

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**REKONSTRUKCE STOKY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nikola Švejdová**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. MARCELA SYNÁČKOVÁ, CSc.**

**Květen 2016**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Švejdová Jméno: Nikola Osobní číslo: 410956  
Zadávající katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekonstrukce stoky  
Název bakalářské práce anglicky: Rekonstrukcion of sewer

Pokyny pro vypracování:

Práce v rozsahu 40 stran s grafickými přílohami. Rešerše literatury k problematice rekonstrukcí stok za použití bezvýkopových technologií. Variantní návrh technologií pro rekonstrukci uliční stoky. Zhodnocení a doporučení jedné varianty. Vyčíslení investičních nákladů. Závěr.

Seznam doporučené literatury:

Hlavínek P., Mičín J., Prax P.: Příručka stokování a čištění. NOEL 2000, s.r.o., Brno, 2001

Klepsatel F., Raclavský J.: Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Jaga Group, 2007 Bratislava

SOVAK: Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací. Medim, Líbeznice, 2008

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2016 Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2016

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 10. 5. 2016

.....  
Nikola Švejdová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat lidem, kteří mi v průběhu mé práce poskytovali potřebné informace. Zvláštní poděkování patří vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za konzultace a odborné rady. Poděkování patří také pracovníkům projekční kanceláře DIPRO, spol. s r.o. za jejich cenné rady a informace z dlouholetých zkušeností, za podklady poskytnuté k vypracování bakalářské práce a zejména za čas, který mi věnovali. V neposlední řadě bych poděkovat panu Ing. Martinovi Broži z firmy ZEPRIS s.r.o. za odbornou pomoc v oblasti bezvýkopových technologií a za podklady, které mi jménem firmy poskytl pro vypracování práce.

Poděkování patří i mé rodině a blízkým přátelům za morální podporu.

## **Abstrakt**

Daná bakalářská práce zpracovává přehled metod výstavby a opravy, respektive obnovy podzemního trubního vedení za použití bezvýkopových metod. Je zaměřena na metody použitelné zejména pro rekonstrukci stokové sítě, konkrétně na návrh rekonstrukce kanalizační stoky v městské části Komořany, Praha 12. Hlavním cílem bakalářské práce je stanovení dvou reprezentativních metod návrhu rekonstrukce kanalizační stoky bezvýkopovou metodou, detailní popis technologií, popis pracovního postupu sanace včetně použitých strojů a vyhodnocení investičních nákladů. Závěrem práce je doporučení jedné optimální metody k realizaci.

## **Klíčová slova**

stoková síť, bezvýkopová technologie, rekonstrukce, potrubí

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with methods of sewer network constructions and reconstructions together with restoration of underground utilities using trenchless technologies. It is focused on methods that are mostly used for sewer net reconstructions, specifically on sewerage system reconstruction project in Komořany (a part of Prague 12). The main aim of the thesis is to set two representative methods of sewerage system reconstruction using trenchless technology, detailed descriptions of these technologies, description of reconstruction procedure including used machines and evaluation of capital expenditure. In conclusion, one appropriate method for realization is recommended.

## **Keywords**

sewer network, trenchless technology, reconstruction, pipes

**Obsah**

<b>1 Úvod</b> .....	9
1.1 Cíl práce .....	10
<b>2 Termíny a definice pojmů</b> .....	11
<b>3 Stoková síť</b> .....	12
3.1 Soustavy stokových sítí .....	12
3.1.1 Jednotná soustava stok .....	12
3.1.2 Oddílná soustava stok .....	13
3.1.3 Modifikovaná (kombinovaná) soustava .....	15
3.2 Systémy stokových sítí .....	15
<b>4 Bezvýkopové technologie</b>	
4.1 Bezvýkopové metody pro neprůlezné průřezy .....	17
4.2 Rozdělení bezvýkopových metod výstavby .....	17
4.3 Trouby pro bezvýkopovou výstavbu .....	18
4.4 Celoplošné opravy vnitřních povrchů podzemních vedení .....	18
4.4.1 Opravy potrubí výstelkovými hadicemi .....	19
4.5 Opravy vedení s narušenou statickou funkcí .....	20
4.5.1 Zatahování krátkých trub .....	21
4.5.2 Zatahování dlouhých trub .....	22
4.5.3 Zatahování dočasně zdeformovaných trub .....	24
4.6 Obnova podzemních vedení v původní trase .....	25
4.6.1 Metoda trhání starých podzemních vedení .....	26
<b>5 Zájmové území Komořany, Praha</b>	
5.1 Charakteristika území .....	29
5.2 Základní údaje o stavbě .....	30
5.3 Stanovení vhodných variant sanace .....	34
<b>6 Popis vybraných sanačních technologií</b>	
6.1 Technologie GFK-Liner .....	36
6.1.1 Technický popis .....	37
6.1.2 Materiál sanovaný .....	38
6.1.3 Omezující podmínky .....	38
6.1.4 Manipulační plochy (zábory) .....	39
6.1.5 Sanační materiál .....	39

6.1.6 Omezující podmínky u neprůlezných profilů .....	40
6.1.7 Statické působení vložky .....	40
6.1.8 Práce za provozu/bez provozu .....	40
6.1.9 Průběh sanace .....	40
6.1.10 Test odebraných vzorků .....	42
6.1.11 Výhody .....	42
6.1.12 Nevýhody .....	43
<b>6.2 Technologie Compact Pipe .....</b>	<b>44</b>
6.2.1 Technický popis .....	44
6.2.2 Materiál sanovaný .....	45
6.2.3 Omezující podmínky .....	46
6.2.4 Manipulační plochy (zábory) .....	46
6.2.5 Sanační materiál .....	47
6.2.6 Omezující podmínky u neprůlezných profilů .....	47
6.2.7 Statické spolupůsobení .....	47
6.2.8 Práce za provozu/bez provozu .....	47
6.2.9 Průběh sanace .....	47
6.2.10 Výhody .....	50
6.2.11 Nevýhody .....	50
<b>7 Výběr optimální varianty</b>	
7.1 Zadávací podmínky pro statický výpočet (obecně) .....	53
7.2 Návrh rukávce Alphaliner/PE vložky Compact Pipe .....	54
7.3 Návrh sanace .....	54
7.4 Optimální varianta .....	56
<b>8 Podrobnější informace sanace technologií GFK-Liner</b>	
8.1 Předpoklady .....	57
8.2 Stanovení typu rukávce .....	57
8.3 Konstrukce rukávce .....	59
8.4 UV zařízení společnosti RELINEEUROPE AG .....	60
8.5 Otevření přípojek .....	62
<b>9 Vyhodnocení a odhad investičních nákladů .....</b>	<b>68</b>
<b>10 Závěr .....</b>	<b>70</b>
<b>Seznam použité literatury a zdrojů</b>	
<b>Seznam použitých zkratk</b>	

**Seznam použitých obrázků**

**Seznam použitých tabulek**

**Přílohy**

**Seznam příloh**



## 1 Úvod

Zodpovědné nakládání s odpadem, třídění různých druhů odpadu a snaha o omezení jeho produkce se v posledních letech staly běžnou součástí našeho života. Ale málokdo si uvědomuje, že i znečištěná voda je odpadem, a téměř nikdo asi netuší, jak velké množství odpadu v tekuté podobě vlastně produkujeme. Zatímco tuhých odpadů různého druhu vznikne v Praze ročně okolo 6 milionů tun, odpadní vody je přibližně 20x více. Jen ústřední čistírnou jí ročně proteče více než 125 milionů tun a pobočnými čistírnami dalších 10 milionů tun [43].

Městské odvodnění tvoří jeden ze základních strukturálních prvků zajišťujících životní úroveň, komfort a ochranu zdraví populace na úrovni odpovídající počátku třetího tisíciletí. Městské odvodnění musí též splňovat nároky na ochranu životního prostředí. Stále rostoucí urbanizace krajiny však způsobuje zvyšování zátěže odvodnění produkcí odpadních a srážkových vod a v důsledku vede k ohrožení funkčnosti městského odvodnění. Tyto skutečnosti vyžadují řešení komplexu nakládání s vodami splaškového i srážkového charakteru systematickou cestou a s aplikací nejúčinnějších dostupných nástrojů a prostředků [20].

Pod ulicemi měst a obcí jsou ve vyspělých státech nejen Evropy uloženy statisíce kilometrů podzemních potrubních vedení – kanalizace, vodovodů, plynovodů, horkovodů – a mnohonásobně více kabelových vedení. Tato vedení mají pro život měst a obcí stejný význam, jako má krevní oběh a nervový systém pro lidský organismus – moderní město či obec bez nich nedokáže existovat [16].

Většina obcí má v současnosti vybudované stokové systémy, které v době svého návrhu plně splňovaly požadovaný účel. Postupem doby, historickým vývojem vlastní lokality, ale i přístupů k řešení městského odvodnění, dochází k potřebě rekonstrukce, obnovy, dostavby či optimalizace funkce systému s cílem udržitelného vodního hospodářství dané lokality [20].

Výstavba nových, obnova či oprava provozovaných podzemních vedení jsou důležitým bodem ve stavebnictví. Vzhledem k tomu, že většina podzemních vedení je situována pod trasou městských komunikací, je stále složitější provádět rekonstrukce tradičními metodami, tj. v otevřených výkopech. Složitější to je zejména z důvodu plynule vzrůstající intenzity dopravy na povrchu. Dalším aspektem je to, že 85 – 90 % podzemních potrubních vedení má neprůlezný průřez, což vede k využití bezvýkopových metod výstavby a obnovy [16].

## **1.1 Cíl práce**

Tato práce je zaměřena na sanaci kanalizačního potrubí za použití bezvýkopových metod. Zpracovává jejich přehled, popisuje princip, shrnuje jejich výhody/nevýhody a stanovuje dvě reprezentativní metody návrhu rekonstrukce. Cílem je provést detailní popis technologií, popis pracovního postupu sanace včetně použitých strojů a vyhodnocení investičních nákladů. Závěrem práce je porovnání těchto dvou stěžejních metod a vybrání jednoho variantního návrhu doporučeného k realizaci.

Jedná se o návrh sanace splaškového kanalizačního potrubí v městské části Komořany, Praha 12, konkrétně v ulici Krupná směrem ke křižovatce s ulicí Za Sídlištěm a zbylého koncového úseku splaškové kanalizace v ulici Za Sídlištěm. Součástí bakalářské práce je i Výkresová část, jejím předmětem jsou výkresy zpracované z předložené dokumentace poskytnuté společností DIPRO, spol. s r.o.

## 2 Termíny a definice pojmů

Uvedené základní termíny jsou poplatné terminologii dle ČSN 75 0161 Vodní hospodářství – Terminologie v inženýrství odpadních vod a jsou z ní také citované:

- **kanalizace** – (v oboru inženýrských odpadních vod) provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k provádění odpadních vod (tj. znečištěných a srážkových vod společně) nebo znečištěných vod samostatně a srážkových vod samostatně, kanalizační objekty, čistírny odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace; kanalizace je vodním dílem,
- **kanalizační zařízení** – součásti kanalizace, které slouží k akumulaci, odvádění a čištění odpadních vod (stoky, kanalizační přípojky a objekty na stokách a kanalizačních přípojkách, čistírna, čerpací stanice odpadních vod, dešťová nádrž),
- **odpadní vody** – vody odváděné v jakékoliv kombinaci z domácností, průmyslu a jiných provozů, včetně dešťových (povrchových) a nepředvídaných balastních vod,
- **sítě technického vybavení** – zařízení, sloužící k rozvodu vody, plynu, elektřiny, telefonu, kabelové televize apod. spotřebitelům a průmyslu,
- **stokování** – obor, který se zabývá navrhováním, výstavbou a provozem stokových systémů, kanalizačních přípojek a objektů na nich,
- **stokový systém** – síť stok, kanalizačních přípojek a objektů k odvádění odpadních vod do čistírny nebo jiného místa zabezpečení,
- **jednotná soustava** – soustava ke společnému odvádění znečištěných a srážkových povrchových vod jednou sběrnou soustavou,
- **oddílná soustava** – soustava, obvykle s dvěma stokami, z nichž jedna odvádí znečištěné a druhá srážkové povrchové odpadní vody,
- **modifikovaná soustava** – soustava, obvykle s dvěma stokami, z nichž jedna odvádí splaškové a průmyslové odpadní vody i znečištěné dešťové vody (při oplachu povrchu) a druhá zbylý podíl neznečištěných dešťových vod (po skončení oplachu povrchu),
- **stoka** – obvykle podzemní potrubí nebo jiná konstrukce k odvádění odpadních vod z více zdrojů,

- **gravitační stoka** – stoka s prouděním o volné hladině, provozovaná obvykle s částečným plněním,
- **šachta, komora** – objekt na stoce nebo přípojce umožňující kontrolu z povrchu nebo vstup za účelem její revize, čištění, opravy a větrání
- **sanace** – opatření k obnovení nebo zlepšení stávajících odvodňovacích systémů,
- **oprava** – opatření k odstranění lokálních závad,
- **obnova** – vybudování nových úseků stok a přípojek ve stávající nebo jiné trase, při zachování původní funkce,
- **bezvýkopové technologie** – způsoby uložení potrubí v zemi bez použití otevřené výkopové rýhy [7].

### 3 Stoková síť

Potrubí, respektive jiná vodotěsná konstrukce, která slouží k odvádění odpadních vod, je nazývána stoka. Soustava stok pak tvoří stokovou síť [16].

#### 3.1 Soustavy stokových sítí

Dle ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky rozeznáváme stokové sítě, které jsou uvedené v následujících třech podkapitolách.

##### 3.1.1 Jednotná soustava stok

V jednotné soustavě jsou dopravovány veškeré druhy odpadních vod společnou trubní sítí směrem na čistírnu odpadních vod (dále ČOV). Všechny odpadní vody se tedy směšují. Tento princip přinesl řadu technických a ekonomických výhod, ale také s sebou nese i mnohé nevýhody, a to zejména z hygienického hlediska. Vzhledem k tomu, že se stokovou sítí dopravují i splaškové vody, je nutné je odvádět potrubím.

Stoky jednotné soustavy se navrhují většího profilu, protože odvádějí dešťové vody. Dešťový příval se sice vyskytne jen občas, ale řádově převyšuje průtoky všech ostatních druhů odpadních vod. To je důvodem výstavby dešťových oddělovačů (dále jen odlehčovací komora) na jednotné stokové soustavě.

Zásadní nevýhodou této soustavy je existence odlehčovacích komor na stokové síti za účelem odlehčení zředěných odpadních vod, jimiž se rozumí veškerá odpadní voda, které protéká stokovou sítí během dešťového odtoku. Odlehčení odpadních vod během

dešťového odtoku se rozumí zaústění části zředěných odpadních vod ze stokové sítě do recipientu, bez jejího čištění nebo pouze s nižším stupněm čištění v dešťových nádržích.

Odlehčovací komora umožňuje, aby při vzrůstajícím průtoku vlivem deště došlo při určitém průtoku k přepadání vody do odlehčovací komory a odtud do recipientu eventuálně do dešťové nádrže. Její nevýhoda tedy spočívá v tom, že i při velmi vysokém naředění splaškových vod vodami dešťovými, dochází k zanášení čerstvého fekálního znečištění do recipientu. Za odlehčovací komorou stoka dále pokračuje směrem k ČOV již zmenšeným profilem. Nežádoucí kvalitativní důsledky lze odstranit vybudováním dešťových nádrží – průtočné, záchytné či usazovací [17, 19, 24].

### 3.1.2 Oddílná soustava stok

Tato soustava odvádí různé druhy odpadních vod samostatnými trasami stokové sítě, což znamená, že se jednotlivé druhy odpadních vod navzájem nesměšují. V důsledku toho jsou v zájmovém území položeny dvě i více stok, z nichž je každá určena k odvádění jiného druhu odpadních vod. Nejčastěji se jedná o dvě stokové soustavy, z nichž jedna odvádí splaškové vody (eventuálně i vody z drobných průmyslových závodů) a druhá odvádí vody dešťové neboli povrchové. V závodech je také možné vybudovat oddílnou soustavu průmyslovou.

V současnosti však není možné považovat dešťové vody vzhledem ve vztahu k recipientu za hygienicky nezávadné. Mohou být značně znečištěny, a to např. úkapy pohonných hmot či jiných látek, splachy minerální i organické povahy apod. Není vyloučena ani přítomnost fekálního znečištění. Koncentrace znečištění dešťových odpadních vod závisí především na intenzitě deště, jeho trvání a také na délce časového intervalu mezi jednotlivými dešti. To vše je důvod, proč se zabývat problémem kvality dešťových vod, který je sice technicky řešitelný, ale většinou ekonomicky náročný. Proto se začíná uvažovat o různých modifikacích stokových soustav [17, 19].

Způsob dopravy odpadních splaškových vod na ČOV:

- **gravitační** – centralizovaná zástavba, svažité terén, hluboko zaklesnutá hladina podzemní vody, příznivé geologické podmínky pro zemní práce,
- **přečerpávání** – používá se ojediněle pro přečerpávání v některých úsecích stokové sítě nebo do ČOV,

- **tlakový a podtlakový** – v rozptýlené zástavbě, hladina podzemní vody mělko pod terénem, špatné geologické podmínky, v ochranných pásmech vodního zdroje, pro občasný odtok splaškových vod (autokempy atd.) [24].

### **Podtlaková (vakuová) kanalizace**

System má centrální vakuovou stanici, ve které se pomocí čerpadel vytvoří podtlak ve sběrné tlakové komoře. Ta tvoří zásobník, do něhož se nasávají splašky při otevření sacího ventilu, umístěného v akumulaci jímce (šachtě) na domovní přípojce. Sací ventily zajišťují automatické otevření a nasátí odpadní vody z domovní šachty do hlavního kanalizačního potrubí při dosažení určité hladiny vody v akumulaci šachtě. Po jejím vyprázdnění zajistí uzavření, aby nedošlo ke snížení podtlaku a ohrožení funkce systému. Z vakuové stanice jsou odváděny odpadní vody na ČOV, a to buď gravitačně, nebo častěji čerpáním [17, 19].

### **Tlaková kanalizace**

Je založena na stavbě čerpacích šachet (jímek), do nichž jsou gravitačně svedeny splašky z jednotlivých (případně hvězdicovitě z více) nemovitostí. Z jímky jsou prostřednictvím ponorného objemového čerpadla, které může být vybaveno drtičem nečistot, dopravovány splašky tlakovým potrubím podstatně menšího průměru na ČOV, eventuálně do stokové sítě [17, 19].

### **Pneumatická doprava splašků**

Představuje alternativní způsob transportu splašků z místa soustředění tlakovým vzduchem (i na velké vzdálenosti). Lze u ní dopravovat i velmi znečištěné médium. Potrubí je uloženo pouze v nezámrzné hloubce a kopíruje terén. Vzduch v potrubí tlumí rázy, směs splašků je bohatě provzdušňována. Odpadní vody natékají gravitačně do předšachty, dále do pracovní nádrže. Při jejím naplnění se do ní automaticky zavede tlakový vzduch (kompresorem) a odpadní vody je vytlačována do výtlačku tlakovým vzduchem. Vestavěné zpětné klapky řídí směr toku odpadních vod. Po vyprázdnění se pracovní nádrž odvzdušní a proces se opakuje [17, 19].

### 3.1.3 Modifikovaná (kombinovaná) soustava

Jedná se například o kombinaci jednotné a oddílné stokové soustavy v rámci soustavného odvodnění jednoho celku. Splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody mělce uloženým potrubím. Při přívalu odtékají nejvíce znečištěné dešťové vody na začátku deště spojovacím potrubím ze dna dešťových stok v šachtách do splaškových stok. V případě zahlcení splaškových stok v šachtách nad úroveň dna dešťových stok dochází k odtoku srážkové vody dešťovými stokami přímo do recipientu. Takto je splaškovými stokami (za deště pod tlakem) svedeno největší znečištění z oplachu terénu na začátku deště a z výplachu dešťových stok do ČOV. A do recipientu je již odváděna poměrně čistá voda.

Modifikace využívaná zejména v ČR k odvodnění menších obcí spočívá v tom, že stokami pro dešťové vody jsou odváděny pouze vody neznečištěné (tzn. z chodníků, neprášných vozovek, ze střech apod.) nejčastěji přímo do recipientu. Dešťové vody z ostatních, znečištěných ploch (např. z komunikací s hustým dopravním provozem, ploch s rampami pro zásobování apod.) jsou pak odváděny společně se splaškovými vodami na ČOV. Tak se ze splaškové stoky oddílné soustavy, dimenzované na  $Q_{\max} + 100\%$  stane stoka jednotné soustavy, dimenzovaná na přívalové množství deště, případně na součet maxim splaškových a dešťových vod. To je důvod, proč má splašková stoka zpravidla o jednu dimenzi větší profil, než by byl na totéž místě profil stok navržených jako klasická splašková oddílná soustava. Je také možné přečerpávat znečištěné vody z dešťových či retenčních nádrží do splaškových stok modifikované soustavy [17, 19, 24].

## 3.2 Systémy stokových sítí

Systematické uspořádání stok za účelem odvedení odpadních vod a jejich soustředění do nejnižšího místa, čistírny odpadních vod, musí být provedeno s ohledem na konfiguraci terénu, na způsob zástavby a dispozici recipientu, případně další podmínky. Systém stok je výsledkem návrhu tvaru stokové sítě v konkrétním území [17, 19].

Stoky jsou navrženy tak, aby jimi byly dopraveny odpadní vody nejvýhodnější trasou do ČOV. Respektují se přitom takové sklony stok, aby se stoky nezanášely, nebo aby případně nutné čištění bylo omezené na minimální rozsah úseků stok, nebo naopak aby nebyly velké sklony stok navrhovány v dlouhé trati ve spádnicí terénu tam, kde

byly soustavně dosahovány velké rychlosti, až překračovány dovolené rychlosti ve stokách [17, 19].

Systémy stok se dělí dle tvaru uspořádání stok – *radiální*, *větevny*, *úchytný* – a na *pásmový*, který vyjadřuje řešení výškového uspořádání stok v konkrétních podmínkách:

- **Radiální systém** se používá při odvodnění kotlin. Stoky se paprskovitě sbíhají v nejnižším místě kotliny, odtud je odpadní voda odváděna gravitačně nebo přečerpáváním.
- **Větevny systém** je vhodný v členitém terénu. Stoky vedou pokud možno nejkratším směrem a nejvýhodnějším sklonem k nejnižšímu bodu soustředění odpadních vod.
- **Úchytný systém** se používá v dlouhých táhlých údolích. Úchytná stoka v komunikaci podél vodního toku přejímá postupně odpadní vody z jednotlivých sběračů. Zmenšení dimenzí úchytné stoky (snížení nákladů) jednotné soustavy stok lze dosáhnout zřízením odlehčovací komory.
- **Pásmový systém** vznikne při návrhu několika výškových pásem stok. V jednotlivých pásmech může být systém stok radiální, větevny či úchytný. Rozdělení odvodňované oblasti na výšková pásma je výhodné tam, kde je nutno počítat s umělým zdvihem odpadních vod, aby mohly být zaústěny do recipientu a aby čerpané množství bylo minimální. Z nejvyššího pásma jednotné soustavy je možné odvést do ČOV, případně recipientu, gravitačně veškeré druhy odpadních vod za každého stavu hladiny v recipientu. Středních pásem jednotné soustavy může být několik, s ohledem na úroveň území a podzemních částí budov je nutné přečerpávat jen některé odpadní vody (případně se navrhne oddílná soustava, pak se musí přečerpávat pouze splašky). Z nejnižšího pásma (jde zpravidla o zástavbu v inundačním území vodoteče) je nutné bez ohledu na navrženou soustavu veškeré odpadní vody přečerpávat [19].



## 4 Bezvýkopové metody výstavby

### 4.1 Bezvýkopové metody pro neprůlezné průřezy

V současné době jsou bezvýkopové technologie dynamicky se rozvíjejícím oborem v oblasti rekonstrukce inženýrských sítí v případech požadavku na minimální porušení současného terénu, tj. překopávání komunikace v městských částech, prostor pod památkami apod. [16].

Existuje mnoho variant a podvariant bezvýkopových technologií. Jejich vývoj je ovlivněn zejména z důvodu provádění sanací v intravilánech měst a obcí za přítomnosti stávajících inženýrských sítí, požadavku větší rychlosti realizace či nenarušení prostředí. Bezvýkopové technologie nesporně respektují ochranu životního prostředí a přírody mnohem lépe než provádění oprav/obnov/výstavby klasickými technologiemi [15].

Pod pojmem bezvýkopové technologie se rozumí takové metody oprav a obnovy podzemních vedení, při kterých nejsou potřeba žádné výkopové práce z povrchu terénu, respektive jejich rozsah je omezen jen na zřizování pracovních šachet. **Opravou (renovací)** rozumíme pracovní postup, při kterém je provozované vedení ponecháno v původní trase a průřezu a provádějí se na něm pouze lokální zásahy a úpravy povrchu, nebo je provedena kompletní oprava celého podzemního vedení. **Obnovou (rekonstrukcí)** je míněno vybudování nových vedení v původní nebo nové trase, na která se postupně napojují, respektive přepojují domovní přípojky. Přitom je zpravidla zachován tvar a velikost průřezu podzemního vedení, či může být zvětšen nebo zmenšen [16].

### 4.2 Rozdělení bezvýkopových metod výstavby

Bezvýkopové metody výstavby lze dle ČSN EN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení rozdělit na:

- metody s obsluhou na čelbě a bez ní,
- metody řízené a neřízené.

Výše uvedenou normu ČSN EN 12 889 lze použít i pro bezvýkopové technologie obnovy kanalizačních stok a přípojek [4, 16]. Součástí Příloh je uveden přehled bezvýkopových metod výstavby podzemních vedení dle ČSN EN 12 889, viz Příloha 1 [4, 16].

### 4.3 Trouby pro bezvýkopovou výstavbu

Pro metody bez obsluhy na čelbě se používají protlačovací trouby z následujících materiálů:

- kameninové (DN  $\geq$  150),
- čedičové (DN 100 až 600),
- sklolaminátové (DN 160 až 1280),
- litinové (do DN 1200),
- PVC a PE (do DN 600),
- železobetonové (DN  $\geq$  150),
- ocelové (bezešvé do DN 1200),
- polymerbetonové (DN  $\geq$  250),
- dvouvrstvé (tzn. sendvičové) – tj. ze dvou materiálů.

Protlačovací trouby musí splňovat daná kritéria:

- trouby musí kromě zatížení od zeminy a dopravy přenést axiální zatížení od protlačování,
- povrch spojů musí být nepatrně pod povrchem vnějšího průměru trouby, zabrání se tak zvýšenému tření o zeminu,
- spoj musí být vodotěsný i po zatlačení,
- spoj musí umožňovat výchylku, aby bylo možné řídit protlačení.

Trouby se vyrábějí v délkách 1 až 6 m, nejčastější délka je 2 až 3 m. Pro zatahování se používají polyetylenové, litinové a ocelové trouby. V současnosti se používají zejména opláštěné vícevrstvé polyetylenové trouby, tím se zabrání poškození nosné části trouby během zatahování [16].

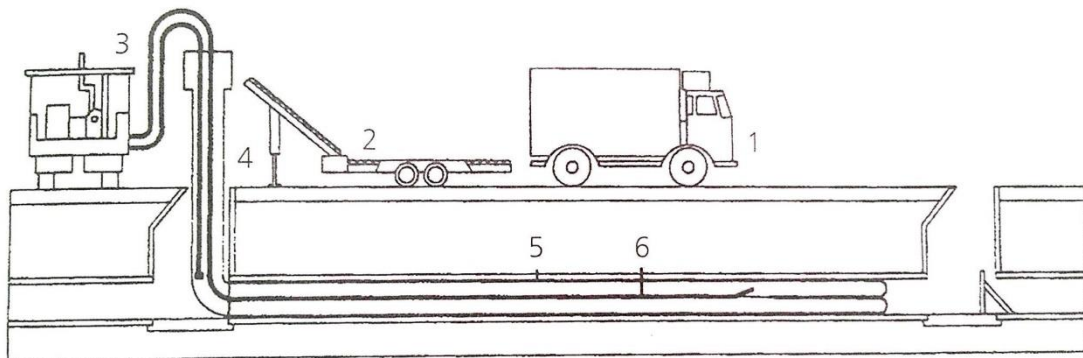
V následujících podkapitolách kapitoly 4 jsou popsány bezvýkopové technologie pro neprůlezný průřez použitelné i pro sanaci kanalizace.

### 4.4 Celoplošné opravy vnitřních povrchů podzemních vedení

Používají se pro opravu potrubí, jejichž statická funkce není ještě narušena. Světlý průměr opravovaného vedení se nezmenší vůbec, respektive dojde jen k nepatrnému zmenšení – v rozsahu zhruba do 20 mm. Je zachován i tvar světlého průřezu – i s příčnými a podélnými deformacemi opravovaného vedení [16].

#### 4.4.1 Opravy potrubí výstelkovými hadicemi (hadicový relining)

Oprava výstelkovou hadicí – rukávцем se provádí pro stará podzemní vedení s nenarušenou statickou funkcí nebo jen s částečně narušenou. Při opravě se vplavuje nebo zatahuje hadice z geotextilie (plst, nylon, stříž ze skelných vláken) opatřená na vnitřním povrchu tenkou vodotěsnou vrstvou z polyetylenu nebo polyuretanu do vedení. Oprava se provádí pro potrubí kruhových i nekruhových průřezů (vejčítý, tlamový, eliptický). Obvod světlého průřezu musí být při opravě v celém úseku konstantní. Výstelková hadice se ještě před zatažením do vedení napustí z vnější strany epoxidovou nebo jinou pryskyřicí. Po zatažení je výstelka tlakem páry, vody nebo vzduchu přitlačí k povrchu sanovaného potrubí. Po vytvrzení vznikne vodotěsná vrstva, která plní částečně i statickou funkci. Metoda je použitelná od DN 100 až do DN 3000. Je možné touto metodou opravovat kanalizaci, vodovod, plynovod z kameniny, oceli, litiny, betonu, azbestu a plastů. Otvory pro přípojky a odbočky se vyříznou do hotové výstelky kanál robotem. Vzhledem k výhodnosti této metody, bylo vyvinuto několik modifikací této metody, například *Metoda Insituform* (vytvrzování teplou vodou), *Brochier-Inliner* (vytvrzování teplou vodou), *Process Phoenix* (vytvrzování stlačeným vzduchem) či *vytvrzování UV zářením* [16].



Obr. 4.4.1 – Schéma opravy starého potrubí metodou Insituform [16]

##### Legenda

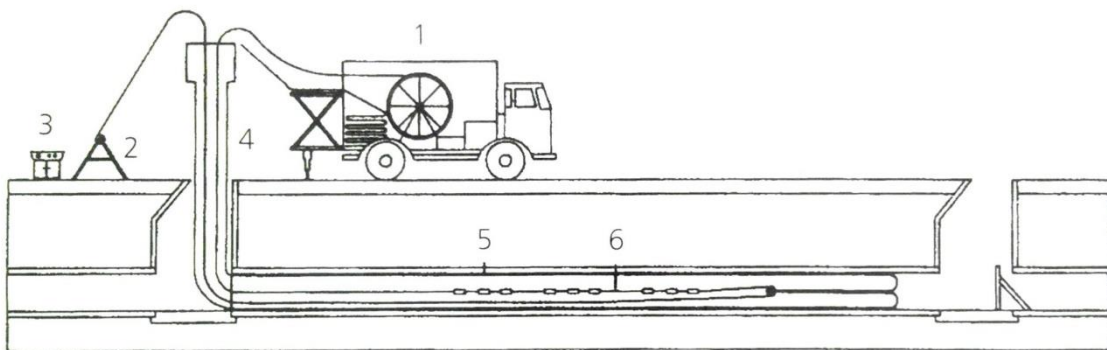
1 – chladiřský vůz, 2 – pásový dopravník, 3 – mobilní otopné zařízení, 4 – otáčecí (inverzní) šachta, 5 – hadice Insituform, 6 – otopná hadice

##### Vytvrzování UV zářením

Principem je vytvrzování bezešvé výstelkové hadice ze skelných vláken, napuštěné polyesterovou pryskyřicí. Hadice je z obou stran chráněna vodotěsnou fólií a ozařována UV zářením. Výstelková hadice je k sanovanému povrchu přitlačena nafouknutím

stlačeným vzduchem, přitom jsou oba konce potrubí v daném úseku vzduchotěsně uzavřeny. Vytvrzování probíhá protahováním UV zářičů na speciálním podvozku pomocí lanového navijáku rychlostí 1 m/(2 až 3) min. Fólie vytvrzená UV zářením má dostatečnou únosnost prokázanou statický výpočtem. Je možné metodu použít i v případě částečně narušené statické funkce potrubí. Vytvrzovací hmota je duroplastická a vytvrzovací teplota dosahuje až 160 °C. Hadice je zabalená do černé fólie odolné vůči UV záření a je možné ji skladovat i několik měsíců.

Při použití této metody odpadá potřeba ohřevu velkého množství vody na 80 – 90 °C a její opětovné ochlazení před vypuštěním. Celý proces vytvrzování proběhne na úseku 60 – 100 m za několik hodin. Díky tomu je sanované podzemní vedení vyřazeno z provozu až o 50 % kratší dobu oproti obvyklému ohřevu. Sníží se tak i doba záboru ploch na zařízení staveniště, energetická náročnost (oproti vytvrzování ohřevem) či omezení dopravy [16].



Obr. 4.4.2 – Vytvrzování výstelkové hadice UV zářením [16]

#### Legenda

1 – zařízení s generátorem, kabelovým bubnem a pracovním lešením, 2 – lanový naviják, 3 – obslužný pult, 4 – obrácení výstelkové hadice, 5 – zabudovaná výstelka, 6 – UV zářiče

## 4.5 Opravy vedení s narušenou statickou funkcí

*Relining*, souhrnný název pro metody oprav vedení s narušenou statickou funkcí. Metody spočívají v zatahování nových trub (nejčastěji plastových) do starých, porušených, příčně a podélně zdeformovaných trub. Metody se používají pro trouby betonové, kameninové, železobetonové, azbestocementové a výjimečně litinové. Volný prostor mezi novým vedením a lícem starého vedení se vyplňuje cementovou maltou, tím jsou obě konstrukce spojeny. Statickou funkci však musejí plně převzít nové trouby za spolupůsobení s okolní zeminou.

Zatahování je umožněno díky menšímu vnějšímu průměru zatahované trouby, než je nejmenší světlý rozměr zdeformovaného starého vedení. Toto výrazné zmenšení světlého průřezu však nemusí znamenat i zmenšení jeho průtočné kapacity. Hladký povrch nové trouby má příznivější hydraulické vlastnosti než průřez starého, obroušeného, inkrustami znečištěného a příčně i podélně zdeformovaného potrubí.

Metody *reliningu* lze rozdělit na:

- zatahování krátkých trub,
- zatahování dlouhých trub,
- zatahování dočasně zdeformovaných trub,
- zatahování navíjených trub,
- zatahování trub s žebrovaným vnějším povrchem [16].

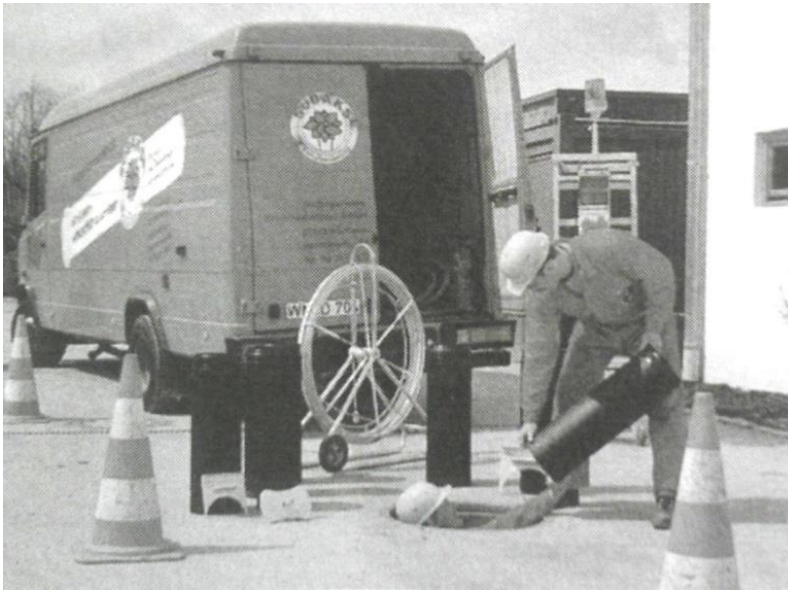
#### 4.5.1 Zatahování krátkých trub

Metoda nevyžaduje žádné výkopové práce, neboť je zatahování prováděno přes provozní šachty. To je omezuje použití metody pouze do vnějšího průměru DN 600, které je možno osazovat přes pokloповé otvory. K opravě se používají bezhrdlové polyetylenové nebo polypropylenové trouby (výjimečně sklolaminátové nebo kameninové) délek 0,5 – 2,0 m. Tato délka umožňuje zasunutí nového potrubí přes provozní šachtu do starého vedení. Trouby jsou spojeny na závit, těsným betonovým spojem, lepeným, respektive svařovaným bezhrdlovým spojem.

Pracovník na povrchu terénu podává jednotlivé trouby pracovníkovi v montážní šachtě, který je napojuje na trouby již nasunuté do sanovaného potrubí. Navíjecím bubnem s tažným lanem, který je v cílové šachtě, je montovaný úsek nového potrubí do starého zatahován. Odbočky a přípojky jsou realizovány zpravidla v otevřených výkopech. Po dokončení zasunování na celé délce sanovaného úseku mezi šachtami se prostor mezi starým a novým vedením zaplní porézním betonem. Tím je dosaženo vzájemného statického spolupůsobení.

Výhodné použití této metody je zejména v prostorově stísněných podmínkách center starých měst. Důvodem jsou minimální zábory ploch na opravu a tím i minimální omezení dopravy. Další výhodou je chemická rezistence zabudovaných trub z polyetylenu vůči agresivitě transportovaných médií.

Nevýhodou je pomalejší postup oprav oproti jiným technologiím *reliningu* či delší vyřazení opravovaného úseku z provozu [16].



Obr. 4.4.3 – Zatahování krátkých trub [16]

#### 4.5.2 Zatahování dlouhých trub

Do opravovaného potrubí je zatahována trouba na požadovanou délku z polyetylenových, polypropylenových či polyvinylchloridových trub. Metoda je použitelná tam, kde je podél trasy sanovaného vedení dostatek místa na svařování zatahovaných trub na potřebnou délku. Použití pro sanaci kanalizací, vodovodů a plynovodů DN 50 – 3000.

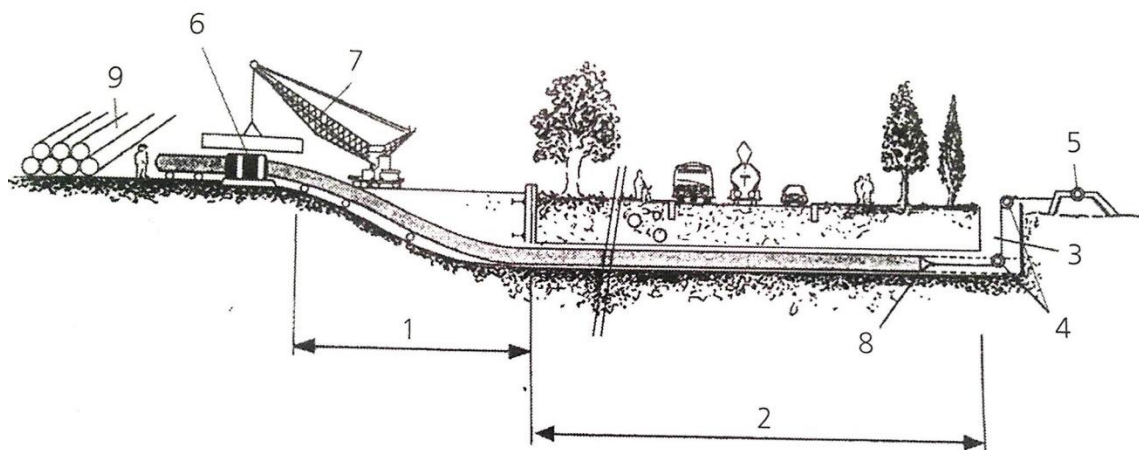
Nejprve jsou zřízeny zatahovací a navijákové jámy, které mohou být ve vzdálenosti až 800 m. Poté je provedeno rozřezání opravovaného potrubí, odstranění vyříznutých kusů z jam a důkladné vyčištění starého vedení. Současně probíhá i svařování nových trub na požadovanou délku. Nové potrubí je zatahováno pomocí lanového navijáku přes zatahovací hlavu, přichycenou na čele první trouby. Aby nedošlo k poškození zatahované plastové trouby, musí být na zatahovacím otvoru přichyceny vodící ližiny. Aby nedošlo k deformaci, respektive poškození zatahovaného potrubí musí být zatahovaná jáma dostatečně dlouhá (závisí například na průměru zatahovaného potrubí). Následně je zaplněn volný prostor mezi starým a novým vedením cementovou maltou nebo porézním betonem.

Opravovaný úsek musí být přímý, ve velkých poloměrech směrových a výškových oblouků.

Výhodou je rychlost průběhu vlastních prací, malé narušení životního prostředí (konkrétně dopravy, neboť pracovní jámy mohou být ve vzdálenostech až několik set

metrů), vodotěsnost svařovaných spojů či odolnost proti agresivitě transportovaných médií a obrusu.

Nevýhodou je potřeba dlouhých zatahovacích jam a fakt, že se světlý průřez opravovaného potrubí zmenší až o 40 %. Při zatahování trub velkých průměrů zabírají trouby na skládkách a při dopravě velký prostor [16].



Obr. 4.4.4 – Schéma zatahování dlouhých trub [16]

#### Legenda

1 – délka jámy, 2 – délka zatahovaného úseku, 3 – cílová šachta, 4 – kladka, 5 – naviják, 6 – svářecí agregát, 7 – jeřáb, 8 – zatahovací hlava, 9 – skládka trub



Obr. 4.4.5 – Svařování termoplastových trub před jejich zataháním [16]

### 4.5.3 Zatahování dočasně zdeformovaných trub

K zatahování dočasně zdeformovaných trub vede snaha o minimalizaci zmenšení průřezu opravovaného potrubí, k němuž dochází u klasických metod *reliningu* pomocí krátkých, respektive dlouhých plastových trub.

Jedná se o tzv. *close-fit metody*:

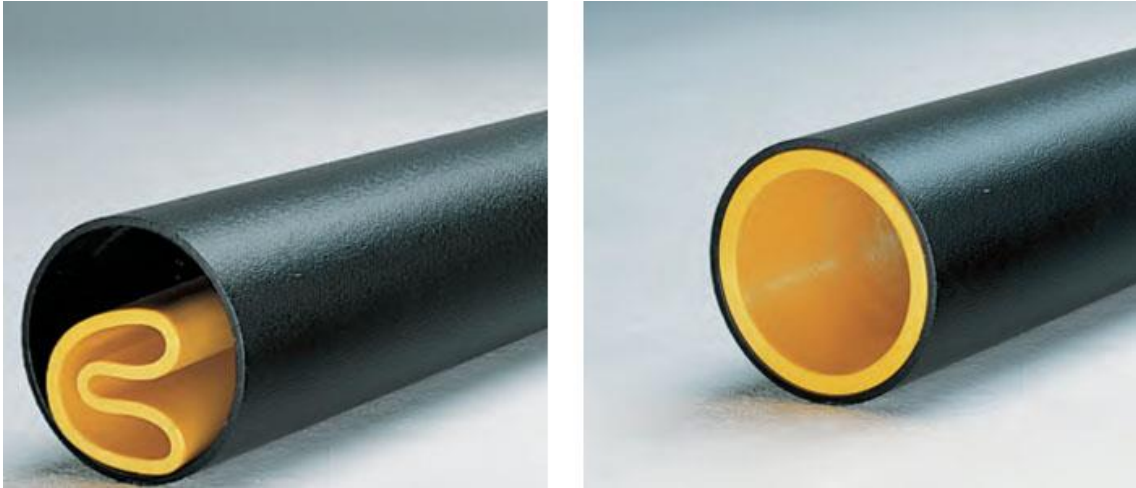
#### Metoda Compact Pipe (C-liners, U-liners)

Princip této metody spočívá v tom, že je polyetylenová trouba ve výrobním závodě tepelně zdeformována do tvaru C, čímž se její průměr zmenší asi o 50 %, viz obr. 4.4.6. Takto zdeformovaná trouba je navinuta na buben a dopravena na místo zabudování (viz obr. 4.4.7, kde je prostřednictvím provozní šachty, respektive jiné pomocné šachty zatažena do opravovaného potrubí. Světlý průřez opravovaného potrubí má být shodný s vnějším průřezem nezdeformované trouby. Poté je do zabudované zdeformované trouby přivedena horká pára o přetlaku asi 0,1 MPa, díky které se na tzv. *principu paměti (Memory-Effect)* zdeformovaná trouba znovu vyrovná do původního tvaru. Na základě toho trouba přilne bez výraznějšího zmenšení průřezu k povrchu opravovaného potrubí.

Touto metodou lze provést opravu potrubních vedení průměrů 100 až 500 mm na úsecích délky až 1500 m. Obvykle se tato metoda provádí na úsecích délky jen několik set metrů. Vzhledem k tomu, že *Compact Pipe* má vlastní únosnost, nemá statická neúnosnost starého potrubí žádný vliv na tento postup opravy. Otvory pro přípojky se do opraveného potrubí dodatečně vyříznou kanálrobotem.

Realizační náklady této metody jsou nízké, neboť při zatahování zdeformovaných trub je možné použít provozní, respektive revizní šachty. Životnost takto opraveného potrubí je stejná jako životnost nové plastové trouby [16].





Obr. 4.4.6 – Relining metodou Compact Pipe (C-Liners) [23]

**Popisek k obr. 4.4.6**

Vlevo – Zdeformovaná plastová trouba uvnitř opravovaného potrubí

Vpravo – Trouba po navrácení do kruhového tvaru uvnitř opravovaného potrubí



Obr. 4.4.7 – Compact Pipe – zdeformovaná trouba navinutá na bubnu [21]

## 4.6 Obnova podzemních vedení v původní trase

Provádí se v případě, že staré vedení nebo ostění stoky je narušeno do takové míry, že ztratilo funkčnost a akutně hrozí jeho havárie. Dále v případě, že je průřez příčně a podélně natolik zdeformovaný, že se snížila jeho průtočná kapacita, či starý průřez nevyhovuje kapacitně současným zvýšeným požadavkům. Důvodem je také prostor,

finance a možnost realizace pouze na udržovací práce. Proto je výhodnější vést obnovené potrubí v původní trase.

Nově zabudovaná potrubí mohou být z kameniny, plastu, litiny, oceli, železobetonu, plastbetonu či jiných vhodných materiálů [16].

#### **4.6.1 Metody trhání starých podzemních vedení (Pipe Bursting)**

Tato metoda je použita za předpokladu kruhového průřezu trhaného vedení. Dalším předpokladem je křehkost materiálu (kamenina, litina, nevyztužený beton). Po úpravě trhací hlavy je možné řezat také i ocelová či plastová potrubí. Současně s trháním starých trub se provádí zabudování nového vedení. To lze realizovat několika způsoby:

- zatahováním dlouhých (svařovaných nebo lepených) trub z plastů,
- zatahováním krátkých trub z plastů, kameniny nebo betonu s bezhrdlovými spoji,
- zatlačováním (zasouváním) krátkých trub s hladkým vnějším povrchem.

Spoje trub musejí být při zatahování uzpůsobeny na přenesení tahových napětí, respektive tahové napětí musí být ze spojů vyloučeno.

Metody trhání starých trub lze rozdělit na:

- statické trhání,
- dynamické trhání.

Při zatahování krátkých trub je možné trouby zatahovat nebo zasouvat vstupními šachtami, tím tak odpadá zemní práce. Za to se ale zpomaluje postup obnovy. Naopak při zatahování dlouhých trub je potřeba dlouhá pracovní jáma. Je také nutné brát ohled na minimální přípustný poloměr ohybu trub, který závisí na průměru potrubí a výšce nadloží [16].

#### **Metoda dynamického trhání potrubí**

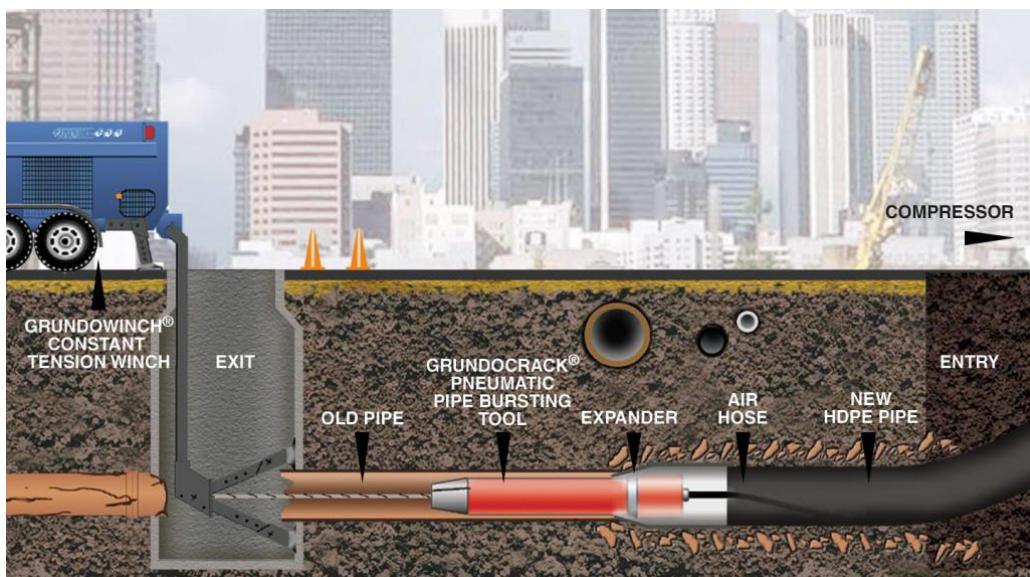
Potrubí je trháno dynamicky pomocí upravených pneumatických propichovacích kladiv. Pracovní postup je znázorněn na obr. 4.4.8. Pneumatické kladivo, které je doplněné o trhací hlavu a rozšiřovací pouzdro, je od pracovní jámy do starého potrubí zatahováno lanem přes naváděcí kladku do cílové jámy. Dle materiálu trhaných trub je volena konstrukce trhací hlavy. Trhání napomáhají dynamickými účinky – úderu pneumatického kladiva. Střepiny ze starých trub jsou rozšiřovacím pouzdem roztláčovány do okolní zeminy. Do tohoto nově vytvořeného otvoru je zatahováno nové

potrubí buď stejného, nebo většího vnějšího průměru. Rychlost trhání trub je závislá na průměru a materiálu trub, vlastnostech zeminy v dané trase či na výšce podloží a pohybuje se v rozmezí 1 až 4,5 m/min. Tření, vzniklé během zatahování, je možné zmenšit přiváděním mazací bentonitové suspenze přímo za trhací kladivo.

Výhody použití této metody jsou:

- rychlost pracovního postupu,
- jednoduchost,
- prostorová nenáročnost trhacího zařízení,
- tažná síla vyvozovaná lanem – ta totiž při zatahování napomáhá správnému směrovému vedení zatahovaného nového potrubí.

Nevýhodou jsou otřesy, nežádoucí posuny, velká hlučnost, zhutňování zeminy kolem trhaných trub, které může poškodit souběžné podzemní vedení či může způsobit vytlačování nadloží [16].



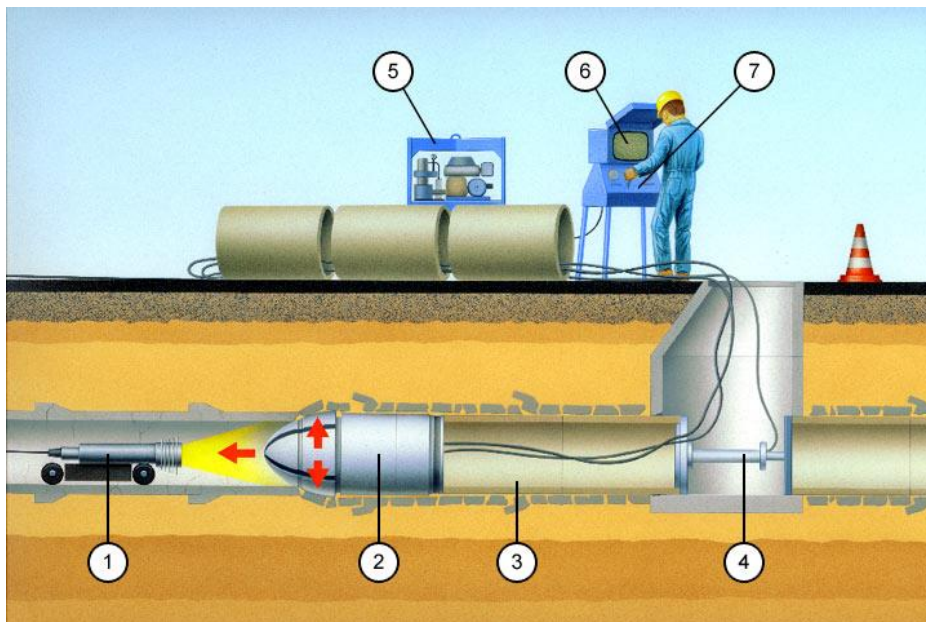
Obr. 4.4.8 – Trhání nefunkčního potrubí zařízením Grundocrack [32]

### Metoda statického trhání potrubí

Metoda je vhodná zejména k obnově kanalizačního potrubí DN 180 až 900 z křehkých materiálů jako je například kamenina či prostý beton, a to při zachování nebo zvětšení vnějšího průměru. Jedná se o metodu patentována v USA a používána i v Evropě, a to pod názvem KM-Berstlining nebo Express-Berstlining. Pracovní postup této metody je patrný z obr 4.4.9.

Hlavní výhodou této metody je oproti metodě dynamického trhání potrubí menší hlučnost či téměř žádné způsobené otřesy. To umožňuje ji použít i při obnově podzemního vedení vedoucího pod zástavbou nebo v blízkosti souběžných provozovaných podzemních vedení.

Obnova podzemního vedení je prováděna z provozních jam pod dohledem videokamery. Zprvu je třeba připravit průnikový otvor vedení skrz stěnu jámy rozšířit na maximální průměr použité trhačí hlavy – expandéru. Expandér a nové trouby jsou zatahovacím lanem vedeným starým potrubím a dvojicí kladek v cílové šachtě naváděny do požadovaného směru. Vlastní zatahování je zabezpečeno cyklicky pracujícím hydraulickým zařízením, nejedná se tedy o kontinuální zatahování a délka kroků závisí na zdvihu hydraulických válců zatahovacího zařízení [16].



Obr. 4.4.9 – Express-Berstlining [29]

#### Legenda

1 – videokamera, 2 - expandér, 3 – nové potrubí, 4 – zatlačovací hydraulický válec, 5 – hydraulický agregát, 6 – monitor, 7 – dálkové ovládání

## 5 Zájmové území Komořany, Praha

### 5.1 Charakteristika území

V městské části Komořany, Praha 12 převládá zástavba rodinných domů. Malá část území je tvořena 4 – 8 podlažní sídlištní zástavbou. V severovýchodní části území je průmyslový areál, jenž je v současnosti využíván pro nevýrobní účely [33]. V obci trvale žije 1 941 obyvatel (aktuálně k datu 31. 12. 2015) [31].

Jedná se o obec s přiměřenou občanskou a technickou vybaveností, o oblast, v které mají sídla další podnikatelské subjekty. Komořany se nachází v pásmu hygienické ochrany II. stupně odběru vody z Vltavy v blízkosti jejího soutoku s Berouňkou.

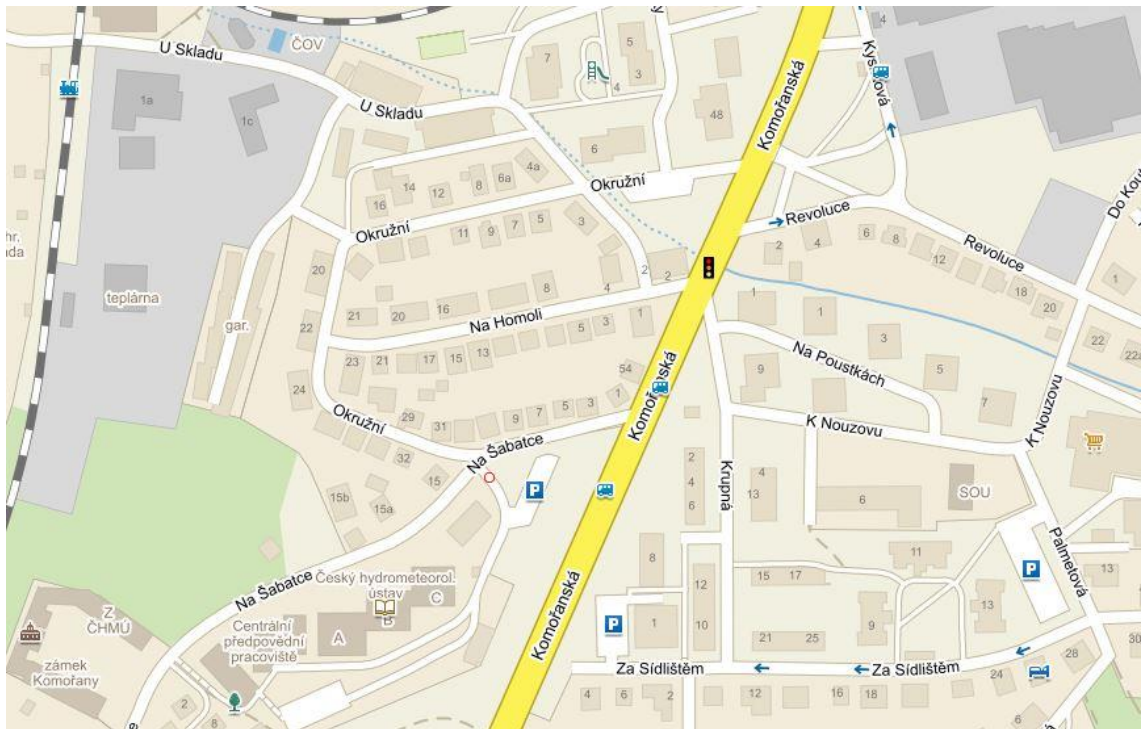
Odvodnění území Komořan zajišťuje Komořanský potok a místní vodoteč Komořsko, které ústí do Vltavy v blízkosti jejího soutoku s Berouňkou.

V městské části je vybudována jednotná a splašková kanalizace, na kterou jsou napojeny objekty v průmyslovém areálu a část bytové zástavby. Zbytek bytové zástavby je napojen na bezodtokové jímky, z kterých se pak splaškové vody vyváží, nebo vytékají nečisté přímo do Vltavy. Stávající kanalizace je různého stáří a stokové sítě jsou převážně vybudované z kameniny. Odpadní vody z městské části Komořany jsou sváděny do třech ČOV.

V ulici U Skladu se nachází první čistírna odpadních vod, do které jsou napojeny objekty průmyslového areálu a bytová zástavba. Jedná se o mechanicko – biologickou čistírnu. Ta se skládá z hrubého předčištění, mechanického předčištění, čerpací stanice, biologického čištění (nízkozátěžová aktivace s nitrifikací), dosazovací nádrže a kalového hospodářství (kal je likvidován odvozem).

Druhá ČOV je umístěna u areálu ČHMÚ v ulici Na Šabatce a likviduje odpadní vody z budov ČHMÚ a rodinných domů v ulici Okružní. Jedná se o biologickou čistírnu typ BČ 65 – C. Ta se skládá z přítokové jímky, aktivačního prostoru s hřebenovým bubem a dosazovacího prostoru s přepadovým žlábkem. Kal je též likvidován odvozem.

A na ÚČOV (Ústřední čistírna odpadních vod Praha) [33].



Obr. 5 – Zobrazení zájmového území [30]

## 5.2 Základní údaje o stavbě

### Identifikační údaje

Název stavby:	Rekonstrukce stoky
Místo stavby:	Praha 12
Katastrální území:	Komořany [728519]
Výškový systém:	Balt po vyrovnání

### Rozsah řešení stavby

Jedná se o rekonstrukci splaškové kanalizace bezvýkopovou technologií.

## SPLAŠKOVÁ KANALIZACE ČÁST IV

### Úsek 1

Stoka „ul. Krupná – ul. Za Sídlištěm (šachta Š 5 – Š 28)“

DN 500 – KT – dl. 150,4 m

Úsek 2

Stoka „ul. Krupná – ul. Za Sídlištěm (šachta Š 26 – Š 47)“

DN 300 – KT – dl. 127,7 m

Označení jednotlivých sanovaných úseků

Úsek a)	šachta Š 5 – Š 26	DN 500 – KT – dl. 81,3 m
	napojeno 5 ks domovních přípojek	
Úsek b)	šachta Š 26 – Š 28	DN 500 – KT – dl. 69,1 m
	napojeno 1 ks domovních přípojek	
Úsek c)	šachta Š 26 – Š 41	DN 300 – KT – dl. 3,5 m
	bez domovních přípojek	
Úsek d)	šachta Š 41 – Š 44	DN 300 – KT – dl. 57,4 m
	napojeno 2 ks domovních přípojek	
Úsek e)	šachta Š 44 – Š 45	DN 300 – KT – dl. 6,6 m
	bez domovních přípojek	
Úsek f)	šachta Š 45 – Š 47	DN 300 – KT – dl. 60,2 m
	napojeno 4 ks domovních přípojek	

Celková délka sanovaného úseku je 278,1 m.

Celkem 12 ks přípojek, délky 203,0 m.

**Výchozí podklady**

- situace IMIP
- geodetické zaměření terénu a povrchových znaků
- pasport kanalizace a vodovodu PVK, a.s.
- stávající podzemní inženýrské sítě dle podkladů jednotlivých správců
- terénní průzkum
- použité normy – viz Seznam použité literatury a zdrojů: Normy a standardy

Pro účely návrhu rekonstrukce stoky bylo použito předložené výškové zaměření ve výškovém systému JADRAN. Pro další zpracování poskytnutého zaměření byly veškeré údaje převedeny do systému závazného pro území ČR. Převodní koeficient pro území hl. m. Prahy je  $B_{pv} = JADRAN - 0,40$  m.

### Koncepce řešení

Rekonstrukci stoky je nutné realizovat z důvodu špatného technického stavu potrubí splaškové kanalizace. Návrh rekonstrukce stoky řeší 2 úseky stávající SPLAŠKOVÉ KANALIZACE ČÁST IV. Úsek 1 od křižovatky ul. Krupná s ul. K Nouzovu směrem ke křižovatce s ul. Za Sídlištěm a koncový úsek v ul. Za Sídlištěm (šachta Š 5 – Š 28), viz B. Výkresová část – příloha B.2 – Přehledná situace. A úsek 2 v ul. Krupná směrem ke křižovatce s ul. Za Sídlištěm (šachta Š 26 – Š 47), viz B. Výkresová část – příloha B.2 – Přehledná situace. Do stávající šachty Š 26 se napojuje úsek 2 na úsek 1.

Technické řešení musí respektovat provedení kanalizace jako vodotěsné a musí splňovat požadavky dle ČSN EN 1610 Provedení stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení a ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek. Závěrečné zkoušky vodotěsnosti se provedou vzduchem nebo vodou. Zkoušky je nutné provést na celém rekonstruovaném úseku včetně šachet. V případě nevyhovující zkoušky vzduchem je přípustné provést zkoušku vodou – její výsledek je pak rozhodující. Průzkum kvality provedených prací bude proveden prohlídkou potrubí TV kamerou. Kamerová zkouška bude provedena u všech kanalizačních potrubí a revizních šachet [3, 9].

### Značení šachet

- **splašková kanalizace**

Šachty splaškové kanalizace jsou označovány dle poskytnuté dokumentace arabskými číslicemi, tj. Š 5 apod.

- **dešťová kanalizace**

Šachty dešťové kanalizace jsou označovány dle poskytnuté dokumentace římskými číslicemi, tj. Š XXII apod.

Tabulka šachet je součástí Příloh, viz Příloha 2.

### Inženýrské sítě

V situaci je průběh inženýrských sítí zakreslen dle dostupných podkladů jednotlivých správců inženýrských sítí. Stává se, že skutečné polohy inženýrských sítí jsou často odlišné a je nutné inženýrské sítě ověřit v terénu vytýčením správcí apod.



Křížení s inženýrskými sítěmi je patrné ze situace (viz B. Výkresová část – přílohy B.2 – Přehledná situace nebo B.3 – Podrobná situace) a podélném profilu (viz B. Výkresová část – přílohy B.4 – Podélný profil 1 a B.5 – Podélný profil 2).

Místa křížení a souběhy s inženýrskými sítěmi jsou provedeny v souladu s ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Při provádění stavby musí být respektovány všechny požadavky správců sítí, které jsou uvedené v jejich vyjádření [6].

### **Domovní přípojky**

Potrubí domovních přípojek je navrženo z kameninových trub o dimenzi DN 200. Trasa přípojky je vedena kolmo na veřejnou stoku. Přípojky musí respektovat vzájemné křížení s ostatními inženýrskými sítěmi.

V případě objektů s číslem parcely 245, 246 a 247 přetrvává z minulosti napojení více odběratelů prostřednictvím jedné kanalizační přípojky, tzv. sdružené kanalizační přípojky. Dnes je zákonem č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích v platném znění výstavba nové sdružené jak kanalizační, tak i vodovodní přípojky zakázána.

V případě parcely č. 466/2 je předpokládána k shromažďování splaškových odpadních vod žumpa, eventuálně septik. Důvodem předpokladu je držení se obecné zásady kolmého napojení. I v případě šikmého napojení přípojky by musela být trasa přípojky provedena s lomem, aby nevedla přes cizí pozemek parcely č. 465/2.

Tabulka domovních přípojek je součástí Příloh, viz Příloha 3.

### **Podélný profil**

Z poskytnutých podkladů není patrné staničení stávající SPLAŠKOVÉ KANALIZACE ČÁST IV, z toho důvodu byl podélný profil rekonstruovaných úseků uvažován se staničením 0,0 km.

Hodnoty kapacitního průtoku a kapacitní rychlosti byly získány na základě sklonů stávající kanalizace a prostřednictvím lineární interpolace z tabulek Tabulky kapacitního plnění a kapacitní rychlosti [14].

### **Příčný řez**

V příčných řezech je vyneseno stávající terén (povrch vozovky), který byl prostřednictvím lineární interpolace vypočten z poskytnutého zaměření. Z důvodu řídkého zaměření – nedostatečného zaměření – není profil povrchu terénu adekvátní.

Nicméně odpovídá zaměření stávajícího terénu. Vzhledem k tomu, že se jedná o sanaci podzemního vedení bezvýkopovými technologiemi, zůstává stávající povrch neměnný.

### 5.3 Stanovení vhodných variant sanace

Při výběru metody, která bude použita, hraje podstatnou roli stáří podzemního vedení a materiál, z něhož je vedení vybudováno. Důležité je to zejména tehdy, když je podzemní vedení vybudované z různých materiálů a s odlišnou životností. V praxi se uvažuje orientační doba životnosti podzemního vedení, která je pro nejběžnější trubní materiály uvedena v tab. 5.1 [16].

Tab. 5 – Orientační doba životnosti podzemního vedení [16]

Materiál vedení	Životnost (roky)
ocelové trouby	25 - 40
plastové trouby	40 - 60
betonové a železobetonové trouby	50 - 70
plastbetonové trouby	60 - 80
litinové trouby	80 - 100
kameninové trouby	90 - 110
trouby z litého čediče	více než 100

Oprava/obnova stávajících podzemních vedení nevyžaduje tak podrobný průzkum, neboť ten byl proveden již při výstavbě. Problémem je však lokalizace poruch, stupeň negativního vlivu poruch na okolní prostředí atd. Při porušení potrubí může hrozit i propadnutí nadložních vrstev či narušení stability dopravních a jiných staveb pod úrovní terénu s možností následné destrukce povrchu. Včasná indikace porušení může zamezit značným škodám a významně tak snížit i náklady na opravu/obnovu.

Stav neprůlezných průřezů podzemního vedení se zjišťuje videokamerou po předcházejícím vyčištění. Stav průlezných a průchozích vedení se zjišťuje vizuální prohlídkou, z které se zpracuje fotodokumentace a podrobný záznam, který slouží jako podklad pro zpracování projektu opravy. V současnosti se u průlezných vedení stále častěji používá také kamerový průzkum.

Při volbě metody opravy/obnovy podzemního vedení se z průzkumu stavu vedení zohledňuje:

- statika vedení (vyhovující/nevhovující),
- velikost průřezu (neprůlezný, průlezný, průchozí),

- tvar průřezu (kruhový, nekruhový),
- materiál, z kterého je vedení vybudováno,
- přístupnost zmenšení světlého průřezu vedení při opravě,
- provozní podmínky (např. možnost krátkodobého zpětného vzduší hladiny splašků),
- druh a rozsah poruch na vedení,
- chyby, jež mají být odstraněny, a očekávané vylepšení [16].

### Technické řešení

Pro návrh rekonstrukce stávající splaškové kanalizace byly vybrány dvě metody sanace bezvýkopovou technologií. Jedná se o metody *GFK-Liner* a *Compact Pipe*. Tyto metody budou konkrétně popsány včetně postupu provádění, použitých strojů, potřebných k sanaci, a odhadu investičních nákladů na provedení sanace potrubí danou technologií. Následně bude vyhodnocen jeden variantní návrh doporučený pro realizaci rekonstrukce stoky.

## 6 Popis vybraných sanačních technologií

### 6.1 Technologie GFK-Liner

Tato metoda slouží pro bezvýkovopou sanaci stávajících kanalizačních gravitačních potrubí.

V kapitole 4.3.1.1 byly vyjmenovány možné materiály rukávce, tj. plst (syntetická vlákna jako nosný materiál), sklolaminát (skleněná vlákna jako nosný materiál) či nylon, a také možnosti vytvrzování rukávce.

V rámci popisu vybraných sanačních technologií byla zvolena konkrétní varianta technologie *GFK-Liner*, a to sanace potrubí vložkováním bezešvým rukávцем z tkané skelné rohože sycené polyesterovou pryskyřicí a vytvrzováním vložky UV zářením. Následující popis vybrané technologie bude popsán pro tuto konkrétní variantu.

Pro přehlednost názvů technologií je uveden seznam firem, provádějících sanaci potrubí vložkováním rukávцем se sklolaminátovými vlákny nasyceného pryskyřicí:

- **BHM spol. s r.o.** pod názvem *UV Liner* (Firma provádí sanace potrubí vložkováním ještě jedním způsobem – inverzní metodou *INSAK*. Jedná se o vložku vyrobenou z netkané textilie ze syntetických vláken ve tvaru rukávce (hadice), nasycenou pryskyřicí [22].),
- **I.B.O.S. EU, a.s.** pod názvem *UV Liner* – Liner typ I a Liner typ II,
- **MEKINA spol. s r.o.** pod názvem *UV Liner*,
- **TRASKO, a.s.** pod názvem *UV Liner*,
- **ZEPRIS s.r.o.** (je součástí skupiny firem LUDWIG PFEIFFER) pod názvem *GFK-Liner*.

Výrobce rukávců je **RELINEEUROPE AG**, který vyrábí rukávce *Alphaliner*, *AlphalinerUP*, *AlphalinerVE/VEU*, *AlphalinerHP*, *AlphalinerECO* a UV zařízení *REE*.

Dalšími možnými dodavateli rukávců jsou:

- **SAERTEX multiCom® GmbH** pod názvem *GFK-Liner*,
- **Brandenburger Liner GmbH & Co. KG** pod názvem *The Brandenburger Liner BB2.5*.

#### Důvody volby sklolaminátového rukávce

- Až o polovinu tenčí sanační rukávec při zachování statických i mechanických parametrů v porovnání s plstěným rukávцем. Pro DN 300 je potřebná minimální tloušťka v případě plstěného rukávce 5,6 mm a v případě *Alphalineru500* 3,0 mm.

- Dle výsledků zkoušky ohybem při třibodovém zatížení dle DIN EN ISO 178 a DIN EN ISO 11296-4 vykazuje sklolaminátový rukávec mnohem lepších hodnot krátkodobého modulu pružnosti a krátkodobé pevnosti v tahu za ohybu.
- Zkoušky těsnosti na vzorcích rukávců: Protože vnitřní vrstvu nejde při zkoušce rukávu se syntetickou plstí jako nosným materiálem na stavbě odstranit, je možné provést kontrolu laminátu u tohoto typu pouze v laboratoři. Na stavbě se vždy určuje pouze tloušťka vnitřní fólie [10, 11, 27, 28, 41, 42].

### **Důvod volby polyesterové pryskyřice**

- Použití polyesterové pryskyřice pro komunální odpadní vody.
- Použití vinylesterové pryskyřice pro průmyslové odpadní vody [46].

### **Důvody volby vytvrzováním UV zářením**

- Jedná se o rychlejší a ekonomičtější způsob než v případě vytvrzování rukávu teplou vodou.
- Odpadá likvidace a odvoz technologické vody na ČOV (kontaminace styrenem).
- Napojení přípojek či šachet je možné až po úplném odeznění procesů smršťování. U termického vytvrzování (teplá voda nebo pára) smí proběhnout napojení přípojek nejdříve tři týdny po vytvrzení rukávce [46].

## **6.1.1 Technický popis**

Sanace potrubí je prováděna pomocí bezešvého rukávce z tkané skelné rohože sycené polyesterovou pryskyřicí. Pevnost materiálu je po vytvrzení plniva dána modulem elasticity. Rukávce se vyrábí kontinuálním vinutím v délkách až do 300 m. Před vlastním navíjením jsou jednotlivé role skelných vláken speciálně vyvinutých pro tento způsob výroby rovnoměrně nasyceny polyesterovou nebo vinylesterovou pryskyřicí na impregnační lince. Veškerá data z kontroly materiálu a výrobního procesu jsou ukládána a dokumentována v databázi, tudíž jakékoliv odchylky se pracovníkům výroby zobrazí online.

Vložka je oboustranně chráněna PE-PA (polyetylen-polyamid) fólií, což zabraňuje možnosti vyplavování pryskyřice balastní vodou, poškození tkaniny při zatahování do potrubí či hydrolýze (jedná se o navázání vodíku z balastní vody do molekulární vazby pryskyřice). Fólie umožňují pouze snazší manipulaci s nasyceným rukávцем

a z hlediska celkových vlastností vyrobené opravné vložky nemají žádný význam. Vnitřní fólie se po vytvrzení zcela odstraní.

Oprava je prováděna přes stávající revizní šachty a do profilu DN 1000 je instalace možná bez nutnosti demontáže šachet. *GFK-Liner* zcela kopíruje stávající potrubí a těsně k němu přilne. Za jeden pracovní den je možné sanovat úseky dlouhé až 300 m, což umožňuje opětovné zprovoznění kanalizace v nejkratší možné době.

Dle statického výpočtu je stanovena tloušťka stěny rukávce. Rukávec je zabalený do ochranné fólie a tím chráněný i proti UV záření. Rukávec se sytí mimo místo instalace, tedy tam, kde jsou zaručeny podmínky pro práci s pryskyřicí a skelnou tkaninou. Tím je zaručena kvalita nasycení rukávce, bez vlivu místních podmínek a počasí na stavbě. Vložka je na stavbu dopravena ve speciálním kontejneru. Po zatažení rukávce se vložka přitlačí na stěnu stávajícího potrubí vzduchem a vytvrdí se UV zářením [13, 46, 49].

### 6.1.2 Materiál sanovaný

Netlakové potrubí pro všechny druhy profilů – kruhové, vejčité, tlamové, obdélníkové a speciální profily [13, 46, 49].

### 6.1.3 Omezující podmínky

Oblast použití technologie potrubí o jmenovitých světlostech DN 150 – DN 1300. Kromě tradičních dimenzí lze v tomto rozsahu vyrobit také rukávce individuálních světlostí. Omezení profilu dle tloušťky stěny rukávce 3 – 28 mm na základě statického výpočtu. Nelze sanovat potrubí, která jsou zborcená, zřícená apod. (viz kapitoly 7.1 Zadávací podmínky pro statický výpočet (obecně) a 7.2 Návrh rukávce).

Sanační kolona je složena z navíjecího zařízení, mobilního zařízení potřebného pro proces tvrdnutí a nasycení rukávce. *Alphaliner* je na stavbu dopraven ve speciálním kontejneru, protože musí být skladován v originálním obalu za monitorovaných teplotních podmínek v rozsahu +5 až +30 °C. Musí být skladován suchý, musí být chráněn proti vodě a přímému světlu. Skladovatelnost je při patřičném chlazení 26 týdnů. Při tloušťce stěny větší než 10 mm mohou být do *Alphalinerů* přidány peroxidové urychlovače. Rukávky s přidanými peroxidy musí být skladovány v originálním obalu za monitorovaných teplotních podmínek v rozsahu +5 až +15 °C

maximálně po dobu 14 dnů. Teplota *Alphalinerů* musí být při instalaci v rozsahu +10 až +15 °C.

Rychlost zatažení rukávce by neměla překročit 5 m/min. Při zatažení opravné vložky nesmí být překročeny bezpečné tažné síly, aby nedošlo k destrukci (přetržení) připravené opravné vložky. Maximální tažná síla je stanovena výrobcem. Pro vnější průměr rukávce DN 300 je maximální tažná síla 50 kN a pro DN 500 je 110 kN. Rukávec je vtažen do sanovaného úseku, uzavřen těsníci packery a následně je nafouknut přetlakem vzduchu z kompresoru. Pracovní tlak vzduchu je stanoven dle DN: pro DN 250 – DN 600 je 450 – 500 mbar [13, 46, 49].

#### 6.1.4 Manipulační plochy (zábory)

Provedení montážních šachet spočívá v otevření stávajících vstupních šachet na kanalizační síti.

Pro sanaci jsou používána dvě nákladní vozidla. Zábory ploch pro tato vozidla a další techniku jsou následující:

- 1) plocha 10 x 3 m, nákladní auto 15 t, v maximální vzdálenosti  $x + \text{délka sanovaného úseku} + \text{hloubka šachty} = 150 \text{ m}$  od šachty na začátku úseku,
- 2) plocha 8 x 3 m, montážní vozidlo, maximálně 10 m od šachty na konci úseku,
- 3) plocha 5 x 3 m na naviják, transportní box (kontejner) na rukávec a další příslušenství u jedné z koncových šachet sanovaného úseku [49].

#### 6.1.5 Sanační materiál

Metoda GFK-Liner sestává z těchto hlavních komponent:

- vnější fólie: PE-PA-PE 230  $\mu\text{m}$ ,
  - sklolaminátový kompozit (GFK),
    - skelné vlákno: ECR sklo Advantex,
    - pryskyřice:
      - a. nenasycené polyesterové,  
**Synolite 2103-Q-2,**  
**Palatal A429 I-02 X,**
      - b. nebo vinylesterová pryskyřice,
- vnitřní fólie: PE-PA 130  $\mu\text{m}$  [49].

### 6.1.6 Omezující podmínky u neprůlezných profilů

U neprůlezných profilů je nutné provádět veškeré přípravné a následné práce spojené se samotnou sanací pomocí robota [13].

### 6.1.7 Statické působení vložky

Dodavatel doloží statický výpočet, kterým bude stanovena požadovaná tloušťka aplikované vložky dle rozsahu poškození sanovaného potrubí [13].

### 6.1.8 Práce za provozu/bez provozu

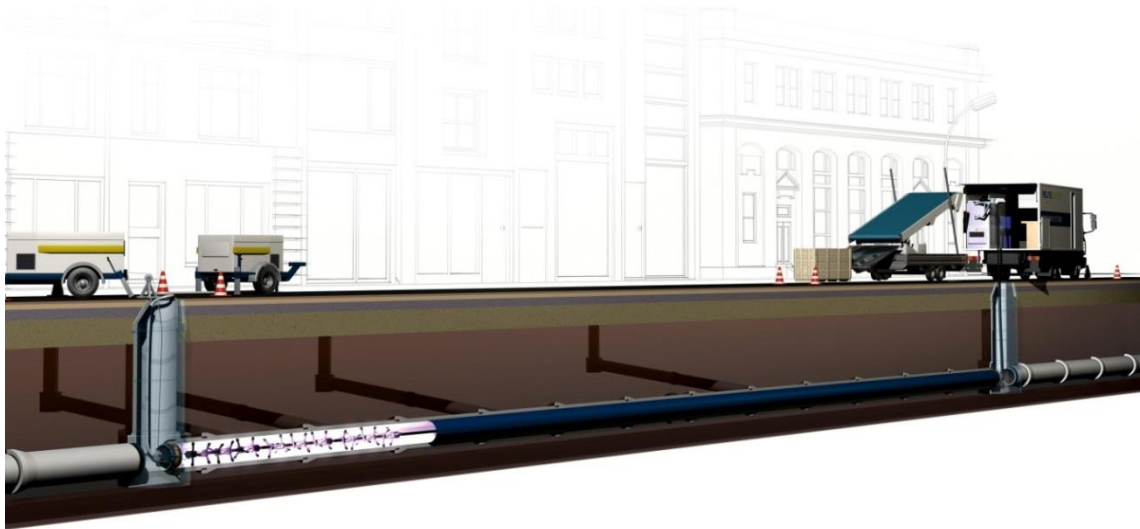
Aplikace je závislá na odstavení sanovaného úseku potrubí [13].

### 6.1.9 Průběh sanace

1. V sanovaném úseku se omezí používání domovních přípojek, těsníci vaky se utěsní výtoky do horní šachty sanovaného úseku a zajistí se přečerpávání odpadních vod. Provede se **příprava sanovaného potrubí** čištěním potrubí tlakovým vozem tak, aby potrubím mohla projet kamera a aby případné nečistoty nezakrývaly nedostatky. Je důležité provést kontrolu potrubí ještě před vlastní výrobou opravné vložky (jedná se o první krok před revizí). Čistící souprava je protažena každým pracovním úsekem nejméně dvakrát, aby bylo docíleno kvalitního vyčištění stávajícího potrubí před sanací. V případě existence nežádoucích předmětů nebo přípojek, které zasahují do profilu, apod., je nutné je všechny odstranit. Všechny tyto práce provede robot, který pracuje uvnitř potrubí. Umožňuje mu to vyměnitelná hlavička, která dokáže frézovat, vrtat či brousit různé předměty. Během těchto frézovacích prací prostřednictvím robota jsou zaměřeny všechny přípojky a odbočky kvůli následnému otevření po sanaci.
2. **Kontrola kvality 1:** Po vyčištění potrubí je možné provést monitoring potrubí TV kamerou. Tím se zjistí stav sanovaného úseku. Kamerový průzkum by měl prokázat následující informace:
  - průchodnost profilu v celé délce úseku,
  - předsazená hrdla, jiné větší poruchy či další předměty zasahující do potrubí,
  - přesnou dimenzi potrubí v celé délce sanovaného úseku,
  - přesnou polohu (včetně úhlu napojení) a počet přípojek.



3. Na základě kamerového průzkumu se rozhodne o možnosti sanace touto metodou a o rozsahu přípravných prací.
4. **Přípravná opatření před zatažením:** Před zatažením *Alphalineru* je do sanovaného úseku zatáhnutá kluzná ochranná fólie (*preliner*), tak aby nedošlo k poškození rukávce. Fólie usnadňuje díky sníženému tření zatažení opravné vložky na místo instalace. Někteří výrobci nabízejí tuto ochrannou fólii integrovanou do rukávce, pak tento proces odpadá.
5. **Zatažení rukávce:** *Alphaliner* je vtažen přes šachtu do sanovaného úseku kanalizace lanovým navijákem, případně za pomoci dopravního pásu (pro velké profily), uzavřen těsníci packery a následně je nafouknut, aby přilnul ke stávajícímu potrubí.
6. **Kontrola kvality 2:** Rozvinutí rukávce je zkontrolováno TV kamerou integrovanou ve světelném zdroji (řetězu).
7. **Vytvrzení vložky** pomocí speciálních UV lamp. Rychlost tvrzení je cca 0,1 – 1,2 m/min dle dimenze potrubí a tloušťky stěny.
8. **Kontrola kvality 3:** Proces vytvrzování je kontrolován a dokumentován online na základě měřených parametrů vytvrzování.
9. **Kontrola kvality 4:** Po 20 minutové chladicí fázi (je nutné ochlazení UV lamp před jejich vyjmutím) se demontují těsníci packery z vytvrzené vložky a vytáhne se sestava UV lamp. Proveďte se kontrola těsnosti a odběr vzorku rukávce pro kontrolu kvality. Tlakové zkoušky mohou být provedeny po jednotlivých úsecích totožných s úseky sanace, nebo po delších úsecích společně s odzkoušením dílčích napojení (propojů).
10. **Dokončení:** Napojení konců rukávce na šachtu a otevření domovních přípojek frézovacím robotem (napojení rukávce na domovní přípojky se provede kloboukovým profilem nebo injektáží).
11. **Kontrola kvality 5:** Závěrečná prohlídka TV kamerou s vytvořením předávací dokumentace [13, 34, 41, 46, 49].



Obr. 6.1 – Schéma sanace metodou GFK-Liner [41]

### 6.1.10 Test odebraných vzorků

Provádí se v případě zájmu investora. V šachtě se vyřízne vzorek, který se posléze podrobí testu v akreditované zkušebně v rámci EU. Minimální velikost vzorku je 20x tloušťka stěny v obvodovém směru krát 35 cm ve směru podélném. Postupuje se dle normy DIN EN ISO 178 a DIN EN ISO 11296-4. Výsledkem zkoušek je stanovení celkové tloušťky stěny  $e$ , tloušťky stěny kompozitu  $e_m$ , krátkodobá pevnost v tahu za ohybu a krátkodobý modul pružnosti.

Porovnáním návrhových a skutečných (naměřených) hodnot pevnostních charakteristik dojde k finální kontrole kvality [10, 11, 27, 28, 49].

### 6.1.11 Výhody

- Krátká doba výstavby (až 300 m/den) a hospodárné provedení sanačních prací.
- Sanace prováděna přes stávající šachty, tím odpadají rozsáhlé stavební práce v komunikacích. Nedochozí k narušení povrchů. Napojení stávajících kanalizačních přípojek je prováděno též bezvýkopově.
- Sanace je možné provádět i pod budovami, železniční tratí apod.
- Vnější fólie se vyrábí z ERC skla Advantex, které je odolné vůči korozi a chemikáliím.
- Maximální pevnost v tahu v podélném směru vzhledem k vyztužení, to znamená, že nedochází k podélnému protažení během práce.

- Optimálně se přizpůsobí původnímu potrubí vzhledem k radiální průtažnosti, a to až 10 %.
- Malá tloušťka stěny znamená minimální zmenšení hydraulických hodnot.
- Bezproblémová sanace oblouků.
- Je možné vyrobit rukávce ze skelného vlákna pro všechny rozměry do DN 1300, pro profily kruhové, tlamové i vejčité.
- Minimální narušení životního prostředí a přírody.
- Minimální riziko vedlejších škod na ostatních inženýrských sítích.
- Úseky sanované systémem *Alphaliner* dosahují dle výrobce návrhové životnosti minimálně 50 let [34, 46].

### 6.1.12 Nevýhody

- Je nutné zajistit odborné provedení napojení kanalizačních přípojek a zabránit tak netěsnosti spojů.
- Při frézování přípojek dochází k poškozování rukávu, protože obsluha frézy nedokáže určit správnou polohu napojení, pak je nutná oprava.
- Při zatahování může dojít k poškození rukávu o případný střep starého kanalizačního potrubí. To může způsobit únik pryskyřice do okolního terénu. Bezpečnost je zvýšena použitím *prelineru*.
- Při zatahování rukávu do poškozeného potrubí s vysokou hladinou podzemní vody nebo v sanovaném potrubí s protisklonem, kde po vyčištění zůstává v potrubí voda, hrozí riziko nedokonalého vytvrzení rukávu.
- Typický zápach styrenu, který je při vytvrzování sanačního rukávce uvolňován [34].

## 6.2 Technologie Compact Pipe

Tato metoda slouží pro bezvýkovopou sanaci stávajících kanalizačních gravitačních potrubí. Používá se zejména tehdy, když je stávající potrubí nejen značně netěsné, ale již není stabilní ani po statické stránce. Proto nově vytvořené potrubí musí být samonosné, staré pak vytváří jakousi chráničku.

Společnost **WAVIN** je přední evropský výrobce, který vlastní a nabízí technologii *Compact Pipe*.

### 6.2.1 Technický popis

Sanace tlakových i netlakových trubních rozvodů metodou *Compact Pipe* spočívá ve vyvločkování stávajícího potrubí PE potrubím daným SDR dodaném na stavbu v návinech na bubnu.

Při sanaci potrubí touto metodou dojde k mírnému zmenšení průtočného profilu (2x tloušťka stěny vložky) v důsledku těsného vyvločkování potrubím, které těsně přilne (*Close-Fit*) k vnitřní stěně stávajícího potrubí. Mírné zmenšení průtočného profilu je však kompenzováno hladkým vnitřním povrchem sanací nově vzniklého potrubí. Jsou tak odstraněny překážky jako například inkrustace, které zhoršují průtočné podmínky v mnohem větší míře, než mírné zmenšení průtočného profilu vlivem vyvločkování. Po sanaci se tím většinou zlepší hydraulické vlastnosti a tím i kapacita. Koeficient drsnosti vnitřní stěny potrubí je určen během závěrečné kamerové prohlídky, eventuálně z příslušných nomogramů.

Potrubí je na stavbu dodáváno ve zvláštních geometrických podmínkách. Je složeno po délce do tvaru dvojitého písmene C [13, 44].

#### Složení tvar poskytuje řadu výhod

- Potrubí je dodáváno v průběžných délkách bez spojů (odpadá riziko nefunkčních spojů).
- Potrubí navinuté na bubnech minimalizuje manipulaci.
- Snadné zatahování ohebného potrubí z bubnů.
- Montážní jámy mají minimální rozměry.
- Snadné přizpůsobení lomům na stávající trase.

U sanace vložkováním, kdy se mění tvar trubky, je důležitá kvalita potrubí. To je i důvod, proč toto potrubí netvoří součást standardního portfolia výrobků, a je k dispozici pouze na vyžádání.



Obr. 6.2.1 – Fáze reverzního procesu [44]

Reverzní proces umožňuje, aby se složené potrubí dostalo do svého původního kruhového tvaru. Toho se dosáhne jeho nahřátím horkou párou, následným řízeným rozbalením a ochlazením stlačeným vzduchem. Nahřívání potrubí se provádí zavedením nasycené páry, která má teplotu 125 °C. Díky tzv. paměťovému efektu (*Memory-Effect*) polyetylenu si potrubí obnoví svůj původní kruhový tvar.

Na koncové šachtě je potrubí při nahřívání otevřeno přes redukční ventil, aby byl umožněn dobrý tah páry potrubím. Když je potrubí dostatečně nahřáté, je pára nahrazena studeným stlačeným vzduchem. Stlačený vzduch je do potrubí dodáván prostřednictvím parní jednotky. V této fázi (ihned po přechodu z páry na stlačený vzduch) nastává expanze. Za použití stlačeného vzduchu, jehož tlak je dostatečně vysoko, aby se v průběhu ochlazování dostala vložka do těsného kontaktu s vnitřní stěnou stávajícího potrubí. Fáze ochlazování končí, až když je dosaženo teploty okolí.

Nově ukládané potrubí musí být dimenzováno na vnitřní zatížení hydraulickým tlakem a na vnější zatížení hydraulickým a zemním tlakem [44].

## 6.2.2 Materiál sanovaný

Tlakové i netlakové potrubí různých materiálů.

Lze sanovat potrubí z materiálů jako je kamenina, beton, litina, ocel či azbestocement [13, 44].

### 6.2.3 Omezující podmínky

Rozsah a použití této metody je závislé pouze na prostorových a výškových poměrech dané trasy, délky dle návinnu 100 – 600 m. Samotná délka úseku na rovné trase je omezena pouze maximální povolenou tažnou silou stanovenou výrobcem a možnou délkou návinnu pro jednotlivé DN a SDR potrubí. Při samotné aplikaci je pořízen záznam o průběhu tažné síly.

Je možné procházet oblouky jen do 20°. Síla navijáku nepřesahuje 5 tun, pouze při práci s největšími průměry v kombinaci s úzkými vstupy bude zapotřebí poněkud větších sil.

Je možné provést dodatečné napojení přípojek v určité době od ukončení sanace prostřednictvím lokálního výkopu. Existující domovní přípojky je tedy možné připojit z vnějšku (využitím lokálního výkopu) nebo z vnitřku pomocí dálkově ovládaných robotů.

Na jeden záťah lze nainstalovat tyto délky:

- DN 100 a DN 125                      300 m,
- DN 150 a DN 175                      500 m,
- DN 200 a větší                      maximální délka na bubnu [13, 44].

### 6.2.4 Manipulační plochy (zábory)

Provedení montážních šachet spočívá v otevření stávajících vstupních šachet na kanalizační síti.

Pro sanaci jsou používána dvě nákladní vozidla. Zábory ploch pro tato vozidla a další techniku jsou následující:

- 1) plocha 10 x 3 m, nákladní auto 15 t, v maximální vzdálenosti  $x + \text{délka sanovaného úseku} + \text{hloubka šachty} = 150 \text{ m}$  od šachty na začátku úseku,
- 2) plocha 8 x 3 m, montážní vozidlo (parní jednotka), maximálně 10 m od šachty na konci úseku,
- 3) plocha 4 x 2 m na naviják a další příslušenství (kompresor, svařovací nástroje, expandér potrubí atd.) u jedné z koncových šachet sanovaného úseku,
- 4) plocha 5 x 3 m na vozík s návinnem trubky [44, 50].

### 6.2.5 Sanační materiál

Hlavní součástí systému je potrubí vyrobené z běžného, vysoce kvalitního polyetylenů. Trubky se vyrábí v normou stanovených řadách SDR (*Standard Dimensions Ratio*).

Jedná se o PE vložky:

- PE 80 (RT) s bílou vložkou pro kanalizaci; SDR 26 nebo 32,
- PE 100 (RC) se zelenou vložkou pro kanalizaci; SDR 17, 26 nebo 32.

Materiál PE 80 (RT) odolává vyšším teplotám.

Sanační materiál potrubí má určitý dovolený tlak PN [44].

### 6.2.6 Omezující podmínky u neprůlezných profilů

U neprůlezných profilů je nutné provádět veškeré přípravné a následné práce spojené se samotnou sanací pomocí robota [13].

### 6.2.7 Statické spolupůsobení

Tloušťka stěny vložky je závislá na SDR (*Standard Dimensions Ratio*).

$$\text{SDR} = D/t \quad \text{kde} \quad D \dots \text{vnější průměr trubky,}$$
$$t \dots \text{tloušťka stěny trubky.}$$

Hodnota SDR sanačního potrubí se stanoví na základě statického výpočtu a musí odpovídat požadovanému provoznímu tlaku a předpokladu spolupůsobení se stávajícím potrubím [44].

### 6.2.8 Práce za provozu/bez provozu

Aplikace je závislá na odstavení sanovaného úseku potrubí [13].

### 6.2.9 Pracovní postup

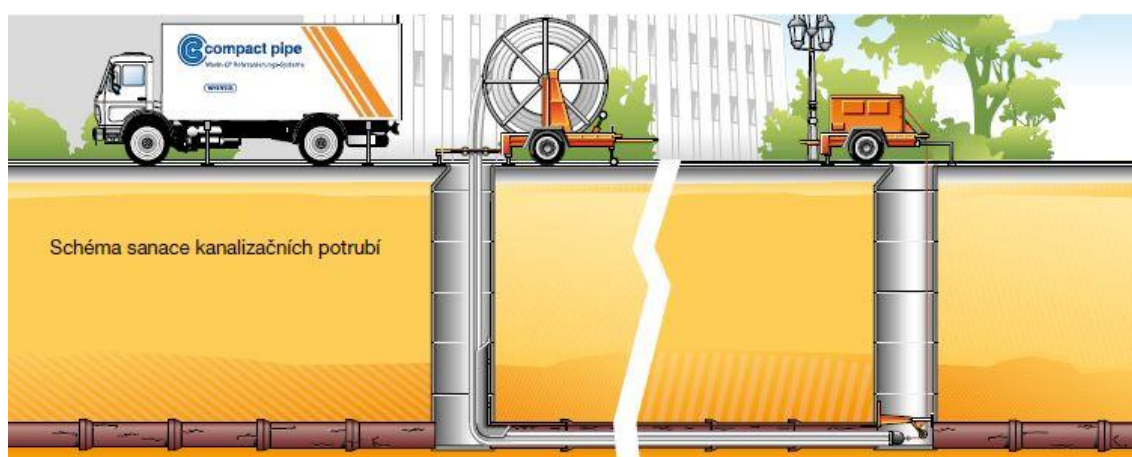
1. V sanovaném úseku se omezí používání domovních přípojek, těsníci vaky se utěsní výtoky do horní šachty sanovaného úseku a zajistí se přečerpávání odpadních vod. Po odstavení stávajícího potrubí z provozu se provede **příprava sanovaného potrubí** čištěním potrubí tlakovým vozem tak, aby potrubím mohla projet kamera a aby případné nečistoty nezakrývaly nedostatky. Čistící souprava je protažena

každým pracovním úsekem nejméně dvakrát, aby bylo docíleno kvalitního vyčištění stávajícího potrubí před sanací. Prachové částice nemají vliv na kvalitní provedení sanace, lze tedy říci, že při aplikaci metody *Compact Pipe* je dostačující mechanické čištění čistící soupravou. V případě existence nežádoucích předmětů nebo přípojek, které zasahují do profilu, apod., je nutné je všechny odstranit. Všechny tyto práce provede robot, který pracuje uvnitř potrubí. Umožňuje mu to vyměnitelná hlavice, která dokáže frézovat, vrtat či brousit různé předměty. Během těchto frézovacích prací prostřednictvím robota jsou zaměřeny všechny přípojky a odbočky kvůli následnému otevření po sanaci.

2. **Kontrola kvality:** Po vyčištění potrubí je možné provést monitoring potrubí TV kamerou. Tím se zjistí stav sanovaného úseku. Kamerový průzkum by měl prokázat následující informace:
  - průchodnost profilu v celé délce úseku,
  - předsazená hrdla, jiné větší poruchy či další předměty zasahující do potrubí,
  - přesnou dimenzi potrubí v celé délce sanovaného úseku,
  - přesnou polohu (včetně úhlu napojení) a počet přípojek.
3. Na základě kamerového průzkumu se rozhodne o rozsahu přípravných prací před zatažením vložky *Compact Pipe* do stávajícího potrubí.
4. **Kalibrace:** Provede se ověření průchodnosti a kvality potrubí protažením zkušebního kusu, tzv. kalibru. Tím se ověří, že se zatahovaná PE trubka nikde nezadrhne.
5. **Vybourání a příprava šachtového dna.** Kontrola kamerou.
6. Ke startovací šachtě se **umístí buben s návinem** požadované délky sanovaného úseku a připojenou tažnou hlavou.
7. Trouba se urovná a **ocelové lano navijáku se protáhne** celou délkou sanovaného potrubí až k tažné hlavě, kde se připojí.
8. **Vložka *Compact Pipe* se do sanovaného potrubí odvíjí přímo z přepravního bubnu**, za stálého dozoru a protokolování tažných sil.
9. Po dokončení protažení se **odřízne tažná hlava** v dostatečné vzdálenosti (1 m) tak, aby nedošlo k následnému vtažení PE potrubí za hranu stávajícího potrubí po navrácení PE trouby do původního tvaru.
10. Po dokončení zatažení se **naváření PE desky** na konce zataženého potrubí, uzavřou se a připojí se k propařovacímu kontejneru, který vhání do potrubí horkou páru.



11. **Propaření** v cílové šachtě s následným ochlazením jednotlivých úseků.
12. (V případě **propojování úseků** se provede **relaxace potrubí**, a aby se zabránilo délkovým změnám vlivem teplotní roztažnosti, provádí se před montážními pracemi instalace **fixačních bodů**.)
13. **Monitoring sanovaného potrubí** – průkaz správné instalace.
14. Provedení **napojení na stávající potrubí**, montáž armatur – bez napětí PE potrubí, otevření přípojek kanalizačním robotem.
15. Provede se (**dezinfekce** – v případě vodovodu), **proplach** a **tlaková zkouška**. Tlakové zkoušky mohou být provedeny po jednotlivých úsecích totožných s úseky sanace, nebo po delších úsecích společně s odzkoušením dílčích propojů.
16. **Kontrola a dokumentace** – protokoly k výkonům a použitým materiálům.
17. Je umožněno **předání stavby** [13, 42, 48].



Obr. 6.2.2 – Schéma sanace metodou Compact Pipe [44]

Celkový čas instalace závisí na průměru vložky *Compact Pipe*, přesněji řečeno na tloušťce jeho stěny.

	Zatažení	Příprava pro reversi	Reverse	Přepojení	Celkem
400 m DN 150	1 hodina	1,5 hodiny	4-5 hodin	1,5 hodiny	8-9 hodin
200 m DN 250	1 hodina	2 hodiny	5-6 hodin	2 hodiny	10-11 hodin
100 m DN 400	1 hodina	3 hodiny	6-7 hodin	3 hodiny	13-14 hodin

Obr. 6.2.3 – Orientační čas jednotlivých kroků sanace pro vybrané průměry [44]

### 6.2.10 Výhody

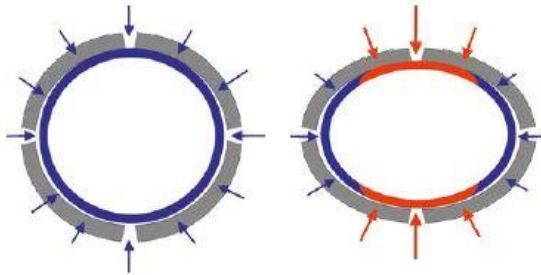
- *Compact Pipe* si neklade vysoké nároky na stav potrubí, které má být sanováno.
- Po sanaci vznikne nové PE potrubí, které je staticky samonosné a zároveň spolupůsobící se stávajícím potrubím (těsným usazením se novému PE potrubí zvyšuje tlaková řada i kruhová pevnost).
- Jedná se o kompaktní potrubí vyrobené v celé délce bez spojů.
- Metoda je výhodná zvláště tam, kde je potrubí obtížně přístupné nebo v místech hustého provozu, kde je téměř nemožné provést otevřený výkop.
- Stavební práce jsou omezené na počáteční a koncovou jámu. Ty však mohou být v případě sanace kanalizačního potrubí zcela vynechány, neboť je možné použít stávajících šachet.
- Polyetylen má vynikající korozní a chemickou odolnost ve všech v přírodě se vyskytujících půdních podmínkách, což zabraňuje ztrátě tloušťky stěny vlivem chemické reakce.
- *Compact Pipe* je odolný vůči působení odpadních vod s pH mezi 2 (kyselé) a 12 (zásadité) a vůči neoxidujícím kyselinám, vodním roztokům solí, alkalickým roztokům a řadě rozpouštědel.
- Potrubí z polyethylenu je možné použít i v případě průmyslových odpadních vod, neboť má velmi dobrou abrazní odolnost.
- Minimální narušení životního prostředí a přírody.
- Minimální riziko vedlejších škod na ostatních inženýrských sítích.
- Kvalitou a životností odpovídá sanované potrubí novému potrubí [44].

### 6.2.11 Nevýhody

V porovnání polyetylenového potrubí uloženého přímo do země může být obecně požadovaná kruhová tuhost nižší díky spolupůsobení stávajícím potrubím. Pokud se však vnější zátěžová situace po instalaci změní (například provoz nebo navážka navíc), může to způsobit, že se staré potrubí začne dále deformovat, a zvýší se vnější tlak na vložku.

Vložka může být deformovatelná a nesmí mít příliš silnou stěnu, aby tento dodatečný tlak zvládla. To je umožněno termoplastickým materiálům (PE) než termosetům (pryskyřice), které se používají pro sanace rukávem vytvrzovaným na místě. Pro navrhování je tlak spodní vody kritický a v případě velkého poškození

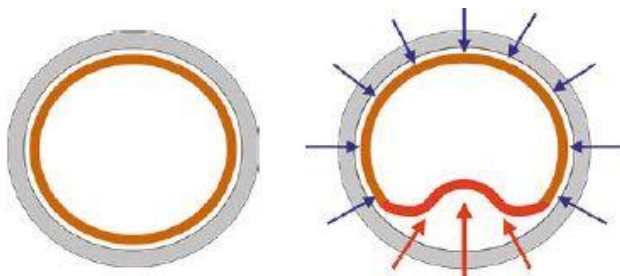
starého potrubí hrají důležitou roli i půdní a dopravní podmínky. To je důvodem pro správný návrh z konstrukčního hlediska a adekvátní tloušťku stěny vložky [44].



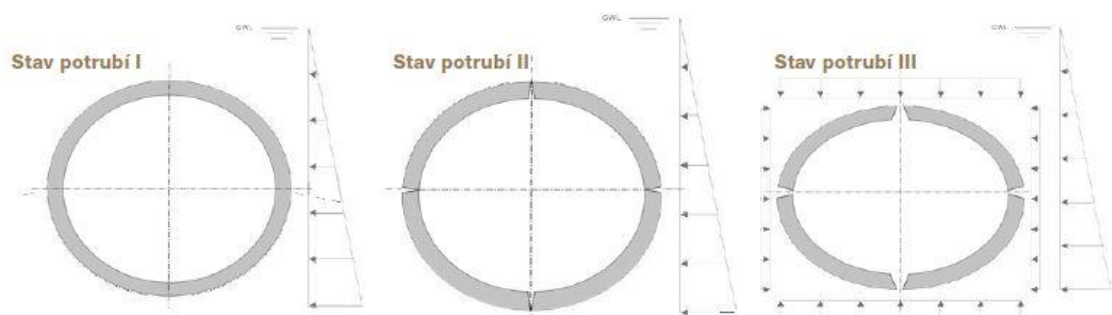
Obr. 6.2.4 – Vnější zatížení, které se přes stávající potrubí může zvětšovat [44]

Při stavu starého potrubí dle MS I a II (viz kapitola 7.1) je zatížení vložky omezeno na výraznější tlak spodní vody. V případě MS III je nutné vzít v potaz i zátěž od zeminy a dopravy.

Pokud se do potrubí vkládá vložka, která je volná, je nutné vzniklé mezikruží zainjektovat. Obvykle u vložek s průběžným potrubím nebo spirálovitě vinutých trubek musí být instalovaná vložka dostatečně silná, aby vydržela i tlaky při injektáži [44].



Obr. 6.2.5 – Přílišná zátěž vede ke zborcení vložky [44]



Obr. 6.2.6 – Mezní stavy potrubí [44]

V případě zátěže pouze spodní vodou, je nutné vzít v úvahu i vnější tlak, i když je vložka uzavřena starou trubkou. Dle obr. 6.2.7 je zřejmé, že vnější tlak roste s rostoucí výškou spodní vody nad potrubím. Pokud dojde k přílišné zátěži, může se vložka staticky zborstit. Proto musí mít vložka určitou minimální tloušťku stěny, aby ke zborcení nedošlo. Tím, že je obklopena stávajícím potrubím, získává jakousi podporu. Je zjevné, že čím těsněji je vložka do stávajícího potrubí zataženo, tím větší podporu dostává. Díky technologii *Close-Fit* lze pro statický výpočet uvažovat pouze 1 % volného mezikruží [44].

## 7 Výběr optimální varianty

### 7.1 Zadávací podmínky pro statický výpočet (obecně)

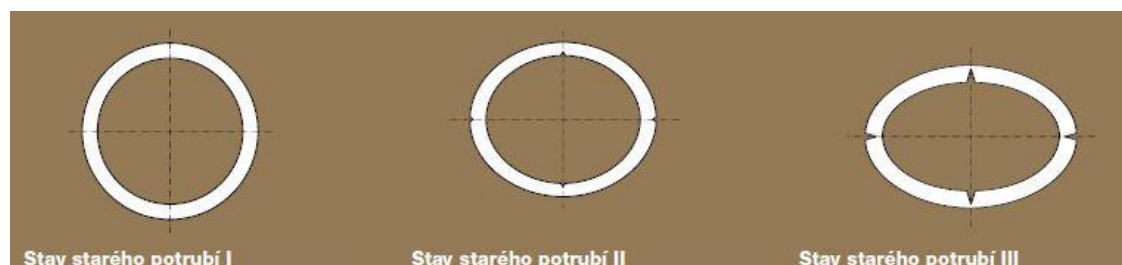
Informace o stávajícím stavu kanalizace pro zadání statického výpočtu se dle normy ATV-M 127-2 liší dle mezních stavů.

#### I. a II. mezní stav potrubí

- stav poškození stávajícího potrubí (třídy I, II, III),
- lokální deformace starého potrubí: 2%,
- ovalita:  $v$  % (max. 5%),
- kruhová mezera mezi rukávцем a starým potrubí: 0,5 %, výška hladiny spodní vody  $x$  m nad dnem potrubí.

#### III. mezní stav potrubí

- stav poškození stávajícího potrubí (třída III),
- lokální deformace starého potrubí: ( $v$  %),
- tloušťka stávajícího potrubí,
- ovalita: ( $v$  %),
- kruhová mezera mezi rukávцем a starým potrubí: 0,5 %, výška hladiny spodní vody  $x$  m nad dnem potrubí,
- výška krytí potrubí zeminou  $x$  m, druh okolní zeminy – zásyp dle ATV-M 127-2 – (skupina  $x$ ),
- deformační modul zeminy obsypu  $x$  N/mm<sup>2</sup>,
- dopravní zatížení: ano/ne příp. uvést kolový tlak, nebo tlak na nápravu,
- druh okolní zeminy [2, 50, 51].



Obr. 7.1 – Třídy stavu starého potrubí dle ATV-DVWK-A 127 [44]

## 7.2 Návrh rukávce *Alphaliner*/PE vložky *Compact Pipe*

Pro každý případ je nutné provést statický výpočet, který zohledňuje:

- stav poškození potrubí (mezní stavy I – III),
- průměr, materiál a tloušťku stěny,
- hloubku uložení,
- % ovality (max. 6 % v případě rukávce, max. 12 % v případě PE vložky),
- E modul okolní zeminy,
- dopravní zatížení,
- hladinu spodní vody.

Výsledkem je volba typu rukávce *Alphaliner* s odpovídající tloušťkou stěny 3 – 28 mm.

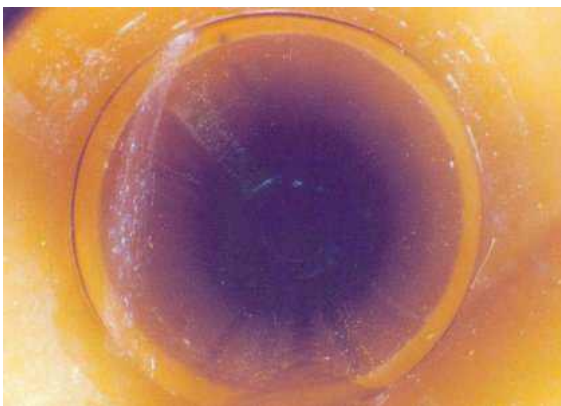
Výsledkem je volba typu materiálu vložky *Compact Pipe* s odpovídajícím SDR [50, 51].

## 7.3 Návrh sanace

Dle normy ATV-M 127-2 se definují 3 mezní stavy porušení stávajícího potrubí:

### I. stav starého potrubí (ARZ I.)

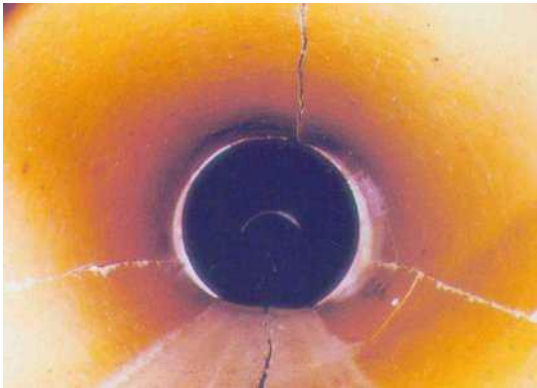
- stará trouba je plně únosná, bez deformací,
- ve spojích jsou netěsnosti,
- v troubě nejsou žádné podélné trhliny (vyjma vlasečnicových).



Obr. 7.2 – I. mezní stav [50]

**II. stav starého potrubí (ARZ II.)**

- staré potrubí vykazuje podélné trhliny, které tím, že prostupují stěnou trouby, způsobují ovalitu,
- spolupůsobení zeminy a trouby činí systém stále únosný, deformace jsou do 6 %.



Obr. 7.3 – II. mezní stav [50]

**III. stav starého potrubí (ARZ III.)**

- spolupůsobení zeminy a staré trubky je dlouhodobě neúnosné,
- jsou zřetelné deformace (nad 6 %),
- rukáv bude namáhán tlakem zeminy a dopravním zatížením,
- vyskytují se podélné trhliny, vypadlé střepy, chybí části stěn.



Obr. 7.4 – III. mezní stav [50]



Obr. 7.5 – III. mezní stav [50]

## 7.4 Optimální varianta

Výběr optimální varianty začíná kategorizací vzniklých škod v potrubní síti. Na základě monitoringu a analýze dostupných informací se provede vyhodnocení stavu, vyjádří se možné ekonomické škody či rizika z toho plynoucí. Následně se vybere vhodná varianta sanace z disponibilních bezvýkopových technologií pro konkrétně řešený problém.

Vložka, která je při sanaci použita, přebírá do určité míry funkci sanovaného potrubí a se starou troubou spolupůsobí. Tak ji do jisté míry, případně zcela, nahrazuje. Podle stávajícího stavu sanovaného potrubí, který je zanalyzován monitoringem, se použije sanační metoda bezvýkopovou technologií odpovídající nejen stavu sanovaného potrubí, ale také provozním podmínkám.

Je nutné vybrat takovou technickou a materiálovou variantu, která zajistí bezproblémovou životnost potrubí po požadovanou dobu. Podstatnou roli také hraje statické spolupůsobení (součinnost) sanované trubky a trubky či vložky nové, sanací vznikající.

Statický výpočet je exaktní metodou, která konkrétně z fyzikálního hlediska posuzuje danou variantu sanace. Při stanovení statického výpočtu je vhodné postupovat dle Příručky ATV-DVWK, označené ATV-M 127, část 2 s názvem *Statický výpočet pro sanace kanalizací vložkovacími metodami* [1, 2, 15].

Pro konkrétní návrh rekonstrukce stoky byla vybrána technologie *GFK-Liner* na základě výše zmíněných bližších specifikací. Dále dle uvážení I. mezního stavu porušení potrubí je předpokládáno za dostačující vyvločkování stávajícího potrubí pouze rukávcem. Porovnávané metody jsou z kvalitativního hlediska na jiné úrovni, i přes velmi podobný způsob provádění. Stávající potrubí není nestabilní a natolik porušené po statické stránce, tudíž je předpokládáno vyvločkování samonosnou troubou za nadbytečné.



## 8 Podrobnější informace sanace technologií GFK-Liner

### 8.1 Předpoklady

Návrh rukávce vychází z následujících předpokladů, které byly pro tuto práci poskytnuty společnostmi DIPRO, spol. s r.o. a ZEPRIS s.r.o.

### 8.2 Stanovení typu rukávce

Firma RELINEEUROPE AG vyrábí tyto typy rukávců: *Alphaliner*, *AlphalinerUP*, *AlphalinerVE/VEU*, *AlphalinerHP*, *AlphalinerECO*.

*Alphaliner* představuje výrobky standardní řady s typy rukávců 500, 1200, 1500 a nově 1800. Je nabízen v následujících variantách:

- *AlphalinerUP* je systém vhodný zejména pro sanaci komunálního kanalizačního vedení v intravilánech měst a obcí, jelikož minimalizuje negativní dopady prací na obyvatele a silniční provoz.
- *AlphalinerVE/VEU* je rukávec na bázi vysoce odolné vinylestorové uretanové pryskyřice vhodný pro vedení s průmyslovými (VE)/velmi agresivními průmyslovými (VEU) odpadními vodami (značně znečištěnými, složenými z velmi rozdílných médií). To vyžaduje vysoké nároky na materiál vložky.
- *AlphalinerHP* je vhodný použít v citlivých oblastech s vysokými nároky na bezpečnost – pro komunální kanalizační vedení v oblastech s ochranou podzemní vody. Představuje až dvojnásobnou bezpečnost oproti standardním produktům *Alphaliner*.
- *AlphalinerECO* je rukávec na bázi vinylové pryskyřice bez obsahu styrenu. Jedná se o ekologickou alternativu k standardním sanačním materiálům. Produkty bez obsahu styrenu jsou ideálním řešením pro projekty, které kladou velký důraz na minimální uvolňování emisí (zejména po vytvrzení sanačního rukávce) a minimální hořlavost [34, 35].

Pro návrh sanace potrubí v MČ Komořany byl zvolen typ rukávce *AlphalinerUP500* na základě bližších specifikací jednotlivých produktů. Typy rukávců se také liší prostupností světla, což je důležité pro ještě lepší vytvrzení, a orientací skelných vláken, a tím i výslednými mechanickými vlastnostmi. V závislosti na statických požadavcích je tím k dispozici výběr optimální varianty pro dané sanační opatření.

Na základě uvážení I. mezního stavu porušení potrubí dle dostupných informací a tím i možného použití sanace vložkováním rukávem a předpokladu výsledků statického výpočtu byly na sanované úseky:

Úsek a)	šachta Š 5 – Š 26	DN 500 – KT – dl. 81,3 m
Úsek b)	šachta Š 26 – Š 28	DN 500 – KT – dl. 69,1 m
Úsek c)	šachta Š 26 – Š 41	DN 300 – KT – dl. 3,5 m
Úsek d)	šachta Š 41 – Š 44	DN 300 – KT – dl. 57,4 m
Úsek e)	šachta Š 44 – Š 45	DN 300 – KT – dl. 6,6 m
Úsek f)	šachta Š 45 – Š 47	DN 300 – KT – dl. 60,2 m

Celková délka sanovaného úseku je 278,1 m.

Celkem 12 ks přípojek, délky 203,0 m.

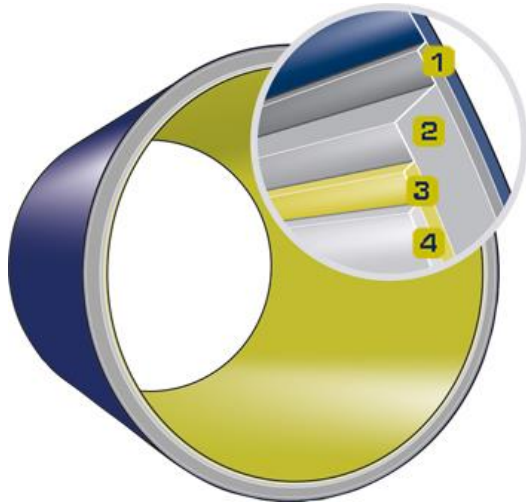
Navrženy byly tyto typy rukávů:

1. na **úseku a) – b)** pro DN 500 – KT **Alphaliner500UP, tl. 5,1 mm**  
Navržený rukáv *Alphaliner500UP* s integrovaným *prelinerem* jako vnější ochranou a konstrukční tloušťkou stěny 5,1 mm vyhovuje požadavkům ATV-M 127-2 v zadaných okrajových podmínkách a zadanému zatížení.
2. na **úsecích b) – f)** pro DN 300 – KT **Alphaliner500UP, tl. 3,0 mm**  
Navržený rukáv *Alphaliner500UP* s integrovaným *prelinerem* jako vnější ochranou a konstrukční tloušťkou stěny 3,0 mm vyhovuje požadavkům ATV-M 127-2 v zadaných okrajových podmínkách a zadanému zatížení.

Tlakové zkoušky budou provedeny po jednotlivých sanovaných úsecích dle platných norem.

### 8.3 Konstrukce rukávce

Vložka rukávce *Alphaliner* se vyznačuje bezešvou konstrukcí. Ta zaručuje nejvyšší stabilitu bez slabých míst ve spojích. Rovnoměrná expanze po obvodu vložky zaručuje těsné přilnutí ke starému potrubí.



Obr. 8.1 – Struktura sanačního rukávce *AlphalinerUP* [35]

#### Legenda

##### 1. Vnější fólie tvoří ochranu před styrenem a UV zářením

- Speciální vícevrstvá fólie, která chrání rukávce proti poškození na kontaktu s podzemní vodou a předčasnému vytvrzení vlivem slunečního záření. Bandážový efekt zaručuje rovnoměrnou expanzi vložky.
- Standardní vnitřní fólie PE-PA, integrovaná ochranná kluzná fólie nebo integrovaný *preliner* jako vnější ochrana.

##### 2. Vyztužený sklolaminát pro vysokou účinnost

- Nosná kompozitní část složená z vrstev skelných vláken z ECR skla pro odolnost vůči nejvyššímu zatížení. Skládá se z navíjených vrstev předem naimpregnovaných pásů skelné výztuže. Jednotlivá vlákna jsou rovnoměrně nasycená tak, aby odolávala nejvyššímu zatížení, a vytváří optimální systém pro rychlé vytvrzení UV světlem.

### 3. Proti abrazivní/ochranná protichemická vrstva

- Vnitřní strana sanačního rukávce je potažena protiabrazivní vrstvou, která splňuje požadavky předpisů DWA-A 143-3 a DIN EN ISO 11296-4. Protiabrazivní vrstva se skládá z vázané vrstvy čisté pryskyřice o tloušťce minimálně 0,5 mm vrstvy (minimální tloušťka dle schválení DIBt\* činí 0,4 mm). *Alphaliner* společnosti RELINEEUROPE AG je první a v současnosti jediný typ rukávce s přesně definovanou tloušťkou proti abrazivní a ochranné protichemické vrstvy. Tím dosahuje nejvyšší odolnosti proti otěru, vysokotlakému proplachu i chemickým látkám.

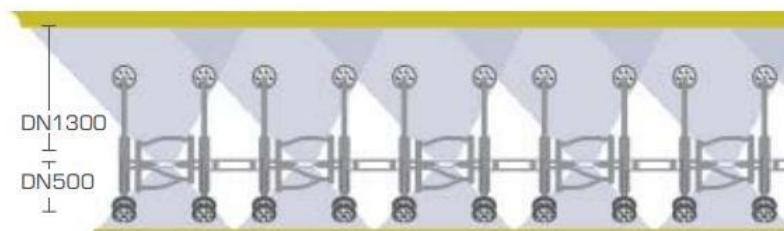
\* Pozn.: Požadavky na sanační rukávy ve schváleních DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik).

### 4. Vnitřní styren nepropustná fólie PE-PA

- Transparentní třívrstvá UV propustná kompozitní fólie slouží jako montážní pomůcka proti poškození při průjezdu UV lamp. Po vytvrzení se odstraní [11, 12, 34, 35].

## 8.4 UV zařízení společnosti RELINEEUROPE AG

K provádění sanací je nutné vybavení. UV vytvrzovací zařízení společnosti RELINEEUROPE AG umožňují díky odstupňované regulaci výkonu používaných UV lamp od 400 do 2 000 W nejvyšší rychlost vytvrzování a je možné je optimálně přizpůsobit pro specifické požadavky jednotlivých kanalizací. Pokles výkonu jednotlivých UV lamp způsobený jejich stářím se automaticky vyrovnává. Tím zůstává po celou dobu životnosti (750 h) neustále k dispozici 100 % výkon potřebný pro úplné vytvrzení rukávce vysokou rychlostí. Geometrie světelného zdroje a počet UV lamp je přizpůsobena průměru rukávce. Rychlosti vytvrzování závisí na tvaru potrubí, na průměru a tloušťce stěny rukávce a na počtu a výkonu UV lamp. Vytvrzovací rychlost se určuje dle výrobce vložky. Světelný řetězec vlivem překrývajících se kuželů umožňuje stejnoměrně vytvrdit všechny sanované části a zcela bez zastínění [40].



Obr. 8.2 – Překrývání výkonu lamp [40]

### Tři varianty UV zařízení

Zařízení *REE 400* je dimenzováno pro vytvrzování rukávců v dimenzi DN 150 až DN 500, délka kabelu je 150 m a vytvrzovací výkon 9 x 400 W.

Zařízení *REE 1000* je optimální pro sanaci všech průměrů až do DN 1300. Délka kabelu je až 300 m a vytvrzovací výkon 9 x 1 000 W.

Zařízení *REE 2000* představuje nejvýkonnější UV technologii pro sanaci všech průměrů do DN 1300. Výkon zařízení je 6 x 2 000 W a je vhodné zejména pro sanaci velkých průměrů s velkou tloušťkou stěn [40].

### Návrh řešení vytvrzení

Vytvrzení sklolaminátového rukávce pro sanaci potrubí v MČ Komořany doporučuji provést zařízením *REE 400* se světelným řetězem o vytvrzovacím výkonu 9 x 400 W.

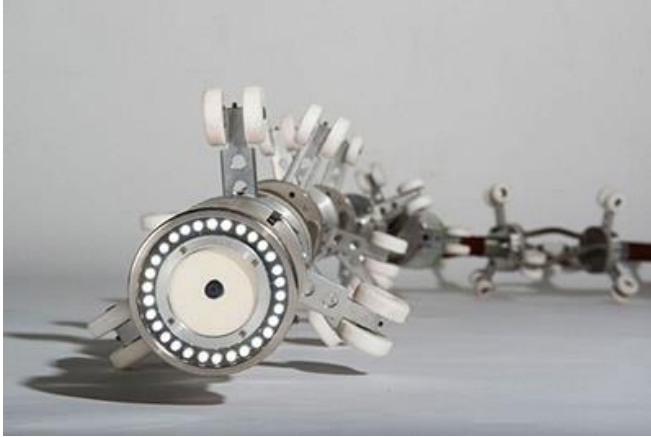


Obr. 8.3 – REE 400 [37]

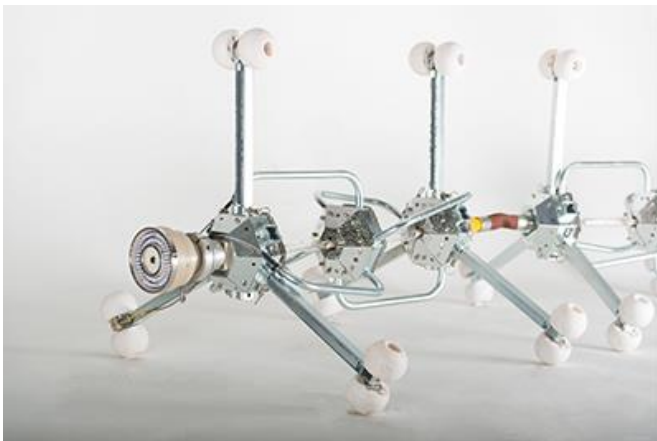
### Mobilní systém pro vytvrzování UV světlem REE 400

Kabelový buben a ovládací panel tvoří kompaktní mobilní jednotku, která zcela vylučuje potřebu další, externí řídicí jednotky. Komponenty tohoto zařízení: kabelový buben s vestavěným ovládacím panelem, kabel délky 150 m, sada UV lamp 9 x 400 W

s integrovanou vytvrzovací kamerou a sada packerů DN 150 – 500 a příslušenství. Sestavu UV lamp tvoří 3 spojitelné moduly (lze je využívat i individuálně), každý se 3 UV lampami o celkové délce 4,5 m [37].



Obr. 8.4 – Světelný řetězec UV lamp, výkon 9 x 400 W [36]



Obr. 8.5 – Světelný řetězec UV lamp, výkon 6 x 1 000 – 2 000 W [39]

## 8.5 Oprava napojení přípojek ZEP-RE-CON

Otevření přípojek je možné provést bezprostředně po vytvrzení rukávcové vložky a provedení zkoušky těsnosti. Poté je možné kanalizační systém znovu zprovoznit.

Oprava napojení přípojek bude provedena technologií *ZEP-RE-CON*, která spočívá v proinjektování poškozeného místa v kruhových profilech pomocí kanalizačního robota speciální maltou *ERGELIT-Kanaltec CF*, dodávanou firmou HERMES TECHNOLOGIE s.r.o. Systém je testovaný i pro aplikaci po kanalizačních rukávcích.

Tento systém opravy míst napojení přípojek je testovaný u DIBt (oprávnění č. Z-42.3-372) a hygienického institutu.

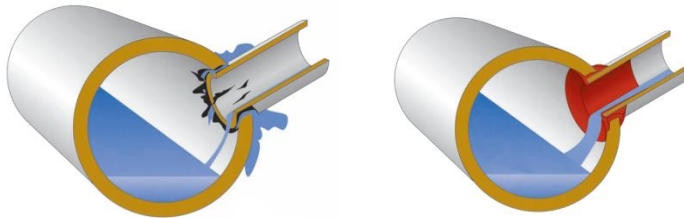
Výhodou injektáže je proniknutí injektovaného materiálu do meziprostorů. Tím dojde k vyplnění veškerého volného prostoru v okolí přípojky a bude tak dosaženo zpevnění napojení přípojky.

### Cementová malta *ERGELIT-Kanaltec CF*

Jedná se o jednosložkovou injektážní maltu s cementovým pojivem a s příměsí vláken o zrnitosti < 0,5 mm.

Malta je tixotropní (nerozpouští se ve vodě), vodonepropustná a je velmi odolná dlouhodobě při pH 4,5 – 12,0, vůči působení kyselin, zásad, síranům, teplotám do 100 °C. Po přidání do vody je barva injektážní směsi načervenalá.

Malta vysoké pevnosti, přilnavosti a chemické odolnosti [25].



Obr. 8.6 – Odstraňování nátoku balastních vod injektáží [26]

### Postup injektáže

Vstupní šachtou je do kanalizace vložen injektážní kanalizační robot. Minimální průměr šachty pro zavedení robotů do kanalizace je DN 1000 a tato šířka musí být i ve dně šachty. Rozměry poklopu šachty musí být v případě kruhového profilu minimálně DN 600 a u čtvercového profilu minimálně 600 x 600 mm.

Robot najede za pomoci monitorovacích kamer na místo poškození. Stabilizace zařízení se provede opřením štítu o vnitřní stranu roury, v případě opravy kanalizační přípojky vyjede bednicí vak. Robot se vystředí do správné polohy. Na stěnu hlavní stoky se silou 7000 N přitlačí štít, který uzavře prostor mezi hlavní stokou a přípojkou. Bednicí vak se nafoukne tlakem 2 bar a těsně přilne ke stěně přípojky. Tím se vymezení prostor pro injektáž mezi štítem, vakem a stěnou přípojky s případnými kavernami, vylámanými střepy apod. Bednicí vak lze vsunout do přípojky až do vzdálenosti 35 cm.

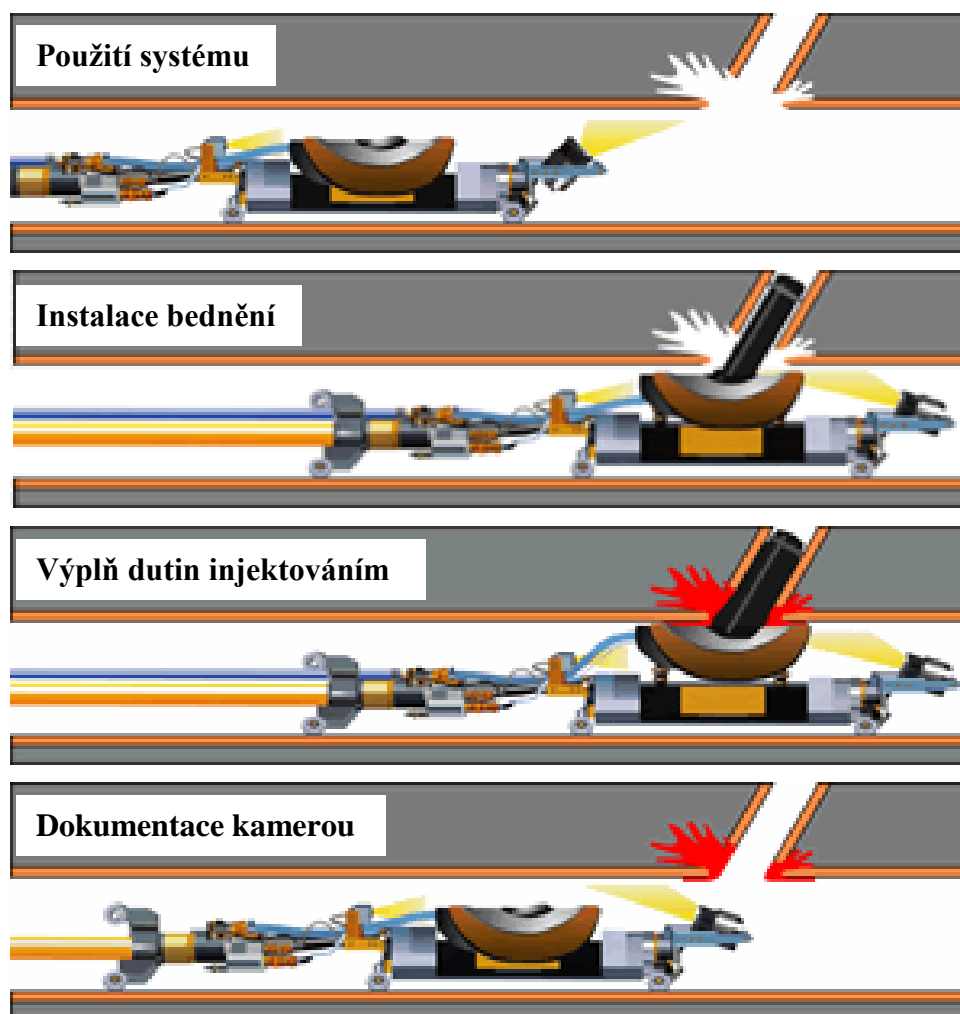
Speciální injektážní malta *ERGELIT-Kanaltec CF* se do poškozeného místa injektuje přímo z vozidla do té doby, než tlakový spínač na štítu dá signál, že se v bednění vytvořil přetlak. To znamená, že kaverna je zcela vyplněna.

Po vytvrdnutí materiálu (cca 45 minut) se gumový vak vyfoukne a zasune zpět pod štít. Bednicí štít se uvolní tak, aby se mohl robot v hlavní stoce pohybovat a pokračovat v další sanaci.

Kamera s barevným snímáním umožňuje sledovat a zaznamenávat průběh prací. Tato nahrávka je následně předána zákazníkovi na DVD, takže není nutná následná kontrola inspekční kanalizační kamerou.

Touto metodou lze sanovat místa napojení přípojek v dimenzi od DN 100 do DN 250 pod libovolným úhlem zaústění do hlavní stoky. Možná dimenze hlavní stoky je DN 190 – DN 600 (pro kruhový profil) pro kameninové, betonové, sklolaminátové potrubí a materiál použitý k sanaci rukávcem.

Velikost lokálních poruch, které lze touto metodou sanovat, je dána velikostí štítu, který je vyráběn dle dimenze hlavní stoky [52].



Obr. 8.7 – Schéma sanace přípojek technologií ZEP-RE-CON [47]



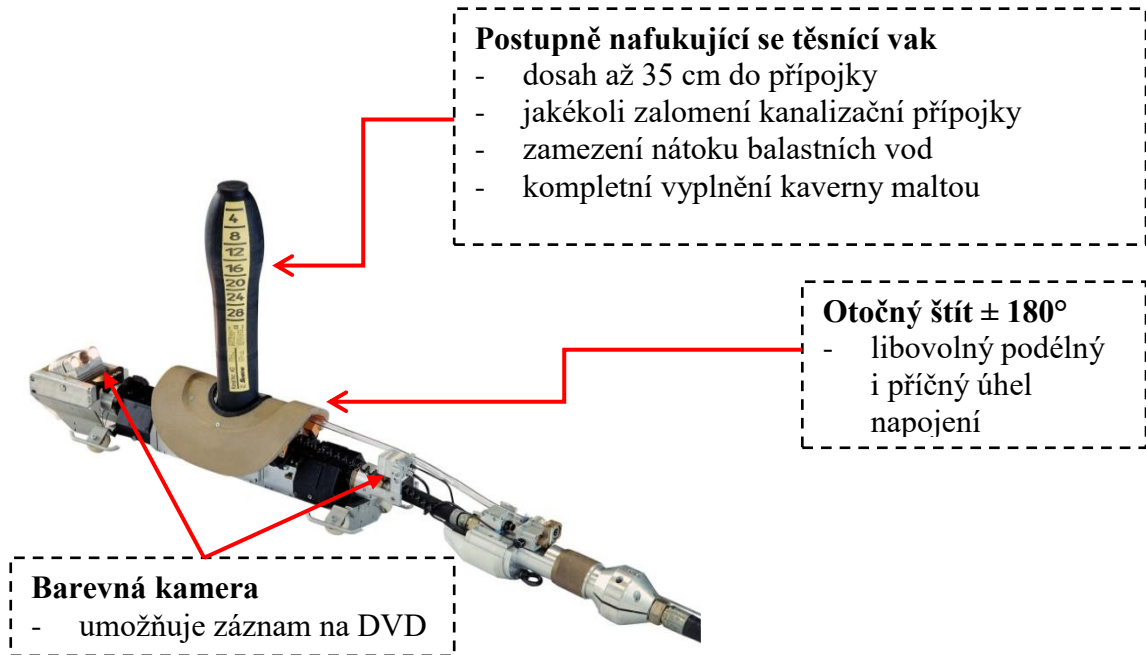
### Technické údaje

Přítlačná síla štítu je při 6 barech 7000 N.

Zakrytí potrubí štítem (160°) je:

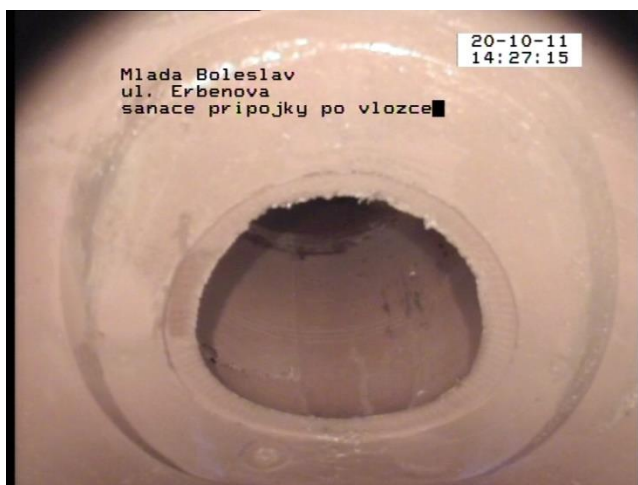
- pro DN 300: délka štítu potrubí 440 mm a šířka 430 mm,
- pro DN 500: délka štítu potrubí 440 mm a šířka 490 mm.

Úhel naklopení štítu je  $\pm 180^\circ$  [52].



ZEPRIS s.r.o. Robot na sanaci poruch injektováním technologií ZEP-RE-CON.

[fotografie]. © 2016.



ZEPRIS s.r.o. Přípojka po sanaci. [fotografie]. © 2016.



ZEPRIS s.r.o. Zatahování rukávce přes šachtu. [fotografie]. © 2016.



ZEPRIS s.r.o. Naviják v cílové šachtě. [fotografie]. © 2016.



ZEPRIS s.r.o. Pohled do šachty. [fotografie]. © 2016.



ZEPRIS s.r.o. Zatahování UV zařízení. [fotografie]. © 2016.

## 9 Vyhodnocení a odhad investičních nákladů

Pro návrh rekonstrukce stoky v MČ Komořany byla doporučena k realizaci sanace potrubí technologií *GFK-Liner*. Jedním z aspektů je i ekonomické hledisko – přímé náklady, které vznikají investorovi při přípravě a realizaci projektu sanace. Jedná se například o náklady vlastní opravy/obnovy, včetně souvisejících prací (napojování přípojek, úpravy povrchů komunikací apod.), náklady přípravy sanace (přípravná a projektová dokumentace, průzkumné práce, monitoring apod.) atd.

Odhad investičních nákladů na rekonstrukci stoky v MČ Komořany za použití bezvýkopové technologie *GFK-Liner* je součástí Příloh, viz Příloha 5.

Odhad investičních nákladů na rekonstrukci stoky v MČ Komořany za použití bezvýkopové technologie *Compact Pipe* je součástí Příloh, viz Příloha 6.

Pro zajímavost a porovnání byl proveden i odhad nákladů sanace potrubí technologií otevřeného výkopu a je součástí Příloh, viz Příloha 7.

Odhad investičních nákladů pro bezvýkopovou technologii byl proveden na základě poskytnutých cen za dané položky firmou ZEPRIS s.r.o. a v případě technologie otevřenou rýhou projekční kanceláří DIPRO, spol. s r.o.

Výsledné hodnoty odhadu investičních nákladů jsou uvedené v tab. 9.1, z které je patrný markantní cenový rozdíl použití daných technologií.

Tab. 9.1 – Porovnání finančních nákladů [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]

Položka	Celkem na položku v Kč bez DPH	DPH 21 %	Celkem na položku v Kč vč. DPH
Bezvýkopová technologie - <b>GFK-Liner</b>	1 970 046 Kč	413 710 Kč	<b>2 383 756 Kč</b>
Bezvýkopová technologie - <b>Compact Pipe</b>	1 765 116 Kč	370 674 Kč	2 135 790 Kč
Otevřený výkop	9 720 980 Kč	2 041 406 Kč	11 762 386 Kč

Tab. 9.2 – Rozdíl nákladů bezvýkopových technologií [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]

Položka	Celkem na položku v Kč vč. DPH	Rozdíl v Kč vč. DPH
Bezvýkopová technologie - <b>GFK-Liner</b>	2 383 756 Kč	<b>247 966 Kč</b>
Bezvýkopová technologie - <b>Compact Pipe</b>	2 135 790 Kč	

Tab. 9.3 – Rozdíl nákladů doporučené technologie a otevřeného výkopu [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]

<b>Položka</b>	<b>Celkem na položku v Kč vč. DPH</b>	<b>Rozdíl v Kč vč. DPH</b>
Bezvýkopová technologie - <b>GFK-Liner</b>	2 383 756 Kč	<b>9 378 630 Kč</b>
Otevřený výkop	11 762 386 Kč	

Z výše uvedených tabulek je patrné, že použití bezvýkopových technologií vychází z finančního hlediska mnohem výhodněji než v případě technologie otevřeného výkopu.

Nutno podotknout, že i bezvýkopové technologie jsou finančně velmi náročné, a to zejména z důvodu vysokých požadavků na technické vybavení a kvalifikaci montážního personálu.

## 10 Závěr

Rozhodování o způsobu sanace je klíčovým aspektem. Najít optimální řešení přináší nejen ekonomický efekt, ale také úsporu nákladů, rychlost provedení sanace a eliminaci negativních vlivů, které mohou v souvislosti s realizací sanace nastat. Je důležité, aby byla metoda efektivně využita, a také záleží na tom, zda bude výhodné použít bezvýkopovou technologii v celém rozsahu sanace či v určité části. Je třeba vzít v úvahu, že sanace bezvýkopovou technologií i v extravilánu nepředstavuje takové negativní účinky jako při provádění otevřených výkopů. Negativními účinky je myšleno: vyšší rozsah zemních prací při otevřených výkopech, případně problémy s uložení přebytečné zeminy, nakládání s ornici, vyšší zábory pozemků či ovlivnění struktury geologické vrstvy – jak povrchové, tak hlubší –, případně ovlivnění podzemních vod [15].

Cílem bakalářské práce bylo ze dvou vybraných reprezentativních metod vhodných pro sanaci stávající splaškové kanalizace doporučit jednu variantu rekonstrukce za použití bezvýkopové technologie k realizaci. Optimální varianta byla vybrána na základě vhodnosti použití pro daný případ a jedná se o technologii *GFK-Liner*. Nelze však říci, že důvody volby této technologie budou vyhovující i v jiném případě.

Sanační rukávce mají v současnosti vysokou úroveň kvality při odpovídajícím dohledu a je v průměru více jak 10 % lepší úspěšnost než před 10 lety co se kvality rukávce týče. Obrusná vrstva tvoří podstatnou část konstrukce rukávce. Musí zaručovat provozní bezpečnost vzhledem k fyzikální a chemické odolnosti po celou dobu životnosti – a ta je dle výrobce stanovena na minimálně 50 let. Pouze odběr vzorků a zkoušky materiálů poskytnou spolehlivé informace o kvalitě daného rukávu [27].

Kromě již v této práci zmíněných výhod/nevýhod daných technologií nelze opomenout například minimální stavební práce, výhodnost a efektivnost bezvýkopových technologií z časového hlediska (realizace pouze na udržovací práce), což znamená, že i stroje pracují kratší dobu. Je nutné brát ohledy na negativní dopady na životní prostředí (ŽP), neboť použití bezvýkopových technologií představuje mnohem menší zásah do ŽP. Oproti výkopové technologii představují nižší spotřebu paliva, což znamená i nižší uhlíkové emise, a menší počet zařízení na stavbě má za důsledek také méně emisí v atmosféře. Celkově lze předpokládat v důsledku jejich využití i nižší emise skleníkových plynů než v případě použití výkopové technologie. Nedochozí k narušení dopravy, k objízdám trasám pro dopravu, což může jinak

znamenat i v mnoha místech dopravní zpoždění, či v menších obcích mnohakilometrové objížďky. Šetrnost provádění a de facto žádné přemísťování velkého množství objemu zeminy, při němž těžká technika spotřebuje značné množství pohonných hmot, to všechno jsou velmi důležitým faktory při volbě technologie výstavby/opravy/obnovy podzemního trubního vedení. Proto je výhodnější vést obnovené potrubí v původní trase.

Ochrana a péče o ŽP se v současné době dostávají stále více do středu pozornosti veřejnosti i vlády. Současný stav znečišťování je alarmující a přináší s sebou značné komplikace. Jedná se o klíčové aktivity k zachování příznivých podmínek života pro nás i další generace.

## Seznam použité literatury a zdrojů

### Normy a standardy

- [1] ATV-DVWK-A 127. *Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen; 3. Auflage.* 2008. 88 s. ISBN 978-3-933707-37-6.
- [2] ATV-M 127-2. *Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren - Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV-A 127.* European Association for Ductile Iron Pipe Systems, 2. korrigierte Auflage Juli. 2010.
- [3] ČSN EN 1610. *Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.* Praha: Český normalizační institut, 1999. 40 s. Třídící znak 75 6114.
- [4] ČSN EN 12889. *Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.* Praha: Český normalizační institut, 2001. 24 s. Třídící znak 75 6115.
- [5] ČSN 01 3463. *Výkresy inženýrských sítí – Výkresy kanalizace.* Praha: Český normalizační institut, 1997. 44 s. Třídící znak 01 3463.
- [6] ČSN 73 6005. *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.* Praha: Český normalizační institut, 1994. 20 s. Třídící znak 73 6005.
- [7] ČSN 75 0161. *Vodní hospodářství – Terminologie v inženýrství odpadních vod.* Praha: Český normalizační institut, 2008. 80 s. Třídící znak 75 0161.
- [8] ČSN 75 6101. *Stokové sítě a kanalizační přípojky.* Praha: Český normalizační institut, 2012. 44 s. Třídící znak 75 6101.
- [9] ČSN 75 6909. *Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek.* Praha: Český normalizační institut, 2004. 16 s. Třídící znak 75 6909.
- [10] DIN EN ISO 178. *Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften.* Deutsche Industrie-Norm, 2013. 29 s.
- [11] DIN EN ISO 11296-4. *Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining.* Deutsche Industrie-Norm, 2011. 42 s.
- [12] DWA-A 143-3. *Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner.* Deutsche



- Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2014. 72 s. ISBN 978-3-944328-84-3.
- [13] *Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy*. 1. aktualizace, leden 2009.
- [14] *Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy*. 3. aktualizace, říjen 2015.

### Monografické publikace

- [15] BEZROUK, Jiří. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Líbeznice: Medim, 2008. ISBN 978-80-87140-07-9.
- [16] KLEPSATEL, František a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava: Jaga, 2007. 144 s. ISBN 978-80-8076-053-3.
- [17] HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000, 2001. 251 s. ISBN 80-86020-30-4.
- [18] URCIKÁN, Pavol a Ladislav IMRIŠKA. *Stokovanie a čistenie odpadových vôd: Tabul'ky na výpočet stók*. Bratislava: Alfa, 1986. 237 s.

### Vysokoškolská skripta

- [19] NYPL, Vladimír a Marcela SYNÁČKOVÁ. *Zdravotně inženýrské stavby 30: Stokování*. Praha: ČVUT, 1998. 149 s. ISBN 80-01-01729-X.

### Webové stránky

- [20] ASOCIACE ČISTÍRENSKÝCH EXPERTŮ ČESKÉ REPUBLIKY. *Metodická příručka Posouzení stokových systémů uzbanizovaných povodí* [online]. © květen 2009. [cit.2016-03-13]. Dostupné z: <[http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009\\_metodicka\\_prirucka\\_stokovy\\_system\\_090604.pdf](http://www.opzp2007-2013.cz/soubor-ke-stazeni/17/5237-01052009_metodicka_prirucka_stokovy_system_090604.pdf)>.
- [21] *Bezwypkowe renowacje rurociągów Metoda Compact Pipe* [online]. © 2016. [cit.2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.gzog.pl/bezwypkowe-renowacje-rurociagow/metoda-compact-pipe>>.

- [22] BHM spol. s r.o. *Bezvýkopová metoda INSAK* [online]. © 2006-2016. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <<http://www.bmh.cz/-insak->>.
- [23] *Compact Pipe Inserción con previo doblado del tubo* [online]. © 2011. [cit.2016-03-08]. Dostupné z: <[http://www.terraigua.com/compact\\_pipe\\_-\\_insercion\\_con\\_previo\\_doblado\\_del\\_tu.html](http://www.terraigua.com/compact_pipe_-_insercion_con_previo_doblado_del_tu.html)>.
- [24] HÁNKOVÁ, Dana. *Kanalizační stoky* [online]. © 2006. [cit.2016-03-02]. Dostupné z: <<http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>>.
- [25] HERMES TECHNOLOGY s.r.o. *Injektážní malty: ERGELIT-Kanaltec CF* [online]. © 2011-2015. [cit.2016-05-10]. Dostupné z: <<http://www.hermes-technologie.com/cz/malty/sortiment-maltovych-smesi-ergelit/injektazni-malty.html>>.
- [26] HERMES TECHNOLOGY s.r.o. *Robot pro sanaci zaústění bočních přípojek* [online]. © 2011-2015. [cit.2016-05-10]. Dostupné z: <<http://www.hermes-technologie.com/cz/sanacni-postupy/kanalizacni-roboty-haechler/robot-pro-sanaci-zausteni-bocnich-pripojek.html>>.
- [27] HOMANN, Dieter. *Zkoušky sanačních rukávů – metody, výsledky, vyhodnocení* [online]. © 2016. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <[http://www.ikt.de/wp-content/uploads/2016/03/Homann\\_IKT\\_SOVAK-Seminar-Tschechien-2016\\_CZ.pdf](http://www.ikt.de/wp-content/uploads/2016/03/Homann_IKT_SOVAK-Seminar-Tschechien-2016_CZ.pdf)>.
- [28] HOMANN, Dieter. *Zkušební postupy pro sanační rukávy* [online]. © 2016. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <[http://www.ikt.de/wp-content/uploads/2016/03/Manuskript-Homann-IKT\\_CZ-upraven%C3%BD\\_po-fin-revizi.pdf](http://www.ikt.de/wp-content/uploads/2016/03/Manuskript-Homann-IKT_CZ-upraven%C3%BD_po-fin-revizi.pdf)>.
- [29] *Hydraulic and Static Pipe Bursting* [online]. © 2016. [cit.2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/replacement-en/replacement-by-the-trenchless-method-en/unmanned-techniques-en/pipe-bursting-en/hydraulic-and-static-pipe-bursting-en>>.
- [30] Mapy.cz. *Krupná – Praha* [online]. © 1996-2016. [cit.2016-03-13]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=14.4069318&y=49.9898096&z=17&l=0>>.

- [31] *Obyvatelstvo a rozloha katastrálních území Prahy 2001-2015* [online]. © 2001-2016. [cit.2016-03-13]. Dostupné z: <[https://www.czso.cz/csu/xa/mesta\\_a\\_obce](https://www.czso.cz/csu/xa/mesta_a_obce)>.
- [32] *Pipe Bursting Methods* [online]. © 2001-2016. [cit.2016-03-08]. Dostupné z: <<http://www.tttechnologies.com/methods/pipe-bursting/>>.
- [33] *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací hl. m. Prahy – aktualizace k roku 2007: CZ011.3100.1100.0001.07 Praha 12 – Komořany* [online]. © 2007. [cit.2016-03-13]. Dostupné z: <[http://envis.praha-mesto.cz/\(yh4yfb45rgf15f551qhjcl55\)/files/=49250/CZ011\\_3100\\_1100\\_001\\_07+Praha+12+-+Komo%C5%99any.pdf](http://envis.praha-mesto.cz/(yh4yfb45rgf15f551qhjcl55)/files/=49250/CZ011_3100_1100_001_07+Praha+12+-+Komo%C5%99any.pdf)>.
- [34] RELINEEUROPE AG. *Alphaliner: sklolaminátový rukávec* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://relineeurope.com/bilder/PDF-Bro-Int/REL-Br\\_Alphaliner\\_cz.pdf](http://relineeurope.com/bilder/PDF-Bro-Int/REL-Br_Alphaliner_cz.pdf)>.
- [35] RELINEEUROPE AG. *AlphalinerUP: Komunální sféra: Sklolaminátový rukávec vytvrzovaný UV světlem* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://www.relineeurope.com/PDF-Downloads/andere-sprachen/REL-Fl\\_AlphalinerUP\\_cz\\_geschuetz.pdf](http://www.relineeurope.com/PDF-Downloads/andere-sprachen/REL-Fl_AlphalinerUP_cz_geschuetz.pdf)>.
- [36] RELINEEUROPE AG. *Light Set 9x400W* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv\\_light-sets/light-Set\\_9%C3%97400W.php](http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv_light-sets/light-Set_9%C3%97400W.php)>.
- [37] RELINEEUROPE AG. *REE400: DN150 – 500* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv\\_curing\\_systems/REE400\\_en.php](http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv_curing_systems/REE400_en.php)>.
- [38] RELINEEUROPE AG. *Systém vytvrzování UV světlem REE400* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://relineeurope.com/PDF-Downloads/andere-sprachen/REL-Fl\\_REE400\\_cz\\_geschuetzt.pdf](http://relineeurope.com/PDF-Downloads/andere-sprachen/REL-Fl_REE400_cz_geschuetzt.pdf)>.
- [39] RELINEEUROPE AG. *UV Light Set 6x1000-2000W* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv\\_light-sets/light-Set\\_6%C3%971000-2000W.php](http://www.relineeurope.com/en/equipment/uv_light-sets/light-Set_6%C3%971000-2000W.php)>.
- [40] RELINEEUROPE AG. *UV vybavení Alphaliner* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://relineeurope.com/bilder/PDF-Bro-Int/REL-Br\\_Equipment\\_cz.pdf](http://relineeurope.com/bilder/PDF-Bro-Int/REL-Br_Equipment_cz.pdf)>.

- [41] TRASKO, a.s. *Sanace kanalizace bezvýkopovou technologií UV LINER* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <[http://www.trasko.cz/cms/upload/root/o-spolecnosti/ke-stazeni/prospekty/6%20Sanace\\_UVliner.pdf](http://www.trasko.cz/cms/upload/root/o-spolecnosti/ke-stazeni/prospekty/6%20Sanace_UVliner.pdf)>.
- [42] TRASKO, a.s. *Struktura a vlastnosti sanačního rukávce Alphaliner* [online]. © 2016. [cit.2016-05-02]. Dostupné z: <<http://www.trasko.cz/struktura-sanacniho-rukavce-alphaliner/>>.
- [43] ÚMČ Praha 12. *Odpadní vody* [online]. © 2011. [cit.2016-03-01]. Dostupné z: <<http://www.praha12.cz/odpadni-vody/d-19707/p1=2263>>.
- [44] WAVIN Ekoplastik s.r.o. *Katalog Compact Pipe* [online]. © 2016. [cit.2016-03-01]. Dostupné z: <<http://www.wavinekoplastik.com/cz/compact-pipe>>.
- [45] ZEPRIS s.r.o. Ludwig Pfeiffer info. *Sanácia potrubia Compact-Pipe*. © 2007. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <<http://www.ludwigpfeifferinfo.de/pdf/czechrepublik/compactpipe.pdf>>.
- [46] ZEPRIS s.r.o. Ludwig Pfeiffer info. *Sanace potrubí GFK-Liner*. © 2007. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <<http://www.ludwigpfeifferinfo.de/pdf/czechrepublik/gfkliner.pdf>>.
- [47] ZEPRIS s.r.o. *Kanalizační roboty*. © 2016. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <<http://www.zepris.cz/prospekty-ke-stazeni>>.
- [48] ZEPRIS s.r.o. *Sanace vodovodních, plynovodních a kanalizačních potrubí*. © 2016. [cit.2016-04-28]. Dostupné z: <<http://www.zepris.cz/prospekty-ke-stazeni>>.

### **Firemní literatura a interní materiály**

- [49] ZEPRIS s.r.o. *GFK Liner – Technologický popis sanace potrubí zatažením rukávu se sklolaminátovými vlákny nasyceného pryskyřicí*. 2016. 5 s.
- [50] ZEPRIS s.r.o. MARTIN, Brož. *Bezvýkopové opravy kanalizací – GFK-Liner (prezentace)*, 2014. 30 s.
- [51] ZEPRIS s.r.o. MARTIN, Brož a Kateřina VOSKOVÁ. *Bezvýkopové opravy kanalizací – Compact Pipe (prezentace)*, 2016. 38 s.

- [52] ZEPRIS s.r.o. *Technologický postup – oprava míst napojení kanalizačních přípojek do řadu injektováním malty technologií ZEP-RE-NOC*, 2013. 3 s.

**Seznam použitých zkratek**

Bpv	Balt po vyrovnání
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	čistírna odpadních vod
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik (Německý institut pro stavební techniku)
DN	Diameter Nominal (jmenovitá světlost potrubí)
IMIP	Institut městské informatiky hlavního města Prahy
PA	polyamid
PE	polyetylen
PVK, a.s.	Pražské vodovody a kanalizace, a.s.
SDR	Standard Dimensions Ratio (standardní rozměrový poměr)
ÚČOV	Ústřední čistírna odpadních vod Praha
ŽP	životní prostředí

**Seznam použitých obrázků**

<i>Obr. 4.4.1 – Schéma opravy starého potrubí metodou Insituform</i>	18
<i>Obr. 4.4.2 – Vytvrzování výstelkové hadice UV zářením</i>	19
<i>Obr. 4.4.3 – Zatahování krátkých trub</i>	21
<i>Obr. 4.4.4 – Schéma zatahování dlouhých trub</i>	22
<i>Obr. 4.4.5 – Svařování termoplastových trub před jejich zatahováním</i>	22
<i>Obr. 4.4.6 – Relining metodou Compact Pipe (C-Liners)</i>	24
<i>Obr. 4.4.7 – Compact Pipe – zdeformovaná trouba navinutá na bubnu</i>	24
<i>Obr. 4.4.8 – Trhání nefunkčního potrubí zařízením Grundocrack</i>	26
<i>Obr. 4.4.9 – Express-Berstlining</i>	27
<i>Obr. 5 – Zobrazení zájmového území</i>	29
<i>Obr. 6.1 – Schéma sanace metodou GFK-Liner</i>	41
<i>Obr. 6.2.1 – Fáze reverzního procesu</i>	44
<i>Obr. 6.2.2 – Schéma sanace metodou Compact Pipe</i>	49
<i>Obr. 6.2.3 – Orientační čas jednotlivých kroků sanace pro vybrané průměry</i>	49
<i>Obr. 6.2.4 – Vnější zatížení, které se přes stávající potrubí může zvětšovat</i>	51
<i>Obr. 6.2.5 – Přílišná zátěž vede ke zborcení vložky</i>	51
<i>Obr. 6.2.6 – Mezní stavy potrubí</i>	51
<i>Obr. 7.1 – Třídy stavu starého potrubí dle ATV-DVWK-A 127</i>	52
<i>Obr. 7.2 – I. mezní stav</i>	53
<i>Obr. 7.3 – II. mezní stav</i>	54
<i>Obr. 7.4 – III. mezní stav</i>	54
<i>Obr. 7.5 – III. mezní stav</i>	54
<i>Obr. 8.1 – Struktura sanačního rukávce AlphalinerUP</i>	58
<i>Obr. 8.2 – Překrývání výkonu lamp</i>	60
<i>Obr. 8.3 – REE 400</i>	60
<i>Obr. 8.4 – Světelný řetězec UV lamp, výkon 9 x 400 W</i>	61
<i>Obr. 8.5 – Světelný řetězec UV lamp, výkon 6 x 1 000 – 2 000 W</i>	61
<i>Obr. 8.6 – Odstraňování nátoku balastních vod injektáží</i>	63
<i>Obr. 8.7 – Schéma sanace přípojek technologií ZEP-RE-CON</i>	64

**Seznam použitých tabulek**

<i>Tab. 5 – Orientační doba životnosti podzemního vedení .....</i>	34
<i>Tab. 9.1 – Porovnání finančních nákladů .....</i>	68
<i>Tab. 9.2 – Rozdíl nákladů bezvýkopových technologií .....</i>	68
<i>Tab. 9.3 – Rozdíl nákladů doporučené technologie a otevřeného výkopu .....</i>	69



**Seznam fotografií poskytnutých firmou ZEPRIS s.r.o.**

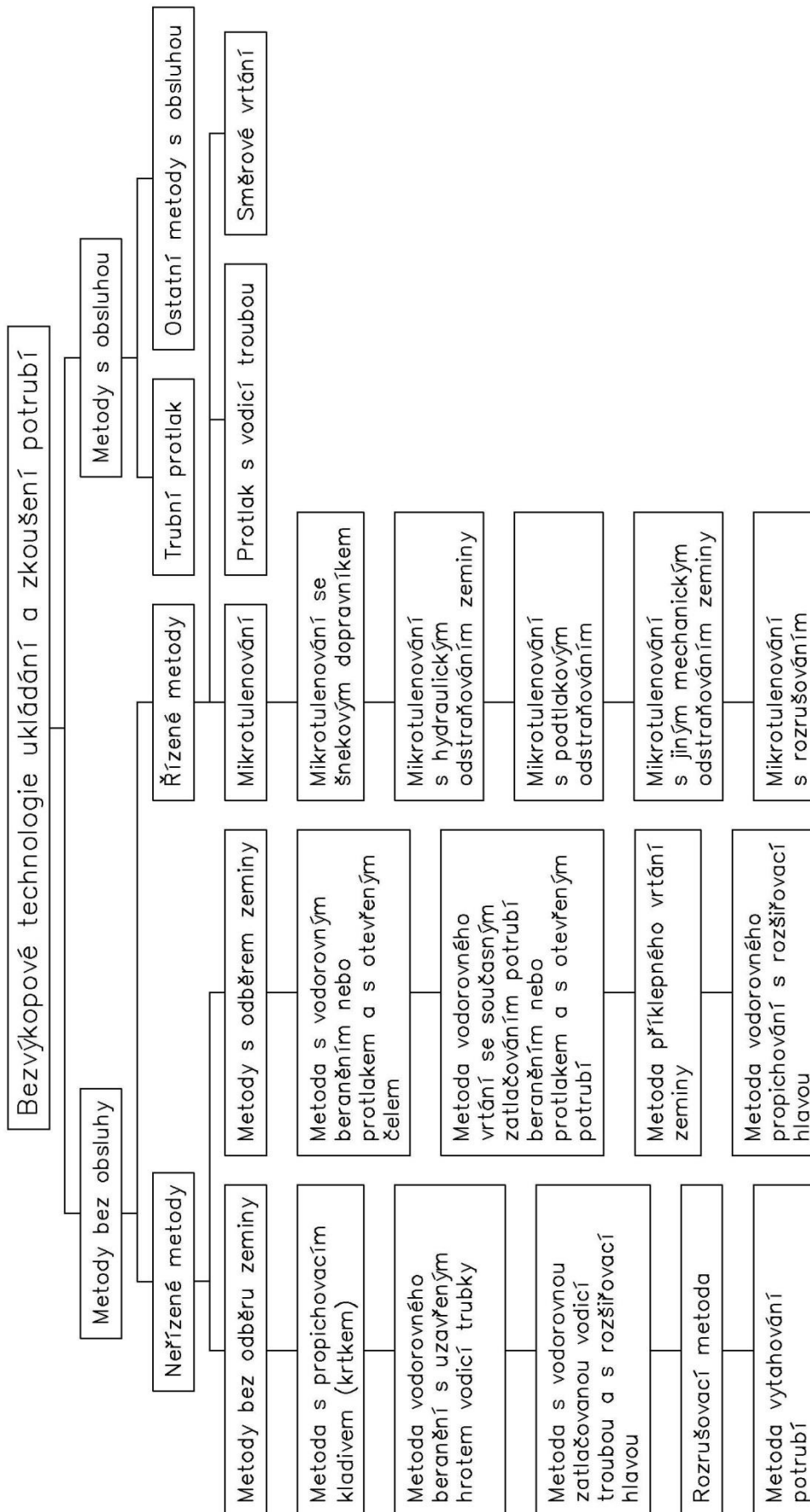
ZEPRIS s.r.o. Robot na sanaci poruch injektováním technologií ZEP-RE-CON. [fotografie]. © 2016. ....	65
ZEPRIS s.r.o. Přípojka po sanaci. [fotografie]. © 2016. ....	65
ZEPRIS s.r.o. Zatahování rukávce přes šachtu. [fotografie]. © 2016. ....	66
ZEPRIS s.r.o. Naviják v cílové šachtě. [fotografie]. © 2016. ....	66
ZEPRIS s.r.o. Pohled do šachty. [fotografie]. © 2016. ....	66
ZEPRIS s.r.o. Zatahování UV zařízení. [fotografie]. © 2016. ....	67

## **Přílohy**

## **Seznam příloh**

- Příloha 1**      Přehled bezvýkopových metod výstavby podzemních vedení
- Příloha 2**      Tabulka šachet
- Příloha 3**      Tabulka přípojek
- Příloha 4**      Časové schéma GFK-Liner
- Příloha 5**      Investiční náklady GFK-Liner
- Příloha 6**      Investiční náklady Compact Pipe
- Příloha 7**      Investiční náklady otevřený výkop

**Příloha 1 – Přehled bezvýkopových metod výstavby podzemních vedení [3]**



Příloha 2 – Tabulka šachet [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]

Ozn. šachty	Souřadnice		Kóta terénu [m n. m.]	Kóta dna [m n. m.]	Hloubka šachty [m]	DN [mm]	Poznámka
	Y	X					
<b>Stoka "ul. Krupná - ul. Za Sídlištěm (šachta Š 5 - Š 28)"</b>							
Š 5	745112.71	1053712.51	221.89	219.23	2.66	500/500	napojení stoky z ul. K Nouzovu
Š 24	745118.74	1053752.44	223.27	220.23	3.04	500	
Š 25	745123.64	1053791.24	224.46	221.13	3.33	500	
Š 26	745123.76	1053793.33	224.56	221.17	3.39	500/300	napojení stoky z ul. Za Sídlištěm (šachta Š 26 - Š 47)
Š 27	745124.76	1053799.03	224.77	221.45	3.32	500	
Š 28	745133.16	1053861.92	227.02	224.65	2.37	500/250	
<b>Stoka "ul. Krupná - ul. Za Sídlištěm (šachta Š 26 - Š 47)"</b>							
Š 26	745123.76	1053793.33	224.56	221.32	3.24	500/300	napojeno na stoku z ul. Za Sídlištěm (šachta Š 5 - Š 28)
Š 41	745125.89	1053796.14	224.64	221.46	3.18	300	
Š 42	745128.71	1053813.43	225.20	221.81	3.39	300	
Š 43	745130.15	1053825.78	225.70	222.29	3.41	300	
Š 44	745134.44	1053852.73	226.65	223.36	3.29	300	
Š 45	745139.45	1053857.13	226.75	223.50	3.25	300	
Š 46	745167.91	1053854.90	225.93	223.58	2.35	300	
Š 47	745199.31	1053851.71	225.34	223.99	1.35	300	

Pozn.: Výškové kóty jsou ve výškovém systému Bpv.

**Příloha 3 – Tabulka přípojek [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]**

POŘADÍ	STANIČENÍ [m]	MATERIÁL	DIMENZE [mm]	TYP	DÉLKA [m]	OZNAČENÍ
<b>Stoka "ul. Krupná - ul. Za Sídlištěm (šachta Š 5 - Š 28)"</b>						
1	31.1	KT	200	Přípojka vpravo	15.5	Přípojka k č. parc. 257
2	35.8	KT	200	Přípojka vlevo	15.0	Přípojka k č. parc. 254
3	38.6	KT	200	Přípojka vpravo	15.5	Přípojka k č. parc. 256
4	53.6	KT	200	Přípojka vpravo	15.5	Přípojka k č. parc. 255
5	73.8	KT	200	Přípojka vpravo	37.0	Přípojka k č. parc. 239
6	89.3	KT	200	Přípojka vlevo	44.5	Přípojka k č. parc. 245, 246, 247
<b>Stoka "ul. Krupná - ul. Za Sídlištěm (šachta Š 26 - Š 47)"</b>						
1	19.5	KT	200	Přípojka vpravo	7.0	Přípojka k č. parc. 241/2
2	43.1	KT	200	Přípojka vpravo	7.0	Přípojka k č. parc. 241/1
3	69.3	KT	200	Přípojka vlevo	13.0	Přípojka k č. parc. 325
4	93.2	KT	200	Přípojka vpravo	11.5	Přípojka k č. parc. 240/2
5	101.8	KT	200	Přípojka vlevo	11.0	Přípojka k č. parc. 462
6	121.5	KT	200	Přípojka vlevo	10.5	Přípojka k č. parc. 465/2



Příloha 5 – Investiční náklady GFK-Liner [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]

Položka	MJ	Počet MJ	Cena za MJ v Kč	Celkem na položku v Kč
Náklady na umístění a příprava stavby	ks	1	45 000 Kč	45 000 Kč
TV - inspekce	m	278,1	34 Kč	9 386 Kč
Čištění	hod	6	4 730 Kč	28 380 Kč
Frézovací a přípravné práce	hod	6	5 100 Kč	30 600 Kč
Sanace <b>GFK-Liner</b> - DN 300	m	127,7	1 645 Kč	210 046 Kč
Sanace <b>GFK-Liner</b> - DN 500	m	150,4	3 174 Kč	477 428 Kč
Otevření přípojek	ks	12	4 600 Kč	55 200 Kč
Zapravení přípojek - injektáž ZEP-RE-CON	ks	12	20 000 Kč	240 000 Kč
Napojení v šachtě	ks	13	3 500 Kč	45 500 Kč
Kamerové prohlídky a DVD dokumentace	m	278,1	39 Kč	10 846 Kč
Tlaková zkouška vzduchem	ks	6	810 Kč	4 860 Kč
Přečerpávání splašků	kpl.	6	15 000 Kč	90 000 Kč
Sanace šachet zednickým způsobem, hl. 5 m	ks	13	55 600 Kč	722 800 Kč
<b>CELKEM bez DPH</b>				<b>1 970 046 Kč</b>
DPH 21 %				413 710 Kč
<b>CELKEM vč. DPH</b>				<b>2 383 756 Kč</b>



**Příloha 6 – Investiční náklady Compact Pipe [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]**

<b>Položka</b>	<b>MJ</b>	<b>Počet MJ</b>	<b>Cena za MJ v Kč</b>	<b>Celkem na položku v Kč</b>
Náklady na umístění a příprava stavby	ks	1	45 000 Kč	45 000 Kč
Doprava materiálu vč. nájmu bubnů	ks	1	200 000 Kč	200 000 Kč
TV-inspekce	m	278,1	34 Kč	9 386 Kč
Čištění	hod	6	4 730 Kč	28 380 Kč
Frézovací a přípravné práce	hod	6	5 100 Kč	30 600 Kč
Sanace <b>Compact Pipe</b> - DN 300 (PE 100, SDR 17)	m	127,7	61,6 Kč	11 704 Kč
Sanace <b>Compact Pipe</b> - DN 500 (PE 100, SDR 21)	m	150,4	154,2 Kč	30 840 Kč
Otevření přípojek	ks	12	4 600 Kč	55 200 Kč
Zapravení přípojek robotem	ks	12	40 000 Kč	480 000 Kč
Napojení v šachtě	ks	13	3 500 Kč	45 500 Kč
Kamerové prohlídky a DVD dokumentace	m	278,1	39 Kč	10 846 Kč
Tlaková zkouška vzduchem	ks	6	810 Kč	4 860 Kč
Přecherpávání splašků	kpl.	6	15 000 Kč	90 000 Kč
Sanace šachet zednickým způsobem, hl. 5 m	ks	13	55 600 Kč	722 800 Kč
<b>CELKEM bez DPH</b>				<b>1 765 116 Kč</b>
DPH 21 %				370 674 Kč
<b>CELKEM vč. DPH</b>				<b>2 135 790 Kč</b>
Pozn.:				
PE 100, SDR 17 se prodává ve standardní délce 190 m, celková cena za položku je uvedena za 190 m				
PE 100, SDR 21 se prodává ve standardní délce 100 m, celková cena za položku je uvedena za 200 m				

**Příloha 7 – Investiční náklady otevřený výkop [ŠVEJDOVÁ, Nikola. © 2016.]**

<b>Položka</b>	<b>MJ</b>	<b>Počet MJ</b>	<b>Cena za MJ v Kč</b>	<b>Celkem na položku v Kč</b>
<b>Stoky</b>				
DN 300	m	127,7	20 000 Kč	2 554 000 Kč
DN 500	m	150,4	23 000 Kč	3 459 200 Kč
<b>Připojení přípojek</b>				
DN 200	m	203,0	10 500 Kč	2 131 500 Kč
<b>Obnova komunikací</b>				
DN 300	m <sup>2</sup>	383,1	1 100 Kč	421 410 Kč
DN 500	m <sup>2</sup>	451,2	1 100 Kč	496 320 Kč
Přípojky	m <sup>2</sup>	609,0	950 Kč	578 550 Kč
<b>Ostatní náklady</b>				
Geodetické zaměření	kpl.	1	80 000 Kč	80 000 Kč
<b>CELKEM bez DPH</b>				<b>9 720 980 Kč</b>
DPH 21 %				2 041 406 Kč
<b>CELKEM vč. DPH</b>				<b>11 762 386 Kč</b>