

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

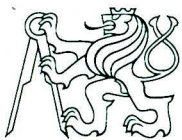
**STAVEBNÍ PŘIPRAVENOST PRO UKLÁDÁNÍ POTRUBÍ
BEZVÝKOPOVOU TECHNOLOGIÍ**

**CONSTRUCTION READINESS FOR PIPE LAYING USING
TRENCHLESS TECHNOLOGY**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.

Leden 2017

Aleš Landsdorf



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Landsdorf	Jméno: Aleš	Osobní číslo: 380847
Zadávací katedra: Katedra zdravotního a ekologického inženýrství		
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství		
Studijní obor: 3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Stavební připravenost pro ukládání potrubí bezvýkopovou technologií	
Název diplomové práce anglicky: Construction readiness for pipe laying using trenchless technology	
Pokyny pro vypracování: Téma bude zpracováno na základě řešerše předmětných normových a legislativních podkladů, odborné literatury a výrobních katalogů strojů a mechanizace pro bezvýkopové technologie. Dále budou osloveny prováděcí firmy formou dotazníku, kdy budou zjišťovány používané typy strojů pro různé modelové případy (kombinace průměru potrubí, typu materiálů a geologických podmínek na staveništi). Pro jednotlivé stroje budou zpracovány přehledy minimálních nutných rozměrů stavebních jam, pracovních prostorů kolem stroje a prostorové požadavky pro přípravu ukládaného potrubí a dopravu stroje na staveniště.	
Seznam doporučené literatury: ČSN EN 12 889, ČSN EN 1610, zpravodaje NODIG (www.czstt.cz), Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací (SOVAK, 2008), Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení (F. Klepsatel, J. Raclavský, 2008)	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.	
Datum zadání diplomové práce: 4.10.2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017 <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

5. 70. 20 76	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

V Roudnici nad Labem, 8. 1. 2017

.....

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Karlu Křížovi Ph.D. za jeho rady, připomínky a odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat všem respondentům a dalším osloveným odborníkům za ochotu spolupracovat.

Abstrakt

Hlavním tématem diplomové práce je na základě rešerše předmětných normových, legislativních podkladů, odborné literatury a výrobních katalogů strojů pro bezvýkopové technologie zpřehlednit bezvýkopové metody pro pokládku potrubí a vytvoření základní projekční pomůcky sloužící jako prvotní síto při výběru bezvýkopové technologie. Dalším cílem práce je stanovit prostorové požadavky jednotlivých metod z hlediska stavební připravenosti.

Klíčová slova

Bezvýkopová technologie, stavební připravenost, stavební jámy, potrubí

Abstract

The main topic of the thesis is based on the research in question normative, legal documents, scientific literature and catalogs manufacturing machines for trenchless technology methods to streamline the trenchless pipe-laying and create a basic projection equipment serving as an initial screen in selecting trenchless technology. Another aim is to determine the spatial requirements of different methods from the standpoint of construction readiness.

Key words

Trenchless technology, construction readiness, construction pits, pipelines

OBSAH

1	ÚVOD.....	- 2 -
2	CÍLE	- 3 -
3	REŠERŠE.....	- 4 -
3.1	Geologie.....	- 4 -
3.2	Prostorové uspořádání inženýrských sítí	- 6 -
3.3	Metody bezvýkopových technologií.....	- 11 -
3.4	Využívané materiály	- 30 -
3.5	Dimenze potrubí	- 41 -
4	METODIKA.....	- 58 -
5	VÝSLEDKY.....	- 59 -
5.1	Využitelnost metod pro instalaci nového potrubí.....	- 59 -
5.2	Využitelnost opravných bezvýkopových metod.....	- 60 -
5.3	Prostorové nároky bezvýkopových metod.....	- 61 -
5.4	Manévrovací možnosti dopravních prostředků.....	- 102 -
6	ZÁVĚR.....	- 108 -
7	SEZNAM PŘÍLOH	- 110 -
8	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ.....	- 111 -
9	SEZNAM OBRÁZKŮ, FOTODOKUMENTACE.....	- 114 -
10	ZDROJE	- 115 -

1 ÚVOD

Výstavba, oprava a obnova podzemních vedení je důležitým a trvalým úkolem stavebnictví. Vzhledem k tomu, že většina podzemního vedení se nachází pod ulicemi měst a obcí a k stálému růstu intenzity dopravy, je stále složitější splnit tento úkol tradičními metodami (otevřených výkopů). Tento fakt vyvolal v posledních 25 letech rozvoj bezvýkopových technologií, při nichž dochází jen k minimálnímu ovlivnění života na povrchu. Avšak tento rozvoj byl poněkud živelný a v ČR zatím neexistuje ucelený systém třídění bezvýkopových metod ani komplexní terminologická norma. (1)

Bezvýkopové technologie vznikaly a dále se rozvíjejí na základě potřeb praxe. Z tohoto důvodu jsou nositeli vědomostí a umu v tomto oboru prováděcí společnosti. Avšak proto, aby se staly opravdovým systémovým nástrojem obnovy a výstavby inženýrských sítí, je třeba zajistit kvalitní technické podklady a rozšířit povědomí lidí rozhodujících o nakládání s touto infrastrukturou a lidí podílejících se na její výstavbě či obnově.(2)

2 CÍLE

Cílem diplomové práce je zpřehlednění bezvýkopových metod ukládání potrubí do zeminového masivu a vytvoření základní projekční pomůcky, jež by měla stanovit možné využití jednotlivých metod a posloužit jako prvotní síto při výběru bezvýkopové technologie.

Dalším cílem je stanovení prostorových požadavků jednotlivých metod a to z hlediska stavební připravenosti, dopravy, pohybu strojů a ukládaného potrubí.

3 REŠERŠE

3.1 Geologie

Při bezvýkopovém ukládání potrubí hraje důležitou roli geologické prostředí v trase vedení. V důsledku nevhodné geologie mohou být některé bezvýkopové metody zcela nepoužitelné. Proto je nezbytné, aby v projektové fázi bylo prostředí řádně prozkoumáno.

Pro potřeby stavebnictví byla sestavena norma ČSN 73 6133 - Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací, která sdružuje geologické vlastnosti hornin a zařazuje horniny do tzv. tříd těžitelnosti v závislosti na obtížnosti jejich rozpojování. Společnosti zabývající se bezvýkopovými pracemi toto rozřazení využívají a s jeho pomocí definují rozsah použitelnosti svého vybavení a možnosti firmy.

3.1.1 Třídy těžitelnosti

Dle aktuální normy ČSN 73 6133 se horniny rozřazují do tří tříd těžitelnosti, které se dále dělí na skupiny. Odborná veřejnost však toto rozdělení příliš neakceptovala z důvodu zhoršení rozlišitelnosti. Tudíž se v praxi stále využívá stará norma ČSN 73 3050, která rozřazuje horniny do 7 tříd v závislosti na obtížnosti jejich rozpojování a odtěžování.

Z tohoto důvodu jsou dále popsány třídy těžitelnosti ve smyslu ČSN 73 3050.

První třída:

Do této třídy spadají soudržné horniny s měkkou konzistencí (např.: hlína, hlinitý písek...) a nesoudržné horniny kypré se zrny do 20 mm, a nebo se zrny nad 20 mm ve více jak desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 1. třídy (např. písek, písek se štěrkem, drobný a střední štěrk...). Dále sem spadá stavební odpad a navážka podobných vlastností jako předešlé horniny 1. třídy. Podle zkrácené charakteristiky tříd těžitelnosti podle způsobu rozpojování sem patří horniny, které lze nabírat lopatou či nakladačem.(3)

Druhá třída:

Do této třídy spadají soudržné horniny s tuhou konzistencí (např.: hlína, spraš, rašelina...) a nesoudržné horniny středně ulehnuté se zrny do 20 mm, nebo se zrny nad 20 mm a do 50 mm ve větším jak desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 2. třídy, a nebo se zrny nad 50 mm v desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 2. třídy (např. písčité štěrk, střední a hrubý štěrk...). Rovněž sem

spadá i stavební odpad a navážka podobných vlastností jako předešlé horniny 2. třídy. Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozpojitelné rýčem a nakladačem. (3)

Třetí třída:

Do této třídy náleží soudržné horniny měkké až pevné konzistence, nesoudržné horniny ulehnuté se zrny do 50 mm, nebo se zrny nad 50 mm a do 100 mm ve větším jak desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 3. třídy, a nebo se zrny nad 100 mm ve více jak desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 3. třídy (např. hrubý štěrk, štěrk s kameny...), nesoudržné horniny zařazené do 2. a 3. třídy, spojené soudržným tmelem a pokud jejich zrna zůstávají po rozpojení v hručkách, zvětralé pevné horniny s velmi oslabenou strukturní vazbou, hodnocené jako jílovito-písčité zeminy a stavební odpad a navážka podobných vlastností jako předešlé horniny 3. třídy. Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozpojitelné krumpáčem a rypadlem. (3)

Čtvrtá třída:

Do této třídy spadají soudržné horniny pevné až tvrdé konzistence (např.: jíl, písčité jíl, prachová hlína...), nesoudržné horniny se zrny nad 100 mm do 250 mm v desetiprocentním až padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 4. třídy, a nebo se zrny nad 250 mm ve více jak desetiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 4. třídy (např. hrubý štěrk, štěrk s balvany...), nesoudržné horniny zařazené do 2. a 3. třídy, spojené soudržným tmelem a pokud jejich zrna zůstávají po rozpojení v hručkách, navětralé a zvětralé pevné horniny (např.: jílovce, prachovce, vulkanické tufy...) a pevné zvětralé, značně rozpukané horniny porušené podél puklin. Při jejichž rozpojování dochází k šíření rozrušení do okolí (např.: značně rozpukané žuly, ruly, vápence...). Dále sem spadají horniny kašovitě a tekuté konzistence (např.: bahnitě náplavy, tekutý písek, rozložená rašelina...). Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozrušitelné klínem a rypadlem. (3)

Pátá třída:

Do této třídy spadají nesoudržné horniny se zrny nad 100 mm do 250 mm ve více jak padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 5. třídy, a nebo se zrny nad 250 mm do objemu $0,1 \text{ m}^3$ v desetiprocentním až padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 5. třídy (např. hrubý štěrk s kameny, balvany...), nesoudržné horniny zařazené do 4. třídy, spojené soudržným tmelem a pokud jejich zrna zůstávají po rozpojení v hručkách (např.: hrubý štěrk s jílovitým nebo hlinitým tmelem...),

pevné zdravé horniny ve vrstvách do 150 mm (např.: slepence s jílovitým tmelem, jílovce, písčité břidlice...), pevné vyvřelé, přeměněné nebo usedlé horniny navětralé a rozpukané s plochami dělitelnosti menšími než 150 mm (např.: navětralá žula, navětralá rula, navětralý pískovec...), navážka obdobného charakteru jako horniny z 5. třídy a také zamrzlé zeminy. Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozrušitelné rozrývačem, těžkým rypadlem (nad 40 t) nebo trhavinami. (3)

Šestá třída:

Do této třídy spadají nesoudržné horniny se zrny nad 250 mm do objemu 0,1 m³ ve více jak padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 6. třídy, a nebo se zrny nad objem 0,1 m³ v maximálně padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 6. třídy, pevné vyvřelé nebo přeměněné horniny zdravé s plochami dělitelnosti do 1,0 m v lavicové nebo kvádrové odlučnosti a vzdáleností ostatních puklin do 250 mm (např.: žula, rula, andezit...) a zdravé pevné usedlé horniny s plochami dělitelnosti do 1,0 m a se vzdáleností ostatních puklin do 250 mm (např.: balvanovité slepence, vápence, aglomeráty s vápeným a slinitým tmelem...). Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozrušitelné trhavinami a obtížně rozrušitelné rozrývačem. (3)

Sedmá třída:

Do této třídy spadají nesoudržné horniny se zrny nad objem 0,1 m³ ve více jak padesátiprocentním zastoupení z celkového objemu těžené horniny 7. třídy a zdravé pevné masivní horniny nebo horniny s nepravidelnou odlučností, s jednotlivými zaklíněnými hranami a s plochami dělitelnosti vzdálenými více jak 250 mm (např.: křemence, křemité žuly, diority...). Při určování podle rozpojování sem patří horniny rozrušitelné trhavinami. (3)

3.2 Prostorové uspořádání inženýrských sítí

Při ukládání nového potrubí je rozmístění stávající technické infrastruktury zcela zásadní, zvláště pak ve městech, kde je vysoká hustota těchto vedení. A tudíž je potřeba překonávat řadu překážek v podobě křížení či souběhu těchto sítí. Zásady prostorového uspořádání inženýrských sítí řeší norma ČSN 73 6005. Vzhledem k čáře zástavby je předepsána posloupnost jednotlivých vedení a současně se dává přednost ukládání vedení do přidruženého prostoru, to je do nezpevněných částí komunikací, případně pod chodníky pro pěší. Zde najdeme především vedlejší spotřební a rozvodné vedení (telekomunikační

sítě, elektrických rozvodů, uliční kanalizační stoky, plynovodní a vodovodní rozvody...) a podružné vedení (přípojky). V případě nedostatku místa se pak dává přednost sdružení vedení do společné trasy. Pokud není přidružený prostor volný, ukládají se rozvody vyššího významu (hlavní zásobovací a napájecí řady) pod vozovku. V následujících tabulkách (Tabulka 3.1.1.1. Tabulka 3.1.1.2 a Tabulka 3.1.1.3) je uvedeno nejmenší dovolené krytí proti mechanickému poškození, nejmenší vodorovné vzdálenosti při souběžném ukládání a minimální vertikální vzdálenosti při křížení podzemních vedení ve smyslu ČSN 73 6005.(2)(1)

Při rozhodování o možnosti využití bezvýkopových technologií je třeba mít na paměti, že vyšší hustota inženýrských sítí v zájmové oblasti, může znamenat jejich zavržení z důvodu ekonomického i technologického. Každé křížení nebo i blízký souběh sítí totiž vyžaduje vyhloubení sondážních jam a ruční odhalení těchto vedení. Stejně je to i s přípojkami vodovodu, kanalizace, plynovodu či jiných produktovodů. Vysoké množství těchto sondážních výkopů pak může vést k ekonomické neefektivnosti bezvýkopových metod. Z hlediska technologického je třeba dát pozor, aby bylo dodrženo požadované krytí (viz kapitola 5.3) pro jednotlivé technologie, aby nedošlo k poškození ostatních vedení, či nadzvednutí nadloží.

Tabulka 3.1.1.1: Nejmenší přípustné krytí (4)

Druh sítí	Nejmenší přípustné krytí (m)			
	Chodník	Vozovka	Volný terén	
Silové kabely	do 1 kV	0,35	1,00	0,35 (0,70)
	do 10 kV	0,50	1,00	0,70
	do 35 kV	1,00	1,00	1,00
	do 220 kV	1,30	1,30	1,30
Sdělovací kabely	- místní	0,40	0,90	0,60
	- dálkové	0,50	0,90	0,60 (0,90)
	- optické - místní	0,40	0,90	0,60
	- dálkové	0,50	1,20	1,00
Plynovodní potrubí	0,80	1,00	0,80	
Vodovodní sítě	1,00 a 1,60	1,50	1,00 až 1,60	
Tepelné sítě	0,50	1,00	0,50	
Kabelovody	0,60	1,00	0,60	
Stokové sítě a kanalizační přípojky	Podle místních podmínek - doporučuje se min			
	1,00	1,80	1,00	
Potrubní pošta	0,70	1,00	0,70	
Kolektor	0,50	1,00	0,50	

Tabulka 3.1.1.2: Nejmenší přípustné horizontální odstupy při souběhu inženýrských sítí (4)

Druh sítí Hodnoty jsou udány v metrech	Silové kabely				Sdělovací kabely	Plyn. potrubí		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy	
	do 1 kV	do 10 kV	do 35 kV	do 220 kV		do 5 kPa	do 300 kPa								
Silové kabely	do 1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30	0,40	0,60	0,40	0,30	0,10	0,50	0,50	Vnější líc	1,00
	do 10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80	0,40	0,60	0,40	0,70	0,30	0,50	0,50		1,00
	do 35 kV	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80	0,40	0,60	0,40	1,00	0,30	0,50	0,05		1,00
	do 220 kV	0,20	0,20	0,20	0,50	0,80	0,40	0,60	0,40	2,00	0,50	1,00	0,50		1,00
Sdělovací kabely	0,30	0,80	0,80	0,80	0,07	0,40	0,40	0,00	0,80	0,30	0,50	0,20	0,30	1,00	
Plynovodní potrubí	do 5 kPa	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	1,00	0,40	0,40	1,20
	do 300 kPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	1,00	1,00	0,40	1,00	1,20
Vodovodní sítě a přípojky	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,60	1,00	0,60	0,60	0,50	0,60	1,20	
Tepelné sítě	0,30	0,70	1,00	2,00	0,80	0,50	0,50	1,00	-	0,30	0,30	0,30	0,30	1,20	
Kabelovody	0,10	0,30	0,30	0,50	0,30	0,40	1,00	0,60	0,30	-	0,30	0,20	0,30	1,20	
Stokové sítě a kanalizační přípojky	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	0,60	0,30	0,30	-	0,30	0,30	1,20	
Potrubní pošta	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20	0,40	0,40	0,50	0,30	0,20	0,30	-	0,30	1,20	
Kolektor	K vnějšímu líci stavební konstrukce				0,30	0,40	1,00	0,60	0,30	0,30	0,30	0,30	-	1,20	
Koleje tramvajové dráhy	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	-	

Tabulka 3.1.1.3: Nejmenší přípustné vertikální odstupy při křížení inženýrských sítí (4)

Druh sítí	Silové kabely				Sdělovací kabely	Plyn. potrubí		Vodovodní sítě a přípojky	Tepelné sítě	Kabelovody	Stokové sítě a přípojky	Potrubní pošta	Kolektor	Koleje tramvajové dráhy	
	do 1 kV	do 10 kV	do 35 kV	do 220 kV		do 5 kPa	do 300 kPa								
Silové kabely	do 1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30	0,10	0,10	0,40	0,30	0,30	0,30	0,30	1,00	
	do 10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80	0,10	0,20	0,40	0,50	0,30	0,30	0,30	1,00	
	do 35 kV	0,20	0,15	0,20	0,25	0,80	0,10	0,20	0,40	0,50	0,30	0,50	0,30	1,00	
	do 220 kV	0,20	0,20	0,25	0,25	0,80	0,30	0,70	0,40	1,00	0,30	0,50	0,30	1,30	
Sdělovací kabely		0,30	0,80	0,80	0,50	0,70	0,10	0,10	0,20	0,50	0,10	0,20	0,20	1,00	
Plynovodní potrubí	do 5 kPa	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10	1,00	
	do 300 kPa	0,10	0,20	0,20	0,70	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10	1,00	
Vodovodní sítě a přípojky	nechráněné	0,40	0,40	0,40											
	chráněné	0,20	0,20	0,20	0,40	0,20	0,15	0,15	-	0,20	0,20	0,10	0,20	1,50	
Tepelné sítě		0,30	0,50	0,50	1,00	0,50	0,10	0,10	0,20	-	0,15	0,10	0,20	1,00	
Kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,20	0,15	-	0,10	0,20	1,00	
Stokové sítě a kanalizační přípojky		0,30	0,30	0,50	0,50	0,20	0,50	0,50	0,10	0,10	0,10	-	0,30	-	
Potrubní pošta		0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,30	0,20	0,20	0,30	-	1,00	
Kolektor		K vnějšímu lici stavební konstrukce				0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	0,20	-	1,00
Koleje tramvajové dráhy		1,00	1,00	1,00	1,30	1,00	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	-	1,00	-	

3.3 Metody bezvýkopových technologií

Pod pojmem bezvýkopové (bezrýhové) technologie se rozumí způsoby ukládání nebo opravy potrubí bez použití otevřené výkopové rýhy. Těchto způsobů je celá řada, lze je rozdělit na metody sanační a opravné a na metody pro instalaci nového potrubí. Zatím pro ně nebyl vytvořen jednotný kategorizační systém, a proto jsou pro lepší orientaci v tabulce 3.1.1.1.

uvedeny názvy metod používané v práci a další názvy, se kterými se lze setkat v odborné literatuře a inženýrské praxi. Také jsou uvedeny často používané názvy poddruhů těchto metod spadajících do dané kategorie.

V tabulce je patrné, že některé názvy se objevují u více metod. To je způsobeno jednak určitým prorůstáním vlastních metod do sebe, nebo lépe řečeno možností vykonávat jedním strojem více metod. Dalším důvodem může být absence aktuálního kategorizačního systému a případně zavádějícími překlady z anglického jazyka.

Státní norma ČSN EN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení sice nabízí systémové rozřazení metod. Avšak od roku jejího vzniku některé původně neřiditelné metody postoupily v technologickém vývoji a staly se řiditelnými, čímž tento systém narušili. Dalším negativem je, že norma neobsahuje metody opravné a tím vzniká určité vakuum.

Tabulka 3.1.1.1: Přehled užívaných názvů bezvýkopových metod

Druh metod	Název metody používaný v práci	Další názvy používané v literatuře nebo odborné praxi
Metody ukládání nového potrubí	Metoda s propichovacím kladivem	Percussive Moling, neřízený průpich
	Technologie beranění	Pipe Ramming, rámovaný protlak, zemní protlak
	Metoda zatlačování/propichování vodící trouby s rozšiřovací hlavou	
	Vodorovného vrtání	Neřízený podvrt, řízený podvrt
	Směrové vrtání	Horizontal Directional Drilling, řízený podvrt, řízený protlak
	Mikrotunelování	Microtunnelling systém, Pipejacking System
	Pluhování	Raketové pluhování, nekonečné pluhování
	Ražení tunelovacím štítem	
	Prstencová metoda	
	Hydraulické protlačování	Neřízený protlak, řízený protlak, Pipejacking System
	Ražení štol	
	Ražení plnoprofilovým razícím strojem	Tunnel Boring Machines
Metody obnovující a opravující stávající potrubí	Prosté vyvločkování	Relining, Slipline, Shortlining
	Vyvločkování bez výrazné redukce DN	Close-fit Lining, Sliplining, Swagelining, Compact Pipe, Rolldown, OMEGA Liner, P Systém, DynTec
	Vyvločkování pomocí spirálově vinutých prvků	RIB-LOC, RIBSTEEL, RIBLINE, Trolling, SPR Technologie
	Vyvločkování inverzním rukávцем	Cured-in-Place Lining, metoda INSAK, UV liner, Hadicový relining, Brawoliner, KAWO UV, KAWEX, GFK - Liner, Drain Liner, Starliner
	Vytahování a výměna potrubí	Hydros, Pilot Pipe, Pipe extraction
	Destruktivní výměna potrubí	On-Line Replacement, Percussive Pipebursting, Hydraulic Pipebursting, Berstlining, Cracking, Pipe Eating, Pipe Splitting

3.3.1 Metody ukládání nového potrubí

Státní norma ČSN EN 12 889 rozděluje tyto metody podle dvou hledisek. Podle obsluhy na čelbě na metody bez obsluhy a s obsluhou a podle říditelnosti na metody řízené a neřízené. Pro neřízené metody pak platí, že přesnost směrového vedení je značně ovlivňována vlastnostmi horninového prostředí (zejména vrstevnatostí a změnami v zrnitosti) a délkou celého protlaku. (2)(1) (5)(6)

Dalšími možnými hledisky pro rozdělení bezvýkopových technologií jsou:

- způsoby odběru zeminy
- pracovního principu
- profilu trasy

Protože rozřazení bezvýkopových metod podle všech hledisek by mohlo být značně nepřehledné, jsou jednotlivé metody pouze představeny.

Metoda s propichovacím kladivem (Percussive Moling)

Primárně se jedná o neřízenou metodu, kdy je ze startovací jámy v přímém směru zavedeno speciální pneumatické propichovací kladivo (krtek), které roztlačuje zeminu do okolí a vytváří otvor. Potrubí je zatahováno současně s kladivem nebo následně po rozšíření otvoru na příslušný rozměr. Rozšíření se provádí opakovaným zpětným pohybem kladiva s rozšiřovacím nástavcem. (2)(1)(6)

V současnosti jsou už na trhu ovladatelná propichovací kladiva. Tyto kladiva jsou opatřena vysílačem a mají natáčecí hlavu. Vysílač předává informace o poloze, hloubce, sklonu a natočení kladiva obsluze na povrchu, která díky otočnému zařízení na přírodní tlakové hadici může měnit natočení hlavy. (2) (1)

Pohyb kladiva je závislý na odporu třením vyvolaným okolní zeminou. Pokud není povrchové tření dostatečné (např. v nesoudržných zeminách), využívá se vnější statické opory. (2)(1)(6)

Metoda je použitelná ve zhutnitelných zeminách nad hladinou podzemní vody. (2)(1)(6)

Takto zle ukládat trubní materiál s dostatečně tahově odolnými spoji. Nejčastěji se jedná o ocelové a PE HD potrubí. (2)(1)(6)



Fotografie 3.1: Zemní rakety DITCH WITCH o průměrech 70, 90 a 130 mm

Technologie beranění (Pipe Ramming)

Jde o neřízenou technologii, kdy je pomocí rázového pneumatického zařízení zarážena ocelová chránička. Ta může být s otevřeným nebo uzavřeným čelem. (2)(1)(6)

Pokud je beraněna chránička opatřená uzavřeným čelem (hrotem), zemina je roztlačována do stran. Tato metoda je použitelná ve zhutnitelných zeminách i pod hladinou podzemní vody. (2)(1)(6)

Pokud je ukládána chránička s otevřeným čelem, je na čelo ocelové trouby nasazena řezná patka. Díky otevření větší část zeminy se zatlačuje do trouby a menší část je roztlačována do okolí. Tím se snižuje odpor zeminy proti pronikání potrubí a zmenšuje se nebezpečí nadzvednutí nadloží. Díky tomu je možno chráničku jak beranit tak i zatlačovat. Zemina vniklá do potrubí je odstraňována buď kontinuálně, nebo cyklicky po záběrech. Kontinuální odtěžování je realizováno výplachem, cyklické odtěžování pak pomocí proudu tlakové vody, sacího bagru, šnekovým dopravníkem, ručně, minibagrem a

u trub do rozměru DN 500 je možno i tlakovým vzduchem. Metoda je použitelná v lehce rozpojitelých poloskalních zeminách nad hladinou podzemní vody. (2)(1)(6)

Metoda zatlačování/propichování vodící trouby s rozšiřovací hlavou

Při použití této metody je ze startovací jámy zatlačena tuhá vodící trouba se soutyčím. Po dosažení cílové jámy je na soutyčí připevněna rozšiřovací hlava a zpětným pohybem je vodící otvor rozšířen na požadovaný průměr. Vlastní potrubí je zatahováno za rozšiřovací hlavou. Potrubí, které nedokáže přenést tahové namáhání, lze do otvoru zatlačit. Jedná se o neřízené ukládání. (2)(1)(6)

Tato metoda je opět primárně neřiditelná. Dnes jsou však na trhu říditelné vodící trouby, s jejichž pomocí je vyhlouben pilotní vrt, který se následně rozšiřuje. (2) (1)

Metoda je použitelná v homogenních zeminách se zrny menšími než 60 mm i pod hladinou podzemní vody. V soudržných a jílovitých zeminách se odpor zeminy vůči zatlačování snižuje provlhčováním tlakovou vodou z trysky umístěné v propichovací hlavě. V sypkých zeminách je odpor snižován pomocí vibrátoru. (2)(1)(6)

Nejčastěji je touto metodou ukládáno ocelové a PE HD potrubí do jmenovité světlosti DN 300. (2)(1)(6)

Vodorovné vrtání

Tato metoda lze rozdělit na čtyři podskupiny: na vrtání s dodatečným zavedením trub, vrtání se současným zaváděním trub, vrtání s příklepem a říditelné vodorovné vrtání. (2)(1)(6)

Při vodorovném vrtání s dodatečným zavedením trub je zemina uvolňována rotující vrtnou hlavou a kontinuálně odstraňována šnekovým dopravníkem. Po dokončení vrtu a vyjmutí mechanizace je zataženo nebo zatlačeno potrubí. Tento postup lze využít v homogenních a stabilních zeminách bez přítomnosti podzemní vody s dostatečnou smykovou pevností, která zabrání zhroucení vrtu. (2)(1)(6)

Při vodorovném vrtání se současným zaváděním trub je zemina uvolňována rotující vrtnou hlavou a plynule odstraňována šnekovým dopravníkem. Zároveň a nezávisle na šnekovém dopravníku jsou zatlačovány trouby. Tímto postupem lze ukládat trouby do soudržných i nesoudržných zemin a do lehčích typů skalních hornin bez přítomnosti podzemní vody. (2)(1)(6)

Při vrtání s příklepem je zemina uvolňována vrtnou hlavou s nárazovým kladivem. Trouby mohou být ukládány za vrtnou hlavou nebo až dodatečně. Uvolněná zemina se z vrtu odstraňuje mechanicky, hydraulicky nebo pneumaticky. Běžně se však využívá jen příklepové vrtání se současným zatlačováním ocelové trouby. Tímto způsobem lze uložit potrubí ve všech typech zemin bez přítomnosti podzemní vody. Vhodná je zejména do nehomogenních zemin s častým výskytem valounů. (2)(1)(6)

V případě říditelného vodorovného vrtání se jedná o zdokonalené vícestupňové vrtání s příklepem. V prvním stupni je vyvrtán pilotní vrt pomocí říditelné příklepové vrtné hlavy. V dalším stupni je tento vrt rozšířen jednonásobným nebo několikanásobným zatažením rozšiřovacího kladiva. Při posledním rozšíření se zároveň zatahuje potrubí připojením za rozšiřovací kladivo. (2)(1)(6)



Fotografie 3.2: VERMEER PL 800

Směrové vrtání (Horizontal Directional Drilling)

Jedná se o metodu řízeného vysokotlakého vrtání vrtnou kapalinou, nejčastěji směsí vody a bentonitu. Pilotní vrt je proveden odvalovacím dlátem/hlavou s tryskami a vysílačem spojeným se zbytkem soupravy soutyčím. Ve startovacím místě je vrt veden minimálně 10 m ve sklonu 8 až 20° od horizontální roviny, dále tvoří sestupný oblouk, který v nejnižším místě trasy přechází do horizontální polohy a následně přechází do výstupního oblouku zakončeným výstupní přímou částí opět v délce nejméně 10 m. Poloměry ohybu u obou oblouků se pohybují kolem 10 m. Průběh vrtu je po celou dobu sledován, řízen a porovnáván s předem naplánovaným profilem trasy. Po dosažení cílového místa (například šachty) je odvalovací dláto vyměněno za rozšiřovací hlavu. Za rozšiřovací hlavou je připojeno zatahované potrubí. Zpětným pohybem je následně vrt rozšířen a potrubí zataženo. V případě nutnosti je možno provést rozšíření vrtu několikanásobným obousměrným pohybem sady postupně se zvětšujících rozšiřovacích hlav. Potrubí je v takovém případě zatahováno spolu s poslední rozšiřovací hlavou. Vrtná kapalina je vstřikována po celou dobu plní několik funkcí, rozrušuje zeminu, transportuje uvolněnou zeminu z vrtu ven, paží vzniklý otvor, snižuje tření mezi zeminou a zatahováním potrubím a zároveň toto potrubí ochraňuje. (2)(1)(6)

Metoda je použitelná v jakýchkoli geologických podmínkách. Ve skalních horninách se místo odvalovacího dláta používá frézový vrták. (2)(1)(6)

Nejčastěji se touto metodou ukládá PE HD, ocelové nebo litinové potrubí. (2)(1)(6)

Bentonit je reziduální nepřemístěná jílovitá hornina s velkou sorpční schopností, vysokou výměnou kationtů, bobtnavostí a plastičností. Bentonity vznikají mechanickým a chemickým zvětráváním sopečných tufů.(1)



Fotografie 3.3: VERMEER NAVIGATOR D24x40 Serie II



Fotografie 3.4: VERMEER NAVIGATOR D36x50 Serie II



Fotografie 3.5: VERMEER NAVIGATOR D80x100 Serie II

Mikrotunelování (Microtunneling system)

Jedná se o řízenou metodu, při které se trouby ukládají bezprostředně za mikrotunelovacím strojem. Podle způsobu odstraňování zeminy můžeme rozlišit mikrotunelování se šnekovým dopravníkem a mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy. Někdy se objevují i jiné způsoby např. s podtlakovou dopravou zeminy nebo jiným mechanickým odstraňováním. Způsob pokládky potrubí je však pro všechny typy stejný. (2)(1)(6)

Při mikrotunelování se šnekovým dopravníkem je současně do zeminového masivu tlačena chránička nebo samotné vedení a zemina je rozpojována vrtnou hlavou. Rozrušená zemina je kontinuálně odvážena šnekovým dopravníkem uzavřeným v transportním potrubí do zásobníku v pracovní šachtě, který je cyklicky prázdňen. Řízení mikrotunelovacího je umožněno rozdělením pláště stroje na dvě kloubově spojené části: přední s vrtnou hlavou a zadní s příslušenstvím. Podélné osy obou částí lze vzájemně vychýlit pomocí přímočarých hydromotorů a tím měnit směr vrtání. Pro každý průměr zabudovávaného potrubí je potřeba mikrotunelovací stroj určený pro daný profil, avšak

transportní systém může být společný pro více strojů. Metoda je použitelná v soudržných i nesoudržných zeminách a to i pod hladinou podzemní vody. (2)(1)(6)

Mikrotunelování s hydraulickou dopravou zeminy se liší pouze zařízením pro dopravu zeminy na povrch, to se skládá z hydraulického transportního systému, odlučovacího a sedimentačního zařízení zeminy od bentonitové suspenze, přívodního a zpětného potrubí. (2)(1)(6)

Pluhování

Jedná se o řízenou metodu pokládky určenou především na dlouhé tratě v extravilánu. Provádí se za pomoci pluhovací sestavy, která je tvořena terénním tažným vozidlem s lanovým navijákem a s kotvou a pluhového pokladače. Obě zařízení jsou spojena ocelovými lany. Tažné vozidlo plní funkci kotvy a přitahuje k sobě pluhový pokladač. Ten vytváří rýhu a ukládá potrubí. Rozlišujeme dva způsoby: nekonečné a raketové pluhování.(7)(8)(9)

Při pokládce potrubí nekonečným pluhováním dochází k vytlačení zeminy. Potrubí je následně ukládáno do připravené rýhy. Podle stálosti půdy se zemina sesouvá a zasypává rýhu za pluhem. Tímto způsobem je možné uložit potrubí o maximálním průměru d 315 až do hloubky 2,2 m. Pluh se umísťuje buď do startovací jámy, čímž je okamžitě zajištěna požadovaná hloubka, a nebo lze pluh do požadované hloubky postupně zatlačit. (7)(8)(9)

Při pokládce potrubí raketovým pluhováním je potrubí namontováno přímo na rydlo (tažný zvon) a je vtahováno do příkopu, které za sebou rydlo zanechává. Zvonem je možno vytvořit dutinu až o průměru 600 mm. Ukládají se propojené úseky potrubí o maximální délce 300 m. (7)(8)(9)

Pluhový pokladač je schopen položit 4 až 6 km potrubí denně z HD-PE, oceli nebo litiny v zeminách 2. až 5. třídy těžitelnosti (dle ČSN 73 3050) i za přítomnosti podzemní vody. S ohledem na ekonomickou stránku by pokládané úseky neměly být kratší než 1 km. Pluhový pokladač má samostatně zavěšená kola, takže je možno během jízdy upravovat rozchod kol, šířku stopy i výškové postavení každého kola, takže je možné jej nasadit téměř v jakýchkoli terénních podmínkách. (7)(8)(9)

Ražení tunelovacím štítem

Jedná se o říditelnou metodu pro hloubení průchozích profilů. Nejčastěji jsou touto metodou hloubeny štoly. Štíty na výstavbu podzemních vedení jsou monolitické, svařované konstrukce. Nejčastěji mají kruhový průřez, avšak mohou být eliptické, podkovovité nebo i obdélníkové. Štít je prostorová konstrukce svařovaná z ocelového plechu a vyztužená příčnými rámy. Skládá se z přední řezné, střední opěrné a zadní koncové části. V koncové části štítu se montuje prefabrikované ostění vrtu. Přední a střední část štítu je vybavena podélnou výztuží a hydromotory, kterými se odstrkuje od posledního prstence smontovaného ostění a zatlačuje se dále do zeminy. (2) (1)

Ražení tunelovacím štítem začíná v pracovní šachtě/jámě vytvořením opěrné konstrukce v zadní části jámy a lůžkem pro osazení štítu. Potom se osadí štít a spodní segmenty prstenců ostění, o které se štít při posunu opírá. Před začátkem ražby je ještě injektáží zpevněna zemina do vzdálenosti několika metrů, aby se předešlo zhroucení zeminy. První uzavřené prstence ostění se zabezpečí rozpěrnou konstrukcí proti posunu vyvolaného silou hydraulických válců štítu. Štít je dále zatlačován do zeminy, která je současně rozpojována a odtěžována. Po vysunutí na délku potřebnou ke smontování prstence ostění se postup štítu zastaví a zasunou se písní tyče zpět do válců, čímž dojde k uvolnění místa a smontuje se nový prstenec. Dále se cyklus opakuje. (2) (1)

Rozeznáváme štíty nemechanizované, částečně mechanizované, komplexně mechanizované štíty a štíty k ražení pod hladinou podzemní vody. (2) (1)

Při nemechanizovaném štítování je zemina na čelbě rozpojována ručními nástroji, které nejsou trvalou součástí štítu. (2) (1)

Částečně mechanizované štíty rozpojují zeminu pomocí mechanismů připevněných na hydraulicky ovládaném výložníku, které jsou upevněny v řezné části štítu a které se v případě potřeby dají demontovat. (2) (1)

Komplexně mechanizované štíty jsou vybaveny otevřenou tří až pěti ramenou frézovací hlavou poháněnou elektromotorem, která rozpojuje zeminu v celé ploše čelby najednou. (2) (1)

Existuje však řada dalších typů štítů určených do specifických podmínek, například štíty bez koncové části, nožové štíty, štíty upravené k rozpojování hornin trhavinami a další. (2) (1)

Podstatou štítů pro ražení pod hladinou podzemní vody je zabránění pronikání vody do štítu a to buď pomocí vzduchu s vysokým tlakem nebo pomocí těžšího media (bentonitovou směsí, zeminou). (2) (1)

Tato metoda je použitelná v jakýchkoli geologických podmínkách a to i pod hladinou podzemní vody. (2) (1)

Prstencová metoda

Tuto metodu lze popsat jako štítování bez tunelovacího štítu. To znamená, že se jedná o řízenou metodu pro průchozí profily použitelnou pouze v soudržných zeminách pevné až tvrdé konzistence a v poloskalních horninách, ve kterých je výrub dostatečně stabilní po dobu potřebnou k montáži prstence ostění. Přímou v čele je tak možno montovat ostění a zaplňovat nadvýrub. Průřez štolý může mít kruhový, eliptický, klenutý profil. (1)

Hydraulické protlačování

Při hydraulickém protlačování jsou do zemního masivu zatlačovány trouby od DN 25 až po DN 4000, případně i jiná průlezná nekruhová ostění, pomocí hydraulických válců hlavní tlačné stanice umístěné v pracovní šachtě. Vzniklé reakční síly od zatlačování trub jsou opěrnou stěnou roznášeny do zeminového masivu za pracovní šachtou. V případě průlezných a průchozích profilů je zemina na čelbě rozpojována pod ochranou řezného štítu (první trouby). Následně je zemina nakládána, transportována do pracovní šachty a na povrch. U malých (nepřulezných) profilů se zemina rozpojuje pomocí tlakové vody a dopravována pomocí sacího bagru, šnekového dopravníku nebo pomocí minibagru. Existují řízené i neřízené zatlačovací soupravy. (2)(1)

Neřízenými soupravami se do země ukládají téměř výhradně ocelové svařované chráničky. Rozpojování a odtěžování zeminy se provádí nemechanizovaně. Kontrola směru a sklonu se provádí pomocí jednoduchého ručního nářadí (vodováhy, olovnice). Chráničky se obvykle zabudovávají s výrazně větším průměrem, než je vnější průměr instalovaného užitkového vedení, případné výškové odchylky pak lze odstranit při zavádění trub do chráničky. (2)(1)

Řízené zatlačovací soupravy jsou vybaveny ovladatelným řezným nebo tunelovacím štítem, který se nasazuje na čelo první trouby, rovněž mají zcela mechanizovány zemní práce na čelbě. Do zeminového masivu jsou protlačovány převážně trouby užitkového vedení. Pro snížení plášťového tření při zatlačování se do prostoru nadvýlomu vhání bentonitová suspenze. V případě dlouhých úseků a průlezných nebo průchozích profilů lze využít tlačných mezistanic, které se vsunují mezi zatlačované trouby, tak aby jejich vnější plášť lícoval. Tlačná mezistanice se skládá z roznášecího a tlačného prstence, mezi které jsou vloženy malé hydraulické válce. Počet válců je stanoven tak, aby mezistanice dosahovala stejné síly jako stanice hlavní. Pomocí řízených protlačovacích souprav lze ukládat potrubí ve směrových i výškových obloucích, avšak o velkých poloměrech (okolo 300 m). (2)(1)



Fotografie 3.6: Neřízené ukládání ocelové chráničky za nemechanizovaného rozpojování a odtěžování zeminy

Ražení štol

Konvenční ražení štol je technologie, které umožňuje razit štoly různých tvarů příčných průřezů a během ražení je možno tento tvar měnit. Problém nepředstavuje ani ražení oblouků s malým poloměrem, lomy tras, křížení tras, odbočky nebo komory. Postup prací je cyklický a postupuje se vždy o daný záběr. Cyklus začíná rozrušením horniny na čelbě, následuje naložení a odvoz rozpojené horniny, dalším krokem je zabezpečení výrubu. Posledním krokem je kontrola směru ražení a tvaru výrubu a přípravné práce pro

další cyklus. Štoly jsou většinou raženy plným průřezem, pouze u úzkých a vysokých štol je někdy průřez členěn po výšce. (1)

Tato metoda je nejuniverzálnější a je ji možno využít v jakýchkoli geologických podmínkách a to i pod hladinou podzemní vody. (1)

Ražení plnoprofilovým razícím strojem (Tunnel Boring Machines)

Základem této metody je plnoprofilový otevřený razící stroj určený k ražení štol a tunelů kruhových průřezů především ve skalních horninách. Častěji jsou však používány stroje s jednoduchým nebo dvojitým pláštěm, které výrub zajišťují dokud není smontováno ostění a které lze využít i v nestabilních horninách. Rozdíl mezi těmito stroji a plně mechanizovanými štíty se postupně stírá. Vývoj vede k tzv. kombinovaným štítům, které je možné přizpůsobovat geologickým podmínkám v trase výměnou standardizovaných komponentů. Přičemž tato přestavba je uskutečněna přímo v podzemí při přerušení ražení. (1)

3.3.2 Metody obnovující a opravující stávající potrubí

Prosté vyvločkování (Relining)

Jedná se o instalaci nových trub do původního potrubí. Podmínkou pro takovýto zásah je tedy možnost redukce vnitřního průměru potrubí. Metodu lze rozdělit na dvě podskupiny: zatahování krátkých trub a zatahování dlouhých trub. (2)(1)(6)

Zatahování krátkých trub je prováděno přes provozní šachty, proto je možno zatahovat pouze trouby o maximálním vnějším průměru 600 mm (světlý rozměr pokloповého otvoru) a krátkých délek (0,5 až 2 m). Celý proces probíhá tak, že pracovník na povrchu podává trouby pracovníkovy v montážní šachtě, který je napojuje na již uložené trouby v opravovaném vedení. K samotnému zatahování trub se využívá navíjecí buben s tažným lanem umístěný v cílové šachtě. Odbočky a přípojky jsou realizovány samostatně zpravidla v otevřených výkopech. Po zatažení celého úseku se prostor mezi starým a novým potrubím vyplní porézním betonem, z důvodu zajištění vzájemného statického spolupůsobení. Nejčastěji jsou používány PE-HD, PP, sklolaminátové a kameninové bezhrdlové trouby spojovaných svařováním nebo závitovým či těsněným bajonetovým spojem. (2)(1)(6)

Zatahování dlouhých trub je prováděno z pracovních jam vzdálených od sebe až 800 m. Přičemž je zatahováno potrubí z PE-HD, PP nebo PVC trub svařených na celou délku opravovaného úseku. Trouby malých průřezů jsou na stavbu dodávány navinuté na buben. Trouby velkých průřezů jsou na stavbu dodávány v délkách 6 až 12 m a svařují se rozložené podél trasy na délku zatahovaného úseku. Aby nedošlo k poškození potrubí, musí být zatahovací jáma dostatečně dlouhá, aby bylo možné nové potrubí naohýbat k ústí opravovaného úseku. K samotnému zatažení se opět využívá navíjecí buben s tažným lanem umístěný v cílové šachtě. Zatahovat lze pouze přímé úseky nebo úseky obsahující oblouky o velkých poloměrech. V lomech trasy je nutno vybudovat pracovní šachtu a v ní osadit předem vyrobený tvarový kus. Přípojky se často napojují pomocí elektrotvarovek po obnažení potrubí v mezilehlých šachtách. Pokud je vyžadováno, je souosost starého a nového vedení zajištěna pomocí distančních kroužků, častěji je však potrubí uloženo volně. V některých případech se dává přednost tzv. tyčovému ukládání trub, při kterém jsou jednotlivé trouby spojovány v pracovní jámě (stejný proces jako v případě ukládání krátkých trub). (2)(1)(6)

Vyložkování bez výrazné redukce DN (Close-fit Lining, Sliplining, Swagelining, Compact Pipe, Rolldown)

Snaha o minimalizaci zmenšení světlého průměru opravovaného potrubí, k němuž dochází při zatahování trub, vedla k vytvoření dočasně deformovaných trub. Principem metody je zatažení zdeformované trouby a následného obnovení jejího původního tvaru, čímž dojde k těsnému přilnutí nového potrubí ke starému. Nové potrubí je staticky samonosné a přetrvává i po úplném rozpadu starého. Metodu lze rozdělit na dvě podskupiny: potrubí deformované ve výrobě a potrubí deformované na staveništi. (2)(1)(6)

Při pokládce deformovaného potrubí ve výrobě (Compact Pipe, C-liners, U-liners) je na staveništi dovezena PE-HD trouba deformovaná do tvaru písmene C navinutá na přepravním bubnu. Přičemž vnější průměr této nové trouby má být shodný s vnitřním průměrem starého potrubí. Ze startovací jámy (případně provozní šachty) je, pomocí vrátku umístěného v cílové šachtě, trouba zatažena do opravovaného úseku. Následně jsou její oba konce utěsněny a do trouby je přivedena horká pára o přetlaku zhruba 0,1 MPa a tím dojde k vyrovnání trouby do původního tvaru. Nakonec se do nového potrubí kanálrobotem vyřežou otvory pro přípojky. Dalším možností je metoda Subline, kde je využito PE-HD trouby zdeformované do tvaru U a zajištěné stahovacími páskami (SK

páskami). Po zatažení je trouba natlakována mírným přetlakem vody, čímž dojde k popraskání SK pásek a trouba se vyrovná. (2)(1)(6)

K deformaci potrubí na staveništi se využívá předeřevu a redukční kónické clony, přes kterou je trouba protahována (Swagelining), nebo protažením přes dvojici kladek (Rolldown). V obou případech je zmenšen průměr trouby a je z pomoci vrátku v cílové šachtě zatažena do opravovaného potrubí. V případě tepelné úpravy se trouby vrátí do původního tvaru během 24 hodin. V případě úpravy pomocí kladek se trouba vyrovnává do původního tvaru natlakováním vody. (2)(1)(6)

Vyložkování pomocí spirálově vinutých prvků (RIB-LOC, RIBSTEEL, RIBLINE, Trolling)

Za použití této metody je do opravovaného potrubí ze startovací šachty zaváděna trouba vytvořená z PVC (RIB-LOC, RIBSTEEL), PE (RIBLINE, Trolling) nebo ocelových pásů. Plastové pasy jsou žebrované a opatřeny ocelovou výztuží. Ke spojování pasů dochází kontinuálně během zasouvání ve skružovací hlavě umístěné ve startovací šachtě. Takto vytvořená trouba má zhruba o 10% menší vnější průměr než je světlý průměr opravovaného potrubí. Po dosažení cílové šachty jsou konce vzniklého mezikruží zatěsněny a samotný prostor mezikruží je injektážně vyplněn. (2)(1)(6)

Ke spojování pasů dochází buď mechanicky (RIB-LOC, RIBSTEEL) nebo svařováním (RIBLINE, Trolling). V případě svařování je skružovací hlava doplněna o svařovací zařízení a zásobník s tavným PE granulátem. Při mechanickém spojování se používají pasy na okraji opatřené zámky včetně těsnění. (2)(1)(6)

Vyložkování inverzním rukávem (Cured-in-Place Lining)

Podstatou této metody je rukávec z geotextilie (plsti, nylonu, skelných vláken) opatřený na vnitřní straně tenkou vodotěsnou vrstvou z polyetylenu nebo polyuretanu. Nejprve se výstelkový rukávec z vnější strany napustí pryskyřicí (nejčastěji epoxidovou). Následně je zatažen do opravovaného potrubí za pomoci vody, páry nebo vzduchu, přitlačen k povrchu stávajícího potrubí a vytvrzen. Po vytvrzení rukávce se odříznou a začistí oba konce a provede se úprava v místech napojení a odbočení v připravených výkopových jámách a vyříznou se a upraví místa napojení přípojek. (2)(1)(6)

Zasouvání rukávce probíhá tak, že je nad ústím opravovaného potrubí zbudována tzv. inverzní věž (vodní sloupec). Uvnitř věže je rukávec v inverzní poloze (to jest pryskyřicí

napuštěnou stranou dovnitř) připevněn jedním koncem k opravovanému potrubí. Tíha vody v inverzní věži zatahuje rukávec dále do opravovaného vedení. Místo tíhy vody může být využito tlaku vzduchu nebo páry. Někdy je rukávec natažen ve vyfouknuté poloze a inverzní věži a kalibrační hadicí následně přitlačen k opravovanému potrubí. (2)(1)(6)

Proces vytvrzování probíhá samovolně, avšak aby se urychlil, je voda v rukávci ohřívána na teplotu 70 až 90°C. V případě rukávců zatahovaných vzduchem se jako urychlovače využívá horké páry nebo UV záření. Vytvrzování UV zářením však vyžaduje využití polyesterových pryskyřic citlivých právě na toto záření. (2)(1)(6)

Touto metodou lze opravovat potrubí kruhových, eliptických, vejčitých, tlamových či jiných průřezů, které nejsou staticky (nebo jen málo) porušeny. Důležité je, aby obvod byl v celém úseku plynulý a neporušený. Opravovat lze i vedení s obloukem v trase, avšak s úhlem zakřivení 45° a poloměrem větším než 3D. Oblouky s 90° zakřivením nesmějí mít poloměr menší než 6D. (2)(1)(6)

Vytahování a výměna potrubí

Při této metodě je ze zeminového masivu současně vytahováno staré potrubí (nejčastěji ocelové, litinové nebo azbeztocementové) a zatahováno potrubí nové stejného menšího nebo i většího průřezu z ocele, litiny nebo PE-HD. Tímto způsobem lze opravovat pouze přímé úseky a to s předem odpojenými přípojkami (odpojení se provádí v pomocných šachtách). (2)(1)

Pracovní postup bez použití ochranné trouby (Hydros) se skládá z osazení vytahovacího zařízení do pracovní jámy. Zařízení se skládá z dvou hydraulických válců, naváděcích nosníků, konstrukce na roznos reakčních sil a trhacího kužele k rozrušování vytahovaných trub. Pro vlečením tažných tyčí starým potrubím a nasazením adaptéru konec poslední vytahované trouby, na který je následně uchycena rozšiřovací kónická hlava a trouba nově ukládaného potrubí. Proces probíhá po záběrech s délkou rovnající se délce zdvihu hydraulických pístů. V jednom záběru je současně vytaženo a roztrženo staré potrubí a zataženo potrubí nové. Po dokončení jsou provedeny přípojky v pomocných šachtách. (2)(1)

Výměnu potrubí lze provést i za pomoci ochranné trouby (Pilot Pipe). Postup prací pak vypadá následovně. V pracovní jámě se staré potrubí rozřeže a odstraní, na vyčnívající část staré trouby se nasadí řezná hlava o větším průměru a vycentruje se se starým

vedením. Za řeznou hlavou je zatlačována nebo beraněna chránička, pro kterou plní staré potrubí funkci vodící tyče. V cílové jámě se staré vedení, zemina a chránička vytahují. Současně se zatahuje nové vedení nové, nadvýlom se zaplňuje bentonitem betonem nebo popílkem. (2)(1)

Destruktivní výměna potrubí (On-Line Replacement)

Destruktivní výměna potrubí lze uskutečnit pouze u vedení kruhového průřezu. Dalším požadavkem je odpojení všech přípojek před započítím prací. Odpojování se provádí z pomocných jam, ze kterých jsou přípojky po dokončení opět připojeny. Trhání starého potrubí lze uskutečnit třemi způsoby, statickou nebo dynamickou cestou či rozrušením pomocí plnoprofilové frézy. Tato metoda je zaměřena především na trhání vedení z křehkého materiálu (litina, kamenina, nevyztužený beton), ale po mírné úpravě trvací hlavy je možno rozrušovat i vedení z pružných materiálů (ocel, plast).(2)(1) (6)

Trhání potrubí dynamickou cestou (Precursive Pipebursting) probíhá pomocí upravených pneumatických kladiv, které jsou ze startovací jámy zatahovány do vyměňovaného potrubí pomocí vrátku v cílové šachtě. Pneumatické kladivo je doplněno o trhací hlavu a rozšiřovací pouzdro. Samotná konstrukce trhací hlavy se volí podle materiálu trhaných trub. Rozšiřovací pouzdro jednak roztlačuje stěpiny z roztržených trub do okolní zeminy a jednak vytváří otvor pro zavedení nového potrubí, které je zatahováno hned za tímto pouzdem. Takto může být uloženo potrubí stejného nebo i většího vnějšího průměru. Pokud je potřeba snížit tření během zatahování, je bezprostředně za trhací kladivo přiváděna bentonitová mazací suspenze. Pokud je zatahováno plastové potrubí, je třeba ho ochránit před stěpinami z roztrhaných trub pomocí ocelových pásků či sítí po obvodu připojených na rozšiřovací pouzdro. Další možností je zatažení chráničky a pozdější zasunutí plastového vedení. (2)(1) (6)

Statické trhání potrubí (Hydraulic Pipebursting) probíhá za pomoci trhací hlavy případně řezné hlavy, zatahovacího zařízení a hydraulického tlačného zařízení. Trhací hlava a trouby nového vedení jsou naváděny požadovaným směrem pomocí zatahovacího lana a vrátku v cílové jámě. Samotné zatahování provádí cyklicky pracující hydraulické zařízení osazené ve startovací jámě. Zatahování je tedy prováděno po záběrech, jejichž délka se rovná délce zdvihu hydraulických válců zatahovacího zařízení. Samotná trhací hlava se skládá ze tří kloubově spojených částí. První dvě části jsou kónické a jsou schopny se hydraulicky zvětšovat. Třetí část je válcová a překrývá část první trouby nově

ukládání potrubí. Trhací proces pak vypadá následovně: Do potrubí je vsunuta rozpínavá část trhací hlavy. Staré potrubí je roztrháno hydraulickým rozepnutím a střepiny jsou zatlačeny do okolní zeminy. Rozpínavá část se opět stáhne. Hlava se posune vpřed o délku rozpínací části za současného zatahování potrubí. Při trhání ocelových a litinových potrubí se nejdříve využije řezné hlavy, která staré potrubí dostatečně rozruší, aby ho bylo možno roztlačit do zemního masivu. Tímto způsobem lze zatahovat potrubí s bezhrdlovými spoji z jakéhokoli materiálu a to až s 1,4 krát větším vnějším průměrem než je světlý průměr stávajícího potrubí. Nejlépe se však hodí potrubí plastové, protože se lépe dokáže přizpůsobit podélným vychýlkám ve vedení starého potrubí. (2)(1) (6)

Při výměně vedení frézou (Pipe Eating) je vyměňované potrubí rozrušováno plnoprofilovou frézou s pevnými nebo rotačně valivými dláty z tvrdokovu. Úlomky jsou uvnitř frézy dále drceny a vzniklá zrna jsou transportována na povrch šnekovým dopravníkem nebo hydrodopravou v transportním vedení. Současně s rozrušováním vyřazeného vedení probíhá zatlačování nových trub stejného nebo většího průměru. Fréza je dálkově ovládána a je tedy možné vyrovnat případné podélné deformace starého potrubí. Navíc díky odtěžení materiálu v celém profilu nového vedení nevznikají v zeminovém masivu žádná další napětí ani otřesy od zasouvání nových trub. (2)(1) (6)



Fotografie 3.7: VERMEER HB 3038 - statické trhání potrubí

3.4 Využívané materiály

Při pokládání kanalizačních nebo vodovodních sítí se využívají trouby z nejrůznějších materiálů. Z dnes již nepoužívaných nebo málo používaných druhů lze jmenovat dřevo, azbeztocement, sklo, šedou litinu. Z nejvíce využívaných materiálů jsou to polypropylen (PP), polyetylen (PE), polyvinylchlorid (PVC), ocel, tvárná litina, kamenina, sklolaminát. V následujících odstavcích jsou podrobněji popsány pouze materiály využívané při bezvýkopovém ukládání.

3.4.1 Kamenina

Kamenina je hutná keramika šedožluté až hnědé barvy, dále se vyznačuje vysokým stupněm hutnosti a velkou chemickou odolností. Je vyráběna výpalem z jílových slinujících surovin (kameninové jíly a šamoty), případně ze směsí s přídavkem vhodného ostřiva. Tyto složky slinují již při teplotě 1200 až 1300 °C, ale k měknutí dochází až při teplotách vyšších. Díky tomuto širokému rozpětí je možno bezproblémově vypalovat i rozměrné výrobky. Vlastnosti směsi, tvarování a průběh výpalu se liší v závislosti na druhu a určení výrobku. (10)

Podle granulometrického složení výrobní suroviny a struktury střepu rozlišujeme kameninu na jemnou a hrubou. (10)

Jemná kamenina je vyráběna ze směsí s nižším obsahem kameninových jílů a vyšším obsahem živců. Tvaruje se především lisováním a vypaluje se jednorázovým rychlovýpalem. Z jemné kameniny se vyrábí zejména dlaždice a obkladačky. (10)

Hrubá kamenina je vyráběna z kameninových jílů, směsí ostřiv (např. drcené kameninové střepy) a většinou bez přídavku živcových taviv. Z hrubé kameniny se vyrábí kanalizační trouby a další produkty pro průmyslovou, hospodářskou potřebu. (10)

Kameninové trouby dosahují pevnosti v tlaku 100 až 200 N/mm², pevnosti v tahu 20 N/mm², pevnosti v tahu za ohybu 15 až 40 N/mm² a pevnost lepeného spoje bývá garantována na 30 N/mm². Potrubí má vysokou životnost zaručenou obrusem 0,08 až 0,1 mm po 100 000 cyklech. Dále jsou trouby schopné odolat kyselinám i louchům v rozpětí Ph od 0,5 až 14 s výjimkou kyseliny fluorovodíkové a tepelným změnám v rozmezí od -10°C do +70°C krátkodobě až + 100°C. Keramické potrubí je také ekologicky nezávadné a recyklovatelné, díky čemuž jsou trouby snadno likvidovatelné. Hydraulická drsnost

systému z keramického potrubí včetně všech šachet, spojů, lomových změn adt. dosahuje hodnoty $k = 2,46 \text{ mm}$ ($n = 0,014$). Hydraulická odolnost přímých úseků bez šachet s trvale tlakovým prouděním je $k = 0,25 \text{ mm}$.(11)(12)

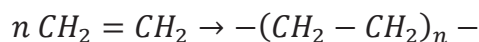
Potrubí je spojováno buď hrdlovými spoji nebo bezhrdlově pomocí manžet. Hrdlové spoje jsou využívány především při pokládce do otevřeného výkopu nebo při zatahování trub do stávajícího potrubí (případně do chráničky). Hrdlový spoj může být pryžový nebo zabrušovaný nebo polyuretanový. Pryžový spoj je užíván u trub do rozměru DN 200.(11)

Bezhrdlový spoj je řešen pomocí převlečné manžety. Pro trouby o rozměru DN 150 se používají manžety z polypropylenu zesílené skelnými vlákny. Pro trouby o dimenzi DN 200 až DN 500 se využívají manžety z ušlechtilé oceli a gumovým těsněním. U trub o rozměrech DN 600 až DN 1400 se užívají manžety z ušlechtilé oceli s dvěma roznášecími prstenci s pryžovým dvouchlopňovým těsněním chráněné dřevěným prstencem. V případě bezvýkopové pokládky přímo do zeminy (protlak, podvrt) se vždy využívá tohoto spoje.(12)

3.4.2 Polyetylen (PE)

Polyetylen je tuhou bezbarvou nebo mléčně zakalenou látkou voskovitého charakteru. Různé zabarvení polyetylenových výrobků je způsobeno přidáváním barviv během výroby, často se využívá přísad na bázi amorfního uhlíku (sazí), které navíc zvyšují i odolnost výrobku vůči UV záření. (10)

Polyetylen je polymerem s nejjednodušší strukturální jednotkou, je jí metylenová skupina CH_2 , jedná se tedy vlastně o polymetylen. Avšak protože je polyetylen vyráběn z etylenu dává se přednost názvu odvozenému od této stavební jednotky. (10)



Různými výrobními procesy lze získat polyetylen téměř lineární, nebo s rozvětvenými řetězci. Tento strukturální rozdíl se projevuje v hustotě materiálu. Rozlišuje se nízkohustotní rozvětvený polyetylen značený LDPE (low density polyethylene) s hustotou okolo $920 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a vysokohustotní lineární polyetylen HDPE (high density polyethylene) s hustotou okolo $955 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. (10)

Nízkohustotní polyetylen je vyráběn polymerací za vysokého tlaku, který je podmínkou pro větvení polymerových řetězců. Proto se lze setkat i s označením vysokotlaký polyetylen. (10)

Existuje také nízkohustotní lineární polyetylen (označovaný LLD-PE), který je vyráběn za pomoci Ziegler-Nattových katalyzátorů ze směsi etylénu a butenu, hexenu nebo oktenu v zastoupení 5 až 10%. Větve polymerových řetězců jsou vázané na každý 10 atom uhlíku základního řetězce a jsou téměř všechny stejně dlouhé. Délka boční větve je pak odvislá od použité příměsi. (10)

Vysokohustotní polyetylen je vyráběn za nižšího tlaku, díky čemuž snáze krystalizuje. V jeho struktuře se vytvářejí pravidelné stopečkovité útvary tvořené rovnoběžně uspořádanými krátkými polymerovými řetězci. Díky těmto krystalům získává HDPE vyšší mechanickou pevnost a teplotní odolnost (pokud není HDPE tlakově zatížen snáší trvalou teplotu 80 °C a nárazovou teplotu až 100°C). (10)

Poddruhem vysokohustotního polyetyleny je sesít'ovaný HDPE označovaný PE-X. Od původního materiálu se liší sesít'ovanými makromolekulárními řetězci, což propůjčuje této látce ještě větší teplotní odolnost. PE-X je velice obtížně svařitelný a trubky z tohoto materiálu se spojují pomocí mosazných spojek. K zesít'ování makromolekulárních řetězců dochází buď ozářením hotového výrobku, nebo přidáním organických peroxidů do zpracovávané taveniny. (10)

Dalším poddruhem vysokohustotního polyetyleny a pro bezvýkopové ukládání potrubí zásadní je PE RC (resistant to crack). Řetězce makromolekul mezi sebou vytvářejí silnější vazbu než v případě HDPE, avšak se nejedná o sesít'ování jako v případě PE-X. Díky tomu je tento typ odolnější vůči mechanickému poškození (zejména: bodovému namáhání a vzniku a vývoji trhlin) a je možné ho svařovat stejným způsobem jako běžný HDPE. RC potrubí zle ukládat bez pískového lože nebo bezvýkopovými metodami. Aby bylo možné výrobek označit RC, je nutné, aby byl certifikován pomocí technického předpisu PAS 1075 (public available specification). (8) (10)(13)

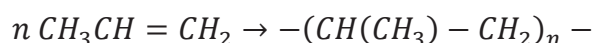
Dokument PAS 1075 popisuje technické požadavky na výrobek a předepisuje způsob testování PE výrobků určených pro bezvýkopovou pokládku nebo pro pokládku bez pískového lože. Certifikace se skládá ze zkoušky tahem (FNCT - full notch creep test), a zkoušky bodového namáhání (PLT - poin load test), přičemž je zkoušen jak výrobek, tak i

výrobní PE granulát. Při FNCT zkoušce je na vzorku (10 x 10 x 100 mm) odebraném z výrobku po obvodu vytvořena rýha o hloubce 1,5 mm, tak aby vzorek rozdělila na dvě shodné části (10 x 10 x 50 mm). Dále je tento vzorek ponořen do 2% roztoku Akropalu N-100 (kapalná povrchově aktivní látka urychlující vznik trhlin v PE materiálu) a zatížen teplotou 80°C a tahovým napětím 4 MPA. V této zkoušce je rozhodující čas, za který dojde k prasknutí vzorku. PE RC musí vydržet déle než 8760 h (jeden rok). Při zkoušce PLT je trubka natlakována vnitřním tlakem 4 MPa (pomocí 2% roztoku Akropalu N-100 o teplotě 80°C) a z vnější strany deformována pomocí kulového razidla (o průměru 10 mm). Je měřen čas, dokud nedojde ke kolapsu vzorku. Pro PE RC je stanovena hranice 8760 h.(8)

I přes rozdílné hustoty mají oba druhy polyetyleny řadu společných vlastností. Materiál má voskovitý charakter a malou smáčivost v důsledku toho se výrobky ve stavebních podmínkách špatně lepí. Polyetylen lze lepit speciálními lepidly na akrylové bázi, avšak ve stavebnictví s nimi není mnoho zkušeností a v případě vodohospodářských sítí se lepení nepoužívá vůbec. Z tohoto důvodu se polyetylenové výrobky spojují hlavně svařováním nebo spojováním roztaveným přidaným materiálem stejného typu za současného ohřevu spojovaných ploch. Další společnou vlastností je výrazná odolnost vůči chemickým vlivům. Za běžných teplot odolává středně koncentrovaným kyselinám (i kyselině fluorovodíkové), louhům a velkému množství rozpouštědel. Nevýhodou polyetyleny je, že při vyšších teplotách ztrácí odolnost vůči rozpouštědlům a některé organické látky (tuky, uhlovodíky, aminy...) mohou pronikat do jeho struktury. Další slabinou neupraveného polyetyleny je malá UV odolnost. Lze ji však zvýšit pomocí stabilizátorů a UV absorberů. Jak již bylo řečeno, velice účinná je černá pigmentace výrobků pomocí amorfního uhlíku. (10)

3.4.3 Polypropylen (PP)

Polypropylen se vyrábí polymerací propenu. Struktura jeho řetězce se liší od polypropyleny metylovou skupinou připojenou místo vodíku na každý druhý uhlík řetězce. (10)



Tento rozdíl umožňuje vznik několika různých typů polypropylenového polymeru, které se liší různým natočením metylových skupin v prostoru. Ve stavebnictví je nejvíce

využíván izotaktický polypropylen, který má všechny metylové skupiny umístěny na jedné straně řetězce. (10)

Při výrobě izotaktického polypropylenu vzniká i ataktický (amorfní) polypropylen, který má orientaci metylových skupin zcela náhodnou. S rostoucím zastoupením tohoto polymeru se výsledné vlastnosti výrobku zhoršují, proto se při výrobě separuje. (10)

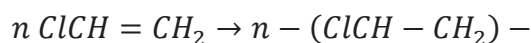
V porovnání s HDPE má izotaktický polypropylen nižší hustotu, vyšší teplotu měknutí, je pevnější a tvrdší, lépe odolává korozi a oděru. Za teplot pod bodem mrazu je křehký. Poslední jmenovaná vlastnost se dá ovlivnit přidáním 15 až 30% butylkaučuku nebo přidáním 5 až 10% přírodního kaučuku, výsledný modifikovaný polypropylen je pak použitelný i při -7°C . Další negativní vlastností je velice malá odolnost vůči povětrnostním podmínkám a nelze ji ani výrazně zlepšit přidáním stabilizátorů. Polypropylenové výrobky krátkodobě snášejí teplotu až 100°C a dlouhodobě 80°C . (10)

PP potrubí má vysokou odolnost vůči oděru, z tohoto důvodu bývá používáno k transitu abrazivních směsí. (10)

Spojování výrobků z polypropylenu je stejné jako spojování HD PE. Jednotlivé dílce se převážně svařují. S lepením dílců ve stavebních podmínkách nejsou zkušenosti a v případě inženýrských sítí se neprovádí vůbec. (10)

3.4.4 Polyvinylchlorid (PVC)

Polyvinylchlorid se vyrábí polymerací chloretylenu (vinylchloridu). Podle způsobu výroby rozeznáváme buď granulární suspenzní, nebo jemně práškovitý emulzní polyvinylchlorid. Struktura řetězce je opět podobná polyetylenu s tím rozdílem, že na každém druhém atomu uhlíku je místo jednoho vodíku navázaný atom chlóru. (10)



Tato změna značně ovlivňuje vlastnosti vyrobeného polymeru. Přítomnost značně objemného atomu chlóru omezuje pohyblivost polymerního řetězce, což činí tento polymer ve srovnání s předešlými těžce zpracovatelný. Je křehký a při roztavení má špatné tokové vlastnosti. Při vyšších teplotách, které by vyžadovalo zpracování, dochází k částečnému rozkladu řetězce. Proto se při výrobě přidávají stabilizátory, změkčovadla a maziva. Avšak díky atomu chlóru je materiál snadno lepitelný. (10)

Aby bylo možno zpracovávat PVC granulát nebo PVC prášek je nutno vždy přidat pomocné látky, které působí jako změkčovadla a snižují bod měknutí polymeru. V souvislosti s obsahem těchto příměsí rozeznáváme dva druhy polyvinylchloridu tvrdý a měkčený. (10)

Tvrký PVC (někdy označován jako neměkčený PVC) se vyznačuje obsahem změkčovadel do 12%. Z tohoto druhu se vyrábějí hlavně desky, trubky a instalátérské prvky. Vedle běžných rour se vyrábí i roury korugované. Tyto výrobky jsou zesíleny spirálovitými dutými prstenci tak, že na povrchu jsou profilované, avšak uvnitř zůstávají hladké. Takto upravené roury mají zlepšené mechanické parametry. Výrobky jsou dobře lepitelné, svařitelné a ve vroucí vodě nebo horkém vzduchu se dají tvarovat. Dnes však tvarování trubek na staveništi nahradila montáž pomocí hrdlových spojů a široké palety prefabrikovaných tvarovek. Užití výrobků z tvrdého PVC je omezeno teplotním namáháním, které nesmí přesáhnout 60 °C při trvalé zátěži. Proto byl vytvořen chlorovaný polyvinylchlorid (CPVC), tento materiál vydrží stálé zatížení teplotou až 80 °C. Hodí se proto především na potrubí pro horkou vodu. Vyrábí se dodatečným dochlоровáním tvrdého PVC (na každém druhém uhlíku řetězce jsou navázány dva atomy chlóru). Materiál získá o něco vyšší pevnost v tahu a pevnost v ohybu, je však těžší a roztažnější. (10)

Měkčený PVC obsahuje 20 až 40% změkčovadel. Využívá se především k výrobě hydroizolačních fólií, podlahovin, hadiček a dalších drobných předmětů. Vlastnosti výrobků výrazně ovlivňuje množství a druh použitého změkčovadla. Příspěvy jsou tedy vybírány s ohledem na užívání výsledného výrobku a vzniká celá řada různých typů tohoto materiálu, jejichž vlastnosti (zejména odolnost vůči okolnímu prostředí) se výrazně liší. (10)

3.4.5 Sklolaminát

Skelný laminát je kompozitem dvou složek laminátového pojiva (matrice) a skelné vláknité výztuže. (10)

Jako výztuže se nejčastěji využívá vytažených skelných vláken o tloušťce 0,005 až 0,015 mm. Vlákna se buď sdružují do pramenců, nebo se využívá sekaných rozptýlených kousků o délce 3 až 50 mm. Pramence se v některých případech textilně zpracovávají a vyrábějí se skelné tkaniny, nejčastěji s plátňovou vazbou. Ze sekaných vláken se vyrábějí

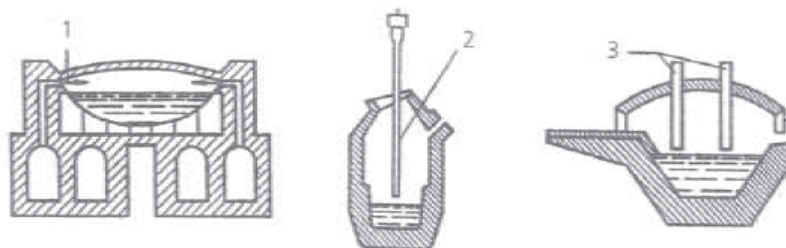
rohože. V těchto rohožích jsou sekaná vlákna nerovnoměrně rozložena v ploše a spojena polymerním pojivem. Využitím skelných tkanin nebo rohoží vznikají vrstevnatě uspořádané kompozity označované jako lamináty. (10)

Hlavním přínosem vláknitých kompozitů je kontrola rozvoje trhlin. Deformační energie je absorbována nejen díky vlastní pevnosti vláken ale i vytahováním vláken z matrice. Proto by měl být obsah vláken co největší. U ručně kladených laminátů z tkanin se pohybuje obsah skla okolo 50% a u laminátů z rohoží okolo 30%. Lamináty vyráběné průmyslově buď navíjením nebo lisováním dosahují 60 až 80% obsahu skla. (10)

Mechanické vlastnosti laminátu ve směru kolmém na jeho plochu jsou dány zejména tloušťkou materiálu, tedy jsou závislé jak na vláknité výztuži, tak na vlastnostech pryskyřice. Naproti tomu vlastnosti laminátu ve směru plochy jsou dány především výztuží. Pevnost laminátu v tahu je vždy vyšší než pevnost v tlaku. Mezní přetvoření se pohybuje v rozmezí 0,25 až 0,30%. (10)

3.4.6 Ocel

Ocel se vyrábí v kyslíkových konvektorech nebo v elektrických pecích. Dříve se hlavně vyráběla v Siemensových-Martinových pecích. V těchto zařízeních je taveno surové železo zbavené škodlivých prvků (síry, křemíku, fosforu...). Tavením je snižován obsah uhlíku v materiálu z původních 4% na hodnotu menší než 1%, čímž železo přechází v ocel. V případě legovaných ocelí se na konci výrobního postupu do taveniny přidávají další prvky (Mn, Si, Cr, W, Co, Al, Mg a další). (10)



Obrázek 3.4.1: Ocelářské pece (10)

Siemensová-Martinová pec - vlevo, kyslíkový konvektor - uprostřed, elektrická pec - vpravo; 1 - vhánění horkých plynů, 2 - tryska pro dmýchání kyslíku, 3 - elektrody

Vytavená ocel se následně odlévá do forem (kokil), vzniká tak meziprodukt zvaný ingot. Během tohoto procesu se v tavenině uvolňují plyny (zejména oxid uhličitý), které ocel čerí. Vzniká tak neuklidněná ocel. Pokud jsou do taveniny přidány přísady s obsahem křemíku, je vznik plynu potlačen a ocel tuhne jako uklidněná. V případě využití přísad obsahujících hliník je potlačení razantnější a vzniká vysoce uklidněná ocel. Výhodou uklidněné ocele je její stejnoměrnější složení. Ve stavebnictví se z ekonomických důvodů využívá hlavně ocele neuklidněné. (10)

Odlité meziprodukty (ingoty nebo bloky) se následně zpracovávají ve válcovnách a na dokončovacích linkách. Výroba konečných výrobků může probíhat buď za tepla (válcování) při teplotách od 900°C do 1 300°C, nebo za studena (tažení, válcování, kroucení). Ocel tvářená za studena je termodynamicky nestabilní a pokud je zahřáta na vyšší teplotu má snahu vrátit se do původního stavu, proto není vhodné takto tvářenou ocel svařovat. Ocel tvářená za studena má nižší tažnost a je křehčí. (10)

V současné době hutě přecházejí na kontinuální provoz od výroby železa až po zpracování oceli ve válcovně. V tomto systému je vynechána výroba meziproduktů (ingotů, bloků), čili ocel vyrobená v ocelárně je přepravena do prostoru minihutě v tekutém stavu (např. v pánvi), kde dochází k jejímu tváření až do podoby konečného výrobku. (10)

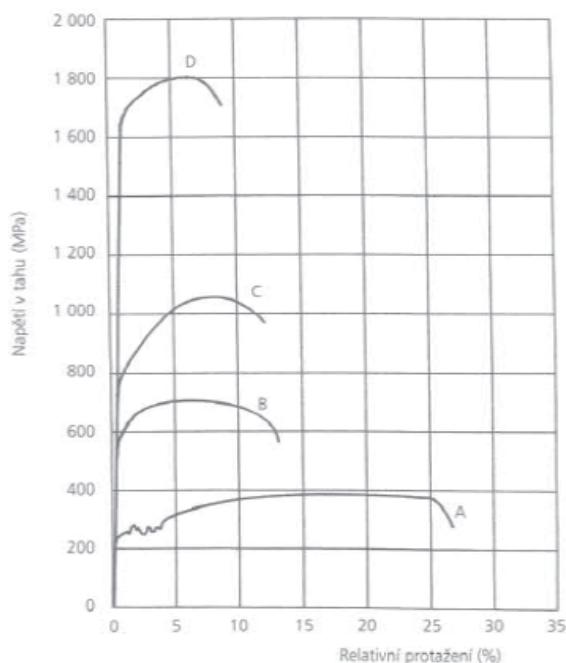
Dalšími možnostmi jak lze ovlivňovat mechanické vlastnosti ocele, jako jsou tvrdost, křehkost, houževnatost a tažnost je další tepelné zpracování. Například popouštěním při výrobě za studena, nebo žíháním na teplotu 900 °C a následným protáhnutím olověnou lázní o teplotě 450 až 550 °C (patentováním). (10)

Je tedy zřejmé, že výrobním procesem a následnými úpravami, lze ovlivňovat vlastnosti ocelí. Některé vlastnosti jsou však relativně stálé bez ohledu na zpracování či složení oceli. Mezi tyto vlastnosti patří především hustota, modul pružnosti a další (podrobněji viz Tabulka 3.4.6.1). (10)

Tabulka 3.4.6.1: Vlastnosti oceli

Vlastnosti	Hodnota	Výpočtová hodnota
Hustota (kg.m^{-3})	7 830 - 7 880	7 850
Modul pružnosti (MPa) - v tahu a v tlaku - ve smyku	200 000 - 220 000	210 000 85 000
Součinitel teplotní délkové roztažnosti (K^{-1})	$10 \cdot 10^{-6}$ - $12 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6}$
Poissonův součinitel (-)		0,30
Měrná tepelná kapacita ($\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)		0,46

Některé vlastnosti (především charakteristiky pevnostní a deformační) jsou na zpracování a složení oceli (především na obsahu uhlíku) vysoce závislé. Například stavební ocel s obsahem 0,1 až 0,15 % uhlíku má pevnost v tahu 340 až 450 MPa, mez kluzu 210 až 280 MPa a tažnost 28%, naproti tomu ocel s obsahem 0,5% uhlíku má pevnost 700 až 850 MPa, mez kluzu větší než 370 Mpa a tažnost pouze 10%. Z těchto důvodů se pro každou ocel sestavují deformační diagramy, které znázorňují jejich mechanické a deformační vlastnosti (viz. Obrázek 3.4.1). (10)



Obrázek 3.4.2: Deformační diagram (10)

A - konstrukční ocel, B - ocel pro výztuž do betonu, C - ocel na tyče pro předpínání, D - ocelový drát tažený za studena pro předpínací výztuž

Obecně platí, že pevnost ocelí klesá s vyšší teplotou (nad 300°C). Při teplotách nad 500°C je pevnost oceli přibližně poloviční. Rovněž při vyšší teplotě klesá modul pružnosti a mění se tažnost materiálu (nejprve klesá a následně roste). Pokud je ocel vystavena opakovanému namáhání, pevnost klesne až na 30 až 40% původní hodnoty (mez únavy). (10)

Z důvodu nejrůznější kvality, složení a možností následného zpracování bylo vytvořeno značení ocelí, které se řídí evropskými normami ČSN EN 10027-1 a ČSN EN 10027-2 a národními normami ČSN 42 0001 a ČSN 42 0002. Jedná se tedy o dvojí značení. (10)

Dle norem ČSN EN 10027-2 a ČSN 42 0001 se číselně značí skupiny ocelí podle chemického složení, vlastností, vhodnosti pro další zpracování a vhodnosti pro další použití. Jedná se o hutnické značení, které ve stavebnictví není využíváno. (10)

Dle normy ČSN EN 10027-1 jde o značení pomocí číselných a písemných symbolů. Toto značení se skládá z hlavního a doplňkového symbolu. Hlavní symbol je písmenný znak a trojmístné číslo (podrobněji viz Tabulka 3.4.6.2). Charakterizuje mechanické vlastnosti a způsob využití materiálu. Doplňkový symbol je složen z písmenných znaků a je připojen za trojmístné číslo. Charakterizuje další vlastnosti materiálu, například svařitelnost. Celé označení pak může vypadat takto: S355JO - konstrukční ocel s minimální mezí kluzu 355 MPa a s dobrou svařitelností. (10)

Tabulka 3.4.6.2: Značení dle normy ČSN EN 10027-1

Symbol	Význam symbolu	Význam připojeného trojčíslí
S	Ocel pro konstrukce všeobecného použití	Minimální mez kluzu (Mpa)
P	Ocel pro tlakové nádoby	Minimální mez kluzu (Mpa)
L	Ocel pro potrubí	Minimální mez kluzu (Mpa)
B	Ocel pro výztuž do betonu	Charakteristická mez kluzu (Mpa)
Y	Ocel pro předpínací výztuž do betonu	Minimální mez pevnosti (Mpa)
R	Ocel na kolejnice	Minimální mez pevnosti (Mpa)
H	Ocel pro ploché výrobky k tažení a s vyšší pevností při válcování za studena	Minimální mez kluzu (Mpa)

Dle normy ČSN 42 0001 je ocel značena pětímístným číselným kódem. První dvojčíslí udává třídu ocele a je od ostatních odděleno mezerou. Druhé dvojčíslí udává mechanické vlastnosti nebo složení legovaných ocelí. Poslední číslice má ve většině případů pořadový význam. Pouze u ocelí pro výztuž do betonu znamená: 5 - ocel s dobrou svařitelností, 7 - tyčová ocel k předpínání, 8 - ocel tvářená za studena. (10)

Tabulka 3.4.6.3: Značení dle normy ČSN 42 0001

Prvé dvojčíslí	Význam prvního dvojčíslí	Význam druhého dvojčíslí	Význam páté číslice
10	Konstrukční nelegované ocele	1/10 meze pevnosti	Pořadový význam
	Betonářské ocele	1/10 meze kluzu	Využitelnost
11	Konstrukční nelegované ocele	1/10 meze pevnosti	Pořadový význam
	Betonářské ocele	1/10 meze pevnosti	Využitelnost
12	Konstrukční nelegované ocele s předepsaným obsahem uhlíku	Chemické složení	Pořadový význam
13 až 17	Konstrukční ocele legované	Chemické složení	Pořadový význam
15	Ocel odolná atmosférické korozi	Chemické složení	Pořadový význam
17	Korozivzdorná ocel, s obsahem min. 12% chromu	Chemické složení	Pořadový význam

3.4.7 Litina

Rozeznáváme dva základní druhy litiny šedou a tvárnou. Základní rozdíl mezi nimi činí forma obsaženého uhlíku. (10)

Šedá litina se vyrábí druhým tavením slévárenského surového železa. Obsahuje 2,7 až 4,2% uhlíku a to v lupínkové formě. Pevnost v tlaku je 600 až 1080 MPa, ovšem pevnost v tahu je pouze 150 až 450 MPa. Materiál je velice křehký s malou tažností pohybující se v rozmezí od 0,3 do 0,5%. (10)

Šedá litina se dle normy ČSN 42 0006 označuje základním šestímístným číslem. První čtyři čísla jsou vždy 4224. Další dvě čísla znamenají: v rozmezí 00 až 49 jednu desetinu meze pevnosti v tahu v MPa šedé nelegované litiny, v rozmezí 50 až 99 pořadové číslo šedé nelegované litiny se zvláštními vlastnostmi, nebo litiny legované. Za základním číslem za tečkou mohou být ještě dvě číslice. Jedná se o doplňkové označení, které vyjadřuje technologický stav materiálu. (10)

Dle normy ČSN EN 1560 se šedá litina označuje vždy písmeny EN-GJL a číslem. Kde číslo znamená minimální hodnotu meze pevnosti v tahu v MPa. (10)

Tvárná litina je vyráběna opět druhým tavením surového železa, navíc je však modifikována kovovým hořčíkem nebo pomocí předslitin (NiMg, FeSiMg). Díky této modifikaci materiál obsahuje 3,2 až 4,0% uhlíku v kuličkové formě. Pevnost a tažnost takto modifikovaného materiálu je větší. Pevnost v tlaku se pohybuje od 700 do 1150 MPa a pevnost v tahu od 350 do 900 MPa. Tažnost dosahuje od 2 do 22%. Dnes se ukládá potrubí především z tvárné litiny. (10)

Tvárná litina se dle normy ČSN 42 0006 označuje základním šestimístným číslem, kde první čtyři čísla jsou vždy 4223. Další dvě čísla v rozmezí 00 až 19 znamenají jednu setinu meze pevnosti v tahu v MPa. (10)

Dle normy ČSN EN 1563 se tvárná litina označuje vždy písmeny EN-GJS a dvěma čísly. První číslo vyjadřuje hodnotu meze pevnosti v tahu v MPa a druhé číslo vyjadřuje hodnotu tažnosti v procentech. (10)

3.5 Dimenze potrubí

Vedení inženýrských sítí může být různých tvarů příčného profilu, zejména pak v kanalizačním systému. Nejpoužívanějšími tvary jsou kruhový, vejčitý a tlamový. (14)

Kruhový tvar příčného profilu lze definovat různými způsoby. Nejčastěji je používána jmenovitá světlost DN nebo vnější průměr d , oboje uváděno v mm. U plastů a sklolaminátů bývá jmenovitá světlost vztažena k vnějšímu průměru (DN/OD) nebo k vnitřnímu průměru (DN/ID). U ostatních materiálů je jmenovitá světlost vztažena k vnitřnímu průměru. (14)

Ostatní tvary jsou obvykle definovány podílem šířky k výšce (b:h) taktéž uváděnými v mm. (CSN 75 6101_5.7.3). (14)

V následujících odstavcích jsou podrobněji popsány výrobní řady trub a značení dimenzí pro materiály užívané při bezvýkopových pracích. Pro ukládání potrubí do vyhloubených otvorů se využívá výhradně potrubí spojované způsoby zaručujícími konstantní vnější průměr, to jest spoji svařovanými, bezhrdlovými případně šroubovanými. Pro ukládání potrubí do starého vedení nebo do chrániček je možné využít i trouby

spojované jinými způsoby například hrdlovými spoji se zámky či přírubovými spoji. Avšak v takovém případě je třeba počítat s výraznější redukcí světlého průměru ukládané trouby.

3.5.1 Kamenina

Výrobci kameninových trub využívají výrobní řadu vztaženou k jmenovité světlosti (DN). V následujících tabulkách (Tabulka 3.5.1.1 a Tabulka 3.5.1.2) jsou popsány rozměry hrdlových i bezhrdlových trub.

Tabulka 3.5.1.1: Výrobní řada hrdlových kameninových trub - Keramo

Výrobní řada DN	Spoj			Vnitřní průměr trouby (mm)			Vnější průměr trouby (mm)			Vnější průměr hrdla (mm)		
	P	Z	PU									
100	P	-	-	100±4	-	-	131±3	-	-	200	-	-
125	P	-	-	126±4	-	-	159±3,5	-	-	230	-	-
150	P	-	-	151±5	-	-	186±4	-	-	260	-	-
200	P	Z	PU	200±5	200	200±5	242±5	252	254±5	340	302	360
250	-	Z	PU	-	248	250±6	-	310	318±6	-	367,3	440
300	-	Z	PU	-	300±7	300±7	-	376±7	376±7	-	510	510
350	-	-	PU	-	-	348±7	-	-	417±7	-	-	525
400	-	Z	PU	-	398±8	398±8	-	492±8	492±8	-	650	650
450	-	-	PU	-	-	447±8	-	-	548±8	-	-	720
500	-	Z	PU	-	496±9	496±9	-	609±9	609±9	-	790	790
600	-	Z	PU	-	597±12	597±12	-	725±1 2	725±12	-	930	930
700	-	-	PU	-	-	694±12	-	-	862±12	-	-	1 106
800	-	-	PU	-	-	792±12	-	-	964±12	-	-	1 209
900	-	-	PU	-	-	891±14	-	-	1084±14	-	-	1 322
1 000	-	-	PU	-	-	1056±15	-	-	1273±15	-	-	1 495
1 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

P - pryžový spoj, Z - zabrušovaný spoj, PU - polyuretanový spoj

Tabulka 3.5.1.2: Výrobní řada bezhrdlových kameninových trub - Keramo

Výrobní řada DN	Vnitřní průměr trouby (mm)	Vnější průměr trouby (mm)	Vnější průměr manžety (mm)
100	-	-	-
125	-	-	-
150	149±2,5	213+0/-4	207±1
200	199±3	276+0/-6	267±1
250	250±3	360+0/-6	343±1
300	299±5	406+0/-10	395±1
400	400±6	556+0/-12	538±1
500	498±7,5	661+0/-15	640±1
600	601±9	766+0/-18	731±1
700	695±12	870+0/-24	837±1
800	792±12	970+0/-24	931±1
900	891±12	1096+0/-28	1047±1
1 000	1 056±15	1 275+0/-30	1 230±1
1 200	1 249±18	1 475+0/-36	1 422±1
1 400	1 400±30	1 600+0/-30	1 570±1

3.5.2 Polyetylen

Výrobní řady u polyetylenového potrubí jsou vztaženy k vnějšímu průměru (d). Vedle něj je udáván ještě poměr vnějšího průměru a tloušťky stěny značený SDR (standardní rozměrový poměr), tento parametr do jisté míry nahrazuje jmenovitý přetlak (PN - nominal pressure), který je udáván u ostatních trubních materiálů. Vyráběná řada SDR 11, 17 a 26 totiž odpovídá výrobní řadě PN 16, 10 a 6. Dalším parametrem, se kterým se lze setkat, je pevnost polymeru značená MRS (Minimum required strenght). MRS vyjadřuje pevnost daného plastu pro 50 let života při teplotě 20°C a udává se v MPa. Tato hodnota pak vstupuje do označení jako číslo za materiálovým označením, ovšem vyjádřená v metrech vodního sloupce a nikoli v MPa (např.: HDPE **100**). Protože se PE potrubí spojuje svařováním, vyrábí se bez hrdel. Pokud jsou trouby svařovány elektrospojku je třeba počítat s její existencí, tedy s mírným zvětšením vnějšího průměru.(8)(15)

Potrubí má velkou pružnost, což značně ulehčuje manipulaci a dopravu a je možné jej přizpůsobit tvaru terénu nebo vytvořit pozvolnou změnu směru trasy.(8)(15)

Tabulka 3.5.2.1: Výrobní řada PE trub

Výrobní řada (d)	SDR 11			SDR 17		
	Vnější průměr trouby (mm)	Tloušťka stěny (mm)	Vnitřní průměr trouby (mm)	Vnější průměr trouby (mm)	Tloušťka stěny (mm)	Vnitřní průměr trouby (mm)
32	32	3	26	32	2	28
40	40	3,7	32,6	40	2,4	35,2
50	50	4,6	40,8	50	3	44
63	63	5,8	51,4	63	3,8	55,4
75	75	6,8	61,4	75	4,5	66
90	90	8,2	73,6	90	5,4	79,2
110	110	10	90	110	6,6	96,8
125	125	11,4	102,2	125	7,4	110,2
140	140	12,7	114,6	140	8,3	123,4
160	160	14,6	130,8	160	9,5	141
180	180	16,4	147,2	180	10,7	158,6
200	200	18,2	163,6	200	11,9	176,2
225	225	20,5	184	225	13,4	198,2
250	250	22,7	204,6	250	14,8	220,4
280	280	25,4	229,2	280	16,6	246,8
315	315	28,6	257,8	315	18,7	277,6
355	355	32,2	290,6	355	21,1	312,8
400	400	36,3	327,4	400	23,7	352,6
450	450	40,9	368,2	450	26,7	396,6
500	500	45,4	409,2	500	29,7	440,6
560	560	50,8	458,4	560	33,2	493,6
630	630	57,2	515,6	630	37,4	555,2
710	710	64,6	580,8	710	42,1	625,8
800	800	73,6	652,8	800	47,4	705,2

3.5.3 Polypropylen

Výrobní řady u polypropylenového potrubí jsou ve většině případů vztaženy k jmenovitému vnějšímu průměru (DN/OD). Dále je ještě uváděna kruhová pevnost značena SN (nominal stiffness) udávána v kN/m^2 . Potrubí označené SN 12 říká, že kruhová pevnost tohoto výrobku je 12 kN/m^2 . PP trouby se spojují pomocí hrdel. Tyto spoje dovolují vychýlení o $0,5^\circ$ do všech směrů. V případě nutnosti lze využít i speciálních kloubových hrdel, které dovolují vychýlení až o $7,5^\circ$ do všech směrů. Některé trouby lze i mírně ohýbat, je však nutné dodržet limity předepsané výrobcem.(16)(17)(18)

V následujících tabulkách (Tabulka 3.5.3.1 a Tabulka 3.5.3.2) jsou podrobněji rozepsány jednotlivé výrobní řady. Pro potřeby tabulky bylo využito symbolů OD - vnější průměr, ID - vnitřní průměr, D_{\max} - vnější průměr hrdla, s - tloušťka stěny.

Tabulka 3.5.3.1: Výrobní řada hladkých polypropylenových trub

Pipelife												
Výrobní řada DN/OD	SN 10				SN 12				SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
100	102,6	110	132	3,7	-	-	-	-	-	-	-	-
125	116,6	125	149	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-
150	149,0	160	187	5,5	148,4	160	187	5,8	147,2	160	187	6,4
200	186,4	200	233	6,8	185,6	200	233	7,2	184,2	200	233	7,9
250	232,8	250	293	8,6	232,0	250	293	9,0	230,2	250	293	9,9
300	293,6	315	364	10,7	292,4	315	364	11,3	290,2	315	364	12,4
400	372,8	400	459	13,6	371,2	400	459	14,4	368,4	400	459	15,8
500	466,0	500	573	17,0	464,0	500	573	18,0	460,6	500	573	19,7
Rehau												
Výrobní řada DN/OD	SN 10				SN 12				SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
100	101,6	110	130	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-
125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
150	147,6	160	193	6,2	146,6	160	193	6,7	-	-	-	-
200	184,6	200	240	7,7	183,2	200	240	8,4	-	-	-	-
250	230,8	250	296	9,6	229,0	250	296	10,5	-	-	-	-
315	290,8	315	365	12,1	288,4	315	365	13,3	-	-	-	-
400	369,4	400	460	15,3	366,4	400	460	16,8	-	-	-	-
500	461,8	500	570	19,1	458,0	500	570	21,0	-	-	-	-
630	581,8	630	710	24,1	-	-	-	-	-	-	-	-
800	738,8	800	872	30,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Wawin												
Výrobní řada DN/OD	SN 10				SN 12				SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
110	103,2	110	128	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-
125	117,2	125	146	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-
160	150,2	160	187	4,9	147,6	160	175,3	6,2	-	-	-	-
200	187,6	200	236	6,2	184,6	200	216,8	7,7	-	-	-	-
250	234,6	250	287	7,7	230,8	250	273,8	9,6	-	-	-	-
315	295,6	315	359	9,7	290,8	315	339,9	12,1	-	-	-	-
400	375,4	400	450	12,3	369,4	400	428,3	15,3	-	-	-	-
500	-	-	-	-	461,8	500	534,6	19,1	-	-	-	-

Tabulka 3.5.3.2: Výrobní řada korugovaných polypropylenových trub

Pipelife									
Výrobní řada DN/ID	SN 10				Výrobní řada DN/ID	SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)		ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
160	139	160	170	10,5	160	-	-	-	-
200	200	228	248	14,0	200	-	-	-	-
250	250	285	308	17,5	250	-	-	-	-
300	300	343	374	21,5	300	-	-	-	-
400	400	458	498	29,0	400	-	-	-	-
500	500	573	624	36,5	500	-	-	-	-
600	600	688	750	44,0	600	-	-	-	-
800	803	925	1 003	61,0	800	-	-	-	-
1 000	1 000	1 140	1 213	70,0	1 000	-	-	-	-
Rehau									
Výrobní řada DN/ID	SN 16				Výrobní řada DN/OD	SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)		ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
160	-	-	-	-	-	-	-	-	-
200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
250	-	-	-	-	250	216	250	272	-
300	303	350	375	23,5	315	271	315	339	22,0
400	397	465	480	34,0	400	343	400	430,5	28,5
500	495	580	595	42,5	500	427	500	537	36,5
600	597	700	730	51,5	630	535	630	669	47,5
800	803	930	965	63,5	800	678	800	870	61,0
1 000	-	-	-	-	1 000	851	1 000	1 090	74,5
1 200	-	-	-	-	1 200	1 022	1 200	1 300	89,0
Wawin									
Výrobní řada DN/ID	SN 10				Výrobní řada DN/ID	SN 16			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)		ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
150	148	170	192	11,0	150	150	170	195	10,0
200	196	225	252	14,5	200	200	225	258	12,5
250	245	282	312	18,5	250	250	280	320	15,0
300	295	338	371	21,5	300	300	335	384	17,5
400	394	450	492	28,0	400	400	450	510	25,0
500	499	573	654	37,0	500	500	560	628	30,0
600	595	685	751	45,0	600	-	-	-	-
800	785	895	985	55,0	800	-	-	-	-

3.5.4 Polyvinylchlorid

Výrobní řady u polyvinylchloridového potrubí jsou vztaženy k jmenovitému vnějšímu průměru (DN/OD) a dále je rovněž uváděna kruhová pevnost (SN). Potrubí z PVC se spojuje pomocí hrdel. Tyto spoje dovolují vychýlení o 0,5° do všech směrů. U tlakových trubek do rozměru DN 200 lze využít jejich pružnosti a trubky lehce prohnout, avšak v poloměru minimálně 300 krát větším než vnější průměr trubky a pouze při teplotách vyšších než 20°C. Zároveň je nutné trubku opřít ve třech místech.(16)(17)(19)(20)(21)

Tabulka 3.5.4.1: Výrobní řada hladkých PVC trub - Pipelife

Pipelife												
Výrobní řada DN/OD	SN 4				SN 8				Tlakové potrubí			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
100	-	-	-	-	-	-	-	-	81,4	90	118	4,3
	103,6	110	127	3,2	-	-	-	-	101,6	110	142	4,2
125	118,6	125	146	3,2	-	-	-	-	129,2	140	-	5,4
150	152,0	160	184	4,0	150,6	160	186	4,7	147,6	160	200	6,2
200	190,2	200	226	4,9	188,2	200	228	5,9	207,8	225	277	8,6
250	237,6	250	288	6,2	235,4	250	291	7,3	258,6	280	342	10,7
300	299,6	315	355	7,7	296,6	315	358	9,2	290,8	315	384	12,1
400	380,4	400	448	9,8	376,6	400	452	11,7	-	-	-	-
500	475,4	500	567	12,3	470,8	500	572	14,6	-	-	-	-
Výrobní řada DN/OD	SN12				SN16				-			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
150	149,0	160	174,3	5,5	148,0	160	174,3	6,0	-	-	-	-
200	186,8	200	216,2	6,6	185,0	200	216,2	7,5	-	-	-	-
250	233,6	250	272,9	8,2	231,4	250	272,9	9,3	-	-	-	-
300	295,0	315	338,9	10,0	291,6	315	338,9	11,7	-	-	-	-
400	374,8	400	427,1	12,6	370,2	400	427,1	14,9	-	-	-	-
500	468,0	500	-	16,0	464,0	500	-	18,0	-	-	-	-
600	588,0	630	-	21,0	582,0	630	-	24,0	-	-	-	-
800	750,0	800	-	25,0	744,0	800	-	28,0	-	-	-	-

Tabulka 3.5.4.2: Výrobní řada hladkých PVC trub - Rehau

Rehau								
Výrobní řada DN/OD	SN 8				SN 8			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
110	103,6	110	128	3,2	-	-	-	-
125	-	-	-	-	-	-	-	-
160	150,6	160	183	4,7	149,6	160	183	5,2
200	188,2	200	226	5,9	187,0	200	226	6,5
250	235,4	250	287	7,3	233,8	250	287	8,1
315	296,6	315	357	9,2	294,6	315	357	10,2
400	376,6	400	450	11,7	374,2	400	450	12,9
500	470,8	500	566	14,6	-	-	-	-

Tabulka 3.5.4.3: Výrobní řada hladkých PVC trub - Wawin

Wawin												
Výrobní řada DN/OD	SN 4 - třívrstvá				SN 8 - třívrstvá				SN 12			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)
110	103,2	110	128	3,4	-	-	-	-				
125	117,2	125	146	3,9	-	-	-	-				
160	150,2	160	187	4,9	147,6	160	175,3	6,2	149,0	160	182	5,5
200	187,6	200	236	6,2	184,6	200	216,8	7,7	186,2	200	226	6,9
250	234,6	250	287	7,7	230,8	250	273,8	9,6	232,8	250	286	8,6
315	295,6	315	359	9,7	290,8	315	339,9	12,1	293,4	315	355	10,8
400	375,4	400	450	12,3	369,4	400	428,3	15,3	372,6	400	448	13,7
500	-	-	-	-	461,8	500	534,6	19,1	465,8	500	559	17,1
Výrobní řada DN/OD	SN 4 - plnostěná				SN 8 - plnostěná				-			
	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)	ID (mm)	OD (mm)	D _{max} (mm)	s (mm)				
110	-	-	-	-	103,6	110	126	3,2	-	-	-	-
125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	152,0	160	182	4,0	150,6	160	182	4,7	-	-	-	-
200	190,2	200	224	4,9	188,2	200	226	5,9	-	-	-	-
250	237,6	250	284	6,2	235,4	250	285	7,3	-	-	-	-
315	299,6	315	352	7,7	296,6	315	354	9,2	-	-	-	-
400	380,4	400	444	9,8	376,6	400	447	11,7	-	-	-	-
500	-	500	554	12,3	470,8	500	558	14,6	-	-	-	-

3.5.5 Sklolaminát

Výrobní řady u sklolaminátového potrubí jsou vztaženy k jmenovitému vnějšímu průměru (DN/OD). Rovněž je uváděna i kruhová pevnost (SN). U tlakového potrubí se navíc objevuje i jmenovitý přetlak (PN - nominal pressure) udávaný v jedné desetíně MPa. Potrubí ze sklolaminátu se vyrábí bez hrdel a je spojováno převlečnými manžetami dvojího druhu buď sklolaminátovou manžetou s pryžovým těsněním v celé šířce, nebo mechanickou manžetou z nerezové oceli se šroubovým spojem. Pro spojování beztlakových vedení se využívají manžety PN 6. (22)(23)

Vedle klasických kruhových trub se vyrábějí i tlamové a vejčité profily. (22)(23)

Tabulka 3.5.5.1: Výrobní řada sklolaminátových beztlakových trub - Hobas

Výrobní řada DN/OD	OD (mm)	SN 2,5		SN 5		SN 10		SN 15		SN 16		SN 20	
		ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)
150	168	-	-	-	-	158	5	156	6	156	6	156	6
200	220	-	-	-	-	206	7	206	7	206	7	204	8
250	272	-	-	-	-	256	8	254	9	254	9	254	9
300	324	-	-	-	-	306	9	304	10	304	10	302	11
350	376	362	7	360	8	356	10	354	11	352	12	352	12
400	401	387	7	383	9	379	11	377	12	377	12	375	13
400	427	411	8	409	9	405	11	401	13	401	13	399	14
450	478	462	8	460	9	456	11	452	13	452	13	450	14
500	501	485	8	481	10	477	12	475	13	473	14	473	14
500	530	514	8	510	10	506	12	502	14	502	14	500	15
550	550	532	9	528	11	524	13	520	15	520	15	518	16
600	616	596	10	592	12	588	14	584	16	582	17	580	18
650	650	630	10	626	12	620	15	616	17	616	17	612	19
700	718	696	11	692	13	686	16	680	19	680	19	678	20
750	752	730	11	724	14	718	17	714	19	712	20	710	21
800	820	796	12	790	15	782	19	778	21	778	21	774	23
860	860	834	13	828	16	822	19	816	22	816	22	812	24
900	924	896	14	890	17	882	21	878	23	876	24	872	26
960	960	932	14	924	18	916	22	912	24	910	25	906	27
1 000	1026	996	15	988	19	980	23	974	26	974	26	970	28
1 100	1099	1067	16	1059	20	1049	25	1043	28	1043	28	1039	30
1 200	1229	1193	18	1185	22	1175	27	1167	31	1167	31	1161	34
1 280	1280	1242	19	1234	23	1224	28	1216	32	1214	33	1210	35
1 350	1348	1308	20	1300	24	1288	30	1280	34	1280	34	1274	37
1 400	1434	1392	21	1382	26	1370	32	1362	36	1362	36	1356	39
1 500	1499	1457	21	1445	27	1433	33	1425	37	1423	38	1417	41
1 535	1535	1491	22	1481	27	1467	34	1459	38	1457	39	1451	42
1 600	1638	1592	23	1580	29	1566	36	1556	41	1556	41	1550	44
1 720	1720	1670	25	1658	31	1644	38	1636	42	1632	44	1628	46
1 800	1842	1790	26	1776	33	1762	40	1752	45	1750	46	1742	50
1 940	1937	1883	27	1869	34	1853	42	1841	48	1839	49	1833	52
2 000	2047	1989	29	1975	36	1957	45	1947	50	1945	51	1937	55
2 160	2160	2098	31	2084	38	2066	47	2054	53	2052	54	2044	58
2 200	2250	2188	31	2172	39	2152	49	2140	55	2138	56	2130	60
2 400	2400	2332	34	2316	42	2296	52	2282	59	2280	60	2272	64
2 400	2453	2383	35	2367	43	2347	53	2333	60	2331	61	2321	66
2 555	2555	2483	36	2465	45	2445	55	2431	62	2427	64	2419	68
3 000	2999	2915	42	2895	52	2869	65	2853	73	2851	74	2839	80
3 270	3270	3178	46	3154	58	3124	73	3104	83	3100	85	3088	91
3 600	3600	3500	50	3476	62	3446	77	3424	88	3422	89	3410	95

Tabulka 3.5.5.2: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 6, PN 10 - Hobas

Výrobní řada DN/OD	OD (mm)	PN 6						PN 10					
		SN 5		SN 10		SN 20		SN 5		SN 10		SN 20	
		ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)
150	168	-	-	156	6	154	7	-	-	156	6	154	7
200	220	206	7	204	8	202	9	208	6	206	7	204	8
250	272	256	8	254	9	252	10	258	7	256	8	252	10
300	324	306	9	304	10	298	13	308	8	306	9	302	11
350	376	356	10	352	12	346	15	360	8	356	10	350	13
400	401	381	10	377	12	371	15	383	9	379	11	375	13
400	427	407	10	401	13	395	16	409	9	405	11	399	14
450	478	456	11	452	13	446	16	460	9	456	11	450	14
500	501	479	11	473	14	467	17	481	10	477	12	471	15
500	530	506	12	500	15	494	18	510	10	504	13	498	16
550	550	524	13	520	15	514	18	528	11	524	13	518	16
600	616	588	14	584	16	576	20	592	12	586	15	580	18
650	650	620	15	616	17	608	21	626	12	620	15	612	19
700	718	686	16	680	19	672	23	692	13	684	17	676	21
750	752	720	16	712	20	704	24	724	14	718	17	708	22
800	820	786	17	778	21	768	26	790	15	782	19	772	24
860	860	824	18	816	22	806	27	828	16	820	20	810	25
900	924	886	19	876	24	866	29	890	17	882	21	872	26
960	960	922	19	912	24	900	30	926	17	916	22	906	27
1 000	1026	986	20	974	26	962	32	988	19	980	23	968	29
1 100	1099	1053	23	1043	28	1031	34	1059	20	1049	25	1037	31
1 200	1229	1179	25	1167	31	1153	38	1185	22	1173	28	1159	35
1 280	1280	1228	26	1216	32	1202	39	1234	23	1222	29	1208	36
1 350	1348	1294	27	1282	33	1266	41	1300	24	1288	30	1272	38
1 400	1434	1378	28	1364	35	1348	43	1384	25	1370	32	1354	40
1 500	1499	1441	29	1427	36	1409	45	1447	26	1433	33	1415	42
1 535	1535	1475	30	1461	37	1443	46	1481	27	1467	34	1449	43
1 600	1638	1576	31	1560	39	1542	48	1582	28	1566	36	1548	45
1 720	1720	1654	33	1638	41	1618	51	1660	30	1644	38	1624	48
1 800	1842	1772	35	1754	44	1734	54	1778	32	1762	40	1740	51
1 940	1937	1865	36	1845	46	1823	57	1871	33	1853	42	1831	53
2 000	2047	1971	38	1951	48	1927	60	1977	35	1957	45	1935	56
2 160	2160	2080	40	2060	50	2034	63	2088	36	2066	47	2042	59
2 200	2250	2166	42	2146	52	2118	66	2174	38	2152	49	2126	62
2 400	2400	2312	44	2288	56	2260	70	2320	40	2296	52	2268	66
2 400	2453	2363	45	2341	56	2311	71	2371	41	2347	53	2319	67
2 555	2555	2461	47	2437	59	2407	74	2469	43	2445	55	2415	70
3 000	2999	2891	54	2863	68	2827	86	-	-	-	-	-	-
3 270	3270	3152	59	3122	74	3082	94	-	-	-	-	-	-
3 600	3600	3472	64	3438	81	3394	103	-	-	-	-	-	-

Tabulka 3.5.5.3: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 16, PN 20 - Hobas

Výrobní řada DN/OD	OD (mm)	PN 16				PN 20			
		SN 10		SN 20		SN 10		SN 20	
		ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)
150	168	156	6	154	7	156	6	156	6
200	220	204	8	202	9	204	8	204	8
250	272	254	9	252	10	254	9	254	9
300	324	304	10	300	12	304	10	302	11
350	376	354	11	348	14	354	11	352	12
400	401	377	12	373	14	377	12	375	13
400	427	401	13	397	15	403	12	399	14
450	478	452	13	448	15	454	12	450	14
500	501	475	13	469	16	475	13	473	14
500	530	502	14	496	17	504	13	500	15
550	550	522	14	516	17	522	14	518	16
600	616	584	16	578	19	586	15	580	18
650	650	616	17	610	20	618	16	612	19
700	718	684	17	674	22	684	17	678	20
750	752	716	18	706	23	716	18	710	21
800	820	780	20	770	25	782	19	774	23
860	860	820	20	808	26	820	20	812	24
900	924	880	22	870	27	882	21	872	26
960	960	914	23	904	28	918	21	906	27
1 000	1026	976	25	966	30	978	24	970	28
1 100	1099	1047	26	1035	32	1049	25	1039	30
1 200	1229	1171	29	1157	36	1175	27	1161	34
1 280	1280	1220	30	1206	37	1224	28	1210	35
1 350	1348	1286	31	1270	39	1290	29	1274	37
1 400	1434	1368	33	1352	41	1372	31	1356	39
1 500	1499	1427	36	1415	42	1435	32	1417	41
1 535	1535	1463	36	1449	43	-	-	-	-
1 600	1638	1560	39	1546	46	-	-	-	-
1 720	1720	1640	40	1624	48	-	-	-	-
1 800	1842	1756	43	1740	51	-	-	-	-

Tabulka 3.5.5.4: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 25, PN 32 - Hobas

Výrobní řada	OD (mm)	PN 25				PN 32			
		SN 10		SN 20		SN 10		SN 20	
		ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)	ID (mm)	s (mm)
150	168	156	6	154	7	154	7	154	7
200	220	206	7	204	8	204	8	204	8
250	272	256	8	254	9	254	9	254	9
300	324	306	9	302	11	304	10	302	11
350	376	356	10	352	12	354	11	352	12
400	401	381	10	375	13	379	11	377	12
400	427	405	11	401	13	403	12	401	13
450	478	456	11	450	14	452	13	452	13
500	501	479	11	471	15	473	14	473	14
500	530	506	12	498	16	502	14	502	14
550	550	524	13	518	16	520	15	520	15
600	616	588	14	580	18	584	16	582	17
650	650	622	14	612	19	616	17	616	17
700	718	686	16	678	20	680	19	680	19
750	752	720	16	710	21	714	19	712	20
800	820	786	17	776	22	778	21	778	21
860	860	824	18	814	23	816	22	816	22
900	924	886	19	874	25	878	23	876	24
960	960	920	20	908	26	-	-	-	-
1 000	1026	982	22	970	28	-	-	-	-
1 100	1099	1049	25	1035	32	-	-	-	-
1 200	1229	1175	27	1159	35	-	-	-	-

Tabulka 3.5.5.5: Vnější rozměry sklolaminátových manžet - Hobas

Výrobní řada DN/OD	PN 6 D _{max} (mm)	PN 10 D _{max} (mm)	PN 16 D _{max} (mm)	PN 20 D _{max} (mm)	PN 25 D _{max} (mm)	PN 32 D _{max} (mm)
150	186	188	186	186	186	190
200	239	241	239	239	241	243
250	291	292	291	292	294	297
300	343	344	343	346	349	353
350	394	396	398	401	402	407
400	419	419	421	423	425	430
400	445	445	449	451	455	460
450	496	496	501	504	508	514
500	518	518	523	526	531	537
500	548	548	554	557	562	569
550	568	569	575	578	583	590
600	635	637	643	648	652	660
650	668	670	677	682	687	694
700	736	741	748	753	759	768
750	770	775	782	788	795	803
800	841	845	853	859	865	876
860	880	950	894	899	907	918
900	944	987	960	966	974	985
960	980	1 121	996	1 003	1 011	1 022
1 000	1 047	1 260	1 064	1 071	1 080	1 092
1 100	1 120	1 313	1 139	1 146	-	-
1 200	1 252	1 382	1 273	1 281	-	-
1 280	1 303	1 469	1 325	1 334	-	-
1 350	1 372	1 533	1 396	1 405	-	-
1 400	1 459	1 572	1 483	1 493	-	-
1 500	1 524	1 675	1 548	1 558	-	-
1 535	1 563	1 756	1 587	1 597	-	-
1 600	1 664	1 881	1 690	1 702	-	-
1 720	1 746	1 980	-	-	-	-
1 800	1 870	2 089	-	-	-	-
1 940	1 968	2 202	-	-	-	-
2 000	2 075	2 296	-	-	-	-
2 160	2 189	2 446	-	-	-	-
2 200	2 282	2 502	-	-	-	-
2 400	2 431	2 606	-	-	-	-
2 400	2 487	-	-	-	-	-
2 555	2 591	-	-	-	-	-
3 000	3 050	-	-	-	-	-
3 270	3 321	-	-	-	-	-
3 600	3 657	-	-	-	-	-

Tabulka 3.5.5.6: Vnější rozměry mechanických ocelových manžet - Hobas

Výrobní řada DN/OD	PN 6 D _{max} (mm)	PN 10 D _{max} (mm)	PN 16 D _{max} (mm)
150	205	205	205
200	293	293	301
250	341	341	349
300	390	397	397
350	439	447	447
400	488	496	496
450	538	545	545
500	588	595	595
600	679	679	679
700	779	779	779
800	880	880	898
900	983	983	1 000
1 000	1 048	1 038	1 101
1 100	1 156	1 156	-
1 200	1 285	1 303	-
1 280	1 336	1 353	-
1 400	1 489	1 506	-
1 500	1 554	1 571	-
1 600	1 692	1 709	-
1 720	1 774	1 791	-
1 800	1 896	1 913	-
1 940	1 990	1 908	-
2 000	2 117	2 117	-
2 160	2 242	-	-
2 200	2 332	-	-
2 400	2 482	-	-
2 555	2 637	-	-
3 000	3 080	-	-
3 270	3 351	-	-
3 600	3 681	-	-

3.5.6 Ocel a litina

Výrobní řady u ocelových a litinových potrubí jsou vztaženy k jmenovitému vnitřnímu průměru (DN/ID). Potrubí se spojuje pomocí hrdel, hrdel s vnitřním zámkem, přírubových spojů, šroubových spojů nebo v případě oceli i svařováním. (24)

Ocelové trouby se vyrábějí bežešvé a svařované. Svařované trubky jsou buď podélně nebo šroubovitě svařované. Bežešvé trouby se vyrábějí válcováním za tepla nebo tažením za studena. Pro potřeby vodovodů a kanalizací se využívají především trouby bežešvé. Litinové trouby jsou odlévány za pomoci odstředivých strojů. Pro zlepšení odolnosti potrubí vůči agresivnímu prostředí jsou trouby potahovány nejrůznějšími materiály například polyetylenem, polyuretanem, epoxidem a v případě vnitřní ochrany před proudící kapalinou se pak využívá i cementová vystýlka.(24)(25)(26)(27)

Jako příklad je v Tabulka 3.5.6.1 uvedena výrobní řada tlakových trub od firmy vonRollhydro.

Tabulka 3.5.6.1: Výrobní řada litinových tlakových hrdlových trub - vonRollhydro

Výrobní řada DN	Vnitřní průměr trouby (mm)	Vnější průměr trouby (mm)	Vnější průměr hrdla (mm)	Tloušťka stěny (mm)	PU nátěr		Přípustné úhlové vychýlení (°)
					Vnitřní (mm)	Vnější (mm)	
80	84,2	98,0	167,0	4,7	1,3	0,9	5
100	104,2	118,0	188,0	4,7	1,3	0,9	5
125	131,6	144,0	215,0	4,0	1,3	0,9	5
150	157,6	170,0	242,0	4,0	1,3	0,9	5
200	209,4	222,0	295,0	3,9	1,5	0,9	5
250	259,6	274,0	352,0	4,8	1,5	0,9	5
300	312,0	326,0	410,0	4,6	1,5	0,9	5
350	362,6	378,0	464,0	5,3	1,5	0,9	4
400	412,2	429,0	518,0	6,0	1,5	0,9	4
500	516,0	532,0	636,0	5,6	1,5	0,9	3
600	616,8	635,0	750,0	6,7	1,5	0,9	3
700	717,6	738,0	863,0	7,8	1,5	0,9	3

4 METODIKA

Pro naplnění cílů práce bylo provedeno selektivní šetření v oblasti odborné literatury a v oblasti trhu bezvýkopových prací, to jest u společností provádějící bezvýkopové práce, společností vyrábějící mechanizaci pro tyto práce a společností vyrábějící používané trubní systémy.

Na základě získaných poznatků byla vypracována kategorizace metod a jejich využitelnost, prostorová náročnost a způsob dopravy využívaného zařízení na stavenišťě.

Pro ověření takto získaných dat, byl sestaven dotazník (viz příloha č. 1), který byl spolu se žádostí o spolupráci a prostřednictvím internetové pošty rozeslán společnostem zabývajícím se bezvýkopovým ukládáním a opravou potrubí. Společnosti, které neprojevíly žádnou zpětnou vazbu, byly telefonicky obvolány a znovu požádány o vyplnění dotazníku, případně byla problematika telefonicky nebo osobně prodiskutována se zástupcem firmy. Se společnostmi, které zpětnou vazbu projevily, avšak nevyplnily dotazník, byla problematika prodiskutována buď prostřednictvím internetové pošty, nebo telefonicky. Společnosti, které zaslaly vyplněný dotazník, už znovu kontaktovány nebyly.

Samotný nástroj pro výběr a posouzení vhodnosti konkrétní metody bezvýkopové technologie je zpracován v kapitole Výsledky.

Pro lepší přehlednost a práci s textem jsou jednotlivé technologie popsány ve stejné struktuře:

- Užívaná mechanizace
- Dimenzionální a materiálový rozsah metody
- Rozměry pracovních jam
- Maximální úložná délka
- Doprava
- Požadavky
- Rizika
- Shrnutí nároků na stavební připravenost

5 VÝSLEDKY

5.1 Využitelnost metod pro instalaci nového potrubí

V následující tabulce (Tabulka 3.5.6.2) je uvedeno možné využití jednotlivých bezvýkopových metod pro ukládání nového potrubí v závislosti na třídě těžitelnosti okolního zeminového prostředí a dimenzi ukládaného potrubí. Pro snadnější orientaci jsou jednotlivé metody označeny symbolem dle tabulky Tabulka 3.5.6.1.

Tabulka 3.5.6.1: Symbolické označení metod pro ukládání nového vedení

Symbol	Metoda
A	Metoda s propichovacím kladivem
B	Technologie beranění
C	Zatlačování/propichování vodící trouby s rozšiřovací hlavou
D	Vodorovné vrtání
E	Mikrotunelování
F	Směrové vrtání
G	Ražení tunelovacím štítem
H	Prstencová metoda
I	Hydraulické protlačování
J	Pluhování

Tabulka 3.5.6.2: Využitelnost metod ukládání nového potrubí v závislosti na ukládané dimenzi potrubí a třídě těžitelnosti okolního prostředí

DN [mm] Tr. těž.	80	100	125	150	200	250	300
1	A B C D J	A B C D F I J	A B C D F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J
2	A B C D J	A B C D F I J	A B C D F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J
3	A B C D J	A B C D F I J	A B C D F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J
4	A B C D J	A B C D F I J	A B C D F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J	A B C D E F I J
5	B C D J	B C D F I J	B C D F I J	B C D E F I J	B C D E F I J	B C D E F I J	B C D E F I
6	D	D F	D F	D E F	D E F	D E F	D E F
7	D	D F	D F	D E F	D E F	D E F	D E F
DN [mm] Tr. těž.	500	600	800	1000	1200	1400	
1	B C D E F I J	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F G I	B C D E F G I	
2	B C D E F I J	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F G I	B C D E F G I	
3	B C D E F I J	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F G I	B C D E F G I	
4	B C D E F I J	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F G H I	B C D E F G H I	
5	B C D E F I J	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F I	B C D E F G H I	B C D E F G H I	
6	D E F	D E F	D E F	D E F	D E F G H	D E F G H	
7	D E F	D E F	D E F	D E F	D E F G H	D E F G H	

5.2 Využitelnost opravných bezvýkopových metod

V následující tabulce (Tabulka 3.5.6.2) je uvedeno možné využití jednotlivých bezvýkopových metod pro obnovu a opravu potrubí v závislosti na materiálu a dimenzi opravovaného potrubí. Pro snadnější orientaci jsou jednotlivé metody označeny symbolem dle tabulky Tabulka 3.5.6.1.

Tabulka 3.5.6.1: Symbolické označení opravných metod

Symbol	Metoda
A	Zatahování krátkých
B	Zatahování dlouhých trub
C	Vyvložkování bez výrazné redukce
D	Vyvložkování pomocí spirálově vinutých prvků
E	Vyvložkování inverzním rukávem
F	Vytahování a výměna potrubí
G	Destruktivní výměna potrubí

Tabulka 3.5.6.2: Využitelnost opravných metod v závislosti na materiálu a dimenzi opravovaného potrubí.

d [mm] Třída	80	100	125	150	200	250	
Beton	ABCEFG	ABCEFG	ABCEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	
Kamenina	ABCEFG	ABCEFG	ABCEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	
Ližina	ABCEFG	ABCEFG	ABCEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	
Ocel	ABCEFG	ABCEFG	ABCEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	ABCDEFG	
PE, PP, PVC	ABCE G	ABCE G	ABCE G	ABCDE G	ABCDE G	ABCDE G	
Zděné	ABCE G	ABCE G	ABCE G	ABCDE G	ABCDE G	ABCDE G	
d [mm] Třída	300	500	600	800	1000	1200	1400
Beton	ABCDEFG	ABCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BDEF
Kamenina	ABCDEFG	ABCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BDEF
Ližina	ABCDEFG	ABCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BDEF
Ocel	ABCDEFG	ABCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BCDEFG	BDEF
PE, PP, PVC	ABCDE G	ABCDE G	BCDE G	BCDE G	BCDE G	BCDE G	BDE
Zděné	ABCDE G	ABCDE G	BCDE G	BCDE G	BCDE G	BCDE G	BDE

5.3 Prostorové nároky bezvýkopových metod

V této kapitole jsou sumarizovány specifika a nároky jednotlivých metod na stavební připravenost a dopravu na stavenišť.

5.3.1 Prosté vyvločkování

Zatahování krátkých

Užívaná mechanizace

Lanový naviják, svařovací zařízení.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Touto metodou lze zavádět trouby do starého vedení od DN 50 do zhruba DN 500. Omezením je průchodnost potrubí šachtovým poklopem a váha instalované trouby, protože umístění trouby na místo provádí jeden člověk bez použití mechanizace. Vložkovat lze vedení všech druhů trubních materiálů.

Rozměry pracovních jam

Zasouvání trub je prováděno z provozních šachet, z tohoto důvodu lze využít pouze trouby délek 0,5 až 2 m v závislosti na rozměru provozní šachty, dimenzi původního vedení a dimenzi vedení nového.

Odbočky, přípojky, osazení armatur a náhlé změny směru se realizují v samostatných otevřených mezilehlých jámách o rozměrech 1,0 až 1,5 m délky, 1,0 až 1,5 m šířky a zahloubené o 0,3 m pod osu potrubí.

Maximální úložná délka

Vzhledem k ukládání potrubí z provozních šachet rozmístěných maximálně 50 m od sebe, je maximální úložná délka irelevantní.

Doprava

Mechanizace je na stavenišť dopravována dodávkami (O2) případně osobními automobily (O1). Instalované potrubí pak nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Opravované potrubí musí být průchodné pro nově ukládané potrubí. V místech oblouků a kolen, je třeba zatahování přerušit a zhotovit mezilehlou jámu.

Rizika

U nově položeného potrubí je výrazně menší světlý průměr, než byl u vedení původního.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Zasouvání trub je prováděno z provozních šachet a nevyžaduje tak žádné zemní práce.

Odbočky, přípojky, osazení armatur a náhlé změny směru se realizují v samostatných otevřených jámách o rozměrech 1,0 až 1,5 m délky, 1,0 m šířky a zahloubené o 0,3 m pod osu potrubí.

Zatahování dlouhých trub

Užívaná mechanizace

Lanový naviják/hydraulické zatlačovací zařízení, svařovací zařízení.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Opravovat lze potrubí o rozměrech DN 50 až DN 3000 všech druhů trubních materiálů.

Rozměry pracovních jam

Zatahovací jáma musí být dostatečně dlouhá, aby nedošlo k deformaci nebo poškození nového potrubí.

Při zatahování dlouhých svařenců z PE je délka zatahovací jámy závislá na hloubce uložení potrubí (H), způsobu uložení a minimálním poloměru ohybu (R), respektive na SDR materiálu, teplotě a vnějším průměru trouby. Závislost poloměru ohybu na teplotě, SDR a vnějším průměru trouby (OD) je zachycena v tabulce Tabulka 5.3.1.1

Tabulka 5.3.1.1: Závislost poloměru ohybu na teplotě a SDR (8)(13)(15)

		Minimální poloměr ohybu R		
		26	17	11
Teplota	SDR			
	0 °C	75 x OD	50 x OD	50 x OD
	10 °C	52,5 x OD	35 x OD	35 x OD
	20 °C	30 x OD	20 x OD	20 x OD

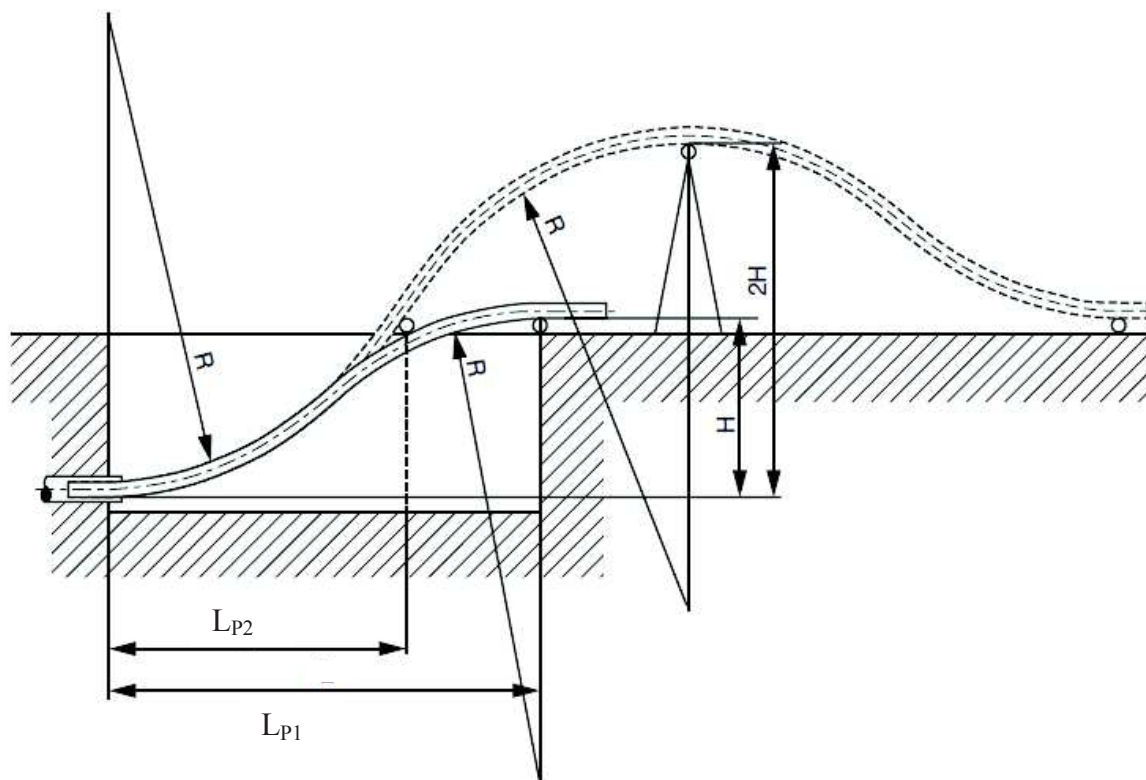
Způsoby uložení jsou dva (viz Obrázek 5.3.1). První způsob je zatahování volně ležícího potrubí na povrchu. Druhý způsob je zatahování potrubí před jámou bodově přizvedlého o stejnou výšku, jako je výška zahloubení. Tímto postupem lze délku jámy zkrátit.

Délka zatahovací jámy (L_{P1}) pro první případ se stanoví podle vztahu:

$$L_{P1} = \sqrt{H * (4 * R - H)}$$

Délka zatahovací jámy (L_{P2}) pro druhý případ se stanoví podle vztahu:

$$L_{P2} = \sqrt{H * (2 * R - H)}$$



Obrázek 5.3.1: Způsoby zatahování PE trub do opravovaného vedení/chráničky (8)

. Při zatahování tyčových trub musí být délka jámy (L_{P3}) rovna délce trouby.

Šířka zatahovací jámy (b) je dána normou ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení jako součet vnějšího průměru trouby (OD) a minimálního pracovního prostoru (x). Hodnota minimálního pracovního prostoru je dána

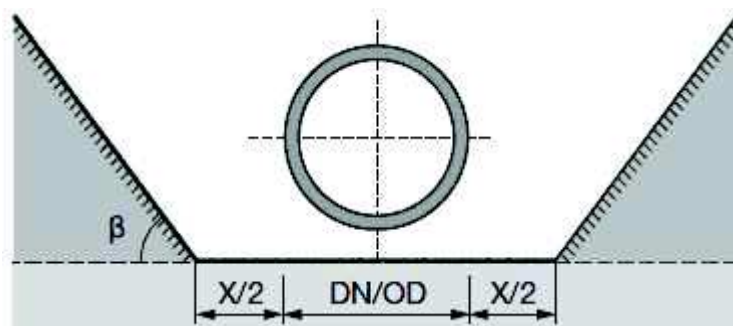
dimenzí ukládaného potrubí a způsobem pažení/nepažení jámy (viz Tabulka 5.3.1.2). Pokud je takto vypočtená šířka nižší než minimální předepsaná šířka jámy pro danou hloubku (viz Tabulka 5.3.1.3) je nutné ji na tuto hodnotu zvětšit.

Tabulka 5.3.1.2: Šířka jámy - V závislosti na pracovním prostoru (28)

DN	Výpočet šířky jámy $b = OD + x$ (mm)		
	Pažená jáma	Nepažená jáma	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
≤ 225	$b = OD + 400$	$b = OD + 400$	$b = OD + 400$
$> 225 \leq 350$	$b = OD + 500$	$b = OD + 500$	$b = OD + 400$
$> 350 \leq 700$	$b = OD + 700$	$b = OD + 700$	$b = OD + 400$
$> 700 \leq 1\ 200$	$b = OD + 850$	$b = OD + 850$	$b = OD + 400$

Tabulka 5.3.1.3: Šířka jámy - V závislosti na hloubce jámy (28)

Hloubka rýhy (mm)	Nejmenší šířka rýhy b (mm)
$< 1\ 000$	není vyžadováno
$\geq 1\ 000 \leq 1\ 750$	800
$\geq 1\ 750 \leq 4\ 000$	900
$> 4\ 000$	1 000



Obrázek 5.3.2: Schéma příčného průřezu výkopovou jámou (8)

Hloubka zatahovací jámy musí minimálně dosahovat na kótu dna opravovaného potrubí zahloubené o 200 mm (u velkých průměrů může být vyžadováno větší zahloubení z důvodu nasazení svařovacího zařízení).

Cílová jáma musí být dostatečně veliká, aby umožňovala osazení navijáku, případně kladky, která by umožnila osadit naviják na povrch a aby v ní bylo možno napojit nové vedení na staré. Dále je třeba mít na paměti, že při ukládání vedení po více úsecích se může z cílové jámy stát jáma zatahovací a pak pro ni platí stejné prostorové nároky.

Odbočky, přípojky, osazení armatur a náhlé změny směru se realizují v samostatných otevřených jámách o rozměrech 1,0 až 1,5 m délky, 1,0 m až 1,5 šířky a zahloubené o 0,2 m pod dno potrubí.

Maximální úložná délka

Maximální úložná délka je až 800 m (1000 m se zatahovacím zařízením Grundoburst).

Doprava

Mechanizace je na staveništi dopravována dodávkami (O2). Instalované potrubí pak nejčastěji velkými nákladními automobily (N2) a to buď v návinech, nebo v tyčích. Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Opravované potrubí musí být průchodné pro nově ukládané potrubí. V místech oblouků, armatur a kolen, je třeba zatahování přerušit a zhotovit jámu. Pro ověření průchodnosti se před vlastním zatažením protahuje kus ukládané trouby.

Rizika

U nově položeného potrubí je výrazně menší světlý průměr, než byl u vedení původního.

Při zatahování předem svařeného PE potrubí rozvinutého podél trasy je potřeba počítat (zejména v letních měsících) s účinky teplotní roztažnosti.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.1.4).

Tabulka 5.3.1.4: Stavební připravenost - Zatahování dlouhého potrubí

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	-	-
Manipulační prostor	-	-
Prostor k zavedení potrubí	b	b
Délka (m)		
Délka stroje	-	-
Manipulační prostor	-	1,0 až 1,5
Prostor k zavedení potrubí	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod dno	0,2	0,2

5.3.2 Metoda s propichovacím kladivem

Užívaná mechanizace

Pneumatické rázové kladivo, kompresor.

Tabulka 5.3.2.1: Technické parametry propichovacích kladiv - Grundomat (Tracto-Technik)

Průměr kladiva (mm)	Délka stroje L _s (mm)	Hmotnost (kg)	Potřeba vzduchu (m ³ /min)	Vnější průměr ukládaného potrubí (mm)
45	875	8	0,35	40
45	997	9	0,35	40
55	1131	15	0,5	45
65	933	16	0,8	50
65	1290	24	0,8	50
75	1100	24	0,9	63
75	1399	33	0,9	63
85	1528	46	1,0	75
95	1393	50	1,4	85
95	1762	65	1,4	85
110	1700	96	1,7	90
130	1802	117	3,0	110
145	2033	168	3,4	125
180	2280	260	4,5	160

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Lze ukládat potrubí o maximální vnějším průměru 45 až 300 mm (s použitím rozšiřovacího pláště) z jakéhokoli materiálu (nejčastěji PE-HD, PVC, ocel, litina). Spoj však musí být dostatečně odolný proti namáhání v tahu a neměl by mít větší vnější průměr než je vnější průměr ukládané trouby (např. svařovaný nebo závitový spoj).

Při použití řízeného kladiva lze ukládat potrubí o maximálním průměru DN 63.

Maximální úložná délka

Délku uložení především omezuje přesnost metody, která se u zahraničních kladiv dosahuje 2% a u kladiv českých a ruských 5%. Z tohoto důvodu se ukládají krátké úseky (10 až 20 m), u kterých je absolutní chyba ve vychýlení akceptovatelná.

U říditelných propichovacích kladiv je délka ukládaných úseků až 70 m.

Rozměry pracovních jam

Rozměr startovací jámy je dán délkou kladiva L_S (viz Tabulka 5.3.2.1) a rozměry ukládaného potrubí. Pro samotnou manipulaci se strojem stačí startovací jáma o šířce 0,8 m pro kladiva do průměru 80 mm a 1 m pro kladiva větší, délce rovné délce kladiva L_S plus manipulační prostor 200 mm a hloubce dosahující 100 mm pod kótu dna plánovaného potrubí. Pro stanovení potřebné délky jámy je nutno počítat se způsobem uložení potrubí viz. kapitola 5.3.1.

Cílová jáma je potřeba pouze o rozměrech dostačující k vyndání kladiva. Z čehož plyne, že šířka a hloubka jámy zůstává zachována a délka jámy stačí pouze na délku stroje L_S a manipulační prostor (200 mm).

Doprava

Pneumatické kladivo je na stavbu možno dovést i v osobním autě (O1). Nejčastěji se využívá dodávky (O2) s připojeným kompresorem na tažné zařízení. Instalované potrubí pak nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Minimální krytí rovno alespoň desetinásobku vnějšího průměru kladiva. Odstup od ostatních inženýrských sítí a jiných objektů alespoň 1 m. Odstup od ostatních inženýrských sítí a jiných objektů alespoň 1 m.

Rizika

Při pohybu kladiva je generováno značné množství hluku a vibrací. Metodu nelze použít v neporézním prostředí (např. pískovce) a ve vodou nasycených zeminách.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.2.2).

Tabulka 5.3.2.2: Stavební připravenost - propichovací kladivo

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	0,8/1,0	0,8/1,0
Manipulační prostor	-	-
Prostor k zavedení potrubí	b	-
Délka (m)		
Délka stroje	L_S	L_S
Manipulační prostor	0,2	0,2
Prostor k zavedení potrubí	L_{P1}, L_{P2}, L_{P3}	-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod dno	0,1	0,1

5.3.3 Technologie beranění

Užívaná mechanizace

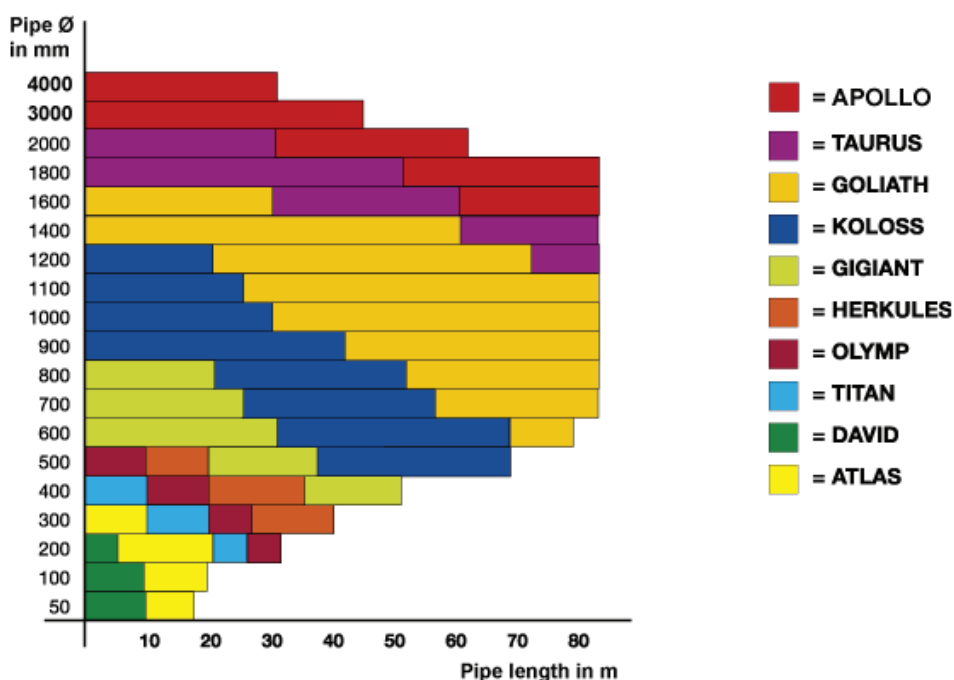
Beranící zařízení, kompresor, zdvižné zařízení (příslušné tonáže)

Tabulka 5.3.3.1: Technické parametry beranících strojů - Grundoram (Tracto-Technik)

Třída stroje	Průměr kladiva (mm)	Délka stroje L_s (mm)	Hmotnost (kg)	Potřeba vzduchu (m³/min)
APOLLO	800	4400	11500	100,0
TAURUS	600	3645	4800	50,0
GOLIATH	460	2852	2465	35,0
KOLOSS	350	2341	1180	20,0
GIANT	270	2010	615	12,0
Mini-GIGANT	270	1230	460	10,0
HERKULES	216	1913	368	6,5
OLYMP	180	1690	230	4,5
Mini-OLYMP	180	1080	175	3,5
TITAN	145	1545	137	4,0
DAVID	130	1453	95	2,7
ATLAS	95	1490	59	1,2
Mini-Atlas	125	946	60	1,7

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Tímto způsobem jsou ukládány ocelové chráničky od DN 50 do DN 4000



Graf 5.3.3.1: Rozsah užití beranících strojů - Grundoram (Tracto-Technik)

Rozměry pracovních jam

Šířka beranících strojů je ve většině případů menší než je průměr ukládaného potrubí (výjimkou jsou potrubí do DN 150), proto je šíře startovací i cílové jámy dána vnějším průměrem trouby OD a manipulačním prostorem z obou stran 0,4 m (dohromady 0,8 m). Šířka jámy by však měla být minimálně 1 m.

Délka startovací jámy je dána délkou stroje L_S a délkou ukládaných tyčových trub L_{P3} . Nejčastěji se ukládají 6 m trouby, z čehož plyne požadavek na délku okolo 8 m v závislosti na použitém stroji. V takovém případě se dosahuje přesnosti mezi 0,5 až 1,0%. Pro dosažení přesnosti okolo 0,5% je třeba zvětšit délku jámy na 15 m. Délka cílové jámy je dána potřebou vytěžit vytlačenou zeminu a napojit potrubí na další úsek, nejčastěji se vyskytuje hodnota 2 m.

Hloubka startovací jámy musí dosahovat kóty dna ukládaného potrubí plus příslušného zahloubení, které je vynuceno instalací vodícího rámu pod beraněné potrubí. U malých průměrů se zahloubení pohybuje kolem 200 mm, u velkých profilů je však vodící rám robustnější a tím i rasantnější zahloubení (v Tabulce 5.3.3.2 značeno písmenem x).

Pokud se v cílové jámě ocelové potrubí dále nenapojuje, není zahloubení požadováno, v opačném případě se zahloubení odvíjí od následujících prací, nutno konzultovat s prováděcí společností (v Tabulce 5.3.3.2 značeno písmenem x).

Maximální úložná délka

V závislosti na druhu zeminy a ukládaném potrubí, lze dosáhnout délky až 100 m. Přesnost protlačování se pohybuje okolo 0,5 a 1,0%.

Doprava

Stroje jsou na stavbu dopravovány na ve středních a velkých nákladních automobilech (N1 a N2). Instalované potrubí pak nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Minimální krytí rovno alespoň dvojnásobku vnějšího průměru ukládané trouby, avšak alespoň 1 m. Odstup od ostatních inženýrských sítí a jiných objektů alespoň 1 m.

Rizika

Při pohybu kladiva je generováno značné množství hluku a vibrací. Nelze použít za přítomnosti podzemní vody.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.3.2).

Tabulka 5.3.3.2: Stavební připravenost - beranění

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	-	-
Manipulační prostor	0,8	0,8
Prostor k zavedení potrubí	OD	OD
Délka (m)		
Délka stroje	L_S	-
Manipulační prostor	-	1 až 1,5
Prostor k zavedení potrubí	L_{P3}	-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod dno	0,2/x	0,0/x

5.3.4 Metoda zatlačování/propichování vodící trouby s rozšiřovací hlavou

Užívaná mechanizace

Beranící zařízení/zatlačovací zařízení, kompresor, zdvižné zařízení

Tabulka 5.3.4.1: Technické parametry zatlačovacích strojů - Grundobore a Bohrtec BM (Tracto-Technik, Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH)

Parametr	Grundobore		Bohrtec		
	200S	400	BM 400LS	BM 600LS	BM 800LS
Hmotnost (kg)	395	1 095	2 900	5 600	9 000
Délka stroje L_S (m)	0,96	2,10	2,27	3,50	4,05
Výška osy stroje (m)	0,325/0,375	0,46	0,75	0,85	1,20
Maximální vnější průměr ukládané trubky (mm)	280	406	900	1 200	1 400
Maximální úložná délka (m)	25	50	120	120	120
Maximální délka zatahované trouby v jednom kroku (m)	0,45	1,00	18,00	18,00	18,00

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Beraněním lze uložit ocelové trouby (chráničky) do DN 300, při zatlačování je možno uložit ocelové nebo PE trouby do DN 300 a v případě říditelného protlaku lze ukládat trouby až o rozměru DN 1400.

Rozměry pracovních jam

Rozměry pracovních jam se odvíjejí od stavebního postupu (ukládání trub ze strojní nebo cílové jámy), použitého stroje a délky ukládaných trub.

U této metody se při zatlačování využívají stejné stroje jako u metod hydraulického zatlačování a vodorovného vrtání, v případě beranění se pak využívají stejné stroje jako v předchozí kapitole. Rozdíl je pouze v technologickém postupu, kdy je nejdříve protlačena/proberaněna vodící trouba. Rozšíření otvoru a zatažení potrubí pak může probíhat jak z jámy startovací, tak z jámy cílové. Tudíž se prostorové nároky v závislosti na stroji překrývají i s jinými metodami (hydraulickým zatlačováním, vodorovným vrtáním a beraněním). Jako příklad jsou rozměry pracovních jam zpracovány pro ukládání potrubí pomocí strojů Grundobore a Bohrtec od firmem Tracto-Technik a Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH. Tyto stroje ukládají potrubí ze strojní jámy (viz Tabulka 5.3.4.2), cílovou jámou jsou vyndávány trouby pilotního protlaku. Stroj Grundobore 200S lze jako jediný (z vybraných) usadit do kruhové jámy či šachty.

Tabulka 5.3.4.2: Rozměry pracovních jam - Grundobore a Bohrtec (Tracto-Technik)

Parametr	Grundobore		Bohrtec		
	200S	400	BM 400LS	BM 600LS	BM 800LS
Šířka startovací jámy (m)	1,0	1,5	2,0	2,5	2,9
Délka startovní jámy (m)	1,2	2,2	$L_S + L_{P3}$	$L_S + L_{P3}$	$L_S + L_{P3}$
Délka cílové jámy (m)	1,0	1,1	L_S	L_S	L_S
Zahloubení pod osu potrubí (m)	0,325/0,375	0,46	0,75	0,85	1,20
Průměr kruhové startovací jámy (m)	1,0	-	-	-	-

Maximální úložná délka

Beraněním lze ukládat potrubí v úsecích o maximální délce 20 m. Zatlačováním lze ukládat potrubí v příznivých podmínkách až o délce 60 m, nejčastěji se délka úseku volí 15 až 20 m. V případě říditelného protlaku lze ukládat úseky až 150 m dlouhé.

Doprava

Stroje jsou na stavbu dopravovány na středních a velkých nákladních automobilech (N1 a N2). Instalované potrubí pak nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Minimální krytí rovno alespoň dvanáctinásobku vnějšího průměru ukládané trouby, avšak alespoň 1 m. Odstup od ostatních inženýrských sítí a jiných objektů min. 1 m.

Rizika

V případě ukládání beraněním je generováno značné množství vibrací a hluku.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.4.3)

Tabulka 5.3.4.3: Stavební připravenost - stroje Bohrtec BM 400LS, BM 600LS a BM 800LS (Tracto-Technik)

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	2,0/2,5/2,9	-
Manipulační prostor		0,8
Prostor k zavedení potrubí	-	OD
Délka (m)		
Délka stroje	L _S	-
Manipulační prostor	-	1,0 až 1,5
Prostor k zavedení potrubí	L _{P3}	-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod osu potrubí	0,75/0,85/1,2	-

5.3.5 Vodorovné vrtání

Užívaná mechanizace

Vrtná souprava (rám, opěrné desky vrtného a tlačného hydromotoru, vrtné hlavy, šnekový dopravník), hydraulická pohonná stanice, diesellový nebo benzínový agregát, bentonitová stanice.

Tabulka 5.3.5.1: Technické parametry vrtných strojů - Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Parametr	Perforator							
	PBA 10	PBA 20	PBA 38	PBA 40	PBA 85	PBA 95	PBA 150	PBA 155
Hmotnost (kg)	180	420	850	820	1 860	1 900	2 250	2 500
Délka stroje L _S (m)	1,3/1,8	1,38/1,88	2,38	1,95	1,95	1,95	3,10	3,80
Šířka stroje (m)	0,650	0,830	1,240	1,240	1,240	1,320	1,510	1,650
Maximální vnější průměr ukládané trubky (mm)	324	324	508	508	560	560	865	1 080
Minimální vnější průměr ukládané trubky (mm)	121	63	95	95	219	219	219	219
Maximální úložná délka (m)	50	50	80	80	100	100	100	100
Maximální délka zatahované trouby v jednom kroku (m)	0,5/1,0	0,5/1,0	1,00	1,00	1,0/2,0/3,0	2,0/3,0	2,0/3,0	2,0/3,0/4,0

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Vrtat lze otvory o průměru 50 až 1500 mm.

Rozměry pracovních jam

Šířka startovací jámy je ovlivněna strojním zařízením, šířka cílové jámy se odvíjí od manipulačních nároků na výměnu vrtné hlavy či zapřažení instalovaného potrubí.

Délka pracovních jam se odvíjí od způsobu ukládání trub, které mohou být zatahovány nebo zatlačovány (v případě PE svařenců pouze zatahovány). Volba tohoto způsobu rozhodne na které straně je nutno přičíst délku na vtažení potrubí L_p . Startovací jáma je jinak ovlivněna délkou vrtného stroje, cílová jáma pak manipulační potřebou.

Zahloubení startovací jamy se výlučně odvíjí od použité mechanizace, v případě cílové jámy od následujících prací (napojování potrubí, osazování armaturami...).

Dle údajů prováděcích firem bývá šířka a délka cílové šachty o 0,5 m kratší než je startovací jáma, žádný rozměr však nesmí klesnout pod 1,0 m.

Tabulka 5.3.5.2: Rozměry startovacích jam - Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Parametr	Perforator							
	PBA 10	PBA 20/20V	PBA 38	PBA 40	PBA 85	PBA 95	PBA 150	PBA 155
Šířka startovací jámy (m)	1,5	1,8	2,2	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0
Délka startovní jámy (m)	1,5/2,0	1,5/2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	3,2	3,9
Zahloubení pod dno potrubí (m)	0,245	0,420	0,500	0,500	0,600	0,605	0,750	0,750
Průměr kruhové startovací jámy (m)	-	-	-	2,0	-	-	-	-

Výrobce nabízí pro některé stroje prodloužení vodícího rámu až o 2 m, čímž je zvětšena délka jednoho kroku.

Maximální úložná délka

Maximální dosažitelná délka vrtu touto metodou je 150 m.

Doprava

Stroje jsou na stavbu dopravovány na středních a velkých nákladních automobilech (N1 a N2) s přívěsem s vybavením. Instalované potrubí pak nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Minimální krytí a odstup od ostatních objektů alespoň 1 m.

Rizika

Vrtat pod hladinou podzemní vody lze jen se současným zatahováním potrubí a s dalšími doplňujícími opatřeními.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.5.3)

Tabulka 5.3.5.3: Stavební připravenost - vrtných strojů Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	1,5 až 3,0	-
Manipulační prostor	-	1,0 až 1,5/-
Prostor k zavedení potrubí	-	-/b
Délka (m)		
Délka stroje	L_S	-
Manipulační prostor	-	1,0 až 2,0/-
Prostor k zavedení potrubí	$L_{P3}/-$	$-/L_{P1}, L_{P2}, L_{P3}$
Hloubka (m)		
Zahloubení pod osu potrubí	0,245 až 0,75	x

Příklad odečtení údajů z tabulky: Potrubí je zatahováno z cílové jámy (platí údaje vpravo od lomítka) tzn. startovací jáma bude široká 1,5 až 3,0 m, dlouhá L_S a zahloubená o 0,245 až 0,75. Cílová jáma bude široká b, dlouhá L_{P1} , L_{P1} nebo L_{P1} a zahloubená o požadavek následujících prací x.

5.3.6 Směrové vrtání

Užívaná mechanizace

Vrtný stroj, míchací jednotka vrtné kapaliny, čerpadla pro vrtnou kapalinu

Tabulka 5.3.6.1: Doporučené rozdělení vrtných strojů (1)

Parametr	Malý	Střední	Velký
Tlačná/tažná síla (kN)	do 177	178 až 445	445 až 4 000
Kroutící moment (kNm)	do 16	17 až 89	90 až 150
Maximální délka vrtu (m)	do 400	do 600	2000
Průměr vrtu (mm)	do 400	100 až 600	až 1 800

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Vrtat lze otvory o průměru 90 až 1800 mm a v jakémkoli horninovém prostředí a to i pod hladinou podzemní vody. Ukládají se trouby z oceli, litiny a PE.

Rozměry pracovních jam

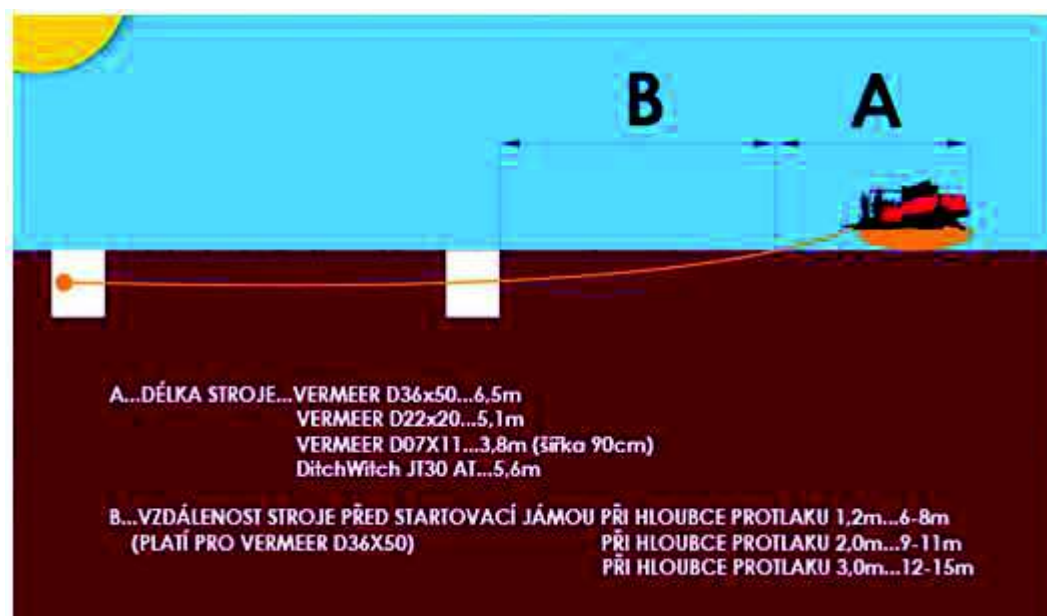
Pro samotnou metodu nejsou startovací ani cílová jáma důležité, vrt může začínat i končit na povrchu. Nicméně i tak je nutné jámy hloubit, z důvodu napojení dalšího vedení v předepsané hloubce.

Rozměry startovací i cílové jámy se pohybují od 1,5 na 1,5 m do 3 na 3 m v závislosti na průměru ukládaného potrubí. Hloubka jámy musí dosahovat na kótu dna plánovaného vedení zahloubené o 0,5 m. Vstupní jáma nesmí být ve směru vrtání delší než 3 m, při větších rozměrech je třeba stabilizovat vrtné tyče, aby nedošlo k jejich zlomení bočním rázem. (29)

V případě, že je přes cílovou jámu zatahováno potrubí, jsou rozměry jámy zvětšeny, aby umožnily bezpečný průchod potrubí do vrtu a nedošlo k jejich poškození. Délka cílové jámy se v tomto případě navrhuje jako v kapitole 5.3.1.

Vrtné zařízení stojí na povrchu před vstupní jámou, to znamená, že je před startovací jámou potřeba volné prostranství (o šířce a délce stroje) ve vzdálenosti 3 až 5 m. U velkých zařízení i více. Jako příklad je uveden požadavek na rozmístění strojů vlastněných společností TALPA - RPF, s.r.o. (viz Obrázek 5.3.3).

Při návrhu geometrie vrtu je třeba dodržet úhel vstupu vrtu v rozmezí 6 až 12° a úhel výstupu v rozmezí 8 až 20°, poloměr křivosti vrtných trubek, poloměr křivosti zatahovaných trub a výši nadloží. Dále je třeba respektovat tažné síly při zatahování, geologické podmínky, rozmístění a počet překážek. Proto je nezbytné se při navrhování poradit prováděcími společnostmi.



Obrázek 5.3.3: HDD - schéma rozmístění strojů (TALPA - RPF) (29)

Maximální úložná délka

Maximální délka jednoho ukládaného úseku je 2500 m, v ČR však, které ukládají na maximální délku 1500 m. Jako výhodné se považují úseky v rozmezí 100 až 150 m.

Doprava

Stroj je na stavbu dopravován na podvalníku za středním nebo velkým nákladním automobilem (N1 a N2) s příslušenstvím. Míchací jednotka vrtné kapaliny je dopravována velkým nákladním automobilem (N2). Instalované potrubí je dováženo nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1) nebo návěsovou soupravou (N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Většina vrtných strojů jsou samohybná vozidla, pohybující se po staveništi bez pomoci. Velké stroje jsou však už speciálně upraveným návěsem za nákladní auto. Při jejich přesunu je potřeba počítat s pohybem návěsové soupravy o délce přesahující 15 m.

Požadavky

Minimální výška nadloží nad vrtem 10 až 15 DN. Minimální krytí pod dnem toku bez nánosů 1,2 m. Trubní spoje musí být dostatečně odolné vůči tahovému namáhání. Volné prostranství před startovní jámou pro osazení stroje.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.6.2)

Tabulka 5.3.6.2: Stavební připravenost - vrtných strojů

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	-	-
Manipulační prostor	1,5 až 3,0	1,5 až 3,0/-
Prostor k zavedení potrubí	-	-/b
Délka (m)		
Délka stroje	-	-
Manipulační prostor	1,5 až 3,0	-
Prostor k zavedení potrubí	-	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}
Hloubka (m)		
Zahloubení pod osu potrubí	0,0 až 0,5	0,0 až 0,5

5.3.7 Mikrotunelování

Užívaná mechanizace

Mikrotunelovací stroj, ovládací kontejner, zatlačovací opěrný rám, transportní systém vytěžené zeminy, odlučovací a sedimentační zařízení pro separaci vytěžené zeminy (pouze u hydraulické dopravy), bentonitová stanice, zdvižné zařízení.

Razící stroje se vždy navrhují pro konkrétní materiál potrubí, geologické podmínky, hladinu podzemní vody, průměr potrubí atd.

Pro příklad je zde uvedena část typové řady od firmy Herrenknecht, která vyrábí mikrotunelovací stroje od DN 250 do DN 4000.

Tabulka 5.3.7.1: Rozměry mikrotunelovacích strojů - AVN XC (Herrenknecht)

Parametr	AVN 800 XC		AVN 1000 XC		AVN 1200 XC		AVN 1400 XC	
	Standart	Extra	Standart	Extra	Standart	Extra	Standart	Extra
Vnější průměr stroje (mm)	1 110	1 295	1 295	1 505	1 505	1 740	1 740	1 810
Vnější průměr trouby (mm)	1 090	1 280	1 280	1 490	1 490	1 720	1 720	1 780
Vnitřní průměr trouby (mm)	800	1 000	1 000	1 200	1 200	1 400	1 400	1 500
Délka celého štítu (mm)	2 900	2 900	3 000	3 000	3 200	3 200	3 400	3 400

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Lze ukládat potrubí od DN 150. Pro tento způsob ukládání se hodí potrubí z železobetonu, kameniny, ocele, sklolaminátu.

Rozměry pracovních jam

Rozměry pracovních jam se odvíjejí od použité mechanizace, tedy mikrotunelovacího stroje a zatlačovacího zařízení. Požadované rozměry jam pro již zmíněné mikrotunelovací soupravy ANV jsou popsány v tabulce Tabulka 5.3.7.2.

Tabulka 5.3.7.2: Stavební připravenost pro stroje AVN XC (Herrenknecht)

Druh jámy	Délka trouby (mm)	AVN 800 XC	AVN 1000 XC	AVN 1200 XC	AVN 1400 XC	AVN 1500 XC
Startovací jáma						
Pravoúhlá Šířka (m)	2 000	3,50	3,50	4,50	4,50	4,50
Délka (m)		4,50	4,50	5,50	5,50	5,50
Kruhová Průměr (m)	3 000	4,57	4,57	4,87	5,27	5,27
Pravoúhlá Šířka (m)		3,50	3,50	4,50	4,50	4,50
Délka (m)		4,50	4,50	5,50	5,50	5,50
Kruhová Průměr (m)		4,57	4,57	4,87	6,50	6,50
Cílová jáma						
Pravoúhlá Šířka (m)		2,00	2,50	2,50	2,50	2,50
Délka (m)		3,20	3,40	4,50	4,50	4,50
Kruhová Průměr (m)		3,40	3,60	4,50	4,50	5,00

Maximální úložná délka

Maximální délka ukládaných úseků v optimálních podmínkách je 300 m. Při ukládání potrubí o rozměru DN 1000 a větším se úložná délka zvyšuje. U plně mechanizovaných velkých mikrotunelovacích strojů typu AVN 800 XC už je maximální úložná délka prakticky neomezena.

Tabulka 5.3.7.3: Úložná délka - Mikrotunelování (1)

DN ukládané trouby (mm)	Maximální délka vrtu (m)
150	50
250	80
300	100
400	120
500	150
600	150
700	150
800	150

Doprava

Před započítáním prací je ve startovním místě vybudováno široké zázemí pro mikrotunelovací stroj, dopravu zeminy, míchání a čištění bentonitu. Na staveništi je proto nutný přístup pro střední a velké nákladní automobily, přívěsové i návěsové soupravy (N1, N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Krytí nejméně stejné jako ukládané DN potrubí, doporučuje se 2 až 3 násobek. Minimální krytí je 1,8 m. Staveništi musí být napojeno přívod vody a elektrické energie, v opačném případě je zapotřebí elektroagregát a cisterna s užitkovou vodou.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.7.4)

Tabulka 5.3.7.4: Stavební připravenost - mikrotunelovacích strojů

DN		150 až 200	200 až 300	250 až 800	900 až 1200
Délka trouby (m)		1,0	1,0	2,0	2,0
Startovací jáma					
Pravoúhlá	Šířka (m)	1,5	2,5	3,5	4,0
	Délka (m)	2,0	2,8	4,0	5,0/8,0
Kruhová	Průměr (m)	2,0/1,5	2,0	3,2	-
Cílová jáma					
Pravoúhlá	Šířka (m)	1,0/1,0	2,0	2,5	3,0
	Délka (m)	2,0/1,5	2,0	2,5	3,5
Kruhová	Průměr (m)	-	2,0/1,5	2,5/2,6	-

5.3.8 Pluhování

Užívaná mechanizace

Terénní tažné vozidlo s lanovým navijákem a kotvou, pluhový pokladač (hmotnost celé soupravy, včetně podvalníku s vybavením, se pohybuje kolem 50 t)

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Nekonečným pluhováním lze ukládat trouby do vnějšího průměru 355 mm. Raketovým pluhováním je pak možno položit potrubí s vnějším průměrem 500 mm. Využívá se trub z materiálu PE HD 100 s minimálně SDR 17.

Rozměry pracovních jam

Pokud je potřeba začít či skončit pluhování v určité hloubce je třeba vykopat startovací a cílovou rýhu. Rozměrově jsou tyto rýhy totožné. Pokud tato potřeba není, pluh může plynule sestoupit do (vystoupit z) požadované hloubky. Šířka i délka jámy musí umožnit vložení pluhu. Hloubka jámy stačí do úrovně dna plánovaného vedení.

Maximální úložná délka

Lze ukládat prakticky nekonečné svařence PE trub. V praxi se ukládané úseky pohybují v řádech jednotek až desítek kilometrů (ukládací rychlost může být až 6 km potrubí denně).

Raketovým pluhováním lze ukládat propojené úseky s maximální délkou 300 m.

Doprava

Pluhový pokladač je na stavenišťe dovážen na podvalníku taženém terénním tažným vozidlem s kotvou. Toto vozidlo lze klasifikovat jako střední nákladní automobil (N1). Instalované potrubí je dováženo nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1) nebo návěsovou soupravou (N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Před začátkem nekonečného pluhování je třeba příslušný úsek potrubí svařit a vyrovnat ho na jedné straně podél požadované trasy ve vzdálenosti kolem 5 m. V případě raketového pluhování je potrubí odvíjeno rovnou z transportního bubnu. Z důvodu průjezdu pluhu, je potřeba 4 m široký volný pás nad trasou plánovaného vedení. Pluhování může být prováděno minimálně 1 m od překážky (strom, plot atd.).

Rizika

Potrubí lze uložit do maximální hloubky 2,25 m.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Před započítáním prací je třeba mít vykopené startovací a cílové rýhy. V případě nekonečného pluhování je třeba mít svařené a natažené potrubí.

5.3.9 Ražení tunelovacím štítem

Užívaná mechanizace

Razící štít, zdvižné zařízení.

Razící štít se navrhuje speciálně pro dané použití. Při návrhu je důležité zachovat poměr mezi délkou štítu a průměrem v rozmezí 1,0 až 1,5. Z důvodu dobré manévrovatelnosti (moc krátké štíty mají tendenci se odchylovat od plánovaného směru a příliš dlouhé štíty jsou obtížně říditelné). Komplexně mechanizované štíty jsou z pravidla příliš dlouhé z důvodu uložení velkého množství mechanismů, a proto jsou rozdělovány na dvě kloubově spojené části.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Ukládají se průlezné a průchozí profily tedy trouby s minimálně světlým průměrem 1000 mm, bez ohledu na geologické prostředí či polohu hladiny podzemní vody. Horní okraj pro ukládaný průměr není stanoven a metoda volně přechází do tunelářských metod.

Rozměry pracovních jam

Rozměr startovací jámy je odvislý od velikosti razicího stroje, nejmenší jámy se budují v půdorysných rozměrech 4 x 4 až 5 x 5 m, případně se hloubí šachty kruhové. Cílová šachta může být menší 3,5 x 3,0 m. Při ražení dlouhých úseků se také hloubí mezilehlé šachty pro zkrácení dopravní cesty rozpojené zeminy a ukládaného ostění. Tyto šachty je výhodné zřizovat v místech budoucích provozních objektů.

Maximální úložná délka

Úložná délka je z technologické stránky neomezena. Avšak z ekonomického pohledu jsou nemechanizované štíty použitelné na krátké vzdálenosti (zhruba do 100 m), částečně mechanizované štíty na střední vzdálenosti (do několika set metrů) a plně mechanizované štíty na velké vzdálenosti (na více jak několik set metrů).

Doprava

Před započítáním prací je v závislosti na mechanizaci štítu ve startovním místě vybudováno zázemí, které zajišťuje dopravu zeminy a ostění, míchání a čištění bentonitu, uskladnění práškového bentonitu. Na staveništi je proto nutný přístup pro střední a velké nákladní automobily, přívěsové i návěsové soupravy (N1, N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Vzhledem k unikátnosti každého štítu je třeba požadavky na stavební připravenost už v projektové fázi konzultovat se společnostmi zabývajícími se výrobou ražných štítů.

5.3.10 Prstencová metoda

Prstencová metoda se co do stavební připravenosti shoduje s ražením tunelovacím štítem. Rozdíl mezi těmito metodami spočívá v tom, že u prstencové metody se využívá tunelovacího štítu bez ocelového pláště. Z tohoto důvodu je tato metoda použitelná jen v soudržných zeminách pevné a tvrdé konzistence nebo ve skalních a poloskalních horninách.

5.3.11 Hydraulické protlačování

Užívaná mechanizace

Protlačovací souprava, zdvižné zařízení, dopravník vytěžené zeminy.

V této metodě se využívá celá řada zařízení používaných i v jiných metodách (při zatlačování vodorovné vodící trouby s rozšiřovací hlavou, vodorovném vrtání a mikrotunelování). Rozdíl oproti těmto metodám spočívá ve stupni mechanizace případně rozdílnému způsobu rozrušování zeminy na čelbě.

Rozdíl od metody zatlačování vodorovné vodící trouby s rozšiřovací hlavou spočívá v tom, že se neprovádí vodící vrt.

Rozdíl od metody vodorovného vrtání se u malých profilů smívá, avšak u profilů větších se liší způsobem odtěžování zeminy.

Rozdíl od metody mikrotunelování spočívá v jiném způsobu rozrušování zeminy na čelbě. To může být prováděno nemechanizovaně, polomechanizovaně či mechanizovaně s pomocí výložných fréz či jiných zařízení.

Rozdíl oproti štítování spočívá v umístění tlačného zařízení (je ve startovní jámě nikoli pod ochranou štítu) a ve způsobu posunu. V případě zatlačování je hýbáno celým ukládaným úsekem, kdyžto v případě štítování se pohybuje pouze štít, který se odstrkuje od pevně usazeného ostění.

Avšak zatlačovací zařízení u těchto metod (vyjma štítování, které je uvedeno z důvodu komplexnosti) jsou obdobná (při srovnání stejných ukládaných profilů).

Tabulka 5.3.11.1: Technické parametry zatlačovacích strojů - Bohrtec BM (Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH)

Parametr	Bohrtec						
	BM 150 D	BM 150 DT	BM 400	BM 400 S	BM 500 S	BM 400 LSC	BM 600 LSC
Hmotnost (kg)	650	600	2 500	2 600	5 500	3 900	6 200
Délka stroje L _S (m)	1,40	1,20	2,00	2,00	3,20	1,90	2,30
Šířka stroje B _S (m)	0,90	0,90	1,20	1,20	2,10	1,70	2,20
Výška osy stroje (m)	0,33	-	0,80	0,80	1,05	1,00	1,10
Maximální vnější průměr ukládané trubky (mm)	280	280	620	620	1 020	960	1 280

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Ukládají se profily od DN 100 až do profilů, které ještě umožňují dopravu po běžných komunikacích bez dopravních omezení (cca DN 3200). U větších profilů se z ekonomických důvodů dává přednost štítování.

Rozměry pracovních jam

Rozměry pracovních jam závisí na využitém stroji, případně postupu odtěžování a dopravy zeminy. Jako příklad jsou zpracovány rozměry pracovních jam pro ukládání potrubí pomocí strojů Bohrtec BM od firmy Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH (viz. Tabulka 5.3.11.2).

Cílové jámy pak mohou být menší zhruba o 0,5 m v půdorysných rozměrech. Avšak rozměr jámy by neměl klesnout pod 1,5 x 1,5 m.

Tabulka 5.3.11.2: Rozměry pracovních jam - Bohrtec BM (Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH)

Parametr	Bohrtec						
	BM 150 D	BM 150 DT	BM 400	BM 400 S	BM 500 S	BM 400 LSC	BM 600 LSC
Šířka startovací jámy (m)	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$	$B_S + 0,8$
Délka startovní jámy (m)	1,4	1,2	2,0	2,0	3,2	$L_S + L_{P3}$	$L_S + L_{P3}$
Zahloubení pod osu potrubí (m)	0,33	-	0,80	0,80	1,05	1,00	1,10
Průměr kruhové startovací jámy (m)	1,5	1,2	2,0	2,0	3,2	$2,0 + L_{P3}$	$2,6 + L_{P3}$

Maximální úložná délka

Za pomoci tlačných mezistanic lze ukládat úseky libovolné délky, avšak použití více jak dvou mezistanic je nevhodné. U malých profilů, kde nelze využít mezistanic je maximální úložná délka 200 m.

U neřízených souprav je úložná délka omezena na několik desítek metrů. Tyto soupravy jsou používány hlavně u pokládky potrubí v otevřeném výkupu, kdy je třeba překonat krátkou překážku (například silniční komunikaci).

Přesnost metody se pohybuje kolem 1%.

Doprava

Na staveništi je nutný přístup pro střední a velké nákladní automobily, přívěsové i návěsové soupravy (N1, N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

V případě zatlačování průlezných nebo průchozích profilů a ručního odtěžení zeminy na čelbě, lze metodu využít i v případech, kdy nelze přesně vytýčit nebo odhalit jiná vedení v zemině. V průběhu realizace lze totiž přejít na menší profil a překážce se vyhnout. V případě mechanického odtěžení zeminy je třeba dodržet krytí o velikosti dvojnásobku průměru ukládaného potrubí.

Rizika

Protlačovat lze pouze přímé úseky nebo úseky s oblouky o velkých poloměrech (min 300 m). Během prací jsou reakční síly od zatlačování přenášeny do opěrné stěny strojní jámy.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Rozměry pracovních jam závisí na využitém stroji, případně postupu odtěžování a dopravy zeminy. Jako vodítka může posloužit Tabulka 5.3.11.2, v případě ukládání větších profilů se lze orientovat podle Tabulka 5.3.7.4.

5.3.12 Vyvložkování bez výrazné redukce DN

Užívaná mechanizace

Lanový naviják, tlaková stanice a zařízení pro ohřev vody/páry/vzduchu, deformační zařízení, vozík s návinem.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Trub předdeformovaných ve výrobě lze využít u oprav potrubí o světlém průměru 100 až 500 mm. Trouby deformované na staveništi jsou použitelné pro opravu vedení o rozměrech d 110 až 1300. Využívá se PE HD 100 nebo 80. Opravovat lze vedení ze všech materiálů.

Lze také využít potrubí z PVC kopolymeru v rozsahu DN 250 až DN 400.

Tabulka 5.3.12.1: Rozměry PE trub deformovaných ve výrobě (8)

DN Compact Pipe	PE 100 RC - SDR 26 PN 6 a PN 4			PE 100 RC - SDR 17 PN 10 a PN 6			PE 80 - SDR 26 PE 100 - SDR 26		
	Rozsah expanze (mm)	Tloušťka stěny (mm)	Délka návinu (m)	Rozsah expanze (mm)	Tloušťka stěny (mm)	Délka návinu (m)	Rozsah expanze (mm)	Tloušťka stěny (mm)	Délka návinu (m)
	100	97 - 102	3,9	600	97 - 102	5,9	600	97 - 104	3,9
125	-	-	-	121 - 127	7,4	600	-	-	-
150	145 - 152	5,8	600	145 - 152	8,8	600	145 - 155	5,8	600
175	-	-	-	170 - 179	10,3	600	-	-	-
200	194 - 204	7,7	440	194 - 204	11,8	400	194 - 208	7,7	440
225	-	-	-	217 - 228	13,2	330	-	-	-
250	241 - 253	9,6	400	241 - 253	14,7	330	241 - 258	9,6	400
280	-	-	-	280 - 294	16,5	250	-	-	-
300	289 - 303	11,5	210	289 - 303	17,6	190	289 - 309	11,5	210
350	340 - 357	13,5	160	340 - 357	20,6	150	340 - 364	13,5	160
400	385 - 404	15,3	135	385 - 404	23,5	93	385 - 412	15,3	135
450	436 - 458	17,4	100	-	-	-	436 - 467	17,4	100
500	485 - 509	19,3	100	-	-	-	485 - 519	19,3	100

Rozměry pracovních jam

Vyložkování v případě kopolymerové PVC trouby se provádí přes provozní šachty. Přípojky jsou připojeny pomocí kanálobota, čili odpadá potřeba jakýchkoli zemních prací.

V případě ukládání ve výrobě předdeformovaných PE HD trub je délka pracovních jam rovna 10 x DN Compact Pipe plus místo pro případné armatury. Šířka jam se navrhuje minimálně 1,3 m + DN Compact Pipe.

V případě ukládání na staveništi deformovaných PE HD trub se rozměry stanoví jako u zatahování dlouhých trub, navíc je potřeba vytvořit prostor pro deformační zařízení.

Maximální úložná délka

Ve výrobě deformovanými troubami lze vložkovat úseky rovnající se délce návinu potrubí. Tyto návinu mohou být až 600 m dlouhé v závislosti na kvalitě a průměru potrubí (viz Tabulka 5.3.12.1).

Při ukládání na staveništi deformovaného potrubí je délka omezena maximální možnou silou, kterou je potrubí schopno přenést. V závislosti na SDR a průměru trouby se úložná délka pohybuje od 100 do 300 m.

Doprava

Mechanizace je na stavenišťe dopravována dodávkami (O2) nebo malými nákladními automobily (N1). Instalované potrubí pak nejčastěji středními nákladními automobily (N1) a to buď v návinech, nebo v tyčích. Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Teplota vzduchu by při instalaci potrubí neměla klesnout pod 5 °C.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam. Zde je uveden tabelární přehled (viz. Tabulka 5.3.12.2)

Tabulka 5.3.12.2: Stavební připravenost - Těsné vyvločkování

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	-	-
Manipulační prostor	-	-
Prostor k zavedení potrubí	1,3 m + DN /1,0 až 1,5	1,3 m + DN /1,0 až 1,5
Délka (m)		
Délka stroje	-/L _S	-
Manipulační prostor	-	-/1,0 až 1,5
Prostor k zavedení potrubí	10 x DN/L _{P1} , L _{P2}	10 x DN/-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod dno	0,2	0,2

5.3.13 Vyvložkování pomocí spirálově vinutých prvků

Užívaná mechanizace

Skružovací hlava, navíjecí buben.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Lze opravovat potrubí o rozměru DN 150 až 3000

Rozměry pracovních jam

Díky konstrukci skružovací hlavy je možné opravy provádět z provozních šachet bez nutnosti jakýchkoli úprav, ani u oprav průlezného vedení. Při průměrech navíjené trouby

do 350 mm lze navíjecí buben umístit do pracovní šachty. Přípojky jsou připojeny pomocí kanálobota, čili odpadá potřeba jakýchkoli zemních prací.

Maximální úložná délka

Vyvložkovat lze úseky dlouhé až 150 m.

Doprava

Mechanizace je na staveniště dopravována dodávkami (O2) nebo malými nákladními automobily (N1). Ukládané plastové pasy pak nejčastěji středními nákladními automobily (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Teplota vzduchu by při instalaci potrubí neměla klesnout pod 5 °C, avšak tomu lze předejít ochráněním pracovního prostoru a zařízení stanem s výhřevným zařízením.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Zasouvání trub je prováděno z provozních šachet a nevyžaduje tak žádné zemní práce a přípojky jsou připojeny pomocí kanálobota, čili odpadá potřeba jakýchkoli zemních prací.

5.3.14 Vyvložkování inverzním rukávцем

Užívaná mechanizace

Inverzní věž/kompresor, ohřívací a čerpací jednotka/UV zářiče, řezný robot.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Opravovat lze vedení o průřezu 50 až 3000 mm všech trubních materiálů a i nekruhových profilů.

Rozměry pracovních jam

Oprava je prováděna z provozních šachet. Při opravách profilů větších než 600 mm je třeba odkopat a demontovat kónus kanalizační šachty. Přípojky jsou připojeny pomocí kanálobota, čili odpadá potřeba dalších zemních prací.

Maximální úložná délka

Opravovat lze úseky o maximální délce 200 m.

Doprava

Mechanizace je na staveništi dopravována pomocí přívěsové soupravy s dvounápravovým tažným vozem (N2) doprovázené dodávkou (O2), v některých případech je mechanizace dopravována dvounápravovým nákladním automobilem s návěsem. Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Primárně lze metodu využít pro opravy potrubí s nenarušenou statickou funkcí, v opačném případě je nutné počítat s tloušťkou stěny rukávce minimálně 30 mm. Opravované potrubí musí být před aplikací důkladně vyčištěno a musí být odstraněny všechny překážky a přesahy. Případné kaverny je třeba předem vyplnit vhodným materiálem. Deformace opravovaného potrubí nesmí přesáhnout 10%.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

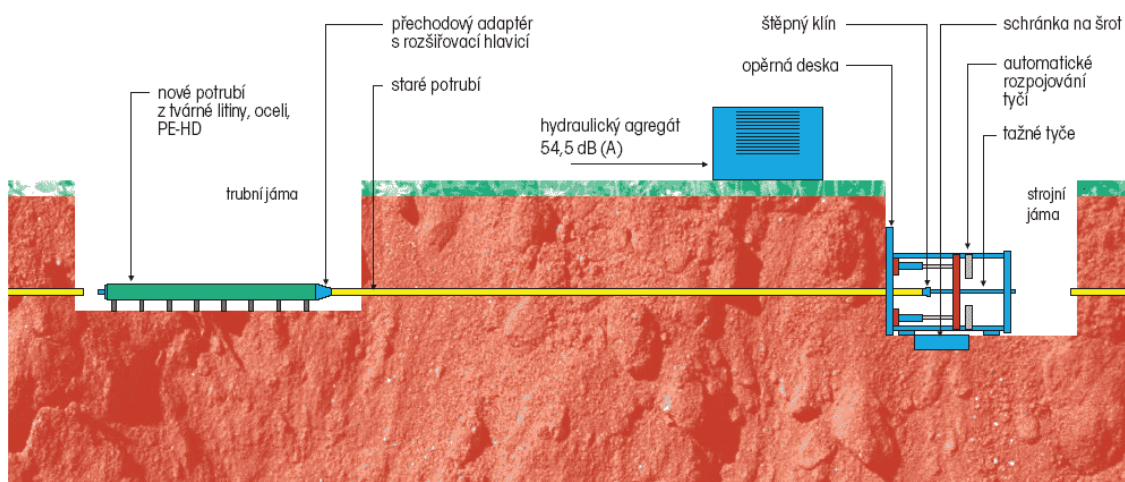
Oprava je prováděna z provozních šachet. Při opravách profilů větších než 600 mm je třeba odkopat a demontovat kónus kanalizační šachty. Přípojky jsou připojeny pomocí kanálobota, čili odpadá potřeba dalších zemních prací.

5.3.15 Vytahování a výměna potrubí

Bez použití ochranné trouby

Užívaná mechanizace

Zatahovací zařízení, hydraulický agregát, zdvižné zařízení (jeřáb, hydraulická ruka). Zařízení je na staveništi rozmístěno dle schématu (viz Obrázek 5.3.4).



Obrázek 5.3.4: Hydros - schéma (30)

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Vyměnit lze potrubí o jmenovité světlosti 80 až 300 mm z ocele, litiny nebo azbeztocementu případně olova.

Rozměry pracovních jam

Je třeba vyhloubit strojní jámu o délce 350 až 400 cm, šířce 150 cm a hloubce rovnající se kótě osy potrubí snížené o 70 cm.

Dále je třeba vyhloubit jámu pro ukládání 6 m trub o půdorysných rozměrech 700 x 100 cm s hloubkou rovnající se kótě osy potrubí snížené o 20 cm.

V místě armatur, přípojek či jiných objektů je třeba vyhloubit jámu o délce 100 cm, šířce 150 cm a hloubce rovnající se kótě osy potrubí snížené o 30 cm.

Maximální úložná délka

Vyměnit lze potrubí v přímém úseku o maximální délce 200 m.

Doprava

Zařízení Hydros je na stavbu dopravováno středním nákladním vozidlem s hydraulickou rukou (N1). Instalované potrubí je dováženo nejčastěji malými a středními nákladními automobily (N1) nebo návěsovou soupravou (N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Vyměňované potrubí musí být průchozí pro tažné tyče o průměru 70 mm, případně je nutné potrubí předem zprůchodnit. Potrubí musí mít kruhový průřez. Vyměňované úseky musí být přímé bez náhlých horizontálních či vertikálních změn. Přípojky a odbočky musí být před zahájením prací odpojeny.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.15.1)

Tabulka 5.3.15.1: Stavební připravenost - Hydros

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	-	-
Manipulační prostor	1,5	1,0
Prostor k zavedení potrubí	-	-
Délka (m)		
Délka stroje	3,5 až 4,0	-
Manipulační prostor		1,0
Prostor k zavedení potrubí	-	6,0
Hloubka (m)		
Zahloubení pod osu trub	0,7	0,2

Za pomoci ochranné trouby

Užívaná mechanizace

Tlačné hydraulické zařízení/beranící zařízení, kompresor, zdvižné zařízení.

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Vyměnit lze potrubí o jmenovitém průměru DN 100 až 1600 z ocele, litiny nebo železobetonu.

Maximální úložná délka

Vyměnit lze potrubí v přímém úseku o maximální délce 80 m.

Požadavky

Přípojky a odbočky musí být před zahájením prací odpojeny v samostatných výkopech. Vyměňované potrubí musí mít kruhový průřez.

Rizika

V případě beranění chráničky vzniká značné množství vibrací a hluku.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Tato metoda se ve své podstatě shoduje s metodou zatlačování/propichování vodící trouby s rozšiřovací hlavou. Metoda se liší pouze v tom, že místo vodící trouby je použito stávající potrubí. Toto potrubí je stejně jako vodící trouba vytlačováno do cílové jámy, ve které je rozbito a odstraněno. Pro tuto metodu jsou využívány stejné stroje, a proto jsou i prostorové nároky stejné.

5.3.16 Destruktivní výměna potrubí

Trhání potrubí dynamickou

Užívaná mechanizace

Pneumatické propichovací kladivo s trhací hlavou, kompresor, lanový naviják, zdvižné zařízení (nákladní automobil s hydraulickou rukou).

K rozbití potrubí dynamickou cestou se využívají již představené stroje v metodě propichování kladivem. Avšak v tomto případě jsou osazeny speciální trhací hlavou (v závislosti na materiálu vyměňovaného potrubí), rozšiřovacím pouzdem a směrově vedeny tažným lanem nataženým z cílové jámy.

Firma Tracto-technik vyrábí stroje určené speciálně pro tuto metodu pod názvem Grundocrack.

Tabulka 5.3.16.1: Technické parametry Grundocrack (Tracto-Technik)

Typ		Průměr (mm)	Délka L _S (mm)	Hmotnost (kg)	Potřeba vzduchu (m ³ /min)
Zmen- šený	130	130/145	946	60	1,70
	180	180/215	1080	175	3,50
Standart	130	130	1750	117	2,60
	145	145	1986	168	3,30
	180	180	2221	260	4,50
Se zadním kónusem	130	130/145	1453	95	2,70
	145	145/160	1545	137	4,00
	180	180/195	1690	230	4,50
	220	216/235	1913	368	6,50
	270	270/300	2010	615	10,00
	350	350/400	2365	1180	20,00
	460	460/510	2852	2465	35,00
600	600/670	3645	4800	50,00	

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Trhat lze trouby v rozmezí DN 80 až 500 a lze tedy ukládat potrubí až do vnějšího průměru 560 mm.

Rozměry pracovních jam

Rozměr startovací jámy je dán délkou kladiva L_S (viz Tabulka 5.3.16.1) a rozměry nově ukládaného potrubí. Pro samotnou manipulaci se strojem stačí startovací jáma o šířce dané 0,8 m pro kladiva do průměru 80 mm a 1 m pro kladiva větší. Délka jámy je dána délkou kladiva L_S plus manipulačním prostorem 200 mm. Pro stanovení potřebné délky jámy je nutno počítat se způsobem uložení potrubí viz kapitola 5.3.1.

Cílová jáma je potřeba pouze o rozměrech dostačující k vyndání kladiva. Z čehož plyne, že šířka a hloubka jámy zůstává zachována a délka jámy stačí pouze na délku stroje L_S a manipulační prostor (200 mm).

Pro stroje s délkou do jednoho metru není třeba hloubit jámy, lze je zavést i z provozních šachet. Ale je potřeba počítat s ukládáním krátkých trub.

Maximální úložná délka

Dynamickou cestou lze rozrušovat potrubí po úsecích v maximální délce 120 m.

Doprava

Pneumatické kladivo je na stavbu možno dovést i v osobním autě (O1). Nejčastěji se využívá dodávky (O2) s připojeným kompresorem na tažné zařízení. Větší kladiva jsou dovážena na nákladním vozidle s hydraulickou rukou (N1). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Před započítáním prací je nutno mít zmapované křížení s ostatními trasami a výskyt všech objektů na trase (včetně přípojek), které je třeba odpojit v lokálních výkopech. Trhané potrubí musí mít kruhový průřez.

Rizika

Při provádění prací je generováno značné množství hluku a otřesů a dochází ke zhutnění zeminy kolem trhaného vedení. Po dokončení v zeminovém prostředí zůstávají střepy rozbitých trub.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled (viz Tabulka 5.3.16.2)

Tabulka 5.3.16.2: Stavební připravenost - Trhání dynamickou cestou

Rozměr	Startovací jáma	Cílová jáma
Šířka (m)		
Šířka požadovaná strojem	0,8/1,0	0,8/1,0
Manipulační prostor	-	-
Prostor k zavedení potrubí	b	-
Délka (m)		
Délka stroje	L _S	L _S
Manipulační prostor	0,2	0,2
Prostor k zavedení potrubí	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	-
Hloubka (m)		
Zahloubení pod dno	0,1	0,1

Statické trhání potrubí

Užívaná mechanizace

Trhací hlava, hydraulické zatlačovací zařízení, zdvižné zařízení.

Tabulka 5.3.16.3: Technické parametry statických trhacích strojů - Grundoburst (Tracto-Technik)

Parametr	Grundoburst						
	400S	400G	800G	1250G	1900G	2500G	
Hmotnost (kg)	251	583	1 450	3 260	3 320	4 070	
Délka stroje L_S (m)	0,60	1,42	1,70	2,30	2,85	2,95	
Šířka stroje (m)	0,49	0,56	0,72	1,10	1,15	1,60	
Výška stroje (m)	0,34	0,52	0,67	0,88	1,00	1,50	
Výška osy stroje v jámě (m)	0,22	0,23	0,25	0,36	0,40	0,50	
Výška osy stroje v šachtě (m)	0,14	-	-	-	-	-	
Vyměnitelná dimenze	Od	DN 50	DN 50	DN 80	DN 150	DN 250	DN 300
	Do	DN 250	DN 250	DN 400	DN 600	DN 800	DN 1200
Maximální vnější průměr ukládané trubky (mm)	280	280	400	630	900	1 200	
Maximální úložná délka (m)	100	100	100	300	300	300	
Maximální délka vrtné tyče (m)	0,47	0,70	0,75	1,70	2,25	2,2	

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Trhat lze trouby v rozmezí DN 50 až 1200 z křehkých materiálů (kameniny, azbeztocementu, prostého betonu) a s užitím řezné hlavy i potrubí z oceli, litiny, plastového a sklolaminátu.

Rozměry pracovních jam

Rozměry startovních jam je odvíjejí od použitého stroje. Rozměry cílových jam od způsobu ukládání nového potrubí (viz kapitola 5.3.1).

Maximální úložná délka

Potrubí lze vyměňovat maximálně v úsecích dlouhých 300 m.

Doprava

Stroje jsou v závislosti na velikosti dopravovány na stavbu od dvounápravových nákladních automobilů (N1) až po přívěsové soupravy (N2) vybavených hydraulickou rukou. Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Před započítím prací je nutno mít zmapované křížení s ostatními trasami a výskyt všech objektů na trase (včetně přípojek), které je třeba odpojit v lokálních výkopech. Trhané potrubí musí mít kruhový průřez.

Rizika

V průběhu prací dochází ke ztuhnutí zeminy kolem trhaného vedení. Po dokončení zůstávají v zeminovém masivu střepiny roztrhaných trub.

Shrnutí nároků na stavební připravenost

Nároky na stavební připravenost jsou podrobněji vysvětleny v bodu: Rozměry pracovních jam a v kapitole 5.3.1. Zde je uveden tabelární přehled pro stroje Grundoburst od společnosti Tracto-Technik (viz Tabulka 5.3.16.4).

Tabulka 5.3.16.4: Stavební připravenost statických trhacích strojů - Grundoburst (Tracto-Technik)

Parametr	Grundoburst					
	400S	400G	800G	1250G	1900G	2500G
Šířka startovací jámy (m)	-	1,0	1,0	1,6	1,6	2,0
Délka startovní jámy (m)	-	3,3	4,8	6,5	8,0	9,0
Šířka cílové jámy (m)	b	b	b	b	b	b
Délka cílové jámy (m)	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}	L _{P1} , L _{P2} , L _{P3}
Zahloubení pod osu potrubí (m)	0,22	0,23	0,25	0,36	0,40	0,5
Průměr kruhové startovací jámy (m)	1,0	-	-	-	-	-

Při výměně vedení frézou

Užívaná mechanizace

Plnoprofilová fréza, hydraulické zatlačovací zařízení, zdvižné zařízení.

Ve své podstatě se jedná o upravené mikrotunelovací stroje vybavené drtičem trubních střepů.

Tabulka 5.3.16.5: Technické parametry mikrotunelovacích strojů Unclemole - (Iseki Poly)

Model	TCC 250	TCC 300	TCC 350	TCC 400	TCC 450	TCC 500	TCC 600
Jmenovitý průměr (mm)	250	300	350	400	450	500	600
Vnější průměr (mm)	375	432	490	545	605	660	780
Délka stroje L_S (mm)	1 910	1 995	2 100	2 100	2 390	2 390	2 490
Hmotnost (t)	0,56	0,81	0,92	1,05	1,51	1,75	2,85
Maximální úložná délka (m)	100	100	100	100	100	100	100

Dimenzionální a materiálový rozsah metody

Trhat lze trouby v rozmezí DN 250 až 600 z křehkých materiálů (kameniny, azbeztocementu, prostého betonu). Jako nové vedení jsou pak zatlačovány trouby z železobetonu, plastbetonu či kameniny spojované bezhrdlovými spoji.

Rozměry pracovních jam

Rozměry pracovních jam se odvíjejí od použité mechanizace, tedy mikrotunelovacího stroje a zatlačovacího zařízení. Požadované rozměry jam pro již zmíněné mikrotunelovací soupravy Unclemole jsou popsány v Tabulka 5.3.16.6.

Tabulka 5.3.16.6: Stavební připravenost - Unclemole (Iseki Poly)

Model	TCC 250	TCC 300	TCC 350	TCC 400	TCC 450	TCC 500	TCC 600
Standardní průměr startovací jámy (mm)	2 300	2 300	2 500	2 500	2 700	2 700	2 700
Minimální průměr startovací jámy (mm)	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Průměr cílové jámy (mm)	2 000	2 000	2 000	2 000	2 700	2 700	2 700

Maximální úložná délka

Rozrušovat lze potrubí po úsecích o délce 100 m.

Doprava

Souprava mikrotunelovacího zařízení je kontejnerizována a nad vstupním místem se buduje zázemí. Dovoz techniky tedy probíhá za pomoci přívěsových a návěsových souprav (N2). Označení vozidel viz kapitola 5.4.

Požadavky

Před započítáním prací je nutno odpojit všechny objekty, přípojky a odbočky v samostatných výkopech. Trhané potrubí musí mít kruhový průřez.

Shrnutí nároků na stavební připravenost a rozměry pracovních jam

Rozměry pracovních jam se odvíjejí od použité mechanizace, tedy mikrotunelovacího stroje a zatlačovacího zařízení. Požadované rozměry jam pro již zmíněné mikrotunelovací soupravy Unclemole jsou popsány v Tabulka 5.3.16.6. Před zahájením prací je nutno odpojit všechny objekty na vyměňovaném potrubí a odpojit všechny přípojky či odbočky.

Tabulka 5.3.16.7: Stavební připravenost - Unclemole (Iseki Poly)

Model	TCC 250	TCC 300	TCC 350	TCC 400	TCC 450	TCC 500	TCC 600
Standardní průměr startovací jámy (mm)	2 300	2 300	2 500	2 500	2 700	2 700	2 700
Minimální průměr startovací jámy (mm)	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500
Průměr cílové jámy (mm)	2 000	2 000	2 000	2 000	2 700	2 700	2 700

5.4 Manévrovací možnosti dopravních prostředků

Pro stanovení manévrovacích možností jednotlivých dopravních prostředků bylo využito vozidel dle ČSN 73 6056 přílohy 1. Vozidla jsou v normě kategorizována a pro každou kategorii je stanoveno směrodatné vozidlo, které reprezentuje tuto rozměrovou skupinu motorových vozidel. Směrodatná vozidla jsou vytvořena tak, aby reflektovala aktuální složení vozového parku a svými rozměry přibližně odpovídala 85%-nímu vozidlu dané kategorie. 85%-ní vozidlo se určuje z četnosti výskytu vozidel v provozu. (31)

Ve skutečnosti rozdíly mezi směrodatnými a maximálními vozidly (hlavně v kategoriích těžkých vozidel) jsou v řádech jednotek centimetrů. Z důvodu snahy výrobců automobilů co nejšetrněji využít povolených hodnot.(31)

Rozřazení vozidel do skupin je patrné z Tabulka 5.3.16.1.

Tabulka 5.3.16.1: Kategorizace vozidel

Směrodatné vozidlo			Orientační rozměry (cm)		
skupina	podskupina	druh	šířka	délka	výška
1	O 1	Malé a střední automobily	180	450	160
	O 2	Velké osobní a dodávkové automobily	200	550	180
2	N 1	Malé a střední nákladní automobily a malé autobusy	230	730	280
	N 2	Velké nákladní automobily a autobusy	250	940	320
	A	Autobusy a autokary	250	1 100	320
3	T	Traktory	250	500	300
	S	Samojízdné pracovní stroje	300	900	400

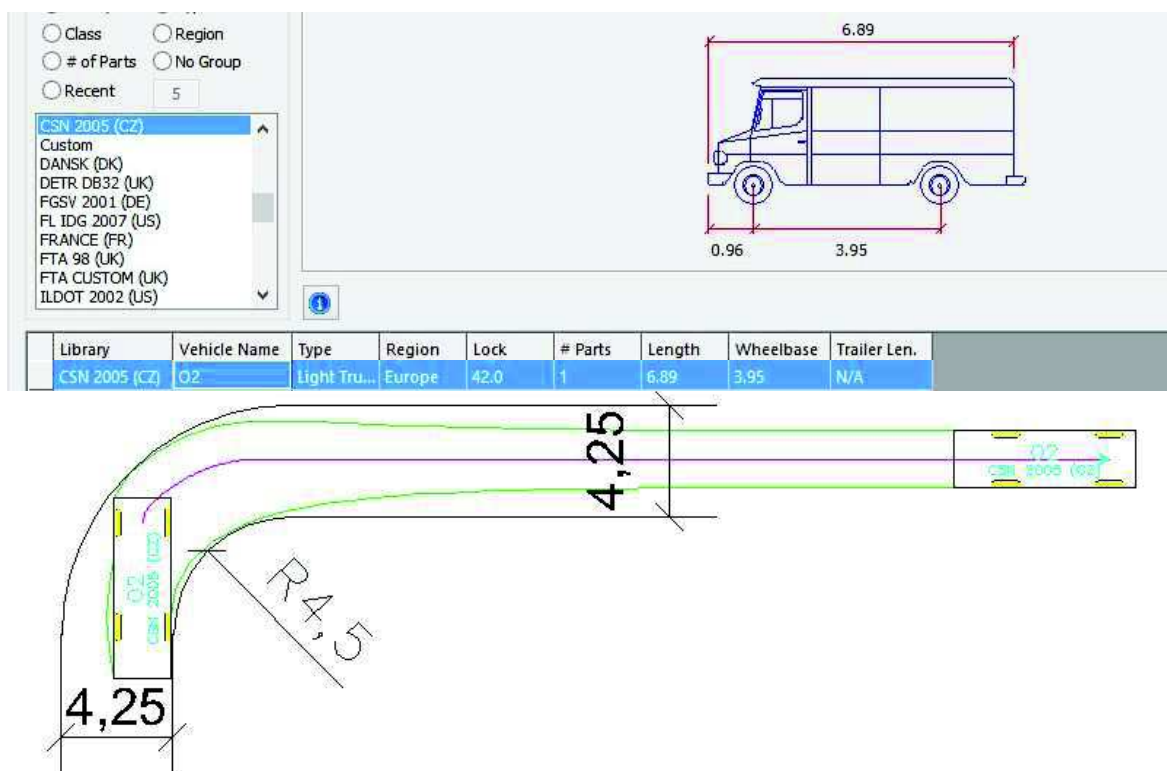
Tabulka 5.3.16.2: Geometrie směrodatných vozidel

Druh vozidla	Vnější rozměry (m)						Obrysový poloměr zatáčení vnější
	Délka	Rozvor	Přívěsy		Šířka	Výška	
Vpředu			Vzadu				
Osobní automobil:	4,74	2,70	0,94	1,10	1,76	1,51	5,85
Nákladní automobil:							
Dodávka/obytný automobil	6,89	3,95	0,96	1,98	2,17	2,70	7,35
Malý nákladní (2 nápravy)	9,46	5,20	1,40	2,86	2,29	3,80	9,77
Velký nákladní (3 nápravy)	10,10	5,30	1,48	3,32	2,50	3,80	10,05
Přívěsová souprava:	18,71						
Tažné vozidlo (3 nápravy)	9,70	5,287	1,50	2,92	2,50	4,00	10,30
Přívěs (2 nápravy)	7,45	4,84	1,35	1,26	2,50	4,00	10,30
Návěsová souprava:	16,50						
Tažné vozidlo (2 nápravy)	6,08	3,80	1,43	0,85	2,50	4,00	7,90
Návěs (3 nápravy)	13,61	7,75	1,61	4,25	2,50	4,00	7,90

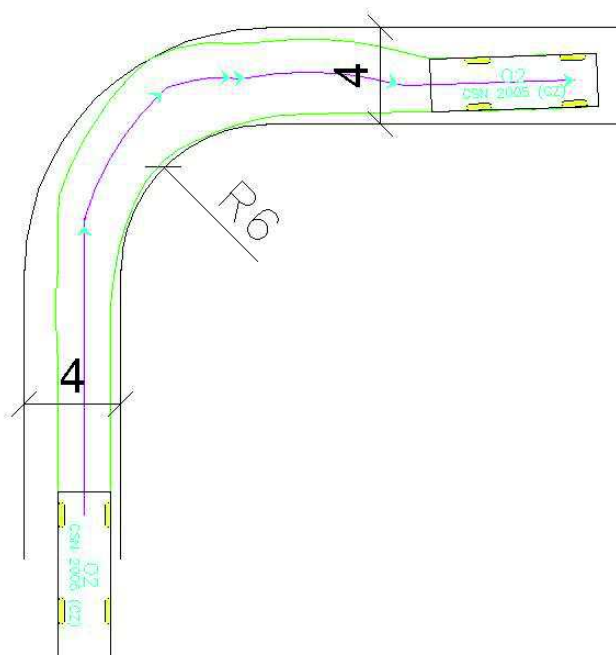
Pro následující vybrané vozidla a soupravy byly v programu AutoTurn vytvořeny obalové křivky v závislosti na poloměru otáčení.

5.4.1 Dodávka

Prostorové nároky dodávky na manévrování jsou patrné z obrázku Obrázek 5.4.1 a Obrázek 5.4.2, kde je znázorněno zatáčení dodávky o 90° s poloměrem 4,5 m a 6,0 m. Aby dodávka takovými zatáčkami projela, potřebuje volný pás prostoru o šířce 4,25 a 4,0 m.



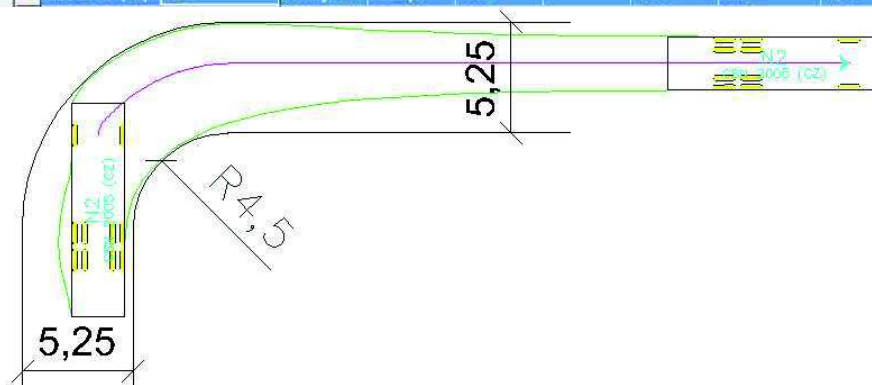
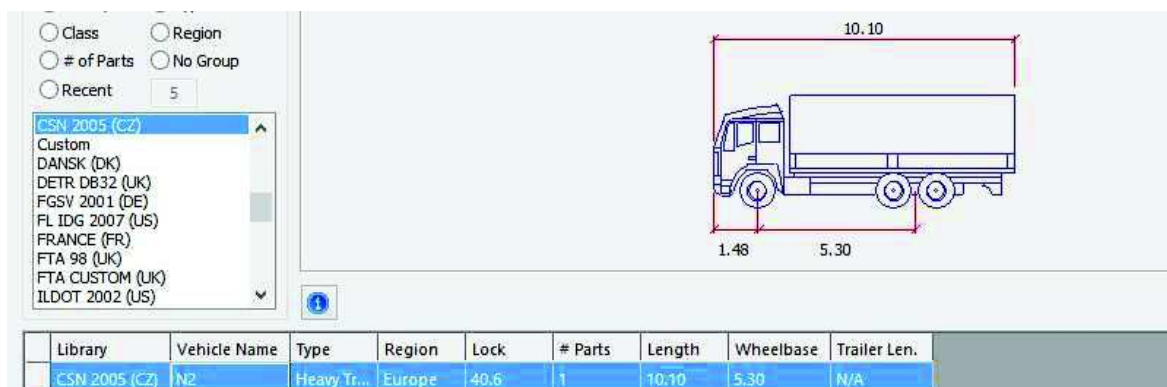
Obrázek 5.4.1: Obalová křivka pro dodávku při zatáčení s poloměrem 4,5 m



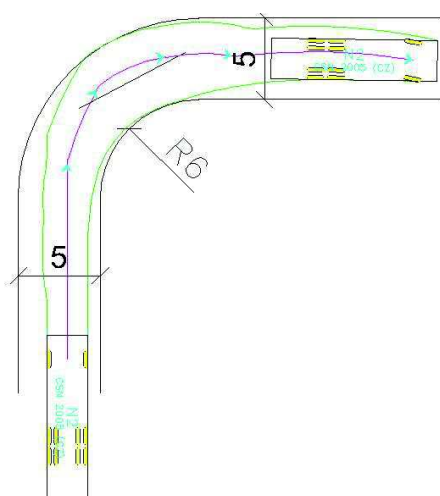
Obrázek 5.4.2: Obalová křivka pro dodávku při zatáčení s poloměrem 6,0 m

5.4.2 Velký nákladní třínápravový automobil

Prostorové nároky třínápravového nákladního automobilu na manévrování jsou patrné z obrázku Obrázek 5.4.3 a Obrázek 5.4.4, kde je znázorněno zatáčení dodávky o 90° s poloměrem 4,5 m a 6,0 m. Aby dodávka takovými zatáčkami projela, potřebuje volný pás prostoru o šířce 5,25 a 5,0 m.



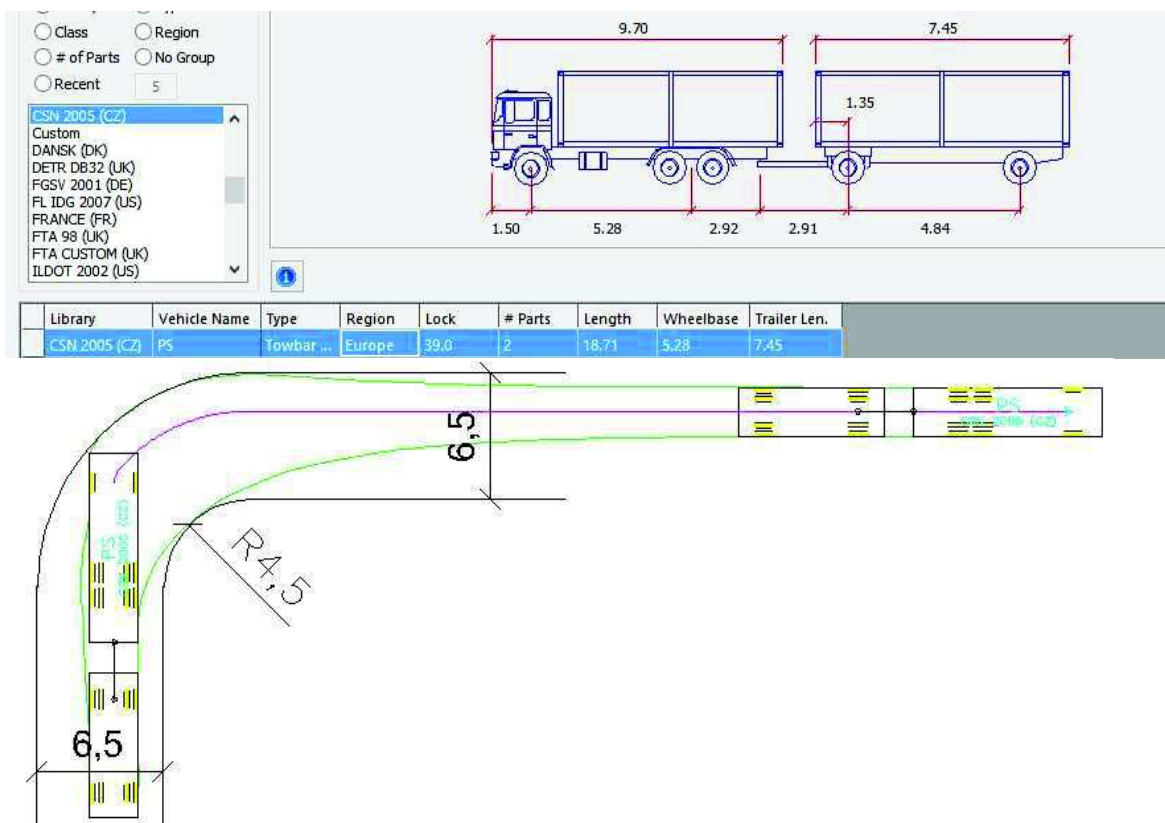
Obrázek 5.4.3: Obalová křivka pro třínápravový nákladní automobil při zatáčení s poloměrem 4,5 m



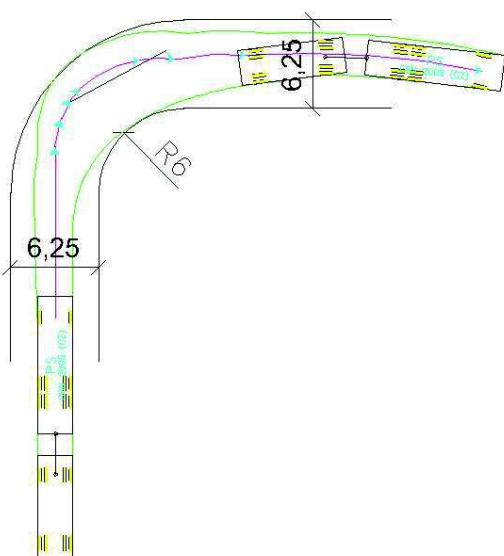
Obrázek 5.4.4: Obalová křivka pro třínápravový nákladní automobil při zatáčení s poloměrem 6,0 m

5.4.3 Přívěsová souprava

Prostorové nároky přívěsové soupravy na manévrování jsou patrné z obrázku Obrázek 5.4.5 a Obrázek 5.4.6, kde je znázorněno zatáčení dodávky o 90° s poloměrem 4,5 m a 6,0 m. Aby dodávka takovými zatáčkami projela, potřebuje volný pás prostoru o šířce 6,50 a 6,25 m.



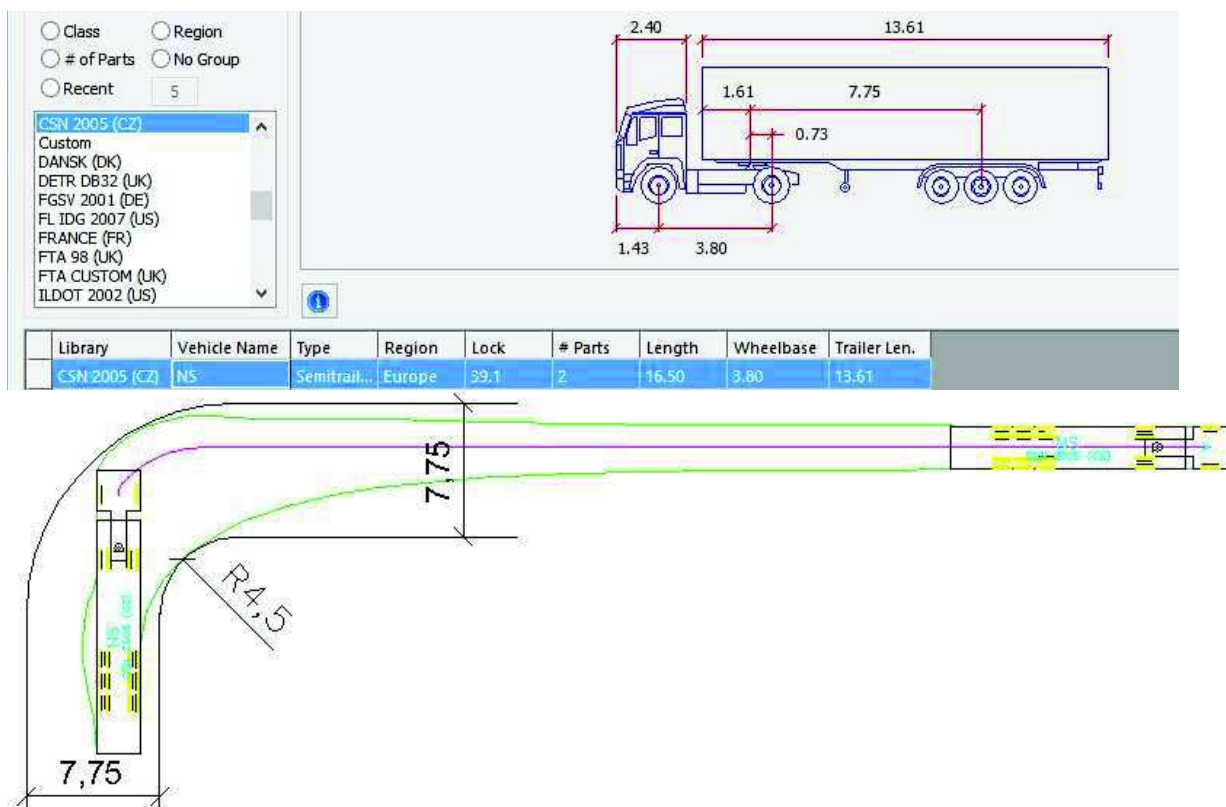
Obrázek 5.4.5: Obalová křivka pro přívěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 4,5 m



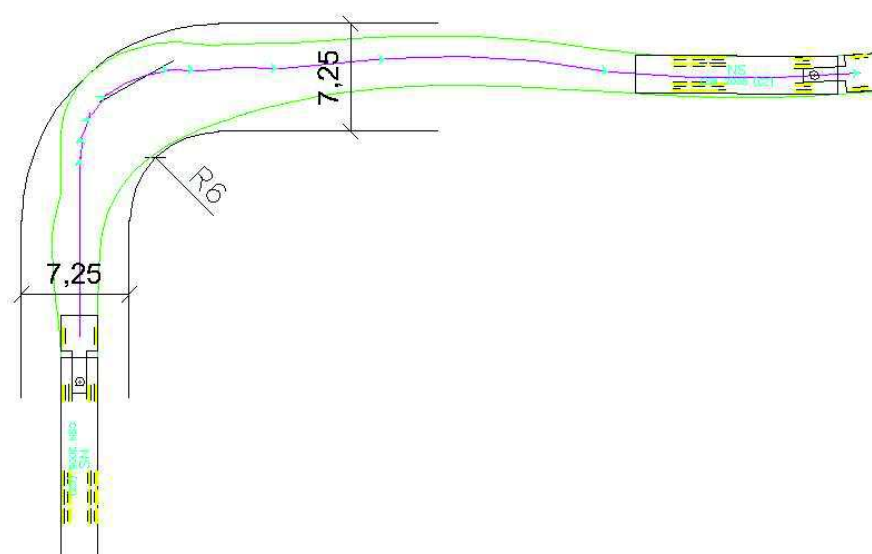
Obrázek 5.4.6: Obalová křivka pro přívěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 6,0 m

5.4.4 Návěsová souprava

Prostorové nároky návěsová soupravy na manévrování jsou patrné z obrázku Obrázek 5.4.7 a Obrázek 5.4.8, kde je znázorněno zatáčení dodávky o 90° s poloměrem 4,5 m a 6,0 m. Aby dodávka takovými zatačkami projela, potřebuje volný pás prostoru o šířce 6,50 a 6,25 m.



Obrázek 5.4.7: Obalová křivka pro návěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 4,5 m



Obrázek 5.4.8: Obalová křivka pro návěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 6,0 m

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zpracování pomůcky pro využití bezvýkopových metod ukládání a opravy potrubí. Na základě zpřehlednění metod, které jsou v praxi schované za nejrůznějšími výrobními názvy, rozborů rozměrů a možností strojů, manévrovatelnosti techniky atd. byly stanoveny limity jednotlivých metod a jejich požadavky na stavební připravenost. Projektanti mohou tento text využít pro základní obecný výběr technologie a posoudit její použitelnost v konkrétních podmínkách vlastního projektu. Je pak na konkrétní analýze počtu sondážních jam a jam pro napojení přípojek, lomů, armatur atd., aby posoudila ekonomickou efektivitu a rozhodla, zda je výhodné využít bezvýkopové metody či uložit potrubí klasickou cestou v otevřeném výkopu.

Cílů práce bylo dosaženo na základě vlastní kategorizace a zpřehlednění bezvýkopových metod. Česká technická norma ČSN EN 12 889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení sice předkládá kategorizační systém bezvýkopových metod. Avšak nevýhodou tohoto systému je, že od roku vzniku normy některé původně neřiditelné metody postoupily v technologickém vývoji a staly se říditelnými, čímž systém narušily. Další nevýhodou je, že předmět normy je stanoven tak, že zcela vypadly metody zaměřené na opravu nebo výměnu vedení a nejsou tedy zahrnuty v kategorizaci. V práci byl vytvořen alternativní systém třídění bezvýkopových metod a zpřehlednění v praxi a literatuře používaných názvů pro jednotlivé metody.

Pro dosažení cílů práce bylo rovněž osloveno 30 společností zabývajících se realizací bezvýkopových metod, avšak spolupracovalo pouhých 6 společností, což představuje pouze 20 % odezvu. U ostatních se projevil nezáměr jakkoliv spolupracovat na uchopení této problematiky. Většina společností odůvodnila svůj negativní postoj časovou vytížeností, ostatní pak ochranou své know-how. Tato skutečnost dává prostor pro spekulaci, zda některým zhotovitelům nepřehledná situace na trhu nevyhovuje a nedává jim výhodu při obchodním vyjednávání a během realizace.

Tyto skutečnosti a fakt, že poptávka po bezvýkopových technologiích neklesá, ba naopak roste (což dokazují i postoje firem, které odmítli spolupracovat), tlačí na aktualizaci normy nebo na vytvoření nového obsáhlejšího dokumentu, který by se věnoval této problematice a zastřešil tak toto odvětví. Bezvýkopové technologie mají řadu nesporných výhod (popsaných v řadě odborných textů, i studentských pracích), které je

předurčují k progresivní a nepostradatelné roli v oblasti městského inženýrství a jejich význam bude v budoucnu stále stoupat.

7 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Dotazník pro společnosti provádějící bezvýkopové ukládání potrubí

8 SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 3.1.1.1: Nejmenší přípustné krytí (4)

Tabulka 3.1.1.2: Nejmenší přípustné horizontální odstupy při souběhu inženýrských sítí (4)

Tabulka 3.1.1.3: Nejmenší přípustné vertikální odstupy při křížení inženýrských sítí (4)

Tabulka 3.1.1.1: Přehled užívaných názvů bezvýkopových metod

Tabulka 3.4.6.1: Vlastnosti oceli

Tabulka 3.4.6.2: Značení dle normy ČSN EN 10027-1

Tabulka 3.4.6.3: Značení dle normy ČSN 42 0001

Tabulka 3.5.1.1: Výrobní řada hrdlových kameninových trub - Keramo

Tabulka 3.5.1.2: Výrobní řada bezhrdlavých kameninových trub - Keramo

Tabulka 3.5.2.1: Výrobní řada PE trub

Tabulka 3.5.3.1: Výrobní řada hladkých polypropylenových trub

Tabulka 3.5.3.2: Výrobní řada korugovaných polypropylenových trub

Tabulka 3.5.4.1: Výrobní řada hladkých PVC trub - Pipelife

Tabulka 3.5.4.2: Výrobní řada hladkých PVC trub - Rehau

Tabulka 3.5.4.3: Výrobní řada hladkých PVC trub - Wawin

Tabulka 3.5.5.1: Výrobní řada sklolaminátových beztlakových trub - Hobas

Tabulka 3.5.5.2: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 6, PN 10 - Hobas

Tabulka 3.5.5.3: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 16, PN 20 - Hobas

Tabulka 3.5.5.4: Výrobní řada sklolaminátových tlakových trub PN 25, PN 32 - Hobas

Tabulka 3.5.5.5: Vnější rozměry sklolaminátových manžet - Hobas

Tabulka 3.5.5.6: Vnější rozměry mechanických ocelových manžet - Hobas

Tabulka 3.5.6.1: Výrobní řada litinových tlakových hrdlových trub - vonRollhydro

Tabulka 3.5.6.1: Symbolické označení metod pro ukládání nového vedení

Tabulka 3.5.6.2: Využitelnost metod ukládání nového potrubí v závislosti na ukládané dimenzi potrubí a třídě těžitelnosti okolního prostředí

Tabulka 3.5.6.1: Symbolické označení opravných metod

Tabulka 3.5.6.2: Využitelnost opravných metod v závislosti na materiálu a dimenzi opravovaného potrubí.

Tabulka 5.3.1.1: Závislost poloměru ohybu na teplotě a SDR(8)(13)(15)

Tabulka 5.3.1.2: Šířka jámy - V závislosti na pracovním prostoru (28)

Tabulka 5.3.1.3: Šířka jámy - V závislosti na hloubce jámy (28)

Tabulka 5.3.1.4: Stavební připravenost - Zatahování dlouhého potrubí

Tabulka 5.3.2.1: Technické parametry propichovacích kladiv - Grundomat (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.2.2: Stavební připravenost - propichovací kladivo

Tabulka 5.3.3.1: Technické parametry beranících strojů - Grundoram (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.3.2: Stavební připravenost - beranění

Tabulka 5.3.4.1: Technické parametry zatlačovacích strojů - Grundobore a Bohrtec (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.4.2: Rozměry pracovních jam - Grundobore a Bohrtec (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.4.3: Stavební připravenost - stroje Bohrtec BM 400LS, BM 600LS a BM 800LS (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.5.1: Technické parametry vrtných strojů - Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Tabulka 5.3.5.2: Rozměry startovacích jam - Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Tabulka 5.3.5.3: Stavební připravenost - vrtných strojů Perforator PBA (Schmidt Kranz Group)

Tabulka 5.3.6.1: Doporučené rozdělení vrtných strojů (1)

Tabulka 5.3.6.2: Stavební připravenost - vrtných strojů

Tabulka 5.3.7.1: Rozměry mikrotunelovacích strojů - AVN XC (Herrenknecht)

Tabulka 5.3.7.2: Stavební připravenost pro stroje AVN XC (Herrenknecht)

Tabulka 5.3.7.3: Úložná délka - Mikrotunelování(1)

Tabulka 5.3.7.4: Stavební připravenost - mikrotunelovacích strojů

Tabulka 5.3.11.1: Technické parametry zatlačovacích strojů - Bohrtec BM (Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH)

Tabulka 5.3.11.2: Rozměry pracovních jam - Bohrtec BM (Bohrtec Gesellschaft für Bohrtechnologie mbH)

Tabulka 5.3.12.1: Rozměry PE tru deformovaných ve výrobě (8)

Tabulka 5.3.12.2: Stavební připravenost - Těsné vyvločkování

Tabulka 5.3.15.1: Stavební připravenost - Hydros

Tabulka 5.3.16.1: Technické parametry Grundocrack (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.16.2: Stavební připravenost - Trhání dynamickou cestou

Tabulka 5.3.16.3: Technické parametry statických trhacích strojů - Grundoburst (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.16.4: Stavební připravenost statických trhacích strojů - Grundoburst (Tracto-Technik)

Tabulka 5.3.16.5: Technické parametry mikrotunelovacích strojů Unclemole - (Iseki Poly)

Tabulka 5.3.16.6: Stavební připravenost - Unclemole (Iseki Poly)

Tabulka 5.3.16.7: Stavební připravenost - Unclemole (Iseki Poly)

Tabulka 5.3.16.1: Kategorizace vozidel

Tabulka 5.3.16.2: Geometrie směrodatných vozidel

9 SEZNAM OBRÁZKŮ, FOTODOKUMENTACE

Obrázek 3.4.1: Ocelárenské pece

Obrázek 3.4.2: Deformační diagram

Obrázek 5.3.1: Způsoby zatahování PE trub do opravovaného vedení/chráničky (8)

Obrázek 5.3.2: Schéma příčného průřezu výkopovou jámou (8)

Obrázek 5.3.3: HDD - schéma rozmístění strojů (TALPA - RPF) (29)

Obrázek 5.3.4: Hydros - schéma (30)

Obrázek 5.4.1: Obalová křivka pro dodávku při zatáčení s poloměrem 4,5 m

Obrázek 5.4.2: Obalová křivka pro dodávku při zatáčení s poloměrem 6,0 m

Obrázek 5.4.3: Obalová křivka pro třínápravový nákladní automobil při zatáčení s poloměrem 4,5 m

Obrázek 5.4.4: Obalová křivka pro třínápravový nákladní automobil při zatáčení s poloměrem 6,0 m

Obrázek 5.4.5: Obalová křivka pro přívěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 4,5 m

Obrázek 5.4.6: Obalová křivka pro přívěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 6,0 m

Obrázek 5.4.7: Obalová křivka pro návěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 4,5 m

Obrázek 5.4.8: Obalová křivka pro návěsovou soupravu při zatáčení s poloměrem 6,0 m

Fotografie 3.1: Zemní rakety DITCH WITCH o průměrech 70, 90 a 130 mm

Fotografie 3.2: VERMEER PL 800

Fotografie 3.3: VERMEER NAVIGATOR D24x40 Serie II

Fotografie 3.4: VERMEER NAVIGATOR D36x50 Serie II

Fotografie 3.5: VERMEER NAVIGATOR D80x100 Serie II

Fotografie 3.6: Neřízené ukládání ocelové chráničky za nemechanizovaného rozpojování a odtěžování zeminy

Fotografie 3.7: VERMEER HB 3038 - statické trhání potrubí

10 ZDROJE

1. **František Klepsatel a Jaroslav Raclavský.** *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení.* Bratislava : JAGA GROUP, s. r. o., 2009.
2. **doc. Ing. Václav Beran, DrSc. a kol.** *Městské inženýrství.* Praha : Informační centrum ČKAIT, 2011.
3. **ČSN 73 3050 - Zemní práce.** Praha : Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1986.
4. **ČSN 73 6005 - Prostorové uspořádání sítí technického vybavení.** Praha : Český normalizační institut, 1994.
5. **ČSN EN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení.** Praha : ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2001.
6. **Ing. Jiří Bezrouk a kol.** *Zásady využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací.* Praha : Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR, 2008.
7. **Protlaky Plzeň s.r.o.** [Online] Protlaky Plzeň s.r.o. [Citace: 14. prosinec 2016.] <https://www.protlaky-plzen.cz/pluhovani>.
8. **Wawin Ekoplastik.** PE potrubní systém. <http://cz.wavin.com>. [Online] únor 2016. [Citace: 11. říjen 2016.]
9. **Pokládka potrubí, kabelů a chrániček metodou pluhování .** *ABS-portal.cz.* [Online] [Citace: 14. prosinec 2016.] <http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/inzenyrske-site/pokladka-potrubi-kabelu-a-chranicek-metodou-pluhovani>.
10. **doc. Ing. Luboš Svoboda, CSc. a kol.** *Stavební hmoty.* Bratislava : JAGA GROUP, s. r. o., 2007.
11. **Steinzeug Keramo s.r.o.** Trubní systémy z kameniny - Otevřený výkop. www.keramo-kamenina.cz/. [Online] listopad 2015. [Citace: 4. listopad 2016.] https://www.steinzeug-keramo.com/files/bro_oe_cz_fin_2015_11.pdf.

12. —. Trubní systémy z kameniny - Bezvýkopové provedení. *www.keramo-kamenina.cz/*. [Online] říjen 2016. [Citace: 4. listopad 2016.] https://www.steinzeug-keramo.com/files/protlacovani_trub_cz_2016_02_fin_klein.pdf.
13. **Rehau Unlimited Polymer Solutions**. Talkové trubky z PE. *https://www.rehau.com*. [Online] 27. listopad 2015. [Citace: 3. prosinec 2016.] <https://www.rehau.com/download/1321710/prospekt--tlakov%C3%A9-trubky.pdf>.
14. *ČSN 75 6101 Stokové a kanalizační přípojky*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
15. **Pipe Life**. Tlakové potrubí PE 100 a PE 100RC. *http://www.pipelife.cz/*. [Online] srpen 2014. [Citace: 28. listopad 2016.] http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_products/TLAKOVE_POTRUBI_PE100_PE100RC_2014.pdf.
16. **Wavin Ekoplastik**. Kanalizační systémy. *http://cz.wavin.com*. [Online] [Citace: 3. prosinec 2016.] <http://cz.wavin.com/web/katalog/kanalizace-1/gravitacni-kanalizace-1.htm>.
17. **Rehau Unlimited Polymer Solutions**. Prospekt AWADUKT. *https://www.rehau.com*. [Online] listopad 2015. [Citace: 3. prosinec 2016.] <https://www.rehau.com/cz-cs/stavebnictv%C3%AD-podnikatel%C3%A9/inzenyrske-site/kanalizacni-systemy/kanalizacni-trubky>.
18. **Pipe Life**. Kanalizační systém PRAGMA. *http://www.pipelife.cz*. [Online] srpen 2016. [Citace: 3. prosinec 2016.] <http://www.pipelife.cz/cz/ke-stazeni/ke-stazeni-katalogy.php>.
19. —. Kanalyzační systémy PVC. *http://www.pipelife.cz*. [Online] leden 2016. [Citace: 3. prosinec 2016.] http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/Kanalizacni_system_PVC_SN4_SN8_2016.pdf.
20. —. Kanalyzační systém PVC QUANTUM. *http://www.pipelife.cz*. [Online] srpen 2016. [Citace: 3. prosinec 2016.] http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_downloads/KANALIZACNI_SYSTEM_QUANTUM_SN12_SN16.pdf.

21. —. Tlakové potrubí PVC. *http://www.pipelife.cz*. [Online] říjen 2014. [Citace: 3. prosinec 2016.] http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_products/TLAKOVE_POTRUBI_PVC_2014.pdf.
22. **Hobas Pipes International GmbH**. Technical Product Data Gravity Pipe Systems. *http://www.hobas.cz*. [Online] květen 2015. [Citace: 4. prosinec 2016.] <http://www.hobas.cz/sluzbyke-stazeni/ke-stazeni/technicka-data.html>.
23. —. Technical Product Data Pressure Pipe Systems. [Online] květen 2016. [Citace: 4. prosinec 2016.] <http://www.hobas.cz/sluzbyke-stazeni/ke-stazeni/technicka-data.html>.
24. **vonRoll hydrotec**. vonRoll hydrotec. *http://www.vonroll-hydro.ch*. [Online] 2012. [Citace: 5. prosinec 2016.] <http://www.vonroll-hydro.ch/files/content/downloads/kataloge/Rohre-und-Formstuecke/piping-and-fitting-komplett-en.pdf>.
25. **Duktus litinové systémy s. r. o.** Potrubí z tvárné litiny pro odpadní vodu. *www.duktus.cz*. [Online] [Citace: 5. prosinec 2016.] http://www.duktus.cz/katalog_kanal/Duktus_kat_kanalizace.pdf.
26. **Duktus litinové systémy s.r.o.** Systémy potrubí z tvárné litiny pro pitnou vodu. *www.duktus.cz*. [Online] říjen 2016. [Citace: 4. prosinec 2016.] http://www.duktus.cz/katalog_voda/Duktus_Katalog_PitnaVoda.pdf.
27. **PAM-Saint Gobain**. Trubky a tvarovky z tvárné litiny NATURAL. *www.saint-gobain-pam.cz*. [Online] 2014. [Citace: 5. prosinec 2016.] <http://www.saint-gobain-pam.cz/vodovody-1/>.
28. *ČSN EN 1610 - Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. Praha : Český normalizační institut, 1999.
29. Řízené protlaky. *Talpa - rpf*. [Online] [Citace: 4. prosinec 2016.] <http://www.talparpf.cz/rizene-protlaky.html>.
30. Hydros PLUS. *VAK STAVBY*. [Online] VAK STAVBY. [Citace: 6. prosinec 2016.] <http://www.vakstavby.cz/pouzite-technologie/hydros-plus>.

31. **Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací.** *Vlečné křivky pro ověření průjezdnosti směrových prvků pozemních komunikací.* místo neznámé: Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2005.