

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA**

**V PRAZE**



**Fakulta životního  
prostředí**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Sanace stokové sítě s použitím bezvýkopových technologií**

Reconstruction of a sewer pipe with using Trenchless Technologies

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marcela Synáčková, CSc.**

Autor práce: **Ivana Svobodová**

DUBEN 2012

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením **Ing. Marcely Synáčkové, CSc.** Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Praze 30. 4. 2012

.....  
Ivana Svobodová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu své bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc. za odborné vedení, ochotu při konzultacích a v průběhu zpracovávání práce.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce přináší přehled metod pro sanace stokových sítí s použitím bezvýkopových technologií. Sleduje historický vývoje použití v Čechách a ve světě. Vlastnosti materiálů instalovaných rozvodů a znalosti poruch jsou rozhodující pro výběr vhodné metody sanace s ohledem na dopady životního prostředí. Praktická část bakalářské práce byla zaměřena na konkrétní sanaci stokové sítě projekt Skladová zóna Jirny – II. Etapa prováděný firmou Báňské projekty Teplice a.s.

## **Klíčová slova:**

Sanace, renovace, oprava, stoková síť, bezvýkopová technologie.

## **Abstrakt**

The thesis brings overview of available methods for reconstruction of sewer pipes with using of trenchless technologies. It observes historical development of application at Czech Republic and worldwide. Material properties of existing pipes, with knowledge of its failures are crucial for optimal selection of suitable methods, which are evaluated for potential environmental impacts.

Practical part of thesis was aimed on project reconstruction sewer pipes at Skladová zóna Jirny – II. Etapa provided be reconstruction company Báňské projekty Teplice a.s.

## **Keywords:**

Rehabilitation, renovation, repair, sewer systém, trenchless technology.

# Obsah

1.Úvod.....	7
2.Cíle práce a metodika.....	8
3.Materiály trubních stokových sítí a příčina poruch.....	9
3.1.Kameninové trouby .....	9
3.2.Betonové, železobetonové trouby.....	14
3.3.Plastové trouby .....	16
3.3.1.Trouby z polyvinylchloridu (PVC ).....	17
3.3.2.Trouby z polypropylénu (PP) .....	19
3.3.3.Trouby z polyetylenu (PE).....	20
3.4.Trouby z tvárné litiny .....	23
3.5.Sklolaminátové trouby.....	26
3.6.Příčiny poruch trubních vedení.....	29
3.6.1.Přirozené stárnutí materiálu .....	29
3.6.2.Změna vlastností transportovaných splašků .....	29
3.6.3. Použití nekvalitního stavebního materiálu.....	30
3.6.4. Špatná kvalita práce .....	30
3.6.5. Vnější vlivy.....	30
3.6.6. Statistiky poruch trubních vedení .....	31
4.Zpřehlednění bezvýkopových technologií .....	32
Bezvýkopové metody oprava obnovy podzemních vedení neprůlezných průřezů	32
4.1. Celoplošné opravy vnitřních povrchů potrubí .....	32
4.1.1. Opravy s použitím dvousložkových kapalin.....	33
4.1.2. Cementace vnitřního povrchu potrubí .....	34
4.1.3. Vytvoření výstelky z epoxidových pryskyřic (epoxidace) .....	35
4.1.4. Opravy potrubí výstelkovými hadicemi (hadicový RELINING) .....	36
4.2. Opravy potrubí s narušenou statickou funkcí .....	40

4.2.1. Zatahování krátkých trub .....	40
4.2.2. Zatahování dlouhých trub .....	42
4.2.3. Zatahování dočasně zdeformovaných trub .....	43
4.2.4. Zatahování navíjených trub (RIB – LOC) .....	47
4.2.5. Zatahování trub žebrovaným vnějším povrchem (TROLINING) .....	48
4.3. Obnova podzemních vedení v původní trase .....	50
4.3.1. Metody vytahování starých trub .....	50
4.3.2. Metody trhání starých podzemních vedení (Pipe Bursting) .....	52
4.3.3. Metoda rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou .....	55
5. Hodnocení vlivu na životní prostředí .....	56
6. Konkrétní případ sanace pomocí BT .....	61
6.1. Identifikační údaje stavby .....	61
6.2. Charakteristika území .....	61
6.3. Popis kanalizační sítě .....	62
6.4. Současný stav kanalizační sítě .....	63
6.5. Průběh sanace ve skladovém areálu Jirny .....	66
7. Diskuze .....	70
8. Závěr .....	73
9. Použitá literatura .....	75
10. Přílohy .....	77

## 1. Úvod

Z historického hlediska je obor bezvýkopových technologií jeden z nejmladších stavebních oborů. Z oborového hlediska jde o specifický obor, který se rychle rozšiřuje na stavebním trhu v České republice i v zahraničí. První bezvýkopové práce se uskutečnily v období mezi světovými válkami. V zemích západní Evropy se tento obor začal rozvíjet počátkem 80. let minulého století. Podnětem tohoto rozvoje bylo zahájení systematického provádění kamerového průzkumu trubních sítí a zjišťování odhadu možných škod. Rychlý rozvoj oboru bezvýkopových technologií byl v celosvětovém měřítku iniciován zvýšeným důrazem na zjišťování a předcházení vzniku ekologických škod. Z tohoto pohledu můžeme bezvýkopové technologie považovat za technologie ekologické. V tuzemských podmínkách se bezvýkopové technologie začaly používat počátkem 90. let minulého století. (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

Uplatnění bezvýkopových technologií:

- v případech, kde z technického hlediska není možná jiná varianta (instalace pod silnicemi, křižovatkami, koridory, řekami, stávajícími objekty, apod.),
- v některých případech, kdy výkop vyvolá žádoucí vliv (značné omezení dopravní obslužnosti, omezení pohybu lidí, nadměrnou hlučnost nebo prašnost, změny patrné a nežádoucí především v rušných městských aglomeracích, apod.),
- v případech kdy náklady na opravu, obnovu či pokládku nového vedení budou výrazně nižší než u klasické výkopové metody, a to bez kalkulace vedlejších společensky nutných nákladů. (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

Základní pojmy:

- bezvýkopová technologie – způsoby uložení potrubí v zemi bez použití otevřené výkopové rýhy,
- odpadní vody – vody odváděné v jakékoli kombinaci z domácnosti, průmyslu a jiných provozů, včetně dešťových vod,
- sanace – opatření k obnovení nebo zlepšení stávajících odvodňovacích systémů,
- stoka – podzemní potrubí k odvádění odpadních vod z více zdrojů,
- stokový systém – síť stok, kanalizačních přípojek a objektů k odvádění odpadních vod do čistírny. (ČSN-12889, 2001)

## **2. Cíle práce a metodika**

Základním cílem bakalářské práce je v souladu k zadanému tématu provedení přehledu bezvýkopových technologií a trubních materiálů. Zhodnotit bezvýkopové technologie vzhledem k vlivu na životní prostředí. K provedení přehledu jsou využity studijní znalosti, dostupná literatura zpracovaná na dané téma, odborné konzultace, informace poskytnuté odbornými společnostmi zabývající se sanací stokových sítí a výrobou trubních materiálů, internetové zdroje a osobní pozorování prováděné konkrétní sanace. Na konkrétním případu je provedeno zhodnocení jednotlivých parametrů realizované sanace.



### 3. Materiály trubních stokových sítí a příčina poruch

#### 3.1. Kameninové trouby

Trouby z kameniny jsou přírodní a ekologické. Jsou vyrobeny z přírodního jílu, šamotu a vody. Do směsi jílu se přidává 20 až 30 % šamotu (vypálený a rozemletý jíl nebo recyklované kameninové výrobky) a 15–20 % vody. Připravená směs jílu se přivádí k vytvářecím vakuovým lisům nebo automatům na výrobu trub a tvarovek, kde se z plastické hmoty tvarují trouby a tvarovky. V dalším kroku se trouby a tvarovky suší, namáčí do glazurovací lázně (zemitá glazura) a vypalují při cca 1200 °C. Při vypalování sline glazura se střepe a vytvoří neoddělitelný celek. Po vypálení se kameninové trouby a tvarovky podrobují akustické, mechanické a optické kontrole jakosti, navíc se u každé trouby měří odchylky od přímky. Odzkoušené kameninové trouby se následně opatřují těsněním. Vysoká kvalita trubních systémů z kameniny je zaručena hodnotnými surovinami a vysoce automatizovanou výrobou trub a tvarovek. *(Ing. Jiří Šejnoha, 2003)*

Firma STEINZEUG – KERAMO se zabývá výrobou kameninových trub pro bezvýkopové technologie. Základními surovinami pro výrobu glazovaných kameninových trubek jsou přírodní minerály. V porovnání s výrobou jiných kanalizačních materiálů není výrobní proces energeticky náročný. Surovina (jíl) je dostupná v neomezeném množství a těží se způsobem šetrným k životnímu prostředí. Samotné glazované kameninové trouby lze recyklovat.

Glazované kameninové trouby jsou mimořádně odolné vůči korozi odpadní vodě, a to i při vysokých teplotách. Proto se často používají v chemickém, petrochemickém, potravinářském a textilním průmyslu. Mechanické porušení je v důsledku velkého spádu a vysokých rychlostí odpadní vody u glazovaných kameninových trub téměř zcela vyloučeno. Glazované kameninové trouby mají rovněž vlastnosti zpomalující hoření, napomáhá to zamezit šíření požáru v kanalizačním systému. Velkou výhodou je, že se v kanalizačním potrubí nevytváří žádný dodatečný toxický kouř. *(Steinzeug-Keramo, 2009)*

Tabulka č.1- Fyzikální vlastnosti kameninových trub firmy STEINZEUG-KERAMO

<b>PEVNOST</b>	
Pevnost v tlaku	100–200 N/mm <sup>2</sup>
Pevnost v tahu	20 N/ mm <sup>2</sup>
Pevnost v tahu za ohybu	15–40 N/ mm <sup>2</sup>
Pevnost lepeného spoje (kamenina-kamenina)	30 N/ mm <sup>2</sup>
<b>DEFORMACE</b>	
Modul pružnosti	50 kN/ mm <sup>2</sup>
<b>HMOTNOST A TVRDOST</b>	
Objemová hmotnost	22 kN/m <sup>3</sup>
Tvrdość dle Mohsovi stupnice	st. 7
<b>TEPELNÉ VLASTNOSTI</b>	
Koeficient tepelné roztažnosti	5 . 10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>
Tepelná vodivost	±1,2 W/m.K

Firma STEINZEUG-KERAMO nabízí pro bezvýkopové technologie trouby:

- protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 150 se spojem VT,
- protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 200–500 se spojem V4A typ 1,
- protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 600–1200 se spojem V4A typ 2.

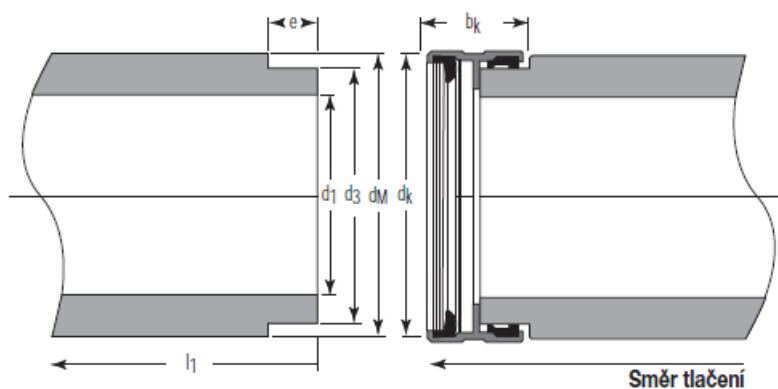
### **Protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 150 se spojem VT**

#### Spoj VT

Manžeta z polypropylenu je zesílena skleněnými vlákny na jedné straně trouby, druhá strana je pouze ofrézována.



Obr. č. 1 - Kameninová trouba se spojem VT (*Steinzeug-Keramo, 2009*)



Obr. č. 2 - Schéma kameninové trouby se spojem VT  
(Steinzeug-Keramo, 2009)

Tabulka č.2 - Technické parametry kameninové trouby se spojem TV (Steinzeug-Keramo, 2009)

Rozměry trouby mm					Spoj		Hmotnost	
DN	$d_{1\pm 2,5}$	$d_{2\pm 2}$	$d_{M+0/-4}$	$l_{1+/-2}$	$e_{+3/-1}$	$d_k \pm 1$	$b_k \pm 1$	kg/mm
150	149	186	213	997	50	207	103	36
150	149	186	213	497	50	207	103	36

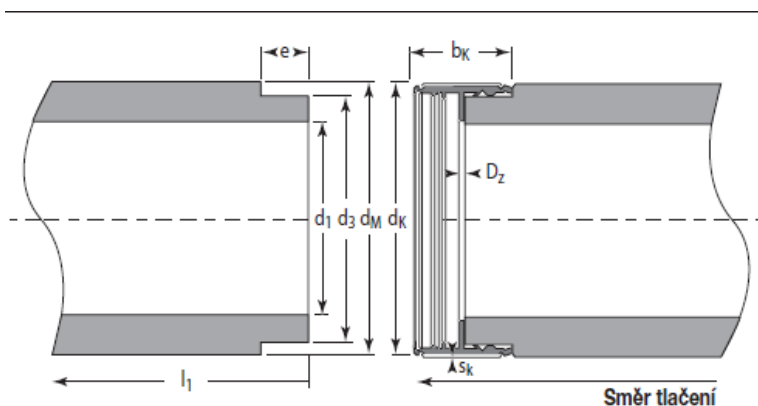
### Protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 200–500 se spojem V4A typ 1.

#### Spoj V4A – typ 1

Manžeta je z ušlechtilé oceli včetně gumového těsnění na jedné straně trouby, druhá strana je pouze ofrézována.



Obr. č. 3 - Kameninová trouba se spojem V4A – typ 1. (Steinzeug-Keramo, 2009)



Obr. č. 4 - Schéma  
kameninové trouby se  
spojem V4A – typ 1.  
(*Steinzeug-Keramo,*  
2009)

Tabulka č.3 - Technické parametry kameninové trouby se spojem V4A – typ 1.  
(*Steinzeug-Keramo,* 2009)

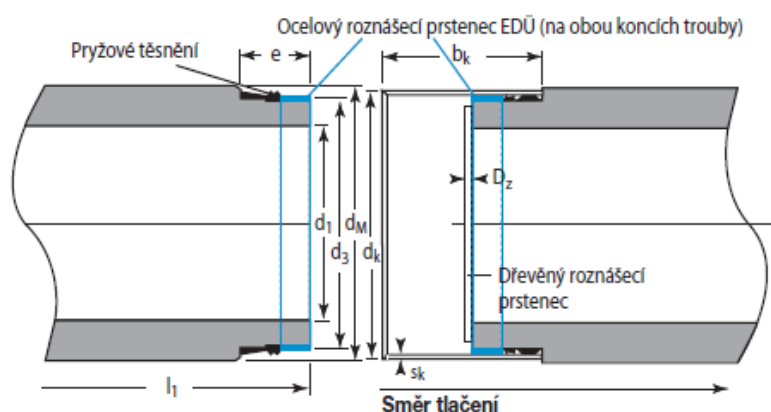
Rozměry trouby (mm)					Spoj (mm)				Hmotnost	
DN	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>M</sub>	l <sub>1</sub>	e	d <sub>k</sub>	S <sub>k</sub>	b <sub>k</sub>	D <sub>Z</sub>	kg/mm
200	193 ±3	244 ±2	276 +0/-6	996 ±2	50 +3/-0	267 ±1	1,5 ±0,2	103 ±2	4 ±1	60
250	250 ±3	322 +0/-1	360 +0/-6	995, 1995	50	343	1,5	106	5	105
300	299 ±5	374 +0/-1	406 +0/-10	995, 1995	50	395	2	106	5	125
400	400 ±6	517 +0/-1	556 +0/-12	990, 1990	50	538	2	111	10	240
500	498 ±7,5	620 +0/-1	661 +0/-15	984, 1984	55	640	2,5	127	16	295

### Protlačovací kameninové trouby CreaDig DN 600–1200 se spojem V4A typ 2.

Manžeta je z ušlechtilé oceli včetně dřevěného ochranného prstence a ocelového roznášecího prstence EDU na jedné straně trouby, druhou stranu tvoří opět týž ocelový roznášecí prstenec EDU včetně pryžového těsnění s dvěma chlopněmi.



Obr. č. 5 - Kameninová trouba se spojem V4A – typ 2. (Steinzeug-Keramo, 2009)



Obr. č. 6 - Schéma kameninové trouby se spojem V4A – typ 1. (Steinzeug-Keramo, 2009)

Tabulka č. 4 - Technické parametry kameninové trouby se spojem V4A – typ 2. (Steinzeug-Keramo, 2009)

DN	Rozměry trouby (mm)				Spoj (mm)					Hmotnost kg/mm
	$d_1$	$d_2$ +0/-1	$d_M$ +0/-18	$l_1$ +/-1	$e$ +/-2	$d_k$ +/-1	$S_k$ +/-1	$b_k$ +/-1	$D_z$ +/-1	
600	601 +/-9	733	766 +0/-18	1981	70	731	3	143	19	350
700	695 +/-12	827	870 +0/-24	1981	70	837	4	143	19	434
800	792 +/-12	921	970 +0/-24	1981	70	931	4	143	19	507
1000	1056 +/-15	1218	1275 +0/-30	1981	70	1230	5	143	19	855
1200	1249 +/-1	1408	1475 +0/-36	1981	70	1422	6	143	19	990

Výhody kameninového potrubí:

- chemická odolnost, odolnost vůči kyselinám a jiným chemickým prvkům,
- mechanická pevnost,
- těsnost trub a spojů,
- hladkost trouby, nízký hydraulický odpor, nedochází zde k „zarůstání potrubí“,
- tvrdost glazury a štěpu, odolnost vůči oděru,
- vysoká životnost (minimálně 100 let). (*SOVAK Ing. Josef Novák, 2003*)

Nevýhody kameninového potrubí:

- křehkost,
- vyšší hmotnost,
- náročnější pokládka. (*Ing. Jiří Šejnoha, 2003*)

### **3.2. Betonové, železobetonové trouby**

Výrobní postup betonových a železobetonových trub spočívá v přípravě betonové směsi a výztuže. Kvalita trub je závislá na druhu a technické úrovni výrobního zařízení. (např. mísící jádra, systémy vážení, míchačky betonu, řídicí a kontrolní systémy, vlastní výrobní zařízení apod.) Někteří výrobci dodávají betonové trouby s vnitřní výstelkou z taveného čediče nebo kameniny, tím se výrazně zvýšili jejich užité vlastnosti. (*Ing. Jiří Šejnoha, 2003*)

Betonová směs je složena ze tří frakcí tříděného kameniva, směsí síranovzdorného cementu proti agresivitě chemického prostředí, sody a dalších přísad. (*SOVAK Ing. Josef Novák, 2003*)

Polymerbetonové potrubí: vícesložkový materiál, skládající se z plniva (štěrkopísek) a pojiva (syntetická pryskyřice) (*SOVAK Ing. Josef Novák, 2003*)

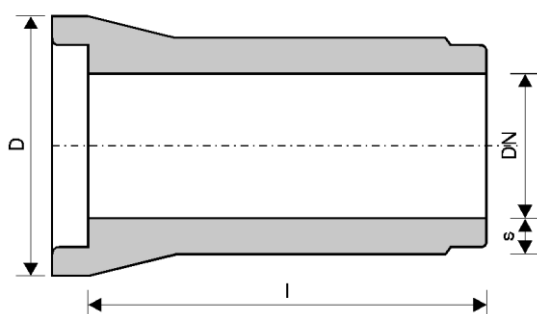
Tabulka č. 5 - Fyzikální vlastnosti betonových trub (*Betonika-plus, 2012*)

Parametry třídy betonu B45	
Objemová hmotnost	$\gamma_n = 2600 \text{ Kg/m}^3$
Základní modul pružnosti	$E_{b0} = 37,5 \text{ GPa}$
Normová pevnost v tlaku	$R_{bn} = 32,0 \text{ MPa}$
Normovaná pevnost v tahu	$R_{btn} = 2,20 \text{ MPa}$
Výpočtová pevnost v tlaku	$R_{bd} = 25,0 \text{ MPa}$
Výpočtová pevnost v tahu	$R_{btd} = 1,45 \text{ MPa}$

Tabulka č. 6 - Fyzikální vlastnosti železobetonových trub: (*Betonika-plus, 2012*)

Parametry oceli 10 505 (R)	
Modul pružnosti	$E_s = 210 \text{ GPa}$
Pevnost normová v tlaku a tahu	$R_{sn} = 490 \text{ Mpa}$
Pevnost výpočtová v tahu	$R_{sd} = 450 \text{ MPa}$
Pevnost výpočtová v tlaku	$R_{scd} = 420 \text{ MPa}$

Parametry betonu železobetonových trub jsou uvedeny v tab. č.5.

Obr. č. 7 - Přímá hrdlová betonová trouba (*Betonika-plus, 2012*)

Tabulka č. 7 - Technické parametry betonových trub od firmy Betonika-plus

DN (mm)	l (mm)	s (mm)	Hmotnost (kg)	D (mm)
300	2500	65	585	500
400	2500	75	725	630
500	2500	85	1010	760
600	2500	100	1418	890
800	2500	130	2445	1160
1000	Nahrazena železobetonovou troubou			
1200	Nahrazena železobetonovou troubou			

Tabulka č. 8 - Technické parametry železobetonových trub od firmy Betonika-plus

DN (mm)	l (mm)	s (mm)	Hmotnost (kg)	D (mm)
300	2500	65	585	500
400	2500	75	725	630
500	2500	85	1010	760
600	2500	100	1418	890
800	2500	130	2445	1160
1000	2500	120	2830	1410
1200	2500	150	4311	1730

Výhody betonového potrubí:

- výborná mezní únosnost ve vrcholovém zatížení,
- možnost provedení vnitřní výstelky trub v závislosti na druhu odpadních vod a na sklonu stoky,
- teplotní odolnost,
- vyhovující způsob dodatečného napojení,
- integrovaný spoj,
- možnost zvýšení chemické odolnosti proti síranové agresivitě okolního prostředí při použití síranovzdorných cementů,
- materiál je ekologicky recyklovatelný. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Nevýhody betonového potrubí:

- vysoká hmotnost trub,
- nebezpečí porušení trub obrusem a korozí, pokud není použit síranovzdorný cement a vnitřní výstelka,
- omezené maximální rychlosti průtoku, pokud není provedena vnitřní výstelka. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

### **3.3. Plastové trouby**

Plastové potrubí lze rozdělit podle materiálu do tří skupin:

- PVC – tvrdý polyvinylchlorid
- PE HD – polyethylen o vysoké hustotě
- PP – polypropylén (SOVAK Ing. Josef Novák, 2003)



Platové potrubí se vyrábí pouze v kruhových profilech a to hrdlová, hladká s vnějším povrchem hladkým, korugovaným nebo žebrovaným. (SOVAK Ing. Josef Novák, 2003)

### 3.3.1. Trouby z polyvinylchloridu (PVC)

PVC je to nejstarší a nejrozšířenější materiál pro výrobu potrubí pro kanalizaci a vodovody. Vyrábí se rozdílnými polymeračními postupy, nejčastější je postup suspenzní polymerace. Pro správnou funkci PVC vyžaduje mnoho přísad, každá přísada ovlivňuje změnu jeho vlastností. Důležitými přísadami jsou změkčovadla, teplotní stabilizátory, stabilizátory proti UV záření, barviva, pigmenty, plniva a tzv. vnitřní maziva, umožňující jeho zpracování. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Tabulka č. 9 - Fyzikální vlastnosti kanalizační trouby z PVC (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Hustota	1,4 g/cm <sup>3</sup>
Pevnost v tahu	50-60 N/mm <sup>2</sup>
Protažení při přetržení	10-50 %
Vrubová houževnatost	2-5 mJ/mm <sup>2</sup>
Krátkodobá	60 °C
Dlouhodobá	40 °C

Firma Maincor nabízí potrubí s názvem Omega-Liner. Omega-Liner je předdeformované potrubí pro rekonstrukci kanalizačních řadů, pro technologii nazývanou CLOSE FIT relining. Potrubí je vyrobené ze speciálního PVC kopolymeru, který je obohacen řadou přísad. Ve výrobě je předdeformováno do složeného tvaru, čímž se jeho průměr zmenší o cca 40 %. Zdeformované potrubí se navíjí na cívku v požadované délce projektu. (Maincor, 2006)



Obr. č. 8 - Potrubí Omega-Liner (Maincor, 2006)

Tabulka č. 10 - Rozměry potrubí z PVC Omega-Liner (*Maincor, 2006*)

DN stávající kanalizace (mm)	DN Omega-Liner $d_e$ (mm)	DN vytvarovaného Omega-Liner v sanovaném potrubí $d_i$ (mm)
100	100	93,8
150	150	140,6
200	200	187,4
225	225	210,8
250	250	234,2
300	300	281,0
350	350	327,8
375	375	351,2
400	400	374,6
450	450	421,0

Tloušťka stěny je závislá na průměru potrubí, např. u DN 100 je tloušťka potrubí 3,2 mm, u DN 500 je tloušťka potrubí 16,8. Potrubí se nespojuje, celý úsek mezi šachtami se provede z jednoho kusu. V šachtě se potrubí uřízne a zapraví sanační maltou. (*Maincor, 2006*)

Výhody potrubí PVC:

- velmi dobrá odolnost proti obrušování,
- chemická odolnost,
- nízká hydraulická drsnost,
- cenová dostupnost,
- nízká hmotnost. (*Ing. Jiří Šejnoha, 2003*)

Nevýhody potrubí PVC:

- nevhodnost provádět opravy a dodatečné napojování v zimním období,
- negativní vliv UV záření,
- omezená únosnost, (kromě dvojitého trub),
- ekologická závadnost při likvidaci materiálu,
- nelze použít při teplotě vody  $T > 40^{\circ}\text{C}$ ,

Nevýhodou pro PVC je, že při tepelném rozkladu, zejména při spalování uvolňuje velké množství chlorovodíku. To velice znesnadňuje spalování nebo chemické zpracování sběrového materiálu. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

### 3.3.2. Trouby z polypropylénu (PP)

Polypropylen je polyolefin, částečně krystalický termoplast, vyráběný z propenu získávaného krakováním lehkých ropných podílů. Ze tří základních typů polypropylenu se pro výrobu trub určených pro kanalizační potrubí používá tzv. «blokový kopolymer» PP-B. Tento materiál má vyvážený poměr mezi vysokou tuhostí a velmi dobrou houževnatostí a je velmi dobrý pro použití v trubních systémech pro odpadní vody. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Tabulka č.11 - Fyzikální vlastnosti kanalizační trouby z PP : (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Střední hustota	0,91 g/cm <sup>3</sup>
Mez pevnosti v ohybu	43 MPa
Mez pevnosti v tahu	30 MPa
Tažnost	800 %
Koeficient tepelné roztažnosti	0,14 mm/m

Trouby MaxiLine jsou určeny pro sanaci kanalizační sítě metodou krátkým zatahováním trub (relining). Trouby jsou vyráběny z polypropylénu o délce 0,5 m, spojené zámkovým spojem včetně pryžového těsnícího kroužku. Vyrábějí se od průměru 150 mm až do průměru 500 mm. (Maincor, 2006)



Obr. č. 9 - Trouby z polypropylénu MaxiLine (Maincor, 2006)

Tabulka č.12 - Rozměry trub MaxiLine z PP (*Maincor, 2006*)

DN stávající kanalizace (mm)	DN MaxiLine $d_e$ (mm)	DN po reliningu MaxiLine do sanovaného potrubí $d_i$ (mm)
150	110	103
225	200	178
300	250	231
400	355	319
500	450	404

Minimální tloušťka stěny je závislá na průměru trouby. U DN 110 mm je stloušťka stěny 4mm. Potrubí se spojuje pomocí hrdel a gumového těsnění. Spoj je proveden tak aby snesl i posuv zpět až o tahu 6000 N. (*Maincor, 2006*)

Výhody trub z PP:

- vysoká kruhová tuhost,
- velmi dobrá houževnatost,
- chemická odolnost,
- odolnost vůči teplotám,
- vynikající otěruvzdornost,
- bezproblémová recyklovatelnost,
- nízká hodnota hydraulické drsnosti,
- nízká hmotnost. (*Ing.Jiří Šejnoha, 2003*)

Nevýhody trub z PP:

- vyšší cena. (*Ing.Jiří Šejnoha, 2003*)

### 3.3.3. Trouby z polyetylenu (PE)

Pro výstavbu stokových sítí se používají trouby z vysokohustotního polyetylenu **PE– HD. (High Density)**. Tento materiál je:

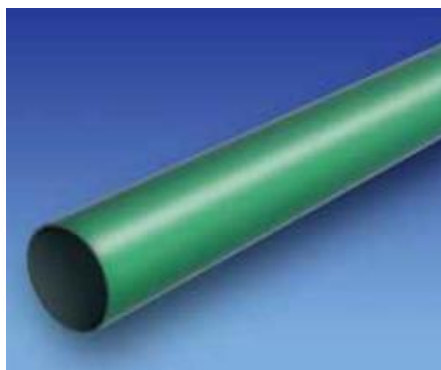
- podle hustoty : vysokohustotní ( $h \sim 0,95$ )
- podle nízkotlaké polymerace : nízkotlaký
- podle tvaru makromolekul : lineární ( málo rozvětvený)
- podle tvrdosti : tvrdý

Používání trub z nízkohustotního polyethylenu **PE – LD (Low Density)** pro stokové sítě je nevhodné. Tento materiál je nízkohustotní vysokotlaký, rozvětvený, měkký. Trouby z PE-HD zejména trouby velkých průměru, mají ve stokování veškeré uplatnění. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

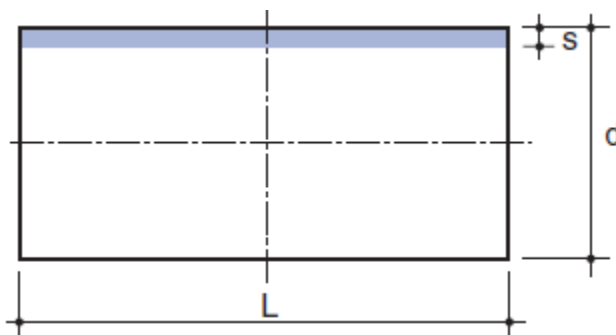
Tabulka č.13 - Fyzikální vlastnosti kanalizační trouby z PE – HD (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Minimální požadovaná pevnost MRS	8 Mpa
Modul pružnosti v tahu krátkodobý	800 N/mm <sup>2</sup>
Protažení na mezi pevnosti	10 %
Koeficient délkové roztažnosti	$2 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

Společnost Wavin nabízí pro sanaci kanalizačního potrubí pomocí bezvýkopové technologie potrubí SafeTech RC, které je určeno pro metodu relining. Potrubí SafeTech RC se skládá ze dvou vrstev. Vrchní vrstva má signalizační barvu pro různé účely použití - zelenou pro kanalizaci. Obě vrstvy jsou ze speciálního materiálu typu PE 100 RC, které jsou vzájemně molekulárně spojeny a nedají se mechanicky oddělit. SafeTech RC se vyrábí v průměrech od 90 až do 450 mm. (Wavin, 2009)



Obr. č.10 - Trouba z polyethylénu SafeTech RC (Wavin, 2009)



Obr. č.11 – Obrázek technických parametrů pro tab. č. 14. (Wawin, 2009)

Tabulka č.14 - Technické parametry tyčí z PE o rozměrové třídě 17 (Wawin, 2009)

DN (mm)	s (mm)	Hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	L (m)
90	5,4	1,470	12
110	6,6	2,190	12
125	7,4	2,790	12
140	8,3	3,500	12
160	9,5	4,570	12
180	10,7	5,770	12
200	11,9	7,120	12
250	14,8	11,060	12
280	16,6	13,890	12
315	18,7	17,590	12
355	21,1	22,380	12
400	23,7	28,270	12
450	26,7	35,810	12
500	29,7	44,250	12

Tabulka č.15. Technické parametry návinů z PE o rozměrové třídě 17 (Wawin, 2009)

DN (mm)	s (mm)	Hmotnost (kg/m)	L (m)
90	5,4	1,473	100
110	6,6	2,189	100
125	7,4	2,790	100
140	8,3	3,501	100
160	9,5	12,785	100

Potrubí se spojuje svařováním natupo nebo svařováním pomocí elektrotvarovek. (Wawin, 2009)

Výhody trub z PE-HD:

- velmi dobrá houževnatost,
- dobrá chemická odolnost,
- odolnost proti obrušování,
- bezproblémová recyklovatelnost,
- nízká hodnota hydraulické drsnosti,
- nízká hmotnost,
- těsnost svařovaných spojů. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Nevýhody trub z PE-HD :

- omezená teplotní odolnost,
- nízká odolnost proti silným oxidantům,
- vyšší teplotní roztažnost. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

### **3.4. Trouby z tvárné litiny**

Tvárná litina je železný materiál, který obsahuje 2,2 – 4 % uhlíku, který je vykrytalizován ve tvaru kuliček. (SOVAK Ing. Josef Novák, 2003)

Rozdíl mezi šedou a tvárnou litinou:

Šedá litina je litina s lamelárním grafitem → **křehký a lámavý materiál;**

Tvárná litina je litina s kuličkovým grafitem → **tvárný a odolný materiál, schopný snášet deformace.** (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Výrobní postup trub z tvárné litiny probíhá následujícím způsobem. V kopulové peci se roztaví ocelový šrot a recyklovaný materiál. Do roztavené směsi se přidává hořčík. Z tekuté litiny jsou na odstředivých licích strojích vyráběny trouby různých světlostí. Po odlití jsou trouby žíhány v průběžné peci, trouby se opatří zinkovým povlakem, vnitřní strana hrdla je očištěna a pozinkována. Trouby pro odpadní vodu jsou zevnitř vyloženy cementovou maltou na bázi hlinitanového cementu. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Tabulka č. 16 - Fyzikální vlastnosti trub z tvárné litiny: (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Mez pevnosti v tahu	> 420 MPa
Poměrné protažení	> 10 %
Mez průtažnosti	> 270 MPa
Modul elasticity	170000 MPa

Potrubí z tvárné litiny od společnosti Duktus je houževnatý uhlíkatý ocelový materiál, kde je podíl uhlíku převážně ve volné formě grafitu. (Duktus, 2012)



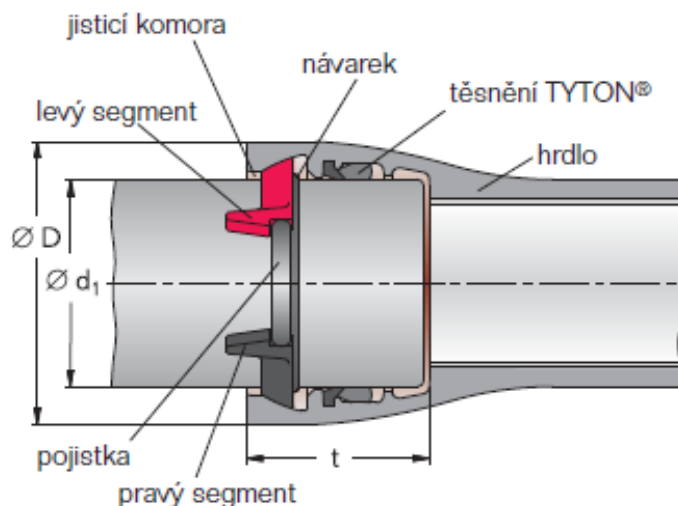
Obr. č. 11 - Trouba z tvárné litiny (Duktus, 2012)

Tabulka č. 17 - Technické parametry trub z tvárné litiny (Duktus, 2012)

DN mm	Ø d <sub>1</sub> mm	s <sub>1</sub> mm	VCM s <sub>2</sub> mm	Hmotnost Kg/6m
80	98	4,8	4	88,5
100	118	4,8	4	109
125	144	4,8	4	135
150	170	4,8	4	160
200	222	4,9	4	212
250	274	5,3	4	265
300	326	5,6	4	334
400	429	6,3	5	517
500	532	7,0	5	705
600	635	7,7	5	917
700	738	9,6	6	1184
800	842	10,4	6	1453
900	945	11,2	6	1745
1000	1048	12,0	6	2063

Pro použití trub z tvárné litiny pro bezvýkopové technologie je důležité použít BLS spoje jištěné proti tahu tvarovek. (Duktus, 2012)





Obr. č. 12 -Spoj BLS pro trouby z tvárné litiny (Duktus, 2012)

Spoje BLS jsou násuvné hrdlové spoje jištěné proti podélnému posuvu, založené na principu jistí komory. Na potrubí působí síly vznikající vnitřním tlakem nebo externím zatížením, které jsou třením pláště odváděny do okolní zeminy. Síly mezi jednotlivými troubami se přenášejí přes návarek na hladkém konci trouby nebo tvarovky, který je přenáší. Tímto způsobem lze přenášet i mimořádně velké síly, které jsou schopny většinu jiných spojů poškodit. V závislosti na jmenovité světlosti tyto spoje odolají provoznímu tlaku více než 100 barů nebo tažným silám až 200 kN. Spoje BLS se dají použít na trouby od průměru 80 mm až do průměru 1000 mm.

(Duktus, 2012)

Výhody trub z tvárné litiny:

- vysoká odolnost proti mechanickému namáhání,
- možnost volby stupně vnitřní a vnější ochrany,
- univerzální použitelnost pro gravitační i tlakový průtok,
- bohatý sortiment tvarovek a armatur,
- minimální poruchovost,
- vyhovující odolnost proti obrušování a korozi,
- odolnost proti nárazu
- dlouhá životnost. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Nevýhody trub z tvárné litiny:

- vyšší hmotnost – náročnější manipulace,
- náročnější dodatečné připojování,
- vyšší cenová úroveň,
- v prostředí s výskytem agresivních půd je třeba volit náročnější (dražší) systém vnější ochrany. *(Ing. Jiří Šejnoha, 2003)*

### **3.5. Sklolaminátové trouby**

Skelnými vlákny vyztužené plasty jsou kompozitní materiály, u nichž se uplatňují přednosti jednotlivých materiálů. Skládají se ze směsi nejméně dvou fyzikálně rozdílných materiálů, mezi kterými nedochází k žádné molekulové vazbě. Podstatné je, že výchozí materiály se svými vlastnostmi a technologií zpracováním vzájemně shodují.

Trouby ze skelných vláken vyztužených polyesterovou nebo epoxidovou pryskyřicí, které jsou při výrobě odstředovány, se skládají z kombinace materiálů:

- polyesterové pryskyřice a tužidla,
- skleněná vlákna,
- plniva (přísady) *(Ing. Jiří Šejnoha, 2003)*

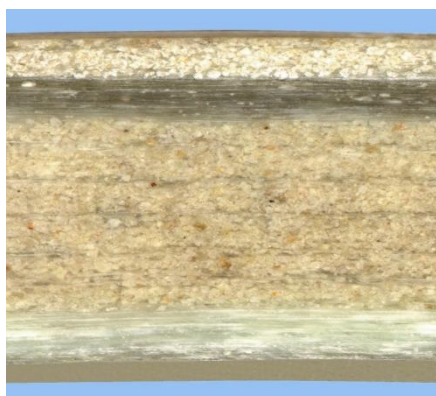
Sklolaminátové trouby se vyrábí tak, že do rotující formy se pomocí programově řízeného výložníku vpravují základní tři suroviny. Každá vrstva trouby má své specifické složení. Rotační technologií se dosáhne odstředivé síly, při které vznikají tlaky optimálně zhutňující výrobek. Stěna trouby je bez dutin a mikrokapilár a je plynotěsná. Sílu stěny lze při výrobě měnit v závislosti na požadované třídě kruhové tuhosti trouby. *(Ing. Jiří Šejnoha, 2003)*

**Skladba stěny sklolaminátových trub.**

Vnější vrstva – je bohatá na pryskyřici s plnivem (jemně mletý písek). Vnější povrch tvoří vrstva pryskyřice s plnivem a chrání vnější výztužnou konstrukční výztuž stěny před porušením.

Střední jádrové vrstvy – převažuje plnivo s pryskyřicí.

Vnitřní vrstva – je bohatá na pryskyřici a skelné vlákno. Vnitřní povrch trouby je opatřen vrstvou čisté pryskyřice. Vnitřní vrstva chrání vnitřní výztužnou konstrukční vrstvu stěny před účinky abraze. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)



Vnější vrstva  
Vnější vyztužená vrstva  
Přechodová vrstva  
Jádrová vrstva

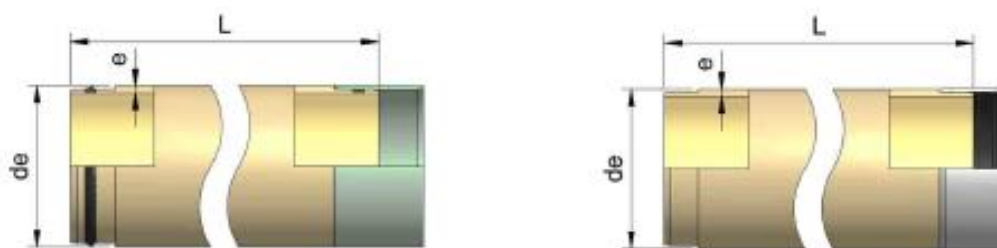
Přechodová vrstva  
Vnitřní vyztužená vrstva  
Uzavírací vrstva  
Vnitřní vrstva

Obr. č. 13 - Složení stěny sklolaminátového potrubí (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Tabulka č. 18 - Fyzikální vlastnosti sklolaminátového potrubí: (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Objemová hmotnost	1700 – 2200 kg/m <sup>3</sup>
Modul pružnosti v podélném tahu za ohybu	5000 – 10000 Mpa
Součinitel tepelné roztažnosti	$\alpha = 20\text{--}30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Protažení	do 1,6 %
Bod vzplanutí	+ 420°C

Sklolaminátové trouby HOBAS pro bezvýkopové technologie jsou vyrobeny s vysokou pevností v tlaku a s tloušťkou stěny spolehlivě odolávající silám, kterým jsou trouby vystaveny při procesu protlačování. S jejich hladkým, nenasákavým vnějším povrchem, vysokou přesností vnějšího profilu a relativně nízkou hmotností mají trouby HOBAS Relining Pipes velkou výhodu nad ostatními materiály. Navíc umožňují provedení jednotlivých úseků s velkými délkami včetně protlačení do oblouku a redukuje tak počet přístupových šachet. (HOBAS, 2012)



Obr. č. 14 - Sklolaminátové trouby pro metodu relining (HOBAS, 2012)

Tabulka č. 19 - Tlakové a tuhostní třídy ve kterých jsou vyráběny sklolaminátové trouby HOBAS (Plastmont, 2012)

DN	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800
PN 6, SN 5000		x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 10, SN 5000		x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 10, SN 10000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 16, SN 10000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 20, SN 10000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 25, SN 10000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
DN	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400
PN 6, SN 5000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 10, SN 5000	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PN 10, SN 10000	x	x	x	x	x	x	x	x		
PN 16, SN 10000	x	x	x	x	x					
PN 20, SN 10000	x	x								
PN 25, SN 10000										

SN – třída tuhostní, PN – třída tlaková

Výhody sklolaminátového potrubí:

- možnost výroby trub s různou silou stěny při standardním vnějším průměru, což znamená možnost výroby trub v různých tuhostních třídách (SN),
- velmi dobrá chemická odolnost,
- velmi dobrá odolnost proti obrušování,
- nízká hodnota hydraulické drsnosti,

- volitelnost kvalitativní třídy trub podle požadavků na tepelnou a chemickou odolnost,
- nižší hmotnost trub. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Nevýhody sklolaminátového potrubí:

- komplikované dodatečné připojení u trub větších dimenzí,
- nižší odolnost trub proti poškození úderem, bodovému zatížení a smykovému namáhání,
- ekologická závadnost odpadu. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

Životnost trubních materiálů

Tabulka č. 20 - Meze životnosti vybraných trubních materiálů (*Sborník přednášek Proceedings, 2010*)

Druh trubního materiálu	Horní a dolní hranice životnosti (roky)
kameninové trouby	90 - 110
litinové trouby	60 - 90
betonové, železobetonové trouby	50 – 70
trouby PVC, PE, PP	40 - 60

### **3.6. Příčiny poruch trubních vedení**

#### **3.6.1. Přirozené stárnutí materiálu**

Při přirozeném stárnutí materiálu dochází k celkovému narušení ostění, především malty stok zděných z ostře pálených cihel. Vyluhování pojiva z betonového ostění stok, jeho následná propustnost a tvorba kalciových krápníků. Obrušování líce betonového ostění stok až po ocelovou výztuž železobetonových stok, především v úsecích s větším podélným sklonem, kde je větší rychlost proudění. Ucpávání obvykle způsobované sedimenty nebo ulpívajícími látkami v potrubí. U ocelových a litinových potrubí dochází ke zmenšování průtočného profilu korozi a inkrustacemi, narůstání odporu v důsledku zvyšování drsnosti stěn a tím výrazné zmenšení kapacity. (František Klepsatel, 2007)

#### **3.6.2. Změna vlastností transportovaných splašků**

Při změně vlastností transportovaných splašků dochází ke zvyšování agresivity splašků způsobené narůstající chemizací domácností a agresivitou podzemních vod

v důsledku používání chemických posypů komunikací v zimě, chemizace zemědělství apod. (*František Klepsatel, 2007*)

### **Účinky tlakového působení splašků**

U tlakových potrubí hrají významnou roli hodnoty tlaků, tlakové rozdíly a jejich dynamika (*František Klepsatel, 2007*)

### **3.6.3. Použití nekvalitního stavebního materiálu**

Příčiny poruch při použití nekvalitního stavebního materiálu:

Zabudování nekvalitních a poškozených trub, zabudování deformovaných trub respektive poškozených trub s poškozenými čely (netěsnící potrubí ve spojích). Použití nekvalitního těsnění ve spojích jako je konopný provaz nebo hliníková vlna. (*František Klepsatel, 2007*)

### **3.6.4. Špatná kvalita práce**

Nekvalitně odvedená práce, která má za důsledek poruchy a destrukci potrubí. Nedostatečné upevnění spojů respektive nedostatečná kvalita svarů. Asymetrické zasypání stavební rýhy, kde pak dochází k deformaci potrubí. Nedostatečné zhutnění podsypu a zásypu, tím jsou zhoršeny podmínky statického spolupůsobení potrubí se zeminovým masivem. Nevhodně zvolená zrnitost zásypu, kusovitý až balvanitý zásyp může způsobit bodové zatížení a porušení trub. Nedostatečné krytí potrubí, které nechrání před účinky mrazu. (*František Klepsatel, 2007*)

### **3.6.5. Vnější vlivy**

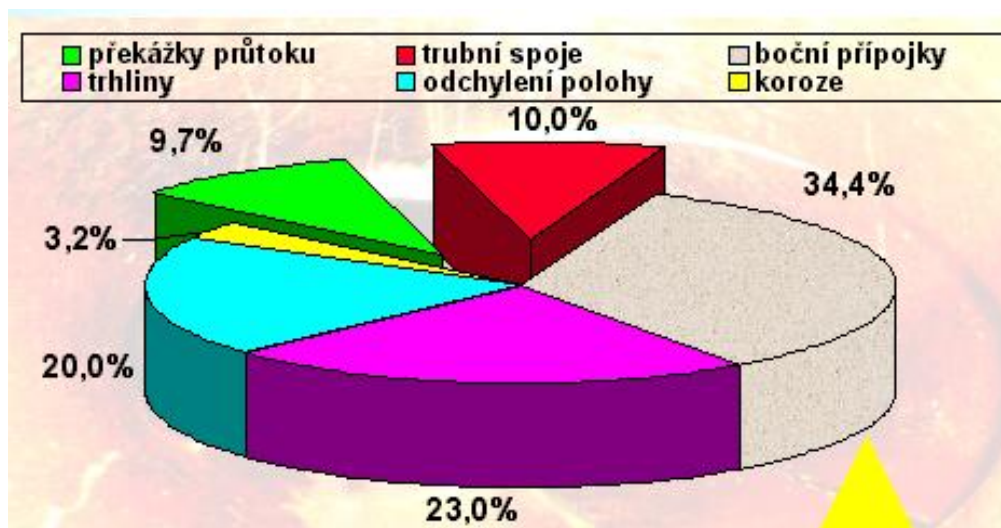
Účinky vnějších vlivů jsou:

- zvýšené statické zatížení potrubí v místě skládek materiálů a násypů na terénu,
- vrůstání kořenů do stok.,
- častou příčinou poruchy potrubí je narušení celistvosti potrubí cizím subjektem při provádění jiných zemních prací v ochranném pásmu trubních vedení. (*František Klepsatel, 2007*)

Druhy poruchy stokových sítí:

- narušení stability stoky,
- polohové odchylky stok,
- poruchy spojů trub,
- vnitřní koroze stoky,
- porušení stoky obrusem,
- zanášení stoky,
- destrukce stoky,
- netěsnost stoky. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

### 3.6.6. Statistiky poruch trubních vedení



Obr. č. 15 - Statistické údaje o poruchovosti stokových sítí ze zahraničních pramenů, které se nebudou příliš lišit od poměrů v ČR. (Ing. Jiří Šejnoha, 2003)

## 4. Zpřehlednění bezvýkopových technologií

Při volbě metody opravy podzemního vedení je rozhodující analýza z průzkumu stavu vedení. Při analýze podzemního vedení se posuzuje:

- statika vedení:
  - vyhovující,
  - nevyhovující,
- velikost průřezu:
  - neprůlezný,
  - průlezný,
  - průchozí,
- materiál, ze kterého je potrubí vybudováno,
- přípustnost zmenšení světlého průřezu vedení při opravě,
- provozní podmínky,
- druh a rozsah poruch vedení,
- chyby, které mají být odstraněny. (*František Klepsatel, 2007*)

### **Bezvýkopové metody oprav a obnovy podzemních vedení neprůlezných průřezů**

Bezvýkopové metody oprav a obnov trubních vedení neprůlezných průřezů se dělí:

1. celoplošné opravy vnitřních povrchů potrubí,
2. opravy potrubí s narušenou statickou funkcí,
3. obnova podzemních vedení v původní trase. (*František Klepsatel, 2007*)

#### **4.1. Celoplošné opravy vnitřních povrchů potrubí**

U celoplošné opravy vnitřních povrchů potrubí dochází ke zpevňování, utěšňování a celoplošným úpravám vnitřního povrchu neprůlezných vedení, kde statická funkce není narušena. Společným znakem těchto metod je, že světlý průměr sanovaného vedení se nezmenší. Zachován je i tvar světlého průřezu. (*František Klepsatel, 2007*)



#### 4.1.1. Opravy s použitím dvousložkových kapalin

Princip těchto metod spočívá v tom, že se pomocí vodotěsných uzávěrů uzavře celý úsek sanovaného podzemního vedení mezi dvěma provozními šachtami a všechny trhliny a netěsnosti v takto vymezeném úseku se opravují najednou.

Nejznámější opravy této metody jsou:

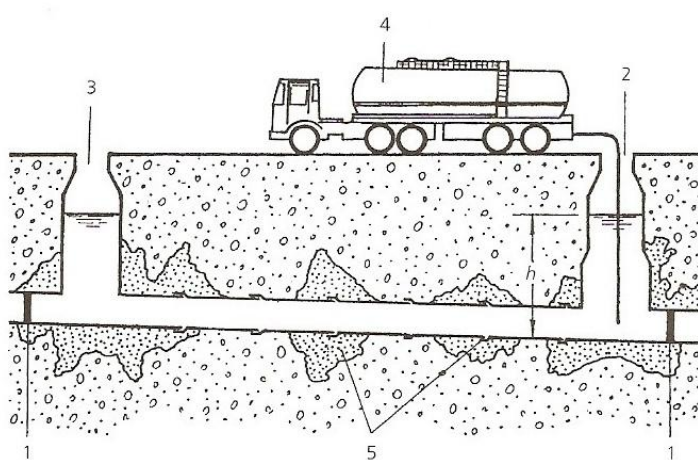
- metoda SUPERAQUA (SANIPOR),
- metoda s použitím kanálgelu BRK. (*František Klepsatel, 2007*)

##### 4.1.1.1. Metoda SUPERAQUA (SANIPOR)

Sanovaný úsek se nejprve z cisternového auta naplní chemickým roztokem, který proniká do všech netěsností v ostění a zeminy pod přetlakem 10 až 30 kPa a po dobu 20 až 60 min. Poté se roztok vyčerpá do cisterny a sanované potrubí se naplní vytvrzovacím roztokem s aditivem, který po dobu 30 až 50 minut vytvoří se zbytky prvního roztoku na povrchu ostění, v puklinách a přilehlé zemině nepropustný gel. Po vytvrdnutí je sanace ukončena a přebytečný roztok se vyčerpá zpět do cisterny. Metoda je použitelná k sanaci nejrůznějších materiálů. (*František Klepsatel, 2007*)

##### 4.1.1.2. Metoda s použitím kanálgelu BRK

Kanálgel je dvousložková směs na bázi vodního skla a hygienicky nezávadného aditiva. Vodotěsnost se dosáhne nízkotlakou injektáží gelu z vnitřku sběrače do ostění a okolního prostředí. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 16 - Metoda Superagua  
1 – uzávěr úseku,  
2,3 – šachty,  
4 – cisterna s roztoky,  
5 – těsnící materiál,  
h – tlačná výška  
(*František Klepsatel, 2007*)

#### 4.1.2. Cementace vnitřního povrchu potrubí

Cementace je strojní nanášení cementové malty na vnitřní povrch starého, nezdeformovaného potrubí. Slouží hlavně k opravě betonových, železobetonových a zděných stok kruhového průřezu s povrchem obroušeným transportem splavenin.

Tato metoda je použitelná na opravy povrchu potrubí ve velkém rozhraní velikostí průřezu od DN 80 až do DN 2000. Minimální tloušťka nanášené cementové omítky je 3mm, maximální 12 mm. Opravované potrubí musí mít nezdeformovaný kruhový průřez.

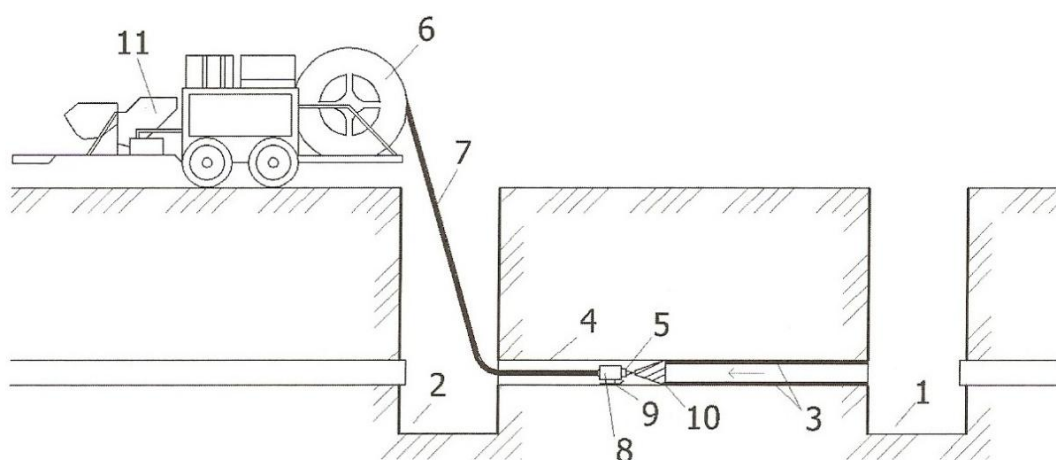
Před cementací je potřeba potrubí řádně vyčistit a v trase potrubí zřídit pracovní šachty. Šachty mají být v neprůlezných potrubích ve vzdálenosti do 150 m, na průlezných vedeních do 500 m. V Pracovních šachtách se vyřeže i horní část průřezu opravovaného potrubí na délku cca. 1m. Výřez se provádí, aby bylo možné osadit cementační zařízení. (*František Klepsatel, 2007*)

Malta se nanáší speciálním zařízením, umístěným v potrubích. Zařízení je umístěno do DN 600 na ližinách, při větším DN je zařízení umístěno na kolejovém podvozku. Zařízení je přemísťováno pomocí tažného lana a navijáku. V přední části zařízení je rameno s hladítkem a otočná tryska, která v rovnoměrné vrstvě nastříkává na povrch potrubí vrstvu cementové malty. Pohyb trysky je synchronizován s pohybem ramene s hladítkem, které nanesenou vrstvu cementové malty uhlazuje. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 18 - Omítací stroj (*Brochier s.r.o., 2012*)

K cementaci se používá prefabrikovaná (převážně pytlovaná) směs portlandského cementu a čistého křemičitého písku. Maximální zrno písku má činit 1mm. Do agresivního prostředí lze použít i speciální druhy cementu např. síranové nebo hlinitovaté. Do suché směsi musí být velmi přesně dávkovaná voda, aby směs měla správnou konzistenci a po nástřiku z povrchu trouby neztékala. Po nástřiku nastává doba tvrdnutí, která trvá cca. 10 až 16 hodin. Po ztvrdnutí nástřiku se trubní vedení důkladně propláchne a zkontroluje se kvalita nanesené omítky. Po dalších 24 hodinách může být trubní vedení uvedeno do provozu. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. 17 - Metoda cementace

1 – startovací šachta, 2 – cílová šachta, 3 – vrstva stříkané cementové směsi, 4 – očištěné potrubí, 5 – rotační tryska, 6 – buben s vedením a hadicí pro dopravu cementové směsi, 7 – vedení s hadicí, 8 – omítací stroj, 9 – kluzné saně, 10 – nástavec s hlavicí kužele, 11 – míchačka s čerpadlem cementové směsi (*SOVAK kolektiv autorů, 2008*)

#### 4.1.3. Vytvoření výstelky z epoxidových pryskyřic (epoxidace)

Epoxidové pryskyřice jsou stříkány na vnitřní povrch trub, které jsou očištěné speciálními strojními zařízeními. Tato metoda je vhodná k vnitřní úpravě ocelových, litinových a betonových trub.

Na výstelku jsou zpravidla používány dvou- a vícesložkové směsi s relativně krátkou dobou zpracování. Z toho plynou i zvýšené nároky na údržbu stříkacích zařízení.

Výstelkové směsi jsou buď míchány na povrchu a dopravovány na místo nanášení, nebo jsou ke stříkacímu zařízení v sanovaném potrubí dopravovány samostatně a smíchávají se až ve stříkací pistoli. Epoxidové pryskyřice se nanášejí na důkladně vyčištěné potrubí v tloušťce min. 1mm. Výhodou tohoto materiálu je velká odolnost proti působení různých agresivních vlivů, nevýhodou je rychlý obrus tenkého povlaku. (*František Klepsatel, 2007*)

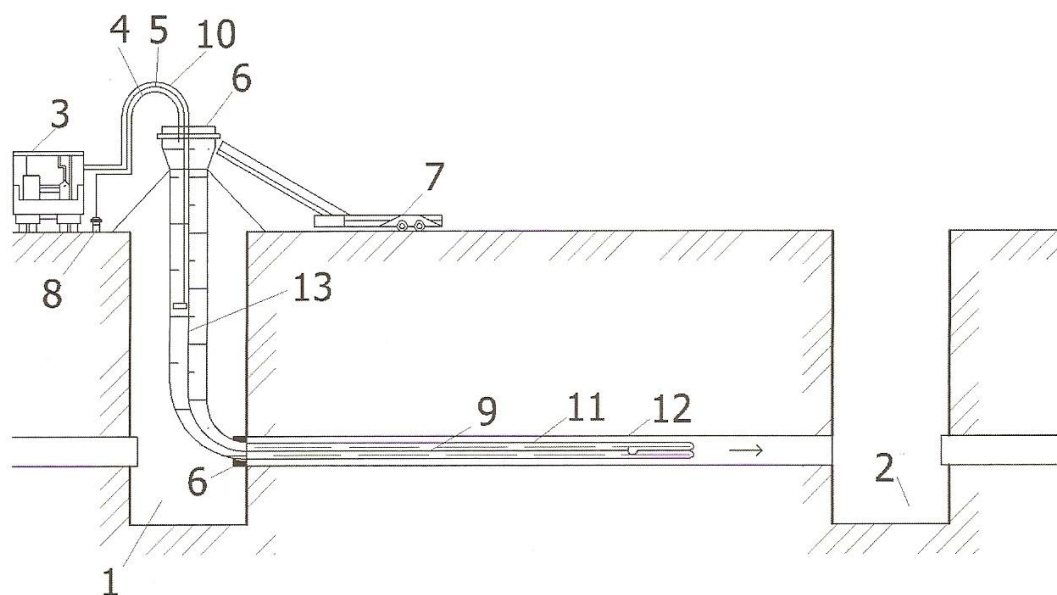
Rozsah použití epoxidace je od DN 50 do DN 800. (*SOVAK kolektiv autorů, 2008*)

#### **4.1.4. Opravy potrubí výstelkovými hadicemi (hadicový RELINING)**

Oprava výstelkovou hadicí je oprava starých trubních vedení s nenarušenou nebo jen částečně narušenou statickou funkcí. Do trubního vedení se zatahuje hadice z geotextilie (plst, nylon, stříž ze skelných vláken) opatřená na vnitřním povrchu tenkou vodotěsnou vrstvou polyetylenu nebo polyuretanu. U opravovaného vedení je důležité, aby obvod jeho světlého průřezu byl v celém úseku stejný.

Výstelková hadice se ještě před zasunutím do trubního vedení z vnější strany napustí výrobcem doporučenou pryskyřicí. Po zasunutí výstelkové hadice do trubního vedení se výstelka tlakem vody, páry nebo vzduchu přitlačí k povrchu trubního vedení a po vytvrzení vytvoří vodotěsnou vrstvu, která plní i částečně statickou funkci. Tato metoda je použitelná pro velkou škálu DN od 100 mm do 3000 mm.

Sanovat lze potrubí v přímé trase, ale i v obloucích s úhlem zakřivení do 45°. Hadicovými metodami je možno opravovat trubní vedení z oceli, litiny, betonu, kameniny, azbestu a plastu. Otvory pro přípojky a odbočky se do hotové výstelky vyříznou pomocí kanalrobotů. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 19 - Aplikace rukávce

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 – zatahovací rukávec, 13 – inverzní trubka. (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

Metoda hadicovou výstelkou má čtyři modifikace, liší se od sebe jen v technických detailech.

#### 4.1.4.1. Metoda INSITUFORM

Metoda Insituform je celosvětově nejpoužívanější metodou hadicového reliningu. U této metody je protahovaná hadice z geotextilie (plst, nylon, stříž ze skelných vláken), požadovaného průměru v továrně napuštěna vytvrzovacími pryskyřicemi a dopravena na k sanovanému potrubí v chladírenském voze navinutá na buben. Hadice je navinuta na buben v inverzní poleze, tj. pryskyřicí napuštěná část je stočená dovnitř. (František Klepsatel, 2007)

Nad pracovní šachtou sanovaného potrubí je zřízená inverzní věž, na níž se na konec hadice připevní otáčecí nátrubek, hadice se prohne dovnitř a napustí vodou. Tíhou vody se hadice odvíjí z bubnu zásobníku, postupně se otáčí a vpravuje do opravovaného úseku až po cílovou šachtu. Cílová šachta je ve vzdálenosti maximálně 150 m, u velkých průřezů potrubí až 600 m. Na konec rukávce je

přichycena hadice od vyhřívací jednotky, která je do vpravované hadice zároveň zatahována. Přetlakem vody je výstelková hadice přitlačena k povrchu sanovaného potrubí, přebytečná pryskyřice se vtlačuje i do prasklin a dutin v troubách a zaceluje je. Přetlak vody je určován výškou inverzní věže. Voda koluje výstelkovou hadicí do vyhřívací jednotky, kde se postupně ohřívá na teplotu 70 až 90 °C. Výstelka po 5 až 18 hodinách ohřevu vytvrdne. Vytvrnutí výstelkové hadice závisí na průměru a délce sanovaného úseku a tloušťce její stěny. Po vytvrnutí je voda z hadice odčerpána a po vyříznutí otvorů pro přípojky může být úsek uveden do provozu. *(František Klepsatel, 2007)*

Pro úspěšnost metody je důležité, aby průřez sanovaného potrubí nebyl příliš zdeformovaný, aby k němu výstelková hadice dobře přilnula. Před začátkem sanace potrubí je třeba povrch sanovaného potrubí dokonale vyčistit a odbrousit veškerou inkrustaci a vyčnívající úlomky s ostrými hranami pomocí kanálobotů. *(František Klepsatel, 2007)*

Vzhledem k potřebnému strojnímu vybavení (chladírenský vůz, dopravní pás, čerpadlo, otopný agregát a robot na vyřezání otvorů pro přípojky) je tato metoda hospodárná jen v případě oprav delších úseků potrubí. Náklady na opravu ve srovnání s ukládáním nového potrubí v otevřeném výkopu o 20 až 40 % nižší. *(František Klepsatel, 2007)*

Výhody metody Insituform:

- krátký čas k provedení sanace potrubí (cca 1 až 3 dny každý sanovaný úsek),
- práce mohou být prováděny ze stávajících vstupních šachet,
- metoda není závislá na materiálu sanovaného potrubí, jeho tvaru a průřezu,
- použitelnost obvykle u neprůchodných potrubí od DN 100 až do DN 2600 a délky úseku maximálně 600 m,
- nemá žádné trubní spoje, které by mohly být v budoucnu zdrojem poruch. *(M. Esterková, 1998)*

Nevýhody metody Insituform:

- sanované potrubí se musí vysadit z provozu včetně všech jeho přípojek,
- při příliš dlouhém skladování napuštěné hadice v chladícím voze se jakost pryskyřice snižuje,

- provádění těsného napojení kanálových přípojek je zejména u neprůlezných profilů velmi komplikované,
- při nahromadění pryskyřice v oblasti přípojky může být jejich dodatečné otevírání problematické. (*M. Esterková, 1998*)

#### 4.1.4.2. Metoda BROCHIER-INLINER

Metoda Brochier-inliner je inovační aplikací metody Insituform. Výstelková hadice je ve vyfouklé poloze zatahována do sanovaného úseku cílovou šachtou. Pomocí inverzní věže je do výstelkové hadice vplavována tzv. kalibrační hadice, která přitlačí výstelkovou hadici k povrchu sanovaného potrubí. Vytvrzování pryskyřice urychlí cirkulace vody o teplotě 90 °C

Čtyřvrstvé složení výstelky je novinkou metody Brochier-inliner. Mezi výstelkovou hadicí napuštěnou pryskyřicí a líc sanovaného potrubí se vkládá vnější fólie, která zabraňuje kontaminaci podzemních vod impregnační hmotou. (*František Klepsatel, 2007*)

#### 4.1.4.3. Metoda PHOENIX

Výstelková hadice je utkaná bezešvým způsobem z nylonových polyesterových vláken s vnitřní vzduchotěsnou vrstvou. Výstelková hadice se napouští epoxidovým lepidlem až na pracovišti. (*František Klepsatel, 2007*)

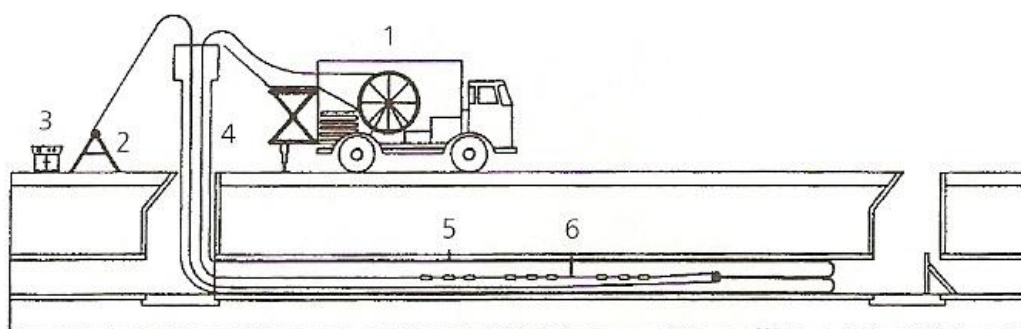
Každá výstelková hadice je ve výrobě prozkoušena na těsnost vnitřním přetlakem 10 barů. Dodává se navinutá na bubnech v příslušných délkách až 600 m. Zatahování výstelkové hadice se provádí stejně jako u metody Insituform. S tím rozdílem, že vytvrzení výstelkové hadice probíhá pomocí páry. Pára je vedená do výstelkového potrubí o teplotě 100 °C, přičemž musí být udržován tlak vzduchu na úrovni dosažené při inverzi hadice. Tvrzení pryskyřice trvá podle délky, světlosti a tloušťky stěny sanovaného potrubí 3 až 4 hodiny. (*M. Esterková, 1998*)

#### 4.1.4.4. Metoda vytvrzování UV zářením

Metoda vytvrzování UV zářením je nejmladší metodou z této skupiny. Metoda spočívá ve vytvrzování bezešvé výstelkové hadice ze skelných vláken, napuštěné polyesterovou pryskyřicí a chráněné z obou stran vodotěsnou fólií. Výstelková hadice se ozařuje ultrafialovými paprsky. Hadice je k sanovanému povrchu

přitlačena stlačeným vzduchem, oba konce sanovaného úseku jsou vzduchotěsně uzavřeny. Vytvrzování probíhá protahováním 9 UV zářičů na speciálním podvozku pomocí lanového navijáku rychlostí 1 m za 2 až 3 minuty. Sanace končí stejně jako u ostatních hadicových metod vyříznutím otvorů do zatvrdlé výstelky. Energetická náročnost je oproti vytvrzovacím metodám ohřevem vody podstatně nižší.

Výstelkovou hadici napuštěnou pryskyřicí s aditivy, chráněnou z obou stran vodotěsnou fólií a zabalenou v černé fólii odolné vůči UV záření, je možno skladovat několik měsíců, což je organizačně velmi výhodné. Metoda je vhodná jen k sanaci vedení s nedeformovaným průřezem DN 150 až 1200. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 20 - Vytvrzování výstelkové hadice UV zářením

1 – zařízení s generátorem, kabelovým bubnem a lešením, 2 – lanový naviják, 3 – obslužný pult, 4 – obrácení výstelkové hadice vodou, 5 – zabudovaná výstelka, 6 – UV zářiče. (František Klepsatel, 2007)

## **4.2. Opravy potrubí s narušenou statickou funkcí**

Metody oprav vedení s narušenou statickou funkcí jsou označovány souborným názvem RELINING. Spočívají v zatahování nových trub, nejčastěji plastových, do starých, porušených příčně a podélně zdeformovaných vedení. (František Klepsatel, 2007)

### **4.2.1. Zatahování krátkých trub**

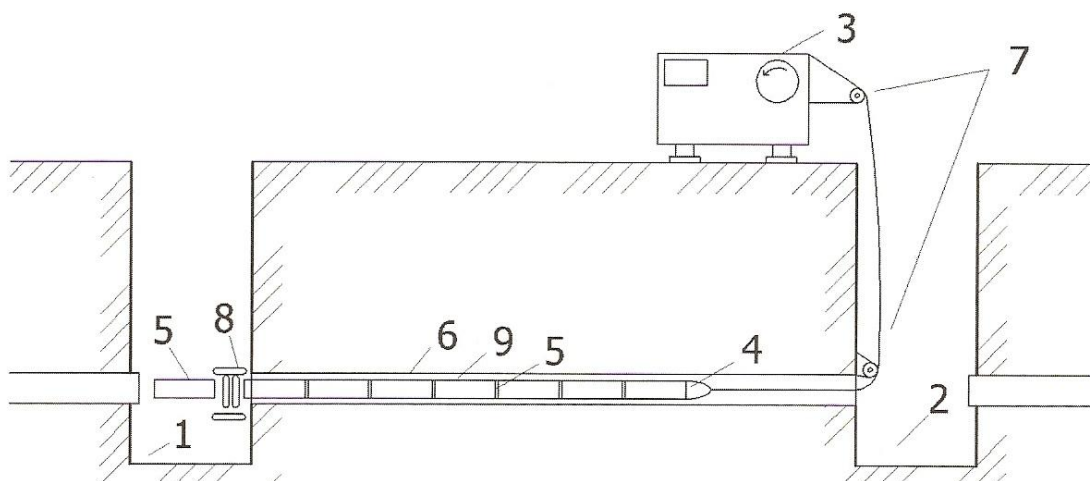
Tato metoda nevyžaduje žádné výkopové práce, zatahování, resp. zasunování trub je prováděno přes provozní šachty. Metoda zatahování krátkých trub je použitelná jen pro zabudování trub většího průměru do 600 mm, které je možno osazovat přes



pokloповé otvory. K sanaci potrubí jsou používány bezhrdlové polyetylenové (PE-HD) nebo polypropylenové trouby, výjimečně trouby sklolaminátové nebo kameninové.

Relining se provádí tak, že pracovník na povrchu terénu podává jednotlivé trouby pracovníkovy v montážní šachtě, který je napojuje na trouby již nasunuté do sanovaného potrubí. Mechanizace prací je minimální, je zapotřebí jen navíjecí buben s tažným lanem, situovaný v cílové šachtě, jímž je montovaný úsek nového potrubí do starého zatahován. Odbočky a přípojky jsou prováděny zpravidla v otevřených výkopech, odbočovací kus s nátrubkem je zařazován do řetězce zatahovaných trub na příslušném staničení. Po dokončení zatahování na celou délku mezi šachtami se prostor mezi starým a novým vedením zaplní porézním betonem, tím je zabezpečeno jejich vzájemné statické spolupůsobení. V případě, že vodotěsnost závitového spoje trub z polyetylenu nestačí, je možné troubu pomocí kanálobotu zevnitř svařit.

Uplatnění této metody je převážně výhodné v prostorově stísněných podmínkách center starých měst, zábor ploch na opravu a omezení dopravy jsou minimální a nevyžadují téměř žádné výkopové práce. Nevýhodou je pomalejší postup oprav ve srovnání s ostatními technologiemi reliningu a delší vyřazení opravovaného úseku z provozu. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 21 - Zatahování potrubí

1 – startovací šachta, 2 – cílová šachta, 3 – vrátek, 4 – tažná hlava, 5 – zatahované trouby, 6 – sanované potrubí, 7 – vodící kladky, 8 – svařovací agregát, 9 – prostor pro zainjektování potrubí. (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

#### 4.2.2. Zatahování dlouhých trub

Při tomto způsobu sanace je do sanovaného potrubí zatahováno potrubí na požadovanou délku z polyetylenových, polypropylenových nebo polyvinylchloridových trub. Tato forma sanace je použitelná tam, kde je podél trasy starého potrubí dostatek místa na svařování a zatahovaných trub na potřebnou délku.

Postup prací:

- zřízení zatahovacích a navijákových jam ve vzdálenostech až do 800 m,
- rozřezání opravovaného vedení, odstranění vyříznutých kusů ze zatahovací a navijákové jámy a důkladné vyčištění starého vedení, současně s tím probíhá svařování trub nových na požadovanou délku,
- zatahování nového trubního vedení pomocí lanového navijáku přes zatahovací hlavu, přichycenou na čele první trouby,
- Zaplnění volného prostoru mezi starým a novým trubním vedením cementovou maltou nebo porézním betonem. (*František Klepsatel, 2007*)

Metoda je použitelná pro DN 50 až 3000. Trouby malých průřezů jsou dodávány na stavbu navinuté na buben, v případě větších průřezů v délkách až několik metrů a svařují se rozložené podél trasy sanovaného potrubí. Aby nedošlo k deformaci a poškození zatahovaného potrubí, musí být zatahovací jáma dostatečně dlouhá. Minimální délka zatahovací jámy závisí na průměru zatahovaného potrubí a výšce nadloží.

Zatahovat je možné jen v přímé trase a jen ve velkých poloměrech směrových a výškových oblouků. V lomech sanované trasy je potřeba vyhloubit pracovní šachtu a v ní mezi dva zatažené přímé úseky přivařit předem vyrobený tvarový kus. (*František Klepsatel, 2007*)

Výhodou zatahování dlouhých trub:

- rychlost průběhu stavebních prací a malé narušení životního prostředí,
- spolehlivá vodotěsnost svařovaných spojů, odolnost zatahovaných trub proti agresivitě transportovaných medií a obrusu. (*František Klepsatel, 2007*)

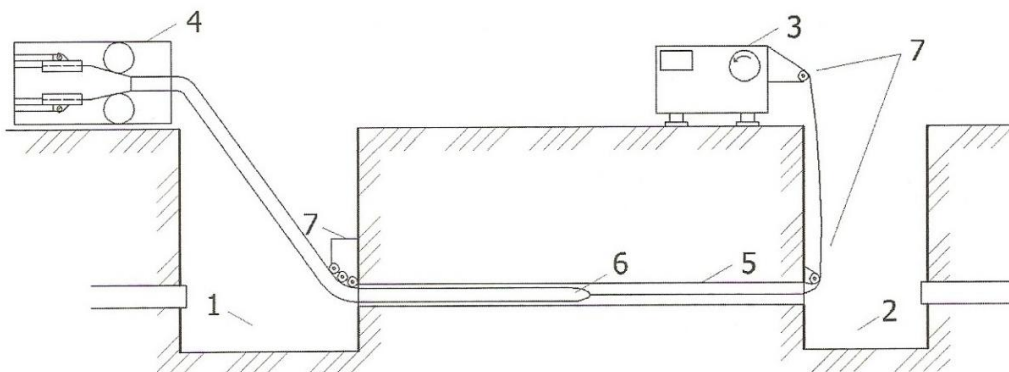
Nevýhodou zatahování dlouhých trub:

- při zatahování trub o velkých průměrech je velmi problematické skladování, zabírají na skládkách a při dopravě velký prostor, (Tuto nevýhodu lze eliminovat vytvořením regionální meziskládky. Finální rozvoz trub požadovaných průměrů na místo zabudování se realizuje jen na krátké vzdálenosti.)
- při velkém DN je potřeba dlouhá zatahovací jáma a skutečnost, že světlý průřez sanovaného potrubí se zmenší až o 40%. (*František Klepsatel, 2007*)

#### 4.2.3. Zatahování dočasně zdeformovaných trub

Snahou této metody je maximální možná redukce průřezu sanovaného potrubí, resp. těsné přilnutí zatahovaného potrubí k líci opravovaného potrubí. Jedná se o tzv. CLOSE-FIT, mezi ně patří:

- metoda COMPACT PIPE (C-liners, U-liners),
- metoda SWAGELINING,
- metoda ROLLDOWN,
- metoda SUBLINE. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 22 - Metoda zatahování dočasně zdeformovaných trub

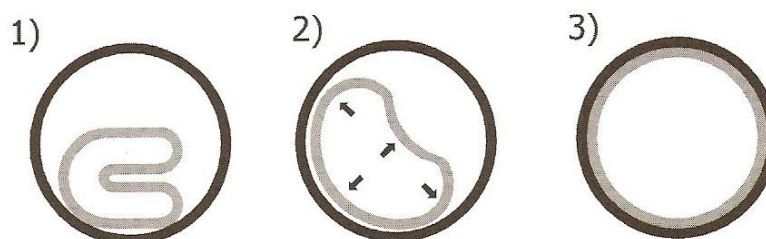
1 – startovací šachta, 2 – cílová šachta, 3- vrátek, 4 – válcovací stolice 5 – původní potrubí, 6 – zatahované potrubí, 7 – vodící kladky (*SOVAK kolektiv autorů, 2008*)

#### 4.2.3.1. Metoda COMPACT PIPE (C-liners, U-liners)

Polyethylenová trouba je ve výrobním závodě tepelně zdeformována do tvaru C. Tím se průměr trouby zmenší o cca 50%. Takto zdeformovaná trouba je navinuta na buben a dovezena na místo zabudování. Provozní šachtou nebo pomocnou šachtou je trouba zatažena do sanovaného potrubí. Průřez sanovaného potrubí má být shodný s vnějším průřezem nezdeformované trouby. (*František Klepsatel, 2007*)

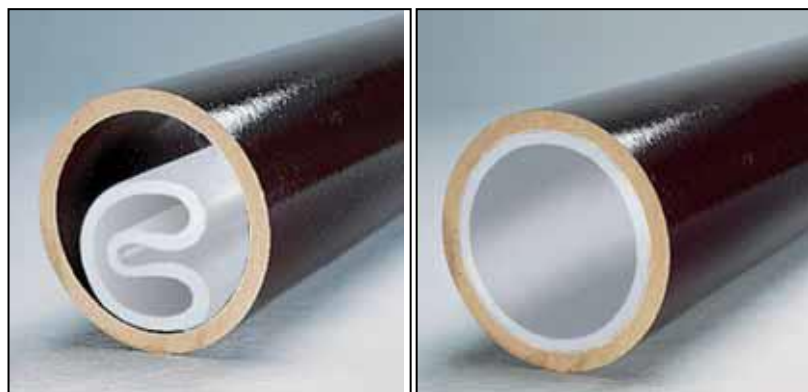
Po dokončení zatahování se nová trouba na obou stranách svařováním uzavře a připojí se na parní agregát. Parní agregát vpouští do trouby páru, která se ohřívá. Nová trouba nabývá svou původní formu paměťovým jevem uloženým při výrobě trouby. Polyethylenová trouba se rozšiřuje a dosahuje svého původního průměru. Dodatečným vnitřním tlakem trouba měkne a přitlačuje se na stěny sanované trouby. Nová trouba zajišťuje po celé délce přesné a těsné uložení. (M. Esterková, 1998)

Touto metodou lze opravovat trubní vedení o průměru 100 až 500 mm na úsecích délky až 1500 m. Statická neúnosnost sanovaného potrubí nemá žádný vliv na tuto metodu sanace, protože Compact Pipe má vlastní únosnost. K zatahování zdeformovaných trub je možné využít revizní (provozní) šachty. Životnost takto sanovaného potrubí je totožná jako životnost nových plastových trub. Otvory pro přípojky se do opravovaného potrubí vyříznou kanálrobotem. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 23 - Tvar příčného profilu vloženého potrubí

1 – tvar ve fázi zatahování, 2- tvar ve fázi roztahování, 3 – finální tvar ve fázi narovnání do původního stavu (*SOVAK kolektiv autorů, 2008*)

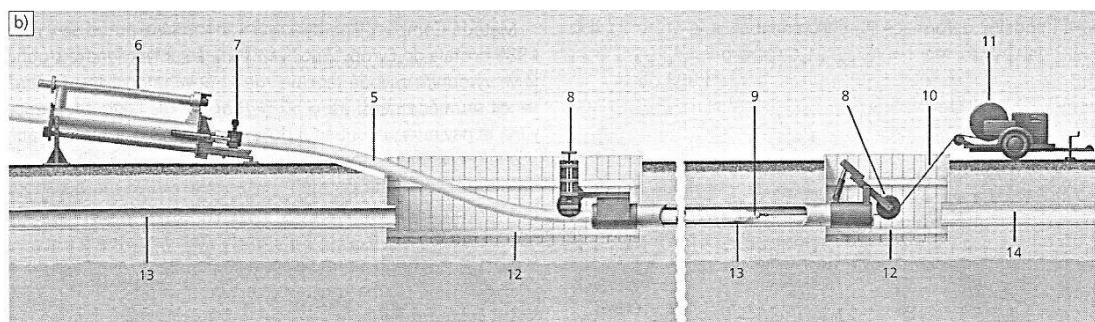


Obr. č. 24 -Trouba pro kanalizační sanace Compact Pipe z Polyetylénu (*Wawin, 2009*)

#### 4.2.3.2 Metoda SWAGELINING

Metoda Swagelining je založena na vynikajících termoelastických vlastnostech polyethylenových trub. Na místě sanace jsou trouby protahovány vyhřívací komorou, ve které jsou vzduchem o teplotě až 100 °C přiváděny do plastického stavu. Trouby v takto plastickém stavu jsou protahovány redukčním nátrubkem, který zmenší jejich průměr o 10%. S tímto zmenšeným průměrem jsou přes pracovní jámu s použitím zatahovací hlavy a kladek zatahovány do sanovaného potrubí. Stlačením průřezu se přitom trouba neprodlouží, ale zhutní (tloušťka její stěny se nepatrně zvětší).

Po ukončení zatahování potřebuje trouba 20 až 24 hodin na zpětné nabytí původního vnějšího průměru. Tím přilne k povrchu opravovaného trubního vedení, aniž by bylo potřeba vyplňovat nadvýlom. Výhody této metody spočívají v minimální redukci původního světlého průřezu, minimalizaci zásahů do životního prostředí, rychlosti a hospodárnosti realizovaných prací. (*František Klepsatel, 2007*)

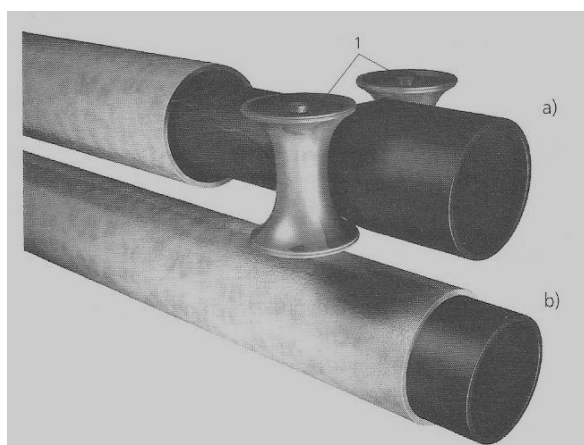


Obr. č. 25 - Metoda Swagelining

5 – potrubí z PE – HD, 6 – spouštěcí zařízení, 7 – posunovač, 8 – zatahovací kladka, 9 – zatahovací hlava, 10 – lano, 11 – naviják, 12 – pracovní a cílová šachta, 13 – staré potrubí, 14 – sanované potrubí. (František Klepsatel, 2007)

#### 4.2.3.3. Metoda ROLLDOWN

Metoda Rolldown se podobá metodě Swagelining, jen k redukci průměru zatahovaného potrubí dochází za studena. Potrubí z polyetylenových trubek, svařených na požadovanou délku, je protahováno před dvojicí kladek, kterými je průměr trouby redukován. Potrubí je redukováno tak, aby ho bylo možno zatáhnout do sanovaného potrubí. Po zatažení se konce zataženého potrubí uzavřou a napuštěním horké vody se potrubí vrátí do původního průřezu, čímž se přitlačí k povrchu sanovaného potrubí. Metoda je používána na sanaci vedení DN 100 až 500 o délce až 1 000 m. Hlavní výhodou této metody spočívá v tom, že přetváření trub probíhá bez nároků na tepelné procesy. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 26 - Metoda Rolldown  
a – deformace PE trouby,  
b – narovnání trouby po zatažení,  
1 – redukční kladky  
(František Klepsatel, 2007)

#### 4.2.3.4. Metoda SUBLINE

K sanaci se používá tenkostěnná vložka z PE 80 nebo PE 100 s tloušťkou stěny od 3 do 20 mm, která je ve výrobně zdeformována do tvaru U, tím se výrazně zmenší její průměr. V tomto tvaru se zajistí pomocí stahovacích pásek (SK-pásek). Zdeformování může být provedeno ve výrobně nebo přímo na stavbě. Do sanovaného potrubí se zatáhne zdeformovaná trouba a napustí se mírným přetlakem vody, při němž se stahovací pásy přetrhnou, trouba se vyrovná a přilne na profil sanovaného potrubí. Metodou subline je možné renovovat potrubí po úsecích délky i přes 1 000 m, možná změna směru je až o 45°. (*František Klepsatel, 2007*)



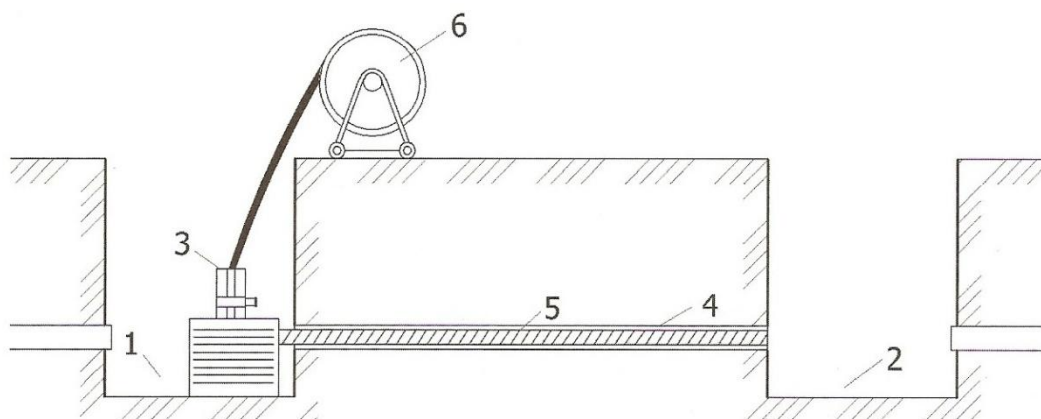
Obr. č. 27 - Sanace potrubí metodou Subline,  
zdeformovaná vložka a vyrovnaná vložka

1 – SK páska. (*František Klepsatel, 2007*), (*PRS Rohrsanierung, 2005*)

#### 4.2.4. Zatahování navíjených trub (RIB – LOC)

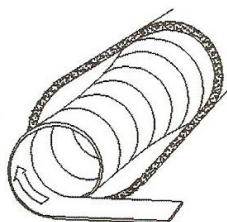
Touto metodou se řeší problém nevhodnosti dopravy lehkých, tenkostěnných trub různých průměrů z výroby na stavbu. Z výroby je na stavbu dodáván pouze pás PVC široký 55 až 150 mm, vyztužený na rubu žebry a na okraji opatřený zámky (RIB – LOC = žebro – zámeček) a navinutý na velkopřůměrovém bubnu, ze kterého se trouba požadovaného průměru vyrábí přímo na stavbě. Při navíjení se z profilovaného pásu vytváří trouba, která má vnější průměr asi o 10 % menší než světlý průměr sanovaného potrubí. Po zatažení vytvořené trouby do sanovaného potrubí a dosažení sílové šachty se prostor mezi starým a novým potrubím vyplní

cementovou maltou. Maximální délka zabudovaných úseků je 150 m. Při průměrech navíjené trouby do 350 mm je možno navíjecí buben umístit přímo do provozní šachty. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 28 - Metoda RIB – LOC

1 – provozní šachta, 2 – navíjecí zařízení, 3,4 – navinutá výstelka zmenšeného a expandovaného průměru, 5 – sanované potrubí, 6 – buben s výstelkovým pásem. (František Klepsatel, 2007)



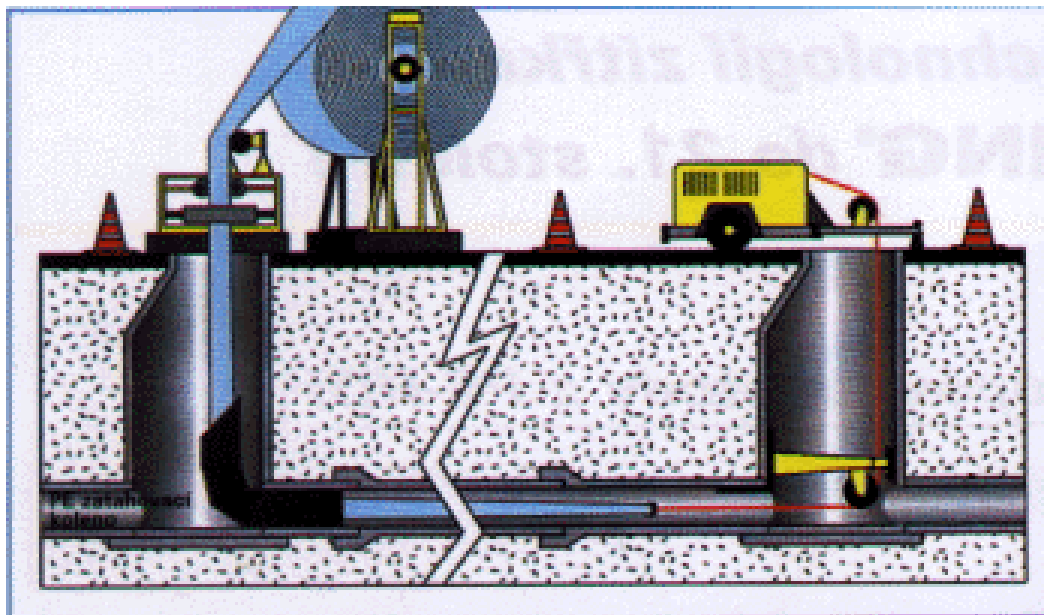
Obr. č. 29 - Detail navíjení (František Klepsatel, 2007)

#### 4.2.5. Zatahování trub žebrovaným vnějším povrchem (TROLINING)

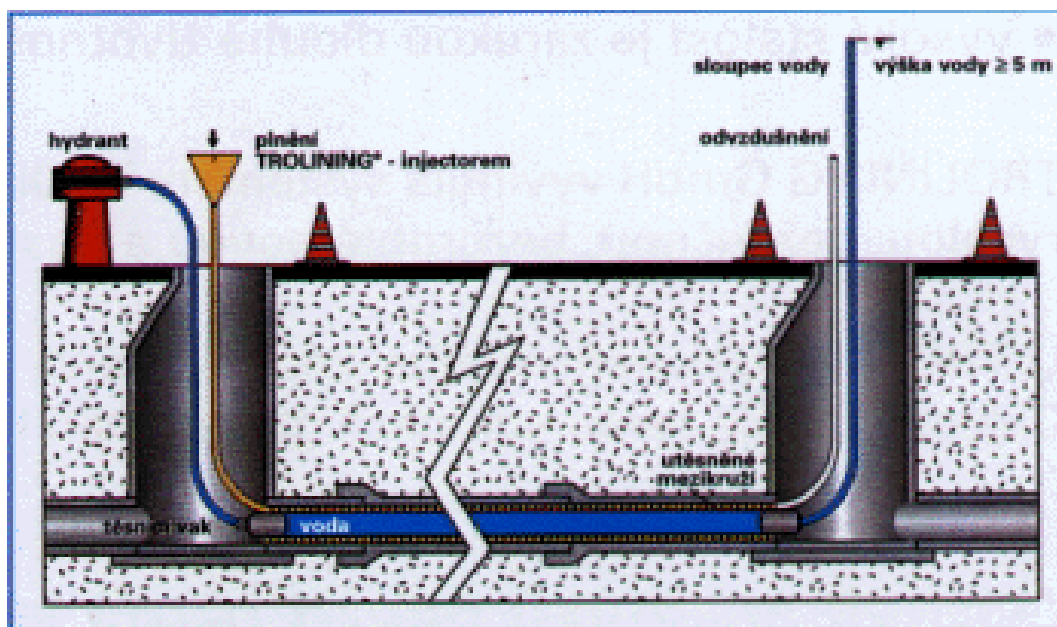
Při metodě Trolining jsou do sanovaného potrubí zatahovány výstelkové hadice vytvořené z pásů PE-HD, podélně svařených na přesah dvojitým svarem. Výstelková hadice se vyrábí přímo na staveništi odvíjením pásů z transportního bubnu. Pásky mají na vnějším povrchu vylisované kotevní knoflíky-nopy. Výstelková hadice je ve sklopené poloze zatažena lanovým navijákem provozní šachtou do sanovaného úseku. Po zatažení se rukáv odřízne na požadovanou délku a oba jeho konce se uzavřou. Uzavřený úsek se napustí vodou s přetlakem min. 50 kPa, čímž se hadice srovná a nopy se opře o líc starého potrubí. Vzniklé mezikruží se vyplní speciální



maltou, po jejím zatvrdnutí je staré ostění zmonolitněné s výstelkou. Tímto způsobem je možno opravovat potrubí od DN 150 až do DN 2000. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 30 - Trolining Zatahování zdeformované trouby (RESAT-Praha, 2012)



Obr. č. 31 - Trolining vyrovnávání zdeformované trouby vodou (RESAT-Praha, 2012)

### **4.3. Obnova podzemních vedení v původní trase**

Obnova podzemních vedení neprůlezných průřezů v původní trase se dělá v těchto případech:

- staré vedení nebo ostění stoky je narušeno do takové míry, že ztratilo funkčnost a hrozí jeho havárie,
- průřez je příčně a podélně natolik zdeformovaný, že se snížila jeho průtočná kapacita,
- starý průřez nevyhovuje současným zvýšeným požadavkům. (*František Klepsatel, 2007*)

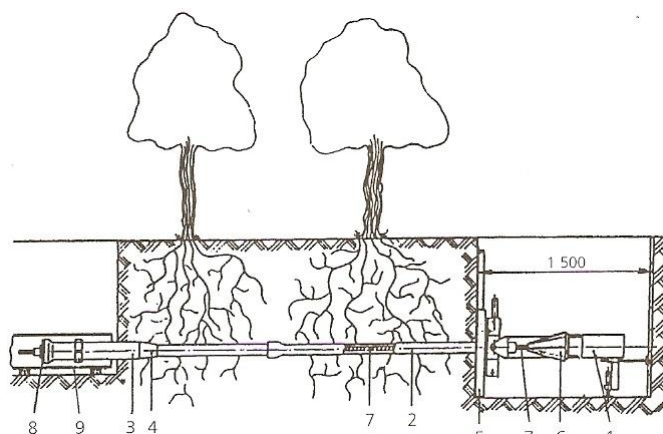
Bezvýkopové metody obnovy podzemních vedení v původní trase je možno rozdělit:

- metody vytahování starých trub,
- metody trhání starých podzemních vedení,
- metoda rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou. (*František Klepsatel, 2007*)

#### **4.3.1. Metody vytahování starých trub**

Metoda Hydros

Zařízením s výrobním označením hydros jsou staré trouby vytahovány ze zeminového masivu za současného zatahování nového potrubí stejného, menšího nebo většího průřezu až do DN 300 a délky až 200 m. Zatahovat lze trouby z litiny, ocele a polyethylenu (PE-HD). Do pracovní šachty je osazeno vytahovací zařízení Hydros. Starým potrubím se až do koncové jámy provléknou tažné tyče ukončené adaptérem opřným o konec poslední vytahované trouby. Na adaptér se připojí rozšiřovací hlava pro rozšíření otvoru podle průměru zatahovaného nového trubního vedení. Po stejných krocích probíhá trhání staré a zatahování nové trouby. Domovní přípojky se provádějí v pomocných šachtách. (*František Klepsatel, 2007*)



Obr. č. 32 - Zařízení Hydros pro vytahování potrubí

1 – vytahovací zařízení, 2 – sanované potrubí, 3 – zatahovaná trouba, 4 – rozšiřovací hlava, 5 – roznášecí deska, 6 – trhací kužel, 7 – táhlo, 8 – kotevní deska, 9 – naváděcí konstrukce. (*František Klepsatel, 2007*)

#### Metoda použití pilotní ochranné trouby (Pilot Pipe)

Metoda pilotní trouby se dá využít při obnově kanalizačního potrubí, které jsou z litiny, oceli nebo železobetonu světlého průměru DN 100 až 1600.

V pracovní jámě se potrubí rozřeže a uvolněná část se odstraní. Na vyčnívající část staré trouby se nasune řezná hlava většího průměru, která se vycentruje ke staré troubě. Za řeznou hlavou se postupně vkládají části chráničky většího průměru, pro kterou plní staré potrubí funkci vodící tyče. Chránička se do masivu zatlačuje statickou silou hydraulických válců nebo dynamicky zaráží. Cílovou jámou se staré potrubí se zeminou a zatlačenou chráničkou z masivu vytahuje za současného zatahování nového potrubí. Nadvýlom se přitom zaplňuje bentonitem, betonem nebo se zafoukává popílkem. Nové potrubí může mít ve srovnání se starým potrubím menší, stejný nebo větší průměr. Sanaci potrubí lze provádět v přímých úsecích délky do 80m, na kterých nesmí být žádné odbočky, resp. přípojky. Výhodou je, že v masivu nezůstávají žádné střepiny ze starého potrubí. Výkopové práce jsou použity jen na zřizování pracovních a cílových šachet. (*František Klepsatel, 2007*)

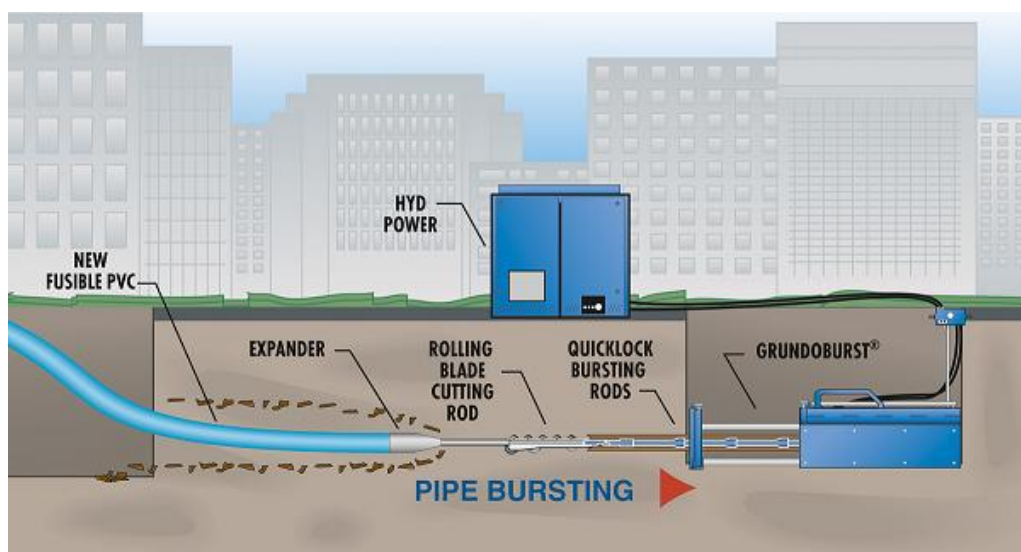
### 4.3.2. Metody trhání starých podzemních vedení (Pipe Bursting)

Předpokladem k použití těchto metod je kruhový průřez trhaného vedení a křehkost materiálu (litina, kamenina, nevyztužený beton). Po úpravě trhací hlavy je možno řezat i ocelová a plastová potrubí. Současně s trháním starých trub se neuskutečňuje zabudování nového potrubí, což lze realizovat více způsoby:

- zatahováním dlouhých trub z plastů,
- zatahováním krátkých trub z plastů, kameniny nebo betonu s hrdlovými spoji,
- zatačováním krátkých trub s hladkým vnějším povrchem. (*František Klepsatel, 2007*)

Při zatahování musejí být spoje trub uzpůsobeny na přenesení napětí. Tahové napětí musí být ze spojů vyloučeno. Při zatahování dlouhých trub s ohledem na minimální přípustný poloměr jejich ohybu, který závisí na průměru potrubí a výšce nadloží, jsou zapotřebí dlouhé pracovní jámy. Krátké trouby je možno zatahovat vstupními šachtami podzemního vedení. Metody trhání starého potrubí se dělí na:

- dynamické trhání,
- statické trhání. (*František Klepsatel, 2007*)

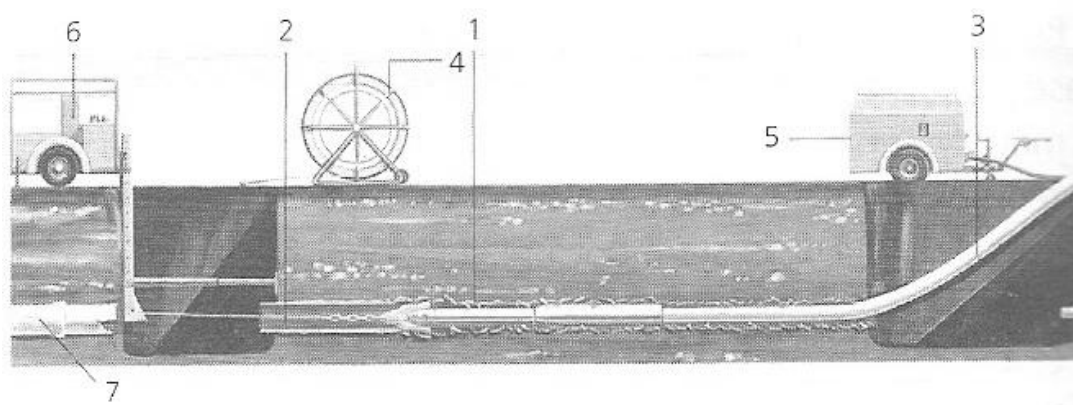


Obr. č. 33 - Metoda Pipe Bursting

New fusible PVC - nová trouba z PVC (svařená), expander – expandér, rolining blade cutting rod – zatahovací zařízení, quicklock bursting rods – trhací zařízení, grundoburts – píst, HYD power – kompresor. (*Underground solutions, 2011*)

### Metoda dynamického trhání potrubí

Trhání potrubí probíhá dynamicky pomocí upravených pneumatických propichovacích kladiv. Od pracovní jámy je do starého potrubí lanem přes naváděcí kladku zatahováno do cílové jámy pneumatické propichovací kladivo, doplněné o trhací hlavu a rozšiřovací pouzdro. Konstrukce trhací hlavy se volí podle materiálu sanovaného potrubí. Rozšiřovacím pouzdem jsou střeptiny ze sanovaných trub roztlačovány do okolní zeminy a do vytvořeného otvoru je zatahováno nové potrubí stejného nebo většího průměru. Všechny přípojky vedené do sanovaného potrubí musejí být před započítím trhání odpojeny v pomocné šachtě, aby nedošlo k jejich poškození. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 34 - Dynamické trhání trub

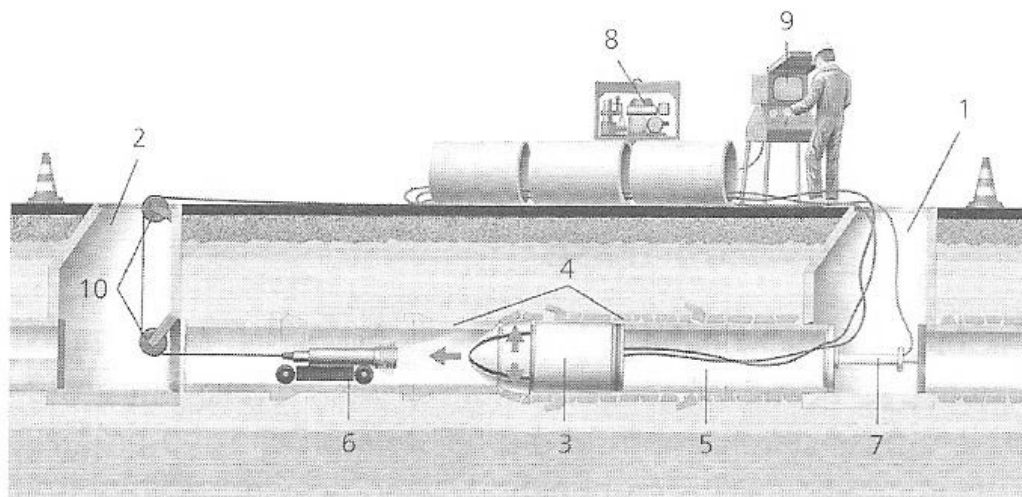
1 – trhací zařízení, 2 – litinová trouba, 3 – zatahovaná plastová trouba, 4 – bublen s tažným lanem, 5 – kompresor, 6 – naviják s kladkami, 7 – existující vedení. (František Klepsatel, 2007)

### Metoda statického trhání potrubí

Tato metoda je vhodná pro sanace kanalizačního potrubí od DN 180 až do DN 900 z křehkých materiálů (kameniny, prostého betonu) při zachování nebo zvětšení průměru potrubí. Hlavní výhodou oproti dynamickému trhání je menší hlučnost a téměř žádné otřesy.

Sanace kanalizačního potrubí se provádí z provozních jam pod dohledem videokamery. Při přípravě sanace se musí průnikový otvor vedení skrz stěnu jámy rozšířit na maximální průměr použité trhací hlavy. Trhací hlava a nové trouby jsou naváděny do požadovaného směru zatahovacím lanem vedeným sanovaným

potrubím a dvojicí kladek v cílové šachtě. Zatahování potrubí zabezpečuje v pravidelných intervalech pracující hydraulické zařízení. Postup zatahování není průběžný a délka kroků závisí na zdvihu hydraulických válců zatahovacího zařízení. Trhací hlava je složena ze tří kloubově spojených částí, které jsou schopné hydraulicky zvětšovat a zmenšovat svůj průměr, vpředu je kónická a v zadní části válcová. Hydraulickým rozpínáním po krocích, daných trhací hlavou se staré potrubí trhá a střepiny jsou roztláčovány do okolní zeminy. Poté se rozpínavá část trhací hlavy stáhne a přemístí o další krok vpřed za současného zatahování nové trouby. Zatahovat lze i dlouhá vedení předem svařená z plastových trub nebo pomocí zatahovacího řetězu s kotevní deskou nebo hydraulického zatahovacího zařízení i krátké trouby s bezhrdlovými spoji z plastů, sklolaminátů, kameniny, betonu apod. Práce na sanovaném potrubí začíná vždy protažením tažného lana z pracovní do cílové jámy. Nové potrubí je při zatahování zčásti chráněno pevnou válcovou částí trhací hlavy, která musí mít nepatrně větší průměr. Pro obnovu vedení touto metodou se nejlépe hodí trouby z plastů, které jsou ohebné a dobře vyrovnávají podélné deformace sanovaného potrubí. Trhací hlava kopíruje směr starého vedení. (František Klepsatel, 2007)

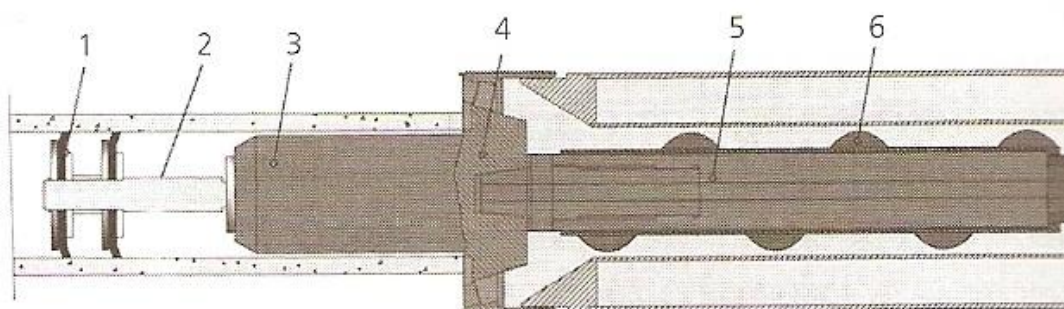


Obr. č. 35 - Statické trháni trub

1 – pracovní šachta, 2 – cílová šachta, 3 – trhací hlava, 4 – staré potrubí, 5 – nové potrubí, 6 – videokamera, 7 – zatlačovací hydraulický válec, 8 – hydraulický agregát, 9 – dálkové ovládání, 10 – zatahovací lano s naváděcími kladkami. (František Klepsatel, 2007)

### 4.3.3. Metoda rozrušování potrubí plnoprofilovou frézou

Metoda je vhodná pro rozrušování kameninových a betonových trub. Úlomky z trouby jsou zdrobňovány drtičem vestavěným do zařízení na zrna transportovatelná šnekovým dopravníkem nebo hydraulicky transportním potrubím. S rozrušováním sanovaného potrubí je do volného prostoru zatlačováno nové potrubí z trub stejného nebo většího průměru. Výhodou této metody je, že úlomky starých trub jsou beze zbytku odtěženy. Dálkově ovládanou frézou je možno vyrovnat i případné podélné deformace sanovaného potrubí. (František Klepsatel, 2007)



Obr. č. 36 - Frézovací část soupravy AVP

1 – uzavírací disky s těsněním, 2 – násoska, 3 – vodící hlava, 4 – vrtná hlava, 5 – kladivo, 6 – šnekový dopravník v transportním potrubí. (František Klepsatel, 2007)

## 5. Hodnocení vlivu na životní prostředí

Bezvýkopové technologie respektují a hájí zájmy ochrany životního prostředí a přírody mnohem lépe ve srovnání s klasickými technologiemi oprav, obnovy inženýrských sítí. Velkou chybou v hodnocení vlivu bezvýkopových technologií na životní prostředí je, že stále chybí informace, jak si jednotlivé bezvýkopové technologie ekologicky stojí nikoliv obecně, ale v detailech skutečně. Aby se bezvýkopové technologie daly hodnotit, musejí se nejprve dostatečně kvalifikovat, zpřehlednit a analyzovat. Výchozím krokem je tedy jejich přesnější klasifikace, kterou připravila Mezinárodní společnost pro bezvýkopové technologie (ISST). Ve všech navrhovaných stupních ekologického hodnocení BT může být použit základní soubor hodnotících ekologických kritérií v tab. č. 21. (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

Tab. č. 21 - Kritéria pro ekologické hodnocení (SOVAK kolektiv autorů, 2008)

Kritéria pro ekologické hodnocení bezvýkopových technologií
Rozsah a charakter výkopových prací
Trvalé či dočasné zábory pozemků (vlastnost a charakter)
Hygienické kritérium, do kterého spadá prašnost, hlučnost atd.
Ovlivnění povrchové i hlubší struktury geologické vrstvy/terénu a podzemních vod
Možnost (stupeň rizika) kontaminace podzemních a povrchových vod (dočasně, případně s dlouhodobými následky apod.)
Možnost, rozsah a kvalita znečištění okolní zeminy (dočasně, případně s dlouhodobými následky apod.)
Možnost, rozsah a kvalita znečištění ovzduší
Stupeň redukce/minimalizace transportní zátěže ŽP při aplikaci konkrétní BT
Rozsah a druh produkce odpadů při realizaci BT
Použité hmoty, kapaliny, chemikálie-jejich druhy, množství, rizikovost, recyklovatelnost
Množství energie, měrná spotřeba při výrobě materiálu a zařízení pro použití konkrétní BT (energetická náročnost výroby)
Ekologická rizika vyplývající z případného nedodržení technologického postupu při konkrétních aplikacích konkrétního druhu BT
Další možné negativní dopady na okolí/místa aplikace BT (např. dopravní zátěž, apod.)
Jiná další kritéria (budou-li identifikována, odůvodněná argumenty a reálně použitelná)



Velmi důležitá je pro ekologické hodnocení modelových situací rozdílnost podmínek v území intravilánu a extravilánu měst a obcí, z níž vychází následující pořadí: (od příznivějších k méně příznivým)

Pro intravilán (zastavěná část) měst a obcí:

- BT úměrných typů sdružených tras inženýrských sítí a tras s využitím různých typů ochranných konstrukcí IS (chrániček, montážních kanálů, atd.),
- všechny typy BT charakterizované termínem výstelka či vložkování s tím, že tzv. rukávcový nebo hadicový relining zůstává až za ostatními typy pro svá některá rizika aplikace. *(SOVAK kolektiv autorů, 2008)*

Pro extravilán (nezastavěné území) měst a obcí:

- typy BT vázané na nadzemní trasu IS s odpovídajícími způsoby ukládání IS,
- další pořadí je pak silně ovlivněno případným zpřísněním podmínek modelové situace, v prvním případě se lépe projevují a mají lepší hodnocení BT charakterizované termínem výstelka a vložkování, s výjimkou tzv. rukávcového reliningu. *(SOVAK kolektiv autorů, 2008)*

Dále se zvažují ekologicky citlivé úseky a místa (např. místa křižování vodotečí, zejména významných, místa a úseky přibližující se k recipientu včetně vodních ploch rybníků či jiných vodních nádrží, analogicky včetně míst s rizikovou úrovní hladiny podzemní vody, místa křižování či souběhu s biokoridory a biocentry včetně zahrnutí jejich významnosti, místa s územním ochranným pásem vodních zdrojů a zřidelní struktury přírodních léčivých zřidel či přiblížení se k chráněným územím apod.), s ohledem na hustotu a kvalitu sítě pozemních komunikací a místa vzájemného křižování obou tras, s ohledem na kvalitu a četnost přiblížení se k zastavěnému území měst a obcí či vstupu do intravilánu. *(SOVAK kolektiv autorů, 2008)*

Česká společnost pro bezvýkopové technologie uvedla ve svém zpravodaji NODIG 4/2010 srovnání bezvýkopových technologií s otevřenými výkopy.

Srovnání bezvýkopových technologií s klasickou výstavbou v otevřeném výkopu je tak postaveno na celkové spotřebě pohonných hmot.

**Stanovení modelového úseku**

Aby bylo možné objektivně srovnat technologie výstavby, byl stanoven modelový úsek v podobě výstavby kanalizačního sběrače profilu DN 600 mm v průměrné hloubce 5 m o celkové délce 100 m včetně 3 ks revizních šachet za následujících podmínek. Sběrač je situován v komunikaci. Práce budou prováděny v nesoudržných zeminách třídy těžitelnosti 2 až 4 bez přítomnosti podzemní vody. Vytěžená zemina se bude odvážet na skládku ve vzdálenosti 10 km od místa stavby. Pro zpětný zásyp se bude dovážet recyklát z třídírny ve vzdálenosti 5 km. Pro návrh bezvýkopové technologie se použije jedna z nejběžněji používaných metod – protlak ocelového potrubí. Níže uvedené srovnání technologií výstavby nebere v potaz náklady na dopravu stavebního materiálu (potrubí, šachetní komponenty, poklopy atd.), které jsou pro obě zvolené metody výstavby víceméně totožné. (NODIG, 2010)

Otevřený výkop - popis provádění prací a stanovení spotřeby PHM

Sběrač bude hlouben v otevřené rýze šířky 1,6 m za použití těžkých pažících boxů. Po položení potrubí bude prováděn hutněný zásyp po vrstvách 30 cm. Objem výkopu, který bude nutné odvézt na skládku, bude činit celkem cca 800 m<sup>3</sup> (1330t). Pro zpětný hutněný zásyp bude nutné přivést cca 657 m<sup>3</sup> (1020t) recyklátu. Délka výstavby tohoto kompletního úseku bude trvat 1 měsíc. Práce bude probíhat i v sobotu tj. 24 směn. Celková spotřeba pohonných hmot při výstavbě 100 m kanalizace a kanalizačního sběrače profilu DN 600 mm při výstavbě v otevřené rýze tak teoreticky činí 5600 l. (NODIG, 2010)

Tabulka č. 22 - výpočet spotřeby pohonných hmot (SPHM) pro otevřený výkop (NODIG, 2010)

	Spotřeba (l/100km)	počet jízd na odvoz	Jedna jízda	SPHM celkem (l)
Odvoz výkopu nákladními auty TATRA (10t)	48,2	133	20	1282
Dovoz zásypového materiálu TATRA (10t)	48,2	102	10	492
	Spotřeba (l/mth)	Počet mth za směnu	Počet směn	SPHM celkem (l)
Kolový bagr CAT (lžíce 1m <sup>3</sup> )	10,6	8	24	2035
Autojeřáb	8,5	2	16	272
Kolový nakladač typu UNC	6,2	8	24	1190
Vibrační válec	3,5	4	20	280
Vibrační pěch	0,9	2	20	36
Řezačka na asfalt	1,4	8	1	11
Celkem spotřeba PHM v pro otevřený výkop				5599

Bezvýkopová technologie - popis provádění prací a stanovení spotřeby PHM

Kanalizační sběrač bude prováděn pomocí protlačování ocelového potrubí DN 1000 mm do, kterého bude následně zataženo potrubí DN 600 mm. Mezikruží mezi potrubím a chráničkou bude vyplněno betonovou směsí. Protlaky budou realizovány ze dvou startovacích šachet o rozměrech 2,0 x 3,0 m (hl. 5,5 m) a bude provedena jedna šachta koncová o rozměrech 2,0 x 3,0 m (hl. 5 m). Objem zemních prací 160 m<sup>3</sup> (270 t). Objem zeminy vytěžené protlakem bude celkem 80 m<sup>3</sup> (130 t). Pro zpětný hutněný zásyp dvou startovacích šachet a jedné koncové šachty bude nutné přivést cca 220 t recyklátu. Délka bezvýkopové výstavby tohoto kompletního úseku bude trvat 2 měsíce. Pracovat se bude ve dvojsměnném provozu. Celková spotřeba pohonných hmot při výstavbě 100 m kanalizace a kanalizačního sběrače profilu DN 600 mm pomocí protlačování ocelové chráničky DN 1000 mm tak činí 1380 l. V rámci objektivit tohoto srovnání je nutné vzít v potaz spotřebu el. energie, která je při bezvýkopových technologiích většinou využívána zejména pro pohon protlačovací a otočného jeřábků s výložníkem. (NODIG, 2010)

Tabulka č. 23 - výpočet spotřeby pohonných hmot (SPHM) pro bezvýkopovou technologii (NODIG, 2010)

	Spotřeba (l/100km)	Počet jízd na odvoz	Jedna jízda	SPHM celkem (l)
Odvoz výkopu nákladními auty TATRA (10t) - z šachet	48,2	27	20	260
Odvoz výkopu nákladními auty TATRA (10t) - z protlaku	48,2	13	20	125
Dovoz zásypového materiálu TATRA (10t)	48,2	22	10	106
	Spotřeba (l/mth)	Počet mth za směnu	Počet směn	SPHM celkem (l)
Kolový bagr CAT (lžice 1m <sup>3</sup> )	10,6	4	20	848
Autojeřáb	8,5	0	0	0
Kolový nakladač typu UNC	6,2	0	0	0
Vibrační válec	3,5	0	20	0
Vibrační pěch	0,9	4	10	36
Řezačka na asfalt	1,4	4	1	6
Celkem spotřeba PHM v pro bezvýkopovou technologii				1381

### Shrnutí výsledků

Spotřeba PHM při klasické výkopové výstavbě je 4 x vyšší než při použití bezvýkopové technologie. Je možné zároveň konstatovat, že stejný poměr se bude týkat i emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší. Lze také nalézt řadu protichůdných argumentů, kterými lze tyto výsledky zpochybnit a napadnout jejich vypovídací hodnotu.

Například zastánce klasické výstavby by mohl argumentovat, že použitím ocelové chráničky pro potrubí a ocelových rámců v šachtách bylo nutné do výpočtu zahrnout i energetické náklady na jejich výrobu v ocelárně. Odpůrce by mohl namítnout, že výroba těžkých pažicích boxů a jejich přeprava měla též dopad na produkci emisí.

Příznivec BT by mohl přesvědčivě tvrdit, že ve výpočtu nebyla uvažována eventualita, která by počítala se zvýšenou spotřebou pohonných hmot vyvolanou objízdami trasami z důvodu úplné nebo částečné uzávěry komunikace v případě realizace kanalizace v otevřeném výkopu. Zde by se nemuselo jednat o zanedbatelné částky. Dále je nutné uvést, že nebyly zohledněny náklady resp. spotřeba pohonných hmot při obnově povrchu komunikace do původního stavu. Pro srovnání rozsah ploch a zasažených povrchů v modelovém případě činí u realizace v otevřené rýze 160 m<sup>2</sup> a v případě protlačování 30 m<sup>2</sup>. Tedy více jak poměr 5:1. (NODIG, 2010)

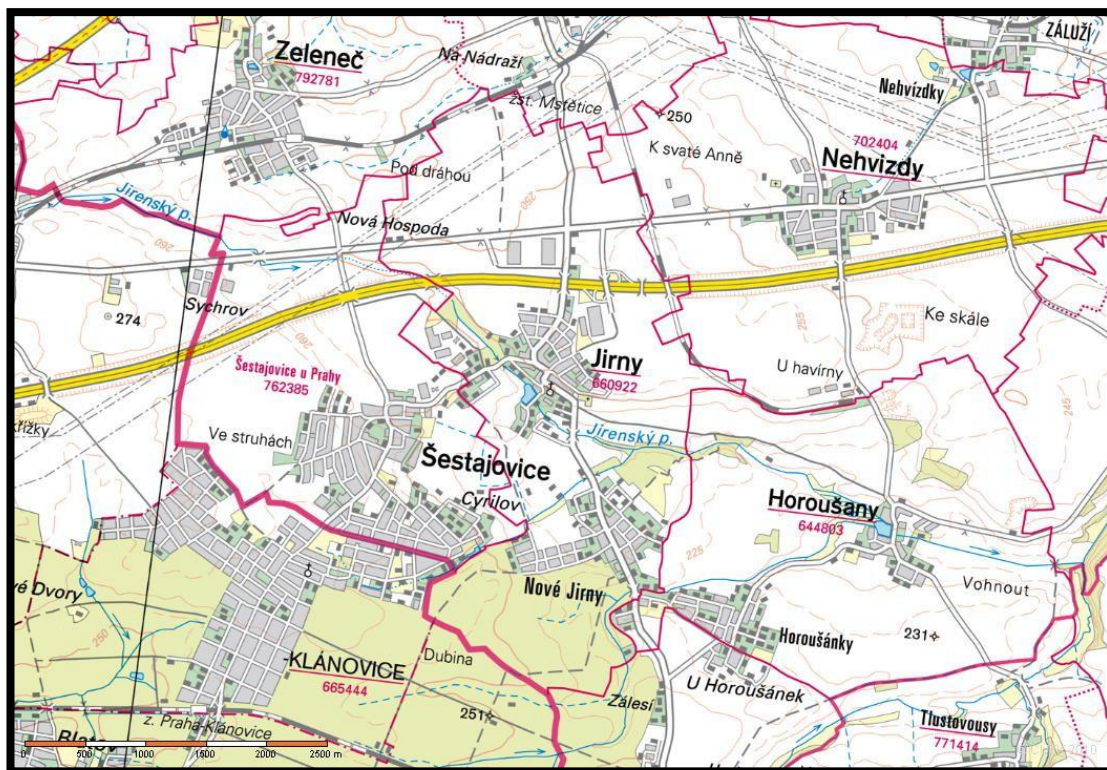
## 6. Konkrétní případ sanace pomocí BT

### 6.1. Identifikační údaje stavby

Název stavby	: Skladová zóna Jirny – II. etapa Skladový areál – haly DC 4, DC 5 SO 433 – Splašková kanalizace SO 434a – ČS splaškových vod 1 SO 434b – ČS splaškových vod 2
Místo stavby	: katastrální území Jirny
Stupeň proj. dokumentace	: Dokumentace pro stavební řízení

### 6.2. Charakteristika území

Obec Jirny s částí Nové Jirny leží na silnici spojující města Brandýs nad Labem - Stará Boleslav a Úvaly, při dálnici D11 z Prahy na Hradec Králové nebo při cestě z Prahy - Horní Počernice na Poděbrady. GPS souřadnice města jsou 50. 114723 severní šířky, 14. 699148 východní délky. Území je morfologicky rovinné, nacházejí se zde mezozoické horniny (pískovce, jílovce). Průměrná nadmořská výšky obce Jirny je 237 m. n. m. Území sousedí z jižní strany s Klánovickým lesem - Vidrholec a Klánovicemi, západní hranici tvoří Šestajovice a Horní Počernice, severní Zeleneč a Nehvizdy, na východě Horoušany a Úvaly. Vnitřní území mezi Šestajovcemi a Jirny je uzavřená oblast pro zemědělské využití. V Jirnech se nachází soukromý Návesní rybník. Další rybníky již zanikly. Území Jiren patří do tří povodí Jirenského potoka, Šestajovického potoka a Horoušáneckého potoka. (*Obec Jirny, 2011*), (*Národní geoportál INSPIRE, 2012*)



Obr. č. 37 – Poloha obce Jirny (ČÚZK - Nahlížení do katastru nemovitostí, 2012)

### 6.3. Popis kanalizační sítě

Splašková kanalizace je řešena stokami S (sever) a J (jih). Sanace probíhala na stoce S, která je zaústěná do čerpací stanice 1.

#### **Stoka S**

Stoka S je ze žebrovaného potrubí z polypropylenu DN 250 délky 400,89 m. Na stoce je 10 vstupních šachet. Stoka je zaústěná do čerpací jímky čerpací stanice 1. Stoka má jednotný sklon nivelety 0,35 %. V šachtě S1 je do stoky zaústěná stoka S-1 ze žebrovaného potrubí z polypropylenu DN 250 délky 96,79 m. Na stoce S-1 jsou 2 vstupní šachty. Stoka má minimální sklon 0,6 % a maximální sklon 1,6 %. Do stoky S je zaústěno 5 přípojek, do stoky S-1 je zaústěna 1 přípojka.

#### **Přípojky**

Přípojky jsou ze žebrovaného potrubí z polypropylenu DN 200 a jsou zaústěny do stok přes oblouk 45° a jednostrannou odbočku 250/200 45°. Přípojky, které jsou na konci stok, budou zaústěny do koncových šachet. Celková délka přípojek je 318,50 m.

### **Vstupní šachty**

Vstupní šachty jsou z prefabrikovaných betonových dílů DN 1000 mm. Spodní díl je opatřen ochranným nátěrem. Poklopy šachet jsou pro zatížení D 400.

### **Uložení potrubí**

Potrubí je uloženo v paženém výkopu minimální šířky mezi pažením 800 mm na vrstvě písku (šterkodrti) mocnosti 100 mm. Potrubí je do výše 100 mm nad vrchol obsypáno pískem (šterkodrti). Zásyp rýhy je hutněným výkopkem.

### **Čerpací Stanice splaškových vod 1 (ČS 1)**

Čerpací stanice je osazena u dešťové nádrže sever v severovýchodním okraji zóny. Čerpací stanice je osazena v čerpací jímce světlosti 2 000 mm z prefabrikovaných železobetonových dílů z vodostavebného betonu. Do čerpací jímky je zaústěna stoka S. Čerpací stanice je osazena dvěma ponornými čerpadly s řezacím kolem (jedno čerpadlo je provozní, druhé záložní). Provoz čerpací stanice je plně automatické se střídavým provozem jednotlivých čerpadel. Maximální čerpané množství čerpací stanice je 2 l/s, potřebná výtlačná výška včetně ztrát v potrubí je 19,0 m. Kóta dna jímky je 246,00, zapínací hladina čerpadel je 247,00 a vypínací hladina čerpadel je 246,15. Na potrubí bude provedena tlaková zkouška podle ČSN 75 0905. Vodotěsnost čerpací jímky bude zkoušena podle ČSN 75 5911. Armatury a tvarovky jsou z tvárné litiny opatřené epoxidovým ochranným lakem pro tlak PN 10.

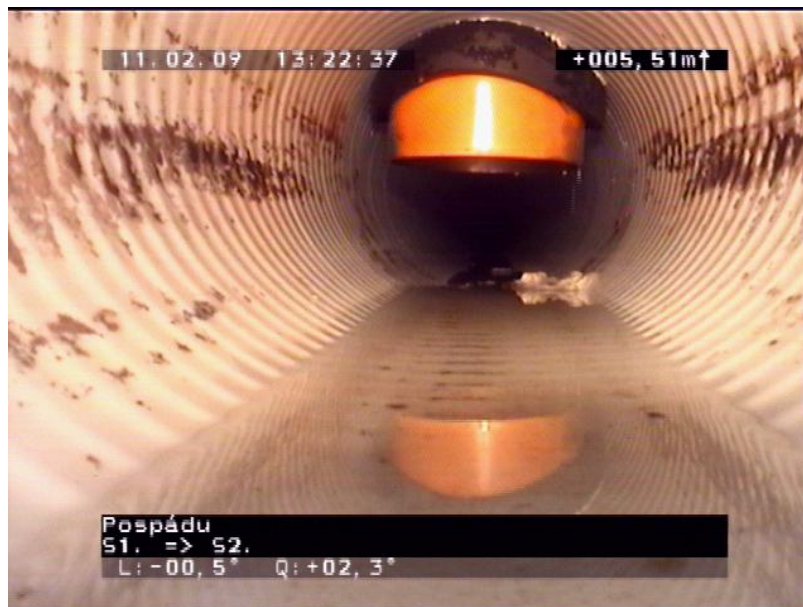
## **6.4. Současný stav kanalizační sítě**

Kamerový průzkum byl proveden v roce 2009, k samotné realizaci sanace došlo až v březnu roku 2012. Posuzovány byly úseky stoky S mezi šachtami S1 – S6 (dle projektu). Značení použité firmou ZETA je následující S1, S2, S3, S4, S5, S6.

Kamerovým průzkumem, byly vyhotoveny přílohy:

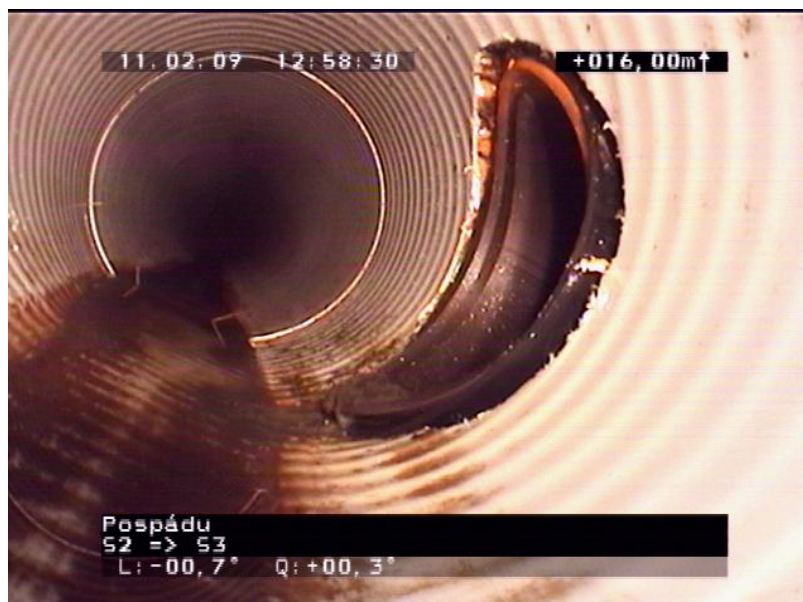
- na potrubí S1- S2,
- na potrubí S2 – S1,
- na potrubí S2 – S3,
- na potrubí S3 – S4,
- na potrubí S4 – S5,
- na potrubí S5 – S6.

Na potrubí byla měřena spádovost a výškový profil potrubí viz příloha 1 – 6. Na záznamech z kamerového průzkumu je patrné, že nebyly použity odbočky pro napojení přípojek. Na potrubí S1 – S2 je přípojka zaústěna do horní části stoky viz obr. č. 38.



Obr. č. 38 - Zaústěná přípojka do horní části stoky na potrubí S1 – S2. (ZETA CZ s.r.o., 2009)

Na stoce S je mezi šachtami S2 - S3 (staničení 16,00 m ve směru toku) nedoraženým spoj potrubí viz obr. č. 39.



Obr. č. 39 – Nedoražený spoj na potrubí S2 – S3. (ZETA CZ s.r.o., 2009)



Po celé délce uloženého potrubí byly zjištěny mírné nedostatky v dodržení sklonu potrubí. Již při projektování kanalizačního potrubí byly navrženy malé sklony, které nejsou v souladu doporučenými normami. Při takto malých sklonech každá výšková odchylka hraje zcela zásadní roli v rychlostech průtoku stokou, a tudíž umožňuje zanášení stoky. Protože průtoky jsou způsobeny malým množstvím protékajících splaškových vod, nedosahují hodnoty skutečných (průřezových) rychlostí potřebné rychlosti 0,7 m/s (dle ČSN 75 6101), aby nedocházelo k zanášení stok, je nutno zajistit potřebnou údržbu (proplachování a čištění stoky).

Potrubí S1 – S2: viz příloha 7.

- staničení 0,70 m – hladina vody 5%,
- staničení 4,05 m – hladina vody 5%
- staničení 5,51 m – hladina vody 5%, vyčnívající kanalizační přípojka.

Potrubí S2 – S1: viz příloha 8.

- staničení 0,72 m – hladina vody 3%,
- staničení 12,37 m – hladina vody 4%,
- staničení 17,44 m – vyčnívající kanalizační přípojka.

Potrubí S2 – S3: viz příloha 9.

- staničení 2,73 m – hladina vody 4%,
- staničení 16,00 m – napojení kanalizační přípojky nedoražený spoj potrubí,
- staničení 22,43 m – hladina vody 5%,
- staničení 38,31 m – hladina vody 5%,
- staničení 45,62 m – hladina vody 5%.

Potrubí S3 – S4: viz příloha 10.

- staničení 3,97 m – hladina vody 5%,
- staničení 9,58m – hladina vody 4%,
- staničení 16,33 m – hladina vody 5%,
- staničení 37,60 m – hladina vody 4%,
- staničení 45,25 m – hladina vody 5%.

Potrubí S4 – S5: viz příloha 11.

- staničení 31,54m – hladina vody 4%,
- staničení 36,51 – hladina vody 5%,
- staničení 42,36 m – vadné napojení přípojky, nedoražený spoj,
- staničení 42,88 m – hladina vody 7%,

Potrubí S5 – S6: viz příloha 12.

- staničení 10,99 – napojená kanalizační přípojka,
- staničení 27,30 – hladina vody 5%,

Celý kamerový průzkum potrubí je v příloze 1 – 12.

### **6.5. Průběh sanace ve skladovém areálu Jirny**

Sanace kanalizační sítě byla provedena metodou inverzního sklolaminátového tkaného rukávce.

Před zahájením sanačních prací museli být všechny úseky důkladně vyčištěny. Čištění stok se provedlo pomocí vysokotlakého čištění, kdy jsou odplaveny všechny sedimenty. Po pročištění byla celá stoka prohlédnuta kanálrobotem, který vyhledá všechny případné poruchy. Úkolem robota je přesně lokalizovat a zaznamenat všechny přípojky. Při závěrečných pracích je kanálrobot na tyto přípojky zpětně naveden a pomocí frézy je zprůchodní.

Sanační práce se zahájili sycením sklolaminátového tkaného rukávce směsí epoxidové pryskyřice a tvrdidla. Tento rukávec byl naruby, zvenku byl chráněn budoucím vnitřním povrchem stoky, uvnitř je sklolaminátová tkanina, která později přilne k ostění původní stoky. Poměr pryskyřice a tvrdidla je přesně stanoven a je systematicky kontrolován. Plnění rukávce napomáhá podtlak, který je z jeho konce vyvolán tlakovými vývěvami. Rukávec je postupně naplněn na délku pracovního stolu.



Obr. č. 40 - Plnění válce směsí pryskyřice a tvrdidla (na začátku a v průběhu práci)

Rukávec je postupně protahován skrz kalibrační válce. Jejich rozteč je přesně stanovena a určuje množství tvrdící směsi, která v rukávci zůstane. Vytahováním rukávce se pryskyřice s tvrdidlem zatlačují do jeho dalších částí. Ve chvíli, kdy je v rukávci tvrdící směs zcela zpracována, se prováděné práce zastaví. Rukávec je naříznut a poté dojde k naplnění směsí. Množství směsi je přesně spočítáno na délku celého rukávce. Po naplnění dalšího úseku je otvor zalepen speciálním lepidlem.



Obr. č. 41 - Vytahování rukávce přes kalibrační válce a jeho zavádění do stoky.

Po nasycení první části se rukávec provlékne manžetou, zvrátí naruby a zajistí. Tím je celá sanace v podstatě připravena. Tlakem vodního sloupce se rukávec vytlačuje a po zavedení do sanované stoky již pomocí pryskyřice ulpívá na ostění. Proces probíhá vždy mezi jednotlivými revizními šachtami, proto není potřeba jakéhokoliv výkopu. Instalace rukávce probíhá za provozu, rukávec celou stoku utěsní.



Obr. č. 42 - Instalace manžety.

Po utěsnění rukávem je nutné z počáteční šachty odčerpávat splašky. Splašky jsou hadicemi převáděny až za konec celého sanovaného úseku. Kvůli bezpečnosti musí být čerpadlo zálohované, při potížích by vzduťá voda mohla vystoupat do okolních objektů. Rukávec poté prochází kompletně celým potrubím, dojde k ucpání všech přípojek. V případě, že se z kontrolní věže spouštěl konec rukávce, znamená to, že proces jeho instalace je přesně v půlce. Tento konec se vodotěsně zajistí opět pomocí plechových pásek a naváže se na něj lano a spolu s ním hadice pro následný rozvod teplé vody. Lanem se kontroluje rychlost provlékání rukávce potrubím. V momentě kdy konec rukávce dosáhne konce sanovaného úseku je jeho instalace hotová.



Obr. č. 43 - Rukávec procházející mezilehlou revizní šachtou.



Obr. č. 44 - Zapouštění konce rukávce a jeho zajištění.

Následuje proces vytvrzování. Těsné přilnutí rukávce ke stěně původní stoky je zajištěno hydrostatickým tlakem, který je soustavně kontrolován. Tento tlak je zajištěn konstantní hladinou vody v instalačním rukávci. Vytvrzování se provádí pomocí horké vody. Voda o teplotě 80°C musí pro dokonalé vytvrzení působit 4 hodiny. Na tuto teplotu musí být postupně ohřívána a později se musí také pomalu ochlazovat. Nejvyšší rychlost ohřevu je dána technologickým postupem. Délka ohřevu je dána hlavně délkou a profilem potrubí, čím větší, tím samozřejmě trvá ohřev vody déle. Díky zavedení topné hadice nakonec potrubí funguje celý rukávec jako velký radiátor, ve kterém voda cirkuluje.

Po vytvrzení ještě musí robot vyříznout otvory pro přípojky, které si před začátkem sanace přesně zaměřil. Tento robot také může být vybaven hladítky a vlastním přívodem pryskyřice s tvrdidlem, tak aby mohl případně utěsnit špatně provedené napojení přípojky.

Také jsou vyříznuty otvory v revizních šachtách, ve kterých rukávec prochází.

## 7. Diskuze

Bezvýkopové technologie jsou v současné době nepostradatelnou technologií při výstavbě, rekonstrukci či sanaci tlakových i gravitačních kanalizací. K naprostým výhodám těchto metod patří možnost provádění směrově složitých tras s naprostou minimalizací nevýhod jako například: vyhýbání se překážkám pod povrchem, dopravním dlouhodobým uzávěrám a komplikacím v dopravě především v centrech měst a obcí. Jako přednost této technologie je především minimálně nutný zásah v místě sanace. S použitím této technologie klesají náklady na:

- výkopové práce,
- uskladnění vytěženého materiálu,
- zásypané hmoty,
- hutnění,
- uvedení lokality do původního stavu s možností původního užívání.

Nezanedbatelné hledisko je i ekologická likvidace povrchových materiálů vozovek a komunikací. Při použití bezvýkopových technologií nedochází v podstatě k žádnému narušení povrchu terénu či vozovky a v souvislosti s ochranou životního prostředí a ekologie nedochází k nadměrnému zatížení jednotlivých okolních lokalit vlivem zpomalení automobilové dopravy její rychlosti a délky objízdných tras. Životní podmínky se v lokalitě realizace sanace mění naprosto minimálně a zůstává zachována v podstatě bez omezení jakákoli povrchová doprava a komunikace. Za použití těchto technologií jsou téměř nedotčeny životní podmínky a parametry občanů, kterých se bezprostředně realizace týká. Pokud jde o samotnou stavební připravenost realizace, tak ta je také minimální. Bezvýkopové technologie mají v porovnání s klasickými výkopy opravdu mnoho výhod například: odpadá vysoká prašnost při provádění výkopu, zvýšená hluchost vlivem používání těžké techniky a automobilů. Vlivem výkopových technologií mnohdy vznikají nechtěné destrukce ostatních inženýrských sítí ať z důvodu nesprávné projektové dokumentace či lokalizace. Důsledkem toho je, zbytečné prodlužování termínů realizace sanace kanalizační sítě a vzrůstá i ekonomická náročnost stavby.

Z posouzení současného stavu kanalizační sítě v konkrétním případě obce Jirny pravděpodobně došlo k závažným chybám již v době projektování původní kanalizační sítě, kdy byl nevyhovující sklon stoky mezi jednotlivými šachtami, a nebyla dodržena předepsaná rychlost proudění stokou dle ČSN 75 6101. Další příčinou problémů může být nedodržení projektové dokumentace firmou realizující kanalizační síť. V určitých úsecích stok vlivem malého sklonu a průhybu potrubí zůstávala nadržena voda. V důsledku těchto jevů docházelo k časté neprůchodnosti potrubí a šachet. Z důvodů stále se opakujících problémů byl proveden kamerový průzkum a po jeho vyhodnocení bylo rozhodnuto o sanaci této kanalizace. Cílem této sanace bylo zlepšení průtokových poměrů v sanovaných stokách. K tomuto účelu byla zvolena sanace kanalizační sítě s použitím bezvýkopových technologií. Sanace se prováděla metodou inverzního sklolaminátového tkaného rukávce. Při realizaci byl dodržen přesný postup revize, čištění, lokalizování vad i samotné sanační technologie a vytvrzování tkaného rukávce za pomoci horké vody. Posledním krokem před dokončením sanace touto metodou bylo vyříznutí otvoru pro přípojky a revizní šachty. Za použití této technologie bylo dosaženo uspokojivých parametrů sanace.

Vzhledem k malému sklonu a průhybu potrubí, kde zůstávala nadržaná voda, bych navrhla sanaci kanalizační sítě v tomto případě metodou rozrušení potrubí a protažení nového potrubí (Pipe Bursting ). Metoda spočívá v tom, že se sanované potrubí rozruší trhací hlavou, za kterou je připojeno rozšiřovací pouzdro a pneumatické kladivo. Rozšiřovací pouzdro roztlačuje rozrušené potrubí do okolní zeminy a do vytvořeného prostoru je zatažené nové potrubí v libovolném sklonu. Touto metodou by se vyřešily oba dva problémy současně.

Směry vývoje bezvýkopových technologií:

Na základě historického vývoje bezvýkopových technologií v našich podmínkách, lze očekávat, že další vývoj bude probíhat s následujícími předpoklady:

- pokračující nepřetržitý vývoj používaných a nových bezvýkopových technologií a materiálů,

- prodloužení technologického maxima jednotlivých bezvýkopových technologií, tedy délky části trubního systému obnovovaného v jediné instalaci a v nepřerušném pracovním cyklu s dopadem na zkracování doby realizace,
- nárůst technické aplikovatelnosti a využívání bezvýkopových technologií i v těch případech, kde to dříve ještě nebylo technicky možné,
- zjišťování řízení kvality systémovými prostředky s minimalizací, případně bez vlivu lidského faktoru,
- nárůst významu ekologických aspektů kladených na provádění obnov rekonstrukcí a na BT samotné,
- stále rostoucí počet aplikací bezvýkopových technologií v extravilánech (dálkové přivaděče vody, chráněná území, apod.)
- prohlubující se specializace a diferenciacie techniky odlišných bezvýkopových technologií
- nezbytnost rozšíření bezvýkopových technologií v intravilánech z důvodů zachování únosného životního prostředí především v historických jádrech měst,
- razantní nárůst využívání BT jako důsledek předchozích faktorů na úkor klasických metod obnovy. (*SOVAK kolektiv autorů, 2008*)



## 8. Závěr

V první a druhé části práce je uvedena stručná historie bezvýkopových technologií, přehled základních pojmů, cíle práce a metodika.

Ve třetí části jsou uvedeny trubní materiály pro výstavbu stokových sítí dle dostupné odborné literatury podrobně se zabývající trubními materiály od Ing. Josefa Šejnohy. Jsou zde uvedeny trouby z kameniny, betonu, železobetonu, plastů, litiny a sklolaminátů. U každého materiálu je popsán výrobní postup, fyzikální vlastnosti, výrobní parametry a jeho výhody i nevýhody. V minulých letech byla nejpoužívanějším materiálem kamenina k výstavbě a obnově podzemních vedení. Dnes se nejčastěji používají trouby z plastů, betonu a litiny. V této kapitole jsou uvedeny také příčiny poruch trubních vedení a jejich statistiky.

Ve čtvrté kapitole jsou zpřehledněny bezvýkopové metody oprav a obnov podzemních neprůlezných průřezů dle odborné literatury podrobně se zabývající bezvýkopovou výstavbou a obnovou podzemních vedení od Františka Klepsatele a Jaroslava Raclavského. Bezvýkopové technologie oprav se dělí do tří základních částí: celoplošné opravy vnitřních povrchů, opravy potrubí s narušenou statickou funkcí a obnova podzemních vedení v původní trase. Celoplošné opravy vnitřních povrchů se provádí jen u stok, které nejsou staticky narušené. Velkou výhodou těchto metod je zachování tvaru a velikosti potrubí. Opravy potrubí s narušenou statickou funkcí se označují souborným názvem relining. Spočívají v zatahování nových trub do sanovaného trubního vedení. Sanované potrubí může být porušené příčně i podélně. Obnova podzemních vedení v původní trase je založena na vytahování starého potrubí a zatahování nového potrubí stejného, menšího nebo většího průřezu. Velkou výhodou této metody je, že se obejde bez výkopových prací.

V páté kapitole je zhodnocen vliv bezvýkopových technologií na životní prostředí. Jsou zde uvedeny kritéria pro ekologické hodnocení bezvýkopových technologií. Ekologické hodnocení modelových situací a rozdílnost podmínek intravilánu a extravilánu. Česká společnost pro bezvýkopové technologie uvedla ve zpravodaji NODIG srovnání bezvýkopových technologií s otevřenými výkopy. Výsledkem tohoto průzkumu je, že bezvýkopové technologie jsou ekologicky šetrnější. Nejen ve spotřebě pohonných hmot, kde u otevřených výkopů je spotřeba paliva čtyřikrát

vyšší než u bezvýkopových technologií, ale i v produkování emisí CO<sub>2</sub> do ovzduší. Dále nelze přehlédnout hledisko likvidace odtěžené zeminy a spotřebu zásypových materiálů a jejich zpracování u otevřených výkopů.

Uvedené bezvýkopové technologie oprav podzemního vedení se v praxi uplatňují u specifických oprav a obnov. Každá metoda má své požadavky, výhody i nevýhody. Bezvýkopové opravy trubních vedení jsou především použity v městských oblastech, při výskytu podzemní vody a pod komunikacemi. V posledních letech se bezvýkopové technologie začali rozvíjet a prosazovat z důvodu minimálního narušení dopravy a minimálního dopadu na životní prostředí.

## 9. Použitá literatura

- **Báňské projekty Teplice a.s. 2006.** 2006.
- **Betonika-plus. 2012.** <http://www.betonikaplus.cz/ke-stazeni-155/>. [Online] 2012.
- **Brochier s.r.o. 2012.** <http://www.brochier.cz/3732/bezvypkopove-sanace/>. *Bezvýkopové sanace*. [Online] 2012.
- **České stavby. 2008.** <http://www.ceskestavby.cz>. [Online] 2008.
- **ČSN-12889. 2001.** *ČSN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. Praha : Český normalizační institut, 2001.
- **ČÚZK - Nahlížení do katastru nemovitostí. 2012.** <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberKatastr.aspx>. [Online] 2012.
- **Duktus. 2012.** <http://www.duktus.cz/produkty.html>. *Duktus litinové systémy s.r.o.* [Online] 2012.
- **František Klepsatel, Jaroslav Raclavský. 2007.** *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. Bratislava : JAGA, 2007. ISBN 978-80-8076-053-3.
- **HOBAS. 2012.** <http://www.hobas.cz/sluzby/ke-stazeni.html>. *Sklolaminátové trouby*. [Online] 2012.
- **Ing.Jiří Šejnoha. 2003.** *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí*. Praha 1 : Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2003.
- **M. Esterková, F. Klepsatel, V. Vaněk, I. Vávra, P. Vinarský. 1998.** *Bezvýkopová obnova podzemních vedení*. Praha : GAS s.r.o., 1998. ISBN 80-902339-9-6.
- **Maincor. 2006.** <http://www.maincor.cz/maincor/produkty/bezvypkopove-technologie>. [Online] 2006.

- **Národní geoportál INSPIRE. 2012.** <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>. [Online] 2012.
- **NODIG, Zpravodaj. 2010.** [http://www.czstt.cz/zpravodaj\\_nodig.htm](http://www.czstt.cz/zpravodaj_nodig.htm). *Zpravodaj Nodig*. [Online] 2010.
- **Obec Jirny. 2011.** <http://www.jirny.cz/info.htm>. [Online] 2011.
- **Plastmont. 2012.** <http://www.plastmont.cz>. [Online] 2012.
- **PRS Rohrsanierung. 2005.** <http://www.prsrohrsanieung.de/deutsch/downloads/04uliner.pdf>. [Online] 2005.
- **RESAT-Praha. 2012.** <http://www.volny.cz/resatpraha/trolining.htm>. [Online] 2012.
- **Sborník přednášek Proceedings. 2010.** *15. konference o bezvýkopových technologiích 14. a 15. září 2010 Liberec*. Praha : autor neznámý, 2010.
- **SOVAK Ing. Josef Novák. 2003.** *Příručka pro provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy : Medium, spol. s.r.o., 2003. ISBN 80-238-9947-3.
- **SOVAK kolektiv autorů. 2008.** *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Praha : Medium, spol. s.r.o, 2008. ISBN 978-80-87140-07-9.
- **Steinzeug-Keramo. 2009.** [http://www.steinzeug-keramo.com/CMS/all\\_Brochures\\_cs.mfpx?ActiveID=11219](http://www.steinzeug-keramo.com/CMS/all_Brochures_cs.mfpx?ActiveID=11219). [Online] 2009.
- **Underground solutions, Pipe bursting. 2011.** <http://www.undergroundolutions.com/pipe-bursting.php>. [Online] 2011.
- **Wawin, Kanalizační potrubí. 2009.** <http://www.wavin.com>. *Kanalizační potrubí*. [Online] 2009.
- **ZETA CZ s.r.o., Revize kanalizace TV kamerou, 2009.** <http://www.zeta-kanalizace.cz>. [Online] 2009.

## 10. Přílohy

- **Příloha 1.** Spádovost a výškový profil potrubí S1. – S2.
- **Příloha 2.** Spádovost a výškový profil potrubí S2. – S1.
- **Příloha 3.** Spádovost a výškový profil potrubí S2. – S3.
- **Příloha 4.** Spádovost a výškový profil potrubí S3. – S4.
- **Příloha 5.** Spádovost a výškový profil potrubí S4. – S5.
- **Příloha 6.** Spádovost a výškový profil potrubí S5. – S6.
- **Příloha 7.** Kamerový průzkum potrubí S1. – S2.
- **Příloha 8.** Kamerový průzkum potrubí S2. – S1.
- **Příloha 9.** kamerový průzkum potrubí S2. – S3.
- **Příloha 10.** Kamerový průzkum potrubí S3. – S4.
- **Příloha 11.** Kamerový průzkum potrubí S4. – S5.
- **Příloha 12.** Kamerový průzkum potrubí S5. – S6.