

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

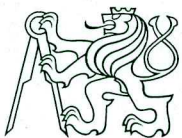


**POUŽITÍ BEZVÝKOPOVÝCH TECHNOLOGIÍ  
NA VÝSTAVBU STOKY  
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**JAN BRABEC**

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

**Květen 2016**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Brabec Jméno: Jan Osobní číslo: 399100  
Zadávací katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrství  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Použití bezvýkopových technologií na výstavbu stoky

Název bakalářské práce anglicky: The use of trenchless techniques for the construction of sewers

Pokyny pro vypracování:

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

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Marcela Synáčková, CSc

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 22. 5. 2016

.....  
Jan Brabec

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc., za její odborné vedení, cenné rady a za její trpělivý a vstřícný přístup.



## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je zkoumání a vyhodnocení variant a subvariant bezvýkopových technologií při výstavbě uliční stoky v dané lokalitě, realizované v čase tvorby bakalářské práce. Z hlediska formy je tato práce dělena do tří kapitol. První kapitola se zaměřuje na komplexní rešerši v oblasti stokování. Zahrnuje stokové systémy a soustavy, objekty na stokové síti a popis aktuálně používaných materiálů. Druhá kapitola je věnovaná bezvýkopovým technologiím pro výstavbu nových podzemních vedení. Prezentuje specifika jednotlivých druhů a jejich rozdělení dle platné normy. Třetí kapitola stručně popisuje různé technologické možnosti výstavby uliční stoky na odkanalizování Novomlýnské věže na Praze 1, porovnává je s variantou otevřeného výkopu a následně hodnotí tu nejvhodnější z nich. Práci uzavírá porovnání investičních nákladů jednotlivých variant. Skrze teoretickou i praktickou část bakalářské práce se potvrzuje, že využití bezvýkopových technologií je levnější, časově méně náročné a ekologičtější řešení.

**Klíčová slova:**

stokový systém  
bezvýkopové technologie  
výstavba stoky  
inženýrské sítě  
podzemní vedení

## **ABSTRACT**

The aim of this Bachelor thesis is to investigate and evaluate different variants and sub variants of trenchless techniques used on a construction of sewer that is built in certain location. The work is divided into three chapters. The first chapter is focused on complete sewage system research including types of sewages, objects on sewer, and materials that are currently used in the Czech Republic. The second chapter describes trenchless techniques used for construction of a new underground infrastructure, as well as presents the classification according to a valid norm. The third chapter briefly describes the possible variations of street sewage that is under construction in Prague 1 (Novomlýnská věž) and proposes the best method. The work is concluded with economic evaluation. Due to the theoretical and practical part of the thesis, it has been confirmed, that the use of trenchless techniques is cheaper, more effective, and ecological solution.

**Key words:**

sewage system  
trenchless technology  
construction of sewer  
urban network  
underground infrastructure

<b>ABSTRAKT</b> .....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>6</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1. STOKOVÁNÍ</b> .....	<b>9</b>
1.1 VŠEOBECNÉ POJMY A KONCEPCE ODKANALIZOVÁNÍ.....	9
1.2 SOUSTAVY A SYSTÉMY STOKOVÝCH SÍTÍ GRAVITAČNÍ KANALIZACE .....	10
1.2.1 <i>Soustavy stokových sítí</i> .....	10
1.2.2 <i>Systémy stokových sítí</i> .....	11
1.2.3 <i>Speciální druhy kanalizace</i> .....	13
1.3 OBJEKTY NA STOKOVÉ SÍTI .....	15
1.4 MATERIÁLOVÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ STOK .....	18
<b>2. BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE PRO VÝSTAVBU NOVÝCH PODZEMNÍCH VEDENÍ</b> .....	<b>21</b>
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY A KONCEPCE PODZEMNÍCH VEDENÍ.....	22
2.2 PRŮZKUM A PŘÍPRAVA STAVBY .....	23
2.3 KLASIFIKACE BT A POPIS JEDNOTLIVÝCH TECHNOLOGIÍ .....	24
2.3.1 <i>Propichování (krtkování, zemní rakety nebo kladiva)</i> .....	26
2.3.2 <i>Beranění</i> .....	27
2.3.3 <i>Vodorovné vrtání se šnekovým dopravníkem</i> .....	28
2.3.4 <i>Mikrotunelování</i> .....	30
2.3.5 <i>Řízené vrtání (Horizontal Directional Drilling (HDD))</i> .....	31
2.3.6 <i>Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě (trubní protlak)</i> .....	32
2.4 STÁTNÍ BÁŇSKÁ SPRÁVA .....	33
<b>3. NOVOMLÝNSKÁ VĚŽ- ODKANALIZOVÁNÍ A ZÁSOBOVÁNÍ PITNOU VODOU</b> .....	<b>35</b>
3.1 VARIANTNÍ ŘEŠENÍ .....	36
3.2 REALIZACE VARIANTY 1 .....	37
3.2.1 <i>I. etapa- Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě</i> .....	38
3.2.2 <i>II. etapa- Neřízené vrtání se šnekovými unašeči</i> .....	40
3.2.3 <i>III. etapa- Otevřený výkop, osazení šachty ŠS2, vybudování přípojek</i> .....	42
3.3 POROVNÁNÍ INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ .....	43
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ</b> .....	<b>45</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>47</b>
<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>48</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>48</b>

# ÚVOD

Inženýrské sítě (IS) jsou speciálním druhem inženýrských staveb a představují podstatnou součást technického vybavení území. Postupně se svým vývojem a uplatněním staly zcela nezbytné pro fungování téměř všech aktivit v urbanizovaném území a jeho dalším rozvoji. Rozhodování o nich (ve fázi územně plánovací, projektové, realizační či provozní) se stává z několika důvodů mnohem složitější a více problematické. Jako hlavní důvody lze uvést zvětšování již tak velkého rozsahu IS, komplikující se struktury IS, zpříšňující a komplikující se podmínky výstavby a následného provozu, nepřehlednost základních legislativních, technických a dalších podkladů atd. Rozhodování musí proto být maximálně objektivní, homogenní, dostatečně operativní, efektivní a úměrné dané rozhodovací úrovni. [24,25]

Současný stav IS v ČR lze považovat za zanedbalý, zaostalý a v mnohých případech nacházející se již za hranicí své životnosti. Tím tak vytváří vážnou hrozbu pro základní fungování měst a obcí. Z tohoto důvodu je zapotřebí začít tyto aktuální problémy řešit systémově (zabezpečit IS v provozu a předejít tak negativním vlivům na životní prostředí, nebo zabezpečit efektivní obnovu, modernizaci a kompletaci IS). [24,25]

Cílem této práce je informovat a propagovat existenci bezvýkopových technologií, jako součást oboru městského inženýrství. Práce se zabývá různými technologickými možnostmi výstavby uliční stoky na odkanalizování Novomlýnské věže na Praze 1. Následně je vybrána a popsána nejlepší možná varianta (řešení). Aplikace bezvýkopových technologií přináší velké výhody, které však veřejně nejsou dobře známi. Používají se především v případech, kdy by výstavba v otevřeném výkopu vyvolala nežádoucí projevy jako např. velké dopravní omezení v intravilánech měst, velké zábory veřejného prostoru, dále při křížení různých IS, při velké hloubce ukládaného podzemního vedení, při složitých geologických podmínkách, z ekonomického hlediska aj. V současnosti lze takto konkurovat i klasickému způsobu ukládání IS v extravilánech měst (ekonomické, ekologické i časové hledisko). Jedná se o velmi rychle se rozvíjející obor, který nemá téměř žádné omezení nasazení. Své uplatnění nachází nejen ve stokování, ale při realizaci veškerých sítí technické infrastruktury.

# 1. STOKOVÁNÍ

## 1.1 Všeobecné pojmy a koncepce odkanalizování

Koncepce odkanalizování územních celků vychází z podkladů a údajů územních plánů, typu a charakteru zástavby, občanské vybavenosti, charakteru a kapacity výrobních provozů aj. Je zpravidla navrhována pro výhledový stav 15-25 let. Dle současné legislativy je nutno zajistit návrh a realizaci tak, aby neovlivňoval životní prostředí, byla zabezpečena kapacita odvádění a čištění odpadních vod z odkanalizovaného územního celku a aby bylo zajištěno nepřetržité odvádění odpadních vod od odběratelů této služby. [1,2]

Kanalizací se rozumí samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující:

- kanalizační stoky k odvádění odpadních vod,
- kanalizační objekty, včetně čistíren odpadních vod (ČOV),
- stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. [1]

Stokování je obor zabývající se navrhováním, výstavbou a provozováním kanalizačních stok. [2]

Stoková síť je soustava stok a objektů na nich. [2]

Odpadní vody jsou vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod. [1]

Odpadních vody (OV) lze dělit na:

- splaškové,
- průmyslové,
- srážkové,
- infekční,
- podzemní,
- odpadní vody ze zemědělské výroby,
- ostatní odpady. [2]

## 1.2 Soustavy a systémy stokových sítí gravitační kanalizace

### 1.2.1 Soustavy stokových sítí

Stokové soustavy lze rozdělit podle způsobu odvádění OV na:

- soustavu jednotnou,
- soustavu oddílnou,
- soustavu modifikovanou. [13]

Jednotná stoková soustava odvádí všechny druhy odpadních vod jednou stokovou sítí. Rozhodující pro návrh těchto stokových sítí jsou extrémní průtoky srážkových vod, avšak z ekonomických důvodů se síť navrhuje na průtoky menší. Důvodem je umístění tzv. odlehčovacích komor, které od určitého poměru nařazení odlehčí průtok v kmenové stoce přímo do recipientu. Způsob dopravy je převážně gravitační. V nově odkanalizovaných územích je však vhodné volit soustavu oddílnou, kde se OV napojí do splaškové kanalizace. Srážkové vody jsou zasakovány, retenovány a využívány pro závlahy, na splachování nebo jako krajinnotvorný prvek, až poté jsou odváděny povrchově nebo kanalizací do vodního toku. [2,3]

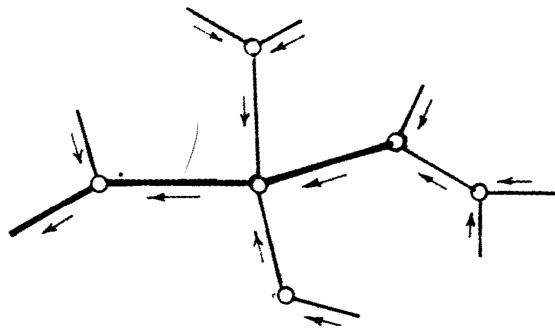
Oddílná stoková soustava odvádí jednotlivé OV samostatnými sítěmi, což znamená, že jednotlivé OV se vzájemně nemísí. Splaškové, případně průmyslové či ostatní OV jsou odváděny splaškovou sítí přímo na ČOV. Srážkové vody jsou odváděny samostatnou sítí přímo do recipientu. Výhodou metody je menší rozkolísanost průtoků a koncentrace znečištěných látek přiváděných na ČOV. Nevýhodou jsou větší investiční náklady a daleko větší prostorové nároky. Další nevýhodou může být zvýšené nebezpečí zanášení splaškové kanalizace. [2]

Soustava modifikovaná vzniká kombinací jednotné a oddílné stokové soustavy v rámci odvodnění jednoho urbanizovaného celku. Jedna stoka odvádí splaškové a průmyslové OV a druhá stoka odvádí zbylý podíl neznečištěných vod, které se vypouští přímo do recipientu. Tyto stoky jsou navzájem propojené. Splaškové vody jsou odváděny hluboko uloženými stokami, dešťové vody mělce uloženým potrubím. U ČR je tato soustava využívána hlavně k odvodnění menších obcí. [2]

## 1.2.2 Systémy stokových sítí

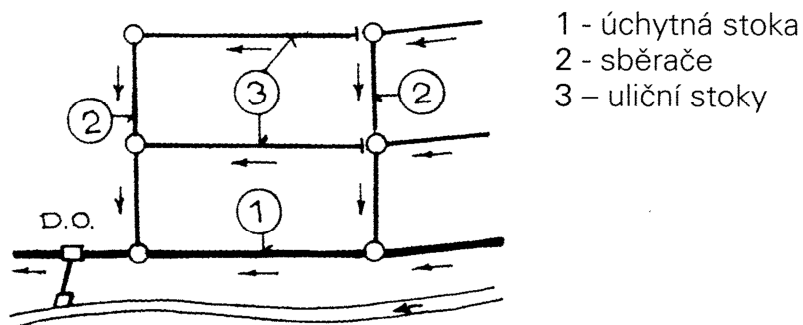
V závislosti na konfiguraci terénu, tvaru odvodňovaného území, či charakteru zástavby je navrženo uspořádání jednotlivých stok v zájmovém území, tzv. stokové sítě. Hlavním požadavkem návrhu je odvedení OV na ČOV, gravitačně, v co nejkratším čase a vzdálenosti, přímo a provozně spolehlivě. Základními systémy stokových sítí jsou: systém **větvový, úchytný, pásmový a radiální**. [2]

Větvový systém se používá v členitém území s nepravidelnou zástavbou. Dílčí hlavní stoky jsou vedeny nejkratším směrem do hlavní kmenové stoky. Tato stoka je vedena nejnižšími místy odvodňovaného území a následně ústí do ČOV. [4]



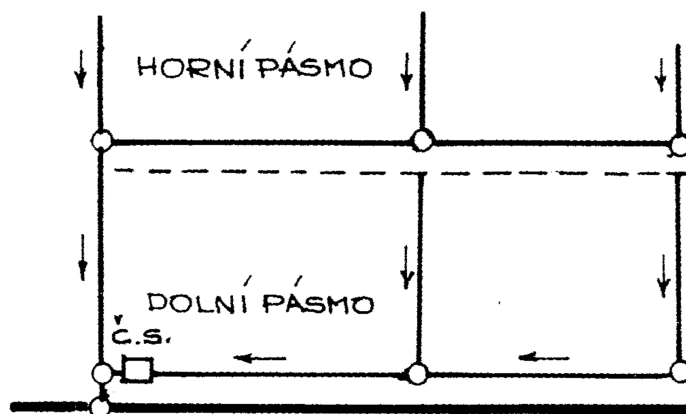
Obrázek 1.1- Větvový systém [2]

Úchytný systém bývá aplikován při pravidelném uspořádání území, např. v plochých říčních údolích s mírným sklonem k vodnímu toku a zároveň podél vodního toku. Kmenová stoka je vedena podél vodního toku a do ní ústí jednotlivé sběrače s uličními stokami. [2]



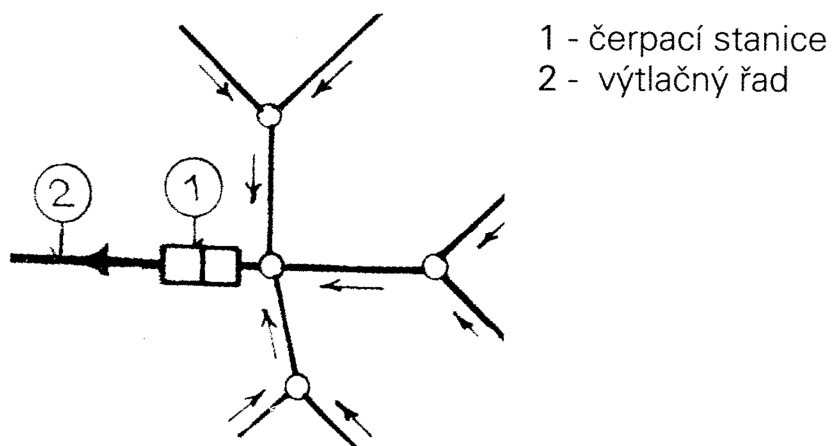
Obrázek 1.2- Úchytný systém [2]

Pásmový systém se uplatňuje při odvodňování území s většími výškovými rozdíly. S ohledem na konfiguraci terénu je nutné odvodňovanou oblast rozdělit do několika výškových pásem. Jako příklad lze uvést třípásmové uspořádání. Z nejvyššího pásma odtékají OV gravitačně bez ohledu na vodním stavu toku, ze středního pásma bude gravitačně odtékat pouze za nízkých vodních stavů, za vyšších bude nutné přečerpávání. OV z nejnižšího pásma bude nutné přečerpávat vždy. [2,4]



Obrázek 1.3- Pásmový systém [2]

Radiální systém se používá pro odvodnění území ve tvaru kotliny. A to buď gravitačně nebo přečerpáváním OV na ČOV nebo do nejbližšího objektu gravitační kanalizace. Uspořádání stok je většinou větvovým způsobem. [2]



Obrázek 1.4- Radiální systém [2]

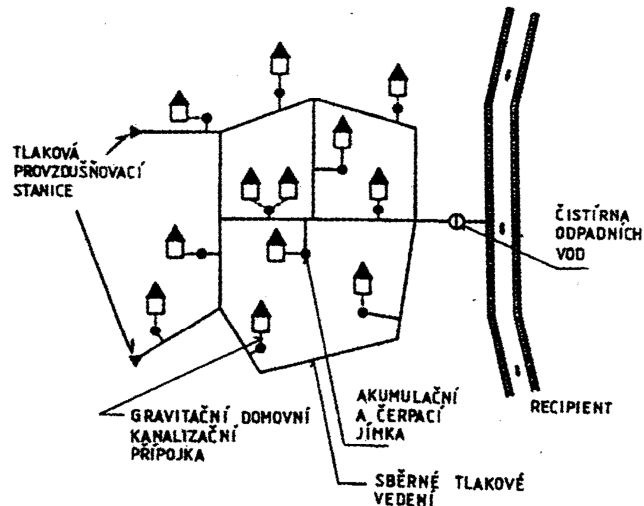


### 1.2.3 Speciální druhy kanalizace

Odvádění splaškových OV (při použití oddílné soustavy) lze také vyřešit těmito způsoby. Speciální druhy kanalizace se využívají při specifických podmínkách staveniště, v nepříznivých geologických či hydrogeologických podmínkách (jako např. kompaktní skalní horniny, tekoucí písky, vysoká hladina podzemní vody (HPV)), při stísněných prostorových podmínkách (jako např. úzké ulice s velkým množstvím stávajících sítí), nebo se uplatňují v plochých územích, kde by nebyla možnost zajištění minimálního sklonu pro **gravitační kanalizaci**. Z těchto speciálních druhů kanalizací se nejčastěji používají kanalizace **tlakové**, **podtlakové** (vakuové) a **pneumatická doprava splašků**. [2]

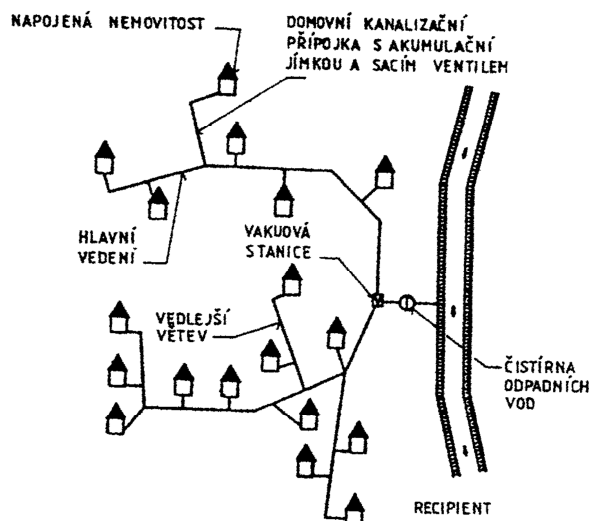
Gravitační kanalizace využívá proudění převážně s volnou hladinou. Je to systém, ve kterém dochází k proudění vlivem tíže. Navrhuje se především při centralizované zástavbě, v místech se svažitém terénem, při příznivých geologických podmínkách pro zemní práce aj. Gravitační doprava klade důraz na jednoduchost a spolehlivost. Tento druh kanalizace se vyznačuje vysokými kapacitními výkony, které vyplývají z potřeby odvést velké množství dešťové vody ze zájmového území. Pokud nelze odvést OV na čistírnu tímto způsobem, navrhuje se speciální způsoby dopravy. [5,6]

Tlaková kanalizace se nejčastěji používá tam, kde by bylo ekonomicky či technicky náročné zajistit odvádění OV gravitačně, především pak v oblastech malých sídelních celků, v oblastech s občasným odtokem splaškových vod (např. sezónní rekreační zařízení), či v oblastech s nepříznivými podmínkami pro zakládání stok klasickým způsobem. Princip spočívá v tlakové dopravě OV tlakovou okružovou nebo větvovou stokovou sítí na ČOV. Splašky z jednotlivých nemovitostí jsou svedeny většinou gravitačně do domovních čerpacích stanic s akumulací jímky, kde jsou následně čerpány tlakovým potrubím malého profilu (při provozním tlaku v rozmezí 0,5- 3,0 MPa) na ČOV. K zajištění průchodnosti potrubí se používají proplachovací (provzdušňovací) stanice pro občasné propláchnutí potrubí směsí vody a vzduchu. [2]



Obrázek 1.5- Tlaková kanalizace [2]

Podtlaková kanalizace je založena na principu vyvození podtlaku ve stokové síti, ve které se nasávají OV z jednotlivých nemovitostí přes domovní sací ventily na přípojkách. Tento systém má centrální vakuovou stanici, kde se pomocí vakuových čerpadel (vývěv) vytváří podtlak ve sběrné tlakové nádobě. OV se následně vlivem udržovaného podtlaku v systému nasávají do zásobníku při každém otevření sacího ventilu na některé z domovních přípojek. Provoz těchto ventilů je ovládán automaticky v závislosti na stavu hladiny ve sběrných šachtách. Z vakuové stanice se OV na ČOV dopravují buď gravitačně, nebo se přečerpávají. Tato stanice bývá umístěna pokud možno v nejnižším možném místě území. Provozní sací tlak se pohybuje v rozmezí 0,06- 0,08 MPa. Navrhuje se jako síť větvná z PVC nebo PE tlakového potrubí DN 80- 250. Měl by být též zajištěn minimální sklon 2 ‰ ve směru toku. [2]



Obrázek 1.6- Podtlaková kanalizace [2]

Pneumatická doprava splašků je další variantou tlakové dopravy OV, která je zajištěna přetlakem vzduchu vzniklý vyvozeným kompresorem. Tímto způsobem se může dopravovat i velmi znečištěné médium, má minimální nároky na údržbu a lze takto dopravovat splašky i na velké vzdálenosti. [2,6]

### 1.3 Objekty na stokové síti

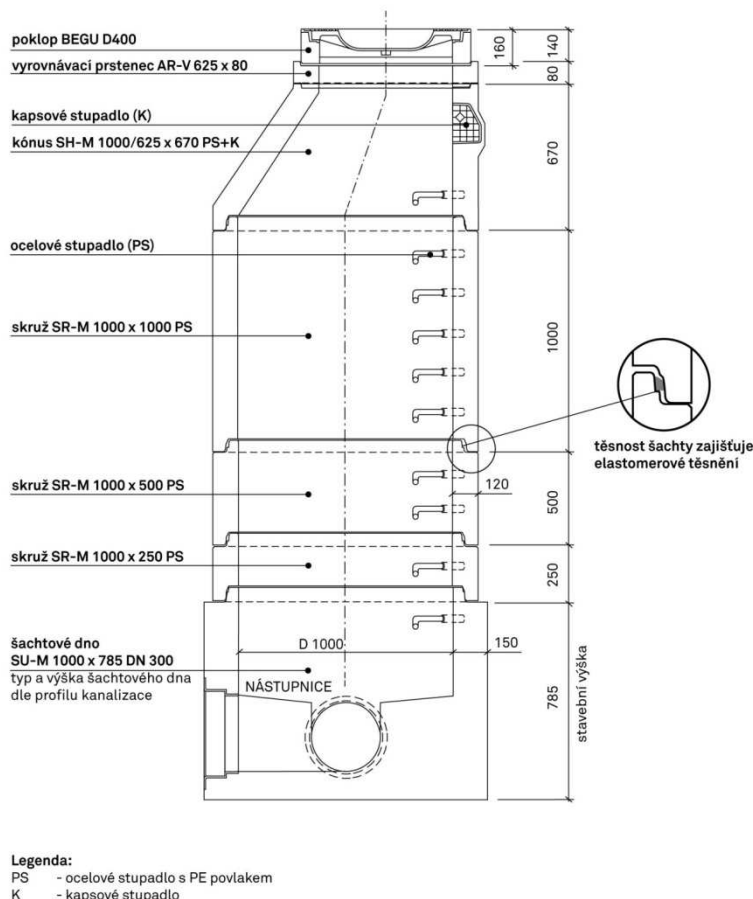
Stoková síť je tvořena stokovými úseky a objekty. Tyto objekty se navrhují pro zajištění správné funkce stokové sítě a pro bezpečné provádění potřebných prací při kontrole, čištění a údržbě. [9]

Podle účelu lze objekty rozdělit na vstupní a revizní šachty, spojné šachty a komory, větrací šachty, proplachovací šachty, spadiště, skluzy, křížení stok a jiných vedení, kanalizační shybky, dešťové oddělovače (odlehčovací komory) a separátory, dešťové vpusti a lapáky splavenin, dešťové nádrže, kanalizační přípojky, čerpací stanice, měrné a kontrolní objekty. Pro návrh, výstavbu a provoz objektu slouží ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky, případně další ČSN a předpisy různých provozovatelů. Všechny tyto objekty se musí navrhovat jako vodotěsné konstrukce. [2]

Vstupní šachta je objekt na stoce nebo přípojce umožňující kontrolu z povrchu nebo vstup za účelem revize, čištění, opravy a větrání. Navrhují se všude tam, kde se mění směr nebo sklon přímých úseků, příčný profil nebo materiál stoky, na horním

konci každé stoky a v místě spojení dvou nebo více stok. Dále pak dělí přímé úseky, jejich vzájemná vzdálenost je dána pro neprůlezná a průlezná (viz. kapitola 2.1) stoky 50 m, pro průchozí stoky 100 m a více. Vstupní šachta se skládá z vstupní části, manipulační části a monolitického základu. Umístění šachet v extravilánu a na dálnicích by mělo být mimo vozovku. [2,5]

### Prefabrikovaná kanalizační šachta DN 1000 M



Obrázek 1.7- Prefabrikovaná kanalizační šachta DN 1000 [11]

Spojná šachta spojuje dvě a více stok nebo přípojek. Do jmenovité světlosti DN 400 se připojení nebo spojení provádí ve vstupní šachtě, pro spojení jmenovité světlosti DN 500 a více se budují spojná komory. [5]

Spadiště je objekt propojující stoky nebo potrubí v různých výškových úrovních se svislou troubou vyústěnou do dna nebo bezprostředně nad dno nejnižší ležící stoky potrubí. Navrhují se především tam, kde je sklon terénu větší než sklon stoky při maximální možné průtočné rychlosti. Návrh řešení by měl také být v souladu s ČSN EN 1610 provádění stok a kanalizačních šachet a jejich zkoušení. [2,5]

Skluz je strmý úsek potrubí nebo žlabu mezi dvěma šachtami a obdobně jako spadiště slouží k překonání velkého sklonu na stokové síti. Navrhují se tam, kde by bylo vybudování spadišť nákladné či obtížně proveditelné. Skluz sestává z vlastní skluzové stoky s průtočnou rychlostí do  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . [2,5]

Křížení stok s vodními toky, dráhou a pozemními komunikacemi se považuje za objekty, ve kterých se profil a uložení stoky přizpůsobují daným podmínkám a požadavkům. Půdorysné řešení by mělo vést v nejkratším směru, dále je vhodné před křížením a za ním situovat revizní šachtu. Pod dráhou a komunikacemi se využívá nejčastěji křížení pomocí protlaku. Do tělesa komunikace je protlačena (zaberaňena) nejčastěji ocelová chránička, do které je následně instalováno kanalizační potrubí. Vzniklý meziprostor může být vyplněn cementopopílkovou suspenzí (CPS), kanalizační potrubí je však třeba řádně uchytit. V případech, že nelze převést OV pod překážkou s dostatečným snížením nivelety tak, že by vody protékaly samospádem s volnou hladinou, řeší se toto křížení shybkou. [2,5]

Dešťové oddělovače (odlehčovací komory) a separátory se navrhují na jednotné stokové síti za účelem odlehčení směsi splaškových a dešťových vod. Tyto separátory (kruhové, vírové, obloukové) rozdělují nejen průtok OV, ale také jejich znečištění. Návrh těchto objektů souvisí s celkovou koncepcí kanalizační sítě a s požadavky na kvalitu vody, která je odlehčována do recipientu. Každý z těchto objektů je navržen individuálně dle daných podmínek a svého umístění na stokové síti. [2]

Dešťové vpusti jsou objekty umožňující kontrolovaný vtok do kanalizačního systému. Běžně se využívají pro odvodnění dopravních staveb. Dle využití je lze rozdělit na vpusti uliční, chodníkové a horské. [2]

Lapák splavenin se umísťuje všude tam, kde jsou zaústěny otevřené příkopy do trubní sítě. Zde dochází k sedimentaci splavenin a retardaci povrchového odtoku. [2]

Dešťové nádrže se využívají pro zamezení úniku znečištění za dešťových průtoků nebo pro zmírnění přívalové vlny zředěných OV nebo dešťových vod retencí před jejím odváděním na ČOV. Využívá se přirozené nebo uměle vytvořené akumulace na stokové síti a její postupné vypouštění na ČOV. [2]

Kanalizační přípojka je samostatnou stavbou tvořenou úsekem potrubí od vyústění vnitřní kanalizace stavby nebo odvodnění pozemku k zaústění do stokové sítě. [3] Každá nemovitost by měla mít samostatnou domovní přípojku. Minimální

profil přípojky je DN 150, obvykle však DN 200. Jmenovité světlosti větší než DN 200 je nutno doplnit projektovou dokumentaci hydrotechnickým výpočtem. Nejmenší dovolený sklon přípojky pro DN 150 je 2% a pro DN 200 je 1%. Maximální dovolený sklon kanalizační přípojky je 40%. Revizní šachty domovní přípojky se umísťují na pozemku odvodňované nemovitosti. Kanalizační přípojka má být co nejkratší, v jednotném sklonu a profilu, v přímém směru a kolmá na stoku. Kanalizační přípojky lze realizovat i bezvýkopově. [10]

## 1.4 Materiálové a konstrukční řešení stok

Požadavky na materiál stok definuje ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky: *Materiál stok se musí volit podle účelu a plánované životnosti díla. Musí být vodotěsný a bezpečně odolný proti mechanickým, chemickým, biologickým a jiným vlivům protékajících odpadních vod a proti agresivním účinkům okolního prostředí. Současně má umožnit bezpečné a účinné čištění stok.* Základní konstrukční typy jsou stoky **trubní** a stoky **velkých profilů** (z cihel, z prefabrikátů a monolitické). Mezi nejdůležitější kvalitativní parametry patří:

- statická únosnost trub a jeho flexibilita vůči podloží,
- chemická odolnost proti vlivu protékající látky,
- chemická odolnost proti okolnímu prostředí,
- odolnost proti obrusu,
- mrazuvzdornost,
- těsnost trub a spojů,
- nízká investiční náročnost. [7,8]

Dále, dle chování trub vůči vnějšímu zatížení lze trouby rozdělit do tří základních skupin:

- trouby tuhé (napětí se přenáší do podloží),
- trouby polotuhé (zatížení přejímá trouba sama a část okolní zemina),
- trouby pružné (nepřenášejí zcela zatížení zeminou a přitížením terénu do konstrukce trouby). [7]

Kamenina patří stále mezi nejčastější materiál využívány pro stavbu gravitačních stok, který plně vyhovuje provozním požadavkům. Tento materiál prokázal svoji dlouhou životnost (min. 100let), která závisí především na pevnosti podkladní konstrukce a únosnosti podloží. Výhody materiálu jsou chemická odolnost, mechanická pevnost, těsnost trub a spojů, hladkost trouby (nízký hydraulický odpor), použití přírodních surovin a možnost následné recyklace aj. Nevýhodou je křehkost nebo větší počet spojů (trouby se vyrábějí v délce 1- 2 m). [2,7,9]

Beton a železobeton představují klasické materiály. Mezi jejich hlavní výhody patří konstantní vlastnosti materiálu, výborné statické vlastnosti a nízká ekonomická náročnost. Mají však krátkou životnost a špatně odolávají agresivním účinkům OV. Vzhledem ke své nasákavosti se doporučují používat jen pro dešťovou kanalizaci. Betonové a železobetonové potrubí je uloženo na podkladní betonové desce nebo v pískovém loži. Je-li ukládané ve vnějším agresivním prostředí, má být již z výroby opatřeno vhodnou vnější ochranou. [2,3,9]

Polymerbeton je mimořádně odolný materiál, obsahuje vybrané písky ze silikátové kameniny vázané polyesterovou pryskyřicí. Umožňuje použití v oblastech s nejvyššími požadavky na mechanické vlastnosti, otěruvzdornost a chemickou stálost. Polymerbeton je vysoce nenasákavý. Výrobky z polymerbetonu představují zajímavý doplněk a alternativu k prvkům z betonu vázaného hydraulickým pojivem. [3]

Čedič je velmi vhodný materiál ve stokování používaný především v extrémně namáhaných objektech a stokách. Tato potrubí se vyrábí tavením čediče a následným formováním výrobků litím. Výhody čediče jsou tvrdost, pevnost, chemická odolnost, nenasákavost, či otěruvzdornost. [3]

Sklolaminát se používá pro potrubí, tvarovky a šachty. Jedná se o nový moderní kompozitní materiál (směs polyesterové pryskyřice, křemičitého písku a skelných vláken), který je odolný proti agresivním účinkům odpadních i podzemních vod a proti obrusu. Sklolaminátové trouby lze použít i pro protlak, relining a vložkování. [9]

Tvárná litina je železný materiál obsahující 2,2- 4 % uhlíku, který je vykrytalizován ve formě kuliček. V oblasti odkanalizování je to poměrně nový materiál s vynikajícími vlastnostmi jako je odolnost vůči vysokým tlakům a agresivním vodám, absolutní nepropustnost, dlouhá životnost, minimální nároky na údržbu aj. Litinové trouby se používají při značné průtočné rychlosti v kanalizační stoce. [2,9]

Plastové trouby se nejčastěji používají pro výstavbu kanalizačních potrubí a kanalizačních přípojek. PVC-U je neměkčený polyvinylchlorid. Jedná se o nejstarší a nejrozšířenější materiál pro výrobu potrubí pro kanalizaci a vodovody. Vzhledem k vysokému modulu pružnosti, velmi dobré chemické odolnosti a příznivé ceně je (i přes některé jeho nepříznivé vlastnosti) dosud často používán ve formě trubního materiálu pro výstavbu stokových sítí. Dále se používá polypropylen (PP) nebo vysokohustotní polyetylen (PE-HD). Polypropylen lze považovat za perspektivní trubní materiál. [7]

Trouby speciálního určení jsou trouby různých materiálů (především kameninové, či železobetonové protlačovací trouby), které se používají pro výstavbu nebo renovaci stok bezvýkopovými technologiemi (BT). Tyto trouby se odlišují od klasických trub především silou stěny, spojovacím systémem (bezhrdlové trouby) a zvýšenou pevností v tlaku v podélném směru. [7]



*Obrázek 1.8- Bezhrdlová kameninová trouba pro protlačování- Steinzeug DN 300, použité na stavbě DIS Brno Tábor [16]*



## **2. BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE PRO VÝSTAVBU NOVÝCH PODZEMNÍCH VEDENÍ**

V současné době je použití protlaků, podvrtů nebo mikrotuneláží nevyhnutelnou součástí téměř všech významnějších projektů výstavby liniových staveb. Výstavba či obnova provozovaných podzemních sítí je nedílnou součástí trvale udržitelného rozvoje, který je založen na rovnováze ekonomického, sociálního a environmentálního pilíře. Velký rozvoj používání bezvýkopových technologií nastal právě v důsledku přikládání stále větší váhy na životní prostředí a hospodárnost projektů. Vzhledem k intenzitě dopravy v intravilánu a s ohledem na fakt, že je většina podzemních vedení situována pod trasy městských komunikací, je téměř nemožné provést stavbu klasickým způsobem (tj. otevřeným výkopem). Nezanedbatelný je i ekonomický přínos BT. [16]

Z historického hlediska je obor BT jedním z nejmladších stavebních oborů. Jde o úzce specifický obor, který si na českém stavebním trhu získal nezastupitelné místo. První bezvýkopové aktivity můžeme datovat do období mezi světovými válkami. V zemích západní a střední Evropy se začíná rozvíjet počátkem 60. let minulého století. Rychlý rozvoj oboru byl iniciován především již zmíněným zvýšeným důrazem na zjišťování a předcházení vzniku ekologických škod. Z tohoto pohledu lze považovat BT za technologie ekologické. V tuzemských podmínkách se tyto nové technologie začínají používat počátkem 70. let minulého století a výhradně jako ruční ražba. V současnosti je na našem trhu skupina společností, které disponují prakticky všemi typy BT- používané nejen v Evropě, ale i na celém světě. [12,16]

V současnosti se BT uplatňují především v případech, kdy z technického hlediska není možná jiná varianta (instalace pod silnicemi, křižovatkami, železnicemi, vodními toky, stávajícími objekty, apod.) Užívají se i v některých případech, kdy by výkop vyvolal nežádoucí vedlejší vlivy (dopravní omezení, omezení pohybu lidí, nadměrnou hlučnost nebo prašnost, změny především v rušných městských aglomeracích apod.). Použijí se také v případech, kdy náklady na opravu, obnovu či pokládku nového vedení budou výrazně nižší než u klasické výkopové metody. Z hlediska dalšího vývoje lze očekávat pokračující nepřetržitý vývoj používaných a nových BT a materiálů. [12]

## 2.1 Základní pojmy a koncepce podzemních vedení

Podzemní vedení jsou součástí technické infrastruktury, tj. inženýrských sítí (IS), jejichž úkolem je zásobovat obce a města vodou, plynem, teplem a elektrickou energií, zabezpečovat přenos informací, odvod OV aj. Tyto inženýrské sítě lze do podloží ukládat:

- odděleně v samostatných trasách,
- ve společných trasách,
- ve sdružených trasách (kolektory, technické chodby, aj.).

Podzemní vedení jsou liniové stavby řešené dvěma základními způsoby:

- v otevřených výkopech (tj. s rozrušením nadloží),
- bezvýkopovými metodami.

Dle velikosti příčného profilu rozeznáváme podzemní vedení:

- neprůlezných průřezů ( $DN \leq 800$ ),
- průlezných průřezů ( $DN 800 - DN 1500$ ),
- průchozích průřezů ( $DN \geq 1500$ ). [15]

Z důvodu lepšího pochopení dané tematiky je třeba popsat základní pojmy:

Bezvýkopové technologie jsou způsoby uložení podzemních vedení technického vybavení bez použití otevřené výkopové rýhy, při kterých se terén nad místem jejich uložení neporuší vůbec nebo se poruší jen minimálně. [14]

Chránička je ochranná konstrukce, jejímž účelem je ochrana podzemních sítí technického vybavení před mechanickým poškozením a jinými škodlivými účinky prostředí nebo ochrana okolí před následky havárií podzemních sítí, popř. možnost provedení jejich výměn nebo oprav bez porušení nadloží. [14]

Je třeba zmínit, že BT nejsou zcela bez výkopů. Řada těchto technologií vyžaduje stavební přípravu zahrnující hloubení startovacích a cílových jam (šachet). Šachta startovací je šachta určená k umístění zařízení pro provádění BT, ze které začíná úsek trasy vrtu, protlaku, štítování nebo in-lineru, zatímco šachta cílová je na konci úseku s ohledem na technické možnosti strojního zařízení nebo trasové poměry. [13]

## 2.2 Průzkum a příprava stavby

Dle ČSN 73 3050, BT, jakož i ostatní stavby na zemském povrchu a pod ním, musí pozitivně využít a respektovat geotechnické a další přírodní podmínky horninového prostředí a základových půd. Technologie stavby se musí přizpůsobit těmto podmínkám. Stavba by neměla v nadkritické míře způsobovat negativní důsledky na životní prostředí. Z tohoto důvodu je zapotřebí podrobné poznání pevnostních a deformačních charakteristik hornin, přírodní i antropogenní překážky výstavby, hydrogeologický režim v trase výstavby a další obecné geotechnické charakteristiky. Provedení kvalitního průzkumu by mělo být v zájmu každého investora, avšak v důsledku tlaku na co nejnižší možnou cenu projektu se tomu tak neděje. [12,16]

V etapě projektové přípravy (kdy se posuzuje vhodnost navržené trasy) se provádí průzkum předběžný, spočívající v rekognoskaci trasy, rešerši archivních podkladů a získání stávající geologické, geotechnické a inženýrskogeologické dokumentace. Až v následné etapě podrobného průzkumu se zaměřuje na detailní stanovení geologických, hydrogeologických a geotechnických podmínek s použitím dostupných složek průzkumu. Dle ČSN EN 12889 se mají provést další doplňující průzkumy a to v případech, kdy předběžný geologický průzkum a průzkum stanoviště ukazuje obtížné podmínky (např. střídající se nebo skloněné geologické vrstvy či tlak výronů podzemní vody). Rozsah průzkumu se tedy odvíjí od složitosti zadání a rozmanitosti geologických podmínek. [12,17]

Před zahájením prací je nutné, aby investor zajistil vytyčení křížených nebo souběžných IS s maximální možnou přesností tak, aby během vrtných prací nedošlo k jejich poškození. V případech s velkým množstvím již existujících IS je to nezbytnou podmínkou pro technické zvládnutí podvrtnu. Neexistují-li dostatečné podklady u správců sítí, pak je vhodné použít geofyzikální metody určení existujících podpovrchových překážek, např. georadar. Přesnost vrtání pak umožňuje bez větších komplikací provést instalaci nového potrubí s bezpečným odstupem od stávajících souběžných i křížených IS. [18]

Mezi nejběžnější průzkumy prováděné před zahájením patří průzkumné vrty, penetrační sondování, laboratorní zkoušky, či hydrogeologický, geofyzikální nebo korozní průzkum. [12]

## 2.3 Klasifikace BT a popis jednotlivých technologií

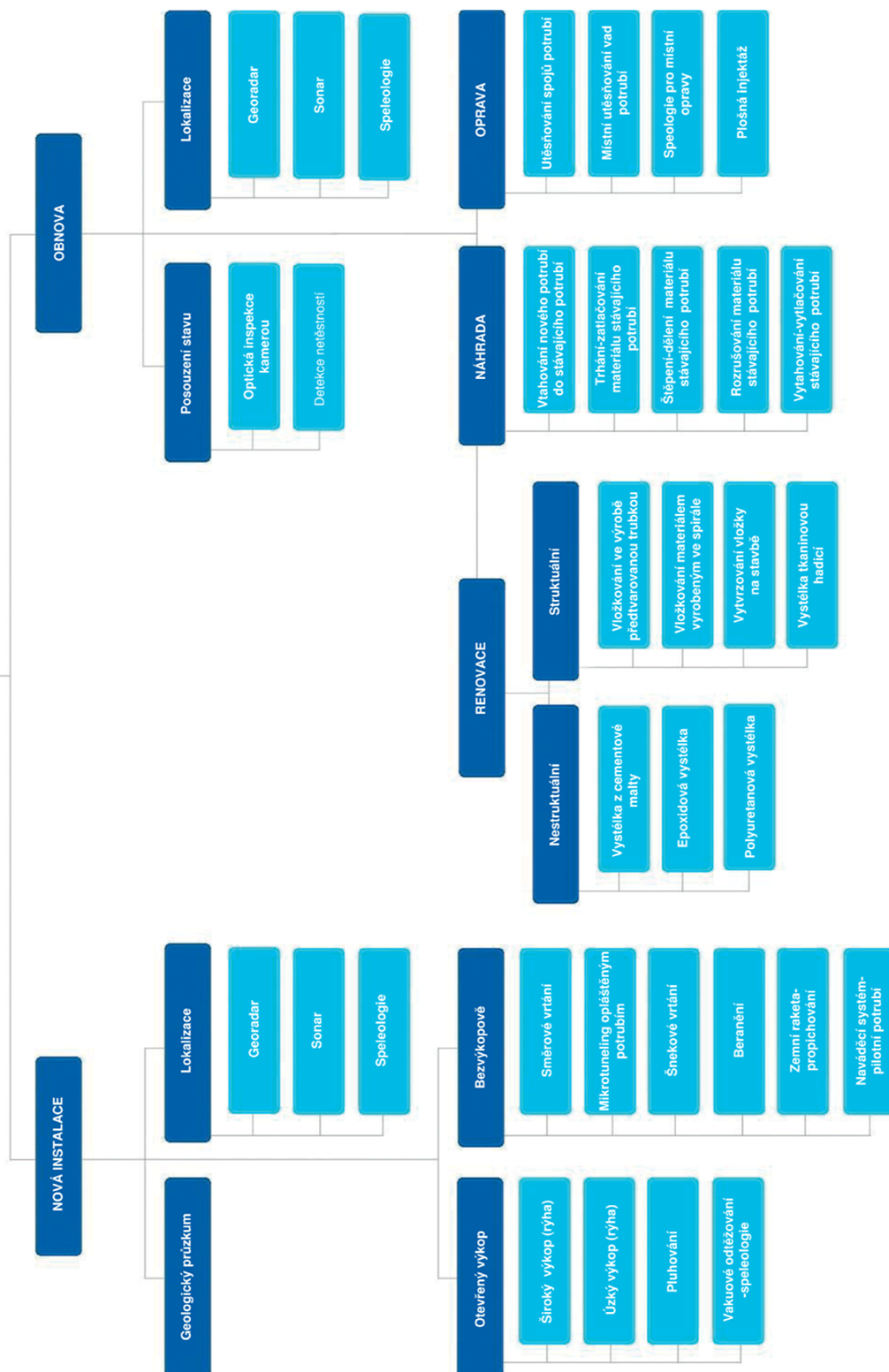
Při rozhodování o výběru jednotlivé technologie jsou důležité technické a další podklady. Avšak současný stav těchto podkladů pro BT (firemních či normativních) je značně neuspokojivý. Vzhledem ke stavu těchto norem (ČSN, EN, ISO) je v této práci uvedeno rozdělení BT pro stavbu nových vodovodních řadů a stok podle pracovní skupiny pro příručku SOVAK:

- metody bez odběru zeminy (propichování, aj.),
- metody s odběrem zeminy (vodorovné beranění, horizontální vrtání),
- mikrotunelování,
- směrové vrtání,
- pluhování. [12]

Je třeba uvést i základní členění vycházející z ČSN 12889 Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení:

- bez obsluhy na čelbě,
  - A. neřízené (nelze provádět korekci směru),
    - propichování,
    - vodorovné beranění,
    - horizontální vrtání,
    - B. řízené (progresivní soupravy, lze provádět korekci směru),
      - mikrotunelování,
      - řízené horizontální vrtání,
      - směrové vrtání (HDD),
  - s obsluhou na čelbě,
    - protlačování,
    - štítování,
    - ruční ražba. [19]

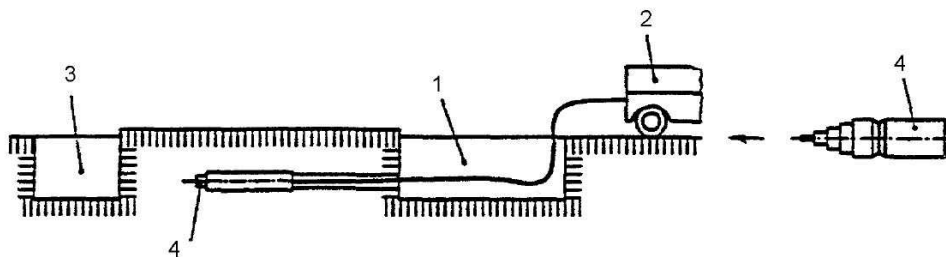
## PODZEMNÍ STAVEBNÍ TECHNOLOGIE



Obrázek 2.1- Dělení podzemní stavební technologie dle CzSTT [19]

### 2.3.1 Propichování (krtkování, zemní rakety nebo kladiva)

Metoda propichování používá zařízení (zemní raketa neboli krtek), které dynamicky proráží otvor, do kterého se současně nebo dodatečně zatahují trouby (nejčastěji plastové), popř. kabely. Zemina se roztlačuje do stran a zhutňuje. Pohyb kladiva je závislý na odporu zeminy třením. Pneumatická propichovací kladiva mají také zpětný chod, což v případě velkých směrových odchylek umožňuje kladivo z nedokončeného vrtu vytáhnout. [13,15,16,17,19]



- Legenda:
- 1 startovací šachta
  - 2 hydraulický agregát/vzduchový kompresor
  - 3 cílová šachta
  - 4 propichovací kladivo

Obrázek 2.2- Metoda s propichovacím kladivem (krtkem) [17]

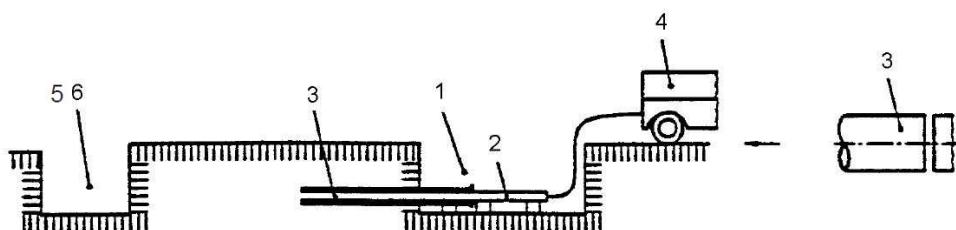
Krtkování se podílí zhruba na 70% všech protlaků. Metoda je poměrně nenáročná na investice do strojního vybavení, takže touto technologií disponuje převážná část stavebních firem zabývajících se pokládkou kabelových sítí, vodovodních a plynovodních přípojek. Přesnost realizace je značně závislá na použitém strojním vybavení, běžně se dosahuje přesnosti 2- 5 % délky protlaku. Použití je vhodné pro profily v rozsahu 60 mm- 160 mm podle deformačních vlastností zeminy (výjimečně ve vhodných geotechnických podmínkách pak do 200 mm). Limitující délkou je (vzhledem k značné nepřesnosti) vzdálenost okolo 30 m. Podle pracovního principu se rozlišuje propichování: *pneumatické, hydraulické, vibrační a vodorovným beraněním*. [13,15,16,17,19]



Obrázek 2.3- Zemní raketa pro protlačování ZRO 130 [16]

### 2.3.2 Beranění

Beranění trub je metoda, při které se ocelové potrubí (chránička) zaráží pomocí energie pneumatického beranidla, umístěného ve startovací jámě. Zemina se z prostoru potrubí roztláčí do okolí (jen v ojedinělých případech), nebo vtlačí přes otevřené čelo a odtud se současně s beraněním, anebo po ukončení vytlačí stlačeným vzduchem (u větších profilů) či vystříká vysokotlakou vodou. [13,16,17,19]



- Legenda: 1 startovací šachta  
 2 vodorovné beranidlo  
 3 zatlačovaná chránička  
 4 vzduchový kompresor  
 5 cílová šachta

Obrázek 2.4- Metoda vodorovného beranění s otevřeným čelem [17]

Aplikovat beranění lze i v tvrdších horninách, stejně tak v horninách s výskytem zrn do velikosti 0,8 profilu chráničky, které je však možné rozlamovat. Běžné použití je pro profily v rozmezí DN 100- DN 1200 o délkách do 100 m.



Beranění nevyžaduje opěrný blok. Vzhledem k tomu, že není možné monitorovat překážky před zaberaněnou chráničkou, je znalost uložení křížovaných podzemních sítí nezbytnou podmínkou pro úspěšnou realizaci. Nevýhodou metody jsou vysoké nároky na svařování (nastavování) chrániček, což značně prodlužuje dobu realizace. Při destrukci sváru v zemině totiž již není možné pokračování protlaku touto technologií. Beraněním lze dosáhnout přesnosti okolo 0,5- 1,0 % délky protlaku a to při denním výkonu 10- 50 m (v závislosti na dané geologii). [13,16,17,19]

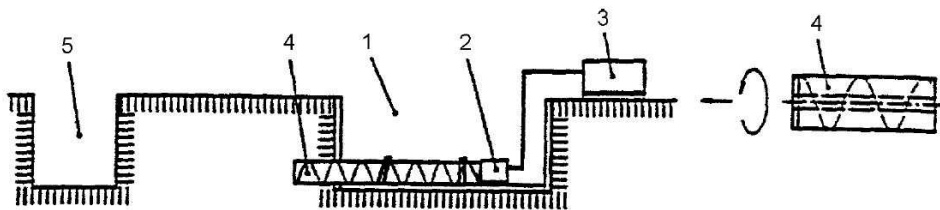


*Obrázek 2.5- Vodorovné beranění s otevřeným čelem, Říčany 500 Evos (Grundoram Koloss) [16]*

### **2.3.3 Vodorovné vrtání se šnekovým dopravníkem**

Jedná se o technologii, při které je zemina rozpojována rotující vrtnou hlavou (zvolenou dle geologických podmínek) a je plynule transportována šnekovým dopravníkem. Pohon vrtné hlavy se nachází ve startovací jámě, přenos se provádí přes šnekový dopravník. Ocelová chránička se instaluje pomocí tlačného zařízení a to současně s vrtáním, nebo dodatečně (v soudržných zeminách, nepříliš časté použití). [13,16,17,19]





- Legenda: 1 startovací šachta  
 2 tlačné a vrtné zařízení  
 3 hydraulický agregát  
 4 vrtná hlava a šnekový dopravník  
 5 cílová šachta

*Obrázek 2.6- Metoda vodorovného vrtní se současným zatlačováním potrubí [17]*

V jednoduchých geologických podmínkách je to rychlá a efektivní metoda. Aplikace je vhodná pro různé profily a délky podle strojního vybavení. V tuzemských geologických podmínkách se většinou nehodí pro profily menší než DN 300 vzhledem k častému výskytu zrn, která neprojdou mezi vřetenem šnekovnice a stěnou protlačované chráničky. Jako limitující se jeví profily okolo DN 1800, nebo délky okolo 60 m. Běžná dosahovaná přesnost se pohybuje okolo 1 % délky protlaku. Mezi hlavní nevýhody patří poměrně velké požadavky na startovací jámu dosahující rozměrů často větších než 2,5 x 7,0 m. [13,16,17,19]



*Obrázek 2.7- Čištění dokončeného protlaku- vytahování šnekových unašečů, vrtná souprava American Augers 60-120 Turbo [16]*

### 2.3.4 Mikrotunelování

Mikrotunelování (mikrotuneláž) je souhrn metod výstavby pozemních sítí technického vybavení různých profilů pomocí dálkově ovládaných strojních zařízení bez přístupu obsluhy. Mikrotunelování umožňuje instalovat podzemní vedení přesně do požadované trasy a v případě potřeby vyrovnat vzniklé směrové a výškové odchylky. [13]

Jedná se o jednu z nejprogressivnějších metod ukládání IS, která nemá prakticky žádné technické omezení. Razící štíty jsou vždy uzpůsobeny pro konkrétní materiál potrubí, geologické podmínky, hladinu podzemní vody aj. Materiál vhodný pro protlačování (popř. zatahování) je železobeton, kamenina, čedič, ocel a sklolaminát, v poslední době pak polymerbeton. [13,16,21]

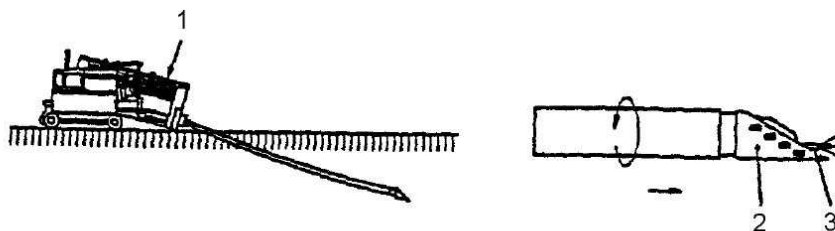


Obrázek 2.8- Tunelovací stroj Herrenknecht AVN 1200T [21]

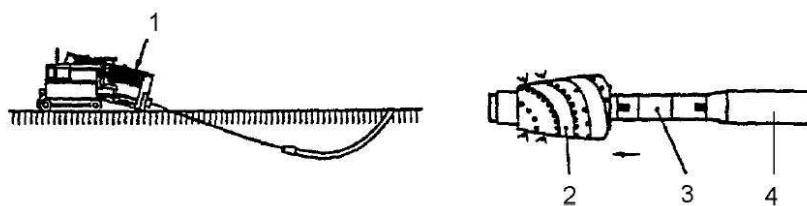
Jednou z nejrozšířenějších technologií mikrotunelování je např. Automatische Vortriebsmaschine Nassförderung (**AVN**), kde se využívá vodní dopravy k dopravě vytěžené zeminy. Hlavní částí systému je razící štít, navržen s vrtnou hlavou dle druhu zeminy. Je umístěn do startovací jámy jako první, před následující kolonu trubek. Zemina na čelbě je rozemílána (drcena) na jemné frakce schopné dopravy kalovými čerpadly s řízeným výkonem. Směr ražby je naváděn laserovým paprskem, obsluha procesu je zajištěna skrze PC. Posun sestavy zajišťuje tlačná, hydraulická stanice umístěna ve startovací jámě. Možnost nasazení je pro profily DN 400 až DN 4000. [13,16,21]

### 2.3.5 Řízené vrtání (Horizontal Directional Drilling (HDD))

Při této řízené metodě se pro ukládání potrubí, chráničky nebo kabelů (PCHK) využívá vrtné soupravy. Nejprve se provede tzv. pilotní vrt, který směřuje k cílové jámě. Probíhá při něm kontrola hloubky a směru, kterou v průběhu celého vrtání zajišťuje vysílač umístěný ve vrtné hlavě. Na čele vrtného nástroje je vrtná hlava. Ta zeminu mechanicky rozpojuje a zhutňuje jí do okolí, nebo je vyplavována vrtnou výplachovou směsí (nejčastěji bentonit) do startovací nebo cílové jámy. Tato směs má také stabilizační a lubrikační funkci při vrtání. Po dosažení cílové jámy je pilotní vrtná hlava zaměněna za rozšiřovací vrtnou hlavu a opět za podpory bentonitového výplachu se zpětným vrtáním směrem k vrtné soupravě provede rozšíření vzniklého otvoru. Proces rozšiřování vrtu probíhá opakovaně až do dosažení požadovaného rozměru umožňujícího vtažení PCHK do vrtu. Posledním krokem je vtažení potrubí do vrtu, které probíhá za současného rozšiřování vrtu na výsledný rozměr. Proces vtažení PCHK lze u menších profilů provádět i současně při provádění pilotního vrtu. Po ukončení vrtných prací je nutné vyčerpat výplach a vyčistit jámy pro následné montážní práce. [17,18]



- Legenda: 1 agregát s vrtným zařízením  
13a 2 vrtná hlava  
3 vyplavování



- Legenda: 1 agregát  
 2 rozšiřovací hlava  
 13 b 3 spojka  
 4 potrubí produktovodu

Obrázek 2.9- Metoda směrového vrtání (HDD) [17]

I přes náročnější investice do strojního vybavení je tato metoda v ČR hojně rozšířená. Je vhodná pro většinu geologických podmínek (hodí se i pod HPV). Nehodí se v místech s výskytem balvanů. Spektrum nasazení je v ČR do DN 700 (v zahraničí do DN 1600) o délkách do 300 m (v zahraničí do 2000 m). Stejně jako u ostatních metod je velmi důležitou součástí precizní zmapování podzemních vedení a konstrukcí. [15,16,18]

### 2.3.6 Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě (trubní protlak)

Při této BT se v podzemí pohybují pracovníci jako součást technologie provádění. Trouby se protlačují pod působením tlaku ze startovací jámy. Zemina se z čela trouby odstraňuje ručně (sbíjecími kladivy) nebo pomocí trhacích prací. Poté je nakládána na vozíky a je dopravována k těžním jamám. Do vyraženého prostoru se následně ukládají potřebné trubní rozvody a zbylý prostor lze vyplnit pomocí CPS (popř. jiné výplňové směsi). Používá se hlavně ve složitých geologických podmínkách, při protlacích větších než DN 1000. Vzhledem k velké pracnosti se vyznačuje zvýšenou časovou i cenovou náročností. Denní kapacita se pohybuje v rozmezí 1- 5 m vyraženého protlaku při poměrně vysokých přesnostech okolo 0,5 % délky protlaku. [16,17,19]



Obrázek 2.10- Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě na stavbě Novomlýnská věž

## 2.4 Státní báňská správa

Velká část BT spadá svým charakterem do tzv. „Činnosti prováděné hornickým způsobem (ČPHZ)“, které jsou dle Zákona 61/1988 Sb. - §3 ČPHZ dozorovány Státní báňskou správou, kdy se jedná v zásadě o následující případy:

- vrt nebo protlak delší než 30 m, přičemž nezáleží na sklonu vrtu ani na jeho průměru,
- protlak nebo velkopřůměrový vrt, ve kterém se mohou zdržovat osoby (od  $\varnothing$  800 mm a výše)- jakkoliv dlouhý,
- tunel, tedy ražené dílo o větším průřezu než  $16 \text{ m}^2$  (vždy),
- štola, tedy ražené dílo do průřezu  $16 \text{ m}^2$  (vždy),
- jáma nebo studna (hloubené dílo) o hloubce větší než 3 m,
- jiný podzemní prostor o objemu nad  $500 \text{ m}^3$  (komory, strojovny, zásobníky). [16,19]

Pro všechny tyto práce platí mimo jiné následující pravidla:

- projektovat je mohou jen osoby oprávněné k projektování ČPHZ (vystavují Obvodní báňské úřady),
- ke stavebnímu povolení těchto staveb se vždy vyjadřují i příslušné obvodní báňské úřady,
- práce mohou být prováděny jen organizacemi s oprávněním k ČPHZ a pod vedením oprávněných pracovníků (závodní),
- práce podléhají z hlediska bezpečnosti dozoru Státní báňské správy,
- před zahájením je třeba ohlásit tyto práce na příslušném Obvodním báňském úřadu,
- zvláštní režim si vyžaduje například schvalování změn, vedení některých záznamů a provozních knih, vyšetřování a nahlašování úrazů a havárií. [16,19]

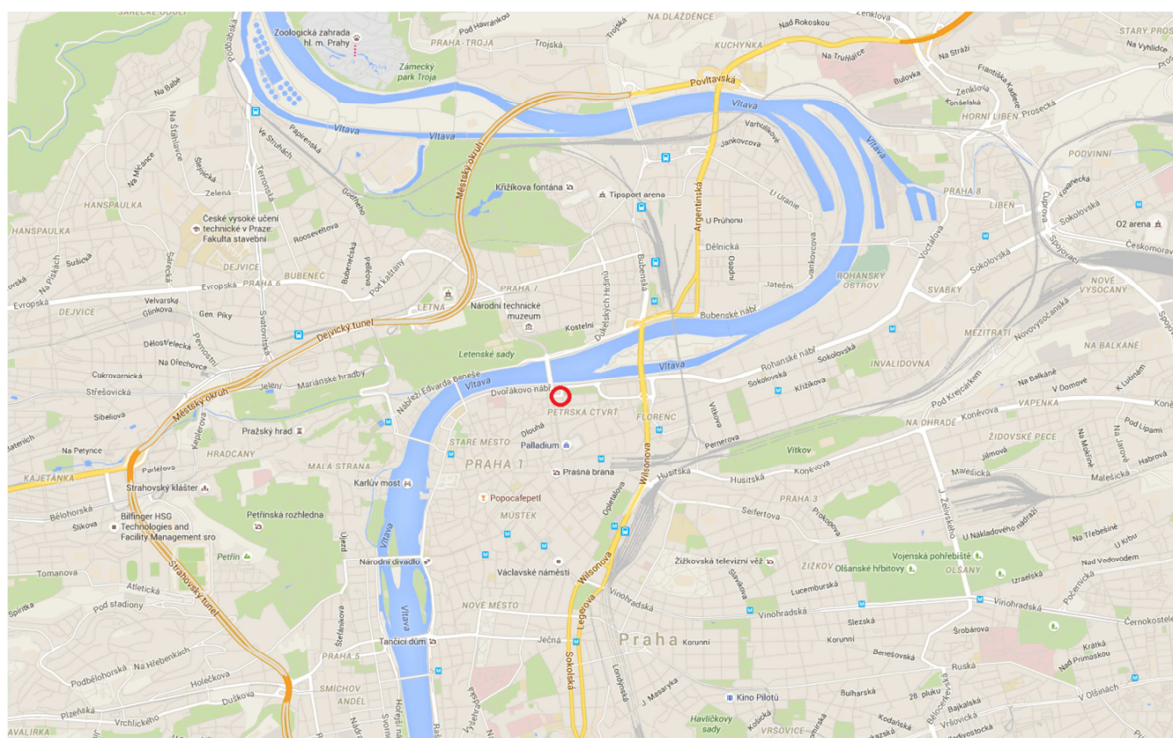
Činnost Českého báňského úřadu je stanovena v § 40 zákona č. 61/1988 Sb., kam zejména patří:

- vykonává vrchní dozor nad veškerou hornickou činností a činností prováděnou hornickým způsobem,
- kontroluje, zda dozorované organizace vykonávají tyto činnosti v souladu s horním zákonem, zákonem ČNR č.61/1988 Sb., o hornické činnosti, výbušninách a o Státní báňské správě, a předpisy vydanými na jejich základě,
- zajišťuje vydávání právních předpisů k provedení horního zákona, zákona o hornické činnosti a výbušninách a o státní báňské správě, krizového zákona, zákona o nakládání s těžebním odpadem, zákona o ukládání oxidu uhličitého do přírodních horninových struktur, a zajišťuje aproximaci českých horních předpisů s právem EU,
- vykonává inspekční činnost v oblasti bezpečnosti práce a provozu u hornických organizací a organizací používajících a vyrábějících výbušniny,
- provádí šetření závažných důlních havárií,
- řídí a kontroluje činnost obvodních báňských úřadů,
- zajišťuje výkon činnosti odvolacího orgánu jako druhé instance státní báňské správy aj. [20]



### 3. NOVOMLÝNSKÁ VĚŽ - ODKANALIZOVÁNÍ A ZÁSBOVÁNÍ PITNOU VODOU

Novomlýnská vodárenská věž je velkou vodárenskou stavbou, která kdysi zásobovala vodou z Vltavy dolní část Nového města pražského. První zmínka o původní dřevěné vodárenské věži pochází ze středověku z roku 1484. Po častých požárech se budova zřítíla a na zbytcích z této věže pak byla v roce 1658 postavena dnešní věž v barokním slohu. V současné době slouží areál historické budovy Novomlýnské vodárenské věže jako základna dobrovolným hasičům Prahy 1. Nejen z důvodu zatékání vody do konstrukce stavby byla v dubnu 2015 započata rekonstrukce, jejíž součástí je i tento projekt. Po plánovaném dokončení rekonstrukce na jaře 2017 by ve věži měla být umístěna expozice o pražských hasičích a požárech. [23]



Obrázek 3.1- Poloha stavby na území hl. m. Prahy [22]

Zájmové území probíhající akce (Novomlýnská věž - odkanalizování a zásobování pitnou vodou) se nachází v katastrálním území Prahy 1 v centru města v méně frekventované ulici Nové Mlýny s napojením do frekventované křižovatky s ulicí Lannova. Předmětem stavby je vytvoření jednotné kanalizační stoky pro

odkanalizování nového sociálního zázemí Novomlýnské věže. V současné době není v ulici žádná veřejná kanalizační stoka, pouze odvodnění uliční vpusti směrem k ulici Lannova, které je v nevyhovujícím stavu. Navržená stoka bude napojena na stávající zděnou cihelnou stoku 600/1100 v místě stávající kanalizační šachty ŠSS v ulici Lannova (příloha 1). Potrubí nové stoky jednotné kanalizace bude z kameninového potrubí (KT) DN 300 se zvýšenou pevností třídy 240. Dle požadavků PVS bude do stoky přepojena uliční vpust' DN 200 a vsazena zazátkovaná odbočka (rezerva) pro budoucí připojení kanalizace ze stávajících objektů. [16]

### 3.1 Variantní řešení

Právě realizované řešení varianty 1 (kap. 3.2.1 - 3.2.3) lze považovat (na základě jednání s realizační firmou) za nejlepší možné z hlediska cenových nákladů, časové náročnosti, prostorových nároků na staveniště, omezení dopravy, aj. Jako technicky realizovatelné byly vyhodnoceny další tři varianty.

- **Varianta 1** - Úsek mezi ŠS1 a ŠSS pomocí BT - ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě s použitím ocelové chráničky, úsek mezi ŠS1 a UV1 pomocí BT - neřízené vrtání se šnekovými unašeči a zbylý úsek mezi ŠS1 a ŠS2 realizovat otevřeným výkopem. Protlačovat se bude ze startovací šachty v místě budoucí lomové šachty ŠS1.
- **Varianta 2** - Úsek mezi ŠS1 a ŠSS pomocí BT - ruční ražba štoly (důlní výztuž s pažnicemi typu UNION), zbylý úsek mezi ŠS1 a ŠS2 realizovat otevřeným výkopem. S tímto řešením počítala původní zadávací dokumentace. Výhodou bezvýkopého napojení na stávající stoku v ulici Lannova je neomezení dopravy ve frekventované ulici. Ražba štoly je však pracná a tím ekonomicky náročnější. Realizace úseku mezi ŠS1 a ŠS2 metodou otevřeného výkopu je časově a ekonomicky nevýhodná z důvodu nutnosti záboru o velké ploše a značném rozsahu zemních prací.
- **Varianta 3** - Úsek mezi ŠSS a UV1 pomocí BT - ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě s použitím ocelové chráničky (ze startovací šachty v místě budoucí lomové šachty ŠS1), zbylý úsek mezi UV1 a ŠS2 realizovat otevřeným výkopem. Toto řešení bylo původně předloženo realizační firmou, ale

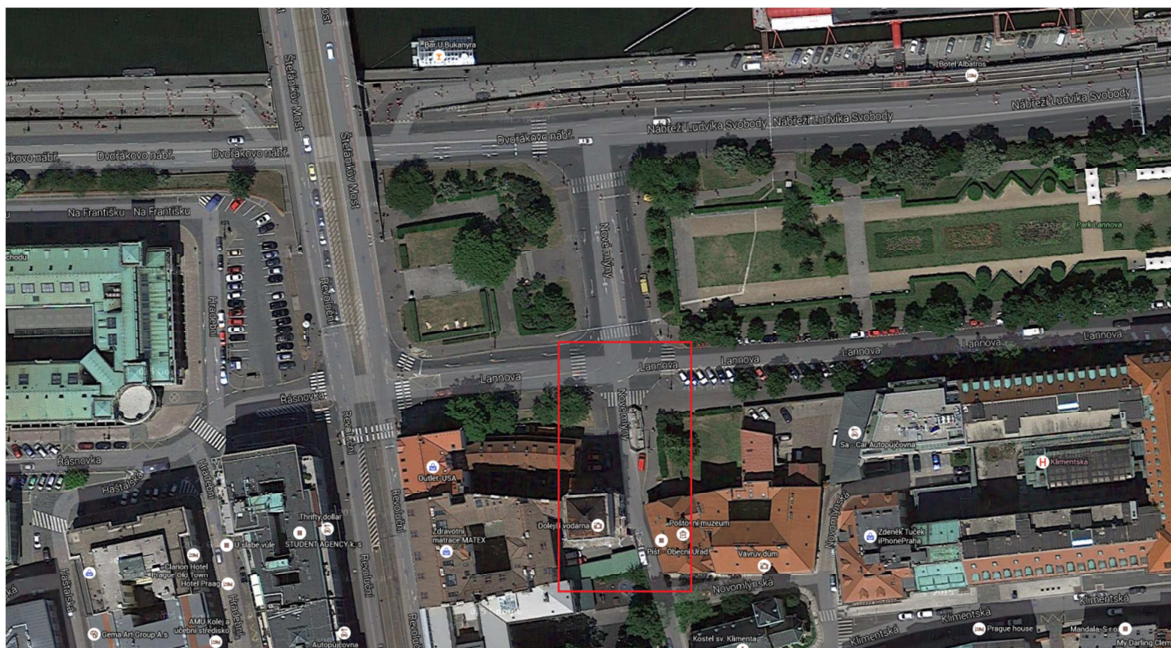


bylo zamítnuto ze strany provozovatele. Výhodné by bylo při náhlé změně geologických podmínek či narazení na obtížně překonatelnou překážku. Nevýhodou je větší pracovní a časová náročnost a s tím spojené náklady na realizaci.

- **Varianta 4** - Celý úsek mezi ŠSS a ŠS2 realizovat otevřeným výkopem. Tato varianta se jeví jako nejméně vhodná hned z několika důvodů. Umístění stavby ve frekventovaném místě, hloubka instalovaného potrubí, požadavky na zábor veřejného prostoru jsou hlavní důvody pro realizaci alternativními BT.

### **3.2 Realizace varianty 1**

Trasa stoky je zřejmá ze situace (příloha 1), sklony a hloubky uložení stoky jsou patrné z podélného profilu (příloha 2). Úsek stoky mezi šachtami ŠS1 a ŠSS byl prováděn bezvýkopovou technologií v I. etapě výstavby - ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě (příloha 3). Úsek stoky mezi šachtou ŠS1 a uliční vpustí UV1 je prováděn bezvýkopovou technologií ve II. etapě výstavby - neřízeným vrtáním se šnekovými unašeči. Startovací šachta je umístěna v místě budoucího osazení lomové kanalizační šachty ŠS1. V rámci poslední III. etapy bude proveden otevřený výkop pro uložení KT DN 300. Na stoku bude napojena kanalizační přípojka z KT DN 200. Připojení objektu na pozemku s p. č. 333 bude také realizováno bezvýkopovou technologií. Budou osazeny koncová šachta ŠS2, revizní šachta na kanalizační přípojce a vodoměrná šachta VŠ na vodovodní přípojce. Celá akce je zakončena zasypáním a zhutněním otevřeného výkopu a zpětné, povrchové úpravy komunikace. Práce započaly počátkem dubna 2016 a přepokládaná doba dokončení je koncem května 2016. [16]



Obrázek 3.2 - Detail polohy stavby, satelitní pohled [22]

Trasy podzemních IS a vedení jsou vyznačeny v situaci (příloha 1). Před zahájením zemních prací bylo nutné zajistit vytýčení IS příslušnými správci. Během provádění protlaku se neočekávala kolize s podzemními vedeními. V dané oblasti se vyskytují fluvialní sedimenty - hlinitopísčité náplavy s drobným až hrubě zrněným štěrkem, štěrky s polohami hlinitých písků. Do hloubky 4,5 m jsou náplavy s jemnozrnným štěrkem, dále do hloubky 13,8 m je hrubý hlinitopísčítý štěrk s valouny do průměru až 30 cm. Hornina je suchá. Při provádění protlaku bylo nutno počítat se starými konstrukcemi pod navážkami až do hloubky 4,0 m. Pokud by se při provádění protlaku narazilo na jiné nebo zhoršené geologické podmínky ohrožující stabilitu nebo proveditelnost díla (náhlá změna kvality zastižené zeminy, obtížně překonatelná překážka - panel, balvan apod.), než předpokládala projektová dokumentace, bylo by nutno dílo řádně zajistit, zastavit práce a další postup konzultovat s projektantem, investorem, případně s geologem. [16]

### 3.2.1 I. etapa - Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě

Jedná se o úsek mezi ŠS1 a ŠSS, kde dle zadávací dokumentace byla plánována stavba štoly pomocí korýtkové výztuže a pažnic typu UNION. Zhotovitel předložil návrh provádět úseky ŠS1 - ŠSS a ŠSS - UV1 pomocí technologie ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě (o celkové délce protlaku

38,8 m) a zbylý úsek mezi UV1 - ŠS2 pomocí klasické metody otevřeného výkopu (o délce 12,2 m). Po jednání s budoucím provozovatelem a technickým dozorem stavebníka se dospělo k následujícímu závěru:

- úsek mezi ŠS1 a ŠSS bude proveden pomocí technologie ruční ražby s použitím ocelové chráničky. Napojení se na stávající stoku v místě stávající šachty ŠSS bude provedeno z ocelové chráničky protlaku. Tím nedojde k omezení dopravy ve frekventované ulici Lannova.
- V úseku mezi ŠSS - UV1 provozovatel nechce mít KT DN 300 v chráničce z důvodů obtížného přístupu při případné opravě potrubí. [16]

Firma navrhla řešení realizovat tento úsek mezi ŠSS - UV1 technologií řízeného vrtání s pilotním vrtem s následným protlačením bezhrdlých KT. Z důvodu časové vytíženosti pracovního stroje se přešlo na variantu neřízeného vrtání se šnekovými unašeči (protlačení ocelové chráničky a její následné nahrazení bezhrdlými KT) detailněji popsanou v kapitole 3.2.2. [16]



*Obrázek 3.3 - Startovací šachta s hydraulickou tlačnou soupravou, navařování posledního kusu ocelové chráničky*



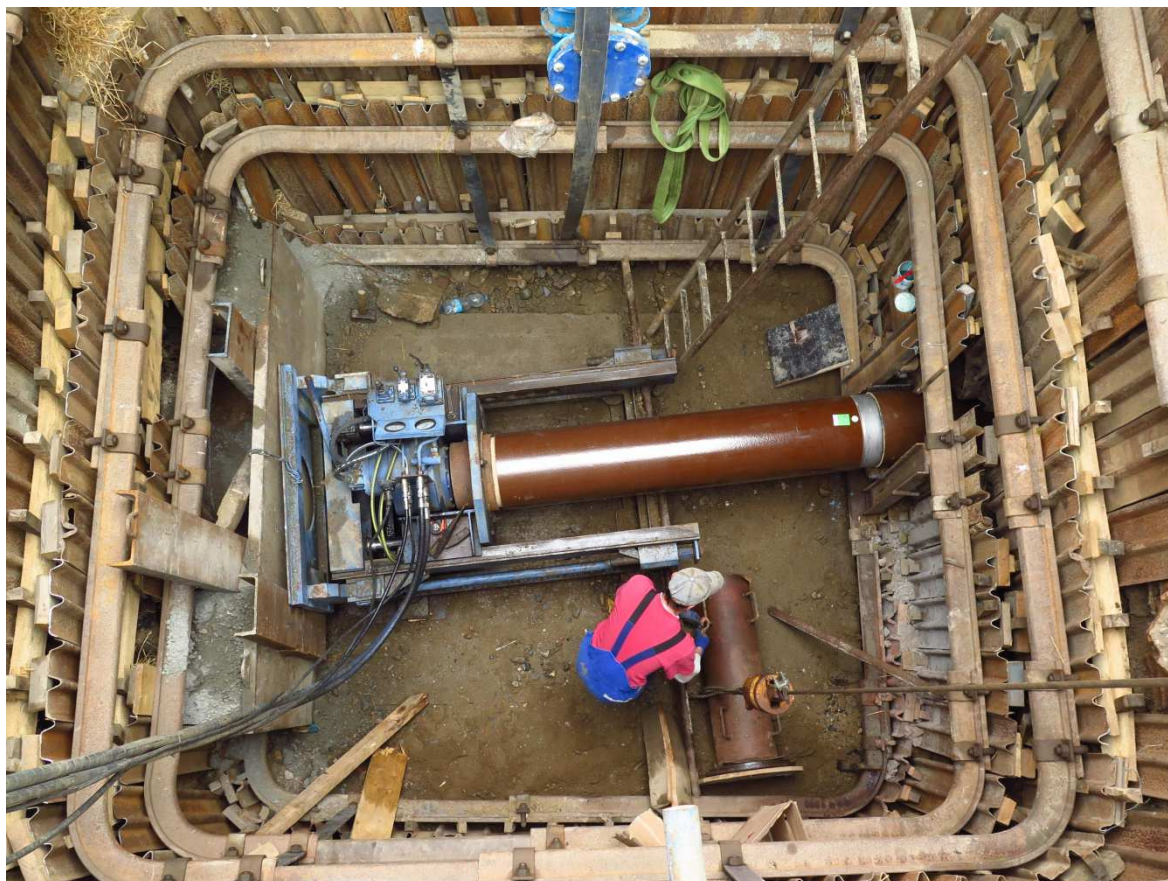
Stavební práce začaly vytvořením startovací šachty (o rozměrech 3,0 x 3,0 m, hloubky 5,0 m) společnou pro oba protlaky. Rámy šachty jsou tvořeny důlní výztuží, za kterou jsou osazeny pažnice typu UNION (viz. obrázek 3.3). Dno šachty je zpevněno vyrovnávací vrstvou podkladního betonu. [16]

Protlak byl realizován pod komunikací (pozemek s p. č. 2362) a je tvořený ocelovou chráničkou - Ø 1020/10 mm s podélným svarem, ocel 11 375.1 (S235), celkové délky 12,3 m. Protlačování bylo prováděno úpadně (směrem od povrchu terénu) ve sklonu 3,48 %. Chránička protlaku je zatlačena pomocí hydraulické tlačné soupravy (tlačná síla 9000kN) s ručním těžením na čelbě. Před zahájením prací bylo zajištěno zhotovitelem provedení geometrického zaměření směru protlaku. Po dobu protlačování bylo pravidelně měřeno sedání nadloží nad chráničkou. Po celou dobu protlačování byla při pracovních přestávkách zajištěna zemina na čelbě proti sesunutí. Vytěžená zemina při provádění protlaku byla nakládána na nákladní vozidla a odvážena na mezideponii zhotovitele. Po dokončení protlaku bylo z prostoru chráničky provedeno vysazení kameninové odbočky na stávající stoku. [16]

### **3.2.2 II. etapa - Neřízené vrtání se šnekovými unašeči**

Návrh řešení pomocí neřízeného vrtání byl vyhodnocen jako technologicky a ekonomicky nejvýhodnější. Vzhledem k nepříliš podrobným geologickým podkladům se muselo počítat i s variantou beraněním pro překonání případné překážky v trase. Z důvodu malého profilu chráničky - Ø 426/8 mm s podélným svarem, ocel 11 375.1 (S235) by mohl nastat problém, že by šnekový unašeč nebyl schopen odtěžit částice zeminy většího průměru. Na první kus trubky byla přivařena řezná hlava (viz. obrázek 3.5) pro případné beranění. Tento problém nenastal. Objevil se však problém s velkou odchylkou od požadovaného spádu. Vrtání bylo zastaveno a vrtná hlava byla upravena. Vrtání bylo prováděno dovrchně (směrem k povrchu terénu) ve sklonu 3,98 % o celkové délce 23,35 m. Provedená přesnost byla okolo 1 % délky protlaku. Projekt se aktuálně nachází v této fázi. [16]

Nyní bude zřízena cílová jáma (o rozměrech 3,5 x 1,5 m) v místě napojení uliční vpusti UV1. Ze startovací šachty bude provedeno vytlačení (nahrazení) ocelové chráničky bezhrdlými KT pro protlačování Steinzeug CreaDig DN 300 (viz. obrázek 3.4). [16]



*Obrázek 3.4 - Vytlačení (nahrazení) ocelové chráničky bezhrdlými KT pro protlačování Steinzeug CreaDig DN 300*

Následuje vystrojení ocelové chráničky DN 1000 v úseku ŠS1 a ŠSS. KT DN 300 budou položeny v příslušném spádu a zajištěny konstrukční výztuží proti vztlaku vzniklému při vyplňování mezikruží mezi ocelovou chráničkou DN 1000 a KT DN 300. Mezikruží bude vyplněno CPS pomocí předem připraveného potrubí. Bude osazena lomová šachta ŠS1. Startovací šachta se po osazení šachty ŠS1 zasype, zásyp se zhutní na  $I_d=0,8$  u nesoudržných zemin, na min 92 % Proctor Standard u zemin soudržných, povrch se uvede do původního stavu. [16]



Obrázek 3.5 - Původní vrtná hlava, řezná hlava pro případné beranění

### 3.2.3 III. etapa - Otevřený výkop, osazení šachty ŠS2, vybudování přípojek

Celá stavba vyžaduje určitá dopravní omezení. Za tímto účelem je vydáno dopravně inženýrské rozhodnutí ze strany Odboru dopravy Úřadu Městské části Prahy 1. V případě této akce dochází k záboru 30 m<sup>2</sup> po dobu 29 dní. V době realizace III. etapy pak dojde k uzavření ulice Nové Mlýny. Ve srovnání s klasickou metodou otevřeného výkopu se jedná o minimální zábor (prostorové nároky). Po dokončení II. etapy dojde k přeznačení stavby (zrušení záboru z I. a II. etapy). [16]

Dále budou započaty výkopové práce na úseku UV1 - ŠS2. Tento úsek se provádí výkopovou metodou a to z důvodu připojení uliční vpusti UV1, kanalizační a vodovodní přípojky. Dále pak budou uloženy KT DN 300 na betonové pražce a budou obetonovány suchým betonem. Bude osazena vstupní šachta ŠS2. Budou zřízeny kanalizační přípojka a vodovodní přípojka bezvýkopově pomocí zemní rakety. Po napojení příslušných sítí se provede zásyp s požadovaným stupněm zhutnění (viz. II. etapa) a povrch se uvede do původního stavu. Ulice Nové Mlýny bude opět zprůjezdněna a práce budou probíhat už jen na pozemku s p. č. 333. Zde bude zřízena vodoměrná šachta VŠ na vodovodní přípojce a revizní šachta na kanalizační přípojce. [16]

### **3.3 Porovnání investičních nákladů**

Součástí bakalářské práce je i porovnání navržených variant (varianta 1 - 4) z hlediska investičních nákladů (příloha č. 4). Vyhodnocení je sestaveno na základě jednání se zhotovitelem projektu. Varianta 1 představuje realizovaný projekt, který je z předložených řešení ekonomicky nejvýhodnější. Jedná se o kombinaci technologií ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě, neřízeného vrtání a otevřeného výkopu. Toto řešení má nejnižší investiční náklady na použité materiály, rozsah zemních prací, dále pak náklady na použité bezvýkopové technologie a zábor veřejného prostoru.

## ZÁVĚR

Náplní této práce bylo zpřehlednění informací z oblasti stokování a bezvýkopových technologií. V teoretické části byly nejdříve vysvětleny základní pojmy z oblasti stokování, následoval přehled stokových systémů a soustav, objektů na stokové síti a aktuálně používaných materiálů. Dále se práce zabývala rozdělením a popisem nejvíce používanými bezvýkopových technologií pro výstavbu nových podzemních vedení. Pro snazší pochopení byla ke každé technologii uvedena její stručná charakteristika s demonstračními schémata a fotografie z realizace.

V praktické části práce byly předloženy čtyři varianty výstavby uliční stoky na odkanalizování Novomlýnské věže situované na území Prahy 1. Následně byla vybrána a popsána aktuálně realizovaná varianta 1. Kombinace technologií ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě, neřízeného vrtání a otevřeného výkopu byla vyhodnocena jako nejlepší varianta z hlediska cenových nákladů, časové náročnosti, prostorových nároků na staveniště, omezení dopravy aj. V poslední části byly popsány investiční náklady stavby, stejně tak i náklady možných variant.

Na základě vyhodnocení informací z teoretické i praktické části bakalářské práce je zřejmé, že využití bezvýkopových technologií je levnější, časově méně náročný a ekologičtější způsob výstavby podzemních vedení. Tento obor se stává velmi perspektivním a je jen otázkou času, kdy managementy měst a obcí začnou nebo budou muset začít bezvýkopové technologie upřednostňovat nad klasickou metodou otevřeného výkopu. Zpracování ucelených nástrojů v podobě kvalitních legislativních či technických norem a kvalitních firemních podkladů může být prvním krokem.



## SEZNAM LITERATURY A PODKLADŮ

- [1] Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010 -2016 [cit. 23. 3. 2016]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274>
- [2] NOVÁK, Josef a kol. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Praha: Medim, spol. s.r.o., 2003. 151 s. ISBN 80-238-9947-3.
- [3] Městské standardy vodovodů a kanalizací na území hl. m. Prahy: Kanalizační část. 3. aktualizace. Praha, říjen 2015
- [4] KLEPSATEL, František a Libor MAŘÍK. *Městské podzemní stavby 1.české vydání*. Bratislava: Jaga, 2005. 285 s. ISBN 80-8076-021-7.
- [5] ČSN 75 0161 *Vodní hospodářství – Terminologie v inženýrství odpadních vod*. Praha: Český normalizační institut, říjen 2008
- [6] KANALIZAČNÍ STOKY [online]. Ing. D. Hánková, Zpracováno pro projekt CTU0513011(2005) [cit. 2016-06-04]. Dostupné z WWW: <http://people.fsv.cvut.cz/www/hanekpav/K154/PDF/Stokovani.pdf>
- [7] ŠEJNOHA, J. *Stavební materiály pro výstavbu stokových sítí*. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, srpen 2003
- [8] ČSN 75 6101 *Stokové sítě a kanalizační přípojky*. Praha: Český normalizační institut, duben 2012
- [9] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *Přednáška: BP51 Inženýrské sítě 5. Stokové sítě*. Brno: Ústav vodního hospodářství obcí, Fakulta stavební, VUT v Brně, 2012
- [10] POLLERT, Jaroslav. *Přednáška: 144VIN Vodohospodářské inženýrství. Stokování*. Praha: České učení technické v Praze, 2016
- [11] KANALIZAČNÍ ŠACHTY DN 1000 M [online]. Best.info [cit. 2016-11-04]. Dostupné z WWW: <http://www.best.info/nas-sortiment/prvky-pro-podzemni-site/kanalizacni-sachty-dn-1000-m/>
- [12] BEZROUK, Jiří a kolektiv autorů. *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodů a kanalizací*. Praha: Medim, spol. s.r.o., 2008. 144 s. ISBN 978-80-87140-07-9.
- [13] RACLAVSKÝ, Jaroslav. *DOS M 01.01.BVT Slovník pojmů ve výstavbě bezvýkopové technologie*. Praha: Informační centrum ČKAIT, spol. s r.o., 2004. 128 s. ISBN 80-86769-24-0.

- [14] ČSN 75 6230 *Podchody stok a kanalizačních přípojek pod dráhou a pozemní komunikací*. Praha: Český normalizační institut, červen 1998
- [15] KLEPSATEL, František a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení*. 1. české vydání. Bratislava: JAGA GROUP, spol. s r.o., 2007. 144 s. ISBN 978 -80 -8076 -053 -3.
- [16] Interní zdroj firmy Hydrotechnik Praha spol. s r.o.
- [17] ČSN EN 12889 *Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení*. Praha: Český normalizační institut, únor 2001
- [18] Řízené protlaky: Vytyčení inženýrských sítí [online]. Talparpf.cz [cit. 2016 -25 -04]. Dostupné z WWW: <http://www.talparpf.cz/rizene-protlaky.html>
- [19] Informace o bezvýkopových technologiích pro orgány státní správy: 5. Státní báňská správa [online]. Czstt.cz [cit. 2016 -25 -04]. Dostupné z WWW: <http://www.czstt.cz/dokumenty/casopis/2011-2012/1.2012-2.brozura.pdf>
- [20] Český báňský úřad: Předmět činnosti [online]. Cbusbs.cz [cit. 2016 -25 -04]. Dostupné z WWW: <http://www.cbusbs.cz/index.php/cesky-bansky-urad/predmet-cinnosti.html>
- [21] Tunnelling: AVN Machine. Herrenknecht.com [cit. 2016 -30 -04]. Dostupné z WWW: <https://www.herrenknecht.com/en/products/core-products/tunnelling/avn-machine.html>
- [22] Mapy Google. Google.com [cit. 2016 -05 -05]. Dostupné z WWW: <https://www.google.cz/maps/@50.0928123,14.42823,218m/data=!3m1!1e3>
- [23] Základna: Představujeme naši novou základnu. Sbor dobrovolných hasičů Praha 1 – Hasiči Praha 1 [cit. 2016 -06 -05]. Dostupné z WWW: <http://www.hasicipraha1.cz/zakladna>
- [24] ŠRYTR, Petr a kolektiv. *Městské inženýrství (1) - technický průvodce*. Praha: Academia, 1998. 434 s. ISBN 80 -200 -0663 -X.
- [25] Úvod do problematiky Městského inženýrství: Česká společnost městského inženýrství. Cssi-cr.cz [cit. 2016 -05 -05]. Dostupné z WWW: <http://www.cssi-cr.cz/csmi/ceska-spolecnost-mestskeho-inzenyrstvi.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.1 - Větevový systém [2].....	11
Obrázek 1.2 - Úchytný systém [2].....	11
Obrázek 1.3 - Pásmový systém [2].....	12
Obrázek 1.4 - Radiální systém [2] .....	12
Obrázek 1.5 - Tlaková kanalizace [2] .....	14
Obrázek 1.6 - Podtlaková kanalizace [2] .....	15
Obrázek 1.7 - Prefabrikovaná kanalizační šachta DN 1000 [11] .....	16
Obrázek 1.8 - Bezhrdlová kameninová trouba pro protlačování - Steinzeug DN 300, použité na stavbě DIS Brno Tábor [16].....	20
Obrázek 2.1 - Dělení podzemní stavební technologie dle CzSTT [19] .....	25
Obrázek 2.2 - Metoda s propichovacím kladivem (krtkem) [17].....	26
Obrázek 2.3 - Zemní raketa pro protlačování ZRO 130 [16].....	27
Obrázek 2.4 - Metoda vodorovného beranění s otevřeným čelem [17] .....	27
Obrázek 2.5 - Vodorovné beranění s otevřeným čelem, Říčany 500 Evos (Grundoram Koloss) [16] .....	28
Obrázek 2.6 - Metoda vodorovného vrtání se současným zatlačováním potrubí [17]29	
Obrázek 2.7 - Čištění dokončeného protlaku - vytahování šnekových unašečů, vrtná souprava American Augers 60 -120 Turbo [16].....	29
Obrázek 2.8 - Tunelovací stroj Herrenknecht AVN 1200T [21].....	30
Obrázek 2.9 - Metoda směrového vrtání (HDD) [17] .....	32
Obrázek 2.10 - Ražení protlačováním s ručním rozpojováním zeminy na čelbě na stavbě Novomlýnská věž .....	33
Obrázek 3.1 - Poloha stavby na území hl. m. Prahy [22].....	35
Obrázek 3.2 - Detail polohy stavby, satelitní pohled [22].....	38
Obrázek 3.3 - Startovací šachta s hydraulickou tlačnou soupravou, navařování posledního kusu ocelové chráničky .....	39
Obrázek 3.4 - Vytlačení (nahrazení) ocelové chráničky bezhrdlými KT pro protlačování Steinzeug CreaDig DN 300.....	41
Obrázek 3.5 - Původní vrtná hlava, řezná hlava pro případné beranění .....	42

## SEZNAM ZKRATEK

DN	Diametre Nominal - jmenovitý vnitřní průměr potrubí
ČOV	Čistírna odpadních vod
OV	Odpadní vody
BT	Bezvýkopové technologie
ČPHZ	Činnosti prováděné hornickým způsobem
PVC -U	Polyvinylchlorid neměkčený
PE -HD	Polyetylen s vysokou hustotou
PP	Polypropylen
PVC	Polyvinylchlorid
HPV	Hladina podzemní vody
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
AVN	Automatische Vortriebsmaschine Nassförderung
IS	Inženýrské sítě
HDD	Horizontal Directional Drilling
PVS	Pražská vodohospodářská společnost a.s.
KT	Kameninové trouby
CzSTT	Czech Society for Trenchless Technology - Česká společnost pro bezvýkopové technologie
ČR	Česká Republika
PCHK	potrubí, chránička/y nebo kabel/y

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Situace - firemní podklad Hydrotechnik Praha spol. s r.o.
- Příloha č. 2 Podélný profil - firemní podklad Hydrotechnik Praha spol. s r.o.
- Příloha č. 3 Příčný řez - firemní podklad Hydrotechnik Praha spol. s r.o.
- Příloha č. 4 Tabulka 3.1 - Porovnání investičních nákladů