



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

# POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE SEWER NETWORK IN THE VILLAGE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Viktoryia Shamko

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HLUŠTÍK, Ph.D.

BRNO 2021



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Viktoryia Shamko
<b>Název</b>	Posouzení technického stavu stokové sítě v obci
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	30. 11. 2020
<b>Datum odevzdání</b>	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

---

doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

- [1] Pasportizační podklady pro vybranou oblast zdravotně-technické infrastruktury.
- [2] LARRY W. MAYS. Stormwater collection systems design handbook. McGraw-Hill. 2001. ISBN 0-07-135471-9.
- [3] Wastewater Technology Fact Sheet: Sewers, Pressure. In MEYERS, F.E. [online]. Niskayuna, NY: EPA U.S., 9/2002. <http://nepis.epa.gov/epa/832-pf-02-006>
- [4] STRÁNSKÝ, D., et al. Metodická příručka — Posouzení stokových systémů urbanizovaných povodí. In OPZP.cz [online]. 2009 [cit. 2012-11-25]. <http://opzp.cz>
- [5] HLAVÍNEK, Petr. MIČÍN, Jan. PRAX, Petr. Příručka stokování a čištění, NOEL 2000, 2001, 251 s., ISBN 80-86020-30-4.
- [6] Městské standardy pro kanalizační zařízení.
- [7] ČSN EN 13508. Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek, Český normalizační institut, Praha, 2011 a 2013.
- [8] Související normy a legislativní podklady.
- [9] Další podklady dle aktualizace vycházející z průběhu řešení dle pokynů vedoucího diplomové práce.

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Ve vybrané obci student provede stavebně-technické posouzení stokové sítě. Na základě výsledků koncepčně navrhne řešení rekonstrukce (obnovy) stokové sítě. V první části práce definuje současné metody spočívající v rekonstrukci kanalizačních objektů a kanalizačních úseků. V druhé části práce aplikuje tyto metody pro vybranou lokalitu.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT „Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací“ a platné Směrnice děkana „Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT“ (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT „Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací“ a platné Směrnice děkana „Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT“ (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá posouzením stavebně-technického stavu stokové sítě ve vybrané obci. Rešeršní část je zaměřena na údržbu, druhy a četnost poruch a metody průzkumu kanalizačních objektů a úseků pro návrh rekonstrukce. Součástí práce jsou české a zahraniční metodiky vyhodnocení stavu stokové sítě. V praktické části byla provedena kamerová prohlídka vybraných úseků stokové sítě s následným zatříděním poruch a vyhodnocením dle dvou metodik. Na základě posouzení stavu jednotlivých kanalizačních úseků a šachet byla navržena sanace.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Technický stav, inspekce, poruchy, stoková síť, zatřídění, vyhodnocení

## **ABSTRACT**

The bachelor's thesis deals with the assessment of the construction and technical condition of the sewer network in a selected village. The research part is focused on maintenance, types and frequency of failures and inspection techniques to control the condition of the sewer network and propose reconstruction. The works include czech and foreign methodologies for evaluating the condition of the sewer network. In the practical part, a camera inspection of selected sections of the sewer network was performed, followed by a defect coding and evaluation according to two methodologies. Conforming to the assessment of the condition of individual sewer sections and manholes, rehabilitation was proposed.

## **KEYWORDS**

Technical condition, inspection, failures, sewer network, classification, evaluation

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Viktoryia Shamko *Posouzení technického stavu stokové sítě v obci*. Brno, 2021. 91 s., 2 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Hlušík, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Posouzení technického stavu stokové sítě v obci* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Viktoryia Shamko  
autor práce

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Posouzení technického stavu stokové sítě v obci* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

---

Viktoryia Shamko  
autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Petrovi Hlušíkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za cenné rady a připomínky, vstřícný přístup a čas, který mi věnoval.

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>SEZNAM PLATNÝCH NOREM A ZÁKONŮ</b> .....	<b>11</b>
2.1	České zákony a vyhlášky .....	11
2.2	České technické normy .....	11
2.3	Technické normy vodního hospodářství .....	11
2.4	Ostatní.....	11
<b>3</b>	<b>ÚDRŽBA STOKOVÉ SÍTĚ</b> .....	<b>12</b>
3.1	Čištění stokové sítě.....	12
3.1.1	Mechanické čištění .....	13
3.1.2	Hydraulické čištění .....	13
3.1.3	Hydrodynamické čištění .....	14
3.1.4	Hydromechanické čištění.....	15
3.2	Prohlídky stokové sítě.....	16
<b>4</b>	<b>PORUCHY NA STOKOVÉ SÍTI</b> .....	<b>17</b>
4.1	Faktory ovlivňující strukturální stav potrubí .....	17
4.1.1	Fyzikální faktory.....	18
4.1.2	Provozní faktory .....	22
4.1.3	Environmentální faktory .....	22
4.2	Faktory ovlivňující provoz stokové sítě.....	25
4.2.1	Hydraulické faktory .....	25
4.2.2	Ostatní faktory .....	26
4.3	Druhy poruch .....	26
4.4	Četnost poruch .....	28
4.5	Zkušenosti provozovatelů stokové sítě .....	30
<b>5</b>	<b>METODY PRŮZKUMU KANALIZAČNÍCH OBJEKTŮ A ÚSEKŮ PRO NÁVRH REKONSTRUKCE</b> .....	<b>32</b>
5.1	Vizuální technologie.....	32
5.1.1	Vizuální kontrola obsluhou.....	32
5.1.2	Kabelové tlačné kamery.....	33
5.1.3	Šachtové kamery.....	34
5.1.4	Digitální skenovací systémy .....	35
5.1.5	Porovnání metod vizuálních technologií.....	36
5.2	Fyzikální technologie .....	37
5.2.1	Profiloměry .....	38
5.2.2	Nedestruktivní metody testování .....	40
5.2.3	Terénní měření.....	41
5.3	Prohlídky a zkoušky vodotěsnosti.....	45



5.3.1	Zkouška těsnosti vodou .....	45
5.3.2	Zkouška těsnosti vzduchem .....	46
<b>6</b>	<b>METODIKY HODNOCENÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1</b>	<b>Kanadská metodika .....</b>	<b>47</b>
6.1.1	Zatřídění poruch.....	47
6.1.2	Poruchový faktor .....	48
6.1.3	Váha poruchy.....	49
6.1.4	Hodnocení stavu potrubí.....	49
<b>6.2</b>	<b>Česká metodika hodnocení technického stavu stokové sítě na základě FMEA .....</b>	<b>50</b>
6.2.1	Technické ukazatele.....	51
6.2.2	Hodnocení stavu stokové sítě.....	52
<b>6.3</b>	<b>Ruská metodika vyhodnocení stavu stokové sítě dle legislativy .....</b>	<b>53</b>
6.3.1	Posouzení stavu stokové sítě.....	53
<b>6.4</b>	<b>Ostatní metodiky .....</b>	<b>54</b>
6.4.1	Metodika britského výzkumného centra vody .....	54
6.4.2	Americká metodika Národní asociace společností provozujících kanalizace .....	55
6.4.3	Metodika německé asociace pro vodní hospodářství, splašky a odpady .....	55
<b>6.5</b>	<b>Vyhodnocení uvedených metodik .....</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>VYHODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI .....</b>	<b>57</b>
<b>7.1</b>	<b>Základní údaje o obci a stávající stokové síti .....</b>	<b>57</b>
<b>7.2</b>	<b>Kamerové prohlídky kanalizace .....</b>	<b>59</b>
<b>7.3</b>	<b>Vyhodnocení stavu stokové sítě dle metodiky FAST VUT ÚVHO .....</b>	<b>60</b>
7.3.1	Zatřídění poruch.....	61
7.3.2	Technické posouzení kanalizačních úseků .....	61
7.3.3	Technické posouzení kanalizačních šachet.....	67
<b>7.4</b>	<b>Vyhodnocení stavu stokové sítě dle ruské metodiky .....</b>	<b>71</b>
<b>7.5</b>	<b>Shrnutí stavebně-technického stavu stokové sítě .....</b>	<b>72</b>
<b>7.6</b>	<b>Porovnání poruch na stokové síti.....</b>	<b>73</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>75</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>77</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>82</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>89</b>
	<b>SUMMARY.....</b>	<b>90</b>

# 1 ÚVOD

Vodohospodářská infrastruktura je důležitý nástroj pro zlepšení kvality života, vytvoření podmínek pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou, manipulaci s vodami, hospodárnému využití a odvádění dešťových a odpadních vod. Výstavba stokové sítě v České Republice se datuje zhruba od roku 1880. Velice úspěšným obdobím výstavby je období mezi světovými válkami — od roku 1918 do roku 1939. Druhá světová válka zpomalila výstavbu stokové sítě. Období socialistické výstavby do roku 1989 je charakteristické rychlým rozvojem měst a obcí a výstavbou technické a vodárenské infrastruktury. Během výstavby se používaly nekvalitní stavební materiály a nedodržovaly se postupy prací při pokládce potrubí.[24] Dle uvedené etapizace výstavby lze odhadovat stáří stokové sítě zhruba na 40 až 100 let. V současnosti je velmi důležité odhalování poruch kamerovým průzkumem a posouzení stavu stokové sítě, jelikož je snaha včas provést technická opatření pro prodloužení životnosti stokové sítě.

Mluvčí Severočeské vodárenské společnosti a.s. Mario Böhme uvedl: „SVS spravuje majetek v hodnotě přes sto miliard korun, kam patří především devět tisíc kilometrů vodovodního a čtyři tisíce kilometrů kanalizačního potrubí, 200 čistíren, 60 úpraven vody či tisícovka vodojemů. Při teoretické průměrné životnosti padesát let u těchto zařízení bychom ročně potřebovali investovat do obnovy dvě miliardy, abychom za tuto dobu byli schopni obnovit celou stávající infrastrukturu. S investicemi 1,75 miliard se již blížíme této teoretické potřebě na obnovu. Daří se tak postupně zpomalovat stárnutí potřebné infrastruktury a zajišťovat její náležitou obnovu.“[49]

Náplní bakalářské práce jsou teoretické poznatky v oblasti provozování a posuzování stokové sítě a následná aplikace metodik pro vyhodnocení technického stavu stokové sítě. V teoretické části bylo vymezeno rozdělení údržby stokové sítě, detailněji byly popsány druhy čištění a prohlídky stokové sítě. Dále byly uvedeny faktory ovlivňující poruchovost stoky, druhy a četnost poruch, metody průzkumu kanalizačních objektů a úseků pro návrh rekonstrukce a metodiky hodnocení technického stavu stokové sítě.

Cílem praktické části je vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky ve Zlínském kraji. V obci byly provedeny kamerové prohlídky šachtovou kamerou u 15 šachet z celkového počtu 52 šachet. Kanalizační úseky byly vybrány tak, aby rovnoměrně pokryly celou stokovou síť. Posouzení technického stavu bylo provedeno dle metodiky zpracované na FAST VUT ÚVHO a dle ruské metodiky, která je stanovena legislativními předpisy Ruské federace.

## **2 SEZNAM PLATNÝCH NOREM A ZÁKONŮ**

### **2.1 ČESKÉ ZÁKONY A VYHLÁŠKY**

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (vodní zákon) a související předpisy č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon o vodovodech a kanalizacích ve znění pozdějších předpisů

### **2.2 ČESKÉ TECHNICKÉ NORMY**

- |                 |  |
|-----------------|--|
| ČSN 75 6101     | Stokové sítě a kanalizační přípojky ve znění pozdějších předpisů, 2001.  |
| ČSN 75 6909     | Zkoušky vodotěsnosti trub ve znění pozdějších předpisů, 2004.  |
| ČSN 75 6307     | Přehled evropských norem určených pro sanaci systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek ve znění pozdějších předpisů, 2006. |
| ČSN 01 3463     | Výkresy inženýrských staveb — výkresy kanalizace ve znění pozdějších předpisů, 1997.   |
| ČSN EN 75 6110  | Odvodňovací a stokové systémy vně budov — Management stokového systému, 2019.  |
| ČSN EN 75 6113  | Odvodňovací a stokové systémy vně budov — Čerpací systémy — Část 2: Tlakové systémy, 2019.                                       |
| ČSN EN 75 6113  | Odvodňovací a stokové systémy vně budov — Čerpací systémy — Část 1: Obecně, 2019.  |
| ČSN EN 75 6115  | Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení ve znění pozdějších předpisů, 2001.                        |
| ČSN EN 13 508-2 | Zjišťování a hodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek ve znění pozdějších předpisů, 2005.      |

### **2.3 TECHNICKÉ NORMY VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ**

- |             |   |
|-------------|---|
| TNV 75 6910 | Zkoušky kanalizačních objektů a zařízení, 2007. |
| TNV 75 6925 | Obsluha a údržba stok, 2008.                    |
| TNV 75 6911 | Provozní řád kanalizace, 2010.                  |

### **2.4 OSTATNÍ**

- |           |   |
|-----------|---|
| ATV-M 143 | Inspekce, oprava, sanace a renovace stokové sítě, kanalizačních přípojek a vnitřní kanalizace |
|-----------|---|

### 3 ÚDRŽBA STOKOVÉ SÍTĚ

Údržba stokové sítě je souhrn technických, administrativních a manažerských úkonů pro její provoz a plnění požadované funkce během celé její životnosti.[37] Údržba stokové sítě se provádí za účelem vyloučení poruch a vede k prodloužení životnosti, snížení hydraulických ztrát, zabránění nepředvídatelných poruch a přispívá bezproblémovému čištění odpadních vod na ČOV. Údržba by se měla provádět podle předepsaných kritérií nebo dle určitých časových intervalů.[8]

Údržba stokové sítě se rozděluje dle frekvence na preventivní a korektivní. Preventivní údržba může být plánovaná, nepřetržitá nebo prováděná na vyžádání. Korektivní údržbou se rozumí jednorázová nutná oprava poruch nebo havárií na stokové síti.[8]

Údaje o řízení provozu a provedených opatřeních na stokové síti se musí zapisovat do provozního deníku určeného vyhláškou č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích. Provozní evidence se může vést v psané nebo elektronické podobě.

Rozdělení údržby stokové sítě na udržování a prohlídky je zobrazeno na Obr. 1. Udržování stokové sítě se zajišťuje za účelem zachování požadovaného stavu stokové sítě. K udržování stokové sítě patří čištění, mazání a výměny náplní. Prohlídky slouží k odhalení závad a zjištění současného stavu stokové sítě.



Obr. 1 Druhy údržby stokové sítě [37]

#### 3.1 ČIŠTĚNÍ STOKOVÉ SÍTĚ

Čištění je součástí údržby stokové sítě a slouží k odstranění tuhých usazenin, znečištění a překážek v potrubí. Zvýšená pozornost je vyžadována u gravitační splaškové stokové sítě, u které je obvykle unášecí síla nižší a při menším sklonu potrubí dochází k usazování nečistot. Čištění se provádí před inspekcí, opravou nebo obnovou stokové sítě. Rozlišují se 4 způsoby čištění stokové sítě: mechanický, hydraulický, hydrodynamický a hydromechanický.[58] Způsob čištění se volí dle složení sedimentů, tvaru průřezu, rozměru a druhu materiálu stokové sítě, stavebního stavu stoky, přístupnosti ke stoce atd.[34]

### 3.1.1 Mechanické čištění

Mechanické čištění se využívá hlavně v domovní kanalizaci a u kanalizačních přípojek, kde kvůli malému průměru potrubí není možné použít hydraulické čištění. Pracovní část přístroje sestává z rotující flexibilní spirály vybavené čisticí hlavou, která uvolní pevné usazeniny a tím zprůchodní potrubí. Čisticí hlava je představena různými tryskami (např. spirály, přímý a křížový vrták) a lze je vyměňovat dle potřebného účinku a DN potrubí. Ruční otáčení spirály pro její průchod na delší vzdálenost je namáhavé, proto se často používá elektromotor, který zvyšuje efektivitu čištění. Při mechanickém čištění stokové sítě se často používá tyč nebo naviják a čištění je umožněno pro potrubí DN 40 až DN 250.[36;58]

Na Obr. 2 je zařízení Ridgid K-1500 s elektromotorem o výkonu 1196 W od americké výrobní společnosti RIDGID. Elektromotor dosahuje až 710 ot/min. Mechanické čisticí zařízení se používá pro potrubí DN 50 až DN 200. Součástí standardní sady jsou 2 spirály: o průměru 32 mm celkové délky 60 metrů a o průměru 22 mm délky 53 metrů; sada fréz (trychtýřový vrták, vytahovací vrták, tuková fréza atd.); kufřík; ochranná hadice; rukavice a rozpojovací klíč.[42]

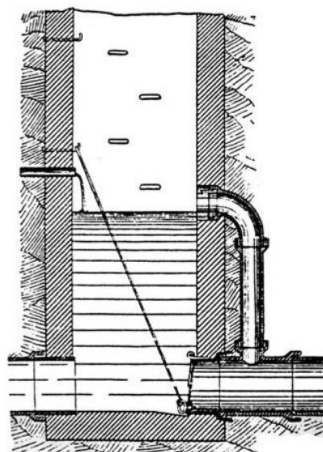


Obr. 2 Zařízení Ridgid K-1500 s elektromotorem pro mechanické čištění [42]

### 3.1.2 Hydraulické čištění

K hydraulickému čištění se využívají proplachovací objekty na stokové síti. Součástí proplachovací šachty je ruční nebo mechanické stavítko osazené na odtoku. Hydraulické čištění se provádí přehrazením stavítka pro zadržení vody do určité výšky. Při rychlém otevření stavítka dojde k povodňové vlně, která odnese splaveniny. Ve vrcholových úsecích se používají proplachovací komory kvůli nedostatku odpadní vody.[54]

Na Obr. 3 je znázorněna proplachovací šachta s bezpečnostním přelivem. Na odtoku z revizní šachty je osazena klapka, jejíž uzavření způsobuje vzduší hladiny odpadní vody. Jakmile hladina odpadní vody dosáhne maximální úrovně, náhlým otevřením klapky se za přetlaku proplachuje úsek stokové sítě. Maximální úroveň hladiny odpadní vody se stanovuje tak, aby nedošlo k zaplavení objektu nad revizní šachtou. Při překročení maximální hladiny se odpadní vody odvádí bezpečnostním přelivem.



Obr. 3 Proplachovací šachta s bezpečnostním přelivem [40]

### 3.1.3 Hydrodynamické čištění

V dnešní době je nejpoužívanější způsob čištění hydrodynamické neboli vysokotlaké čištění. Vysokotlaká hadice s hlavicí se protáhne do potrubí směrem proti proudu vody. Hlavice, ze které stříká vysokou rychlostí voda, je tlačena do potrubí a táhne za sebou hadici. Tlak vody na trysce se pohybuje v rozmezí zhruba 75 až 250 barů.[54] Proud z hlavice směřující dopředu sráží nečistoty a velké množství přiváděné vody je odplaví až ke kontrolní šachtě. Pro odstranění kořenů, pevných usazenin nebo stavebních hmot lze použít trysky poháněné tlakovou vodou. Z kontrolní šachty jsou nečistoty odstraněny vysokotlakým čerpadlem.[58]

Vysokotlaké čištění se provádí za pomoci speciálních tlakových vozů, vybavených sacími a proplachovacími zařízeními. Progresivitou toho způsobu je recirkulace odpadní vody. Nasáté nečistoty rychle sedimentují ve vakuové nádobě, což umožňuje odčerpání vody a po zbavení mechanických nečistot ji opakovaně použít k proplachování.[54]

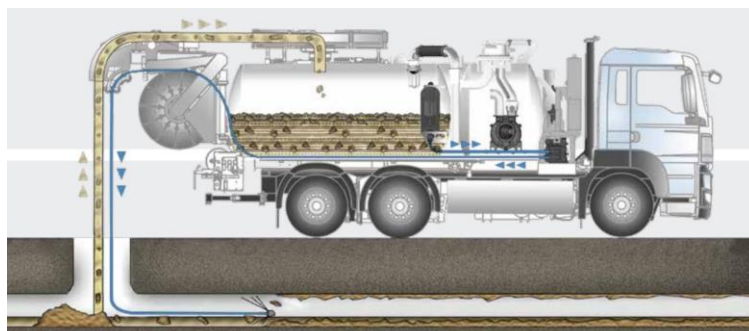
V Tab. 1 jsou popsána 3 zařízení pro vysokotlaké čištění kanalizace. Hlavní výhodou zařízení Rom EcoFit a CityJen Van Pack Jetter je univerzální rozměr. Čisticí zařízení se bezproblémově nainstaluje do dodávkových automobilů od různých výrobců.

CityJen Van Pack Jetter, znázorněný na Obr. 4, je vybaven patentovaným systémem ohřátí vody do 55 °C. Tlakovým čištěním horkou vodou se odstraňuje mastnota a nebezpečné látky.[43]

Na Obr. 5 je zobrazeno zařízení KAISER AquaStar — speciální vůz, který používá recirkulovanou vodu k čištění stokové sítě. Výhodou je rychlost práce a šetření pohonných hmot, vody a životního prostředí. Každé zařízení má své uplatnění, výběr zařízení se odvíjí od požadovaných parametrů a funkcí.



Obr. 4 Čistící zařízení  
CityJet Van Pack Jetter [43]



Obr. 5 Speciální čistící vůz KAISER AquaStar [19]

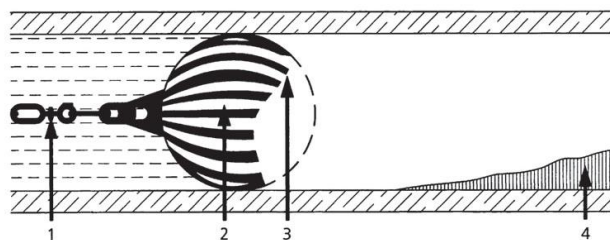
Tab. 1 Vybrané charakteristiky zařízení pro vysokotlaké čištění [19;43;45]

	Vybrané charakteristiky zařízení pro vysokotlaké čištění		
	ROM EcoFit	CityJet Van Pack Jetter	KAISER AquaStar
Typ zařízení	Vysokotlaké zařízení do vozů	Vysokotlaké zařízení do vozů	Speciální vozidlo s možností recirkulace vody
Výrobce	ROM bv (Holandsko)	Rioned (Holandsko)	KAISER AG (Lichtenštejnsko)
Vhodné pro max. DN [mm]	600	450	-
Max. čistící tlak [bar]	250	270	200
Max. vodní kapacita [l/min]	130	100	500
Objem nádrže na vodu [l]	800, 1000 nebo 1350	600 (2x300 l)	Objem nádrže sedimentační/vyčištěné vody od 6200/1800
Vysokotlaké čerpadlo a kapacita	Typu Speck: 200 barů/72 l/min až 250 barů/60 l/min	Typu Speck : 150 barů/100 l/min až 270 barů/54 l/min	tlakový transformátor KAISER KDU 148 s max. tlakem 200 barů a max. vodní kapacitou 320 l/min
			Vakuové čerpadlo
			KAISER kapalinové kruhové čerpadlo KWP
			Sací kapacita 1600-6200 m <sup>3</sup> /h

### 3.1.4 Hydromechanické čištění

Při hydromechanickém čištění stokové sítě se používají speciální nástroje (např. gumové a kovové koule, válce a štíty), jejichž rozměr je trochu menší než průměr potrubí. Nástroj v potrubí zadržuje vodu a dochází ke zvýšení rychlosti proudění vody do 5 až 7 m/s. Voda tlačí na nástroj, který se pohybuje v potrubí a rozrušuje sedimenty. Rychlost pohybu nástroje v potrubí je regulována obsluhou.[58] Uvedenému způsobu čištění se jinak říká proplachování zpětným vzdutím.

Jeden ze speciálních nástrojů pro hydromechanické čištění stokové sítě je zobrazen na Obr. 6. Čistící kanalizační koule. Na obrázku jsou označeny části nástroje a elementy čištění, kde: 1 — spojka, 2 — čistící koule, 3 — žebrování povrchu koule a 4 — sedimenty.[16]



Obr. 6 Čistící kanalizační koule [16]

### 3.2 PROHLÍDKY STOKOVÉ SÍTĚ

Návrhu způsobu oprav stokové sítě předchází určení jejího současného stavu. Diagnostika je nezbytnou součástí provozu, je zaměřena na evidenci a odhalení poruch, zjištění současného stavu kanalizační sítě, opravu a následnou kontrolu provedených oprav. Poruchovost může způsobit nevhodný materiál, chybná montáž, stáří materiálů, armatur a tvarovek, působení hydrostatického a hydrodynamického tlaku. Včasné odhalení poruchy předchází rozsáhlejší vadám a vyšším ekonomickým nákladům.[34]

Diagnostiku stokové sítě zajišťují prohlídky. Nejčastěji se provádí vizuální prohlídky a prohlídky pomocí videokamery. Po ukončení prohlídky se zpracovává zpráva o provedené prohlídce, videozáznam a závěrečná zpráva s komentářem o celkovém stavu stokové sítě. Výsledky prohlídky se posuzují dle konkrétní metodiky hodnocení stavu stokové sítě.[12;34]

Prohlídky stokové sítě dle účelu lze rozdělit na:

- revizní;
- preventivní;
- inspekční;
- diagnostické prohlídky.[37]

Revizní prohlídky se provádí dle intervalů předepsaných kanalizačním řádem. Jsou to systematické prohlídky vybraných úseků stokové sítě. Preventivní prohlídky se vykonávají za účelem prevence rozsáhlých poruch a havárií v krizových místech stokové sítě. Inspekční prohlídky — po opravě poruch nebo před zahájením do provozu nové stokové sítě. Diagnostické prohlídky se provádí pro upřesnění místa a rozsahu havárie z důvodu návrhu vhodného způsobu opravy.

Prohlídky stokové sítě a vyhodnocení poruch se provádí dle:

- ČSN EN 13508 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek;
- ATV-M 143 Inspekce, oprava, sanace a renovace stokové sítě, kanalizačních přípojek a vnitřní kanalizace;
- TNV 75 6925 Obsluha a údržba stok;
- TNV 75 6911 Provozní řád kanalizace;
- zjednodušeného systému kódování.[12]



## 4 PORUCHY NA STOKOVÉ SÍTI

Poruchy stokové sítě mohou být způsobeny různými faktory. Jedním z hlavních faktorů je stáří potrubí. Dalšími jsou vadné uložení nebo provedení pokládky potrubí, zvýšení zatížení povrchu změnou využití terénu a nerovnoměrné sedání podloží vlivem exfiltrace.[32] Při systematické inspekci stokové sítě monitorovacím zařízením je možné včas odhalit poruchy, předejít havárii a vyšším ekonomickým nákladům.

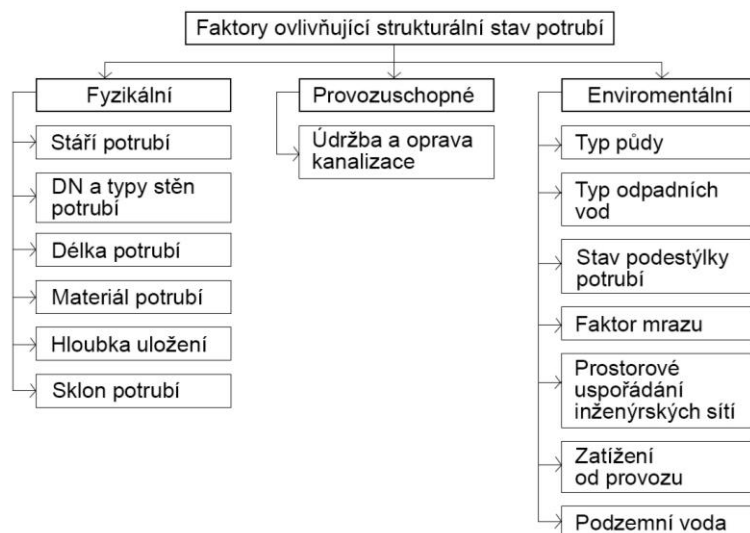
Obecně lze faktory způsobující poruchy kanalizace rozdělit na 2 skupiny: strukturální a provozní (hydraulické a ostatní).[17] Strukturální faktory způsobují defekty povrchu potrubí např. příčné a podélné praskliny, ke kterým dochází z důvodu snížení fyzické integrity potrubí.[52] K hydraulickým faktorům vzniku poruch potrubí patří například infiltrace a exfiltrace. Výskyt sedimentů a překážek v potrubí se zařazuje do ostatních faktorů, hromaděním nečistot může dojít k ucpání potrubí.[17] Rozdělení skupin faktorů a jejich popis je uveden v následujících kapitolách.

Poruchy se vyskytují častěji na krizových místech, které jsou náchylnější k zanášení a sedimentaci, proto vyžadují častější inspekce. Za krizová místa se v první řadě považují shybky, také kanalizační přípojky, přečerpávací stanice odpadních vod, nevhodně postavené soutokové objekty nebo odlehčovací komory.[23]

### 4.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ STRUKTURÁLNÍ STAV POTRUBÍ

Rozdělení faktorů ovlivňujících strukturální stav potrubí, které je znázorněno na Obr. 7, je následující:

- fyzikální faktory zahrnují charakteristiku (např. stáří, materiál) a parametry (např. délka, DN) potrubí;
- provozuschopné faktory reprezentují údržbu kanalizace a opravy, zajišťují provoz stokové sítě;
- environmentální faktory — působení okolního prostředí na stokovou síť (blízkost jiných inženýrských sítí, typ půdy atd.).[17]



Obr. 7 Rozdělení faktorů ovlivňujících strukturální stav potrubí [17]

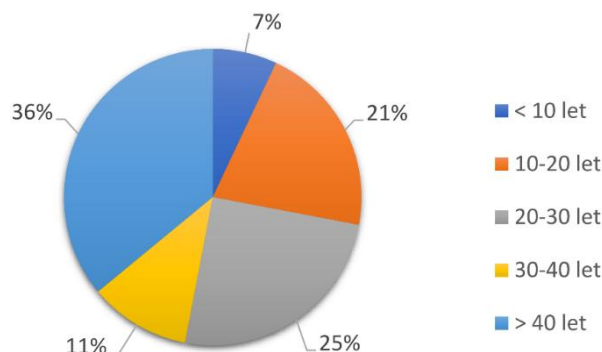
#### 4.1.1 Fyzikální faktory

Tato kapitola se zaměřuje na fyzikální faktory potrubí: stáří potrubí, délku, materiál, DN a typy stěn potrubí, hloubku uložení a sklon potrubí.

##### *Stáří potrubí*

Od první poloviny 19. století začala výstavba kanalizace v ČR. V Brně do roku 1914 bylo vybudováno 75 km betonových stok a v roce 1939 kanalizační síť dosáhla délky 225 km. Změnu po pozastavené výstavbě během II. světové války způsobila socialistická revoluce s intenzivním rozvojem infrastruktury měst a sídlišť. V té době se používaly nekvalitní materiály a omezené technologie, což vedlo k časově a finančně náročné postupné opravě kritických úseků stokové sítě.[24]

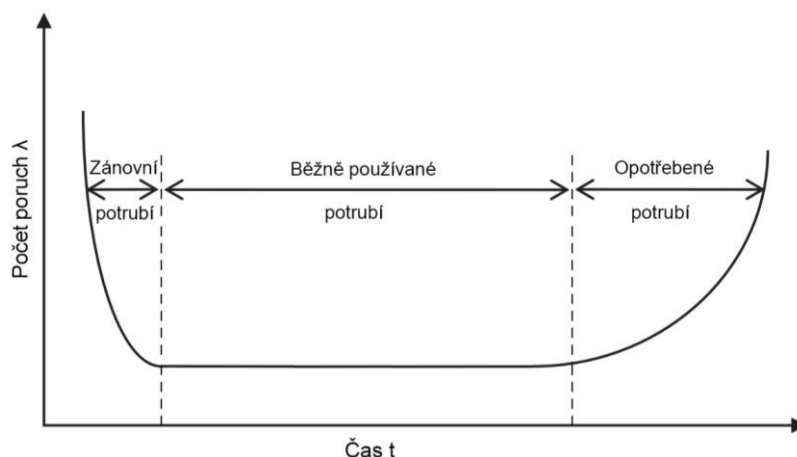
Dle Grafu 1 kanalizace starší 40 let činí 36 % stokové sítě v České Republice. Je zřejmé, že starší potrubí vykazuje vyšší poruchovost.



Graf 1 Stáří kanalizační sítě v ČR [55]

Životní cyklus potrubí lze rozdělit na 3 periody dle vanové křivky na Grafu 2. První perioda popisuje zánovní potrubí se zvýšeným počtem poruch hned po jeho výstavbě. Vyskytující se poruchy jsou způsobeny nekvalitně provedenou instalací, porušením potrubí při výrobě,

převozu nebo manipulaci, nevhodným materiálem potrubí. Druhá fáze je představena potrubím za běžného provozu, v této fázi je četnost výskytu poruch minimální a skoro konstantní. Ve třetí fázi je potrubí opotřebené, je vysoká frekvence poruch z důvodu jeho stáří a neodhalených poruch z 2. fáze.[47]



Graf 2 Vanová křivka [47]

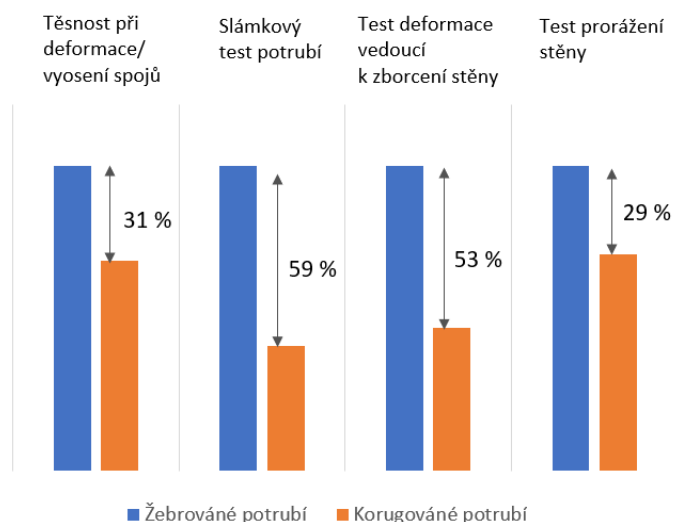
### ***DN a typy stěn potrubí***

Průměr a tloušťka stěn potrubí mají vliv na poruchovost stokového systému. Čím je větší průměr potrubí, tím je větší tloušťka stěn a je nižší míra poškození. Platí to opačně pro malý průměr potrubí.[10] Při výstavbě potrubí větších DN je vyšší riziko poruch, jejich přesná instalace je komplikovaná vahou a rozměry.

Kromě plnostěnných potrubí existují také korugovaná a žebrovaná plastová potrubí. Korugované plastové potrubí má dutá široká „A“ žebra, zatímco žebrované — plná úzká „A“ žebra.[6]

Korugovaná konstrukce je často používána hlavně z důvodu nižší ceny při zachování kruhové tuhosti. Nevýhodou konstrukce je malá síla stěny a menší odolnost vůči podélnému průhybu, při jehož působení může docházet k prasklinám potrubí. Žebrovaná konstrukce se vyznačuje schopností přenést lokální zatížení od větších kamenů a těsnými spoji při deformaci nebo vyosení.[6]

Společnost ELMO-TRADE s.r.o. (od května 2019 — Plastika Pipes s.r.o.) provedla laboratorní průzkum, který se zaměřoval na testování odolnosti korugované dvoustěnné konstrukce a žebrované konstrukce potrubí Ultra Rib. Byly provedeny 4 testy: test těsnosti při deformaci/vyosení spojů, slámkový test potrubí (odolnost proti prorůstání kořenů), test deformace vedoucí ke zborcení stěny, test proražení stěny. Na Grafu 3 jsou znázorněny výsledky testů. Ve všech testech se prokazuje žebrované potrubí jako výrazně odolnější. Nejvyšší rozdíl výsledku testování žebrovaného a korugovaného potrubí byl stanoven při slámkovém testu potrubí a činí 59 %.



Graf 3 Porovnání korugované dvoustěnné konstrukce a žebrované konstrukce potrubí Ultra Rib [6]

### ***Délka potrubí***

Čím je větší poměr délky potrubí k vnitřnímu průměru potrubí, tím je větší ohybové napětí, působící na potrubí. Delší potrubí s malým vnitřním průměrem mají nízký moment setrvačnosti a působí na ně velké ohybové napětí, proto jsou náchylnější k poruchám např. obvodovému zlomu.[26]

### ***Materiál potrubí***

Typ a rozsah poruch závisí na materiálu potrubí a jeho vlastnostech. Některé materiály podléhají náhlému selhání, jiné selhávají postupně a jejich porušení lze odhalit během inspekce. Pro různé materiály používané ve stokové síti jsou typické poruchy:

- kovové potrubí (tvárná a šedá litina, ocel) — u kovových potrubí dochází nejčastěji k vnější a vnitřní korozi povrchu potrubí, což vede k praskání a otvorům v potrubí. Ke vnější korozi dochází za působení agresivních látek v půdě nebo podzemní vodě. V porovnání s ocelí je litina křehká, náchylná k prasklinám. Ocelová potrubí větších průměrů podléhají zborcení;[7]
- betonové potrubí (železobeton, polymerbeton) — častou poruchou je koroze potrubí, která způsobuje strukturální selhání potrubí. U ŽB po korozi vnitřního povrchu potrubí může dojít ke korozi ocelové výztuže, která bobtná a porušuje okolní beton, až dochází k selhání potrubí. Působení agresivních látek v půdě (např. síranu) zeslabuje cement v ŽB potrubí;[7]
- keramické (kamenina, kanalizační cihly) — keramické potrubí selhává náhlým porušením často způsobeným zesláblou maltou;[7]
- plast (PE, PP, PVC, HDPE) — hlavní poruchou plastových potrubí jsou podélné trhliny od namáhání tíhou půdy a proměnného zatížení od provozu. Charakteristickými poruchami pro plastové potrubí jsou taky netěsnosti spojů a poruchy vlivem nízkých

teplot.[7] U plastových potrubí, dodávaných v navijáku, může docházet ke zlomu ve vnitřních vrstvách. Pro eliminaci rozsáhlých poruch se poškozená část vyřezává v rozsahu, předepsaným výrobcem;

- sklolaminát (GPR — Glass Reinforced Pipes) — u sklolaminátového potrubí, stejně jako u plastového potrubí, dochází k deformaci při nekvalitní pokládce, zejména při nedostačujícím hutnění obsypu po stranách. Vlastnosti sklolaminátového potrubí závisí na procentuálním poměru jeho složek: křemičitého písku, skelných vláken a polyesterové pryskyřice.[11]

Dle ČSN 72 5201 Kameninové potrubí pro venkovní a vnitřní kanalizaci — Část 3: Zkušební metody má azbestocementové potrubí nejnižší odolnost proti abrazi ve vodním prostředí, lepší vlastnosti prokazují betonová, PVC a kameninová potrubí. Vysokou odolnost proti mechanickému otěru vykazují HDPE a PP potrubí.

### ***Hloubka uložení***

V případě malé hloubky uložení je potrubí vystavováno velkému proměnnému zatížení z povrchu, při velké hloubce uložení může být vystaveno přetížení. Mírné hloubky zvyšují životnost kanalizace.[10] Dostačující hloubka uložení kanalizačního potrubí je důležitá z hlediska nezamrzne hloubky a vniknutí kořenů, které ovlivňují provoz stokové sítě. Minimální krytí kanalizace závisí na podloží a je předepsáno ČSN 73 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky kapitolou 5.6 odstavcem 5.6.11: pro chodník a volný terén — 1 m; pro silniční komunikace — 1,80 m. Maximální hloubka dna uliční stoky je 6 metrů.

Při návrhu nedostačující hloubky uložení potrubí projektantem, je vysoká pravděpodobnost deformace plastového potrubí. Jednou z technických charakteristik potrubí je kruhová tuhost SN, která popisuje pasivní odpor potrubí [KN/m<sup>2</sup>]. Výrobci nabízejí na trhu potrubí s různými kruhovými tuhostmi, nejčastěji však 4, 8, 10, 12, 16 KN/m<sup>2</sup>. Projektant by měl provádět návrh potrubí v závislosti na typu zásypového materiálu v okolí potrubí, vrcholovém zatížení potrubí a hloubce uložení potrubí. Obecně platí, že při nižších hodnotách tuhosti potrubí dochází k vyšší deformaci dle typu hutnění a lokálním průhybům způsobujícím změnu nivelety potrubí. Nejvyšší deformaci vykazují potrubí bez hutnění.

### ***Sklon potrubí***

U kanalizačního potrubí s malým sklonem dochází k nízké rychlosti průtoku a nedostačující unášecí síle. Minimální sklon stoky v České Republice není jednoznačně určen v normách. ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky uvádí výpočet sklonu vycházející z tečného napětí u stěn potrubí. Výpočet tečného napětí se provádí dle vzorce:

$$\tau_u = \rho * g * R * I \text{ [Pa]}, \quad (\text{R.1})$$

kde:

$\rho$  je průměrná hustota odpadní vody v kg/m<sup>3</sup>;

$g$  — gravitační zrychlení v  $\text{m/s}^2$ ;

$R$  — hydraulický poloměr v  $\text{m}$ ;

$I$  — sklon dna stoky, podíl  $\text{m/m}$ .

Maximální sklon musí být takový, aby nebyla překročena rychlost průtoku  $v = 5 \text{ m/s}$ . ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky odstavec 5.10.7.1 uvádí u skluzů, které se navrhuji u velmi strmých přímých úseků stok, maximální rychlost průtoků  $v = 10 \text{ m/s}$ .

#### **4.1.2 Provozoschopné faktory**

Údržba a oprava kanalizace jsou činnosti zajišťující provozuschopnost stokového systému. Pravidelná údržba stokového systému prodlužuje jeho životnost.

#### **4.1.3 Environmentální faktory**

Environmentální faktory jsou důležité při výstavbě potrubí a ovlivňují poruchovost potrubí primárně po krátké době jeho výstavby. K environmentálním faktorům patří typ půdy, podzemní voda, typ odpadních vod, stav podestýlky potrubí, faktor mrazu, prostorové uspořádání inženýrských sítí a zatížení od provozu.

##### ***Typ půdy***

Působení půdy na strukturální stav kanalizačního potrubí se uvažuje při jejich přímém kontaktu. Různé typy půd se vyznačují jejich příslušnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi (např. vlhkostí, homogenitou, obsahem vody, množstvím a druhy rozpuštěných látek atd.) a mají různý vliv na potrubí dle jeho materiálu. Působení vlhkosti a soli v půdě vyvolává korozi u kovových a betonových potrubí.[10]

##### ***Podzemní voda***

Při uložení potrubí pod úrovní podzemní vody může dojít k infiltraci za přítomnosti netěsností nebo prasklin. Podzemní voda snižuje pevnost soudržné půdy a v některých případech způsobuje kaverny nebo sedání potrubí. Podzemní vody ovlivňují rezistivitu půdy, která vyjadřuje její vodivost, a tím i její agresivitu vůči betonovým a železobetonovým konstrukcím.[10]

Projektant by měl věnovat značnou pozornost při výstavbě potrubí místům, kde je hladina podzemní vody nad základovou spárou. Při dodržení technických pravidel dle ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení a technických standardů výrobce potrubí lze dosáhnout kvalitní pokládky potrubí. Pro odvodnění potrubního podloží se zřizuje drenáž, která je tvořena zemním filtrem a plastovým drenážním potrubím DN 100 obsypaným štěrkem. Zemní filtr tvoří vrstva štěrkopísku o požadované frakci tloušťky 100 mm, geotextilie nebo jejich kombinace. Na drenážní vrstvu se ukládá hutněný podsyp z kameniva požadované frakce v minimální tl. 100 mm. Následně se zajišťuje obsyp potrubí o minimální výšce 300 mm a jeho hutnění. Drenážní potrubí může být dočasné,

tzn., že po výstavbě stokové sítě se zruší, nebo trvalé s odvedením podzemní vody na povrch s vyústěním do recipientů.[59]

V případě nekvalitně provedené instalace a nedodržení výše uvedených kritérií, může dojít hned po výstavbě k deformaci, sedání potrubí, netěsnostem, vyosení atd.

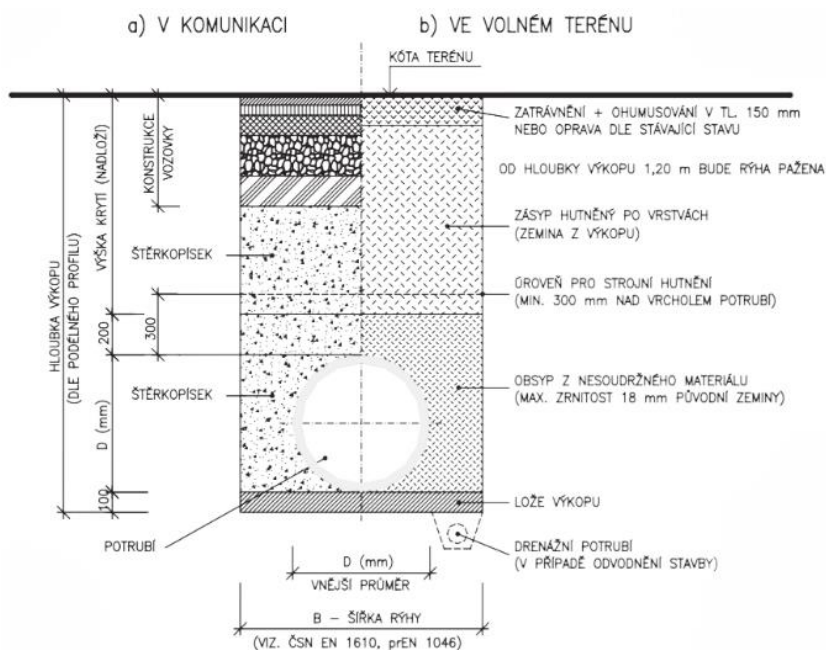
### ***Typ odpadních vod***

Různé typy odpadních vod reagují odlišně na materiál potrubí dle svého složení. Složení odpadních vod je předepsáno kanalizačním řádem pro každý stokový systém. Ve splaškových a srážkových vodách se vyskytují anorganické látky, které způsobují chemickou a biochemickou korozi betonových potrubí. Anaerobní prostředí s výskytem organických látek je nežádoucí, protože vede k pachovým závadám a sulfanové korozi zdiva stok.[10] Při dlouhodobém setrvání odpadní vody v kanalizačním potrubí se tvoří sloučeniny síry, např. při nedostatku kyslíku sirovodík  $H_2S$ , který se přeměňuje na kyselinu sírovou  $H_2SO_4$ . Kyselina sírová působí agresivně na betonová potrubí a způsobuje korozi potrubí biogenní kyselinou sírovou.[1]

### ***Stav podestýlky potrubí***

Při nesprávném provedení podestýlky objektu na stokové síti a potrubí se zvyšuje šance poruch, může dojít k sedání povrchu, nefunkčnosti stokového systému z důvodu změny sklonu, trhlinám, deformaci atd.[10] Provádění lože pod stokou je předepsáno ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky odstavcem 8.2. Dle normy se na lože používá šterkopísek, písčítá nebo hlinitopísčítá zemina. V případě, že uvedené zeminy tvoří podloží, lože lze vynechat. Pro potrubí nevyžadující obetonování je minimální tloušťka pískového lože 100 mm. Pro potrubí vyžadující obetonování je předepsáno uložení betonové desky ve sklonu stoky min. pevnostní třídy C12/15 a min. tloušťky 50 mm.

Vzorový příčný řez uložení potrubí v komunikaci a ve volném terénu od společnosti ELMO-TRADE s.r.o. je zobrazen na Obr. 8. Minimální tloušťka podsypu pro plnostěnná, korugovaná a žebrovaná potrubí je 100 mm v případě vyhovujících podmínek zeminy. V případě, že se výstavba potrubí provádí ve skalnatých horninách nebo zeminách tuhé konzistence, výrobce doporučuje minimální tloušťku lože 150 mm. Výška obsypu nad dříkem potrubí se určuje dle typu stěn potrubí. Pro plnostěnná potrubí se doporučuje 300 mm vysoký obsyp, pro korugovaná a žebrovaná plastová potrubí je dostačující 100 až 150 mm.[6] Norma ČSN EN 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky předepisuje, že hutnění těžkými stroji je umožněno po dosažení 300 mm výšky obsypu nad dříkem potrubí. Při nedodržení uvedené výšky může dojít k deformaci nebo poškození stability potrubí. V případě uložení potrubí ve volném terénu je možné pro zásyp použít zeminu přímo z výkopu. Při uložení potrubí v komunikaci je vhodné použít např. šterkopísek nebo drcené kamenivo, které má lepší statickou únosnost.



Obr. 8 Vzorový příčný řez uložení potrubí [6]

### *Faktor mrazu*

V zimním období je kanalizační potrubí vystaveno nízkým teplotám, které způsobují zamrznání odpadních vod v potrubí, dochází tím ke zvětšení objemu vod a následnému prasknutí potrubí. Často dochází k poruchám starších potrubí z litiny a oceli, které nemají vysokou odolnost z důvodu jejich opotřebení a existujících poruch. Kanalizační potrubí se mají ukládat do nezamrzné hloubky.

### *Prostorové uspořádání inženýrských sítí*

Prostorové uspořádání sítí, jejich svislé a podélné odstupy jsou uvedené v normě ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení. Odstupy jsou určeny z důvodu minimalizace negativního vzájemného působení sítí a přístupnosti pro provedení oprav. Příkladem je ovlivnění kovových potrubí silovými kabely. Může docházet k elektrochemické korozi bludnými proudy, které představují elektrické proudění z poškozených silových kabelů a využívají zemní podloží jako zpětného vodiče.

Nejmenší dovolená vodorovná vzdálenost stok a kanalizačních přípojek od jiných inženýrských vedení dle ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání vedení technického vybavení:

- 300 mm pro vedení tepelných sítí, montážních kanálů a kabelovodů, vedení potrubní pošty;
- 500 mm pro silové kabely do 35 kV a metalické kabely elektronických komunikací;
- 600 mm pro vodovodní řady a přípojky;
- 1000 mm pro silové kabely do 110 kV, plynovodní potrubí do 0,05 MPa a 0,4 MPa a ochranné konstrukce sdružené trasy VTV;



- 1200 mm pro koleje tramvajových tratí.

Nejmenší dovolená svislá vzdálenost stok a kanalizačních přípojek od jiných inženýrských vedení dle výše uvedené normy:

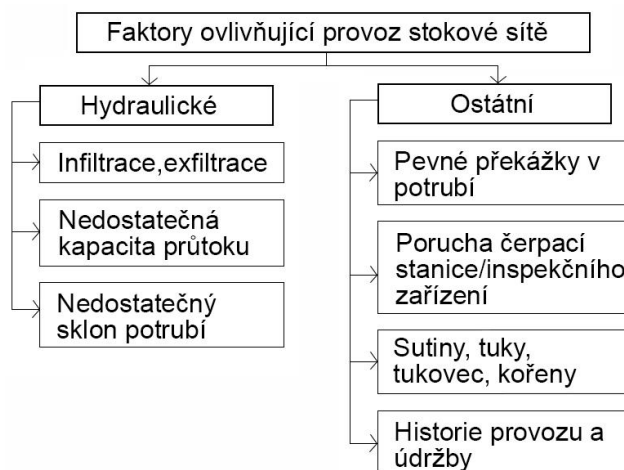
- 100 mm pro vodovodní řady a přípojky, vedení tepelných sítí, montážní kanály a kabelovody, stoky a kanalizační přípojky;
- 200 mm pro metalické a nemetalické kabely elektronických komunikací, ochranné konstrukce sdružené trasy VTV;
- 300 mm pro silové kabely do 1 kV a 10 kV, vedení potrubní pošty;
- 500 mm pro silové kabely do 35 kV a 110 kV, plynovodní potrubí do 0,05 MPa a 0,4 MPa;
- 1500 mm pro koleje tramvajových tratí.

### **Zatížení od provozu**

Proměnné zatížení od provozu na povrchu terénu vyvolává ohybové napětí. Čím je menší hloubka uložení potrubí a větší DN potrubí, tím většímu zatížení se potrubí vystavuje a je vyšší možnost poruch.[10]

## **4.2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ PROVOZ STOKOVÉ SÍTĚ**

Faktory ovlivňující provoz kanalizačního řadu mají vliv hlavně na hydrauliku potrubí, avšak v některých případech ovlivňují i strukturální stav potrubí (např. přítomnost podzemních vod). Tyto faktory lze rozdělit na hydraulické a ostatní dle Obr. 9.[17]



Obr. 9 Rozdělení faktorů ovlivňujících provoz stokové sítě [17]

### **4.2.1 Hydraulické faktory**

Hydraulické poruchy se vyskytují v případě nevhodného návrhu délky a DN potrubí pro převedení velkého průtoku. Nedostatečný sklon potrubí vede k usazení sedimentů.[17]

Prostřednictvím průtokoměru a hladinoměru lze zjistit přítok infiltrací. Infiltraci lze odhalit taky pomocí prohlídek kamerovými systémy. Balastní vody je potřeba minimalizovat, protože zatěžují stokovou síť a jejich ředěním se splaškovými vodami dochází ke zhoršení biologického procesu čištění na ČOV.[11] ČSN 75 6401 Čistírny odpadních vod uvádí, že přítok balastních vod větší než 15 % průměrného bezdeštného přítoku je nežádoucí. Množství balastních vod se při výpočtu odhaduje dle stáří potrubí: pro nově vybudované potrubí se uvažuje hodnota 5 %, pro potrubí opotřebené stářím se hodnota odborně odhaduje dle průzkumu a pohybuje se v rozmezí od 5 % do 90 %.

K infiltraci může docházet při uložení potrubí pod úroveň podzemních vod, k exfiltraci nad úroveň podzemních vod.[13]

Exfiltrace je opak infiltrace, kdy odpadní vody vytékají do horninového prostředí. Rozředěním podkladních vrstev zeminy dochází ke snížení únosnosti horniny a je možné sedání potrubí. Exfiltrace negativně ovlivňuje kvalitu podzemních vod výskytem nutrientů.[13]

#### 4.2.2 Ostatní faktory

Z ostatních faktorů, které ovlivňují provoz stokové sítě, lze zdůraznit výskyt různých tuků a tukovců ve stokové síti. Tuky způsobují závažné problémy. Po ochlazení tuku vznikají hrudky, které se shlukují do větších celků s dalšími nečistotami a ucpávají čerpací stanice na stokových sítích, dochází k obalení sond a následné zástavě čerpacích stanic. Část tuků se rozkládá, vznikají mastné kyseliny, které zvyšují riziko koroze vnitřního povrchu potrubí. Jeden z nejméně žádoucích výskytu ve stoce je tuková kůra, která úplně ucpává potrubí. Tuky zatěžují také ČOV, kde se odstraňují pomocí lapáků tuků.[22]

Výskyt překážek v potrubí dle průzkumu vodárenské společnosti v roce 2019 tvořil 71 % ze všech odhalených poruch, podrobnější data jsou uvedena v Grafu 5. Překážky v potrubí můžou tvořit kořeny, zpevněné usazeniny, stavební materiály, spadlé předměty do potrubí atd. Snížení hydraulické kapacity, zanesení potrubí a vysoké ekonomické náklady na opravu jsou spojené s danou problematikou.

### 4.3 DRUHY PORUCH

Druhy poruch na stokové síti:

- narušení stability stoky: praskliny a trhliny (podélné a příčné), zlomy, zborcení, deformace;
- chybné napojení přípojek;
- vertikální, horizontální a osové polohové odchylky;
- koroze, chemický rozklad (vnější a vnitřní koroze betonu, kovových a jiných materiálů);
- poruchy spojů;

- překážky v potrubí (pevné usazeniny, kořeny, vniklé předměty do kanalizace);
- porušení stoky obrusem (otěrem);
- zanášení stok;
- destrukce;
- netěsnosti (ve spárách kanalizačních objektů, dílců, obkladů);
- narušení stoky jinými sítěmi.[24;32]

Rozdělení poruch na stokové síti podle jejich rozsahu:

- místní (lokální);
- celkové.[24]

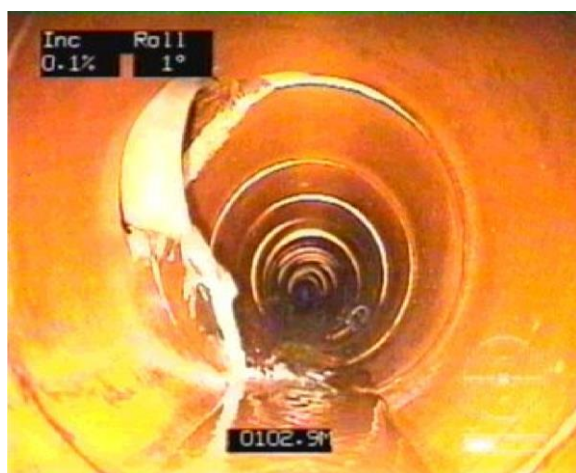
Nejčastější z výše uvedených poruch jsou znázorněné na Obr. 10 až 17. Často se stává, že přítomnost jedné poruchy vyvolává další. Příkladem je Obr. 10, kde podélné trhliny způsobily zlom horní částí potrubí, přítomné netěsnosti umožnily vnik kořenů do stokové sítě.



Obr. 10 Podélné trhliny, zlom horní částí potrubí, kořeny [33]



Obr. 11 Vertikální polohová odchylka potrubí [33]



Obr. 12 Předšazená přípojka [33]



Obr. 13 Podélná trhлина [33]



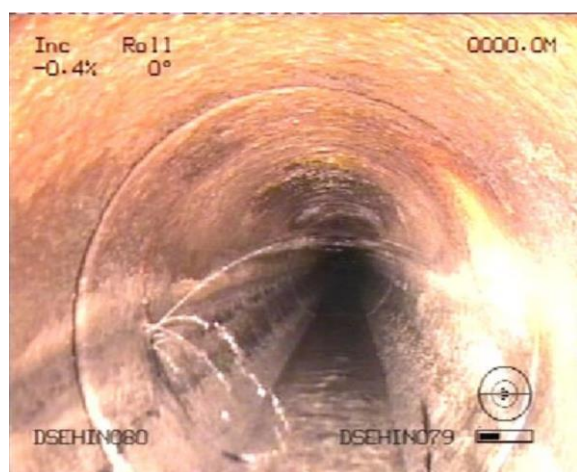
Obr. 14 Usazeniny v potrubí [33]



Obr. 15 Spirálová trhlina, osové vybočení potrubí [33]



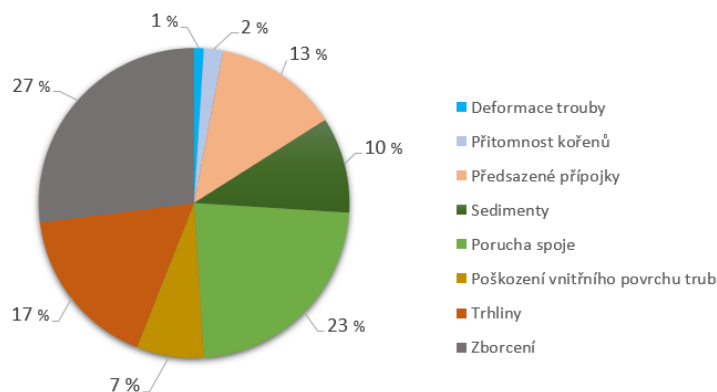
Obr. 16 Koroze ocelového potrubí [33]



Obr. 17 Infiltrace, biogenní síranová koroze [33]

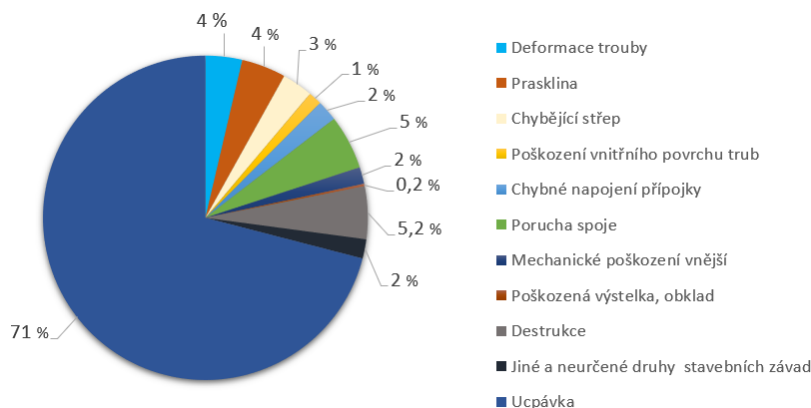
#### 4.4 ČETNOST PORUCH

Druhy poruch na stokové síti provozované obcí jsou zobrazeny na Grafu 4. Nejčastěji se vyskytující poruchy stokových sítí v obci jsou zborcení potrubí — 27 %, porucha spoje — 23 % a trhliny — 17 %. Uvedená data v grafu vychází z desetileté studie na FAST VUT, v rámci které byla provedena inspekce 116 km stokové sítě v 10 různých obcích v ČR.[13]



Graf 4 Druhy poruch na stokové síti provozované obcemi — vlastníky [13]

Druhy poruch na stokové síti odhalených v roce 2019 jednou z největších vodárenských společností v České Republice jsou znázorněny na Grafu 5. Název vodárenské společnosti se neuvádí z důvodu anonymizace dat. Největší procentuální podíl poruch tvoří ucpávky potrubí, a to 71 %. Destrukce potrubí činí 5,2 %, na poruchy spojů připadá 5 % a na praskliny — 4 %. Zbylých 19 % tvoří deformace potrubí, chybějící střep, chybné napojení přípojky, jiné a neurčené stavební závady, mechanické vnější poškození, poškození vnitřního povrchu a destrukce výstelky/obkladu potrubí.

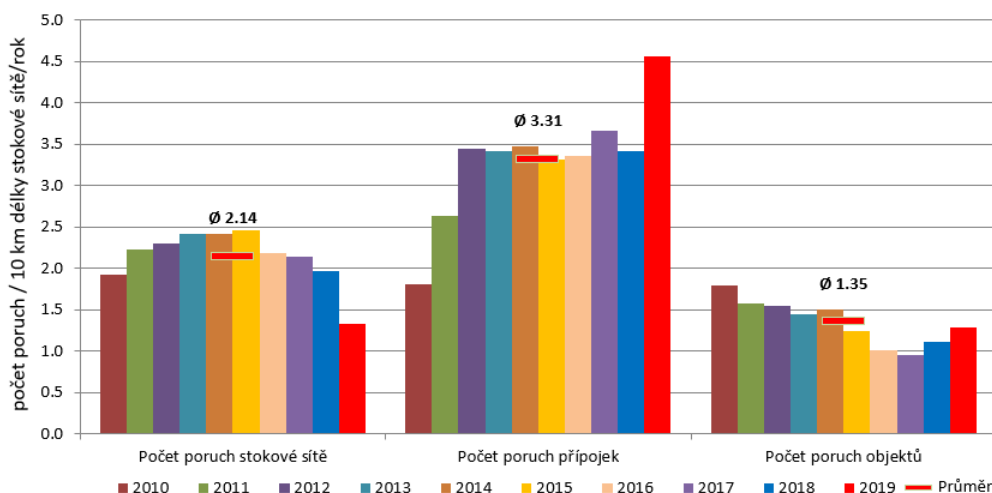


**Graf 5 Druhy poruch na stokové síti provozované jednou z největších vodárenských společností v ČR za rok 2019 [V. Shamko]**

Poruchovost stokové sítě dle průzkumu vodárenské společnosti je uvedena v Tab. 2 a je znázorněna na Grafu 6. Poruchy se vztahují k 10 km stokové sítě a jsou rozděleny na poruchy stokové sítě, poruchy kanalizačních přípojek a poruchy objektů na stokové síti. Graf slouží pro přehledné vyhodnocení odhalených poruch na různých částech stokové sítě s uvedením jejich průměrů.

**Tab. 2 Poruchovost stokové sítě provozované vodárenskou společností [V. Shamko]**

Počet poruch/10 km délky stokové sítě	Rok [-]										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Průměr
Počet poruch stokové sítě	1,92	2,22	2,30	2,41	2,41	2,46	2,19	2,15	1,97	1,33	2,14
Počet poruch přípojek	1,81	2,63	3,45	3,42	3,48	3,31	3,35	3,66	3,42	4,56	3,31
Počet poruch objektů	1,79	1,57	1,54	1,44	1,50	1,25	1,01	0,95	1,11	1,29	1,35



**Graf 6 Poruchy odhalené vodárenskou společností od roku 2010 do 2019 [V. Shamko]**

Výše graficky znázorněné průměrné hodnoty poruch na různých částech stokové sítě jsou uvedené v Tab. 3 pro porovnání s poruchami vlastníků a provozovatelů (obce). Celkové množství poruch stokové sítě provozované obcí je čtyřikrát vyšší než množství poruch stokové sítě provozované vodárenskou společností. K největšímu rozdílu dochází při provozování stokové sítě, na které jsou poruchy 6 krát vyšší při provozování stoky obcí.

Obce často neinvestují finanční prostředky do pravidelné údržby stokové sítě a do oprav poruch na rozdíl od vodárenských společností, což snižuje předpokládanou životnost potrubí a vede k rozsáhlejším poruchám a vyšším nákladům na opravy.

**Tab. 3 Porovnání poruch při provozování stokové sítě vodárenskou společností a obcí jakožto vlastníka i provozovatele [13]**

	Poruchy jsou uvedené na 10 km stokové sítě	
	Vodárenská společnost	Obec — vlastník i provozovatel
Stoková síť	2,14	13,56
Přípojky	3,31	7,32
Objekty	1,35	6,95
Celkem	6,80	27,83

## 4.5 ZKUŠENOSTI PROVOZOVATELŮ STOKOVÉ SÍTĚ

Opravy na stokové síti se provádí za účelem odstranění závad a obnovy funkčnosti systému. Opravy tvoří velkou položku rozpočtu každého provozovatele a jsou zahrnuté v ceně stočných vod. Proto je v zájmu každého provozovatele se řídit kanalizačním řádem, včas opravovat poruchy, provádět prohlídky a vést provozní evidenci.[37]

Opravy z časového hlediska lze rozdělit na:

- opravy před poruchou: opravy podle technického stavu a opravy v předem stanovených intervalech;
- opravy po poruše: okamžitá oprava a odložená oprava.[37]

Brněnské vodovody a kanalizace, a.s. uvádí, že od roku 1989 zajišťují systematickou revizi pomocí inspekčního kamerového zařízení. Ročně prohledají kolem 100 km stok, což odpovídá cyklu revize celé sítě 1x za 12 let. Provoz má k dispozici dvě nejmodernější monitorovací soupravy typu RCA 90 od firmy Rausch, obě jsou vybaveny tzv. satelitní kamerou umožňující revizi přípojek i z profilů neprůlezných stok.[20]

Pro srovnání: Pražské vodovody a kanalizace, a.s. v roce 2015 povedly inspekce 145 km stokové sítě, které se zaměřovaly na kontrolu stok ohrožených vysokými rychlostmi odváděných vod. V roce 2015 činila délka stokové sítě 3647 km a délka kanalizačních přípojek 976 km, takže bylo zkontrolováno 3,12 %. Při prohlídkách bylo odhaleno 32 havárií a bylo vypracováno 119 návrhů na odstranění závad.[51]

## 5 METODY PRŮZKUMU KANALIZAČNÍCH OBJEKTŮ A ÚSEKŮ PRO NÁVRH REKONSTRUKCE

Podkladem pro návrh rekonstrukce je průzkum kanalizačních úseků a objektů s následným vyhodnocením stavu stokové sítě. Nejběžnějším a nejkompexnějším způsobem kontroly potrubí je vizuální prohlídka. Vizuální prohlídka obsluhou se provádí v případě průlezných a průchozích profilů. Pracovník prochází úseky s kamerou a zaznamenává viditelné kanalizační vady. Nejčastěji se vizuální prohlídka provádí v noci, jelikož je nízká hladina vody ve stoce. Kamerové technologie jako kabelové tlačné kamery — CCTV a šachtové kamery se používají u neprůlezných a neprůchozích profilů a poskytují videozáznam s vizuálními údaji o stavu potrubí. Poskytovaná data umožňují zjistit polohu a druh viditelné vady. Rozeznáváme taky fyzikální technologie, například sonar a lasery, které poskytují dodatečnou informaci o závažnosti a druhu závad. Vhodná metoda kontroly se vybírá podle profilu, účelu, dostupné technologie, ekonomických a časových faktorů. Výsledky kontroly se evidují do databází, podle jejich vyhodnocení je navržena potřebná sanace kanalizačních objektů a úseků.[21]

### 5.1 VIZUÁLNÍ TECHNOLOGIE

Vizuální kontrola stokové sítě se může provádět za přítomnosti obsluhy ve stoce nebo pomocí kamer. Vizuální kontrola obsluhou pro posuzování rozsáhlých kanalizačních systémů se používá zřídka kvůli náchylnosti k chybám, nebezpečí v případě větších poruch a časové náročnosti. S optimalizací a vývojem optických snímacích technologií a s využitím techniky počítačového vidění jsou kamery čím dál tím více využitelnější.[31]

Použití kamer pro inspekce stokové sítě bylo poprvé představeno v roce 1960. Inspekční systém se skládá z televizní kamery na vozíku a inspekčního zařízení, které může být přenosné nebo pevně zabudované v inspekčním voze. Po spuštění kamerového vozíku do kanalizační sítě ovládá kamerový systém obsluha: udává směr, upravuje natočení hlavy a sílu světla, případně přibližuje obraz. Při prohlídce se kromě obrazu zjišťuje vzdálenost nebo velikost spádu. Existuje taky šachtová kamera. Kanalizační síť se prozkoumává kamerou umístěnou na teleskopické tyči.[56]

Vizuální technologie pro inspekci stavu stokové sítě jsou:

- vizuální kontrola obsluhou;
- kamerový systém CCTV;
- šachtové kamery;
- digitální skenovací systémy.[3]

#### 5.1.1 Vizuální kontrola obsluhou

Kontrola se provádí za přítomnosti obsluhy v průlezných a průchozích stokách. Hlavním předpokladem inspekce je nízká úroveň hladiny odpadní vody ve stoce pro umožnění chůze



obsluhy a prohlídky dnové části stoky. Průzkum se provádí průchodem pracovníků stokovou sítí, kteří vizuálně kontrolují stav stěn potrubí a pořizují foto/videozáznam a zvukový záznam na diktafon nebo kameru. Operátor během inspekce diktuje informace o poruchách pro následné zpracování do protokolu o inspekci. Poloha poruchy se zjišťuje pomocí měřicího kolečka nebo pásma dostatečující délky. Je nutné dodržovat předpisy bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, obzvláště při výskytu plynu nebo podezření na havárii ve stokové síti.[34]

Fotografie 18 byla pořízena během vizuální kontroly kmenové stoky průchozího profilu ve městě Auckland na Novém Zélandu. Jak lze vidět na obrázku, během inspekce dochází k rozsáhlé infiltraci podzemní vody do stoky.



Obr. 18 Vizuální kontrola kmenové stoky ve městě Auckland [33]

### 5.1.2 Kabelové tlačné kamery

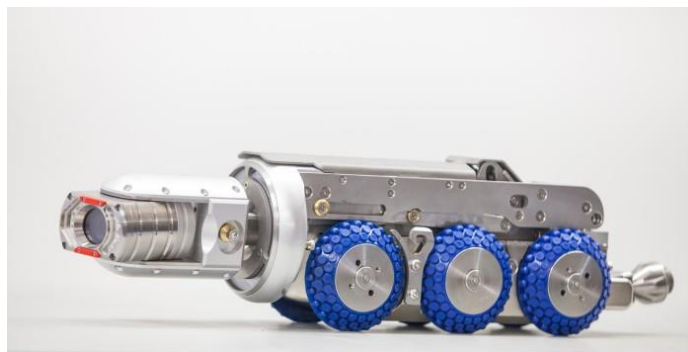
Systémy uzavřených televizních okruhů (dále jen CCTV) jsou nejvíce používané, z dlouhodobého hlediska cenově příznivé a nejefektivnější pro zjištění celkového stavu stokové sítě. Typické CCTV systémy používají videokameru s osvětlením, která poskytuje vizuální záznam vnitřního stavu potrubí. Na základě videozáznamu nebo fotozáznamu se stanoví druh a místo poruchy. Ke kabelové tlačné kameře lze připojit jiné technologie pro poskytování rozsáhlejších informací například sonar nebo laser. Velkou výhodou těchto systémů je možnost kontrolovat potrubí z jakéhokoliv materiálu s vnitřním průměrem potrubí od 100 mm.[25]

Kabelové systémy jsou vybaveny posuvnou kamerou pro revizi potrubí zhruba od DN 100 do DN 250 nebo pojízdnou kamerou pro revizi potrubí zhruba od DN 150 do DN 1200. Posuvný kamerový systém se skládá z otočné kamerové hlavy s osvětlením, posuvného kabelu, navíjecího kola a monitoru. Častěji se používají pojízdné kamery namontované na kolovém nebo pásovém podvozku. Všechny pojízdné kamery jsou vybaveny ovladatelnou pohyblivou kamerovou hlavou 360° s optikou zoom (optické přiblížení objektu), takže snímá celé zorné pole. Dojezd posuvných kamer je zhruba 150—200 metrů v závislosti na konstrukci vozu kamery a okolí (například spádu potrubí nebo znečištění). Signál z kamery se přenáší pomocí kabelu do monitoru ve vozidle, kde je zpracován obsluhou.[29]

Německá výrobní společnost IBOS a.s. nabízí monitorovací zařízení k inspekci stokové sítě. Na Obr. 20 je znázorněn potrubní kamerový inspekční systém 150 IV REVI 260 s rotační hlavou umožňující inspekci potrubí DN 70 až DN 300. Kamerový vozík CamBoss na Obr. 19 je určen pro průzkum stokové sítě DN 150 až DN 1000.[30]



**Obr. 19 Kamerový vozík CamBoss [30]**



**Obr. 20 Posuvný kamerový inspekční systém 150 IV REVI 260 s rotační hlavou [30]**

Data získaná z kamerové kontroly zahrnují:

- stopy sedimentu, nečistot a kořenů;
- stopy propadu terénu;
- vybočení úseku potrubí;
- praskliny;
- netěsnosti (pokud k infiltraci/exfiltraci dochází v době kontroly);
- umístění a stav kanalizačních přípojek.[53]

Foto- a videozáznamy stokové sítě vyhodnocuje obsluha kamerového vozu. Následně se poruchy zatřídí dle normy ČSN EN 13508-2 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek — Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku a navrhne se nutnost a způsob sanace.[15] Často dochází k chybám při zatřídění konstrukce a vyhodnocení poruch několika odborníky se nemusí shodovat. Správnost posouzení záleží na velkém počtu faktorů včetně kvality záznamu a výšky hladiny vody. Kabelové tlačné kamery natáčejí jenom nad úroveň hladiny vody a neposkytují jakákoli strukturální data o integritě stěn potrubí.

### 5.1.3 Šachtové kamery

Šachtová kamera je jeden ze způsobů jak rychle poskytnout přehled o stavu potrubí. Uvedená kamera odhaluje, v jakém stavu je potrubí, jestli není potřeba detailnější prohlídka pomocí kabelové tlačné kamery nebo provádění čištění stokové sítě. Šachtová kamera se skládá z pěti hlavních částí: teleskopické měřicí tyče, kamerové hlavy, ovládacího prvku, záznamového zařízení a monitoru. Kamerová hlava je spuštěna do revizní šachty pomocí teleskopické tyče.

Inspekce se provádí digitálně pomocí mnohonásobného zoomu s vysokým rozlišením. Například, šachtová kamera QuickView® je schopná optického zoomu 216:1. Ovládacím prvkem se provádí zoom, zapínání HID lamp, zaostření obrazu a optické měření vzdáleností. Stejně, jako u kabelově tlačných kamer, se inspekce realizuje jenom nad úrovní hladiny vody.[7]

Před inspekcí šachtovou kamerou není potřeba čistit kanalizační potrubí, což snižuje náklady a dobu kontroly. Šachtová kamera dokáže rozpoznat a lokalizovat viditelné praskliny, netěsnosti, vniknutí kořenů a celkový stav povrchu potrubí a šachet. Novější kamery mají zobrazení 360°. Vzhledem ke statické pozici kamery dochází k několikanásobně rychlejšímu sběru dat a zobrazení obrazu na monitoru, než při průzkumu stokové sítě pomocí technologie CCTV. I když inspekce šachtovou kamerou je účinná a finančně příznivá, má řadu nevýhod. Spolu s jinými metodami kamerových inspekcí se uplatňuje jen při kontrole gravitačních sítí, protože tlakové sítě a kanalizační přípojky nejsou vybavené vstupními šachtami. Omezení rozlišení obrazu, optického zoomu a osvětlení jsou primární nevýhody této technologie.[53]

Šachtová kamera QuickView airHD® od firmy Envirosight znázorněna na Obr. 21 je jedna z nejnovějších a jejími přednostmi jsou zcela bezdrátový systém a zobrazovací jednotka, kterou lze zavěsit na tělo obsluhy.



Obr. 21 Šachtová kamera QuickView airHD® [38]

#### 5.1.4 Digitální skenovací systémy

Digitální skenování je nejmodernější technologie v odvětví inspekce stokové sítě kamerami. Stejně tak jako kabelové tlačné kamery CCTV, se digitální systémy pohybují v kanalizačním potrubí pomocí vozíku. Na rozdíl od CCTV digitální skenovací systémy poskytují pohled 360° spojením dvou půlkulových obrazů natáčených kamerami v přední a zadní části vozu. Důležitou výhodou je možnost vyhodnotit data po monitoringu stokové sítě. Záznamy se poskytují automaticky, kdežto například při průzkumu stokové sítě kabelovou tlačnou kamerou nese zodpovědnost za poskytování záznamu a odhalení poruch pracovník. Digitální skenování poskytuje spolehlivější a kompletní posouzení stavu potrubí. Skenovací systémy se mohou použít s jakýmkoliv materiálem potrubí a provádí se jen nad hladinou vody.[7]

Systém je zpracován na základě kabelových tlačných kamer za účelem poskytování lepšího sférického obrazu, vyšší rychlosti inspekce a usnadnění vyhodnocení poruch.

Technologie používá dva digitální fotoaparáty, které jsou umístěny do přední a zadní části kamerového vozíku. Fotoaparáty mají vysoké rozlišení a jsou vybaveny širokoúhlými 185° objektivy. Během inspekce potrubí se aktivují xenonová světla namontovaná paralelně a ve stejné době jsou poskytnuty obrazy ze dvou kamer. Jejich spojením se generují tzv. sférické obrazy, které umožňují vytvoření skutečného 3D vnitřního pohledu na kanalizaci. Kamery za jízdy automaticky snímají povrch potrubí. Výsledné snímky se vyznačují vysokou kvalitou obrazu, jelikož se během jízdy nenatáčí video.[7]

Pracovník může posouvat, naklánět, přibližovat nebo otáčet úhel pohledu o 360° k potenciálním závadám. Takový rozsah ovládání je velkou výhodou, protože to neovlivňuje záznam, což u metod uvedených výše není možné. Digitální skenovací systém umožňuje měření polohy a velikosti objektu počítačem. Digitální výstupy jsou přenášeny do kontrolního vozidla, kde se ukládají na vyměnitelných pevných discích nebo digitálních videodiscích. Vyhodnocení stavu potrubí lze posoudit v kanceláři v jinou dobu než při skenování.[7]

Digitální skenovací systém PANORAMO 4K od firmy IBAK je zobrazen na Obr. 22. Systém PANORAMO je schopen dosáhnout rychlosti průjezdu potrubím 35 m/s za automatického snímání potrubí každých 5 cm. Používá se pro inspekci potrubí nad DN 200.[18]



Obr. 22 Digitální skenovací systém PANORAMO 4K od firmy IBAK [18]

### 5.1.5 Porovnání metod vizuálních technologií

Bylo provedeno komplexní porovnání metod vizuálních technologií průzkumu stokové sítě. Srovnání lze nalézt v Tab. 4. Kabelové tlačné kamery — CCTV, šachtové kamery a digitální skenovací systémy se posuzují dle následujících kritérií: vhodnost pro materiál a DN potrubí, princip průzkumu, odhalené defekty potrubí, výhody a nevýhody technologie, orientační cena průzkumu a výrobce technologie. Výběr technologie by se měl provádět dle účelu průzkumu s ohledem na technologické parametry jednotlivých zařízení.

**Tab. 4 Porovnání metod vizuálních technologií [V. Shamko]**

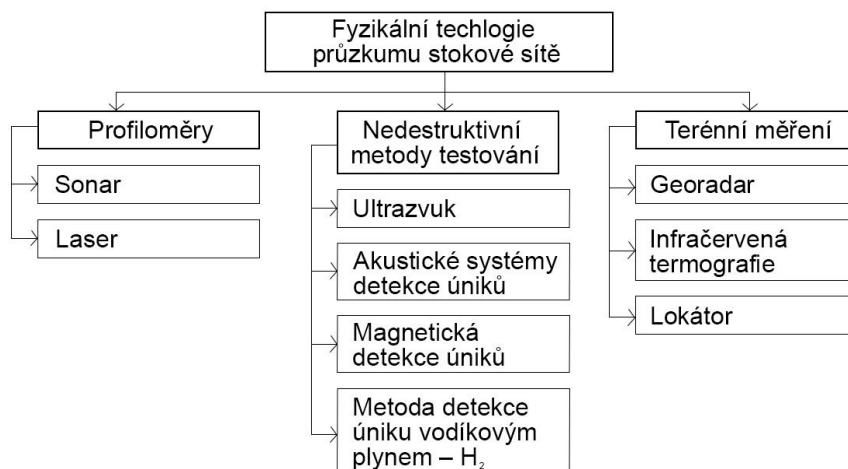
	Vizuální technologie		
	Kabelové tlačné kamery — CCTV	Šachtové kamery	Digitální skenovací systémy
Vhodné pro materiál a DN potrubí [mm]	všechny materiály, zhruba od DN 100 do 1200	všechny materiály, zhruba od DN 150 do DN 1200	všechny materiály, zhruba od DN 150 do DN 1200
Princip průzkumu	Posuvný nebo pojízdný kamerový systém natáčí vnitřní stav potrubí	Šachtová kamera připevněná na teleskopické tyči se vsouvá do kanalizační šachty a natáčí vnitřní stav potrubí	Pojízdný kamerový systém poskytuje 360° pohled spojením obrazu z přední a zadní kamery vozu
Odhalené defekty potrubí	Stopy sedimentů, nečistot a kořenů; vybočení úseku potrubí; praskliny; netěsnosti; umístění a stav kanalizačních přípojení; celkový stav povrchu potrubí a šachet atd.		
Výhody technologie	Lze připojit další technologie (sonar, laser); dojezd posuvných kamer 150—200 m; rychlá metoda průzkumu	Rychle poskytuje přehled o stavu potrubí; provádění čištění stokové sítě není před průzkumem vyžadováno	360° pohled; automatické poskytování záznamu; ovládání záznamu (naklánění, zoom kamery atd.) bez zhoršení kvality obrazu
Nevýhody technologie	Natáčení jenom nad hladinou vody; uplatňují se jen při kontrole gravitačních sítí		
	Chyby při vyhodnocení poruch	Omezení rozlišení obrazu; optického zoomu a osvětlení	Není vhodný pro nouzové poruchy; neposkytuje video v reálném čase
Orientační cena průzkumu bez DPH [Kč/metr]	Cena inspekce závisí na délce a DN kanalizačního potrubí (V ceně je zahrnuto: poskytnutí záznamu prohlídky, otevření a uzavření revizních šachet. Není zahrnuto: výjezd vozidla k zakázce, zpracování revizní zprávy o stavu kanalizace a práce obsluhy.) Ceny jsou uvedeny bez DPH.		
	20—40 Kč/metr	5—20 Kč/metr	40—100 Kč/metr
Výrobce	České: CEL-TEC; Zikmund Electronics Německé: IPEK; IBAK; ROTHENBERGER; MESSEN NORD; Riezler; RICO Americké: EnviroSight Čínské: Flexi Electrical Ruské: TARIS, GEO-NDT		Německé: IBAK Americké: Rapid View; Red Zone Ruské: GEO-NDT

Cena průzkumu stokové sítě se stanoví dle rozsahu prací a může být účtována jako paušální hodinová sazba v rozmezí zhruba 1000—1300 Kč/hod bez DPH. Za jednu hodinu inspekce stokové sítě lze prozkoumat cca 80 až 120 metrů stoky při použití CCTV kamery, zhruba 130 metrů za použití digitální kamery a provést inspekce ze 4 kanalizačních šachet za použití šachtové kamery.

## 5.2 FYZIKÁLNÍ TECHNOLOGIE

Fyzikální technologie se používají za účelem poskytnutí dat, která nelze zjistit pomocí vizuální kontroly stokové sítě. Dle Obr. 23 lze rozdělit fyzikální technologie na profiloměry, nedestruktivní metody testování a terénní měření. Profiloměry umožňují detekovat a měřit změny geometrie potrubí. Nedestruktivní metody testování jsou schopné dohledat přesná místa úniku odpadní vody a odhalit poruchy na vnitřní straně potrubí např. korozi nebo

praskliny. Metody terénního měření se používají pro trasování inženýrských sítí nebo pro průzkum horninového prostředí.



Obr. 23 Rozdělení fyzikálních technologií [53]

### 5.2.1 Profiloměry

Profiloměry se rozdělují na sonarový a laserový profiloměr. Používají se k měření tloušťky stěn potrubí, kvantifikaci geometrie potrubí, koroze, průhybu stěn potrubí atd. Profiloměry se často používají s kabelovou tlačnou kamerou pro získání komplexních dat pro vyhodnocení stavu stokové sítě.

#### *Sonar*

Sonar je akustická technologie pro inspekci stokové sítě pod hladinou vody měřící rychlost a vzdálenost cestování akustického zvuku ve vodě. Inspekci sonarem lze použít v oblastech se špatnou viditelností, kde je obtížné použít inspekci CCTV. V závislosti na velikosti a podmínkách proudění může být hlava sonaru umístěna na robotickém vozíku nebo plováku. Při průjezdu kanalizačním potrubím vysílá hlava sonaru vysokofrekvenční ultrazvukové signály, které se odrážejí od stěn potrubí a poté procházejí novým médiem nebo se vrací na povrch. Při změně hustoty materiálu v potrubí se mění odraz signálů, což poukazuje na přítomnost poruch.[7]

Sonar poskytuje informace o geometrii potrubí, průhybech stěn potrubí, korozi, jámách, dutinách, prasklinách a taky kvantifikuje úlomky, bahno a mastnotu. Avšak vady ve stěně potrubí někdy mohou být zakryty mastnotou a nečistotami. Tuto technologii lze použít pro průzkum gravitační stokové sítě jakéhokoliv materiálu pro průměr potrubí větší než 300 mm.[27]

Sonar může poskytovat data o stavu potrubí buď pod, anebo nad hladinou vody v potrubí, ale ne současně. Často se proto používá v kombinaci s kabelově tlačnou kamerou CCTV. Při použití sonaru s laserovými profily a kamerami CCTV lze získat 3D model skutečného stavu potrubí. Sonar zaznamenává stav potrubí pod hladinou vody, měří celkový objem usazených nečistot a procento ucpání v potrubí. Zatímco kamery CCTV s laserovými

profilovači poskytují záznam nad hladinou vody v potrubí. Výsledky jsou zpracovány odborníkem po průzkumu. Informace o existující integritě a provozních charakteristikách usnadňují přesné plánování při provádění údržby potrubí a návrhu opatření.[27]

Příklad výstupu inspekce stokové sítě za použití sonaru a CCTV kamery je zobrazen na Obr. 24. Inspekce byla provedena ve stoce zděné z kanalizačních cihel na cementovou maltu. V dolní části, která byla skenována sonarem, dochází k deformaci dna potrubí a usazování sedimentů.



Obr. 24 Výstup 360° při použití CCTV kamery a sonaru [35]

### *Lasery*

Laserový profiloměr je technologie, která je schopna diagnostikovat a kvantifikovat změny tvaru potrubí, které mohou být způsobeny deformací, průhybem, korozi nebo zanášením. Lasery se obecně používají ve spojení se standardní kontrolou kabelovou tlačnou kamerou nebo sonarem. Laser vytváří světelné linie kolem stěny potrubí nad hladinou vody. Za podmínky vyřazení potrubí z provozu, jeho vypuštění a vyčištění je možné provést posouzení celého vnitřního povrchu potrubí. Laserová technologie je použitelná pro jakýkoliv materiál potrubí o průměru od 600 do 1600 mm.[21]

Rozeznávají se 2 typy laserových profilovačů: dvourozměrný (2D) laserový profiloměr a trojrozměrný (3D) laserový profiloměr. Dvourozměrný laser promítá vzor kruhového nebo vejčitého průřezu na stěny potrubí. Světlo je identifikováno kamerou pro vytvoření dvourozměrného obrazu, který umožňuje posouzení geometrie potrubí (např. průměr, obvod a oblast průřezu), ale nemůže poskytnout informace pro další charakterizaci defektů potrubí. Přesnost snímku závisí na správném nastavení kamery a zarovnání laseru s podélnou osou potrubí. Nepřesné zarovnání laserového skeneru může vést k obtížím při interpretaci obrazu.[27]

Novější a méně použitelnější kvůli jejich vyšší ceně jsou trojrozměrné lasery. Tyto lasery jsou založeny na principech laserové detekce a rozsahu (LADAR). Laser používá bodové paprsky a má zabudovaný přijímač a obousměrný vysílač. Na rozdíl od 2D systémů, které vytvářejí profily potrubí nebo průřezové pohledy, tyto systémy vytvářejí 3D pohledy celých segmentů

potrubí. Velkou výhodou oproti 2D laseru je možnost získat přesné průřezy potrubí, i když laser není přímo v souladu s podélnou osou potrubí.[53]

## 5.2.2 Nedestruktivní metody testování

Nedestruktivní metody testování slouží primárně k odhalení závad na kanalizačním potrubí. V této kapitole budou popsány 4 metody testování, z nichž každá má specifické využití: ultrazvuk, akustické systémy detekce úniku, magnetická detekce úniku a metoda detekce úniku vodíkovým plynem.

### *Ultrazvuk*

Průzkum potrubí ultrazvukem je založen na vysílání vysokofrekvenčních zvukových vln směrem k vnitřnímu povrchu potrubí. Slouží ke kontrole hustoty, tloušťky, tvaru, velikosti a orientace vad. Ultrazvuková metoda je založena na rychlosti, s jakou prochází ultrazvukový impuls zkušebním materiálem. Krátký výboj nebo impuls je indukován v materiálu pomocí snímače. Impuls prochází materiálem, dokud nedosáhne druhé strany, kde se jeho ozvěna odráží na povrchu. Doba trvání a rychlost impulsu se měří a používá se k určení vzdálenosti od povrchu k vnější straně, tj. tloušťky potrubí. Impuls může být také směřován do materiálu pod úhlem pomocí snímače úhlového paprsku. Úhel umožňuje přesnější detekci trhlin nebo vad v materiálu. Senzor musí být uveden do kontaktu se stěnou potrubí nebo se nacházet velmi blízko, protože přesnost měření klesá s rostoucí vzdáleností od stěny.[48]

Kanalizace musí být vyčištěna a nečistoty by měly být odstraněny před monitoringem ultrazvukem. Testování ultrazvukem se může provádět na různých materiálech potrubí například plastu a keramice, ale nejlépe se projevuje při průzkumu ocelových potrubí.

Ultrazvukové testování má několik potenciálních nevýhod:

1. je relativně pomalé při kontrole velkých ploch kvůli požadovaným měřením bod po bodu (včetně pohybu snímačů úhlového paprsku);
2. vyžaduje čistý povrch, aby byl umožněn přímý kontakt snímače s povrchem materiálu;
3. vyžaduje relativně čisté a suché zkušební podmínky.[53]

### *Akustické systémy detekce úniku*

Akustické detektory úniků se používají k detekci zvuku nebo vibrací vznikajících netěsnostmi ve vodovodech a kanalizacích. Detektory úniku se dělí na 1) ruční odposlouchávací zařízení, což jsou například odposlouchávací tyče a podvodní mikrofony; 2) korelátory úniků šumu; 3) zařízení nasazená v potrubí, která shromažďují na dálku informace o netěsnostech. Dlouhodobě používanými a cenově dostupnými jsou ruční odposlouchávací zařízení a korelátory úniků šumu. Zařízení nepřetržitě nasazená v potrubí jsou pokroková a nejsložitější technologie pro monitoring úniku vody.[53]

Nejběžnější technikou akustické detekce úniku je křížová korelace. Naměřené vibrace nebo akustické signály ze dvou přijímačů jsou přenášeny do korelátoru úniku šumu, který vypočítá



funkci křížové korelace obou signálů. Když funkce křížové korelace prokazuje jasně viditelný vrchol, tak mezi senzory je přítomná netěsnost.[44]

### ***Magnetická detekce úniků***

Magnetic Flux Leakage (dále jen MFL), neboli magnetická detekce úniku, se používá pro odhalení a vyhodnocení koroze a prasklin na vnitřní stěně kovových trubek. Metoda MFL umožňuje odhalení malých vad a redukcí tloušťky stěn potrubí s velkou přesností.

Nástroj MFL se skládá ze dvou nebo více částí, ale minimálně musí obsahovat magnetizační prvek a senzor, záznam dat a napájecí systémy. Pro provedení inspekce metodou MFL je potřeba nejdříve odvodnit a vyčistit potrubí. Dalším krokem je umístění jednoho nebo více magnetů v blízkosti stěny potrubí a během inspekce se magnety přemisťují po potrubí. MFL magnet posílá magnetický tok do materiálu, zatímco hlava se třemi senzory měří axiální, radiální a obvodové signály pomocí integrovaných senzorů. V důsledku snížení průřezové plochy a změny účinků působícího magnetického pole dochází v místech defektu potrubí k menšímu převedení toku a ke změně tvaru indukovaného magnetického pole oproti neporušené části potrubí. Data zjištěná senzorem se vyhodnocují kvalifikovanou obsluhou. Přesnost testování MFL závisí na správné magnetizaci testovaného objektu, detekci únikového toku pomocí vhodného senzoru, zpracování odezvy senzoru a interpretaci výsledků testu pro rozhodování.[44]

### ***Metoda detekce úniku vodíkovým plynem — H<sub>2</sub>***

V České Republice se často využívá H<sub>2</sub> metoda pro přesnou lokalizaci úniku vody. Tato metoda se používá tam, kde běžné akustické metody selhávají, tzn. hlučná prostředí, místa s velmi nízkým tlakem atd. H<sub>2</sub> metoda je založena na využití vodíku a jeho schopnosti rychle pronikat nejrůznějšími materiály směrem vzhůru. Směs vodíku (5 %) a dusíku (95 %) se přivádí do potrubí a svým únikem tak prozradí, kde se nachází přesné místo netěsnosti potrubí. Směs plynů je absolutně zdravotně nezávadná a nevybušná. Vzhledem k přesnému určení místa úniku vody, možnosti použití ve složitějších podmínkách a nízké ceně vodíkového trasovacího plynu je metoda H<sub>2</sub> hojně využívána.[28]

### **5.2.3 Terénní měření**

Výše uvedené metody monitoringu stokové sítě poskytují data o strukturálním stavu potrubí, což v některých případech není dostačující pro posouzení celkového stavu stokové sítě. Terénní měření se používá pro průzkum horninového prostředí v okolí stokové sítě: lokalizuje místa rozvolnění horninového masivu, dutiny a kaverny, poskytuje informace o delaminacích v betonových kanalizačních potrubích.[34]

### ***Georadar***

Georadar (dále jen GPR) je nedestruktivní elektromagnetické zařízení, které se používá k průzkumu podpovrchových ploch a uplatňuje se v různých odvětvích. Z hlediska stavební

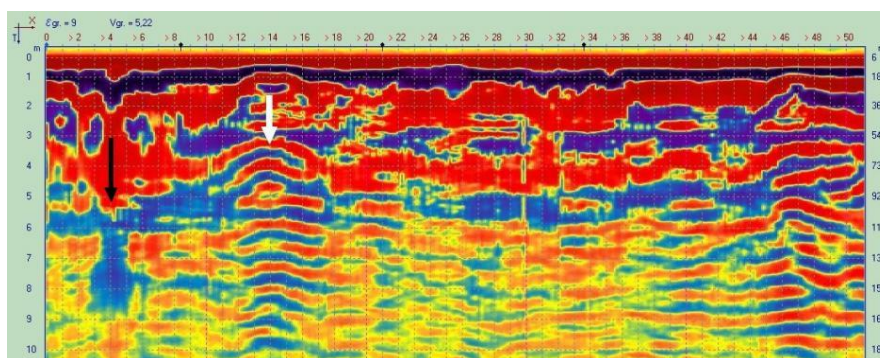
diagnostiky lze georadar využít ke kontrole stavu inženýrských sítí, doplnění chybějících stokových úseku potrubí do mapového podkladu a odhalení dutin.[5]

Dutiny v blízkosti potrubí se vytváří při netěsnosti potrubí. Předpokladem pro vznik dutin je, že materiál v okolí potrubí je sypký a voda ho má kam unášet. V opačném případě dochází pouze k průsakům a kontaminaci spodních vod. Do vytvořených dutin potrubí sedá a vznikají tak další úniková místa. Ve výsledku může dojít k propadu horních vrstev. Pro včasné odhalení dutin se používá georadar.[5]

Georadar využívá vysokofrekvenční elektromagnetické vlny k proniknutí přes povrch země. Základním principem je přenos impulsu a jeho odrazení od změn v dielektriku. Za změny lze považovat vady v potrubí, přítomnost vlhkosti, změny úrovní jednotlivých vrstev půdy atd. Jsou 2 frekvenční antény georadaru, jedna slouží k vysílání elektromagnetických vln, druhá pro jejich příjem. Pro průzkum různých hloubek se používají vhodné frekvenční měniče. Hloubka se stanoví na základě délky trvání průchodu vln objektem a jejich odražením zpět. Doba trvání jednoho cyklu vlny je obvykle v řádech nanosekund. Výsledkem měření je snímek podzemního povrchu — radarogram.[44]

Georadar lze využívat pro průzkum jakéhokoliv diametru kanalizačního potrubí. V dnešní době je GPR na ovládání jednoduchý přístroj, který je schopen rychlého měření a nevyžaduje vysoce kvalifikovanou obsluhu. Jednou z nevýhod georadaru je nepřesnost měření při průzkumu větších hloubek.

Na obrázku 25 je znázorněn radarogram z měření pražského kanalizačního potrubí v úseku dlouhém 50 metrů. Radarogram znázorňuje 3 osy. Horizontální osa udává vzdálenost v metrech ve směru pohybu radaru, vertikální osa vlevo poskytuje data o hloubce podloží a vertikální osa vpravo udává čas průchodu vlny. Na tomto úseku se objevila dvě kritická místa. První kritické místo je označeno bílou šipkou, a zde dochází ke vzduchové anomálii vysoké cca 1 metr, v hloubce 3,5 m a ve vzdálenosti 14 m. Druhá anomálie se nachází pod černou šipkou, zde dochází k porušení původního podloží (zobrazeno červenou barvou) homogenním materiálem, který je na grafu označen modrou barvou. V hloubce 2—5 metrů v místě šipky lze vidět posun podloží směrem dolů.[5]



Obr. 25 Radarogram [5]

### ***Georadar Leica DSX***

Český výrobce Gefos a.s. navrhnul georadar Leica DSX na základě georadaru Leica DS2000. Leica DSX zobrazený na Obr. 26 se zaměřuje na lokální zjišťování polohy inženýrských sítí pod zemí. Georadar pracuje na jedné anténě s frekvencí 600 MHz, která zaznamenává odražení signálu od objektů, které mají odlišnou strukturu od okolí, například trhliny, dutiny atd. Rychlost skenování dosahuje 7 km/h a hmotnost georadaru je 23 kg.[9]

Georadar Leica DSX se vyznačuje získáním výsledků průzkumu přímo na místě. Toho je dosaženo spojením hardwaru (radar s tabletem) a softwaru (analyzační program nainstalovaný v tabletu). Výsledky lze obdržet ve formátu PDF, JPG, DWG, DFX pro následné zpracování nebo přímo do softwaru MC1 pro řízení stavebních strojů. Georadar může být ovládán obsluhou bez zvláštní kvalifikace, avšak výsledky měření musí být posouzeny odborným personálem.[9]



**Obr. 26 Georadar Leica DSX [9]**

### ***Infračervená termografie***

Infračervená termografie (dále jen IRT) používá tepelně citlivé senzory pro monitoring teplotních gradientů. IRT umožňuje lokalizaci podpovrchových vad například dutin, vzduchových mezer a poskytuje data o rozdílech v tloušťce stěn kanalizačního potrubí. Systém IRT obvykle zahrnuje infračervený senzor a optickou hlavu, mikroprocesor a displej, zařízení pro sběr a analýzu dat a zařízení pro záznam a načítání obrazu. IRT funguje na základě signálů, které vyzařují neionizující záření s vlnovými délkami 3—12  $\mu\text{m}$ . [2] Nerovnoměrné vytápění nebo chlazení stěny potrubí může naznačovat přítomnost vad různým neionizujícím zářením. Toto záření je zaznamenáno kamerou, která dokáže detekovat i malé tepelné rozdíly (0,1°C). Data se zpracovávají prostřednictvím softwaru do různobarevného obrázku pro analýzu operátorem. [2;50]

Jsou 2 základní metody použití IRT: aktivní a pasivní metoda. Aktivní metoda IRT vyžaduje zdroj tepla (např. infračervené světlo), zatímco pasivní metoda nikoliv. [7] IRT se může používat nad úrovní terénu nebo uvnitř potrubí. Inspekce nad úrovní terénu spočívá v hledání teplotních špiček podél vnějšího povrchu potrubí. Pro provádění měření uvnitř potrubí je vyžadováno vypouštění potrubí a hledají se teplotní rozdíly mezi neporušenými a vadnými oblastmi potrubí. [50]

Při inspekci IRT je nutný vyškolený operátor pro kvalitní měření a správné posouzení výsledku. Citlivost na změny teplot přijímaného zařízení je jednou z dalších nevýhod technologie. Odlišná citlivost na změny teplot nastává taky při zmenšení vzdálenosti od objektu nebo úhlu pohledu.[21]

### **Lokátory**

Lokátor je jednou z technologií terénního měření, která se často využívá díky nízké pořizovací ceně, jednoduchosti ovládání a kompaktním rozměrům. Na trhu nabízí výrobci jak poměrně jednoduché typy lokátorů, tak i velmi přesné, nárazuvzdorné a vlhku odolné přístroje pro vytyčení dlouhých tras.

Lokátory neboli detektory se uplatňují při trasování kovových a nekovových potrubí a kabelových vedení. Lokalizační systém se skládá z vysílače a přijímače. Princip trasování spočívá v produkci střídavého proudu určité frekvence vysílačem a vytvoření elektromagnetického pole. Přijímač umístěný nad terénem signalizuje velikost přijímaného signálu elektromagnetického pole.[14]

Pro trasování nekovových potrubí se používají sondy umístěné v potrubí. Sonda funguje jako vysílač na jedné frekvenci, která je snímána přijímačem nad terénem.[14]

Lokátor poskytuje informaci o síle odezvy vedení, která je znázorněna sloupcovým grafem na displeji. Hodnota síly odezvy vedení by neměla být nižší 50 %, ke snížení signálu dochází při zvýšení hloubky uložení inženýrských sítí a vzdálenosti od vysílače. Lokátor měří hloubku od terénu k ose potrubí nebo kabelů do 5 metrů s tolerancí  $\pm 10$  %. Poruchy na potrubí nebo kabelech se odhalují výrazným skokem měřeného proudu.[14]

V dnešní době některé lokalizační systémy umožňují propojení dat s GIS.

Lokátor UT 830 od výrobce SEWERIN GmbH lze vidět na Obr. 27. UT 830 je univerzální lokátor používaný při stavební činnosti díky své schopnosti pasivně lokalizovat katodově chráněné vedení. Lokátor funguje na frekvenci 83 kHz, což umožňuje rychlé a intuitivní seznámení méně zkušených uživatelů bez nutnosti rozsáhlého zaškolení.



Obr. 27 Lokátor UT 830 [V. Shamko]

## 5.3 PROHLÍDKY A ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI

Zkoušky vodotěsnosti potrubí se provádí, aby se zabránilo přítoku balastních vod do kanalizačního potrubí nebo vniknutí odpadních vod do půdního podloží. Balastní vody zatěžují kanalizační potrubí a ČOV. Odpadní vody ovlivňují kvalitu podzemních vod a mohou vést k poklesu podloží.

Dle ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení nebo ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek se provádí zkoušky vodotěsnosti. Rozeznávají se 2 různé metody zkoušení: zkouška těsnosti vodou a zkouška těsnosti vzduchem. Před provedením zkoušky vodotěsnosti je vyžadováno vyčištění stoky. Zkoušky vodotěsnosti se aplikují u nově vybudovaných, stávajících nebo sanovaných stok s gravitačním průtokem. To neplatí pro vnitřní kanalizace, otevřené stoky, stoky s tlakovým a podtlakovým prouděním a pro velké objekty na stokách.[34]

V souladu s ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek může zkouška vodotěsnosti jednotlivých spojů potrubí být uznána jako zkouška celého potrubí. Zkouška vodotěsnosti jednotlivých spojů a zkouška vodotěsnosti vstupních a revizních šachet se můžou provádět metodou zkoušení vodou a vzduchem.

### 5.3.1 Zkouška těsnosti vodou

Dle ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek se zkouška těsností vodou označuje jako metoda „W“. Před zahájením zkoušky těsnosti potrubí vodou se provádí vizuální kontrola úseků kanalizace, které podléhají zkoušce. Při vizuální kontrole se přezkoumává utěsnění kanalizačních přípojek, aby nedošlo k úniku média při zkoušce nebo k infiltraci. Dalším krokem je osazení utěšňovacích vaků na kanalizační úsek. Vzduch je odváděn v horním konci potrubí a úsek se plní vodou.

Doba přípravy by neměla trvat déle než jednu hodinu. V průběhu této doby musí být zkoušený úsek nepřetržitě zcela naplněný vodou.[4] Zkouška je prováděna zkušebním přetlakem 40 kPa, který je měřen zkušební odběrnou nádobou. U potrubí s DN větším než 1000 mm může být provedena pouze zkouška jednotlivých spojů.[34]

Dle ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek se únik vody měří po dobu 30 minut a při měření vody ve zkušební nádobě nesmí dojít k poklesu hladiny o více než 0,1 metru od předepsané zkušební hladiny. Po uplynutí potřebné doby zkoušení se odpouští tlak a odstraňují ucpávky. Výsledkem měření je graf závislosti tlaku na čase. Graf je součástí zkušebního protokolu, který musí být opatřen pořadovým číslem a musí být systematicky archivován. Kritérium úspěšné zkoušky je povolená hodnota úniku vody vztažená na dobu trvání zkoušky.[4] V případě neúspěšné zkoušky musí být vyhotoven protokol a provádí se opakovaná zkouška.

### 5.3.2 Zkouška těsnosti vzduchem

Zkouška těsnosti vzduchem se používá hlavně pro kontrolu potrubí, protože pro zkoušku revizních a vstupních šachet je skoro nepoužitelná.[34] Výhodou metody je rychlost, ekonomičnost a vysoká mobilita zařízení.

Stejně, jako v případě zkoušky těsnosti vodou, se musí provést vizuální kontrola úseků a osazení utěšňovacích vaků. Kanalizační úsek se natlakováva kompresorem. Po teplotním ustálení se měří pokles tlaku za zkušební dobu.[4]

Minimální potřebné vybavení pro provedení zkoušky těsnosti vzduchem:

- uzavírací zařízení;
- kompresor popř. vakuové čerpadlo;
- plnicí zařízení včetně redukčního ventilu tlaku;
- zařízení pro měření tlaku;
- zařízení pro záznam a archivaci naměřených dat.[4]

Dle normy ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek se zkouška těsnosti vzduchem označuje „L“ a zahrnuje 4 zkušební metody vodotěsnosti vzduchem dle vnitřního průměru potrubí a velikosti zkušebního přetlaku:

1. metoda „LA“ se používá v případě vejčitých stok větších než DN 800/100 a kruhových stok větších než DN 1200. Při provádění této metody se používá zkušební přetlak vzduchu 1 kPa;
2. metoda „LB“ se používá pro vejčité stoky DN 500/75 až DN 800/1200 a kruhových stok DN 900 až DN 1200. Zkušební přetlak je 5 kPa;
3. metoda „LC“ se používá pro stoky kruhového profilu DN 500 až DN 800. Zkušební přetlak je 10 kPa;
4. metoda „LD“ se používá pro kruhové stoky menší než DN 500.

Zkušební doba závisí na vybrané metodě a jmenovité světlosti potrubí. Pohybuje se v rozmezí 1,5 až 34 minut. Nejmenší zkušební doba je při použití metody „LD“ pro kruhový profil menší DN 200 a nejvyšší při metodě „LA“ pro DN 1400.

Kritérium pro úspěšné provedení zkoušky je dovolený pokles tlaku.[4] ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek uvádí dovolený pokles tlaku pro každou zkušební metodu: „LA“ — 0,25 kPa, „LB“ — 1 kPa, „LC“ — 1,5 kPa a „LD“ — 1,5 kPa. Při neúspěšné zkoušce vzduchem lze provést opakovanou zkoušku těsnosti vzduchem nebo vodou. Další možností je kombinace dvou metod zkoušení, při které je potrubí zkoušeno vzduchem, šachty — vodou.[34]

## 6 METODIKY HODNOCENÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ

V dnešní době existují různé metodiky hodnocení stavu stokové sítě, které jsou nejčastěji zpracovávány vnitrostátním výzkumem nebo univerzitami. Metodiky umožňují hodnocení dílčích úseků a celkového stavu stokové sítě. Hlavním zájmem metodik je zpracování velkého obsahu dat inspekce a zaříděných kódů poruch do jednoduchých výpočtových vzorců pro posouzení stavu stokové sítě. Vyhodnocení slouží jako podklad pro návrh sanačních opatření.

V této kapitole jsou podrobně popsány 3 metodiky vyhodnocení stavu venkovních systémů stokových sítí: kanadská NRC, česká metodika dle FAST VUT ÚVHO a ruská metodika vyhodnocení předepsaná legislativou. Kapitola 6.4 je zaměřena na ostatní metodiky.

### 6.1 KANADSKÁ METODIKA

Institut pro výzkum ve stavebnictví (IRC) Kanadské národní rady pro výzkum (dále jen NRC) zpracoval metodickou příručku „Zásady posouzení stavu a návrh rehabilitace stokových sítí“ v roce 2001. Příručka představuje komplexní zdroj o inspekci a vyhodnocení stavu stokové sítě, popisuje základní informace o stokové síti, bezpečnost práce, faktory ovlivňující stav stokové sítě, metody inspekce, vyhodnocení stavu stokové sítě a šachet a způsoby návrhu rehabilitace. Kapitola 5 metodické příručky popisuje metodiku kódování a hodnocení stavu kanalizačních potrubí o velkém průměru (dále jen LSCCR). Metodická příručka obsahuje metodiku zařídění a hodnocení stavu šachet na stokové síti — AHCCR (Access Hole Surface damage Condition Coding and Rating). Princip metodiky je shodný s LSCCR a z toho důvodu metodika vyhodnocení šachet nebude popsána.[56]

Metodika LSCCR je založená na informacích vycházejících ze standardu posouzení města Edmonton, města Phoenix a metodiky britského Výzkumného centra vody (dále jen WRc). Vyhodnocuje poruchy stokové sítě primárně na délku 1 běžného metru. V případě rozsáhlé poruchy lze provádět posouzení úseku potrubí omezeného dvěma po sobě následujícími šachtami.[56]

#### 6.1.1 Zatřídění poruch

Poruchy potrubí se popisují dle LSCCR 2 nebo 3 písmeny:

- první písmeno představuje typ poruchy: deformace (D), trhliny (F), kořeny (R) atd.;
- druhé písmeno značí umístění poruchy po obvodu potrubí: podélná (L), spirální (S), diagonální (D);
- třetí znamená závažnost poruchy: nezávažná (L), středně závažná (M) nebo závažná (S).[56]

LSCCR rozlišuje 3 skupiny poruch: strukturální, poruchy stokové sítě z cihelného zdiva a provozuschopné poruchy. Pro každou poruchu jsou předepsány charakteristiky zapadající do určité skupiny umístění poruch po obvodu potrubí nebo závažnosti poruchy.[56] Příkladem je Tab. 5, ve které jsou předepsány charakteristiky závažnosti pro podélné trhliny.

**Tab. 5 Popis strukturální poruchy [56]**

Typ poruchy	Kód	Délka posouzení	Váha poruchy [-]
Podélné trhliny (FL)			
- nezávažná (< 10 mm široká)	FLL	1 běžný metr	5
- středně závažná (10 až 25 mm široká nebo 2—4 trhliny)	FLM	1 běžný metr	10
- závažná (> 25 mm široká, 5 nebo víc trhlín)	FLS	1 běžný metr	15

Zatřídění poruch stokové sítě z cihelného zdiva bylo zpracováno NCR na základě dat britského Výzkumného centra vody. Vyskytující se poruchy jsou například chybějící cihla (C), chybějící malta (M) a vychýlená cihla (D). Mezi hlavní poruchy ovlivňující provozuschopnost patří kořeny (R), trosky (DE), inkrustace (E), infiltrace (I).[56]

Výhodou uvedeného systému zatřídění poruch je informativnost a výstižnost.

### 6.1.2 Poruchový faktor

Poruchový faktor vychází z hodnocení lokálních a globálních faktorů a je založen na pravděpodobnosti selhání potrubí a závažnosti následků v důsledku selhání. Například poruchový faktor by nabýval vysoké hodnoty, pokud by kanalizační potrubí bylo uloženo v nedostačující hloubce a bylo by vystaveno velkému provoznímu zatížení.[56]

Každému faktoru je přiřazena váha a hodnota rozsahu ovlivnění, která popisuje působení jednoho segmentu potrubí na vedlejší. Když je dopad faktoru zanedbatelný nebo nízký, je přiřazena hodnota 1, střednímu nebo vysokému dopadu odpovídají hodnoty 1,5 a 3.[56] Kapitola 3.1 metodické příručky uvádí přesné zatřídění do jednotlivých hodnot ovlivnění pro každý faktor. Váhové hodnoty a hodnoty rozsahu ovlivnění faktoru jsou zobrazeny v Tab. 6.

**Tab. 6 Zatřídění váhy a rozsahu ovlivnění poruchy [56]**

Typ faktoru		Váha poruchy [-]	Symbol	Rozsah ovlivnění [-]		
				Nízký	Střední	Vysoký
Lokální	Lokace stokové sítě	0,2	$f_l$	1,0	1,5	3,0
	Typ půdy	0,16	$f_s$	1,0	1,5	3,0
Globální	DN stokové sítě	0,16	$f_z$	1,0	1,5	3,0
	Hloubka uložení	0,16	$f_d$	1,0	1,5	3,0
	Funkce stokové sítě	0,16	$f_f$	1,0	1,5	3,0
	Seismická zóna	0,16	$f_q$	1,0	1,5	3,0

Celková hodnota poruchového faktoru  $I_w$  se stanovuje jako suma váhy jednotlivých faktorů vynásobena hodnotou rozsahu ovlivnění faktoru.[56]

$$I_w = (0,2)f_l + (0,16)f_s + (0,16)f_z + (0,16)f_d + (0,16)f_f + (0,16)f_q \quad [-], \quad (R. 2)$$

kde:

$f_l$  až  $f_q$  jsou hodnoty rozsahu ovlivnění jednotlivých faktorů, popsanych v Tab. 6.

Poruchový faktor  $I_w$  se zaříd'uje do 5 kategorií ovlivňujícího kódu  $R_{ovl}$  dle Tab. 7.



**Tab. 7 Zatřídění dle ovlivňujícího kódu [56]**

Celková hodnota poruchové faktoru $I_w$	Ovlivňující kód $R_{ovl}$
1,00	1
1,01—1,60	2
1,61—2,20	3
2,21—2,80	4
> 2,80	5

### 6.1.3 Váha poruchy

Každá porucha v různé míře ovlivňuje strukturální stav potrubí, a proto se jí přiřazuje váha. V kombinaci s faktorem poruchy se dle váhy poruchy posuzuje stav stokového systému a navrhuje se rehabilitační opatření.[56]

### 6.1.4 Hodnocení stavu potrubí

Metodika nabízí 3 možnosti posouzení venkovních systémů stokových sítí a zohledňuje působení strukturálních a provozuschopných faktorů.[56]

První metoda posuzuje úsek stokové sítě omezený dvěma šachtami.

$$\text{Maximální počet bodů} = \text{maximální váha poruchy} [-] \quad (\text{R. 3})$$

Druhá metoda se používá pro posouzení 1 běžného metru stokové sítě a úseku stokové sítě omezeného dvěma šachtami. Celkový počet bodů se rovná sumě vah všech poruch vyskytujících se na vyšetřovaném úseku.[56]

$$\text{Celkový počet bodů} = \Sigma (\text{váha poruchy}) [-] \quad (\text{R. 4})$$

Třetí metoda stanovuje průměrný počet bodů pro 1 běžný metr stokové sítě a úseky omezené dvěma šachtami. Výpočet se provádí jako suma všech poruch vydělená délkou úseku.[56]

$$\text{Průměrný počet bodů} = \Sigma (\text{váha poruchy}) / \text{délka úseku} [-] \quad (\text{R. 5})$$

Každá z těchto tří metod poskytuje různé výsledky a má své uplatnění při porovnání technického stavu různých stokových sítí.

Počet bodů se vyhodnocuje dle strukturálního a provozuschopného stavu stokové sítě na stupnici od 0 (výborný stav) do 5 (nefunkční nebo blížící se nefunkčnosti).[56] Zatřídění bodového hodnocení dle strukturálního a provozuschopného faktoru je popsáno v Tab. 8 a 9.

**Tab. 8 Zatřídění strukturálního stavu stokové sítě [56]**

Celkový počet bodů	Strukturální kód $R_{str}$
0	0
1—4	1
5—9	2
10—14	3
15—19	4
20	5

**Tab. 9 Zatřídění provozuschopného stavu stokové sítě [56]**

Celkový počet bodů	Provozušopný kód $R_{ser}$
0	0
1—2	1
3—4	2
5—6	3
7—8	4
9—10	5

Rehabilitace se posuzuje na základě poruchového faktoru a strukturálního kódování stokové sítě a dle Tab. 10 se klasifikuje od nepotřebné po okamžitou.

**Tab. 10 Posouzení stavu stokové sítě a prioritizace [56]**

Strukturální kód R <sub>str</sub>	Posouzení stavu	Faktor poruchovosti [-]	Priorita rehabilitace
5	Nefunkční nebo skoro nefunkční	1 až 5	Okamžitá
4	Kritický stav	5	Okamžitá
	Vysoký risk strukturální poruchy	1 až 4	Vysoká
3	Špatný stav	4 až 5	Střední
	Nevýrazný risk strukturální poruchy	1 až 3	Nízká
2	Vyhovující stav	1 až 5	Nízká
	Minimální risk strukturální poruchy		
1	Dobrý nebo výborný stav	1 až 5	Není potřeba

## 6.2 ČESKÁ METODIKA HODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ NA ZÁKLADĚ FMEA

Metodika posouzení stavu stokové sítě byla zpracovaná Ing. Jaroslavem Raclavským, Ph.D. na Ústavu vodního hospodářství obcí stavební fakulty VUT v roce 2008. Metodika platí pro posuzování technického stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Primárně se používá pro posouzení gravitačních stokových systémů, ale při splnění požadavků objednatele i pro tlakové a podtlakové systémy. Metodika vychází z americké metody FMEA (Failure Modes Effects and Analysis).[39]

Metodika nabízí systém zařazení poruch a vyhodnocení dle jejich charakteristik do 5 kategorií (od velmi dobrého po nevyhovující stav) uvedených v Tab. 11.

**Tab. 11 Kategorie zařazení stavu potrubí a objektů na stokové síti [39]**

Kategorie	Stav	Popis
K1	Velmi dobrý	Optimální stav příslušného ukazatele. Nevyžadují se žádná opatření vedoucí ke změnám tohoto ukazatele. Nepředpokládá se výrazná změna hodnoty ukazatele i v delším časovém období.
K2	Dobrý	Nízká míra rizika příslušného ukazatele technického stavu. Nevyžaduje se žádné technické opatření ani v blízké budoucnosti.
K3	Vyhovující	Průměrné hodnoty příslušného ukazatele, které však nevyžadují okamžitá řešení, ale v budoucnosti lze předpokládat změnu hodnoty ukazatele.
K4	Kritický	Kritické hodnoty příslušného ukazatele. To znamená, že by měla být realizována případně plánována opatření na řešení tohoto stavu.
K5	Nevyhovující	Nežádoucí/nefunkční stav. Je požadováno dle možností provozovatele okamžité řešení, které povede k dosažení lepších hodnot příslušného ukazatele.

## 6.2.1 Technické ukazatele

Technické ukazatele, které charakterizují poruchy pro jednotlivé části stokové sítě, jsou uvedené v Tab. 12. Technické ukazatele se třídí dle hodnocení jednotlivých částí stokové sítě: hodnocení stavu stokové sítě, hodnocení stavu šachet a hodnocení ostatních objektů na stokové síti.

**Tab. 12 Technické ukazatele pro jednotlivé části stokové sítě [39]**

TU	Hodnocení stavu stokové sítě	Hodnocení stavu šachet	Hodnocení ostatních objektů na stokové síti
1	prolomení/zborcení trouby: chybí části stěny trouby jako následek trhlin/koroze	prolomení/zborcení: chybí části stěny šachty jako následek trhlin/koroze	poškození poklopu nebo rámu
2	trhliny v potrubí	trhliny	trhliny
3	netěsnost: rozumí se vnikání nebo unikání vody do/ze stokového systému, které překračuje doporučené hodnoty pro test na vodotěsnost	netěsnost	netěsnost
4	přesazení trubek: rozumí se taková odchylka přesazení trubek vůči sobě, která nebyla plánovaná v projektu ani při výstavbě	přesazení — rozumí se taková odchylka přesazení trubek vůči šachtě, která nebyla plánovaná v projektu ani při výstavbě	-
5	nesprávné uložení v % profilu výšky: v hrdle nebo ve spádu	-	-
6	prorůstání kořenů	-	-
7	překážky v odtoku	překážky v odtoku	překážky v odtoku
8	obrús (opotřebení): je postupná ztráta materiálu ze svrchního povrchu tělesa, vyvolaná mechanickým působením, to znamená kontakt a pohyb pevných, tekutých nebo plynných částic tělesa		
9	koroze: pod pojmem koroze se rozumí reakce materiálu se svým okolím, která způsobí měřitelnou změnu materiálu (objeví se koroze) a může vést k poškození funkce stavebního prvku (dílece) nebo celého systému		
10	deformace: změna tvaru profilu potrubí	deformace: změna tvaru profilu šachty	-
11	-	poškozené stupadlo nebo žebřík	-
12	-	poškození poklopu nebo rámu	-

Po rozdělení jednotlivých poruch do technických ukazatelů následuje přiřazení TU do 5 tříd nebo kategorií poruch. Zatřídění do 5 kategorií poruch je zobrazeno v Tab. 13 a je určeno dle charakteristiky jednotlivých poruch.

**Tab. 13** Zatřídění TU do třídy poruch [39]

TU	Popis poruchy		Třída poruchy 5	Třída poruchy 4	Třída poruchy 3	Třída poruchy 2	Třída poruchy 1
			K5	K4	K3	K2	K1
TU1	Zlomená trouba, zborcení		Zborcení konstrukce	Chybějící části trouby	-	-	-
TU2	Trhliny (b = šíře trhlinky v mm)		> 5 mm	2–5 mm	0,5–2 mm	0,2–0,5 mm	< 0,2 mm
TU3	Viditelná netěsnost		Tekoucí voda	Vlhké, kapající voda	-	-	-
TU4	Přesazení (trubek vůči sobě)	DN < 300 mm	-	> 2 cm	1–2 cm	< 1 cm	-
		300 mm < DN < 600 mm	-	> 3 cm	2–3 cm	1–2 cm	< 1 cm
		600 mm < 1000 mm	-	> 4 cm	3–4 cm	2–3 cm	< 2 cm
		1000 mm < DN	-	> 5 cm	4–5 cm	3–4 cm	< 3 cm
TU5	Nesprávné uložení v % profilu výšky		-	> 50 %	25–50 %	10–25 %	< 10 %
TU6	Prorůstání kořenů	v hrdle	> 2 cm	1–2 cm	0,5–1 cm	0,1–0,5 cm	< 0,1 cm
		v trhlíně	> 1 cm	0,5–1 cm	< 0,5 cm	-	-
TU7	Překážky v odtoku % plochy průtoku	Usazeniny	> 50 %	25–50 %	10–25 %	< 10 %	-
		Pevné překážky	> 30 %	15–30 %	5–15 %	< 5 %	-
TU8	Obrus		> 3 cm	1–3 cm	< 1 cm	-	-
TU9	Koroze		Zborcení	Chybějící části trouby	Všeobecné napadení	-	-
TU10	Deformace profilu		-	> 10 %	5–10 %	< 5 %	-
TU11	Poškozené stupadlo nebo žebřík		Chybí	Narušena statika	-	-	-
TU12	Poškození poklopu nebo rámu		Prasklý	Trhlinky	-	-	-

### 6.2.2 Hodnocení stavu stokové sítě

Po provedení inspekce stokové sítě a zařídění poruch do technických ukazatelů TU, lze přistoupit k vyhodnocení úseku stokové sítě mezi dvěma po sobě následujícími šachtami.[39]

Technický stav vybraného úseku TSVÚ se vypočítá:

$$TSVÚ = \sum_{i=1}^n *W_i [-], \quad (R. 6)$$

kde:

n — počet použitých TU;

TU<sub>i</sub> — hodnota třídy poruchy pro technický ukazatel z Tab. 13;

W<sub>i</sub> — váha přiřazená technickému ukazateli TU[39].

Váhu technického ukazatele stanovují odborníci s podmínkou, že suma všech vah se rovná 1.[39]

Celkový kritický technický stav vybrané části stokové sítě **CKSS** se vypočítá jako suma nejnepríznivější třídy poruchy TP jednotlivých základních hodnotících jednotek podělených počtem základních hodnotících jednotek n.[39]

V případě kanalizačních šachet se provádí výpočet průměrného technického stavu kanalizační šachty **PTKS** a celkového kritického technického stavu vybraných kanalizačních šachet **CKKS**. [39]

Zatřídění TSVÚ, PTKS a CKSS, CKKS do 5 kategorií (K1 až K5) je uvedeno v Tab. 14.

Každé kategorii přísluší návrh opravných opatření dle Tab. 15. Poruchy dle kategorie K1 by se měly odstranit v rámci jiných stavebních opatření, zatímco dle kategorie K5 se předepisuje neprodlené nebo neodkladné odstranění poruch.

**Tab. 14** Zatřídění TSVÚ, PTKS a CKKS, PTKS do kategorií [39]

	TU		TU	
	TSVÚ a PTKS [-]		CKSS a CKKS [-]	
	od	do	od	do
K1	1	1,5	1	1,5
K2	1,5	2,5	1,5	2,5
K3	2,5	3,5	2,5	3,5
K4	3,5	4,5	3,5	4,5
K5	4,5	5	4,5	5

**Tab. 15** Návrh opravy dle kategorií [39]

Kategorie	Popis
K1	Odstranění poruchy v rámci jiných stavebních opatření
K2	Dlouhodobé odstranění poruchy
K3	Odstranění poruchy ve střední době
K4	Odstranění poruchy v krátké době
K5	Neprodlené/neodkladné odstranění poruchy

## 6.3 RUSKÁ METODIKA VYHODNOCENÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ DLE LEGISLATIVY

Vyhodnocení stokové sítě v Rusku se nejčastěji provádí dle předepsané platné legislativy. Ministerstvo výstavby, bydlení a komunálních služeb v roce 2016 odsouhlasilo sbírku pravidel (dále jen SP) č. 877 Městské a venkovní stokové systémy, pravidla průzkumu. SP předepisuje způsoby inspekce stokové sítě a objektů, pravidla pořízení a zápisu dat průzkumu, klasifikace poruch a zpracování výsledné dokumentace. Posouzení technického stavu venkovní stokové sítě se provádí dle příkazu N 437, který předepisuje požadavky na provedení technického průzkumu kanalizace, včetně stanovení ukazatelů technicko-ekonomického stavu a ukazatelů fyzického opotřebení.

### 6.3.1 Posouzení stavu stokové sítě

Příkaz N 437 uvádí způsob posouzení technického stavu stokové sítě, výpočet opotřebení potrubí a zatřídění do 5 kvalifikačních skupin. Posouzení stupně fyzického opotřebení úseku stokové sítě a objektu se provádí v 5 hlavních skupinách:

- zařízení je nové nebo téměř nové, nejsou zjištěny žádné poruchy, nejsou stížnosti na stav a vzhled;
- zařízení je v provozu, není v kritickém stavu, ale pravidelně dochází k poruchám, které se opravují v mezidobí pravidelných oprav;

- c) zařízení je v provozu, není v kritickém stavu, ale pravidelně dochází k poruchám (častěji než jsou intervaly pravidelné opravy stanovené výrobcem);
- d) zařízení je v provozu, ale podle zjištěných ukazatelů je v kritickém nebo havarijním stavu, provoz zařízení je nežádoucí nebo nebezpečný;
- e) zařízení nefunguje v důsledku rozsáhlých poruch konstrukcí nebo jejich prvků.[46]

Při posouzení technicko-ekonomického stavu skupin c) a d) doporučuje příkaz N 437 uvádět cenu opravy poruch a také hodnotu ročních výdajů na obsluhu a údržbu (potřebné materiály, čištění atd.).[46]

Výpočet technického stavu stokové sítě se provádí dle vzorce:

$$K_c = \frac{S_c^{\text{prov}} - S_c^{\text{opotř}}}{S_c^{\text{prov}}} [-], \quad (\text{R. 7})$$

kde:

$S_c^{\text{prov}}$  — délka celkové provozované stokové sítě;

$S_c^{\text{opotř}}$  — celková délka úseků s opotřebením > 60 %.[46]

Posouzení opotřebení stokové sítě dle 5 skupin je uvedeno v Tab. 16. Pět skupin od „A“ do „E“ popisuje stav stokové sítě jako vyhovující až nebezpečný.

**Tab. 16 Zařídění a popis opotřebení stokové sítě dle skupin [46]**

Skupina	Opotřebení [%]	Popis stavu stokové sítě
A	0—15	Stav stokové sítě je vyhovující.
B	16—40	Pokud zařízení po určité provozní době prošlo zásadními opravami a během intervalů pravidelných oprav zařízení pracuje bez nehod (jsou přípustné menší poruchy).
C	41—60	Zařízení, které prošlo více než jednou generální opravou a (nebo) dochází k poruchám častěji, než by mělo (zařízení nezpůsobuje nouzové situace).
D	61—80	Zařízení je v kritickém stavu a jeho provoz je nebezpečný — ohrožení života a zdraví obsluhujícího personálu. Zařízení nelze provozovat bez stálého dohledu.
E	81—100	Provoz zařízení je nebezpečný pro okolí a zdraví obsluhujícího personálu. Provoz zařízení nevyhnutelně povede k nehodě.

## 6.4 OSTATNÍ METODIKY

Existuje velké množství metodik hodnocení stavu stokové sítě, které se liší dle účelu zpracování, jednoduchosti a celistvosti posouzení dle váhy zahrnutých faktorů, přístupu k posouzení a dle legislativních předpisů příslušného státu.

### 6.4.1 Metodika britského výzkumného centra vody

Britské výzkumné centrum vody zpracovalo první vydání manuálu rehabilitace kanalizace (dále jen SRM) v roce 1980 a od té doby byl využíván jako hlavní podklad pro další studie o hodnocení stavu stokové sítě. Na základě SRM byl zpracován Manuál klasifikace stavu kanalizace v roce 2004. Metodika hodnotí provozní a strukturální stav kanalizačního potrubí s ohledem na nejzávažnější vady a/nebo hustotu vad a důsledky selhání. Na základě váhy

poruch se provádí výpočet třemi metodami posouzení stavu stokové sítě obdobně jako u metody NRC. Kanalizace je poté rozdělena do tří kategorií („A“, „B“ a „C“) na základě porovnání nákladů na rehabilitaci potrubí a nákladů po selhání potrubí. Kategorie „A“ uvádí, že náklady po selhání potrubí jsou vyšší, než náklady na 6násobnou rehabilitaci potrubí. Do kategorie „B“ se řadí potrubí, na které jsou náklady po selhání vyšší, než 3 až 6násobná rehabilitace. U kategorie „C“ jsou náklady po selhání menší, než 3násobná rehabilitace potrubí.[21]

#### **6.4.2 Americká metodika Národní asociace společností provozujících kanalizace**

Pro jednotné hodnocení stavu kanalizačních potrubí Národní asociace společností provozujících kanalizace (NASSCO) vyvinula Program certifikace a vyhodnocení (dále jen PACP) v roce 2007. Standardy PACP se úspěšně používají ve více než 200 městech ve Spojených státech amerických a v Kanadě. Klasifikace poruch v uvedené metodice se zaměřuje na posouzení strukturálních a provozních poruch. Každá porucha je ohodnocena od 1 do 5 dle její závažnosti. PACP nabízí rychlou metodu posouzení stavu stokové sítě popisem úseku 4místným kódem. První a třetí číslice kódu popisují nejzávažnější poruchy čísla 1 až 5, druhá a čtvrtá číslice popisují frekvence uvedených poruch v kódu. Například v potrubí byly odhaleny dvě poruchy pod kódem 4, jedna porucha pod kódem 2 a tři poruchy pod kódem 5. Výsledný kód kanalizačního úseku je 5342.[21]

#### **6.4.3 Metodika německé asociace pro vodní hospodářství, splašky a odpady**

Jednou z nejpoužívanějších metod v Německu je DWA-M 149-3. Brožura byla zpracovaná německou asociací pro vodní hospodářství, splašky a odpady (DWA) v roce 2011 z důvodu potřeby vyhovět novým požadavkům dle EN 13508-2. Metodika hodnotí provozní a strukturální stav kanalizačního potrubí s ohledem na nejzávažnější vady, hustotu vad a vliv environmentálních faktorů. Jednotlivé vady se hodnotí dle 3 požadavků: těsnosti (L), stability (S) a provozní bezpečnosti (O). Každý z požadavků se dále hodnotí podle 5 tříd klasifikace od 0 (velmi kritický stav) do 4 (drobná porucha). Dle váhy poruch, hustoty vad a váhy environmentálních faktorů se stanoví rehabilitační koeficient, dle kterého se třídí stoková síť do 6 kategorií dle nutnosti rehabilitace a stavu stokové sítě. Nulová skupina uvádí okamžitou rehabilitaci a velmi kritický stav stokové sítě, pátá skupina nepředpokládá rehabilitaci z důvodu nepřítomnosti poruch.[21]

### **6.5 VYHODNOCENÍ UVEDENÝCH METODIK**

Metodiky uvedené v kapitolách 6.1 až 6.3 jsou zcela odlišné z hlediska použitých vstupních dat k hodnocení, metod výpočtu, kategorií posouzení a nabízí různé přístupy k hodnocení celkového stavu stokové sítě.

Metodika NRC nabízí popis poruch 3 písmeny, která poskytují data o názvu poruchy, o poloze poruchy na obvodě a o závažnosti poruchy. Popis poruch v ČR je předepsán

ČSN EN 13508-2 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek — Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku a je určen 3písmenným kódem, který je přiřazen každé poruše (např. BAB — prasklina). Informace o rozsahu poruchy, poloze na obvodu atd. se uvádějí v tabulce. Stejným způsobem předepisuje zařídění poruch Sběrka pravidel č. 877 z roku 2016 v Ruské federaci. Na jednu stranu je popis poruchy uvedený metodikou NRC výstižný a informativní, na druhou je omezený možností zápisu charakteristik poruch.

Metodika zpracovaná na Ústavu vodního hospodářství obcí FAST VUT na rozdíl od metodiky NRC nabízí zařídění charakteristik jednotlivých poruch do 5 kategorií, zatímco NRC jenom do 3 kategorií. Metoda NRC vymezuje větší rozsah charakteristik poruch při jejich zařídění, z toho důvodu lze dosáhnout velmi odlišných výsledků při vyhodnocení. Například metodika NRC hodnotí šířku trhliny menší než 10 mm jako nezávažnou, zatímco metodika FAST VUT ÚVHO zařazuje trhliny větší než 5 mm do kritické skupiny K5.

Ruská metodika na rozdíl od ostatních posuzuje stav stokové sítě dle jejího opotřebení a neuvažuje ani váhu jednotlivých poruch při výpočtu, ani poruchové nebo okolní faktory. Ve výpočtovém vzorci celkového stavu stokové sítě (R.7) je uvedena délka úseku s opotřebením větším než 60 %, ale příkaz N 437 určuje zařídění opotřebení jednotlivých úseků velmi obecně bez úvahy typu a počtu poruch. Ruská metodika je nejjednodušší a zahrnuje nejméně faktorů při posouzení stavu stokové sítě, z toho důvodu ji lze považovat za nejméně přesnou metodu.

Porovnání metodik dle 5 kritérií je uvedeno v Tab. 17. Metodiky se zcela liší dle podkladů ke zpracování, dle zahrnutých faktorů pro posouzení stavu stokové sítě, dle výpočtového přístupu a zařídění výsledné rehabilitace.

**Tab. 17 Porovnání metodik hodnocení stavu stokové sítě [V. Shamko]**

	Metodiky hodnocení stavu stokové sítě		
	Kanadská metodika NRC (LSCCR)	Česká metodika zpracovaná na FAST VUT ÚVHO	Ruská metodika
Podklad ke zpracování	Metodika zpracovaná WRc — Water Reaserch center; standardy posouzení stokové sítě města Edmonton a města Phoenix	FMEA — Failure Modes Effects and Analysis	Legislativní předpisy Ruské federace
Vlastní systém zařídění poruch	✓	✓	-
Přiřazení váhy poruchám	✓	✓	-
Výpočet poruchového faktoru	✓	-	-
Zařídění stokové sítě dle jejího stavu	✓	✓	✓
Zařídění opravy/rehabilitace dle vyhodnocení stokové sítě	✓	✓	-



## 7 VYHODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ V OBCI

Praktická část práce se zaměřuje na vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky. V obci byla provedena kamerová inspekce stokové sítě a revize kanalizačních šachet vizuální prohlídkou. Technický stav stokové sítě byl vyhodnocen dle metodiky zpracované na FAST VUT ÚVHO na základě FMEA a ruské metodiky s návrhem doporučených technických opatření.

### 7.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O OBCI A STÁVAJÍCÍ STOKOVÉ SÍTI

Průzkum stokové sítě se prováděl v obci Chvalnov-Lísky nacházející se ve vzdálenosti zhruba 18,5 km od města Kroměříž ve Zlínském kraji. Obec je situována v nadmořských výškách 295—315 m n. m. Dle dat ČSÚ k roku 2020 v obci trvale žije 243 obyvatel. Katastrální výměra obce je 885 ha.

V obci Chvalnov-Lísky je vybudován systém nesoustavné jednotné kanalizace z roku 1960. Kanalizace je z prostého betonu a jedná se o kruhový tvar profilu se jmenovitou světlostí DN 200 až DN 800. Provozovatelem a vlastníkem stokové sítě je obec Chvalnov. V obci není vybudovaná ČOV, odpadní vody se odvádí pomocí 6 vyústí objektů do Chvalnovského potoka nebo jeho pravostranného přítoku a z větší části trativody do terénu.

Dle Tab. 18 je zřejmé, že topologii stokové sítě tvoří 14 stok označených „A“ až „R“. Celková délka stokové sítě je 2,34 km. Na stokovou síť je odhadem napojeno 190 obyvatel, což je 78 % trvale žijících obyvatel v obci.

Tab. 18 Topologie stokové sítě a VO [V. Shamko]

č. VO	Stoka	Recipient	DN na VO [mm]	Počet RD	Počet obyv.
VO1	E, F	Chvalnovský potok	400	6	12
Š1	A, B, C, D	Chvalnovský potok	500	18	38
VO2	I	Chvalnovský potok	400	5	12
VO3	J	Chvalnovský potok	500	15	33
VO4	K	Přítok 1	400	7	15
VO5	M, N, O, P, R	Chvalnovský potok	800	38	80
Celkem				88	190

Schéma trasy stokové sítě s popisem stok a označením výustních objektů je zobrazena na Obr. 27.



Obr. 27 Schéma trasy stokové sítě v obci Chvalnov-Lisky

V obci Chvalnov-Lísky, městské části Chvalnov vznikají tyto odpadní vody:

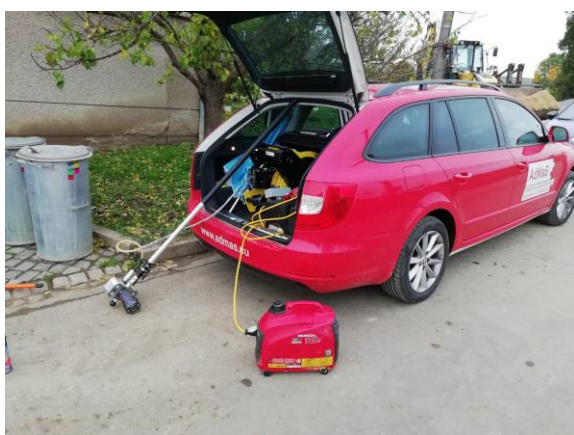
- splaškové odpadní vody z bytového fondu;
- z občansko-technické vybavenosti;
- srážkové vody;
- septické odpadní vody.

Splaškové odpadní vody z bytového fondu produkuje 190 obyvatel. Většina odpadních vod se odvádí přes septiky a žumpy do kanalizace s následným vyústěním do vodního toku. Odpadní vody z občansko-technické vybavenosti mají splaškový charakter. Mezi producenty lze zařadit odpadní vody z obecního úřadu, kulturního domu, pohostinství, obchodu a hasičské zbrojnice. Srážkové odpadní vody se odvádí do stokové sítě pomocí uličních vpustí a dalších prvků zabezpečujících odvedení srážkové a povrchové vody z komunikací. Odpadní vody se taky zachycují v septicích, ze kterých je část napojena na kanalizační síť.

## 7.2 KAMEROVÉ PROHLÍDKY KANALIZACE

V listopadu 2020 byla provedena kamerová inspekce kanalizačních úseků tak, aby rovnoměrně pokryla celou stokovou síť obce Chvalnov. Kamerové prohlídky byly provedeny u 15 kanalizačních šachet, což činí 29 % z celkového množství 52 šachet. Součástí průzkumu byla revize kanalizačních šachet vizuální prohlídkou a jejich pasportizace.

Průzkum stokové sítě byl proveden šachtovou kamerou od firmy Zikmund Electronics zobrazené na Obr. 28, kterou poskytl výzkumné centrum Fakulty stavební VUT v Brně AdMaS. Na teleskopickou tyč byla napojena kamerová hlava s označením RTH 34 vybavená laserem pro měření vnitřního průměru a ovality potrubí. Při poskytování záznamu se kamerová hlava ovládala pomocí řídicí jednotky, prostřednictvím které bylo umožněno kameru otáčet, zoomovat atd. Na každém videu je uvedena následující informace: název místa, označení úseku, v jakém směru se pořizuje záznam (ve směru toku/proti směru toku), materiál a DN potrubí a případné poznámky ke stavu kanalizačního úseku.



Obr. 28 Šachtová kamera a příslušenství pro provedení kamerového průzkumu  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 29 Řídicí jednotka  
[zdroj foto: V. Shamko]

Řídicí jednotka, taktéž od firmy Zikmund Electronics, je zobrazena na Obr. 29. Řídicí jednotka obsahuje 2 monitory 12.1". Na jednom lze vidět obraz z kamery, na druhém — plochu počítače. Pro přehlednou orientaci při natočení kamery lze vidět na obraze ciferník, kde 12 h odpovídá stropní části potrubí a 6 h dnové části potrubí. Součástí řídicí jednotky je také PC klávesnice, optický trackball pro ovládání kurzoru PC, tlačítka pro ovládání kamery, vozíků a navigáku, USB pro externí zařízení atd.

Pro průzkum stavu stávající stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky byly použity následující podklady: kanalizační řád stokové sítě obce Chvalnov z roku 2013, územní plán obce Chvalnov-Lísky z roku 2015 a schéma stokové sítě městské části Chvalnov v měřítku 1:2000 z roku 2013 zpracované Ing. Václavem Rozehnalem a poskytnuté starostou obce Ing. Lehkoživem.

V rámci inspekce bylo natočeno 34 záznamů: pro každou šachtu se natáčel přítok a odtok. Počet záznamů se zvýšil z důvodu inspekce 3 spojných šachet na stokové síti. První spojnou šachtou je Š6, do které se napojuje stoka „M“ a „N“, odpadní vody se odvádí do Š4 (stoka „P“). Šachta 4 je taktéž spojná, do které se gravitačně odvádí odpadní vody ze Š2 (stoka „P“), Š6 (stoka „N“), Š5 (stoka „O“), které následně odtékají do stoky „N“ na VO5. Poslední spojnou šachtou je Š11A, do které se napojuje stoka „B“ a stoka „L“.

Přehledné rozřídění kamerových záznamů a lokalizace prozkoumaných kanalizačních šachet na stoce je uvedeno v Tab. 19.

**Tab. 19** Zatřídění kamerových prohlídek dle stoky [V. Shamko]

		Označení stoky								
		P	N	O	M	E	I	A	L	J
Zatřídění kamerových prohlídek dle stoky	Š1-Odtok	Š3-Odtok	Š4-Š5	Š6-Š7	Š8-Odtok	Š9-Odtok	Š10-Odtok	Š11A-Š12	Š13-Odtok	Š14-Odtok
	Š1-Š2	Š3-Přítok	Š5-Š4	Š7-Š6	Š8-Přítok	Š9-Přítok	Š10-11	Š12-Š11A	Š13-Přítok	Š14-Přítok
	Š2-Š1	Š4-Odtok	Š5-Přítok	Š7-Přítok	-	-	Š11-Š10	Š12-Přítok	-	-
	Š2-Š4	Š6-Š4	-	-	-	-	Š11-Přítok	-	-	-
	Š4-Š2	Š6-Š3	-	-	-	-	Š11-Š11A	-	-	-
	Š4-Š6	-	-	-	-	-	Š11A-Š11	-	-	-

### 7.3 VYHODNOCENÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ DLE METODIKY FAST VUT ÚVHO

Kamerové záznamy a pasportizace kanalizačních šachet byly použity jako podklady k vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě. Posouzení stavu stokové sítě bylo provedeno dle metodiky FAST VUT ÚVHO, která využívá multikriteriální přístup hodnocení prvků a ruské metodiky, vycházející z legislativních předpisů.

### **7.3.1 Zatřídění poruch**

Bylo provedeno zatřídění poruch na kanalizačních úsecích a šachtách. Na kanalizačních úsecích bylo odhaleno 8 druhů poruch, na kanalizačních šachtách 5 druhů poruch.

#### ***Zatřídění poruch na kanalizačních úsecích***

Pro hodnocení kanalizačních šachet byly použity tyto ukazatele:

- TU1 — zborcení;
- TU2 — trhliny;
- TU4 — posunutý spoj: vyosení nebo nespojení trub;
- TU6 — kořeny: prorůstání kořenů do profilu stoky, možné narušení konstrukce, vliv na hydraulickou kapacitu;
- TU7 — překážky v odtoku: jsou sledovány sedimenty i pevné překážky;
- TU8 — poškození povrchu: jako postupná ztráta materiálu ze svrchního povrchu tělesa vyvolaná abrazí;
- TU9 — koroze (biogenní síranová koroze);
- TU10 — deformace: změna tvaru profilu potrubí.

#### ***Zatřídění poruch na kanalizačních šachtách***

Poruchy na kanalizačních šachtách byly zatříděny do následujících kategorií:

- TU1 — zborcení;
- TU4 — posunutý spoj: vyosení nebo nespojení trub;
- TU7 — překážky v odtoku: jsou sledovány sedimenty i pevné překážky;
- TU8 — poškození povrchu: jako postupná ztráta materiálu ze svrchního povrchu tělesa vyvolaná abrazí;
- TU11 — poškozené stupadlo nebo žebřík.

### **7.3.2 Technické posouzení kanalizačních úseků**

Zatřídění jednotlivých poruch na kanalizačních úsecích je uvedeno v Tab. 19.

Vyhodnocení kanalizačních úseků se provedlo výpočtem technického stavu vybraného úseku TSVÚ a celkového kritického technického stavu vybrané části stokové sítě CKSS.

Ve výpočtech může docházet k nepřesnostem při třídění poruch dle jednotlivých technických ukazatelů. Důvodem je použití šachtové kamery pro poskytnutí kamerových záznamů. Na videích tedy nelze zaznamenat poruchy v centrální části úseku nebo při změně směru potrubí a při velkých sklonech na stokové síti. Záznam také omezují pavučiny, jejichž přítomnost komplikuje zaostření kamery.

V kategorii K4 se nachází většina kanalizačních řadů, u nichž dochází k ucpání sedimenty, výraznému sednutí kanalizačního potrubí nebo se vyskytují podélné otevřené trhliny.

Nejvyššími hodnotami technického stavu stokové sítě byly ohodnoceny úseky:

- Š2-Š4 — vyskytují se posunuté spoje s otevřenou podélnou trhlinou na povrchu potrubí;
- Š3-Š6 — dochází k ucpání potrubí sedimenty, posunutým spojům, poškození povrchu potrubí a vniknutí kořenů;
- Š4-Odtok — vyskytuje se otevřená podélná trhlina a posunuté spoje;
- Š6-Š7 — jsou přítomné posunuté spoje, otevřená podélná trhlina, deformace a poškození povrchu potrubí, sedimenty ve výši 50 %;
- Š11A-Š12 — posunuté spoje, je přítomna biogenní síranová koroze, poškození povrchu a deformace potrubí, zborcení.

Technické posouzení kanalizačních úseků stokové sítě je uvedeno v Tab. 20. Váhu technických ukazatelů nastavují jednotlivé vodárenské společnosti různě dle důležitosti jednotlivých faktorů. V rámci zpracování posouzení technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky byly použity upravené váhy TU dle metodiky. Navýšení váhy TU4 bylo provedeno z důvodu důležitosti daného ukazatele, jelikož může ovlivňovat řadu dalších poruch např. vniknutí kořenů, infiltraci/exfiltraci, vytvoření výškového rozdílu při vyosení potrubí, kde se akumuluje odpadní voda, což může vést ke vzniku biogenní síranové koroze, a další. Původně v metodice FAST VUT ÚVHO nebyla přiřazena váha TU10 a z toho důvodu došlo k jeho navýšení.

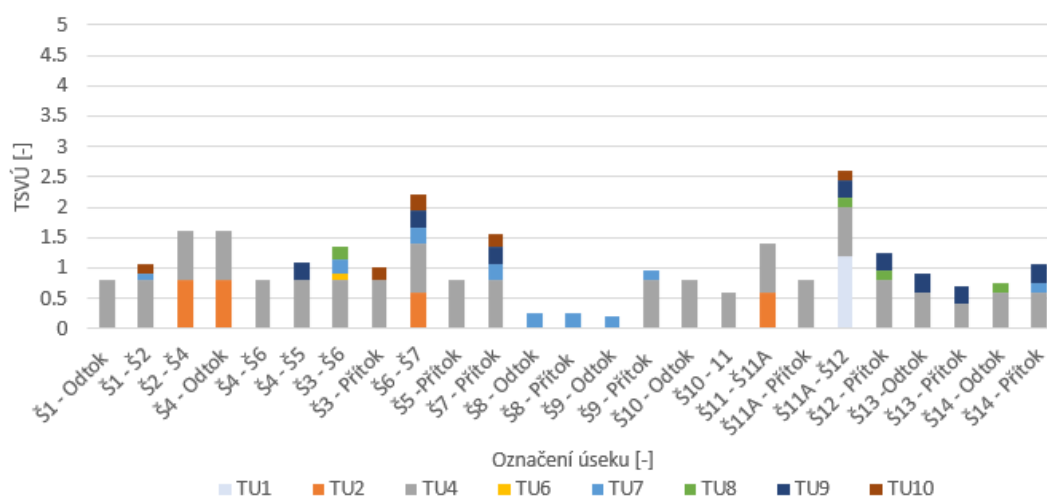
Poruchy kanalizačních úseků byly zatříděny do technických ukazatelů, následně byl proveden výpočet technického stavu vybraných úseků — TSVÚ, který ve výpočtu nezahrnuje údaje o počtu poruch na úseku. Z toho důvodu je uveden další parametr: celkový kritický technický stav vybrané části stokové sítě — CKSS, který udává data o závažnosti poruchy. Průměrná hodnota CKSS činí 3,8 a je zařazena do 4. kategorie — kritický stav stokové sítě. U každého kanalizačního úseku se určilo, zda je potřebná lokální oprava (LO), celková sanace (CS) nebo žádná opatření (-).

Metodika FAST VUT ÚVHO neuvádí výpočet celkového stavu úseku stokové sítě. Výpočet byl proveden dle vlastního posouzení, kde 75% poměr měla hodnota CKSS a 25% poměr TSVÚ.

Tab. 20 Technické posouzení kanalizačních úseků v obci Chvalnov-Lisky — kmenová stoka [V. Shamko]

Označení úseku [-]	Řad [-]	DN [mm]	W <sub>i</sub> — váha ukazatelů										TSVÚ	Zatřídění TSVÚ do kategorie	CKSS	LO/CS/-	Celkový stav
			TU1	TU2	TU4	TU6	TU7	TU8	TU9	TU10							
			0,3	0,2	0,2	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05							
Š1-Přítok		300	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1	4	LO	3
Š1-Š2		400	-	-	4	-	2	-	-	-	-	3	1,1	1	4	CS	3
Š2-Š4	P	400	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	1,6	2	4	CS	4
Š4-Odtok		800	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	1,6	2	4	CS	4
Š4-Š6		400	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1	4	LO	3
Š4-Š5		400	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	1,1	1	4	LO	3
Š3-Š6		400	-	-	4	2	5	4	-	-	-	-	1,4	2	5	CS	4
Š3-Přítok	N	300	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	1,0	1	4	LO	3
Š6-Š7		400	-	3	4	-	-	5	-	3	-	5	2,2	2	5	CS	4
Š5-Přítok	O	300	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1	4	CS	3
Š7-Přítok	M	400	-	-	4	-	-	5	-	3	-	4	1,6	2	5	CS	4
Š8-Odtok		300	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	0,3	1	5	LO	4
Š8-Přítok	E	300	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	0,3	1	5	LO	4
Š9-Odtok		300	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	0,2	1	4	LO	3
Š9-Přítok	I	300	-	-	4	-	-	3	-	-	-	-	1,0	1	4	LO	3
Š10-Odtok		400	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1	4	LO	3
Š10-11		400	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	0,6	1	3	LO	3
Š11-Š11A	A	400	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	1,4	1	4	CS	3
Š11A-Přítok		300	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	0,8	1	2	LO	2
Š11A-Š12	L	400	4	-	4	-	-	-	3	3	-	3	2,6	3	4	CS	4
Š12-Přítok		300	-	-	4	-	-	-	3	3	-	-	1,3	1	4	CS	3
Š13-Odtok	J	500	-	-	3	-	-	-	-	3	-	-	0,9	1	3	LO	3
Š13-Přítok		500	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	0,7	1	2	LO	2
Š14-Odtok		300	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	0,8	1	3	CS	3
Š14-Přítok	K	300	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	1,1	1	3	CS	3
														Σ			97
														n			25
														Kategorie			4

Pro přehledné vyhodnocení technického stavu kanalizačních úseků byl zpracován Graf 7, který vychází z Tab. 20. Na grafu lze vidět TSVÚ jednotlivých úseků, který se skládá z přiřazených technických ukazatelů.



Graf 7 Technický stav vybraných úseků stokové sítě [V. Shamko]

### *Roztřídění poruch na kanalizačních úsecích*

Tato podkapitola se zaměřuje na uvedení nejčastějších poruch na kanalizačních úsecích a doporučená opatření.

Z důvodu výskytu otevřených podélných trhlin v úsecích Š4-Š2 (Obr. 31), Š4-Odtok a Š6-Š7 se doporučuje provést sanaci potrubí. U kanalizačních úseků Š12-Přítok a Š11A-Š12 (Obr. 32) je prokázána biogenní síranová koroze betonu, zhoršený povrch kanalizačního potrubí a vyosení spojů potrubí. U kanalizačního úseku Š11A-Š12 byla navíc zjištěna podélná trhlina na povrchu potrubí. Návrhem opatření je sanace kanalizačních úseku. Sanace se taktéž navrhuje u kanalizačních úseků Š1-Š2 (Obr. 33), Š3-Š6, Š6-Š7 (Obr. 36), Š7-Přítok (Obr. 35), Š14-Odtok, Š14-Přítok (Obr. 34) z důvodu značně posunutých spojů potrubí, výskytu sedimentů nebo ohrusu potrubí.

S ohledem na výskyt sedimentů se doporučuje čištění kanalizačních úseků Š14-Přítok (Obr. 34), Š7-Přítok, Š6-Š7 (Obr. 36), Š8-Odtok (Obr. 37), Š8-Přítok (Obr. 38), Š9-Odtok a Š9-Přítok.

U kanalizačních úseků Š11A-Š12 (Obr. 32), Š1-Š2 (Obr. 33) a Š3-Přítok se vyskytuje viditelné sednutí potrubí s vniknutím zeminy, doporučením je provést rekonstrukci těchto úseků.

Na Obr. 41 je zobrazen kanalizační úsek Š5-Přítok zatříděný do kategorie TU4 (posunutý spoj). Lze vidět nestandardní napojení dvou různých profilů potrubí. Provedení napojení kanalizačních řadů není v souladu s ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.





Obr. 30 Kamerový záznam Š4-Odtok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 31 Kamerový záznam Š4-Š2  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 32 Kamerový záznam Š11A-Š12  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 33 Kamerový záznam Š1-Š2  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 34 Kamerový záznam Š14-Přítok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 35 Kamerový záznam Š7-Přítok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 36 Kamerový záznam Š6-Š7  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 37 Kamerový záznam Š8-Odtok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 38 Kamerový záznam Š8-Přítok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 39 Kamerový záznam Š1-Přítok  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 40 Kamerový záznam Š12-Š11A  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 41 Kamerový záznam Š5-Přítok  
[zdroj foto: V. Shamko]

### 7.3.3 Technické posouzení kanalizačních šachet

Posouzení kanalizačních šachet bylo provedeno na základě vizuálního hodnocení při rekognoskaci terénu vždy při otevření objektu.

Podle výpočtu průměrného technického stavu kanalizačních šachet — PTKS byly šachty zařazeny do kategorií:

- kategorie K1: Š7, Š11, Š11A, Š12;
- kategorie K2: Š4, Š5, Š13;
- kategorie K3: Š1, Š2, Š10 a Š14;
- kategorie K4: Š6, Š8, Š9;
- kategorie K5: Š3.

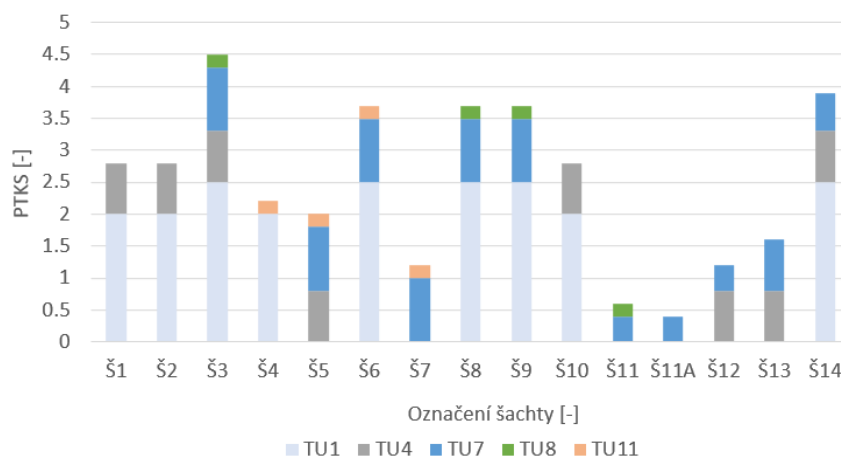
V Tab. 21 se uvádí technické posouzení kanalizačních šachet. Prvním krokem bylo zatřídění poruch do technických ukazatelů. Jednotlivým technickým ukazatelům byla přiřazena váha. Došlo k navýšení váhy o 0,1 u TU1, TU4, TU7 a o 0,05 u TU8. Byl proveden výpočet průměrného technického stavu kanalizační šachty — PTKS a celkového kritického technického stavu vybraných kanalizačních šachet — CKKS. Průměrná hodnota CKKS je 4,4 a byla zařazena do 4. kategorie — kritický stav kanalizačních šachet. Celkový stav kanalizačních šachet byl vypočítán dle stejného principu jako kanalizační úseky.

Většina kanalizačních poklopů v obci Chvalnov-Lísky podléhá korozi. Tato porucha nebyla zahrnuta při výpočtu průměrného technického stavu kanalizačních šachet, jelikož metodika FAST VUT ÚVHO neuvádí danou poruchu v TU12.

Tab. 21 Technické posouzení kanalizačních šachet [V. Shamko]

Označení šachty	TU1	TU4	TU7	TU8	TU11	PTKS	Zatřídění PTKS do kategorie	CKKS	LO/CS/-	Celkový stav
	Wi — váha ukazatele									
	0,5	0,2	0,2	0,05	0,05					
Š1	4	4	-	-	-	2,8	3	4	CS	4
Š2	4	4	-	-	-	2,8	3	4	LO	4
Š3	5	4	4	4	-	4,5	5	5	CS	5
Š4	4	-	-	-	4	2,2	2	4	LO	4
Š5	-	4	5	-	4	2,0	2	5	LO	4
Š6	5	-	5	-	4	3,7	4	5	CS	5
Š7	-	-	5	-	4	1,2	1	5	LO	4
Š8	5	-	5	4	-	3,7	4	5	CS	5
Š9	5	-	5	4	-	3,7	4	5	CS	5
Š10	4	4	-	-	-	2,8	3	5	LO	5
Š11	-	-	2	4	-	0,6	1	4	CS	3
Š11A	-	-	2	4	-	0,6	1	2	CS	2
Š12	-	4	2	4	-	1,4	1	4	CS	3
Š13	-	4	4	-	-	1,6	2	4	LO	4
Š14	5	4	3	-	-	3,9	3	5	CS	5
							Σ	66		
							n	15		
							Kategorie	4		

Graf 8 znázorňuje výsledky technického posouzení kanalizačních šachet zpracovaného v Tab. 21. Nejvyšší hodnoty průměrného technického stavu kanalizačních šachet prokazují Š3, Š6, Š8, Š9, Š14, které nabývají hodnoty vyšší než 3,5. Nejčastěji se vyskytuje TU1 — zborcení, kdy skoro u všech šachet dochází k porušení dna šachty.



Graf 8 Průměrný technický stav kanalizačních šachet [V. Shamko]

### ***Roztřídění poruch kanalizačních šachet***

S ohledem na vyhodnocení kombinací technických ukazatelů TU1, TU7 a TU8 se doporučuje provést rekonstrukci šachty Š9 (Obr. 50-51). S ohledem na vyhodnocení kombinací technických ukazatelů TU1, TU4, TU7 a TU8 se doporučuje provést sanaci u šachty Š3 (Obr. 44-45). Pro dané technické ukazatele je posouzení kanalizačních šachet nevyhovující a kanalizační šachty jsou v havarijním stavu, který vyžaduje okamžitou rekonstrukci.

S ohledem na hodnocení technického ukazatele TU1 a TU4 se doporučuje provést sanaci u šachet Š1 (Obr. 42-43) a Š2 ve střednědobém časovém horizontu.

Sedimentace na kanalizační síti je ojedinělá vlivem velkých spádů. S ohledem na hodnocení ukazatele TU7 doporučuji provést prioritně čištění u následujících šachet, kde:

- sedimentace dosahuje 80 % výšky profilu: Š3, Š7 (Obr. 46-47) a Š8 (Obr. 48-49);
- jsou v šachtě cizí předměty: Š3, Š8 a Š9.

Častější kontrolu provést následně u šachet, kde sedimentace dosahuje 20—50 % výšky profilu: Š10 a Š11A. Kanalizační úseky s nánosem sedimentů vykazují minimální či záporné sklony podle mapových podkladů.

Na stokové síti se vyskytují dvě šachty Š12 a Š14 (Obr. 54-55), které mají nestandardní napojení šachty (průraz dna šachty na hlavní kanalizační řad) a šachty s nestandardními rozměry (Š1, Š3, Š8, Š10, Š12 a Š14). U těchto šachet doporučuji výhledově jejich rekonstrukci, aby splňovaly technické normativní požadavky.

Kanalizační šachty Š4, Š5, Š13 (kategorie K2) vyžadují kontrolu ve střednědobém plánu.

S ohledem na hodnotící technický ukazatel TU8 se doporučuje provést sanaci povrchu u šachet: Š3, Š8, Š9, Š11 (Obr. 52-53), Š11A a Š12. Povrch šachet je silně narušen opotřebením materiálu.

Provedení napojení kanalizačních přípojek do kanalizačních šachet a rozměry výše vypsanych šachet nejsou v souladu s ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.



**Obr. 42 Kanalizační šachta Š1 (lokalizace)**  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 43 Kanalizační šachta Š1 (vnitřek)**  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 44 Kanalizační šachta Š3 (lokalizace)**  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 45 Kanalizační šachta Š3 (vnitřek)**  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 46** Kanalizační šachta Š7 (lokalizace)  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 47** Kanalizační šachta Š7 (vnitřek)  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 48** Kanalizační šachta Š8 (lokalizace)  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 49** Kanalizační šachta Š8 (vnitřek)  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 50** Kanalizační šachta Š9 (lokalizace)  
[zdroj foto: V. Shamko]



**Obr. 51** Kanalizační šachta Š9 (vnitřek)  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 52 Kanalizační šachta Š11 (lokalizace)  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 53 Kanalizační šachta Š11 (vnitřek)  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 54 Kanalizační šachta Š14 (lokalizace)  
[zdroj foto: V. Shamko]



Obr. 55 Kanalizační šachta Š14 (vnitřek)  
[zdroj foto: V. Shamko]

## 7.4 VYHODNOCENÍ STAVU STOKOVÉ SÍTĚ DLE RUSKÉ METODIKY

Bylo provedeno vyhodnocení stavu stokové sítě dle Ruské metodiky, která stanovuje technický stav stokové sítě na základě jejího opotřebení.

Nejdřív se provedlo posouzení opotřebení stokové sítě s ohledem na dřívější vyhodnocení celkového kritického technického stavu vybrané části stokové sítě — CKSS. Opotřebení stokové sítě vyšší 60 % se odhaduje na 76 % (skupina „E“) celkové délky stokové sítě a činí 1,78 metrů.

Při výpočtu technického stavu stokové sítě byla brána v úvahu celková délka stokové sítě 2,34 metrů a délka opotřebené části stokové sítě 1,78 metrů. Technický stav stokové sítě byl stanoven na 0,24. Vzhledem k tomu, že maximální hodnota technického stavu stokové sítě dle ruské metodiky je 1, obdržená hodnota 0,24 činí téměř 1/4 z maximální hodnoty.

Z výše uvedeného vyplývá, že stoková síť v obci Chvalnov-Lísky, městské části Chvalnov je v kritickém stavu.

## 7.5 SHRUTÍ STAVEBNĚ-TECHNICKÉHO STAVU STOKOVÉ SÍTĚ

Stáří stávající stokové sítě se pohybuje mezi 50—60 lety (dle etap výstavby jednotlivých kanalizačních úseků), čemuž odpovídá stavebně-technický stav stokové sítě.

Technický stav kanalizačních úseků je zhoršený, což dokazují předsazené spoje potrubí, opotřebení materiálu, značná sedimentace a biogenní síranová koroze. Ze stavebního hlediska je nejčastějším problémem vyosení potrubí, posunutá a místy nenapojená spoje různých profilů potrubí. Z provozního hlediska se v několika kanalizačních úsecích vyskytuje značná sedimentace (zaplnění až 80 % z celkového profilu potrubí), která znemožňuje plynulé odtékání odpadní vody.

Při posouzení technického stavu kanalizačních šachet byly odhaleny nejčastější poruchy: zborcení dna šachty, opotřebený materiál šachty, jemné praskliny stěn šachet a lokální zanesení kanalizačních šachet. Ze stavebního hlediska je nejčastějším problémem opotřebení materiálu, chybějící části stěn šachty, trhliny potrubí a předsazené hrdlové spoje potrubí. Z provozního hlediska je nejčastějším problémem lokální sedimentace odpadní vody v šachtách a zarezlé kanalizační poklopy.

V kapitolách 7.3.2 a 7.3.3 byla rozepsána jednotlivá opatření pro zlepšení stavu kanalizačních úseků a šachet. Tab. 22 uvádí opatření dle vyhodnocení podle metodiky FAST VUT ÚVHO. Tab. 23 představuje komplex návrhových opatření pro zlepšení stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky, městské části Chvalnov.

**Tab. 22 Opatření dle vyhodnocení podle metodiky FAST VUT ÚVHO [V. Shamko]**

Popis technických opatření dle metodiky FAST VUT ÚVHO			
Kanalizační úseky		Kanalizační šachty	
LO	CS	LO	CS
Š1-Odtok	Š1-Š2	Š2	Š1
Š4-Š6	Š2-Š4	Š4	Š3
Š4-Š5	Š4-Odtok	Š5	Š6
Š3-Přítok	Š3-Š6	Š7	Š8
Š8-Odtok	Š6-Š7	Š10	Š9
Š8-Přítok	Š5-Přítok	Š13	Š11
Š9-Odtok	Š7-Přítok	-	Š11A
Š9-Přítok	Š11-Š11A	-	Š12
Š10-Odtok	Š11A-Š12	-	Š14
Š10-11	Š12-Přítok	-	-
Š13-Odtok	Š14-Odtok	-	-
Š13-Přítok	Š14-Přítok	-	-

**Tab. 23 Doporučená opatření pro kanalizační šachty a úseky [V. Shamko]**

Popis technických opatření	Počet šachet (číslo šachty)
Rekonstrukce kanalizační šachty	1 ks (Š9)
Sanace kanalizační šachty	3 ks (Š1, Š3, Š8)
Sanace povrchu kanalizační šachty	2 ks (Š11A, Š12)
Čištění šachty tlakovým vozem nebo ručně	3 ks (Š3, Š7, Š8)
Rekonstrukce kanalizačního úseku	3 ks (Š11A-Š12, Š2-Š1, Š3-Přítok)
Sanace kanalizačního úseku	4 ks (Š4-Odtok, Š1-Š2, Š2-Š4, Š14-Odtok)
Čištění úseku tlakovým vozem	9 ks (přítok a odtok z Š6, Š7, Š8, Š9, Š14-Přítok)

Stavebně-technický stav kanalizace je v mnoha místech nevyhovující a lze odhadovat, že provedení sanačních opatření by se týkalo více jak 50 % stokové sítě. Investiční prostředky vynaložené na sanaci a zlepšení stavebně-technického stavu stokové sítě by tento stav řešily pouze krátkodobě. Lze předpokládat, že by časem docházelo ke zhoršení stavebně-

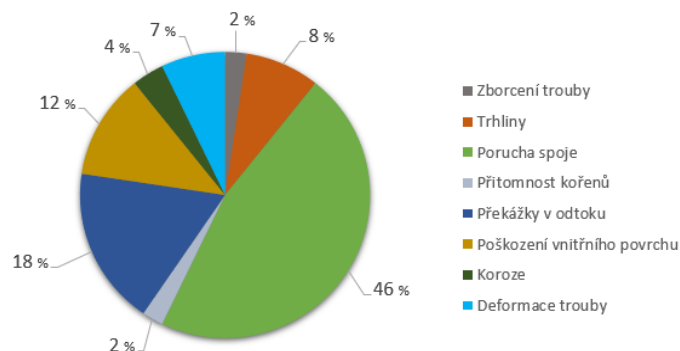


technického stavu kanalizace v nesanovaných úsecích a ke zhoršování stavebně-technického stavu již sanovaných úseků kanalizace.

S ohledem na stáří stokového systému a jeho stavebně-technický stav se doporučuje provést studie odkanalizování, v rámci které by se posoudily zbývající kanalizační úseky a šachty. Vzhledem ke kritickému stavu kanalizačních úseků a šachet je vhodné zvážit možnost ponechání stávající jednotné stokové sítě pro odvod pouze srážkových vod a pro odvod splaškových odpadních vod vybudovat novou splaškovou stokovou síť v obci Chvalnov-Lísky, městské části Chvalnov.

## 7.6 POROVNÁNÍ PORUCH NA STOKOVÉ SÍTI

Na Grafu 9 jsou znázorněny odhalené poruchy na kanalizačních úsecích v obci Chvalnov-Lísky. Největší podíl tvoří poruchy spojů (vyosení potrubí) — 46 %, překážky v odtoku (sedimenty, pevné překážky) — 18 % a poškození povrchu (obrus) — 12 %.



**Graf 9 Poruchy kanalizačních úseků v obci Chvalnov-Lísky [V. Shamko]**

Bylo provedeno posouzení poruch na kanalizačních úsecích v obci Chvalnov-Lísky (Graf 9), poruch stokových sítí provozovaných obcemi — vlastníky (Graf 4) a poruch kanalizačních úseků vodárenských společností (Graf 5). Z posouzení vyplývá, že nejčastěji se vyskytující poruchy kanalizačních úseků provozovaných obcemi jsou poruchy spojů, poškození vnitřního povrchu potrubí a překážky v odtoku, které téměř ve všech případech tvoří sedimenty. Překážky v potrubí se často vyskytují i při provozu stokové sítě vodárenskou společností.

Pro porovnání množství poruch na stoce byl proveden výpočet poruch kanalizačních úseků v obci Chvalnov-Lísky a poruch stoky provozované vodárenskou společností na 10 km délky stokové sítě uvedený v Tab. 24. Vzhledem k tomu, že každý provozovatel má svůj systém zápisu poruch, byly porovnány stejné poruchy z dat, která byla k dispozici.

V Tab. 24 lze nalézt průměrná data poruch na 10 km stokové sítě, kterou provozuje vodárenská společnost a obec Chvalnov-Lísky. Poměrový počet poruch na stokové sítě provozované vodárenskou společností a v obci Chvalnov-Lísky se pohybuje v rozmezí 1:32 (zborcení) až 1:6080 (posunutý spoj). Vzhledem k tomu, že nejvyšší podíl poruch tvoří poruchy spojů a pro provozovatele stokové sítě nemusí být prioritní, byl vypočítán medián bez úvahy této poruchy. Je potřeba uvažovat, že poruchy uvedené v Tab. 24 jsou vybrané

poruchy, které se vyskytují jak u stokové sítě provozované obcí Chvalnov-Lísky, tak i u stokové sítě, provozované vodárenskou společností.

**Tab. 24 Poruchy na stokové sítě provozované vodárenskou společností a obcí Chvalnov-Lísky, jejich průměr a medián [V. Shamko]**

Provozovatel	Množství poruch / 10 km délky stoky							Průměr	Medián
	Deformace trouby	Prasklina	Poškození vnitřního povrchu trub	Porucha spoje	Zborcení	Překážky na odtoku			
Vodárenská společnost	0,03	0,06	0,02	0,05	0,07	0,92	0,19	0,06	
Obec Chvalnov-Lísky	17,09	17,09	25,64	303,42	4,27	29,91	66,24	17,09	
Poměrové srovnání poruch na stokové sítě vodárenské společnosti: počtu poruch v obci Chvalnov-Lísky	1:526	1:271	1:1582	1:6080	1:63	1:32	1:346	-	

Výpočet poruch na 10 km délky stokové sítě je uveden v Tab. 25. Počet poruch v obci Chvalnov-Lísky je zhruba 30 krát vyšší než počet poruch v obcích, kde byl proveden průzkum FAST VUT ÚVHO a zhruba 197 krát vyšší než počet poruch stokové sítě provozované vodárenskou společností.

**Tab. 25 Porovnání poruch na stokové sítě dle provozovatelů [V. Shamko]**

	Poruchy jsou uvedené na 10 km délky stokové sítě		
	Vodárenská společnost	Vlastníkem i provozovatelem obec	Obec Chvalnov-Lísky
Stoková síť	2,14	13,56	410,26

Vyšší počet poruch lze argumentovat zaprvé tím, že stáří stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky činí 50—60 let dle doby výstavby. Při výstavbě stokové sítě nebyla dodržena technická pravidla dle ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Příkladem je napojení kanalizačních úseků různých vnitřních průměrů nebo nestandardní rozměry šachet. Nebyla prováděna pravidelná údržba stokové sítě, což taky způsobilo rychlejší zhoršení stavu stokové sítě. Stoková síť je vybudovaná z prostého betonu, jehož vlastnosti se zhoršují při nečasné opravě vzniklých poruch. Příkladem může být obrus a koroze, které způsobují redukci tloušťky stěn potrubí a časem snížení statických vlastností potrubí.

## 8 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zaměřuje na posouzení stavebně-technického stavu stokové sítě.

V teoretické části bylo popsáno rozdělení údržby, v rámci které byly uvedeny jednotlivé typy čištění stokové sítě s příklady používaných technologií a zařízení a druhy prohlídek dle jejich účelu. Dále byly vymezeny faktory ovlivňující poruchovost stokové sítě, druhy poruch a jejich četnost při provozování stokové sítě vodárenskou společností a obcí, která je zároveň provozovatelem i vlastníkem. Byly popsány metody průzkumu kanalizačních objektů a úseků za účelem návrhu rekonstrukce — vizuální a fyzikální technologie. Vizuální technologie: kabelové tlačné kamery, šachtové kamery a digitální skenovací systémy byly posouzeny v Tab. 4. z hlediska principů průzkumu, výhod a nevýhod technologií, odhalených defektů, orientační ceny průzkumu a výrobců. Byl popsán průběh zkoušek vodotěsnosti dle ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek. Z metodik hodnocení technického stavu stokové sítě byly podrobně uvedeny 3 metodiky: metodika zpracovaná Kanadskou národní radou pro výzkum (NRC), metodika dle FAST VUT ÚVHO a ruská metodika určená platnými legislativními předpisy Ruské federace. Uvedené metodiky byly vyhodnoceny a porovnány. Kapitola 6.4 je zaměřena na ostatní metodiky vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě.

V praktické části byly aplikovány dovednosti z rešeršní práce při průzkumu a vyhodnocení stavebně-technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky. Na základě poskytnutých podkladů byl proveden kamerový průzkum šachtovou kamerou a vizuální posouzení stavu kanalizačních šachet. Bylo zajištěno 34 kamerových záznamů a byly zpracovány revizní listy kanalizačních šachet. Vzor revizního listu je uveden v příloze č. 2. Poruchy na kanalizačních úsecích a šachtách byly zaříděny dle metodiky FAST VUT ÚVHO do příslušných technických ukazatelů. Následovalo zařídění TU do kategorie K1 až K5 a výpočet celkového technického stavu kanalizačních úseků a šachet. Provedené zařídění a vyhodnocení bylo znázorněno v tabulkách a grafech. Dle posouzení stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky pro jednotlivé kanalizační úseky a šachty byla navržena sanace.

Posouzení dle ruské metodiky určené legislativními předpisy vyžadovalo zařídění stokové sítě dle jejího opotřebení do příslušné kategorie. Na základě celkové délky a délky opotřebené části stokové sítě byl zjištěn technický stav stokové sítě. Shrnutí stavebně-technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky vyhodnocené dle 2 metodik uvádí kapitola 7.5.

Typy poruch a poruchovost stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky byla srovnána se stokovou sítí provozovanou vodárenskou společností a obcí, která je provozovatelem i vlastníkem stokové sítě. Provedla se analýza stejných poruch vyskytujících se na stokové síti v obci Chvalnov-Lísky a stokové síti, provozované vodárenskou společností. V Tab. 24 je uvedeno poměrové srovnání poruch, průměr a medián. Na základě analýzy byla argumentována poruchovost stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky.

Cílem rešeršní části bakalářské práce bylo seznámení s technologií průzkumu kanalizačních úseků a objektů pro návrh obnovy stokové sítě a metodikami pro vyhodnocení technického stavu stokové sítě.

Cílem praktické části byla aplikace uvedených metodik posouzení stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky a návrh sanačních opatření.

## SEZNAM LITERATURY

- [1] ANA, E., W. BAUWENS, M. PESSEMIER, C. THOEYE, S. SMOLDERS, I. BOONEN a G. De GUELDRE. An investigation of the factors influencing sewer structural deterioration. *An investigation of the factors influencing sewer structural deterioration, Urban Water Journal* [online]. 6(4). 2009, (6(4), 303-312 [cit. 2021-02-14]. ISSN 1744-9006. Dostupné z: doi:10.1080/15730620902810902
- [2] DINGUS, Michael, Russell AUSTIN a Jennifer HAVEN. *Nondestructive, noninvasive assessment of underground pipelines*. Denver: AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 2002. ISBN 1-58321-164-0.
- [3] DIRKSEN, J., F. H.L.R. CLEMENS, H. KORVING, et al. The consistency of visual sewer inspection data. *Structure and Infrastructure Engineering* [online]. 2013, (9(3), 214-228 [cit. 2021-01-27]. ISSN 1744-8980. Dostupné z: doi:10.1080/15732479.2010.541265
- [4] DUCTUS [online]. *ZKOUŠKY TĚSNOSTI*. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: [http://www.ductus.cz/katalog\\_kanal/10\\_Zkouska\\_tesnosti.pdf](http://www.ductus.cz/katalog_kanal/10_Zkouska_tesnosti.pdf)
- [5] Dutiny pod kanalizací. *Georadar RTG - Tengler* [online]. [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: <http://www.georadar.rtg-tengler.cz/dutiny-pod-kanalizaci>
- [6] ELMO-TRADE [online]. *Technologie pokládky kanalizačních potrubí*. 2016. [cit. 2021-03-20]. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/108542373-Technologie-pokladky-kanalizacnich-potrub.html>
- [7] FEENEY, Christopher S., Scott THAYER, Michael BONOMO a Kathy MARTEL. *White Paper on Condition Assessment of Wastewater Collection Systems* [online]. USA, 2009, 74 [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003ZQY.PDF?Dockey=P1003ZQY.PDF>
- [8] FUCHS, Karel. Informační systém preventivní údržby vodárenských zařízení, vazba na smluvní výkonové ukazatele v oboru vodovodů a kanalizací. In: MACEK, Lubomír a Ladislav ŠVEC, ed. *Životnost a obnova vodohospodářské infrastruktury: Sborník semináře*. Dříteč: Aquion, 2010, s. 21-28. ISBN 978-80-254-8016-8.
- [9] Georadar Leica DSX - liniová vedení na displeji: Georadar na stavbu Leica DSX. *Gefos-leica* [online]. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.gefos-leica.cz/o-produktech/stavebni-merici-pristroje/vyhledavani-podzemnich-vedeni-hledacky-a-georadary/georadar-leica-dsx-podzemi-na-displeji>
- [10] HAWARI, Alaa, Firas ALKADOUR, Mohamed ELMASRY a Tarek ZAYED. Condition assessment model for sewer pipelines using fuzzy-based evidential reasoning. *Australian Journal of Civil Engineering* [online]. 2018, (16(1), 23-37 [cit. 2021-02-13]. ISSN 14488353. Dostupné z: doi:10.1080/14488353.2018.1444333
- [11] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN, Petr PRAX, Petr HLUŠTÍK a Radim MIFEK. *Stokování a čištění odpadních vod: Modul 1:Stokování*. Brno, 2006.
- [12] HLUŠTÍK, Petr. Metodika vyhodnocení technického stavu stokové sítě na základě fyzického stavu. *Vodovod.info* [online]. 1. srpna 2020 [cit. 2021-02-06]. ISSN 1804-7157. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/kanalizace-a-cov/185-metodika-vyhodnocenitechnickeho-stavu-stokove-site-na-zaklade-fyzickeho->

- stavu#.XGQRalVKhD8
- [13] HLUŠTÍK, Petr. Vady na potrubí: infiltrace, exfiltrace, poškození potrubí. *Wavin* [online]. 2018 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://www.wavin.com/cs-cz/novinky/novinky/vady-na-potrubí>
- [14] HLUŠTÍK, Petr. Zakládání stok z pohledu uložení potrubí pod hladinu podzemních vod. *Wavin* [online]. 30. listopadu 2018 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://www.wavin.com/cs-cz/novinky/novinky/zakladani-stok-z-pohledu-ulozeni-potrubí-pod-hladinu-podzemnich-vod>
- [15] HORÁK, Marek. Průzkum a technická analýza stokových sítí. *KONSTRUKCE Media* [online]. 9.4.2009 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/pruzkum-a-technicka-analyza-stokovych-siti>
- [16] HOŘÍNKOVÁ, Lucie a Marek HORÁK. Čištění a průzkum stokových sítí. *ABS* [online]. 14. prosince 2007 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/inzenyrske-stavby/inzenyrske-site/cistení-a-pruzkum-stokovych-siti>
- [17] CHUGHTAI, Fazal, Tarek Zayed ZAYED a Tarek. Infrastructure Condition Prediction Models for Sustainable Sewer Pipelines. *Journal of Performance of Constructed Facilities* [online]. 2008, (22(5), 333-341 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: doi:10.1061/(ASCE)0887-3828(2008)22:5(333)
- [18] IBAK PANORAMO 4K. *IBAK* [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: [https://www.ibak.de/en/produkte/ibak\\_show/frontenddetail/product/panoramo-4k/](https://www.ibak.de/en/produkte/ibak_show/frontenddetail/product/panoramo-4k/)
- [19] KAISER [online]. *AQUASTAR*. [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: [https://www.kaiser.li/fileadmin/user\\_upload/products/gallery/AquaStar/2019/Kaiser\\_Produktfolder\\_Aquastar\\_190830\\_EN\\_Ansicht.pdf](https://www.kaiser.li/fileadmin/user_upload/products/gallery/AquaStar/2019/Kaiser_Produktfolder_Aquastar_190830_EN_Ansicht.pdf)
- [20] Kanalizační síť. *BRNĚNSKÉ VODÁRNY A KANALIZACE, a.s.* [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <http://www.bvk.cz/o-spolecnosti/odvadeni-a-cistení-odpadnich-vod/kanalizacni-sit>
- [21] KLEY, G., I. KROPP, T. SCHMIDT a N. CARADOT. *D 1.1 REVIEW OF AVAILABLE TECHNOLOGIES AND METHODOLOGIES FOR SEWER CONDITION EVALUATION: Project acronym: SEMA* [online]. 2013. Berlin, Germany, 2013 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: [https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/05/d11\\_sema\\_review\\_of\\_technologies\\_and\\_methodologies\\_for\\_sewer\\_condition\\_evaluation.pdf](https://www.kompetenz-wasser.de/wp-content/uploads/2017/05/d11_sema_review_of_technologies_and_methodologies_for_sewer_condition_evaluation.pdf)
- [22] KOPAČKOVÁ, Dagmar. Problematika tuků v kanalizaci. *Tzb-info* [online]. 2010 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/6877-problematika-tuku-v-kanalizaci>
- [23] KOVÁČIK, Ivan. Jaké jsou časté poruchy na kanalizační síti? *Tzb-info* [online]. 2012 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/kanalizacni-pripojky/9336-jake-jsou-časte-poruchy-na-kanalizacni-siti>
- [24] KREJČÍ, Vladimír a KOL. *Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup*. Brno: NOEL, 2000. ISBN 80-86020-39-8.
- [25] LAMPOLA, Tiia a Sakari KUIKKA. *Condition Assessment and Sewer Inspection (CASI) Methods* [online]. Helsinki: Finnish Water Utilities Association, 2018 [cit. 2020-

- 11-21]. ISBN 978-952-6697-44-4. Dostupné z: <https://www.fistt.net/wp-content/uploads/2019/09/CASI-Methods.pdf>
- [26] MAKAR, J. M. *Investigating large gray cast iron pipe failures: a step by step approach* [online]. 2001 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.3.9237&rep=rep1&type=pdf>
- [27] MARTEL, Kathy, Chris FEENEY a Mary Ellen TUCCILLO. *Field Demonstration of Condition Assessment Technologies for Wastewater Collection Systems* [online]. 2011, 120 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100C8E0.PDF?Dockey=P100C8E0.PDF>
- [28] MÁCA, Milan. Snižte vodní ztráty lokalizací poruch. *České stavby.cz* [online]. 2012 [cit. 2020-11-21]. ISSN 1801-156X. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/snizte-vodni-ztraty-lokalizaci-poruch-21060.html>
- [29] Monitorovací systémy pro zjišťování stavu kanalizace. *IBOS* [online]. [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://www.ibos.cz/cz/sluzby/monitorovaci-technika/215/monitorovaci-systemy-pro-zjistovani-stavu-kanalizace.html>
- [30] Monitorovací technika: Monitorovací systémy pro zjišťování stavu kanalizace. *IBOS* [online]. [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.ibos.cz/cz/sluzby/monitorovaci-technika/215/monitorovaci-systemy-pro-zjistovani-stavu-kanalizace.html>
- [31] MORADI, Saeed, Tarek ZAYED a Farzaneh GOLKHO. *Review on Computer Aided Sewer Pipeline Defect Detection and Condition Assessment* [online]. 2019, (1), 15 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/infrastructures4010010>
- [32] MUCHA, Aleš, Jana ŠENKAPOULOVÁ a Jiří ŠEJNOHA. *Stokové sítě malých obcí: Sborník semináře*. Praha, 2003. ISBN 80-02-01587-8.
- [33] *New Zealand Pipe Inspection Manual* [online]. 3. Wellington: New Zealand Water and Wastes Association, 2016 [cit. 2021-02-14]. Dostupné z: [https://www.waternz.org.nz/Folder?Action=View%20File&Folder\\_id=101&File=3rd\\_Edition\\_New\\_Zealand\\_Pipe\\_Inspection\\_Manual.pdf](https://www.waternz.org.nz/Folder?Action=View%20File&Folder_id=101&File=3rd_Edition_New_Zealand_Pipe_Inspection_Manual.pdf)
- [34] NOVÁK, Josef. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy: Medim, 2003. ISBN 80-238-9947-3.
- [35] Pipeline Sonar Surveys. *Onsite* [online]. [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://onsite.co.uk/capability/pipeline-sonar-surveys/>
- [36] Обслуживание канализационных сетей водоканалов и промышленных предприятий. *САНТЕХНИКА, ОТОПЛЕНИЕ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ* [online]. Москва: МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ, 2014, (7(151)), 27-29 [cit. 2021-02-04]. ISSN 1682-3524. Dostupné z: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_23597786\\_42178628.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_23597786_42178628.pdf)
- [37] Poruchovost stokových sítí. MACEK, Lubomír a Ladislav ŠVEC, ed. *Životnost a obnova vodohospodářské infrastruktury: Sborník semináře*. Dříteč: Aquion, 2010, s. 37-50. ISBN 978-80-254-8016-8.
- [38] QUICKVIEW. *Envirosight* [online]. [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.envirosight.com/quickview.php>

- [39] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Metodika hodnocení technického stavu kanalizační sítě*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2008 [cit. 2021-03-01].
- [40] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Údržba a čištění stokových sítí, poruchy na stokových sítích a kanalizačních přípojkách* [přednáška]. Brno: FAST VUT UVHO, 16. března 2021.
- [41] RADETON [online]. *Základy trasování inženýrských sítí*. 2011. [cit. 2021-03-20]. Dostupné také z: <https://www.radeton.cz/produkty/rd7000-m/zaklady-trasovani.pdf>
- [42] RIDGID [online]. *K-1500 Sectional Machine*. [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.ridgid.com/us/en/k1500-sectional-machine#>
- [43] Rioned [online]. *CityJet Van Pack Jetter*. [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://www.rioned.com/cityjet>
- [44] RIZZO, Piervincenzo, ZHU, Jinying, ed. *Water and Wastewater Pipe Nondestructive Evaluation and Health Monitoring: A Review. Advances in Civil Engineering* [online]. USA: Hindawi Publishing Corporation, 2010, 13 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: doi:10.1155/2010/818597
- [45] ROM EcoFit. *ROM bv* [online]. [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://rombv.com/en/products/detail/rom/high-pressure-sewer-machines/rom-ecofit>
- [46] RUSKÁ FEDERACE. *Об утверждении Требований к проведению технического обследования централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения*. In: v Moskvě, 2014, číslo 437. Dostupné také z: <http://docs.cntd.ru/document/420216928?fbclid=IwAR2cMZBraiMZKo2nNwCeM2lv60f9VLut5MqW7dT8re0TL-dmjNok2pMF-cc>
- [47] SINGH, Amarjit a Stacy Adachi ADACHI. *Bathtub curves and pipe prioritization based on failure rate. Built Environment Project and Asset Management* [online]. 5. července 2013, (3(1), 105-122 [cit. 2021-02-14]. ISSN 2044-124X. Dostupné z: doi:10.1108/BEPAM-11-2011-0027
- [48] SIQUEIRA, M.H.S., C.E.N. GATTS, R.R DA SILVA a J.M.A. REBELLO. *The use of ultrasonic guided waves and wavelets analysis in pipe inspection* [online]. 2004, , 785-97 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: doi:10.1016/j.ultras.2004.02.013
- [49] Stavby „pod našima nohama“ aneb Kam vodaři nevidí, tam pošlou robota. *Severočeská vodárenská společnost a.s.* [online]. Teplice, 13. října 2020 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://www.svs.cz/cz/verejnost/aktuality/2020/stavby-pod-nasima-nohama-aneb-kam-vodari-nevidi-tam-poslou-robotu.html>
- [50] STERLING, R. L., J. ANSPACH, E. ALLOUCHE, J. SIMICEVIC, C. D. F. ROGERS, K. WESTON a K. HAYES. *Encouraging Innovation in Locating and Characterizing Underground Utilities*. Washington, DC: The National Academies Press, 2009. ISBN 978-0-309-43559-8.
- [51] *Stoková síť je pod kontrolou, PVK loni prohlédly 145 kilometrů. Pražské vodovody a kanalizace* [online]. 22. února 2016 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/aktuality/stokova-sit-je-pod-kontrolou-pvk-loni-prohledly-145-kilometru/>
- [52] TRAN, D.H., B. J. C. PERERA a A.W.M. NG. *Neural Network Based Prediction*



- Models For Structural Deterioration of Urban Drainage Pipes* [online]. 2007, 7 [cit. 2021-01-30]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Anne\\_Ng/publication/267793852\\_Neural\\_Network\\_Based\\_Prediction\\_Models\\_For\\_Structural\\_Deterioration\\_of\\_Urban\\_Drainage\\_Pipes/links/590e8326458515978185c98b/Neural-Network-Based-Prediction-Models-For-Structural-Deterioration-of-Urban-Drainage-Pipes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Anne_Ng/publication/267793852_Neural_Network_Based_Prediction_Models_For_Structural_Deterioration_of_Urban_Drainage_Pipes/links/590e8326458515978185c98b/Neural-Network-Based-Prediction-Models-For-Structural-Deterioration-of-Urban-Drainage-Pipes.pdf)
- [53] TUCCILLO, Mary Ellen, Jim JOLLEY, Kathy MARTEL a Glen BOYD. *Report on Condition Assessment of Wastewater Collection Systems* [online]. U.S., 2010 [cit. 2020-11-21]. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1008H44.PDF?Dockey=P1008H44.PDF>
- [54] VÁCLAVÍK, Vojtěch. *Hydraulické ztráty kanalizačních sítí a způsoby jejich čištění. Vodohospodářská zařízení II* [online]. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: [http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/10\\_ztraty\\_a\\_cisteni.html](http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ2/10_ztraty_a_cisteni.html)
- [55] VÁVRA, I. Přednosti bezvýkopových technologií a důvody jejich dalšího rozvoje v České Republice. *CzSTT*. Praha, 1995, 3-13.
- [56] ZHAO, Jack Q., Shelley E. MCDONALD a Yehuda KLEINER. *Guidelines For Condition Assessment And Rehabilitation Of Large Sewers* [online]. Ottawa, Canada: Institute for Research in Construction, 2001. ISBN 0-660-18614-4.
- [57] ZIKMUNDOVÁ, Jana. Systémy pro průzkum a hodnocení technického stavu stokových sítí. *EcoTechnika* [online]. [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <http://www.ecotechnika.sk/ecotechnika-12011/systemy-pro-pruzkum-a-hodnoceni-technickeho-stavu-stokovych-siti.html>
- [58] ЯКОВЛЕВ, С.В. а Ю.М. ЛАСКОВ. *Канализация (Водоотведение и очистка сточных вод)*. 1987. 7-ое изд., перераб. и доп.: Стройиздат, 1987.

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vybrané charakteristiky zařízení pro vysokotlaké čištění [19;43;45] .....	15
Tab. 2 Poruchovost stokové sítě provozované vodárenskou společností [V.Shamko] .....	29
Tab. 3 Porovnání poruch při provozování stokové sítě vodárenskou společností a obcí jakožto vlastníka i provozovatele [13] .....	30
Tab. 4 Porovnání metod vizuálních technologií [V. Shamko] .....	37
Tab. 5 Popis strukturální poruchy [56] .....	48
Tab. 6 Zatřídění váhy a rozsahu ovlivnění poruchy [56] .....	48
Tab. 7 Zatřídění dle ovlivňujícího kódu [56] .....	49
Tab. 8 Zatřídění strukturálního stavu stokové sítě [56] .....	49
Tab. 9 Zatřídění provozuschopného stavu stokové sítě [56] .....	49
Tab. 10 Posouzení stavu stokové sítě a priorit rehabilitace [56] .....	50
Tab. 11 Kategorie zatřídění stavu potrubí a objektů na stokové síti [39] .....	50
Tab. 12 Technické ukazatele pro jednotlivé části stokové sítě [39] .....	51
Tab. 13 Zatřídění TU do třídy poruch [39] .....	52
Tab. 14 Zatřídění TSVÚ, PTKS a CKTS, PTKS do kategorií [39] .....	53
Tab. 15 Návrh opravy dle kategorií [39] .....	53
Tab. 16 Zatřídění a popis opotřebení stokové sítě dle skupin [46] .....	54
Tab. 17 Porovnání metodik hodnocení stavu stokové sítě [V. Shamko] .....	56
Tab. 18 Topologie stokové sítě a VO [V. Shamko] .....	57
Tab. 19 Zatřídění kamerových prohlídek dle stoky [V. Shamko] .....	60
Tab. 20 Technické posouzení kanalizačních úseků v obci Chvalnov-Lísky — kmenová stoka [V. Shamko] .....	63
Tab. 21 Technické posouzení kanalizačních šachet [V. Shamko] .....	67
Tab. 22 Opatření dle vyhodnocení podle metodiky FAST VUT ÚVHO [V. Shamko] .....	72
Tab. 23 Doporučená opatření pro kanalizační šachty a úseky [V. Shamko] .....	72
Tab. 24 Poruchy na stokové sítě provozovanou vodárenskou společností a obcí Chvalnov-Lísky, jejich průměr a medián [V. Shamko] .....	74
Tab. 25 Porovnání poruch na stokové sítě dle provozovatelů [V. Shamko] .....	74

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Druhy údržby stokové sítě [37].....	12
Obr. 2 Zařízení Ridgid K-1500 s elektromotorem pro mechanické čištění [42].....	13
Obr. 3 Proplachovací šachta s bezpečnostním přelivem [40] .....	14
Obr. 4 Čisticí zařízení CityJet Van Pack Jetter [43] .....	15
Obr. 5 Speciální čisticí vůz KAISER AquaStar [19] .....	15
Obr. 6 Čisticí kanalizační koule [16] .....	16
Obr. 7 Rozdělení faktorů ovlivňujících strukturální stav potrubí [17].....	18
Obr. 8 Vzorový příčný řez uložení potrubí [6].....	24
Obr. 9 Rozdělení faktorů ovlivňujících provoz stokové sítě [17] .....	25
Obr. 10 Podélné trhliny, zlom horní částí potrubí, kořeny [33] .....	27
Obr. 11 Vertikální polohová odchylka potrubí [33].....	27
Obr. 12 Předsazená přípojka [33].....	27
Obr. 13 Podélná trhlina [33].....	27
Obr. 14 Usazeniny v potrubí [33].....	28
Obr. 15 Spirálová trhlina, osové vybočení potrubí [33].....	28
Obr. 16 Koroze ocelového potrubí [33] .....	28
Obr. 17 Infiltrace, biogenní síranová koroze [33] .....	28
Obr. 18 Vizuální kontrola kmenové stoky ve městě Auckland [33] .....	33
Obr. 19 Kamerový vozík CamBoss [30].....	34
Obr. 20 Posuvný kamerový inspekční systém 150 IV REVI 260 s rotační hlavou [30].....	34
Obr. 21 Šachtová kamera QuickView airHD® [38] .....	35
Obr. 22 Digitální skenovací systém PANORAMO 4K od firmy IBAK [18] .....	36
Obr. 23 Rozdělení fyzikálních technologií [53].....	38
Obr. 24 Výstup 360° při použití CCTV kamery a sonaru [35] .....	39
Obr. 25 Radarogram [5] .....	42
Obr. 26 Georadar Leica DSX [9] .....	43
Obr. 27 Schéma trasy stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky .....	58
Obr. 28 Šachtová kamera a příslušenství pro provedení kamerového průzkumu [zdroj foto: V. Shamko] .....	59

Obr. 29 Řídící jednotka [zdroj foto: V. Shamko].....	59
Obr. 30 Kamerový záznam Š4-Odtok [zdroj foto: V. Shamko].....	65
Obr. 31 Kamerový záznam Š4-Š2 [zdroj foto: V. Shamko] .....	65
Obr. 32 Kamerový záznam Š11A-Š12 [zdroj foto: V. Shamko] .....	65
Obr. 33 Kamerový záznam Š1-Š2 [zdroj foto: V. Shamko] .....	65
Obr. 34 Kamerový záznam Š14-Přítok [zdroj foto: V. Shamko].....	65
Obr. 35 Kamerový záznam Š7-Přítok [zdroj foto: V. Shamko].....	65
Obr. 36 Kamerový záznam Š6-Š7 [zdroj foto: V. Shamko] .....	66
Obr. 37 Kamerový záznam Š8-Odtok [zdroj foto: V. Shamko].....	66
Obr. 38 Kamerový záznam Š8-Přítok [zdroj foto: V. Shamko].....	66
Obr. 39 Kamerový záznam Š1-Přítok [zdroj foto: V. Shamko].....	66
Obr. 40 Kamerový záznam Š12-Š11A [zdroj foto: V. Shamko] .....	66
Obr. 41 Kamerový záznam Š5-Přítok [zdroj foto: V. Shamko].....	66
Obr. 42 Kanalizační šachta Š1 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	69
Obr. 43 Kanalizační šachta Š1 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	69
Obr. 44 Kanalizační šachta Š3 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	69
Obr. 45 Kanalizační šachta Š3 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	69
Obr. 46 Kanalizační šachta Š7 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 47 Kanalizační šachta Š7 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 48 Kanalizační šachta Š8 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 49 Kanalizační šachta Š8 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 50 Kanalizační šachta Š9 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 51 Kanalizační šachta Š9 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	70
Obr. 52 Kanalizační šachta Š11 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	71
Obr. 53 Kanalizační šachta Š11 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	71
Obr. 54 Kanalizační šachta Š14 (lokalizace) [zdroj foto: V. Shamko].....	71
Obr. 55 Kanalizační šachta Š14 (vnitřek) [zdroj foto: V. Shamko].....	71

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Stáří kanalizační sítě v ČR [55] .....	18
Graf 2 Vanová křivka [47] .....	19
Graf 3 Porovnání korugované dvoustěnné konstrukce a žebrované konstrukce potrubí Ultra Rib [6] .....	20
Graf 4 Druhy poruch na stokové síti provozované obcemi — vlastníky [13] .....	28
Graf 5 Druhy poruch na stokové síti provozované jednou z největších vodárenských společností v ČR za rok 2019 [V. Shamko] .....	29
Graf 6 Poruchy odhalené vodárenskou společností od roku 2010 do 2019 [V. Shamko] .....	30
Graf 7 Technický stav vybraných úseků stokové sítě [V. Shamko] .....	64
Graf 8 Průměrný technický stav kanalizačních šachet [V. Shamko] .....	68
Graf 9 Poruchy kanalizačních úseků v obci Chvalnov-Lísky [V. Shamko] .....	73

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

%	...procento
Cm	...jednotka délky — centimetr
G	...gravitační zrychlení [ $m/s^2$ ]
I	...sklon dna stoky [ $m/m$ ]
Kč	...peněžní jednotka — koruna
km	...jednotka délky — kilometr
kPa	...jednotka tlaku — kilopascal
ks	...kus
kV	...jednotka napětí — kilovolt
m n. m.	...metry nad mořem
m/s	...metr za sekundu
mm	...jednotka délky — milimetr
°	...jednotka úhlu — stupeň
°C	...jednotka teploty — stupeň celsia
R	...hydraulický poměr [ $m$ ]
$\tau_u$	...tečné napětí [ $Pa$ ]
V	...rychlost proudění [ $m/s$ ]
$\mu m$	...jednotka délky — mikrometr
$\rho$	...průměrná hustota odpadní vody [ $kg/m^3$ ]
2D	...dvozměrný
3D	...trojrozměrný
a.s.	...akciová společnost
AdMas	...Advanced Materials, Structures and Technologies — centrum vědy a komplexní výzkumná instituce v oblasti stavebnictví
AHCCR	...Access Hole Surface damage Condition Coding and Rating — Metodika zařídění a hodnocení stavu šachet na stokové síti
ATV	...Abwassertechnische Vereinigung — Asociace pro čistírenskou techniku
CCTV	...Closed-circuit television — systém uzavřeného televizního okruhu
CKSS	...celkový kritický technický stav vybrané části stokové sítě

---

ČOV	...čistírna odpadních vod
ČR	...Česká Republika
ČSN	...označení pro českou technickou normu
ČSÚ	...Český statistický úřad
DN	...Diameter Nominal — jmenovitý vnitřní průměr potrubí
DPH	...daň z přidané hodnoty
FAST	...Fakulta stavební
FMEA	...Failure Modes Effects and Analysis — Modely efektů a analýzy poruch
GIS	...Geografický informační systém
GPR	...Ground Penetrating Radar — georadar
GRP	...Glass Reinforced Pipes — Sklolaminát
HDPE	...polyethylen s vysokou hustotou
HID	...High Intensity Discharge — výboj s vysokou intenzitou
IRC	...Institute for Research in Construction — Institut pro výzkum ve stavebnictví
IRT	...Infrared thermography — infračervená termografie
LADAR	...Laser Detection And Ranging — laserová detekce a rozsah
LO	...lokální oprava
LSCCR	...The Large Sewer Condition Coding and Rating — Metodika kódování a hodnocení stavu kanalizačních potrubí o velkém průměru
Max.	...maximální
MFL	...Magnetic Flux Leakage — magnetická detekce úniku
Min.	...minimální
MPa	...jednotka tlaku — megapascal
Např.	...například
NASSCO	...National Association of Sewer Service Companies — Národní asociace společností provozujících kanalizace
NRC	...National Research Council Canada — Kanadská národní rada pro výzkum
NV	...nařízení vlády
OB	...obměna v délce
Obr.	...obrázek

---

PACP	...Pipeline Assessment and Certification Program — Program certifikace a vyhodnocení potrubí
PE	...polyethylen
PP	...polypropylen
PTKS	...výpočet průměrného technického stavu kanalizační šachty
PVC	...polyvinylchlorid
R.	...rovnice
Š	...šachta
s.r.o.	...společnost s ručením omezeným
Sb.	...Sbírka zákonů
SN	...kruhová tuhost potrubí [KN/m <sup>2</sup> ]
SRM	...Sewerage Rehabilitation Manual - Manuálu rehabilitace kanalizace
SVS	...Severočeská vodárenská společnost
Tab.	...tabulka
TSU	...technický stav úseku
TSVÚ	...technický stav vybraného úseku
TU	...technický ukazatel
Tzn.	...to znamená
Tzv.	...takzvaně
ÚVHO	...Ústav vodního hospodářství obcí
VO	...výustní objekt
VTV	...vysokotlaké vedení
VUT	...Vysoké učení technické
WRc	...Water Research center — Výzkumné centrum vody (Velká Británie)
ŽB	...železobeton
Zoom	...optické přiblížení objektu



## **SEZNAM PŘÍLOH**

1. Schéma stavebně-technického stavu stokové sítě v obci Chvalnov-Lísky;
2. Vzor revizního listu kanalizační šachty v obci Chvalnov-Lísky.

## SUMMARY

The bachelor thesis focuses on the assessment of the technical condition of the sewer network.

In the theoretical part, the maintenance was described, which includes various types of sewage cleaning with examples of the technologies and equipment used, as well as the types of inspections in accordance with their purpose. Furthermore, the factors influencing the failure rate of the sewer network, the types of failures and their frequency in the operation of the sewer network by the water company and by the village, which is both the operator and the owner, were defined. Sewer inspection methods — visual and physical — were described. Visual technologies like CCTV, manhole cameras and digital scanning systems were compared to the research principles, advantages and disadvantages of technologies, detected defects, the research cost estimation and manufacturers (Table 4). Water-tightness testing according to ČSN 75 6909 Testing water-tightness of drains and sewers was described. While assessing the technical condition of the sewer network 3 methods were detailed: the methodology developed by the Canadian National Research Council (NRC), the methodology according to VUT FAST ÚVHO and the Russian one that is defined by existing legislative acts of the Russian Federation. The mentioned methodologies were evaluated and compared. Chapter 6.4 is focused on other methodologies for evaluating the construction and technical condition of the sewer network.

In the practical part, the skills from the research were applied in the study and evaluation of the construction and technical condition of the sewer network in the village of Chvalnov-Lísky. Based on the provided documents, a survey with the help of the manhole camera was performed and a visual assessment of the condition of the sewer manholes was made. 34 camera recordings were provided and manhole inspection protocols were drawn up. The sample inspection report is given in Annex No. 2. Malfunctions on sewer and manholes were classified according to the FAST VUT ÚVHO methodology into the relevant technical indicators. This was followed by the classification into categories K1 to K5 and the calculation of the overall technical condition of sewer sections and manholes. The performed classification and evaluation was represented in tables and graphs. According to the assessment of the condition of the sewer network in the village of Chvalnov-Lísky, rehabilitation was proposed for individual sewer sections and manholes.

The assessment according to the Russian methodology, which is defined by existing legislative acts, required the classification of the sewer network according to deterioration into the appropriate category. The technical condition of the sewer network was determined on the basis of the total length and the length of the deterioration part of the sewer network.

A summary of the construction and technical condition of the sewer network in the municipality of Chvalnov-Lísky evaluated according to 2 methodologies is given in Chapter 7.2.

The aim of the research part of the bachelor's thesis was to get acquainted with sewer inspection technologies in order to propose rehabilitation and methodologies for evaluating the technical condition of the sewer network.

The objective of the practical part was the application of these methodologies in the municipality of Chvalnov-Lisky and the proposal of rehabilitation.