

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA ZDRAVOTNÍHO A EKOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ**



**VÝSTAVBA A SANACE VEDENÍ TECHNICKÉHO**  
**VYBAVENÍ V BLÍZKOSTI STROMŮ**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. IVETA PELÁNOVÁ**

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

**Leden 2021**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Pelánová Jméno: Iveta Osobní číslo: 438478Zadávající katedra: K144 - Katedra zdravotního a ekologického inženýrstvíStudijní program: Stavební inženýrstvíStudijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Výstavba a sanace vedení technického vybavení v blízkosti stromůNázev diplomové práce anglicky: Construction and rehabilitation of conduit of technical equipment near trees

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce bude zaměřena na problematiku výstavby a sanací podzemních vedení technického vybavení v blízkosti kořenových systémů stromů.

Na základě literární rešerše bude provedeno zmapování a zpřehlednění dílčích VTV z hlediska jejich účelu, kategorií, materiálů a zásad pro jejich výstavbu a sanace. Dále budou popsány jednotlivé metody provádění stavebních prací (otevřená rýha, bezvýkopové metody) s důrazem na ztížené podmínky způsobené kořenovými systémy stromů. Bude proveden základní rozbor podmínek pro výsadbu stromů a zpřehlednění opatření vzájemné ochrany VTV a kořenů.

V praktické části budou navržena opatření umožňující maximální zapojení stromů do uličních prostor se zhodnocením rizik z hlediska technického, ekonomického a legislativního.

Seznam doporučené literatury:

ČSN 73 6005, DIN 1988, DWA M 162, ČSN P 73 7505, ČSN 83 9061, Studie hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaných územích (CzWA, 2019), Městské inženýrství (Šrytr a kol. 1998), Inženýrské sítě (Beránek a kol. 2005), vybraná čísla zpravodaje NODIG (CzSTT) a další podklady dle pokynů vedoucího.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Karel Kříž, Ph.D.Datum zadání diplomové práce: 1.10.2020Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

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“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem uvedenou diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 3. 1. 2021

.....

Iveta Pelánová

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat především svému vedoucímu práce panu Ing. Karlu Křížovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a věcné rady při konzultacích. Dále bych ráda poděkovala respondentům, kteří projevili zpětnou vazbu a ochotu spolupracovat.

## ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na problematiku vedení technického vybavení v blízkosti kořenových systémů stromů. V teoretické části je provedena literární rešerše, která se týká výsadby stromů, výstavby a sanace vedení technického vybavení. Dále jsou popsána rizika vedení technického vybavení s umístováním stromů a možná ochranná opatření. Praktická část je zaměřena na ul. Slezskou v Praze a je proveden návrh prostoru pro výsadbové jámy, který umožňuje zapojení stromů do uličního prostoru.

Na závěr jsou navržené varianty porovnány a vyhodnoceny z hlediska technického, ekonomického a legislativního.

## KLÍČOVÁ SLOVA

vedení technického vybavení, výsadbová jáma, stromy, kořeny, potrubí, poruchy potrubí, sanace, bezvýkopová technologie

## ABSTRACT

The diploma thesis is focused on management conduit of technical equipment near proximity of tree root systems. The theoretical part consists of a literature review dealing with tree-planting, construction and rehabilitation methods. Furthermore there are described the risks of conduit of technical equipment considering the occurrence of trees and its possible protective measures. The practical part of the thesis is focused on the street Slezska in Prague, containing design scheme for planting pits, which allows trees to fit into the environment.

In conclusion, proposed variants are compared and evaluated from a technical, economic and legislative point of view.

## KEYWORDS

conduit of technical equipment, planting pits, trees, roots, pipelines, pipelines failures, rehabilitation, trenchless technology

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíle práce .....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Stromy v ulicích .....	10
3.1.1	Růst a vývoj kořenového systému stromů.....	11
3.1.2	Stanovení ochranných pásem stromů.....	13
3.1.3	Plánování a výsadba stromů.....	14
3.1.3.1	Charakteristika stanoviště .....	14
3.1.3.2	Prostorové poměry stanoviště pro výsadbu.....	15
3.1.3.3	Výběr taxonu.....	15
3.1.3.4	Výsadba.....	16
3.1.3.5	Ochrana dřevin při stavební činnosti.....	16
3.2	Vedení technického vybavení .....	17
3.2.1	Obecné rozdělení IS .....	17
3.2.2	Ochranná pásma sítí technického vybavení .....	18
3.2.3	Trasování a prostorové uspořádání VTV .....	19
3.2.4	Jednotlivé druhy VTV .....	24
3.2.4.1	Elektrická silová vedení .....	24
3.2.4.2	Veřejné osvětlení.....	26
3.2.4.3	Sdělovací vedení .....	27
3.2.4.4	Vodovodní sítě .....	28
3.2.4.5	Plynovodní potrubí.....	29
3.2.4.6	Tepelné sítě .....	30
3.2.4.7	Stokové sítě .....	31
3.3	Zjišťování technického stavu vedení a hledání poruch .....	32
3.3.1	Pochozí průzkumy.....	32
3.3.2	Kamerová inspekce .....	32
3.3.3	Odorizace zemního plynu .....	33
3.3.4	Zjišťování úniku vody z potrubí.....	33
3.3.5	Stanovení balastních vod.....	33
3.4	Technologie výstavby a sanací VTV .....	33
3.4.1	Otevřená rýha.....	34
3.4.2	Pažení rýhy.....	35
3.4.3	Bezvýkopové technologie .....	36



3.4.3.1	Metody ukládání nového potrubí .....	37
3.4.3.2	Metody sanace se zachováním starého potrubí .....	40
3.4.3.3	Metody sanace s odstraněním starého potrubí .....	44
3.5	Soužití stromů a VTV .....	45
3.5.1	Rizika vedení technického vybavení s umístováním stromů.....	46
3.6	Opatření a ochrana VTV a kořenových systémů .....	47
3.6.1	Pasivní opatření.....	47
3.6.2	Aktivní opatření .....	48
4	Metodika .....	51
4.1	Předmětná lokalita – ul. Slezská .....	51
4.1.1	Obecné informace .....	51
4.1.2	Návrh prostoru výsadbových jam .....	54
4.2	Zjišťování poruch způsobených kořenovými systémy.....	57
5	Výsledky .....	59
5.1.1	Výsledky ul. Slezská .....	59
5.1.2	Výsledky poruch způsobených kořenovými systémy .....	61
6	Závěry .....	62
7	Seznam použité literatury.....	65
8	Seznam obrázků .....	68
9	Seznam tabulek .....	69
10	Seznam příloh .....	70

# 1 Úvod

Městské prostředí a životní podmínky v něm jsou důležité nejen proto, že více než polovina obyvatel v ČR žije právě ve městech. Městské prostředí má mnoho aspektů, kam patří např. kvalita bydlení či dopravní obslužnost, avšak mezi důležité faktory patří tepelný komfort a kvalita ovzduší. Tyto faktory ovlivňují právě stromy v ulicích, které mimo jiné částečně pohlcují záření, ovlivňují proudění vzduchu, vypařují vodu z listů (pouze za určitých podmínek) a zachycují prach a plyny. Potřeba hojnějšího zastoupení zeleně ve městech je dnes dána především dopadem klimatické změny, která je mnohem výraznější než v minulých letech. Veškerá zeleně tedy tvoří velmi důležitou součást prostředí, ale pro její správný růst a požadované funkce je důležité zajistit stromům dostatečný prostor a vláhu.

Výsadbový prostor pro stromy je limitován především podzemním vedením technické infrastruktury, které je v uličních prostorech často nesystematicky uspořádáno. Zároveň však dochází se zvyšující se životní úrovní společnosti k celkovému rozvoji inženýrských sítí a z toho plynoucími požadavky na jejich funkčnost. To představuje problém při vzájemném soužití stromů a vedení technického vybavení, kdy sítě nesmí být poškozeny a narušeny kořenovým systémem stromů a jak již bylo zmíněno výše, stromy musí mít dostatečný prostor pro správnou funkci. Zároveň je nutné zajistit a stanovit podmínky pro řádnou funkci a sanaci vedení technického vybavení. Aktuálním tématem současné doby je tedy najít vhodný způsob vzájemného soužití stromů a vedení technického vybavení v urbanizované zástavbě.



## 2 Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je zmapovat a následně navrhnout opatření vedení technického vybavení (VTV) v blízkosti kořenových systémů stromů, která umožní maximální zapojení stromů do uličních prostor. Před konečným návrhem je nutno splnit následující dílčí cíle.

Teoretická část:

- seznámit se s výhodami a nevýhodami stromů v uličních prostorech,
- zmapovat a zpřehlednit VTV z hlediska jejich účelu, kategorií a materiálů,
- popsat způsoby výsadby stromů, výstavby a sanace VTV,
- provést teoretický rozbor ochranných opatření VTV a kořenových systémů.

Praktická část:

- seznámit se se zájmovou lokalitou,
- zmapovat stávající VTV a podmínky pro výsadbové jámy stromů,
- navrhnout prostor pro výsadbové jámy,
- vyhodnotit rizika z technického, ekonomického a legislativního hlediska.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Stromy v ulicích

Mezi základní funkce stromů patří schopnost pohlcovat oxidu uhličitého a tvorba kyslíku. Stromy a veškerá zeleň v městských ulicích mají především nepostradatelnou klimatickou funkci, přičemž poskytují nespočetné množství výhod, do kterých patří např. poskytování stínu, zadržování a vypařování vody, ochrana proti hluku, zachycení prachů a plynů, estetická funkce a celkový pozitivní dopad na lidské zdraví.

Stromy jsou prospěšné i z ekonomického hlediska, např. v jejich stínu dochází k pomalejšímu stárnutí různých materiálů (asfalt či fasáda budov) a tím k šetření městského rozpočtu. Obecně je také zvýšena odolnost města vůči extrémním výkyvům počasí (extrémní sucho nebo silné srážky), kdy např. při dešťových srážkách dochází k zadržení a zpomalení odtoku dešťové vody a jsou tak sníženy nároky na kapacity odvodňovacích systémů. Dále také poskytují habitat a přirozené prostředí pro organismy, což přispívá ke zvýšení biologické rozmanitosti.

Jednou z důležitých funkcí stromů je vypařování vody z listů, která ochlazuje a zároveň zvlhčuje vzduch. Tento proces je podmíněn dostatečným množstvím vody (při nedostatku vody strom utlumí odpařování a začne vodou „šetřit“), proto je důležité zajistit dřevině dostatečnou vláhu.

Při ohřívání povrchu v ulicích, dochází k ohřátí vzduchu a teplý vzduch s menší hustotou stoupá nahoru, výsledkem je tedy promíchávání studenějšího a teplejšího vzduchu. Stromy utlumují proudění a ovlivňují tepelné poměry v uličním prostoru. Takto ovlivněné proudění vzduchu může mít jak pozitivní, tak i negativní dopad. (1)

V prvním případě dochází v uličním prostoru k míchání relativně znečištěného vzduchu z ulice (znečištění od dopravního zatížení) s relativně čistým vzduchem nad ním. Dojde tak k naředění znečištěného vzduchu a výsledkem je čistější vzduch v úrovni uličního koridoru viz Obr. 1 a Obr. 2. (2)

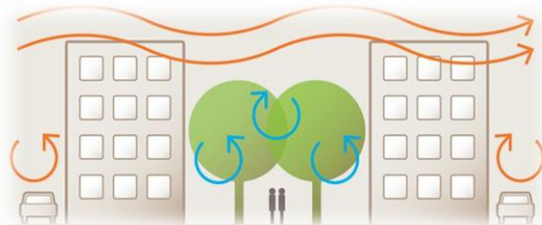


Obr. 1: Směšování a proudění vzduchu vlivem stromů a různé výškové variability budov (2)

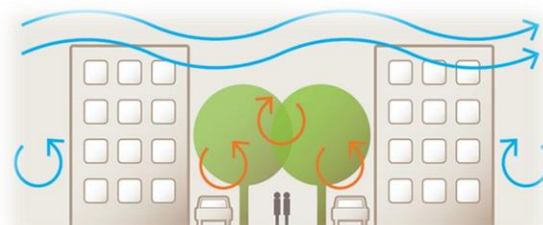


Obr. 2: Uliční prostor bez stromů s menším směšováním vzduchu (2)

Na obrázcích níže (Obr. 3 a Obr. 4) je znázorněna ulice s hustou výsadbou stromů. V první variantě je čistší vzduch v úrovni ulice a více znečištěný vzduch nad ním. Riziko nastává ve druhé variantě, kde je čistší vzduch nad úrovní uličního koridoru a znečištěný vzduch je pod ním. Vlivem stromů dochází k omezenému promíchávání, tudíž znečištěný vzduch zůstává v nižší úrovni, což má negativní dopad na kvalitu vzduchu, který dýcháme. (2)



Obr. 3: Ochrana stromů v úrovni uličního prostoru před znečištěným okolním vzduchem (2)



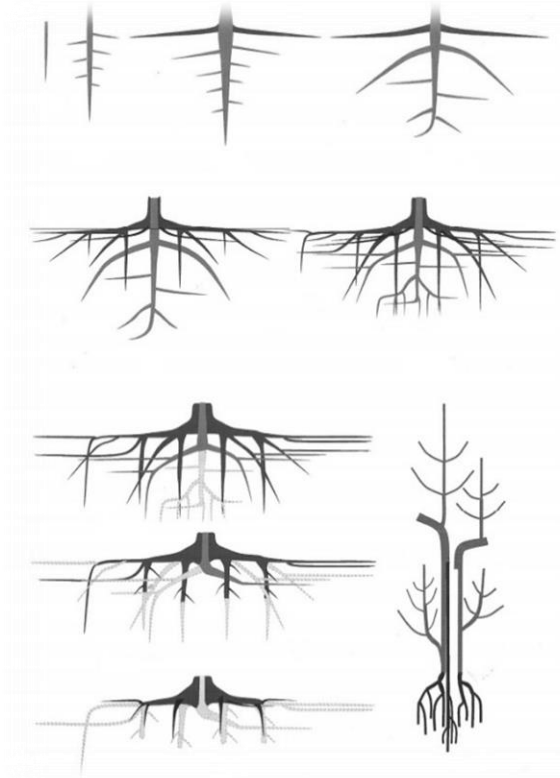
Obr. 4: Riziko znečištěného vzduchu v korunách stromů v úrovni uličního prostoru (2)

### 3.1.1 Růst a vývoj kořenového systému stromů

Kořenový systém stromu zajišťuje mechanickou stabilitu, příjem vody a celkovou výživu stromu. V případě že dojde k deformaci kořenového systému (je malý v poměru k výšce nadzemní části), může být narušena mechanická stabilita stromu, ale také může dojít k celkovému chřadnutí a odumírání. Při vývoji stromu existuje určitá vazba mezi jeho korunou a kořenovým systémem (kořenový systém přesahuje velikost koruny), aby byla zajištěna stabilita stromu a s tím spojené zásobování vodou a živinami, je nutný dostatečně velký prostor pro kořenový systém. (3) (4)

Kořenový systém má několik vývojových etap od klíčení až po smrt. Tyto fáze můžeme rozdělit do čtyřech následujících, přičemž má každá fáze několik stádií (Obr. 5):

- 1. fáze – dominance hlavního kořene (zakořeňování v hloubce),
- 2. fáze – zakořeňování do hloubky a šířky současně,
- 3. fáze – je vytvářen úplný kořenový systém a dosahuje maximálního rozšíření v hloubce a šířce,
- 4. fáze – redukce a následná reorganizace kořenového systému.



Obr. 5: Stádia vývoje kořenového systému stromu (5)

### 1. fáze

V této fázi začíná růst hlavní kořen (prvních několik týdnů) a následně se začínají tvořit boční kořínky (trvá několik týdnů). V dalším stádiu v rámci několika týdnů až let se tvoří horizontálně rostoucí kořenový systém a z hlavního kořene se začínají vyvíjet boční kořeny. Během 1-20 let se z hlavního kořene vyvíjí nové hlavní kořeny, které rostou našikmo nebo horizontálně.

### 2. fáze

Během 5-10 let se první hluboký kořenový systém nadále vyvíjí do hloubky, šířky a hustoty. Druhý svazčitý systém roste do šířky a vyvíjí se povrchově. V dalším stádiu (5-20 let) dosáhne hluboký kořenový systém svého maxima a tím se jeho růst zpomaluje. Prohlubují se svislé kořeny svazčitého systému a rychle se rozvíjejí nové, více periferní a vertikální. U diagonálních a horizontálních kořenů dochází k rozšiřování jejich vývoje, některé se začínají stáčet směrem dolů a tvoří tak periferní, rychle rostoucí vertikální kořeny.

### 3. fáze

Tato fáze trvá 20-50 let, kořenový systém je svazčitý a skládá se ze dvou soustředěných částí. Středová zóna má vertikální a diagonální kořeny, ty dosahují největší možné hloubky zakořenění a okrajové kořeny dosahují svého maximálního rozšíření.

### 4. fáze

V prvním stádiu, které trvá po dobu 10-50 let dochází k degradaci kořenového systému.



Ta začíná u centrálních kořenů a následně postupuje k postranním okrajovým kořenům a většině jemných kořenů ve středové části. Celý systém je více povrchní a je tedy náchylnější ke klimatickým a půdním změnám. V dalším stádiu (10-20 let) nastává úplná degradace centrálního kořenového systému a začínají odumírat periferní kořeny. Dochází k celkové redukci kořenového systému jak v hloubce, tak i v šířce. (5)

V průběhu života stromu je proměnlivost kořenového systému dána jeho geneticky podmíněným vývojem a také na základě stanovištních podmínek. Další faktory, které ovlivňují proměnlivost kořenového systému je technologie založení či obnova vegetačního prvku a jeho následná péče. (6)

Kořeny stromů v městské zástavbě jsou formovány především okolními podmínkami pro růst a nelze tedy předpokládat rovnoměrně rozložený vývoj kořenového systému. Ve vývoji kořenů hrají důležitou roli vlastnosti dané půdy, které ovlivňují dostupnost vody, kyslíku a živin. Kořenový růst je směřován do půdní vrstvy s větší pórovitostí a v této oblasti již zůstává (např. rýhy pro vedení potrubí), proto jsou přednostně prorůstány půdy bohaté na velké póry. Kořeny tedy mohou poměrně rychle zakořenit i ve vysoce zhutněných materiálech jako je štěrk či kamenivo na rozdíl od půd s nízkou pórovitostí bez hutnění. (3)

### 3.1.2 Stanovení ochranných pásem stromů

Aby byla zajištěna dlouhá životnost a správná funkce stromu, je snaha o co nejmenší zásahy do prostoru, který je pro strom existenciálně důležitý. Tento prostor se u památných stromů definuje zákonem č. 114/1992 Sb., § 46 odstavec 3: „*Je-li třeba památné stromy zabezpečit před škodlivými vlivy z okolí, vymezí pro ně orgán ochrany přírody, který je vyhlásil, ochranné pásmo, ve kterém lze stanovené činnosti a zásahy provádět jen s předchozím souhlasem orgánu ochrany přírody. Pokud tak neučiní, má každý strom základní ochranné pásmo ve tvaru kruhu o poloměru desetinasobku průměru kmene měřeného ve výši 130 cm nad zemí. V tomto pásmu není dovolena žádná pro památný strom škodlivá činnost, například výstavba, terénní úpravy, odvodňování, chemizace.*“

Stromy bez zvláštních právních předpisů a ochrany nemají zákonem definované ochranné pásmo a dle ČSN 83 9061 mají vymezenou kořenovou zónu a kořenový prostor. **Kořenová zóna** je definována jako plocha půdy pod korunou stromu (okapová linie koruny), která je rozšířena o 1,5 m (u sloupovitých forem o 5 m). **Kořenový prostor** je kruhová plocha okolo kmene stromu o velikosti poloměru čtyřnásobku obvodu kmene, nejméně však 2,5 m. V těchto prostorech by měly být veškeré činnosti co nejšetrnější, měly by být minimalizovány výkopové práce a ideálně prováděny ručně.



V urbanizovaném prostředí je kořenový systém limitován přítomností různých zábran jako jsou např. okraje komunikací, zpevněné plochy, základy staveb, obrubníky nebo plochy vymezené kořenovou bariérou. Kořenový systém se stáčí podél těchto zábran a roste ve směrech, kde není jeho růst natolik omezený. Pokud je dodržena minimální vzdálenost kořenového systému od pevné překážky, která se rovná průměru kmene na styku s půdou, jednostranné omezení lze tolerovat. V případě, že se nachází překážky blíže u kmene, strom je považován za vážně narušený a uvažuje se o jeho odstranění a náhradě. (7)

### 3.1.3 Plánování a výsadba stromů

Během posledních několika let, v době klimatické změny, je cílem umístit do uličních prostor co nejvíce zdravých stromů. Při vypracování územního plánu musí být včas definována potřeba stromů v konkrétní lokalitě. Rovněž musí být definováno VTV, včetně domovních přípojek a musí být vzájemně dodrženy minimální bezpečnostní vzdálenosti. (3)

Průměrný věk stromořadí v městském prostředí je u dlouhověkých taxonů 50-80 let, u krátkověkých 30-50. Na základě toho by měla být optimalizována a posuzována projekční doba výsadeb. Stromy v ulicích by měly dosahovat alespoň střednědobého věku, aby měl taxon požadovanou velikost, plochu koruny a mohl tak plnit svoji funkci. Čím je trvanlivost stromu větší, tím větší má přínos, avšak důležitou podmínkou je zdravý strom. (8)

#### 3.1.3.1 Charakteristika stanoviště

Při výsadbě stromů v městském prostředí bývají často ztížené podmínky pro růst stromů. U půdy dochází ke změně struktury, vysokému pH a bývá příliš zhutněná, čímž dochází k omezené výměně vzduchu a vsakování vody. V urbanizovaném prostředí často dochází ke kontaminaci půdy např. solením, úniky ropných látek, těžkými kovy atd. V místech s nevyhovujícími podmínkami je v prokořenitelném prostoru (objem využitelný pro kořenový růst dřeviny) nutná výměna půdy.

Důležitou roli hraje výběr vhodného taxonu, který musí snášet konkrétní podmínky dané lokality. Proto je třeba respektovat půdní reakci a pedologické poměry (úprava pH je nákladná a často pouze dočasná).

Při samotné výsadbě je nejdůležitější svrchní vrstva (do 400 mm) v budoucím prokořenitelném prostoru, pokud nespĺňuje optimální požadavky, měla by být vylepšena (dle ČSN 83 9011). Při výsadbě ve zhutněných půdách by měl být terén provzdušněn minimálně do šíře dvojnásobku výsadbové jámy. Obecně je nevhodná výsadba stromů do zástinu dospělých jedinců. (9)

### 3.1.3.2 Prostorové poměry stanoviště pro výsadbu

Při volbě stanoviště stromu je nutno zmapovat VTV a jejich ochranná pásma (výsadba v OP je možná pouze po dohodě se správcem viz kapitola 3.2.2). Dále je nutno dodržet silniční ochranné pásmo (u místních komunikací není stanoveno) a nevysazovat dřeviny do rozhledových trojúhelníků. Při volbě umístění musí být dodrženy takové vzdálenosti mezi jednotlivými stromy a ostatními překážkami (budovy, okolní dřeviny, městský mobiliář, nadzemní sítě atd.), aby byl zajištěn dostatečný prostor pro cílovou velikost koruny dospělého jedince daného taxonu. (9)

Objem koruny stromů s dobrými růstovými parametry dosahuje v městské zástavbě cca dvě třetiny velikosti, které by jinak dosáhl na stanovišti v přírodním prostředí za optimálních podmínek. Toto je dáno vlivem působících stresových faktorů a prostorovými možnostmi. (8)

Objem prokořenitelného prostoru který je nutný pro růst vysazovaného stromu, je volen na základě daného taxonu. Při nedostatečné velikosti tohoto prostoru se navrhuje technická řešení pro zvětšení, jako je např. použití strukturních substrátů jako součást konstrukčních vrstev zpevněných ploch, vytvoření kořenových tunelů, spojovacích příkopů či instalace provzdušňovacích systémů.

Vzdálenost stromů v blízkosti společné hranice pozemků činí 3 m pro stromy dorůstající výšky přes 3 m a pro ostatní stromy 1,5 m (neplatí, pokud je sousední pozemek les nebo sad). (9)

### 3.1.3.3 Výběr taxonu

U výběru taxonu v urbanizovaném prostředí se klade důraz na schopnost taxonu přežít na daném stanovišti při optimálním plnění požadovaných funkcí. Např. u výsadby podél komunikace se volí taxony, které nejsou citlivé na zasolení. V areálech s intenzivním pohybem dětí je vhodné vyhnout se jedovatým, alergenním nebo trnitým dřevinám. (9)

Při volbě taxonu je snahou vybrat do ulic stromy s co největším možným přínosem. Obecně lze říci, že jsou to stromy s maximálním možným objemem koruny, který je však limitován konkrétním místem (vliv mají omezující faktory jako je šířka a orientace uličního prostoru, výška budov atd.). Zároveň jsou to dřeviny, které dosáhnou tohoto objemu v krátkém čase a jsou schopny na daném stanovišti přežít co nejdéle dobu. Jak již bylo zmíněno výše, většina dřevin v urbanizovaném prostředí nedosáhne takového objemu koruny, jakého by dosáhla na přírodním stanovišti, přesto je úspěšný i menší vzrůst, který nevykazuje výrazné předčasné vady a chřadnutí. (8)

Mezi nejčastěji volené taxony patří na území hlavního města Prahy: Trnovník akát, Monophylla, Trnovník akát, Lípa srdčitá, Greenspire, Sakura ozdobná, Kanzan, Habr obecný, Fastigiata, Lípa evropská, Pallida, Platan javorolistý, Dřezovec trojtrnný, Skyline, Jeřáb muk



,Magnifica', Jilm ,Lobel', Hrušeň Calleryova ,Chanticleer', Javor mleč ,Columnare' a Javor mléč. (8)

#### 3.1.3.4 Výsadba

Během manipulace se stromy s balem nesmí dojít k poškození balu, pletiv kmene, vylámání pupenů nebo ke zlomům větví. Při přepravě je důležité chránit stromy před přehřátím, vyschnutím a mrazem, musí být tedy zajištěny optimální podmínky pro ochranu před poškozením. Ideálně se stromy vysazují ihned po transportu. Veškeré poškozené nebo zaschlé kořeny musí být odstraněny a dlouhé kořeny se zkracují, aby nedošlo při umístění do výsadbové jámy k jejich deformaci.

Před zahájením samotné výsadby je nutná úprava stanoviště budoucího prokořenitelného prostoru, kdy dojde k odstranění vytrvalých plevelů, nežádoucích materiálů a k případné výměně kontaminované (nevhodné) půdy.

Výsadbová jáma je dána velikostí balu, kontejneru nebo šířkou kořenového systému prostokořenné sazenice, minimální šíře je 1,5 násobek daného rozměru (balu, kontejneru nebo sazenice) a hloubka by neměla být větší než velikost balu či kořenového systému sazenice. Dle průzkumu (Analýza stávajícího stromořadí hl. m Prahy) je aktuální průměrná velikost výsadbových jam v Praze cca 3 m<sup>3</sup>, o hloubce 0,8-1,5 m. (9) (8)

Dno výsadbové jámy musí být hladké a zhutněné. Vrchní část kořenového balu nebo kořeny musí být po výsadbě překryty min. vrstvou zeminy 20 mm. (9)

Dále se provádí zálivka do otevřené jámy, která by měla rovnoměrně prosytit půdu v celé výsadbové jámě a je minimalizován vznik vzduchových kapes. Před zasypaním jámy je vhodné do dna umístit kotvení (typ kotvení je volen s ohledem na velikost dřeviny). Při zhoršených podmínkách se doporučuje zeminu vylepšit. V urbanizovaném prostředí, kde jsou zhutněné povrchy a dochází ke zhoršenému příjmu vody a vzduchu je vhodné pro lepší propustnost půdy použít např. písek, minerální substráty nebo drcené kamenivo. (9)

#### 3.1.3.5 Ochrana dřevin při stavební činnosti

V přípravné projektové fázi stavby musí být proveden průzkum, při kterém se zhodnotí dřeviny, které jsou potenciálně ovlivněny stavební činností a vyberou se dřeviny určené pro ochranu. Při projektování se pak stanoví ochranná pásma dotčených dřevin a typ ochranných opatření. U samotné realizace pak na stavební činnost dohlíží odborný dozor a jsou prováděna vlastní ochranná opatření, případně kompenzační opatření. Po skončení stavební činnosti probíhá po dobu minimálně 2 let následná péče. (10)





## 3.2 Vedení technického vybavení

Vedení technického vybavení (VTV) je definováno jako soubor zařízení, vedení, objektů a ploch, které zajišťují zásobení vodou, odvedení vod, zásobení teplem, plynem, elektřinou, přenos informací a zabezpečují území proti některým škodlivým účinkům přírody a člověka. (11)

### 3.2.1 Obecné rozdělení IS

Inženýrské sítě (IS) lze dělit podle různých hledisek.

#### Dle účelu:

- elektrická silová vedení,
- sdělovací vedení,
- vodovodní sítě a přípojky,
- plynovodní potrubí,
- tepelné sítě,
- jiná vedení (např. produktovody),
- stokové sítě a kanalizační přípojky.

#### Dle konstrukce:

- trubní (tlakové či gravitační) s dutým příčným řezem,
- kabelové s plným průřezem.

#### Dle výškového uložení:

- nadzemní (včetně pozemních),
- podzemní.

#### Dle kategorie:

- 1. kategorie – dálková vedení nadřazená, tj. tranzitní sítě neregionálního významu, často nemají vazbu k území, jímž prochází (např. rozvod el. energie velmi vysokého napětí, velmi vysokotlaký plynovod či kmenová stoka),
- 2. kategorie – místní vedení hlavní, tj. sítě oblastního významu, které zásobují region, ale nemají přímou vazbu na spotřebitele (např. vedení velmi vysokého napětí, vysokého napětí, vodovodní výtlaky do vodojemů, skupinové vodovody atd.)
- 3. kategorie – místní vedení vedlejší, tj. sítě s přímou vazbou na spotřebitele přes přípojky (např. uliční stoky, vodovodní řady, středotlaké a nízkotlaké plynovody, rozvody nízkých napětí atd.)
- 4. kategorie – místní vedení podružné, tj. spotřebitelské přípojky. (12) (11)



### 3.2.2 Ochranná pásma sítí technického vybavení

Ochranná pásma (OP) se stanovují z důvodu ochrany inženýrských sítí před poškozením zejména při výkopových pracích a pro zajištění bezpečnosti při pracích probíhajících v blízkosti sítě. V OP je každý povinen zdržet se jednání, kterým by mohl poškodit zařízení nebo ohrozit či omezit jeho bezpečný a spolehlivý provoz. Níže jsou tabelárně (Tab. 1) definovány OP pro jednotlivé VTV a uvedeny podmínky pro výsadbu trvalých porostů v jejich OP.



Tab. 1: Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně (13)

Druh sítí	Definice ochranného pásma	Podmínky výsadby trvalých porostů v ochranném pásmu
vodovod kanalizace 274/2001 Sb. § 23	OP jsou vymezena vodorovnou vzdáleností od vnějšího líce stěny potrubí nebo stoky na každou stranu a) do průměru 500 mm včetně 1,5 m b) nad průměr 500 mm, 2,5 m c) o průměru nad 200 mm, jejichž dno je uloženo v hloubce větší než 2,5 m pod upraveným povrchem, se vzdálenosti dle písmene a) či b) zvyšují o 1,0 m.	V OP vodovodního řádu nebo kanalizační stoky lze vysazovat trvalé porosty, jen s písemným souhlasem vlastníka vodovodu nebo kanalizace, popřípadě provozovatele.
zařízení elektrizační soustavy 458/2000 Sb. § 46	a) u napětí nad 1 kV a do 35 kV včetně 1. pro vodiče bez izolace 7 m, 2. pro vodiče s izolací základní 2 m, 3. pro závěsná kabelová vedení 1 m, b) u napětí nad 35 kV do 110 kV včetně 12 m. OP elektrické stanice a) u el. stanic s napětím větším než 52 kV 20 m, b) u stožárových el. stanic a věžových nad (1-52 kV) 7 m, c) u kompaktních a zděných el. stanic (1-52 kV) 2 m, d) u vestavěných el. stanic 1 m.	V OP podzemního vedení je zakázáno vysazovat trvalé porosty a přejíždět vedení mechanismy o celkové hmotnosti nad 6 t.
plynovod 458/2000 Sb. § 68	a) u plynovodů a plynovodních přípojek o tlakové úrovni do 4 bar včetně, umístěných v zastavěném území obce 1 m na obě strany a umístěných mimo zastavěné území obce 2 m na obě strany, b) u plynovodů a plynovodních přípojek nad 4 bar do 40 bar včetně 2 m na obě strany, c) u plynovodů nad 40 bar 4 m na obě strany, d) u technologických objektů 4 m na každou stranu.	Vysazování trvalých porostů kořenících do větší hloubky než 20 cm nad povrch plynovodu ve volném pruhu pozemků o šířce 2 m na obě strany od osy plynovodu, vlastní telekomunikační sítě nebo plynovodní přípojky lze pouze na základě souhlasu provozovatele distribuční soustavy.
teplovodní zařízení 458/2000 Sb. § 87	OP je vymezeno svislými rovinami vedenými po obou stranách zařízení ve vodorovné vzdálenosti měřené kolmo k tomuto zařízení a vodorovnou rovinou, vedenou pod zařízením ve svislé vzdálenosti, měřené kolmo k tomuto zařízení a činí 2,5 m.	Vysazování trvalých porostů v OP je možno provádět pouze po předchozím písemném souhlasu provozovatele tohoto zařízení.
komunikační vedení 127/2005 Sb. § 102	OP podzemního komunikačního vedení činí 1,0 m po stranách krajního vedení.	V OP podzemního komunikačního vedení je zakázáno bez souhlasu jeho vlastníka vysazovat trvalé porosty.

### 3.2.3 Trasování a prostorové uspořádání VTV

Veškerá vedení technického vybavení, která slouží veřejným zájmům, jsou rovnocenné. Trasy sítí jsou navrhovány tak, aby byly co nejkratší, pokud možno přímé a při zřizování, opravě

či rekonstrukci byly snadno proveditelné. Při navrhování VTV se nelze vyhnout jejich vzájemnému křížení, to by mělo být kolmé a v minimálním počtu. Pro sítě VTV jsou stanovena OP (viz kapitola 3.2.2), do nichž nesmí zasahovat žádné technologické, obslužné, evidenční či jiné zařízení a objekty. Zásah do OP je možný pouze po dohodě se správcem dané sítě.

Při návrhu podzemních sítí v blízkosti stromů musí být dodržena taková vzdálenost, aby nedocházelo k vzájemnému ohrožení provozu sítě a vegetačních podmínek stromů. Ukládání sítí pod stromy není dle současně platné normy ČSN 73 6005 dovoleno.

Z důvodu ochrany podzemních sítí před mechanickým poškozením a snížením vzájemného negativního vlivu sítí, musí být při souběhu a křížení mezi potrubím dodrženy nejmenší svislé (Tab. 2) a vodorovné vzdálenosti (Tab. 3). Musí být také dodrženo minimální dovolené krytí, které chrání před mechanickým poškozením a účinky mrazu (Tab. 4). (11) (12)

Tab. 2: Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení v m (12)

druh sítí		silové kabely do				sdělovací kabely	plynovodní potrubí do		vodovodní sítě a přípojky	tepelné sítě	kabelovody	stokové sítě a kanalizační přípojky	kolektor
		1 kV	10 kV	35 kV	220 kV		0,005 Mpa	0,3 Mpa					
silové kabely do	1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30 ; 0,10	0,10	0,10	0,40 ; 0,20	0,30	0,30	0,30	-
	10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80 ; 0,10	0,10	0,20	0,40 ; 0,20	0,50	0,30	0,30	-
	35 kV	0,20	0,15	0,20	0,25	0,80 ; 0,10	0,10	0,20	0,40 ; 0,20	0,50	0,30	0,50	-
	220 kV	0,20	0,20	0,25	0,25	0,80	0,30	0,70	0,40	1,00	0,30	0,50	-
sdělovací kabely		0,30 ; 0,10	0,80 ; 0,30	0,80 ; 0,30	0,50	-	0,10	0,10	0,20	0,5 ; 0,15	0,10	0,20	0,10
plynovodní potrubí do	0,005 MPa	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10
	0,3 MPa	0,10	0,20	0,20	0,70	0,10	0,10	0,10	0,15	0,10	0,10	0,50	0,10
vodovodní sítě a přípojky		0,40 ; 0,20	0,40 ; 0,20	0,40 ; 0,20	0,40	0,20	0,15	0,15	-	0,20	0,20	0,10	0,20
tepelné sítě		0,30	0,50	0,50	1,00	0,50 ; 0,15	0,10	0,10	0,20	-	0,15	0,1	0,20
kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,20	0,15	-	0,10	0,20
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	-	0,10
kolektor		-	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,10	-

Tab. 3: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při křížení v m (12)

druh sítě		silové kabely do				sdělovací kabely	plynovodní potrubí do		vodovodní sítě a přípojky	tepelné sítě	kabelovody	stokové sítě a kanalizační přípojky	kolektor
		1 kV	10 kV	35 kV	220 kV		0,005 Mpa	0,3 Mpa					
silové kabely do	1 kV	0,05	0,15	0,20	0,20	0,30 ; 0,10	0,40	0,60	0,40	0,30	0,10	0,50	-
	10 kV	0,15	0,15	0,20	0,20	0,80 ; 0,30	0,40	0,60	0,40	0,70	0,30	0,50	-
	35 kV	0,20	0,20	0,20	0,20	0,80 ; 0,30	0,40	0,60	0,40	1,00	0,30	0,50	-
	220 kV	0,20	0,20	0,20	0,50	0,80	0,40	0,60	0,40	2,00	0,50	1,00	-
sdělovací kabely		0,30 ; 0,10	0,80 ; 0,30	0,80 ; 0,30	0,80	-	0,40	0,40	0,40	0,80	0,30	0,50	0,30
plynovodní potrubí do	0,005 MPa	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	1,00	0,40
	0,3 MPa	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00
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	0,60
tepelné sítě		0,30	0,70	1,00	2,00	0,80	0,50	0,50	1,00	-	0,30	0,30	0,30
kabelovody		0,10	0,30	0,30	0,50	0,30	0,40	1,00	0,60	0,30	-	0,30	0,30
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
kolektor		-	-	-	-	0,30	0,40	1,00	0,60	0,30	0,30	0,30	-

Tab. 4: Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí (12)

druh sítě		nejmenší 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	0,6 ; 0,9
	-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		1,0 - 1,6	1,5	1,0 - 1,6
tepelné sítě		0,50	1,00	0,50
kabelovody		0,60	1,00	0,60
stokové sítě a kanalizační přípojky		1,00	1,80	1,00
kolektor		0,50	1,00	0,50



Trasy VTV lze navrhovat jako soustředěné nebo nesoustředěné. Při soustředěném uspořádání mohou být sítě vedeny ve společných trasách, přičemž se sítě ukládají do společného výkopu a trasy jsou koordinovaně vedeny jak směrově, tak i výškově. Další možností je vedení ve sdružených trasách, což jsou kolektory, technické chodby, kanály nebo suterénní rozvody, kde je uloženo směrově i výškově koordinované vedení. (11) (12)

### **Sdružené trasy**

Sdružené trasy (ST) jsou definovány dle ČSN 73 7505 jako směrově a výškově koordinované sjednocení nejméně dvou různých VTV, které jsou uloženy do ochranné konstrukce. ST mohou být stavebně řešeny jako kolektory, kolektorové podchody, technické chodby, atypické technické chodby a ST bez dopravního a manipulačního prostoru. Níže jsou pouze okrajově definovány kolektory, jelikož se tato práce soustředí na VTV mimo sdružené trasy.

### **Kolektory**

Kolektor je druh sdružené trasy, situované nejčastěji v podzemí a realizované jako samostatná průchozí liniová stavba s dopravním a manipulačním prostorem, vybavené technologickým profilem pro ukládání VTV a dalším technologickým zařízením.

Rozměry sdružených tras musí být navrženy tak, aby byly průchodné (min. světlá výška 2100 mm, může být lokálně snížena např. svítidly o 200 mm) a řídí se počtem a velikostí ukládaných vedení, přičemž je nutno uvažovat s prostorem pro výhledové ukládání vedení. Jednotlivá vedení se nesmí navzájem negativně ovlivňovat, plynovod je umístován jako nejvíce položené potrubí, přičemž je nutné dodržet předepsané nejmenší vzdálenosti.

Vodorovné prostory musí být navrhovány v min. podélném spádu 0,5 %, příčný spád je min. 2 % a je spádován směrem k podélnému odvodňovacímu žlábků. Při montáži, údržbě či opravě jednotlivých sítí nesmí dojít k jejich vzájemnému ovlivnění provozu a musí být zajištěna možnost obsluhy všech obslužných míst.

V kolektorech jsou zřizovány technické komory, které slouží pro křížení a odbočování vedení. Pro vstup a výstup jsou navrhovány kolektorové šachty, které jsou opatřeny poklopy. Nejmenší rozměr vstupních/výstupních otvorů a únikových šachet musí být 700 x 900 mm. (14)

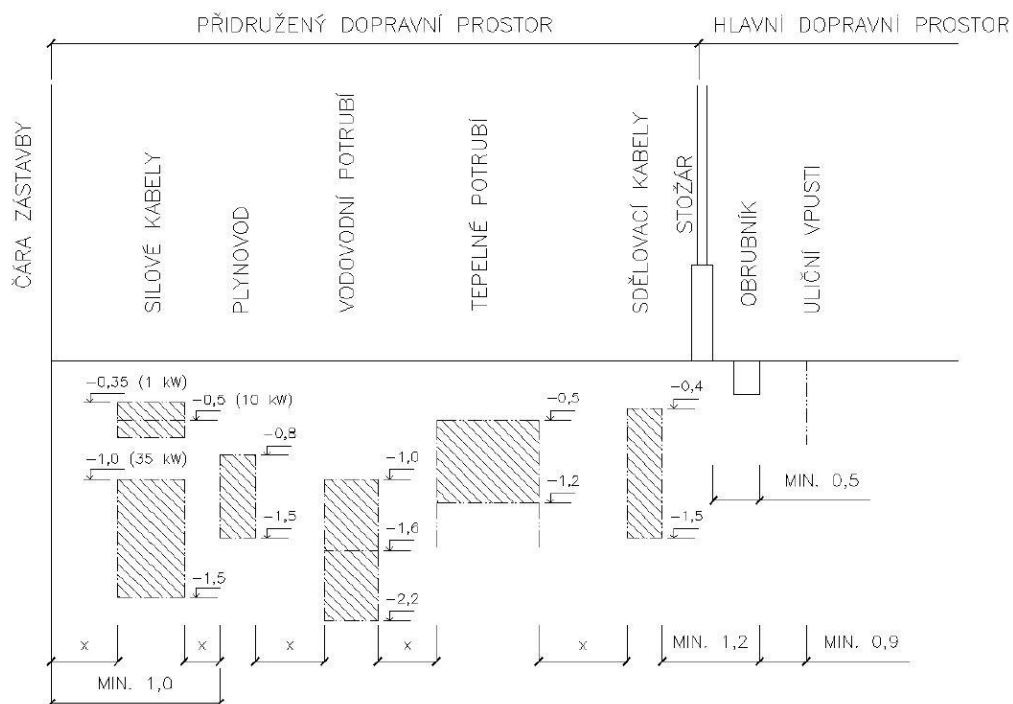
Mezi výhody ukládání VTV do kolektorů patří snadný přístup k daným sítím, umožňují tedy průběžné kontroly, opravy, výměny a ukládání. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, vyšší nároky na el. energii, měřicí a regulační techniku, která vyžaduje trvalou obsluhu v centrálním dispečinku. Další nevýhodou z finančního hlediska a majetkových vztahů je nutnost pronájmu daného kolektoru.

Vedení sítí v nesoustředěném uspořádání je na sobě prostorově nezávislé a samostatné trasy je vhodné navrhovat jako koordinované, přičemž musí být dodrženy minimální odstupové vzdálenosti.

V městské zástavbě převažuje především podzemní VTV, nadzemní trubní vedení se vyskytuje v zastavěné oblasti spíše výjimečně, nadzemní kabelová vedení se vyskytují především na vesnicích.

Podzemní VTV je umísťováno do dopravního prostoru pozemní komunikace a je směrově i výškově vázáno s danou komunikací. Dopravní prostor se dělí na hlavní (je vymezen volnou šířkou komunikace) a přidružený (část komunikace mezi hlavním dopravním prostorem a čarou přilehlé zástavby a zahrnuje: zeleň, chodníky, cyklistické stezky a obslužné jízdní pruhy). Snahou je navrhovat trasy VTV do prostoru komunikací tak, aby byly co nejmenší z důvodu minimálního omezení provozu při výstavbě, opravě či rekonstrukci a navrhují se souběžně s osou komunikace.

Sítě jsou přednostně trasovány v nezpevněných částech přidruženého prostoru, následně v jeho zpevněných částech (chodníky, cyklostezky, obslužné jízdní pruhy) a teprve poté v páslech hlavního dopravního prostoru (přednostně sítě vyšších kategorií). Ve snaze minimalizovat délky přípojek a eliminovat jejich vzájemné křížení se sítě nižších kategorií (3. a 4. kategorie) ukládají blíže k zástavbě. Ze stejného důvodu je v případě husté zástavby preferováno oboustranné uložení sítí spadajících do nižších kategorií. Při jednostranné zástavbě se sítě vyšších kategorií (1. a 2. kategorie) umísťují na protilehlou stranu oproti sítím spadajících do nižších kategorií. Obecně se pro ukládání VTV využívají méně významné místní komunikace. (11) (12)



Obr. 6: Zájmová pásma VTV v podzemní trase a jejich doporučená posloupnost (15)

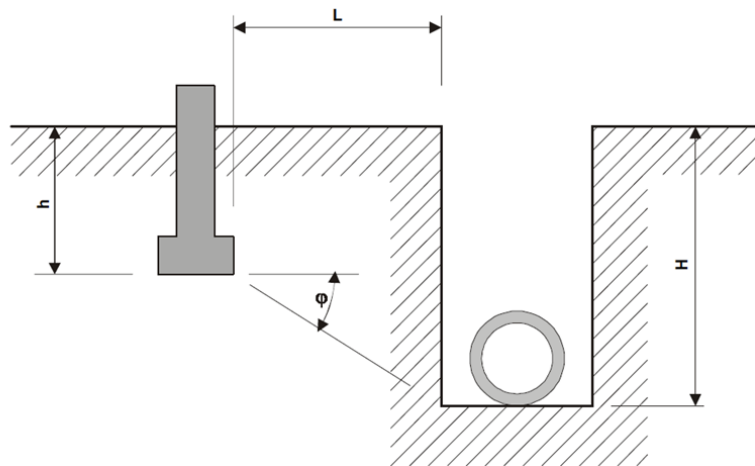
Z důvodu zajištění stability objektů zástavby nebo jiných vedení je vhodné dodržet minimální odstupovou vzdálenost  $L$  výkopu pro nové vedení od stávajícího objektu (viz Obr. 7):

$$L = \frac{H-h}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (3.1)$$

$H$  – hloubka dna výkopu [m],

$h$  – hloubka základu budovy pod terénem [m],

$\varphi$  – úhel vnitřního tření zeminy v daném místě dle ČSN 73 1001. (16)



Obr. 7: Bezpečná vzdálenost výkopu od stávajícího objektu (17)

### 3.2.4 Jednotlivé druhy VTV

V této kapitole jsou zřehledněny jednotlivé druhy VTV, u kterých je specifikován jejich účel, používané materiály, dimenze a způsob ukládání.

#### 3.2.4.1 Elektrická silová vedení

Silové vedení lze rozdělit dle velikosti napětí:

- MV – malé napětí (do 50 V),
- NN – nízké napětí (do 1 kV),
- VN – vysoké napětí (do 50 kV),
- VVN – velmi vysoké napětí (do 300 kV),
- ZVN – zvláště vysoké napětí (do 800 kV),
- UVN – ultra vysoké napětí (nad 800 kV),

přičemž v ČR patří do používaných hladin napětí NN (400/230 V), VN (35; 22 a 10 kV), VVN (220; 110 kV) a ZVN (400 kV). Systémy ZVN a VVN jsou budovány v nezastavěných územích a většinou jsou tvořeny venkovním vedením, těmito systémy jsou napájeny rozvodny velkých měst a průmyslových závodů. Síť VN a NN jsou budovány jako venkovní nebo kabelová vedení a jsou jimi zásobeny obytné zóny.





Elektrizační soustava je tvořena el. stanicemi, výrobnami el. energie, el. sítěmi a slouží k přenosu a rozvodu energie z místa výroby ke spotřebiteli. Pro rozvod el. energie jsou využívány vodiče, které podle druhu izolace dělíme na holé (neizolované), izolované a kabely.

Mezi holé vodiče patří Cu dráty ( $4 - 25 \text{ mm}^2$ ), Cu lana ( $10 - 300 \text{ mm}^2$ ), Al lana prostá ( $16 - 300 \text{ mm}^2$ ), lana AlFe ( $25 - 670 \text{ mm}^2$ , ty jsou složena z mechanicky odolného jádra, jež tvoří ocelové lano a plášť ze stočených hliníkových drátů) a ocelová lana ( $16 - 120 \text{ mm}^2$ ).

Izolované vodiče a kabely jsou definovány pomocí písmen, kdy 1. písmeno označuje materiál jádra A (hliník), C (měď), 2. písmeno určuje materiál izolace, 3. písmeno charakterizuje typy vodičů nebo určuje, že jde o kabel (K), 4. písmeno označuje materiál pláště a 5. písmeno (eventuálně další písmena) určují v případě kabelů obaly nad pláštěm. U kabelů je rozlišováno, pro jakou hladinu napětí jsou určeny: do 750 V, do 1 kV, kabely pro VN 22 a 35 kV a kabely pro VVN 110 kV.

Sítě mohou být provedeny jako kabelové nebo venkovní. Kabelové rozvody jsou uloženy v zemi, čímž nedochází k narušení vzhledu zástavby, mají vysoké přenosové schopnosti při nízkých přenosových ztrátách. V zastavěném území jsou nová vedení budována jako podzemní, kam jsou překládány i stávající nadzemní vedení. Venkovní sítě mají oproti kabelovým nižší přenosovou schopnost a využívají se jako distribuční sítě v menších obcích s rozptýlenou zástavbou a v extravilánech. Pro tento způsob je nutná výstavba stožárů nebo sloupů. (18) (19) (20)

### **Uložení kabelů**

Kabely jsou ukládány do kolektorů, kabelových kanálů či tunelů, do tvárných tratí, do trubních či jiných chrániček a do otevřených rýh. Při pokládce nesmí dojít k narušení ochranných izolačních vrstev kabelů. Silové vedení NN je v zemi vedeno souběžně se zemnicím páskem, při ukládání VN jsou vedeny tři kabely taktéž se zemnicím páskem. Odstupy mezi jednotlivými kabely jsou voleny na základě velikosti el. napětí (kabely NN mají odstup 50 mm, kabely VN 150-200 mm). Kabely ukládané do otevřených rýh mohou být kladeny do písku, kde musí být opatřeny výstražnou fólií nebo jsou chráněny např. položenými cihlami, dalším způsobem je uložení do betonového žlabu, který je vyplněn pískem nebo mohou být obetonovány.

Kabely jsou spojovány pomocí spojek (litina nebo plast), odbočky a přípojky jsou napojeny odbočnicemi a konce kabelů jsou zajištěny koncovkami. (18) (15)

### **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Elektrické vedení se umísťuje nejblíže k přilehlé zástavbě, v případě oboustranné zástavby jsou kabely do napětí 35 kV vedeny jak oboustranně, tak i jednostranně, kabely nad 220 kV včetně, jsou vedeny jednostranně. V trase se silovými kabely 3. kategorie mohou být společně

vedeny trakční kabely tramvajových sítí (dále od zástavby) a místní kabely dispečerského řízení energetiky. Optické kabely (související s provozem silových kabelů) mohou být ukládány ve vzdálenosti 50 mm od silových kabelů. (12)

#### 3.2.4.2 Veřejné osvětlení

Úkolem veřejného osvětlení (VO) je zajistit přenos el. energie od místa napojení ke světelným zdrojům, spínání a vypínání osvětlovací soustavy, sledování provozu soustavy či ovládání a řízení daných parametrů. VO zajišťuje osvětlování veřejných prostorů a je součástí příslušenství pozemní komunikace.

VO je vedeno pomocí silových kabelů nízkého napětí z trafostanice, které jsou pod proudem pouze v určité době (ráno a večer). Kabely VO jsou vedeny ve společné s trase s dalšími silovými kabely NN a jsou trasovány v ose stožárů osvětlení. Standardně bývají provedeny z měděných kabelů (min. průřez  $4 \times 10 \text{ mm}^2$ ). Stožáry jsou realizovány z betonu, oceli, hliníku, plastu či ze dřeva a jejich výška musí být min. 3,5 m na základě materiálu, konstrukčního typu a velikosti.

Umístění VO může být vedeno jednostranně při kraji komunikace či párově, případně může být vedeno střídavě po obou stranách nebo v ose dělicího pásu komunikace. Konkrétní rozpětí stožárů je určeno na základě výpočtu.

Mezi novější technologie patří využívání LED žárovek, které nahrazují sodíkové výbojky. LED technologie mají delší životnost, jsou více odolné vůči klimatickým změnám, šetří el. energii a lze je ekologicky zlikvidovat (neobsahují olovo ani rtuť). (15) (21)

S rostoucí popularitou LED osvětlení a zároveň snahou o snížení ekologické stopy, jsou novým zdrojem osvětlení hybridní lampy. Mají na sobě umístěny fotovoltaický panel a principem je shromažďování sluneční energie a absorbování slunečního svítu během dne. Následně dojde k přeměně na elektrickou energii a uložení do baterie. Z důvodu napájení sluncem, je nutno lampy umístit v lokalitách s dostatkem slunečního světla. Při tomto způsobu osvětlení zcela odpadá nutnost elektrických kabelů. Nevýhodou je nižší výkon (méně světla) a závislost světelného výkonu na počasí. Hybridní lampy mohou mít namísto solárního panelu miniaturní větrnou elektrárnu (či kombinaci), kdy je el. energie tvořena pomocí větru. (22)

#### **Uložení kabelů**

Kabely veřejného osvětlení se ukládají do země do chrániček, kladou se do pískového lože a jsou opatřeny výstražnou fólií nebo mohou být obetonovány. (15)



### **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Stožáry všech druhů se v prostoru místních komunikací osazují především do dělicích pásů a chodníků. Stožáry veřejného osvětlení mají přednost volby strany a trasy před ostatními stožárovými tratěmi. (12)

#### **3.2.4.3 Sdělovací vedení**

Počet druhů telekomunikačních sítí se neustále zvětšuje (telefonní síť, dálkopisná síť, síť přenosu rozhlasových programů, síť přenosu televizních programů, síť přenosu dat). Zároveň dochází ke změnám v rozvoji moderních telekomunikačních sítí, probíhá automatizace, digitalizace, integrace služeb ve společné ústředně sítí a je tendence k vytváření společné sítě pro veškeré druhy služeb na základě digitalizace všech informací, přechod od klasických sítí k sítím optickým.

Klasické sdělovací kabely jsou tvořeny z prvků kabelové duše – vodičů a ochranných obalů. Ochranné obaly slouží k ochraně před mechanickým poškozením, vnikáním vlhkosti do kabelů a chrání před nebezpečným napětím.

Mezi výhody sdělovacích kabelů s optickými vlákny patří přenos mnohonásobně širších kmitočtových pásem, větší délky opakovacích úseků, malé útlumové zkreslení a malá teplotní závislost, velká odolnost proti rušení a vůči odposlechu a v neposlední řadě úspora drahých materiálů (Pb, Cu, Al). (18)

#### **Uložení kabelů**

Telekomunikační kabely jsou ukládány do kolektorů, do plastových multikanálů, chrániček či otevřených rýh. Sdělovací kabely uložené v otevřených výkopech v zastavěném území jsou chráněny pevným krycím materiálem (cihlami či betonovými deskami) a oranžovou výstražnou fólií, v nezastavěném území jsou označeny pouze výstražnou fólií. (18)

Mezi novější metody ukládání optických kabelů patří bezvýkopové technologie, kdy se sdělovací kabely ukládají např. metodou MCS-Road do oblasti chodníků nebo vozovky do mělkých vyfrézovaných drážek o hloubce cca 60–120 mm. Speciální optický mikrokabel je tvořen měděnou trubičkou s optickými vlákny a ta je chráněna PE pláštěm. Průměr mikrokabelu je cca 7 mm. Drážka je po uložení kabelu zaplněna zalévací hmotou (bitumenem). Výhodou je rychlost a odpadají veškeré výkopové práce. (23)

### **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Kabely sdělovacího vedení se do podzemního prostoru umísťují za základy stožárů směrem k zástavbě nebo přilehlé k vnější hraně obrubníku. Ve společné trase s nimi lze umístit také nespojové kabely speciálních služeb (signalizační a ovládací) a dálkové kabely dispečerského



řízení energetiky zpravidla jednostranně. Sdělovací kabely se při křížení ukládají zpravidla pod silové kabely, avšak nad všechny ostatní podzemní sítě. (12)

#### 3.2.4.4 Vodovodní sítě

Účelem vodovodu je zajištění provozně efektivního a bezpečného zásobení obyvatelstva pitnou vodou, případně zajišťuje požární funkci. Pitnou vodu je třeba dodávat za požadovaného tlaku a průtoku.

Vodovody mohou být prováděny z kovových (ocel a litina) či nekovových (sklolaminát, PVC, PE, beton) materiálů. Veškeré materiály musí splňovat požadavky na hygienickou nezávadnost. Minimální dimenze rozvodných potrubí je DN 80 a v nové zástavbě DN 100.

Na vodovodních řadech jsou umístovány armatury, které slouží k zajištění bezpečného provozu a ovládnání vodovodní sítě. Mezi armatury patří: šoupátka, zpětné klapky, hydranty, vzdušníky, redukční ventily, armatury pro vypouštění řadu, montážní vložky a kompenzátory. Pro ochranu a snadnější přístup k armaturám mohou být na vodovodech zřizovány armaturní šachty.

Potrubí je dle typu materiálu a dimenze spojováno buď svařováním nebo tvarovkami, které umožňují spojování, odbočení, zúžení, rozšíření či přechod na jiný materiál. Pro zajištění stability potrubí proti posunutí jsou zřízeny opěrné a kotevní bloky (změna směru potrubí, odbočky, konec řadu a u velkých sklonů). (11) (18) (19)

#### **Uložení potrubí**

Vodovodní potrubí se ukládá v minimálním podélném sklonu 3 ‰ (v odůvodněných případech v rovinnatém území dimenzi  $\geq$  DN 200 lze uložit v minimálním sklonu 1 ‰), avšak sklon uložení je stanoven individuálně na základě technických podmínek a požadavků. Nekovové potrubí je při ukládání opatřeno signalizačním izolovaným kovovým vodičem, který slouží pro lokalizaci potrubí v zemi. Dále je nad potrubí umístěna bílá výstražná fólie. (18)

#### **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Vodovodní sítě se umísťují za plynovod směrem od zástavby. Může být ukládán jak jednostranně, tak i oboustranně. Při křížení je vodovodní potrubí umístěno pod kabelová vedení sdělovací, silová a plynovodní, zároveň musí být umístěno nad sítěmi stokové soustavy. (12)

### 3.2.4.5 Plynovodní potrubí

Mezi druhy topných plynů patří zemní plyn, svítiplyn (v současnosti se nevyužívá), propanbutan a bioplyn. Zemní plyn je v domácnostech využíván především jako zdroj tepelné energie pro ohřev vody, topení, vaření atd. Plynovodní sítě lze rozdělit do 4 kategorií:

- velmi vysokého tlaku VVTL (4–10 MPa),
- vysokého tlaku VTL (0,4–4 MPa),
- středotlaké STL (0,005–0,04 MPa) – uliční řady a přípojky,
- nízkotlaké NTL (do 0,005 MPa) – domovní rozvody.

Plynovodní potrubí je prováděno z ocele nebo PE (VVT, VTL – speciální ocelové trubky, STL a NTL – ocel, plasty). PE potrubí se spojuje svařováním na tupo či elektrospojkami, ocelové potrubí je spojováno svařováním.

Dimenze u nových STL plynovodů se navrhuje o průměru 225 mm (hlavní páteř), 63–160 mm (uliční řady) a 32–50 mm (přípojky).

K redukci tlaku plynu (z VVTL na VTL, z VTL na STL, ze STL na NTL) jsou zřizovány regulační stanice (RS), které jsou obvykle vybaveny regulačním zařízením s automatickou membránou nebo jinou regulační armaturou a dalším nezbytným příslušenstvím (s uzavěry, filtry, s měřením tlaku, teploty, průtoku včetně jejich registrace).

Plynovodní síť může být vybavena následujícími armaturami: uzavírací armatury, odvodňovače, číchačky, izolační spoje, vstříkovací ventily, ochranné konstrukce a chráničky. Dále se na plynovodech nachází následující objekty a příslušenství: regulační stanice, prvky aktivní protikorozi ochrany, ovládání a řízení a orientační sloupky. Níže jsou pro upřesnění vysvětleny následující pojmy:

- číchačka – slouží k zjištění úniku plynu z potrubí (zpravidla při uložení v chráničce),
- chránička – trubka či potrubí, které slouží k ochraně okolního prostoru před únikem plynu a současně před vnějšími silovými účinky,
- ochranná trubka – trubka či potrubí, která zajišťuje ochranu před vnějšími silovými účinky,
- zemní souprava – zařízení, jímž se ovládají uzavěry uložené v zemi,
- uzavírací armatura - slouží k přerušení průtoku plynu,
- bezpečnostní armatura – uzavírací armatura, která při překročení provozních hodnot v plynovodu přeruší průtok plynu,
- odvodňovač – zachycuje a vypouští kapalinu z potrubí. (11) (18) (24)

## **Uložení potrubí**

Ukládání potrubí je prováděno v minimálním podélném sklonu 4 ‰, pro průměry potrubí větší než DN 200 je minimální sklon 2 ‰. U plynovodního potrubí s velkými sklony ( $\geq 25$  ‰) je nutné posoudit stabilitu potrubí a případně zajistit kotevními bloky. Při křížení plynovodního potrubí a kanalizace je nutné vybavit plynovod chráničkou (délka min. 1 m od místa křížení). Plynovodní potrubí a přípojky musí být uloženy do rýhy tak, aby byl zajištěn obsyp z bočních stran. Při vedení plynovodu pod komunikací, musí být vedení opatřeno ochrannou trubkou z PE a izolací. (15) (18)

## **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Potrubí plynovodu se ukládá za elektrické silové kabely směrem od zástavby. Uložení plynovodu v zástavbě může být jak jednostranné, tak oboustranné. Při křížení je plynovodní potrubí umístěno pod kabelovými vedeními silovými a sdělovacími, avšak nad vodovodem, tepelnými sítěmi, hloubkovými kabelovody a stokovými sítěmi. (12)

### **3.2.4.6 Tepelné sítě**

Tepelné sítě slouží k zásobování teplem a teplou užitkovou vodou, rozdělují se na soustavy jednostupňové (potrubí jsou vedena ze zdroje tepla) a dvoustupňové (nepřímé připojení spotřebních objektů na zdroj tepla pomocí předávacích stanic). Teplonosná látka je vedena pomocí napaječe tepla ze zdroje do předávacích stanic. Z předávacích stanic je rozvodná síť vedena ke spotřebitelským objektům.

Dle druhu teplonosné látky se sítě rozlišují na vodní a parní. Vodní sítě jsou rozděleny na základě teploty přiváděné vody - teplovody (do 110 °C) a horkovody (nad 110 °C). Jako materiály se používaly především ocelové trubky (bezešvé a svařované), dnes se pro nižší teploty používají i některá plastová potrubí: PPR kopolymer polypropylenu, PE-X síťovaný polyethylen a PVDF polyvinylidene-florid PVDF. Potrubí je svařováno na tupo a je opatřeno nátěrem vůči korozi, obaleno izolací proti ztrátám tepla a ta je opatřena ochranou proti zvlhnutí dané izolace (v současnosti jsou trubní materiály opatřeny izolací již z výroby). Tepelná izolace může být např. z rohoží skelné nebo minerální vlny, pěnového polyuretanu nebo křemelinových a polystyrénových segmentů.

Na síti jsou umístěny uzavírací armatury, samočinné odváděče kondenzátu, plovákové odváděče kondenzátu, sběrače kalu, odvzdušňovače, odlučovače vody, pojistné ventily, redukční ventily, zpětné klapky, zpětné ventily a kompenzátory. (11) (18)

## **Ukládání potrubí**

Teplovody jsou v intravilánech ukládány především do prefabrikovaných nebo zděných kanálů pod úroveň terénu, kdy dno větších kanálů má příčný sklon 2 ‰ a sběrný žlábek na vodu



s možností odvodnění do kanalizace či trativodu.

Pro bezkanálové ukládání tepelných sítí jsou využívány předizolovaná potrubí, která jsou z ocelových trubek s izolační vrstvou z polyuretanové pěny a opláštěním z PEHD. Trouby jsou svařovány a spoje jsou zaizolovány. (18)

### **Prostorové uspořádání v uličním prostoru**

Teplovody se zpravidla umísťují za vodovodní potrubí směrem od zástavby. Tepelné sítě musí být při křížení se silovými a sdělovacími kabely a plynovody opatřeny izolací (s přesahem izolace alespoň 1 m od kraje kabelů nebo potrubí), aby byla dodržena stanovená teplota půdy (dle ČSN 38 3360). Teplovody se ukládají nad vodovodní potrubí, hloubkové kabelovody a stoky a pod nimi jsou uloženy silové a sdělovací kabely a plynovodní potrubí. (12)

#### **3.2.4.7 Stokové sítě**

Stokové sítě zajišťují bezpečné a hygienické odvádění splaškových a srážkových vod z napojených objektů. Dle způsobu odvádění odpadních vod se stokové sítě dělí na jednotné, oddílné a modifikované. Doprava městských vod je řešena centrálním systémem (odpadní vody odtékají na centrální ČOV) či decentrálním systémem (odpadní vody odtékají na samostatná zařízení), přičemž doprava může být řešena jako gravitační, tlaková, podtlaková, pneumatická či maloprofilová.

Stokové sítě bývají nejčastěji prováděny ve 3 základních tvarech (kruhový profil, vejčitý profil nebo tlamový profil). Dle použitého materiálu se dělí na trouby tuhé (betonové, železobetonové, kameninové a čedičové), trouby pružné (polyvinylchlorid, polypropylen, polyethylen a sklolaminát), trouby polotuhé (tvárná litina) a stoky zděné (kanalizační cihly, keramické tvárnice, čedičové cihly). Dle ČSN 756 101 je minimální dimenze pro gravitační stokové systémy DN/ID 250 pro potrubí z kameniny, plastů a sklolaminátů nebo DN/ID 300 pro potrubí z jiných materiálů.

Z důvodu zajištění správné funkce stokové sítě a bezpečného vykonávání potřebné práce při provozu, se na kanalizaci umísťují následující objekty: revizní a vstupní šachty, větrací šachty, objekty na spojení stok, objekty na změnu směru, spadiště, skluzy, shybky, křížení, proplachovací objekty, měrné objekty, odlehčovací komory a separátory, výustní objekty, objekty na regulaci průtoku, odvodňovací prvky, čerpací stanice, dešťové nádrže a kanalizační přípojky. Objekty na kanalizaci musí být provedeny z takových materiálů, aby byla zajištěna minimálně stejná životnost, jakou má daná stoka.

## Ukládání potrubí

Minimální sklon stoky se navrhuje na základě rychlostí odpadních vod (optimálně 1 m/s) tak, aby nedocházelo k zanášení potrubí. Kanalizační přípojky musí být realizovány o průměru min. DN 150 (nejmenší povolený sklon 2 %) a pro profil DN 200 je sklon alespoň 1 %. Potrubí jsou ukládána do stavební rýhy, ale i do sdružených tras a šířka výkopu musí zajistit dostatečný prostor pro manipulaci a zhutnění.

## Prostorové uspořádání v uličním prostoru

Stokové sítě, které odvádějí splaškové vody, musí být vždy umístěny pod vodovodním potrubím (tlakové potrubí je možné umístit nad vodovodní potrubí). Stoky se v dopravním prostoru zpravidla trasují souběžně s osou místní komunikace. (12)

## 3.3 Zjišťování technického stavu vedení a hledání poruch

Veškerá VTV mají omezenou životnost, na kterou působí několik vlivů, jako např. použitý materiál, kvalita provedení, geologické podmínky či změny zatížení (vnitřní i vnější). Z důvodu přirozeného procesu stárnutí dochází ke zhoršování funkčnosti daných sítí a dříve či později je nutná jejich sanace. Z těchto důvodů je zcela nezbytná pravidelná kontrola, údržba, oprava nebo obnova. Kontroly mají za úkol odhalit stávající problémy a posoudit naléhavost rozsahu sanace. (25)

### 3.3.1 Pochozí průzkumy

Kontrola stávajícího stavu pochozími průzkumy se provádí v průchozích a průlezných stokách či kolektorech. Před samotným průzkumem by mělo být zajištěno dostatečné odvětrání z důvodu přítomnosti fyzických osob. Během prohlídky dochází k vizuální kontrole stávajícího stavu a hledání poruch. Jednotlivé poruchy mohou být zaznamenány ručně na papír nebo pomocí kamery či fotoaparátu. Při průzkumu je zaznamenáno staničení jednotlivých objektů a závad, které se odměřují měřicím zařízením. Výstupem je fotodokumentace, videozáznam a protokol s příslušnými informacemi o poruchách a jejich poloze. (25)

### 3.3.2 Kamerová inspekce

Kontrola technického stavu potrubí pomocí kamerové inspekce (CCTV – Closed Circuit Television) se provádí v neprůlezných profilech a využívá kamerového vozíku a inspekčního zařízení, které je přenosné nebo pevně zabudované v inspekčním voze. Kamerový vozík je řízen kvalifikovaným pracovníkem, který prozkoumá daný úsek a zaznamenává dle kódovacího systému (ČSN EN 13 508-2) příslušné poruchy na síti. Výstupem z inspekce je videozáznam a protokol s informacemi o poruchách. (25)



### 3.3.3 Odorizace zemního plynu

Odorizace se provádí za účelem zjištění úniku plynu. Do zemního plynu (v normálním stavu bez zápachu) se přimíchá vysoké množství odorantu, který dodává charakteristický štiplavý zápach. Tímto způsobem mohou odběratelé plynu zjistit i drobné úniky, které nejsou za běžného stavu lidským čichem rozpoznatelné. Úniky se vyskytují nejčastěji na starších domovních rozvodech ve šroubovaných spojích. (26)

### 3.3.4 Zjišťování úniku vody z potrubí

Jedním ze základních ukazatelů úniků vody z potrubí jsou ztráty vody, které jsou jakýmsi ukazatelem technického stavu dané sítě. Ztráty jsou udávány množstvím nefakturované vody. V distribuční síti mají největší podíl na ztráty skryté úniky způsobené průsaky a netěsnostmi (příp. haváriemi), dále mají podíl na množství nefakturované vody i nepřesné měřiče (na straně distributora i odběratele) a případné odcizení vody. (27)

Existují různé metody pro lokalizaci skrytých úniků vody, jako je např. měření průtoku, tlaku, šumu, akustická korelace, detekce pomocí trasovacích plynů atd. Pro předcházení poruch je důležitá pravidelná údržba a kontrola. U vodovodů je důležitá zejména péče o armatury a objekty (šachty a poklapy). U šachet se provádí údržba a zkouška uzávěrů, redukčních a měřících armatur, aby byla zajištěna jejich funkčnost, snadný přístup, čistota uvnitř šachty, udržování stupadel atd.

### 3.3.5 Stanovení balastních vod

Balastní vody jsou klíčovým ukazatelem při posuzování funkčnosti kanalizační sítě. Jsou způsobeny infiltrací podzemní vody, vtokem dešťové vody do kanalizace nebo napojením nepovolených přípojek. Obecně se jedná o nežádoucí přítok vody do stokového systému a kanalizačních přípojek. Množství balastních vod se stanovuje odhadem a za přijatelné množství se v ČR udává 10–15 % z celkového množství odpadních vod. Určují se jako podíl k průměrnému bezdeštnému průtoku v % nebo jako specifický přítok na jednotku délky stokové sítě či na plochu odvodňovaného území. (28)

## 3.4 Technologie výstavby a sanací VTV

Při rozhodování výběru konkrétní metody pro ukládání VTV (nejen) v blízkosti kořenových systémů stromů (výkopem nebo BT), je třeba zahrnout a vyhodnotit výhody a nevýhody daných technologií na základě druhů a polohy stromů (stávajících i navrhovaných) a tras VTV. Vhodná metoda se volí také na základě prostorových podmínek (četnost křížení s ostatním VTV, množství a vzdálenost přípojek) nebo např. znalostí hloubek ostatních VTV, kdy by určité technologie mohly být vhodné, ale zcela neekonomické. (3) (29)

### 3.4.1 Otevřená rýha

Výstavba a sanace v otevřeném výkopu patří stále k nejběžnějším způsobům při výstavbě nových a sanovaných VTV. Zemní práce patří při výstavbě inženýrských sítí mezi jedny z nejnákladnějších položek, z tohoto důvodu je třeba dbát na co nejúspornější provádění za dodržení bezpečnostních předpisů.

Rýhy se provádějí jako svahované nebo se svislými stěnami (pažené). V intravilánu musí být výkopy od hloubky 1,3 m paženy (dle ČSN EN 1610 od 1,2 m) a v extravilánu od hloubky 1,5 m. Minimální světlá šířka výkopů se svislými stěnami, kam vstupují fyzické osoby činí 0,8 m. Samotná šířka se pak navrhuje podle hloubky a vnějšího průměru trouby viz Tab. 5 a Tab. 6 (šířka rýhy vychází z ČSN EN 1610). (25)

Výkopy rýhy jsou prováděny strojně, při dorovnání dna a na místech kde hrozí nebezpečí poškození jiných inženýrských sítí (min. 1 m od vyznačené polohy IS), jsou výkopy prováděny ručně. (30)

Tab. 5: Nejmenší šířka rýhy v závislosti na jmenovité světlosti trouby (DN) (29)

DN [mm]	Nejmenší šířka rýhy ( $OD_h + x$ ) [m]		
	Zapažená rýha	Nezapažená rýha	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
$\leq 225$	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$	$OD_h + 0,40$
$> 225$ až $\leq 350$	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,50$	$OD_h + 0,40$
$> 350$ až $\leq 700$	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,70$	$OD_h + 0,40$
$> 700$ až $\leq 1200$	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,85$	$OD_h + 0,40$
$> 1200$	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 1,00$	$OD_h + 0,40$

Pozn.: U údajů  $OD_h + x$  odpovídá  $x/2$  nejmenšímu pracovnímu prostoru mezi troubou a stěnou rýhy, popř. pažením, kde:  $OD_h$  je vnější průměr trouby v m,

$\beta$  je úhel sklonu stěny nezapažené rýhy.

Tab. 6: Nejmenší šířka rýhy v závislosti na hloubce rýhy (29)

Hloubka rýhy [m]	Nejmenší šířka rýhy [m]
$< 1,00$	nevyžaduje se
$\geq 1,00$ až $\leq 1,75$	0,80
$> 1,75$ až $\leq 4,00$	0,90
$> 4,00$	1,00

Nejmenší šířkou rýhy je největší hodnota z těchto dvou tabulek. (29)

Před samotnou výstavbou VTV je nutné zmapovat pozice a stav stávajících okolních sítí a stromů. Na základě tohoto průzkumu rozhodnout, které stromy budou ponechány a zjistit, zda lze vést potrubí mimo kořenový systém takovým způsobem, aby byla zároveň zachována minimální vzdálenost od ostatních VTV.

Samotné výkopy v oblasti kořenů musí být prováděny šetrnou technologií jako jsou např. supersonické vzduchové rýče, tlaková voda nebo ručně. V případě že je potrubí vedeno v blízkosti kořenu a musí tedy dojít k odbornému seříznutí jeho hlavních kořenů (průměr větší než 5 cm), je nutné před výstavbou zkontrolovat stabilitu a v nevyhovujícím případě je nutné ořezat korunu nebo strom zcela odstranit. Odkryté a ořezané kořeny se před vyschnutím či mrazem musí chránit např. přikrytím vlhkými jutovými pytli a dostatečným zaléváním. Oříznutí stávajících kořenů vede k růstu nových kořenů a dochází ke zvýšení rizika poškození VTV. (3)

Stěny otevřeného výkopu ve směru ke stromu je nutné chránit před vysycháním a účinkem mrazu (např. zakrytím vlhčenou textilií, překrytím stěny vhodným materiálem nebo instalací průchodky a bezodkladným zasypáním). Obecně je snahou minimalizovat dobu otevření výkopu. Podzemní VTV je v chráněném kořenovém prostoru přednostně ukládáno do chrániček. (10)

S ohledem na fakt, že kořeny stromů prorůstají přednostně do půd s větší pórovitostí, je u výkopů nutno dbát především na dostatečné zhutnění zpětného zásypu půdy. Zásypy lze provádět např. tekutými samozhutnitelnými materiály, recyklačními materiály nebo např. různými typy stabilizačních a plastifikačních přísad. Pro případ proniknutí kořenů k ukládané síti, jsou kladeny vysoké nároky na těsnost spojů potrubí, které musí zajistit dostatečnou odolnost vůči kořenům. (3)

### 3.4.2 Pažení rýhy

Aby při výkopových pracích nedošlo ke ztrátě stability (sesuvu půdy) a byla zajištěna bezpečnost a ochrana zdraví při práci, je do rýhy umístováno pažení (roubení). Existuje celá řada pažení, která mohou být rozdělena podle následujících kritérií.

Dle způsobu provedení:

- příložné,
- hnané,
- zátažné,
- záporové.

Dle statického působení:

- rozpíraná,
- kotvená,
- vetknutá,
- kombinovaná.

Dle těsnosti:

- propustná,
- vodotěsná.

Způsob pažení se určuje na základě inženýrsko-geologického posudku, musí spolehlivě zachycovat tlak zeminy, aby byla zajištěna bezpečnost osob ve výkopu a zabránit nedovolenému poklesu okolního terénu a sesouvání stěn výkopu.

Pažení bývá realizováno v hrubozrnných zeminách, v zeminách náchylných k sesutí, v místech vysoké hladiny podzemní vody, v komunikacích a lokalitách kde hrozí opakované otřesy a obecně tam, kde je vysoké riziko sesouvání stěn výkopu nebo nedovolené poklesy okolního terénu.

V soudržných zeminách může být použito vodorovné příložné pažení z ocelových pažnic „UNION“ nebo z fošen, které je rozepřeno rozpěrami z trámků nebo kulatiny. V nesoudržných zeminách se používají pažení zátažná nebo hnaná, přičemž je zabezpečena celá stěna rýhy. Rozpěry nesmí zabránit spouštění trub.

Výše popsané způsoby pažení se dnes používají spíše výjimečně na stavbách menšího rozsahu a při opravách lokálních havárií apod. Při výstavbách nových tras VTV a opravách v celých délkách ulic jsou využívány velkoplošné pažící rámy nebo boxy, které mají možnost proměnné šířky. (30)

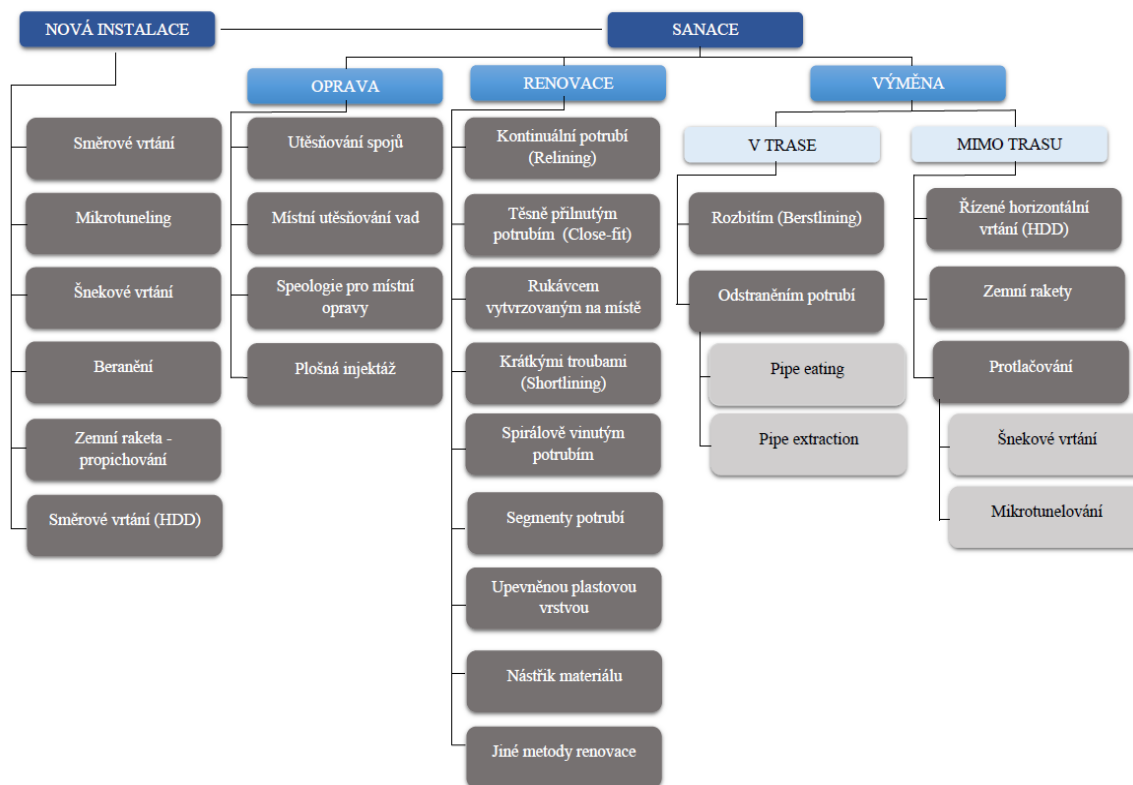
### 3.4.3 Bezvýkopové technologie

Bezvýkopové technologie (BT) umožňují způsob ukládání nebo sanaci bez otevřené výkopové rýhy. Terén se nad místem uložení neporuší vůbec nebo pouze minimálně.

Bezvýkopových metod existuje celá řada. Na trhu se vyskytují už od počátku 19. století a díky novým technikám se stávají čím dál více rozšířenějšími, dostupnějšími a použitelnějšími. V České republice existuje mnoho dodavatelů, přičemž mají pro jednotlivé technologie různá pojmenování. Z tohoto hlediska nelze jednoznačně určit jednotné rozdělení BT, níže je na Obr. 8 uvedeno členění dle České společnosti pro bezvýkopové technologie.

BT lze rozdělit dle způsobu provádění do třech základních kategorií:

- instalace nových potrubí,
- obnova a sanace zachováním konstrukce starého potrubí,
- obnova odstraněním starého potrubí a nahrazení novým potrubím. (25)



Obr. 8: Členění BT (31)

BT mohou být rozumnou alternativou otevřeného výkopu, kdy při ukládání VTV v blízkosti stromů mohou omezit poškození kořenového systému. Při užití vhodné technologie (v závislosti na velikosti profilu vedení a hloubce uložení) zůstává kořenový prostor do značné míry neporušený.

Volba konkrétní technologie závisí na daném místě a konkrétních podmínkách, jako je např. stávající stav a umístění okolních budov, plánované a stávající stromy a podmínky podzemních vod. Dalším faktorem jsou technické požadavky na instalovaná vedení, kam patří délka, vnitřní nebo vnější průměr, požadovaná přesnost a minimální krytí. Při výběru finální metody je nutno zahrnout i ekonomickou stránku, kdy např. při vysoké četnosti přípojek na dané síti může být BT vhodná, ale neekonomická. Níže jsou blíže specifikovány jednotlivé metody pro bezvýkopové ukládání. (3)

### 3.4.3.1 Metody ukládání nového potrubí

#### Směrové vrtání

Metody vodorovného vrtání se řadí mezi metody s odběrem zeminy a lze je rozdělit do následujících skupin: vrtání s dodatečným zatahováním trub, vrtání se současným zatlačováním trub a vrtání s přiklepem.



U metody s dodatečným zatahováním trub dochází k uvolňování zeminy vlivem rotující vrtné hlavy a zároveň je plynule odstraňována pomocí šnekového dopravníku. Potrubí je do vrtu zataženo či zatlačeno až po vyjmutí šnekového vrtného soutyčí. Tato metoda je vhodná pro ukládání potrubí do průměru DN 220 (max. délka vrtu 20 m) v homogenních stabilních zeminách bez podzemní vody.

Při vodorovném vrtání se současným zatlačováním trub je zemina uvolňována vrtnou rotující hlavou a plynule odváděna pomocí šnekového dopravníku. Zároveň jsou nezávisle na dopravníku protlačovány trouby. Metodu lze využít jak u soudržných, tak i nesoudržných zemin bez přítomnosti podzemní vody.

Metodou příklepného vrtání vniká vrtná hlava s nárazovým kladivem do zeminy (spolu s chráničkou či bez ní). Trouby jsou ukládány ihned za vrtnou hlavou či dodatečně. Tato metoda je běžně využívána pouze se současným zatlačováním ocelové trouby. Uvolněná zemina se odstraňuje mechanicky, hydraulicky či pneumaticky. Využití je především v homogenních zeminách s častým výskytem balvanů a valounů (či jiných překážek) bez výskytu podzemní vody. (30) (32)

### **Mikrotuneling**

Mikrotunelování je řízená jednostupňová metoda protlačování pro realizaci podzemních vedení bez osob na přídí vrtné hlavy během ražby. Pomocí razícího stroje jsou zatlačovány tlačné trouby a současně dochází k úplnému odtěžování zeminy.

Mezi startovací a cílovou jámou se provádí zatlačování hotových trub, přičemž dochází k rozrušování a vylamování zeminy na čelbě, která je do startovací šachty dopravována mechanicky, hydraulicky či pneumaticky. Trouby jsou umísťovány bezprostředně za razící stroj a jsou zatlačovány tlačným zařízením ve startovací jámě.

Tuto metodu lze využít pro potrubí do DN 1000-1200 (možno i větší průměry - dle dostupných velikostí vhodných trub a strojního zařízení). Využití je vhodné především u kladení dlouhých vzdáleností vedení, při složité či proměnlivé geologii, pod hladinou podzemní vody či při vysokých nárocích na přesnost a kvalitu provedení. (30) (33)

### **Šnekové vrtání**

Šnekové vrtání se provádí pomocí pilotní trubky, která je zatlačována, aniž by byla odtěžována zemina. Následují pilotní trubky ocelové chráničky uvnitř kterých jsou šnekové vynášeče. Na závěr je zatlačeno ukládané potrubí, které má velikost profilu víceméně stejnou jako chránička. Odtěžená zemina je transportována do cílové šachty. Šnekové vrtání se používá především pro ukládání ocelových chrániček nebo pro kameninové a sklolaminátové kanalizační potrubí. (34)

## **Beranění**

Při této metodě dochází k zarážení ocelové trubní chráničky do zeminy pomocí energie beranidla. Technologie může být prováděna 2 způsoby, a to buď s uzavřeným či otevřeným čelem vodící trouby.

Při metodě s uzavřeným čelem dochází k roztlačování zeminy do stran a beranidlo je poháněno stlačeným vzduchem. Technologie lze realizovat pro potrubí max. do DN 300 při vzdálenosti do 20 m. Možno použít i v zeminách s výskytem podzemní vody.

Metodou s otevřeným čelem se při beranění do ocelové chráničky zatlačuje větší část zeminy a menší část je roztlačena do okolí, čímž dochází ke zmenšení odporu zeminy proti pronikání potrubí a je tak minimalizováno riziko nadzvednutí podloží. Beranidlo je poháněno přetlakovým vzduchem. Zemina která vniká do potrubí, je odstraňována kontinuálně (výplachem) nebo při cyklickém režimu tlakovou vodou s následným odsátím. Takto lze ukládat chráničky do DN 1500 v lehce rozpojitelých poloskalních horninách bez přítomnosti podzemní vody. (30) (32)

## **Zemní raketa - propichování**

Trouby či kabely jsou zatahovány (současně či dodatečně) do otvoru, který je prorážen pomocí pneumatického propichovacího kladiva nebo zemní rakety. Kladivo je tvořeno nárazovým pístem s vodícím tělem, které je ukončeno kónickou nebo stupňovitou špičí. Produktové potrubí je okamžitě vtahováno za zemní raketou. Při této metodě lze provádět průpichy až do průměru DN 300, ovšem musí být dostatečně stlačitelná základová půda. Nejdelší možná délka průpichu je cca 25 m. Pomocí této metody lze ukládat trubní materiály, které mají dostatečně odolné tahové spoje (ocel a PE potrubí). Tato metoda se často využívá při provádění domovních přípojek. (30) (32) (35)

## **Směrové vrtání (HDD – Řízené horizontální vrtání)**

Technologie horizontálně řízeného vrtání funguje na principu vrtání při současném rozplavování zeminy za pomoci vysokotlaké směsi vody, bentonitu a dalších přídavných látek. Technologie je složena ze 3 technologických kroků: provedení pilotního vrtu, rozšíření vrtu na požadovaný průměr a zatažení smontovaného potrubí.

Pilotní vrt je realizován pomocí vrtné hlavy, do níž je přes pilotní tyče vháněn výplach, který je tvořený směsí vody a bentonitu. Následně je vrtná hlava vyměněna za rozšiřovací hlavu a rozšiřování probíhá směrem od cílové jámy zpět ke stroji. Během tohoto procesu dochází k rotaci rozšiřovací hlavy, kdy dochází k postupnému odřezávání a rozmělnění zeminy. Rozšíření může být prováděno v několika stupních, a to v závislosti na průměru zatahovaného potrubí. Posledním krokem je zatažení potrubí, které je osazeno zatahovací hlavou a je připojeno na vrtné tyče s rozšiřovací hlavou. Při zatahování potrubí dochází k rotaci rozšiřovací hlavy



a do protlaku vhání bentonitový výplach, který snižuje třecí síly a slouží k odvádění nadbytečné zeminy z protlaku ven. Lze zatahovat 1 potrubí nebo svazek více trub.

Metodu lze využít v jakýchkoliv geologických podmínkách a nejčastěji se využívá pro pokládku PE, ocelového nebo litinového potrubí. (33) (32)

### 3.4.3.2 Metody sanace se zachováním starého potrubí

#### **Renovace kontinuálním potrubím (Relining)**

Touto technologií nedochází k nahrazení stávajícího potrubí za nové, ale pouze k vtlačování či vtahování nového potrubí (nejčastěji z flexibilního materiálu) do stávajícího potrubí v původní trase. Relining se využívá především u starých potrubí, která už zcela neplní svoji funkci, vykazují provozní nespolehlivost nebo jsou na hraně životnosti.

Nové potrubí staticky spolupůsobí se stávajícím potrubím, a to tak může plnit funkci chráničky. Metoda se využívá především při obnovách dlouhých a rovných úseků (výjimečně lze použít i pro trasy v oblouku). Relining se uplatňuje u předimenzovaných potrubí, jelikož ukládáním nového potrubí dochází ke zmenšení původního profilu.

Potrubí je zatahováno po kolových podvozcích nebo středících objímkách a po jeho zabudování bývá provedena výplň mezikruží. Technologie je velmi rychlá, cenově příznivá a lze ji využít pro potrubí od DN 80 do DN 1000. (25)

#### **Renovace těsně přiléhajícím potrubím (Close-fit)**

Touto technologií dochází k vyvločkování stávajícího potrubí souvislou PE trubkou, přičemž má nová trubka před zatažením zmenšený profil. Po zatažení je nové potrubí navráceno do původní velikost za použití tepla či tlaku nebo pomocí instalačních sil (musí být zajištěno těsné přilnutí na stávající potrubí).

Vložkování se provádí přes šachtu, proto musí mít nové potrubí dostatečnou axiální ohebnost. Metodu lze využít pro profily d110-d1200.

Zmenšení průřezu před samotným zatažením může být prováděno dvěma způsoby. Prvním způsobem je zmenšený profil trubky již z výroby, kdy je potrubí nejčastěji navinuté na buben, ze kterého je následně zatahováno.

Další variantou je zmenšení profilu až přímo na staveništi. Průřez potrubí je zmenšen pomocí zařízení, kterým potrubí prochází a současně je zatahováno jako jeden souvislý celek. (25)





### **Renovace rukávem vytvrzovaným na místě (CIPP)**

Tato metoda využívá rukávce z geotextilie (plst, nylon, stříž ze sklených vláken), který je zasunut do původního potrubí a je opatřen vodotěsnou vrstvou z PE nebo z polyuretanu na vnitřním povrchu. Rukávec se navrhuje u starých vedení, která mají nenarušenou (nebo pouze minimálně narušenou) statickou funkci.

Rukávec je před samotným procesem nasycen z vnější strany epoxidovou či jinou pryskyřicí, následně je zatahován a za pomoci tlaku je přitlačen ke starému vedení. Tlak je vytvořen vodou nebo vzduchem a následné vytvrzování probíhá horkou vodou, párou nebo pomocí UV záření. Po zatvrdnutí rukávce jsou pomocí kanalizačního robota v napojovacích místech pro přípojky vyříznuty a začištěny otvory.

Nejčastěji bývá využívána voda (80 %), vzduch (10 %) a UV záření (10 %). Výhodou vzduchu oproti vodě je snadno regulovatelná rychlost a odpadá nutnost napojení na hydrant. Při vytvrzování za pomoci UV záření hrozí riziko protržení při překážce v potrubí, jelikož povrch rukávce nemá ochranu proti abrazivům a bývá slabší.

Metodu lze využít pro opravu potrubí DN 125-3000 z libovolného materiálu. Rukávec lze využít pro potrubí, které nemá konstantní profil po celé délce (lze jej ušít dle potřeby) a využívá se jak v přímých trasách, tak i v plynulých obloucích. Dle míry poškození stávajícího vedení je navrhována tloušťka rukávce, případně dle požadovaného statického spolupůsobení vložky s původním vedením. Životnost rukávce je udávána minimálně na 50 let. (25)

### **Renovace krátkými troubami (Shortlining)**

Tato metoda je prováděna přes vstupní (provozní) šachty, proto nejsou potřeba jakékoliv výkopové práce. Trouby jsou zatahovány tažením lana navíjecím bubnem, který je umístěn v cílové šachtě. Vzniklý meziprostor mezi vnitřním povrchem starého a vnějším povrchem nového vedení je vyplněn porézním betonem nebo popílkocementovou suspenzí. Tuto technologii lze využít pro potrubí do DN 600 pro bezhrdlové PEHD nebo PP trouby (výjimečně sklolaminátové nebo kameninové). Nevýhodou oproti jiným technologiím reliningu je pomalý postup prací. (30)

### **Renovace spirálovitě vinutým potrubím (Rib-Loc)**

Principem této metody je navíjení PVC pásu do stávajícího potrubí, to se provádí buď ručně nebo pomocí navíjecího stroje. Během samotného procesu dochází k zatlačování pásu do starého vedení. Zatlačování probíhá přes šachtu, ve které je umístěn navíjecí buben a ten pomocí rotace tvoří z pásu „nekonečné“ potrubí a zatlačuje ho. Následně je vyplněn meziprostor mezi novým a starým potrubím cementovou maltou.

Aby odpadla nutnost vyplňování mezikruží, je v prostoru mezi novým a starým vedením provedeno kotevní lanko, které se po dosažení koncové šachty vytahuje a jeho vinutím v opačném směru dochází k rozvinutí nového potrubí až k původnímu povrchu.

Výhodou této metody je zachování stávajícího vedení v provozu. Technologii lze aplikovat pro profily nad DN 3000 různých tvarů (nejvhodnější profily kruhové). (25)

### **Segmenty potrubí**

Při aplikaci této metody dochází k zatažení (vtlačení) nezdeformovaného potrubí do stávajícího, proto je nutnost menší dimenze nového potrubí oproti stávajícímu (vnější průměr nové trubky by měl být zhruba o 5 % menší než vnitřní průměr původní trubky).

Metoda je vhodná pro sanování stávajícího potrubí o dimenzi DN 1000 a více, může být použita pro libovolný materiál, přičemž by stávající potrubí mělo být ideálně přímé a bez větších deformací tvaru.

Při ukládání nového potrubí o malé dimenzi z flexibilního materiálu, může být potrubí instalováno jako nepřerušené. Při aplikaci větších dimenzí a tužších materiálů je nutné použití diskrétní délky (segmenty), které jsou před zatažením svařovány natupo nebo jsou spojeny speciálními spojkami. Po uložení potrubí je prostor mezi novým a původním potrubím vyplněn cementem. Hlavní výhodou této metody je možnost provádění prací i za provozu stávajícího potrubí. (36)

### **Utěšňování spojů**

Pro opravy netěsných spojů, lze využít dvousložkovou kapalinu. Pryskyřicová kapalina je pod tlakem vhnána do prostoru, který je vymezen těsníci manžetami packeru, po cca půl minutě kapalina zgelovatí a utěsní spoj nebo praskliny. Následně jsou těsnící manžety vyfouknuty a packer se přemístí dál. (30)

### **Místní utěšňování vad**

Místní utěšňování vad může být prováděno např. pomocí kanalizačního robota. Ten se využívá při lokálních opravách, je obsluhován dálkově pomocí kabelu a naváděn pomocí TV-kamery. Využívá se na odstranění následujících závad: předsazené přípojky, kořeny vegetace, betonové nálitky či zatvrdlé sedimenty. Dále ho lze využít při výplni vypadaných střepeň potrubí, opravu prasklin nebo při zprůchodnění zaslepené přípojky.

Na robot lze umístit různé nástavce, které umožňují frézování přečnávajících částí, špachtlování a vyplňování porušených míst. (30)

Jako další způsob pro utěšňování závad lze využít válcovou vložku (packer), která se zasune do lokálně porušeného místa nezdeformované trouby. Následně je vložka nafouknuta, čímž dojde



k vytlačení úlomků rozlámané trouby. Dále dojde k čerpání dvousložkové pryskyřičné směsi, která proniká do prasklin a po zatvrdnutí vrací poškozenému místu jeho pevnost. Tuto metodu lze využít i pro opravy spojů trub. (25)

### **Speologie pro místní opravy**

Jedná se o opravy v průlezných a průchozích profilech, kam patří např. lokální opravy prasklin a lomů v ostění, opravy prohlubní a vydrolených částí ostění a ochrana obnažených částí výztuže. Místní opravy mohou být prováděny např. pomocí spárování, kdy u zděného potrubí dochází k vypadávání malty, a to je prováděno za pomoci tlakové pistole. Dále jsou prováděny různé opravy nanesením malty (např. na obnažené výztuže). Opravy netěsných spojů za pomoci těsnících pásků či manžet. Před každou opravou je důležité vyčištění opravovaných spojů. (37)

### **Plošná injektáž**

Plošná injektáž může být prováděna s použitím dvousložkových kapalin. Kapaliny se aplikují pouze v případě, kdy není narušena statická funkce potrubí. Opravované potrubí je naplněno těsnící a vytvrzující kapalinou, která vytvoří na povrchu potrubí nepropustnou vrstvu. Následně jsou kapaliny odčerpány a úsek je vrácen zpět do provozu.

Technologii lze využít pro libovolné materiály, nejvíce efektivní je velikost potrubí do DN 600 (z důvodu potřeby roztoku by neměla být kubatura dutiny větší než 10 m<sup>3</sup>). Využití je vhodné především u potrubí s vysokým výskytem lokálních závad, oprava je z tohoto hlediska rychlá a ekonomicky výhodná. (30)

Další metodou je výstelka z cementové malty. Při opravě je cementová malta nanášena na vnitřní povrch stávajícího potrubí, kdy samotný proces probíhá za pomoci tažného zařízení, které je opatřeno otočnou tryskou.

Před zahájením musí být stávající potrubí řádně vyčištěno a následně je proveden samotný nástřik z cementové malty v tl. 2-12 mm, který se uhladí hladítkem. Metoda se využívá především u ocelových a litinových trub, které mají zkorodovaný povrch. Výhodou je rychlost procesu (1-4 m/min), nízká cena a nenáročná strojní zařízení. (30)

Další možností může být epoxidace, při níž je vytvořena výstelka z epoxidových pryskyřic. Metoda je založena na stejném principu jako cementace vnitřního povrchu potrubí, kdy jsou nanášeny dvou či vícesložkové směsi na vnitřní stěnu potrubí. (30)

### 3.4.3.3 Metody sanace s odstraněním starého potrubí

#### Výměna potrubí v trase

##### **Bezvýkopová výměna rozbitím (Berstlining)**

Principem této technologie je zatažení nového potrubí do starého v původní trase, které je roztlačeno do okolní zeminy. Dle způsobu odstranění stávajícího potrubí se metoda rozlišuje na statickou a dynamickou. Houževnaté materiály se stříhají a křehké potrubí se drtí. Staré potrubí bývá vtlačeno do okolní zeminy, kde zůstává a nové potrubí je ihned zatahováno do vzniklého prostoru.

Před zahájením jsou provedeny stavební jámy a do koncové jámy se osadí tažný stroj. Stávajícím potrubím jsou protaženy tažné tyče, na které se ve startovací jámě umístí trhačí a rozšiřovací soustava a tažné hlavy (pro ocelové potrubí je místo trhačí hlavice umístěn řezný nůž). Nové potrubí je spuštěno do startovací jámy a je vtahováno do koncové šachty.

Metoda se využívá pro profily potrubí až do DN 1000. Mezi výhody patří zachování stávající dimenze nového profilu potrubí nebo jej lze zvětšit až o dva stupně. Nevýhodou je nechtěné ovlivnění ostatního vedení při pokládce, proto je důležité mít precizně zmapované křížení s ostatními VTV a objekty na dané trase. (25)

##### **Odstranění potrubí – Pipe eating**

Při této metodě dochází k odstranění starého potrubí pomocí mechanického rozbrušovače – plnoprofilová fréza s pevnými či rotačně valivými dlaty z tvrdokovu. Nové potrubí je taženo ihned za frézovou hlavou a může mít větší dimenzi než stávající potrubí. Úlomky ze starých trub jsou odtěžovány šnekovým dopravníkem nebo hydraulicky. Během procesu nedochází k otřesům ani deformacím v důsledku roztlačování zeminy. Technologie je vhodná pro trouby o dimenzi DN 250–600 především z kameniny, betonu či azbestu. (36) (30)

##### **Odstranění potrubí – Pipe extraciton**

Tato technologie byla vyvinuta pro výměnu plynovodních, vodovodních a tlakových kanalizačních sítí z litiny a oceli. Metodu lze využít pro výměnu potrubí až do DN 400 (v závislosti na stlačitelnosti půdy, hloubce a materiálu).

Při tomto procesu dochází k vtahování nových trub pomocí hydraulického tažného zařízení, které je umístěno v cílovém výkopu, přičemž dochází k současnému vytlačování vyměňované trubky. Výhodou metod odstraňování potrubí je skutečnost, že v půdě nezůstávají zbytky (střepy) starého potrubí. (38)

### Výměna potrubí mimo trasu

BT technologie mimo trasu jsou detailněji popsány v kapitole 3.4.3.1 výše.

## 3.5 Soužití stromů a VTV

Vzhledem k aktuálnosti tématu, kdy se řeší dopad klimatické změny, je snahou umístit do uličních prostor co nejvíce zdravých stromů (viz kapitola 3.1), které jsou ovšem limitovány především VTV. Hl. město Praha vydalo nařízení č. 10/2016 Sb., Pražské stavební předpisy (PSP), které stanovuje obecné požadavky na využívání územní a technické požadavky na stavby. Níže jsou vypsány požadavky z hlediska vztahu zeleně a VTV.

Jedním z palčivých problémů je určení půdorysné plochy výsadbové jámy. Dle dokumentu se šířka výsadbové jámy pro velké stromy (nad 20 m) rovná 0,8 m a má velikost 9 m<sup>2</sup>, pro střední stromy (10-20 m) je velikost 4 m<sup>2</sup> a pro stromy malé (do 10 m) 2 m<sup>2</sup>. Jáma musí být umístěna mimo ztuhlou vrstvu a neprokořitelné materiály (zpravidla je volná nebo zakrytá mříží).

Dále musí být zajištěna vyhovující plocha pro vsak dešťové vody a provzdušňování, která má min. velikost 10 m<sup>2</sup> (velké stromy) a 6 m<sup>2</sup> (střední a malé stromy). Tato plocha je řešena jako otevřená půda, nebo dlažba v suchém loži se širokou spárou (případně jiným krytem, který je propustný pro vodu a vzduch – písek, šterk). Tento požadavek lze nahradit využitím vhodných technických a vegetačně technických opatření, která zajistí dostatečné množství vody a provzdušňování.

V dokumentu jsou také vymezeny požadavky na kořenový prostor (objem půdy, ve kterém může strom kořenit). Ten musí zajistit mechanickou stabilitu stromu a umožnit prokořenění v dostatečném rozsahu, jehož velikost se zpravidla rovná 1/10 projekčního objemu koruny. V Tab. 7 jsou staveny minimální vzdálenosti podzemních sítí od paty kmene stromu.

Tab. 7: Min. vzdálenosti podzemních sítí od paty kmene stromu dle PSP (39)

Typ VTV	Vzdálenost [m] bez opatření	Vzdálenost [m] s opatřením*
Vodovod	1,5	1,0
Kanalizace	3,0	1,5 (*a s hloubkou stoky do 5 m)
Plynovod	2,5	1,5
Silnoproud do 1 kV	1,0	0,5
Silnoproud do 22 kV	1,5	1,0
Teplovod	2,5	2,5
Veřejné osvětlení	1,0	0,5
Slaboproud	1,0	0,5

### 3.5.1 Rizika vedení technického vybavení s umístováním stromů

Problémem při umístování stromů do ulic je nalezení vhodné pozice, jelikož uliční prostory jsou limitovány rozhledovými poměry (křižovatky, sjezdy, přechody pro chodce a místa pro přecházení), stávajícími vjezdy na pozemky, lampami veřejného osvětlení, zastíněním oken stávající zástavby, ale především podzemním vedením technické infrastruktury.

Inženýrské sítě jsou často umístovány nesystematicky a zabírají tak mnoho prostoru a prakticky znemožňují výsadbu nových stromů. Ty pro podzemní inženýrské sítě představují riziko, neboť narušují vedení technického vybavení a často dochází k jejich obrůstání nebo prorůstání kořeny (zejména do kanalizace), čímž způsobují tlak, který může způsobit až rozevření trubního spoje. Kořeny nejprve dané potrubí „pouze“ obklopí a ve chvíli, kdy je na potrubí, ač jen drobná trhlinka nebo otvor vnikají dovnitř. Důsledkem může být poškození vedení a případný únik z potrubí, zmenšení průřezu, vychýlení VTV, deformace a praskliny.

Při porušení kanalizace dochází k únikům vody a odpadních vod do okolní zeminy. Do půdy tak uniká vzduch a tím je vytvořeno „dokonalé“ prostředí pro růst stromů. „Kořenové kotvy“ si vypěstují jemné „kořeny podavače“ a ty následně pronikají do popraskaného potrubí a vytváří překážku či úplnou blokadu (Obr. 9 a Obr. 10). Na základě testů bylo zjištěno, že kořen může v potrubí růst až po dobu dvou a více let, než způsobí narušení těsnění.



Obr. 9: Zablokovaný průchod potrubí kořenovým systémem (40) Obr. 10: Prorostlý kořen v kanalizaci (40)

Důležitým parametrem pro snížení potenciálního rizika poškození vedení je navržená vzdálenost stromu od VTV a kvalita provedení při samotné pokládce potrubí (utěsnění spojů, zhutnění zeminy). Obecně lze říci že více náchylné k vrůstání kořenů jsou stará potrubí, která jsou mělce uložena a potrubí s vyšším počtem spojů. Větší riziko také představují velké, rychle rostoucí stromy (např. javor, topol, bříza, vrba, olše, ořešák), proto je vhodné vysazovat poblíž kanalizace menší stromy s mělkým kořenovým systémem. (41)

Stromy představují riziko i pro nadzemní VTV, kdy mohou stromy vrůst do ochranného pásma (ať již kořeny, nebo korunou) a tím vzniká možnost poškození při rekonstrukci sítí. Jelikož stromy rostou celý svůj život, je důležité pro konkrétní místo zvolit vhodný druh stromu a respektovat aby např. plně vzrostlý strom nezasahoval větvemi do dopravního prostoru a nebránil tak v rozhledu. (42)

## 3.6 Opatření a ochrana VTV a kořenových systémů

Z důvodu eliminace vzájemného poškození VTV a kořenových systémů stromů se navrhuje ochranná opatření, která zajišťují delší životnost a zároveň i požadovanou funkci. Tato opatření se navrhuje buď jako pasivní nebo aktivní.

### 3.6.1 Pasivní opatření

Opatření a ochrana přímo v místě VTV nebo ve výkopech se nazývají jako pasivní ochranná opatření. Ideálně by měla být prováděna ihned při ukládání VTV z důvodu eliminace pozdějších prací. Pro tato opatření je vyžadován dostatečný prostor pro kořenový systém stromu, aby nedocházelo k omezování stability, vzrůstu a celkové životnosti stromů. Výběr konkrétní ochrany se volí na základě místních podmínek. Níže jsou vypsány a blíže specifikovány vybraná pasivní ochranná opatření:

#### **Vyplnění výkopů materiály s nízkou pórovitostí**

Růst kořenového systému stromů je směřován přednostně do půd s vysokou pórovitostí (podrobněji viz kapitola 3.1.1). Jako ochranu lze tedy vyplnit výkopy materiálem s nízkou pórovitostí a tím vytvořit podmínky, které zabraňují růstu kořenů. Při tomto opatření je důležitým faktorem použitý materiál (lze použít např. tekuté půdy) a kvalita samotného provedení.

#### **Chráničky**

Plastové chráničky se používají při podzemním ukládání kabelů a slouží jako ochrana před mechanickým poškozením, ovšem nelze zabránit růstu kořenů v okolí a po obvodu chráničky. Chráničky se mohou využít také jako záložní ochranné trubky pro pozdější vložení kabelů. Ukládají se do pískového lože. Méně vhodné je použití u VTV, které má velkou četnost odboček a je tedy nutné časté přerušování ochranné trubky.

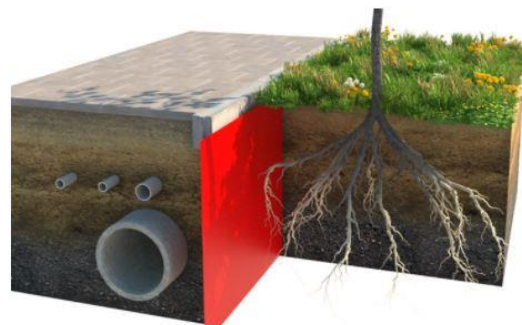
#### **Ochranné panely a fólie**

Ochranné desky a fólie slouží jako bariéra mezi VTV a kořeny stromů. Usměrnují růst kořenových systémů a zabraňují jejich šíření (krouží podél bariéry) a následnému možnému poškození jak VTV, tak i např. povrchů silnic, základů atd. Instalace se provádí lineárně podél VTV (Obr. 12) nebo podél obvodu (Obr. 11), ideálně ihned při výsadbě stromu, aby byly kořeny správně nasměrovány hned od začátku růstu a nedošlo k narušení kořenového systému. Je možné

kořenové bariéry lze nainstalovat i k již vzrostlému stromu. Ochranné desky a fólie jsou vyráběny z geotextilie nebo z jiného flexibilního materiálu (PE, PP) a mezi jejich vlastnosti patří nepropustnost (zabraňují ztrátě vlhkosti půdy), pevnost, pružnost a odolnost proti chemikáliím, bakteriím, kyselinám a jiným látkám. Výhodou je rychlá instalace a relativně dlouhá životnost. Nevýhodou je omezení prostoru pro růst stromu. (43) (44) (45)



Obr. 11: Instalace bariéry kolem VTV (46)



Obr. 12: Lineární aplikace bariéry (46)

### Těsné spoje potrubí odolné vůči kořenům

Při ochraně před kořeny stromů hraje důležitou roli výběr kvalitního materiálu potrubí a kvalitní provedení. Plastová potrubí jsou vhodná díky svým vlastnostem, kdy jsou relativně trvanlivá a především nepraskají. Riziko prorůstání kořeny stromů je eliminováno precizním utěsněním spojů. Stejně jako u chrániček nelze zabránit růstu kořenů po obvodu potrubí. (3)

### 3.6.2 Aktivní opatření

Aktivní opatření ochrany kořenového systému zajišťují dostatečný prostor pro správný vývoj kořenů, čímž je snižován negativní dopad na technickou a dopravní infrastrukturu (prorůstání kořenů v dopravním prostoru a zvedání vozovky či chodníku). Tato opatření se využívají v těch případech, kdy není možné dodržet minimální vzdálenost pro umístění pasivního opatření.

Tato ochranná opatření se umísťují v bezprostřední blízkosti stromu nebo do výsadbové jámy. Volba konkrétní ochrany se odvíjí od místních podmínek. Cílem těchto opatření je zajistit kořenům dostatečný prostor pro jejich vývoj v dostatečné vzdálenosti od VTV a tam podpořit jejich růst. Níže jsou blíže popsána vybraná aktivní ochranná opatření.

#### Systém provzdušňování a zalévání

Vzhledem k faktu, že kořenový systém roste přednostně do pórovité zeminy, možným způsobem ochrany VTV před kořenovými systémy může být provzdušňování půdy nebo výsadbové jámy, kdy jsou takto kořenům vytvořeny vhodné podmínky pro růst a vývoj.



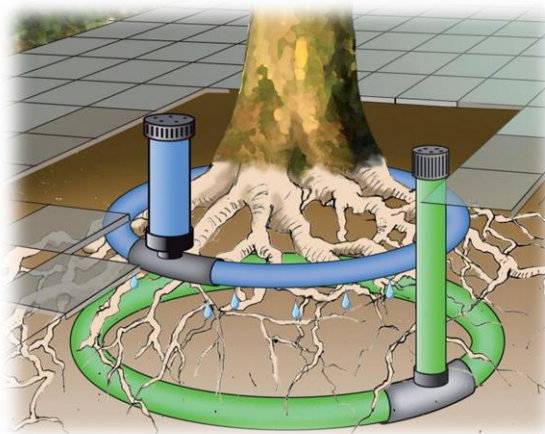
Existují systémy, které zajišťují jak provzdušňování, tak i závlahu a umožňují nezbytnou výměnu vody a kyslíku. Tento systém se nainstaluje do výsadbové jámy ještě před usazením kořenového balu daného stromu. Jámy jsou provzdušňovány pomocí perforovaných trubek, které jsou vybaveny filtrační vložkou, která zajišťuje, aby nedocházelo k ucpání otvorů, čímž se prodlužuje životnost systému. Systém pro provzdušňování je instalován hlouběji oproti zavlažovacímu (zajištění vzduchu hluboko v jámě a vytvoření dobrých podmínek pro růst).

Trubka je ovinuta kolem kořenového systému a potrubí je připojeno ke vstupu, který se umístí na povrch jámy a je opatřen mřížkou. Při potřebě závlahy je ke vstupu připojena hadice, jinak dochází v okruhováném systému k pasivnímu proudění vzduchu. Existuje více variant, kdy jsou umístěny na povrchu 2 vstupy nebo kombinovaný systém pouze s 1 vstupem.

Toto opatření umožňuje hloubkové zalévání v celém kořenovém systému a nedochází tak k nadměrnému přelévání kořenů na povrchu půdy. Trubky mohou být vyrobeny z PE a PP. (47) (48) (49)



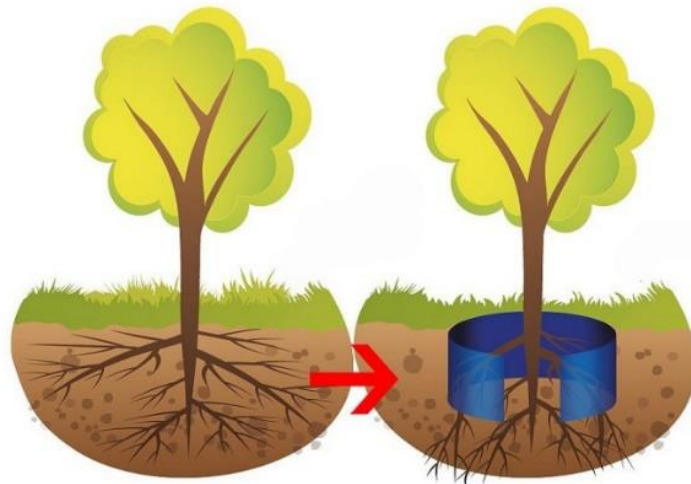
Obr. 13: Perforovaná trubice (50)



Obr. 14: Schéma provzdušňovacího a závlahového systému (2 vstupy) (45)

### Systém vedení kořenů

Způsob této ochrany přesměrovává růst kořenů hlouběji do půdy (viz Obr. 15), zabraňuje tak zvedání a poškození zpevněných povrchů, které je způsobeno růstem kořenů a slouží i jako ochrana VTV. Jakmile kořeny dorostou ke konci panelu, začínají se přirozeně vyvíjet jak v horizontálním, tak i vertikálním směru. Při aplikaci je stromu poskytnuta větší stabilita a maximální prostor pro kořeny. Systém lze instalovat lineárně (podél chráněné plochy) nebo kolem obvodu kořenového systému. Pro ochranu jsou využívány plastové panely, které jsou vybaveny speciálními vodicími žebry, díky nimž je přesměrováván růst kořenů. Tento systém lze aplikovat ve vzdálenosti menší než 2 m od stromu. Panely jsou vyráběny v různých výškách a tloušťkách. (45)



*Obr. 15: Usměrnění růstu kořenových systémů (51)*

### **Prokořenitelné zemní buňky**

Prokořenitelné zemní buňky poskytují stromům v městské zástavbě dostatečně velký prostor pro kořenový růst pod zpevněnými plochami (vhodné pro všechny dopravní zatížení). Systém buněk je vyráběn z PP, vyztužen sklenými vlákny a je naplněn vhodnou půdou pro růst stromů (viz Obr. 16 a Obr. 17). Systém je schopen absorbovat vodu a umožňuje tak maximální využití dešťové vody pro zálivku stromů. Díky flexibilitě jej lze aplikovat i v místech s vysokou hustotou VTV jak stávajícího, tak i nového. Systém lze kombinovat s dalšími ochrannými opatřeními. (52)



*Obr. 16: Instalace prokořenitelných buněk (53)*



*Obr. 17: Zасыпání zeminou (53)*

## 4 Metodika

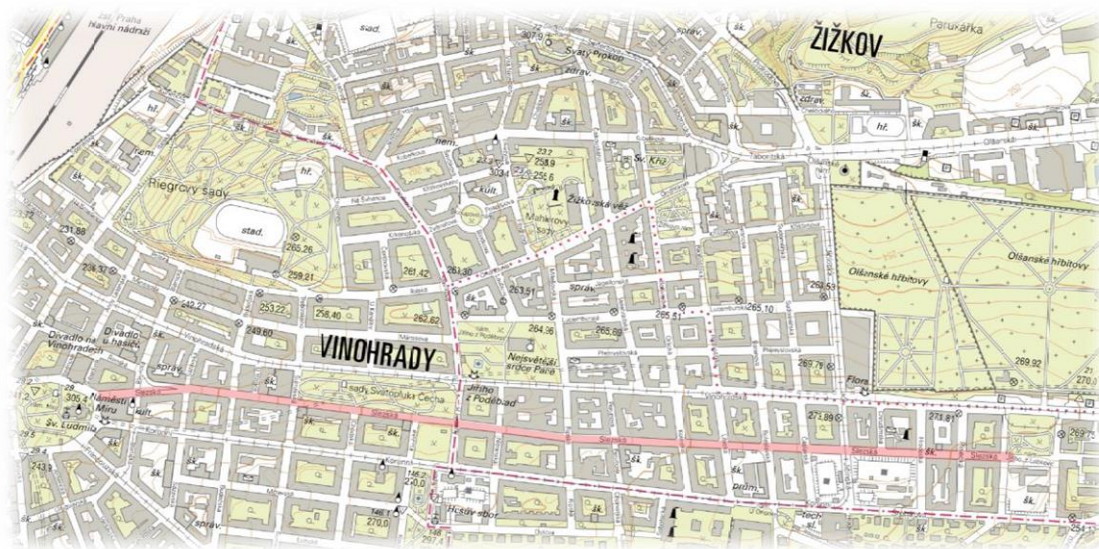
### 4.1 Předmětná lokalita – ul. Slezská

Pro praktickou část byla vybrána ulice Slezská v Praze na Vinohradech, ve které je téměř celková absence zeleně a potýká se s problémem nedostatku místa pro výsadbu stromů z důvodu hustého umístění podzemní technické infrastruktury. Vzhledem k tomu, že stromy v ulicích pozitivně ovlivňují mikroklima (blíže viz kapitola 3.1), je důležité s měnícím se klimatem do ulic vysazovat co největší počet zeleně. Důležité je těmto dřevinám poskytnout takové podmínky, aby byla plněna požadovaná funkce stromů. Cílem je tedy analyzovat aktuální prostorové podmínky a navrhnout prostory pro výsadbové jámy (VJ) a příslušná opatření, která umožní co největší zapojení dřevin do daného uličního prostoru.

Níže uvedený rozbor uvažuje s celkovou změnou uličního prostoru, kdy výsadba stromů by byla pouze jednou z částí úprav ulice.

#### 4.1.1 Obecné informace

Ulice Slezská se nachází v katastrálním území Vinohrady (727164), spojuje náměstí Míru a náměstí Jiřího z Lobkovic a vede rovnoběžně s ulicemi Vinohradská a Korunní viz Obr. 18. Uliční prostor šířky cca 17 m je lemován chodníky po obou stranách, které jsou vymezeny fasádami bytových domů (výjimkou je nezastavěná oblast v jižní části, kde se nachází vodojemy). Její celková délka je 2 km a předmětem této práce je úsek od křižovatky s ul. U Vodárny ke křižovatce s ul. Čáslavská (cca 800 m) a je zřejmý z přílohy 2.1.



Obr. 18: Předmětná ulice Slezská

Tato ulice byla původně zamýšlena jako rezidentská zóna (o tom svědčí přítomnost významných budov a mateřské a základní školy), přitom v současné době je zde vysoké dopravní zatížení a spadá do sítě nadřazených komunikací města Prahy. Z hlediska technické infrastruktury se zde nachází vodovod, kanalizace, plynovod NTL a STL, silnoproudé vedení, sdělovací vedení, veřejné osvětlení, teplovod a potrubní pošta. Vzhledem ke stávajícím vodojemům, které se nacházejí v jihovýchodní části ulice Slezské, jsou zde trasovány vodovodní litinové příváděcí řady velkých dimenzí (DN 900 a 500) a dále rozvodné vodovodní litinové potrubí (DN 100, 150 a 200).

Z geologického hlediska se v této oblasti vyskytují pískovce, prachovce a jílovité břidlice. V tabulce níže je uveden výpis konkrétního geologického archivního vrtu, jehož umístění je patrné z geologických map (<http://mapy.geology.cz>) dle klíče báze GDO (geologicky dokumentovaného objektu) a jeho poloha je vyznačena v příloze 2.1.

Tab. 8: Výpis geologické dokumentace archivního vrtu GDO - 190327

Hlubkový interval [m]	Stratigrafie
	kvartér - holocén
0,00 – 0,30	ornice; geneze půdotvorná
	kvartér - pleistocén
0,30 – 2,00	šterk hlinitý, písčítý; geneze fluviální přítomnost: jíl písčítý, ve složkách
	ordovik - beroun
2,00 – 4,50	břidlice slídnatá, navětralá, hnědošedá; geneze sedimentární
	zjištěné litostratigrafické jednotky
2,00 – 4,50	Letenské souvrství

Pozn.: Hladina podzemní vody neuvedena

V ul. Slezské je vysázen minimální počet stromů. Dřeviny jsou vysázeny pouze v úseku mezi ul. Nitranská – Řípská (3 stromy v jižním chodníku), dále v úseku Řípská – Perunova (4 stromy v severním chodníku) a stromořadí 13 stromů ve východní oblasti u vodojemů (polohy stromů jsou zřejmé z grafických příloh). Absence zeleně je patrná především v porovnání s okolními ulicemi, kde jsou vysázena relativně hustá stromořadí viz Obr. 19 a Obr. 20.



*Obr. 19: Pohled do ul. Slezská s lokální zelení (54)*



*Obr. 20: Pohled do ul. Řípská se stromořadím (54)*

Celá ulice je z dopravního hlediska jednosměrná od náměstí Jiřího z Lobkovic směrem do centra k náměstí Míru. Pro pěší dopravu slouží v ulici oboustranné chodníky o šířce 3-5 m, které jsou lokálně zúženy zaparkovanými auty, což je patrné i z Obr. 19. Vjezdy k nemovitostem jsou řešeny jako chodníkové přejezdy (bez výškového prolomení pěší trasy), v celé ulici se nachází ale pouze minimum vjezdů. Povrchy chodníků jsou provedeny jako asfaltové a částečně z pražské mozaiky (východní část mimo zájmový úsek). Asfaltový povrch je pravděpodobně pouze dočasný, nachází se ve špatném stavu (degradace betonu a prorůstání trávy). I přestože je v této oblasti vysázeno minimální množství stromů, tak dochází k poškození chodníku vlivem kořenových systémů (viz Obr. 21).



*Obr. 21: Poškození chodníku vlivem kořenů (54)*

Z hlediska městské dopravy nejsou v celé ulici vedeny žádné linky PID. Ani pro cyklistickou dopravu nejsou zavedena zvláštní opatření a pohyb cyklistů tak probíhá ve společném jízdním pruhu s automobilovou dopravou.

Jak již bylo zmíněno výše, ul. Slezská patří k nadřazeným komunikacím města Prahy a je zde vysoké dopravní zatížení. Vzhledem k dlážděné vozovce (kamenná dlažba) a vysoké intenzitě dopravy je v ulici zvýšená hlučnost. Vydlážděný povrch vozovky je v celé délce zájmové oblasti, od náměstí Míru k ul. U Vodárny je vozovka asfaltová. Jednosměrná ulice je jednopruhová s oboustranným parkováním. Ačkoliv se v ulici nachází základní a mateřské školy, ve vozovce nejsou provedeny žádné stavební prvky pro zpomalení dopravy.

#### 4.1.2 Návrh prostoru výsadbových jam

Před samotným návrhem prostoru pro výsadbové jámy bylo v zájmové oblasti ulice zmapováno stávající vedení technického vybavení. Předmětná oblast byla rozdělena do 7 úseků (od křižovatky ke křižovatce) a níže v kapitole 5.1.1 je tabelárně proveden rozbor stávajícího VTV. Zákresy vodovodu, kanalizace a plynovodu byly získány na základě žádosti od příslušných provozovatelů, ostatní sítě jsou dostupné z digitální technické mapy ([www.geoportalpraha.cz](http://www.geoportalpraha.cz)) a jejich polohy jsou zřejmé z grafických příloh.

Pro vodovodní, kanalizační a plynovodní potrubí byly vyneseny dle příslušné dimenze vnější hrany potrubí a následně jejich ochranná pásma.

Při samotném návrhu prostoru pro VJ, bylo provedeno variantní umístění ve vzdálenostech 4,0 m, 5,7 m a 6,0 m od fasády budov k bližší hraně VJ (poloha je zřejmá z grafických příloh 2.2 a 2.3). Vzdálenosti byly voleny tak, aby budoucí vzrostlé stromy byly v dostatečné vzdálenosti od hranice budov. Primárně byly veškeré VJ navrženy ve vzdálenosti 4,0 m a následně byly doplněny o variantní vzdálenosti 5,7 a 6,0 m z důvodů nižších ekonomických nákladů při nutných přeložkách VTV (vzniklá kolize s navrženou VJ) a zároveň aby byla zachována jednotná pozice stromořadí ve východní části ulice.

V kombinaci s potřebným prostorem pro kořenový systém stromu a velmi hustému uložení VTV v dané ulici, byla stanovena minimální přípustná šířka VJ na hodnotu 1,0 m. Snahou ovšem bylo najít takové pozice, aby byl poskytnut pro kořenový systém stromů co největší prostor. Většina navržených VJ má tedy šířku 1,5 m a byly koncipovány tak, aby byl dodržen minimální odstup od souběžného VTV alespoň 0,3 m od vnější hrany potrubí. Délky výsadbových jam jsou navrženy individuálně, aby při příčném křížení jámy s VTV byla vzdálenost od dané sítě minimálně 1,5 m od osy vedení. Ve VJ nejsou zohledněny rozhledové poměry v křižovatkách a vjezdech.

V případech, kde dochází ke kolizi vedení technického vybavení s prostorem pro VJ, je navrženo přeložení dané sítě a je uvedena orientační cena za přeložku pomocí výkopu. Přeložení se uvažuje umístit mimo veškeré navrhované prostory pro VJ. Pro VTV, jichž ochranná pásma zasahují do prostoru výsadbové jámy, bylo prověřeno, zda případná sanace může být prováděna pomocí výkopu (aniž by byla zasažena VJ) a také je uvažováno s variantními možnostmi za využití bezvýkopových technologií. U sanace pomocí otevřeného výkopu jsou v některých případech danou rýhou zasaženy i okolní VTV. Při provádění by tedy musela být nejprve provedena přeložka zasažené sítě a až následně sanace samotného vedení. S těmito přeložkami není v této práci uvažováno, jelikož sítě jsou takto uloženy již ve stávajícím stavu. U VTV, kde není známa dimenze (kabely pro sdělovací vedení) je uvažována šířka výkopu jako 0,8 m (minimální šířka výkopu, kam vstupují fyzické osoby – viz kapitola 3.4.1).

U bezvýkopových technologií byly jako potenciální vhodné způsoby uvažovány následující technologie: renovace kontinuálním potrubím (Relining), těsně přiléhajícím potrubím (Close-fit), rukávцем vytvrzovaným na místě (CIPP), směrovým vrtáním (HDD) a výměnou rozbitím (Berstlining). Možnost využití HDD bylo ověřováno pro sítě sdělovacího vedení, ostatní způsoby byly uvažovány pro vodovodní a kanalizační sítě. Na základě dimenze VTV byly pro bezvýkopové metody stanoveny rozměry startovacích a cílových jam, které vycházejí z diplomové práce „Stavební připravenost pro ukládání potrubí bezvýkopovou technologií“ (Aleš

Landsdorf, ČVUT v Praze) a na základě vlastních poznatků. Velikosti daných jam jsou uvedeny v grafické příloze koordinačního výkresu. Při vykreslení a umístění těchto jam do situačního výkresu bylo zjištěno, které metody jsou pro konkrétní VTV možné. Cílem bylo tyto jámy umístit tak, aby byly daným výkopem co nejméně zasaženy okolní sítě podzemního technického vybavení. Stejně jako u otevřeného výkopu, ani v tomto případě nebylo uvažováno s případnou přeložkou zasažené okolní sítě jámou (případně je ale před samotnou sanací nutná).

Tento výše popsaný rozbor je tabelárně zpracován a uveden v příloze 1, kde jsou popsány a blíže specifikovány jednotlivé prostory pro VJ v závislosti na dotčeném VTV. Pro každý úsek je u VTV specifikovány materiál: LIT (litina), ZC (zdivo cihelné), PE (polyetylen), OC (ocel), ? (neznámy) a pro konkrétní dotčené sítě výsadbovou jámou jsou uvedeny dimenze profilu a specifikován příčný průřez u nekrhového profilu (VP – vejčitý profil).

U prostorů pro VJ, kde jsou vyžadovány přeložky, je pole označeno číslem 1, kde není třeba přeložení VTV, je zapsáno číslo 0. Stejným způsobem jsou řešena i OP dotčených VTV. Dále je pro nutné přeložky uvedena minimální nutná délka pro přeložení dané sítě (odpovídá délce, která je v kolizi s VJ) a variantně je určena délka přeložení VTV v celém úseku (od křižovatky ke křižovatce).

V posledním sloupci je určeno, zda VTV splňuje soulad s nařízením hl. města Prahy č. 10/2016 Sb., Pražské stavební předpisy (viz kapitola 3.5). To bylo ověřeno na základě vzdálenosti vnější hrany potrubí a patě kmene stromu. Velikost kmene byla orientačně stanovena a vynesena do koordinační situace ve vzdálenosti 0,25 m od osy stromu na každou stranu. Osy stromů nejsou vždy v ose výsadbové jámy, a to z důvodu zachování stejné pozice stromořadí v celé ulici.

Dále byly pro nutné přeložky VTV (pomocí otevřeného výkopu) stanoveny orientační náklady (Kč bez DPH) dle průměrných cen dopravní a technické infrastruktury obcí (aktualizace 2019). U větších dimenzí, které nejsou specifikovány ve výše zmíněném dokumentu, byla cena stanovena individuálně. Cena vychází z jednotkové ceny za 1 bm a následně je vynásobena koeficienty \*1,15 (ceny dle ÚRS) \*1,2 (zvýšené náklady na rekonstrukci).

Výše popsaný rozbor byl zanalyzován a byla vybrána finální varianta umístění prostorů pro výsadbové jámy. Do těchto prostorů byly orientačně navrženy stromy (viz přílohy 2.4 a 2.5), které jsou rozmístěny s minimálním vzájemným osovým rozstupem 7 m a minimálně 2 m od bočního kraje VJ. Návrh stromů není předmětem této práce a není zde uvažováno s rozhledovými poměry na vjezdech a křižovatkách. Pro navržení počet stromů byly orientačně stanoveny cenové náklady na výsadbu, přičemž je uvažováno že každý strom potřebuje výsadbovou jámu o velikosti 5 m<sup>2</sup>. Cena je stanovena v Kč bez DPH (dle cenové soustavy ÚRS 2020) a jsou v ní zahrnuty následující položky: odplevelení, obdělání půdy, aplikace půdního kondicionéru, hloubení jam, výsadba





dřevin, ochranný nátěr kmene, kotvení konstrukcí ze 3 kůlů, hnojení, zřízení závlahové mísy, zalití vysázených dřevin, přesun dřevin a ochranná protikořenová bariéra (VTV a chodníků). Vedlejší náklady byly stanoveny jako 5 % z nákladů na sadové úpravy a patří sem např. vytýčení dotčeného VTV a zajištění ochrany během provádění, odvoz a likvidace odpadů, zajištění staveniště a okolí atd.

## 4.2 Zjišťování poruch způsobených kořenovými systémy

Pro získání informací o četnosti a významnosti poruch způsobených kořenovými systémy stromů na stokových sítích (nejvíce rizikové VTV s ohledem na prorůstání kořeny) byl proveden průzkum prostřednictvím dotazníku, jehož otázky jsou uvedeny níže (bylo požadováno vyplnění celého dotazníku, ale nebylo to podmínkou).

### Otázka č. 1:

- 1.1 Jaká je délka vámi provozované jednotné kanalizace (v km)?
- 1.2 Jaká je délka vámi provozované oddílné splaškové kanalizace (v km)?
- 1.3 Jaká je délka vámi provozované oddílné dešťové kanalizace (v km)?

### Otázka č. 2:

- 2.1 Jaký podíl tvoří na celkové stokové síti gravitační kanalizace (v km)?
- 2.2 Jaký podíl tvoří na celkové stokové síti tlaková kanalizace (v km)?

### Otázka č. 3:

- 3.1 Vyplňte prosím do tabulky níže k příslušnému materiálu provozovaného **gravitačního** stokového systému: délku, stáří a případný podíl poruch způsobený kořeny stromů.

materiál	splašková a jednotná kanalizace			dešťová kanalizace		
	délka [m]	stáří [roky]	podíl poruch BBA* [%]	délka [m]	stáří [roky]	podíl poruch BBA* [%]
beton						
železobeton						
kamenina						
čedič						
polyvinylchlorid						
polypropylen						
polyethylen						
sklolaminát						
tvárná litina						
zděné stoky						
neznámý						

\*BBA – kód pro poruchu prorůstání kořenů dle kódovacího systému ČSN EN 13 508/2

### Otázka č. 4 (odpovídejte pouze v případě, že jste neodpověděli na otázku č. 3):

- 4.1 Pozorujete rozdíl v četnosti výskytu poruch způsobených kořenovým systémem stromů na dešťové či splaškové kanalizaci? Odpovězte prosím ANO/NE.



4.2 V případě, že jste na otázku 4.1 odpověděli **ANO**, uveďte prosím podíl výskytu poruch na dešťové a splaškové kanalizaci v % (případně alespoň na které kanalizaci je vyšší podíl těchto poruch).

**Otázka č. 5:**

5.1 Zaznamenali jste v poslední době na stokovém systému významné poruchy způsobené kořeny stromů? Pokud ano, uveďte prosím bližší specifikaci poruchy.

**Otázka č. 6:**

6.1 Máte stanoveny podmínky pro umístění stromu do ochranného pásma kanalizace (nad rámec § 23 zákona č. 274/2001 Sb.)? Pokud ano, prosím specifikujte.

**Otázka č. 7:**

7.1 Předepisujete minimální odstupovou vzdálenost stromů od vedení kanalizačního potrubí? Případně prosím uveďte, jaká je tato požadovaná vzdálenost.

7.2 Určujete vzdálenost od kanalizačního potrubí k ose či patě kmene stromu? V případě, že je vzdálenost určena k patě kmene, o jakou vývojovou fázi stromu se jedná?

**Otázka č. 8:**

8.1 Máte praktickou zkušenost s kořenovými bariérami, zábranami a fóliemi či prokořenitelnými buňkami? Případně prosím uveďte vaši zkušenost (pozitivní i negativní) a spolehlivost dané ochrany.

Dotazník byl rozeslán 20 provozovatelům kanalizačních sítí napříč ČR. S dotazovanými, kteří projeví zpětnou vazbu, byla problematika projednána prostřednictvím e-mailu nebo telefonicky. Z celkového počtu dotazovaných odpovědělo 50 % respondentů, přesto byly vyplněny pouze 2 dotazníky.

## 5 Výsledky

### 5.1.1 Výsledky ul. Slezská

V rámci analýzy stávajícího VTV jsou v tabulkách níže zřehledněny nacházející se sítě v konkrétních úsecích, přičemž je definován jejich materiál a dimenze.

Tab. 9: Úsek 1 (U Vodárny – Nitranská)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 200, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné	vejčítý profil 600/1100, 700/1200	-
plynovod NTL	ocel, polyethylen	150, 160	-
plynovod STL	polyethylen	225	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Tab. 10: Úsek 2 (Nitranská - Řípská)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné	vejčítý profil 600/1100	-
plynovod NTL	ocel, ocel, polyethylen	80, 150, 160	-
plynovod STL	polyethylen	63, 225	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Tab. 11: Úsek 3 (Řípská – Perunova)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné	vejčítý profil 600/1100	-
plynovod NTL	ocel	150	-
plynovod STL	polyethylen	90	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-



Tab. 12: Úsek 4 (Perunova - Kolínská)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné	vejčítý profil 600/1100	-
plynovod NTL	ocel, polyethylen	150, 160	-
plynovod STL	polyethylen	160	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Tab. 13: Úsek 5 (Kolínská – Libická)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina, litina, litina, ocel	150, 500, 900, 600	-
kanalizace	zdivo cihelné, kamenina, kamenina	vejčítý profil 600/1100, 400, 350	-
plynovod NTL	polyethylen, ocel	160, 150	-
plynovod STL	-	-	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Tab. 14: Úsek 6 (Libická - Boleslavská)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné, kamenina	vejčítý profil 600/1100, 250	-
plynovod NTL	ocel	150, 300	-
plynovod STL	polyethylen	315	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Tab. 15: Úsek 7 (Boleslavská - Čáslavská)

stávající VTV	materiál	dimenze	poznámka
vodovod	litina	150, 500, 900	-
kanalizace	zdivo cihelné, kamenina	vejčítý profil 600/1100, 250	-
plynovod NTL	ocel	150	-
plynovod STL	polyethylen	90	-
silnoproudé vedení	neznámý	neznámá	-
sdělovací vedení	neznámý	neznámá	-
veřejné osvětlení	neznámý	neznámá	po obou stranách
potrubní pošta	neznámý	neznámá	-

Při vynesení OP VTV se ukázalo, že není možné umístit žádný prostor pro výsadbovou jámu mimo OP daných sítí. Bylo tedy snahou najít alespoň takové pozice pro VJ, aby byla co nejvíce eliminována kolize s podzemním vedením a odpadla tak nutnost jeho překládání.

Podrobnější rozbor pro navržené výsadbové jámy je uveden v přílohách.



### 5.1.2 Výsledky poruch způsobených kořenovými systémy

Z dostupných odpovědí vyplynulo, že většina provozovatelů neeviduje poruchy způsobené kořenovým systémem stromů a potýkají se pouze s drobným prorůstáním vlásečnicových kořenů do kanalizace (v minimální míře s většími problémy), případně nezaznamenali vůbec žádné poruchy. Poruchám předchází pravidelným monitorováním dle stanovené periody a čištěním. Poruchy způsobené kořenovým systémem se vyskytují v porovnání s jinými závadami v zanedbatelné míře.

Dle získaných odpovědí jsou nejrizikovějším faktorem pro vrůstání kořenů do kanalizace špatně provedené spoje (nejčastěji na dešťové kanalizaci). Dále ovlivňuje prorůstání kořenů okolní terén (např. hustá výsadba stromů) a hloubka uložení potrubí (do hluboko uloženého potrubí kořeny neprorůstají).

Provozovatelé při výsadbě stromů v blízkosti kanalizace mají maximální snahu nevysazovat do ochranného pásma (definováno § 23 zákona č. 274/2001 Sb.) žádné dřeviny a obecně vysazovat stromy tak, aby ochranné pásmo nebylo zasaženo ani budoucím rozsahem dané dřeviny. Při stanovení minimální vzdálenosti stromu od kanalizačního potrubí někteří správci definují vzdálenost od paty kmene (vzrostlá fáze) k ose potrubí a jiní od osy kmene. Tuto vzdálenost obecně definují tak, aby bylo dodrženo ochranné pásmo kanalizace.

K funkčnosti ochranných opatření před kořenovými systémy se nevyjádřil nikdo z dotazovaných, jelikož s nimi nemají buď žádné zkušenosti, nebo je používají až v posledních letech a zatím tedy nelze vyhodnotit jejich funkčnost a spolehlivost.

## 6 Závěry

Hlavním cílem diplomové práce bylo v zadané lokalitě zanalyzovat stávající vedení technického vybavení a na základě místních podmínek navrhnout prostory pro výsadbové jámy stromů, které umožní jejich maximální zapojení do uličního prostoru. Pro práci byla vybrána ulice Slezská, která se nachází v Praze na Vinohradech a potýká se s problémem nedostatku místa pro výsadbu stromů.

Nejprve byla provedena literární rešerše, ve které jsou na úvod popsány výhody a nevýhody stromů v uličních prostorech a jsou uvedeny obecné podmínky pro výsadbu. Dále je práce soustředěna na popis VTV, kde jsou pro konkrétní typy uvedeny jejich účely, používané materiály, dimenze, způsoby uložení a prostorové uspořádání v uličním prostoru. Následně jsou uvedeny technologie výstavby VTV a sanační metody jak pro otevřený výkop, tak pro bezvýkopové technologie s ohledem na zhoršené podmínky vlivem kořenového systému stromů. V závěru teoretické části jsou popsána možná rizika vzájemného soužití stromů a VTV a uvedena možná ochranná opatření (aktivní a pasivní).

V praktické části byl nejprve zmapován stávající stav zájmové ulice včetně analýzy VTV. Ve stávajícím stavu je v ul. Slezské téměř celková absence stromů (v zájmovém úseku na délce cca 800 m se nachází pouze 7 stromů), což představuje riziko především z hlediska neustále se zvyšujících teplot. Problém pro výsadbu stromů je dán nedostatkem místa, vzhledem k hustému uložení VTV a příslušných ochranných pásem.

Pro zapojení maximálního počtu stromů do ulice byly variantně navrženy prostory pro výsadbové jámy. Snahou bylo navrhnout co největší plochy, aby byl pro kořenový systém stromu zajištěn dostatečný prostor a strom byl ve správné kondici a mohl tak plnit požadovanou funkci. Na základě tohoto návrhu byla provedena analýza, ze které vyplynuly nutné přeložky dotčeného vedení technického vybavení výsadbovou jámou. Dále bylo určeno, zda je budoucí strom v dostatečné vzdálenosti od dotčeného VTV a odpovídá tak požadavkům, které jsou dány Pražskými stavebními předpisy. U VTV, jichž ochranné pásmo bylo dotčeno výsadbovou jámou, byly zhodnoceny a navrženy způsoby možné sanace jak výkopovou, tak bezvýkopovou technologií.

Níže v Tab. 16 je tabelárně shrnut výsledek rozboru pro výsadbové jámy VJ-S (severní) a VJ -J (jižní) a z toho vyplývající orientační náklady za minimální nutné přeložky. V posledním sloupci je uveden soulad s Pražskými stavebními předpisy (již je uvažováno s případným přeložením sítí v kolizi s VJ). Jako doporučené varianty jsou vybrány prostory pro VJ, které jsou vyznačeny tučným modrým písmem, všechny přitom zasahují do ochranných pásem okolního VTV, podmínkou navrženého řešení je tedy nutný souhlas příslušných vlastníků a správců sítí.

Tab. 16: Výsledek rozboru navrhovaných prostorů pro výsadbové jámy

Výsadbová jáma v daném úseku	Vzdálenost od hranice budov [m]	Nutná přeložka	Cena za minimální nutnou přeložku [Kč bez DPH]	Soulad s PSP
<b>VJ1-S</b>	<b>4,0</b>	<b>plynovod PE d225</b>	<b>450 000</b>	<b>ANO</b>
VJ1-J	4,0	vodovod LIT DN 500	2 700 000	ANO
<b>VJ2-S</b>	<b>4,0</b>	-	-	<b>ANO</b>
VJ2-J	4,0	-	-	NE
VJ3-S	4,0	-	-	NE
<b>VJ3-J</b>	<b>4,0</b>	-	-	<b>ANO</b>
VJ4-S	4,0	vodovod LIT DN 900	4 800 000	ANO
VJ4-S	5,7	vodovod LIT DN 900	5 400 000	NE
<b>VJ4-J</b>	<b>4,0</b>	-	-	<b>ANO</b>
VJ5-S	4,0	vodovod LIT DN 900	5 300 000	ANO
VJ5-S	5,7	-	-	NE
<b>VJ5-J</b>	<b>4,0</b>	-	-	<b>ANO</b>
VJ6-S	4,0	vodovod LIT DN 900	5 500 000	ANO
VJ6-S	6,0	-	-	NE
<b>VJ6-J</b>	<b>4,0</b>	-	-	<b>ANO</b>
VJ7-S	4,0	vodovod LIT DN 900	4 100 000	ANO
VJ7-S	5,7	vodovod LIT DN 900	4 200 000	ANO
VJ7-J	4,0	sdělovací vedení	20 000	NE

Výsledný návrh (viz přílohy 2.4 a 2.5) byl vybrán tak, aby byl dodržen soulad s PSP a nebylo nutné překládání vodovodních litinových přivaděčů velkých dimenzí. V návrhu je tedy uvažováno pouze s přeložením plynovodního potrubí. Cena za přeložku je uvedena pouze v nutné délce, ta se rovná vzdálenosti, kde dochází ke kolizi s prostorem VJ. Náklady na přeložku v celém úseku (od křižovatky ke křižovatce) činí 640 000 Kč bez DPH. Přeložení plynovodu je doporučeno koordinovat s vlastníkem sítě a zahrnout tento náklad do investičního plánu.

Pro tento finální návrh byly do prostorů orientačně rozmístěny stromy s minimálním vzájemným rozstupem 7 m (umístění a návrh stromů není předmětem této práce). Celkem tak bylo umístěno 59 stromů do navrženého prostoru pro výsadbové jámy o délce 440 m a ploše 660 m<sup>2</sup> (šířka prostoru pro VJ je 1,5 m). Pro navržené stromy byly stanoveny orientační cenové náklady na výsadbu (uvažovaná plocha pro výsadbovou jámu 1 stromu je 5 m<sup>2</sup>), které činí 500 000 Kč bez DPH. Celková cena včetně minimální nutné přeložky plynovodu je tedy 950 000 Kč bez DPH (orientačně lze uvažovat s nákladem na jeden strom cca 16 000 Kč bez DPH).

Jako záložku pro navrhované stromy lze využít potenciálu uličního prostoru, kdy je možné k výsadbovým jámám svést srážkovou vodu z přilehlých chodníků a případně i ze střech okolních budov. Pro snížení rizika nežádoucího zatápní výsadbových jam stromů by při přeplnění voda odtékala bezpečnostním přelivem do kanalizace. Bezpečnostní přeliv by byl umístěn ve výsadbové jámě, která leží na nejnižším místě podélného sklonu ulice. Ve výše zmíněných nákladech nejsou



započítány ceny za rekonstrukci povrchů a závlahu z těchto prostor.

V rámci diplomové práce byl vytvořen dotazník s problematikou, která se týká poruch způsobených kořenovými systémy stromů. Ten byl rozeslán provozovatelům kanalizačních sítí napříč ČR. Dotazník byl zaměřen na stokové sítě, jelikož představují největší riziko z hlediska poruch způsobených kořenovými systémy.

Na základě tohoto průzkumu vyplynulo, že se provozovatelé s těmito poruchami setkávají zřídka oproti jiným poruchám. Poruchy způsobené kořeny nepředstavují tedy až tak velké riziko, ale je nutno dodržet správný technologický postup při ukládání potrubí a případně využít vhodnou protikořenovou bariéru. Dle dostupných odpovědí za minimální vzdálenost stromu od kanalizačního systému považují ochranné pásmo kanalizace, avšak liší se způsob stanovení vzdálenosti, kdy někteří určují tuto vzdálenost od osy stromu k potrubí a jiní od paty kmene stromu (ve vzrostlé fázi). Bohužel již není definován strom ve „vzrostlé“ fázi, tudíž není zcela jednoznačné, o jakou vzdálenost se jedná.

Po shrnutí a zmapování veškerých poznatků jsou stromy v ulicích velkým přínosem a určitě by s nimi mělo být v uličních prostorách více uvažováno, neměly by být navrhovány na úkor VTV, kdy by v přílišné blízkosti mohly způsobovat poruchy. Vzdálenost stromů od VTV by se měla stanovovat individuálně na základě důležitosti konkrétního vedení a již v projektové fázi je vhodná mezioborová spolupráce projektantů VTV s arboristy (či krajinnými inženýry). Také je nutno předem řádně a smluvně vyřešit kdo bude hradit náklady za obnovy a další opatření z důvodů různých vlastníků (např. vlastník pozemku nebo správce sítě). Při správně provedené pokládce VTV s důrazem na kvalitně provedené spoje a případně vhodně použitého ochranného opatření by nemělo docházet k poruchám způsobených kořenovými systémy. Při návrhu stromů není nejdůležitější jejich počet, ale jejich funkčnost, proto je nutné jim zajistit dostatečný prostor pro kořeny a následnou péči.



## 7 Seznam použité literatury

- (1) Resler, Jaroslav. Co způsobují stromy v ulicích? [přednáška] 2019.
- (2) Emma Ferranti, James Lvine, Rob MacKenzie. The institution of environmental sciences. [Online] 2019. <https://www.the-ies.org/>.
- (3) Merkblatt DWA-M 162 Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle. 2013. ISBN 978-3-942964-78-4.
- (4) Oldřich Mauer, Eva Palátová. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště - Strnady. [Online]
- (5) Špinlerová, Zuzana. Ekofyziologie dřevin. Mendelova univerzita v Brně, 2014.
- (6) kol., Mauer O. a. Rhizologie lesních dřevin. Mendelova univerzita v Brně, 2013.
- (7) Ochrana stromů při stavební činnosti - Základy arboristiky. [Online] <https://akela.mendelu.cz/>
- (8) Hora, David. Ekosystémové služby stromů a dosažení jejich očekávané úrovně [přednáška]. Praha, 2020.
- (9) SPPK A02 001: 2013 Výsadba stromů. Mendelova univerzita v Brně, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2013.
- (10) Ochrana dřevin při stavební činnosti SSPPK 01 002: 2017 Ochrana dřevin při stavební činnosti. Mendelova univerzita v Brně, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2017.
- (11) kol., Josef Beránek a. Inženýrské sítě. VUT Brno, 2005.
- (12) ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení. Český normalizační institut, 1994.
- (13) Kříž, Karel. 13. bienální konference VODA 2019. "Soužití" modrozelené, technické a dopravní infrastruktury. Praha, 2019.
- (14) ČSN 73 7505 Kolektory a ostatní sdružené trasy vedení inženýrských sítí. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- (15) Hrachovinová, Petra. Výstavba sítí technického vybavení v obci. Bakalářská práce. VUT Brno, 2017.
- (16) ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- (17) Uživatelská příručka I./2000: Betonové a železobetonové trouby a kanalizační šachty. Betonika spol. s.r.o.
- (18) Hrazdil, Váslav. Technologie stavebních prací II, Modul 11 Inženýrské sítě a komunikace. VUT Brno, 2005.
- (19) kol., Petr Šrytr a. Městské inženýrství. Praha, 1998. ISBN 80-200-0063-X.
- (20) Galetka, Martin. tzbinfo. [Online] 2016. <https://energetika.tzb-info.cz/elektroenergetika/13676-prenosova-soustava-elektricke-energie>.



- (21) ARTMETAL ČECHY S.R.O. [Online] <http://www.artmetal-cz.com/p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD%20vo/Rozvody%20ve%C5%99ejn%C3%A9ho%20osv%C4%Btlen%C3%AD.pdf>.
- (22) Babinová, Georgina. Cesta k bydlení. [Online] 2020. <https://cestakbydleni.cz/solarne-lampy/>.
- (23) Publi. [Online] <https://publi.cz/books/185/08.html>.
- (24) Koubková, Ilona. Plynovody a přípojky [prezentace]. ČVUT v Praze.
- (25) Pelánová, Iveta. Sanace kanalizačního potrubí ve Staré Boleslavi. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, 2019.
- (26) e-on. [Online] <https://www.eon-distribuce.cz/clanek/odorizace-zemniho-plynu>.
- (27) A/S, Kamstrup. tzbinfo. [Online] 2018. <https://voda.tzb-info.cz/18215-nefakturovana-voda-jak-usetrit-obrovske-castky>.
- (28) Rosová, Hana. Identifikace a návrh řešení balastních vod v kanalizačním systému obce Všestary. Diplomová práce. ČVUT v Praze, 2017.
- (29) ČSN EN 1610 Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- (30) SOVAK časopis oboru vodovodů a kanalizací. Praha, 2011. ISSN 1210-3039.
- (31) CZSTT. Česká společnost pro bezvýkopové technologie. [Online] <https://www.czstt.cz/pouzivane-technologie>.
- (32) Landsdort, Aleš. Stavební připravenost pro ukládání potrubí bezvýkopovou technologií. Diplomová práce. ČVUT v Praze, 2017.
- (33) Česká společnost pro bezvýkopové technologie (CzSTT). [Online] <https://www.czstt.cz/>.
- (34) NODIG: Zpravodaj České společnosti pro bezvýkopové technologie. Praha, 2016.
- (35) (CzSTT), Česká společnost pro bezvýkopové technologie. Přehledná příručka: Bezvýkopové technologie. Praha, 2012.
- (36) Pleva, Ondřej. Technologie bezvýkopových oprav potrubních sítí. Bakalářská práce. VUT Brno, 2017.
- (37) Voženílek, Marek. Návrh sanace stoky "Hřbitovní" - Kladno. Diplomová práce. ČVUT v Praze, 2020.
- (38) D. Stein, R. Stein. UNITRACC. [Online] <https://www.unitracc.com/>.
- (39) Pražské stavební předpisy - Nařízení č. 10/2016 Sb. hl. m. Prahy. Praha, 2016.
- (40) Brněnské vodárny a kanalizace, a.s. Kamerový průzkum [fotografie]. Brno, 2017.
- (41) Břeň, Aleš. wavin academy. [Online] 2018. <https://www.wavinacademy.cz/blog/poznatky-z-wavinu-kanalizacni-potrubi-blokovane-zarustanim-koreny/>.
- (42) sázíme budoucnost. [Online] <https://www.sazimebudoucnost.cz/getattachment/f0c8bca5-6334-408c-b1b9-161ec7673f01/solitary>.
- (43) GREENMAX. [Online] <https://www.greenmax.cz/stimulator-a-presmerovani-rustu-korenu>.



- (44) Americover protection from the found up. [Online]  
<https://www.americover.com/blog/install-root-barrier/>.
- (45) GREENMAX. Katalog: Inteligentní kombinace zelená šedá modrá. 2018.
- (46) KING ROOTBARRIER. [Online]  
<https://www.kingrootbarrier.com/en/applications/preventing-root-damages/root-protection/>.
- (47) GREENMAX. [Online] <https://www.greenmax.eu/en/aeration-system/>.
- (48) GREENMAX. [Online] <https://www.greenmax.cz/kombinovany-system-provzdušnovani-a-zalévání-stromu>.
- (49) citygreen. [Online] <https://citygreen.com/solutions/aeration-and-deep-watering/>.
- (50) best4hedging. [Online] <https://www.best4hedging.co.uk/mona-relief-aria-tree-irrigation-system-1-25m-p318>.
- (51) GEOMall. [Online] <https://www.geomall.cz/protikorenova-folie-root-barrier#>.
- (52) GREENMAX. Treeparker Modulární systém půdních buňek. [Online]  
<https://www.greenmax.cz/download.php?fid=929>.
- (53) GREENMAX. [Online] <https://www.greenmax.cz/treeparker-prokorenitelny-bunker>.
- (54) Pelánová, Iveta. Terénní průzkum [fotografie]. Praha : autor neznámý, 2020.
- (55) NODIG: Zpravodaj České společnosti pro bezvýkopové technologie. Praha, 2011.

## 8 Seznam obrázků

Obr. 1: Směšování a proudění vzduchu vlivem stromů a různé výškové variability budov (2) .	10
Obr. 2: Uliční prostor bez stromů s menším směšováním vzduchu (2) .....	10
Obr. 3: Ochrana stromů v úrovni uličního prostoru před znečištěným okolním vzduchem (2)..	11
Obr. 4: Riziko znečištěného vzduchu v korunách stromů v úrovni uličního prostoru (2) .....	11
Obr. 5: Stádia vývoje kořenového systému stromu (5).....	12
Obr. 6: Zájmová pásma VTV v podzemní trase a jejich doporučená posloupnost (15) .....	23
Obr. 7: Bezpečná vzdálenost výkopu od stávajícího objektu (17) .....	24
Obr. 8: Členění BT (31) .....	37
Obr. 9: Zablokovaný průchod potrubí kořenovým systémem (40).....	46
Obr. 10: Prorostlý kořen v kanalizaci (40).....	46
Obr. 11: Instalace bariéry kolem VTV (46) .....	48
Obr. 12: Lineární aplikace bariéry (46).....	48
Obr. 13: Perforovaná trubice (50) .....	49
Obr. 14: Schéma provzdušňovacího a závlahového systému (2 vstupy) (45).....	49
Obr. 15: Usměrnění růstu kořenových systémů (51) .....	50
Obr. 16: Instalace prokořenitelných buněk (53).....	50
Obr. 17: Zасыпání zeminou (53) .....	50
Obr. 18: Předmětná ulice Slezská .....	51
Obr. 19: Pohled do ul. Slezská s lokální zelení (54) .....	53
Obr. 20: Pohled do ul. Řípská se stromořadím (54).....	53
Obr. 21: Poškození chodníku vlivem kořenů (54) .....	54



## 9 Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled vymezení OP a podmínky výsadby zeleně (13).....	19
Tab. 2: Nejmenší dovolené svislé vzdálenosti při křížení v m (12) .....	20
Tab. 3: Nejmenší dovolené vodorovné vzdálenosti při křížení v m (12) .....	21
Tab. 4: Nejmenší dovolené krytí podzemních sítí (12).....	21
Tab. 5: Nejmenší šířka rýhy v závislosti na jmenovité světlosti trouby (DN) (29) .....	34
Tab. 6: Nejmenší šířka rýhy v závislosti na hloubce rýhy (29).....	34
Tab. 7: Min. vzdálenosti podzemních sítí od paty kmene stromu dle PSP (39) .....	45
Tab. 8: Výpis geologické dokumentace archivního vrtu GDO - 190327.....	52
Tab. 9: Úsek 1 (U Vodárny – Nitranská) .....	59
Tab. 10: Úsek 2 (Nitranská - Řípská).....	59
Tab. 11: Úsek 3 (Řípská – Perunova) .....	59
Tab. 12: Úsek 4 (Perunova - Kolínská).....	60
Tab. 13: Úsek 5 (Kolínská – Libická).....	60
Tab. 14: Úsek 6 (Libická - Boleslavská).....	60
Tab. 15: Úsek 7 (Boleslavská - Čáslavská).....	60
Tab. 16: Výsledek rozboru navrhovaných prostorů pro výsadbové jámy.....	63

## 10 Seznam příloh

### **Příloha 1: Rozbor navrhovaných prostorů pro výsadbové jámy**

### **Příloha 2: Grafická část:**

- 2.1 Přehledná situace
- 2.2 Variantní návrh VJ – výřez 1
- 2.3 Variantní návrh VJ – výřez 2
- 2.4 Návrh finálních VJ – výřez 1
- 2.5 Návrh finálních VJ – výřez 2