí	třetí strana
B	GG	Ano	Hydroskop	50 mil	-	Určení priorit potrubí pro obnovu	třetí strana
C	ŽB, OC	Ano	SmartBall	pár mil	14 let	Určení strategie obnovy a opravy	třetí strana
D	ŽB, GGG	Ano	Akustické metody	stovky mil	2.5 míle/rok	Provádění analýzy rizik a strategie obnovy	třetí strana/vlastní pracovníci
E	GG, GGG, ŽB	Ano	Hydroskop	3 míle ŽB, 70 mil GG a GGG	-	Použití dat pro CAD/GIS pro vytváření strategie obnovy	dodavatelé

Tabulka 2.8: Průzkum provedený společnostmi Virginia Tech [9]

Společnost	Metoda inspekce	Modely
EPCOR Water Services, Inc	Program katodické ochrany, Monitoring úniků vody, Hydroskop, Program výměny ventilů a hydrantů	1. Reaktivní přístup k obnově
		2. Proaktivní přístup k obnově
		3. Hydraulický model
Las Vegas Valley Water District	Program katodické ochrany, Smartball, metoda Echologiscs, Sahara	1. CARE-W
		2. LEYP
Newport News Watertworks	Monitoring koroze a Hazen-Williams C-Faktor testování	1. Dlouhodobá ekonomická předpověď
		2. Prioritní výběr potrubí k obnově
		3. Hydraulický model
Seattle Public Utilities	Prohlídky venkovních potrubních systémů	1. Dlouhodobá ekonomická předpověď
		2. Model obnovy vodovodních řadů
Washington Suburban Sanitary Commission	Sahara, SmartBall, LeakFinder, Akustické metody, metoda Echologiscs	1. KANEW
		2. Prioritní výběr potrubí k obnově
City of Hamilton Public Works Department	-	1. Model hodnocení Hansen
Louisville Water Company	-	1. Bodový systém hodnocení
Philadelphia Water Department	-	1. Bodový systém hodnocení

Z uvedených tabulek vyplývá, že každá oslovená společnost má metodiku na hodnocení technického stavu. Druh metodiky se liší téměř s každou společností. Tři společnosti neuvedly konkrétní metodu hodnocení technického stavu, ale vzhledem k tomu, že zpracovávají modely na obnovu infrastruktury, se dá předpokládat, že nějakou metodu používají.

Průzkum byl zaměřen pouze na velké vodárenské společnosti, takže nepodává obraz o současném stavu v malých vodárenských společnostech. Také počet oslovených společností je relativně nízký, a tak průzkumy nemusí mít zcela objektivní vypovídající hodnotu.

### 3 APLIKACE TEA WATER

Aplikace TEA Water (TEchnical Audit of Water Distribution Systém) byla vyvinuta na UVHO v rámci výzkumných projektů. Aplikace je dostupná na webových stránkách [www.teawater.cz](http://www.teawater.cz).

Metodika aplikace TEA Water vychází z obecné metody FMEA. Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je metodou analýzy spolehlivosti, která umožňuje semi-kvantitativní hodnocení poruch s významnými důsledky ovlivňujícími funkci systému a jeho prvků. Pro hodnocení vodovodů metodou FMEA je nutno stanovit konkrétní technické ukazatele (TU) pro jednotlivé části a objekty zásobování pitnou vodou. Pro každý technický ukazatel se následně definují způsoby jeho stanovení, potřebná vstupní data, fyzikální rozměr a způsob hodnocení a prezentace. [13]

Aby bylo možno posuzovat jednotlivé části a objekty vodárenských systému, je metodika rozdělena na následující samostatné moduly:

<b>TEAR</b>	• Vodní zdroje
<b>TEAT</b>	• Úpravny vody
<b>TEAM</b>	• Příváděcí řady
<b>TEAA</b>	• Vodojemy
<b>TEAP</b>	• Čerpací stanice
<b>TEAN</b>	• Vodovodní síť
<b>TEAS</b>	• Vodovodní řady

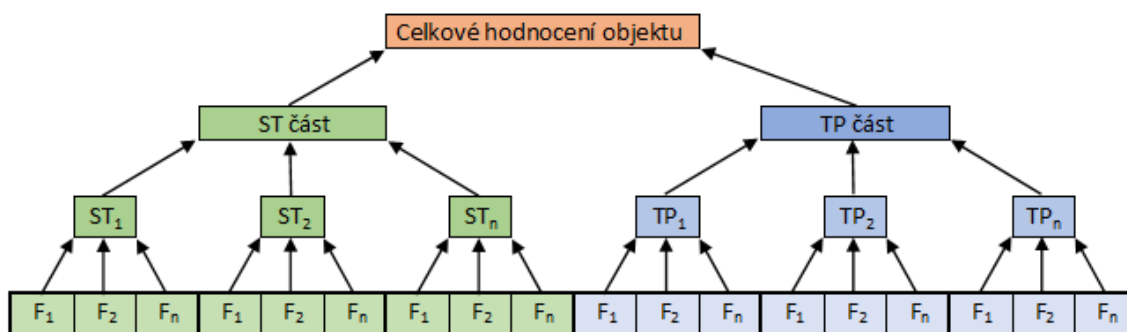
Obrázek 3.1: Moduly TEA Water [14]

Oproti standardní metodě FMEA je navrhovaná metodika rozšířena o další úroveň – faktory (F). Technické ukazatele se zde nehodnotí přímo, ale pro jejich ohodnocení se využívá sada navržených faktorů pro každý jednotlivý technický ukazatel. Pro každý faktor je navržen jednotný čtyřbodový systém hodnocení se specifikací a doporučením pro konkrétní bodové hodnocení každého faktoru. Každému faktoru je navíc stanovena jeho váha v rámci hodnocení příslušného ukazatele. [13]

Bodové hodnocení faktorů je následující:

- 0 – faktor není hodnocen, není dostatek informací pro hodnocení tohoto faktoru
- 1,2,3 – přičemž hodnota 1 znamená nejpriznivější stav, naopak hodnota 3 znamená nejméně příznivý stav.

Rozšířenou strukturu hodnocení o faktory prezentuje schéma na následujícím obrázku. Celkové hodnocení objektu je rozděleno na dvě části. Stavebně technická část (ST) zahrnuje stavebně technické ukazatele a Provozně technologická část (TP) zahrnuje technologicky provozní ukazatele, které nemají přímou vazbu na stavebně technický stav posuzovaného objektu.



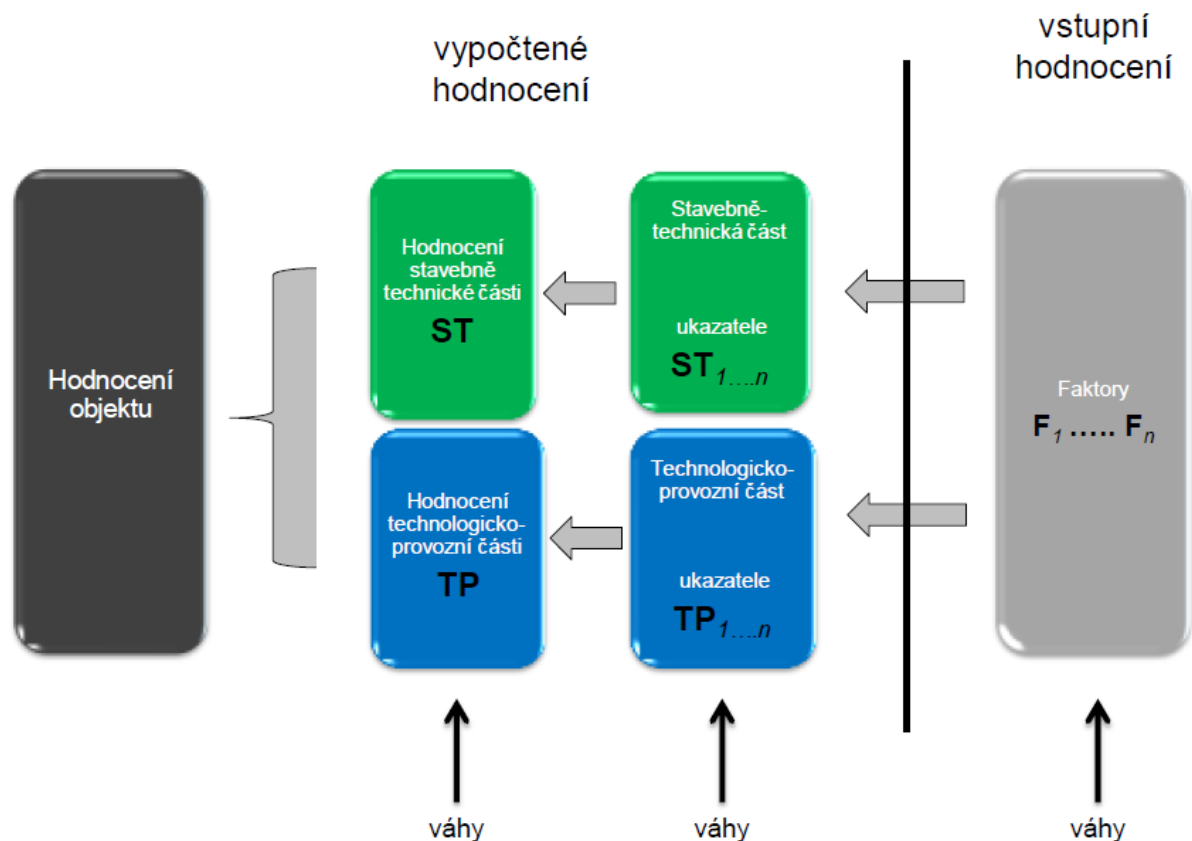
Obrázek 3.2: Struktura hodnocení TEA Water [13]

Hodnocení jednotlivých částí ST a TP není přímé, ale prostřednictvím faktorů, které jsou každému ukazateli ST a TP přiřazeny. Počet těchto faktorů byl navržen tak, aby nebyly požadavky na vstupní informace příliš obsáhlé, či naopak aby nebyly vynechány některé důležité informace. Rozsah informací na úrovni faktorů je důležitý, protože právě do této úrovně jsou zadávána základní data o posuzovaném objektu. Z těchto informací jsou následně stanovena hodnocení jednotlivých faktorů, ukazatelů, jednotlivých částí a objektů vodárenských systémů. Rozsah zadávaných parametrů nesmí být také příliš obsáhlý a podrobný, protože se jedná o tzv. předběžný výběr, nikoli o detailní posouzení jednotlivých prvků celého systému.

Při hodnocení mohou objekty, jejich stavební a provozní části a ukazatele spadat do hodnotících kategorií uvedených v následující tabulce. Jak je z tabulky patrné, pro hodnocení celého objektu bylo zvoleno jemnější hodnocení se zařazením mezistupňů + a -. Tímto se zvyšuje počet výsledných hodnotících kategorií. Toto umožňuje hodnotiteli větší přehled o získaném výsledku hodnocení. [13]

Postup hodnocení posuzovaných vodárenských systémů lze rozdělit do čtyř následujících kroků.

- 1. krok: Obodování faktorů technických ukazatelů hodnotitelem;
- 2. krok: Výpočet hodnocení příslušných technických ukazatelů;
- 3. krok: Výpočet hodnocení jednotlivých částí (ST a TP);
- 4. krok: Stanovení hodnocení celého posuzovaného prvku vodovodu.



Obrázek 3.3: Schéma postupu hodnocení objektu [14]

Tabulka 3.1: Kategorie hodnocení [13]

Objekt	Část	Ukazatel	Popis stavu
A+,A,A-	A	1	optimální stav, nevyžaduje žádná opatření vedoucí ke změnám hodnot tohoto TU
B+,B,B-	B	2	nízká míra rizika příslušného TU a rovněž nevyžaduje žádná zásadní opatření
C+,C,C-	C	3	jedná se o průměrné hodnoty příslušného TU, které nevyžadují okamžitá řešení
D+,D,D-	D	4	kritické hodnoty příslušného ukazatele, měla by být realizována případně plánovaná opatření na řešení tohoto stavu
E+,E,E-	E	5	nežádoucí stav, který vyžaduje dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele
N	N	N	pro hodnocení tohoto TU není dostatek informací

### 3.1 MODULY APLIKACE TEA WATER

V následující kapitole jsou stručně popsány moduly aplikace, které byly použity pro hodnocení objektů v bakalářské práci. Výčet všech modulů je uveden v předchozí kapitole.

#### 3.1.1 Modul TEAM

Modul TEAM slouží k hodnocení příváděcích řadů. Modul je rozdělen na následující ukazatele a faktory.

Tabulka 3.2: Modul TEAM [15]

TEAM – Příváděcí řad	Stavebně-technická část	ST1: Stáří a stav trubního řadu	F1: Stáří podle trubního materiálu
			F2: Stáří a stav armatur
			F3: Inkrustace potrubí
		ST2: Stavebně technické provedení řadu	F1: Hloubka uložení
			F2: Dopravní zatížení
			F3: Koordinace s ostatními sítěmi
		ST3: Protikorozní ochrana	F1: Vnitřní protikorozní ochrana
			F2: Vnější protikorozní ochrana
		Technologicko-provozní část	TP1: Poruchovost řadu
	F2: Vývoj dynamiky poruch		
	TP2: Hydraulická kapacita řadu		F1: Hydraulická kapacita
			F2: Protirázová ochrana řadu
	TP3: Ztráty vody		F1: Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu
			F2: Jednotkový únik vody JU
	TP4: Vliv na kvalitu vody		F1: Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody
			F1: Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody

#### 3.1.2 Modul TEAA

Modul TEAA slouží k hodnocení technického stavu vodojemů. Modul je rozdělen na následující ukazatele a faktory.

Tabulka 3.3: Modul TEAA [15]

TEAA – Vodojem	Stavebně-technická část	ST1: Stav stavebních konstrukcí akumulární komory	F1: Stav vnitřních stěn
			F2: Stav dna
			F3: Stav stropních konstrukcí
			F4: Stav střešní konstrukce
			F5: Stav svislých nosných konstrukcí
			F6: Stav kalové jámy
			F7: Stav vstupu do akumulární komory
		ST2: Stav stavebních konstrukcí manipulační komory	F1: Stav střešní konstrukce
			F2: Stav stropních konstrukcí
			F3: Stav podlahy
			F4: Stav opěrných bloků
			F5: Stav vnitřních stěn
	ST3: Stav technického vybavení akumulární komory	F1: Stav potrubí	
		F2: Stav odvětrávání	
		F3: Stav bezpečnostního přelivu	
	ST4: Stav armaturních šachet	F4: Stav žebříku	
		F1: Stav armaturních šachet	
		F2: Stav prostupů potrubí konstrukcemi	
		F3: Zabezpečení proti vniknutí	
		F4: Osazení a stav průtokoměrů a ostatních měřicích zařízení	
		F5: Stav odvětrávání a oken	
	F6: Stav zámečnických výrobků		
	Technologicko-provozní část	TP1: Velikost akumulace	F1: Poměr celkové akumulace $A_c$ a $Q_m$
			F2: Minimální doba zásobení při poruše
F3: Minimální doba zásobení při odběru požární vody			
TP2: Vliv akumulace na kvalitu vody		F1: Vzájemné umístění přítoku a odběru	
		F2: Pohyb hladiny ve vodojemu	
		F3: Průměrná doba zdržení vody ve vodojemu	
TP3: Tlakové poměry v síti		F1: Maximální hydrostatický tlak v nejnižším bodě tlakového pásma	
		F2: Maximální hydrodynamický tlak v nejvyšší bodě tlakového pásma při $Q_{h,max}$	
		F3: Minimální hydrodynamický tlak v nejbližším bodě tlakového pásma	
TP4: Biologický audit		F1: Biologický audit	

### 3.1.3 Modul TEAP

Modul TEAP slouží k hodnocení technického stavu čerpacích stanic. Modul je rozdělen na následující ukazatele a faktory.

Tabulka 3.4: Modul TEAP [15]

TEAP – Čerpací stanice	Stavebně-technická část	ST1: Stav stavebních konstrukcí ČS	F1: Stav střešní konstrukce
			F2: Stav výplní stavebních otvorů
			F3: Stav podlah
			F4: Stav stěn
			F5: Stav stropní konstrukce
			F6: Stav zámečnických prvků
		ST2: Stav akumulární nádrže	F1: Stav dna a kalové jímky
			F2: Stav stěn
			F3: Stav vstupních prvků nádrže
			F4: Stav potrubí
			F5: Stav střešní konstrukce
			F6: Stav stropní konstrukce
			F7: Odvětrávání
		ST3: Prostředí na ČS	F1: Stav zabezpečení objektu
			F2: Stav odvětrávání
	F3: Stav topení		
	F4: Zvedací zařízení		
	F5: Způsob osvětlení		
	Technologicko-provozní část	TP1: Stav čerpacích jednotek	F1: Stáří čerpacích jednotek
			F2: Znaky opotřebení čerpadel
F3: Poruchovost čerpacích jednotek			
F4: Četnost a náročnost údržby			
F5: Uložení a ukotvení čerpadel			
TP2: Pracovní charakteristiky čerpadel		F1: Průměrná denní doba chodu čerpadel	
		F2: Trend měrné spotřeby el. Energie	
		F3: Poloha pracovního bodu	
		F4: Účinnost čerpadel	
		F5: Efektivita instalovaného příkonu ČS	
TP3: Stav technologické části (mimo čerpadel)		F1: Stav uzavíracích armatur	
		F2: Stav měřících prvků	
		F3: Způsob a stav řízení čerpadel	
		F4: Stav elektroinstalace	
		F5: Stav potrubí v ČS	
TP4: Protirázová ochrana	F1: Způsob protirázové ochrany		
	F2: Vznik rázů		

### 3.1.4 Modul TEAN

Modul TEAP slouží k hodnocení technického stavu tlakového pásma. Modul je rozdělen na následující ukazatele a faktory.

Tabulka 3.5: Modul TEAN [15]

TEAN – Tlakové pásmo	Stavebně-technická část	ST1: Průměrné stáří trubního materiálu	F1: Stáří potrubí dle trubního materiálu
			F2: Inkrustace potrubí
		ST2: Stav armatur na síti	F1: Uzavírací armatury
		F2: Hydranty	
		F3: Ostatní armatury	
	ST3: Stav armaturních šachet	F1: Stav armaturních šachet	
	Technologicko-provozní část	TP1: Poruchovost řadů	F1: Průměrná roční poruchovost vodovodních řadů
			F2: Dynamika poruch
		TP2: Ztráty vody	F1: Procento vody nefakturované
			F2: Jednotkový únik vody nefakturované
			F3: Minimální noční odběry
			F4: Ekonomický index ztrát (EIZ)
		TP3: Kvalita vody v síti	F1: Vliv trubních materiálů
			F2: Kvalita dopravované vody
F3: Inkrustace			
F4: Doba zdržení vody v síti			
TP4: Biologický audit		F1: Maximální hydrostatický tlak	
	F2: Průměrný hydrodynamický tlak		
	F3: Kolísání hydrodynamického tlaku		

### 3.1.5 Modul TEAS

Modul TEAP slouží k hodnocení technického stavu vodovodního řadu. Modul je rozdělen na následující ukazatele a faktory.

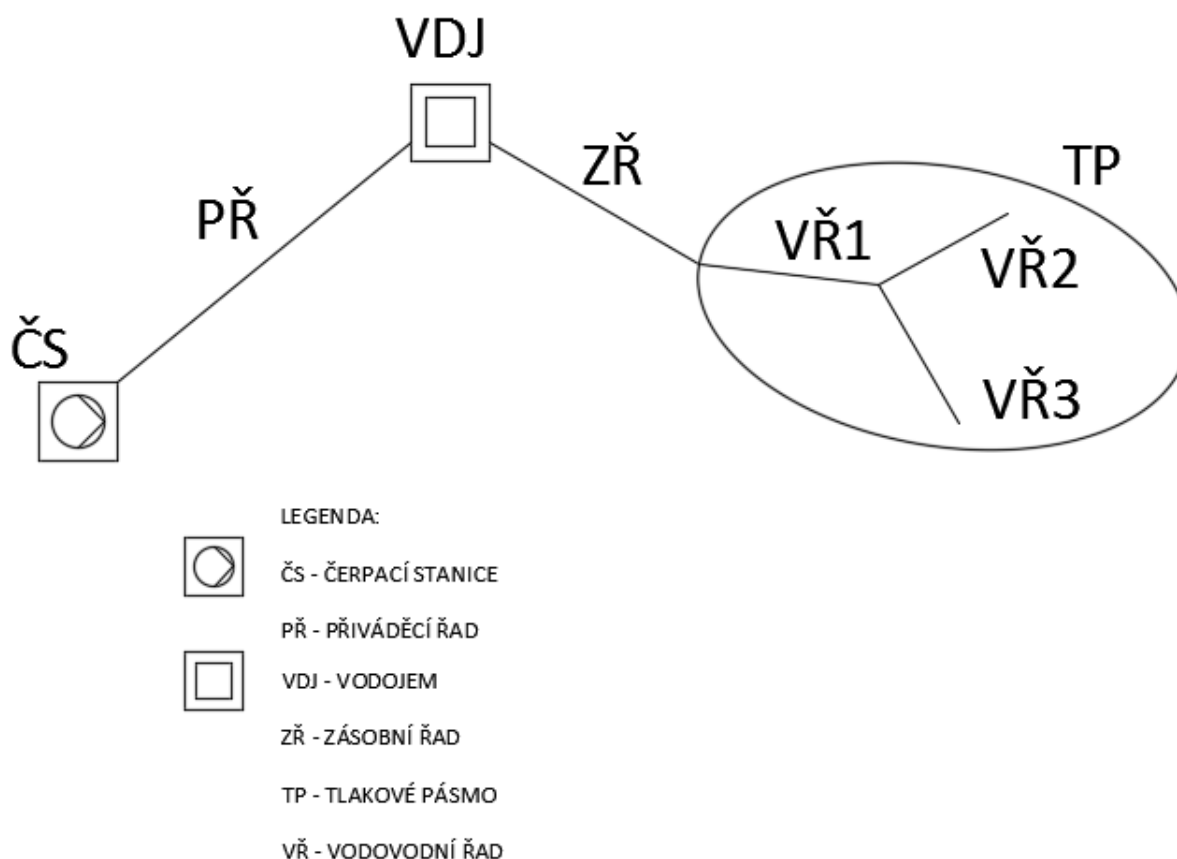
Tabulka 3.6: Modul TEAS [15]

TEAS – Vodovodní řád	Stavebně-technická část	ST1: Stáří a stav vodovodního řadu	F1: Stáří potrubí dle trubního materiálu
			F2: Stáří a stav armatur
			F3: Inkrustace potrubí
		ST2: Stavebně technické provedení řadu	F1: Krytí potrubí
			F2: Dopravní zatížení
			F3: Koordinace s ostatními sítěmi
		ST3: Protikorozní ochrana řadu	F1: Vnější protikorozní ochrana
			F2: Vnitřní protikorozní ochrana
		Technologicko-provozní část	TP1: Poruchovost řadu
	F2: Vývoj dynamiky poruch		
	TP2: Významnost řadu v pásmu		F1: Významnost řadu
			F2: Počet napojených obyvatel
			F3: Napojení citlivých odběratelů
	TP3: Tlakové poměry na řadu		F1: Maximální hydrostatický tlak
			F2: Průměrný hydrodynamický tlak
			F3: Kolísání hydrodynamického tlaku
TP4: Provozní ukazatel	F1: Jmenovitý profil potrubí		
	F2: Vliv na kvalitu vody		
	F3: Hustota přípojek		

## 4 TESTOVÁNÍ APLIKACE NA FIKTIVNÍM VODOVODU

Za účelem testování aplikace a seznámení se jejím ovládním bylo provedeno hodnocení na jednoduchém fiktivním vodovodu. Hodnocení bylo provedeno jak v původní šabloně TEA Water v programu Microsoft Excel, tak v internetové verzi aplikace. V rámci hodnocení je v této části práce popsán i postup při práci v aplikaci TEA Water.

Fiktivní vodovod se skládá z čerpací stanice, přívodního řadu z čerpací stanice na vodojem, vodojemu, zásobního řadu z vodojemu do spotřebiště a jednoho tlakového pásma skládajícího se ze tří vodovodních řadů. Hodnocení se nezabývá zdrojem vody, úpravnou vody a zásobním řadem. Schéma vodovodu je patrné z následujícího obrázku. Veškeré údaje jsou smyšlené a jsou nastavené tak, aby hodnocení podávalo různé výsledky.



Obrázek 4.1: Schéma fiktivního vodovodu

### 4.1 ZALOŽENÍ NOVÉHO PROJEKTU

Pro práci s aplikací je nutná registrace na webových stránkách. Po registrování a přihlášení do aplikace lze založit nový projekt. Před hodnocením konkrétních objektů

aplikace vyzve k vyplnění základních údajů o projektu (název projektu, IČME, IČPE a stručný popis projektu).

### Detail projektu

id: 150

Název projektu:

Vytvořeno: 28.3.2017 16:32:52

IČME:

IČPE:

Popis:

Obrázek 4.2: Založení nového projektu [15]

Poté lze v záložce Objekty založit nový objekt. Ke každému objektu je automaticky přiřazen příslušný modul aplikace.

Technický audit vodovodů

Aktivní projekt: Fiktivní vodovod [150]  
 Uživatel: hosl - Auditor

**Projekty**

Seznam projektů  
Nový projekt  
Souhrnné výsledky

**Aktivní Projekt**

Detail projektu  
Objekty  
Uživatelé projektu  
Ukazatele a faktory

**Uživatel**

Změna údajů  
Odhlásit se

**Moduly aplikace TeaWater**

<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>R</b></div> <p style="margin: 2px;">Jímací objekty 0 Hodnocení   Nový objekt</p>	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>T</b></div> <p style="margin: 2px;">Úpravy vody 0 Hodnocení   Nový objekt</p>
<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>M</b></div> <p style="margin: 2px;">Přívadecí řady 0 Hodnocení   Nový objekt</p>	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>A</b></div> <p style="margin: 2px;">Vodojemy 0 Hodnocení   Nový objekt</p>
<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>P</b></div> <p style="margin: 2px;">Jímací objekty 0 Hodnocení   Nový objekt</p>	<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>N</b></div> <p style="margin: 2px;">Rozvodná síť 0 Hodnocení   Nový objekt</p>
<div style="background-color: #f4a460; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>S</b></div> <p style="margin: 2px;">Vodovoní řady 0 Hodnocení   Nový objekt</p>	<div style="background-color: #009682; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"><b>Objektů celkem</b></div> <p style="margin: 2px; color: white;">0</p>

**Nápověda**

Vyberte téma nápovědy:

- Vytvoření projektu DB
- Oprava projektu
- Nastavení práv k projektu
- Objekty projektu

**Summary**

Projekt: Fiktivní vodovod  
objekty: 0 |

0	0	0	0	0	0
A	B	C	D	F	N

T

FAKULTA ústav

STAVEBNÍ vodního

hospodářství obcí

Obrázek 4.3: Výběr objektů vodovodu [15]

## **4.2 ČERPACÍ STANICE**

### **4.2.1 Popis čerpací stanice**

Čerpací stanice byla uvažována jako 37 let starý objekt, který byl postaven v roce 1980. Čerpací stanice prošla částečnou rekonstrukcí v roce 2000, při které bylo vyměněno vnitřní vybavení stanice. Čerpací stanice je umístěna u zdroje vody a čerpá vodu přes příváděcí řad do vodojemu. Čerpané množství je 1,66 l/s, celková výtlačná výška je 24 m. Doba čerpání je 24 hodin denně. Celkové roční přečerpané množství 52 350 m<sup>3</sup>.

Na stavebních prvcích jsou patrné známky opotřebení materiálu, stěny a podlaha jsou ve špatném stavu. Čerpací stanice má nefunkční odvětrávání. Osvětlení je pouze umělé s dostatečnou intenzitou, je zamezeno přístupu denního světla. V prostorách čerpací stanice se nevyskytují plísň ani řasy. Strojní vybavení je plně funkční a je pravidelně kontrolováno. Poruchovost čerpacích jednotek je menší než 2 poruchy ročně.

### **4.2.2 Hodnocení čerpací stanice**

Hodnocení čerpací stanice bylo provedeno v modulu TEAP. Po založení nového objektu čerpací stanice aplikace vyzve k vyplnění základních údajů. Mezi tyto údaje patří například název, GPS poloha, IČME, číslo katastrálního území apod. Zadané údaje nejsou povinné, mají pouze informativní charakter a jejich hodnoty neovlivňují hodnocení technického stavu objektu. Přehled údajů je patrný z následujícího obrázku.

Hodnocení objektu   **Základní informace**   Audit: Stavebně-technický

Audit: Technologicko-provozní   Výsledky auditu

### TEAP: Detail čerpací stanice

#### ZÁKLADNÍ ÚDAJE

id: 117

Název:

Vodovod:

Katastrální území:

GPS souřadnice:

IČME:

IIČ:

Rok výstavby:

Rok rekonstrukce:

Zařazení/funkce:

Stavební uspořádání:

Popis stavebního objektu a vybavení ČS, případně rekonstrukce:

#### TECHNOLOGICKÉ ÚDAJE

Čerpané množství Q:  [l·s<sup>-1</sup>]

Dopravní výška H:  [m]

Geodetická dopravní výška H<sub>g</sub>:  [m]

Instalovaný příkon ČS:  [kW]

Sjednané technické maximum:  [kW]

Elektrická přípojka ČS:  [kV]

Jistič:  [A]

Řízení:

Spotřeba za rok:  [kWh]

Přečerpáno za rok:  [tis. m<sup>3</sup>]

Roční provoz:  [hod]

Průměrný denní provoz:  [hod]

Obrázek 4.4: Základní údaje o fiktivní čerpací stanici [15]

Po zadání základních informací o objektu lze přistoupit k samotnému hodnocení. V záložkách nahoře lze přepínat mezi záložkami na hodnocení stavebně-technických ukazatelů, provozně-technologických ukazatelů a mezi výsledky hodnocení. Na následujícím obrázku je

uveden příklad hodnocení stavebně-technických ukazatelů. Po rozkliknutí jednotlivých ukazatelů se objeví seznam příslušných faktorů s popisem hodnocení. K hodnocení jednotlivých faktorů lze do poznámky přidat slovní komentář. Aplikace napovídá, které ukazatele a faktory ještě chybí ohodnotit. Po vyplnění všech faktorů je nutné uložit hodnocení pomocí tlačítka ve spodní části stránky. Tento postup je obdobný i pro hodnocení provozně technologických ukazatelů.

Obrázek 4.5: Vyplňování hodnocení objektu ČS [15]

Při vyplňování byly hodnoceny všechny faktory modulu TEAP. Faktor F3 – Stav podlah byl v rámci ST1 ohodnocen známkou 3, která značí praskliny v podlaze, porušení statiky podlahy a ucpané kanálky na odtok vody. Stejné hodnocení získal i faktor F4 – Stav stěn, značící objevující se praskliny na nosné konstrukci a špatný stav povrchových úprav stěn. Další faktory, které byly ohodnoceny nejhorší možnou známkou jsou faktory týkající odvětrávání ČS. Jedná se o F7 v rámci ST2 a F2 v rámci ST3. Znamka 3 u odvětrávání značí chybějící nebo nefunkční odvětrávání. Všechny ostatní faktory získali hodnocení 1 nebo 2.

V záložce výsledky auditu se zobrazuje celkové hodnocení objektu. Po provedení změn v hodnocení je nutné aktualizovat výslednou tabulku pomocí tlačítka přepočítat. V horní části se ukazuje celkové hodnocení objektu a procento opotřebení. Výsledek hodnocení lze zobrazit buď v souhrnné verzi, kdy se zobrazí pouze hodnocení a váhy jednotlivých ukazatelů nebo v detailní verzi, kdy je vidět i ohodnocení a váhy jednotlivých faktorů. Srovnání obou verzí je patrné z následujících obrázků.

Hodnocení objektu    Základní informace    Audit: Stavebně-technický

Audit: Technologicko-provozní    **Výsledky auditu**

Projekt: Fiktivní vodovod

Objekt: Čerpací stanice

B-	CELKOVÉ HODNOCENÍ	VÁHA
[36-40%]		
<b>C</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAP)</b>	<b>0,35</b>
4	ST1 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ ČS	0,4
3	ST2 STAV AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	0,4
3	ST3 PROSTŘEDÍ NA ČS	0,2
<b>B</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAP)</b>	<b>0,65</b>
2	TP1 STAV ČERPACÍCH JEDNOTEK	0,3
1	TP2 PRACOVNÍ CHARAKTERISTIKY ČERPADEL	0,25
2	TP3 STAV TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI (MIMO ČERPADEL)	0,25
2	TP4 PROTIRÁZOVÁ OCHRANA	0,2

Přepočítat    Export     Zobrazit faktory

Obrázek 4.6: Výsledek hodnocení ČS – souhrnná verze [15]

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod					
Objekt: Čerpací stanice					
<b>B-</b> [36-40%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>				<b>VÁHA</b>
<b>C</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAP)</b>				<b>0,35</b>
<b>4</b>	ST1	STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ ČS			0,4
2	F1	Stav střešní konstrukce			0,2
2	F2	Stav výplní stavebních otvorů			0,2
3	F3	Stav podlah			0,15
3	F4	Stav stěn			0,15
2	F5	Stav stropní konstrukce			0,15
2	F6	Stav zámečnických prvků			0,15
<b>3</b>	ST2	STAV AKUMULAČNÍ NÁDRŽE			0,4
2	F1	Stav dna a kalové jámy			0,2
2	F2	Stav stěn			0,2
1	F3	Stav vstupních prvků nádrže			0,15
1	F4	Stav potrubí			0,15
2	F5	Stav střešní konstrukce			0,1
2	F6	Stav stropní konstrukce			0,1
3	F7	Stav odvětrání			0,1
<b>3</b>	ST3	PROSTŘEDÍ NA ČS			0,2
2	F1	Stav zabezpečení objektu			0,3
3	F2	Stav odvětrání			0,2
2	F3	Stav topení			0,2
1	F4	Zvedací zařízení			0,2
1	F5	Způsob osvětlení			0,1

Obrázek 4.7: Výsledek hodnocení ČS – část detailní verze [15]

Hodnocení bylo pro srovnání provedeno i v původní šabloně TEA Water v programu Microsoft Excel. Zadávání jednotlivých faktorů i výsledky hodnocení jsou stejné, liší se pouze grafickou podobou. Dále verze v MS Excel neumožňuje zadávání základních údajů o objektu a u výsledků hodnocení nelze zobrazit verze hodnocení rozšířená o zobrazení faktorů.

TEAP - ČERPACÍ STANICE		
Hodnocení	Objekt, část	Váha
<b>B-</b>	CELKOVÉ HODNOCENÍ	
<b>37</b>	PROCENTO OPOTŘEBENÍ	
<b>C</b>	<b>ST - Stavebně technické ukazatele</b>	<b>0.35</b>
<b>4</b>	ST1 - Stav stavebních konstrukcí ČS	0.40
<b>3</b>	ST2 - Stav akumulční nádrže	0.40
<b>3</b>	ST3 - Prostředí na ČS	0.20
<b>B</b>	<b>TP - Technologicko provozní ukazatele</b>	<b>0.65</b>
<b>2</b>	TP1 - Stav čerpacích jednotek	0.30
<b>1</b>	TP2 - Pracovní charakteristiky čerpadel	0.25
<b>2</b>	TP3 - Stav technologické části (mimo čerpadel)	0.25
<b>2</b>	TP 4 - Protirázová ochrana	0.20
<u>Komentář:</u>		

Obrázek 4.8: Výsledek hodnocení ČS v šabloně MS Excel

Celkový technický stav čerpací stanice byl ohodnocen B- (tj. jako objekt, který nevyžaduje žádné významné úpravy pro zlepšení stavu). Hodnocení stavebně technických ukazatelů vyšlo C, technologicko-provozních ukazatelů B. Procento opotřebení objektu bylo vypočítáno na 36-40 %. Nejhorší hodnoceným ukazatelem je ST1 – Stav stavebních konstrukcí ČS, který byl ohodnocen 4. Naopak nejlépe hodnoceným ukazatelem je TP2 – Pracovní charakteristiky čerpadel se známkou 1.

## 4.3 PŘÍVÁDĚCÍ ŘAD

### 4.3.1 Popis příváděcího řadu

Příváděcí řad mezi čerpací stanicí a vodojemem byl uvažován jako 10 km dlouhý řad z šedé litiny. Průměr potrubí je 250 mm a řad byl postaven v roce 1981.

Potrubí příváděcího řadu je silně zainkrustované a nemá vnitřní ani vnější protikorozní ochranu. Poruchovost řadu je 0,6 pp/km/rok a má stagnující tendenci. Řad dokáže bez problému převést maximální průtoky a je předimenzovaný.

### 4.3.2 Hodnocení příváděcího řadu

Hodnocení příváděcího řadu mezi čerpací stanicí a vodojemem bylo provedeno v modulu TEAM. Postup při hodnocení je obdobný jako při práci s předchozím modulem.

Modul TEAM nabízí možnost příváděcí řad rozdělit do několika úseků, pro které lze provést hodnocení zvlášť.

Při hodnocení příváděcího řadu byly vyplněny všechny faktory. Celkem čtyři faktory byly ohodnoceny známkou 3. Faktor F3 – Inkrustace potrubí v rámci ST1, kde bylo uvažováno silně zainkrustované potrubí, které omezuje průtočný profil. Další špatně hodnocené faktory se týkají protikorozi ochrany řadu. Potrubí je dlouhodobě bez vnější aktivní i pasivní protikorozi ochrany, zároveň má chybějící vnitřní protikorozi ochranu. Posledním faktorem hodnoceným známkou 3 je F1 – Vliv trubního materiálu na kvalitu vody v rámci TP4. Hodnocení 3 značí potrubí z šedé litiny bez vnitřní sanace povrchu. Ostatní faktory získaly známku 1 nebo 2 a jejich přehled je patrný z následujícího obrázku.

Celkový výsledek hodnocení byl C+, hodnocení stavebně technických ukazatelů vyšlo B, technologicko-provozních ukazatelů C. Jeden z ukazatelů získal výsledné hodnocení 5, tedy nežádoucí stav, který vyžaduje okamžité řešení. Jedná se o ukazatel ST3 – Protikorozi ochrana řadu. Naopak, dva ukazatele obdržely nejlepší možné hodnocení 1. Jedná se o ukazatele ST2 – Stavebně technické provedení řadu a TP3 – Ztráty vody.

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod					
Objekt: Úsek č. 1					
<b>C+</b> [41-45%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>				<b>VÁHA</b>
<b>B</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)</b>				<b>0,6</b>
<b>2</b>	ST1	STAŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU			0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu			0,5
2	F2	Stáří a stav armatur			0,4
3	F3	Inkrustace potrubí			0,1
<b>1</b>	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PŘÍKROVY ŘADU			0,3
1	F1	Hloubka uložení			0,4
1	F2	Dopravní zatížení			0,4
1	F3	Koordinační s ostatními sítěmi			0,2
<b>5</b>	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,2
3	F1	Vnější protikorozní ochrana			0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana			0,5
<b>C</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)</b>				<b>0,4</b>
<b>3</b>	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,4
2	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]			0,6
2	F2	Vývoj dynamiky poruch			0,4
<b>3</b>	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU			0,4
2	F1	Hydraulická kapacita			0,6
2	F2	Protirázová ochrana řadu			0,4
<b>1</b>	TP3	ZTRÁTY VODY			0,1
1	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu			0,6
1	F2	Jednotkový únik vody JU			0,4
<b>4</b>	TP4	VLIV NA KVALITU VODY			0,1
3	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody			0,6
2	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody			0,4

Přepočítat   Export    Zobrazit faktory

Obrázek 4.9: Hodnocení příváděcího řadu [15]

## 4.4 VODOJEM

### 4.4.1 Popis vodojemu

Vodojem byl uvažován jako objekt se dvěma akumulacími komorami o objemu 59 m<sup>3</sup>, celková akumulace vodojemu je 118 m<sup>3</sup>. Z tohoto objemu je 31,5 m<sup>3</sup> provozní akumulace, 57 m<sup>3</sup> rezervní akumulace a 28,8 m<sup>3</sup> požární akumulace. Vodojem byl postaven v roce 1981 a od té doby neprošel žádnou rekonstrukcí nebo významnou opravou. Nátok do vodojemu probíhá kontinuálně po celý den. Průměrná denní spotřeba vody je 64,2 m<sup>3</sup>/den, maximální denní spotřeba vody je 143,7 m<sup>3</sup>/den. Maximální hodinový odběr je 6,02 l/s.

Vodojem byl pro účely práce uvažován jako objekt ve špatném technickém stavu. Na stavebních konstrukcích jsou patrné významné poruchy a na betonových prvcích lze pozorovat prorýsování výztuže. Uvnitř vodojemu se místy vyskytují plísně a řasy. Odvětrávání akumulací komory je nedostatečné, není opatřeno filtračním zařízením, které by zamezovalo vniknutí prachu a drobných živočichů. Obdobně je tomu u odvětrávání manipulační komory. Na potrubí a armaturách je patrná povrchová koroze, spoje jsou netěsné. Vstup do objektu je špatně zabezpečen, chybí signalizace neoprávněného vniknutí do vodojemu.

Akumulace vodojemu má dostatečnou kapacitu. Poměr provozní akumulace  $A_r$  a maximálního denního odběru je 21,9 %. Minimální doba zásobení při poruše nátoky do vodojemu je 12 hodin. Minimální doba zásobení požární vodou je 2 hodiny. Maximální hydrostatický tlak v zásobeném tlakovém pásmu je 71 m v. s.

#### 4.4.2 Hodnocení vodojemu

Pro hodnocení technického stavu vodojemů se používá modul TEAA. Postup při zadávání údajů je opět obdobný jako v předchozích modulech.

Vzhledem ke špatnému stavu vodojemu nebyl ani jeden z faktorů stavebně-technického stavu ohodnocen známkou 1. Celkem 13 z 23 faktorů v rámci stavebně-technické části bylo ohodnoceno 3. Během vyplňování faktorů v rámci technologicko-provozních ukazatelů byla použita celá stupnice hodnocení. Nejlépe byly obodovány faktory týkající se velikosti akumulace vodojemu, které získaly hodnocení 1. Naopak nejhorší známku získal faktor F3 – Průměrná doba zdržení vody ve vodojemu v rámci TP2, hodnota 3 v tomto případě značí dobu 36 hodin a více. Další známky 3 získaly faktory týkající se tlakových poměrů v síti. Hodnota 3 pro hydrostatický tlak značí tlak větší než 0,60 MPa a pro hydrodynamický tlak menší tlak než 0,15 MPa.

Uvažovanému špatnému stavu vodojemu odpovídá i výsledek hodnocení, kdy celkové hodnocení je D, hodnocení stavebně technických ukazatelů vyšlo rovněž D a technologicko-provozních ukazatelů C. Procento opotřebenosti objektu bylo vypočteno 66-70 %. Stavební ukazatele ST2 – Stav stavebních konstrukcí manipulační komory a ST4 – Stav technického vybavení manipulační komory získaly kritické hodnocení 5. Další čtyři ukazatele byly ohodnoceny známkou 4. Nejlépe hodnocení ukazatelem je TP1 – Velikost akumulace, který získal známku 1. Kompletní výsledek hodnocení je patrný z následujícího obrázku.

	CELKOVÉ HODNOCENÍ	VÁHA
D [71-80%]		
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAA)	0,6
4	ST1 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ AKUMULAČNÍ KOMORY	0,3
5	ST2 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ MANIPULAČNÍ KOMORY	0,2
4	ST3 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ KOMORY	0,2
5	ST4 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ MANIPULAČNÍ KOMORY	0,3
C	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAA)	0,4
3	TP1 VELIKOST AKUMULACE	0,25
4	TP2 VLIV AKUMULACE NA KVALITU VODY	0,25
4	TP3 TLAKOVÉ POMĚRY V SÍTI	0,2
N	TP4 BIOLOGICKÝ AUDIT	0,3

Obrázek 4.10: Výsledek hodnocení VDJ [15]

## 4.5 TLAKOVÉ PÁSMO

### 4.5.1 Popis tlakového pásma

Uvažované tlakové pásmo se skládá celkem ze tří vodovodních řadů a je zásobeno z vodojemu přes zásobní řád. Celková délka vodovodních řadů v tlakovém pásmu je zhruba 2000 m.

Armatury včetně hydrantů v tlakovém pásmu jsou většinou funkční a mladší 20 let. Armaturní šachty jsou převážně mladší 40 let a jejich technický stav odpovídá jejich stáří. Průměrná roční poruchovost je větší než 0,7 pp/km/rok a má mírně rostoucí tendenci. Doba zdržení vody v potrubí při přepravě do nejvzdálenějšího bodu sítě je větší než 72 hodin. Dopravovaná voda má běžnou kvalitu. Maximální hydrostatický tlak v pásmu ke 71 m v. s.

### 4.5.2 Hodnocení tlakového pásma

K hodnocení tlakového pásma se využívá modulu TEAA. Postup při zadávání údajů je opět obdobný jako v předchozích modulech. Ve webové verzi aplikace TEA Water je místo pojmu hodnocení tlakového pásma používán pojem hodnocení rozvodné sítě. V šabloně MS Excel je uveden pojem tlakové pásmo. Jednotlivé faktory a jejich váhy jsou nastaveny stejně v obou verzích.

Při vyplňování hodnocení získaly celkem 4 faktory známku 3. Jedná se o faktor F1 – Průměrná poruchovost vodovodních řadů v rámci TP1. Hodnota 3 znamená větší poruchovost než 0,7 pp/km/rok. Dále faktory F1 – Procento doby nefakturované v rámci TP2, F4 – Doba zdržení vody v síti v rámci TP3 a F1 – Maximální hydrostatický tlak v rámci TP4, kde hodnota 3 znamená tlak vyšší než 0,6 MPa.

Výsledné hodnocení tlakového pásma je C, hodnocení stavebně-technické části je B, technologicko-provozní části je D. Celkové opotřebení objektu bylo vypočítáno na 46-55 %. Nejlépe hodnoceným ukazatelem je ST1 – Průměrné stáří trubního materiálu, který byl ohodnocen známkou 1. Nejhorší získané hodnocení bylo 4, takto byly obodovány tři technologicko-provozní ukazatele. Hodnocení všech ukazatelů a faktorů je patrné z následujícího obrázku.

Seznam objektů			
Základní informace			
Audit: Stavebně-technický			
Audit: Technologicko-provozní			
Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod			
Objekt: Tlakové pásmo			
<b>C</b>	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>		<b>VÁHA</b>
[46-55%]			
<b>B</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAN)</b>		<b>0,4</b>
1	ST1	PRŮMĚRNÉ STÁŘÍ TRUBNÍHO MATERIÁLU	0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu	0,75
2	F2	Inkrustace potrubí	0,25
<b>3</b>	ST2	STAV ARMATUR NA SÍTI	0,4
2	F1	Uzavírací armatury	0,5
2	F2	Hydranty	0,35
2	F3	Ostatní armatury	0,15
<b>3</b>	ST3	STAV ARMATURNÍCH ŠACHET	0,1
2	F1	Stav armaturních šachet	1
<b>D</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAN)</b>		<b>0,6</b>
<b>4</b>	TP1	PORUCHOVOST ŘADU	0,4
3	F1	Průměrná roční poruchovost potrubí [pp/km/rok]	0,5
2	F2	Dynamika poruch	0,5
<b>4</b>	TP2	ZTRÁTY VODY	0,25
3	F1	Procento vody nefakturované z VVR	0,3
2	F2	Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)	0,3
0	F3	Minimální noční odběry	0,2
0	F4	Ekonomický index ztrát (EIZ)	0,2
<b>4</b>	TP3	KVALITA VODY V SÍTI	0,25
2	F1	Vliv trubních materiálů	0,2
2	F2	Kvalita dopravované vody	0,2
2	F3	Inkrustace	0,3
3	F4	Doba zdržení vody v síti [hod]	0,3
<b>3</b>	TP4	TLAKOVÉ POMĚRY V PÁSMU	0,1
3	F1	Maximální hydrostatický tlak [m v. sl.]	0,4
1	F2	Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]	0,3
2	F3	Kolísání hydrodynamického tlaku [m v. sl.]	0,3

Přepočítat   Export    Zobrazit faktory

Obrázek 4.11: Hodnocení TP [15]

## **4.6 VODOVODNÍ ŘADY**

### **4.6.1 Popis vodovodních řadů**

V rámci fiktivního vodovodu byly uvažovány celkem 3 vodovodní řady. Z hlavního rozvodného řadu VŘ1 jsou zásobeny dva koncové řady VŘ2 a VŘ3.

#### **4.6.1.1 Vodovodní řad 1**

Vodovodní řad 1 je uvažován jako rozvodný řad postavený v roce 1980. V roce 2015 byla provedena kompletní rekonstrukce. Původní potrubí z šedé litiny bylo vyměněno za polyethylenové potrubí o průměru 300 mm. Délka řadu je 800 m. Maximální hydrostatický tlak je 49 m v. s. Počet obyvatel zásobených z řadu je 350, na řad nejsou napojeni žádní významní odběratelé.

Vzhledem k nedávné rekonstrukci je řad ve výborném stavu. Armatury jsou všechny plně funkční a pravidelně kontrolované. Potrubí je bez inkrustace a je z nekorozivního materiálu. Krytí potrubí je v souladu s normou. Poruchovost řadu je menší než 0,3 pp/km/rok a oproti stavu před rekonstrukcí je patrný její pokles. Potrubí je v souběhu s jinými inženýrskými sítěmi, je dodržena minimální vzdálenost sítí daná normou.

#### **4.6.1.2 Vodovodní řad 2**

Vodovodní řad 2 má podobnou charakteristiku jako VŘ1, ale zatím neprošel rekonstrukcí. Materiálem je původní potrubí z roku 1980 z šedé litiny, délka řadu je 673 m. Počet zásobených obyvatel je 295 a z řadu nejsou zásobeni významní odběratelé. Maximální hydrostatický tlak je 48 m v. s.

Potrubí je silně zainkrustované, dochází k omezení průtočného profilu. Armatury jsou ve špatném technickém stavu a jsou starší dvaceti let. Potrubí není opatřeno fungující vnější ani vnitřní protikorozní ochranou. Poruchovost řadu je 0,83 pp/km/rok a dlouhodobě roste. Potrubí je v souběhu s jinými inženýrskými sítěmi, je dodržena minimální vzdálenost sítí daná normou.

#### **4.6.1.3 Vodovodní řad 3**

Poslední posuzovaný řad je mladší než první dva. Byl postaven v roce 1997 ze sklolaminátového potrubí o průměru 150 mm. Celková délka řadu je 550 m. Počet zásobovaných obyvatel je 340 a na řad nejsou napojeni žádní významní odběratelé. Maximální hydrostatický tlak je kvůli špatné morfologii terénu 71 m v. s.

Většina armatur na potrubí je funkční a pravidelně kontrolovaná. Potrubí je bez inkrustace a je z nekorozivního materiálu. Hloubka uložení potrubí je v souladu s normou. Potrubí je v souběhu s jinými inženýrskými sítěmi, je dodržena minimální vzdálenost sítí daná normou. Poruchovost řadu je 0,35 pp/km/rok a má přibližně stagnující tendenci.

## **4.6.2 Hodnocení vodovodních řadů**

Hodnocení fiktivních vodovodních řadů bylo provedeno v modulu TEAS. Postup práce při zadávání jednotlivých faktorů je opět obdobný jako v ostatních modulech.

### **4.6.2.1 Vodovodní řad 1**

Během hodnocení byly vyplněny všechny faktory. Ani jeden z faktorů nebyl ohodnocen známkou 3. Pět z celkových devatenácti získalo známku 2, zbytek faktorů byl obodován známkou 1. Ohodnocení jednotlivých faktorů je patrné z následujícího obrázku.

Celkový výsledek hodnocení je A-, stavebně-technická část i technologicko-provozní část byla ohodnocena A. Většina ukazatelů byla ohodnocena nejlepší možnou známkou 1, pouze dva ukazatele získaly hodnocení 2. Jedná se o ukazatel ST2 – Stavebně technické provedení řadu, snížená známka u toho ukazatele je dána uvažovaným zvýšeným dopravním zatížením a křížením s ostatními inženýrskými sítěmi. Druhý ukazatel se známkou 2 je TP2 – Významnost řadu v pásmu, kde je známka snížena kvůli uvažované významnosti řadu a počtu napojených uživatelů.

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod					
Objekt: Vodovodní řad 1					
A- [16-20%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ				VÁHA
A	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAS)				0,5
1	ST1	STÁŘÍ A STAV VODOVODNÍHO ŘADU			0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu			0,6
1	F2	Stáří a stav armatur			0,3
1	F3	Inkrustace potrubí			0,1
2	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PŘÍKROVY ŘADU			0,4
1	F1	Krytí potrubí			0,4
2	F2	Dopravní zatížení			0,3
2	F3	Koordinace s ostatními sítěmi			0,3
1	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,1
1	F1	Vnější protikorozní ochrana			0,5
1	F2	Vnitřní protikorozní ochrana			0,5
A	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAS)				0,5
1	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,3
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]			0,7
1	F2	Vývoj dynamiky poruch			0,3
2	TP2	VÝZNAMNOST ŘADU V PÁSMU			0,3
2	F1	Významnost řadu			0,4
2	F2	Počet napojených obyvatel			0,3
1	F3	Napojení citlivých odběratelů			0,3
1	TP3	TLAKOVÉ POMĚRY NA ŘADU			0,2
1	F1	Maximální hydrostatický tlak [m v.sl.]			0,4
1	F2	Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]			0,4
1	F3	Kolísání hydrodynamického tlaku [m v. .sl.]			0,2
1	TP4	PROVOZNÍ UKAZATEL			0,2
1	F1	Jmenovitý profil potrubí			0,4
1	F2	Vliv na kvalitu vody			0,4
2	F3	Hustota přípojek			0,2

Zobrazit faktory

Obrázek 4.12: Hodnocení vodovodního řadu VŘ1 [15]

#### 4.6.2.2 Vodovodní řad 2

Při hodnocení VŘ2 bylo vyplněno hodnocení všech devatenácti faktorů. Nejhorší známku 3 získalo celkem devět faktorů. Jedná se například o F2 – Stáří a stav armatur v rámci ST1, kde hodnota 3 značí armatury převážně starší 20 let ve špatném technickém stavu. Dále

pak F3 – Inkrustace potrubí v rámci ST1, kde hodnota 3 značí silně zainkrustované potrubí s omezeným průtočným profilem. Dalšími špatně hodnocenými faktory jsou F1 – Jmenovitý profil potrubí a F2 Vliv na kvalitu vody v rámci TP4. Hodnota 3 značí jmenovitý profil menší než DN 150 a materiál z šedé litiny bez sanace vnitřního povrchu. Přehled všech faktorů a jejich známek je patrný z následujícího obrázku.

Souhrnný výsledek hodnocení VŘ2 je D+. Stavebně-technická část byla ohodnocena D, technologicko-provozní část získala známku C. Celkové opotřebení objektu bylo vypočítáno na 16-20 %. Hodnocení jednotlivých ukazatelů je velmi různorodé. Nejlépe hodnoceným ukazatelem je TP3 – Tlakové poměry na řadu, který získal známku 1. Naopak tři ukazatele získaly nejhorší možné hodnocení, které značí nežádoucí stav, který vyžaduje co nejrychlejší řešení, které povede k dosažení lepšího hodnocení. Jedná se o ukazatele ST3 – Protikorozní ochrana řadu, TP1 – Poruchovost řadu a TP4 – Provozní ukazatel. Výsledky dalších ukazatelů jsou patrné z následujícího obrázku.

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod					
Objekt: Vodovodní řad z					
D+	CELKOVÉ HODNOCENÍ				VÁHA
[66-70%]					
D	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAS)				0,5
4	ST1	STAŘÍ A STAV VODOVODNÍHO ŘADU			0,5
2	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu			0,6
3	F2	Stáří a stav armatur			0,3
3	F3	Inkrustace potrubí			0,1
4	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PŘEVEDENÍ ŘADU			0,4
3	F1	Krytí potrubí			0,4
2	F2	Dopravní zatížení			0,3
2	F3	Koordinace s ostatními sítěmi			0,3
5	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,1
3	F1	Vnější protikorozní ochrana			0,5
3	F2	Vnitřní protikorozní ochrana			0,5
C	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAS)				0,5
5	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,3
3	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]			0,7
3	F2	Vývoj dynamiky poruch			0,3
2	TP2	VÝZNAMNOST ŘADU V PÁSMU			0,3
2	F1	Významnost řadu			0,4
2	F2	Počet napojených obyvatel			0,3
1	F3	Napojení citlivých odběratelů			0,3
1	TP3	TLAKOVÉ POMĚRY NA ŘADU			0,2
1	F1	Maximální hydrostatický tlak [m v.sl.]			0,4
1	F2	Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]			0,4
1	F3	Kolísání hydrodynamického tlaku [m v. sl.]			0,2
5	TP4	PROVOZNÍ UKAZATEL			0,2
3	F1	Jmenovitý profil potrubí			0,4
3	F2	Vliv na kvalitu vody			0,4
2	F3	Hustota přípojek			0,2

Přepočítat Export  Zobrazit faktory

Obrázek 4.13: Hodnocení vodovodního řadu VŘ2 [15]

Hodnocení VŘ1 a VŘ2 je záměrné provedeno tak, aby z výsledků byly patrné rozdíly potrubí před rekonstrukcí a po ní. Oba uvažované řady mají podobné vlastnosti týkající se tlakových poměrů, dopravního zatížení a významnosti řadu v pásmu. Tyto ukazatele proto byly u obou řadů ohodnoceny stejně. Rozdíl hodnocení mezi VŘ1 a VŘ2 je tedy pouze u ukazatelů, na které má vliv uvažovaná rekonstrukce řadu.

Z výsledků je patrné, že celkové hodnocení po rekonstrukci se zlepšilo z D+ na A-. Změna proběhla i u všech stavebně-technických ukazatelů, z nežádoucích nebo kritických

hodnot došlo ke zlepšení na hodnoty 1 a 2. U technologicko-provozních ukazatelů došlo ke zlepšení u ukazatelů TP1 a TP4, a to z kritické hodnoty 5 na nejlepší možné hodnocení 1.

### **4.6.2.3 Vodovodní řad 3**

Při vyplňování jednotlivých faktorů nebyl ohodnocen faktor F2 – Vliv na kvalitu vody v rámci TP4. Aplikace neumožňuje vyplnění tohoto faktoru pro sklolaminátové potrubí. U ostatních faktorů se vyskytují různé známky. Osm faktorů získalo nejlepší možné hodnocení, dalších osm faktorů získalo známku 2 a zbylé dva faktory byly ohodnoceny 3. Jedná se o faktor F1 – Maximální hydrostatický tlak v rámci TP3, kde hodnota 3 značí tlak vyšší než 0,7 MPa. A o faktor F1 – Jmenovitý profil potrubí v rámci TP4, kde hodnota 3 znamená DN 150 a menší.

Celkové hodnocení VŘ3 je B-, stavebně-technická stránka vyšla B, technologicko-provozní část byla ohodnocena C. Celkové opotřebení objektu bylo vypočteno na 36-40 %. Nejlépe hodnoceným ukazatelem je ST3 – Protikoroze ochrana řadu, který získal známku 1. Nejhůře vyšel ukazatel TP4 – Provozní ukazatel, který byl ohodnocen 4. Výsledky ostatních ukazatelů a faktorů jsou patrné z následujícího obrázku.

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Fiktivní vodovod					
Objekt: Vodovodní řad 3					
<b>B-</b> [36-40%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>				<b>VÁHA</b>
<b>B</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAS)</b>				<b>0,5</b>
2	ST1	STAŘÍ A STAV VODOVODNÍHO ŘADU			0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu			0,6
2	F2	Stáří a stav armatur			0,3
1	F3	Inkrustace potrubí			0,1
2	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU			0,4
1	F1	Krytí potrubí			0,4
2	F2	Dopravní zatížení			0,3
2	F3	Koordinace s ostatními sítěmi			0,3
1	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,1
1	F1	Vnější protikorozní ochrana			0,5
1	F2	Vnitřní protikorozní ochrana			0,5
<b>C</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAS)</b>				<b>0,5</b>
3	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,3
2	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]			0,7
2	F2	Vývoj dynamiky poruch			0,3
2	TP2	VÝZNAMNOST ŘADU V PÁSMU			0,3
1	F1	Významnost řadu			0,4
2	F2	Počet napojených obyvatel			0,3
1	F3	Napojení citlivých odběratelů			0,3
3	TP3	TLAKOVÉ POMĚRY NA ŘADU			0,2
3	F1	Maximální hydrostatický tlak [m v.sl.]			0,4
2	F2	Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]			0,4
1	F3	Kollísání hydrodynamického tlaku [m v. .sl.]			0,2
4	TP4	PROVOZNÍ UKAZATEL			0,2
3	F1	Jmenovitý profil potrubí			0,4
0	F2	Vliv na kvalitu vody			0,4
2	F3	Hustota přípojek			0,2

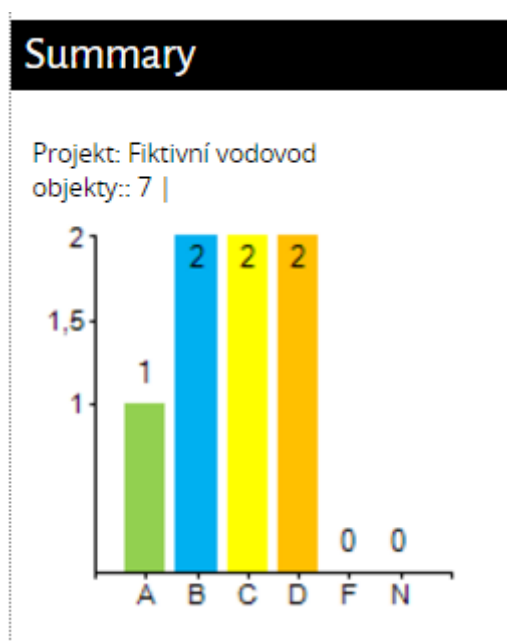
Přepočítat Export  Zobrazit faktory

Obrázek 4.14: Hodnocení vodovodního řadu VŘ3 [15]

## 4.7 CELKOVÉ HODNOCENÍ FIKTIVNÍHO VODOVODU

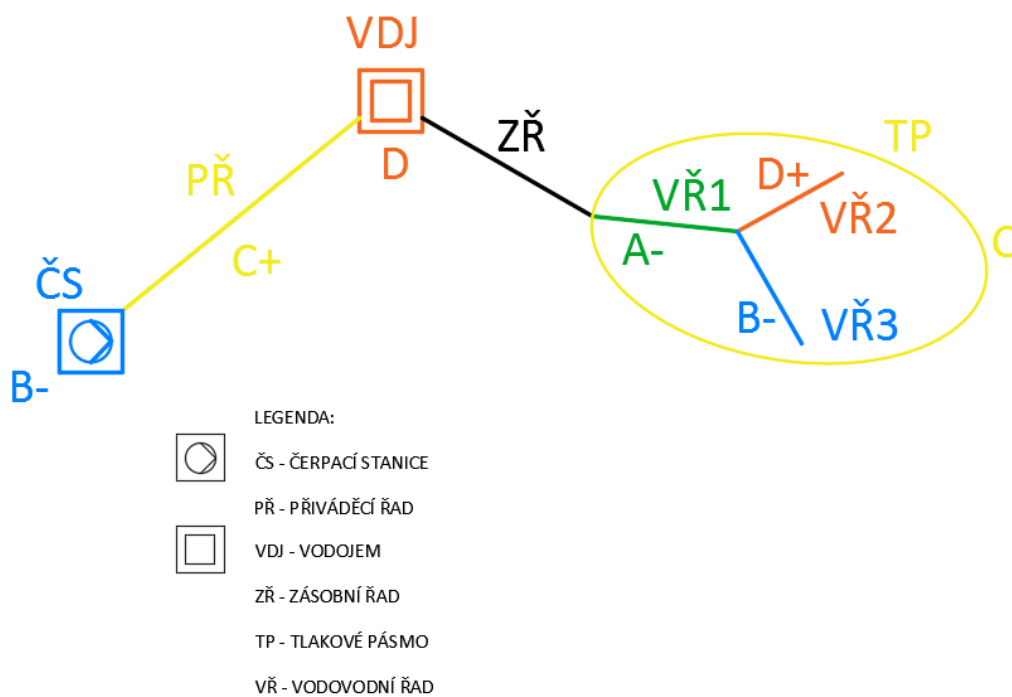
Po zadání všech objektů a jejich ohodnocení nabízí aplikace TEA Water jednoduchý graf, pro získání přehledu o celkovém stavu vodovodu. V grafu je zobrazen pouze počet objektů

a jejich hodnocení. Z grafu ale není patrné, jak jsou hodnoceny jednotlivé konkrétní objekty vodovodu.



Obrázek 4.15: Přehled celkového hodnocení [15]

V rámci hodnocení fiktivního vodovodu bylo hodnoceno celkem 7 objektů. Výsledná hodnocení jsou patrná z následujícího schématu.

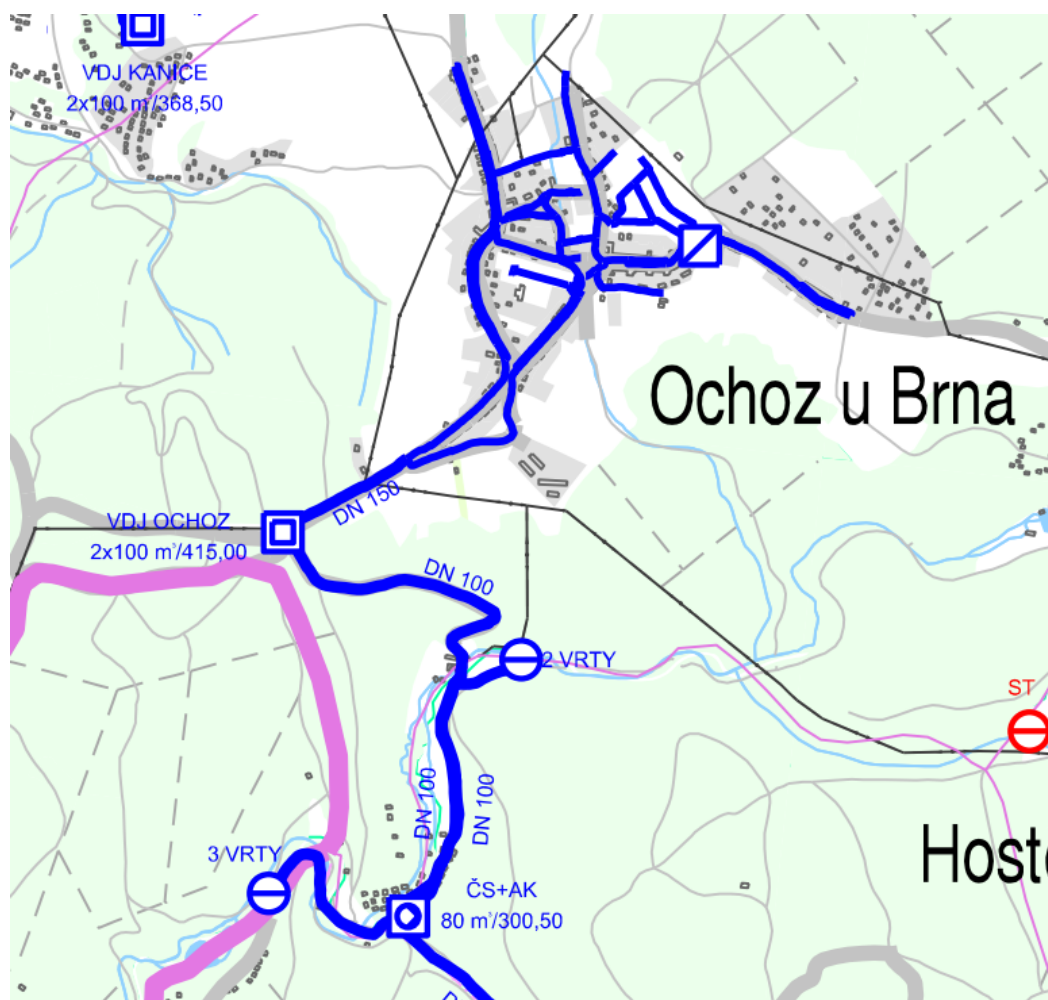


Obrázek 4.16: Schéma celkového hodnocení fiktivního vodovodu [15]

## 5 TESTOVÁNÍ APLIKACE NA SKUTEČNÉM VODOVODU

V rámci testování aplikace na skutečném vodovodu byly ohodnoceny celkem tři objekty. Jedná se o čerpací stanici, výtlačný řad a vodojem, všechny objekty jsou součástí vodovodu pro Ochoz u Brna a jsou provozovány Vodárenskou akciovou společností, a. s., divizí Brno-venkov.

Ochoz u Brna se nachází zhruba 10 km severovýchodně od Brna. Počet obyvatel v obci je zhruba 1300. Zdrojem vody pro Ochoz u Brna je podzemní voda z dvou lokalit nacházejících se v nedalekém údolí řeky Říčky. Z obou zdrojů putuje voda do čerpací stanice odkud je čerpána na vodojem umístěný jihozápadně od obce. Vodovodní síť obce je z velké části zásobena gravitačně, pouze část obce pomocí automatické tlakové stanice. Schéma celé vodovodní sítě je patrné z následujícího obrázku.



Obrázek 5.1: Situace vodovodu Ochoz u Brna [16]

## 5.1 ČERPACÍ STANICE ŘÍČKA

### 5.1.1 Popis objektu

Čerpací stanice se nachází v údolí řeky Říčky asi 2 km jižně do Ochozu u Brna. Výstavba čerpací stanice probíhala během roku 2006, stavba byla zkolaudována v roce 2007. Z čerpací stanice vedou dva výtlačné řady. První výtlačný řad zásobuje vodojem ve vedlejší obci Mokrá, druhý výtlačný řad zásobuje vodojem Ochoz.

Jedná se o samostatný stavební objekt, jehož součástí je akumulční nádrž o objemu 80 m<sup>3</sup>. Vstup do čerpací stanice je zabezpečen ocelovou mříží přes vstupní dveře, čerpací stanice nemá detektory na signalizaci neoprávněného vstupu do objektu. Čerpací stanice nemá okna, osvětlení je pouze umělé pomocí úsporných zářivek. Odvětrávání objektu je řešeno uměle, nemá dostatečnou kapacitu a uvnitř objektu se objevuje zvýšená vlhkost.

Čerpání vody na VDJ Ochoz zajišťují dvě vertikální odstředivá čerpadla. Řízení čerpadel probíhá automaticky v závislosti na množství vody ve vodojemu. Čerpadla se každý den v provozu střídají, průměrná denní doba čerpání je 6 hodin. Průtok při čerpání vody na VDJ Ochoz je 6 l/s, dopravní výška je 137 m. Čerpadla jsou původní z roku 2007, jsou ve výborném technickém stavu a jejich provoz je nenáročný na údržbu. Pracovní bod čerpadel se nachází na QH křivce od výrobce. Účinnost čerpadla je podle křivky účinnosti větší než 60 %.



Obrázek 5.2: Čerpací stanice Říčka

## 5.1.2 Hodnocení objektu

Pro vyplňování hodnocení a známkování jednotlivých faktorů byla použita data poskytnutá VAS, a. s., osobní prohlídka objektu a konzultace s pracovníky VAS, a. s. Dva z celkových třiceti pěti faktorů získaly nejhorší možnou známku 3. Jedná se o F4 – Zvedací zařízení v rámci ST3. Na čerpací stanici není umístěné žádné čerpací zařízení. Dále se jedná o faktor F1 – Průměrná denní doba chodu čerpadel v rámci TP2. Hodnocení 3 značí dobu kratší než 8 hodin, průměrná denní doba chodu čerpadel na ČS Říčka je 6 hodin.

Hodnocení objektu    Základní informace    Audit: Stavebně-technický

Audit: Technologicko-provozní    Výsledky auditu

Hodnocení objektu: ČS Říčky

**Ukazatel**

- TP1: Stav čerpacích jednotek [ok]
- TP2: Pracovní charakteristiky čerpadel [ok]
- TP3: Stav technologické části (mimo čerpadel) [ok]
- TP4: Protirázová ochrana [ok]

**Faktory ukazatele**

- F1 : Průměrná denní doba chodu čerpadel [ok]
- F2 : Trend měné spotřeby el. energie [ok]
- F3 : Poloha pracovního bodu [ok]
- F4 : Účinnost čerpadel [ok]
- F5 : Efektivita instalovaného příkonu ČS [ok]

**Hodnocení faktoru**

Nehodnoceno

Doba chodu je větší než 12 hodin.

Doba chodu je 8 až 12 hodin.

Doba chodu je menší než 8 hodin.

Poznámka: Čerpadla jsou pouštěna automaticky, podle polohy hladiny ve vodojemu. Ke spuštění čerpadel dochází několikrát denně.

**Uložit hodnocení**

**Soubory**

Vybrat soubor    Soubor nevybrán    Uložit soubor

Obrázek 5.3: Hodnocení faktoru F1 v rámci TP2 ČS Říčka [15]

Dvacet dva faktorů bylo ohodnoceno známkou 1. Mezi nimi jsou například faktory týkající se protirázové ochrany. Ta je na ČS Říčka řešena pomocí tlakového redukčního ventilu a během provozu nejsou evidovány žádné problémy týkající nárůstu tlaků. Zbytek faktorů byl ohodnocen známkou dva. Mezi takto hodnocenými faktory jsou například stav podlah, stěn a stropů. Hodnocení dva v tomto případě znamená drobná poškození v podobě prasklin nebo odlupujících se obkladů. Na dvou místech se v čerpací stanici vyskytovala plíseň u dřevěné konstrukce střechy. Plíseň může být způsobena zvýšenou vlhkostí.



**Obrázek 5.4: Čerpadla na ČS Říčka s protirázovou ochranou**



**Obrázek 5.5: Stav vnitřních stěn a stropu na ČS Říčka**

Celkové hodnocení objektu vyšlo B, stejně jako hodnocení stavebně-technické a technologicko-provozní části. Opatření objektu bylo vypočítáno na 26-35 %. Nejlépe hodnocenými ukazateli jsou ST2 – Stav akumulční nádrže a TP4 – Protirázová ochrana. Oba tyto ukazatele získali hodnocení 1. Naopak nejhůře hodnoceným ukazatelem je ST3 – Prostředí na ČS, který získal celkovou známku 3. Ostatní ukazatele získaly hodnocení 2. Přehled hodnocení všech ukazatelů je na následujících obrázcích.

<b>B</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAP)</b>		<b>0,35</b>
<b>2</b>	<b>ST1</b>	<b>STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ ČS</b>	<b>0,4</b>
2	F1	Stav střešní konstrukce	0,2
1	F2	Stav výplní stavebních otvorů	0,2
2	F3	Stav podlah	0,15
2	F4	Stav stěn	0,15
2	F5	Stav stropní konstrukce	0,15
1	F6	Stav zámečnických prvků	0,15
<b>1</b>	<b>ST2</b>	<b>STAV AKUMULAČNÍ NÁDRŽE</b>	<b>0,4</b>
1	F1	Stav dna a kalové jímky	0,2
1	F2	Stav stěn	0,2
1	F3	Stav vstupních prvků nádrže	0,15
1	F4	Stav potrubí	0,15
1	F5	Stav střešní konstrukce	0,1
1	F6	Stav stropní konstrukce	0,1
2	F7	Stav odvětrání	0,1
<b>3</b>	<b>ST3</b>	<b>PROSTŘEDÍ NA ČS</b>	<b>0,2</b>
2	F1	Stav zabezpečení objektu	0,3
2	F2	Stav odvětrání	0,2
2	F3	Stav topení	0,2
3	F4	Zvedací zařízení	0,2
1	F5	Způsob osvětlení	0,1

Obrázek 5.6: Hodnocení stavebně-technické části ČS Říčka [15]

<b>B</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAP)</b>		<b>0,65</b>
<b>2</b>	TP1	STAV ČERPACÍCH JEDNOTEK	0,3
2	F1	Stáří čerpacích jednotek	0,35
1	F2	Znaky opotřebení čerpadel	0,2
1	F3	Poruchovost čerpacích jednotek	0,15
1	F4	Četnost a náročnost údržby	0,15
1	F5	Uložení a ukotvení čerpadel	0,15
<b>2</b>	TP2	PRACOVNÍ CHARAKTERISTIKY ČERPADEL	0,25
3	F1	Průměrná denní doba chodu čerpadel	0,2
1	F2	Trend měrné spotřeby el. energie	0,2
1	F3	Poloha pracovního bodu	0,2
1	F4	Účinnost čerpadel	0,2
0	F5	Efektivita instalovaného příkonu ČS	0,2
<b>2</b>	TP3	STAV TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI (MIMO ČERPADEL)	0,25
1	F1	Stav uzavíracích a dalších armatur	0,3
2	F2	Stav měřících prvků	0,3
1	F3	Způsob a stav řízení čerpadel	0,15
1	F4	Stav elektroinstalace	0,15
1	F5	Stav potrubí v ČS	0,1
<b>1</b>	TP4	PROTIRÁZOVÁ OCHRANA	0,2
1	F1	Způsob protirázové ochrany	0,6
1	F2	Vznik a tlumení rázů	0,4

Obrázek 5.7: Hodnocení technologicko-provozní části ČS Říčka [15]

Hodnocení objektu		
Základní informace		
Audit: Stavebně-technický		
Audit: Technologicko-provozní		
Výsledky auditu		
Projekt: Ochoz u Brna		
Objekt: ČS Říčky		
<b>B</b> [26-35%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>	<b>VÁHA</b>
<b>B</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAP)</b>	<b>0,35</b>
2	ST1 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ ČS	0,4
1	ST2 STAV AKUMULAČNÍ NÁDRŽE	0,4
3	ST3 PROSTŘEDÍ NA ČS	0,2
<b>B</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAP)</b>	<b>0,65</b>
2	TP1 STAV ČERPACÍCH JEDNOTEK	0,3
2	TP2 PRACOVNÍ CHARAKTERISTIKY ČERPADEL	0,25
2	TP3 STAV TECHNOLOGICKÉ ČÁSTI (MIMO ČERPADEL)	0,25
1	TP4 PROTIRÁZOVÁ OCHRANA	0,2
<input type="button" value="Přepočítat"/> <input type="button" value="Export"/> <input type="checkbox"/> Zobrazit faktory		

Obrázek 5.8: Souhrnné hodnocení ČS Říčky [15]

## 5.2 VÝTLAČNÝ ŘAD NA VDJ OCHOZ U BRNA

### 5.2.1 Popis objektu

Priváděcí řad vede z ČS Říčka na VDJ Ochoz. Byl postaven v roce 2007, materiál potrubí je polyethylen o průměru DN 100. Celková délka řadu 1985 m. Armatury na řadu jsou původní a plně funkční. Potrubí je bez inkrustací, průtočný profil potrubí není omezen. Hloubka uložení potrubí je menší než 2,5 m, dopravní zatížení je minimální, trasa potrubí vede extravilánem.

Poruchovost potrubí je menší než 0,3 pp/km/rok a vykazuje stagnující tendenci. Kapacitně potrubí plně vyhovuje provozním průtokům, potrubí není předimenzované. Protirázová ochrana řadu je zajištěna pomocí tlakového redukčního ventilu. Rychlost proudění v řadu je větší než 0,5 m/s.

### 5.2.2 Hodnocení objektu

Během vyplňování hodnocení jednotlivých faktorů nebyly vyplněny dva faktory týkající se ztrát vody. VAS, a. s. neeviduje ztráty vody pro výtlačné řady z čerpacích stanic do

vodojemů. Z ostatních čtrnácti faktorů získaly pouze dva hodnocení 2. Jedná se o F2 – Stáří a stav armatur v rámci ST1. Hodnocení 2 znamená funkční a pravidelně kontrolované armatury staré 5-20 let. Druhým faktorem ohodnoceným 2 je F2 – Vývoj dynamiky poruch, kde hodnota 2 značí stagnující tendenci poruchovosti potrubí. Ostatní faktory byly ohodnoceny známkou 1.

Celkové hodnocení řadu je A-. Stavebně-technická i technologicko-provozní část byla ohodnocena A. Celkové opotřebení objektu bylo vypočteno na 16-20 %. Výsledek hodnocení jednotlivých faktorů a ukazatelů je patrný z následujícího obrázku.

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Ochoz u Brna					
Objekt: Úsek č. 1					
<b>A-</b> [16-20%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>				<b>VÁHA</b>
<b>A</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)</b>				<b>0,6</b>
<b>2</b>	ST1	STÁŘÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU			0,5
1	F1	Stáří potrubí dle trubního materiálu			0,5
2	F2	Stáří a stav armatur			0,4
1	F3	Inkrustace potrubí			0,1
<b>1</b>	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU			0,3
1	F1	Hloubka uložení			0,4
1	F2	Dopravní zatížení			0,4
1	F3	Koordinace s ostatními sítěmi			0,2
<b>1</b>	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,2
1	F1	Vnější protikorozní ochrana			0,5
1	F2	Vnitřní protikorozní ochrana			0,5
<b>A</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)</b>				<b>0,4</b>
<b>2</b>	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,4
1	F1	Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]			0,6
2	F2	Vývoj dynamiky poruch			0,4
<b>1</b>	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU			0,4
1	F1	Hydraulická kapacita			0,6
1	F2	Protirázová ochrana řadu			0,4
<b>N</b>	TP3	ZTRÁTY VODY			0,1
0	F1	Procento ztrát vody z vody vstupující do řadu			0,6
0	F2	Jednotkový únik vody JU			0,4
<b>1</b>	TP4	VLIV NA KVALITU VODY			0,1
1	F1	Vliv trubního materiálu a inkrustů na kvalitu vody			0,6
1	F2	Vliv doby zdržení vody v řadu na kvalitu vody			0,4

Zobrazit faktory

Obrázek 5.9: Detailní hodnocení příváděcího řadu [15]

Hodnocení objektu		Základní informace		Audit: Stavebně-technický	
Audit: Technologicko-provozní		Výsledky auditu			
Projekt: Ochoz u Brna					
Objekt: Úsek č. 1					
A- [16-20%]	CELKOVÉ HODNOCENÍ				VÁHA
A	ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAM)				0,6
2	ST1	STARÍ A STAV TRUBNÍHO ŘADU			0,5
1	ST2	STAVEBNĚ TECHNICKÉ PROVEDENÍ ŘADU			0,3
1	ST3	PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŘADU			0,2
A	TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAM)				0,4
2	TP1	PORUCHOVOST ŘADU			0,4
1	TP2	HYDRAULICKÁ KAPACITA ŘADU			0,4
N	TP3	ZTRÁTY VODY			0,1
1	TP4	VLIV NA KVALITU VODY			0,1
Přepočítat		Export		<input type="checkbox"/> Zobrazit faktory	

Obrázek 5.10: Souhrnné hodnocení příváděcího řadu [15]

## 5.3 VODOJEM OCHOZ U BRNA

### 5.3.1 Popis objektu

Vodojem Ochoz je dvoukomorový zemní vodojem o akumulaci  $2 \times 100 \text{ m}^3$ . Vodojem se nachází zhruba 600 m jihozápadně od obce Ochoz u Brna. Je přístupný ze silnice II. třídy číslo 373 vedoucí z Brna do Ochozu u Brna. Kóta maximální hladiny vodojemu je 415,00 m n. m. Vodojem byl postavený během roku 2006, kolaudace objektu proběhla v roce 2007.

Nátok do vodojemu probíhá průměrně 6 hodin denně. Přívodní potrubí je průměru DN 100, odběrné potrubí je DN 150. Materiál potrubí uvnitř vodojemu tvoří nerezová ocel. Průměrná denní spotřeba vody je  $65 \text{ m}^3/\text{den}$ , maximální denní spotřeba vody je 1,5 l/s, maximální hodinový odběr je 3 l/s. Armatury ve vodojemu jsou původní z roku 2006 a plně funkční.

Vodojem nemá okna, osvětlení je zajišťováno úspornými zářivkami. Odvětrávání akumulčních komor je vedeno přes manipulační komoru a je osazeno ochranou proti vniknutí prachu, hmyzu a drobných živočichů. Celý objekt je oplocen, vstup do objektu je chráněn ocelovou mříží s visacím zámekem a kovovými dveřmi. Objekt není vybaven signalizací neoprávněného vstupu.



Obrázek 5.11: VDJ Ochoz – zabezpečení vstupu

### 5.3.2 Hodnocení objektu

Při vyplňování hodnocení jednotlivých faktorů nebyl hodnocen faktor F1 – Biologický audit v rámci TP4, pro který nebyla k dispozici potřebná data. Ostatní faktory byly ohodnoceny. Ani jeden z faktorů nezískal hodnocení 3. Hodnocení 2 získal například faktor F4 – Osazení a stav průtokoměrů a ostatních měřících zařízení v rámci ST4. U měřících zařízení na VDJ Ochoz nejsou dodrženy požadované uklidňující délky. Dalším faktorem, který byl ohodnocen známkou 2 je F1 – Maximální hydrostatický tlak v nejnižším bodu sítě v rámci TP3. Hodnota 2 znamená tlak mezi 0,45 MPa a 0,6 MPa.

Většina faktorů získala známku 1. Toto hodnocení získaly například všechny faktory vnitřních stavebních konstrukcí vodojemu. Hodnocení 1 znamená konstrukce bez poruch nebo pouze drobné poruchy nátěrů či obkladů. Stejně hodnocení získaly i faktory týkající se stavu vnějších stěn a střechy. Hodnocení 1 pro stav střechy značí konstrukci bez poruchy a bez vegetace.



**Obrázek 5.12: VDJ Ochoz – nedodržení ukliďovacích délek**



**Obrázek 5.13: VDJ Ochoz – stav střechy a vnějších stěn**

Celkové hodnocení objektu odpovídá jeho na první pohled patrnému výbornému stavu. Celkový výsledek je A-, stavebně-technická část získala hodnocení A, technologické provozní část byla ohodnocena B. Celkové opotřebení objektu bylo vypočítáno na 16-20 %. Ukazatel TP4 – Biologický audit získal hodnocení N. Tento ukazatel je tvořen pouze jedním faktorem,

který nebyl vyplněn. Celkem 3 ukazatele získaly hodnocení 2. Jedná se o ST3 – Stav technického vybavení akumulární komory, TP2 – Vliv akumulace na kvalitu vody a TP3 – Tlakové poměry v síti. Zbytek ukazatelů má hodnocení 1. Přehled všech ukazatelů a faktorů je na následujících obrázcích.

<b>A</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAA)</b>	<b>0,6</b>
<b>1</b>	<b>ST1 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ AKUMULAČNÍ KOMORY</b>	<b>0,3</b>
1	F1 Stav vnitřních stěn	0,2
1	F2 Stav dna	0,2
1	F3 Stav stropních konstrukcí	0,15
1	F4 Stav střešní konstrukce	0,15
1	F5 Stav svislých nosných konstrukcí	0,1
1	F6 Stav kalové jímky	0,1
1	F7 Stav vstupu do prostoru akumulární komory	0,1
<b>1</b>	<b>ST2 STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ MANIPULAČNÍ KOMORY</b>	<b>0,2</b>
1	F1 Stav střešní konstrukce	0,2
1	F2 Stav stropních konstrukcí	0,2
1	F3 Stav podlahy	0,2
1	F4 Stav opěrných bloků	0,15
1	F5 Stav vnitřních stěn	0,15
1	F6 Stav vnějších stěn	0,1
<b>2</b>	<b>ST3 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ KOMORY</b>	<b>0,2</b>
1	F1 Stav potrubí	0,3
2	F2 Stav odvětrání	0,3
1	F3 Stav bezpečnostního přelivu	0,2
1	F4 Stav žebříku	0,2
<b>1</b>	<b>ST4 STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ MANIPULAČNÍ KOMORY</b>	<b>0,3</b>
1	F1 Stav potrubí a armatur	0,2
1	F2 Stav prostupů potrubí konstrukcemi	0,2
1	F3 Zabezpečení proti vniknutí	0,2
2	F4 Osazení a stav průtokoměrů a ostatních měřicích zařízení	0,15
1	F5 Stav odvětrání a oken	0,15
1	F6 Stav zámečnických výrobků	0,1

**Obrázek 5.14: Hodnocení stavebně-technické části VDJ Ochoz [15]**

<b>B</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAA)</b>	<b>0,4</b>
1	TP1 VELIKOST AKUMULACE	0,25
1	F1 Poměr celkové akumulace $A_c$ a $Q_m$	0,4
1	F2 Minimální doba zásobení při poruše	0,4
1	F3 Minimální doba zásobení při odběru požární vody	0,2
<b>2</b>	<b>TP2 VLIV AKUMULACE NA KVALITU VODY</b>	<b>0,25</b>
2	F1 Vzájemné umístění přítoku a odběru	0,4
1	F2 Pohyb hladiny ve vodojemu	0,3
2	F3 Průměrná doba zdržení ve vodojemu	0,3
<b>2</b>	<b>TP3 TLAKOVÉ POMĚRY V SÍTI</b>	<b>0,2</b>
2	F1 Maximální hydrostatický tlak v nejnižším bodu sítě	0,4
1	F2 Minimální hydrodynamický tlak v nejvyšším bodu sítě při $Q_{h,max}$	0,3
1	F3 Minimální hydrodynamický tlak v nejdálenějším bodu sítě při $Q_{h,max}$	0,3
<b>N</b>	<b>TP4 BIOLOGICKÝ AUDIT</b>	<b>0,3</b>
0	F1 Biologický audit	1

Obrázek 5.15: Hodnocení technologicko-provozní části VDJ Ochoz [15]

Seznam objektů			Základní informace			Audit: Stavebně-technický		
Audit: Technologicko-provozní			Výsledky auditu					
Projekt: Ochoz u Brna								
Objekt: VDJ Ochoz u Brna								
<b>A-</b> [16-20%]	<b>CELKOVÉ HODNOCENÍ</b>						<b>VÁHA</b>	
<b>A</b>	<b>ST: STAVEBNĚ-TECHNICKÁ ČÁST (TEAA)</b>						<b>0,6</b>	
1	ST1	STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ AKUMULAČNÍ KOMORY					0,3	
1	ST2	STAV STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ MANIPULAČNÍ KOMORY					0,2	
2	ST3	STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ AKUMULAČNÍ KOMORY					0,2	
1	ST4	STAV TECHNICKÉHO VYBAVENÍ MANIPULAČNÍ KOMORY					0,3	
<b>B</b>	<b>TP: TECHNOLOGICKO-PROVOZNÍ ČÁST (TEAA)</b>						<b>0,4</b>	
1	TP1	VELIKOST AKUMULACE					0,25	
2	TP2	VLIV AKUMULACE NA KVALITU VODY					0,25	
2	TP3	TLAKOVÉ POMĚRY V SÍTI					0,2	
N	TP4	BIOLOGICKÝ AUDIT					0,3	
Přepočítat			Export			<input type="checkbox"/> Zobrazit faktory		

Obrázek 5.16: Souhrnné hodnocení VDJ Ochoz [15]

Cekem byly ohodnoceny tři objekty skutečného vodovodu. Všechny objekty získaly velmi dobré hodnocení, které je zapříčiněné především nízkým stářím objektů a s tím souvisejícím dobrým technickým stavem. U nedávno postavených objektů je dobrý výsledek hodnocení technického stavu očekáván, dosažení horších výsledků by znamenalo závažné nedostatky při provozování těchto objektů.

## 6 ZÁVĚR

V první části bakalářské práce byla vypracována rešerše týkající se současného stavu legislativy v České republice a její porovnání s legislativou ve Slovenské republice. Z rešerše vyplývá, že v současnosti v České republice neexistuje jednotná a ucelená metodika, jak technický stav vodárenské infrastruktury hodnotit. Způsob hodnocení tedy závisí na jednotlivých majitelích infrastruktury

V další části práce byla provedena rešerše tematiky hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury. Jsou zde uvedeny faktory, podle kterých lze technický stav hodnotit a metody, které se pro hodnocení technického stavu ve světě používají. Tři vybrané metody jsou popsány podrobněji.

Hlavním tématem práce bylo testování aplikace TEA Water. Aplikace byla vyvinuta na ÚVHO Fakulty stavební. V kapitole 3 je popsán princip hodnocení v aplikaci a jsou zde vypsány jednotlivé faktory a ukazatele pro moduly aplikace TEA Water použité v bakalářské práci. Jedná se o moduly TEAA (vodojem), TEAN (tlakové pásmo), TEAS (vodovodní řad), TEAP (čerpací stanice) a TEAM (příváděcí řad).

Čtvrtá kapitola se zabývá testováním aplikace na fiktivním vodovodu. Testování na fiktivním vodovodu bylo provedeno za účelem seznámení se s ovládáním aplikace a zadáváním jednotlivých hodnocení. Dalším účelem bylo ověření funkčnosti aplikace a odhalení případných nedostatků a nedokonalostí. V rámci fiktivního vodovodu bylo provedeno hodnocení celkem 7 objektů. Aplikace pracuje správně, její ovládání je jednoduché a intuitivní. Výpočet hodnocení jednotlivých objektů probíhá stejně jako v původní šabloně aplikace v MS Excel, souhlasí i váhy jednotlivých faktorů a ukazatelů. Při práci s aplikací bylo objeveno několik nedokonalostí, které sice nemají vliv na funkčnost aplikace, ale bylo by dobré je do budoucna odstranit. Objevené nedokonalosti jsou následující:

- Nepřesně popsané moduly – při výběru modulů pro hodnocení jsou moduly TEAR a TEAP popsány jako „Jímací objekty“. Lepší by byl jednoznačnější popis, například: „Zdroj vody“ a „Čerpací stanice“.
- Ukládání základních údajů u ČS – nelze měnit základní údaje o čerpací stanici. Po vyplnění nových údajů a kliknutí na tlačítko opravit se objeví chybová hláška: „Object reference not set to an instance of an object.“
- Založení nového příváděcího řadu – při výběru modulů nelze kliknout na tlačítko „Nový objekt“ u příváděcích řadů. Nový příváděcí řad je nutné založit přes tlačítko „Hodnocení“.
- Překlep v názvu objektu – při výběru hodnocení je modul TEAS pojmenován „Vodovoní řady“.

- Název modulu TEAN – v webové verzi aplikace je modul pojmenován „Rozvodná síť“, zatímco v šabloně MS Excel je pojmenován „Tlakové pásmo“
- Výsledek hodnocení v modulu TEAN – aplikace neukládá výsledek hodnocení v modulu TEAN, pro zobrazení výsledku je po každém přihlášení do aplikace potřeba kliknout na tlačítko „Přepočítat“, výsledky hodnocení jednotlivých faktorů jsou ukládány bez problémů.
- Špatně popsany faktor v modulu TEAA – faktor F1 v rámci TP1 – poměr celkové akumulace  $A_c/Q_m$ . Správné označení faktoru by měl být poměr provozní akumulace  $A_h/Q_m$ .

Následující kapitola se zabývá hodnocením technického stavu skutečného vodovodu. V rámci této kapitoly bylo provedeno hodnocení třech objektů vodovodní sítě Ochoz u Brna, která je provozována Vodárenskou akciovou společností, a. s., divizí Brno-venkov. Hodnocení na skutečném vodovodu bylo provedeno za účelem ověření praktického použití aplikace a získání poznatků od provozovatelů vodovodu. Při vyplňování hodnocení u výtlačného řadu nebyly vyplněny faktory týkající se ztrát vody. VAS, a. s. neviduje tyto údaje pro výtlačné řady, ale pouze pro vodovodní řady a rozvodnou síť. Další připomínka od pracovníků se týká Poruchovosti příváděcího řadu. Faktor F2 – Vývoj dynamiky poruch bere stagnující tendenci jako známku dva. Pokud má tedy řad nízkou, téměř nulovou, poruchovost se stagnující tendencí (nízká poruchovost nemůže klesat), musí být faktor F2 podle aplikace ohodnocen známkou 2. Další připomínky se týkaly nejednoznačného hodnocení některých faktorů. Například u modulu TEAA, faktor F3 – Zabezpečení proti vniknutí v rámci ST4. Hodnocení jedna znamená oplocení vodojemu ostnatým drátem a detektory pohybu uvnitř objektu, zatímco hodnocení dva značí již poškozené oplocení a rozbité výplně oken a otvorů. Vodojem hodnocený v rámci bakalářské práce měl dostatečné zabezpečení vstupu do objektu, přesto nesplnil všechny požadavky na hodnocení 1. Pro přesnější hodnocení by bylo zapotřebí jakýsi mezistupeň v hodnocení nebo upravení popisu jednotlivých známek faktoru.

Celkově se s aplikací pracuje velmi dobře a jednoduše. Do budoucna by aplikace mohla být rozšířena o možnost vytisknutí pracovních verzí formulářů pro hodnocení objektů přímo v terénu. Věřím, že bakalářská práce pomůže k odstranění odhalených nedostatků a přispěje k dalšímu zdokonalení aplikace. Pro další zdokonalení aplikace by stálo za to otestovat ji na větším množství skutečných objektů a případné výsledky porovnat s jinými metodami. Rád bych se tématu věnoval i rámci případné diplomové práce.

## 7 ZDROJE

- [1] *Zákon č. 274/2001 Sb.; o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: Česká Republika: Sbírka zákonů, 2001, číslo 274.
- [2] *Vyhláška č. 428/2001 Sb.; Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: Česká Republika: Sbírka zákonů, 2001, číslo 428.
- [3] Aplikace pro Vybrané údaje majtkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací – MPVaK. *EAGRI* [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2017 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/vybrane-udaje-z-majtkove-a-provozni-evidence-vodovodu-a-kanalizaci/vstupni-formulare-aplikace-vybranych.html>
- [4] KONEČNÝ, Pavel. *Technický stav veřejného vodovodu*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ladislav Tuhovčák.
- [5] Technologie pro optimalizaci plánu obnovy vodovodních a kanalizačních sítí. *Vodovod.info* [online]. Brno: Vodovod.info, 2016 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/clanky/komercni-prezentace/333-technologie-pro-optimalizaci-planu-obnovy-vodovodnich-a-kanalizacnich-siti#.Wmp23fk1-Uk>
- [6] *Zákon č. 442/2002 Z. z.; o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách*. In: Slovensko: Zbierka zákonov, 2002, číslo 442.
- [7] *Vyhláška č. 262/2010 Z. z.; Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovuje obsah plánu obnovy verejného vodovodu, plánu obnovy verejnej kanalizácie a postup pri ich vypracúvaní*. In: Slovensko: Zbierka zákonov, 2010, číslo 262.
- [8] AL-BARQAWI, Hassan a Tarek ZAYED. Condition Rating Model for Underground Infrastructure Sustainable Water Mains. *Journal of Performance of Constructed Facilities* [online]. 2006, **20**(2), 126-135 [cit. 2017-03-17]. DOI: 10.1061/(ASCE)0887-3828(2006)20:2(126). ISSN 0887-3828. Dostupné z: [http://ascelibrary.org/doi/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2006\)20:2\(126\)](http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)0887-3828(2006)20:2(126))
- [9] Condition Assessment Technologies for Water Transmission and Distribution Systems [online]. Cincinnati (USA): U.S. Environmental Protection Agency, 2013 [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/>
- [10] BEUKEN, Ralph. Mains Condition Assessment by Echopulse, a Validation of Results. In: *16th Conference on Water Distribution System Analysis, WDSA 2014*. Bari, Italy, 2014, s. 1438-1444.
- [11] SmartBall® Leak Detection. In: *Pure Technologies* [online]. New York: Pure Technologies, 2015 [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <https://www.puretechltd.com/technologies-brands/smartball/smartball-leak-detection>

- [12] Sahara® Technology. In: *Pure Technologies* [online]. New York: Pure Technologies, 2015 [cit. 2017-02-21]. Dostupné z: <https://www.puretechltd.com/technologies-brands/sahara>
- [13] TUHOVČÁK, Ladislav, Tomáš SUCHÁČEK a Miloš TAUŠ. Metodika hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury. *SOVAK*. 2015, (12), 26-29. ISSN 1210-3039.
- [14] TUHOVČÁK, Ladislav. *Vybrané statě z vodárenství: Metodika hodnocení technického stavu vodovodů – TEA Water*. Brno, 2017.
- [15] *TEA Water* [online]. Brno [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.teawater.cz/>
- [16] Přehledná situace se zákresem vodovodů. In: *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Jihomoravského kraje* [online]. Brno: AQUATIS, 2017 [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: [https://www.kr-ihomoravsky.cz/archiv/ozp/PRVK\\_JMK/GRAFIKA/PDF/Vodovody/BV\\_vod\\_50.pdf](https://www.kr-ihomoravsky.cz/archiv/ozp/PRVK_JMK/GRAFIKA/PDF/Vodovody/BV_vod_50.pdf)
- [17] Vodovody pro veřejnou potřebu. In: *Český statistický úřad* [online]. Praha: ČSÚ, 2017 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/es/index.jsf?page=vystup-objekt-vyhledavani&vyhltext=vodovod&bkvt=dm9kb3ZvZA.&katalog=all&pvo=ZPR11#w=>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČR	... Česká republika
§	... paragraf
AC	... azbestocement
CAD	... Computer Aided Design
CARE-W	... Computer Aided REhabilitation of Water Networks
ČS	... čerpací stanice
F	... faktor
FMEA	... Analýza spolehlivosti (Failure Mode and Effect Analysis)
GG	... šedá litina
GGG	... tvárná litina
GIS	... geografický informační systém
GPR	... sklolaminát
GPS	... Global Positioning System
IČME	... identifikační číslo majetkové evidence
IČPE	... identifikační číslo provozní evidence
MPVaK	... aplikace ministerstva zemědělství pro vyplnění dat VÚME a VÚPE
MS Windows	... operační systém Microsoft Windows
NDT	... nedestruktivní testování
NRC	... Národní výzkumná rada USA (National Research Council)
OC	... ocel
PE	... polyetylen
PFOVK	... Plán financování vodovodů nebo kanalizací
PŘ	... příváděcí řad
PVC	... polyvinylchlorid
Sb.	... Sbírka
SČVK a.s.	... Severočeské vodovody a kanalizace, a.s.
ST	... Stavebně-technická část
SVS a.s.	... Severočeská vodárenská společnost a.s.
TEA	... Technický a energetický audit (Technical and Energy Audit)
TEAA	... Technický a energetický audit pro vodojemy (Accumulation)
TEAM	... Technický a energetický audit pro příváděcí řady (Main)
TEAN	... Technický a energetický audit pro rozvodnou síť (Net)
TEAP	... Technický a energetický audit pro čerpací stanice (Pump)
TEAR	... Technický a energetický audit pro vodní zdroje (Resources)
TEAS	... Technický a energetický audit pro vodovodní síť (Single)
TEAT	... Technický a energetický audit pro úpravny vody (Treat)
TP	... Technologicko-provozní část
TP	... tlakové pásmo
TU	... technický ukazatel
USA	... Spojené státy americké

UVHO	... Ústav vodního hospodářství obcí
VAS, a. s.	... Vodárenská akciová společnost, a. s.
VDJ	... vodojem
VŘ	... vodovodní řad
VÚME	... Vybrané údaje majetkové evidence
VÚPE	... Vybrané údaje provozní evidence
ZŘ	... zásobní řad
ŽB	... železobeton

## SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 2.1: Plán financování obnovy vodovodů nebo kanalizací [2] .....	9
Tabulka 2.2: Ukázka hodnocení – zařazení objektů podle věku [7] .....	12
Tabulka 2.3: Rozdělení faktorů majících vliv na potrubí do kategorií [8].....	14
Tabulka 2.4: Indikátory poškození pro PVC potrubí [9].....	15
Tabulka 2.5: Interferenční indikátory pro PVC potrubí [9] .....	16
Tabulka 2.6: Vhodnost použití technologie podle druhu potrubí [9] .....	17
Tabulka 2.7: Anonymní průzkum provedený NRC USA [9].....	21
Tabulka 2.8: Průzkum provedený společností Virginia Tech [9].....	22
Tabulka 3.1: Kategorie hodnocení [13].....	26
Tabulka 3.2: Modul TEAM [15] .....	27
Tabulka 3.3: Modul TEAA [15].....	28
Tabulka 3.4: Modul TEAP [15].....	29
Tabulka 3.5: Modul TEAN [15].....	30
Tabulka 3.6: Modul TEAS [15].....	31

## SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Ukázka pracovního prostředí aplikace MPVaK .....	11
Obrázek 2.2: Kritéria a jejich váha pro hodnocení stavu vodovodu [5].....	13
Obrázek 2.3: Schéma metody Echopulse [10] .....	18
Obrázek 2.4: Zařízení SmartBall [11] .....	19
Obrázek 2.5: Schéma zařízení Sahara [12].....	20
Obrázek 3.1: Moduly TEA Water [14].....	24
Obrázek 3.2: Struktura hodnocení TEA Water [13].....	25
Obrázek 3.3: Schéma postupu hodnocení objektu [14].....	26
Obrázek 4.1: Schéma fiktivního vodovodu .....	32
Obrázek 4.2: Založení nového projektu [15].....	33
Obrázek 4.3: Výběr objektů vodovodu [15].....	33
Obrázek 4.4: Základní údaje o fiktivní čerpací stanici [15] .....	35
Obrázek 4.5: Vyplňování hodnocení objektu ČS [15] .....	36
Obrázek 4.6: Výsledek hodnocení ČS – souhrnná verze [15].....	37
Obrázek 4.7: Výsledek hodnocení ČS – část detailní verze [15] .....	38
Obrázek 4.8: Výsledek hodnocení ČS v šabloně MS Excel.....	39
Obrázek 4.9: Hodnocení přiváděcího řadu [15] .....	41
Obrázek 4.10: Výsledek hodnocení VDJ [15].....	43
Obrázek 4.11: Hodnocení TP [15].....	44
Obrázek 4.12: Hodnocení vodovodního řadu VŘ1 [15] .....	47
Obrázek 4.13: Hodnocení vodovodního řadu VŘ2 [15] .....	49
Obrázek 4.14: Hodnocení vodovodního řadu VŘ3 [15] .....	51

Obrázek 4.15: Přehled celkového hodnocení [15] .....	52
Obrázek 4.16: Schéma celkového hodnocení fiktivního vodovodu [15] .....	52
Obrázek 5.1: Situace vodovodu Ochoz u Brna [16].....	53
Obrázek 5.2: Čerpací stanice Říčka.....	54
Obrázek 5.3: Hodnocení faktoru F1 v rámci TP2 ČS Říčka [15] .....	55
Obrázek 5.4: Čerpadla na ČS Říčka s protirázovou ochranou .....	56
Obrázek 5.5: Stav vnitřních stěn a stropu na ČS Říčka.....	57
Obrázek 5.6: Hodnocení stavebně-technické části ČS Říčka [15].....	58
Obrázek 5.7: Hodnocení technologicko-provozní části ČS Říčka [15] .....	59
Obrázek 5.8: Souhrnné hodnocení ČS Říčky [15] .....	60
Obrázek 5.9: Detailní hodnocení příváděcího řadu [15] .....	61
Obrázek 5.10: Souhrnné hodnocení příváděcího řadu [15].....	62
Obrázek 5.11: VDJ Ochoz – zabezpečení vstupu .....	63
Obrázek 5.12: VDJ Ochoz – nedodržení uklidňovacích délek.....	64
Obrázek 5.13: VDJ Ochoz – stav střechy a vnějších stěn .....	64
Obrázek 5.14: Hodnocení stavebně-technické části VDJ Ochoz [15] .....	65
Obrázek 5.15: Hodnocení technologicko-provozní části VDJ Ochoz [15].....	66
Obrázek 5.16: Souhrnné hodnocení VDJ Ochoz [15].....	66

## SUMMARY

The first part of this bachelor's thesis is theoretical search about legislation in Czech Republic about condition assessment of water supply infrastructure. And it is compared with legislation in Slovakia. Conclusion of the search is, that there is no comprehensive method, which can be used to assess technical condition of water supply infrastructure.

Next part of this thesis is about methods that are used to assess technical condition abroad. There are written factors, which indicate conditions of water mains and methods that are capable of determine those factors. Several methods are described more in detail.

The main topic of this thesis is testing application TEA Water. This application was developed in Institute of Municipal Water Management in Faculty of Civil Engineering. In chapter 3 is described how this application works and there are shown modules of application used in this thesis. Next chapter is about testing application on fictional water main. Testing was done on seven different objects and the objective was to find possible errors and imperfections. Application works very well and it is easy to use. There were found several imperfections, which haven't effect on results given by application TEA Water, but should be removed or repaired.

The last part of thesis is about testing application TEA Water on real water main. There were chosen three objects to do the condition assessment – water reservoir Ochoz, pump station Říčka and water main between them. The objective of this testing was to get some response on TEA Water application from operators of water supply infrastructure.

I hope, that results of this bachelor's thesis will help to improve the application TEA Water and I would like to continue with work on this application in my future diploma thesis.