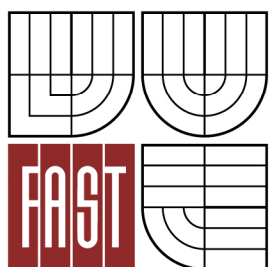


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

SANACE VODOVODNÍ SÍTĚ A PŘÍPOJEK

REHABILITATION OF THE WATER NETWORK AND CONNECTIONS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MAREK SKRYJA

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. **JAROSLAV RAČLAVSKÝ, Ph.D.**

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor 3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště Ústav vodního hospodářství obcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Marek Skryja

Název Sanace vodovodní sítě a přípojek

Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2015

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

.....
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

- [1] Odborný časopis NODIG - národní a mezinárodní.
- [2] Sborníky z mezinárodních a národních konferencí NO-DIG.
- [3] RAČLAVSKÝ, J. et al. Báze znalostí – metody sanace vodovodních řadů, Sborník „Mezinárodní vodohospodářské kolokvium“ pořádané v rámci řešení výzkumného záměru MSM 261100006, FAST VUT v Brně, Brno, 2001.
- [4] ROSCHER, H. a kol. Sanierung städtischer Wasserversorgungsnetze, Verlag Bauwesen, Berlin, 2000.
- [5] JOHN, H.J., LENZ, J. Ertüchtigung, Sanierung, Erneuerung von Druckrohrleitungen, Vulkan-Verlag Essen, 1996.
- [6] Další odborná literatura dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

Zásady pro vypracování

Předmětem bakalářské práce bude zpracování nových poznatků a informací z oblasti sanací vodovodních sítí a přípojek. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části bakalář provede rešerši z dané problematiky. V druhé části bakalář aplikuje získané poznatky na studii sanace vybrané části vodovodní sítě.

Požadované výstupy: dle pokynů vedoucího BP.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

- 3.

.....
doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou z oblasti sanace vodovodních sítí a přípojek. V práci jsou zmíněny poznatky a informace týkající se tohoto odvětví. V první části je zpracována rešerše dané problematiky. V druhé části aplikace získaných poznatků na sanaci vybrané části vodovodní sítě.

Klíčová slova

Vodovodní síť, sanace vodovodu, vodovodní přípojka, oprava, renovace, obnova, bezvýkopová technologie, sanační technologie.

Abstract

Bachelor thesis covers a rehabilitation of water networks and connections. This thesis includes informations related to this sector. The first part deals with the research of the issue. In the second part, the application of knowledges on the rehabilitation of selected portions of the water supply network.

Key words

The water supply network, rehabilitation of water supply network, water connection, repair, renovation, renewal, trenchless technology, rehabilitation technology.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

SKRYJA, Marek. *Sanace vodovodní sítě a přípojek*. Brno, 2016. 65 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21. 5.2016

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem, kteří mi při práci poskytli cenné rady, především pak vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing Jaroslavu Raclavskému, Ph. D., za poskytnutí odborných rad a připomínek. Poděkování patří také panu Bohumírovi Inwaldovi za poskytnutí podkladů k danému úseku vodovodní sítě ve Velkém Meziříčí.

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	TERMINOLOGIE A NÁZVOSLOVÍ.....	11
3	SANACE VODOVODNÍCH SÍTÍ.....	13
3.1	Oprava.....	13
3.2	Renovace.....	13
3.3	Obnova	14
4	SOUVISEJÍCÍ NORMY	15
5	HISTORIE VODOVODNÍCH SÍTÍ A MATERIÁLŮ.....	16
5.1	Historické materiály používané k dopravě vody	17
5.1.1	Dřevěné vrtané potrubí.....	17
5.1.2	Dřevěné dužinové potrubí.....	18
5.1.3	Zděné přivaděče	19
5.1.4	Skleněné potrubí	20
6	SOUČASNÉ MATERIÁLY	21
6.1	Kovové	21
6.1.1	Ocel.....	21
6.1.2	Litina.....	22
6.1.3	Olovo	24
6.2	Nekovové	25
6.2.1	Plasty.....	25
6.2.2	Sklolaminát	29
6.2.3	Azbestocement	29
6.3	Poruchy vodovodních sítí.....	30
7	TECHNOLOGIE SANACE VODOVODNÍCH SÍTÍ A PŘÍPOJEK	31
7.1	Technologie a materiály pro opravu vodovodních potrubí.....	31
7.2	Technologie a materiály pro renovaci vodovodních potrubí a přípojek.....	33
7.2.1	Metody prováděné nástřikem sanační vrstvy	33
7.2.2	Zatahování potrubí do stávající vodovodní sítě, rukávce	36
7.2.3	Renovace přípojek	39
7.3	Technologie a materiály pro obnovu vodovodních potrubí a přípojek.....	40
7.3.1	Vytahování starého potrubí za současného zatahování nového potrubí.....	41
7.3.2	Obnova ve vedlejší trase	42

8	SANACE VODOVODNÍ SÍTĚ VE MĚSTĚ VELKÉ MEZIRÍČÍ	45
8.1	Výběr a popis lokality	45
8.2	Stávající stav vodovodní sítě.....	45
8.3	Návrh a výpočet sanační technologie	45
8.3.1	Výpočet délky startovací a cílové rýhy	46
8.3.2	Výpočet tahových sil.....	47
8.3.3	Výsledná tahová síla	56
8.3.4	Porovnání sil	56
8.3.5	Návrh vrtného zařízení.....	57
8.4	Zhodnocení.....	57
9	ZÁVĚR	58
10	POUŽITÁ LITERATURA.....	59
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ	63
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	64
	SUMMARY	65

1 ÚVOD

Tématem této bakalářské práce je zpracování nových poznatků týkajících se oblasti sanace vodovodních sítí a přípojek a jejich aplikace na obnovu vodovodní sítě ve Velkém Meziříčí.

Sanace vodovodů je stále více aktuálním tématem v oblasti inženýrských sítí. Vodovodní sítě často vyhovují kapacitně, ale jsou v některých místech zbytečně předimenzovány z důvodů poklesu odběrů vody. Nejvýznamnějším faktorem, proč sanovat, je nevyhovující stav stávajícího potrubí ze stavebně-konstrukčního hlediska. Vodovody v některých oblastech dosahují konce svojí životnosti a dochází k únikům vody vlivem častých poruch.

Jejich následkem vznikají finanční ztráty provozovatelům vodovodních sítí. Ti se obracejí na projektanty zabývající se touto problematikou. Hlavním úkolem projektanta při řešení daného problému je koncepční rozvaha, neboli zhodnocení aktuálního stavu vodovodní sítě a následně pak zvolení nejefektivnější sanační technologie a postupu.

Vhodnou technologií můžeme docílit velmi dobrých výsledků a výrazně tak prodloužit životnost starého potrubí. Pokud ovšem nevyhovují pevnostní charakteristiky stávající vodovodní sítě, pak za použití vhodné metody můžeme minimalizovat výkopové práce na minimum a nenarušovat tak například stávající terén, životní prostředí a chod dopravy.

2 TERMINOLOGIE A NÁZVOSLOVÍ

Termíny a definice týkající se sanací vodovodních sítí uvedené v normě TNV 75 5405

Sanace vodovodních sítí:

- sanace – všechna opatření k obnovení nebo zlepšení stávajících vodovodních sítí;
- bezvýkopová technologie, bezrýhová technologie – způsoby sanace nebo uložení potrubí v zemi bez použití otevřené výkopové rýhy;
- renovace – opatření ke zlepšení stávajících funkčních a provozních vlastností vodovodů při úplném nebo částečném zachování jejich původní konstrukce;
- trhání a řezání trub – postup, při kterém se stávající vodovodní trouby uložené v zemi dynamicky nebo staticky roztrhají či rozřežou zevnitř, zbytky trub se roztlačí do okolní zeminy a do uvolněného prostoru se zatáhnou trouby nové;
- startovací a cílová šachta – hloubené šachty, které jsou určeny k umístění zařízení pro bezvýkopové technologie;
- startovací rýha – výkop pro navedení rozbíjecího nebo propichovacího kladiva, vrtné nebo zaváděcí hlavy nebo pro manipulaci s chráničkou a vodovodním potrubím;
- cílová rýha – výkop k vyjmutí rozbíjecího nebo propichovacího kladiva nebo pro demontáž vrtné a montáž rozšiřovací hlavy nebo pro umístění tažného zařízení a pro manipulaci s chráničkou a vodovodními troubami;
- montážní rýha – výkop v místě stávajících nebo projektovaných kolen, oblouků, T-kusů, hydrantů a armatur na vodovodním potrubí;
- kontrolní trubka – trubka, sloužící k posouzení průchodnosti a stavu vnitřního povrchu potrubí, zejména při sanaci ocelových a litinových vodovodů;
- úsek potrubí – (dále jen „úsek“): část trasy potrubí vymezená montážními rýhami, startovací nebo cílovou rýhou;
- ochranná koncovka – element ve tvaru trouby s kuželovým rozšířením, sloužící k ochraně vodovodního potrubí před poškozením při vtahování nebo vtačování a zamezující vnikání okolní zeminy do potrubí;
- rozšiřovací hlava – kónicky upravená hlava, sloužící k rozšíření vodícího vrtu a k uchycení trouby při vtahování;
- zaváděcí hlava – kuželová hlava, sloužící k centrálnímu vedení čela trouby, k jeho uzavření, popřípadě k upevnění tažného lana;

- zatahovací síla – síla, kterou je zatěžováno tažné soutyčí nebo tažné lano; na tuto sílu musí být dimenzováno strojní zařízení, zatahované trouby a musí ho přenést i konstrukce, o kterou se opírá strojní zařízení ve startovací šachtě;
- tažné lano – ocelové lano, umožňující připojení a vtažení trub;
- zaváděcí struna – struna, která se nasouvá do sanovaného potrubí v celé délce úseku a umožňuje zavedení tažného lana;
- výstelka – nový vnitřní plášť potrubí, vytvořený různými metodami;
- vyvločkování – kontinuálními troubami: vyvločkování v délce renovovaného úseku souvisle spojenými troubami, u kterých se nemění během instalace průměr příčného průřezu;
- vyvločkování těsně přiléhajícími troubami – vyvločkování kontinuálními troubami, u kterých je příčný průřez zmenšen, aby se usnadnila instalace, a po instalaci jsou vráceny do původního stavu pro zajištění těsného kontaktu se stávajícím potrubím;
- vyvločkování troubami vytvrzenými na místě – vyvločkování pomocí ohebné vložky (rukávce) impregnované reaktoplastem, která po vytvrzení vytvoří troubu [12].

3 SANACE VODOVODNÍCH SÍTÍ

Sanace je velmi důležitým pojmem v problematice vodovodních sítí. Lze ji označit jako všechna opatření ke znovuobnovení nebo zlepšení stávajících trubních celků. Provádíme ji metodou v otevřeném výkopu (otevřené rýhy) nebo bezvýkopově. U bezvýkopové metody nedochází k narušení nadloží oproti metodě v otevřeném výkopu. Ale i přesto jsou zemní práce poměrně rozsáhlé a to z důvodu vytvoření startovacích, cílových a popř. mezilehlých rýh. Sanace se dělí na opravu, renovaci a obnovu [9].

3.1 OPRAVA

Dochází k menšímu zásahu na síti. Konkrétně se jedná o opatření k odstranění lokálních závad na síti. Nevyplatí se tedy potrubí obnovovat jako celek, ale stačí opravit pouze dané poškozené místo nebo krátký úsek. Oprava vodovodu se provádí většinou pomocí otevřených výkopů.

Typy prováděných oprav:

- utěsnění lokální netěsnosti na potrubí nebo hrdle;
- celková výměna porušené části potrubí.

Poruchy vyskytující se na vodovodech:

- povrchová koroze lokálního charakteru;
- poškození vzniklé vlivem mechanického namáhání;
- netěsnost hrdlových spojů způsobená porušeným nebo vypadlým těsněním [9].

3.2 RENOVACE

Při renovaci dochází k rozsáhlejším zásahům než při opravě. Je to opatření ke zlepšení stávajících vlastností současného vodovodního potrubí a přípojek, při které je původní konstrukce úplně nebo částečně zachována. Obvykle jsou používány bezvýkopové technologie. V dnešní době je na trhu k dispozici široký výběr materiálů, výrobců a technologií zabývajících se tímto typem sanace.

Renovační metody se rozdělují podle způsobu provádění:

- metody prováděné nástřikem (epoxidace, cementace);
- metoda vtahování potrubí, které je dočasně zmenšené nebo zdeformované (U-Liner, Compact Pipe, Rolldown, ...);

- metoda zatahování polyethylenového kruhového potrubí menšího průměru (PE-relining);
- metoda zatahování ocelových trub nebo trub z tvárné litiny;
- metoda zatahování flexibilního rukávce (vložkování), který je vytvrzen nebo lepen na místě (Phoenix, Paltem, ...) [9].

3.3 OBNOVA

Při obnově se vybudovávají nové trubní sítě a přípojky ve stávající nebo jiné trase. Funkce původních sítí je zachována. Používají se výkopové i bezvýkopové technologie. Obnova je velmi radikální způsob sanace. Stávající potrubí nevyhovující řadě faktorů (nízká pevnost, propustnost,...) je vyměněno novým trubním vedením.

Při obnově vodovodní sítě se používají 3 metody:

- metody trhání/řezání starého potrubí a zatažení nového (berstlining, cracking);
- metoda vytahování starého potrubí a zatahování nového (Hydros, Bullit,...);
- výstavba nové vodovodní sítě metodou řízeného nebo neřízeného vrtání.
[9]

Popis všech technologií a materiálů používaných při opravě, rekonstrukci a obnově zmiňuji v kapitole 7.

4 SOUVISEJÍCÍ NORMY

Tab. 4. 1 Přehled norem souvisejících s výstavbou a sanací vodovodních sítí (upraveno z [9], [11])

Označení normy	Název normy
ČSN 73 6660 (736660)	Vnitřní vodovody
ČSN 75 0000 (750000)	Vodní hospodářství. Soustava norem ve vodním hospodářství. Základní ustanovení
ČSN 750101 (750101)	Vodní hospodářství - základní terminologie
ČSN 75 5401 (755401)	Navrhování vodovodního potrubí
ČSN 75 5630 (755630)	Vodovodní podchody pod dráhou a pozemní komunikací
ČSN 75 5911 (755911)	Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí
ČSN 75 5411 (755411)	Vodárenství - vodovodní přípojky
ČSN EN 805 (755011)	Vodárenství - Požadavky na vnější sítě a jejich součásti
ČSN EN 1295-1 (750210)	Statický návrh potrubí uloženého v zemi pro různé zatěžovací podmínky - Část 1: Všeobecné požadavky
ČSN EN ISO 11298-1 (64 6422)	Plastové potrubní systémy pro renovace rozvodů vody uložených v zemi – Část 1: Všeobecně
ČSN EN ISO 11298-3 (64 6422)	Plastové potrubní systémy pro renovace rozvodů vody uložených v zemi – Část 3: Vyvločkování těsně přiléhajícími trubkami
TNV 75 5922 (755922)	Obsluha a údržba vodovodních potrubí veřejných vodovodů
TNV 75 5950 (755950)	Provozní řád vodovodu
TNV 75 5405 (755405)	Sanace vodovodních sítí
TNV 75 5516 (755516)	Svařování vodovodního a kanalizačního potrubí z plastů
TNV 75 5402 (755402)	Výstavba vodovodního potrubí
TNV 75 5410 (755410)	Blok vodovodních potrubí
TNV 750211 (750211)	Navrhování vodovodního a kanalizačního potrubí uloženého v zemi - statický výpočet

5 HISTORIE VODOVODNÍCH SÍTÍ A MATERIÁLŮ

Zásobování vodou bylo v historii jedním z nejnáléhavějších úkolů. Lidé museli nosit ručně nádoby s vodou od zdrojů ke svým obydlím, což vyžadovalo mnoho času a úsilí. Výstavba vodovodu měla tak lidem usnadnit práci a pozvednout danou lokalitu na vyšší materiální i kulturní úroveň.

Vodovody v historii:

- Gravitační vodovod Assyřanů 2500 př. Kr.
- Tlakový vodovod v Pergamu, což je řecké město ležící na maloasijském pobřeží, vodovod byl dlouhý 30 km s výškovým převýšením 150 m. Materiálem zde byly olověné trubky, o tloušťce stěny 4 cm, a byly uloženy v kamenných korýtcích.
- Vodohospodářská soustava v Jeruzalémě, vzniklá za dobu vlády krále Šalamouna (kolem r. 1000 př. n. l.). Voda byla jímána z řek a vedena do soustavy tří nádrží a odtud do města.
- Gravitační přivaděče Etrusků a Římanů (viz Tab. 5.1). Stavěli kamenné žlaby, které byly těsněné hydrosilikátovými tmely. Žlaby pro dopravu vody se nazývají akvadukty. Mohly být stavěny i ve více patrech nad sebou.

Tab. 5.1 Přehled vybudovaných přivaděčů Etrusky a Římany (vytvořeno z [1])

Název přivaděče	Vznik [roky př. Kr.]	Délka [km]
Aqua Apia	305	16,6
Marcia	145	92,0
Tepula	127	189,0



Obr. 5.1 Akvadukt Aqua Apia v Římě [35]

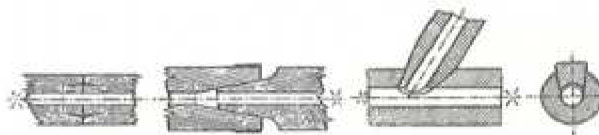
- Tenochtitlan ve Střední Americe, který měl v 16. století po dobití Španěly více obyvatel než Londýn, který byl v té době největším evropským městem s 40000 obyvateli. Město leželo uprostřed jezera a mělo gravitační přívody ze tří spojovacích hrází.
- V Čechách kolem r. 1155 byl vybudován potrubní vodovod vedoucí z Jizerek na Vyšehrad a v r. 1348 došlo k výstavbě novoměstského vodovodu.
- Byzantské vodojemy v Istanbulu, které byly vyžděny z cihel. Celkem jich bylo 70 a největší z nich je cisterna baziliky, tzv. „Potopený palác“. V současné době zarybněná nádrž [1].

5.1 HISTORICKÉ MATERIÁLY POUŽÍVANÉ K DOPRAVĚ VODY

Všechny stavební materiály prochází vývojem. To se týká i vodovodních potrubí. V minulosti se používaly různé druhy trubních materiálů, které se postupem času nahrazovaly odolnějšími a celkově pro dopravu vody přijatelnějšími. Příchod nových materiálů zapříčiňoval změny v technologických postupech pro montáž a pokládku potrubí [2].

5.1.1 Dřevěné vrtané potrubí

Jedním z prvních používaných materiálů bylo dřevo, které bylo velmi dobře opracovatelné. Z tesařů se postupně stávali tzv. rouníci, kteří potrubí vyráběli i pokládali. Dřevěné vrtané potrubí bylo vyráběno z kmenů modřínového nebo borového dřeva. Průměr kmenu byl zpravidla 20-30 cm. Před samotným vrtáním byla odstraněna kůra. Do kmenů se vrtaly otvory průměru 4-6 cm speciálními nebozezy. Spoje byly prováděny tupými srázy spojenými ocelovou zděří, nebo pomocí čepování. Čepové spoje byly vyztužovány ocelovou obručí, která se zahřívala a narážela za horka na potrubí. Odbočky se připojovaly šikmými čepy (viz Obr. 5.2).



Obr. 5.2 Typy spojů dřevěného vrtaného potrubí. Zleva: spojování ocelovou zděří, spojování pomocí čepu, napojení odbočky šikmým čepem a utěsnění čistícího otvoru [2]

Potrubí nesmělo vyschnout, proto roury, které nebyly ihned použity, byly skladovány ve vodě. Hlavními nevýhodami dřevěného potrubí byl malý průtočný profil a značná netěsnost spojů. Potrubí bylo nevhodné používat pro vyšší provozní tlaky. Nástup novějších a pro vodovod přijatelnějších materiálů, dřevěné potrubí z vodárenství na přelomu 19. a 20. století vyloučil [2].

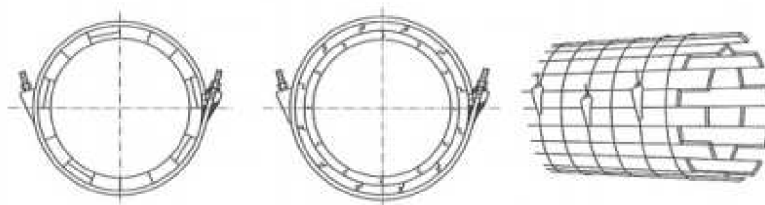


Obr. 5.3 Výřez z dřevěného vrtaného potrubí z r. 1825 nalezeného v Hranicích na Pernštejském náměstí [2]

5.1.2 Dřevěné dužinové potrubí

Tento druh materiálu, respektive změna použití dřeva při výstavbě, byl oproti dřevěnému vrtanému potrubí vhodnější pro vyšší provozní tlaky. Dobová literatura uvádí tlaky až do 10 atmosfér, což je cca 1 MPa. Dužinové potrubí bylo vyráběno v rozpětí od malých profilů až do průměrů překračujících i 4 m. Trouby do průměru 0,5 m se vyráběly v dílnách a byly dlouhé 5-6 m. Na místě se spojovaly tupým stykem s objímkou nebo přeplátováním. Potrubí větších průměrů, tedy větších než 0,5 m, byly sestavovány na místě. Pro menší tlaky stačilo sestavení konstrukce z jedné vrstvy dužiny spojené tupým stykem. Potrubí velkých průměrů a určeného pro vyšší provozní tlaky bylo sestaveno z dvou vrstev dužiny a drážkového spoje (viz Obr. 5.4). K zajištění tuhosti celé konstrukce byly umístovány ocelové obruče od sebe vzdálené cca 25 cm. Obruče se stahovaly pomocí stahovací hlavy, která byla umístěna na jedné straně obruče a závitem s maticí na straně druhé. Práce na dřevěném dužinovém potrubí se daly srovnat s pracemi při výrobě dřevěných sudů. Výroba vodovodního potrubí oproti výrobě sudů byla méně náročná, protože u potrubí se neprovádělo zakřivení podle podélné osy.

Nejznámějším dřevěným dužinovým potrubím u nás byl trubní převaděč DN 2000 (viz Obr. 5.5), který převáděl vodu z vodního díla Seč na přilehlou vodní elektrárnu. Vybudován byl v roce 1941-1943 a jeho délka byla 854 m, v roce 2010 byl nahrazen potrubím ocelovým [2].



Obr. 5.4 Ukázka dřevěného dužinového potrubí. Zleva: potrubí jednoplášťové spojované tupým stykem, dvouplášťové potrubí spojované pomocí drážek, montáž [2]



Obr. 5.5 Dřevěné dužinové potrubí DN 2000, převaděč z vodního díla Seč na vodní elektrárnu (v roce 2010 nahrazeno ocelovým potrubím) [2]

5.1.3 Zděné přivaděče

Zděné přivaděče byly používány zejména před příchodem ocelových a litinových potrubí. Výstavba tohoto druhu byla velmi technicky i ekonomicky náročná. Profily velkých rozměrů byly průchodné, sloužili tedy primárně k dopravě velkých průtoků.

Zděné přivaděče byly stavěny z lomového kamene, kamenných kvádrů a cihel. Na povrch se nanášela pálená omítka. Pod vrstvu pálené omítky se doporučovalo umístit asfaltovou izolaci, která zajišťovala větší pružnost omítky a odolnost proti změnám teploty [2].

5.1.4 Skleněné potrubí

Od skleněného potrubí (viz. Obr 5.6) se v 50. letech minulého století očekávalo, že nahradí ocelové a litinové, ale zůstalo prakticky nevyužitým materiálem pro dopravu pitné vody. Výhodou byla sice hladkost vnitřních stěn a odolnost vůči agresivnímu prostředí půd, ale značnou nevýhodou byla malá pevnost v tlaku, malá pevnost v tahu, nízká odolnost vůči otřesům a velké nároky na správnou pokládku. Potrubí bylo také náchylné na vnitřní pnutí, které vznikalo nedokonalým chladnutím při jeho výrobě [2].



Obr. 5.6 Skleněné potrubí a spojka bez těsnění tzv. Vymerova spojka [2]

6 SOUČASNÉ MATERIÁLY

6.1 KOVOVÉ

6.1.1 Ocel

Ocel je slitinou železa a dalších prvků. Množství prvků, které doprovázejí železo (uhlík, křemík, fosfor), je malé [8].

Ocelové trouby pro dopravu vody se používají především tam, kde je dosahováno vysokých provozních tlaků. Ocel má velmi dobré mechanické vlastnosti, je pevná, pružná, houževnatá a odolná proti únavě. Tento materiál navzdory svým dobrým vlastnostem ustupuje jiným materiálům, protože je silně korozivní. Je proto nahrazována nerezovou ocelí. V praxi se ovšem ocel stále používá pro velké profily, ale musí být zajištěna vnější i vnitřní povrchová úprava. Je dostupná i v délkách až 13,5 m. Ocel je v dnešní době často využívána pro krátkodobé přeložky [9].

Používají se ocelové trubky bezešvé, hladké nebo se šroubovitým svarem. Jakostní třída oceli je 11 (nejběžnější materiály jsou 11 353, 11 373, 11 375) [14].

Vnitřní povrch bývá upravován cementací nebo vhodným nátěrem po dohodě s provozovatelem. Využívány jsou i trouby cementované z výroby [14].

Typy spojů:

- svarový spoj natupo (nutná vnější, pokud je to možné i vnitřní izolace);
- přírubový (u přechodů na armatury) [14].

Technické parametry:

- označení – O, OC, ST (první zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu a alternativní zkratky například ze zahraniční literatury) [40];
- hustota oceli – 7850 kg/m³ [29];
- pevnost v tahu – 363 až 441 MPa (jakost 11 375) [29];
- mez kluzu – 196 MPa (jakost 11 375) [29];
- tlaková třída – minimálně PN 10 [14];
- přípustná dimenze – minimálně vnější profil 350 mm [14];
- požadovaná životnost – 80 let [14].

6.1.2 Litina

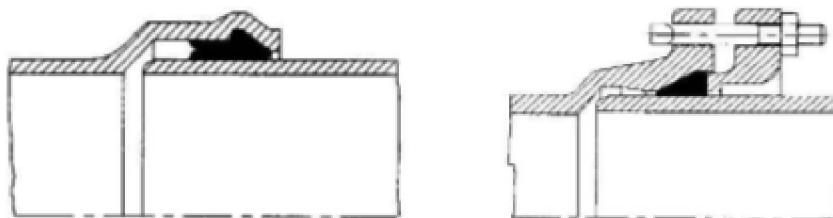
Šedá

Litina je slitina železa, uhlíku a dalších prvků. Litina obsahuje 2,2 – 4 % uhlíku. Oproti oceli, kde uhlík zůstává sloučen se železem, v litině je oddělován od kovu ve tvaru lupínků grafitu.

Šedá litina je poměrně hodně korozivně odolná vůči vnějšímu agresivnímu prostředí. Její největší nevýhodou je její křehkost, což zapříčiňuje vyskytující se grafit ve formě lamel. Šedá litina by se dala označit za historický materiál, protože se v dnešní době prakticky nevyužívá - tento materiál je nahrazován litinou tvárnou. Šedá litina se vyskytuje ve světě v rozmezí 40 – 64 % a v České republice v rozmezí 60 – 74%. Tyto čísla dokazují, jak dokáže šedá litina vzdorovat vnějšímu agresivnímu prostředí, na některých místech jsou vodovody z tohoto materiálu starší než 100 let [13].

Typy spojů:

- násuvný spoj SKD;
- ucpávkový spoj;
- přírubový spoj [13].



Obr. 6.1 Ukázka spojů šedé litiny. Zleva: spoj SKD, ucpávkový spoj [13]

Technické parametry:

- označení – LT, GG (první zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu a alternativní zkratka například ze zahraniční literatury) [40];
- hustota šedé litiny – 7250 kg/m³ [32].

Tvárná

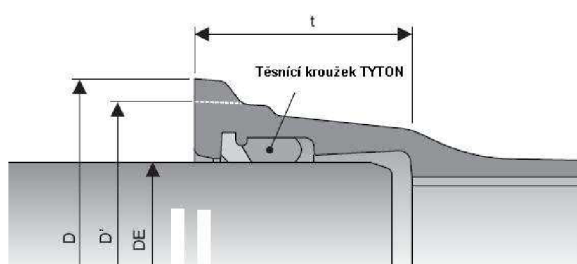
V tvárné litině se uhlík vyskytuje ve shlucích kulovitého tvaru, oproti šedé litině, kde se uhlík vyskytuje ve formě lamel [13].

Tvárná litina díky stejnému množství grafitu jako má litina šedá, je také velmi odolná vůči agresivnímu vnějšímu prostředí, tedy je korozivně odolná. Oproti šedé litině je tvárná litina odolnější vůči vlivům mechanického namáhání. Je odolnější proti nárazům, proti otěru, je také více formovatelná a má vyšší mez pružnosti.

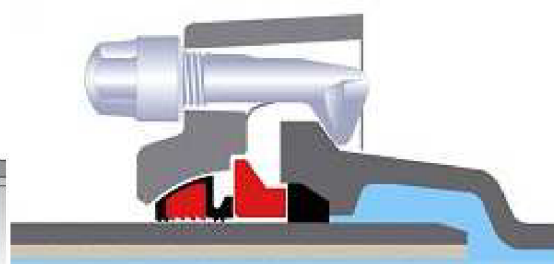
Vyskytující se poruchy u tvárné litiny jsou na jednotku délky a času 4 x nižší než u šedé litiny, což dokazuje její příznivé mechanické vlastnosti [2].

Typy spojů:

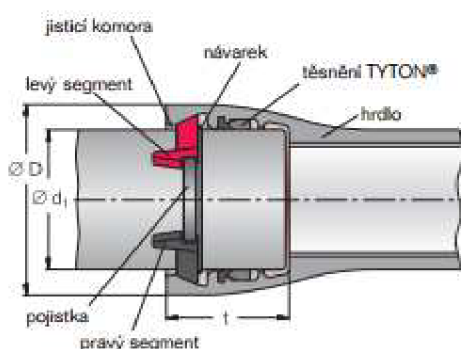
- hrdlový spoj (nejčastější typ spoje, používají se spoje: TYTON (viz Obr. 6.2), STANDARD);
- přírubový spoj (u přechodů na armatury);
- ucpávkový, zámkový spoj (viz Obr. 6.3, použití například při zatlačovaném potrubí, kde vzniká axiální síla) [13].



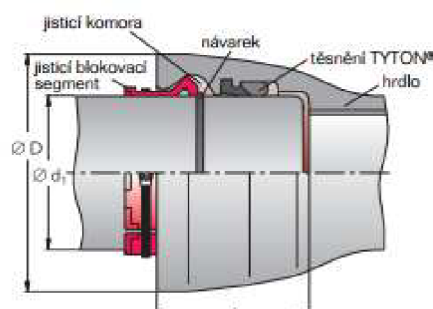
Obr. 6.2 Ukázka spoje TYTON [36]



Obr. 6.3 Mechanický zámkový spoj [22]



Obr. 6.4 Spoj BLS (DN 80-DN 500) [3]



Obr. 6.5 Spoj BLS (DN 600-DN 1000) [3]

Spoje BLS firmy Duktus (viz Obr. 6.4, 6.5) jsou hrdlové spoje jištěné proti podélnému posunu. Tyto spoje jsou schopny odolávat tažným silám, které vznikají například při bezvýkopové pokládce. Dále se používají pro různé sanační metody. Konkrétně pro obnovu vodovodů (HDD-horizontální vrtání, berstlining) [3].

Tab. 6.1 Požadavky hrdlového spoje BLS firmy Duktus (upraveno z [3])

DN [mm]	Přípustná tahová síla F [kN]	Přípustné úhlové odklonění [°]	Minimální poloměr zakřivení [m]
80	100	5	69
100	100	5	69
125	100	5	69
150	75	5	69
200	60	4	86
250	40	4	86
300	40	4	86
400	30	3	115
500	30	3	115
600	32	2	172
700	25	1,5	230
800	25	1,5	230
900	16	1,5	230
1000	10	1,5	230

Technické parametry:

- označení – TLT, GGG (první zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu a alternativní zkratka například ze zahraniční literatury) [40];
- tlaková třída – minimálně PN 10 [14];
- přípustná dimenze – DN 100 až DN 2000[14];
- požadovaná životnost – 80 let [14].

6.1.3 Olovo

Olovo je modrobílý měkký kov, na čerstvém řezu lesklý. Na vzduchu se povrch olova pokrývá tenkou vrstvou oxidu [32].

Olovo se ve vodárenství používalo k dopravě vody díky svým zajímavým vlastnostem. Tento kov se dal snadno ohýbat, řezat a byl odolný proti korozi. Olovo bylo především používáno na přípojky a vnitřní rozvody v domácnostech. Ukázalo se, že voda olovo rozpouští za vzniku toxických látek škodlivých pro člověka. Ovlivňuje například vývoj nervového systému a především pak u dětí vývoj mozku.

Až čtvrtina ze 4 milionů bytů v České republice může mít rozvody vody z olova, které se doporučuje, co nejrychleji nahradit jiným materiálem. Limit byl v roce 2001 stanoven na 50 μ g/l a od roku 2013 je stanoven na 10 μ g/l [28].

V dnešní době by se olovo dalo považovat za historický materiál, protože pro dopravu vody byl tento materiál vyřazen.

Typy spojů:

- mechanické spojky.

Technické parametry:

- hustota olova - 11340 kg/m³ [32];
- modul pružnosti v tahu – 16 GPa [32].

6.2 NEKOVOVÉ

6.2.1 Plasty

PE – Polyethylen

Materiál s vysokou perspektivou. Výhodami tohoto materiálu jsou jeho poddajnost a nízká hmotnost. Jeho vysoká ohebnost umožňuje kopírovat zakřivené trasy bez nutnosti použití tvarovek. Je velmi vhodný pro dopravu pitné vody [1].

Trubky mají modrou nebo černou barvu s modrými pruhy. Průměry nad 110 mm jsou dodávány v kusech o délce 6 m a 12 m. Do průměru 110 mm jsou dodávány ve svitcích o délce 100 až 500 m. Použití těchto svitků výrazně snižuje časové i materiálové náklady. Potrubí z polyethylenu je vhodné pro zatahování do potrubí různých materiálů. Používá se tedy výrazně pro sanaci vodovodního potrubí [9].

Používaný polyethylen na vodovodní potrubí:

- vysokohustotní (lineární PE, označovaný jako HDPE, HD-PE, 1-PE, ve skupinách pevnosti PE 80 a PE 100, pro PE 100 používány materiály společností sdružených v organizaci PE 100+);
- nízkohustotní (rozvětvený PE, označovaný jako LDPE, LD-PE, v dnešní době téměř nepoužívaný pro dopravu pitné vody) [14].

Typy spojů:

- mechanické spojky;
- svary natupo;
- elektrotvarovky;
- přírubový spoj (přechod na armatury);
- spojky standardu ISIFLO nebo Hawle (použití u nízkohustotního polyethylenu) [14].

Technické parametry:

- označení – IPE, rPE (zkratky dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu - PE lineární a rozvětvený) [40];
- hustota – 940 kg/m³ [6];
- přípustné dimenze – 1“ až DN 225 [14];
- životnost – minimálně 50 let [14].
- pevnost MRS – 10,0 MPa (MRS je pevnost plastu pro 50 let života při 20°C) [6];
- pevnost v tahu (zatahovací síly, které nesmí být překročeny, viz Tab. 6.2).

Tab. 6.2 Maximální přípustné zatahovací síly pro potrubí firmy Pipelife (upraveno z [6])

DN [mm]	SDR 17 [kN]	SDR 11 [kN]
25	-	1,0
32	1,5	2,0
40	2,5	4,0
50	4,0	6,0
63	7,0	10,0
75	9,5	14,0
90	14,0	21,0
110	21,0	31,0
125	26,0	40,0
140	34,0	50,0
160	43,0	66,0
180	56,0	84,0
200	70,0	103,0
225	85,0	131,0

V tabulce je znázorněna maximální přípustná zatahovací síla vzhledem k průměru potrubí (platí při teplotě 20°C). SDR jsou normou stanovené řady [6].

$$SDR = \frac{D}{t}, \quad (6.1)$$

kde D ... vnější průměr potrubí [mm],

t ... tloušťka stěny potrubí [mm].

Tab. 6.3 Vhodnost PE potrubí Pipelife pro jednotlivé technologie pokládky (upraveno z [6])

Metoda	Druh trubek		
	PE100+	SUPERPipe	ROBUST SUPERPipe
Pokládka do výkopu písková	+	+	+
Pokládka do výkopu, zrno 200 mm	-	+	+
Pokládka do výkopu bez omezení zrnitosti	-	-	+
Relining trub s hladkým vnitřním povrchem	+	+	+
Relining trub uvnitř nespécifikovaných	-	+	+
Pluhování	-	+	+
Frézování	-	+	+
Řízené podvrty *	-	+	+ +
Berstlining	-	-	+

* Místní podmínky mohou vyžadovat použití ROBUST SUPERPipe.

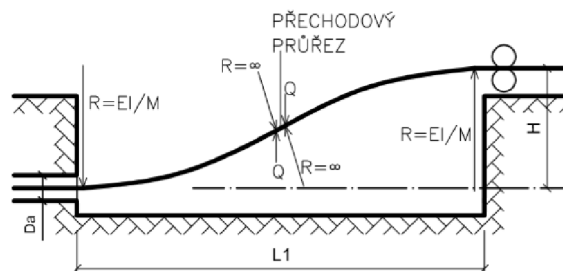
	riziko při pokládce malé
	riziko při pokládce střední
	riziko při pokládce velké, je nutná dodatečná ochranná vrstva

Tabulka (Tab. 6.3) ukazuje riziko při pokládce třech materiálů a to PE100+ (běžně používaný materiál), SUPERPipe (odolnější) a ROBUST SUPERPipe (robustní ochrana proti poškození). V červeném rámečku jsou metody týkající se sanací vodovodů a bezvýkopových metod.

Při používání bezvýkopových nebo sanačních metod, kde je potrubí zatahováno do startovací rýhy, se musíme vypořádat s hloubkou a délkou výkopu, aby nedošlo k překročení limitního poloměru (viz Tab. 6.4, Obr. 6.6, Obr. 6.7) stanoveného výrobcem. Použitím vyvýšené stojky s válečkem před startovací rýhou docílíme její kratší délky, aniž bychom překročili maximální poloměr ohybu. Tím výrazně snížíme potřebné výkopové práce.

Tab. 6.4 Minimální potřebné poloměry při zatahování pro potrubí firmy Pipelife (upraveno z [6])

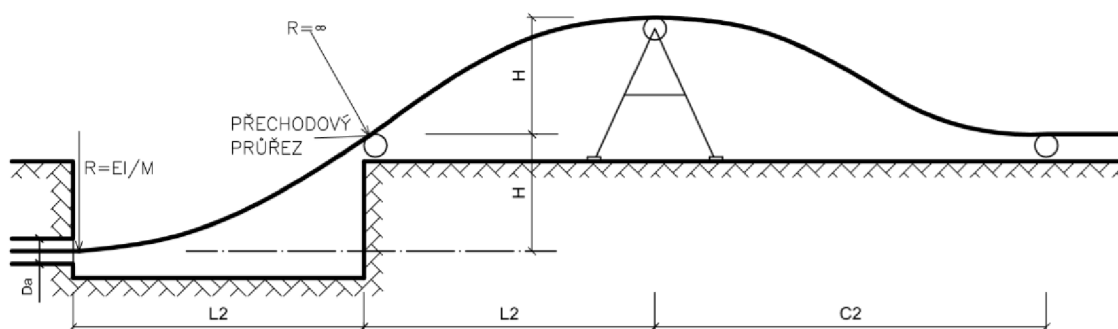
Poloměr oblouku R	20x D	35x D	50x D
Teplota	20°C	10°C	0°C
D = vnější průměr trubky			



Obr. 6.6 Schéma rýhy a poloměrů při zatahování potrubí (upraveno z [10])

$$L_1 = \sqrt{6HR}, \quad (6.2)$$

kde H ... rozdíl výšek [mm],
 R ... poloměr ohybu [mm],
 L_1 ... potřebná délka rýhy [mm].



Obr. 6.7 Schéma rýhy a poloměrů při zatahování potrubí za použití stojky (upraveno z [10])

$$L_2 = \sqrt{3HR}, \quad (6.3)$$

kde H ... rozdíl výšek [mm],
 R ... poloměr ohybu [mm],
 L_2 ... potřebná délka rýhy [mm].

PVC – Polyvinylchlorid

První plastové potrubí, které bylo použito ve vodárenství. Potrubí a tvarovky jsou dodávány s nástrčným hrdlem, ve kterém je těsnicí kroužek z elastomeru. Při správné montáži je tento systém dokonale těsný. Tvarovky mohou být plastové a při vyšším tlaku i litinové [14]. Základní délka trubek je 6 m [7].

Typy spojů:

- hrdlový spoj [8].

Technické parametry:

- hustota – 1400 kg/m³ [7];

- označení – PVC (zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu) [40];
- pevnost MRS – 25,0 MPa (MRS je pevnost plastu pro 50 let života při 20°C) [7];
- krátkodobý modul pružnosti – 3000 až 3600 MPa [7];
- dlouhodobý modul pružnosti – 1750 až 2000 MPa [7];
- přípustné dimenze – DN 90 až DN 315 [14];
- životnost – minimálně 50 let [14].

6.2.2 Sklolaminát

Sklolaminát je materiál, který má vysokou pevnost, stálost a je poměrně lehký. Je prakticky nekorozivní. Materiál je vyroben z pryskyřice (polyesterové), skelných vláken a křemičitého písku. Variabilní použití všech těchto přísad může vést k výrazně odlišným vlastnostem a to při zachování stejné tloušťky stěny. Vzhledem ke svoji nízké hmotnosti jsou vyráběny v délkách až 12 m [8]. Tvarovky jsou používány litinové nebo z nerezové oceli [14].

Při výrobě potrubí jsou použity dvě základní technologie:

- navíjení;
- odstředivé lití (patentově chráněno firmou HOBAS)[8].

Typy spojů:

- přesuvné spojky s pryžovým těsněním [8].

Technické parametry:

- označení – SKL, GRP (první zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu a alternativní zkratka například ze zahraniční literatury) [40];
- jmenovitý tlak [PN] – 1 až 32 bar [24];
- přípustné dimenze – DN 150 až DN 3600 [24].

6.2.3 Azbestocement

Azbestocementové trouby se pro dopravu vody již nenavrhují a nevyrábí. Materiál je málo odolný vůči nárazům a má malou pevnost v ohybu. Azbest se v mikrovlákněch uvolňuje do vody a podobně jako u olova může mít škodlivé účinky na lidské zdraví [8],[28].

Typy spojů:

- azbestocementové spojky s pryžovými kroužky [8].

Technické parametry:

- Označení – A, AC (první zkratka dle ČSN 01 342 Výkresy vodovodu a alternativní zkratka například ze zahraniční literatury) [40].

6.3 PORUCHY VODOVODNÍCH SÍTÍ

Dle materiálů vodovodních potrubí zaznamenáváme rozdílné druhy poruch (viz Tab. 6.5). Konkrétněji, jaké typy poruch se na daném materiálu použitého na vodovodní potrubí vyskytují nejčastěji. V závislosti na typu poruchy a velikosti jejího rozsahu navrhujeme druh sanace. Kvalitním vyhodnocením technického stavu stávajícího vodovodního potrubí navrhujeme nejvhodnější technologii a metodu, kterou bude sanace potrubí prováděna.

Tab. 6.5 Vybrané druhy poruch na vodovodním potrubí

Materiál potrubí	Druh poruchy
Ocel	Koroze (vyžaduje vnější i vnitřní ochranu)
Šedá litina	Trhliny (křehkost materiálu)
PVC, PE	Deformace potrubí

7 TECHNOLOGIE SANACE VODOVODNÍCH SÍTÍ A PŘÍPOJEK

Při sanaci vodovodních sítí a přípojek se používá mnoho různých technologií (viz Tab. 7.1) v závislosti na stávajícím stavu vodovodní sítě. V následující kapitole zpracovávám nové poznatky, které se týkají některých technologií, materiálů, případně jejich poskytovatelů.

Tab. 7.1 Přehled vybraných sanačních technologií pro vodovodní sítě a přípojky

Sanační technologie pro vodovodní sítě a přípojky	OPRAVA viz kap. 7.1	Opravné pasy
		Opravné spojky
		Vyříznutí nevyhovující části
	RENOVACE viz kap. 7.2	Cementace
		Epoxidace
		SS systém
		Rolldown
		Swagelining
		U-liner
		Relining
		Rukávce
	OBNOVA viz kap. 7.3	Neofit
		Berstlining
		Hydros PLUS
		Hydros Boy
		Hydros LEAD
		Neřízené mikrotunelování
	Řízené mikrotunelování (HDD)	

7.1 TECHNOLOGIE A MATERIÁLY PRO OPRAVU VODOVODNÍCH POTRUBÍ

Při těchto poruchách lokálního charakteru se používají převážně opravné pasy a opravné kusy k dotěsnění hrdel. V případě rozsáhlejší poruchy (např. větší podélné trhliny), dochází k vyříznutí daného úseku, který je nahrazen novou částí potrubí. Na trhu je velké množství těchto opravných kusů, proto uvádím jen některé z nich [9].

Používané technologie:

NERA nerezový opravný pas

- opravy průměrů v rozsahu DN 50 až DN 600;
- použití pro litinové, azbestocementové, PVC, PE a ocelové potrubí;
- jednoduchá a rychlá montáž;
- šrouby opatřeny teflonovým povlakem;
- pasy s jednoduchým, dvojitým a trojitým upínáním [9],[15].



Obr. 7.1 Opravný pas NERA s dvojitým upínáním [15]

TREPI litinový opravný pas

- použití od průměrů DN 40 až DN 800;
- použití pro litinové, azbestocementové, PVC a ocelové potrubí;
- tuhá konstrukce se zámkovým mechanismem, který spojuje tři segmenty;
- těsnění z měkké pryže zaručující absolutní těsnost;
- použití na místa, kde dochází ke vzniku velkých zatížení [9],[15].

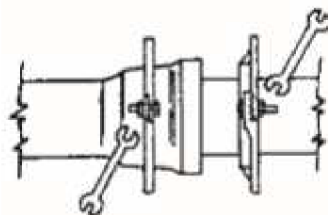


Obr. 7.2 Opravný litinový pas TREPI [15]

STOP opravná spojka na hrdla

- spojka na hrdla litinových potrubí;
- použití od průměru DN 80 do DN 1200;

- oprava netěsného hrdla bez odstávky daného úseku;
- snadná montáž, není nutné odstraňovat staré těsnění [16].



Obr. 7.3 Opravná spojka STOP na litinová hrdla [16]

Vyříznutí nevyhovující části úseku

- použití při rozsáhlejší poruše;
- úsek nahrazen novou částí potrubí s přesuvnými spojkami;
- spojky jsou přetaženy přes stávající potrubí a utaženy;
- nutnost odstavení opravovaného úseku [9].

Prodejci a výrobci poskytující tyto opravné pasy a spojky jsou HAWLE, AVK VODKA, STRAUB a další [9].

7.2 TECHNOLOGIE A MATERIÁLY PRO RENOVACI VODOVODNÍCH POTRUBÍ A PŘÍPOJEK

Při renovaci jsou používány technologie, které se provádějí nástřikem sanační vrstvy, zatahováním potrubí a vložkováním.

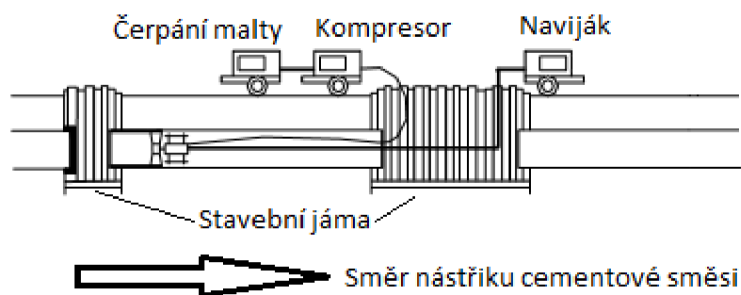
7.2.1 Metody prováděné nástřikem sanační vrstvy

Používané technologie:

Cementace

- používá se především na potrubí z tvárné a šedé litiny, případně na potrubí ocelové, azbestocementové nebo železobetonové;
- cementaci lze provádět v profilech od DN 80 do DN 3000;
- nutné odstavení sanovaného úseku;
- musí být provedeno očištění od inkrustů (není nutné dosáhnout čistého kovového povrchu) škrabáky, kartáči a plungery;

- rychle se otáčející rozstřikovací hlavice nanáší vrstvu cementové malty o tloušťce 3,0 – 12,0 mm, malta se skládá z křemičitého písku, cementu a pitné vody;
- za rozstřikovací hlavicí je umístěn hladící kužel nebo rotující hladítko, které povrch vyhlazuje;
- chrání vnitřní stěnu potrubí před korozí, zajišťuje stálou kvalitu dopravované vody a obnovuje hydraulické vlastnosti potrubí;
- po 12 hodinách od provedení nástřiku lze potrubí naplnit vodou, po 24 hodinách lze provést desinfekci nebo výplach a po 48 hodinách lze provést tlakovou zkoušku;
- po prokázání mikrobiologické nezávadnosti lze uvést potrubí do provozu [9], [20].



Obr. 7.4 Schéma provádění cementace (upraveno z [9])



Obr. 7.5 Ukázka sanovaného potrubí cementací [38]

Epoxidace

- před provedením nástřiku musí dojít k mechanickému očištění potrubí od inkrustů a jiných nečistot do kovového lesku, potrubí musí být suché po celou dobu provádění a nesmí dojít k vniknutí vody do potrubí, protože by došlo k vyplavení výstlky;

- vysokotlakými hadicemi je přiváděna směs epoxidové pryskyřice k stříkací hlavě a rotačním pohybem zařízení je nanášena na stěnu potrubí;
- nástřikem vznikne hladká neporézní vrstva s výbornými hydraulickými vlastnostmi a odolností proti korozi;
- epoxidace je prováděna ze startovací po koncovou šachtu, které jsou od sebe vzdálené asi 100 m;
- očekávaná životnost nástřiku z epoxidové pryskyřice na základě provedených zkoušek je minimálně 50 let;
- po kamerové prohlídce je potrubí znovu uvedeno do provozu [9].

SS systém (sanace semistrukturálním nástřikem)

- semistrukturální nástřik je dvousložková polyuretanová pryskyřice skládající se z báze a aktivátoru (poměr 2,5:1), nanášen konkrétní materiál Scotchkote 169HB vyvinutý na území Anglie;
- běžná aplikace na profily DN 100 až DN 800;
- nástřiková metoda, která neřeší pouze ochranu vnitřního povrchu potrubí (epoxidace), ale navyšuje i pevnost sanovaného potrubí, zatěsnění prasklin až do velikosti 14 mm;
- laboratorně prokázáno, že při příčném porušení a vychýlení potrubí o 25 %, si nástřik zachovává svoji těsnost;
- nástřik vykazuje velmi dobré fyzikální vlastnosti (houževnatost, poddajnost, pevnost ve stříhu a ohybu);
- vnitřek potrubí musí být mechanicky očištěn od inkrustů, usazenin (viz Obr. 7.6) a následně vysušen, poté se provádí inspekce TV kamerou;
- úsekem je protahována aplikační hlava napojená hadicemi na technologické zařízení, které pumpuje nástřikový materiál směrem k aplikační hlavě;
- tlakem je hlava roztočena a dochází k nástřiku materiálu na vnitřní plochu potrubí;
- rychlost navíjení hadic určuje tloušťku vrstvy nástřiku;
- výhodou nástřiku polyuretanové pryskyřice je oproti nástřiku z epoxidové pryskyřice její kratší doba zasychání;
- po zaschnutí se provádí inspekce kamerou, po uzavření je potrubí napuštěno vodou;

- sanace semistrukturálním nástřikem byla poprvé provedena v Anglii v roce 2004 na úseku dlouhém 4,5 km vykazující velké množství poruch, po 20 měsících provozu potrubí nevykazovalo žádné známky poruch a úniků vody, v Anglii sanováno touto metodou stovky kilometrů vodovodních řadů;
- v České republice prováděno brněnskou firmou Wombat [5], [39], [31].



Obr. 7.6 Sanované potrubí [31]



Obr. 7.7 Sanace SS systémem - výsledný stav [31]

7.2.2 Zatahování potrubí do stávající vodovodní sítě, rukávce

Používané technologie:

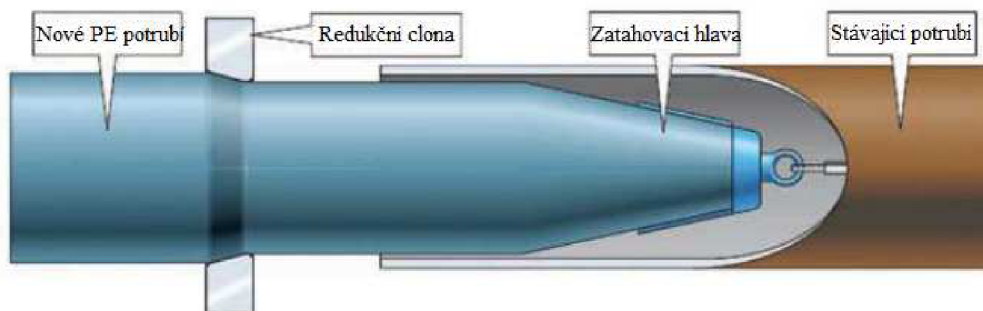
Rolldown

- tato metoda je vhodná pro profily DN 100 až DN 500;
- metoda, při které je dočasně zmenšen průměr PE potrubí díky válcovací stoličce se čtyřmi na sebe kolmými kladkami až o 6%;
- před zatažením PE potrubí je nutné provést mechanické očištění a kamerový průzkum, při zatahování se potrubí opatřuje kluzným nátěrem, například bentonitovou suspenzí;
- po zatažení potrubí sanovaného úseku se konce potrubí uzavřou a napustí vodou při přetlaku $1,4 \text{ N/mm}^2$, díky přetlaku se potrubí vrátí do původního průměru a zformuje se dle stávajícího potrubí;
- na koncích potrubí musí být dostatečný přesah, protože při zvětšování průměru dochází ke zkracování délky potrubí [9].

Swagelining

- metoda vhodná pro profily v rozmezí DN 75 až DN 900;
- potrubí je taženo komorou, ve které je vzduch o teplotě 70°C ;

- dále je konstantním tahem protahováno redukční clonou, která sníží průměr potrubí o cca 10%;
- po celou dobu zatahování musí být dodržena příslušná tahová síla a to taková, aby potrubí nebylo příliš protaženo nebo naopak navráceno do svého původního průměru;
- po zatažení je tahová síla přerušena a díky tvarové paměti trouby dojde ke zvětšení průměru a trouba přilne ke stávajícímu potrubí [9].



Obr. 7.8 Ukázka procesu technologie Swagelining (upraveno z [33])

U-liner

- metoda zatahování zdeformovaného polyethylenového potrubí ve tvaru U natočeného na buben;
- zatahovány průměry od DN 100 do DN 500;
- PE patří mezi termoplasty, které si pamatují svůj původní tvar, při zahřátí na 112°C dochází k rekrystalizaci a navrácení do původního tvaru;
- potrubí je po zatažení do stávajícího úseku potrubí na obou koncích ucpáno a do jedné z ucpávek je vháněna pára pod tlakem, potrubí je pak díky svému tzv. “memory - efektu“ rozpínáno a kopíruje vnitřní průměr stávajícího potrubí;



Obr. 7.9 Technologie U-liner. Zleva: nečištěné potrubí s inkrusty, zatažené zdeformované PE potrubí a výsledný stav [37]

- na podobném principu je na trhu celá řada technologií, respektive výrobců zabývajících se sanací pomocí deformovaného potrubí, jako například Compact Pipe, Compact Slimliner, Omega – Liner a další [9]

Relining

- metoda, při které je nové potrubí menšího průměru zatahováno do stávajícího potrubí většího průměru;
- zatahováno je potrubí z polyethylenu (dlouhotrubní relining), trouby z oceli, tvárné litiny nebo sklolaminátu;
- tato metoda je velmi vhodná na úseky, kde je potrubí vlivem poklesu odběrů předimenzováno;
- před zatahováním je nutné mechanické očištění od inkrustů a kamerová prohlídka;
- spoje trub musejí vyhovět na tahové síly vzniklé při zatahování;
- touto metodou je obnovena vodotěsnost a statické parametry potrubí [9].

Vložkování flexibilními rukávci

- před zatahování rukávce musí být stávající potrubí očištěno vysokotlakým čištěním do 2000 bar a provádí se TV monitoring [9].

Výstylky mohou být prováděny:

a) Lepením (metoda Phoenix)

- lepené výstylky jsou prováděny dvousložkovým lepidlem, které je nanášeno na vnitřní tkaninovou stranu hadice, kterou lepidlo prolne;
- následně je hadice navinuta na buben s přehrnovacím zařízením a upevněna k převraccí přírubě;
- hadice je vytlačována přtlakem vzduchu a současně dochází k přehrnování hadice tak, že tkanina s lepidlem tvoří vnější stranu, která je přitlačována k vnitřní straně stávajícího potrubí;
- vtlačená hadice je vytvrzena párou při teplotě 80°C [9].

b) Inverzně (metoda Kawex)

- dvouvrstvá výstelka - první vrstva je tvořena netkanou polyesterovou stříží a druhá vrstva je tkaná výstelka pokrytá polyuretanovou fólií;

- proti odolávání vnějšímu tlaku slouží netkaná textilie, proti vnitřnímu tkaná textilie;
- výstylka je osazována inverzním zařízením, teplou vodou nebo párou [9], [30].

7.2.3 Renovace přípojek

Používané technologie:

Neofit

- vzhledem k zastaralým a pro člověka škodlivým materiálům (olovo, azbestocement) používaných na vodovodních přípojkách, byla vyvinuta tato renovační metoda firmy Wawin;
- využití i pro staré ocelové a měděné potrubí, které má dostatečnou schopnost přenášet zatížení od vnitřního přetlaku;
- použití od průměru 10 mm do 45 mm, do délky 20 m;
- nutné provést čištění, monitoring TV kamerou se neprovádí;
- metoda se provádí tak, že trubička z materiálu PET je zatahována ručně do stávající přípojky;
- potrubím opatřeným podélnými žebry je následně na obou koncích vháněna expanze horké vody se vzduchem a dochází k roztažení trubičky na 2,2 x větší rozměr, vznikne tak těsně přiléhající vložka (viz Obr. 7.10);



Obr. 7.10 Technologie Neofit. Shora: PET trubička po zatažení, vytvrzená vložka [4]

- na koncích je nainstalována přítlačná tvarovka, která těsně spojí novou vložku s vnějším povrchem stávající přípojky, čímž dojde k vyloučení kontaktu pitné vody se starým materiálem [4], [9].

Tab. 7.2 Výrobní program Neofit firmy Wawin [4]

Průměr [mm]	Délka ve svitku [m]	Průměr svitku [mm]	Váha svitku [kg]	Rozsah vnitřních průměrů [mm]	Minimální tloušťka stěny [mm]
7	200	540	3,1	10 - 16	0,15
10	200	590	6,5	14 - 22	0,2
15	100	930	7,2	21 - 33	0,3
20	100	1160	13,0	30 - 45	0,4

7.3 TECHNOLOGIE A MATERIÁLY PRO OBNOVU VODOVODNÍCH POTRUBÍ A PŘÍPOJEK

Obnova vodovodních sítí a přípojek je používána tam, kde potrubí dosahuje konce svojí životnosti a má nedostatečnou statickou únosnost, vodotěsnost, průtočnou plochu a podobně. Potrubí je již v takovém stavu, že není možná jeho oprava nebo renovace a je nutné stávající potrubí celé vyměnit. Výměna se provádí ve stávající trase starého potrubí (destruktivní metoda) nebo v trase nové. Například, v dnešní době často používanou, metodou řízeného vrtání (HDD).

Používané technologie:

Berstlining (burstlining), cracking

a) „Trhání“ potrubí

- technologie, při které je zatahována trhací hlava do stávající sítě a ta roztlačuje kusy starého potrubí do okolní zeminy (viz Obr 7.11);
- současně s novým potrubím je zatahováno ochranné potrubí umístěné za roztlačovací hlavou, aby nedošlo ke kontaminaci potrubí lubrikačním olejem z trhací hlavy,
- nové potrubí může být až o 150 % větší;
- metoda „trhání“ je na vodovodech používána pro křehká potrubí [9].



Obr. 7.11 Berstlining – trhání potrubí (upraveno z [34])

b) „Řezání“ potrubí

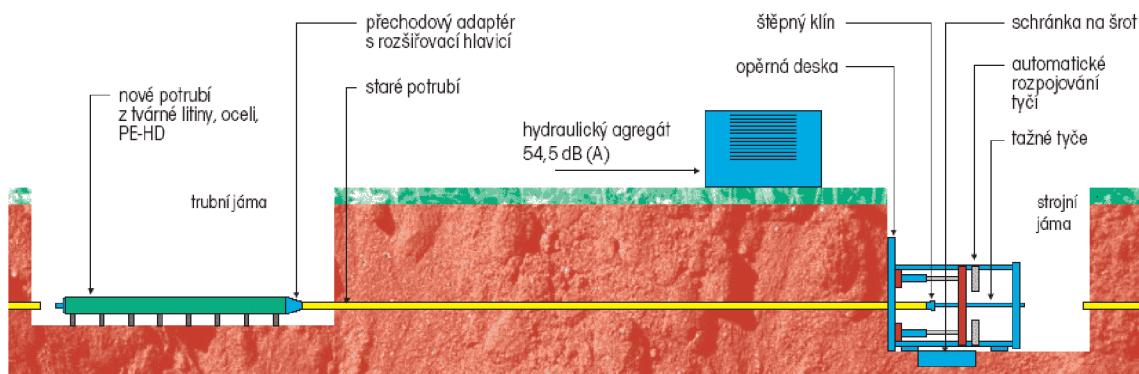
- destruktivní metoda, při které dochází k rozříznutí potrubí řezacími disky a noži, za noži je umístěno roztlačovací tělo, které rozevívá staré potrubí a je současně zatahováno nové;
- metoda „řezání“ je na vodovodech používána na obnovu ocelových potrubí;
- nejčastěji zatahovaná jsou potrubí z polyethylénu [9].

7.3.1 Vytahování starého potrubí za současného zatahování nového potrubí

Používané technologie:

Metoda hydros PLUS

- do předem mechanicky vyčištěného potrubí jsou zataženy tažné tyče;
- na druhém konci je nasazen přechodový adaptér s rozšiřovací hlavicí a novým potrubím;
- potrubí je zatahováno do stávající sítě pomocí hydraulického zařízení umístěného na prvním konci, kde je také likvidováno staré potrubí;
- touto metodou se nahrazují potrubí z litiny, azbestocementu, oceli;
- nové potrubí může mít větší světlost až o dva stupně oproti stávajícímu vedení (např. z DN 80 na DN 150);
- technologii lze použít pro potrubí DN 80 až DN 300;
- nejběžnějšími nově zatahovanými materiály jsou tvárná litina, ocel a polyethylén [9], [27].



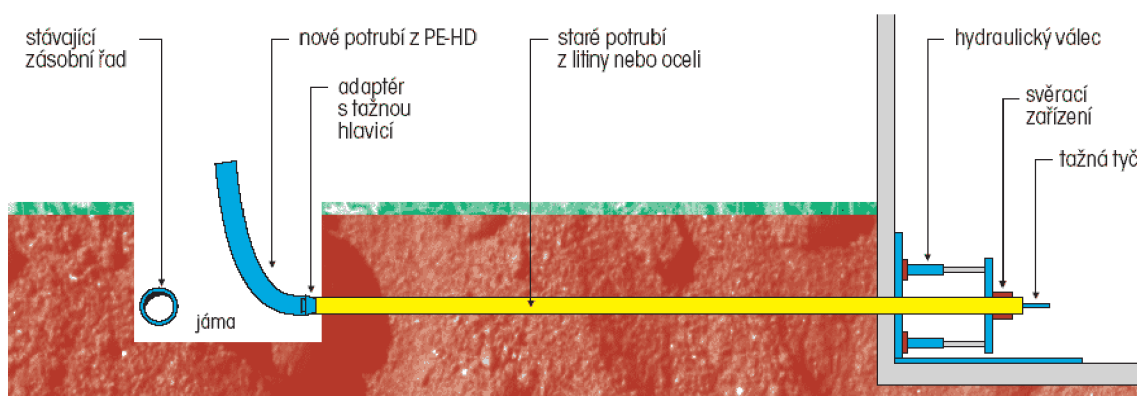
Obr. 7.12 Schéma technologie hydros PLUS [27]

Obnova vodovodních přípojek

Používané technologie:

Metoda hydros BOY

- ve stavební jámě u hlavního zásobního řadu je umístěno hydraulické zařízení, toto zařízení může být umístěno i ve sklepních prostorech domu;
- postup dále obdobný jako u metody hydros PLUS;
- vytahování starých domovních přípojek z oceli, litiny do DN 50;
- lze docílit i zvětšení jmenovité světlosti (např. z DN 40 na DN 150);
- výměna litinového potrubí DN 50 až 15 m, PE a oceli až 25 m;
- doporučovanými trubními materiály jsou trubky z rPE, PE s ochranným vnějším pláštěm z PP a 1PE uložené v chrániče [9], [25].



Obr. 7.13 Schéma technologie hydros BOY [25]

Metoda hydros LEAD

- do stávající přípojky je zatahováno ocelové tažné lanko o průměru minimálně 20 mm;
- metoda používaná na odstranění starých olověných přípojek;
- stejný postup a materiály jako u metody hydros BOY [9], [26].

7.3.2 Obnova ve vedlejší trase

Obnovu tohoto stylu provádíme bezvýkopově řízeným nebo neřízeným mikrotunelováním. Při řízeném mikrotunelování kontrolujeme směr vrtu a proto je vhodné na delší vzdálenosti. Naopak neřízené mikrotunelování je vhodné na kratší vzdálenosti. Nejpoužívanější metodou současnosti je horizontální řízené vrtání se zpětným zatahováním (HDD) [9].

Neřízené mikrotunelování

Používané technologie:

Metoda pneumatického propichování, hydraulické propichování, vibrační propichování, propichování pneumatickým beraněním, beranění s otevřeným čelem, vrtání s dodatečným zatlačením potrubí, vrtání se současným zatlačením potrubí

- všechny tyto metody lze použít pro malé i velké průřezné průměry (DN 45 až DN 2000), při těchto metodách není ani tak rozhodující délka jako požadovaná přesnost provedení, při neřízeném vrtání je nejčastěji používáno ocelové potrubí [9].

Řízené mikrotunelování

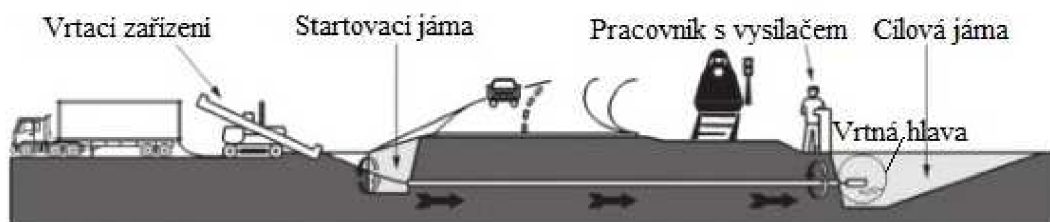
Používané technologie:

Vrtání s vodícím vrtem, vrtání na plný průřez s dálkově vedenou vrtnou hlavou, mikrotunelování s použitím dálkově ovládaného štítu [9].

Metoda řízeného vrtání s výplachem (HDD = horizontal directional drilling)

- metoda pro pokládku potrubí z PE, litiny nebo oceli od DN 32 do DN 1600;
- princip metody spočívá v určení vstupního a výstupního bodu, následně je vykopána startovací a cílová rýha;
- vrtání začíná pilotním vrtem nasměřovaným k cílové rýze, při kterém je kontrolována hloubka a směr pomocí vysílače umístěného na vrtné hlavě (viz Obr. 7.14);
- na čele vrtné hlavy jsou umístěny trysky, ze kterých tryská bentonitová suspenze a ta rozrušuje okolní půdu;
- jakmile pilotní vrt projde stěnou cílové jámy je vrtná hlava nahrazena rozšiřovací hlavou a opět za pomoci bentonitového výplachu zatahována zpět ke startovací rýze;
- současně s rozšiřovací hlavou je zatahováno nové vodovodní potrubí (viz. Obr. 7.15);

- po ukončení prací je nutné odčerpat vodu vzniklou po výplachu a vyčistit startovací a cílovou jámu [9], [18].



Obr. 7.14 Řízené vrtání – pilotní vrt (upraveno z [19])



Obr. 7.15 Řízené vrtání – rozšiřující vrt se zatahováním nového potrubí (upraveno z [19])

8 SANACE VODOVODNÍ SÍTĚ VE MĚSTĚ VELKÉ MEZIŘÍČÍ

8.1 VÝBĚR A POPIS LOKALITY

Pro návrh sanace vodovodní sítě jsem zvolil úsek ve Velkém Meziříčí. Město Velké Meziříčí se nachází v kraji Vysočina, v okrese Žďár nad Sázavou. Zájmové území leží konkrétně mezi ulicemi Hornoměstská a Družstevní, mezi těmito ulicemi protéká řeka Balinka a nachází se zde lávka. Toto území jsem si vybral na základě místa svého bydliště a také proto, že se v této lokalitě projektuje nový návrh přechodu vodovodní sítě přes řeku Balinku.

8.2 STÁVAJÍCÍ STAV VODOVODNÍ SÍTĚ

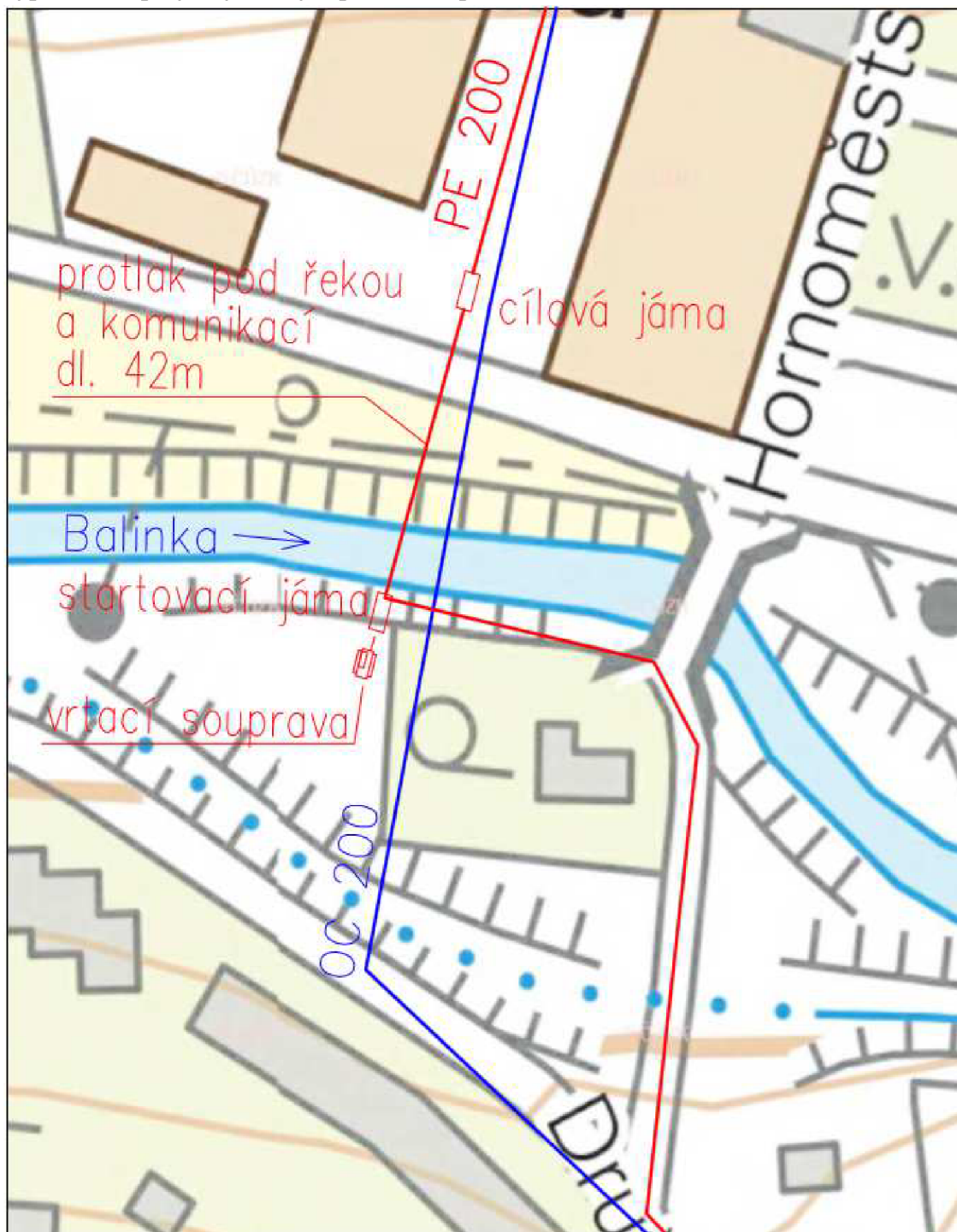
Stávající vodovod v této lokalitě je z oceli DN 200. Tento materiál bude nahrazen potrubím z polyethylenu DN 200 (viz Obr 8.1). Stávající vodovod je nevyhovující, na tomto úseku je evidován častý výskyt poruch a značné zmenšení profilu vlivem inkrustace. Potrubí od pravého břehu řeky bude vedeno v nové příznivější trase po místní cestě a uvolní tak pozemek podél řeky pro budoucí využití. Tento úsek potrubí také nabírá na významu a to proto, že spojuje vodojem Čechovy sady s vodojemem Nad Sýpkami. Hlavním zdrojem vody pro město Velké Meziříčí je vodní nádrž Mostiště, jejíž součástí je také úprava vody. O vodovody v tomto městě se stará Vodárenská akciová společnost, a. s., konkrétně divize Žďár nad Sázavou.

8.3 NÁVRH A VÝPOČET SANAČNÍ TECHNOLOGIE

Na tomto úseku se zabývám nejradiálnějším způsobem sanace a tou je obnova. V této části území navrhuji podchod pod říčním tokem Balinka a místní komunikací, metodou horizontálního řízeného vrtání (HDD).

Pilotní a následně rozšiřovací vrt bude veden ve vedlejší trase oproti stávající síti z oceli. V prvním kroku je nutné navrhnout délku startovací jámy, abychom v závislosti na hloubce uložení vodovodní sítě dodrželi maximální přípustné poloměry při zatahování ohýbaného polyethylenového potrubí (viz kapitola 6 PE-polyethylen). Pilotní vrt bude prováděn vrtací soupravou pomocí vrtné hlavice a výplachu s bentonitovou suspenzí. Požadovaný směr bude kontrolován pomocí vysílače na vrtné hlavě. Následně bude

hlavice vyměněna za rozšiřovací hlavici. A ta bude tažena za pomoci bentonitového výplachu i s polyethylenovým potrubím zpět.



Obr. 8.1 Schéma situace zájmového území

8.3.1 Výpočet délky startovací a cílové rýhy

Délka pracovní startovací a cílové rýhy závisí na řadě faktorů. Prvním faktorem je prostor, pro výkop startovací a cílové rýhy, kterým jsme omezeni. Jsme limitováni také

maximálním možným ohýbaným poloměrem trouby stanoveným výrobcem. Při nižších teplotách jsou požadavky na velikost poloměru zásadně vyšší. Pro potřebnou délku startovací rýhy jsou rozhodující výška výkopu (hloubka uložení potrubí) a tedy limitní poloměr v závislosti na teplotě.

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = 20 \times D = 20 \times 200 = 4000\text{mm}, \quad (8.1)$$

kde $R_{20^{\circ}\text{C}}$... minimální limitní poloměr ohybu při teplotě 20°C [mm],

D ... vnější průměr potrubí [mm].

$$L = \sqrt{3HR_{20^{\circ}\text{C}}} = 3 \times 1500 \times 4000 = 4242\text{mm} \rightarrow \text{návrh} \rightarrow 4300\text{mm}, \quad (8.2)$$

kde L ... potřebná délka rýhy [mm],

H ... rozdíl výšek [mm],

$R_{20^{\circ}\text{C}}$... minimální limitní poloměr ohybu při teplotě 20°C [mm].

Protože potrubí vstupuje do stěny výkopu pod úhlem a ne vodorovně, lze tedy uvažovat, že je to stejná varianta otočena o 180° a v místě, kde je váleček je otvor a naopak (viz Obr. 6.7 - kapitola 6.2.1 Plasty – PE Polyethylen).

8.3.2 Výpočet tahových sil

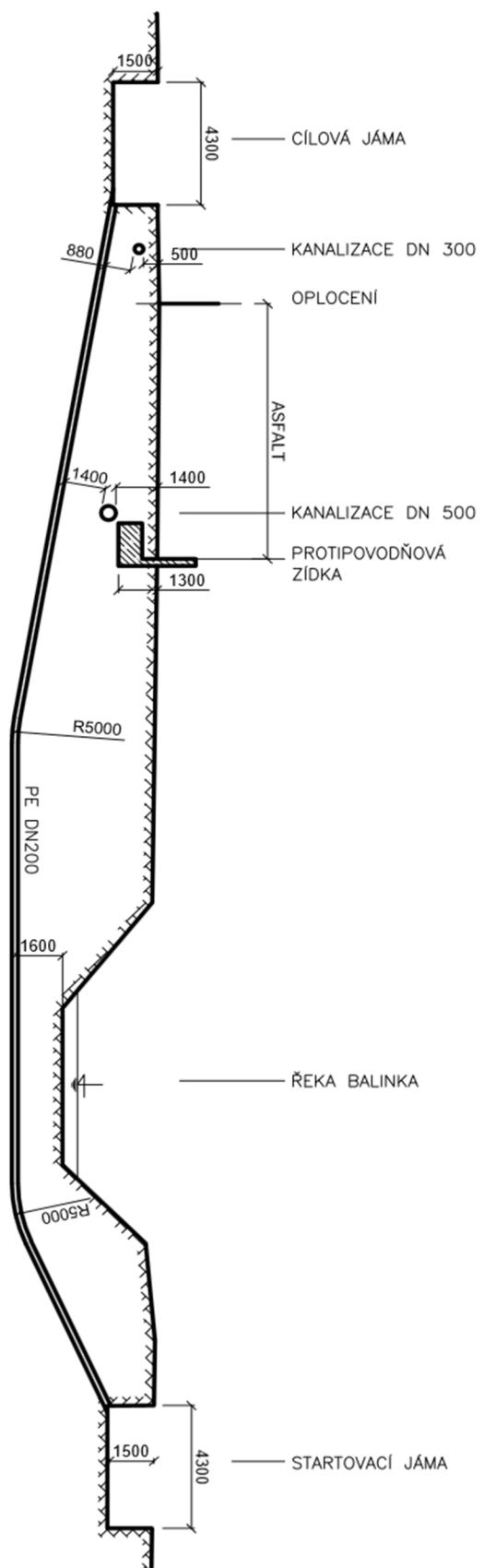
Je nutné vypočítat výslednou sílu, která vznikne při zatahování a porovnat ji s maximální možnou tahovou silou, kterou je schopen daný materiál přenést. Podle této síly je i navržen příslušný vrtný stroj. Pro návrh řízeného vrtání jsem zvolil polyethylenové potrubí SUPER Pipe DN 200 firmy Pipe life a porovnávám SDR 11 a SDR 17. V této kapitole stanovuji výpočtem tahové síly v jednotlivých úsecích vrtu, při zatahování prázdného polyethylenového potrubí v bentonitové suspenzi a zatahování polyethylenového potrubí naplněného vodou v bentonitové suspenzi. Vstupní parametry vstupující do výpočtu tahových sil (viz. Tab. 8.1).

Tab. 8.1 Vstupní parametry pro výpočet tahových sil [6], [8]

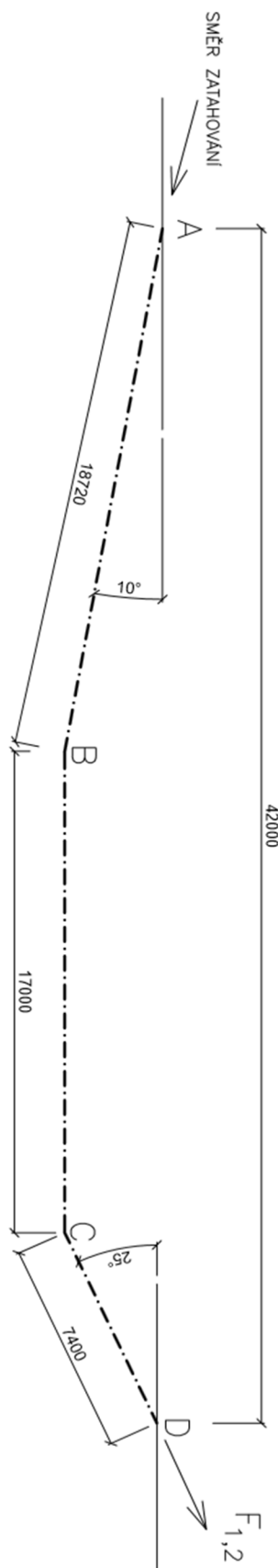
DN=D ₁	0,2	m	Průměr PE potrubí, vnější průměr
D ₂ =	0,16	m	Vnitřní průměr potrubí (SDR 11)
D ₃ =	0,18	m	Vnitřní průměr potrubí (SDR 17)
τ_{vs} =	2,5	Pa	Tangenciální napětí mezi PE potrubím a bentonitovým výplachem (stanoveno výzkumem pro konstantní rychlost)
μ =	0,47	-	Součinitel tření mezi PE potrubím u a zeminou (písek 0/8 mm)
ρ_{BENT} =	1100	kg/m ³	Hustota bentonitové suspenze
ρ_V =	1000	kg/m ³	Hustota vody
ρ_{PE} =	940	kg/m ³	Hustota polyethylenu
t ₁ =	0,018	m	Tloušťka stěny potrubí (SDR 11)
t ₂ =	0,012	m	Tloušťka stěny potrubí (SDR 17)
L _{AB} =	18,72	m	Vzdálenost mezi body A a B
L _{BC} =	17	m	Vzdálenost mezi body B a C
L _{CD} =	7,4	m	Vzdálenost mezi body C a D
α_A =	10	°	Úhel odklonění potrubí od vodorovné roviny v bodě A
α_D =	25	°	Úhel odklonění potrubí od vodorovné roviny v bodě D
g=	9,81	m/s ²	Tíhové zrychlení

Na obrázku níže (Obr 8.2) je znázorněn příčný řez korytem toku, místní asfaltovou komunikací a okolním terénem. Vrt je navržen v dostatečné vzdálenosti od dna řeky a ostatních trubních stávajících vedení. Přechodové oblouky v bodech B a C jsou v dostatečně velkém poloměru, aby nedošlo k překročení limitního poloměru ohybu zatahovaného potrubí. Při výpočtu tyto přechodové oblouky zanedbávám.

PŘÍČNÝ ŘEZ, M 1:200



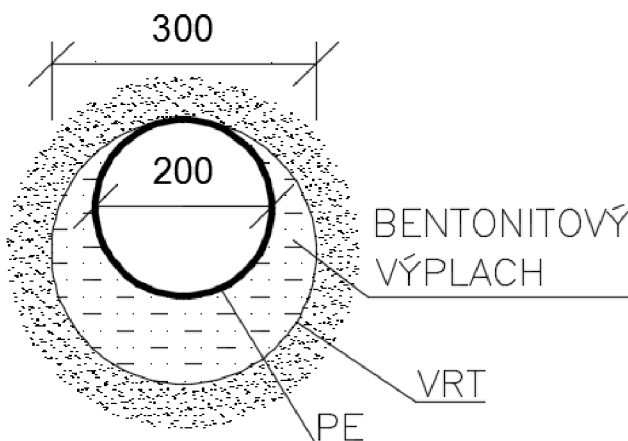
SCHEMA GEOMETRIE PRO VÝPOČET



Obr. 8.2 Příčný řez, schéma geometrie vrtu

Zatahování prázdného PE potrubí v bentonitové suspenzi

Varianta, při které je prázdné potrubí zatahováno vrtem společně s bentonitovou suspenzí (viz Obr. 8.3).



Obr. 8.3 Řez zatahováním potrubím a vrtem (potrubí bez vody)

Stanovil jsem výpočet jednotlivé síly působící na potrubí a to v úsecích A-B (viz Tab. 8.2), B-C (viz Tab. 8.3), C-D (viz Tab. 8.4).

Pro výpočet gravitačních, vztlakových, odporových a třecích sil jsem použil následující vzorce. Neuvedené parametry ve vzorcích jsou vysvětleny v tabulce vstupních parametrů (viz Tab. 8.1).

Použité vzorce:

$$F_{O,AB} = \pi \times D_1 \times L_{AB} \times \tau_{VS}, \quad (8.3)$$

kde $F_{O,AB}$... odporová síla vznikající mezi potrubím a suspenzí [N].

$$F_{VZ,AB} = \rho_{BENT} \times g \times \frac{\pi \times D_1^2}{4} \times L_{AB}, \quad (8.4)$$

kde $F_{VZ,AB}$... vztlaková síla působící na potrubí [N].

$$F_{g,AB} = \rho_{PE} \times g \times \frac{\pi}{4} \times (D_1^2 \times D_i^2) \times L_{AB}, \quad (8.5)$$

kde $F_{g,AB}$... gravitační síla působící na potrubí [N].

$$F_{VZ,AB}' = F_{VZ,AB} \times \cos \alpha_A, \quad (8.6)$$

$$F_{VZ,AB}'' = F_{VZ,AB} \times \sin \alpha_A, \quad (8.7)$$

kde $F_{VZ,AB}'$... složka vztlakové síly kolmá na osu potrubí [N],

$F_{VZ,AB}''$... složka vztlakové síly rovnoběžná s osou potrubí [N].

$$F_{g,AB}' = F_{g,AB} \times \cos \alpha_A, \quad (8.8)$$

$$F_{g,AB}'' = F_{g,AB} \times \sin \alpha_A, \quad (8.9)$$

kde $F_{g,AB}'$... složka gravitační síly kolmá na osu potrubí [N],

$F_{g,AB}''$... složka gravitační síly rovnoběžná s osou potrubí [N].

$$F_{t,AB} = (F_{VZ,AB}' - F_{g,AB}') \times \mu, \quad (8.10)$$

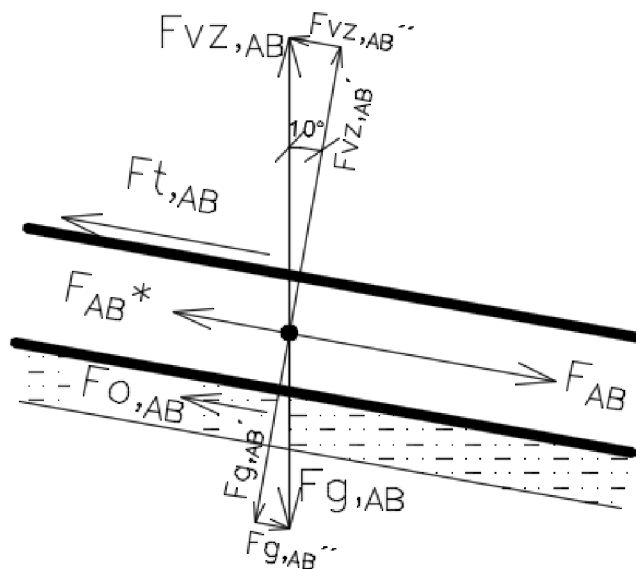
kde $F_{t,AB}$... třecí síla působící na potrubí [N].

$$F_{AB}^* = (F_{VZ,AB}'' - F_{g,AB}''), \quad (8.11)$$

kde F_{AB}^* ... rozdíl rozložené gravitační a vztlakové síly působících rovnoběžně s osou potrubí [N].

$$F_{AB} = F_{t,AB} + F_{o,AB} + F_{AB}^*, \quad (8.12)$$

kde F_{AB} ... výsledná tahová síla na konci úseku A-B [N].

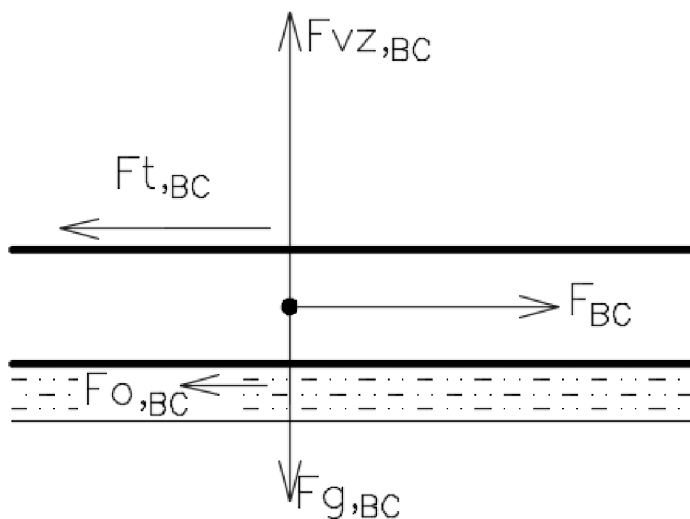


Obr. 8.4 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku A-B

Tab. 8.2 Výsledné síly působící na potrubí v úseku A-B

ÚSEK A-B		
SÍLA [N]	SDR 11	SDR 17
$F_{O,AB}$	29,41	29,41
$F_{VZ,AB}$	6346,25	6346,25
$F_{g,AB}$	1794,39	1213,92
$F_{VZ,AB}'$	6249,84	6249,84
$F_{VZ,AB}''$	1102,02	1102,02
$F_{g,AB}'$	1767,13	1195,47
$F_{g,AB}''$	311,59	210,79
F_{AB}^*	790,42	891,22
$F_{t,AB}$	2106,87	2375,55
F_{AB}	2926,70	3296,18

Na obrázku (Obr. 8.5) je vidět směr a rozklad sil na úseku B-C. Vzorce pro výpočet gravitačních, vztakových, odporových a třecích sil jsou totožné se vzorci použitých na úseku A-B, ale rozdílným vstupujícím parametrem je délka L_{BC} a není nutný rozklad gravitační a vztakové síly.

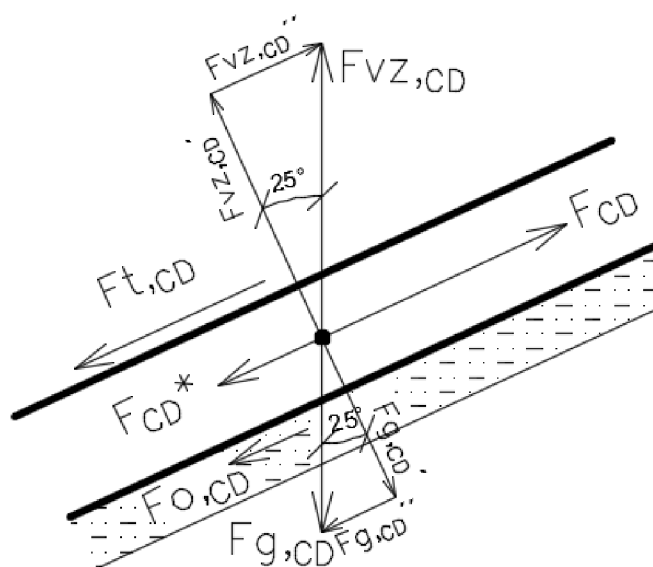


Obr. 8.5 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku B-C

Tab. 8.3 Výsledné síly působící na potrubí v úseku B-C

ÚSEK B-C		
SÍLA [N]	SDR 11	SDR 17
$F_{O,BC}$	26,70	26,70
$F_{VZ,BC}$	5763,16	5763,16
$F_{g,BC}$	1629,52	1102,38
$F_{t,BC}$	1942,81	2190,57
F_{BC}	1969,51	2217,27

Na obrázku (Obr. 8.6) je vidět směr a rozklad sil na úseku C-D. Vzorce pro výpočet gravitačních, vztakových, odporových a třecích sil jsou analogické se vzorci použitých na úseku A-B, ale rozdílným vstupujícím parametrem je délka L_{CD} , úhel α_D a síla F_{CD}^* , kde vodorovné složky vztakových a gravitačních sil ($F_{VZ,CD}''$, $F_{g,CD}''$) působí v opačném směru.



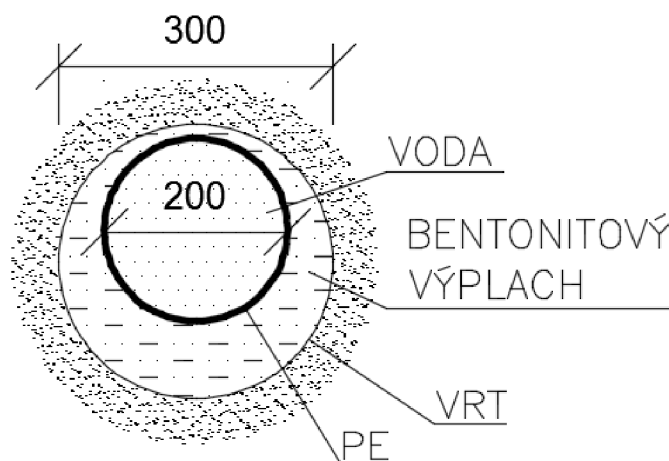
Obr. 8.6 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku C-D

Tab. 8.4 Výsledné síly působící na potrubí v úseku C-D

ÚSEK C-D		
SÍLA [N]	SDR 11	SDR 17
$F_{0,CD}$	11,62	11,62
$F_{VZ,CD}$	2508,67	2508,67
$F_{g,CD}$	709,32	479,86
$F_{VZ,CD}'$	2273,63	2273,63
$F_{VZ,CD}''$	1060,21	1060,21
$F_{g,CD}'$	642,86	434,90
$F_{g,CD}''$	299,77	202,80
F_{CD}^*	-760,44	-857,41
$F_{t,CD}$	766,46	864,20
F_{CD}	17,65	18,41

Zatahování PE potrubí naplněného vodou v bentonitové suspenzi

Varianta, při které je potrubí naplněno vodou a taženo vrtem za pomoci bentonitové suspenze (viz Obr. 8.7).



Obr. 8.7 Řez zatahovaným potrubím a vrtem (potrubí naplněné vodou)

Opět jsem stanovil výpočtem jednotlivé síly působící na potrubí a to v úsecích A-B, B-C, C-D (viz Tab. 8.5). Postup výpočtu zatahovaného potrubí plného vody je totožný s postupem zatahovaného prázdného potrubí v bentonitové suspenzi. Odlišným faktorem je zde hodnota gravitační síly, která je vlivem tíhy vody vyšší.

$$F_{g,i} = \rho_{PE} \times g \times \frac{\pi}{4} \times (D_1^2 \times D_i^2) \times Li + \rho_V \times g \times \frac{\pi \times D_i^2}{4} \times Li, \quad (8.13)$$

kde $F_{g,i}$... gravitační síla v daném úseku působící na potrubí plné vody [N],

Li ... délka daného úseku [m],

Ostatní parametry viz Tab 8.1.

Tab. 8.5 Výsledné síly působící na potrubí v jednotlivých úsecích

ÚSEK	SÍLA [N]	SDR 11	SDR 17
A-B	F _{O,AB}	29,41	29,41
	F _{VZ,AB}	6346,25	6346,25
	F _{g,AB}	5654,79	5691,84
	F _{VZ,AB'}	6249,84	6249,84
	F _{VZ,AB''}	1102,02	1102,02
	F _{g,AB'}	5568,88	5605,37
	F _{g,AB''}	981,94	988,38
	F _{AB} *	120,07	113,64
	F _{t,AB}	320,05	302,90
	F _{AB}	469,53	445,95
B-C	F _{O,BC}	26,70	26,70
	F _{VZ,BC}	5763,16	5763,16
	F _{g,BC}	5135,22	5168,87
	F _{t,BC}	295,13	279,32
	F _{BC}	321,83	306,02
C-D	F _{O,CD}	11,62	11,62
	F _{VZ,CD}	2508,67	2508,67
	F _{g,CD}	2235,33	2249,98
	F _{VZ,CD'}	2273,63	2273,63
	F _{VZ,CD''}	1060,21	1060,21
	F _{g,CD'}	2025,90	2039,17
	F _{g,CD''}	944,69	950,88
	F _{CD} *	-115,52	-109,33
	F _{t,CD}	116,43	110,19
	F _{CD}	12,54	12,49

8.3.3 Výsledná tahová síla

Součtem sil v jednotlivých úsecích (A-B, B-C, C-D) stanovují výslednou tahovou sílu na konci vrtu. Konkrétně ve startovací jámě u vrtacího zařízení, které musí být podle této síly vhodně navrženo.

$$F_i = F_{AB} + F_{BC} + F_{CD}, \quad (8.14)$$

kde F_i ... výsledná tahová síla při zatahování prázdného/plného PE potrubí [N],

F_{AB} ... výsledná tahová síla na konci úseku A-B [N],

F_{BC} ... výsledná tahová síla na konci úseku B-C [N],

F_{CD} ... výsledná tahová síla na konci úseku C-D [N].

Tab. 8.6 Výsledná síla působící na potrubí

TAŽNÁ SÍLA	JEDNOTKY	SDR 11	SDR 17
F_1	[N]	4913,86	5531,86
F_2	[N]	803,90	764,45

Při zatahování potrubí plného vody je síla na konci úseku 6 až 7 krát nižší oproti variantě zatahování prázdného potrubí (viz Tab. 8.6). Je to způsobeno tíhou vody, která nám napomáhá v úseku A-B k snížení celkové síly. Vyšší tíha potrubí eliminuje vztlakové síly, tudíž je potrubí tlačeno k hornímu stropu vrtu menší silou a následně snižuje hodnotu třecí síly.

8.3.4 Porovnání sil

Z tabulky (Tab. 8.7) je patrné, že potrubí vyhoví na zatahovací sílu s velmi vysokou rezervou. Pro zatahování postačí potrubí SDR 17, které má menší tloušťku stěny.

Tab. 8.7 Porovnání výsledné tahové síly s maximální přípustnou zatahovací silou

ŘADA	MAXIMÁLNÍ PŘÍPUSTNÁ ZATAHOVACÍ SÍLA [kN]	VÝSLEDNÁ TAHOVÁ SÍLA F_i [kN]	POROVNÁNÍ
SDR 11	103,0	4,91	VYHOVUJE
		0,80	VYHOVUJE
SDR 17	70,0	5,53	VYHOVUJE
		0,76	VYHOVUJE

8.3.5 Návrh vrtného zařízení

Z ohledem na potřebnou zatahovací sílu, délku vrtu, průměr vrtu a průměr potrubí navrhuji vrtací soupravu GRUNDODRILL 11^{XP} firmy TRACTO-TECHNIK. Vybrané parametry (viz Tab. 8.8). Síla, kterou je schopné zařízení vytvořit je naprosto dostatečná vzhledem k potřebné zatahovací síle. Na trhu se objevuje i menší souprava, která ovšem nesplňuje požadavky na požadovaný minimální průměr vrtu, respektive průměr potrubí.

Tab. 8.8 Vybrané parametry vrtací soupravy GRUNDODRILL 11XP [23]

Délka	6250	mm
Šířka	1740	mm
Výška	2400	mm
Hmotnost vč. tyčí	7900	kg
Max. tažná síla	105	kN
Max. tlačná síla	105	kN
Průměr pilotního vrtu	100	mm
Průměr vrtacích tyčí	62/54	mm
Užitná délka vrtací tyče	3000	mm
Hmotnost vrtací tyče	26	kg
Max. rozšíření vrtu	400	mm
Max. průměr vtahovaného potrubí	355	mm
Max. délka vrtu	250	m



Obr. 8.8 GRUNDODRILL 11XP firmy TRACTO-TECHNIK [23]

8.4 ZHODNOCENÍ

Při návrhu obnovy zvoleného úseku ve Velkém Meziříčí jsem došel k zásadnímu rozdílu mezi zatahováním potrubí plného vody v bentonitové suspenzi a prázdného potrubí v bentonitové suspenzi. Z výše uvedených výpočtů a porovnání lze konstatovat, že varianta zatahování potrubí naplněného vodou je vhodnější. Potřebná síla pro zatažení potrubí nemusí být tak velká, tím nám snižuje nároky na vrtnou (zatahovací) soupravu a zatahované potrubí je méně namáháno.

9 ZÁVĚR

V mojí bakalářské práci jsem se zabýval problematikou sanací vodovodních sítí a přípojek. V úvodní části jsem charakterizoval pojem sanace do tří základních kategorií. Těmito kategoriemi jsou oprava, renovace a obnova. Uvedl jsem, který druh sanace se v závislosti na stavu stávající vodovodní sítě aplikuje. Předložil jsem používané normy související se sanací a výstavbou vodovodních sítí.

V další části jsem zmínil historické materiály a způsob dopravy vody v minulosti. Některé tyto materiály jsou na vodovodních sítích stále funkční. Ve většině případů se však jedná spíše o historické památky nebo archeologické nálezy. V návaznosti na historické materiály jsem rozdělil materiály současné. Každému materiálu jsem přiřadil základní popis, uvedl technické parametry a typy spojů. U tvárné litiny a především u polyethylenového potrubí jsem zdůraznil některé údaje a hodnoty důležité pro sanaci.

Následně jsem se věnoval jednotlivým technologiím a materiálům, které se používají při sanacích. Těchto technologií a jejich výrobců je na trhu celá řada, proto jsem uvedl dle mého názoru ty nejvýznamnější z nich.

V praktické části, v návaznosti na získané poznatky týkající se problematiky sanací vodovodních sítí, jsem aplikoval jednu z metod na konkrétním vybraném území. Zvolil jsem obnovu ocelové vodovodní sítě ve městě Velké Meziříčí, a to obnovu potrubím z polyethylenu horizontálním řízeným vrtáním (HDD). Navrhl jsem trasu vrtu a umístění startovací a cílové rýhy. Při tomto návrhu bylo nutné zohlednit stávající sítě, maximální přípustný ohybový poloměr potrubí a hloubku dna koryta řeky Balinky. Vypočítal jsem výslednou sílu, kterou musí být vrtací (zatahovací) zařízení schopno vytvořit. Podle této síly jsem vyhledal konkrétního výrobce a dodavatele vrtné soupravy.

Závěrem bych chtěl zmínit důležitost sanace, která má v odvětví oboru inženýrských sítí velký význam. Obzvláště pak sanace sítí vodovodních. Vodovodní sítě a přípojky jsou nedílnými součástmi lidského života, o které je třeba neustále pečovat, sledovat je a udržovat. Vždyť kvalita a stav trubního materiálu ovlivňují vlastnosti pitné vody, kterou pijeme.

10 POUŽITÁ LITERATURA

Tištěné dokumenty:

- [1] BERÁNEK, Josef a kol. *Inženýrské sítě: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*. Brno, 2005.
- [2] COUFAL, Marek. Historické materiály používané pro výstavbu vodovodů v Čechách a na Moravě. *SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací*. 2014, (2/2014), 24-27.
- [3] DUKTUS S.A. *Potrubí z tvárné litiny s BLS - jištěním spojů proti posuvu a tahu*. 2010.
- [4] EKOPLASTIK. *Sanace potrubních systémů*. 2006. Dostupné také z: http://www.tzb-info.cz/download.py?file=kat/nove/znacky/0201/Sanace_potrubi.pdf
- [5] NODIG: *Zpravodaj české společnosti pro bezvýkopové technologie*. Praha: Tiskárna Brouček, 2009. ISSN 1214-5033.
- [6] PIPE LIFE. *Tlakové potrubí PE 100 A PE 100RC: vodovodní potrubí tlaková a podtlaková kanalizace*. 2014. Dostupné také z: http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_products/TLAKOVE_POTRUBI_PE100_PE100RC_2014.pdf
- [7] PIPE LIFE. *Tlakové potrubí z PVC: vodovodní potrubí tlaková a podtlaková kanalizace*. Dostupné také z: http://www.pipelife.cz/media/cz/pdf_products/TLAKOVE_POTRUBI_PVC_2014.pdf
- [8] RACLAVSKÝ, Jaroslav a Stanislav MALANÍK. *Teoretické problémy zatahování potrubí*. Wrocław: Institut of the Civil Engineering of the Wrocław University of Technology, 2005. ISBN 0324-9735.
- [9] RACLAVSKÝ, Jaroslav, Ladislav TUHOVČÁK a Stanislav MALANÍK. *Rekonstrukce vodohospodářských sítí: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*. Brno, 2006.
- [10] STEIN, Dietrich. *The Rehabilitation and Maintenance of Drains and Sewers*. 3. Wiley, 2001. ISBN 3433013160.
- [11] SWECO HYDROPROJEKT A.S. *Seznam technických norem: Vodní hospodářství kvality půdy odpadové hospodářství*. Centrum technické normalizace, 2016.
- [12] TNV 75 5405 *Sanace vodovodních sítí*. Praha: HYDROPROJEKT CZ a.s., 2006.
- [13] TUHOVČÁK, Ladislav, Pavel ADLER, Tomáš KUČERA a Jaroslav RACLAVSKÝ. *Vodárenství B. Doprava vody: Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia*. Brno, 2006.
- [14] VHOS, A.S. *Technické standardy pro vodovody a vodovodní přípojky, které provozuje VHOS, a.s.* 2013.

Elektronické dokumenty:

- [15] AVK VOD-KA A.S. Opravné pasy. In: *Avkvodka* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.avkvodka.cz/View-document/NERA-nerezovy-opravny-pas.html?format=raw&tmpl=component>
- [16] AVK VOD-KA A.S. Opravné spojky. In: *Avkvodka* [online]. [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.avkvodka.cz/Download-document/STOP-opravna-spojka-na-temovana-litinova-hrdla.html>
- [17] Berstlining. In: *Rode* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.rode.de/berstlining.php>
- [18] Bezvýkopová výstavba vodovodů a kanalizací. In: *Talparpf* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.talparpf.cz/bezvykopova-vystavba-vodovodu-a-kanalizaci.html>
- [19] Bezvýkopové technologie - jaký zvolit materiál In: *Trubnisystemy.info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.trubnisystemy.info/enl.php?a=c&n=3&e=0&i=37&crc=202eefb88341bca1052a0d79b614d59413775043>
- [20] BHM SPOL. S R.O. Cementace - bezvýkopová metoda ochrany vnitřního povrchu potrubí. In: *BMH* [online]. [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: <http://www.bmh.cz/-sanace-vodovodnich-potrubi->
- [21] E-KONSTRUKTÉR. Hodnoty mezí pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. In: *E-konstrukter Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/hodnoty-mez-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>
- [22] EXPRESS Vi. In: *Sait-Gobain* [online]. 2010 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.saint-gobain-pam.cz/express-vi/>
- [23] GUNDRORILL 11xp. In: *Tracto-technik* [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: <http://www.tracto-technik.com/GRUNDODRILL-11XP-238.html>
- [24] HOBAS Tlakové trouby. In: *Hobas* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.hobas.cz/index.php?id=6450>
- [25] Hydros BOY. In: *Vakstavby* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.vakstavby.cz/pouzite-technologie/hydros-boy>
- [26] Hydros LEAD. In: *Vakstavby* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.vakstavby.cz/pouzite-technologie/hydros-lead>
- [27] Hydros PLUS. In: *Vakstavby* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.vakstavby.cz/pouzite-technologie/hydros-plus>
- [28] KOPAČKOVÁ, Dagmar. Olovo a azbest v rozvodech ZTI. In: *Ztb-info* [online]. 2007 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4435-olovo-a-azbest-v-rozvodech-zti>
- [29] Mechanické vlastnosti ocelí. In: *T-PROM s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://www.tprom.cz/mechanicke-vlastnosti-oceli>
- [30] Metoda KAWEX. In: *Wombat* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.wombat.cz/metoda-kawex/>

- [31] Metoda SS-SYSTEM - Ochrana vnitřního porušeného potrubí semistrukturálním nástřikem. In: *Wombat* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.wombat.cz/metoda-ss-system/>
- [32] Olovo. In: *Prvky* [online]. 2016 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/82.html>
- [33] Polymer lining technology. In: *SWAGELINING* [online]. 2014 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.swagelining.com/>
- [34] SIMONA. Bezvýkopová pokládka potrubí. In: *Simona-de* [online]. [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://www.simona-de.com/cz/service/news/Grabenlose_Rohrverlegung.html
- [35] Surreymarble and granite. In: *Amazing Stoneworks – Aqua Appia* [online]. 2016 [cit. 2016-05-20]. Dostupné z: <http://www.surreymarbleandgranite.co.uk/amazing-stoneworks-aqua-appia>
- [36] Těsnící spoj TYTON. In: *Saint-Gobain* [online]. 2010 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.saint-gobain-pam.cz/tyton/>
- [37] U-Liner. In: *SVATEK* [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.svatek.se/tjanster-metoder/u-liner/>
- [38] V potrubí jako doma: Rekonstrukce vodovodního přivaděče DN900 metodou - Cementace. In: *Cipos* [online]. [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.cipos.cz/reference.htm>
- [39] ZAHRADNICKÝ, Jiří. S panem Sosnovcem ze 3M na téma: materiály pro inženýrské sítě. In: *Tvstav* [online]. 2010 [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://tvstav.cz/clanek/1028-s-panem-sosnovcem-ze-3m-na-tema-materialy-pro-inzenyrske-site>
- [40] Značení trubních materiálů. In: *Vodovod.info* [online]. 2013 [cit. 2016-05-07]. Dostupné z: <http://www.vodovod.info/index.php/tabulky/230-znaceni-trubnich-materialu#.VyZ7V7CmR>

SEZNAM TABULEK

Tab. 4. 1 Přehled norem souvisejících s výstavbou a sanací vodovodních sítí (upraveno z [9], [11]).....	15
Tab. 5.1 Přehled vybudovaných přivaděčů Etrusky a Římany (vytvořeno z [1])	16
Tab. 6.1 Požadavky hrdlového spoje BLS firmy Duktus (upraveno z [3])	24
Tab. 6.2 Maximální přípustné zatahovací síly pro potrubí firmy Pipelife (upraveno z [6])	26
Tab. 6.3 Vhodnost PE potrubí Pipelife pro jednotlivé technologie pokládky (upraveno z [6])	27
Tab. 6.4 Minimální potřebné poloměry při zatahování pro potrubí firmy Pipelife (upraveno z [6])	27
Tab. 6.5 Vybrané druhy poruch na vodovodním potrubí	30
Tab. 7.1 Přehled vybraných sanačních technologií pro vodovodní sítě a přípojky	31
Tab. 7.2 Výrobní program Neofit firmy Wawin [4]	40
Tab. 8.1 Vstupní parametry pro výpočet tahových sil [6], [8].....	48
Tab. 8.2 Výsledné síly působící na potrubí v úseku A-B	52
Tab. 8.3 Výsledné síly působící na potrubí v úseku B-C	53
Tab. 8.4 Výsledné síly působící na potrubí v úseku C-D	54
Tab. 8.5 Výsledné síly působící na potrubí v jednotlivých úsecích	55
Tab. 8.6 Výsledná síla působící na potrubí.....	56
Tab. 8.7 Porovnání výsledné tahové síly s maximální přípustnou zatahovací silou	56
Tab. 8.8 Vybrané parametry vrtací soupravy GRUNDRODRILL 11XP [23]	57

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 5.1 Akvadukt Aqua Apia v Římě [35].....	16
Obr. 5.2 Typy spojů dřevěného vrtaného potrubí. Zleva: spojování ocelovou zděří, spojování pomocí čepu, napojení odbočky šikmým čepem a utěsnění čistícího otvoru [2]	17
Obr. 5.3 Výřez z dřevěného vrtaného potrubí z r. 1825 nalezeného v Hranicích na Pernštejnském náměstí [2]	18
Obr. 5.4 Ukázka dřevěného dužinového potrubí. Zleva: potrubí jednoplášťové spojované tupým stykem, dvouplášťové potrubí spojované pomocí drážek, montáž [2]	19
Obr. 5.5 Dřevěné dužinové potrubí DN 2000, převaděč z vodního díla Seč na vodní elektrárnu (v roce 2010 nahrazeno ocelovým potrubím) [2]	19
Obr. 5.6 Skleněné potrubí a spojka bez těsnění tzv. Vymerova spojka [2]	20
Obr. 6.1 Ukázka spojů šedé litiny. Zleva: spoj SKD, ucpávkový spoj [13]	22
Obr. 6.6 Schéma rýhy a poloměrů při zatahování potrubí (upraveno z [10]).....	28
Obr. 6.7 Schéma rýhy a poloměrů při zatahování potrubí za použití stojky (upraveno z [10]).....	28
Obr. 7.3 Opravná spojka STOP na litinová hrdla [16]	33
Obr. 7.4 Schéma provádění cementace (upraveno z [9]).....	34
Obr. 7.5 Ukázka sanovaného potrubí cementací [38].....	34
Obr. 7.8 Ukázka procesu technologie Swagelining (upraveno z [33]).....	37
Obr. 7.9 Technologie U-liner. Zleva: neočištěné potrubí s inkrusty, zatažené zdeformované PE potrubí a výsledný stav [37]	37
Obr. 7.10 Technologie Neofit. Shora: PET trubička po zatažení, vytvrzená vložka [4]	39
Obr. 7.11 Berstlining – trhání potrubí (upraveno z [34]).....	40
Obr. 7.12 Schéma technologie hydros PLUS [27].....	41
Obr. 7.13 Schéma technologie hydros BOY [25].....	42
Obr. 7.14 Řízené vrtání – pilotní vrt (upraveno z [19]).....	44
Obr. 7.15 Řízené vrtání – rozšiřující vrt se zatahováním nového potrubí (upraveno z [19])	44
Obr. 8.1 Schéma situace zájmového území	46
Obr. 8.2 Příčný řez, schéma geometrie vrtu	49
Obr. 8.3 Řez zatahovaným potrubím a vrtem (potrubí bez vody)	50
Obr. 8.4 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku A-B	51
Obr. 8.5 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku B-C	52
Obr. 8.6 Schéma a rozklad sil působících na potrubí v úseku C-D	53
Obr. 8.7 Řez zatahovaným potrubím a vrtem (potrubí naplněné vodou)	54
Obr. 8.8 GRUNDODRILL 11XP firmy TRACTO-TECHNIK [23].....	57

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SDR ...	normou stanovená řada [-]
L_1 ...	potřebná délka rýhy [mm]
$R_{20^{\circ}\text{C}}$...	minimální limitní poloměr ohybu při teplotě 20°C [mm]
$F_{O,AB}$...	odporová síla vznikající mezi potrubím a suspenzí [N]
$F_{VZ,AB}$...	vztlková síla působící na potrubí [N]
$F_{g,AB}$...	gravitační síla působící na potrubí [N]
$F_{VZ,AB}'$...	složka vztlkové síly kolmá na osu potrubí [N]
$F_{VZ,AB}''$...	složka vztlkové síly rovnoběžná s osou potrubí [N]
$F_{g,AB}'$...	složka gravitační síly kolmá na osu potrubí [N]
$F_{g,AB}''$...	složka gravitační síly rovnoběžná s osou potrubí [N]
$F_{t,AB}$...	třecí síla působící na potrubí [N]
F_{AB}^* ...	rozdíl rozložené gravitační a vztlkové síly působících rovnoběžně s osou potrubí [N]
$F_{g,i}$...	gravitační síla v daném úseku působící na potrubí plné vody [N]
F_i ...	výsledná tahová síla při zatahování prázdného/plného PE potrubí [N]
F_{AB} ...	výsledná tahová síla na konci úseku A-B [N]
F_{BC} ...	výsledná tahová síla na konci úseku B-C [N]
F_{CD} ...	výsledná tahová síla na konci úseku C-D [N]

SUMMARY

In the thesis deals with the rehabilitation of water supply networks and connections. In the first part outlines the concept of redevelopment into three basic categories. These categories are repair, renovation and renewal. I mention that kind of remediation, depending on the condition of the existing water supply network is applied. I submit the applicable standards related to the rehabilitation and construction of water supply networks.

In the next section I mention the materials used for the transport of water in the past and present. I classify every material and his basic description, I mention the technical parameters and types of connections. For ductile iron pipes and polyethylene pipes I emphasize some details and values important for rehabilitation.

Subsequently I devoted to individual technologies, which are using for the refurbishment. There are many technologies and producers on the market, so I mention in my opinion the most important of them.

In the practical part I applied knowledge of rehabilitation of water networks to the specific selected area. I chose the renewal of the water supply network in Velke Mezirici, primary the renewal of polyethylene pipe horizontal directional drilling (HDD). I suggested starting point and destination point, route drilling and renewal technology implementation. In this proposal I reflect the current state of the water supply network, the maximum permissible bending radius of the pipe and the depth of the bottom of the river Balinka. According calculated result force, I suggest a particular vendor drilling rig.