



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Historie a současnost řemesla - instalatérství

Vypracoval: Petr Talach
Vedoucí práce: PaedDr. Alena Poláchová, PhD.

České Budějovice 2014

Anotace

V úvodu bakalářské práce je popsán historický vývoj vodárenství od počátku lidské civilizace do současnosti. V další části práce je věnována pozornost jednotlivým trubním materiálům, které jsou uváděny do kontextu s historickým vývojem jejich použití. Následně se práce zabývá rozvojem kanalizace s chronologickým sledem použitých materiálů. Do práce je zařazena prezentace, která by společně s teoretickou částí mohla posloužit jako pomůcka k výuce na základní škole a středních odborných učilištích.

Klíčová slova

Vodárenství, trubní materiály, kanalizace, didaktická pomůcka

Annotation

The introduction of this bachelor thesis is devoted to the development of waterworks engineering from the beginning of human civilisation until present. In the following part attention is being paid to various plumbing materials, which are described within the context of their historical development and application. Another aspect dealt with in this thesis is the progress in sewerage along with the applied materials. Finally, the thesis contains a practical part which along with the theoretical part represents a suitable teaching aid for elementary school.

Key words:

waterworks engineering, sewerage, teaching aid

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses. cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 24. 4. 2014

Petr Talach

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval především vedoucí bakalářské práce PaedDr. Aleně Poláčkové, Ph.D., za cenné rady, připomínky a trpělivost při vedení této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat pedagogům na ISS Stavební v Nerudově ulici za možnost navštěvování místní knihovny. A moje velké díky patří též nejbližšímu okolí.

Obsah:

Úvod	6
Cíle	7
1. Historie vodovodních instalací	8
1.1. Dřevěné potrubí	10
1.2. Akvadukty	12
1.3. Měděné potrubí	13
1.4. Olověné potrubí	19
1.5. Litinové potrubí	20
1.6. Pozinkované potrubí	21
1.7. Azbestocementové potrubí	22
1.8. Plastové potrubí	23
2. Historie kanalizace	27
2.1. Historie vnitřní kanalizace	29
2.2. Materiály vnitřní kanalizace	30
3. Historie a současnost instalatérského řemesla	35
3.1. Presentace o instalatérství	37
Závěr	49
Seznam použitých zdrojů	50
Literatura	50
Internetové zdroje	51
Seznam obrázků	55

Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem zvolil historii a současnost řemesla instalatérství. Cílem této práce je popsat různé druhy instalatérských materiálů, jejich vlastnosti a použití, a to jak v historii, tak i v současnosti.

Toto téma jsem si zvolil proto, že jsem obor instalatérství vystudoval a již několik let se touto profesí zabývám. Měl jsem možnost pracovat jako instalatér i v zahraničí a to mi umožnilo seznámit se s různými materiály a technikami používanými v zemích jako je Anglie a Nizozemí. I přesto, že jsem tento obor vystudoval, o historii instalatérství jsem mnoho vědomostí a informací neměl.

První část práce popisuje stručně historii instalatérství od počátku lidské civilizace až po současnost. V minulosti lidé objevovali různé způsoby a techniky dodávky vody do měst a s tím souviselo skladování vody, čištění vody a odpady. Bylo využíváno různých druhů materiálů. Postupem času se jednotlivé materiály, jejich výroba a techniky zpracování měnily a zdokonalovaly. Lidé, speciálně ve větších městech, museli řešit přítok vody do měst. Zaujaly mě římské akvadukty, které popisují ve své práci. Tyto masivní stavby jsou ukázkou dokonalosti a propracovanosti. Nazval bych je uměleckým dílem. Nicméně jsou zde vloženy jen jako vsuvka, protože na našem území se nevyskytovaly.

V minulosti a i dnešní době je na trhu několik druhů materiálů používaných na rozvody vody, které se v práci pokusím přiblížit. Další části této práce analyzují materiály od nejstaršího pálené hlíny, přes dřevo, měď, olovo, litinu, pozinkovanou ocel, azbestocement, až po plasty, které jsou v Čechách nejvíce využívaným materiálem pro rozvod vody. Tímto se liší od západních zemí, kde preferují pro rozvod vody spíše měděné potrubí.

Jsou zde popsány výhody a nevýhody použití jednotlivých materiálů, jejich výroba, vlastnosti, možnosti využití, techniky spojování a nářadí nutné pro práci s nimi.

Cíle:

- historie používání technik a materiálů v instalatérství
- porovnání starých a současných způsobů vodovodních instalací
- příklad ve využití ve výuce ve vzdělávací oblasti *Člověk a svět práce*

1. Historie vodovodních instalací

Připadá nám to jako samozřejmost - otočíme vodovodním kohoutkem a máme vody, kolik potřebujeme. Ne všude na světě tak tomu je a nebylo tomu tak vždy. První lidské osady vznikaly poblíž vodních pramenů nebo toků, tedy u zdrojů vody. Lidé potřebovali žít i jinde, a tak vodu začali rozvádět od vodních zdrojů i na velké vzdálenosti, především k zavlažování polí, ale také pro vlastní potřebu. Nejprimitivnějším vodovodem byly strouhy a různé kanály a náhony vedené od umělých hrází na vodním toku. Potvrzují to nálezy vodovodních koryt v Egyptě, Babylóně, Jeruzalému, Kartágu a na dalších místech.

Jak je známo, voda sama od sebe nemůže téci do kopce, proto bývaly a leckde dosud jsou, tyto strouhy vedeny po vrstevnicích terénu. Stále mírně klesají. Říká se jim gravitační vedení vody - gravitační vodovod. S těmito vodovody a zavlažovacími systémy se ve starověku seznámili starověcí Řekové při svých výpravách do oblastí Blízkého východu. Od nich pak tyto znalosti převzali v antice Římané, kteří prosluli velkými vodovodními stavbami, zvláště pak akvadukty. Aqua znamená voda a duco je vésti, proto akvadukt znamená vodovod. Byly to většinou velké silniční mosty vedoucí přes údolí. V jejich středu byly na sobě postaveny další polokruhové klenby, na jejichž nejvyšší úrovni vedla kamenná strouha, široká více než metr a hluboká téměř dva metry. Bývala buďto zakrytá nebo otevřená. Proudila v ní voda od zdroje k městu. Římané tímto způsobem dokázali vést vodu i přes hluboká údolí, což do té doby byl neřešitelný problém [23].

V průběhu staletí se vodovodní potrubí vyrábělo z různých materiálů:

- pálená hlína
- dřevo
- měď
- olovo
- litina
- ocel
- azbestocement
- plasty

První vodovody se začaly vyrábět v Babylonii a Asýrii [25]. První nám známý přivaděč vody je gravitační vodovod, který vznikl okolo roku 2000 př. n. l. nedaleko Bavianu v Asýrii. Babyloňané si velice uvědomovali potřebu pitné vody, a proto sankcionovali všechny, jenž se pokusili ukrást nádoby na vodu nebo čerpací kola. V roce 1200 př. n. l. fungovaly v Číně vodovody ze dřeva bambusu, na Krétě a Severu Afriky pak z pálené hlíny. Gravitační vodovod měli také obyvatelé Ninive, ten vznikl zřejmě kolem roku 700 př. n. l.

Vývoj evropského vodárenství je úzce spojen s antickým římským. První vodovod v Římě byl vystavěn roku 305 př. n. l. [26]. První skutečně velký akvadukt byl vybudován okolo roku 145 př. n. l. v Římě a přiváděl vodu ze vzdálenosti 91 km. Při jeho stavbě bylo využito zkušeností ze stavby dvou menších vodovodů ze 4. století př. n. l. [23]. Zbytek Evropy, který nebyl pod vlivem Říma v tomto odvětví často zaostával [26]. Stavba vodovodu byla náročnou záležitostí a ne na všech místech si jej mohli dovolit. Proto od starověku téměř po současnost chodívali v různých zemích různě vybavení nosiči vody. Prodávali ji náhodným zájemcům nebo ji roznášeli na zakázku do domů. V českých zemích měli ve středověku i svůj cech a říkalo se jim vodáci či povodáci. Přes ramena nosili dřevěné váhy, na jejichž koncích byla zavěšena vědra s obsahem až padesáti litrů. Nošení vody do domů bylo živností ještě dlouho poté, co se začaly budovat městské vodovody. S nosiči vody se ještě dnes můžete setkat v některých zemích Asie a Afriky. Orientální nosiči používali nádoby z pálené hlíny nebo vaky ze zvířecích kůží [26]. Osidlování probíhalo v okolí řek, voda pak byla roznášena nebo fungovaly studny. Vyspělejší bylo vodárenství arabské. Arabové budovali zavodňovací stavby od 8. století. Od 11. století hloubili artézské studně. První zmínka o tomto typu studně pochází z roku 1025. Další rozvoj evropského vodárenství po římském období zahájila výstavba vodovodu v Londýně roku 1215 [26]. Doba středověku nebyla příliš nakloněna hygieně, proto nevznikala žádná významnější vodní díla, natož vodovody. Přesto však existovaly výjimky určené panovníkům. Jedním z nejstarších vodovodů na našem území byl pravděpodobně vyšehradský, z 12. století. Byl sestaven ze dřeva.

Je zajímavé, že již přibližně v 19. století př. n. l. existoval na Krétě ve Středomoří vodovod do Královského paláce, který byl vybudován z potrubí vyrobeného z pálené cihlářské hlíny. Tentýž materiál je uváděn při stavbě vodovodů v antickém Římě. Poté jako by byl zapomenut. Potrubí se stavělo ze dřeva. U nás se

objevily roury z pálené hlíny až při stavbě vodovodu na Pražský hrad v roce 1584. Hliněné roury byly 1,5 m dlouhé a průměr měly přibližně 7 cm. Spojovány byly přesuvným prstencem, pod nímž bylo napěchováno konopí namazané směsí vápna a prachu z pálených cihel. Kolem potrubí byl ještě udusán jíl, který vodovod dokonale konzervoval. Roku 1924 bylo toto potrubí objeveno a bylo stále použitelné. Později vyráběné potrubí z pálené hlíny mívalo kuželovitý konec a trochu rozšířené hrdlo. Jednodušeji se kladlo, neboť odpadly přesuvky a temovací konopí se zatloukalo přímo do hrdla spoje. Tento princip se dochoval dodnes u litinového hrdlového potrubí.

První pražský vodovod v Novém Městě byl vybudován z borových kmenů. V devatenáctém století začala dřevěná potrubí mizet a nahrazovala je potrubí keramická a později litinová. Města potřebovala stále více vody a dřevěným potrubím jí už více přitéci nemohlo. V ulicích již nebylo místo na další roury, neboť vedle sebe v nich bylo položeno i 5 dřevěných vodovodních řadů. Pálená hlína či litina umožňovala vyrábět potrubí s větší světlostí (průměrem), a tedy i větším průtokem. Také bylo zapotřebí zlepšit čistotu vody. Až do té doby nebyla nijak upravovaná a mohla se používat jen k mytí, praní a vaření, případně pro průmyslové účely.

Až do této doby se budovaly pouze gravitační vodovody. Přestávaly však vyhovovat, a tak se v první polovině 20. století začala voda různě čerpat a pod tlakem vhnět do potrubí. To umožnilo začít zavádět vodovody i do vyšších pater domů. Vnitřní rozvod vody v domech se dělal nejčastěji z olověných, uvnitř pocínovaných trubek. Později byly nahrazovány pozinkovanými železnými trubkami. V současnosti se stále více uplatňují vysokotlaké trubky z plastu, úspěšně nahrazující i litinové potrubí v rozvodné síti.

1.1. Dřevěné potrubí

Každý stavební materiál v průběhu let a staletí prochází neustálým vývojem. Stejně tak i vodovodní potrubí. Postupem času se pro dopravu vody od zdroje ke spotřebiteli používali různé druhy trub, které se s technickým vývojem lidstva nahrazovaly novými, pokročilejšími a odolnějšími systémy. S příchodem nových trubních materiálů se také měnily technologické postupy pro montáž a pokládku.

Stavby vodovodů byly realizovány vždy se stejným cílem: zajistit spotřebitelům trvalý přísun vody v požadované kvalitě a v dostatečném množství.

Jedním z prvně používaných materiálů bylo dřevo. V našich geografických podmínkách bylo ve velkém množství lehce dostupné a bylo dobře opracovatelné i s poměrně jednoduchými nástroji a proto se ho brzy začalo využívat i k výrobě potrubí. Z řad tesařů se postupně začali vyčleňovat specialisté na výrobu potrubí, tzv. rouníci, kteří kromě výroby potrubí zajišťovali i jeho montáž. První zmínka je ze starověku, kde vznikaly v Číně první gravitační dřevěné vodovody. V Evropě doba středověku nebyla nakloněna hygieně a tak nevznikaly téměř žádné vodovody. Existovaly však výjimky určené panovníkům. Jedním z nejstarších vodovodů sestaveným ze dřeva byl ve 12. století Vyšehradský.

Jako první se používalo dřevěné vrtané potrubí. Bylo vyráběno z oloupaných kmenů z borového nebo modřínového dřeva, které měly nejčastěji průměr 20 – 30 cm. Do těchto kmenů byly vrtány otvory o průměru 4 – 6 cm. Spojování dřevěných trub bylo prováděno buď tupým srázem spojeným ocelovou zděří, nebo pomocí čepování. Používání dřevěných vrtaných trub se potýkalo se spoustou nevýhod, a proto s nástupem nových materiálů byly tyto nevýhody velmi rychle vyloučeny. Dřevěné vrtané potrubí bylo vyloučeno z vodárenské praxe. Podstatně vyspělejším materiálem bylo dřevěné dužinové potrubí. Dužinové potrubí bylo možno vyrábět v rozpětí od relativně malých profilů až do profilů překračujících průměr 4 m. Na rozdíl od dřevěného vrtaného potrubí bylo možno dužinové potrubí použít i pro vyšší provozní tlaky. Pravděpodobně nejznámějším využitím dřevěného dužinového potrubí u nás byla část trubního přivaděče o průměru 2000 mm přivádějícího vodu z vodního díla Seč pro přilehlou vodní elektrárnu. Vlastní dřevěné potrubí bylo vybudováno v letech 1941-1943 a je v délce cca 854 m vyrobeno z dužin silných 8 cm stažených ocelovými obručemi.

V devatenáctém století začala dřevěná potrubí mizet a nahrazovala je potrubí keramická a později litinová. Města potřebovala stále více vody a dřevěným potrubím jí už více přitéci nemohlo. V ulicích již nebylo místo na další roury, neboť vedle sebe v nich bylo položeno i pět dřevěných vodovodních řadů [2, 23].



Obr. č. 1 Vrtané dřevěné potrubí [14]



Obr. č. 2 Dužinové dřevěné potrubí [15]

1.2. Akvadukty

V Římě a v římských provinciích vznikly nákladné systémy zásobování vodou pro městská osídlení. Protože bylo zapotřebí přivádět vodu až od pramene, který býval vzdálen někdy i několik desítek kilometrů a Římané se vyhýbali stavbám tlakových potrubí. Kolem roku 180 př. n. l., již byli schopni překonat výškové rozdíly terénu, museli začít stavět dlouhé vodovody se stejnoměrným, avšak nepatrným spádem. K tomu bylo ovšem zapotřebí tunelů a akvaduktů. Zatímco stavba tunelů byla už dávno známou záležitostí, se stavbou akvaduktů se začalo až teprve krátce před přelomem věků. Jejich síť se však rychle rozšiřovala a právě tak rychle se zlepšovala i kvalita staveb. Pro zásobení Říma samého bylo vybudováno 14 dálkových akvaduktů vedení vody. Významné stavby akvaduktů vznikaly také v koloniích. Nejlépe zachované vodovodní mosty najdeme u města Nimes. Je dlouhý 269 m a vysoký 77 m se třemi řadami arkád nad sebou. Známy je také dálkový vodovod v Kartagině, jenž měřil 132 km. Akvadukty byly stavěny jako úzké, vysoké a těsné na sebe navazující oblouky, přes které byl veden vodovodní žlab. První akvadukty byly většinou postaveny z mohutných kamenných kvádrů. Otvory v obloucích byly roubeny klínovými kameny a uvnitř občas ještě podepřeny výplní z cihlového zdiva. Ve výšce postranních pilířů bylo toto zdivo navrstveno vodorovně, v obloukové klenbě pak kruhovitě. Pozdější akvadukty byly vesměs obezděné menšími kameny. Průměry vodovodních žlabů nebyly jednotné. Naopak se často od sebe značně lišily. Často bývaly žlaby ještě nadezdívány, aby se tak zabránilo znečištění vody a jejímu ohřátí sluncem. Na víceposchodových akvaduktech bylo někdy kladeno více vodovodních linií nad sebou. Dálková vedení

nepřiváděla vodu přímo do sítě spotřebitelů, nýbrž k vodnímu zámku, jehož vnitřek byl rozdělen na čtyři části: z jedné hlavní nádrže vedly trubky do tří nádrží vedlejších, z jedné byly zásobeny městské lázně, z druhé soukromé domy a třetí nádrž pojímala přebytečnou vodu z prvních dvou. Z ní byly zásobeny veřejné bazény a vodotrysky [26].



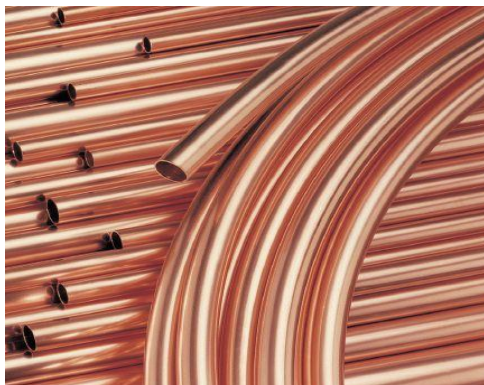
Obr. č. 3 Římský akvadukt [37]

1.3. Měděné potrubí

Měď byla prvním kovem, který se lidé naučili zpracovávat již na sklonku doby kamenné. Měděné slitiny užívané civilizací více než 5000 let patří rovněž k nejtradičnějším instalačním materiálům minulosti, současnosti i budoucnosti. Chalkolit, neolit, doba měděná – všechny tyto pojmy označují jedinou etapu vývoje lidstva, která vystřídala mladší dobu kamennou. V jejím průběhu, tedy od pátého tisíciletí př. n. l., až po rok 3200 př. n. l., vznikly v Evropě a na Blízkém východě kultury, které měly přes řadu odlišností jedno společné. K výrobě ozdob, zbraní a užitkových předmětů se začalo používat měděného materiálu. Měď pro účely rozvodu vody využívali již staří Egypťané přibližně 2500 let př. n. l. a poté ji v širokém rozsahu aplikovali Římané pro stavbu vodovodů a nádrží. Měď lidé znali již v době kamenné. Její poddajnost jí předurčila k výrobě jednoduchých předmětů, přičemž jedinou technikou zpracování tehdy bylo tvarování za studena. Tepáním se stávala tvrdší a odolnější a tato vlastnost mědi, spolu s její načervenalou barvou, byla náležitě ceněna. Někdy okolo roku 6000 př. n. l. se zjistilo, že měď se dá tavit, a že je možné z ní odlévat nástroje libovolných tvarů. Zhruba z téže doby pochází poznatek získání kovu z měděné rudy pomocí tepla. Zrodilo se nové odvětví lidské činnosti - metalurgie. Významným střediskem zpracování mědi se stal Egypt. Nový materiál byl symbolem společenského postavení. Okolo roku 5000 př. n. l. se do hrobů ukládaly měděné zbraně a doplňky a

zdobily se jím i těla zesnulých. Skutečně průkazné doklady o těžbě a zpracování mědi pocházejí z roku 3800 př. n. l. ze Sinajského poloostrova. Měď byla tepána na tenké plátky, které poté dostávaly podobu trubic. Okolo roku 3000 se měď intenzivně zpracovávala na Kypru. Jejích zásob si náležitě cenili Egypťané, Asyřané, Féničané, Řekové, Peršané i Římané, kteří postupně ostrovu vládli. Pro Římany se Kypr stal dokonce hlavní zásobárnou tohoto kovu; jeho latinský název, aes cyprium (kyperský kov), byl postupně zkrácen na cyprium, z něhož vznikl pozdější termín cuprum (chemická zkratka Cu).

Od roku 1940 je ve vyspělých zemích světa měď považována za nejlepší materiál pro technické zařízení budov. Bohužel po válce byla měď vyhlášena za strategický materiál a tak roku 1952 došlo v Československé republice k zákazu používání mědi pro instalační rozvody v technických zařízeních budov. Měď se mohla použít jen ve výjimečných případech. Teprve od roku 1990 se začala opět měď používat pro instalace ve větším měřítku a růst její spotřeby dosud trvá. Zejména v posledních letech se v České republice spotřeba měděných trub velmi zvýšila. Jestliže vezmeme spotřebu v roce 1993 jako 100%, pak se v roce 1998 zvýšila 16krát a v roce 2002 dokonce 30krát. I když praktické zkušenosti dokazují, že v domech postavených před válkou, zachované rozvody vody ve většině případů fungují i dnes bez poruch a spolehlivě. Měděné trubky odolávají nejen korozním účinkům vnějšího prostředí, ale také účinkům dopravovaných médií. Tato kladná vlastnost umožňuje používání měděných trubek v širokém rozsahu u technických zařízení budov. Mnohostranné využití je důvodem, že se dnes setkáváme se širokým sortimentem měděných trubek [20, 21].



Obr. č. 4 Měděné potrubí [3]



Obr. č. 5 Měděné tvarovky [4]

Oblasti použití měděných trubek

Měď má široké spektrum využití. Firmy rozlišují použití potrubí podle tvrdosti tenkostěnné, potažené plastem a odmaštěné pro medicínské účely. Měď se uplatňuje pro:

- rozvody studené a teplé pitné vody
- teplovodní rozvody vytápění do 110 °C
- teplovodní rozvody vytápění nad 110 °C max. do 250 °C
- teplovodní rozvody podlahového vytápění
- systémy rozvodů zemního plynu
- systémy pro rozvod kapalných plynů
- instalační rozvody pro chladicí a mrazicí zařízení
- rozvody pro získávání solární energie
- rozvody oleje, benzinu a nafty
- protipožární ochranné rozvodné systémy
- hydraulická zařízení a systémy
- rozvody plynu v laboratořích a zdravotnických zařízeních
- potrubní rozvody měření a regulace
- potrubní rozvody horkého vzduchu
- ostatní využití měděného instalačního systému [21].

Metody spojování měděného potrubí

Lisované spojení

Lisované spojení je možné použít na měkké, polotvrdé a tvrdé měděné trubky. Na trhu jsou k dispozici ke spojování měděných trubek tvarovky s vnějšími průměry od 12 do 108 mm.

Lisovací tvarovky jsou vyrobeny z mědi nebo červeného bronzu; pro přechody se nabízejí lisovací tvarovky se šroubením.

Na trhu jsou k dostání různé systémy lisovacích tvarovek, které se liší funkčním tvarem. Při lisování je velice důležité stále dodržovat montážní návod daného výrobce a používat pouze lisovací nástroje, které výrobce schválil.

Lisovací nástroje je nutné pravidelně kontrolovat z hlediska funkčnosti a opotřebení. U lisovaných tvarovek se vyžadují tyto vlastnosti:

- odolnost proti vysokým teplotám
- odolnost proti stárnutí
- odolnost proti mechanickému zatížení
- trvalá zatížitelnost do 110°C/16 bar

Pracovní postup při lisování

- Měděnou trubku pravoúhle zkrátíme, uvnitř a vně zbavíme otřepu. Odstranění otřepu je velice důležité, aby se zabránilo poškození těsnícího prvku.
- Měděnou trubku pravoúhle zkrátíme a zbavíme uvnitř i vně otřepu z důvodu poškození těsnícího kroužku.
- Označíme hloubku zasunutí, abychom poznali, zda nám při montáži nevyklouzla tvarovka z trubky.
- Nezbytnou součástí je i zkontrolování správného uložení těsnícího kroužku.
- Tvarovku pomocí mírného otáčení nasuneme na trubku.
- Zvolíme lisovací čelisti podle konkrétního průměru, rozevřeme je, kolmo nasadíme na drážku lisovací tvarovky a zahájíme lisování. Při lisování působí velmi velké síly několika tun. Je proto zapotřebí pracovat opatrně a používat pouze povolené lisovací nástroje [3].



Obr. č. 6 Lisování potrubí [3]



Obr. č. 7 Zalisované potrubí [3]

Pracovní postup při pájení naměkko a natvrdo

- Konec trubky uvnitř a vně zbavíme otřepu a u měkkých měděných trubek provedeme kalibraci. Dodržení tohoto bodu dosáhneme správné kapilární mezery. Jestliže se měkké trubky nekalibrují, trubka pak nemá správný tvar vůči tvarovce a může dojít k nesprávnému vyplnění pájeného spoje pájkou.
- Konec trubky z vnějšku a tvarovku zevnitř mechanicky očistíme. K čištění jsou vhodná nekovová čistící rouna, jemná ocelová vata, smirkové plátno anebo prstencové či kulaté kartáče s drátěnými štětinami. Jestliže konec trubky a tvarovku mechanicky neočistíme, spoj nemusí být úspěšně proveden.
- Tavidlem potřeme pouze konec trubky. Tak se tavidlo nedostane dovnitř. Aby bylo pájené místo opticky čisté, doporučuje se odstranit po nasunutí trubky a tvarovky přebytečné tavidlo, respektive pájecí pastu, která zůstane na trubce. Při tvrdém pájení spoje, měď pájkou obsahující fosfor není tavidlo nutné.
- Při pájení naměkko přizpůsobíme intenzitu plamene podle průměru trubky.
- Pro pájení natvrdo existují různé velké hořákové vložky, které se volí podle průměru trubky. K pájení natvrdo se kvůli lepšímu rozdělení tepla používají víceotvorové, popřípadě skupinové hořáky. Pájí se neutrálně nastaveným plamenem. Při pájení v místnosti je doporučeno větrat.

Pájení naměkko

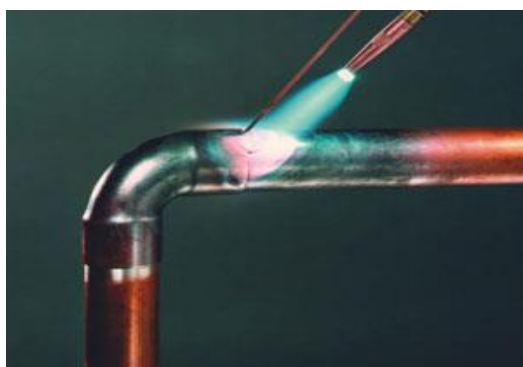
Očistíme a tavidlem natřeme konec trubky, poté zasuneme trubku až na doraz do tvarovky a rovnoměrně zahřejeme rozptýleným plamenem. Při příliš velkém zahřátí tavidlo shoří a páka nemůže smáčet, ale ukapává. Při pájení naměkko se pracovní teplota pozná roztavením pasty, která při dostatečném zahřátí změní z obvyklé šedé barvy na stříbrnou. Poté přiložíme k pájecí kapilární mezeře tyčinku pájky, která se odtavuje. Ve chvíli, kdy je na vnějším okraji tvarovky viditelný pájecí žlábek, odkloníme pájku a chvíli poté i plamen hořáku. V okamžiku ochlazení se místo spojení nesmí otřásat, protože se pájka nezpevňuje nárazově, ale v rámci svého rozmezí tavení [3].



Obr. č. 8 Pájení naměkko [3]

Pájení natvrdo

Očištěný a tavidlem natřený konec trubky nasuneme až na doraz do tvarovky a rovnoměrně zahřejeme rozptýleným plamenem. Při příliš velkém zahřátí tavidlo shoří a páka nemůže smáčet, ale ukapává. Při pájení natvrdo se správná pracovní teplota dosáhne při tmavočerveném žáru. Pájka se přiloží na pájené místo do rozptýleného plamene a odtavuje se vlivem plamene, přechází do kapilární mezery, až ji zcela vyplní. Při tvrdém pájení trubek velkých průměrů se postupuje po obvodu a pájka se roztavuje v zónách. Na závěr se místo spojení očistí vlhkým hadrem, aby se odstranily zbytky tavidla. Zbytky tavidla lze odstranit i drátěným kartáčem. V instalacích pitné vody se zbytky tavidla na vnitřní straně trubek odstraňují vypláchnutím celého potrubního systému. Z tohoto důvodu musejí být tavidla pro instalace pitné vody rozpustná ve vodě [3].



Obr. č. 9 Pájení natvrdo [3]

1.4. Olověné potrubí

Olovo (plumbum – Pb) je těžký kov, který je znám a lidstvem používán již od starověku. Vzhledem k velmi nízkému bodu tání (327 °C) je totiž dobře kujný a také odolný vůči korozi. Proto se stal oblíbeným a v určitém období i hojně používaným materiálem rovněž ve vodárenství. První použití olověného potrubí pro pitnou vodu v našich zemích je doloženo ze Zbraslavského kláštera z roku 1333. Během starověku bylo využíváno jen na koncové přípojky u kašen, ale v průběhu 19. století nastalo jeho plošné využití, jak na domovní přípojky, tak na domovní rozvody pitné vody a odpadní potrubí v domácnostech. Vzhledem k pozorovaným zjevným a akutním otravám, k nimž však následně došlo v řadě míst Evropy (tam, kde voda byla velmi korozivní), můžeme zhruba od přelomu 19. a 20. století pozorovat první pokusy o regulaci této oblasti. V průběhu 2. světové války se olovo stalo nedostatkovým materiálem a místo olověného potrubí začalo být využíváno potrubí ocelové. Krátce po skončení války pak bylo používání nových, čistě olověných materiálů ukončeno (alespoň v českých zemích). Nicméně celá řada starých přípojek i domovních instalací z olověných materiálů je ještě v provozu, což je ovšem problém většiny evropských zemí.

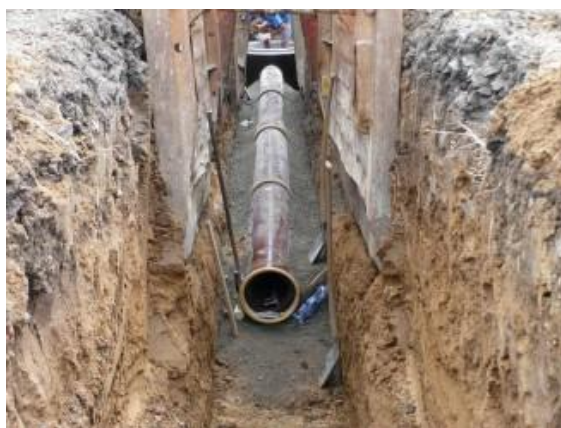
V souladu s doporučením evropské komise byl v České republice prostřednictvím Ministerstva pro místní rozvoj realizován podpůrný program na odstranění olověných rozvodů pitné vody v nemovitostech, který měl přispět k splnění budoucích požadavků. Byl zahájen v roce 2004, měl trvat do roku 2013 a ročně měla být na jeho realizaci vyčleněna částka 20 milionů korun. Bohužel informovanost obyvatel o tomto programu byla velmi nízká a ani vyčleněná částka nebyla dosud vyčerpaná. Proto je nutné zvýšit propagaci programu a pokračovat v monitorování olova v domácnostech a chránit zdraví lidí. Jak jsem zmiňoval výše, olovo bylo pak nahrazeno ocelovým potrubím a v současné době, při odstraňování olova z domácností je potrubí nahrazováno rovnou potrubím z plastů nebo z mědi [18].



Obr. č. 10 Olověné potrubí [19]

1.5. Litinové potrubí

Litinové potrubí bylo v dobové literatuře nazýváno potrubí ze železné litiny. Bylo na začátku 20. století jedním z nejčastěji využívaných trubních materiálů ve vodárenství. Výroba litinových trub byla známa už ve středověku, raná litinová potrubí však byla velmi primitivní. Odličky prvních trub byly těžké, nepřesné s délkami jednotlivých trub jen přibližně 1-1,5 m a vzhledem k používaným výrobním technologiím velmi drahé. Potrubí z litiny proto bylo zprvu využíváno jen řídkce. Rychlý rozvoj litinových trubních systémů začal ve druhé polovině 19. století, kdy se společně s rozvojem vodárenství a plynárenství postupně zdokonalila také výroba litinových trub [2].



Obr. č. 11 Litinové potrubí [16]

1.6. Pozinkované ocelové potrubí

V roce 1742 popsal francouzský chemik Paul Jacques Malouin způsob, jak vytvořit ochrannou zinkovou vrstvu na železném povrchu jeho ponořením do roztaveného zinku. Skoro o 100 let později (v roce 1836) jiný francouzský chemik Stanislas Sorel získal patent na žárové zinkování. Žárové zinkování je způsob pokovování, při kterém se pokrývají železné, ocelové nebo hliníkové výrobky tenkou vrstvou zinku průchodem lázní roztaveného zinku při teplotě 460 °C. Při styku se vzduchem reaguje čistý zinek s kyslíkem a vytváří ZnO, který dále reaguje s kyslíčnanem uhličitým a vytváří ZnCO₃. Tento uhličitán je šedý, dosti pevný materiál, který v mnoha případech zabraňuje další korozi zinkem pokrytému materiálu [8]. Mohlo by se zdát, že po skoro 180 letech žárového zinkování je výsledný produkt natolik znám, že technickou veřejnost nemůže nic překvapit. Ocelové pozinkované potrubí se začalo používat koncem 19. století a v masovém měřítku se u nás navrhovalo do staveb až do 90. let minulého století. Do 60. let se používalo ocelové pozinkované potrubí zejména pro rozvody studené vody. Rozvody teplé vody byly převážně menšího rozsahu, teplá voda byla k dispozici jen několik dní v týdnu. V 60. letech začala hromadná panelová výstavba a rozvody tepla a teplé vody byly navrhovány z centrálních výměňkových stanic nebo kotelen většinou s nepřetržitou obsluhou. Pro ohřívání vody se využívaly velkoobjemové zásobníkové ohříváče. Později se přecházelo na rychloohřev v protiproudových ohříváčích (někdy bez zásobníků, jindy s „boulemi“ na potrubí). Trubkovnice byly vyrobeny z ocelových trubek, k jejich zkorodování docházelo za 2 až 3 roky. V roce 1970 se dostal v Chile k moci prezident Salvador Allende Gossens. Za podporu, kterou mu komunisté v naší zemi nabídli, se začala v období 1970 až 1973 do republiky dovážet měď. Velmi rychle nahrazovaly ocelové trubkovnice trubkovnicemi z mědi nebo jejích slitin.

Do té doby poměrně stabilní trubní rozvody z ocelových pozinkovaných trub začaly rychle korodovat a důlková koroze se projevila i v plášti ohříváčů vody. Doba životnosti potrubí se rychle zkracovala až na pouhých několik let. Začátkem roku 1989 byl vydán Komentář k výpočtové normě, ve kterém se na okraj hlavního tématu upozorňuje na problematiku koroze ocelového pozinkovaného potrubí. V té době nebyl pro rozvody vody k dispozici jiný materiál než ocelové pozinkované potrubí. (Pro výjimečné stavby odsouhlasily stranické orgány možnost nákupu měděného potrubí pro rozvody vody) [12].



Obr. č. 12 Pozinkované potrubí [12]

1.7. Azbestocementové potrubí

Azbestocementové (AC) potrubí začalo být vyráběno v italském Janově před první světovou válkou (1906–1913) a mezi válkami se rozšířilo do většiny zemí Evropy i Severní Ameriky. Přibližně od 40. do 60. let se stalo jedním z hlavních materiálů používaných k budování vodovodních sítí. Od 70. let byla jeho výroba omezována, někde až zastavena vzhledem k zdravotním rizikům při výrobě i podezření z rizikové kontaminace pitné vody. V mnoha zemích světa, včetně např. USA, však bylo nové azbestocementové potrubí pokládáno ještě na konci 20. století. Ovšem i v zemích, kde se již několik desetiletí nová azbestocementová potrubí nepoužívají, dodnes představuje toto potrubí určitý podíl na celkové délce vodovodní sítě. Např. v Itálii bylo v roce 1988 125 tisíc km azbestocementového potrubí, ve Velké Británii 257 tisíc km, v USA 560 tisíc km. V evropských zemích podíl azbestocementového potrubí kolísá. Postupně ale dochází k jeho obměně, pokud již mechanicky dosloužilo.

V České republice podle údajů z majetkové evidence za rok 2009 je celkem 72 793 km vodovodních řadů, z toho jen 2 853 km (3,9 %) je z jiného materiálu (mimo kov a plast). Dnes se zde jejich délka odhaduje na necelé 3 tisíc km.

Azbestocementové tlakové trouby se v ČR vyráběly přibližně do roku 1975 (tzv. mazovou metodou, z řídké směsi cementu a mletého azbestu, v poměru 7 : 1), od té doby se již k rozvodu pitné vody nově nepoužívají, přestože jejich použití nebylo nikdy ze strany hygienických orgánů oficiálně zakázáno. Za jediný polooficiální dokument lze považovat článek z roku 1994 od MUDr. Evy Šuterové, pracovnice ministerstva

zdravotnictví, která z hlediska předběžné opatrnosti (při neexistenci konzistentního důkazu, že požitý azbest je zdraví nebezpečný) nepovažuje použití nového azbestocementového potrubí pro rozvod pitné vody za vhodné [13].

Problematické jsou však případné demontáže a likvidace azbestocementových trub při rekonstrukcích stávající infrastruktury, kdy může dojít k uvolnění a vdechnutí azbestocementových vláken. Odpady obsahující azbest jsou klasifikovány jako odpady nebezpečné, prokazatelně karcinogenní pro člověka. Pro případné demontáže a likvidace je proto nutno dodržovat speciální postupy, jejichž cílem je maximální možné snížení zdravotních rizik, které manipulací a uskladněním těchto odpadů obsahujících azbest vznikají. Ve své době měly materiály nezastupitelné místo při budování vodárenské infrastruktury. Ačkoliv postupem času byly tyto materiály vytlačeny modernějšími trubními systémy [2].



Obr. č. 13 Azbestocementové potrubí [17]

1.8. Plastové potrubí

Vývoj lidstva byl vždy spojen s vývojem materiálů. Tak, jak se postupně časem vyvíjelo lidstvo, stejně tak se vyvíjely i používané materiály. Ne nadarmo jsou některé etapy ve vývoji lidstva takto pojmenovány, jako například doba kamenná, doba bronzová apod. Vývoj v posledních dvou stoletích určovala průmyslová revoluce, která by bez oceli nebyla možná. Proto toto období lze také označit jako dobou ocelovou.

Avšak požadavky na materiály stále rostou, a proto dochází k výzkumu a vývoji nových, případně vylepšených materiálů. A jsou to především plasty, které mění zásadním způsobem vývoj lidstva a společnosti. Stejně tak jako v minulém období kámen nebo bronz, ve třetím tisíciletí to budou plasty [1].

Plastové potrubí pro vodovodní rozvody se dříve u nás používalo jen velmi zřídka, po roce 1989 se však rychle rozšířilo. Podstatné je, že nešlo pouze o systémy importované na náš trh jako celky ze zahraničí, kde používání plastů k těmto účelům v té době bylo již běžné, ale že od této doby lze datovat i začátek výroby plastů u nás. Na trhu se objevilo mnoho materiálů s různými vlastnostmi určených pro různé účely. Rychlý nástup plastových materiálů byl způsoben jejich nespornými výhodami:

- při správné aplikaci životnost 50 let [8]
- plastové potrubí nezarůstá a nekoroduje
- má dlouhou životnost
- nízkou hmotnost
- montáž potrubí z plastů je rychlá a snadná
- je hygienicky nezávadné
- malá hydraulická drsnost - možnost vyšší rychlosti proudění vody v potrubí.

Výhody plastů z hlediska výroby a ekologie:

- Výhodou je podstatně menší energetická náročnost při výrobě i zpracování než u kovových potrubí, což znamená, že výroba v konečném důsledku méně zatěžuje životní prostředí.
- Odpad z plastových materiálů je recyklovatelný, popř. z něho lze získat cenné suroviny. U nás bohužel zatím chybí pečlivost lidí třídít odpad a tak pomoci k lepšímu životnímu prostředí [5].



Obr. č. 14 Plastové potrubí [7]



Obr. č. 15 Plastové fitinky [10]

Technologie spojování PPR potrubí polyfúzním svařováním

Potřebné nářadí

Nejprve je zapotřebí si připravit elektrickou svářečku pro polyfúzní svařování opatřenou svařovacími nástavci pro různé dimenze, speciální nůžky pro dělení potrubí. V případě nouze postačí však pilka na železo. Po ruce by také neměl chybět ostrý kapesní nůž na seřiznutí roztřepených hran a hadr z nesyntetického materiálu namočený v lihu na odmaštění konce potrubí pro správný a bezpečný spoj. Pro dosažení co nejmenšího plýtvání materiálem je nutné si vše přeměřit metrem a označit tužkou.

Příprava nářadí

Nejprve na svářečku uchytkáme nástavce pomocí šroubů. Svářečku pomocí regulátoru nastavíme na teplotu 250 – 270 °C a zapojíme do sítě. Doba nahřátí svářečky závisí i na okolní teplotě. V zahřátém stavu vyčistíme svařovací nástavce od nečistot z předchozího svařování hadříkem z nesyntetického materiálu, aby nedošlo k poškození teflonové vrstvy. Se svářečkou můžeme začít pracovat, až se pomocí LED diody ujistíme, že je svářečka dostatečně nahřátá. Správnou funkci speciálních nůžek zkontrolujeme jedním, nebo dvěma kontrolními úřezy zkušební trubky. Při kontrolním řezání nesmí dojít ke zmáčknutí vnějšího průměru trubky. Pokud k tomu dojde je zapotřebí nůžky nabrousit.

Příprava materiálu

Před započítím práce je zapotřebí si nejprve veškerý materiál prohlédnout. U všech prvků nesmí být jakýmkoliv způsobem zeslabena stěna, u uzavíracích prvků se závity před montáží prověříme funkčnost a závity zkontrolujeme protikusem. Svařovací hrdla a části trubek k zasunutí do hrdla očistíme a odmastíme. Tvarovky nasuneme na trn a zkontrolujeme, zda nejsou na trnu příliš volné. Tvarovky, které se na trnu viklají, vyřadíme.

Vlastní postup svařování

Naměříme potřebnou délku trubky a trubku odřízneme. Pokud nemáme speciální nůžky a jsme-li nuceni použít pilku na železo, nožem očistíme odříznutý okraj trubky od otřepů. Dále se doporučuje nožem, nebo speciálním přípravkem srazit pod úhlem $30^\circ - 45^\circ$ vnější okraj konce trubky určený pro nahřátí, a to především u průměrů nad 40 mm. Tím se zabrání hrnutí materiálu při zasouvání konce trubky do tvarovky. Doporučuje se fixem označit na trubce délku zasunutí konce trubky do tvarovky. Vždy by měla zůstat mezera minimálně 1 mm pro shrnutý materiál, proto se trubka do tvarovky nezasouvá až na doraz. Došlo by pak ke snížení průtoku vody. Dále se doporučuje označit pozice sváru na trubce i na tvarovce. Tím se zabrání pootočení trubky vůči tvarovce po zasunutí. K těmto účelům je možnost využít montážní rysky na tvarovkách. Po označení je nutné svařované plochy očistit a odmastit, jinak by nemuselo dojít k ideálnímu spojení natavených vrstev. Nyní dochází k vlastnímu nahřívání. Nejprve nasuneme na nahřátý nástavec tvarovku, která má silnější stěnu než trubka a prohřívá se déle a zkontrolujeme, jestli není na nástavci příliš volná, stejně tak to uděláme i s potrubím. Špatné kusy vyřadíme. Nerovnoměrnost materiálu způsobuje nekvalitní svar. Doba prohřívání se měří od chvíle, kdy jsou trubka i tvarovka nasunuty na svařovací nástavec v plné délce. Během svařování není dovoleno žádné pootočení, aby nedošlo ke shrnutí materiálu. Po uplynutí nahřívací doby vyjmeme trubku i tvarovku ze svařovacího nástavce a mírným tlakem bez pootočení zasuneme trubku do tvarovky. Napuštění potrubí vodou se doporučuje 1 hodinu od posledního sváru. Svařovat je povoleno maximálně do $+5^\circ\text{C}$.



Obr. č. 16 Polyfúzní svářečka pro spojování plastového potrubí [9]

2. Historie kanalizace

Fungující kanalizační systém je nezbytnou podmínkou zdravé a fungující civilizace. V okamžiku, kdy člověk začal budovat větší osídlení, musel řešit jak pravidelné dodávky pitné vody, tak odvod nejrůznějšího odpadu. Proto se již ve starověkých říších objevily první pokusy o fungující kanalizační (nebo alespoň zavlažovací) systém [27].

Kdy a kde byla vynalezena první vůbec první kanalizace na světě, se přesně neví. První zmínky o existenci kanalizačního systému a odpadové jámě se vyskytují v mytologii semitských Akadů, kteří přesídlili do Babylonu okolo roku 2600 př. n. l. V mezopotámských a protoindických městech budovali kolem roku 2510 př. n. l. speciální kanalizační systémy na odvádění odpadních vod a podle vykopávek v městech Harapo a Mohendžo – daro, můžeme mluvit dokonce i o koupelnách a toaletách [28].

Z vykopávek je známo, že v Mezopotámii byly používány splachovací záchody, z kterých byly fekálie splachovány přímo do kanalizace. Rovněž v městech na území tehdejšího Summeru byla budována městská kanalizace. Z ní byly vedeny přípojky do jednotlivých domů, kde byly ukončeny svislými šachtami. Do nich se pak vléval otvorem odpad. Přípojky byly budovány z hliněných trub, někdy byly čtvercového nebo obdélníkového průřezu z pálených cihel a byly přikryty čtverhrannými deskami. Měly značný sklon, aby voda mohla rychle odtéci. Hlavní stoky byly rovněž zděné. Dokonce již kolem roku 2 600 př. n. l. tehdejší stavitelé znali techniku valené klenby. Uliční stoky sváděly splašky buď přímo do velkých řek, nebo do sběrných jam či rybníků [28].

Jak dokazují archeologické vykopávky učiněné v Knóssu na Krétě, byly tehdy 1 500 let př. n. l. běžné koupelny, splachovací záchody a dokonce i oddílné kanalizace, které ústily do centrální kamenné kanalizace. Rovněž vykopávky z Kartága dokladují, že Féničané měli zavedenou kanalizaci kolem roku 800 př. n. l. [28] Dále roku 800 př. n. l. jsou v Římě vybudovány promyšlené stoky pojmenované *Cloaca maxima*, tedy *Velká stoka*. Jde o jeden z prvních skutečně komplexních kanalizačních systémů v historii. Části Velké stoky fungují v Římě dodnes [27].

Na území českých zemí jsou první zmínky o “odvádění” odpadu zachyceny z doby raného středověku. K likvidaci fekálních odpadů na hradech sloužily suché záchody. Jejich situování bylo takové, že z něho fekálie vypadávaly přímo na hradby. Tyto tzv. prevéty jsou jedním z nejstarších kanalizačních útvarů. Je nesporné, že měli vlastně dvojí funkci, jak tělesnou úlevu, tak i zvyšovaly nedobytnost hradeb.

Ve středověku začal prudce vzrůstat počet obyvatel. Stavěly se víceposchodové domy, ovšem bez odpovídajícího hygienického zařízení. Středověk si s hygienou nedělal starosti. Města to řešila veřejnými latrínami na březích řek, ale přesto byla už z dálky nevábně cítit. Pokrok přišel až z Anglie - prvním anglickým domem, který měl podzemní kanalizační systém a toalety a umývárny u každého pokoje, byl ve 13. století Westminsterský palác. Ale první funkční splachovací klozet měla teprve v roce 1596 královna Alžběta I. v Richmondském paláci (dar kmotřence sira Harringtona, který jej vynalezl a nechal nainstalovat ve svém domě v Kelstonu nedaleko Bathu). Její hygienické zařízení se podobalo dnešním. Mělo nádržku s čistou vodou, mísu a místo splachovadla klikku u sedátka. Voda do mísy tryskala z důmyslně rozmístěných kanálků. Odpad neústil do kanalizace, ale do žumpy. Používání tohoto záchodu se všeobecně neujalo hlavně proto, že většina domů neměla přívod vody ani kanalizaci [28].

Zásobování měst vodou bylo v době středověku na území dnešní České republiky na dobré úrovni; podzemní vodovody přiváděly do soukromých nebo veřejných kašen vodu různé kvality. Města se ale obtížně zbavovala odpadních vod, které byly značným hygienickým problémem a s komunálním odpadem největším zdrojem nakažlivých nemocí. Historický vývoj kanalizace v Čechách je možné názorně přiblížit na Praze, protože právě zde se všechny uvedené problémy kumulovaly. Počátky pražské kanalizace musíme podle archiváře Pražských vodovodů a kanalizací Jaroslava Jáška, hledat v církevním prostředí.

První kanalizací, nebo spíše odvodněním, byla stavba štol ze Strahovského kláštera, která vznikla někdy ve 40. letech 12. století a odváděla přebytečnou vodu z kláštera směrem na Malou Stranu. Samozřejmě sloužily žumpy, hnojiště ve dvorech, na kterých si lidé ulevovali a nebo tyto výkaly vylévali na ulici. Čištění ulic se zabývali lidé stojící na okraji společnosti. Počátkem 14. století se začalo nejen s dlážděním ulic, ale také s dlážděním uličních stok. První zmínka o takovémto zařízení je z roku 1310. Objevili se také první specializovaní komunální čističi. Ti ve 20. letech 15. století provedli první hromadné vyčištění pražských žump. Dalších přibližně 250 let nepřineslo v kanalizačních systémech v Praze nic převratného. Až jezuité dali v roce 1673 vybudovat relativně moderní stoku pro odvodnění své koleje v Klementinu. Jinak ale doba podle Jaroslava Jáška hygieně příliš nepřála.

Období baroka sice přineslo výstavné paláce, domy, kostely a zahrady, ale v jejich stínu nadále zůstávaly špinavé a krivolaké ulice se špatnou dlažbou. Splašky

stále vytékaly z přilehlých budov. Pokus o částečné odkanalizování pražského souměstí se datuje do 80. let 18. století, kdy byl postupně projektován kanalizační systém. V roce 1787 František Antonín Leonard Herget navrhl první stoky v Praze. Bylo jich postaveno poměrně velké množství, v této době šlo o řádově asi 30 km stok. Tyto stoky měly většinou špatný, nebo minimální spád a opět odváděly splašky do Vltavy. Dramatický konec 18. století znemožnil realizaci Hergetovy kanalizace. Další vývoj pražské kanalizace je spojen se jménem hraběte Karla Chotka, který navázal na plány svého otce Jana Rudolfa, a díky němu dostaly během první poloviny 19. století kanalizaci postupně Hradčany, části Malé Strany a Starého Města a také část území Na Františku. A právě tady byla jedna z těchto stok objevena po povodni v srpnu 2002. Chotkovy úpravy ale brzy podle Jaroslava Jáška přestaly vyhovovat potřebám rostoucího velkoměsta. Proto v červenci roku 1884 vyhlásilo pražské zastupitelstvo soutěž o projekt celkového řešení městské kanalizace. Výběrová řízení při pražském magistrátu žila vlastním životem již koncem 19. století: ani jeden z projektů nebyl shledán zajímavým. V roce 1894 schválila pražská městská rada projekt za tehdy neuvěřitelných šest a půl milionu zlatých a o 8 let později byla moderní kanalizační soustava s mechanickou čistírnou odpadních vod v Bubenči uvedena do zkušebního provozu. V té době už probíhala výstavba vodovodu z Káraného do Prahy. Počátkem 20. století tak byla Praha po hygienické stránce jedním z nejlépe vybavených evropských měst. Jeden z kanalizačních projektů z roku 1885 byl uvozen heslem: Sine munditia nulla sanitas, tedy: Bez čistoty není zdraví. O čistotu odpadních vod v Praze se od roku 1967 stará dodnes funkční čistírna na Císařském ostrově [29].

2.1. Historie vnitřní kanalizace

Kanalizace, jak ji známe dnes, je relativně mladou technickou vymožeností. Pomineme-li dávnou historii Římské říše, kdy hygiena těla patřila k projevu společenské úrovně, a tudíž byla budována důmyslná hygienická zařízení (např. římská stoka Cloaca maxima), zjistíme, že jde o záležitost až poloviny 19. století. V našich zemích se kanalizace, na rozdíl od vodovodů velmi dlouho, až na ojedinělé stavby, nezřizovala. Budovy totiž nebyly uvnitř vodou vůbec zásobovány a nutné hygienické potřeby se odehrávaly venku. Teprve přelom 19. a 20. století přinesl změnu v myšlení obyvatel. V souvislosti s prudkým rozvojem techniky a novými možnostmi zpracování

materiálů se začaly budovat na našem území první moderní stokové sítě a v návaznosti na zavádění vodovodu do budov a zřizování splachovacích záchodů vznikaly i první domovní kanalizace. Moderní stokové sítě se na našem území datují od druhé poloviny 19. století [30].

2.2. Materiály vnitřní kanalizace

Plastová potrubí

Plasty jsou odolné proti korozi, mají hladké stěny, ale nejsou odolné proti ohni. Pro svodné potrubí zemí se užívá plastové potrubí z polyvinylchloridu (PVC KG) červenohnědé barvy nebo polyetylenu (PE) černé barvy. PVC KG se spojují hrdly s těsnícím kroužkem, PE především svařováním (natupo, provádíme elektrotvarovkami). Pro odpadní a zejména přípojovací potrubí se nejdéle (už od 50. let 20. století) používá PVC (novodur) šedé barvy. Tento plast není dlouhodobě tepelně odolný (snese teplotu do 40°C, krátkodobě do 60°C), a proto není vhodný pro potrubí od automatických praček a myček nádobí. Spojuje se hrdly s těsnícími kroužky nebo lepením.

Dalšími plasty pro odpadní a přípojovací potrubí jsou polypropylén HT (PP HT) šedé barvy, jenž odolává i teplotám do 100°C, a polyetylén (PE) černé barvy pro teploty do 80°C. Potrubí PP HT se spojuje hrdly s těsnícími kroužky. Potrubí z PE se spojuje svařováním a dilatace se řeší instalací dlouhých dilatačních hrdel. V případě potřeby (např. vede-li odpadní potrubí v blízkosti ložnice nebo dětského pokoje), je možno použít také potrubí dalších plastů a jejich modifikace, která mají lepší zvukově izolační vlastnosti, nebo je nutno trubky dodatečně zvukově izolovat (obložení zvukovou tepelnou izolací) [30].



Obr. č. 17 Plastové odpadní potrubí [36]

Kameninové trubky a tvarovky

Tradičním materiálem pro svodná potrubí v zemi a kanalizační přípojky je kamenina. Kameninové trouby se dříve spojovaly hrdly těsnými impregnovaným konopným provazcem a asfaltovou zálivkou. Zálivka se často nahrazovala betonovou nebo cementovou kaší, což vedlo k netěsnostem ve spojích. V současnosti se používá kameninové potrubí s hrdly s těsnícím kroužkem, který zaručuje lepší těsnost spoje. Kameninové potrubí je velmi trvanlivé, jeho nevýhodou je však křehkost [30].



Obr. č. 18 Kameninové trubky a tvarovky [31]

Litínové trubky a tvarovky

Pro odpadní potrubí se v minulosti používaly nejčastěji litinové trouby a tvarovky spojované hrdly těsněnými konopným provazcem a olověnou zálivkou nebo hliníkovou vatou. Zálivka bývala někdy nevhodně nahrazena cementovou kaší, což se stávalo příčinou netěsnosti. Rovněž pro svodná potrubí někdy posloužily litinové trouby. Litina je nehořlavá a odolná proti mechanickému poškození. Při opravách a dodatečném vkládání odboček se tato potrubí mají opět spojit litinovými troubami, aby nemohlo dojít k poklesu horní části. Vzhledem k velké pracnosti a vyšší ceně se tento tradiční materiál v současnosti používá málo. Jeho výhod se ve spojení s moderními spoji (objímkami s těsněním) využívá u moderního bez hrdlového litinového potrubí [30].



Obr. č. 19 Litinové odpadní potrubí [32]

Olověné trubky

V minulosti se používaly pro připojovací potrubí, ale v současnosti již mnohdy nevyhovují, a proto je při rekonstrukci nahrazujeme výrobky z nových materiálů (nejlépe plastů). Nahradit je vždy nutné celé úseky, protože spojování olověných trubek s trubkami plastovými není vhodné [30].



Obr. č. 20 Historický olověný římský vodovod [33]

Azbestocementové potrubí

Při rekonstrukci (především panelových domů) je možno narazit na azbestocementové potrubí, které má oproti ostatním materiálům výrazně nižší životnost způsobeno hnilobou, zejména tvarovek. Pro jeho zdravotní závadnost a časté netěsnosti projevující se na konci životnosti je nutné potrubí při rekonstrukci vyměnit [30].



Obr. č. 21 Azbestocementové odpadní potrubí [34]

Ocelové trubky a tvarovky

V minulosti se v ČR pro vnitřní kanalizaci používaly také ocelové trouby a tvarovky chráněné proti korozi chemicky (tzv. parkerizací) nebo jen asfaltovým povlakem. Taková potrubí bývají dnes na konci životnosti. V současnosti se začínají používat

pozinkované ocelové hrdlové trouby s vnitřním pryskyřičným nátěrem [30].



Obr. č. 22 Ocelové odpadní potrubí [35]

3. Historie a současnost instalatérského řemesla

Téma této bakalářské práce jsem si vybral, protože již osm let pracuji v oboru instalatérství. Na základní škole jsem mohl poznat tento obor pouze prostřednictvím výstavy *Vzdělání a řemeslo*, kde kromě jiných řemesel bylo prezentováno i toto. Během studia na základní škole jsem neměl možnost se k němu nějakým způsobem přiblížit, a proto jsem se rozhodl zpracovat toto téma, jež by se dalo využít pro rozšíření tohoto řemesla do současných základních škol. V této době řemeslníků ubývá, ale tím se naopak zvyšuje možnost uplatnění a finančního ohodnocení tohoto řemesla. Proto bych si přál, aby si žáci už na základní škole uvědomili, že toto řemeslo vždy bude pro lidstvo potřebné a budou-li ctít jeho zásady, mohou se stát úspěšnými i v tomto řemeslném odvětví.

Byl bych rád, kdyby pedagogové, kteří mohou ovlivňovat žáky a studenty, tuto problematiku šířili dál dnešní mládeži a ti tak měli možnost instalatérské řemeslo poznat blíže již v raném věku.

Podle Rámcového vzdělávacího programu by bylo vhodné, aby žáci či studenti znali i historii jednotlivých řemesel, k nimž patří i instalatérství. Tato bakalářská práce by se dala využít jako pomůcka pro pedagogy do výuky základních škol a do výuky na středních odborných učilištích v oboru instalatér. Žáci se díky ní seznámí s rozvojem vodárenství od začátku civilizace až po současnost, což jim umožní zlepšit představu o způsobu žití a životního stylu různých lidí z různých časových období. Budou zde poučení o jednotlivých materiálech, které se používaly a tím si rozšíří obzory o vývoji vědy a techniky vůbec.

Pro použití ve výuce by bylo možno vycházet z této bakalářské práce. Pomocí prezentace, která je součástí této práce, by mohla přiblížit jednotlivé problematiky. Je potřeba dětem říci, že tuto práci jsem psal já, profesionální instalatér, který se v tomto řemesle pohybuje a tudíž je psaná nikoli zkresleně, ale objektivně. Myslím si, že příliš odborně psaná studie by je mohla demotivovat.

Na základě seznámení žáků s historií a současností řemesla prostřednictvím prezentace, by se mohla rozvinout beseda, která by posloužila k ověření poznatků z prezentace. V uvedené prezentaci jsou pro tyto účely vypracovány doplňující otázky.

Vhodný by mohl být i prostor pro diskuzi, ve které by naopak pedagog zodpovídal otázky týkající se tématu.

3.1. Prezentace o instalatérství

HISTORIE A SOUČASNOST ŘEMESLA

Seznámení s řemeslem

PÁLENÁ HLÍNA

- jeden z nejstarších materiálů
- použití již ve starověku
- 19. st. př. n. l. na Krétě, v Římě, sever Afriky
- poté byl tento materiál zapomenut
- nahrazován dřevem



potrubi z pálené hlíny

DŘEVO

- nástupce pálené hlíny
- v roce 1200 př. n. l. v Číně vodovody z bambusu
- křesťanský středověk nepřál rozvoji vodárenství
- vodovody se téměř přestaly vyrábět až do 19. století
- nosiči vody



dřevěné potrubí

ŘÍMSKÉ AKVADUKTY

- počátek evropského vodárenství v Římě
- gravitační vodovody
- první vodovod 305 př. n. l.
- stavěny z mohutných kamenných kvádrů



římský akvadukt

MĚĎ

- první kov
- první použití v Egyptě 2500 př. n. l.
- doba středověku - útlum využití
- v Československu zákaz používání v roce 1952
- rozmach použití od roku 1990
- snadná montáž
- vynikající vlastnosti



měděné potrubí



měděné tvarovky

OLOVO

- použití už ve starověku
- první použití v našich zemích pro pitnou vodu roku 1333.
- velký rozmach v 19. st.
- škodlivé účinky pro zdraví



olověné potrubí

LITINA

- výroba trub známa už ve středověku
- 19 st. špatná technologie výroby
- počátek 20 st. jedním z nejpoužívanějších ve vodárenství



litinové potrubí

POZINKOVANÁ OCEL

- 1742 byl popsán způsob pozinkování
- 1836 patent pro žárové pozinkování
- konec 19. st. velký rozmach používání
- 1990 konec používání pro domovní vodovod



pozinkované potrubí

AZBESTOCEMENT

- počátek výroby spadá do Itálie do období 1906-1913
- mezi válkami rozmach použití do většiny zemí v Evropě i USA
- od 70. let nastalo omezení výroby z podezření kontaminace pitné vody a rizikům při výrobě
- v ČR 1975 konec výroby
- nebezpečný karcinogenní materiál



azbestocementové potrubí

PLAST

- nástupce pozinkované oceli
- po roce 1989 velký rozmach použití u nás
- vynikající vlastnosti
- v současnosti u nás nejpoužívanějším materiálem
- snadná montáž



plastové potrubí



plastové tvarovky

HISTORIE KANALIZACE

- první pokusy o kanalizaci se objevovaly již ve starověku
- v Babylonii první odpadní jáma 2600 př. n. l.
- Mezopotámie 2510 př. n. l. kanalizační systém, koupelny
- nejčastěji kamenné stoky
- 800 př. n. l. v Římě vybudovány stoky
- středověk si s hygienou nedělal starosti
- na našem území první kanalizace ve 12. st.
- současná podoba domovní kanalizace na našem území pochází z poloviny 19. st.

KAMENINA

- tradiční materiál pro svodná potrubí v zemi a kanalizační přípojky.
- je velmi trvanlivá
- nevýhodou je křehkost materiálu
- stále se využívá



kameninové potrubí

LITINA

- dříve nejčastější materiál pro odpadní potrubí
- náročná montáž
- v současnosti se téměř nevyužívá
- vysoký výskyt v panelových domech
- nahrazováno plasty



litinové potrubí

OLOVO

- v minulosti se užívalo pro přípojovací potrubí
- v současnosti nevyhovuje
- je nahrazováno plastovými trubními systémy



olověné potrubí

AZBESTOCEMENT

- v současnosti se již nevyužívá
- krátká životnost
- zdravotně závadné
- časté netěsnosti



azbestocementové potrubí

OCEL

- pro vnitřní kanalizaci
- v současnosti se již nevyužívá
- nahrazováno pozinkovaným ocelovým potrubím



ocelové potrubí

PLAST - PVC

- od roku 1950 je na trhu první plastové odpadní potrubí - PVC
 - špatné mechanické vlastnosti
- nástupce je šedý polypropylén (PP HT) pro domovní kanalizaci
- pro venkovní kanalizaci je oranžový polyvinylchlorid PVC KG
 - výborné mechanické vlastnosti



plastové tvarovky

SHRNUTÍ - VODA

- pálená hlína: cca 2000 př. n. l.
- dřevo: cca 1200 př. n. l.
- římské akvadukty: cca 305 př. n. l.
- měď: 2500 př. n. l.; současnost
- olovo: 14. století
- litina: přelom 19. a 20. st.
- pozinkovaná ocel: konec 19. st.; současnost
- azbestocement: počátek 20. st.
- plast: přelom 20. a 21. st.

SHRNUTÍ - KANALIZACE

- do 19. století pouze jámy, či stoky
- materiály:
 - kamenina
 - litina
 - olovo
 - azbestocement
 - ocel
 - plast – v současné době nejpoužívanější

DOPLŇUJÍCÍ OTÁZKY

- 1) Jak se nazývá řemeslník, který montuje vodovodní potrubí?
- 2) Jak se dříve nazývaly nádoby na nošení vody?
- 3) Jak se nazývá jeden z nejstarších materiálů pro výrobu potrubí?

DOPLŇUJÍCÍ OTÁZKY

- 4) Jaký je správný název pro legované ocelové potrubí?
- 5) Vyjmenujte současné techniky pro spojování měděného potrubí.
- 6) Jak se nazývá vodovod, kterým převáděli lidé vodu přes údolí?

DOPLŇUJÍCÍ OTÁZKY

- 7) Ze které doby jsou známy první zmínky o odvádění odpadu na území České republiky?
- 8) Jaký byl hlavní důvod toho, že se cca před 100 lety začala stavět kanalizace?

DOPLŇUJÍCÍ OTÁZKY

- Uveďte, co patří a nepatří do kanalizačního potrubí.

	ano	ne
dešťová voda		
toaletní papír		
olej z automobilu		
voda z nádobi		
lôgr z kávy		
barva		
léky		
jídlo		
stolice		
pivo		

Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit přehled vývoje vodárenství z hlediska používaných materiálů od vzniku lidské civilizace až do současnosti.

V jednotlivých částech jsem analyzoval určité materiály a snažil se je dávat do historického kontextu. Zaměřil jsem se zejména na jejich vlastnosti a ty jsem konfrontoval se způsobem jejich využití v praxi. Tak, jak šla dopředu věda, zlepšovaly se i výrobní postupy materiálů a tím i kvalita a možnost jejich využití. Shrnuj nejstarší materiály od pálené hlíny, přes dřevo, měď, olovo, litinu, ocel, azbestocement až po plasty. Snažil jsem se porovnávat výhody a nevýhody jednotlivých materiálů, přičemž jsem došel k závěru, že v současné době se pro rozvod vody na našem území preferuje použití plastového potrubí, protože není tak finančně náročné jako měděné potrubí a má vlastnosti, které vyhovují našim potřebám. Zhruba na stejnou úroveň se řadí měď, která se používá v západních zemích. Měď je ovšem finančně náročnější a pro montáž potrubí se vyžaduje delší pracovní postup, než je tomu u plastu.

V další části práce jsem se věnoval vývoji kanalizace, která též prošla zajímavým vývojem. Stručně jsem shrnul jednotlivé materiály, které k ní byly v průběhu času používány a opět jsem je konfrontoval se současnými technickými trendy. Zjistil jsem, že současnému českému světu vládne plasty. Z hlediska výroby a montáže jsou provedení kanalizace, zvláště domovní kanalizace, ve všech směrech nejvýhodnějším materiálem.

Seznam použitých zdrojů:

Literatura:

- [1] BACHMANN, Jiří – BERÁNEK, Jaroslav – DANĚČEK, Michal a kol., *Plasty pro rozvod médií a svařované konstrukce*, Praha 2001, ISBN 80-86176-97-5
- [2] COUFAL, Marek, *Historické materiály používané pro výstavbu vodovodů v Čechách a na Moravě*, SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací 2, 2014, s. 24-56.
- [3] HUNGARIAN COPPER PROMOTION CENTRE, *Odborná instalace měděných trubek. Vyučovací program pro střední odborné školy a střední odborná učiliště*.
- [4] KAREIS, Bedřich – ROUSEK, Rudolf, *Kvalifikační příručka instalatéra*, Praha 1971.
- [5] KOPAČKOVÁ, Dagmar – ZÁBOJ, Tomáš – HARTL, Miroslav, *Potrubí z plastů. Pro učební obor instalatér*, Praha 1996, ISBN 80-85427-64-5
- [6] PATURI, Felix, R., *Kronika techniky*, Praha 1993. ISBN neuvedeno

Internetové zdroje:

[7] VONDRÁKOVÁ, Alena, *Není Trubka jako trubka*,

<http://www.peknebydleni.cz/radime/neni.htm>, aktualizace 2.4.2014

[8] WAWIN EKOPLASTIK s.r.o.,

<http://www.ekoplastik.cz/>, aktualizace 2.4.2014

[9] BĚHŮNEK s. r. o., *Polyfúzní svářečka*,

[http://shop.uni-](http://shop.uni-therm.com/index.asp?section=products&cat=215&page=detail&id=631)

[therm.com/index.asp?section=products&cat=215&page=detail&id=631](http://shop.uni-therm.com/index.asp?section=products&cat=215&page=detail&id=631), aktualizace 2.4.2014

[10] WAWIN EKOPLASTIK s.r.o.,

<http://www.tzb-info.cz/vyrobky/wavin-ekoplastik#sk2>, aktualizace 2.4.2014

[11] WIKIPEDIE, *Hot-dip galvanization*,

http://en.wikipedia.org/wiki/Hot-dip_galvanizing, aktualizace 4.4.2014

[12] SHOPELEKTRO.CZ,

<http://www.shopelektro.cz/ulozny-material/trubky-a-chranicky/trubky-ocelove/csn-zavitove/kopos-6016-zn-f-ocelova-trubka-zavitova-pozinkovana-csn>, aktualizace 4.4.2014

[13] TZBINFO, *Historie použití azbestocementového potrubí pro distribuci pitné vody a jeho rozšíření*,

<http://www.tzb-info.cz/4586-stanovisko-nrc-pro-pitnou-vodu-k-pouzivani-azbestocementovych-potrubí-pro-dopravu-pitne-vody>, aktualizace 5.4.2014

[14] Neuvedeno, *Pražský hrad*,

<http://zhola.com/praha/cz.php?st=prameny&KasnyGallery>, aktualizace 6.4.2014

- [15] ŽELEZNÉ HORY.NET, *Dřevěné potrubí u přehrady Seč*.
<http://www.zeleznehory.net/tag/prehrada-sec/>, aktualizace 6.4.2014
- [16] neuvvedeno, *Naše voda*, Informační portál o vodě,
<http://www.nase-voda.cz/celkova-rekonstrukce-vodovodniho-potrubu-ceskem-brode-jenutna/>, aktualizace 6.4.2014
- [17] neuvvedeno, *Azbest odpadní potrubí*,
<http://brandys-nad-labem-stara-boleslav.saintclassifiedczech.com/azbest-odpadni-potrubu-poty-potovneho-podle-m-prmr-15-odpadu-rourudlka-1-ad-22971>, aktualizace 8.4.2014
- [18] KOŽÍŠEK, František a kol., *Olovo a pitná voda: Situace v České republice*,
http://meteau.cz/doc/vh1_2008.pdf, aktualizace 8.4.2014
- [19] deník OLOMOUCKÉ NOVINKY. cz, ze dne 14. leden. 2014,
<http://m.olomouckenovinky.cz/zpravy/regiony/na-vymenu-nebezpecneho-oloveneho-potrubu-muzete-ziskat-dotaci/>, aktualizace 11.4.2014
- [20] web PROGRESS, s.r.o., *Historie mědi*,
<http://www.tzbsystem.cz/article.asp?nDepartmentID=2&nArticleID=15&nLanguageID=1>, aktualizace 11.4.2014
- [21] DUFKA, Jaroslav, *Měděné trubky a jejich spojování*,
<http://www.topin.cz/download.php?idx=71875&di=7>
- [22] TORSTEN BATGE, *Měděné tvarovky*,
http://cs.wikipedia.org/wiki/Instalat%C3%A9r#mediaviewer/Soubor:Kupferfittings_4062.jpg, aktualizace 11.4.2014
- [23] neuvvedeno, *Vodovody*,
<http://oko.yin.cz/32/vodovody/>, aktualizace 11.4.2014
- [24] A COPPER ALIANCE MEMBER, *Středisko mědi*,

<http://www.medportal.cz/system/files/publikace/10%20dobr%C3%BDch%20d%C5%A Fv.pdf>, aktualizace 12.4.2014

[25] HAVLÍK, Aleš, *Historie vodního stavitelství*,
http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Historie.pdf, aktualizace 12.4.2014

[26] PAVLÍKOVÁ, Petra, *Vodárenství na Chrastceku na přelomu 19. a 20. století*,
Bakalářská práce, Filozofická fakulta iniverzita Pardubice, 2013,
<http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/53234/3/Univerzita%2BPardubice.pdf>,
aktualizace 12.4.2014

[27] BJ SERVIS, *Ranná historie kanalizace a instalatérství*,
<http://www.bjservis-praha.cz/ranna-historie-kanalizace-instalaterstvi>, aktualizace
14.4.2014

[28] BRIXTON, *Stavitelství, s.r.o.*,
<http://www.naseinfo.cz/stavby-a-stavebnictvi/technicke-zarizeni/kanalizace/historie-kanalizace>, aktualizace 15.4.2014

[29] BRYNDA, Herbert, *Radio cz- Kanalizace v proměnách staletí aneb každodennost podruhé*,
<http://www.radio.cz/cz/rubrika/historie/kanalizace-v-promenach-staleti-aned-kazdodennost-podruhe>, aktualizace 16.4.2014

[30] ARCHÍV DUFA, *Kanalizace*,
<http://www.dufa.biz/kanalizace.htm#q2>, aktualizace 16.4.2014

[31] BPK nord spol. s.r.o.,
<http://www.bpknord.cz/kamenina.html>, aktualizace 17.4.2014

[32] ŠAMANOVO DOUPĚ, *Sklepní katastrofa*,
<http://samanovodoupe.blogspot.cz/2011/09/sklepni-katastrofa.html>, aktualizace
18.4.2014

[33] WIKIPEDIE, *Vodovod*,
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodovod>, aktualizace 18.4.2014

[34] TZBINFO, *Co je to za materiál II.?*,
<http://forum.tzb-info.cz/107852-co-je-to-za-material-ii>, aktualizace 20.4.2014

[35] TOPWET, *Odpadní potrubí Loro*,
<http://www.topwet.cz/produkty/227-odpadni-potrubí-loro-delka-1000-mm>, aktualizace 20.4.2014

[36] Osobní archiv autora

[37] CK MUNDO, *Římský akvadukt Pont du Gard*,
<http://www.mundo.cz/sk/fotogalerie/pyreneje>, aktualizace 20.4.2014

Seznam obrázků

- obr. č. 1 Vrtané dřevěné potrubí [14]
- obr. č. 2 Dužinové dřevěné potrubí [15]
- obr. č. 3 Římský akvadukt [37]
- obr. č. 4 Měděné potrubí [3]
- obr. č. 5 Měděné tvarovky [4]
- obr. č. 6 Lisování potrubí [3]
- obr. č. 7 Zalisované potrubí [3]
- obr. č. 8 Pájení na měkko [3]
- obr. č. 9 Pájení na tvrdo [3]
- obr. č. 10 Olověné potrubí [19]
- obr. č. 11 Litinové potrubí [16]
- obr. č. 12 Pozinkované potrubí [12]
- obr. č. 13 Azbestocementové potrubí [17]
- obr. č. 14 Plastové potrubí [7]
- obr. č. 15 Plastové fitinky [10]
- obr. č. 16 Polyfúzní svářečka pro spojování plastového potrubí [9]
- obr. č. 17 Plastové odpadní potrubí [36]
- obr. č. 18 Kameninové trubky a tvarovky [31]
- obr. č. 19 Litinové odpadní potrubí [32]
- obr. č. 20 Historický olověný římský vodovod [33]
- obr. č. 21 Azbestocementové potrubí [34]
- obr. č. 22 Ocelové odpadní potrubí [35]