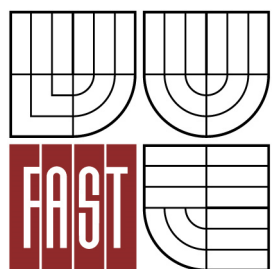




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍ SÍTĚ

TECHNICAL AUDIT OF WATER DISTRIBUTION NETWORK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. MICHAL HAMAN

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. LADISLAV TUHOVČÁK, CSc.

BRNO 2015



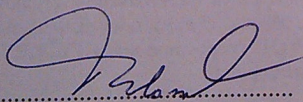
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

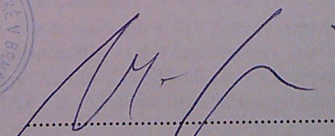
ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant Bc. Michal Haman
Název Posouzení technického stavu vodovodní sítě
Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Datum zadání diplomové práce 31. 3. 2014
Datum odevzdání diplomové práce 16. 1. 2015

V Brně dne 31. 3. 2014


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




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

Podklady a literatura

- [1] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T. Hodnocení technického stavu vodárenské infrastruktury a tvorba plánů její obnovy. Brno: FAST, ÚVHO, Brno, 2011. s. 1-33.
- [2] TUHOVČÁK, Ladislav, et al. Vodárenství: Studijní opory. 1. vydání. Brno: VUT FAST, 2006. 252 s.
- [3] TUHOVČÁK, L.; TÓTHOVÁ, K. Methodology of Technical and Economic Audit of Water Losses. In Water Loss 2009. 1. Cape Town,: IWA International Water Association, 2009. s. 358-364. ISBN: 978-1-920017-38- 5.
- [4] KUČERA, T.; TUHOVČÁK, L. Plány obnovy vodovodních sítí. In Voda Zlín 2010. 1. Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2010. s. 125-130. ISBN: 978-80-254-6368- 0.
- [5] TUHOVČÁK, L.; RUČKA, J. Využití teorie hodnocení rizik pro prioritizaci investic a provozních opatření v systémech veřejného zásobování pitnou vodou. In Pitná voda. 1. Bratislava: Hydrotechnológia Bratislava s.r.o., 2009. s. 29-34. ISBN: 978-80-969974-2- 8.
- [6] VEČEŘA, M. Technický audit veřejných vodovodů. Brno, 2014. 60-80 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc..

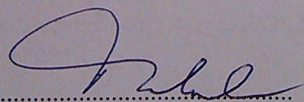
Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Předmětem diplomové práce bude posouzení technického stavu vodovodní sítě vybrané lokality. Posouzení bude provedeno s pomocí technických ukazatelů dle metodiky UVHO pro celou vodovodní síť (tlakové pásmo) i pro vybrané úseky sítě (vodovodní řady). Využity budou zejména informace obsažené v hydraulickém modelu vodovodní sítě. Další vstupní údaje získá diplomant od provozovatele vodovodu. Posouzení proběhne s využitím softwarové aplikace TEA Water.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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 diplomové práce

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá tématem posouzení technického stavu vodovodních sítí. Součástí práce je případová studie, která hodnotí technický stav vodovodní sítě v městské části Brno-Líšeň. Práce podrobně popisuje, jakým způsobem byla tlaková pásma a vybrané vodovodní řady hodnoceny. Výstupem je excelovská aplikace, ve které lze podle stanovených technických ukazatelů provádět hodnocení technického stavu jednotlivých tlakových pásem.

KLÍČOVÁ SLOVA

technický stav, vodovod, tlakové pásmo, spotřebiště, vodovodní řad, ztráty vody

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the topic the assessment of the technical condition of water supply networks. Part of the work is a case study that evaluates the technical condition of the water supply network in the city district Brno-Lisen. The work describes in detail how the pressure zones and selected water mains evaluated. The output is an Excel application, which can be set according to technical indicators carry out an evaluation of the technical condition of the individual pressure zones.

KEYWORDS

technical condition assessment, water supply, pressure zone, consumption area, water main, loss of water

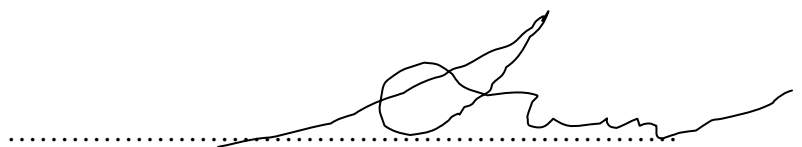
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Michal Haman *Posouzení technického stavu vodovodní sítě*. Brno, 2015. 93 s., 40 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního
hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.

Prohlášení:

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

V Brně dne 13.1.2014

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of loops and strokes, positioned above a horizontal dotted line.

podpis autora
Bc. Michal Haman

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Ladislavu Tuhovčákovi, CSc., za jeho vstřícnost, odborné vedení a věcné připomínky, čímž mi výrazně pomohl ke zpracování zadaného tématu. Dále děkuji zaměstnancům společnosti Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. za vstřícný přístup při získávání podkladů a informací pro tuto práci. Jmenovitě panu Ing. Pavlu Viščorovi, Ph. D. a Liboru Schoříkovi.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
2	HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍCH SÍTÍ	4
2.1	TECHNICKÝ STAV VODOVODNÍCH SÍTÍ	4
2.2	LEGISLATIVA ČR S OHLEDEM NA HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODŮ ...	4
2.2.1	Zákon č. 274/2001 Sb.	4
2.2.2	Vyhláška č. 428/2001 Sb.	5
2.2.3	Majetková a provozní evidence vodovodů a kanalizací.....	7
2.2.4	Technický audit	8
2.3	HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU V ČR.....	8
2.3.1	Metodika posuzování technického stavu vodovodních řadů Brněnských vodáren a kanalizací, a.s.	9
2.4	HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU V ZAHRANIČÍ	9
2.4.1	Hodnocení technického stavu	9
2.4.2	Technologie pro posuzování stavu vodovodů.....	13
2.5	HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODU VE SLOVENSKÉ REPUBLICE	13
3	POUŽITÉ METODIKY PRO HODNOCENÍ	15
3.1	TLAKOVÉ PÁSMO	17
3.1.1	Postup hodnocení v aplikaci TEAN-E	17
3.1.2	Postup hodnocení v aplikaci TANet	32
3.1.3	Postup hodnocení v aplikaci TEA Water.....	48
3.2	VODOVODNÍ ŘADY	52
3.2.1	Postup hodnocení v aplikaci TEAS-E.....	52
4	PŘÍPADOVÁ STUDIE.....	56
4.1	HODNOCENÍ VYBRANÝCH TLAKOVÝCH PÁSEM.....	57
4.1.1	Způsob dopravy vody do hodnocených TP.....	57
4.1.2	Popis tlakových pásem.....	58
4.1.3	TANet nastavení vah technických ukazatelů a faktorů.....	60
4.1.4	TEAN-E nastavení vah technických ukazatelů a faktorů.....	62
4.1.5	Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10.....	63
4.1.6	Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10.1.....	67
4.1.7	Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10.1.1.....	71
4.1.8	Srovnání souhrnného hodnocení TP	75
4.2	HODNOCENÍ VODOVODNÍCH ŘADŮ	77
4.2.1	Vybrané řady	77
5	ZÁVĚR	81
6	POUŽITÁ LITERATURA.....	83
	SEZNAM TABULEK	85

SEZNAM OBRÁZKŮ	86
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	89
SEZNAM VZORCŮ	91
SEZNAM PŘÍLOH	92
SUMMARY	93

1 ÚVOD

Budování prvních vodovodních sítí je přímo spjato s rozvojem nejstarších civilizací. Nejstarší gravitační vodovod pochází již ze starověké Asýrie, který byl vystavěn okolo roku 2500 př. n. l. Později se přidávají i další národy. Mezi první patří národy nacházející se na území dnešního Řecka, Říma, Jerusalema. Materiály používané ve starověku byly převážně kámen a dřevo nacházející se v blízkém okolí. První vodovod u nás byl vystavěn v Plzni okolo roku 1300 n. l.

V dnešní době si jen obtížně dokážeme představit domácnost bez tekoucí vody nebo kanalizace. S přibývajícími zkušenostmi a vývojem technologií se postupně změnily i používané materiály. Nyní používáme tyto trubní materiály: šedá litina, tvárná litina, ocel, sklolaminát, polyethylen, polyvinylchlorid, azbestocement, beton. Převážná většina vodovodních a kanalizačních sítí v České republice byla vybudována v druhé polovině minulého století. Použití rozdílných materiálů a postupná výstavba sítí je častou příčinou problémů. Jako nástroj pro zjištění aktuálního technického stavu vodovodních sítí by měl fungovat technický audit. [11]

Diplomová práce se zabývá problematikou technických auditů veřejných vodovodů. Tento pojem je v zákoně 274/2001 Sb. specifikován jako specializovaná odborná činnost, sloužící ke kontrole technického stavu vodovodů. Tyto výsledky jsou důležitým podkladem pro vypracování plánu financování obnovy vodovodů, který po vlastníkově vodovodu vyžaduje stát na základě zákona 274/2001 Sb.

Platná česká legislativa nepřímou požaduje od vlastníka hodnocení technického stavu vodovodu. Toto hodnocení je většinou požadováno i v případě, že vlastník pronajímá majetek provozovateli nebo naopak, je-li majetek od provozovatele navrácen zpět do vlastnictví majitele vodovodu.

V současné době neexistuje směrodatná a zákonem stanovená metodika, podle které by se mělo toto hodnocení vodovodů provádět. Metodiku hodnocení si tedy ve většině případů navrhuje sám vlastník, případně provozovatel, na základě vlastních zkušeností a svých znalostí. Bohužel není ve všech případech metodice věnována náležitá pozornost. Metodiky proto nejsou vypracovány dostatečně detailně a výsledné hodnocení vodovodů je značně nepřesné. Stává se dokonce, že pro některé části vodárenského systému nejsou metodiky vypracovány vůbec. Všechny tyto aspekty potom mají za následek zavádějící rozdělení finančních prostředků v plánu financování obnovy vodovodů.

Za účelem sjednotit hodnocení technického stavu vodovodů, byly na ÚVHO FAST Brno vytvořeny metodiky pro jednotlivé části vodárenského systému. [6] V diplomové práci budou popsány metodiky, pomocí kterých bude následně provedeno hodnocení technického stavu vybraných tlakových pásem a vodovodních řadů.

Cílem diplomové práce je posouzení technického stavu vodovodní sítě vybrané lokality. Tato činnost bude provedena s pomocí technických ukazatelů dle metodiky ÚVHO pro celou vodovodní síť (tlakové pásmo) i pro vybrané úseky sítě (vodovodní řady). Využity budou zejména informace obsažené v hydraulickém modelu vodovodní sítě. Další vstupní údaje získá diplomant od provozovatele vodovodu. Posouzení proběhne s využitím softwarové aplikace TEA Water.

2 HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODNÍCH SÍTÍ

Tato část práce obsahuje rešerši týkající se současného stavu hodnocení technického stavu vodovodních sítí v České republice i zahraničí. Samostatná kapitola je věnována legislativním předpisům v ČR, které se danou problematikou zabývají. Pro lepší seznámení s problematikou byly převzaty některé informace ze zahraniční literatury.

2.1 TECHNICKÝ STAV VODOVODNÍCH SÍTÍ

Technický stav libovolného systému je v jistém smyslu vyjádření jeho efektivnosti, účinnosti a schopnosti plnit funkci v daných podmínkách. Je dán historickým vývojem systému a je ovlivňován celou řadou faktorů, které se týkají návrhu, provozu, údržby a jiných vlivů. V případě vodovodní sítě se na technickém stavu podílejí zejména následující faktory: kvalita projektu, výběr vhodných materiálů a technologií, kvalita prováděných prací a dodržení navržených postupů při výstavbě resp. rekonstrukci, stáří (resp. životnost) jednotlivých částí systému, kvalita dopravované vody, dostupnost finančních prostředků vlastníka (resp. provozovatele) na údržbu a rekonstrukci, způsob provozování, rozsah a kvalita údržby a rekonstrukcí. Pokud je třeba technický stav vodovodní sítě nějakým způsobem kvantifikovat, je možné k tomuto účelu definovat technické ukazatele, popř. použít některé z výkonnostních ukazatelů (např. pro kvantifikaci ztrát vody). Fyzický stav potrubí lze zjistit např. inspekci TV kamerou, kdy jsou zjišťovány objektivní informace o stavu potrubí, netěsnosti spojů, odchylkách polohy, mechanickém opotřebení, korozi, deformaci, trhlinách a jiném poškození. [1]

2.2 LEGISLATIVA ČR S OHLEDEM NA HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODŮ

V České republice dosud neexistuje žádný legislativní předpis, který by přesně stanovoval jaké náležitosti má metodika pro hodnocení technického stavu vodovodů obsahovat. Zároveň je však vlastník vodovodu povinen dle zákona č. 274/2001 Sb. zpracovat plán financování obnovy vodovodů. Dalším neméně důležitým právním předpisem je prováděcí vyhláška č. 428/2001 Sb. k zákonu č. 274/2001 Sb.

2.2.1 Zákon č. 274/2001 Sb.

V celém znění zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). Tento zákon upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě (dále jen "vodovody a kanalizace"), přípojek na ně, jakož i působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů na tomto úseku.

Vodovody a kanalizace pro veřejnou potřebu se zřizují a provozují ve veřejném zájmu.

Tento zákon se nevztahuje na:

- a) 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^3 a více.
- b) Každý vodovod nebo kanalizaci, které provozně souvisejí s vodovody a kanalizacemi podle písmene a).

Tento zákon se nevztahuje na:

- a) Vodovody sloužící k rozvodu jiné než pitné vody
- b) Oddílné kanalizace sloužící k odvádění povrchových vod vzniklých odtokem srážkových vod
- c) Vodovody a kanalizace nebo jejich části, na které není připojen alespoň 1 odběratel

Podle §8 odst. 11 je vlastník vodovodu nebo kanalizace povinen zpracovat a realizovat plán financování obnovy vodovodů nebo kanalizací a to na dobu nejméně 10 kalendářních let. Obsah plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací včetně pravidel pro jeho zpracování stanoví prováděcí právní předpis. Dále §8 odst. 12 ukládá vlastníkově vodovodu nebo kanalizace povinnost na vyžádání poskytnout ve lhůtě stanovené ve výzvě ministerstva údaje o technickém stavu jeho vodovodů nebo kanalizací. Vlastník, popřípadě stavebník nových vodovodů nebo kanalizací nebo vlastník obnovovaných vodovodů nebo kanalizací je povinen poskytnout na vyžádání ve lhůtě stanovené ve výzvě ministerstvu projektovou dokumentaci těchto nových nebo obnovovaných vodovodů nebo kanalizací, včetně specifikace nákladů na jejich výstavbu nebo obnovu. Vyhodnocení obdržených údajů je ministerstvo oprávněno zveřejnit. [2]

2.2.2 Vyhláška č. 428/2001 Sb.

Vyhláška č. 428/2001 Sb., 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). Vydavatelem vyhlášky je Ministerstvo zemědělství, pod které spadá obor vodovodů a kanalizací.

Vyhláška v příloze č. 18 stanovuje, které údaje má plán financování obnovy vodovodů obsahovat a jakými pravidly se má řídit. Dále ukládá vlastníkově povinnost plán financování obnovy aktualizovat alespoň jednou za 5 let od jeho zpracování.

1. Vlastník vodovodu:

A. Právnícká osoba:

Název firmy:

Adresa sídla:

Identifikační číslo osoby, bylo-li přiděleno:

Statutární orgán:

B. Fyzická osoba:

Jméno, jména a příjmení, popřípadě obchodní firma,

Identifikační číslo osoby, bylo-li přiděleno:

Datum narození:

Adresa sídla nebo místa trvalého bydliště:

2. Provozovatel (uveďte se v rozsahu údajů podle bodu 1 písm. A nebo B, není-li shodný s vlastníkem):

Míra odpovědnosti za obnovu majetku vodovodů a kanalizací vyplývající ze smlouvy podle §8 odst. 2 zákona:

Tab. 2.1 Tabulka plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací

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	Úpravny vody				0	+					
5	+ zdroje bez úpravy					++					
6	Kanalizace, přiváděcí					+					
7	stoky+ stoková síť					++					
8	Čistírny 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.).

Jednotlivé sloupce tabulky jsou dále detailně popsány. První sloupec slouží k lepší orientaci v tabulce pomocí pořadového čísla. Druhý sloupec rozlišuje majetek podle §5 zákona, popřípadě se může majetek členit podle identifikačních čísel majetkové evidence (IČME). Třetí sloupec vyjadřuje hodnotu majetku sumárně pro jednotlivé skupiny: vodovody, kanalizace, úpravny vody, čistírny odpadních vod nebo podle IČME. Uvádí se hodnota infrastrukturního majetku vodovodů a kanalizací v reprodukční pořizovací ceně. Zadává se celková hodnota majetku k 1. lednu roku, ve kterém je plán zpracován a schválen. Pro všechny čtyři skupiny majetku se zadává hodnota v mil. Kč na dvě desetinná místa. Problém nastává u čtvrtého sloupce, který nechává vlastníka podle vlastního uvážení, popřípadě metodiky stanovit hodnotu procenta opotřebení pro jednotlivé skupiny viz předchozí sloupec. Pro větší celky se procento opotřebení stanovuje váženým průměrem (podle ceny). Způsob stanovení procent opotřebení se popíše v komentáři plánu.

Hodnocení tímto způsobem je velmi subjektivní, ať už se jedná o jednotlivé vodárenské celky, které svůj majetek hodnotí podle interních metodik či pověřené osoby, které hodnotí majetek dle vlastních zkušeností a názorů. Vznikají tedy různé pohledy na danou problematiku a tudíž i rozdílné výsledky hodnot majetku. Pátý sloupec je věnován teoretické době akumulace prostředků v počtu roků.

$$POČET\ ROKŮ = \frac{ŽIVOTNOST}{100} * (100 - OPOTŘEBENÍ\ v\ \%) \quad (2.1)$$

Doporučuje se uvažovat následující životnost: vodovodní řady přiváděcí a vodovodní síť 80 let, úpravny vody, popřípadě zdroje 45 let, kanalizační síť 90 let, čistírny odpadních vod 40 let. Šestý sloupec informuje o délce přiváděcích řadů a délce rozvodné vodovodní sítě. Délka je uváděna v km na dvě desetinná místa. Délka se uvádí podle

vybraných údajů majetkové evidence. Sedmý až jedenáctý sloupec uvádí potřebné finanční prostředky ve členění na získané z vodného - stočného a ostatní, samostatně na kalendářní rok. Do posledního dvanáctého sloupce se zapisují potřebné finanční prostředky ve členění na získané z vodného - stočného a ostatní, podle poznámky pod tabulkou, jako souhrn za 5 kalendářních roků. [3]

2.2.3 Majetková a provozní evidence vodovodů a kanalizací

V souladu s ustanovením § 5 odst. 3 zákona č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích mají vlastníci vodovodů a kanalizací povinnost každoročně předávat na příslušné vodoprávní úřady vybrané údaje majetkové a vybrané údaje provozní evidence vodovodů a kanalizací (data VÚME a VÚPE). Data se předávají vždy za předchozí uplynulý rok, nejpozději do 28. února.

V souladu s vyhláškou 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích, musí být data VÚME a VÚPE zpracována a předána v předepsané elektronické formě v rozsahu příloh 1 až 8 prováděcí vyhlášky. Ministerstvo zemědělství nechalo zpracovat pro potřeby vyplnění a předání dat aplikaci MPVaK (zpracovatel), která je vystavena k bezplatnému stažení. Součástí samorozbalovací instalace aplikace MPVaK (zpracovatel) je uživatelská příručka aplikace pro vyplnění dat VÚME a VÚPE, stručný úvod, jak postupovat při prvním spuštění nové aplikace a návod, jakým způsobem předat data VÚME a VÚPE na vodoprávní úřad. Pro výpočet ceny uvedených objektů (pořizovací ceny infrastrukturního majetku vodovodů a kanalizací) se použije Metodický pokyn pro orientační ukazatele výpočtu pořizovací ceny objektů pro VÚME. [9]

Obrázek 2.1 Pracovní okno aplikace MPVaK – vodovodní řady

Software pro zpracování Vybraných údajů majetkové a provozní evidence vodovodů a kanalizací. 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. Program Vás sám provede instalací. [9]

2.2.4 Technický audit

V různých statistikách a přehledech jsou každoročně publikovány základní statistické a bilanční údaje za sektor zásobování vodou např. SOVAK – Výroční zpráva za rok 2013. Prakticky každá z těchto statistik, i když je zpracována pouze pro určitou vodárenskou společnost nebo regionálně vymezenou oblast zásobování pitnou vodou, neobsahuje však ukazatele, které by umožňovaly komplexní vyhodnocení technického stavu prezentovaného vodárenského systému. Toto technické hodnocení si provádí každý vlastník resp. provozovatel samostatně a většinou interně. Při hodnocení jsou přitom používány různé metody, postupy a ukazatele. [3] Pro kontrolu vodohospodářské infrastruktury můžeme také použít technický audit, který slouží nejen jako nástroj samotným vlastníkům pro ověření oprávněnosti provozních nákladů (např. Technický audit vodovodu a kanalizace pro veřejnou potřebu města Písek, 2010), ale i zároveň jako kontrola hospodářské soutěže atp.

Technický audit vodovodů a kanalizací podle zákona č. 274/2001 Sb. § 38 odst. 1 (dále jen „technický audit“) je specializovaná odborná činnost sloužící ke kontrole technického stavu vodovodů a kanalizací, oprávněnosti vynaložených provozních nákladů, jakož i pořizovacích nákladů a nákladů návrhového rozvoje vodovodů a kanalizací.

Technický audit může vyhlásit ministerstvo zemědělství z vlastního podnětu nebo z podnětu obce, vlastníka nebo provozovatele vodovodu, vodoprávního úřadu, krajského úřadu, Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže nebo Ministerstva financí.

Výsledkem technického auditu je zpráva se zjištěními a doporučeními ke zlepšení hospodárnosti provozu nebo rozvoje vodovodů a kanalizací.

Technický audit může provádět pouze odborně způsobilá osoba vybrána Ministerstvem zemědělství. Auditor je na dobu 7 let zapsán do seznamu technických auditorů. Auditor musí mít vysokoškolské vzdělání se zaměřením na obor vodovodů a kanalizací, praxi v tomto oboru nejméně 10 let. [2]

2.3 HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU V ČR

V současné době na územní České republiky neexistuje žádná legislativně ustanovená metodika pro hodnocení technického stavu vodovodů. Z tohoto důvodu si vlastníci a provozovatelé této infrastruktury vytvořili své vlastní metodiky. U větších vodárenských společností se jedná o metodiky založené na velmi podrobných databázích, které jsou průběžně aktualizovány. Problém nastává u menších, lokálních vodovodů, kde se často setkáváme s nedostatečně vypracovanou metodikou, případně metodika pro hodnocení technického stavu úplně chybí. Největším problémem u menších provozovatelů bývá neznalost dat z předchozích let, to znemožňuje vytvoření potřebné databáze, která by se stala podkladem pro vlastní metodiku. Chybějící podklady jsou často nahrazovány osobní zkušeností provozovatele, která často vede ke zkreslenému, subjektivnímu hodnocení technického stavu vodovodu.

Problematickou hodnocení technického stavu se dlouhodobě zabývá Ústav vodního hospodářství obcí při Fakultě stavební v Brně. Na ústavu byly vytvořeny metodiky pro dílčí části vodovodní infrastruktury (vodojemy, přiváděcí řady, vodovodní síť, čerpací stanice).

Součástí této práce bude vytvoření vlastní metodiky pro hodnocení technického stavu tlakových pásem. Metodika bude testována ve spolupráci se společností Brněnské vodárny a kanalizace, a.s.

2.3.1 Metodika posuzování technického stavu vodovodních řadů Brněnských vodáren a kanalizací, a.s

Hlavními parametry při výběru vodovodních řadů pro opravu nebo rekonstrukci jsou stáří a poruchovost. Do plánu oprav a rekonstrukcí se v současné době zařazují řady, které vykazují stáří za hranici odhadované životnosti a zároveň jsou nadprůměrně poruchové. Dalším parametrem je koordinace s dalšími inženýrskými sítěmi v ulici (především s kanalizací), kdy se vodovodní řad posuzuje individuálně z hlediska stáří a poruchovosti.

2.4 HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU V ZAHRANIČÍ

V zahraničí se problematice spojené s hodnocením technického stavu vodovodů často věnují na celostátní i mezinárodní úrovni. Tento přístup má mnohem větší možnosti, ať už se jedná o širší databázi informací nebo rozdílnost názorů jednotlivých hodnotitelů. Organizace, které se věnují této problematice, jsou např. EPA (Environmental Protection Agency) a IWA (International water association). Pro srovnání zahraničního a tuzemského přístupu k hodnocení technického stavu vodovodů bude následující kapitola věnována zahraničnímu výzkumu, který se zabývá problematikou stárnutí vodohospodářské infrastruktury. V poslední části této kapitoly je popsána současná situace v hodnocení technického stavu vodovodu na Slovensku.

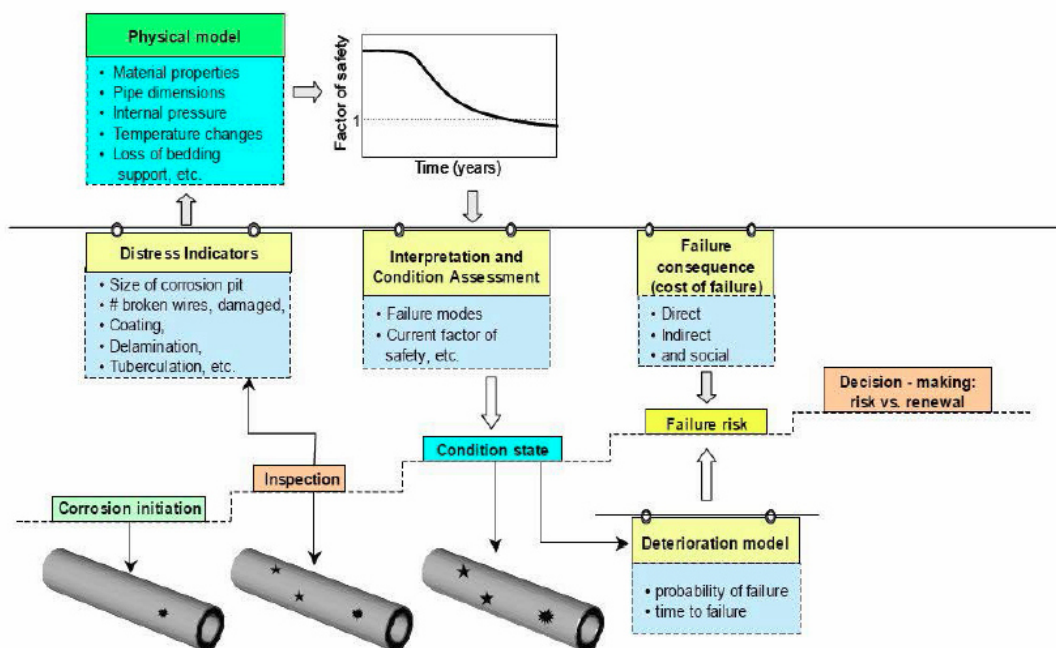
2.4.1 Hodnocení technického stavu

Americká agentura pro ochranu životního prostředí provedla rozsáhlý průzkum s názvem Aging water infrastructure research (Výzkum stárnutí vodohospodářské infrastruktury), který podporuje program Sustainable Infrastructure Initiative (Iniciativa za udržitelnost infrastruktury). Vědecký a inženýrský výzkum byl proveden za účelem vyhodnocení a zlepšení inovativních technologií, které mohou snížit náklady, zlepšit efektivitu vlastního provozu, údržby a výměnu starého, poruchového potrubí. [5]

Hodnocení konstrukčního stavu vodovodní sítě a rozhodovací proces o obnově potrubí byly rozděleny do několika prvků.

- 1) Fyzikální modelování potrubí uložené v zemi.
- 2) Rozpoznání druhů poruch potrubí a s nimi související pozorovatelné nebo měřitelné znaky, které poukazují na tyto problémy.
- 3) Kontrola potrubí a rozeznávání havarijních ukazatelů.
- 4) Interpretace havarijních ukazatelů pro vlastní hodnocení potrubí.
- 5) Empirická / statistická modelace historických poruch.
- 6) Modely pro určení zabývajících se životností potrubí a pro předvídání vývoje poruch na potrubí.
- 7) Posouzení následků poruch (přímé, nepřímé a společenské).

- 8) Plánování obnovy potrubí tak, aby se minimalizovaly náklady životního cyklu při splnění nebo překročení funkčních cílů v distribuci vody (kvalita, kvantita, spolehlivost).



Obrázek 2.2 Schéma pro kontrolu, hodnocení stavu a vyhodnocování poruch potrubí (Rajani a Kleiner, 2004)

2.4.1.1 Přehled ukazatelů a druhů poruch

Stav potrubí je projevem kumulativního účinku mnoha faktorů působících na potrubí. Faktory byly klasifikovány do třech kategorií: fyzické, environmentální a provozní (Al-Barqawi and Zayed, 2006). Faktory v prvních dvou třídách lze dále rozdělit na statické a dynamické (nebo časově závislé). Ke statickým faktorům patří materiál, geometrie potrubí a typ půdy. Zatímco do dynamických faktorů patří stáří potrubí, klimatické podmínky a seismické aktivity. Provozní faktory jsou ve své podstatě dynamické (proměnné v čase). [7]

Fyzické faktory	Environmentální	Provozní
Stáří potrubí a materiál	Podsyp potrubí	Tlak vody, proměnlivost tlaku
Tloušťka stěny trubky	Obsyp a zásyp potrubí	Úniky
Rok výroby	Druh zeminy	Kvalita vody
Průměr potrubí	Podzemní voda	Rychlost proudění
Typ spojů	Podnebí / klima	Potenciál zpětného proudění
Pevnost v tahu	Umístění potrubí	Provoz a postup údržby
Vystělka a nátěr potrubí	Poruchy	
Rozdílnost v kovových materiálech	Bludné proudy	
Instalace potrubí	Seismická aktivita	
Výroba potrubí		

Tab. 2.2 Tabulka faktorů, které přispívají ke zhoršení technického stavu

Některé z uvedených faktorů jsou jen obtížně měřitelné a kvantifikovatelné. Jako další problém je ne zcela pochopená provázanost mezi jednotlivými faktory a vývojem poruch na potrubí. Z tohoto důvodu se současné zahraniční metody pro posouzení stavu potrubí dělí do dvou hlavních skupin rozdělených podle typu faktorů. Jedna z metodik pracuje na bázi havarijních faktorů (distress factors), druhá je založena na inferenčních (deduktivních) faktorech. [5]

Havarijní faktory pro hlavní druhy materiálů potrubí

Rajani a kolektiv zde definovali havarijní ukazatele, u kterých lze pozorovat/měřit proces ovlivňující stárnutí materiálu. Havarijní faktory jsou výsledkem některých nebo všech z výše uvedených faktorů (viz Tab 2.2). Každý havarijní ukazatel poskytuje informace o konkrétních komponentech potrubí. Ukazatele jsou detailně rozděleny podle materiálu potrubí. Ukázka rozdělení faktorů pro PCCP (Prestressed Concrete Cylinder Pipe - potrubí z předpjatého betonu) viz následující tabulka. [8]

Tab. 2.3 Havarijní ukazatele ovlivňující vodovodní potrubí z PCCP

Kategorie	Havarijní faktor	Komentář
Vnější vrstva (malta)	Odlupování	Odlupování je často prvním indikátorem koroze. Velká oblast postižená odlupování může znamenat, že koroze významně narušuje vnější povrch potrubí.
	Druh trhlinek	Obvodové prasklinky ukazují, že dochází namáhání trub. Podélné trhlinky jsou často způsobeny nedostatečnou výztuží.
	Šířka trhlinek	Šířka trhliny je dalším ukazatelem závažnosti odlupování. Velká šířka trhlinek předchází odlupování jednotlivých plošek materiálu.
	Hustota trhlinek	Blížejší rozteč trhlinek obvykle znamená, že je potrubí více namáháno.
	Zbarvení	Barevné skvrny na povrchu betonového potrubí indikují, kde již koroze probíhá. Skvrny jsou často předchůdcem vlastního odlupování materiálu.
Výztuž	Porušení výztuže	S narůstajícím počtem porušení výztuže klesá bezpečnost provozu trouby. To na konec vede k selhání potrubí.
Betonové jádro	Delaminace (odděl. vrstev)	Delaminace nastává, když je špatná vazba mezi betonem a výztuží nebo mezi kovovými komponenty. K delaminaci také dochází při ztrátě předpětí v důsledku porušení výztuže.
	Druh trhliny	Obvodové praskliny ukazují, že došlo k podélnému pohybu potrubí. Další možností vzniku těchto prasklin je ztráta předpětí v důsledku porušení výztuže.
	Šířka trhliny	Šířka trhlin je dalším ukazatelem závažnosti delaminace. Velká šířka trhlin znamená, že hrozí komplexnější delaminace materiálu.
	Hustota trhlinek	Větší hustota trhlinek obvykle znamená, že je potrubí více namáháno.
	Zvuk při poklepu	Akustická zkouška poklepem může odhalit delaminaci materiálu. Můžeme použít jednoduchou kladívkovou metodu nebo metodu pulzní.
	Dutiny	Plošný rozsah dutého zvuku nám může poskytnout informace ohledně závažnosti delaminace (ve srovnání s povrchem potrubí).
Rozměry potrubí	Ztráta tvaru	Ztráta tvaru je dalším indikátorem porušení výztuže, která nemusí být průběžně pozorovatelná jako odlupování nebo jako povrchová koroze.
Spoje	Změna vzájemné polohy	Změna vzájemné polohy je většinou způsobena pohybem podloží. To na konec může vést až k selhání svařených spojů.
	Vnitřní posunutí	Spoje se mohou posunout aniž by na sebe vzájemně působily. To způsobují další síly působící
	Poškození vnější objímky	Porušení materiálu vnější objímky může poskytnout informace o kvalitě spojů.
	Degradace těsnícího kroužku	Selhání spojů může nastat v důsledku přírodní mikrobiální degradace kaučukového těsnění.

(Kleiner a kol., 2006)

Takto podrobně jsou vypracovány havarijní ukazatele pro všechny typy materiálů. U materiálů je přihlíženo k jejich různým vlastnostem, tím vzniká celá škála faktorů ovlivňující technický stav potrubí.

Inferenční faktory pro hlavní druhy materiálů potrubí

Inferenční faktory poukazují na potenciální existenci poškození potrubí s tím, že není jisté, zda se tento faktor opravdu projevuje na technický stav potrubí. Mnoho ukazatelů jsou přírodního charakteru, jako je např. druh zeminy, kolísání podzemní vody atd. Je důležité si uvědomit, že inferenční ukazatele neposkytují přímé důkazy o poškození potrubí, ale spíše ukazují na potenciál těchto faktorů. Nicméně tyto ukazatele jsou obvykle jednodušší a levnější, protože mohou být získány nedestruktivními metodami. Tyto metody se často používají pro předběžný screening, na který navazuje hodnocení pomocí havarijních ukazatelů. Stáří potrubí může být v některých souvislostech vnímáno jako universální inferenční faktor. Avšak stáří potrubí nám udává pouze dobu, po kterou je potrubí vystaveno okolním vlivům, proto se neuvažuje jako explicitní ukazatel, viz následující tabulka. [5]

Tab. 2.4 Inferenční ukazatele pro potrubí z PCCP

Kategorie	Faktor	Komentář
Rok výroby	Druh materiálu, historické standardy a postup instalace	Některé starší PCCP trouby byly vyrobeny nekvalitně, především se jednalo o špatné zpracování výztuže. To je projevem výrobních procesů, standardů a instalačních postupů.
Kvalita vody	pH vody	Voda s nízkým pH může poškozovat vnitřní cementovou/betonovou výztužku.
Tlak vody	Provozní tlak (PT)	Vysoký provozní tlak zapříčiňuje vysoké namáhání trub a tím i vyšší náchylnost k selhání potrubí.
	Kolísání PT (%PT)	Velké změny provozního tlaku mohou vyvolat vyšší napětí, než které bylo použito v návrhu.
	Frekvence změny PT	Rychlé změny provozního tlaku mohou urychlit únavu materiálu, která vede k předčasnému selhání potrubí.
Umístění	Uložení potrubí	Potrubí střídavě vystavené suchému a vlhkému prostředí má vyšší pravděpodobnost vzniku poruchy než potrubí, které je dlouhodobě pod hladinou podzemní vody nebo potrubí v suchém prostředí.
	Zatížení -doprava	Nadměrné zatížení od dopravy způsobuje vysoké namáhání potrubí. Tím se potrubí rychleji opotřebovává.
	Vlhký / suchý cyklus	Změny prostředí přispívají ke korozi výztuže (pokud koncentrace chloridu přesáhne 140mg/kg).
	Hladina podzemní vody	Výška hladiny spodní vody určuje, jestli může docházet k vlhkému nebo suchému cyklu.
Zemina	Půdní typ / zásyp	Zásyp potrubí bez možnosti odtoku vede k zadržování vlhkosti a tím podporuje korozi.
	Odpor půdy	Nízký odpor půdy vede k vyšší rychlosti koroze výztuže. Chloridy redukuje odpor zeminy.
	pH půdy	Nízké pH (<4) poukazuje na kyselé zeminy, podporující korozi. Vysoké pH (pH>8) může také vést ke korozi výztuže, ocelového tubusu.
	Chloridy v půdě	Maltové povrchy vytváří prostředí s pH > 12,4, to v součinnosti s působením chloridů (pH>11,5) může vést k závažným korozivním účinkům.

2.4.2 Technologie pro posuzování stavu vodovodů

Dále se příspěvek věnuje problematice nedestruktivního testování a hodnocení. Zatímco pozorování inferenčních ukazatelů je vždy nedestruktivní bez nutnosti přerušení provozu, sledování havarijních ukazatelů může být prováděno pomocí destruktivních i nedestruktivních metod a to buď s přerušením či bez přerušení provozu. Destruktivní metoda znamená vyjmutí části potrubí, která je následně zkoumána (zbývající tloušťka, vady, poškození, pevnost). Tyto metody nejsou v této publikaci dále řešeny. Mezi nedestruktivní metody (NDT/NDE) např. patří metoda přímé vizuální pozorování vad, jako jsou trhliny, koroze a jiné poškození. [5]

Tab. 2.5 Technologie pro posouzení různých materiálů potrubí

Technologie	Kovové trubní materiály			Betonové potrubí		Nekovové trubní materiály		
	GG	GGG	OC	CPP/PCCP	AC	GPR	PVC	PE
Měření odchylek materiálu (úchylkoměr)		•		-			-	
Vizuální kontrola		•		•			?	
Elektromagnetická metoda		•		•			-	
Akustická metoda		•		•			•	
Ultrazvuková metoda		•		-			?	
Radiodetekce		•		-			-	
Radiografická metoda		•		-			-	
Termografická metoda		•		-			-	
Hodnocení stavu potrubí podle vlastností zeminy		•		?			?	
Senzorové technologie		•		•			?	

Dále se tento materiál podrobně zabývá jednotlivými technologiemi, které jsou uvedeny v Tab. 2.5.

Z publikace vyplývá, že v zahraničí věnují problematice velkou pozornost. Snahou je co nejdetailněji prozkoumat a následně rozčlenit faktory, které ovlivňují technický stav potrubí. Hodnocení je tedy zaměřeno na dílčí faktory, které mají předem jasně stanovenou strukturu.

2.5 HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU VODOVODU VE SLOVENSKÉ REPUBLICE

Vlastník vodovodu ve Slovenské republice má povinnost vypracovávat plán obnovy veřejného vodovodu dle zákona č. 442/2002 Z. z. Pro zpracování tohoto plánu byla vydána vyhláška Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky č. 262/2010 Z. z. Vyhláška stanovuje přesný obsah plánu a určuje míru opotřebení majetku. Součástí vyhlášky je i postup vypracování.

Postup vypracování plánu obnovy vodovodu vychází z posouzení souladu současného stavu existujících objektů a zařízení veřejných vodovodů s technickými a specifickými požadavky a slovenskými technickými normami na základě vyhodnocení jejich stavebního stavu, kapacity a environmentálního vlivu. [6]

Přehled objektů a zařízení, které jsou součástí plánu obnovy veřejných vodovodů:

- a) jímací objekty z podzemních vodárenských zdrojů
- b) čerpací stanice
 - 1. stavební objekty např. nádrže, budovy
 - 2. technologické vybavení např. stroje, zařízení
- c) úpravny vody
 - 1. stavební objekty např. nádrže, budovy
 - 2. technologické vybavení např. stroje, zařízení
- d) vodojemy
 - 1. stavební objekty např. nádrže, budovy
 - 2. technologické vybavení např. stroje, zařízení
- e) příváděcí potrubí
- f) rozvodná síť včetně vodovodních přípojek ve vlastnictví veřejného vodovodu
- g) ostatní stavební objekty
- h) ostatní technologická zařízení

Pro zařazení jednotlivých objektů a zařízení do plánu obnovy je základní podmínkou posouzení technického stavu vodovodu podle těchto ukazatelů:

- a) stáří
- b) poruchovost
- c) stav využití kapacity
- d) soulad s platnou právní úpravou a s požadavky určenými v povoleních na vodní stavby

Objekty a zařízení veřejných vodovodů se po posouzení technického stavu zařadí do základních tříd T1 až T4. Následuje stanovení míry opotřebení, jež se vypočítá jako součin tříd posuzovaných technických ukazatelů. Kategorie míry opotřebení objektů a zařízení jsou uvedené v Tab. 2.6. [6]

Tab. 2.6 Kategorie míry opotřebení objektů a zařízení [6]

Katégorie miery opotrebenia	Popis prioritizácie (naliehavosti) obnovy	Rozsah hodnôt miery opotrebenia majetku pre príslušnú kategóriu
MOM - 1. kategórie	vyhovujúca hodnota miery opotrebovania majetku, ktorá nevyžaduje žiadne opatrenia v rámci obnovy	1-16 ale žiadny ukazovateľ, okrem veku, nesmie byť zaradený do T4
MOM – 2. kategórie	vyhovujúca hodnota, ktorá nevyžaduje žiadne opatrenia v rámci obnovy (potenciálne je potrebné uvažovať s obnovou)	17-36 ale žiadny ukazovateľ, okrem veku, nesmie byť zaradený do T4
MOM - 3. kategórie	kritické hodnoty, ktoré vyžadujú realizáciu opatrení na riešenie existujúceho stavu (je potrebné plánovať obnovu)	37-144
MOM - 4. kategórie	nežiaduci stav existujúceho majetku, ktorý vyžaduje obnovu prioritne, nakoľko sú ohrozené jeho základné funkcie a predstavuje zvýšené riziko	145-256

3 POUŽITÉ METODIKY PRO HODNOCENÍ

V následující kapitole jsou popsány metodiky, které byly použity pro vyhodnocení technického stavu tlakových pásem a řadů v městě Brně. Metodiky mají společný základ, vycházející z metodiky vytvořené na ÚVHO, která je založena na metodě FMEA (Failure Modes Effects and Analysis) používané u analýzy rizik.

Obecně platí, že poruchy anebo způsoby poruch libovolného prvku negativně ovlivní funkci systému. Všeobecně je FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) metodou analýzy spolehlivosti, která umožňuje identifikaci poruch s významnými důsledky ovlivňujícími funkci systému a jeho prvků. FMEA je jednou z metod používaných i při analýze rizik. Jde o strukturovanou kvalitativní analýzu sloužící k identifikaci způsobů poruch systémů, jejich příčin a důsledků. Při analýze metodou FMEA jsou způsoby poruch klasifikovány, kdy klasifikace může mít charakter prostého výčtu nejobecnějších způsobů poruch, které umožňují zařazení téměř každého způsobu poruchy do jedné nebo několika málo kategorií. K provedení technického auditu (TA) metodou FMEA je nutné stanovit technické ukazatele (TU) pro jednotlivé subsystémy zásobování vodou (vodovodní řady, vodojemy, čerpací stanice). Pro každý technický ukazatel jsou podrobně definovány postupy jeho stanovení, vstupní data, fyzikální rozměr a způsob prezentace. Každý ukazatel je prostředkem k monitorování a vyjádření (vyčíslení) jeho provozní účinnosti, efektivity, resp. technického stavu. Na základě dosažených a vypočtených hodnot technických ukazatelů je provedeno zařazení posuzovaných prvků sítě do jednotlivých kategorií. Pro každý ukazatel lze pro potřeby srovnávací analýzy nastavit následující kategorie jeho hodnocení: [10]



Kategorie K1 - velmi dobrý stav

Tato kategorie představuje optimální stav příslušného ukazatele a nevyžaduje žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.



Kategorie K2 - dobrý stav

Tato kategorie představuje nízkou míru rizika příslušného ukazatele technického stavu a nevyžaduje žádná opatření ani v blízké budoucnosti.



Kategorie K3 - vyhovující stav

Jedná se o průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty budoucnosti.



Kategorie K4 - kritický stav

Tato kategorie představuje již **kritické** hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována, případně plánována opatření na řešení tohoto stavu.



Kategorie K5 - nevyhovující stav

Tato kategorie reprezentuje nežádoucí stav a vyžaduje dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele. [11]

V navazujících podkapitolách jsou podrobně popsány použité metodiky hodnocení technického stavu jednotlivých částí vodovodu. Práce se zabývá hodnocením technického stavu vodovodních sítí na dvou úrovních:

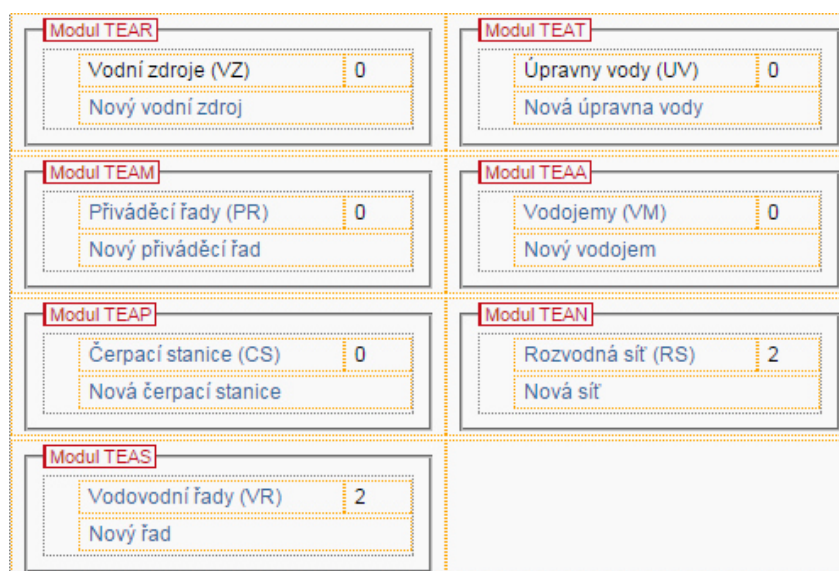
tlakové pásmo

část spotřebiště samostatně zásobována vodou v určitém rozmezí přetlaku

vodovodní řad

úsek vodovodního potrubí včetně stavební části objektů určený k plnění určité funkce v systému dopravy vody

Ostatní objekty jako například: úpravný vody, čerpací stanice a vodojemy nejsou předmětem diplomové práce a nebudou zde hodnoceny. Na ÚVHO se v poslední době věnují vývoji softwarové aplikace TEA Water (Technický a Energetický Audit), která má sjednotit, zpřehlednit a usnadnit hodnocení technického a energetického auditu ve vodním hospodářství. Aplikace je rozdělena na dílčí moduly, které se věnují jednotlivým vodovodním objektům.



Obrázek 3.1 Aplikace TEA Water – výběr modulů

Pro posouzení technického stavu tlakových pásem byly použity aplikace TEA Water (modul TEAN), TEAN-E a TANet. Pro hodnocení technického stavu vodovodních řadů byla použita aplikace TEA Water (modul TEAS) a aplikace TEAS-E. Všechny metodiky hodnocení budou popsány v nadcházející podkapitole.

3.1 TLAKOVÉ PÁSMO

Pro hodnocení technického stavu tlakového pásma byl použit modul TEAN, který tímto byl zároveň otestován. Další metodika pro posouzení technického stavu tlakového pásma byla vytvořena diplomantem nezávisle na aplikaci TEA Water. Z důvodu nejistoty dokončení modulu TEAN v adekvátním termínu, student vytvořil na základě technických ukazatelů a faktorů připravených pro modul TEAN (TAUŠ 2014) aplikaci v programu Microsoft Excel, která odpovídá požadovanému modulu. Excelovská aplikace je pojmenována TEAN-E.

3.1.1 Postup hodnocení v aplikaci TEAN-E

Aplikace TEAN-E má celkem tři úrovně hodnocení věnované obodování faktorů, zařazení technických ukazatelů do příslušné kategorie a souhrnné hodnocení tlakového pásma.

I. Úroveň - Hodnocení faktorů

Každý faktor má předpřipravený formulář s hodnotící stupnicí, podle které hodnotitel udělí faktoru příslušný počet bodů (0 – nehodnocen, 1, 2, 3). Faktory mají vždy předem nastavenou váhu (relativní důležitost), která se přes vážený průměr promítá do celkového hodnocení příslušného technického ukazatele. U faktoru může hodnotitel vyplnit krátký komentář s odůvodněním. Ukázka formuláře na obrázku.

F3 - Kolísání hydrodynamického tlaku [m v.sl.]	Hodnocení:	
Rozdíl tlaku $P_{max} - P_{min}$ během jednoho extrémního dne.	$W_F =$	0,30

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 10 m v.sl.	1
10 - 20 m v.sl.	2
> 20 m v.sl.	3

Komentář:

Obrázek 3.2 Ukázka formuláře pro hodnocení faktoru

II. Úroveň – Hodnocení technických ukazatelů (TU)

Každý TU má určitý počet faktorů F_i (počet faktorů se u různých TU může lišit). Technický ukazatel se hodnotí pomocí váženého průměru bodového hodnocení faktorů a k nim přidělených vah. Součet vah všech faktorů náležící právě jednomu technickému ukazateli je vždy roven jedné. V případě, že faktor není hodnocen (0 bodů) váha příslušného faktoru není započtena ($\sum W_{Fi} < 1$). Na základě dosaženého skóre je TU zařazen do odpovídající kategorie. Meze kategorií technických ukazatelů jsou uvedeny v Tab. 3.1.

Tab. 3.1 Meze kategorií technických ukazatelů [6]

K1	K2	K3	K4	K5
$s \leq 1,25$	$< s \leq 1,75$	$< s \leq 2,25$	$< s \leq 2,75$	$< s$

Výpočet dosaženého skóre TU:

$$S_{TU} = \frac{\sum Fb_i \times W_i}{\sum W_i} \quad (3.1)$$

kde Fb_i - bodové hodnocení faktoru
 W_i - váha faktoru

III. Úroveň – Celkové hodnocení

Celkové hodnocení je určeno obdobně jako u předchozí úrovně. Každý technický ukazatel je obodován dle přiřazené kategorie.

K0 – 0 bodů (TU nebyl hodnocen)
K1 – 1 bod
K2 – 2 body
K3 – 3 body
K4 – 4 body
K5 – 5 bodů

Celkové skóre tlakového pásma se určí pomocí váženého průměru bodového hodnocení technických ukazatelů a k nim přidělených vah. Na základě dosaženého skóre je tlakovému pásmu přidělena kategorie popisující jeho technický stav. Meze kategorií viz tabulka Tab. 3.2.

Tab. 3.2 Hranice kategorií [6]

K1	K2	K3	K4	K5
s≤ 1,25	<s≤ 2,00	<s≤ 3,00	<s≤ 4,00	<s

Výpočet celkového skóre:

$$S_{TP} = \frac{\sum TUb_i \times W_i}{\sum W_i} \quad (3.2)$$

kde TUb_i - bodové hodnocení technického ukazatele
 W_i - váha technického ukazatele

3.1.1.1 Seznam technických ukazatelů a faktorů – TEAN-E

TU1 - Průměrné stáří trubního materiálu

- F1 - Stanovení výpočtem
- F2 - Stanovení odborným odhadem

TU2 - Poruchovost

- F1 - Průměrná roční poruchovost potrubí [pp/km/rok]
- F2 - Dynamika poruch

TU3 - Ztráty vody

- F1 - Procento vody nefakturované z VVR
- F2 - Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)
- F3 - Minimální noční odběry
- F4 - Ekonomický index ztrát (EIZ)

TU4 - Tlakové poměry

- F1 - Maximální hydrostatický tlak [m v. sl.]
- F2 - Průměrný hydrodynamický tlak [m v. sl.]
- F3 - Kolísání hydrodynamického tlaku [m v. sl.]

TU5 - Vliv na kvalitu vody

- F1 - Vliv trubních materiálů
- F2 - Kvalita dopravované vody
- F3 - Inkrustace
- F4 - Doba zdržení vody v síti [hod]

TU6 - Armaturní šachty

- F1 - Stav armaturních šachet

TU7 - Armatury na síti

- F1 - Uzavírací armatury
- F2 - Hydranty
- F3 - Ostatní armatury

3.1.1.2 Hodnocení TU1- Průměrné stáří trubního materiálu

Technický ukazatel průměrné stáří trubního materiálu je rozdělen na dva faktory, které se nemohou ohodnotit současně. To znamená, že hodnotitel si vybere právě jeden faktor, kterému je přidělena váha rovno jedné.

F1 – Stanovení výpočtem

Toto hodnocení předpokládá podrobnou databázi skladby trubního materiálu a stáří jednotlivých vodovodních řadů. Pokud není tato podrobná databáze stáří vodovodních řadů jednotlivých trubních materiálů k dispozici, použije se hodnocení podle druhého faktoru. [11] Pro bodové hodnocení faktoru jsou připraveny tabulky mezí podle stáří trubního materiálu (Tab. 3.3). Hodnotitel pomocí váženého součtu stanoví průměrné stáří potrubí, viz Tab. 3.4.

Potřebné vstupní údaje pro TU1:

- druh trubního materiálu
- stáří materiálu (datum výstavby)
- druh vnější ochrany
- výrobce trubního materiálu [6]

Tab. 3.3 Meze kategorií F1 – Stanovení výpočtem

-	LT	GGG	OC	Nerez	PE	PVC	Jiný
1	0-60	0-70	0-40	0-80	0-40	0-30	0-30
2	61-90	71-100	41-60	81-110	41-60	31-50	31-45
3	> 90	> 100	> 60	> 110	>60	>50	> 45

Tab. 3.4 Tabulka pro výpočet průměrného stáří potrubí

-	LT	GGG	OC	Nerez	PE	PVC	Jiný	CELKEM
1	km	km	km	km	km	km	km	suma
2	km	km	km	km	km	km	km	suma
3	km	km	km	km	km	km	km	suma
								váž. souč.

Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, která je pro oba faktory totožná, viz obrázek 3.3.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 40 let	1
41 - 70 let	2
> 70 let	3

Obrázek 3.3 Hodnotící stupnice pro TU1

F2 – Stanovení odborným odhadem

Hodnotitel na základě odborného odhadu stanoví průměrné stáří trubního materiálu, body jsou přiděleny podle hodnotící stupnice (obr 3.3).

3.1.1.3 Hodnocení TU2 – Poruchovost

Hodnocení poruchovosti je jedním ze základních ukazatelů hodnocení technického stavu. Pokud existuje databáze poruch se samostatnou evidencí poruch vodovodních řadů, armatur a přípojek, je vhodné ohodnotit každou tuto skupinu poruch samostatně. U poruch armatur (šoupátka, hydranty atd.) a přípojek je možno stanovit hranice kategorií individuálně provozovatelem (vlastníkem) podle procentuálního podílu počtu poruch za rok k celkovému počtu provozovaných armatur resp. přípojek. Technický ukazatel poruchovost má dva faktory. [11]

Faktor F1 – Průměrná roční poruchovost potrubí [pp/km/rok]

Pro potřeby základního technického hodnocení je možno shrnout všechny poruchy s výjimkou poruch přípojek a stanovit poruchovost na vodovodních řadech vyjádřenou jako počet poruch na km řadů za rok.

$$P = \frac{pp}{L} \quad (3.3)$$

kde pp - průměrný počet poruch ročně [pp*rok⁻¹]
L - celková délka potrubí v tlakovém pásmu [km]

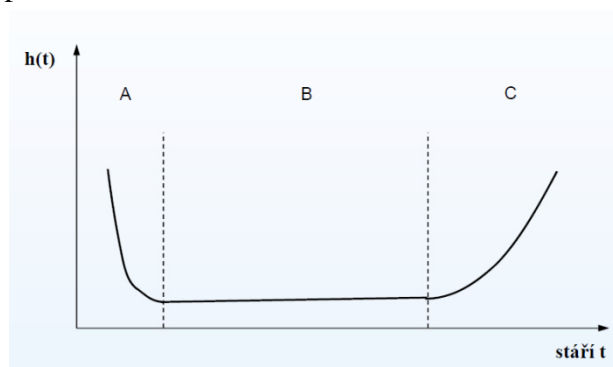
Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.4.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 0,3 pp/km/rok	1
0,3 - 0,7 pp/km/rok	2
> 0,7 pp/km/rok	3

Obrázek 3.4 Hodnotící stupnice F1 – Průměrná roční poruchovost potrubí

Faktor F2 – Dynamika poruch

Dynamika poruch je hodnocena na základě alespoň pěti-leté databáze poruch. Teoretický průběh poruchovosti znázorňuje vanová křivka, která je rozdělena na tři základní části. Část A má výrazně klesající tendenci, část B má převážně stagnující tendenci, část C znázorňuje výrazný vzestup počtu poruch, viz obrázek 3.5.



Obrázek 3.5 Teoretický průběh poruchovosti – vanová křivka

Hodnotitel je nucen jednotlivým rokům přidělit odpovídající počet poruch a na základě těchto informací sestavit graf popisující vývoj poruch za dané období. Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.6.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Lze dlouhodobě pozorovat klesající poruchovost.	1
Poruchovost má přibližně stagnující tendenci.	2
Lze dlouhodobě pozorovat rostoucí poruchovost.	3

Obrázek 3.6 Hodnotící stupnice F2 – Dynamika poruch

3.1.1.4 Hodnocení TU3 – Ztráty vody

Pro hodnocení vodovodních sítí z pohledu ztrát vody jsou v ČR nejčastěji používány ukazatele:

- %VNF – bilanční vyjádření objemu vody nefakturované za rok v procentech
- JUVNF – jednotkové úniky vody nefakturované vyjádřené nejčastěji v m³ na kilometr řadu za rok

Pokud to provozní evidence umožňuje, je vhodné u ukazatele % VNF odečíst z celkového objemu vody nefakturované vlastní spotřebu, která by neměla překročit 2% objemu vody vyrobené k realizaci.

Pro posouzení technického stavu sítě je však daleko objektivnější ukazatel jednotkových úniků vody nefakturované – JUVNF. Některé vodárenské společnosti v ČR počítají celkovou délku vodovodních řadů pro stanovení JUVNF přepočtenou na ekvivalentní profil DN 150. Praktické zkušenosti však ukazují, že u posuzování samostatných vodovodních sítí bez řadů HDS se rozdíly u skutečné celkové délky a přepočtené délky na profil DN 150 pohybují pouze v řádu procent. [11] Pro hodnocení TU byly vybrány následující faktory.

Faktor F1 – Procento vody nefakturované z VVR

Jednoduchým výpočtem se stanoví množství vody nefakturované (Tuhovčák, 2006).

$$VNF = VVR - VFC \quad (3.4)$$

kde	VVR	-	voda vyrobená k realizaci za daný rok	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VFC	-	voda fakturovaná celkem za daný rok	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VNF	-	voda nefakturovaná celkem za daný rok	[m ³ ·rok ⁻¹]

Pro výpočet procenta vody nefakturované použijeme následující vzorec.

$$\%VNF = \frac{VNF}{VVR} \times 100 \quad (3.5)$$

kde	%VNF	-	procento vody nefakturované	[%]
	VNF	-	voda nefakturovaná celkem za daný rok	[m ³ ·rok ⁻¹]
	VVR	-	voda vyrobená k realizaci za daný rok	[m ³ ·rok ⁻¹]

Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.7.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 12 %	1
12 - 20 %	2
> 20 %	3

Obrázek 3.7 Hodnotící stupnice F1 – Procento vody nefakturované

F2 – Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)

Objem vody nefakturované unikající z kilometru přepočtené délky sítě za rok je vyjádřen v metrech kubických na kilometr za rok. Výpočet může být proveden podle následujících metod:

První metoda: (Tuhovčák, 2006)

$$JUVNF = \frac{VNF}{L} \quad (3.6)$$

kde	VNF	-	voda nefakturovaná za rok 2011	[m ³ ·rok ⁻¹]
	L	-	celková délka řadů v systému	[km]
	JUVNF	-	jednotkové úniky pro rok 2011	[m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]

Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.8.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 3000 m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹	1
3000 - 7000 m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹	2
> 7000 m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹	3

Obrázek 3.8 Hodnotící stupnice F2 – Jednotkový únik vody nefakturované

F3 – Minimální noční odběry

Vyhodnocování minimálních nočních odběrů se provádí pro hydraulicky oddělená tlaková pásma (měřicí okrsky – DMA).

Zásady pro navrhování měřících okrsků:

- každý okrsek pokud možno jediný napájecí uzel s měřením průtoku
- stejnorodý charakter zástavby v okrsku, stejný druh trubního materiálu a přibližně stejné stáří
- velikost okrsku 1000 – 3000 bytových jednotek, 5 - 20 km délky řadů
- možnost hydraulického propojení na ostatní okrsky

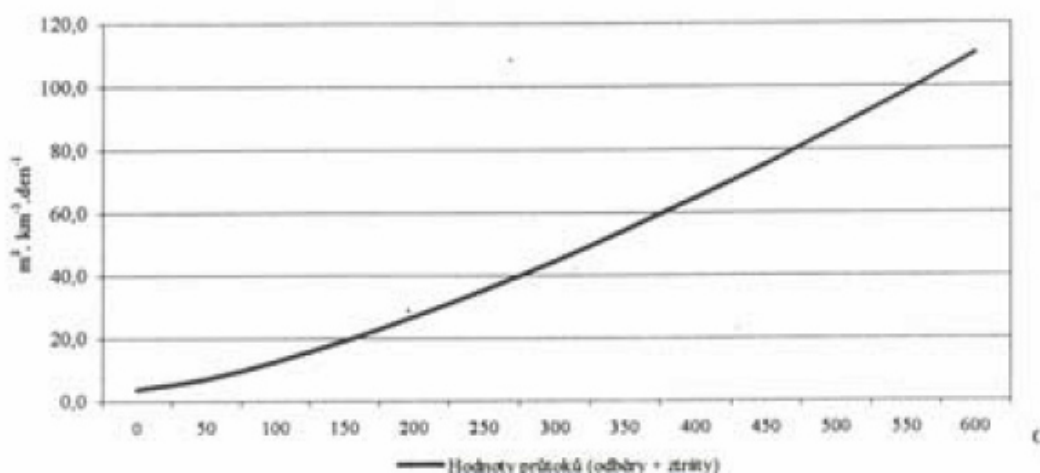
Charakteristika měřícího okrsku dle hustoty zástavby

Pro výpočet použijeme následující vzorec.

$$C = \frac{BJ}{L} \quad (3.7)$$

kde	C	-	charakteristika DMA dle hustoty zástavby	[byt. jednot.·km ⁻¹]
	BJ	-	počet bytových jednotek	[bytová jednotka]
	L	-	délka zásobovacích řadů a rozvodné sítě	[km]
	450 – 650		sídlíštní zástavba	
	150 – 250		smíšená městská zástavba	
	50 – 150		individuální zástavba	
	0 – 50		skupinové vodovody malých obcí	

Závislost minimálních nočních odběrů na charakteristice měřícího okrsku je znázorněna pomocí grafu. [12]



Obrázek 3.9 Graf - Teoretické minimální noční průtoky v závislosti na C

Maximálních hodinových spotřeb vody se dosahuje ve večerních hodinách mezi 19 – 21 hodinou. Tyto spotřeby činí v závislosti na charakteru spotřebiště 8-13% maximální denní spotřeby. Minimální spotřeby jsou nejčastěji v nočních hodinách mezi 2 – 4 hodinou ranní a činí 0,8 – 1,5% maximální denní spotřeby. [12] Pro určení maximální a minimální spotřeby vody z průtokoměrů můžeme využít tyto vztahy:

Průměrná denní spotřeba vody

$$Q_P = \frac{\sum_i^n Q_i}{n} \quad (3.8)$$

kde	Q_P	-	průměrná denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	$\sum_i^n Q_i$	-	součet všech měření během dne	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	n	-	počet měření	[počet měř.]

Maximální denní spotřeba vody

Z průměrné denní spotřeby vody Q_P a navržených koeficientů denní nerovnoměrnosti se pak stanoví maximální denní spotřeba vody.

$$Q_d = Q_P \times k_d \quad (3.9)$$

kde	Q_d	-	maximální denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
	Q_P	-	průměrná denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}]$
	k_d	-	koeficient denní nerovnoměrnosti	[-]

Další možností je využití dat z průtokoměru. Pro určení maximální denní spotřeby vody se vybere dvouhodinový záznam, který popisuje průtoky během špičky (běžně 19:00 – 21:00).

$$Q_d = \frac{\sum_i^n Q_{di}}{n} \quad (3.10)$$

kde	Q_d	-	maximální denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	$\sum_i^n Q_{di}$	-	součet měření během dvou hodin špičky	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	n	-	počet měření	[počet měř.]

Minimální noční spotřeba vody

Určení minimální noční spotřeby vody je obdobné. Pro určení minimální noční spotřeby vody se vybere dvouhodinový záznam, který popisuje průtoky v ranních hodinách (běžně 02:00 – 04:00).

$$Q_n = \frac{\sum_i^n Q_{ni}}{n} \quad (3.11)$$

kde	Q_n	-	minimální denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	$\sum_i^n Q_{ni}$	-	součet měření během dvou hodin	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	n	-	počet měření	[počet měř.]

Procentuální vyjádření minimální spotřeby pak vypočteme ze vzorce:

$$\%Q_n = \frac{Q_n}{Q_d \times 12} \times 100 \quad (3.12)$$

kde	$\%Q_n$	-	minimální denní spotřeba vody vyjádřená v procentech	[%]
	Q_n	-	minimální denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$
	Q_d	-	maximální denní spotřeba vody	$[m^3 \cdot hod^{-1}], [l \cdot s^{-1}]$

Následně je faktor obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.9.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
$Q_n \leq 0,01 \cdot Q_d$	1
$Q_n < 0,013 \cdot Q_d$	2
$Q_n \geq 0,013 \cdot Q_d$	3

Obrázek 3.10 Hodnotící stupnice F3 – Minimální noční odběry

F4 – Ekonomický index ztrát (EIZ)

Pro provozovatele vodárenských systémů je nejdůležitější stanovit ekonomicky akceptovatelné hodnoty používaných ukazatelů ztrát vody. Jedná se o takové hodnoty, kdy další snižování hodnot těchto ukazatelů není pro provozovatele ekonomicky efektivní. [11]

Ekonomický index ztrát

$$EIZ = EI \cdot IZ \quad (3.13)$$

kde	EI	-	ekonomický index ztrát	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]

EI – ekonomický index nabývá hodnot:

1,5 – voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou vody a čerpána min. na výšku přesahující 50 m v. sl.

1 – voda pro posuzovaný systém je upravována dvoustupňovou úpravou vody, ale dopravována do systému gravitačně, voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci resp. jednoduchou úpravu, ale musí být do systému čerpána

0,5 – voda pro posuzovaný systém vyžaduje pouze dezinfekci resp. jednoduchou úpravu a je do systému dopravována gravitačně, tento popis nejlépe vystihuje místní podmínky

IZ – index ztrát

stanovený pro každý hydraulicky samostatný vodárenský systém resp. jeho část (vodovod, tlakové pásmo) v závislosti na použitém ukazateli ztrát vody. Stanoví se dle vztahu:

$$IZ = \frac{JUVNF}{3100} \quad (3.14)$$

kde	JUVNF	-	jednotkové úniky	[m ³ ·km ⁻¹ ·rok ⁻¹]
	IZ	-	index ztrát	[-]

Při použití ukazatele jednotkových úniků hodnota 3100 představuje akceptovatelnou hodnotu ukazatele pro síť ve velmi dobrém technickém stavu. Při použití ILI se může použít vztah:

$$IZ = \frac{ILI}{4} \quad (3.15)$$

kde	ILI	-	infrastructure leakage index	[-]
	IZ	-	index ztrát	[-]

V případě použití indexu ILI lze doporučit jako technicky akceptovatelnou hodnotu tohoto ukazatele rovnou 4. [11]

Následně je faktor ekonomický index ztrát obodován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.11.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 0,8	1
0,8 - 1,3	2
> 1,3	3

Obrázek 3.11 Hodnotící stupnice F4 – Ekonomický index ztrát

3.1.1.5 TU4 – Tlakové poměry

Pro hodnocení tlakových poměrů je možno doporučit hodnocení z pohledu maximálního hydrostatického tlaku, průměrného hydrodynamického tlaku a kolísání hydrodynamického tlaku během dne v posuzované vodovodní síti. Pro hodnocení tlakových poměrů je nejlepším podkladem kvalitně zpracovaný hydraulický model (24 – hodinový průběh tlaků a odběrů v každém uzlu sítě), který koresponduje s daty z tlakových sond. V případě, že nejsou hodnotiteli poskytnuta data v tomto formátu, může dojít k velmi nepřesnému hodnocení.

F1- Maximální hydrostatický tlak

Pokud má hodnotitel k dispozici kvalitní hydraulický model, doporučuji posoudit maximální hydrostatický tlak pomocí aritmetického průměru přes všechny uzly tlakového pásma. [11] Další možností je posouzení podle rozdílu nadmořské výšky nejvýše a nejnižše položeného uzlu sítě. Druhá metoda může být v některých případech velmi nepřesná a nemusí kvalitně vypovídat o skutečném průběhu maximálních hydrostatických tlaků.

Následně je faktor oznámkován podle hodnotící stupnice, viz obrázek 3.12.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 50 m v.sl.	1
50 - 60 m v.sl.	2
> 60 m v.sl.	3

Obrázek 3.12 Hodnotící stupnice F1 – Maximální hydrostatický tlak

F2 – Průměrný hydrodynamický tlak

Pokud je zpracovatel schopen odhadnout, případně na základě zpracovaného hydraulického modelu stanovit průměrný hydrodynamický tlak v posuzované síti, k vyhodnocení tohoto faktoru použije následující hodnoty (obr. 3.13).

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 45 m v.sl.	1
45 - 55 m v.sl.	2
> 55 m v.sl.	3

Obrázek 3.13 Hodnotící stupnice F2 – Průměrný hydrodynamický tlak

F3 – Kolísání hydrodynamického tlaku

Zde autor uvádí, že má hodnotitel použít maximální rozdíl hydrodynamických tlaků během jednoho extrémního dne. Bohužel dále není uvedeno, co si autor konkrétně pod pojmem extrémní den představuje. To do hodnocení vnáší celou řadu nejasností, které se mohou projevit na oznámkování faktoru. Pro hodnocení faktoru je připravena následující stupnice.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 10 m v.sl.	1
10 - 20 m v.sl.	2
> 20 m v.sl.	3

Obrázek 3.14 Hodnotící stupnice F3 – Kolísání hydrodynamického tlaku

3.1.1.6 TU5 – Vliv na kvalitu vody

Hodnocení přímého vlivu vodovodní sítě na kvalitu vody je velmi obtížné. Takové přímé hodnocení vyžaduje dlouhodobý monitoring kvality vody na vstupu (napájecí uzly) do posuzovaného zásobního pásma a ve vybraných uzlech vlastní vodovodní sítě pásma. Z podílů vyhovujících vzorků k celkovému počtu provedených rozborů a vyhodnocení rozdílů u každého posuzovaného kvalitativního parametru vzorku na vstupu do pásma a v jednotlivých uzlech sítě by pak bylo možno např. porovnáním s průměrnými hodnotami národní databáze VaK ohodnotit přímý vliv sítě na kvalitu dopravované vody. [11]

Pro účely ohodnocení technického stavu lze doporučit postupovat pomocí odvozených parametrů, jako je:

- Zdroj surové vody (povrchový, podzemní)
- Skladba trubního materiálu
- Doba zdržení vody v síti (hydraulická kapacita, minimální rychlosti)
- Způsob hygienického zabezpečení vody (chlór, chlórdioxid, UV atd.)

Pro aplikaci TEAN-E byly navrženy celkem čtyři faktory, které se převážně shodují s výše uvedenými parametry.

F1 – Vliv trubního materiálu

Faktor je oznámkován podle převažujícího materiálu ve vodovodní síti. Hodnocení faktoru má vyjadřovat vzájemnou interakci mezi materiálem potrubí a vlivem na kvalitu dopravované vody. Hodnocení zpracovatel provede dle stupnice, viz obrázek 3.15.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Převážně zastoupen materiál potrubí GGG, PE nebo PVC.	1
Převážně zastoupen materiál potrubí LT nebo OC po sanaci vnitřního povrchu.	2
Převážně zastoupen materiál potrubí LT nebo OC bez sanace vnitřního povrchu.	3

Obrázek 3.15 Hodnoticí stupnice F1 – Vliv trubního materiálu

F2 – Kvalita dopravované vody

Faktor kvalita dopravované vody popisuje vliv korozivních účinků dopravovaného média na technický stav potrubí.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Dopravovaná voda bez korozivního účinku, podporující tvorbu ochranné vrstvy na potrubí.	1
Dopravovaná voda běžné kvality.	2
Dopravovaná voda se zvýšeným korozivním účinkem, např. hladová voda, vysoký obsah chloru atd.	3

Obrázek 3.16 Hodnoticí stupnice F2 – Kvalita dopravované vody

F3 - Inkrustace

Faktor je hodnocen na základě zkušeností provozovatele sítě. V případě, že inkrustace výrazně zmenšuje průtočný profil, může nastat problém se zásobením vodou některých odběratelů. V některých případech i přes výrazné zmenšení průtočného profilu potrubí nedochází k těmto problémům z důvodu předimenzování sítě, která byla navržena na vyšší spotřebu vody, než odpovídá aktuální situaci. Následně je faktor obodován podle hodnoticí stupnice, viz obrázek 3.17.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Potrubí je převážně bez inkrustací. Profil není omezen.	1
Převažuje potrubí s inkrustací odpovídající stáří.	2
Převažuje zainkrustované potrubí. Profil potrubí je omezen.	3

Obrázek 3.17 Hodnoticí stupnice F3 – Inkrustace

F4 – Doba zdržení vody v síti

Faktor je hodnocen odborným odhadem provozovatele sítě. Jedná se o dobu zdržení dopravované vody do nejvzdálenějšího bodu sítě. Hodnoticí stupnice viz obrázek 3.18.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 36 hod	1
36 - 72 hod	2
> 72 hod	3

Obrázek 3.18 Hodnoticí stupnice F4 – Doba zdržení vody v síti

3.1.1.7 TU6 – Armaturní šachty

Technický ukazatel armaturní šachty je hodnocen pouze jedním faktorem – F1 Stav armaturních šachet. Faktor rozděluje šachty do třech kategorií podle stáří s ohledem na vlastní technický stav šachet. Hodnocení by mělo být provedeno na základě detailního průzkumu armaturních šachet. Ukázka hodnoticí stupnice na obrázku 3.19.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Šachty převážně ve stáří do 20 let, v dobrém technickém stavu, bez viditelného porušení.	1
Šachty převážně ve stáří do 40 let, stav odpovídá stáří.	2
Šachty převážně ve stáří nad 40 let, ve špatném technickém stavu, s viditelným porušením.	3

Obrázek 3.19 Hodnoticí stupnice F1 – Stav armaturních šachet

3.1.1.8 TU7 – Armatury na síti

Technický ukazatel je pro lepší hodnocení rozdělen na tři dílčí faktory, které jsou věnovány uzavíracím armaturám, hydrantům a ostatním armaturám.

F1 – Uzavírací armatury, F2 – Hydranty, F3 – Ostatní armatury

Všechny faktory technického ukazatele jsou hodnoceny podle stejného klíče. Armatury se hodnotí podle dosaženého průměrného stáří. Armatury, které jsou v průměru starší deseti-let, jsou hodnoceny třemi body. Kompletní hodnoticí stupnice viz obrázek 3.20.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Armatury převážně mladší 5 let, pravidelně kontrolované a udržované.	1
Armatury převážně mladší 10 let, pravidelně kontrolované a udržované.	2
Armatury převážně starší 10 let, špatný technický stav.	3

Obrázek 3.20 Hodnoticí stupnice pro TU7 – Armatury na síti

3.1.2 Postup hodnocení v aplikaci TANet

Aplikace TANet (Technical Audit of Network) byla vyvinuta studentem nezávisle na výše zmíněné aplikaci (TEA Water – modul TEAN). Původně aplikace rozlišovala tři základní kategorie, které popisovaly technický stav tlakového pásma (velmi dobrý technický stav, vyhovující technický stav a nevyhovující technický stav). Pro lepší vzájemnou porovnatelnost mezi aplikacemi byla později aplikace TANet rozšířena o další dvě kategorie tak, aby bylo případné porovnání co nejjednodušší.

Aplikace má některé vlastní ukazatele a faktory. V této kapitole budou detailně vysvětleny pouze ukazatelé a faktory, které nejsou shodné pro obě aplikace.

Hlavní snahou bylo vytvoření aplikace, která by zjednodušila, zrychlila vlastní hodnocení a poskytla dostatečně intuitivní prostředí i pro nového uživatele. Aplikace TANet byla vytvořena v programu Microsoft Excel. Její moduly jsou jednotlivě uloženy v záložkách (listech), které jsou pro lepší orientaci barevně odlišené.

Výpočtový model navržený pro TANet je shodný s modelem, který byl použit u aplikace TEAN-E a nebude zde znovu popisován (kapitola 3.1.1).

3.1.2.1 Seznam technických ukazatelů a faktorů - TANet

TU1 – Stáří potrubí

TU1.1 - Stáří potrubí

- F1 - Ocel (OC)
- F2 - Šedá litina (GG)
- F3 - Tvárná litina (GGG)
- F4 - Polyethylén (PE)
- F5 - Polyvinylchlorid
- F6 - Azbestocement (AC)
- F7 – Jiný

TU1.2- Stáří potrubí

- F1 - Průměrné stáří vodovodní sítě

TU2 - Poruchovost

TU2.1 - Poruchovost

- F1 - Průměrná poruchovost
- F2 - Dynamika poruch
- F3 - Procento opotřebení

TU2.2 - Poruchovost

- F1 - Vliv velikosti průměru potrubí na poruchovost
- F2 - Vliv zatížení od dopravy
- F3 - Procento opotřebení
- F4 - Stav potrubí

TU3 - Ztráty vody

- F1 - %VNF procento vody nefakturované
- F2 - JUVNF jednotkový únik vody nefakturované
- F3 - Minimální noční odběry
- F4 - EIZ ekonomický index ztrát

TU4 -Tlakové poměry

- F1 - Maximální hydrostatický tlak
- F2 - Průměrný hydrodynamický tlak
- F3 -Kolísání hydrodynamických tlaků během dne

TU5 - Vliv na kvalitu vody

- F1 - Faktory ovlivňující kvalitu vody
- F2 - Vliv maximální průměrné rychlosti

TU6 - Šachty

TU6.1 - Šachty

- F1 - Šachta - technický stav

TU6.2 - Šachty

- F1 - Šachta stavební část
- F2 - Šachta vybavenost

TU7 – Armatury na síti

TU7.1 - Armatury na síti

- F1 - Uzavírací armatury
- F2 - Hydranty

TU7.2 - Armatury na síti

- F1 - Uzavírací armatury
- F2 - Hydranty

TU8 - Ostatní

- F1 - Vliv podzemní vody
- F2 - Vliv krytí potrubí na promrzání
- F3 - Údržba
- F4 - Typ zásobované oblasti
- F5 - Způsob dopravy média do tlakového pásma
- F6 - Hustota přípojek

Pro souhrnné hodnocení technického stavu tlakového pásma může být použito celkem osm ukazatelů. Technické ukazatele TU1 – Stáří potrubí, TU2 – Poruchovost, TU6 – Šachty a TU7 – Armatury na síti jsou vyhotoveny ve dvou variantách. To snižuje pravděpodobnost, že uživatel nebude moci daný ukazatel ohodnotit kvůli nedostatečnému množství podkladů. Technický ukazatel může být hodnocen pouze jednou ze svých variant.

3.1.2.2 TU1 - Stáří potrubí

Technický ukazatel stáří potrubí může uživatel hodnotit pomocí dvou variant.

TU1.1 – Stáří potrubí

První varianta je založená na podrobné databázi skladby trubního materiálu. Každému materiálu je zde přidělen vlastní faktor, který je hodnocen podle stáří konkrétního trubního materiálu.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrné stáří trubního materiálu je v rozmezí 0 - 20 let	1
Průměrné stáří trubního materiálu je v rozmezí 21 - 50 let	2
Průměrné stáří trubního materiálu je nad 51 let	3

Obrázek 3.21 Ukázka hodnotící stupnice F1 – Ocel

Pro přesnější hodnocení si může uživatel změnit nastavení vah faktorů např. podle procentuálního zastoupení materiálu v tlakovém pásmu.

TU2.2 – Stáří potrubí

Druhá varianta je založená na odborném odhadu provozovatele sítě, který ohodnotí průměrné stáří potrubí pro celé tlakové pásmo. Hodnotící stupnice pro jediný faktor této varianty na obrázku 3.22.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrné stáří vodovodní sítě je v rozmezí 0 - 30 let	1
Průměrné stáří trubního materiálu je z rozmezí 31 - 60 let	2
Průměrné stáří trubního materiálu je nad 61 let	3

Obrázek 3.22 Hodnotící stupnice F1 – Průměrné stáří vodovodní sítě

3.1.2.3 TU2 – Poruchovost

Technický ukazatel může být rovněž hodnocen pomocí dvojice variant.

TU2.1 - Poruchovost

První varianta má celkem tři faktory. Třetí faktor - procento opotřebení je pro obě varianty společný. V této variantě je kladen maximální důraz na kvalitu vstupních dat. Ideálním podkladem pro hodnocení je dostatečně dlouhá databáze poruch (10 a více let), která rozlišuje základní skupiny poruch (poruchy vodovodních řadů, armatur a přípojek).

F1 – Průměrná poruchovost

Ohodnocení faktoru průměrná poruchovost je principiálně shodný s faktorem průměrná roční poruchovost v aplikaci TEAN-E (kap. 3.1.1.3), jediným rozdílem je nastavení hodnotící stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrná poruchovost je v intervalu 0,0 - 0,2 pp/km/rok	1
Průměrná poruchovost je v intervalu 0,21 - 0,5 pp/km/rok	2
Průměrná poruchovost je vyšší jak 0,51 pp/km/rok	3

Obrázek 3.23 Hodnotící stupnice F1 – Průměrná poruchovost

F2 – Dynamika poruch

Je hodnocena podle stejného základu jako v případě aplikace TEAN-E (kap. 3.1.1.3), jediný rozdíl je opět v nastavení hodnotící stupnice (obr. 3.24).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Dynamika poruch má klesající či konstatní tendenci.	1
Dynamika poruch má lehce rostoucí tendenci.	2
Dynamika poruch má výrazně rostoucí tendenci.	3

Obrázek 3.24 Hodnotící stupnice F2 – Dynamika poruch

F3 – Procento opotřebení

Faktor je hodnocen podle procentuálního zastoupení potrubí (dle délky) v jednotlivých bodových kategoriích. Procento opotřebení je vypočteno ze vztahu:

$$\%OPOTŘEBENÍ = \frac{STÁŘÍ\ POTRUBÍ}{TEORETICKÁ\ ŽIVOTNOST\ POTRUBÍ} \times 100 \quad (3.16)$$

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrné procento opotřebení je nižší jak 40%	1
Průměrné procento opotřebení je v rozmezí 40% až 80%	2
Průměrné procento opotřebení je vyšší jak 80%	3

Obrázek 3.25 Hodnotící stupnice F3 – Procento opotřebení

TU2.2 - Poruchovost

Druhá varianta pracuje bez použití dat z databáze poruch. Jedná se o faktory, které se zaměřují na možné příčiny vzniku poruch.

F1 – Vliv velikosti průměru potrubí na poruchovost

Bodové hodnocení tohoto faktoru vychází ze dvou základních předpokladů. Prvním předpokladem je, že se zvyšujícím se průměrem potrubí se zároveň zvětšuje tloušťka stěny potrubí. Za druhé se předpokládá, že se zvyšujícím se průměrem potrubí se zvyšuje i jeho důležitost a zároveň klesá počet přípojek napojených na toto potrubí. Hodnocení se provádí pomocí následující stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
V tlakovém pásmu převažuje potrubí s průměr větší než DN300.	1
V tlakovém pásmu převažuje potrubí s průměr v rozmezí DN101 - DN300.	2
V tlakovém pásmu převažuje potrubí s průměr menší než DN101.	3

Obrázek 3.26 Hodnotící stupnice F1 – Vliv velikosti průměru potrubí na poruchovost

F2 – Vliv zatížení od dopravy

Faktor je hodnocen podle druhu povrchu, pod kterým je potrubí uloženo. Druhy povrchu jsou obodovány dle typu dopravy, která se na příslušném povrchu může frekventovaně vyskytovat. Hodnotící stupnice viz obrázek 3.27.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Hodnocená síť je převážně uložena v zelených pásmech, chodnicích, místních a účelových komunikacích (převažují typ vozidla - osobní)	1
Hodnocená síť je převážně uložena v místních, účelových komunikacích a silnicích II. a III. třídy (typ dopravy - osobní, nákladní)	2
Hodnocená síť je převážně uložena (prochází) v silnici I. třídy, rychlostních komunikacích a dálnicích, (výskyt těžké dopravy - tramvaje, vlaky)	3

Obrázek 3.27 Hodnotící stupnice F2 – Vliv zatížení od dopravy

F3 – Procento opotřebení

Faktor je hodnocen stejně jako v první variantě.

F4 – Stav potrubí

Pro kvalitní ohodnocení faktoru – stav potrubí je nutná vizuální prohlídka potrubí (kopaná sonda) popř. osobní zkušenosti provozovatele sítě. Některé potrubí je poškozeno ještě před uvedením do provozu. To je nejčastěji způsobeno nedodržením pracovních postupů během výstavby či chybou ve výrobním procesu.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Potrubí je ocelové či litinové ošetřené ochranným nátěrem, na povrchu pouze ojedinělý výskyt koroze / potrubí z PVC a PE bez známek vnějšího poškození (vrypy), spoje těsné, potrubí bez inkrustace.	1
Na povrchu potrubí se výrazně projevuje koroze (významné poškození ochranných nátěrů - odlupování ochranné vrstvy), dále je viditelné narušení povrchu trub vrypy, škrábanci atd. Potrubí je částečně zainkrustované (nemá výrazný vliv na provoz). Netěsnosti ve spojích ojediněle.	2
Projevuje se silná povrchová koroze (kompletní degradace ochranné vrstvy, potrubí bez ochranné vrstvy), spoje netěsní, potrubí je výrazně zainkrustované (snížení průtočného profilu způsobuje provozní problémy).	3

Obrázek 3.28 Hodnotící stupnice F4 – Stav potrubí

3.1.2.4 TU3 – Ztráty vody

Cílem tohoto ukazatele je posoudit technický stav sítě z pohledu ztrát vody pro celý vodovod. Jako vstupní data k výpočtu hodnot zvolených čtyř faktorů ztrát vody doporučuji použít tyto podklady: množství vody nefakturované, vody vyrobené k realizaci, délka vodovodních řadů a data z průtokoměrů osazených na vstupu do tlakového pásma. Ukazatel „TU3 – Ztráty vody“ je složen ze čtyř dílčích faktorů:

- %VNF -procento vody nefakturované
- JUVNF -jednotkový únik vody nefakturované
- Qn -minimální noční odběry
- EIZ -Ekonomický index ztrát

Ne všechny tyto faktory však zahrnují i vliv technického stavu sítě. Pro hodnocení technického stavu vodovodních sítí doporučujeme používat v našich podmínkách především jednotkový únik JUVNF. Pro každý faktor ztrát jsou meze nastaveny individuálně.

F1 – Procento vody nefakturované

Faktor je hodnocen stejně jako v případě aplikace TEAN-E, viz kapitola 3.1.1.4, rozdíl je pouze v nastavení mezí u hodnotící stupnice (obr. 3.27).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Procento vody nefakturované je nižší než 11%	1
Procento vody nefakturované je v rozmezí 11 - 15%	2
Procento vody nefakturované je vyšší než 15%	3

Obrázek 3.29 Hodnotící stupnice F1 – Procento vody nefakturované

F2 – Jednotkový únik vody nefakturované

Hodnocení tohoto faktoru je shodné s hodnocením v aplikaci TEAN-E, postup hodnocení je detailně popsán v kapitole 3.1.1.4. Pro aplikaci TANet byla opět změněna hodnotící stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Jednotkový únik vody nefakturované je nižší než $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$	1
Jednotkový únik vody nefakturované je v rozmezí $3000 - 4500 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-2}$	2
Jednotkový únik vody nefakturované je vyšší než $4500 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{rok}^{-3}$	3

Obrázek 3.30 Hodnotící stupnice F2 – Jednotkový únik vody nefakturované

F3 – Minimální noční odběry

Hodnocení faktoru minimální noční odběry se shoduje s hodnocením faktoru minimální noční odběry, který je uveden v kapitole 3.1.1.4. Pro bodové hodnocení má faktor vlastní hodnotící stupnici.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Minimální noční odběry se pohybují do 1,0% Qd.	1
Minimální noční odběry se pohybují v rozmezí 1,0 - 1,7% Qd.	2
Minimální noční odběry jsou vyšší než 1,7% Qd.	3

Obrázek 3.31 Hodnotící stupnice F3 – Minimální noční odběry

F4 – Ekonomický index ztrát

Hodnocení tohoto faktoru je shodné s postupem uvedeným v kapitole 3.1.1.4 včetně hodnotící stupnice.

3.1.2.5 TU4 – Tlakové poměry

Technický ukazatel tlakové poměry je hodnocen stejně jako v kapitole 3.1.1.5. Pro všechny faktory jsou nastaveny vlastní hodnotící stupnice.

F1 – Maximální hydrostatický tlak

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Maximální hydrostatický tlak je nižší než 45 m v.sl.	1
Maximální hydrostatický tlak je v rozmezí 45 - 60 m v.sl.	2
Maximální hydrostatický tlak je vyšší než 60 m v.sl.	3

Obrázek 3.32 Hodnotící stupnice F1 – Maximální hydrostatický tlak

F2 – Průměrný hydrodynamický tlak

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrný hydrodynamický tlak je nižší než 40 m v.sl.	1
Průměrný hydrodynamický tlak je v rozmezí 40 - 55 m v.sl.	2
Průměrný hydrodynamický tlak je vyšší než 55 m v.sl.	3

Obrázek 3.33 Hodnotící stupnice F2 – Průměrný hydrodynamický tlak

F3 – Kolísání hydrodynamických tlaků během dne

Faktor kolísání hydrodynamických tlaků během dne je hodnocen na základě databáze z tlakové sondy, která je nainstalována na vstupu do tlakového pásma. V případě tlakového pásma, které je vytvořeno regulací tlaku pomocí redukčního ventilu se doporučuje tlakovou sondu umístit přímo na ventil (CLA-VAL).

Do hodnocení faktoru nejsou zahrnuty mimořádné situace (havárie, plánované odstávky, údržba redukčního ventilu). Faktor je hodnocen dle převažujícího maximálního rozptylu tlaků během dne (např. 320dnů v roce rozdíl tlaků během dne nepřekročil hranici 5 m v.sl).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrný maximální rozptyl hydrodynamických tlaků během dne je nižší než 5 m v. sl.	1
Průměrný maximální rozptyl hydrodynamických tlaků je v rozmezí 5 - 15 m v. sl.	2
Průměrný maximální rozptyl hydrodynamických tlaků je vyšší než 15 m v. sl.	3

Obrázek 3.34 Hodnotící stupnice F3 – Kolísání hydrodynamických tlaků během dne

3.1.2.6 TU5 – Vliv na kvalitu vody

Technický ukazatel je zaměřen na faktory, které mohou negativně ovlivnit kvalitu dopravované vody. Ukazatel je rozdělen na dva faktory.

F1 – Faktory ovlivňující kvalitu vody

Faktor je hodnocen z pohledu složení trubního materiálu, zdrojů vody (podzemní/povrchové), průměrné doby zdržení vody v potrubí a použitého hygienického zabezpečení. Hodnotitel zde dle svého uvážení (nejlépe po poradě s provozovatelem sítě) přiřadí jednotlivým vlivům patřičnou váhu. To je důležité, protože se hodnocení jednotlivých vlivů může pohybovat v různých bodových kategoriích (faktor se hodnotí jako celek). Následně je faktor ohodnocen pomocí hodnotící stupnice, viz obrázek 3.33.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Řady z tvárné litiny a nerezové oceli, které dopravují vodu z podzemních a povrchových zdrojů. Řady z PE, PVC a sklolaminátu, které dopravují vodu z podzemních zdrojů a průměrná doba zdržení vody v potrubí není delší než 24 hodin a jako hygienické zabezpečení je použit chlór nebo chlórdioxid, UV záření případně jiné hygienické zabezpečení.	1
Řady z PE, PVC a sklolaminátu, které dopravují vodu z podzemních zdrojů a průměrná doba zdržení vody v potrubí je delší než 24 hodin, jako hygienické zabezpečení je použit chlór nebo chlórdioxid, UV záření případně jiné hygienické zabezpečení. Řady z šedé litiny a oceli mladší 30 let, které prošly sanací vnitřního povrchu potrubí (cementace epoxidace). Průměrná doba zdržení vody v potrubí není delší jak 48 hodin.	2
Řady z šedé litiny a oceli starší než 30 let, které neprošly sanací vnitřního povrchu. Řady dopravují vodu z povrchových zdrojů a průměrná doba zdržení vody v potrubí je delší než 48 hod.	3

Obrázek 3.35 Hodnotící stupnice F1 – Faktor ovlivňující kvalitu vody

F2 – Vliv maximální průměrné rychlosti

Ideálním podkladem pro hodnocení faktoru je hydraulický model simulující maximální běžný (např. mimo letní sezónu, požární odběr atp.) odběr v tlakovém pásmu během špičky. Vlastní hodnocení se provede pomocí váženého průměru přes všechny uzly sítě, pro které je rychlost stanovena. Následně je faktor obodován dle hodnotící stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Průměrné denní maximální rychlosti jsou vyšší než $0,35 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	1
Průměrné denní maximální rychlosti jsou v rozmezí $0,35 - 0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	2
Průměrné denní maximální rychlosti jsou nižší než $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	3

Obrázek 3.36 Hodnotící stupnice F2 – Vliv maximální průměrné rychlosti

3.1.2.7 TU6 – Šachty

Technický ukazatel šachty je vyhotoven ve dvou variantách, kde první varianta hodnotí technický stav šachet souhrnně pro celou vodovodní síť (tlakové pásmo), druhá varianta se používá v případě, že je v tlakovém pásmu právě jedna šachta.

TU6.1 – Šachty

F1 – Šachta-technický stav

Faktor je stanoven odborným odhadem provozovatele vodovodní sítě, který určí procento šachet v dobrém technickém stavu. Dobrý technický stav šachty je popsán v hodnotící stupnici, viz obr. 3.36.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Víc jak 70% šachet je ve velmi dobrém technickém stavu	1
70% - 30% šachet je ve velmi dobrém technickém stavu	2
Méně jak 30% šachet je ve velmi dobrém technickém stavu	3

Obrázek 3.37 Hodnotící stupnice F1 – Šachta-technický stav

TU6.2 – Šachty

V případě druhé varianty se odděleně hodnotí stavební část šachty a její vybavenost.

F1 – Šachta stavební část

Hodnocení tohoto faktoru se neobejde bez osobní prohlídky nebo velmi slušné fotodokumentace dané šachty. Stavební část je hodnocena společně s technickým stavem poklopu (včetně uzamykacího zařízení) a žebříku (stupadel).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Velmi dobrý technický stav šachty - poklop šachty je bez známek poškození (těsnění po obvodu v pořádku, kloubové či jiné uchycení bez porušení), poklop je vybaven funkčním uzamykacím zařízením. Žebřík bez známek koroze, ukotvení žebříku je pevné, pro lepší sestup je šachta vybavena venkovním madlem. Dno je monolitické (dlažba), vyspádované a vybavené odtokem. Šachta je suchá bez známek prolínání vody konstrukcí. Na stěnách a stropní konstrukci nejsou patrné žádné větší známky poškození (prorýsování výztuže, prorůstání kořenů, vlhké fleky na povrchu, větší trhliny, prostupy potrubí těsné/suché).	1
Dobrý technický stav šachty - poklop šachty poškozen (těsnění po obvodu porušené nebo úplně chybí). Žebřík vykazuje známky koroze, ukotvení žebříku pevné. Dno je monolitické, bez vyspádování, chybí odtok či jímka pro odčerpání vody. Šachta je vlhká, jsou patrné průsaky kolem prostupů potrubí i vlastní konstrukcí. Na stěnách jsou patrné trhliny, úbytek materiálu. Stropní konstrukcí prorůstají kořínky, vytváří se krápníčky, viditelné prorýsování výztuže.	2
Špatný technický stav šachty - poklop šachty silně poškozen (prasklé víko, výrazná koroze, bez těsnění). Žebřík trpí velmi silnou korozí, některá stupadla prasklá nebo chybí, ukotvení žebříku je volné (hrozí vytržení ze stěny). Dno je z nepevných materiálů, není vyspádované, bez odtoku. Šachta je mokrá (zatopená). Stěny jsou značně porušené, prorůstání kořenů, viditelné průsaky, výrazné trhliny, praskliny. V případě zděných šachet - chybí některé cihly, nesoudržnost maltoviny. Stropní konstrukce prorostlá kořeny, vylézá výztuž, výrazný úbytek materiálu.	3

Obrázek 3.38 Hodnotící stupnice F1 – Šachta stavební část

F2 – Šachta vybavenost

Faktor je hodnocen podle aktuálního stavu povrchu potrubí v šachtě, jestli jsou na vstupní i výstupní straně osazeny funkční uzavírací armatury. Dále hodnocení faktoru přihlíží na správnost montáže filtru (správná poloha vůči armaturám i potrubí, možnost čištění). Poslední část je věnována problematice opěrných bloků. Hodnotící stupnice faktoru na obrázku 3.37.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Povrch potrubí ošetřen, potrubí bez známek koroze. Na vstupní i výstupní straně jsou osazeny uzavírací armatury opatřené ručními koly popř. uzavírací pákou nebo servopohonem. Uzavírací armatury nevykazují větší opotřebení, snadná manipulace, těsnost. Filtr je osazen správně, je prováděná pravidelná údržba (kontrola stavu síta, vyčištění). Opěrné bloky (betonové / kovové) jsou naistalovány pod armaturami a v místě odboček. Bloky jsou čisté bez známek povrchového opotřebení, volně dostupné příruby.	1
Na povrchu potrubí je viditelná koroze. Na vstupní i výstupní straně jsou osazené uzavírací armatury bez ručních kol. Uzavírací armatury vykazují známky opotřebení (obtížná manipulace, uzavírací armatury na vstupu těsné). Filtr není namontován správně. Příruby (hrdla) zabetonované v opěrných blocích. Bloky jsou instalovány přímo pod potrubí.	2
Silná povrchová koroze. Uzavírací armatury nelze ani obtížně uzavřít nebo úplně chybí. Filtr chybí nebo je namontován špatně, osazení znemožňuje provádění údržby (nutnost vyjmutí z potrubí). Některé opěrné bloky chybí nebo nedosahují až pod armatury, tvarovky. Místo betonových/kovových bloků je potrubí dodatečně vypodloženo různými materiály např. dřevo, kámen, cihly.	3

Obrázek 3.39 F2 – Šachta vybavenost

3.1.2.8 TU7 – Armatury na síti

Ukazatel je z důvodu lepšího hodnocení opět vybaven dvojicí variant, které mají uživateli zjednodušit práci.

TU7.1 – Armatury na síti

První varianta pro své hodnocení potřebuje podrobnou databázi armatur. Pro určení obou faktorů je nejdůležitější údaj o stáří armatur (rok instalace), podle kterého jsou následně ohodnoceny.

F1 – Uzavírací armatury

Faktor uzavírací armatury je oznámkován podle následující stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Více jak 80% uzavíracích armatur je mladší 5 let	1
80% - 40% uzavíracích armatur je v rozmezí stáří 5 - 10 let	2
Více jak 40% uzavíracích armatur je starších 10 let	3

Obrázek 3.40 Hodnotící stupnice F1 – Uzavírací armatury

F2 - Hydranty

Faktor hydranty má obdobně sestavenou hodnotící stupnici.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Více jak 80% hydrantů je mladší 8 let	1
80% - 40% hydrantů je v rozmezí stáří 8 - 15 let	2
Více jak 40% hydrantů je starších 15 let	3

Obrázek 3.41 Hodnotící stupnice F2 - Hydranty

V případě, že hodnocení přesně nekoresponduje s uvedenými stupnicemi, měl by uživatel zvážit, které bodové hodnocení je pro oba faktory nejrepresentativnější.

TU7.2 – Armatury na síti

Druhá varianta je založená na odborném odhadu provozovatele sítě, který stanoví procento funkčních armatur. V případě, že jsou armatury pravidelně kontrolovány (popř. vyměňovány), neměl by provozovatel mít s určením procenta funkčních armatur výraznější problém.

F1 – Uzavírací armatury

Faktor uzavírací armatury je obodován podle následující stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Více jak 80% uzavíracích armatur plní svojí funkci	1
80% - 60% uzavíracích armatur plní svojí funkci	2
Méně jak 60% uzavíracích armatur plní svojí funkci	3

Obrázek 3.42 Hodnotící stupnice F1 – Uzavírací armatury

F2 – Hydranty

V případě tohoto faktoru je výhodnější rozdělit si hydranty na dvě základní skupiny: hydranty požární a ostatní hydranty. Požární hydranty by měly mít vyšší váhu než např. hydranty koncové používané převážně pro odkalování sítě.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Více jak 70% hydrantů plní svojí funkci	1
70% - 50% hydrantů plní svojí funkci	2
Méně jak 50% hydrantů plní svojí funkci	3

Obrázek 3.43 Hodnotící stupnice F2 – Hydranty

3.1.2.9 TU8 – Ostatní

Technický ukazatel ostatní zahrnuje další vlivy, které mohou ovlivňovat technický stav vodovodní sítě. Jedná se převážně o tak zvané environmentální faktory.

F1 – Vliv podzemní vody

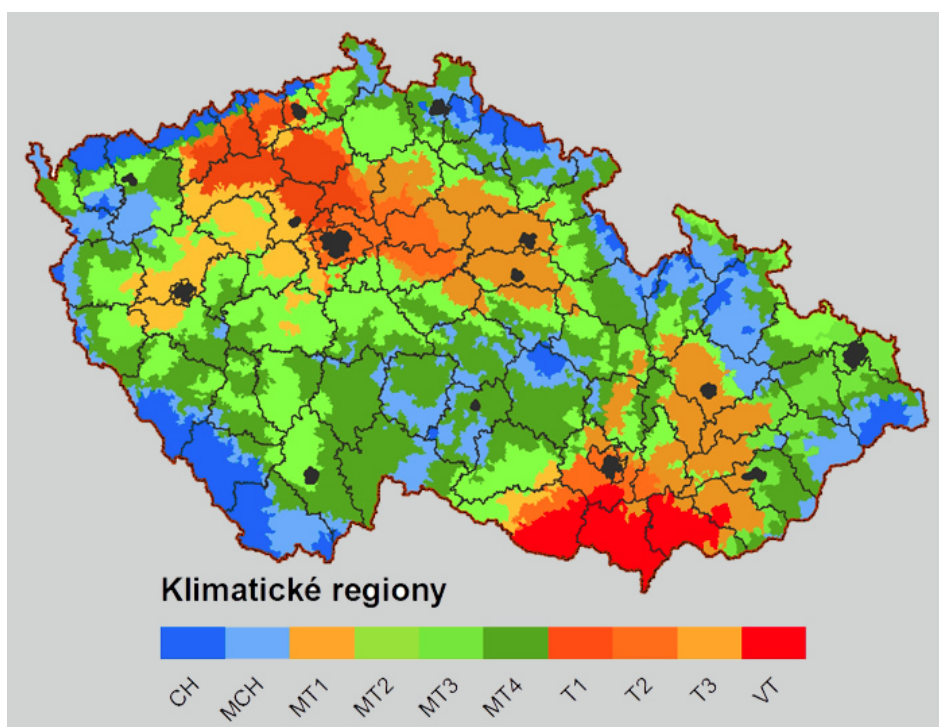
Tento faktor je posuzován podle úrovně hladiny spodní vody vůči potrubí. Jako nejméně vhodný stav bylo stanoveno střídavé působení vody (Kleiner a kol., 2006).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
HPV se nachází pod úrovní potrubí - potrubí není vystaveno působení podzemní vody.	1
HPV se nachází nad úrovní potrubí - potrubí je vystaveno působení podzemní vody celoročně.	2
HPV se mění podle množství srážek - potrubí je několikrát ročně vystaveno působení podzemní vody.	3

Obrázek 3.44 Hodnotící stupnice F1 – Vliv podzemní vody

F2 – Vliv krytí potrubí na promrzání

Pro hodnocení tohoto faktoru se používá mapa klimatických regionů České republiky, pro kterou je stanoveno celkem deset typů klimatických regionů. Výšku krytí (hloubku uložení) určí odborným odhadem provozovatel sítě.



Obrázek 3.45 Mapa klimatických regionů [13]

Po určení odpovídajícího regionu se faktor oznámkuje dle hodnotící stupnice (obr. 3.44).

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Krytí potrubí pro klimatické regiony CH a MCH (nad 1,5m); MT1, MT2, MT3, MT4 (nad 1,2m); T1, T2, T3, VT (nad 1,0m)	1
Krytí potrubí pro klimatické regiony CH a MCH (1,0 - 1,5m); MT1, MT2, MT3, MT4 (0,8 - 1,2m); T1, T2, T3, VT (0,8 - 1,0m)	2
Krytí potrubí pro klimatické regiony CH a MCH (pod 1,0m); MT1, MT2, MT3, MT4 (pod 0,8m); T1, T2, T3, VT (pod 0,8m)	3

Obrázek 3.46 Hodnotící stupnice F2 – Vliv krytí potrubí na promrzání

F3 - Údržba

Pravidelná údržba (kontrola) by se měla provádět především z preventivního hlediska, bohužel se můžeme v praxi často přesvědčit o velkých rezervách v tomto ohledu. Pro hodnocení faktoru slouží stupnice, která jednoduše popisuje jednotlivé přístupy k této problematice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Pravidelná, plánovaná údržba a kontrola dle vlastního předpisu. Pravidelný odečet hodnot z vodoměrů, průtokoměrů, manometrů. Minimálně dvakrát ročně zkouška funkčnosti uzávěrů. Pravidelný servis regulačních ventilů. Vedení zápisů o provedené údržbě.	1
Pravidelná údržba a kontrola. Pravidelný odečet hodnot z vodoměrů, průtokoměrů, manometrů. Minimálně jednou za 5 let zkouška funkčnosti uzávěrů.	2
Kontroly jsou dělány pouze namátkově, nejčastěji je důvodem porucha nebo odečet vodoměrů. Údržba je prováděna až v případě nutnosti.	3

Obrázek 3.47 Hodnotící stupnice F3 – Údržba

F4 – Typ zásobované oblasti

Hodnocení faktoru porovnává důležitost jednotlivých zásobovaných oblastí s ohledem na vedlejší náklady. Ty jsou způsobené náhradním zásobováním či finanční náhradou za znemožnění výroby průmyslových závodů.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Obytná	1
Komerční	2
Průmyslová	3

Obrázek 3.48 Hodnocení stupnice F4 – Typ zásobované oblasti

F5 – Způsob dopravy média do tlakového pásma

Pro posouzení tohoto faktoru je hlavním kritériem, jakým způsobem je potrubí chráněno proti nadměrnému dynamickému zatížení způsobené vodními rázy. Za nejméně vhodný způsob dopravy bylo zvoleno přímé čerpání vody ze zdroje do vodovodní sítě bez jakéhokoli zabezpečení.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Voda je do spotřebiště přiváděna gravitačně.	1
Voda je do spotřebiště čerpána, čerpadla jsou vybavena asynchronními motory, popř. je instalována tlaková nádoba. Tlakové poměry ve sledovaném tlakovém pásmu jsou řízeny pomocí redukčního ventilu.	2
Voda je do spotřebiště čerpána, čerpadla nejsou vybavena asynchronními motory, není instalována tlaková nádoba.	3

Obrázek 3.49 Hodnotící stupnice F5 – Způsob dopravy média do tlakového pásma

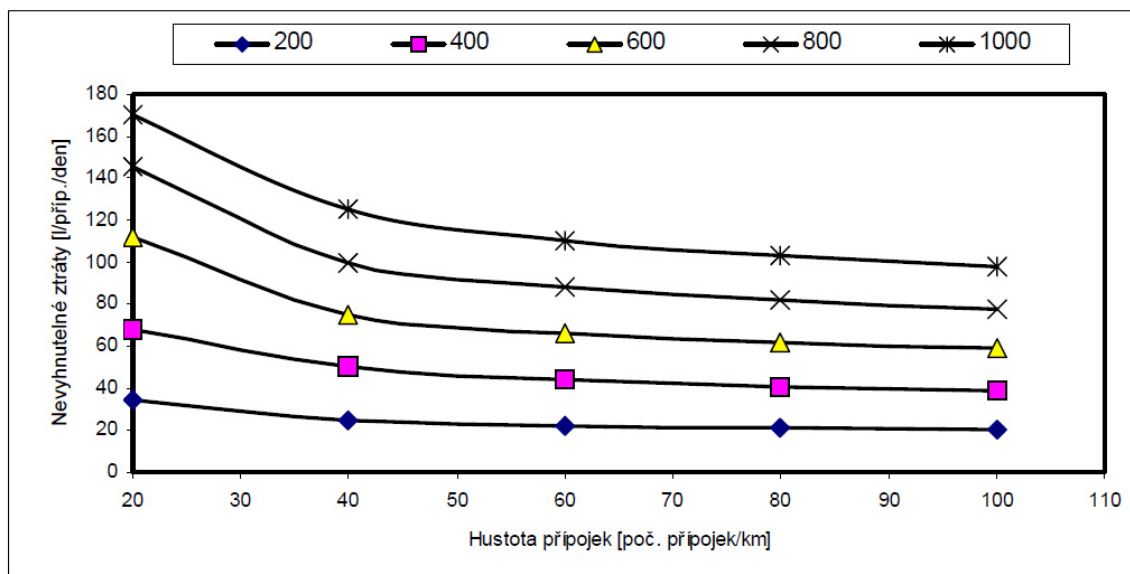
F6 – Hustota přípojek

Faktor je odvozen z metodiky určení TNZ (teoreticky nevyhnutelné ztráty). Teoreticky nevyhnutelné ztráty závisí na hustotě přípojek a provozním tlaku (Tab. 3.5).

Tab. 3.5 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [l·příp.⁻¹·den⁻¹]

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

Na základě Tab. 3.5 byl sestaven graf závislosti teoreticky nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a průměrném provozním tlaku. [14]



Obrázek 3.50 Závislost nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a na provozním tlaku

Hustotu přípojek vypočteme jako podíl počtu všech přípojek s celkovou délkou potrubí (v kilometrech) v tlakovém pásmu. Následovně je faktor obodován pomocí hodnotící stupnice.

Hodnotící stupnice	Body
Nehodnoceno	0
Počet přípojek na kilometr je nižší než 25 pp/km	1
Počet přípojek na kilometr je v rozmezí 25 - 50 pp/km	2
Počet přípojek na kilometr je vyšší než 50 pp/km	3

Obrázek 3.51 Hodnotící stupnice F6 – Hustota přípojek

3.1.3 Postup hodnocení v aplikaci TEA Water

Hodnocení technického stavu tlakových pásem a vodovodních řadů v aplikaci TEA Water (modul TEAN) probíhá na stejném principu jako u aplikace TEAN-E. Hlavním rozdílem je pracovní prostředí, které je dostupné z libovolného internetového prohlížeče. Z toho plyne minimální softwarová a hardwarová náročnost na počítač. Uživatel pro použití aplikace potřebuje internetové připojení.

REGISTRACE NOVÉHO UŽIVATELE

Jméno	
Příjmení	
Email	
Tel.	
Účet	haman
Heslo	*****
	Vložit

Obrázek 3.52 TEA Water - registrace

Po spuštění aplikace se uživatel nejdříve musí zaregistrovat a následně pod svým účtem a heslem přihlásit.

V dalším kroku si uživatel vytvoří nový projekt, ve kterém vyplní detaily o projektu. Uživatel může vyplnit tyto pole: název, IČME, IČPE a popis projektu. Po kliknutí na tlačítko „vložit“ se zapsané údaje uloží a program automaticky zobrazí seznam projektů.

The screenshot shows the 'DETAIL PROJEKTU' form in the TEA WATER application. The form is divided into several sections. On the left, there is a sidebar with a 'Projektů' section containing 'Seznam projektů', 'Nový projekt' (highlighted with a red box), and 'Souhrnné výsledky'. Below this is an 'Aktivní Projekt' section with links to 'Detail projektu', 'Objekty', 'Uživatelé projektu', and 'Ukazatele a faktory'. The main form area is titled 'DETAIL PROJEKTU' and contains the following fields: 'Projekt ID:' (empty), 'Název:' (Ukázka hodnocení), 'IČME:' (1234), 'IČPE:' (1234), and 'Popis:' (Ukázka hodnocení v aplikaci TEA WATER.). At the bottom right of the form are two buttons: 'Vložit' (highlighted with a red box) and 'Zpět'.

Obrázek 3.53 TEA WATER – založení projektu

V případě, že má uživatel vytvořený větší počet projektů, musí nejdříve aktivovat projekt, ve kterém chce pracovat. Požadovaný projekt se aktivuje kliknutím na jeho název.

The screenshot shows the 'SEZNAM PROJEKTŮ' (List of Projects) in the TEA WATER application. The list contains two entries: 'DP_Haman' and 'Ukázka hodnocení' (highlighted with a red box). Both entries show the role '[Auditor]' and a list of actions: 'Správa ukazatelů', 'Uživatelé', and 'Objekty'. Below the list is a 'Nový projekt' link.

Obrázek 3.54 TEA WATER – seznam projektů

Když má uživatel aktivovaný projekt, může přejít k výběru objektů (modulů).

The screenshot shows the 'DETAIL PROJEKTU' form for an existing project. The form is divided into several sections. On the left, there is a sidebar with a 'Projektů' section containing 'Seznam projektů', 'Nový projekt', and 'Souhrnné výsledky'. Below this is an 'Aktivní Projekt' section with links to 'Detail projektu', 'Objekty' (highlighted with a red box), 'Uživatelé projektu', and 'Ukazatele a faktory'. The main form area is titled 'DETAIL PROJEKTU' and contains the following fields: 'id:' (108), 'Název:' (Ukázka hodnocení), 'IČME:' (1234), 'IČPE:' (1234), and 'Popis:' (Ukázka hodnocení v aplikaci TEA WATER.). At the bottom right of the form are two buttons: 'Opravit' and 'Odstranit projekt'.

Obrázek 3.55 TEA WATER – aktivace projektu

Uživatel má na výběr celkem ze sedmi objektů, které mohou být společně uloženy v jednom projektu. V ukázce se budeme věnovat pouze modulu TEAN. Pro zadání nové sítě uživatel označí políčko „Nová síť“.

Obrázek 3.56 TEA WATER – výběr modulu

Zobrazí se okno základních údajů, kde může uživatel vyplnit detailní informace o hodnocené síti. Pro uložení vyplněných detailů uživatel klikne na políčko „vložit“, po kterém se automaticky v horní liště objeví záložka hodnocení.

Obrázek 3.57 TEA WATER – popis vodovodní sítě

V pracovním okně hodnocení uživatel provádí vlastní ohodnocení vodovodní sítě. Jednotlivým ukazatelům jsou předem přiděleny faktory, které se hodnotí podle předdefinovaných mezí, viz třetí rámeček hodnocení faktoru. Mezi ukazateli i faktory se dá během hodnocení libovolně přepínat. Dále může uživatel k dílčím faktorům přiložit soubory a popis.

Obrázek 3.58 TEA WATER – Hodnocení objektu

V posledním kroku uživatel otevře složku souhrn. Zde je ukázáno souhrnné hodnocení pro celou síť i jednotlivé ukazatele. Důležité je vždy přepočítat nově vložená data (včetně prvního zadání). Pro zachování hodnocení v projektu stačí kliknout na políčko „uložit“.

Obrázek 3.59 TEA WATER – souhrnné hodnocení objektu

3.2 VODOVODNÍ ŘADY

Pro hodnocení vodovodních řadů byl použit modul TEAS aplikace TEA Water a aplikace TEAS-E. Ani v tomto případě nebylo jisté, že modul bude v daném termínu dostatečně připravený pro hodnocení. Proto student samostatně vytvořil excelovskou aplikaci TEAS-E, která je kompletně založená na aplikaci TEAN-E. Jediná odlišnost obou aplikací je nastavení technických ukazatelů a faktorů. Výpočet a určení souhrnného hodnocení je pro obě aplikace totožný. Z tohoto důvodu budou u aplikace podrobně popsány pouze výrazně se odlišující ukazatele a faktory. Podrobnější ukázka hodnocení v těchto aplikacích bude přiložena v elektronické podobě na CD, které je součástí přílohy diplomové práce.

3.2.1 Postup hodnocení v aplikaci TEAS-E

Aplikace TEAS-E hodnotí technický stav na základě trojice technických ukazatelů, kompletní seznam použitých ukazatelů a faktorů v podkapitole 3.2.1.1.

3.2.1.1 Seznam technických ukazatelů a faktorů – TEAS-E

TU1 - Fyzikální ukazatele

- F1 - Stáří potrubí dle trubního materiálu
- F2 - Jmenovitý profil potrubí
- F3 - Hustota přípojek
- F4 - Inkrustace potrubí

TU2 - Provozní ukazatele

- F1 - Poruchovost řadu[pp/km/rok]
- F2 - Maximální hydrostatický tlak [m v.sl.]
- F3 - Průměrný hydrodynamický tlak [m v.sl.]
- F4 - Kolísání hydrodynamického tlaku [m v.sl.]

TU3 - Environmentální ukazatele

- F1 - Dopravní zatížení
- F2 - Úroveň podzemní vody
- F3 - Krytí potrubí
- F4 - Vliv na kvalitu vody
- F5 - Významnost řadu
- F6 - Napojení citlivých odběratelů

3.2.1.2 TU1 – Fyzikální ukazatele

Ukazatel má shodný faktor F1 – stáří potrubí dle trubního materiálu s faktorem uvedeným v TU1 aplikace TEAN-E (F1 – stanovení výpočtem). Bodové hodnocení se rovněž provádí přes stupnici uvedenou v Tab. 3.3. Dalším faktorem, který má shodné hodnotící kritéria je faktor F4 – inkrustace. Postup hodnocení je uveden v kapitole 3.1.1.6.

F2 – Jmenovitý profil

Faktor je hodnocen podle stejného principu jako faktor F1 – Vliv velikosti průměru potrubí na poruchovost, který je uveden v kapitole 3.1.2.3. Hodnotící stupnice viz obrázek 3.50.

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
DN>=400	1
150<DN<400	2
DN<=150	3

Obrázek 3.60 Hodnotící stupnice F2 – Jmenovitý profil

F3 – Hustota přípojek

Hustota přípojek je vyjádřena jako počet přípojek napojených na jeden metr řadu.

$$HUSTOTA\ PŘÍPOJEK = \frac{POČET\ PŘÍPOJEK}{L} \quad (3.17)$$

kde počet přípojek - počet přípojek napojených na hodnocený řad [kus]
L - délka hodnoceného řadu [m]

Hodnotící stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Cca do 0,05 přípojek na 1 m řadu - např. sídlištní zástavba.	1
Cca od 0,05 do 0,10 přípojek na 1 m řadu - kombinovaná zástavba.	2
Od 0,10 přípojek na 1 m řadu - např. řadová zástavba rodinných domů.	3

Obrázek 3.61 Hodnotící stupnice F3 – Hustota přípojek

3.2.1.3 TU2 – Provozní ukazatele

Faktory tohoto ukazatele vychází z faktorů použitých v aplikaci TEAN-E. Všechny faktory mají stejný princip hodnocení jako u tlakového pásma pouze s rozdílem, že je vztaženo pouze na jeden konkrétní řad. Hodnocení faktoru F1 – poruchovost je popsán v kapitole 3.1.1.3 (F1 – Průměrná roční poruchovost potrubí). Hodnocení faktoru F4 – kolísání hydrodynamického tlaku je uvedeno u stejně zvaného faktoru v kapitole 3.1.1.5. V případě druhého a třetího faktoru jsou pouze pozměněné hodnotící stupnice.

F2 - Maximální hydrostatický tlak

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 50 m v.sl.	1
50 - 70 m v.sl.	2
> 70 m v.sl.	3

Obrázek 3.62 Hodnoticí stupnice F2 – Maximální hydrostatický tlak

F3 - Průměrný hydrodynamický tlak

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 45 m v.sl.	1
45 - 60 m v.sl.	2
> 60 m v.sl.	3

Obrázek 3.63 Hodnoticí stupnice F3 – Průměrný hydrodynamický tlak

3.2.1.4 TU3 – Environmentální ukazatele

Technický ukazatel obsahuje faktory, které se zabývají dalšími vlivy, ovlivňující technický stav řadů. Většina z těchto faktorů je dána historickým vývojem a charakterem prostředí, ve kterém se řad nachází.

F1 – Dopravní zatížení

Faktor je hodnocen podle kategorie komunikace (dopravního zatížení), ve které je řad uložen.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Bez dopravního zatížení. Místní komunikace s nízkým provozem.	1
Místní komunikace se silným provozem. Krajská komunikace.	2
Komunikace s významným dopravním zatížením. Značný podíl nákladní dopravy.	3

Obrázek 3.64 Hodnoticí stupnice F1 – Dopravní zatížení

F2 – Úroveň podzemní vody

Faktor je hodnocen podle úrovně podzemní vody.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Nízká	1
Průměrná	2
Vysoká	3

Obrázek 3.65 Hodnoticí stupnice F2 – Úroveň podzemní vody

F3 – Krytí potrubí

Faktor porovnává stávající výšku krytí potrubí vůči normě.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
< 2,5 m, ale větší než požaduje norma	1
2,51 - 3,5 m	2
> 3,5 m nebo menší než požaduje norma	3

Obrázek 3.66 Hodnoticí stupnice F3 – Krytí potrubí

F4 – Vliv na kvalitu vody

Faktor je hodnocen totožně jako v případě faktoru F1 – vliv trubního materiálu v aplikaci TEAN-E (kap. 3.1.1.6). Rozdíl je pouze v rozšířené hodnoticí stupnici, kde je přidán vliv nízké rychlosti u koncových řadů.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Materiál potrubí GGG, PE nebo PVC.	1
Materiál potrubí LT nebo OC po sanaci vnitřního povrchu.	2
Materiál potrubí LT nebo OC bez sanace vnitřního povrchu. Koncový úsek s velmi malou rychlostí proudění vody.	3

Obrázek 3.67 Hodnoticí stupnice F4 – Vliv na kvalitu

F5 – Významnost řadu

Faktor je oznámkován podle typu hodnoceného řadu.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Koncový řad. Existuje zaokružování	1
Ostatní	2
Páteřní řad	3

Obrázek 3.68 Hodnoticí stupnice F5 – Významnost řadu

F6 – Napojení citlivých odběratelů

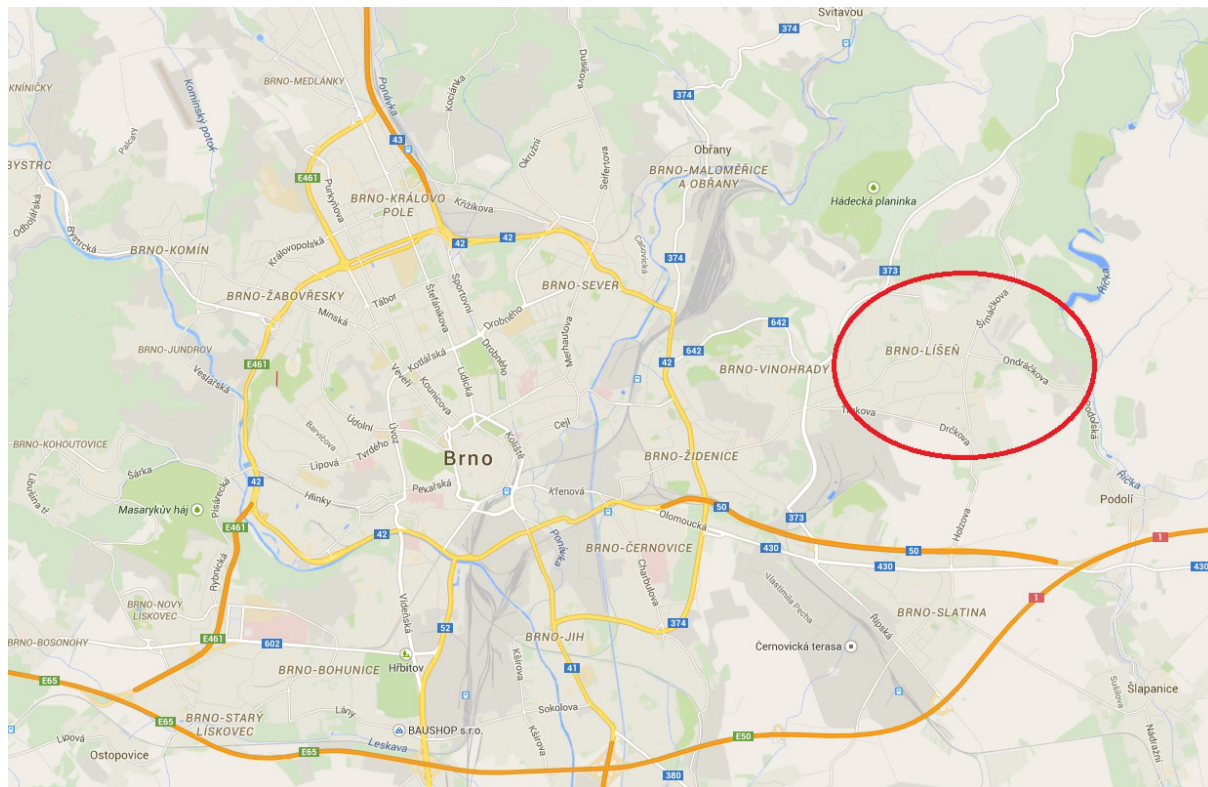
Faktor je hodnocen podle charakteru napojených odběratelů na řad. Napojení citlivých odběratelů, u kterých přerušení dodávky vody může způsobit velké problémy, hodnotí vyšším počtem přidělených bodů.

Hodnoticí stupnice	Známka
Nehodnoceno	0
Zejména napojeny domácnosti.	1
Napojeny významné průmyslové objekty.	2
Napojen strategicky významný odběratel - nemocnice atp.	3

Obrázek 3.69 Hodnoticí stupnice F6 – Napojení citlivých odběratelů

4 PŘÍPADOVÁ STUDIE

Pro hodnocení technického stavu tlakových pásem a řadů byla vybrána vodovodní síť nacházející se v městské části Brno – Líšeň. Líšeň lze rozdělit na starou (původní zástavba) a novou Líšeň (sídliště vybudované 80. letech 20. století). Na rozdíl od nové Líšně má stará Líšeň dodnes charakter spíše velké vesnice či městečka.



Obrázek 4.1 Mapa zájmové oblasti

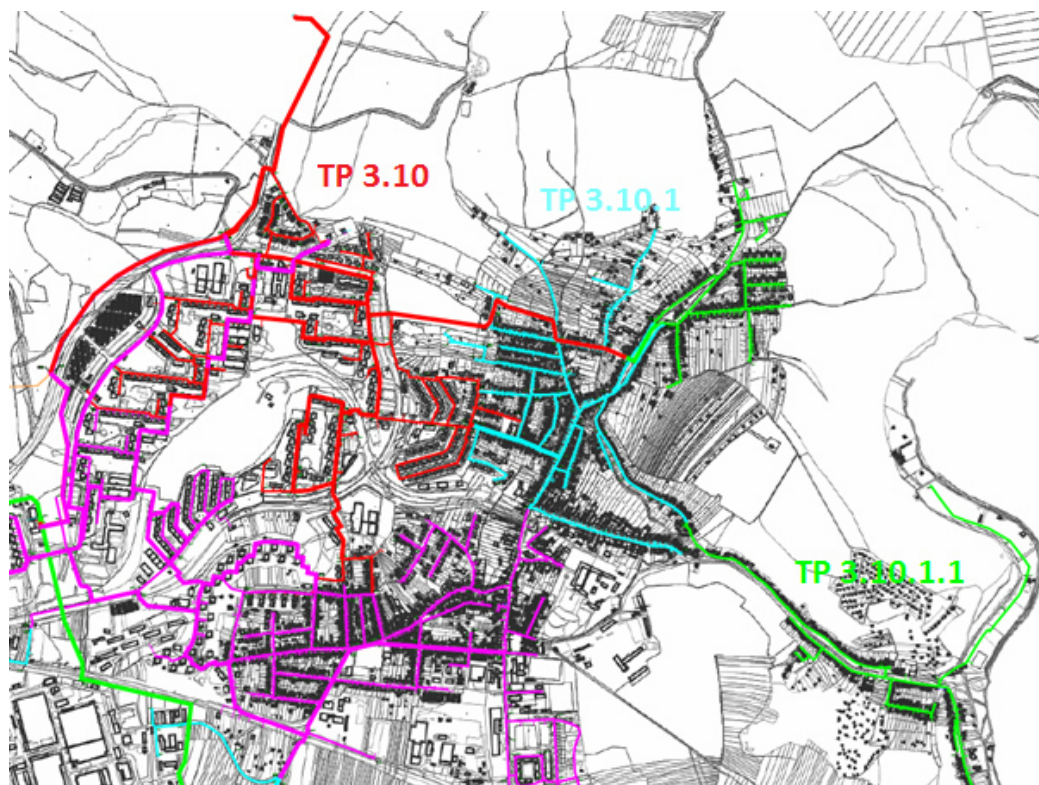
K Brnu byla Líšeň (v původních hranicích) připojena 1. ledna 1944 původně židenické části moderního katastru Líšně, zahrnující i okrajovou západní část dnešního sídliště Nová Líšeň, však byly k Brnu připojeny již 16. dubna 1919. Dnes žije v katastru městské části 26 781 obyvatel.[15] Průměrná nadmořská výška městské části se pohybuje kolem 320 m n.m.

Základní informace:

Oficiální název:	městská část Brno-Líšeň
Kraj:	Jihomoravský kraj
Katastrální výměra:	15,71 km ²
Potok:	Říčka
Počet domů:	3160
Počet obyvatel:	26 781 (r. 2011)
Nadmořská výška:	320 m n.m.

4.1 HODNOCENÍ VYBRANÝCH TLAKOVÝCH PÁSEM

Ve studii jsou hodnocena celkem tři tlaková pásma o celkové délce potrubí 26 km. Všechna tlaková pásma byla hodnocena v aplikacích TANet, TEAN-E, a TEA Water (modul TEAN) podle předem stanovených kritérií. Z důvodu velkého objemu informací bude v práci uvedeno pouze souhrnné hodnocení těchto pásem. V příloze diplomové práce bude obsaženo kompletní hodnocení jednoho tlakového pásma v aplikaci TANet. Hodnocení ostatních pásem bude přiloženo na CD včetně pořízené fotodokumentace.



Obrázek 4.2 Schéma tlakových pásem – Líšeň

Na schématu jsou znázorněna tlaková pásma v Líšni. Pro hodnocení byla vybrána pásma 3.10 (červená barva), 3.10.1 (světle modrá barva) a 3.10.1.1 (zelená barva).

4.1.1 Způsob dopravy vody do hodnocených TP

Hodnocená tlaková pásma na sebe vzájemně navazují. První nejvýše položené tlakové pásmo s označením TP 3.10 začíná ve VDJ Líšeň II. Výška hladiny ve vodojemu se běžně pohybuje na úrovni výškové kóty 405 m n.m. Vodojem je rozdělen na dvě stejně velké akumulární komory. Celková akumulace vodojemu činí 5000 m³.

Základními zdroji vody pro celou Brněnskou vodárenskou soustavu jsou prameniště podzemní vody v Březové nad Svitavou a úprava povrchové vody ve Švařci. Z Březové nad Svitavou je voda do Brna přiváděna přivaděčem I. březovského vodovodu a přivaděčem II. březovského vodovodu. Z úpravny vody Švařec se voda do Brna přivádí přivaděčem Vířského oblastního vodovodu (VOV). Provoz úpravny vody v Brně-Pisárkách byl v květnu 2013 ukončen. Od roku 2001 plnila úprava Pisárky již jen funkci zdroje rezervního s využitím při případných havarijních stavech a při mimořádných provozních situacích a od roku 2008 vodu do vodovodní sítě již nedodávala. [16] Voda z Vířského

oblastního vodovodu činí pouhých 10% z celkového objemu, k mísení vody z obou zdrojů dochází na VDJ Čebín. Zde je voda naposledy hygienicky ošetřena (chlordioxid). Z vodojemu Čebín je voda přiváděna na VDJ Palacký vrch s celkovou kapacitou $2 \times 17\,500 \text{ m}^3$. Z tohoto vodojemu je voda gravitačně dopravena na ČS Líšeň s akumulací $2 \times 1500 \text{ m}^3$ odkud je přečerpána na již zmiňovaný VJD Líšeň II.



Obrázek 4.3 VDJ Líšeň II

4.1.2 Popis tlakových pásem

Nejvýše položené tlakové pásmo zásobuje vodou převážně líšeňská sídliště, která byla vybudována v 80. letech minulého století. Převažujícím trubním materiálem je šedá litina, která tvoří téměř 80% z celkové délky potrubí v pásmu. Celková délka potrubí v TP je 16,06 km. Průměrné stáří potrubí z šedé litiny je do 40 let. Výskyt poruch v TP se pohybuje do 10 poruch za rok (pouze řady). Provozovatel sítě uvádí, že není sledován žádný výrazný nárůst poruch během posledních let. Dimenze vodovodních řadů se pohybuje od DN80 do DN400. Největší jmenovitá světlost potrubí patří zásobnímu řadu, který vede přímo z vodojemu. V tlakovém pásmu se nachází jediná armaturní šachta, kde se vzájemně kříží potrubí TP 3.10 a potrubí TP 3.9, které vede z VDJ Líšeň I.



Obrázek 4.4 Charakteristická zástavba pro TP 3.10

Voda je dále předávána do dvou tlakových pásem, konkrétně se jedná o pásma TP 3.10.2 a TP 3.10.1. Obě tlaková pásma jsou tvořena regulací tlaku pomocí redukčních ventilů. V příloze diplomové práce bude představeno kompletní hodnocení tlakového pásma 3.10.1 za použití aplikací TANet, TEAN-E, TEA Water (modul TEAN).

Tlakové pásmo vzniká redukcí tlaku v RŠ – Klajdovská, kde je tlak redukován na hodnotu 4,1 baru. Zároveň se změnou tlakového pásma dochází i ke změně charakteru zástavby, která je tvořena převážně rodinnými domky. Stejně jako u předešlého tlakového pásma je převažujícím trubním materiálem šedá litina (78%). Průměrné stáří potrubí se pohybuje v rozmezí 35 – 45 let. Převažujícím rozměrem trub je DN100. Během posledních pěti let je pozorován pokles četnosti výskytu poruch na vodovodních řadech, ačkoli se průměrný hydrodynamický tlak pohybuje za hranicí 55 m v.sl. Tlakové pásmo končí v šachtě na ulici Podhorní, kde je opět osazen redukční ventil.



Obrázek 4.5 RŠ – Podhorní

Nejnižší tlakové pásmo je zároveň posledním hodnoceným pásmem případové studie. Na vstupu do TP je tlak redukován na 4,2 bar. V nejnižších uzlech sítě hydrodynamický tlak dosahuje hodnot přes 80 m v.sl. V tlakovém pásmu převládá hustá jednopodlažní zástavba. Celková délka potrubí v TP činí 3,69 km z toho 2,31 km potrubí je tvořeno šedou litinou (63%). Dále je významně zastoupeno potrubí z PVC (19%), tvárné litiny (9,5%) a PE (9%). V pásmu převládají profily DN80 a DN100. Z důvodu velmi nízkých odběrů a zvyšujícímu se výskytu zákalu ve vodě je vodovodní síť dvakrát v roce odkalována. Průměrné stáří potrubí je v rozmezí 30 – 40 let.

4.1.3 TANet nastavení vah technických ukazatelů a faktorů

TU1.1 - Stáří potrubí		0,25
F1 - Ocel (OC)	0,20	
F2 - Šedá litina (GG)	0,25	
F3 - Tvárná litina (GGG)	0,20	
F4 - Polyethylen (PE)	0,10	
F5 - Polyvinylchlorid	0,10	
F6 - Azbestocement (AC)	0,10	
F7 - Jiný	0,05	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU1 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU1.1 nebo TU1.2)		
TU1.2- Stáří potrubí		0,25
F1 - Průměrné stáří vodovodní sítě	1,00	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU1 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU1.1 nebo TU1.2)		
TU2.1 - Poruchovost		0,15
F1 - Průměrná poruchovosti	0,45	
F2 - Dynamika poruch	0,30	
F3 - Procento opotřebení	0,25	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU2 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU2.1 nebo TU2.2)		
TU2.2 - Poruchovost		0,15
F1 - Vliv velikost průměru potrubí na poruchovost	0,30	
F2 - Vliv zatížení od dopravy	0,20	
F3 - Procento opotřebení	0,30	
F4 - Stav potrubí	0,20	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU2 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU2.1 nebo TU2.2)		
TU3 - Ztráty vody		0,175
F1 - %VNF procento vody nefakturované	0,35	
F2 - JUVNF jednotkový únik vody nefakturované	0,30	
F3 - Minimální noční odběry	0,20	
F4 - EIZ ekonomický index ztrát	0,15	
	<u>1,00</u>	
TU4 -Tlakové poměry		0,10
F1 - Maximální hydrostatický tlak	0,40	
F2 - Průměrný hydrodynamický tlak	0,40	
F3 -Kolísání hydrodynamických tlaků během dne	0,20	
	<u>1,00</u>	

TU4 - Tlakové poměry		0,10
F1 - Maximální hydrostatický tlak	0,40	
F2 - Průměrný hydrodynamický tlak	0,40	
F3 - Kolísání hydrodynamických tlaků během dne	0,20	
	<u>1,00</u>	
TU5 - Vliv na kvalitu vody		0,05
F1 - Faktory ovlivňující kvalitu vody	0,65	
F2 - Vliv maximální průměrné rychlosti	0,35	
	<u>1,00</u>	
TU6.1 - Šachty		0,075
F1 - Šachta - technický stav	1,00	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU6 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU6.1 nebo TU6.2)		
TU6.2 - Šachty		0,075
F1 - Šachta stavební část	0,50	
F2 - Šachta vybavenost	0,50	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU6 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU6.1 nebo TU6.2)		
TU7.1 - Armatury na síti		0,10
F1 - Uzavírací armatury	0,75	
F2 - Hydranty	0,25	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU7 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU7.1 nebo TU7.2)		
TU7.2 - Armatury na síti		0,10
F1 - Uzavírací armatury	0,75	
F2 - Hydranty	0,25	
	<u>1,00</u>	
(pozn. TU7 se může hodnotit pouze pomocí jedné z variant: TU7.1 nebo TU7.2)		
TU8 - Ostatní		0,10
F1 - Vliv podzemní vody	0,15	
F2 - Vliv krytí potrubí na promrzání	0,15	
F3 - Údržba	0,20	
F4 - Typ zásobované oblasti	0,15	
F5 - Způsob dopravy média do tlakového pásma	0,10	
F6 - Hustota přípojek	0,25	
	<u>1,00</u>	

Tab. 4.1 TANet nastavení mezí technických ukazatelů a faktorů

4.1.4 TEAN-E nastavení vah technických ukazatelů a faktorů

TU1 - Průměrné stáří trubního materiálu		0,20
F1 - Stanovení výpočtem	1,00	
F2 - Stanovení odborným odhadem	1,00	
	<u>1,00</u>	
(pozn. hodnocení TU1 se provádí vždy pouze pomocí jednoho faktoru.)		
TU2 - Poruchovost		0,25
F1 - Průměrná roční poruchovost [pp/km/rok]	0,50	
F2 - Dynamika poruch	0,50	
	<u>1,00</u>	
TU3 - Ztráty vody		0,25
F1 - Procento vody nefakturované	0,30	
F2 - Jednotkový únik vody nefakturované (JUVNF)	0,30	
F3 - Minimální noční odběry	0,20	
F4 - Ekonomický index ztrát (EIZ)	0,20	
	<u>1,00</u>	
TU4 - Tlakové poměry		0,15
F1 - Maximální hydrostatický tlak [m v.sl.]	0,40	
F2 - Průměrný hydrodynamický tlak [m v.sl.]	0,30	
F3 - Kolísání hydrodynamického tlaku [m v.sl.]	0,30	
	<u>1,00</u>	
TU5 - Vliv na kvalitu vody		0,05
F1 - Vliv trubních materiálů	0,20	
F2 - Kvalita dopravované vody	0,20	
F3 - Inkrustace	0,30	
F4 - Doba zdržení vody v síti [hod]	0,30	
	<u>1,00</u>	
TU6 - Armaturní šachty		0,05
F1 - Stav armaturních šachet	1,00	
	<u>1,00</u>	
TU7 - Armatury na síti		0,05
F1 - Uzavírací armatury	0,35	
F2 - Hydranty	0,35	
F3 - Ostatní armatury	0,30	
	<u>1,00</u>	

Tab. 4.2 TEAN-E nastavení mezí technických ukazatelů a faktorů

Nastavení vah ukazatelů je shodné s aplikací TEA Water (modul TEAN), rozdíl je pouze u vah faktorů náležících TU1, kde původně bylo hodnocení prováděno pomocí obou faktorů současně. Z tohoto důvodu měly oba faktory váhu nastavenou na hodnotu 0,5.

4.1.5 Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10

4.1.5.1 Souhrnné informace o TP 3.10

Struktura sítě:

Struktura sítě zahrnuje podrobný rozbor zastoupení trubních materiálů v jednotlivých pásmech. Dále je zde uvedena celková délka potrubí a hustota přípojek v TP.

Tab. 4.3 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10

Materiál	Délka potrubí [m]	Zastoupení materiálu [%]
OC	1526,75	9,50
GG	12569,07	78,23
GGG	1276,68	7,95
PE	691,47	4,30
PVC	0,00	0,00
AC	0,00	0,00
JINÝ	2,66	0,02
Součet	16066,63	100,00

Počet připojených nemovitostí v TP 3.10

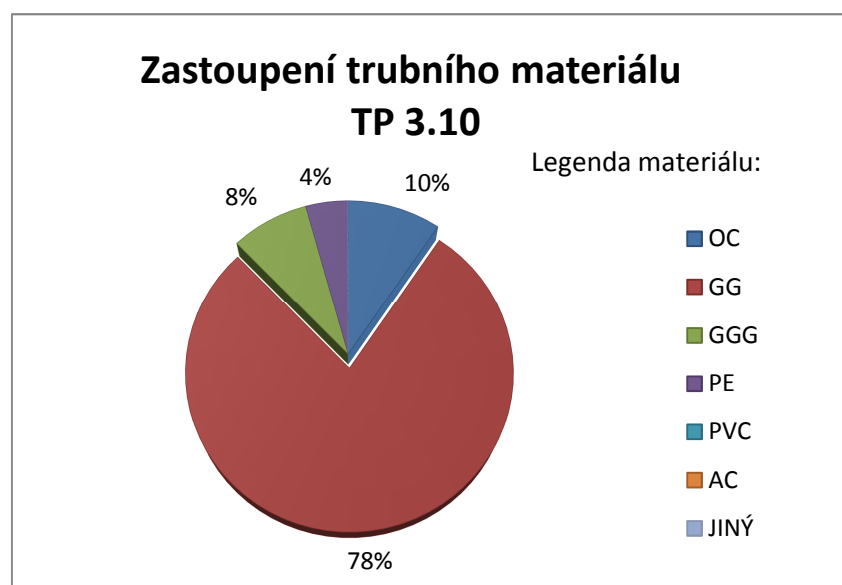
353 přípojek

Celková délka řadů v TP 3.10

16,07 km

Hustota přípojek na kilometr řadu TP 3.10

21,98 přípojek·km⁻¹



Obrázek 4.6 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10

Počet obyvatel v TP 3.10

V tlakovém pásmu 3.10 žije celkem 10 250 obyvatel.

Poruchovost sítě TP 3.10

Pro vyhodnocení průměrné poruchovosti tlakového pásma byla použita databáze poruch vedená provozovatelem sítě.

Tab. 4.4 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10 (2005 – 2013)

Roky	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Poč. poruch	6	2	5	4	6	4	6	5	2
Délka [km]	16,07	16,07	16,07	16,07	16,07	16,07	16,07	16,07	16,07
pp/km/rok	0,37	0,12	0,31	0,25	0,37	0,25	0,37	0,31	0,12

Délka řadů v TP 3.10:

16,07 km

Průměrný počet poruch za rok (2005 – 2013)

4,44 poruch

Průměrná poruchovost v TP 3.10:

0,28 pp·km⁻¹·rok⁻¹

4.1.5.2 TANet souhrnné hodnocení TP 3.10

Souhrnné hodnocení TP		Hodnocení:		K2	
Hranice kategorií:	K1	K2	K3	K4	K5
	s≤ 1,25	<s≤ 2,00	<s≤ 3,00	<s≤ 4,00	<s
Dosažené skóre:	1,90				
Hodnocení TP			K2		
TU1.1 - Stáří potrubí			K2		
TU2.1 - Poruchovost			K2		
TU3 - Ztráty vody			K1		
TU4 - Tlakové poměry			K5		
TU5 - Vliv na kvalitu vody			K3		
TU6.2 - Šachty			K1		
TU7.2 - Armatury na síti			K1		
TU8 - Ostatní			K1		

Obrázek 4.7 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10

Většina technických ukazatelů je zařazena do prvních dvou kategorií. Nejhuře byl ohodnocen technický ukazatel TU4 – Tlakové poměry, který ve dvou ze tří faktorů byl oznámkován třemi body. Tlakové pásmo 3.10 je na základě dosaženého skóre zařazeno do kategorie „K2 – dobrý stav“.

4.1.5.3 TEAN-E souhrnné hodnocení TP 3.10

Souhrnné hodnocení TP		Hodnocení: K2									
Hranice kategorií:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>K1</th> <th>K2</th> <th>K3</th> <th>K4</th> <th>K5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>s ≤ 1,25</td> <td><s ≤ 2,00</td> <td><s ≤ 3,00</td> <td><s ≤ 4,00</td> <td><s</td> </tr> </tbody> </table>	K1	K2	K3	K4	K5	s ≤ 1,25	<s ≤ 2,00	<s ≤ 3,00	<s ≤ 4,00	<s
K1	K2	K3	K4	K5							
s ≤ 1,25	<s ≤ 2,00	<s ≤ 3,00	<s ≤ 4,00	<s							
Dosažené skóre:	1,90										

Hodnocení TP		K2
TU1 - Průměrné stáří trubního materiálu	K1	
TU2 - Poruchovost	K2	
TU3 - Ztráty vody	K1	
TU4 - Tlakové poměry	K4	
TU5 - Vliv na kvalitu vody	K3	
TU6 - Armaturní šachty	K1	
TU7 - Armatury na síti	K3	

Obrázek 4.8 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10

Technický stav tlakového pásma 3.10 hodnocený v aplikaci TEAN-E byl zařazen do stejné kategorie jako v aplikaci TANet. Rozdíl v hodnocení jednotlivých technických ukazatelů je zapříčiněn rozdílným nastavením váhového systému aplikací.

4.1.5.4 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10

Seznam vodovodních sítí	Základní údaje	Hodnocení	Souhrn
SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K2			
Stav rozvodné sítě: K2			
TS1 - Průměrné stáří trubního materiálu: K1			
0,5 1			
TS2 - Poruchovost: K2			
1,5 1,5			
TS3 - Ztráty vody: K1			
0,5 1			
TS4 - Tlakové poměry: K4			
2,7 2,7			
TS5 - Vliv na kvalitu vody: K3			
2,2 2,2			
TS6 - Armaturní šachty: K1			
1 1			
TS7 - Armatury na síti: K3			
2 2			
Přepočítat Uložit			

Tab. 4.5 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10

Souhrnné hodnocení technického stavu tlakového pásma 3.10 se ve všech třech použitých aplikacích shoduje.

4.1.5.5 Vybrané fotografie z TP 3.10



Obrázek 4.9 Fotografie šachta Novolíšeňská ul.



Obrázek 4.10 Fotografie – charakteristická zástavba TP 3.10 (ul. Horníkova)

4.1.6 Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10.1

4.1.6.1 Souhrnné informace o TP 3.10.1

Struktura sítě:

Struktura sítě zahrnuje podrobný rozbor zastoupení trubních materiálů v jednotlivých pásmech. Dále je zde uvedena celková délka potrubí a hustota přípojek v TP.

Tab. 4.6 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10.1

Materiál	Délka potrubí [m]	Zastoupení materiálu [%]
OC	0,00	0,00
GG	4925,74	77,96
GGG	1003,17	15,88
PE	0,00	0,00
PVC	387,21	6,13
AC	0,00	0,00
JINÝ	2,25	0,04
Součet	6318,37	100,00

Počet připojených nemovitostí v TP 3.10.1

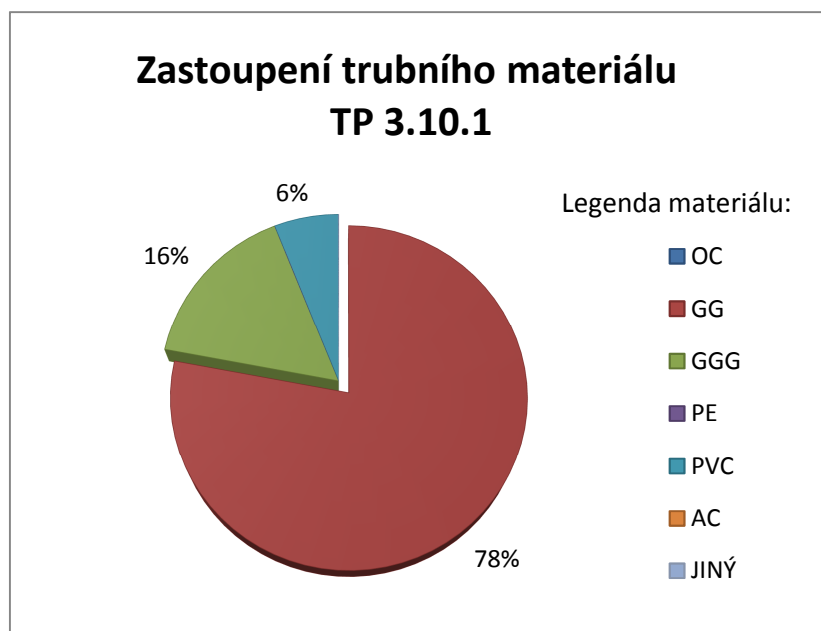
802 přípojek

Celková délka řadů v TP 3.10.1

6,32 km

Hustota přípojek na kilometr řadu TP 3.10 .1

126,89 přípojek·km⁻¹



Obrázek 4.11 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10.1

Počet obyvatel v TP 3.10.1

V tlakovém pásmu 3.10.1 žije celkem 1 870 obyvatel.

Poruchovost sítě TP 3.10.1

Pro vyhodnocení průměrné poruchovosti tlakového pásma byla použita databáze poruch vedená provozovatelem sítě.

Tab. 4.7 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10.1 (2006 – 2014)

Roky	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Poč. poruch	6	6	8	5	3	4	2	2	3
Délka [km]	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32
pp/km/rok	0,95	0,95	1,27	0,79	0,47	0,63	0,32	0,32	0,47

Délka řadů v TP 3.10.1:

6,32 km

Průměrný počet poruch za rok (2006 – 2014)

4,33 poruch

Průměrná poruchovost v TP 3.10.1:

0,69 pp·km⁻¹·rok⁻¹

4.1.6.2 TANet souhrnné hodnocení TP 3.10.1

Souhrnné hodnocení TP					Hodnocení:	K3
Hranice kategorií:						
	K1	K2	K3	K4	K5	
	s ≤ 1,25	< s ≤ 2,00	< s ≤ 3,00	< s ≤ 4,00	< s	
Dosažené skóre: 2,50						
Hodnocení TP						K3
TU1.1 - Stáří potrubí					K2	
TU2.1 - Poruchovost					K3	
TU3 - Ztráty vody					K2	
TU4 - Tlakové poměry					K4	
TU5 - Vliv na kvalitu vody					K5	
TU6.2 - Šachty					K2	
TU7.2 - Armatury na síti					K1	
TU8 - Ostatní					K3	

Obrázek 4.12 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1

Tlakové pásmo 3.10.1 je na základě dosaženého skóre zařazeno do kategorie „K3 – vyhovující stav“. Nejhoršího ohodnocení dosáhly TU4 a TU5. Technický ukazatel tlakové poměry byl zařazen do čtvrté kategorie z důvodu velmi vysokého hydrostatického a hydrodynamického tlaku. V tlakovém pásmu je převažujícím trubním materiálem šedá litina (78%) o průměrném stáří 40 let. Významnou roli představuje i vliv maximální průměrné rychlosti, která ve většině uzlů je nižší než 0,2 m·s⁻¹. Z tohoto důvodu byl TU5 zařazen do páté kategorie. Kompletní hodnocení tlakového pásma 3.10.1 je v příloze diplomové práce.

4.1.6.3 TEAN-E souhrnné hodnocení TP 3.10.1

Souhrnné hodnocení TP					Hodnocení:	K3
Hranice kategorií:		K1	K2	K3	K4	K5
		s ≤ 1,25	<s ≤ 2,00	<s ≤ 3,00	<s ≤ 4,00	<s
Dosažené skóre:		2,25				
Hodnocení TP					K3	
TU1 - Průměrné stáří trubního materiálu					K1	
TU2 - Poruchovost					K2	
TU3 - Ztráty vody					K2	
TU4 - Tlakové poměry					K4	
TU5 - Vliv na kvalitu vody					K3	
TU6 - Armaturní šachty					K3	
TU7 - Armatury na síti					K3	

Obrázek 4.13 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1

Tlakové pásmo 3.10.1 v aplikaci TEAN-E dosáhlo stejného souhrnného hodnocení jako u aplikace TANet. Nižší skóre bylo dosaženo z důvodu jinak nastavených vah u jednotlivých faktorů, které se nejvíce promítlo do hodnocení TU5.

4.1.6.4 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10.1

Seznam vodovodních sítí	Základní údaje	Hodnocení	Souhrn
SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K2			
Stav rozvodné sítě: K2			
TS1 - Průměrné stáří trubního materiálu: K1			
0,5 1			
TS2 - Poruchovost: K2			
1,5 1,5			
TS3 - Ztráty vody: K2			
0,7 1,4			
TS4 - Tlakové poměry: K4			
2,4 2,4			
TS5 - Vliv na kvalitu vody: K3			
2,2 2,2			
TS6 - Armaturní šachty: K3			
2 2			
TS7 - Armatury na síti: K3			
2 2			
Přepočítat Uložit			

Tab. 4.8 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1

Souhrnné hodnocení technického stavu tlakového pásma 3.10.1 se v aplikaci TEA Water (modul TEAN) a aplikaci TEAN-E liší. To je s největší pravděpodobností zapříčiněno tím, že aplikace TEA Water počítá souhrnné hodnocení objektu s větší přesností. Konkrétně se jedná o započítání desetin u dosaženého skóre ukazatelů do souhrnného hodnocení. Kdežto aplikace TEAN-E se řídí hodnotou dosažené kategorie a dále počítá s celými čísly.

4.1.6.5 Vybrané fotografie z TP 3.10.1



Obrázek 4.14 Fotografie – detail opěrných bloku v RŠ - Klajdovská



Obrázek 4.15 Fotografie – charakteristická zástavba TP 3.10.1 (ul. Štítného)

4.1.7 Posouzení technického stavu tlakového pásma 3.10.1.1

4.1.7.1 Souhrnné informace o TP 3.10.1.1

Struktura sítě:

Struktura sítě zahrnuje podrobný rozbor zastoupení trubních materiálů v jednotlivých pásmech. Dále je zde uvedena celková délka potrubí a hustota přípojek v TP.

Tab. 4.9 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10.1.1

Materiál	Délka potrubí [m]	Zastoupení materiálu [%]
OC	0,00	0,00
GG	2310,00	62,58
GGG	349,28	9,46
PE	324,27	8,79
PVC	705,52	19,11
AC	0,00	0,00
JINÝ	2,03	0,05
Součet	3691,10	100,00

Počet připojených nemovitostí v TP 3.10.1.1

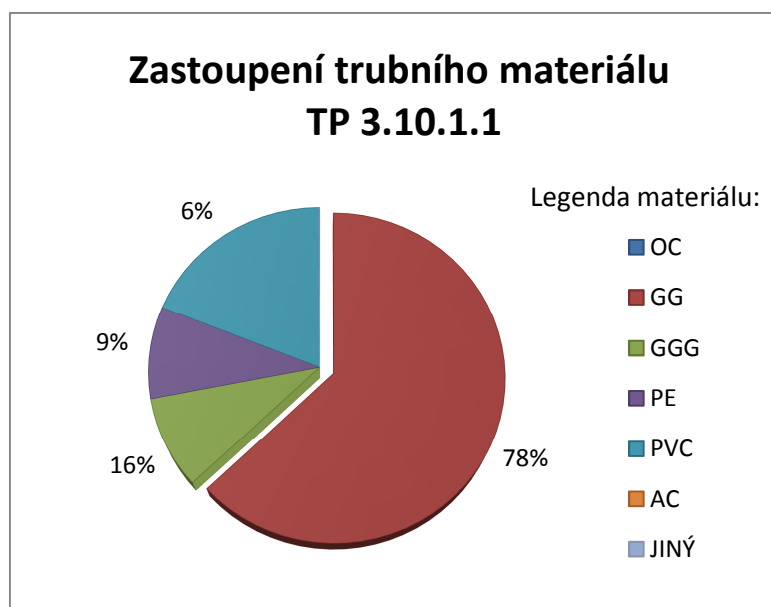
223 přípojek

Celková délka řadů v TP 3.10.1.1

3,69 km

Hustota přípojek na kilometr řadu TP 3.10.1.1

60,43 přípojek·km⁻¹



Obrázek 4.16 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10.1

Počet obyvatel v TP 3.10.1.1

V tlakovém pásmu 3.10.1.1 žije celkem 680 obyvatel.

Poruchovost sítě TP 3.10.1.1

Pro vyhodnocení průměrné poruchovosti tlakového pásma byla použita databáze poruch vedená provozovatelem sítě.

Tab. 4.10 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10.1. (2006 – 2014)

Roky	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Poč. poruch	0	3	1	0	0	1	2	2	3
Délka [km]	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69
pp/km/rok	0,00	0,81	0,27	0,00	0,00	0,27	0,54	0,54	0,81

Délka řadů v TP 3.10.1:

3,69 km

Průměrný počet poruch za rok (2006 – 2014)

1,33 poruch

Průměrná poruchovost v TP 3.10.1:

0,36 pp·km⁻¹·rok⁻¹

4.1.7.2 TANet souhrnné hodnocení TP 3.10.1.1

Souhrnné hodnocení TP						Hodnocení:		K3			
Hranice kategorií:	K1		K2		K3		K4		K5		
	s≤	1,25	<s≤	2,00	<s≤	3,00	<s≤	4,00	<s		
Dosažené skóre:		2,90									
Hodnocení TP								K3			
TU1.1 - Stáří potrubí						K3					
TU2.2 - Poruchovost						K3					
TU3 - Ztráty vody						K2					
TU4 - Tlakové poměry						K4					
TU5 - Vliv na kvalitu vody						K5					
TU6.2 - Šachty						K4					
TU7.2 - Armatury na síti						K1					
TU8 - Ostatní						K3					

Obrázek 4.17 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1.1

Technický stav tlakového pásma 3.10.1.1 je na základě dosaženého skóre zařazeno do kategorie „**K3 – vyhovující stav**“. Do souhrnného hodnocení tlakového pásma se nejvíce promítají dílčí výsledky u TU4, TU5 a TU6. Ze souhrnného hodnocení je patrné, jak se projevuje hodnocení jednotlivých technických ukazatelů na technický stav celého tlakového pásma.

4.1.7.3 TEAN-E souhrnné hodnocení TP 3.10.1.1

Souhrnné hodnocení TP		Hodnocení:		K3											
Hranice kategorií:	<table><tr><th>K1</th><th>K2</th><th>K3</th><th>K4</th><th>K5</th></tr><tr><td>s≤ 1,25</td><td><s≤ 2,00</td><td><s≤ 3,00</td><td><s≤ 4,00</td><td><s</td></tr></table>	K1	K2	K3	K4	K5	s≤ 1,25	<s≤ 2,00	<s≤ 3,00	<s≤ 4,00	<s				
K1	K2	K3	K4	K5											
s≤ 1,25	<s≤ 2,00	<s≤ 3,00	<s≤ 4,00	<s											
Dosažené sóre:	2,90														
Hodnocení TP		K3													
TU1 - Průměrné stáří trubního materiálu	K1														
TU2 - Poruchovost	K3														
TU3 - Ztráty vody	K3														
TU4 - Tlakové poměry	K4														
TU5 - Vliv na kvalitu vody	K4														
TU6 - Armaturní šachty	K5														
TU7 - Armatury na síti	K3														

Obrázek 4.18 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1.1

Tlakové pásmo 3.10.1.1 v aplikaci TEAN-E dosáhlo shodného souhrnného hodnocení jako v případě aplikace TANet.

4.1.7.4 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10.1.1

Seznam vodovodních sítí
Základní údaje
Hodnocení
: Souhrn

SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K3
Stav rozvodné sítě: K3
TS1 - Průměrné stáří trubního materiálu: K1
0,5 1
TS2 - Poruchovost: K3
1 2
TS3 - Ztráty vody: K3
0,9 1,8
TS4 - Tlakové poměry: K4
2,4 2,4
TS5 - Vliv na kvalitu vody: K4
2,3 2,3
TS6 - Armaturní šachty: K5
3 3
TS7 - Armatury na síti: K3
2 2

Přepočítat
Uložit

Tab. 4.11 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10.1.1

Souhrnné hodnocení technického stavu tlakového pásma 3.10.1.1 se ve všech třech použitých aplikacích shoduje.

4.1.7.5 Vybrané fotografie z TP 3.10.1.1



Obrázek 4.19 Fotografie - charakteristická zástavba TP 3.10.1.1 (ul. Ondráčkova)



Obrázek 4.20 Fotografie – detail stropní konstrukce RŠ - Podhorní

4.1.8 Srovnání souhrnného hodnocení TP

Souhrnné hodnocení všech tlakových pásem se u jednotlivých programů shodovalo. Jediný rozdíl je zapříčiněn odlišným výpočtem souhrnného skóre u aplikací TEAN-E a TEA Water. Aplikace TANet i TEAN-E do souhrnného hodnocení nezapočítávají dosažené skóre jednotlivých TU, ale hodnotu dosažené kategorie. V případě aplikace TEA Water je do souhrnného hodnocení započítána hodnota dosaženého skóre, která se od hodnoty dosažené kategorie liší v řádu desetin. Odchytky v hodnocení technických ukazatelů jsou převážně zapříčiněny rozdílným pohledem autorů metodik na váhové nastavení faktorů u jednotlivých ukazatelů.

Nejlepšího hodnocení dosáhlo tlakové pásmo 3.10. Lepší souhrnné hodnocení bylo dosaženo díky nižšímu průměrnému stáří potrubí, nižší průměrné poruchovosti vodovodních řadů a nízkým ztrátám vody. Dále se do hodnocení pozitivně projevil vliv charakteru zástavby společně s dobrým technickým stavem armaturních šachet.

Nejhůře byl ohodnocen technický stav talkového pásma 3.10.1.1. Vyššího skóre bylo dosaženo díky vyššímu výskytu poruch, vysokému hydrostatickému i hydrodynamickému tlaku v síti a technickému stavu armaturních šachet.

4.1.8.1 Výsledky testování aplikace TEAN

Během testování aplikace bylo zjištěno několik chyb, které budou uvedeny níže.

Obrázek 4.21 Modul TEAN – detail vodovodní sítě

V polích označených červenou barvou nelze použít některé znaky. Například u ICME nelze vyplnit kolonku ve formátu, který je běžně používán BVK: 6203-610003-44992785-1/1.

Při použití těchto znaků (-/.) v polích IČME a Objekt ID nedojde k uložení většiny z vyplněných informací. Uloží se pouze údaje vyplněné v kolonkách „Název“ a „Vodovod“.

Další ojediněle se vyskytující chyba se objevuje v popisovém poli „Poznámka“. Při vyplnění poznámkového pole se stejný text nakopíruje i do ostatních dříve nevyplněných poznámkových polí.

Obrázek 4.22 Modul TEAN – hodnocení objektu

Poslední objevenou chybou v aplikaci TEA Water (modul TEAN) je nefunkční otevření nahraných souborů. Nefunguje otevření běžných formátů obrázků i souborů uložených v softwaru Microsoft Excel. Navíc se data nedají zpětně stáhnout a otevřít přímo v PC. Tato situace zcela znemožňuje řešení jednoho projektu více uživateli najednou bez použití dalších aplikací. Jinak aplikace funguje bez znatelných problémů.

Doporučuji upravit popis akcí, který se zobrazuje pod pracovním oknem aplikace (vše do češtiny). Dále bych k hodnocení faktorů doplnil příslušné jednotky pro větší přehlednost.

U modulu TEAS je u stáří řadu špatně zadaná jednotka (mm).

4.2 HODNOCENÍ VODOVODNÍCH ŘADŮ

Technický stav byl hodnocen celkem u devíti vybraných vodovodních řadů (pro každé TP tři řady) pomocí aplikací TEAS-E a TEA Water (modul TEAS). Obdobně jako u tlakových pásem bude kompletní hodnocení technického stavu vodovodních řadů přiloženo v elektronické podobě na CD.

Hodnocení řadů je založeno na informacích obsažených v databázi řadů, hydraulického modelu a zkušeností vedoucího pracovníka sítě.

Pro ukázkou zde bude uvedeno souhrnné hodnocení technického stavu třech řadů v aplikacích TEA WATER (modul TEAS) a TEAS-E.

4.2.1 Vybrané řady

Pro každé tlakové pásmo byl vybrán jeden řad. Pro co největší názornost byly vybrány řady rozdílné důležitosti, materiálu, stáří a jmenovité světlosti. Tyto faktory se promítají do celkového hodnocení a měly zajistit požadovaný rozdíl v souhrnném hodnocení.

4.2.1.1 Řad 517633 (TP 3.10)

Řad 517633 je součástí tlakového pásma 3.10. Jedná se o řad zásobovací, který vede přímo z VDJ Líšeň II. V případě závažné poruchy s nutností odstávky bude přerušena dodávka vody i do tlakových pásem 3.10.1, 3.10.2 a dalších navazujících pásem.

Tab. 4.12 Základní informace – řad 517633

Identifikátor	Materiál	Jmenovitá světlost	Délka odečtená [m]	Datum přejímky	Funkce
517633	Šedá litina	400	854,69	1979-12-31	Zásobovací

4.2.1.2 TEAS-E souhrnné hodnocení řadu 517633

Souhrnné hodnocení řadu

K2

Hranice kategorií:

K1	K2	K3	K4	K5
s ≤ 1,25	<s ≤ 2,00	<s ≤ 3,00	<s ≤ 4,00	<s

Dosažené sóre:

1,40

Hodnocení řadu

K2

TU1 - Fyzikální ukazatele	K1
TU2 - Provozní ukazatele	K1
TU3 - Environmentální ukazatele	K3

Obrázek 4.23 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 517633

Souhrnné hodnocení technického stavu bylo aplikací TEAS-E zařazeno do kategorie „**K2 – dobrý stav**“. Ukazatelé TU1 a TU2 byly zařazeny do nejlepší kategorie. U TU1 největší měrou ke kladnému hodnocení přispělo nízké stáří trubního materiálu (35 let), vyšší jmenovitý průměr (DN400) a velmi nízká hustota přípojek. U TU2 byly rozhodující faktory zaměřené na tlakové poměry, které byly hodnoceny ve všech třech případech jedním bodem. Environmentální ukazatel byl zařazen do třetí kategorie. Hlavním důvodem zařazení do této kategorie je významnost zásobovacího řadu a vliv litinového potrubí na kvalitu vody.

4.2.1.3 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řadu 517633

Seznam vodovodních řadů Základní údaje **Hodnocení** : Souhrn

SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K1

Stav vodovodního řadu: K1

TU1 - Fyzikální ukazatel: K1
1,1 1,1

TU2 - Provozní ukazatel: K1
0,7 1

TU3 - Environmentální ukazatel: K3
2 2

Přepočítat Uložit

Tab. 4.13 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 517633

Hodnocení ukazatelů se v aplikaci TEA Water (modul TEAS) shoduje s výsledky dosaženými v aplikaci TEAS-E. Rozdíl v souhrnném hodnocení objektu je zapříčiněn rozdílnou přesností výpočtu. Technický stav řadu dle aplikace TEA Water byl zařazen do kategorie „**K1 – Velmi dobrý stav**“.

4.2.1.4 Řad 699786 (TP 3.10.1)

Řad 699786 je součástí vodovodní sítě v tlakovém pásmu 3.10.1. Jedná se o řad rozvodný, který zásobuje pouze pár rodinných domů. V případě závažné poruchy s nutností odstávky nevzniká žádné ovlivnění dalších odběratelů.

Tab. 4.14 Základní informace – řad 699786

Identifikátor	Jmenovitá světlost	Materiál	Délka odečtená [m]	Datum převjímky	Funkce
699786	110	Polyvinylchlorid	210,01	1990-01-01	Rozváděcí

4.2.1.5 TEAS-E souhrnné hodnocení řadu 699786

Souhrnné hodnocení řadu					K3
Hranice kategorií:					
	K1	K2	K3	K4	K5
	s ≤ 1,25	< s ≤ 2,00	< s ≤ 3,00	< s ≤ 4,00	< s
Dosažené sóre: 2,20					
Hodnocení řadu					K3
TU1 - Fyzikální ukazatele					K3
TU2 - Provozní ukazatele					K2
TU3 - Environmentální ukazatele					K1

Obrázek 4.24 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 699786

Fyzikální ukazatel byl u řadu 699786 zařazen do třetí kategorie. To je způsobeno převážně faktorem jmenovitý průměr (DN110), který je ohodnocen třemi body. Zbylé faktory včetně hustoty přípojek jsou označkovány jedním nebo dvěma body. Provozní ukazatel je na základě tlakových poměrů a průměrné poruchovosti řadu zařazen do druhé kategorie. Environmentální ukazatel díky minimálnímu dopravnímu zatížení (pouze místní komunikace), trubnímu materiálu (PVC) a nižší významnosti řadu byl zařazen do první kategorie.

Technický stav řadu byl dle souhrnného hodnocení zařazen aplikací TEAS-E do kategorie „K3 – vyhovující stav“.

4.2.1.6 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řadu 699786

Seznam vodovodních řadů	Základní údaje	Hodnocení	: Souhrn
-------------------------	----------------	-----------	----------

SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K2

Stav vodovodního řadu: K2

TU1 - Fyzikální ukazatel: K3
1,8 1,8

TU2 - Provozní ukazatel: K2
1,5 1,5

TU3 - Environmentální ukazatel: K1
1,1 1,1

Přepočítat Uložit

Tab. 4.15 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 699786

Hodnocení ukazatelů se v aplikaci TEA Water (modul TEAS) shoduje s výsledky dosaženými v aplikaci TEAS-E. Rozdíl v souhrnném hodnocení objektu je zapříčiněn rozdílnou přesností výpočtu. Technický stav řadu dle aplikace TEA Water byl zařazen do kategorie „K2 – dobrý stav“.

4.2.1.7 Řad 731378 (TP 3.10.1.1)

Řad 731378 je součástí tlakového pásma 3.10.1.1. Jedná se o hlavní rozvodný řad.

Tab. 4.16 Základní informace – řad 731378

Identifikátor	Jmenovitá světlost	Materiál	Délka odečtená [m]	Datum přejímky	Funkce
731378	100	Šedá litina	323,17	1965-12-31	Rozváděcí

4.2.1.8 TEAS-E souhrnné hodnocení řadu 731378

Souhrnné hodnocení řadu

K3

Hranice kategorií:

K1	K2	K3	K4	K5
s ≤ 1,25	< s ≤ 2,00	< s ≤ 3,00	< s ≤ 4,00	< s

Dosažené sóre: 2,60

Hodnocení řadu

K3

TU1 - Fyzikální ukazatele	K3
TU2 - Provozní ukazatele	K2
TU3 - Environmentální ukazatele	K3

Obrázek 4.25 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 731378

Souhrnné hodnocení technického stavu bylo aplikací TEAS-E zařazeno do kategorie „**K3 – vyhovující stav**“. Ukazatelé TU1 a TU3 byly zařazeny do třetí kategorie. U TU1 největší měrou přispělo obodování druhého faktoru, který získal tři body. U TU2 byly rozhodující faktory zaměřené na tlakové poměry, které byly hodnoceny dvakrát dvěma body a jednou za jeden bod. Environmentální ukazatel byl zařazen do třetí kategorie. Hlavním důvodem zařazení do této kategorie je významnost zásobovacího řadu a vliv litinového potrubí na kvalitu vody.

Seznam vodovodních řadů
Základní údaje
Hodnocení
: Souhrn

SOUHRNNÉ HODNOCENÍ OBJEKTU: K3
Stav vodovodního řadu: K3
TU1 - Fyzikální ukazatel: K3
2 2
TU2 - Provozní ukazatel: K2
1,2 1,71428571428571
TU3 - Environmentální ukazatel: K3
1,8 1,8

Přepočítat
Uložit

Tab. 4.17 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 731378

Souhrnné hodnocení technického stavu řadu 731378 se v obou aplikacích shoduje.

5 ZÁVĚR

Veřejně dostupné materiály v České republice neumožňují v plné míře provozovatelům, vlastníkům provádět hodnocení technického stavu vodovodní infrastruktury a objektům, které slouží k provozu vodovodního systému. Přitom jeho hodnocení je základním podkladem pro vypracování plánu financování obnovy vodovodů, který vychází ze zákona 274/2001 Sb.

V rámci této práce byla vypracována rešerše popisující stav v hodnocení vodárenské infrastruktury v zahraničí a České republice. Největším rozdílem je vlastní přístup k této problematice, který se v obou případech výrazně liší. V zahraničí přistupují k dílčím objektům vodovodního systému samostatně. Velmi pečlivě zkoumají provázanost jednotlivých faktorů, které se podílejí či mohou podílet na ovlivňování technického stavu těchto objektů. Na základě nabytých poznatků je hodnocen technický stav objektů a míra jejich opotřebení, která se stává hlavním podkladem pro vytváření plánů obnovy celého systému. Bohužel v České republice je k této problematice přístup spíše kvantitativní. Nejedná se o detailní zkoumání jednotlivých objektů podle předem stanovených kritérií, které by mezi sebou šly jednoduše porovnat. I poměrně nový program MVAK, který má sloužit ke sjednocení vybraných údajů majetkové a provozní evidence, nechává příliš velkou benevolenci na straně hodnotitele. Program rozděluje vodárenskou infrastrukturu pouze na dvě kategorie a to: vodovodní řady a stavby pro úpravu vody. Z tohoto důvodu shledávám snahu ÚVHO v této problematice za více než opodstatnělou.

Dále v této práci byla hodnocena tři tlaková pásma a devět vodovodních řadů vodovodní sítě v městské části Brno-Líšeň. Pro hodnocení byla použita aplikace TEA Water, která je vyvíjena na ÚVHO. Navíc byla studentem vytvořena aplikace TANet, která byla pro hodnocení rovněž použita.

V práci je podrobně popsán postup hodnocení v jednotlivých aplikacích, včetně popisu faktorů a technických ukazatelů. Z důvodu nejistoty z dokončení potřebných modulů (TEAN, TEAS) aplikace TEA Water v termínu nutném pro zpracování diplomové práce, byly studentem vytvořeny excelovské aplikace, které obsahem odpovídají těmto modulům.

Z hodnocení tlakových pásem vyplývá, že všechny použité aplikace jsou funkční (TANet, TEAN-E a TEA Water modul TEAN) a nedochází u nich k výrazným rozdílům v souhrnném hodnocení technického stavu. Nejlepšího hodnocení dosáhlo tlakové pásmo 3.10. Lepší souhrnné hodnocení bylo dosaženo díky nižšímu průměrnému stáří potrubí, nižší průměrné poruchovosti vodovodních řadů a nízkým ztrátám vody. Dále se do hodnocení pozitivně projevil vliv charakteru zástavby společně s dobrým technickým stavem armaturních šachet. Nejhorší byl ohodnocen technický stav tlakového pásma 3.10.1.1. Vyššího skóre bylo dosaženo díky vyššímu výskytu poruch, vysokému hydrostatickému i hydrodynamickému tlaku v síti a technickému stavu armaturních šachet.

U modulů aplikace TEA Water byly zjištěny některé chyby, které na základě popisu obsaženém v diplomové práci mohou být odstraněny.

V případě hodnocení technického stavu vodovodních řadů je největší problém skryt v dostupnosti požadovaných dat. Hydraulické modely nejsou vždy dostatečně přesné pro zodpovědné obodování přednastavených faktorů. Získání některých dalších informací je v českých podmínkách prakticky nemožné. Například u řady, který je v provozu 40 let a dosud u něj nebyla zaznamenána žádná porucha, budeme obtížně určovat výšku krytí potrubí nebo vliv spodní vody.

Osobně doporučuji upravit u faktoru krytí potrubí meze (aktuálně 2,51 – 3,5 m) na hodnoty 2,5 – 3 m. V případě celého modulu TEAS bych chtěl upozornit na nedostatečný popis u jednotlivých faktorů. To může zapříčinit větší zatížení individuálním hodnocením, které není v tomto případě žádoucí.

Specifický problém nastává v případě hodnocení vodovodního řadu, který má menší profil (např. DN80). Je na něj připojeno větší množství odběratelů (vyšší hustota přípojek) a jeho stáří je již zařazeno do vyšší kategorie. Ačkoli tento řad netrpí výskytem poruch, neprojevuje se u něj žádný výrazný vliv na kvalitu vody a z pohledu provozovatele je bezproblémový. V souhrnném hodnocení bude zařazen do kategorie, která jeho technický stav vyhodnotí jako nevyhovující. Je tedy otázkou: „Zda je takové hodnocení zcela správné a vystihuje skutečný technický stav?“

Po dokončení své práce musím konstatovat, že největší problém je stále schován v datech. Někdy není jednoduché data získat v požadovaném formátu nebo je do tohoto formátu upravit. Nakonec záleží pouze na provozovatelích (vlastnících), kolik času a peněz věnují na tvorbu komplexnějších databází, které jim v budoucnosti ušetří nemalé finanční prostředky.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KUČERA, T.; TUHOVČÁK, L. *Plány obnovy vodovodních sítí*. In Voda Zlín 2010. 1. Zlín: Moravská vodárenská, a.s., 2010 s. 125-130. ISBN: 978-80-254-6368-0.
- [2] Česká republika. *Zákon č. 274/2001 Sb.: o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)*. In: Sbírka zákonů České republiky. 2001.
- [3] Česká republika. *Vyhláška 428/2001 Sb.: 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: Sbírka zákonů České republiky. 2001.
- [4] TUHOVČÁK, L.; KUČERA, T.; RUČKA, J.; SVOBODA, M., *Technický audit vodovodní sítě*. In VODA ZLÍN 2005. ZLÍN, Česká republika: 2005. s. 25-31. ISBN: 80-239-4453-3.
- [5] ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Condition Assessment Technologies for Water Transmission and Distribution Systems*. Cincinnati, 2012. Dostupné z: <http://nepis.epa.gov/Exe/>
- [6] VEČEŘA, M. *Technický audit veřejných vodovodů*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
- [7] AL-BARQAWI, H.; ZAYED, T. *Condition Rating Model for Underground Infrastructure Sustainable Water Mains*. JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES. 2006. 120(6), 989-1003.
- [8] RAJANI, B.; KLEINER, Y a R SADINQ. *Translation of Pipe Inspection Results into Condition Ratings Using the Fuzzy Synthetic Evaluation Technique*. JOURNAL OF WATER SUPPLY RESEARCH AND TECHNOLOG. 2006, 11-24. 55(1).
- [9] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Majetková a provozní evidence vodovodů a kanalizací* [online]. 12.12.2014, 19.12.2014 [cit. 2014-12-30]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/majetkova-a-provozni-evidence-vodovodu-a/vstupni-formulare-aplikace-vybranych.html>
- [10] TUHOVČÁK, L, T KUČERA, M SVOBODA a M ŠEBESTA. *Technický audit vodárenských distribučních systémů*. In: *Sborník Voda Zlín 2007*. Zlín: Zlínská vodárenská, a. s., 2007, 173 - 174. ISBN 978-80-239-8740-9. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/015/001749.pdf?seek=1>
- [11] HAMAN, M. *Pasport a posouzení technického stavu vodovodní sítě*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí.
- [12] TUHOVČÁK, L., P. ADLER, T. KUČERA a J. RACLAVSKÝ. *VODÁRENSTVÍ: STUDIJNÍ OPORY PRO STUDIJNÍ PROGRAMY S KOMBINOVANOU FORMOU STUDIA*. Brno, 2006.
- [13] JACA-JASU, a.s. *Klimatické regiony* [online]. 2014 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.migesp.cz/klimaticke-regiony-cr>
- [14] RACLAVSKÝ, J., TUHOVČÁK L., MALANÍK, S.; *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Brno: CERM, 2006.

- [15] WIKIPEDIE. *Brno-Líšeň* [online]. 2008 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Brno-L%C3%AD%C5%A1e%C5%88>
- [16] BRNĚNSKÉ VODÁRNY A KANALIZACE. *Zásobování pitnou vodou* [online]. 2005 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/zasobovani-pitnou-vodou/>

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 Tabulka plánu financování obnovy vodovodů a kanalizací	6
Tab. 2.2 Tabulka faktorů, které přispívají ke zhoršení technického stavu	10
Tab. 2.3 Havarijní ukazatele ovlivňující vodovodní potrubí z PCCP	11
Tab. 2.4 Inferenční ukazatele pro potrubí z PCCP	12
Tab. 2.5 Technologie pro posouzení různých materiálů potrubí	13
Tab. 2.6 Kategorie míry opotřebení objektů a zařízení [6]	14
Tab. 3.1 Meze kategorií technických ukazatelů [6]	17
Tab. 3.2 Hranice kategorií [6]	18
Tab. 3.3 Meze kategorií F1 – Stanovení výpočtem	20
Tab. 3.4 Tabulka pro výpočet průměrného stáří potrubí	20
Tab. 3.5 Teoreticky nevyhnutelné ztráty [$\text{l} \cdot \text{příp.}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$]	47
Tab. 4.1 TANet nastavení mezí technických ukazatelů a faktorů	61
Tab. 4.2 TEAN-E nastavení mezí technických ukazatelů a faktorů	62
Tab. 4.3 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10	63
Tab. 4.4 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10 (2005 – 2013)	64
Tab. 4.5 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10	65
Tab. 4.6 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10.1	67
Tab. 4.7 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10.1 (2006 – 2014)	68
Tab. 4.8 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1	69
Tab. 4.9 Tabulka procentuální zastoupení materiálu v TP 3.10.1.1	71
Tab. 4.10 Tabulka výskytu poruch v TP 3.10.1. (2006 – 2014)	72
Tab. 4.11 TEA Water (modul TEAN) souhrnné hodnocení TP 3.10.1.1	73
Tab. 4.12 Základní informace – řad 517633	77
Tab. 4.13 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 517633	78
Tab. 4.14 Základní informace – řad 699786	78
Tab. 4.15 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 699786	79
Tab. 4.16 Základní informace – řad 731378	80
Tab. 4.17 TEA Water (modul TEAS) souhrnné hodnocení řad 731378	80

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1 Pracovní okno aplikace MPVaK – vodovodní řady	7
Obrázek 2.2 Schéma pro kontrolu, hodnocení stavu a vyhodnocování poruch potrubí.....	10
Obrázek 3.1 Aplikace TEA Water – výběr modulů	16
Obrázek 3.2 Ukázka formuláře pro hodnocení faktoru.....	17
Obrázek 3.3 Hodnotící stupnice pro TU1	20
Obrázek 3.4 Hodnotící stupnice F1 – Průměrná roční poruchovost potrubí.....	21
Obrázek 3.5 Teoretický průběh poruchovosti – vanová křivka	21
Obrázek 3.6 Hodnotící stupnice F2 – Dynamika poruch	22
Obrázek 3.7 Hodnotící stupnice F1 – Procento vody nefakturované.....	23
Obrázek 3.8 Hodnotící stupnice F2 – Jednotkový únik vody nefakturované	23
Obrázek 3.9 Graf - Teoretické minimální noční průtoky v závislosti na C	24
Obrázek 3.10 Hodnotící stupnice F3 – Minimální noční odběry	26
Obrázek 3.11 Hodnotící stupnice F4 – Ekonomický index ztrát	28
Obrázek 3.12 Hodnotící stupnice F1 – Maximální hydrostatický tlak	28
Obrázek 3.13 Hodnotící stupnice F2 – Průměrný hydrodynamický tlak.....	29
Obrázek 3.14 Hodnotící stupnice F3 – Kolísání hydrodynamického tlaku.....	29
Obrázek 3.15 Hodnotící stupnice F1 – Vliv trubního materiálu	30
Obrázek 3.16 Hodnotící stupnice F2 – Kvalita dopravované vody	30
Obrázek 3.17 Hodnotící stupnice F3 – Inkrustace	30
Obrázek 3.18 Hodnotící stupnice F4 – Doba zdržení vody v síti	31
Obrázek 3.19 Hodnotící stupnice F1 – Stav armaturních šachet	31
Obrázek 3.20 Hodnotící stupnice pro TU7 – Armatury na síti	31
Obrázek 3.21 Ukázka hodnotící stupnice F1 – Ocel.....	34
Obrázek 3.22 Hodnotící stupnice F1 – Průměrné stáří vodovodní sítě.....	35
Obrázek 3.23 Hodnotící stupnice F1 – Průměrná poruchovost	35
Obrázek 3.24 Hodnotící stupnice F2 – Dynamika poruch	35
Obrázek 3.25 Hodnotící stupnice F3 – Procento opotřebení	36
Obrázek 3.26 Hodnotící stupnice F1 – Vliv velikosti průměru potrubí na poruchovost	36
Obrázek 3.27 Hodnotící stupnice F2 – Vliv zatížení od dopravy	37
Obrázek 3.28 Hodnotící stupnice F4 – Stav potrubí	37
Obrázek 3.29 Hodnotící stupnice F1 – Procento vody nefakturované.....	38
Obrázek 3.30 Hodnotící stupnice F2 – Jednotkový únik vody nefakturované	38
Obrázek 3.31 Hodnotící stupnice F3 – Minimální noční odběry	38

Obrázek 3.32 Hodnotící stupnice F1 – Maximální hydrostatický tlak	39
Obrázek 3.33 Hodnotící stupnice F2 – Průměrný hydrodynamický tlak	39
Obrázek 3.34 Hodnotící stupnice F3 – Kolísání hydrodynamických tlaků během dne	39
Obrázek 3.35 Hodnotící stupnice F1 – Faktor ovlivňující kvalitu vody	40
Obrázek 3.36 Hodnotící stupnice F2 – Vliv maximální průměrné rychlosti	40
Obrázek 3.37 Hodnotící stupnice F1 – Šachta-technický stav	41
Obrázek 3.38 Hodnotící stupnice F1 – Šachta stavební část.....	42
Obrázek 3.39 F2 – Šachta vybavenost	43
Obrázek 3.40 Hodnotící stupnice F1 – Uzavírací armatury	43
Obrázek 3.41 Hodnotící stupnice F2 - Hydranty	44
Obrázek 3.42 Hodnotící stupnice F1 – Uzavírací armatury	44
Obrázek 3.43 Hodnotící stupnice F2 – Hydranty	44
Obrázek 3.44 Hodnotící stupnice F1 – Vliv podzemní vody	45
Obrázek 3.45 Mapa klimatických regionů [13]	45
Obrázek 3.46 Hodnotící stupnice F2 – Vliv krytí potrubí na promrzání	46
Obrázek 3.47 Hodnotící stupnice F3 – Údržba	46
Obrázek 3.48 Hodnocení stupnice F4 – Typ zásobované oblasti	46
Obrázek 3.49 Hodnotící stupnice F5 – Způsob dopravy média do tlakového pásma	47
Obrázek 3.50 Závislost nevyhnutelných ztrát na hustotě přípojek a na provozním tlaku	48
Obrázek 3.51 Hodnotící stupnice F6 – Hustota přípojek	48
Obrázek 3.52 TEA Water - registrace	48
Obrázek 3.53 TEA WATER – založení projektu.....	49
Obrázek 3.54 TEA WATER – seznam projektů	49
Obrázek 3.55 TEA WATER – aktivace projektu.....	49
Obrázek 3.56 TEA WATER – výběr modulu	50
Obrázek 3.57 TEA WATER – popis vodovodní sítě	50
Obrázek 3.58 TEA WATER – Hodnocení objektu.....	51
Obrázek 3.59 TEA WATER – souhrnné hodnocení objektu	51
Obrázek 3.60 Hodnotící stupnice F2 – Jmenovitý profil	53
Obrázek 3.61 Hodnotící stupnice F3 – Hustota přípojek	53
Obrázek 3.62 Hodnotící stupnice F2 – Maximální hydrostatický tlak	54
Obrázek 3.63 Hodnotící stupnice F3 – Průměrný hydrodynamický tlak.....	54
Obrázek 3.64 Hodnotící stupnice F1 – Dopravní zatížení	54
Obrázek 3.65 Hodnotící stupnice F2 – Úroveň podzemní vody	54
Obrázek 3.66 Hodnotící stupnice F3 – Krytí potrubí.....	55

Obrázek 3.67 Hodnotící stupnice F4 – Vliv na kvalitu.....	55
Obrázek 3.68 Hodnotící stupnice F5 – Významnost řadu	55
Obrázek 3.69 Hodnotící stupnice F6 – Napojení citlivých odběratelů	55
Obrázek 4.1 Mapa zájmové oblasti	56
Obrázek 4.2 Schéma tlakových pásem – Líšeň.....	57
Obrázek 4.3 VDJ Líšeň II	58
Obrázek 4.4 Charakteristická zástavba pro TP 3.10	58
Obrázek 4.5 RŠ – Podhorní.....	59
Obrázek 4.6 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10.....	63
Obrázek 4.7 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10	64
Obrázek 4.8 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10	65
Obrázek 4.9 Fotografie šachta Novolíšeňská ul.	66
Obrázek 4.10 Fotografie – charakteristická zástavba TP 3.10 (ul. Horníkova)	66
Obrázek 4.11 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10.1.....	67
Obrázek 4.12 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1	68
Obrázek 4.13 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1	69
Obrázek 4.14 Fotografie – detail opěrných bloku v RŠ - Klajdovská	70
Obrázek 4.15 Fotografie – charakteristická zástavba TP 3.10.1 (ul. Štítného).....	70
Obrázek 4.16 Graf zastoupení trubního materiálu TP 3.10.1.....	71
Obrázek 4.17 TANet souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1.1	72
Obrázek 4.18 TEAN-E souhrnné hodnocení technického stavu TP 3.10.1.1	73
Obrázek 4.19 Fotografie - charakteristická zástavba TP 3.10.1.1 (ul. Ondráčkova)	74
Obrázek 4.20 Fotografie – detail stropní konstrukce RŠ - Podhorní	74
Obrázek 4.21 Modul TEAN – detail vodovodní sítě	75
Obrázek 4.22 Modul TEAN – hodnocení objektu	76
Obrázek 4.23 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 517633	77
Obrázek 4.24 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 699786	79
Obrázek 4.25 TEAS-E – Souhrnné hodnocení řadu 731378	80

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Sb.	sbírka
ÚVHO	Ústav vodního hospodářství obcí
ČR	Česká republika
§	paragraf
IČME	identifikační číslo majetkové evidence
VÚME	vybrané údaje majetkové evidence
VÚPE	vybrané údaje provozní evidence
SOVAK	Sdružení oborů vodovodů a kanalizací
odst.	odstavec
a.s.	akciová společnost
EPA	Environmental Protection Agency
IWA	International water association
PCCP	Prestressed Concrete Cylinder Pipe
Tab.	tabulka
kol.	kolektiv
GG	šedá litina
GGG	tvárná litina
PVC	polyvinylchlorid
PE	polyethylen
OC	ocel
AC	azbestocement
GPR	Glass Reinforced Pipes (sklolaminát)
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
TA	technický audit
TU	technický ukazatel
TEA	Technický a Energetický Audit
TS	technický stav
VVR	voda vyrobená k realizaci
JUVNF	jednotkový únik vody nefakturované
EIZ	Ekonomický Index Ztrát
m v.sl.	metry vodního sloupce
LT	litina
%VNF	procento vody nefakturované

DN	jmenovitý vnitřní průměr potrubí
HDS	hlavní distribuční systém
VNF	voda nefakturovaná
VFC	voda fakturovaná celkem
DMA	District Meter Area (měřicí okrsek)
EI	ekonomický index
IZ	index ztrát
ILI	Infrastructure Leakage Index
obr.	obrázek
VaK	vodovody a kanalizace
hod	hodina
kap.	kapitola
F	faktor
pp	počet přípojek
TNZ	teoreticky nevyhnutelné ztráty
IČPE	identifikační číslo provozní evidence
VDJ	vodojem
TP	tlakové pásmo
VOV	Vírský oblastní vodovod
RŠ	redukční šachta

SEZNAM VZORCŮ

(2.1)	6
(3.1)	18
(3.2)	18
(3.3)	21
(3.4)	22
(3.5)	23
(3.6)	23
(3.7)	24
(3.8)	25
(3.9)	25
(3.10)	25
(3.11)	26
(3.12)	26
(3.13)	27
(3.14)	27
(3.15)	27
(3.16)	36
(3.17)	53

SEZNAM PŘÍLOH

1. TIŠTĚNÁ FORMA:

Hodnocení technického stavu tlakového pásma 3.10.1 v aplikaci TANet

2. ELEKTRONICKÁ FORMA – CD:

- a) Kompletní hodnocení technického stavu tlakových pásem pomocí aplikací TANet, TEAN-E, TEA Water (modul TEAN)
- b) Kompletní hodnocení technického stavu vodovodních řadů pomocí aplikací TEAS-E, TEA Water (modul TEAS)
- c) Fotodokumentace zájmové oblasti

SUMMARY

Publicly available materials in the Czech Republic do not fully operators and owners to carry out an evaluation of the technical state of water infrastructure and objects that are used to operate the water system. In doing so, his assessment is the basis for developing a plan of financing rehabilitation of water supply, which is based on Act 274/2001 Coll.

As part of this work was elaborated research describing the situation in the evaluation of water supply infrastructure in the Czech Republic and abroad. The biggest difference is its own approach to this issue, which in both cases differ significantly. Abroad, access to particular objects water system separately. Very carefully examine the interdependence of the various factors that contribute or influence me to participate in a technical state of these objects. On the basis of acquired knowledge is evaluated technical condition of buildings and their degree of wear, which is becoming the main basis for creating recovery plans of the entire system. Unfortunately, in the Czech Republic on this issue more quantitative approach, not a detailed examination of each object according to predetermined criteria, which between them have gone to simply compare.

Furthermore, in this work was evaluated by three pressure zones and nine water mains water supply network in the city of Brno-Lisen. For evaluation was used applications TEA Water, which is exerted on ÚVHO. Additionally, the student created an application TaNET, which was also used for evaluation.

The work is described in depth assessment of individual applications, including a description of factors and technical indicators. Due to the uncertainty of the completion of the necessary modules (Teana, TEAS) applications TEA Water in time, the student created an Excel applications that match the content of these modules.

The evaluation of pressure zones implies that all the applications are functional (TaNET, Teana and TEA-E module Water Teana) and do not show significant differences in the general assessment of the technical condition.

In the case of the evaluation of the technical condition of water mains is the biggest problem hidden in the availability of required data. Hydraulic models are not always accurate enough for Responsible scoring a preset. Obtaining some additional information in domestic virtually impossible.

After completion of its work must say that the biggest problem is still hidden in the data. Sometimes it is not easy to obtain data in the required format or to modify this format. Ultimately it is up to operators (owners) how much time and money devoted to the creation of complex databases that in the future they will save considerable funds.