

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování**



**SANACE TRUBNÍCH STOK S POUŽITÍM  
BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc.

Bakalant: Aleš Dvořák

2012

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dvořák Aleš

Územní technická a správní služba - kombinované Březnice

Název práce

**Sanace trubních stok s použitím bezvýkopových technologií (studie)**

Anglický název

**Reconstruction of a sewer pipe with using Trenchless Technologies (study)**

---

### Cíle práce

Materiály trubních stokových sítí a příčina poruch. Zpřehlednění bezvýkopových technologií.  
Hodnocení vlivu na životní prostředí.  
Konkrétní případ sanace pomocí BT.

### Metodika

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Cíle práce a metodika
3. Materiály trubních stokových sítí a příčina poruch
4. Zpřehlednění bezvýkopových technologií
5. Hodnocení vlivu na životní prostředí
6. Konkrétní případ sanace pomocí BT
7. Diskuze
8. Závěr
9. Použitá literatura

### Harmonogram zpracování

Datum zadání bakalářské práce: 30.6.2010

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2012

## Rozsah textové části

50 stran

## Klíčová slova

trubní materiály, bezvýkopové technologie, stoková síť, diagnostika

## Doporučené zdroje informací

Seznam odborné literatury:

- 1.) STEIN D. & NIEDEREHE W., 1992: Instandhaltung von Kanalisationen. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin, 814 s
- 2.) ŠRYTR P. & kol., 1998, 2001: Městské inženýrství I a II. Academia, Praha, 434 s., 398 s.
- 3.) ČTVHS, 2003: Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí. Česká vědeckotechnická společnost, Praha, 95 s.
- 4.) KLEPSATEL, F. & RACLAVSKÝ, J., 2007: Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. JAGA, Brno
- 5.) FUČÍK L., 2009: Návrh rekonstrukce stokové sítě. Diplomová práce, Praha, 84 s.
- 6.) NODIG ([www.czstt.cz/zpravodaj\\_nodig.htm](http://www.czstt.cz/zpravodaj_nodig.htm)) – obsahuje 21 čísel časopisu NODIG 2005- 2010
- 7.) ISTT ([www.istt.com](http://www.istt.com)) – obsahuje rozsáhlé databáze různých článků a informací z oboru bezvýkopových technologií
- 8.) TRENCHLESS WORD, WORD TUNNELING – časopis zabývající se bezvýkopovými technologiemi výstavby IS a tunelováním, 2007 - 2010

## Vedoucí práce

Synáčková Marcela, Ing., CSc.

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry



V Praze dne 4.10.2011

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Marcely Synáčkové, CSc. Další informace mi poskytl Ing. Václav Lázníček z firmy Rekonstrukce potrubí – REPO a.s. Prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: .....

.....

Aleš Dvořák

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za její cenné rady, trpělivost a vstřícný přístup.

Rovněž bych chtěl poděkovat Ing. Václavu Lázníčkoví z firmy Rekonstrukce potrubí – REPO a.s. za možnost shlédnutí a konzultace praktické realizace sanace trubní stoky.

V Praze dne: .....

.....

Aleš Dvořák

## **ABSTRAKT**

Cílem bakalářské práce je provést zřehlednění a stručné vysvětlení principů realizace jednotlivých metod, používaných pro bezvýkopové sanace trubních stok.

Vzhledem k úzkém vlivu na volbu konkrétní sanační metody jsou dalšími cíli práce popis materiálů stokových sítí a poruch, které se vyskytují při jejich provozování.

V závěru práce je detailní rozbor bezvýkopové sanace úseků gravitačních trubních stok na konkrétních situacích v terénu.

Práce vychází z dostupné odborné literatury, českých a evropských norem, provozních nařízení a vyhlášek. Praktická část práce se opírá o konzultace s pracovníky firmy realizující sanace stokových sítí a o osobní účast při těchto pracích.

## **ABSTRACT**

Goal of the Bachelor's Thesis is to summarise and explain the principles of the methods used for trenchless rehabilitation pipe sewers.

It also focuses on the materials used for sewers and the failure during the usage. At the end of the Thesis I concentrate on detailed description of trenchless rehabilitation of gravitational pipe sewers in real conditions.

The Thesis is based on published sources, Czech and European guidelines, directives and regulations. The second part draws on the consultations with professionals and personal attendance during the sewers rehabilitation.

klíčová slova: stoky, materiály, sanace, bezvýkopové technologie

key words: sewers, materials, rehabilitation , trenchless technology

## **OBSAH**

<b>1. Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Cíle práce .....</b>	<b>8</b>
<b>3. Metodika.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Sanace stokových sítí.....</b>	<b>10</b>
4.1 Definice sanace.....	10
4.2 Důvody sanace.....	10
<b>5. Poruchy stokových sítí a jejich příčiny .....</b>	<b>11</b>
5.1 Typy poruch stok.....	11
5.1.1 Mechanické opotřebení .....	11
5.1.2 Překážky v průtoku.....	12
5.1.3 Netěsnost .....	12
5.1.4 Koroze .....	13
5.1.5 Odchylky polohy .....	13
5.1.6 Deformace .....	14
5.1.7 Lokální zborcení trubních stok .....	14
5.2 Kategorizace a zařídění poruch stok.....	14
<b>6. Materiály stokových sítí.....</b>	<b>16</b>
6.1 Požadavky kladené na materiál stokových sítí .....	16
6.2 Materiály trubních stokových sítí .....	17
6.2.1 Materiály tuhých trub .....	18
6.2.2 Materiály pružných trub .....	20
6.2.3 Materiály polotuhých trub .....	20
<b>7. Činnosti předcházející výběru metody sanace .....</b>	<b>21</b>
7.1 Lokalizace sanovaného úseku stoky.....	21
7.2 Průzkum stok .....	22
7.2.1 Televizní technika .....	22
7.2.2 Geofyzikální metody .....	23
7.2.3 Další metody užívané při průzkumu stok .....	24
7.3 Čištění stok .....	24
7.4 Zajištění funkce stokové sítě během sanace .....	25
<b>8. Rozhodnutí o metodě sanace .....</b>	<b>26</b>
8.1 Volba sanace metodou otevřeného výkopu .....	26
8.2 Volba sanace bezvýkopovou metodou .....	26
<b>9. Zpřehlednění bezvýkopových technologií.....</b>	<b>27</b>
9.1 Metody pro opravy stokových sítí .....	28
9.1.1 Injektáže utěšňovací směsí .....	29

9.1.2 Chemická stabilizace dvousložkovým roztokem.....	30
9.1.3 Krátká výstelka.....	30
9.1.4 Kloboučková výstelka .....	31
9.1.5 Oprava kanalizačním robotem.....	31
9.1.6 Vnitřní manžeta .....	32
9.1.7 Vyrovnání lokální deformace kruhového průřezu .....	33
<b>9.2 Metody pro renovace stokových sítí.....</b>	<b>33</b>
9.2.1 Vložkování troubami nebo potrubím.....	33
9.2.2 Vložkování troubami s dočasně deformovaným profilem.....	35
9.2.3 Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP).....	37
9.2.4 Vložkování strojním nástřikem .....	38
9.2.5 Vložkování spirálově vinutým potrubím .....	38
<b>9.3 Metody pro obnovu stokových sítí .....</b>	<b>40</b>
9.3.1 Dynamické trhání starého potrubí .....	40
9.3.2 Statické trhání starého potrubí.....	41
9.3.3 Hydraulické trhání starého potrubí .....	42
9.3.4 Odfrézování starého potrubí .....	42
9.4 Řešení opětovného napojení domovních přípojek k sanované stoce.....	43
<b>10. Hodnocení vlivu bezvýkopových technologií na životní prostředí ....</b>	<b>43</b>
10.1 Hodnocení podle produkce emisí .....	44
10.2 Prosté hodnocení vlivu na životní prostředí .....	45
<b>11. Konkrétní případ sanace stoky bezvýkopovou metodou.....</b>	<b>48</b>
11.1 Zájmová lokalita .....	48
11.2 Stav řešeného úseku stoky před sanací.....	49
11.3 Vlastní provedení renovace stoky.....	49
11.4 Rukávcový relining u stoky s větším průměrem .....	56
<b>12. Výsledky.....</b>	<b>58</b>
<b>13. Diskuse .....</b>	<b>61</b>
<b>14. Závěr.....</b>	<b>65</b>
<b>15. Přehled literatury a použitých zdrojů .....</b>	<b>68</b>
<b>16. Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>74</b>
<b>17. Přílohy .....</b>	<b>76</b>



## 1. Úvod

V průmyslově vyspělých zemích je většina obyvatel připojena k některému ze systémů podzemních trubních rozvodů různých inženýrských sítí.

Veřejnou kanalizační síť v České republice využívá 81,3% obyvatel (ČSÚ 2009). Jejím postupným rozšiřováním toto číslo narůstá. Délka stokové sítě překračuje nyní 37 000km a ročně se prodlužuje zhruba o 400km. ( Barták 2008 in SOVAK 2008). Přes tento rozvoj však nelze zapomínat na fakt, že značná část již vybudovaných stok a kanalizačních přípojek je na hranici, či za hranicí své životnosti. Příčiny tohoto stavu jsou různé. Nemusí se jednat pouze o přirozené stárnutí materiálu stokových sítí, svůj vliv má též nárůst povrchové dopravy, nedostatečná kvalita projektové přípravy, použitého materiálu nebo třeba prováděných prací při jejich výstavbě. Neřešení tohoto problému vede k nárůstu poruch na stokách, k průniku balastních vod a zvýšení zátěže čistíren odpadních vod, ale též k úniku odpadních vod do okolní zeminy a s tím spojenými škodami na životním prostředí. V extrémních případech může destrukce stoky způsobit vážné propady povrchu nad stokou.

Provádění sanačních prací otevřeným výkopem je však, zejména v intravilánech měst, stále náročnější. Nárůst intenzity silničního provozu, množství technologických sítí v městském podzemí a dopady na okolní prostředí mnohdy tento způsob sanace téměř vylučují.

Z těchto důvodů nastal ve druhé polovině 20.století postupný rozvoj metod technologie bezvýkopové výstavby a sanace podzemních inženýrských sítí, včetně metod uplatnitelných při sanacích trubních stokových sítí.

## 2. Cíle práce

Primárním cílem této bakalářské práce je, pomocí znalostí získaných studiem literárních zdrojů, konzultací s odbornou firmou a terénního pozorování na místě, provést zpřehlednění dostupných metod z oblasti bezvýkopových technologií, použitelných pro sanace trubních stokových sítí. V rámci tohoto zpřehlednění jednotlivé metody stručně popsat. Na vybrané praktické realizaci sanace úseku gravitační trubní stoky detailně zdokumentovat konkrétně použitou bezvýkopovou metodu.

Sekundárním cílem je zpracování poruch stokových sítí včetně příčin jejich vzniku, popis materiálů stokových sítí a představení možných postupů při hodnocení vlivu jednotlivých metod bezvýkopových technologií na životní prostředí.

### 3. Metodika

Zpracování tématu bakalářské práce předcházelo získání poznatků z oblasti bezvýkopových technologií, zajištění a studium dostupné odborné a technické literatury ve formě knižních publikací nebo periodik pro odbornou veřejnost. Dalším zdrojem informací pak byly technické normy, zákony a vyhlášky, dotýkající se řešené oblasti. Vzhledem k dynamice vývoje v oboru bezvýkopových technologií nešlo přehlédnout internetové portály společností, které u nás i ve světě jednotlivé bezvýkopové metody v praxi nabízejí, realizují a zdokonalují. Použité zdroje byly průběžně doplňovány do přehledu literatury.

Informace z literárních zdrojů byly posléze použity ke zpracování přehledu metod bezvýkopových sanací trubních stok, používaných materiálů stokových sítí, poruch stok a možných postupů pro hodnocení vlivu metod bezvýkopových sanací na životní prostředí.

K zajištění osobní přítomnosti při realizaci bezvýkopové sanace trubní stoky byly osloveny firmy se silným zaměřením portfolia poskytovaných služeb na bezvýkopové sanace potrubních sítí. Kontaktovány tak nebyly velké koncerny, široce působící ve stavebnictví (např. Skanska a.s. nebo Metrostav a.s.), a ani společnosti realizující projekty převážně v oblasti bezvýkopové výstavby. Získané informace byly použity ke zpracování tabulky s příklady firem a jimi nabízeného portfolia bezvýkopových sanačních metod v kapitole výsledky práce. Návštěvou stavebního odboru Obecního úřadu Milín pak byly získány informace a zapůjčeny podklady ke zvolené sanaci úseku jednotné gravitační trubní stoky v ulici Sokolská. Posléze byla využita i nabídka realizační firmy na shlédnutí další sanace trubní stoky v Praze - Řeporyjích.

Osobní účast na obou akcích a informace, získané nejen přímo z terénu, ale též z rozhovorů s pracovníky firmy, umožnily nejen detailně zdokumentovat realizační proces, ale též obohatit kapitolu diskuse.

Výsledky byly zpracovány ve formě tabulek, které obsahují přehled metod bezvýkopových sanací trubních stok, poruchy stok a jejich odstranění aplikací

konkrétní metody a představení alespoň některých firem, které jejich realizaci nabízejí.

V závěru bakalářské práce jsou poznatky z literatury a z přítomnosti u obou praktických sanací stok zhodnoceny a shrnuty.

## 4. Sanace stokových sítí

### 4.1 Definice sanace

Dle §2 zákona č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, v platném znění, je kanalizace pro veřejnou potřebu provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnujících stokovou síť s objekty umožňujícími bezpečné a plynulé odvádění odpadních vod vč. vod dešťových k jejich společnému vyčištění a odvedení do místních recipientů.

Technická norma (dále jen ČSN) ČSN 75 0161 Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod vysvětluje sanaci těchto stokových sítí jako veškerá opatření, které vedou k znovuoživení nebo zlepšení stávajících systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Tato opatření, v závislosti na míře poškození stoky nebo přípojky, tato norma dále dělí na opravu, renovaci nebo obnovu stok a kanalizačních přípojek.

**Oprava** – jsou postupy vedoucí k odstranění místních závad. Jde například drobná poškození a netěsnosti v konstrukci bez narušení statiky stoky, často lze vyřešit při pravidelné údržbě stoky.

**Renovace** – jsou opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností při úplném nebo částečném zachování původní konstrukce.

**Obnova** – spočívá ve vybudování nových stok v původní nebo nové trase, na které se připojí původní přípojky. Konstrukce je již v havarijním stavu, musí se nahradit novou.

### 4.2 Důvody sanace

Vlastník stokových sítí, stejně jako jakékoliv jiné stavby, je dle §154 zákona č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, v platném znění, (dále jen stavební zákon) povinen udržovat stavbu po celou dobu její existence. Podle §3

stavebního zákona se údržbou rozumějí práce, jimiž se zabezpečuje dobrý stavební stav tak, aby nedocházelo ke znehodnocení stavby a co nejvíce se prodloužila její užitelnost.

K provádění údržby je nutné znát skutečný stav sítě, k čemuž slouží prohlídka provozovaného stokového systému. Vlastník sítě tuto povinnost provádí sám, nebo jí může smluvně přenést na provozovatele.

Inspekce technického stavu stokové sítě se provádí v pravidelných naplánovaných intervalech nebo až v případě vzniku poruchy, tzv. strategie selhání (Raclavský et al. 2006). Metody inspekce stanoví norma ČSN EN 752 Odvodňovací systémy vně budov. Výsledkem těchto kontrol je vyhodnocení celkového stavu stokové sítě a klasifikace zjištěných poruch. K jejich odstranění se přistupuje podle naléhavosti vyřešení problému.

Celková inspekce stoky určí její aktuální stavební stav, výšku sedimentů, průniky balastních vod, lokalizaci přípojek, ale též hydraulické zatížení, složení transportovaných vod a další údaje. Důvodem k provedení sanace stoky tedy nemusí být vždy jen odstranění poruch, ale například potřeba v konkrétním úseku zvětšit průtočnou kapacitu stoky.

## **5. Poruchy stokových sítí a jejich příčiny**

Příčin vzniku poruch stok je celá řada, často působí několik vlivů současně. Sanace stoky by měla odstranit příčinu poruchy (např. nevhodný materiál stoky) a nebo být vůči ní odolná (např. nárůst dynamického zatížení stoky).

### **5.1 Typy poruch stok**

Základní skupiny poruch, se kterými se lze setkat ve stokových sítích, jsou mechanické opotřebení, překážky v průtoku, netěsnost, koroze, odchylky polohy, deformace, lokální zborcení stoky. (Raclavský et al. 2006)

#### **5.1.1 Mechanické opotřebení**

V případě stokových sítí se jedná hlavně o pozvolné poškozování stoky v oblasti dna obrusem. Obrus stoky nejčastěji způsobují pevné částice, obsažené v transportované odpadní vodě. Dochází k zeslabení materiálu trub v oblasti dna, což

vyvolává negativní zvýšení hydraulické drsnosti průtoku a snížení statické únosnosti, v extrémním případě vedoucímu až ke zborcení stoky. Mezi další původce lze zařadit například dlouhodobý dopad kapek na jedno místo stoky (např. u zaústění přípojek), erozi stoky konkrétní přepravovanou kapalinou (vhodnost použitého materiálu) nebo kavitaci (při implozi bublinek obsažených v proudící kapalině dojde k odnosu molekul materiálu stoky) (Lindel 2008).

### 5.1.2 Překážky v průtoku

Překážkou se rozumí bariéra zmenšující průtočný profil stoky. Může se jednat o usazený sediment, inkrustace, vrostlé kořeny, o přípojku přesahující do průtočného profilu nebo například o vpadlé střeby z poškozené trouby.

Příčiny této poruchy jsou různé, vždy podle konkrétní překážky v průtoku. Například usazování sedimentu může být důsledkem špatného návrhu stoky (příliš malý sklon), špatně prováděného čištění, ale i zvýšeného množství sedimentu v odpadních vodách (stavební práce na povrchu).

Překážky v průtoku snižují hydraulickou kapacitu stoky, kořeny a nekvalitně zhotovené přípojky navíc způsobují netěsnost. Usazený sediment ve stoce vyhnívá, plyny (sirovodík  $H_2S$ ) zapáchají a u betonových stok vyvolávají biogenní kyselinovou korozi (Šejnoha 2003).

### 5.1.3 Netěsnost

Netěsnost je u stokových sítí chápána jako únik přepravované odpadní vody do okolí stokové sítě a nebo průsak balastních vod do stoky. Stoka je hodnocena jako netěsná, pokud nevyhoví zkoušce těsnosti vodou nebo vzduchem podle ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek.

Netěsnost se vyskytuje jako důsledek téměř všech poruch stok. V případě trubních stok jsou častou příčinou technologická nekázeň při výstavbě stoky, použití nekvalitních trub, případně chyby v projektu stoky (nevhodný trubní materiál). Pro všechny typy stok jsou pak shodné příčiny netěsnosti vyvolané stárnutím materiálu, prasklinami či deformací potrubí způsobenou růstem zatížení hornin nad stokou, poškození nevhodnými metodami čištění, korozi nebo obrusem stok, vrůstem kořenů nebo nekvalitním napojením přípojek.

Exfiltrace odpadní vody a infiltrace vod balastních z důvodu netěsnosti stoky jsou pochopitelně jevy nežádoucí. V prvním případě dochází k ohrožení životního

prostředí (kontaminace spodních vod), odplavení zeminy v okolí stoky vyvolává navíc riziko vzniku kaveren. Naopak balastní vody zvyšují zatížení stokového systému a čistíren odpadních vod.

#### **5.1.4 Koroze**

Obecná definice koroze je samovolné vzájemné působení mezi prostředím a materiálem, které má za následek znehodnocování tohoto materiálu. V případě stokových sítí se jedná o všechny reakce, které pomocí chemického, elektrochemického nebo mikrobiologického procesu vedou k poškození stokových materiálů (Raclavský et al. 2006).

Míra koroze stoky závisí na agresivitě prostředí v okolí stoky, agresivitě přepravované kapaliny, na materiálu stoky, průtočné rychlosti a organickém znečištění odpadní vody. Korozi urychluje špatné větrání stoky, usazování a rozklad odpadních látek a zvýšený obrus dna stoky.

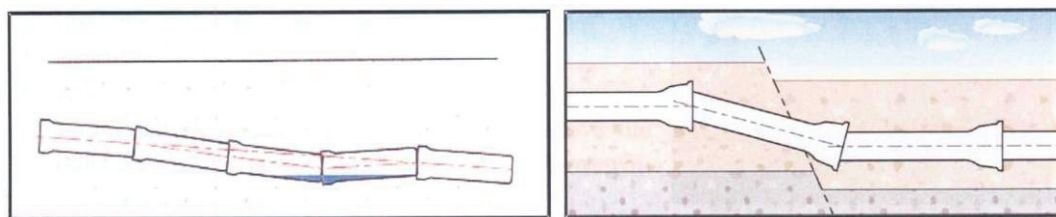
Korozí jsou nejvíce ohroženy materiály obsahující cement (betonové trouby) a materiály kovové (litina, ocel). Důsledkem koroze je obvykle netěsnost, postupné zeslabení materiálu však může vést až ke ztrátě statické únosnosti stoky.

#### **5.1.5 Odchytky polohy**

Pod toto poškození se zařazuje takový posun nebo vychýlení stoky, který překračuje meze povolené normami nebo projektovou dokumentací stoky. Jedná se o odchytky směrové, výškové i po délce stoky.

Příčinou odchylek jsou často nedodržení technologických postupů při výstavbě stoky nebo v projektu (nestabilní podloží, špatná volba trubních materiálů). Dalšími příčinami mohou být změny povrchového zatížení nebo propad půdy vlivem vyplavování podloží spodními vodami.

Důsledkem odchylek je zejména netěsnost (ve spojích trub, u přípojek), odtržení od přípojek nebo stokových šachet, trhliny a usazování přepravovaného materiálu (Šejnoha 2003).



Obr. 1 - Porucha způsobená směrovou nebo výškovou odchylkou potrubí.  
Zdroj: Šejnoha 2003

### 5.1.6 Deformace

Většinou se jedná o reakci stokových trub na vnější zatížení nebo působení jiného vnějšího faktoru (například deformace vlivem teploty).

Příčin vzniku těchto poruch je mnoho. Může se jednat o trouby s deformací již z výroby, špatný statický výpočet, nedodržení míry obsypu a zhutnění pro konkrétní trubní materiál, nárůst zatížení zeminy nadloží, vyplavení podloží trub úniky ze stoky nebo spodními vodami a nebo již zmíněný vliv teploty (např. teplota přepravované látky) (Šejnoha 2003). Dochází ke vzniku prasklin a trhlin různých velikostí, vypadnutí střepů, u trub pružných pak stlačení ve svislém směru a rozšíření ve směru vodorovném (viz. rozdělení trub v kapitole 6.2. Materiály trubních stokových sítí). Důsledkem je zejména netěsnost stoky, snížení přepravní kapacity zmenšeným průtočným profilem a riziko možného prolomení trub.

### 5.1.7 Lokální zborcení trubních stok

Jde o jednu z nezávažnějších poruch na stokové síti. Většinou je vyvolaná dlouhodobým působením celé skupiny různých faktorů uvnitř i vně stokové sítě.

V případě trubních stok může tuto poruchu nejčastěji vyvolat pokračující deformace trouby, významně pak statiku ovlivní rozsáhlá koroze, obrus dna nebo náhlé zvýšení zátěže nad mělce uloženými troubami.

Výsledkem zborcení jsou škody ekonomické z důvodu nákladné opravy, nebo na životním prostředí (jejich výše závisí na odpadní látce transportované poškozenou stokou) a hygienické. Zborcení zablokuje stoku a dojde ke vzduť odpadní vody ve výše položených úsecích, ale i v domovních přípojkách (Raclavský et al. 2006).

## 5.2 Kategorizace a zařídění poruch stok

Inspekcí a posuzováním stavu stok se zabývá soubor norem ČSN EN 13508 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek. Platí

především pro gravitační stokové sítě a kanalizační přípojky. Kromě všeobecných podmínek pro posuzování stavu stok pak norma ve své druhé části stanovuje kódovací systém pro vizuální prohlídku. Během TV inspekce stoky se zaznamenávají zjištěná poškození a jejich rozsah, konkrétním poruchám jsou přiděleny kódy (viz. ukázka protokolu z kamerové prohlídky v přílohách č.2 a č.3 této práce). Uvedený soubor norem se nezabývá jinými metodami inspekce stokových sítí. Zjištěné informace se použijí k rozdělení úseků stok podle naléhavosti opravy.

Pro zhodnocení technického stavu stokové sítě vypracoval Ústav vodního hospodářství obcí při Fakultě stavební VUT v Brně metodiku hodnocení technického stavu stokové sítě. Jednotlivé poruchy jsou uvedeny v tabulce č.1, podle intenzity poškození je určena třída poruchy (kategorie K1–K5). Kategorie poruchy v kontrolovaném úseku pak určuje naléhavost řešení situace. (Horák 2009)

Tab. 1 - Technické ukazatele stokových sítí.

Technický ukazatel	Popis poruchy	Třída poruchy 5	Třída poruchy 4	Třída poruchy 3	Třída poruchy 2	Třída poruchy 1	
		K5	K4	K3	K2	K1	
TU1	Zlomená trouba, zborcení	zborcení konstrukce	chybějící části trouby	/	/	/	
TU2	Trhliny (b= šíře trhlinky v mm)	> 5 mm	2 – 5 mm	0,5 – 2 mm	0,2 – 0,5 mm	< 0,2 mm	
TU3	Viditelná netěsnost	tekoucí voda	vlhké, kapající voda	/	/	/	
TU4	Přesazení (trubek vůči sobě)	DN < 300	/	> 2 cm	1 – 2 cm	< 1 cm	/
		300 < DN < 600	/	> 3 cm	2 – 3 cm	1 – 2 cm	< 1 cm
		600 < DN < 1000	/	> 4 cm	3 – 4 cm	2 – 3 cm	< 2 cm
		1000 < DN	/	> 5 cm	4 - 5 cm	3 – 4 cm	< 3 cm
TU5	Nesprávné uložení v % profilu výšky	/	> 50 %	25 – 50 %	10 – 25 %	< 10 %	
TU6	Prorůstání kořenů	v hrdle	> 2 cm	1 – 2 cm	0,5 - 1 cm	0,1 – 0,5 cm	< 0,1 cm
		v trhlíně	> 1 cm	0,5 - 1 cm	< 0,5 cm	/	/
TU7	Překážky v odtoku % plochy průtoku	usazeniny	> 50 %	25 – 50 %	10 – 25 %	< 10 %	/
		pevné překážky	> 30 %	15 – 30 %	5 – 15 %	< 5 %	/
TU8	Obrus	> 3 cm	1 – 3 cm	< 1 cm	/	/	
TU9	Korose	zborcení	chybějící části trouby	všeobecné napadení	/	/	
TU10	Deformace profilu	/	> 10 %	5 – 10 %	< 5 %	/	
TU11	Poškozené stupadlo nebo žebřík	chybí	narušena statika	/	/	/	
TU12	Poškození poklopu nebo rámu	prasklý	trhlinky	/	/	/	

Zdroj: Horák 2009



Tab. 2 - Kategorie zatřídění stavu a objektů na stokové síti.

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

Zdroj: Horák 2009

## 6. Materiály stokových sítí

Materiály stok, jejich vlastnosti, životnost, vhodnost pro konkrétní podmínky, odolnost vůči vnějším vlivům i vůči transportované látce, jsou významným prvkem ovlivňujícím poruchovost a celkovou životnost stokových sítí.

Materiály stokových sítí se rozumí materiály použité u jednotlivých konstrukčních typů stok, u trubních stok se jedná o materiál použitých trub.

### 6.1 Požadavky kladené na materiál stokových sítí

Požadavky na materiál stok vychází z ČSN 75 6101 „Stokové sítě a kanalizační přípojky“. Jde o tyto vlastnosti:

- vodotěsnost,
- mechanická, chemická a biologická odolnost vůči vlivům transportovaných odpadních vod i vůči okolnímu prostředí stoky,
- umožnit bezpečné a účinné čištění stok.

Konkrétními příklady požadavků, kladených na materiál trubních stokových sítí, může být například:

- odolnost proti obrusu,
- hydraulická hladkost vnitřního povrchu trub,
- splnění deklarovaných rozměrů trub,
- dlouhodobá těsnost trub,
- dlouhodobá těsnost spojů, i při částečném vychýlení (do úhlu 8%),
- statická únosnost. (Synáčková 2009)

Tab. 3 - Orientační doba životnosti stokových materiálů.

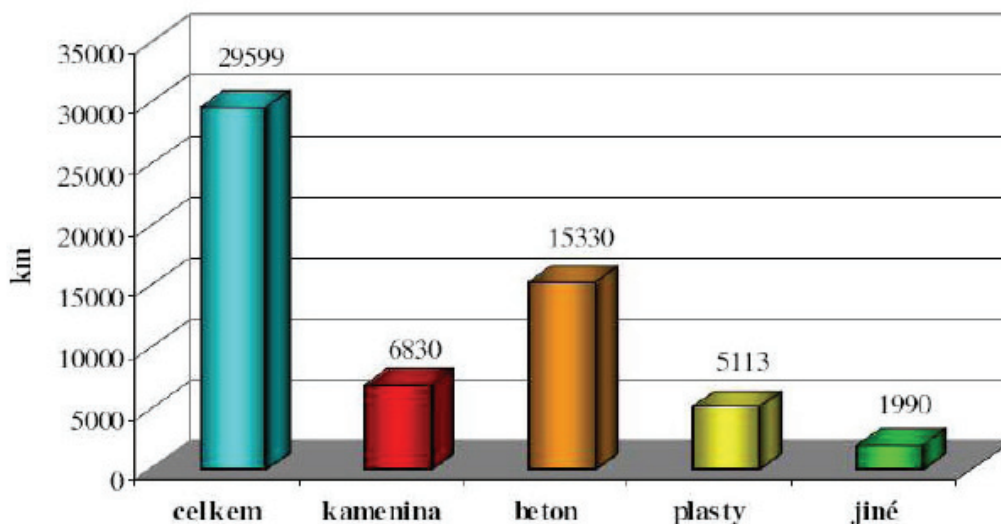
Materiál trubních stok	Životnost (roky)
Plasty	40-60
Beton a železobeton	50-70
Polymerbeton	60-80
Litina	80-100
Kamenina	90-110
Čedič	více než 100

Zdroj: Klepsatel et Raclavský 2007

## 6.2 Materiály trubních stokových sítí

Trouby pro stokové sítě lze rozdělit podle jejich schopnosti odolávat vnějšímu zatížení na trouby tuhé, pružné a polotuhé (Šejnoha 2003).

Nejvíce používaný materiál na stokových sítích je beton, resp. železobeton a kamenina. V dnešní době narůstá trend používání plastů, které mají stále lepší užitné vlastnosti (Horák 2009).



Obr. 2 - Celková délka kanalizačních stok v ČR dle materiálů.  
Zdroj: Horák 2009

### 6.2.1 Materiály tuhých trub

Do této skupiny náleží trouby z betonu, železobetonu, kameniny a čediče. Společným znakem trub z uvedených materiálů je jejich schopnost přenést zatížení z jejich vrcholu přes stěny trouby do podloží. Pro celkovou kvalitu sítí z tuhých trub je proto nutné kvalitní podklad, obsyp a poctivé zhutnění zeminy při pokládce. Při překročení meze pevnosti trub se začnou objevovat praskliny. Může dojít až k prolomení trouby.

**Trouby z betonu a železobetonu** – trouby z betonové směsi, případně zpevněné ocelovou výztuží. Betonové trouby se vyrábějí v různých příčných profilech (dračí, vejčitý, kruhový).

Nedostatkem betonu, jako materiálu stokových trub, je jeho nízká odolnost proti síranové korozi (Horák 2008). Pro zvýšení odolnosti betonových trub se při jejich výrobě v betonové směsi používá síranovzdorný cement. Dále se betonové a železobetonové trouby dodávají i ve variantách s vnitřními výstelkami z materiálů odolných proti obrusu i proti chemickým vlivům, jako je kamenina, čedičová či plastová výstelka.

**Trouby z polymerbetonu** – polymerbeton je kompozitní materiál, skládající se z plniva (štěrkopísek – 80% celkového objemu), mikroplniva (kamenný prach) a pojiva (syntetické pryskyřice) (Raclavský et al. 2006). Trouby jsou odlévány do

různých forem. Výsledkem je materiál s výbornou chemickou odolností, vysokou pevností, odolný proti obrusu, teplotně stabilní a s nízkou hydraulickou drsností. Ideální využití je u namáhaných sítí, v chemicky agresivním prostředí nebo k odvodu chemicky agresivních odpadních vod.

**Trouby kameninové** – trouby ze směsi jílu, šamotu (vypálený a rozemletý jíl nebo kameninový recyklát) a vody. Jedná se tedy o přírodní materiály. Směs se vylisuje do požadovaného tvaru trub. Poté se trouby namočí do glazury a vypálí se při teplotách 1200 °C (SOVAK 2003). Kamenina jako materiál stokových sítí je generacemi prověřený materiál s vysokou životností (až 100 let), vysokou chemickou odolností, odolností proti obrusu, hladkým vnitřním povrchem trub a dobře snášející zátěž. Minusem je křehkost a vyšší hmotnost (při montáži tak hrozí poškození trub).

**Tavený čedič** – má výbornou chemickou odolnost, vynikající odolnost proti obrusu, tvrdost a dlouhou životnost. Nevýhodou je špatná přilnavost k betonovým prvkům, cena a vyšší hmotnost. Ve stokování nachází tavený čedič využití zejména ve formě žlabů a bočnic, chránících betonové stoky a všude tam, kde jsou velké rychlosti odpadní vody (spadiště) nebo chemicky agresivní prostředí. Čedičové trouby se používají jako výstelky trub z jiných materiálů, ale dodávají se i trouby pro bezvýkopovou realizaci stok trubním protlačováním. (Eutit 2010)



Obr. 3 - Čedičové trubní výstelky pro betonové kanalizační trouby.  
Zdroj: Eutit 2010

## 6.2.2 Materiály pružných trub

Trouby z těchto materiálů se vyznačují nižší mezí pevnosti a nižší kruhovou tuhostí. Dochází u nich k deformaci vlivem svislé zátěže. Zmírnění těchto vlastností vyžaduje přísné dodržování předepsaných technologických postupů při ukládání do země. Je nutno zajistit vysokou technologickou kázeň dodavatelů stavebních prací a dodržet požadované spolupůsobení podkladu a obsypu s potrubím (Holeček 2007).

**Trouby plastové** - vyrábějí se s vnějším povrchem hladkým, žebrovaným a dvojitě korugovaným (navlečení vlnovce na hladkou troubu). Žebra na vnější straně slouží ke zvýšení kruhové tuhosti trub, vnitřní povrch zůstává hladký. Plastové trouby jsou značně odolné proti obrusu. Důležitou vlastností je míra dlouhodobé deformace trub. Plasty časem stárnou, dochází u nich k poklesu modulu pružnosti. Výrobci deklarují neměnnost stálost vlastností plastových trub po dobu minimálně 50 let (Šejnoha 2003).

Plastové trouby ke stokování jsou nejčastěji vyrobeny z následujících plastů:

- neměkčeného PVC,
- polyethylenu o vysoké hustotě (PE-HD),
- polypropylenu (PP).

**Trouby sklolaminátové** - jedná se o směs skelných vláken, polyesterové pryskyřice a plniva (křemenný písek a vápencová moučka). Stěna sklolaminátové trouby se skládá ze třech vrstev s různým poměrem vstupních materiálů, čímž se podstatně mění výsledné vlastnosti sklolaminátových trub. Trouby se dodávají jak pro výstavbu stok (otevřeným výkopem i bezvýkopově protlačováním), tak pro bezvýkopovou sanaci vložkováním troubami. Dobře odolávají chemickým vlivům, obrusu, mají nízkou hmotnost. Podobně jako u plastů dochází při zanedbání předepsaného hutnění zeminy k deformaci v příčném profilu. (HOBAS 2006)

## 6.2.3 Materiály polotuhých trub

Trouby polotuhé přenáší svou mírnou průřezovou deformací část zátěže okolní zeminy a převezmou sami. Na rozdíl od pružných a tuhých trub jsou do jisté míry schopny reagovat na změněné podmínky okolí (sedání podloží, změna zátěže) bez vzniku prasklin, porušení těsnosti ve spojích nebo přílišné průřezové deformace.

**Tvárná litina** – trouby z tvárné litiny velmi odolávají tlakům, smyku a tahu za ohybu. Ve stokování tak nachází využití zejména pro kanalizační výtlaky a tlakovou kanalizaci, u gravitačních stok pak na značně mechanicky namáhaných úsecích (např. ve skluzových tratích, spadištích, shybkách apod.).

Trouby ke stokování z tvárné litiny mají ze všech materiálů nejmenší požadavky na hutnění a pokládku. K zamezení koroze se dodávají s různou ochranou vnitřního i vnějšího povrchu (pozinkování, nástřiky epoxidovou pryskyřicí, výstelky maltou z hlinitanového cementu). Negativem je cena trub, jejich hmotnost a náchylnost ke korozi při poškození ochranných vrstev. (SIMP 2011)

## 7. Činnosti předcházející výběru metody sanace

Výběru vhodné sanační metody předchází úkony, vedoucí k lokalizaci sanovaného úseku stoky, jeho vyčištění a provedení průzkumu, zjištění tras okolních inženýrských sítí a případně i stavu hornin v okolí stoky (např. odhalení různých podzemních dutin nebo rozvolněných hornin). Volbu sanační metody ovlivňuje též potřeba zajistit nebo nahradit funkci stoky během provádění sanace.

### 7.1 Lokalizace sanovaného úseku stoky

Informace o sanovaném úseku stoky lze získat z provozní výkresové dokumentace kanalizace, která je součástí provozní evidence kanalizace. Vede jí vlastník nebo smluvně provozovatel kanalizace. Je určena pro obsluhu, údržbu a provoz sítě a měla by být průběžně doplňována o informace obsahující současný stav stokové sítě. Obsah výkresové dokumentace kanalizace je stanoven v §10 odst.2 vyhlášky Ministerstva zemědělství č.428/2001 Sb., v platném znění. Další výkresová dokumentace bývá dostupná v archivu místně příslušného stavebního úřadu. Tyto dokumenty a výkresy jsou však obvykle z doby výstavby či zásadnější rekonstrukce stoky, ne vždy se tedy shodují s aktuálním stavem (počty přípojek, provedené opravy apod.).

V případě, že je dokumentace nepřesná, neúplná nebo chybí, lze použít ke stanovení trasy sanovaného úseku stoky z povrchu některý z následujících postupů:

- podle poklopů kanalizačních šachet,
- georadar,

- protažení elektrického vodiče potrubím, kdy je signál vysílaný tímto vodičem přijímán na povrchu detektorem,
- do potrubí vypustit roztok, schopný přenášet elektromagnetické kmity, které jsou poté z povrchu snímány,
- sondu unášenou látkou přepravovanou v potrubí vysílající rádiový signál, který je snímán z povrchu.

(Raclavský et al. 2006)

## 7.2 Průzkum stok

K průzkumu stavu stokových sítí lze využít různých metod, které závisí na typu, hloubce a vnitřním průměru sanované stoky, na materiálu stoky, druhu přepravované látky (splaškové odpadní vody, chemikálie, hořlaviny), na řešeném problému a na místních podmínkách.

### 7.2.1 Televizní technika

Dnes nejrozšířenější metoda pro průzkum neprůlezných, ale i ostatních typů stokových sítí. Provádí se pomocí televizního inspekčního systému. Sledují se mimo jiné odbočky, zaústění přípojek, vnitřní koroze, trhliny, spoje, obrus, překážky a další situace. Nevýhodou metody je neodhalení poruch, které se zatím neprojevují uvnitř stoky (počínající koroze vlivem agresivity okolního prostředí). Nutností je dostatečná příprava před započítím průzkumu TV kamerou, např. snížení průtoku odpadních vod, vyčištění prověřovaného úseku, dostatečné informace o trase stoky.

Televizní systém pro inspekci stok je soubor zařízení, obsahující kamerovou hlavu s osvětlením, umístěnou na sklolaminátové tlačné tyči různé délky nebo na samohybném kamerovém vozíku. Kamera je ovládána obsluhou pomocí řídicí jednotky. Obraz je zobrazován na monitoru nebo notebooku a zaznamenáván. Existují jednoduché přenosné verze TV inspekčních systémů, ale i komfortní verze mobilních terénních pracovišť převážené v dodávkovém voze (SOVAK 2003).

Vyhodnocení fotodokumentace a videa je založeno na jednotném kódování závad podle ČSN EN 13508-2 Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku, v platném znění, které by mělo omezit subjektivní hodnocení operátora.



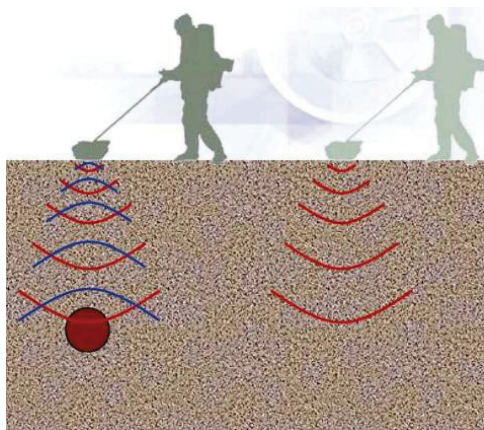
Obr. 4 - Mobilní pracoviště pro inspekce stokových sítí pomocí TV kamery.  
Zdroj: Zepri 2009

### 7.2.2 Geofyzikální metody

Pomocí geofyzikálních metod se většinou mapuje stav hornin v blízkém okolí sanované stoky (dutiny, rozvolněné horniny, kaverny), rozhraní vrstev hornin v podloží apod. Mezi geofyzikální metody se řadí použití:

- georadaru - vysílání a detekce odrazu vysokofrekvenčního radiového signálu,
- seizmografu - zachycení seizmických vln šířících se horninovým prostředím po mechanickém impulsu,
- geoelektrických metod – měření elektrického odporu hornin. Pevnější hornina obsahuje méně vody a tedy má větší elektrický odpor.

(Klepsatel et Raclavský 2007)



Obr. 5 - Schéma lokalizace inženýrských sítí pomocí georadaru.  
Zdroj: Raclavský et al. 2009



### 7.2.3 Další metody užívané při průzkumu stok

- kontrola povrchu pochůzkou nad trasou stoky,
  - termometrie – využití teplotního rozdílu mezi přepravovanou kapalinou a okolním prostředím,
  - zkoušky těsnosti vodou nebo vzduchem (u velkých profilů),
  - měření deformace potrubí protažením kalibračního kusu (krátký kus trouby),
  - laserový scanner vnitřního povrchu stoky,
  - osobní inspekce u průchozích a průlezných stok,
  - kontrolní vrty – odběr vzorku materiálu v blízkém okolí stoky, u průchozích a průlezných stok i vnitřních stěn.
- (SOVAK 2008)

## 7.3 Čištění stok

Čištění trubních stok se provádí za účelem zvýšení přepravní kapacity sedimentem zmenšeného průtočného profilu stoky, k odstranění hygienických nedostatků, před kontrolou televizním inspekčním systémem nebo před prováděním sanačních prací na stoce. Cílem je odstranit sedimenty, inkrustace, znečištění, kořeny rostlin, přesahující přípojky nebo jiné překážky ve stoce. Důvod čištění stoky, druh a stupeň znečištění jsou určující parametry pro volbu metody čištění a požadovaného stupně vyčištění stoky. Příkladem může být sanace stoky zatahováním rukávce, která vyžaduje vyšší stupeň čištění stoky.

Podle použitých metod lze čištění stok rozdělit na čištění mechanické, a hydraulicko – mechanické. Podle materiálu stoky je třeba volit takové metody čištění, které nebudou vnitřní plochy stok poškozovat.

Mechanické čištění zahrnuje například kornoutování, odfrézování nebo odřezání usazenin, přesahujících přípojek, kořenů prorůstajících do stoky, otryskávání vnitřního povrchu pískem. (Klepsatel et Raclavský 2007)

Do skupiny metod hydraulicko-mechanických je řazena dnes nejpoužívanější metoda pro čištění trubních stok, vysokotlaké čištění vodou. V případě tvrdých překážek lze použít metodu řezání vodním paprskem. Dalšími, méně využívanými metodami, je čištění pomocí proplavovaných koulí, případně proplachování zadržanou odpadní vodou. (Šejnoha 2006)

Materiál, těžený při procesu čištění stokových sítí, je podle §3 zákona č.185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění, odpadem. Vyhláška Ministerstva životního prostředí č.381/2001Sb., v platném znění, stanovuje ve své příloze č.1 „Katalog odpadů“. Podle tohoto katalogu je odpad z čištění kanalizace zařazen ve skupině „Komunální odpady“ pod číslem 20 03 06, který v katalogu odpadů není označen „\*“ jako nebezpečný odpad. Má-li však nebezpečné vlastnosti (podle přílohy č.2 k zákonu o odpadech, např. „Infekčnost“ kód H9) nebo obsahuje-li nebezpečné složky (podle přílohy č.5 zákona o odpadech, např. sloučeniny kadmia kód C11), nakládá se s ním jako s odpadem nebezpečným. Provozovatel stokové sítě provádí analýzu vytěženého materiálu. Pokud se neprokáží nebezpečné vlastnosti nebo složení, je odpad z čištění stok zpravidla shromážděn v prostorách čistíren odpadních vod, kde je s ním dále nakládáno. V případě nebezpečného odpadu má pak provozovatel zpravidla smluvně zajištěno odstranění odpadu pomocí právnické osoby mající oprávnění nakládání s takovým odpadem. (Šejnoha 2006)

## 7.4 Zajištění funkce stokové sítě během sanace

Sanace stok si může po dobu jejího provádění vyžádat částečné nebo úplné omezení průtoku přepravovaných odpadních vod v sanovaném úseku. Jelikož zamezit užívání stokové sítě ze strany jejích uživatelů je téměř nemožné, je nutné zvolit řešení transportu odpadních vod během sanace.

Existuje několik variant:

- není potřeba dočasné řešení, navržená sanační metoda lze použít i při průtoku splašků sanovanou stokou,
- sanaci, např. lokální opravu kanalizačním robotem, je možné provést při minimálním průtoku odpadních vod, kterého lze docílit uzavřením sanovaného úseku s plánovaným vzduším odpadních vod nad uzavírkou,
- při potřebě delší odstávky sanovaného úseku lze problém řešit přečerpáváním odpadních vod kalovými čerpadly do stoky pod sanovaným úsekem nebo do stoky jiné,
- nákladnějším řešením je vybudování nové stoky sloužící souběžně se stokou sanovanou a její využití po ukončení sanace jako stoky dešťové. (Raclavský et al. 2006)

## 8. Rozhodnutí o metodě sanace

Výběru sanační metody předchází získání informací z provozní dokumentace stoky, vyhodnocením provedeného průzkumu, statických výpočtů, a z dalších zdrojů (např. informace o poloze ostatních inženýrských sítí v místě sanace od jejich vlastníků, požadavky na kapacitu stoky a na její čištění od provozovatele stoky atd.).

Sanaci lze provést odstraněním původního a pokládkou nového potrubí metodou otevřeného výkopu, některou z metod bezvýkopových technologií a nebo kombinací obou variant. Zásadní vliv na volbu metody má pochopitelně cena za realizaci zvažovaných variant.

### 8.1 Volba sanace metodou otevřeného výkopu

Metoda nachází využití zejména při sanacích stok uložených v menších hloubkách, s minimem dalších inženýrských sítí pod povrchem, v méně dopravně zatížených lokalitách a v extravilánu.

Hlavní výhodou této metody je odstranění původní stoky a zhotovení stoky kompletně nové. Projektant také (může v omezené míře) měnit parametry stoky, jako je její kapacita, sklon, a směr. Je omezován umístěním okolních či navazujících stok, uličních vpustí, domovních přípojek a okolních inženýrských sítí. Další výhodou, zejména pro investora, je i snadnější porovnávání jednotlivých nabídek od realizačních firem oproti různým sanačním metodám v případě bezvýkopových technologií (SOVAK 2008).

### 8.2 Volba sanace bezvýkopovou metodou

Bezvýkopové technologie mají největší šanci uspět v zastavěných částech měst a obcí, v extravilánu pak v lokalitách zvýšené ochrany přírody a krajiny. V intravilánu často dochází k souběhu a křížení množství inženýrských sítí, kde tyto technologie minimalizují riziko jejich poškození. Ačkoliv je u některých metod bezvýkopových sanací stok také nutný zábor území a provedení výkopových prací, jde o nesrovnatelně menší plochy, než u otevřeného výkopu.

Výrazné snížení škod na komunikacích, soukromých pozemcích a okolních inženýrských sítích přináší investorovi ekonomické úspory. Mezi další přínosy bezvýkopových řešení náleží zejména výrazné zkrácení doby sanace, menší zátěž pro

životní prostředí, pro běžný život obyvatel a firem podnikajících v lokalitě dotčené sanací stoky. Uváděná pozitiva bezvýkopových variant řešení sanace stoky nebývají ekonomicky vyjádřena, důraz na tyto aspekty (např. urychlení sanace, nepoškodit lokální biotopy) však mohou klást orgány veřejné správy.

## 9. Zpřehlednění bezvýkopových technologií

Obsáhlá množina bezvýkopových technologií obsahuje množství metod sloužících k bezvýkopové výstavbě nebo sanacím rozličných inženýrských sítí.

Prvotní rozdělení těchto metod lze provést podle jejich určení, a to na technologie, které se uplatňují při výstavbě stokových nebo jiných inženýrských sítí a na metody, nalézající uplatnění při jejich sanacích.

Tab. 4 - Rozdělení metod bezvýkopové výstavby.

<b>METODY BEZVÝKOPOVÉ VÝSTAVBY</b>		
<b>S obsluhou na čelbě</b>	<b>Bez obsluhy na čelbě</b>	
	<b>Řízené</b>	<b>Neřízené</b>
Trubní protlačování Štífování Konvenční ražba štol	Mikrotunelování Protlak s vodící troubou Směrové vrtání Pneumatické propichování řízeným propichovacím kladivem Vodorovné vrtání nárazovým kladivem	<b>Bez odběru zeminy:</b> - pneumatické propichování propichovacím kladivem (krtkem) - vodorovné beranění s uzavřeným čelem - vodorovně zatlačovaná vodící trouba s rozšiřovací hlavou - rozrušování - vytahování potrubí  <b>Neřízené metody s odběrem zeminy:</b> - vodorovné beranění nebo protlak - s otevřeným čelem - vodorovné vrtání se současným zatlačováním potrubí - příklepné vrtání - vodorovné propichování s rozšiřovací hlavou

Zdroj: ČSN EN 12889

Základní rozdělení bezvýkopových technologií určených k výstavbě je zakotveno v ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Vzhledem k zaměření zpracovávaného tématu této práce na metody bezvýkopových sanací trubních stok a k omezeným možnostem jejího rozsahu nejsou v dalším textu metody bezvýkopové výstavby dále řešeny.

Metody bezvýkopových technologií, uplatnitelné při sanacích stokových sítí, lze rozdělit podle různých kritérií. Těmito kritérii může být například délka sanovaného úseku, odstranění či zachování původního potrubí, vhodnost metody pro staticky narušená potrubí aj. Další možné rozdělení vychází z využití bezvýkopové metody pro konkrétní typ sanací, členěných normou ČSN 75 0161 Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod, na opravy, renovace a obnovy stok.

Existuje řada modifikací bezvýkopových metod pro sanace trubních rozvodů. V dalším textu je důraz kladen zejména na základní principy jejich fungování, nikoliv detailní rozbor všech známých variant.

## **9.1 Metody pro opravy stokových sítí**

Tyto metody slouží k opravám lokálních drobných poruch, netěsností a deformací trubních stok. Opravou se rozumí postupy, vedoucí k odstranění místních závad (kapitola 4.1). Mezi tyto postupy lze zařadit i pouhé vyčištění stoky, které může vést k odstranění poruchy (zprůchodnění stoky odstraněním sedimentu). Nejčastěji se ale jedná o různé metody injektáží a utěšňování. Některé z níže uvedených metod využívají tzv. pakr. Jedná se o pryžotextilní, neprůtočné nebo neprůtočné válce pro různé průměry potrubí a různého užití (sanační, těsnící), které tlakem vzduchu zvětší svůj objem (VAPO 2011). Realizaci většiny metod předchází vyčištění potrubí a kamerová kontrola po provedení opravy.



Obr. 6 - Sanační pakry průtočné.  
Zdroj: VAPO 2011

### 9.1.1 Injektáže utěšňovací směsí

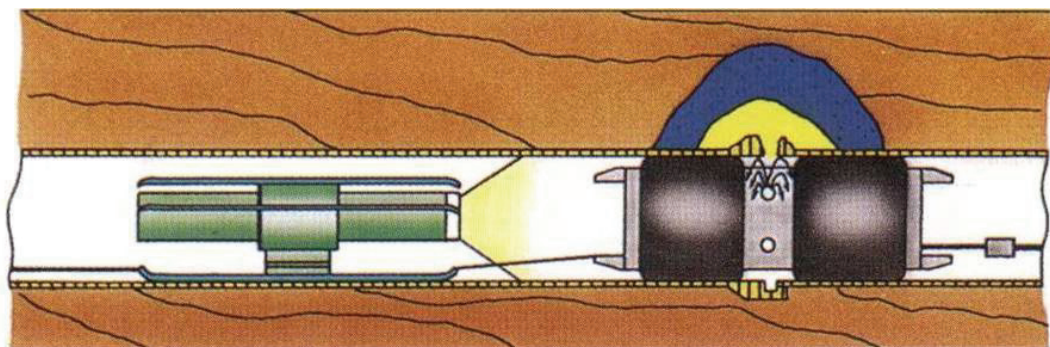
Metoda spočívá v opravě netěsností pomocí injektáže sanační směsí (např. cementová malta; dvousložkové umělé pryskyřice, vodní sklo).

#### Vnější injektáž

Do těsného okolí praskliny trubní stoky. V místě poškození se pod dohledem kamery umístí průtočný pakr, který po nafouknutí přilne k vnitřní stěně potrubí a překryje prasklinu. Následně jsou k místu poruchy z povrchu zasunuty injektážní trysky a okolí poškozené trouby je čerpadlem vpravena sanační směs. Po vytvrnutí je kanalizační kamera spolu s ucpávkou vytažena z potrubí (Stein et Niederehe 1987).

#### Vnitřní injektáž

Oprava probíhá pomocí speciálního pakru, který umožňuje nafouknutím krajních manžet utěsnit sanované místo. Stlačeným vzduchem se prověří správné lokalizování místa praskliny (pokles tlaku mezi sekcemi) a následně se do prostoru mezi manžetami s přetlakem vhání dvousložková umělá pryskyřice. Přetlak jí vytlačí skrz prasklinu do vnějšího okolí poškozeného potrubí, kde zatvrdne. Nakonec se opět tlakem vzduchu prověří kvalita opravy. (STRABAG 2007)



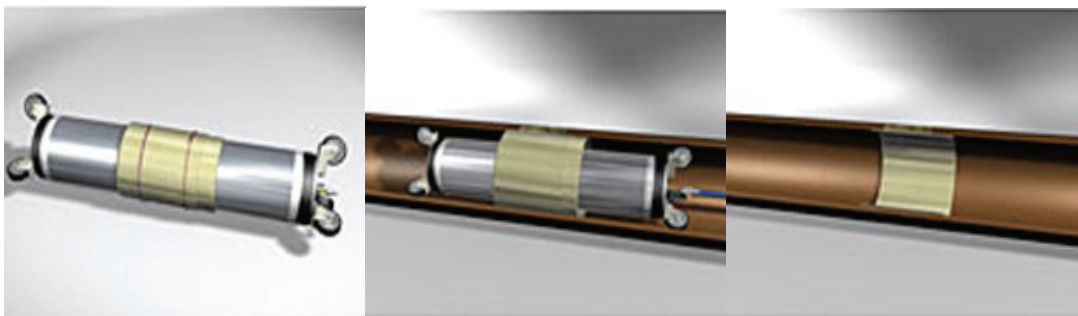
Obr. 7 - Model průběhu vnitřní injektáže pod dohledem kamery.  
Zdroj: STRABAG 2007

### 9.1.2 Chemická stabilizace dvousložkovým roztokem

Metodou lze najednou opravit více drobných prasklin a netěsných trubních spojů v jednom úseku stoky mezi dvěma šachtami. Sanovaný úsek je těsníci páky oddělen od zbytku stoky a přtlakem naplněn prvním roztokem (např. křemičitan sodný  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , tj. vodní sklo). Díky přtlaku roztok pronikne všemi netěsnostmi. Posléze je úsek vyčerpán a naplněn vytvrzovacím roztokem (při užití vodního skla je jím kyselina butandiová  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$ ), který reakcí se zbytky prvního roztoku, ulpěného v netěsnostech, vytvoří gel. Po jeho vytvrdnutí je vytvrzovací roztok ze sanovaného úseku vyčerpán. (Stein et Niederehe 1987)

### 9.1.3 Krátká výstelka

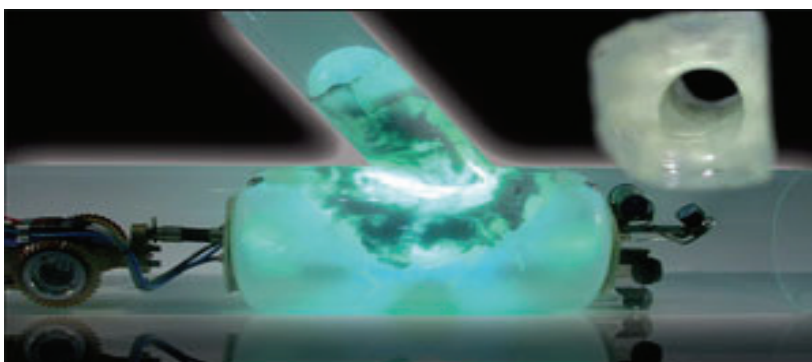
Metoda spočívá v opravě lokální poruchy nalepením záplaty na vnitřní stěnu potrubí. Poškozené místo musí být předem očištěno a odfrézovány případné střepy a úlomky. Výstelka je vyrobena ze sklotextilie nasycené epoxidovou pryskyřicí a fixované na průtočném sanačním pakru. Pakr se v místě poruchy nafoukne horkým vzduchem, až výstelka přilne na stěny potrubí. Po zatvrdnutí pryskyřice se pakr vypustí a vytáhne z potrubí. Vznikne pevný kompozitní prstenec, který má delší trvanlivost, než je životnost opravovaného potrubí. (ATLANTIK 2011)



Obr. 8 - Ukázka opravy trubní stoky metodou krátké výstelky.  
Zdroj: ATLANTIK 2011

### 9.1.4 Kloboučková výstelka

Metoda slouží k opravě netěsných zaústění přípojek. Využívá speciálního pakru opatřeného skelnou tkaninou s nasycenou pryskyřicí, tvarově odpovídající opravované přípojce. Pakr je vybaven pneumaticky výsuvným bočním balonem. Po dosažení místa zaústění přípojky se pakr nafoukne na průměr stoky a posléze i výsuvný boční balon na průměr přípojky. Na míru vyrobená výstelka tak přilne jak ke stěně stoky, tak i ke stěně přípojky. Vytvrzením pryskyřice vznikne v místě napojení vnitřní manžeta, připomínající klobouk, která utěsní a zpevní místo zaústění přípojky se stokou. (PROPIPE 2010)



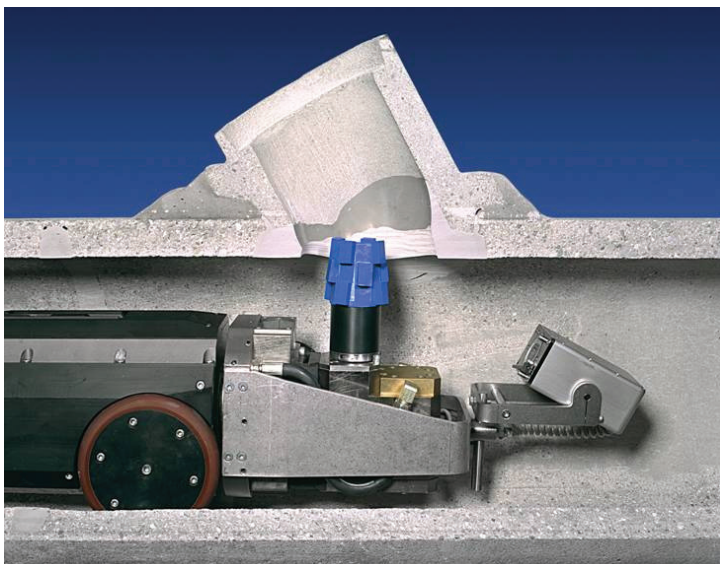
Obr. 9 - Opravy přípojky pomocí kloboučkové výstelky.  
Zdroj: PROPIPE 2010

### 9.1.5 Oprava kanalizačním robotem

Kanalizační robot je dálkově ovládané zařízení na samohybném podvozku. Ovládá se dálkově, práce je řízena pomocí kamery. Řada výměnných pracovních nástrojů uchycených na pohyblivé rameno robota umožňuje opravit téměř veškeré lokální poruchy. Jedná se o různé brusky, frézovací a injektážní hlavice, stěrkové nástavce s přívodem epoxidového tmelu. Robot je tak dle aktuální potřeby schopen



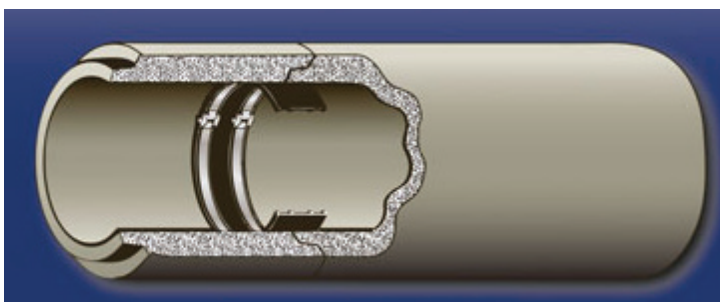
například zatmelit praskliny a vyhladit tmel, obrousit střepey, odfrézovat přesazené konce kanalizačních přípojek, odřezávat kořeny křovin prorostlých do stoky nebo odstranit tvrdé usazeniny. Robotem se též obnovují prostupy přípojek zaslepené vyložkováním trubní stoky při její renovaci (viz. kapitola 9.2). (SOVAK 2003)



Obr. 10 - Model frézování přípojky kanálovým robotem.  
Zdroj: STRABAG 2007

### 9.1.6 Vnitřní manžeta

Metoda slouží k utěsnění prasklin a trubních spojů pro potrubí o vnitřním průměru od DN 500 (pozn.: v dalším textu bakalářské práce jen zkratka DN a údaj v milimetrech, označující vnitřní průměr trub). Pryžová těsnicí manžeta je v místě poruchy rozložena a pomocí dvou rozpěrných obručí z ušlechtilé oceli tlačena k vnitřnímu povrchu potrubí. K roztlačení obručí je při montáži využito hydraulického zařízení. (TRELLEBORG 2010)

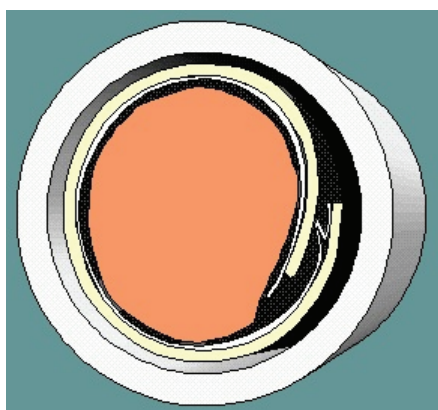


Obr. 11 - Schéma vnitřní manžety.  
Zdroj: TRELLEBORG 2010

### 9.1.7 Vyrovnání lokální deformace kruhového průřezu

Na zdeformované místo se zatáhne krátká, podélně rozříznutá trubní záplata z nerezové oceli, na okrajích řezu opatřená zámekem. V záplatě je osazen vzduchový vak. Nafouknutím tohoto vaku se vrací trubní záplata do původního tvaru až dojde k zapadnutí zámku. Kruhový tvar záplaty vyrovná lokální deformaci trubní stoky (ISTT 2011).

Zcela jinou možností řešení deformací pružných trub je použití vibračního válce, který vibracemi, přenášenými do obsypu, umožní alespoň přibližné vyrovnání průřezového profilu trub. (Klepsatel et Raclavský 2007)



Obr. 12 - Schéma trubní záplaty se zatím nenafouklým vzduchovým vakem.  
Zdroj: ISTT 2011

## 9.2 Metody pro renovace stokových sítí

Metody pro renovace stok spočívají v aplikaci vnitřní výstelky v poškozeném úseku stoky. Původní konstrukce stoky zůstává úplně nebo částečně zachována, renovace zlepšuje provozní a funkční vlastnosti. Některé z renovačních metod lze využít i pro staticky narušená potrubí.

Většina renovačních metod zmenšuje stávající vnitřní průměr trubní stoky, což ale automaticky neznamená zmenšení průtočné kapacity. Díky vyšší hydraulické hladkosti (bez inkrustací, prasklin, bez poškození obrusem) k jejímu zmenšení obvykle nedochází. (Klepsatel et Raclavský 2007)

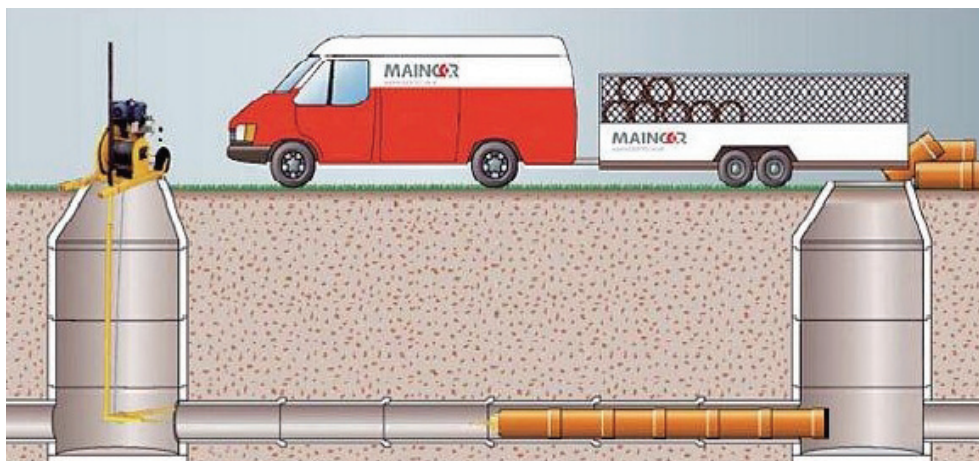
### 9.2.1 Vložkování troubami nebo potrubím

Metoda spočívá v zatažení trub nebo potrubí jako výstelky sanované stoky. Zatahování probíhá s využitím tlačné hydraulické stanice ve startovací jámě nebo pomocí lanového navijáku (v cílové jámě) a tažné hlavy pro uchycení zatahovaného

potrubí. Zatahované trouby nebo potrubí nemají předem deformovaný (zmenšený, upravený) příčný profil. Výstelka je samonosná, metodu tak lze použít pro stoky se staticky narušenou funkcí. Mezi výstelkou a sanovaným trubním řadem zůstává volný prostor, mezikruží, které bývá vyplněno injektáží směsí. Využití nachází pro sanace stok od DN 100 výše. (Raclavský et al. 2006)

### Vložkování jednotlivými troubami

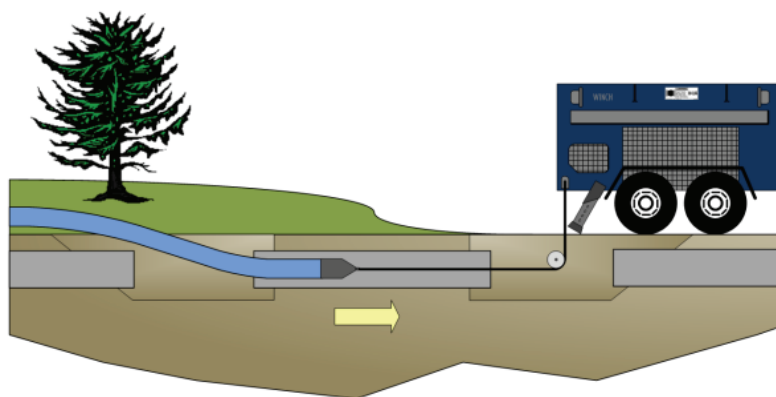
Krátké trubky o délce 0,5-1m z tvrzeného polyethylenu (PE-HD) umožňují využití běžných provozních šachet stoky. Spojování jednotlivých trub probíhá přímo v provozní šachtě svařováním, lepením nebo speciálními spojkami (MAINCOR 2010). Trouby běžných délek (2-6m) již vyžadují k jejich spojování zhotovení startovací jámy.



Obr. 13 - Vložkování krátkými trubkami z tvrzeného polyethylenu.  
Zdroj: MAINCOR 2010

### Vložkování potrubím

Dlouhé termoplastové trouby jsou svařovány na povrchu, mimo startovací jámu a vzniklé potrubí je pomocí tažného lana a navijáku v cílové šachtě zatahováno do sanované stoky. Vzhledem k malé mezi ohybu takových trub je nutné vybudovat specifickou, dostatečně dlouhou, zvolna klesající startovací jámu. Potrubím lze renovovat stoky až do DN 3000. Pro renovaci trubních stok menších průměrů je potrubí dodávané navinuté na bubnu, lze tedy dobře ohýbat a tak je možné využít běžných kanalizačních šachet. (Klepsatel et Raclavský 2007)

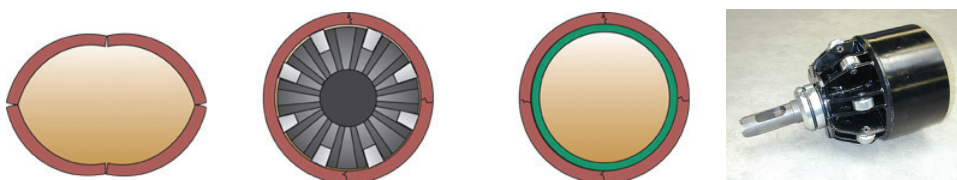


Obr. 14 - Schéma vložkování plastovým potrubím.

Zdroj: Underground Solutions 2011

### Vložkování troubami nebo potrubím na těsno

Modifikace předchozích metod. Její velkou výhodou je možnost uplatnění při sanacích potrubí s deformací příčného profilu až do 20%. Hydraulickým pohonem je potrubím protahována tažná tyč s expandérem, který svým roztahováním zvětšuje zdeformovaný průřezový profil stoky. Ihned za expandérem je tažena nedeformovaná plastová trubní vložka. Mezikruží mezi sanovaným potrubím a zataženou výstelkou je zcela nepatrné, není třeba jej vyplnit injektáží. (Traco-Technik 2011)



Obr. 15 - Ilustrace vložkování na těsno a detail expanderu.

Zdroj: Traco-Technik 2011

### 9.2.2 Vložkování troubami s dočasně deformovaným profilem

Metoda umožňuje renovovat trubních stoky se statickým narušením při minimálním zmenšení průtočného profilu. Princip spočívá v použití trubních vložek, jejichž příčný profil je dočasně zmenšen. Po jejich zatažení se deformovaný tvar navrátí do původní velikosti, výstelka těsně přilne k vnitřní stěně sanované stoky a není tedy třeba řešit výplň mezikruží. Vlastní zatahování probíhá pomocí tažného lana a navijáku. Vždy je třeba zajistit odstavení stoky z provozu během sanace. Na trhu je několik variant této metody. (PVS 2009)

### Deformace trubní výstelky již při její výrobě

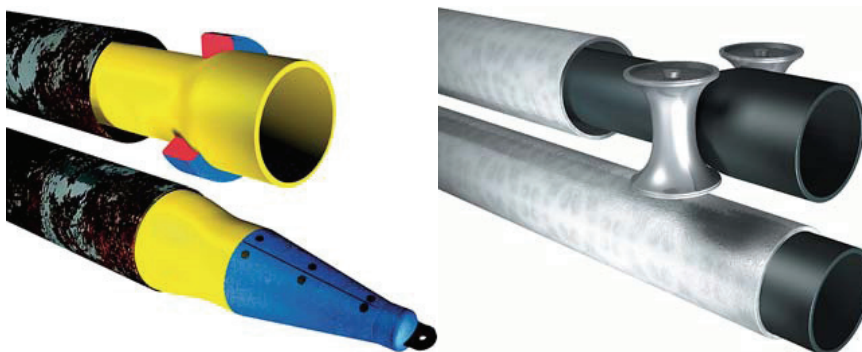
Potrubí je vytvarováno do tvaru písmene C, U nebo řeckého omega a takto dodávané navinuté na bubnové cívce. Při instalaci se využije se paměťový efekt termoplastů. Po zatažení se sanovaný úsek vyplní horkou vodou nebo párou, trubní vložka se vrátí do původního tvaru a přilne tak k povrchu starého potrubí. Jinou variantou je udržení tenkostěnné polyethylenové výstelky ve zdeformovaném tvaru pomocí stahovacích pásek, které se tlakem vody přetrhnou, příčný průřez se vrátí do původního kruhového tvaru a těsně přilne k sanované stoce. (Wavin 2009)



Obr. 16 - Ukázky výsterek deformovaných při výrobě.  
Zdroj: ZEPRIS 2009

### Deformace trubní výstelky těsně před jejím zatažením

Materiálem je tvrzený polyethylen (PE-HD). Průměr trub je těsně před zatažením do sanované stoky zmenšen asi o 10%. Proces deformace využívá tahu přes redukční clonu (ohřev horkým vzduchem) a nebo deformace za studena přes válcovací stolicí. Po zatažení a uvolnění tahu dojde díky termoplastickým vlastnostem PE-HD trub k jejich smrštění a tím těsnému přilnutí k vnitřku sanované stoky. Návrat tvaru lze urychlit natlakováním potrubí vodou. (Swagelining 2011)

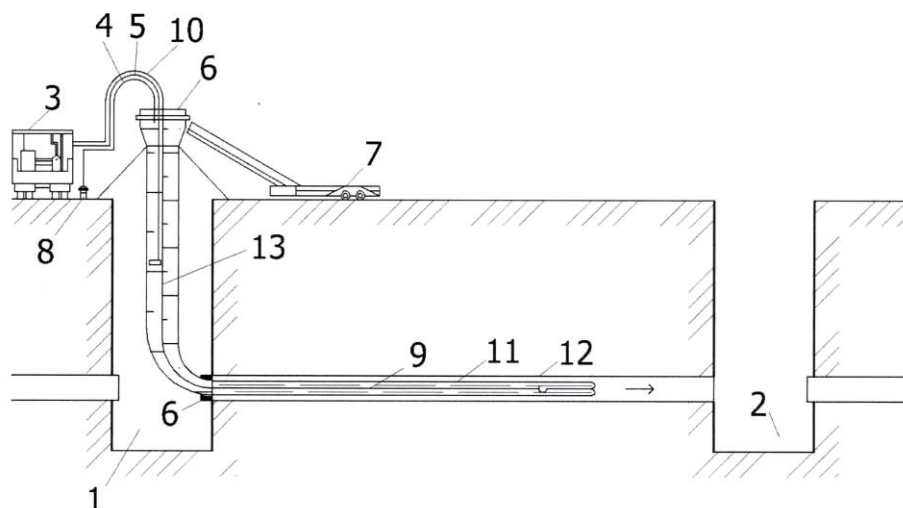


Obr. 17 - Ukázky výsterek deformovaných před zatažením.  
Zdroj: ZEPRIS 2009

### 9.2.3 Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP)

Metoda slouží k sanacím stok s nenarušenou či jen částečně narušenou statikou, kterou pak potrubí z tvrdého rukávce podpoří (Klepsatel et Raclavský 2007). Princip spočívá ve vpravení umělou pryskyřicí napuštěného sklotextilního rukávce do sanované stoky a jeho následném vytvrzení. Zatažení rukávce probíhá hydrostatickým tlakem vodního sloupce nebo stlačeným vzduchem. Následné vytvrzení pryskyřice vytvoří ve stoce nové potrubí, které je těsně přilnuté k vnitřku sanované stoky. Existuje řada modifikací, lišící se materiálem rukávce, procesem zatahování (tlakem vody, vzduchem, navijákem), vytvrzování (vodou, párou, UV zářením) nebo použitou pryskyřicí. Velkou výhodou metody je možnost jejího využití k sanacím potrubí různých průměrů, tvarových profilů a velké většiny materiálů. Pozornost je třeba věnovat výbornému vyčištění potrubí (usazeniny, střepy, kořeny apod.), transportované kapalině (teplota, chemické složení) a důkladnému průzkumu (statika stoky, polohy přípojek).

Detailně je tato často využívaná bezvýkopová sanační metoda rozebrána na konkrétním příkladu sanace stokového úseku v kapitole 11. V zahraničí je známá pod názvem Lining with Cured-In-Place pipes, zkráceně CIPP (Anonym 2009). Zkratka CIPP je pro tuto metodu používána i v dalším textu práce.



1. startovací šachta, 2. cílová šachta, 3. čerpací a vyhřívací agregát, 4. hadice na studenou vodu,
5. sací vedení, 6. místo upevnění, 7. dopravník, 8. hydrant, 9. plnění studenou vodou, 10. hadice na horkou vodu,
11. sanované potrubí, 12. zatahovaný rukávce, 13. inverzní trubka

Obr. 18 - Schéma metody CIPP - varianta zatahování rukávce hydrostatickým tlakem.  
Zdroj: SOVAK 2008

### 9.2.4 Vložkování strojním nástřikem

Princip spočívá ve vytvoření výstelky vnitřního povrchu sanované stoky nástřikem vhodného materiálu. Metoda vyžaduje provést před aplikací vyčištění sanovaného úseku stoky a odstavení dotčeného úseku z provozu. Sanované potrubí musí být staticky samonosné. Přínosem je zlepšení hydraulických vlastností stok a prodloužení jejich životnosti.

#### Cementace

Cementová malta je pomocí rozprašovacího zařízení s vlastním pojezdem rozprašována otočnou tryskou na stěnu potrubí. Zařízení obsahuje otočné rameno s hladítkem k urovnání provedeného nástřiku. Důležité je použití maltové směsi dobře přilnavé k materiálu sanovaného potrubí a odolné vůči látce transportované stokou. Tloušťku nástřiku určuje projekt sanace. (Brochier 2011a)

#### Epoxidace

Výstelka je provedena strojním nástřikem dvousložkové směsi tvrdidla a epoxidové pryskyřice v poměru daném výrobcem. Tloušťka nástřiku je tenčí (cca 1mm), než při cementaci. Metoda nachází využití zejména pro sanaci litinových, ocelových a betonových potrubí. Výhodou je značná odolnost vůči chemické agresivitě odpadních vod, avšak tenká vrstva výstelky podléhá poškození obrusem. Častější využití nachází epoxidace u sanací vodovodních potrubí. (Wombat 2011)

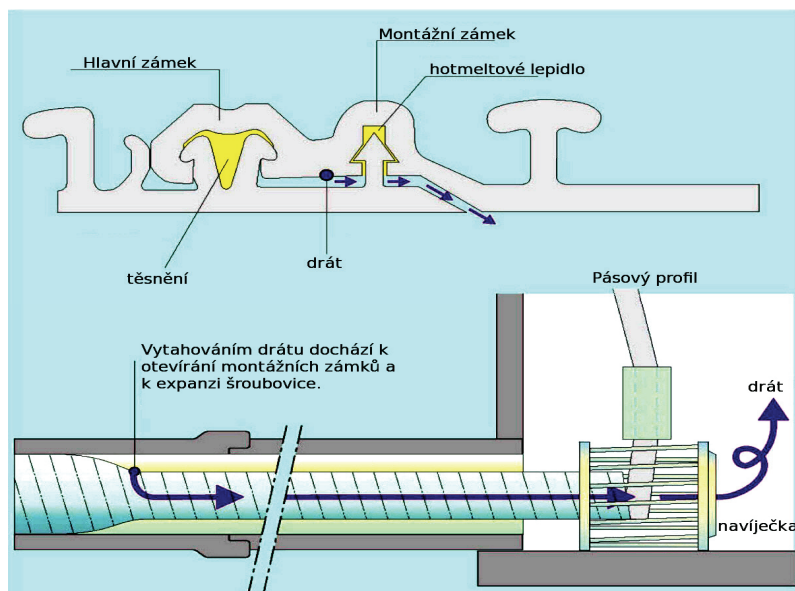
### 9.2.5 Vložkování spirálově vinutým potrubím

Principem metody je vytvoření výstelky spirálovým navíjením plastového pásu za pomoci navíječky. Takto vzniklá výstelka je samonosná, metodu lze využít u stok s narušenou statikou (Klepsatel et Raclavský 2007). Existují dvě základní varianty této metody, značně se lišící procesem instalace spirálové výstelky.

#### Navíječka mimo sanované potrubí

Základem metody je navíječka, podélně spojující speciální plastový pás tvořící spirálovou trubní výstelku, umístěná ve startovací šachtě. Navíječka nejen přidává další závity šroubovice, ale stálým otáčením výstelku navíc posouvá dále k cílové šachtě. Mezikruží mezi výstelkou a vnitřkem stoky se vyplňuje injektáží směsí. Vylepšená verze s této metody používá pás se dvěma zámky a pojistku (drát), jejíž

následné uvolnění umožní expanzi spirálově navinuté výstelky a její těsné přilnutí ke vnitřní stěně sanovaného porubí, tj. bez nutnosti injektovat mezikruží. (PRS Rohrsanierung 2005)

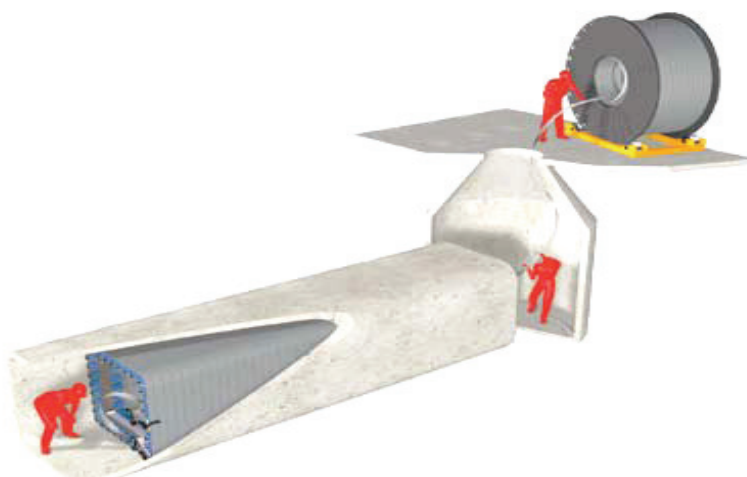


Obr. 19 - Řez pásovým profilem tvořícím spirálovou výstelku a schéma sanace expandujícím spirálově vinným potrubím.

Zdroj: PRS Rohrsanierung 2005

### Navíječka uvnitř sanovaného potrubí

Zásadní rozdíl oproti předchozí variantě je pohyb navíječky stokou. Navíječka tvoří spirály výstelky spojováním zámků velmi tuhého pásu z PVC. Mezera mezi spirálovou vložkou a stokou se vyplňuje injektážní směsí. Metoda nachází využití pro sanaci stok velkých, nejen kruhových profilů. (Mikolášek 2009)



Obr. 20 - Schéma tvorby spirálové výstelky s navíječkou procházející stokou.

Zdroj: Sekisui SPR 2009



### 9.3 Metody pro obnovu stokových sítí

Při rozsáhlých poškozeních stoky, kdy již renovaci nelze provést, a nebo při nedostačující transportní kapacitě, nezbyvá než přistoupit k obnově stoky.

Obnovu lze provést ve stávající trase stoky nebo v trase nové, metodami bezvýkopových technologií nebo v otevřeném výkopu. Obnova stoky v jiné, než původní trase, je novou stavbou stoky a tedy i případně použité metody bezvýkopových technologií jsou metodami bezvýkopové výstavby stok.

Společným prvkem pro metody bezvýkopové obnovy trubních vedení ve stávajících trasách je nutnost řešit přítomnost původních trub. Podle přístupu k tomuto problému tak lze metody obnovy rozdělit na skupinu metod destruktivních, kdy dojde k rozrušení a roztlačení původního potrubí do okolní zeminy a skupinu metod nedestruktivních, kdy je během obnovy stávající potrubí vytažené nebo vytlačené na povrch.

Nedestruktivní metody, které umožňují při zatahování nového potrubí vytáhnout nebo vytlačit potrubí původní, se pro bezvýkopovou obnovu trubních stok využívají jen ojediněle. Uplatnění nachází daleko častěji při obnově vodovodních řadů (PVS 2009).

Metody bezvýkopové obnovy trubních sítí, uvedené v dalším textu, jsou všechny ze skupiny metod destruktivních vůči starému potrubí.

#### 9.3.1 Dynamické trhání starého potrubí

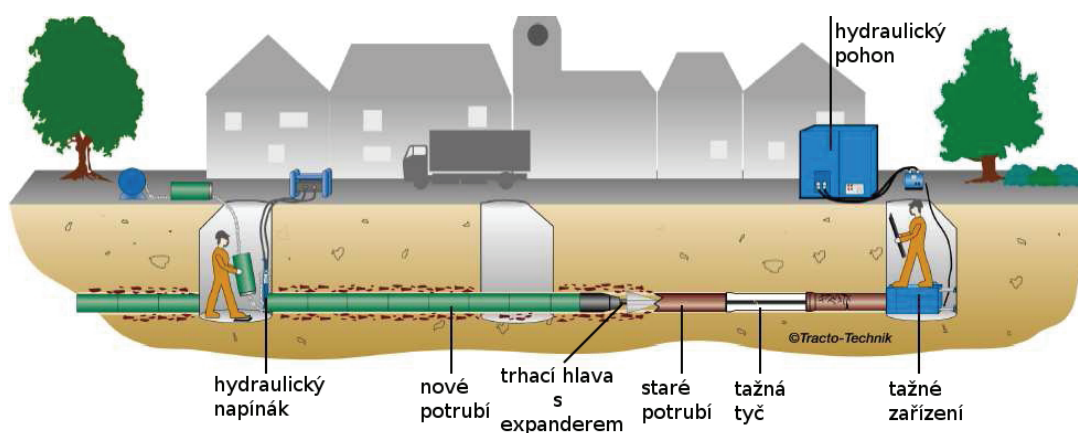
Metoda spočívá na rozrušení a roztlačení sanovaného úseku trubní stoky mezi startovací a cílovou jámou využitím dynamické energie úderů pneumaticky poháněného pístu uvnitř propichovacího kladiva. Zařízení tvoří trhací hlavice pro rozrušení potrubí, úderný pneumatický píst (uvnitř kladiva) a zadní rozšiřující pouzdro, roztlačující kusy starého potrubí do zeminy. Za ním již následuje nové zatahované potrubí, například z tvrzeného polyethylenu PE-HD. Pohyb kladiva vpřed je dán náporovou energií pneumatického pístu spolu s tahem lanového navijáku z cílové šachty. Tlaková hadice se stlačeným vzduchem pohánějícím kladivo je vedena vnitřkem nově zatahovaných trub. Výhodou metody je rychlost obnovy stoky. Problém může představovat riziko narušení zatahovaného potrubí o střepy starých trub (lze řešit prvotním zatažením chráničky) a možné poškození okolních inženýrských sítí od ořesů a od tlaku zhutňované zeminy. (Brochier, 2011b)



Obr. 21 - Dynamické trhání starého potrubí.  
Zdroj: Gerex 2007

### 9.3.2 Statické trhání starého potrubí

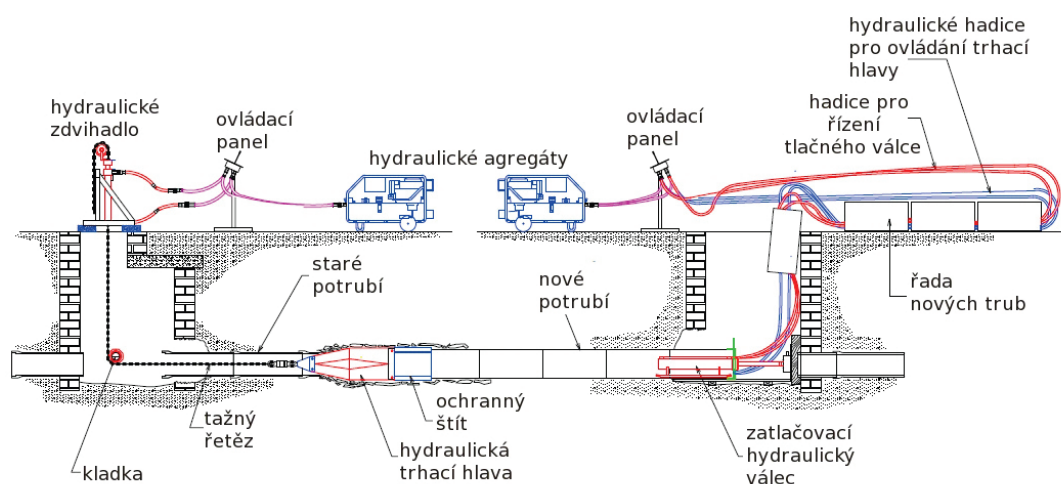
Princip metody spočívá v destrukci potrubí statickou silou nožové trhací hlavy. Starým potrubím je do startovní jámy protaženo táhlo (tažná tyč), spojované z menších dílů. K táhlu je uchycena sestava tvořená nožovou trhací hlavou, kónickým expanderem pro roztlačení starého potrubí a zavěšeným novým potrubím. Hydraulickým tažným zařízením v cílové jámě je postupně táhlo přitahováno. Pohyb hlavy potrubím je přerušovaný, tažné zařízení přitáhne táhlo vždy o délku jednoho jeho dílu, který je poté v cílové jámě odpojen a táhlo tak postupně zkracováno. Nožová trhací hlava řeže staré potrubí, které je následně expanderem dále rozevíráno a tlačeno do okolní zeminy. Metodou lze zatahovat potrubí z krátkých trub i dlouhé trouby z tvrzeného polyethylenu. Velkou výhodou statického trhání potrubí je absence rázů. (Interglobal 2007)



Obr. 22 - Schéma statického trhání potrubí.  
Zdroj: Interglobal 2007

### 9.3.3 Hydraulické trhání starého potrubí

Sanovaným potrubím je na řetězu hydraulickými válci tažného zdvihadla přitahována trhací hlava, schopná zvětšovat svůj objem pomocí hydraulicky ovládaných částí. K hlavě je uchyceno nové potrubí. Při postupu o délku trhací hlavy se pohyb zastaví. Trhací segmenty hlavy jsou hydraulicky rozevřeny, dojde k destrukci části starého potrubí a jeho zatlačení do okolní zeminy. Poté je hlava složena a tažným zdvihadlem opět posunuta. Současně hydraulický válec ve startovní jámě zatlačí další polyethylenovou trubu nového potrubí a celý proces se zopakuje. (Simicevic et Sterling 2001)



Obr. 23 - Schéma hydraulického trhání potrubí.  
Zdroj: Perco Ltd. 2009

### 9.3.4 Odfrézování starého potrubí

Princip metody vychází z metody Mikrotunelování, určené pro bezvýkopovou výstavbu podzemních sítí. Mikrotunelovací zařízení je ovládané hydraulicky, tvoří jej kruhový řezný štít s frézovací hlavou, která dláty rozrušuje staré potrubí a případně i okolní zeminu. Zatlačování mikrotunelovací soupravy a za ní následujících nových trub probíhá pomocí hydraulicky ovládaných pístů tlačné stanice ve startovací jámě. Stávající potrubí je zcela rozdrčeno a transportováno na povrch dopravníkem uvnitř nově instalovaného potrubí. Výhodou této metody je absence rázů a odstranění rizika zdvihání nadloží, které se může objevit u předchozích metod roztlačujících staré potrubí do okolní zeminy. Metoda lze použít na sanované potrubí z betonu, kameniny a azbesto-cementu. (Kuliczkowski A. et Kuliczowska E. 2009)



Obr. 24 - Mikrotunelovací souprava Iseki TCZ 300.  
Zdroj: WestScope 2011

## 9.4 Řešení opětovného napojení domovních přípojek k sanované stoce

Vodotěsné řešení zaústění domovních přípojek po provedené sanaci stoky závisí na použité metodě sanace. V podstatě lze přípojky připojovat v otevřeném výkopu nebo využít k jejich zprůchodnění a vodotěsnému napojení kanalizačního robota.

Sanace stoky prováděná její obnovou vyžaduje provést před zahájením prací odpojení přípojek, což se provádí v otevřených výkopech. V případě renovace stoky záleží na zvolené metodě, použitém materiálu a ekonomických nákladech. Většina renovačních metod využívá ke zprůchodnění přípojek kanalizačního robota, kterým se zajistí též vodotěsnost v místě napojení přípojky. V otevřeném výkopu se napojují přípojky například při vložkování jednotlivými kameninovými troubami, kdy je při provádění renovace do řady zatahovaných trub zařazen na příslušné místo odbočovací kus s nátrubkem pro připojení přípojky. (Klepsatel et Raclavský 2007)

## 10. Hodnocení vlivu bezvýkopových technologií na životní prostředí

Již ze samotné podstaty bezvýkopových technologií je zřejmý nižší dopad používaných metod na své okolí, na životní prostředí, oproti metodě otevřeného výkopu. V případě sanací stok v dopravně zatížených oblastech, v centrech městských aglomerací, ale též v lokalitách se zvýšenou ochranou přírody a krajiny (např. na územích s výskytem vzácných biotopů), může být maximální omezení

výkopových prací, hluku a prašnosti vyžadováno orgány městské správy nebo orgány ochrany životního prostředí již při přípravě projektu sanace stoky.

Pozitivním přínosem do oblasti životního prostředí je bezesporu menší:

- spotřeba paliva na dopravu,
- spotřeba paliva na staveništi,
- hlučnost,
- prašnost,
- narušení místních ekosystémů (výhoda zejména v extravilánu).

Konkrétní prvky nižších dopadů sanací stok na své okolí, při aplikaci metod bezvýkopových technologií, lze poměrně snadno vyjmenovat. Exaktně stanovit tuto environmentální šetrnost je mnohem obtížnější.

## 10.1 Hodnocení podle produkce emisí

Níže uvedené možnosti přistupují k určení environmentálního dopadu bezvýkopových technologií snahou stanovit množství vyprodukovaných emisí nebo spotřebu paliv během realizace díla. K tomuto účelu existují, resp. stále jsou ve vývoji, softwarové kalkulátory. Uživatel zvolí metodu realizace, zadá potřebné parametry a software vyčíslí pravděpodobnou produkci emisí.

Kalkulátor emisí e-Calc je komerčním softwarem. Obsahuje zatím čtyři metody bezvýkopové výstavby sítí. Uživatel vybere metodu provádění a zadá parametry dopravních a pracovních strojů, použitých na stavbě, údaje popisující rozsah realizace, plánované množství a vzdálenosti při přesunu hmot. Výsledkem kalkulátoru je vyčíslení emisní uhlovodíků, oxidu uhelnatého a uhlíčitého, oxidů dusíku, oxidů síry a pevných částic po aplikaci zvolené metody na konkrétní stavbě a možnost srovnání s jinou metodou, kterou kalkulátor nabízí. Pro příklad porovnání lze uvést výměnu keramického potrubí v délce 106m za trouby o 25% větším průměru z tvrzeného polyethylenu bezvýkopovou metodou trhání potrubí a metodou otevřeného výkopu. Z hlediska ochrany životního prostředí hovoří ve prospěch bezvýkopové obnovy potrubí emise CO<sub>2</sub> nižší až o 79% proti metodě otevřeného výkopu. (Ariaratnam 2009)

Uhlíkový kalkulátor NASTT GHG Emissions Calculator je volně dostupným softwarem. V databázi má zatím 8 bezvýkopových metod (5 pro sanace, 3 pro výstavbu) a klasický otevřený výkop. Po zadání parametrů týkajících se potrubí

(délka, hloubka, průměr), použitých strojů (spotřeba paliva l/hod; výkon stroje v kW; doba běhu stroje), povrchu (asfalt; přírodní porost), pohybu materiálu (množství tun, vzdálenost deponie apod.) kalkulátor určí pravděpodobnou výši tun kysličníku uhličitého vyprodukovaného během plánované realizace sanace nebo výstavby potrubí. (NASTT-BC 2010)

Jinou možností, jak stanovit šetrnost konkrétní metody k životnímu prostředí, je podle prosté spotřeby energie, ať již elektrické nebo pohonných hmot. Výhodou této možnosti je snazší dostupnost vstupních parametrů, jelikož spotřebu svého stroje za jednu motohodinu nebo na 100km zná obvykle jeho vlastník. Nevýhodou pak nemožnost vyčíslení přesnějšího dopadu metody do životního prostředí, protože nejsou zohledněny emise vyprodukované při samotné výrobě materiálů použitých při konkrétní bezvýkopové metodě. Modelové porovnání instalace ocelového potrubí DN600 v délce 100m protlačováním ukázalo 4x nižší spotřebu pohonných hmot než stejná situace řešená otevřeným výkopem. (Fryč 2010)

Z výše uvedených odstavců je zřejmé, že metodika hodnocení vlivu bezvýkopových technologií na životní prostředí ještě zdaleka není ucelená. Výsledkem kalkulátorů nebo porovnáním spotřeby energií lze určit produkci emisí (nejčastěji CO<sub>2</sub>) zvolené metody při její konkrétní aplikaci. Z takového výsledku však nejsou patrné ostatní vlivy, například na ekosystém dotčené lokality, hluk, míra dopravních omezení nebo například rizika plynoucí z nakládání s často kontaminovanou zemínou (dlouhodobé úniky ze sanovaných stok, realizace v průmyslových areálech) při otevřeném výkopu (Rees 2011).

## 10.2 Prosté hodnocení vlivu na životní prostředí

Jednotná metodika pro vyhodnocení vlivů jednotlivých bezvýkopových technologií na životní prostředí zatím nebyla vytvořena (Šrytr et al. 2004). Problémem zůstává velké množství různých kritérií (znečištění ovzduší, hluk, dopravní omezení a další) a jejich váha (význam), která se mění při každé konkrétní realizaci.

Stanovení hodnotících kritérií a metodiky pro porovnání dopadů jednotlivých metod bezvýkopových technologií na životní prostředí v obecné rovině (při stejných podmínkách použití), v nejčastějších modelových situacích a při jejich nasazení v konkrétních podmínkách řešil T.Kubát v rámci své diplomové práce na Katedře

zdravotního a ekologického inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze pod vedením doc.Šrytra. (Šrytr et al. 2004)

Prosté hodnocení vlivu na životní prostředí (tj. hodnocení v obecné rovině) jednotlivých metod bezvýkopových technologií spočívá v jejich vzájemném srovnání při použití ve stejných podmínkách (např. rozsah a místo sanace).

Za tímto účelem byla stanovena následující hodnotící kritéria:

1. Rozsah a charakter výkopových prací.
2. Trvalé či dočasné zábory pozemků (jejich velikost a charakter).
3. Hygienické kritérium, do kterého spadá prašnost, hlučnost atd.
4. Ovlivnění povrchové i hlubší struktury povrchové geologické vrstvy/terénu.
5. Možnost (stupeň rizika) kontaminace podzemních a povrchových vod (dočasné, případně s dlouhodobými následky apod.).
6. Možnost, rozsah a kvalita znečištění okolní zeminy (dočasné, případně s dlouhodobými následky apod.).
7. Možnost rozsah a kvalita znečištění ovzduší.
8. Stupeň redukce/minimalizace transportní zátěže životního prostředí při aplikaci konkrétní bezvýkopové technologie.
9. Rozsah a produkce odpadů.
10. Použité hmoty, kapaliny, chemikálie, jejich druhy, množství, rizikovitost, recyklovatelnost apod.
11. Množství energie, měrná spotřeba při aplikaci (energetická náročnost provádění).
12. Množství energie, měrná spotřeba při výrobě materiálů a zařízení pro použití konkrétních bezvýkopových technologií (energetická náročnost výroby).
13. Ekologická rizika vyplývající z případného nedodržení technologického postupu při konkrétních aplikacích konkrétního druhu metody bezvýkopových technologií (pravděpodobnost výskytu takové technologické nekázně).
14. Další možné negativní dopady na okolí/místo aplikace.
15. Jiná další kritéria (budou-li identifikována, odůvodněna argumenty a reálně použitelná). (Šrytr et al. 2004 ex. Kubát 2004)

Následně byly stanoveny tři požadované stupně hodnocení bezvýkopových technologií ve vztahu k životnímu prostředí:

- v obecné rovině (při shodných základních podmínkách aplikace),
- v nejčastěji se vyskytujících prostředích,
- pro konkrétní zadání, konkrétní projekt výstavby/sanace inženýrských sítí.

Z hodnocení bezvýkopových metod v obecné rovině vzešlo následující pořadí (od příznivých k méně příznivým vůči životnímu prostředí):

- A) Nepřímé bezvýkopové technologie, opírající se o využití stávajících typů sdružených tras inženýrských sítí (například uložení sítě v již provozovaném hloubeném kolektoru v centru města, uložení trubní sítě do předdimenzované kanalizace, do podchodům suterénů domů apod).
- B) Aplikované při zachování porušených/narušených potrubních profilů.
- C) Propichování a protlačování, přímé řízené horizontální vrtání a microtunnelling (tj. metody bezvýkopové výstavby). (Šrytr et al. 2004 ex. Kubát 2004)

Druhý stupeň hodnocení vlivu jednotlivých bezvýkopových technologií na životní prostředí zohledňuje rozdílnost podmínek aplikace v intravilánu a extravilánu.

#### **Intravilán měst a obcí:**

- A) Nepřímé bezvýkopové technologie, využití úměrných typů sdružených inženýrských sítí a tras, využití různých typů ochranných konstrukcí (chráničky, montážní kanály).
- B) Všechny typy charakterizované termínem „vlozkování“, vyjma vlozkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP), které s sebou nesou rizika aplikace (umělé pryskyřice).
- C) Propichování a protlačování, přímé řízené horizontální vrtání a microtunnelling. Ten však získává hodnocení vyšší (A) v případě použití po instalaci například chráničky (pozn.: vše metody bezvýkopové výstavby).



## **Extravilán**

A) Bezvýkopové technologie vázané na nadzemní trasu inženýrských sítí (nadchodníkové a fasádové kolektory, inženýrské sítě vedené pod mostními konstrukcemi, nadzemní potrubní na podpěrách).

B) V extravilánu další pořadí ovlivnilo zpřísnění modelové situace, neboli rozdílné dopady na životní prostředí při sanaci nebo při výstavbě.

Sanace: nejlépe hodnoceny jsou metody charakterizované termínem „vlozkování“, vyjma vlozkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP).

Výstavba: nelépe jsou hodnoceny metody přímého řízeného horizontálního vrtání následované propichováním a protlačováním. (Šrytr et al. 2004 ex. Kubát 2004)

Třetí stupeň hodnocení vychází z výsledků předchozích stupňů. Srovnávací analýza výše uvedených 15 hodnotících kritérií však zohledňuje místní podmínky různou vahou těchto kritérií (např. území se zvýšenou ochranou přírody, vodoteče, vodní plochy, hladina podzemních vod). Výsledkem třetího stupně hodnocení je seřazení metod, se kterými lze dosáhnout splnění požadavku investora, podle ovlivnění životního prostředí při jejich konkrétním nasazení. (Šrytr et al. 2004 ex. Kubát 2004)

## **11. Konkrétní případ sanace stoky bezvýkopovou metodou**

### **11.1 Zájmová lokalita**

Obec Milín se nachází ve Středočeském kraji, 8 km jihovýchodně od města Příbrami. První písemné zmínky o obci Milín pocházejí z roku 1336 (oppidum Milen). V roce 1621 udělil císař Ferdinand II. obci městská práva včetně městského znaku (vychází z podoby kolowratské orlice), pečetě a práva várečného. V okolí Milína proběhla ve dnech 9.5. - 11.5.1945 poslední bojová střetnutí II. světové války na území Evropy. (Vostárek 2005)

V současné době má obec Milín s přilehlými osadami přes 2000 obyvatel (Milín 2011). Obec má dobrou občanskou vybavenost, namátkou lze jmenovat mateřskou a základní školu, školní družinu, zdravotní středisko, poštu, několik

obchodů a restaurací. Na hranici katastru obce vede železniční trať č.200 Zdice – Protivín s nádražím Milín, umožňující hromadnou dopravu osob do zaměstnání a škol v nedaleké Příbrami. V obci byly provedeny veškeré inženýrské sítě. Jednotná gravitační stoková síť je zaústěna do kompletně zrekonstruované ČOV, v závěru roku 2010 uvedené do zkušebního provozu.

## 11.2 Stav řešeného úseku stoky před sanací

Stoková síť byla v obci vystavěna na konci sedmdesátých let 20.století jako jednotná stoková soustava s gravitační dopravou odpadních vod. V řešené Sokolské ulici jde o trubní stoku DN300 z kameniny, odvádějící splaškové odpadní vody z obytné zástavby, občanské vybavenosti (mateřská školka) a dešťovou vodu z povrchu ulice Sokolské.

Ulici Sokolskou tvoří několik pozemků, až na jediný (parcelní číslo 280/10 o výměře 22m<sup>2</sup>) jsou všechny ve vlastnictví obce Milín (ČÚZK 2011). Impulsem k provedení inspekce stoky se stal přívalový déšť, při kterém došlo ke vzduť vody ve stoce a přípojkami k vyplavení sklepních prostor domů v ulici.

Kamerová prohlídka odhalila zejména poruchy spočívající v deformaci trub, přítomnost prasklin a místy také střepů. Pronikání balastních vod do stoky nebylo zjištěno.

## 11.3 Vlastní provedení renovace stoky

Při volbě metody sanace se zastupitelé přiklonili k bezvýkopovému řešení, které bylo v tomto případě levnější a navíc jej doporučil i provozovatel v ulici uloženého vodovodního řadu. Narušená stoka leží v jeho těsné blízkosti. Jelikož je tento řad z litiny, mohlo by při sanaci stoky metodou otevřeného výkopu dojít k jeho poškození (Vojáček 2009).

V sanovaném úseku je potrubí uložené v hloubce od 2,6m, která se sklonem stoky narůstá. Mezi domy č.p.280 – č.p.189 je celkem pět šachet, označených v protokolu z TV kontroly sanační firmou Š1 (u domu č.p.280) až Š5 (u domu č.p.189). Výkres situace je v příloze č.1. Televizní kontrola v tomto úseku zaznamenala 18 přípojek. Délka sanovaného celého úseku je 226,5m.

Renovace poškozeného úseku stoky byla provedena metodou vyvločkování na místě vytvrzovaným rukávem. Vzhledem k délce a trajektorii sanovaného úseku

byla celá akce rozdělena na dvě etapy. Postup prací byl po směru toku stoky, nejdříve rovný úsek o délce 162,5m mezi šachtami Š1 a Š3, poté kratší úsek dlouhý 64m mezi šachtami Š3 – Š5. V tomto úseku dochází v šachtě Š4 k mírné změně směru trasy stoky.

Renovace touto metodou spočívala v provedení těchto kroků:

- čištění úseků stok určených k sanaci,
- prohlídka kamerou vč. lokalizace přípojek,
- odfrézování přesazených přípojek, vyčnívajících střepů a dalších překážek,
- opětovné vyčištění těsně před samotnou instalací rukávce,
- vyřešení dočasného odstavení sanovaných úseků stok z provozu,
- instalace rukávce,
- vyřezání částí rukávce v šachtách, úprava dna kynety šachet,
- znovuotevření přípojek.

Výstupem po provedeném prvním čištění a následné kamerové prohlídce byl nejen digitalizovaný videozáznam, ale zejména protokol stavu úseků před započítím sanace. Závěrečné strany tohoto protokolu jsou v příloze č.2. Protokol obsahuje fotografie poškození stoky, jejich stručný slovní popis, kód poškození a přesnou vzdálenost místa poruchy od konkrétní šachty. Podobně jako pozice poruch se zaznamenávala i lokalizace přípojek, aby je bylo možno snadněji nalézt a znovu zprůchodnit v konečné fázi prováděného díla. Následně se kanalizačním robotem provedlo odfrézování přesazených přípojek, zabroušení střepů a odstranění dalších překážek, které by mohly způsobit problémy při zatahování rukávce.

Před započítím zatahování rukávce byla stoka ještě jednou vyčištěna vysokotlakým čištěním vodou. Následně bylo nainstalováno kalové čerpadlo, napájené z dieselaagregátu v pracovním vozidle. Odpadní voda byla po celou dobu trvání prací přečerpávána hadicemi za sanovaný úsek stoky.

Samotný rukávec tvoří vícevrstvá netkaná sklolaminátová textilie s polyuretanovou fólií, navařenou na poslední vrstvě. Rukávec byl podélně sešitý dobře viditelným švem. Rukávce pro nejběžnější kruhové profily do průměru cca DN400 nenasyčené pryskyřicemi lze nakoupit běžně po paletách. Pro větší průměry, nekruhové profily nebo pro větší statickou odolnost se rukávce objednávají u výrobce namíru konkrétní zakázce (Václav Lázníček, 2011, in verb.).

Instalace rukávce se skládala z nasycení jeho vnitřní vrstvy pryskyřičnou směsí, inverzí (otočením naruby) a zatažení do sanovaného potrubí využitím hydrostatického tlaku vodního sloupce. K vytvrzení rukávce bylo využito ohřevu vody v rukávci. Voda stále roztlačovala zatažený rukávec na vnitřní stěnu potrubí a zajišťovala tak jeho těsné přilnutí k původní stoe. Veškeré technologie (plnicí linka, inverzní věž, dieselagregát pro zdroj elektřiny, čerpadla, hadice, kotel na ohřev vody) dopravily na místo nákladní automobily realizační firmy.

### **Nasycení rukávce**

Nasycení rukávce probíhalo na plnicí lince, kdy byla do vnitřku rukávce vpravena směs epoxidové pryskyřice a tvrdidla, v poměru daném výrobcem pryskyřice. Sycení rukávce probíhalo v podtlaku vytvářeném vývěvou odsávající z rukávce vzduch. Podtlak zajistil důkladný průnik směsi všemi vrstvami rukávce. Začátek rukávce se ponechal bez epoxidové směsi, aby jej bylo možno bez kontaktu pracovníků s pryskyřicí přehrnout přes inverzní koleno a vytvořit manžetu (konkrétně v dalším textu). Nasycená část opustila linku protažením mezi válci, které přesně kalibrují množství směsi v rukávci. Posun rukávce přes válce na vrchol inverzní věže se provádí u malých průměrů sanovaných potrubí ručně. Množství směsi na jedno nasycení bylo určeno výpočtem, který zohledňuje tloušťku a počet vrstev rukávce a nasákavost použitého materiálu. Jiným omezením byly prostorové možnosti k uložení a ochraně nasycené části rukávce před samovolným tvrdnutím směsi, jak dokumentuje fotografie na obrázku č.25. Další části rukávce jsou syceny během procesu zatahování. Do rukávce se vždy vyřízne otvor a hadicí se pryskyřičná směs doplní. Otvor se poté zalepí a popsany cyklus se opakuje.



Obr. 25 - Nasycená část rukávce po průchodu plnicí linkou. Vlevo je vidět inverzní věž se zaváděcím rukávцем zajišťujícím potřebný vodní sloupec.  
Zdroj: autor 2009

### **Inverze rukávce**

Inverzní věž obsahovala zaváděcí rukávec a armaturu pro přívod vody. Zaváděcí rukávec byl ze shodného materiálu jako rukávec zatahovaný. Sloužil pouze k udržování vodního sloupce, tj. hydrostatického tlaku pro zatahování rukávce. Na spodní konec zaváděcího rukávce bylo úvazníky (kovové stahovací pásy) vodotěsně připevněné inverzní koleno. Instalovaný rukávec byl po opuštění plnicí linky protažen rukávцем zaváděcím a inverzním kolenem. Nenasycený začátek rukávce byl poté z kolena vytažen, obrácen naruby (inverze) a úvazníky ke kolenu velmi pevně ukotven (tlak vodního sloupce nesmí rukávec z kolena stáhnout). Takto připravené inverzní koleno bylo vloženo do startovací šachty a bylo možno přistoupit k procesu zatažení rukávce do sanovaného potrubí.



Obr. 26 - Inverzní koleno s naruby převráceným, nasyceným rukávem připraveným k zatažení.

Zdroj: autor 2009

### **Zatažení rukávce**

Zaváděcí rukávec po naplní vodou vytvořil vodní sloupec, jehož tlakem začal být vytlačován instalovaný, naruby obrácený rukávec, do sanované stoky. Vnitřní stěna rukávce s epoxidovou směsí se stala stěnou vnější, kterou tlak vody přitlačil a přilepil na vnitřek sanovaného potrubí. A naopak, polyuretanová fólie, tvořící vnější obal rukávce, vytvořila nakonec hladkou vnitřní stěnu zrenovovaného potrubí. Během celého procesu byla trvalým doplňováním vody udržována konstantní výška vodního sloupce, umožňující nepřerušované zatahování rukávce dále do stoky. Před zatažením konce rukávce do vodního sloupce se na jeho konec připevnilo brzdné lano, topná hadice a byla zhotovena malá díra pro odvětrání. Tah za brzdné lano ovlivňoval rychlost zatahování druhé poloviny rukávce tj. poté, co jeho konec zmizel ve vodním sloupci. Ve druhé etapě sanace (mezi šachtami Š3 –Š5) byla omezením přívodu vody snížena výška vodního sloupce. Pokles tlaku vody v rukávci umožnil pracovníkovi firmy jej v šachtě Š4 ohnout do změněného směru stoky. Proces zatažení rukávce byl ukončen jeho úplnou inverzí, tedy stavem, kdy se konec rukávce objevil naruby v cílově šachtě a topná hadice k němu připevňovaná tak byla zatažena uvnitř celého sanovaného úseku.

### Vytvrzení zataženého rukávce

Ohřev a následné pozvolné chladnutí vody v rukávci vyvolal v epoxidové směsi chemickou reakci, která způsobila její vytvrnutí. Cirkulaci vody v rukávci zajišťovalo oběžné čerpadlo, ohřev pak kotel o dvou hořácích, každý o výkonu 400kW (Václav Lázníček, 2011, in verb) spalujících extra lehký topný olej. Princip ohřevu je podobný vytápění domu kotlem a radiátory, s nuceným oběhem vody. Teplá voda (tzv. topná voda) hnaná z kotle do perforované topné hadice, ohřívala vodu uvnitř rukávce. Tato chladnější voda (tzv. vratná voda) byla po využití její tepelné energie k tvrdnutí pryskyřičné směsi čerpána zpět k ohřátí do kotle druhou hadicí, připojenou k inverznímu kolenu ve startovací šachtě. Vytvrzování probíhalo za stálého tlaku vody v zataženém rukávci, výška vodního sloupce byla hlídána a případně voda automaticky doplňována. Celý proces ohřevu a ochlazování probíhal přesně podle vyhřívacího programu, dodávaného výrobcem konkrétní použité pryskyřice. Ten určoval veškeré nárůsty a poklesy teploty vody v rukávci i s dobou, po kterou se tyto teploty musí udržet neměnné. Maximální teplota vody v rukávci činila 85°C, rozdíl teplot mezi teplou a vratnou vodou by nikdy neměl překročit 20°C. (Václav Lázníček, 2011, in verb). Po dosažení a držení maximální teploty vody v rukávci (topný proces trval 7h) následovalo dalších 7h trvajících velmi pomalé ochlazování dopouštěním studené vody do topné hadice uvnitř rukávce. Pomalé ochlazování snižuje pnutí v rukávci, čímž se předchází jeho deformacím. Po dokončení procesu vytvrzování byla voda z rukávce vypuštěna do stoky jeho proděravěním v cílové šachtě. Následovalo vytažení topné hadice z potrubí, vyjmutí inverzního kolena ze startovací šachty a demontáž inverzní věže.



Obr. 27 - Inverzní věž po zatažení rukávce (pracovník drží topnou hadici).  
Zdroj: autor 2009

### **Dokončovací práce**

Přesahující konce vytvrzeného rukávce se v šachtách pečlivě odřízly a rychle tvrdnoucí pryskyřicí bylo zapraveno mezikruží mezi novým a původním potrubím. Kanalizačním robotem byly vyříznuty a zabroušeny otvory v místě napojení přípojek. Zjištěné netěsnosti byly robotem pomocí rychle tvrdnoucí pryskyřice odstraněny. Závěrečná prohlídka TV kamerou již byla provedena za provozu zrenovovaného úseku stoky. Poslední dvě strany protokolu z TV kontroly po sanaci stoky jsou v příloze č.3.

Renovace jedné etapy sanovaného úseku, od vyčištění stoky až po dokončovací práce trvala tři dny, celý úsek byl tak zrenovován a znovu zprovozněn za šest dnů.



## 11.4 Rukávcový relining u stoky s větším průměrem

Realizace této sanace proběhla v Praze – Řeporyjích, v ulici Stiessova. V místě je oddílná stoková soustava, renovován byl úsek stoky na dešťové odpadní vody z železobetonových trub DN700 o délce 69m. Důvodem renovace byla deformace průtočného profilu až o 20% se vznikem prasklin bez vypadávajících střeptů.

Detailní rozbor metody rukávcového reliningu obsahuje předchozí kapitola, v této kapitole jsou představeny rozdíly mezi renovací stoky o DN300 a DN700.

Použitý rukávec byl vyroben na míru této konkrétní zakázce. Sycení jeho vnitřní vrstvy pryskyřicí probíhalo mimo staveniště, na plnicí lince v prostorách firmy. S výjimkou rezervy pro manipulaci při ohnutí rukávce naruby byl rukávec na stavbu dodán nasycený po celé své délce. Při přepravě na místo instalace jej tak bylo nutné chránit před slunečními paprsky překrytím korby nákladního vozu namočenou plachtou. Základ vytvrzovací směsi netvořila pryskyřice epoxidová, ale polyesterová, častěji používaná při renovacích stok větších průměrů (Václav Lázníček, 2011, in verb). Důvodem jsou jak možnosti sycení na mobilní sytící lince, tak vlastnosti epoxidové pryskyřice (mnohem rychlejší samovolné tuhnutí a náchylnost k samovznícení při větším zpracovávaném množství).

Odstavení stoky z provozu bylo vyřešeno přečerpáním dešťové vody do blízké šachty od stoky na splaškové odpadní vody.

Nejviditelnější změnou proti zatahování rukávce do stok malých průměrů byla nutnost použití autojeřábu, plynoucí z rozměrů a hmotnosti rukávce a kovové lafety, nahrazující zaváděcí rukávec a inverzní koleno. Princip zatahování rukávce po jeho inverzi využitím hydrostatického tlaku vodního sloupce však zůstal shodný se zatahováním rukávců malých průměrů.



Obr. 28 - Protažení začátku rukávce zaváděcí lafetou.  
Zdroj: autor 2011



Obr. 29 - Otočení rukávce naruby (inverze rukávce), před zatahováním.  
Zdroj: autor 2011



Obr. 30 - Zatahování rukávce, průchod průběžnou šachtou.  
Zdroj: autor 2011

Vytvrzení směsi s polyesterovou pryskyřicí probíhalo podle teplotního programu od jejího výrobce, který je odlišný od pryskyřice epoxidové. Rozdíl je například v nárůstu teploty nejdříve na 60°C, vyčkání na srovnání teplot topné a

vratné vody a až poté další růst teploty na cílových 85°C. Proces vytvrzení rukávce (tj. dosažení a udržení teploty tvrdnutí + pozvolné ochlazení) trval 12 hodin.

Následující kroky, tedy úprava šachet, zprůchodnění přípojek uličních vpustí a zhotovení závěrečného protokolu byly shodné pro obě uvedené sanace.

Výsledkem provedených renovací jsou funkční stokové úseky s předpokládanou dobou životnosti alespoň 50 let (Václav Lázníček, 2011, in verb).

## 12. Výsledky

Přehled bezvýkopových metod, používaných pro sanace trubních stok, jak byly představeny v kapitole 9 této práce.

Tab. 5 - Zpřehlednění bezvýkopových metod používaných k sanacím trubních stok.

SANAČNÍ BEZVÝKOPOVÉ METODY		
Oprava	Renovace	Obnova
Vyčištění stoky	Vložkování troukami nebo potrubím	Dynamické trhání starého potrubí
Injektáže utěšňovací směsí (vnitřní nebo vnější)	Vložkování troukami s dočasně deformovaným profilem	Statické trhání starého potrubí
Chemická stabilizace dvousložkovým roztokem	Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP)	Hydraulické trhání starého potrubí
Krátká výstelka	Vyložkování strojním nástřikem	Odfrezování starého potrubí
Kloboučková výstelka	Vyložkování spirálově vinutým potrubím	
Oprava kanalizačním robotem		
Vnitřní manžeta		
Vyrovnání lokální deformace kruhového průřezu		

Zdroj: autor 2011

V následující tabulce jsou uvedeny příklady poruch trubních stokových sítí a jejich sanace aplikací konkrétní bezvýkopové metody.

Tab. 6 - Poruchy trubních stok a jejich sanace aplikací bezvýkopové metody.

Poruchy trubních stok	Sanace aplikací vhodné bezvýkopové metody
Poškození vnitřního povrchu obrusem	Vložkování strojním nástřikem – cementace Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci
Inkrustace, prorůstající kořeny, přesazené přípojky	Oprava kanalizačním robotem
Usazený sediment	Vysokotlaké čištění vodou
Netěsná domovní přípojka	Kloboučková výstelka Oprava kanalizačním robotem
Netěsnost trubních spojů	Vnitřní manžeta Oprava kanalizačním robotem Vnitřní injektáž utěšňovací směsí
Lokální trhliny	Vnitřní injektáž utěšňovací směsí Krátká výstelka
Množství drobných trhlin nebo netěsných spojů	Chemická stabilizace dvousložkovým roztokem Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci
Lokální deformace trub	Instalace roztažitelné záplaty z nerezové oceli Vyrovnaní deformace vibračním válcem
Vnitřní koroze, zejména betonových trub	Vložkování strojním nástřikem (cementace nebo epoxidace) Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci
Narušená statická únosnost. Světlý průřez deformovaných trub je kapacitně stále dostačující.	Vložkování troubami nebo potrubím Vložkování troubami s dočasně deformovaným profilem Vložkování spirálově vinutým potrubím
Narušená statická únosnost. Silně zdeformované potrubí s nevyhovující průtočnou kapacitou.	Dynamické, statické příp. hydraulické trhání starého potrubí nebo jeho odfrézování

Zdroj: autor 2011

Poslední tabulka obsahuje příklady firem působících v oblasti bezvýkopových sanací trubních sítí a metod, které zákazníkovi nabízejí.

Tab. 7 -Příklady realizačních firem a jimi nabízených metod bezvýkopových sanací potrubí.

Firma	Metody
BMH spol.s r.o., OLOMOUC	1; 4; 5; 6; 11
BROCHIER s.r.o., PRAHA	1; 4; 6; 9; 10; 11; 12; 14
ČERMÁK A HRACHOVEC a.s., PRAHA	2; 14; 15
ČIPOS s.r.o., LIŠOV	1; 4; 6; 9; 10; 11; 12; 15
DORG spol. s r.o., ČESKÁ VES	9; 14; 15
HERČÍK A KŘÍŽ s.r.o., PRAHA	1; 4; 6
HERMES TECHNOLOGIE s.r.o., PRAHA	2; 4; 5; 6; 12
INSITUFORM s.r.o., LIBEREC	1; 9; 10; 11
INTERGLOBAL DUO s.r.o., PRAHA	9; 14; 15
KBO s.r.o., LITOMĚŘICE	1; 9; 12
RABMER-sanace potrubí, spol. s r.o., SOBĚSLAV	1; 4; 6; 9; 10; 11; 12; 15
REKONSTRUKCE POTRUBÍ - REPO, a.s., PRAHA	1; 4; 5; 6; 7; 11; 12;
REVAK, s. r.o., LITOMĚŘICE	1; 4; 6; 9; 11; 12; 15
SEBAK, spol. s r.o., BRNO	1; 4; 5; 6; 11
VEGI s.r.o., KROMĚŘÍŽ	2; 4; 5; 6; 11
WOMBAT s.r.o., BRNO	2; 4; 5; 6; 9; 10; 11; 12; 13
ZEPRIS s.r.o., PRAHA	1; 2; 4; 6; 7; 9; 10; 11; 12; 15

Legenda k tabulce č.7

1. Vyčištění stoky
2. Injektáže utěšňovací směsí (vnitřní nebo vnější)
3. Chemická stabilizace dvousložkovým roztokem
4. Krátká výstelka
5. Kloboučková výstelka
6. Oprava kanalizačním robotem
7. Vnitřní manžeta
8. Vyrovnání lokální deformace kruhového průřezu
9. Vložkování troubami nebo potrubím
10. Vložkování troubami s dočasně deformovaným profilem
11. Vložkování na místě vytvrzovanými rukávci (CIPP)
12. Vyvločkování strojním nástřikem
13. Vyvločkování spirálově vinutým potrubím
14. Dynamické trhání starého potrubí
15. Statické trhání starého potrubí
16. Hydraulické trhání starého potrubí
17. Odfrézování starého potrubí

Zdroj: autor 2011

## 13. Diskuse

Téma bezvýkopových technologií, zpracovávané v bakalářské práci, mi umožnilo poznat velmi perspektivní obor, jehož podíl na obnově stávajících, ale i výstavbě nových inženýrských sítí, se bude i nadále zvětšovat. Možnost být přítomen při praktických realizacích renovací stokových úseků metodou CIPP a vidět její výsledek byla názornou ukázkou předností, které bezvýkopové technologie při sanaci nejen stokových sítí přinášejí.

Poruchy stokových sítí jsou nejčastějšími příčinami sanací stok, nedostatečná přepravní kapacita je minoritním důvodem (Václav Lázníček, 2011, in verb). Doporučený interval provádění optické inspekce u neprůlezných stok je 1x za 10let. (Raclavský et al. 2006). Provozní praxe je různá, závisící na stáří stok, stavu materiálu, sklonových poměrech, místní zátěži od povrchové dopravy a dalších faktorech. Zkušení pracovníci provozovatele stokové sítě jsou obeznámeni s problémovými úseky, na které přednostně soustředí kontrolní činnost. Další inspekce se provádějí při plánovaných rekonstrukcích povrchů vozovek, tramvajových tratí a inženýrských sítí v okolí stoky. Minimální četnost inspekce udává provozní řád provozovatele stokové sítě. Odlišné důvody k inspekci stoky dokládají i konkrétní případy sanací stok v kapitole 11. V případě Milína jimi byly problémy se stokou při přívalem deště a naopak, v Řeporyjích poruchu stoky odhalila kontrola prováděná provozovatelem z důvodu rekonstrukce povrchu vozovky.

Sanaci stok předchází jejich lokalizace, vyčištění a provedení průzkumu. Trasu stoky lze určit prohlídkou povrchu (poklopy šachet), z listinných podkladů (výkresy, provozní dokumentace), případně za pomoci přístrojů (např. detektor kovů, georadar, echolokátory). V praktických ukázkách renovací krátkých stokových úseků však potíže s lokalizací trasy stok nenastaly. Na stavebním odboru obecního úřadu v Milíně byl k dispozici výkres se zakreslením trasy trubní stoky a vodovodního řádu v ulici Sokolské, v obou případech pak nebyl problém s trasováním podle umístění šachet.

Vyčištění před provedením průzkumu a před započítím prací se v obou představených realizacích provedlo vysokotlakým čištěním vodou pomocí kombinované čistící soupravy. Renovace stok metodou CIPP vyžaduje vysoký stupeň vyčištění, který je touto metodou čištění stok nejsnáze dosažitelný. Výhodou

čištění pomocí vysokotlakých souprav je rychlost provedení a účinnost. Z jiných metod by bylo požadované jakosti vyčištění dosaženo například otryskáním vnitřního povrchu stoky pískem.

Průzkum stok byl v obou uváděných realizacích proveden televizním kamerovým systémem. Jinou, v ČR zatím méně využívanou metodou průzkumu trubních stok, velmi vhodnou pro metodu CIPP, je využití laserového scanneru. Laser přesně zaznamená deformaci průtočného profilu a tvar poruch trubní stoky, což lze zohlednit i při výrobě rukávce. Po dokončení opravy a opětovném provedení laser scanningu pak lze přesně změřit kvalitu přilnutí rukávce ve všech místech trubní stoky (Kenter 2008).

Materiálem renovovaných úseků stok v kapitole 11 byla v prvním případě kamenina, ve druhém pak železobetonové trouby. Nejzávažnější poruchou, zjištěnou v Milíně na kameninové trubní stoce DN300, jsou deformace příčného průřezu až o 10% se vznikem stěpů. Vznik této poruchy u kameninových trub bývá zapříčiněn nárůstem zatížení zeminy nadloží. Stoka je pod vozovkou ve starší, klidné čtvrti tvořené rodinnými domy, kde k nárůstu dopravy rozhodně nedošlo. Viníkem nebude ani nedodržení předepsaného obsypu a hutnění při pokládce, jelikož nedochází k propadu vozovky nad stokou. Vzhledem k tomu, že průzkum okolí stoky např. georadarem nebyl prováděn, lze tak o příčinách pouze spekulovat (vyplavení podloží spodní vodou, použití trub s nedostatečnou vrcholovou únosností tj. chyba v projektu stoky, nekvalita materiálu trub). Betonové trouby stoky DN700, odvádějící dešťové vody v Praze – Řeporyjích, neměly vnitřní výstelky materiálů odolných proti obrusu. Zjištěné praskliny však nebyly omezeny pouze na dno trub. Ulice nad sanovaným úsekem stoky je slepá, lemována osmi rodinnými domy. Příčinou poruchy přesto mohlo být dočasné zvýšení dynamické zátěže nadloží stoky od těžké mechanizace při výstavbě dvou nových vil na konci ulice, pravděpodobně spolu s nízkou kvalitou betonových trub, vyráběných v 70. a 80. letech 20. století (Šejnoha 2003). Průzkum jinou metodou, než TV kamerou, nebyl ani v Řeporyjích proveden.

Dnes používané materiály stokových sítí musí splňovat minimálně požadavky, kladené na ně normou ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky. Větším problémem, než nedostatečná kvalita trub, je tak vhodná volba materiálů pro konkrétní podmínky a dodržení technologických postupů při výstavbě trubní stoky. Přestože je na trhu výběr trub z různých materiálů, zůstávají preference vlastníků a provozovatelů stokových sítí konzervativní. Standardy kanalizace třech vybraných

měst, Prahy, Brna a Plzně, jednoznačně na prvním místě preferují kameninu, jako generacemi prověřený materiál trubních stok (PVS 2009; MMB-OTS 2010; SIMP 2011).

Praktické realizace sanací stok v Milíně a v Řeporyjích aplikací bezvýkopové metody CIPP se odlišovaly zejména použitou vytvrzovací směsí. Jelikož epoxidová pryskyřice má výbornou přilnavost k různým povrchům, je potrubí vzniklé vytvrzením rukávce napuštěného směsí s epoxidovou pryskyřicí navždy přilepené k původnímu potrubí. Nemůže tedy dojít k nežádoucímu pohybu trubní výstelky (ojedinělé případy například při prudkém zvýšení průtoku). Epoxidová pryskyřice navíc neuvolňuje toxický styren (Václav Lázníček, 2011, in verb.), je tedy vhodnější pro aplikace v prostředích s vyšším důrazem na ochranu podzemních vod. Její cena je však vyšší než cena pryskyřice polyesterové. Použití směsí s polyesterovou pryskyřicí v Řeporyjích tedy snižuje celkovou cenu renovace stoky, má však některá negativa. Po vytvrzení trubní vložka těsně kopíruje vnitřní stěnu potrubí, ale nedojde k jejímu přilepení ke stěně sanované stoky. Zůstává nepatrná mezera mezi sanovaným potrubím a novou trubní vložkou. Při velkém zvýšení průtoku může výjimečně dojít k jejímu posunu až ujetí dál do stoky. Polyesterové pryskyřice nelze používat při rizicích kontaminace podzemních vod. Z důvodů snížení koncentrace styrenu v ovzduší při procesu vytvrzování zataženého rukávce se v poslední době testuje (s dobrými výsledky) možnost odvětrávat koncovou šachtu sanované stoky pomocí axiálního ventilátoru (Václav Lázníček, 2011, in verb.). V oblastech s nutnou 100% ochranou podzemních vod (lázeňské oblasti, prameniště) lze metodu CIPP doplnit použitím tzv. prelineru, ochranné fólie oddělující pryskyřicí nasycenou stranu rukávce od vnitřní stěny sanovaného potrubí, případně zvolit jinou bezvýkopovou metodu sanace stoky.

Průměrná dlouhodobá spotřeba extra lehkého topného oleje (ELTO) při metodách CIPP vychází realizační firmě na 40 litrů za jednu hodinu (Václav Lázníček, 2011, in verb.). Jeden litr ELTO vyprodukuje po spálení 3,2kg CO<sub>2</sub>. (EnergiePlus 2011). Orientálním výpočtem, vycházejícím z předpokladu nejvyšší produkce CO<sub>2</sub> při 7 hodin trvajícím vyhřívání rukávce výstelky, vyprodukoval kotel 768kg emisí CO<sub>2</sub>. Produkce na ohřev vody v rukávci (položka Boiler) pomocí online aplikace NASTT GHG Emissions Calculator pak udává 0,77t CO<sub>2</sub> (NASTT-BC 2010). Uvedené množství emisí CO<sub>2</sub> bylo uvolněno pro vytvrzení rukávce během sanace prvního, 162,5m dlouhého úseku stoky v Milíně. Tato hodnota nezahrnuje,



z důvodů praktické nedostupnosti vstupních parametrů, emise CO<sub>2</sub> na celou realizaci sanace (např. z dopravy a manipulace s materiálem na stavbě nebo emise CO<sub>2</sub> vzniklé při výrobě použitých materiálů). Ke snížení energetické náročnosti vytvrzovacího procesu (ořev a udržení teploty značného množství vody) lze využít variantu metody CIPP spočívající ve vytvrzení rukávce ultrafialovým zářením z plynové výbojky. Modernější zdroj ultrafialového záření s využitím světelných diod zatím neposkytuje dostatečný světelný výkon pro vytvrzení silnějších rukávců užívaných k sanacím stok (Roeling 2009).

Tloušťka rukávce je určena výpočtem statické únosnosti stoky. Využívá se software, který zohledňuje mocnost vrstvy zeminy nad stokou, tvar průtočného profilu (kruhový, vejčitý...), charakter splaškových vod, zatížení dopravou, materiál a stupeň poškození stoky (Václav Lázníček, 2011, in verb.). V obou představených sanacích v kapitole 11 měly trubní stoky zachovanou svou statickou únosnost, v Milíně byl použit rukávec tloušťky 10mm, v Řeporyjích pak 16mm. Pro stoky, které již nejsou samonosné, uvádí literatura minimální tloušťku rukávce 30mm (SOVAK 2008). Sanace metodou otevřeného výkopu nebyla v obou případech zvažována, a to z důvodů časových, ale zejména finančních úspor. Orientačním srovnáním, podle cen dopravní a technické infrastruktury, publikovaných Ústavem územního rozvoje (Polešáková et al. 2010), při použití údajů uvedených v kapitole 11, vychází cena až o 50% nižší při použití metody CIPP, než při realizaci sanace otevřeným výkopem.

Výhodou zvolené metody CIPP je také poměrně snadná srovnatelnost obdržených nabídek, neboť jde o metodu rozšířenou, nabízenou na trhu mnoha firmami. Další metody, vhodné pro sanace stokových úseků popsaných v kapitole 11, jsou například metody vložkování trubami nebo potrubím, případně vložkování trubami s dočasně deformovaným profilem. Obě tyto metody však nalézají využití spíše pro sanace trubních stok s vážně narušenou statickou funkcí.

V obou prezentovaných případech se jednalo o krátké úseky s gravitační přepravou vod. Složitější sanace by pro volbu nejvhodnější metody vyžadovaly důkladnější průzkum okolí stoky a výpočet nejen statické únosnosti stávajícího potrubí, ale (v případě kanalizačních výtlaků, příp. u sanací vodovodů) též ověření odolnosti výstelky proti tlakovým rázům a případnému výskytu podtlaku.

Výsledkem sanace v Milíně je renovovaný stokový úsek, nicméně původní problém, který zavedl impuls k inspekci stoky a k její sanaci, tedy vytopení sklepů

přilehlých domů při přívalovém dešti, nemusí být odstraněn. Jednotná kanalizace se stokou DN300 nemusí být schopna v těchto místech pojmout při velkých přívalových deštích veškeré množství vody, i když v renovovaném úseku stoky došlo ke zlepšení hydraulických charakteristik. Díky nižší drsnosti vnitřku vytvrzeného rukávce nedojde, i po malém zmenšení průtočného profilu daném jeho tloušťkou, ke snížení přepravní kapacity stoky. Pravděpodobná vyšší průtoková rychlost však může způsobit vznik problémů za sanovaným úsekem, kde při přívalovém dešti stoka nebude schopna pojmout přepravované množství vody, dojde k jejímu vystoupení v šachtách a v kanalizačních přípojkách a zopakování situace s vytopením domů.

V Praze – Řeporyjích pak provedená sanace úseku dešťové kanalizace zamezila únikům vody prasklinami ve stoce, možné tvorbě kaveren v okolí stoky s hrozbou budoucího propadu. Vzhledem k až 20% deformaci průřezového profilu železobetonových trub (Václav Lázníček, 2011, in verb.) závisí životnost zrenovovaného úseku na správně provedeném statickém výpočtu a použité tloušťce rukávce.

## 14. Závěr

Výsledkem bakalářské práce bylo zpracování přehledu stávajících metod bezvýkopových technologií (viz tabulka č.5), uplatnitelných pro sanace trubních stokových sítí. K diverzifikaci metod bylo využito členění sanací stok technickou normou ČSN 75 0161 Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod podle míry poškození stok na opravu, renovaci a obnovu. Současně s rozdělením jednotlivých metod byl alespoň princip funkce každé z nich stručně vysvětlen, nejlépe s obrázkem doplňujícím slovní komentář. Praktická část práce byla provedena studiem činností, které obnáší realizace bezvýkopové sanace metodou vložkování na místě vytvrzovanými rukávci ve dvou lokalitách. Primární cíl byl v práci mírně rozšířen alespoň zmínkou o nejběžnějších metodách lokalizace, průzkumu a čištění stokových sítí, tedy o činnostech předcházejících samotné sanaci stoky.

V rámci sekundárního cíle práce byly představeny typy poruch, se kterými se lze setkat při provozu stokové sítě, včetně kategorizace podle naléhavosti jejich řešení a materiály trubních stok s popisem jejich nejdůležitějších vlastností. Také

byly uvedeny možné přístupy k hodnocení bezvýkopových technologií z hlediska jejich vlivu na životní prostředí.

Formou tabulek byly v kapitole výsledky práce spojeny poruchy na stokových sítích a jejich možné odstranění bezvýkopovými metodami sanace stok spolu s příklady firem, které tyto metody v České republice realizují.

Jednotlivé cíle bakalářské práce byly splněny, některé z nich však musely být z důvodů značného množství informací poněkud zestručněny. Zkrácení řešené problematiky se týká zejména popisu sanačních metod, kde zůstala jen orientace na princip jejich provádění. Uvolnit prostor v bakalářské práci musely také metody bezvýkopové výstavby stokových sítí. Další cíle, zejména zdokumentování průběhu sanace trubní stoky bezvýkopovou metodou v terénu, však byly řešeny v detailu.

Přítomnost u dvou sanací trubních stok byla názornou demonstrací možností, které bezvýkopové technologie do stokování přinášejí. Metoda vložkování na místě vytvrzenými rukávci je díky širokému spektru uplatnění metodou velmi využívanou. Omezujícími prvky nejsou různé tvary průřezového profilů, ani běžně užívané materiály sanovaných stok. Přínosem těchto praktických ukázek je nejen detailní studie jednotlivých činností, které jsou při realizaci metody CIPP prováděny, ale také technologické rozdíly při sanacích trubních stok různých vnitřních průměrů a při použití vytvrzovacích směsí s odlišnými druhy pryskyřic. V diskusi jsou též konstatována rizika aplikace této metody pro oblasti se zvýšenou ochranou podzemních vod.

Obě lokality praktických realizací bezvýkopových sanací stokových úseků, představené v této práci, se nacházejí v klidových, obytných zónách. Šetrnost bezvýkopové sanace stoky k okolnímu prostředí se tak projevila zejména v minimalizaci výkopových prací, prašnosti, transportu zeminy a hlukové zátěže. Environmentální vlivy lze posoudit prostým hodnocením, které spočívá ve stanovení hodnotících kritérií vlivu bezvýkopových metod na životní prostředí, jejich váhových parametrů a metodiky ke vzájemnému porovnání. K porovnání vlivu jednotlivých metod bezvýkopových technologií na životní prostředí lze také využít softwarových kalkulátorů, kterými je možno stanovit pro jednotlivé metody množství vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub>, případně i dalších látek. Po rozšíření databáze bezvýkopových metod autory těchto kalkulátorů bude k dispozici silný nástroj, poskytující číselné srovnání vyprodukovaných emisí dané metody při jejím konkrétním nasazení. Informování nejen odborné veřejnosti právě v této oblasti

napomáhá i projekt s názvem „Užívání bezvýkopových technologií při snižování emisí CO<sub>2</sub> během realizací staveb“ při České společnosti pro bezvýkopové technologie.

Přímé ekonomické náklady na realizaci sanací stokových sítí samozřejmě stále zůstávají jedním z nejdůležitějších ukazatelů, ovlivňujících rozhodování investorů. Dalším významným faktorem je pak doba realizace. Oba praktické příklady sanace stokových úseků, představené v této práci, byly mimo centra měst. Ekonomické a časové úspory tak byly rozhodující faktory pro volbu sanace stoky využitím bezvýkopové metody.

Uplatnění metod bezvýkopových technologií však bude nepochybně mířit zejména do intravilánu velkých měst, kde nutnost minimalizovat dopady prováděných sanací na celkové fungování města nabývá na významu. Existence revizních a vstupních šachet na stokových sítích navíc mnohdy umožňuje provedení sanace se skutečně nulovým poškozením povrchu.

## 15. Přehled literatury a použitých zdrojů

- **ANONYM, 2009:** *CIPP – a cure for damaged pipes*. Trenchless International, 5/2009: str. 38-47.
- **ARIARATNAM S., 2009:** *Calculating airborne emissions in underground utility projects*. Trenchless International, 5/2009: str. 26-29.
- **ATLANTIK, 2011:** *Bezvýkopové lokální opravy kanalizace*. Atlantik servis s.r.o., Praha, online: <http://www.cistení-kanalizace.eu/opravy-kanalizace.html>, cit. 20.1.2011.
- **BARTÁK F., 2008:** *Úvodní slovo předsedy představenstva SOVAK ČR Ing. Františka Bartáka*. In SOVAK [ed.]: *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Medim, spol. s r.o., Líbeznice: 9s.
- **BROCHIER, 2011A:** *Cementace*. Brochier s.r.o., Praha, online: <http://www.brochier.cz/5590/cementace>, cit.17.3.2011.
- **BROCHIER, 2011B:** *Berstlining*. Brochier s.r.o., Praha, online: <http://www.brochier.cz/11034/berstlining>, cit.1.4.2011.
- **ČSN 75 0161:** *Vodní hospodářství - Terminologie v inženýrství odpadních vod, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSN 75 6101:** *Stokové sítě a kanalizační přípojky, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSN 75 6909:** *Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSN EN 12889:** *Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSN EN 13508-1:** *Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 1: Všeobecné požadavky, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSN EN 13508-2:** *Posuzování stavu venkovních systémů stokových sítí a kanalizačních přípojek - Část 2: Kódovací systém pro vizuální prohlídku, v platném znění*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

- **ČSN EN 752:** *Odvodňovací systémy vně budov, v platném znění.* Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.
- **ČSÚ, 2009:** *Veřejná databáze ČSÚ.* Český statistický úřad, Praha10, online: [http://vdb.czso.cz/vdbvo/maklist.jsp?kapitola\\_id=10&](http://vdb.czso.cz/vdbvo/maklist.jsp?kapitola_id=10&) , cit.23.2.2011.
- **ČÚZK, 2011:** *Nahlížení do katastru nemovitostí.* Český úřad zeměměřičský a katastrální, Praha 8, online: <http://nahliznidokn.cuzk.cz>, cit. 3.2.2011.
- **ENERGIEPLUS, 2011:** *Kalkulačka CO<sub>2</sub>.* Energy Globe Portal, Traunkirchen, Austria, online: [http://www.energyglobe.com/cs\\_cz/uspory-energii/kalkulacka-co2/](http://www.energyglobe.com/cs_cz/uspory-energii/kalkulacka-co2/), cit. 8.6.2011.
- **EUTIT, 2010:** *Čedič – použití v kanalizacích.* Eutit spol. s r.o. , Stará Voda, online: <http://www.eutit.cz/kanalizace.html>, cit. 6.1.2011.
- **FRYČ I., 2010:** *Nekonvenční pohled na skryté environmentální aspekty bezvýkopových technologií.* No-Dig, 4/2010: str.27-29.
- **GEREX, 2007:** *Bezvýkopová pokládka – Berstlining.* Gerex s.r.o., Liberec, online: <http://www.gerex.cz/moznosti-pokladky/bezvykopova-pokladka/berstlining>, cit. 1.4.2011.
- **HOBAS, 2006:** *Výrobní postup - výroba trub.* Hobas CZ spol. s r.o., Uherské Hradiště, online: <http://www.hobas.com/cz/ke-stazeni/prospekty.html> , cit. 20.10.2010.
- **HOLEČEK M., 2007:** *Zkušenosti provozovatele s plastovým potrubím.* Portál VAKINFO, Líbeznice, online: <http://www.vakinfo.cz/vodovody/provoz/plastove-potrubi-zkusenosti> , cit. 17.10.2010.
- **HORÁK M., 2008:** *Stoková síť poškozená síranovou korozí betonu.* Konference Juniorstav 2008, Fakulta stavební VUT, Brno, online: [http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008\\_sekce/pdf/3/Horak\\_Marek\\_CL.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/juniorstav2008_sekce/pdf/3/Horak_Marek_CL.pdf), cit. 16.10.2010.
- **HORÁK M., 2009:** *Průzkum a technická analýza stokových sítí.* Konstrukce Media, s. r. o. , Ostrava-Vítkovice, online: <http://www.vodohospodarske-stavby.cz/clanek/pruzkum-a-technicka-analyza-stokovych-siti> , cit. 19.10.2010.
- **INTERGLOBAL, 2007:** *Grundoburst - bezvýkopová metoda obnovy vodovodních a kanalizačních řadů.* Interglobal DUO s.r.o., Praha, online: <http://www.interglobal.cz/UserFiles/file/Grundoburst2.pdf>, cit. 1.4.2011.

- **ISTT, 2011:** *Rerounding*. The International Society for Trenchless Technology, London, UK, online:  
[http://www.istt.com/index.cfm?menuID=66&cmid=63&rubrikID=2&object\\_id=11](http://www.istt.com/index.cfm?menuID=66&cmid=63&rubrikID=2&object_id=11), cit. 22.2.2011.
- **KENTER P., 2008:** *On the Beam*. Municipal Sewer & Water, 6/2008: str. 46-47.
- **KLEPSATEL F. et RACLAVSKÝ J., 2007:** *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Jaga Group s.r.o., Bratislava, 142s.
- **KUBÁT T., 2004:** *Hodnocení bezvýkopových technologií z ekologického hlediska na příkladu sanace přivaděčích vodovodních řadů VDJ Zdobca - VDJ Malá Varta – ČS Sudoměřice - VDJ Hodušín – studie*. Diplomová práce, nepublikováno, dep.: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Fakulta stavební ČVUT, Praha.
- **KULICZKOWSKI A. et KULICZKOWSKA E., 2009:** *Technologie bezwykopowej wymiany przewodów infrastruktury podziemnej*. Instal 11/2009: str. 74-81.
- **LINDEL M., 2008:** *Valve & pipeline cavitation*. Erhard armaturen GmbH., Heidenheim, Německo, online:  
[http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/13/Science/ERHARDcavitation\\_28\\_07\\_08/ERHARDcavitation.pdf](http://www.vncold.vn/Modules/CMS/Upload/13/Science/ERHARDcavitation_28_07_08/ERHARDcavitation.pdf), cit. 18.11.2010.
- **MAINCOR, 2010:** *MaxiLine - relining krátkým potrubím*. Maincor s.r.o., Praha 4, online: <http://www.maincor.cz/maincor/produkty/bezvykopove-technologie/maxiline-relining-kratkym-potrubim>, cit. 23.2.2011.
- **MIKOLÁŠEK J., 2009:** *Nová technologie pro sanaci velkých profilů představena v Brně*. No-Dig 3/2009: str. 17-19.
- **MILÍN, 2011:** *Informace o obci Milín*. Obecní úřad Milín, Milín, online:  
[http://www.milin.cz/obec\\_zakladni.php](http://www.milin.cz/obec_zakladni.php), cit. 5.5.2011.
- **MMB-OTS, 2010:** *Městské standardy pro kanalizační zařízení*. Magistrát města Brna - Odbor technických sítí, Brno, online:  
[http://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OTS/OTS-standardy\\_kanalizace.pdf](http://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OTS/OTS-standardy_kanalizace.pdf), cit. 6.5.2011.
- **NASTT-BC, 2010:** *Carbon Calculator*. North American Society for Trenchless Technology – British Columbia, North Vancouver, online:  
<http://nasttghcalculator.com>, cit. 6.6.2011.

- **PERCO LTD., 2009:** *The Expandit pipe bursting system*. Perco Ltd., Northampton, Velká Británie, online: <http://www.perco.co.uk/downloads/news173.pdf>, cit. 2.4.2011.
- **POLEŠÁKOVÁ M., HALASOVÁ H. et ŠIMKOVÁ H., 2010:** *Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury*. Ústav územního rozvoje, Brno, online: <http://www.uur.cz/images/publikace/internetoveprezentace/cenyTI2010/3-kanalizace-20100625.pdf>, cit. 20.6.2011.
- **PROPIPE, 2010:** *Top Hat System*. Pro-Pipe Professional Pipe Services, Madero, California, USA, online: [http://www.pro-pipe.com/top\\_hat.htm](http://www.pro-pipe.com/top_hat.htm), cit. 19.2.2011.
- **PRS ROHRSANIERUNG, 2005:** *Rib Loc, Expanda & Rib Steel*. PRS Rohrsanierung GmbH., Hemmingen, Německo, online: <http://www.prsrohrsanieung.de/englisch/ourproducts/riblocexpandaribsteel/index.html>, cit.20.3.2011.
- **PVS, 2009:** *Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení Hl.m.Prahy*. Pražská vodohospodářská společnost a.s., Praha, online: [http://www.pvs.cz/files/ftp/mestske\\_standardy/Prilohy.zip](http://www.pvs.cz/files/ftp/mestske_standardy/Prilohy.zip), cit. 18.3.2011.
- **RACLAVSKÝ J., TUHOVČÁK L. et MALANÍK S., 2006:** *Rekonstrukce vodohospodářských sítí*. Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Brno, 215s.
- **RACLAVSKÝ J., POSPÍŠIL P., MIČA L. et SCOTT H., 2009:** *Projekt ORFEUS – optimalizovaný georadar pro vyhledávání podzemních inženýrských sítí*. Ústav vodního hospodářství obcí a Ústavu geotechniky, Fakulta stavební, VUT, Brno, online: <http://www.imaterialy.cz/clanky/stavebni-technika/6070/projekt-orfeus-optimalizovany-georadar-pro-vyhledavani-podzemnich-inzenyrskych-siti>, cit. 5.3.2011.
- **REES A., 2011:** *Greening the globe with trenchless*. Trenchless International, 10/2011: str.42-44.
- **ROELING M., 2009:** *Vytvrzování sklolaminátových rukávců (CIPP) UV zářením pomocí LED*. No-Dig 3/2009: str.14-17.
- **SEKISUI SPR, 2009:** *Sewer rehabilitation - SPR technologies*. SEKISUI SPR Europe GmbH., Schieder-Schwalenberg, Německo, online: [http://www.sekisuispr.com/public/spr/en/technology/wickelrohr/spr/col4/0/download/RZ\\_Broschuere\\_SPR-EN\\_A4-S.pdf](http://www.sekisuispr.com/public/spr/en/technology/wickelrohr/spr/col4/0/download/RZ_Broschuere_SPR-EN_A4-S.pdf), cit. 21.3.2011.



- **SIMICEVIC J. et STERLING R., 2001:** *Guidelines for Pipe Bursting*. Engineering Research and Development Center, Vicksburg, Mississippi, USA: 47s.
- **SIMP, 2011:** *Plzeňský standard kanalizace*. Správa infrastruktury města Plzně, Plzeň, online: <http://www.plzen.eu/download.aspx?dontparse=true&FileID=1123>, cit. 17.6.2011.
- **SOVAK, 2003:** *Příručka provozovatele stokové sítě*. Medim, spol s.r.o., Líbeznice, 155s.
- **SOVAK, 2008:** *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Medim, spol s.r.o., Líbeznice, 134s.
- **STEIN D. et NIEDEREHE W., 1987:** *Instandhaltung von Kanalisationen*. Ernst & Sohn, Berlin, 356 s.
- **STRABAG, 2007:** *Trenchless sewer inspection and rehabilitation*. STRABAG AG Kanaltechnik, Loosdorf, online: <http://www.kanaltechnik.at/Downloads/KATE-Folder%20englisch.pdf>, cit. 15.11.2010.
- **SWAGELINING, 2011:** *How does swagelining work?* Swagelining Ltd., Clydebank, UK, online: <http://swagelining.com/01002-how-does-swagelining-work.html>, cit. 13.3.2011.
- **SYNÁČKOVÁ M., 2009:** *Vodní hospodářství obcí 3 (stokování), přednáška 10*. Katedra zdravotního a ekologického inženýrství, Fakulta stavební ČVUT, Praha, online: <http://kzei.fsv.cvut.cz/cs/vyuka/predmety/bakalarske/vho3>, cit. 15.10.2010.
- **ŠEJNOHA J., 2003:** *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí*. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, Praha, 95s.
- **ŠEJNOHA J., 2006:** *Čištění stok*. Příručka vlastníka stokové sítě. Hydroprojekt CZ a.s., SOVAK, ČSVTS, 79s.
- **ŠRYTR P., SYNÁČKOVÁ M., NENADÁLOVÁ L. et KUBÁT T., 2004:** *Jsou bezvýkopové technologie opravdu ekologické, jak moc, jak to vůbec objektivně měřit a hodnotit?* No-Dig 4/2004: str.11-14.
- **TRACO-TECHNIK, 2011:** *The Tight-in-Pipe technique*. Traco-Technik GmbH., Lennestadt, Německo, online: <http://pipelaying.tracto-technik.com/TIP-technique>, cit. 1.3.2011.

- **TRELLEBORG, 2010:** *Mechanical seals in man-entry pipes*. Trelleborg GmbH, Duisburg, Německo, online: <http://www.trelleborg.com/en/Epros/Product-Range/DrainME-Sleeve>, cit. 21.2.2011.
- **UNDERGROUND SOLUTIONS, 2011:** *Sliplining*. Underground Solutions, Inc., Poway, USA, online: <http://www.undergroundsolutions.com/sliplining.php>, cit. 22.2.2011.
- **VAPO, 2011:** *Sanační pakry potrubí*. VAPO s.r.o. , Lhota za Červeným Kostelcem, online: <http://www.vapo-sro.cz/produkty/sanacni-pakry-potrubí>, cit. 13.2.2011.
- **VOJÁČEK V., 2009:** *Oprava kanalizace v ulici Sokolská*. Milínský zpravodaj 11/2009: str.2.
- **VOSTÁREK J., 2005:** *Milín - svědectví paměti*. Kompakt s.r.o, Poděbrady, 20s.
- **VYHLÁŠKA MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ Č.428/2001 Sb. , v platném znění.**
- **VYHLÁŠKA MINISTERSTVA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ Č.381/2001Sb., v platném znění.**
- **WAVIN, 2009:** *Katalog Sanace potrubních systémů*. WAVIN Ekoplastik s.r.o., Kostelec nad Labem, online: <http://content.wavin.com/WAXCZ.NSF/pages/SanaceKatalogCZ>, cit. 13.3.2011.
- **WESTSCOPE, 2011:** *The microtunneling machine with the eccentric rotation*. WestScope Contracting, Maddington, Australia, online: <http://www.westscope.com.au/microtunneling-machines-and-equipment/microtunneling-tcz300>, cit. 2.4.2011.
- **WOMBAT, 2011:** *Ochrana vnitřního povrchu vodovodního potrubí epoxidovým nástřikem*. Wombat s.r.o., Brno, online: <http://www.wombat.cz/index2.php?pg=M-system>, cit. 17.3.2011.
- **ZÁKON Č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění.**
- **ZÁKON Č.183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění.**
- **ZÁKON Č.274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích, v platném znění.**
- **ZEPRIS, 2009:** *Sanace tlakových a kanalizačních potrubí*. Zepris, spol. s r.o., Praha, online: <http://www.zepris.cz/uploads/media/Sanace.pdf> , cit. 5.3.2011.

## 16. Seznam obrázků a tabulek

- **Obr. 1** - *Porucha způsobená směrovou nebo výškovou odchylkou potrubí.*  
Zdroj: Šejnoha 2003.
- **Obr. 2** - *Celková délka kanalizačních stok v ČR dle materiálů.* Zdroj: Horák 2009.
- **Obr. 3** - *Čedičové trubní výstelky pro betonové kanalizační trouby.* Zdroj: Eutit 2010.
- **Obr. 4** - *Mobilní pracoviště pro inspekce stokových sítí pomocí TV kamery.*  
Zdroj: Zepris 2009.
- **Obr. 5** - *Schéma lokalizace inženýrských sítí pomocí georadaru.* Zdroj: Raclavský et al. 2009.
- **Obr. 6** - *Sanační pakry průtočné.* Zdroj: VAPO 2011
- **Obr. 7** - *Model průběhu vnitřní injektáže pod dohledem kamery.* Zdroj: STRABAG 2007.
- **Obr. 8** - *Ukázka opravy trubní stoky metodou krátké výstelky.* Zdroj: ATLANTIK 2011.
- **Obr. 9** - *Opravy přípojky pomocí kloboučkové výstelky.* Zdroj: PROPIPE 2010.
- **Obr. 10** - *Model frézování přípojky kanálovým robotem.* Zdroj: STRABAG 2007.
- **Obr. 11** - *Schéma vnitřní manžety.* Zdroj: TRELLEBORG 2010.
- **Obr. 12** - *Schéma trubní záplaty se zatím nenafouklým vzduchovým vakem.*  
Zdroj: ISTT 2011.
- **Obr. 13** - *Vložkování krátkými trubkami z tvrzeného polyethylenu.* Zdroj: MAINCOR 2010.
- **Obr. 14** - *Schéma vložkování plastovým potrubím.* Zdroj: Underground Solutions 2011.
- **Obr. 15** - *Ilustrace vložkování na těsno a detail expanderu.* Zdroj: Traco-Technik 2011.
- **Obr. 16** - *Ukázky výstelek deformovaných při výrobě.* Zdroj: Zepris 2009.
- **Obr. 17** - *Ukázky výstelek deformovaných před zatažením.* Zdroj: Zepris 2009.

- **Obr. 18** - *Schéma metody CIPP - varianta zatahování rukávce hydrostatickým tlakem.* Zdroj: SOVAK 2008.
- **Obr. 19** - *Řez pásovým profilem tvořícím spirálovou výstelku a schéma sanace expandujícím spirálově vinutým potrubím.* Zdroj: PRS Rohrsanierung 2005.
- **Obr. 20** - *Schéma tvorby spirálové výstelky s navíječkou procházející stokou.* Zdroj: Sekisui SPR 2009.
- **Obr. 21** - *Dynamické trhání starého potrubí.* Zdroj: Gerex 2007.
- **Obr. 22** - *Schéma statického trhání potrubí.* Zdroj: Interglobal 2007.
- **Obr. 23** - *Schéma hydraulického trhání potrubí.* Zdroj: Perco Ltd. 2009.
- **Obr. 24** - *Mikrotunelovací souprava Iseki TCZ 300.* Zdroj: WestScope 2011.
- **Obr. 25** - *Nasyčená část rukávce po průchodu plnicí linkou. Vlevo je vidět inverzní věž se zaváděcím rukávцем zajišťujícím potřebný vodní sloupec.* Zdroj: autor 2009.
- **Obr. 26** - *Inverzní koleno s naruby převráceným, nasyceným rukávцем připraveným k zatažení.* Zdroj: autor 2009.
- **Obr. 27** - *Inverzní věž po zatažení rukávce (pracovník drží topnou hadici).* Zdroj: autor 2009.
- **Obr. 28** - *Protážení začátku rukávce zaváděcí lafetou.* Zdroj: autor 2011.
- **Obr. 29** - *Otočení rukávce naruby (inverze rukávce), před zataháním.* Zdroj: autor 2011.
- **Obr. 30** - *Zatahování rukávce, průchod průběžnou šachtou.* Zdroj: autor 2011.
  
- **Tab. 1** - *Technické ukazatele stokových sítí.* Zdroj: Horák 2009.
- **Tab. 2** - *Kategorie zařídění stavu a objektů na stokové síti.* Zdroj: Horák 2009.
- **Tab. 3** - *Orientační doba životnosti stokových materiálů.* Zdroj: Klepsatel et Raclavský 2007.
- **Tab. 4** - *Rozdělení metod bezvýkopové výstavby.* Zdroj: ČSN EN 12889.
- **Tab. 5** - *Zpřehlednění bezvýkopových metod používaných k sanacím trubních stok.* Zdroj: autor 2011.

- **Tab. 6** - *Poruchy trubních stok a jejich sanace aplikací bezvýkopové metody.*  
Zdroj: autor 2011.
- **Tab. 7** - *Příklady realizačních firem a jimi nabízených metod bezvýkopových sanací potrubí.* Zdroj: autor 2011.

## 17. Přílohy

- **PŘÍLOHA 1:** *Výkresová dokumentace řešeného úseku stoky pod ulicí Sokolskou.*
- **PŘÍLOHA 2:** *Syntéza televizní kontroly sanovaného úseku stoky v ulici Sokolské před provedení sanace.*
- **PŘÍLOHA 3:** *Syntéza televizní kontroly sanovaného úseku stoky v ulici Sokolské po provedení sanace.*