



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

NÁVRH REKONSTRUKCE HORKOVODU

PROPOSAL OF REHABILITATION OF HOT WATER NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

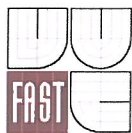
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB LŽIČAŘ

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.

BRNO 2014



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 Jakub Lžičar

Název Návrh rekonstrukce horkovodu

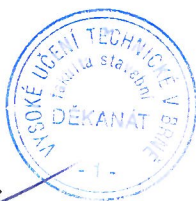
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.

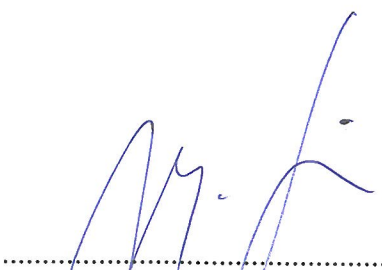
**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


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




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

Podklady a literatura

- [1] příslušné legislativní a normativní podklady
- [2] Odborný časopis NODIG International a Nodig CzSTT
- [3] KLEPSATEL, F., RACLAVSKÝ, J. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Bratislava: JAGA, 2007. 144 s. ISBN: 978-80-8076-053-3.
- [4] STEIN, D. Grabenloser Leitungsbau, Berlin: Ernst a Sohn, 2003
- [5] STEIN, D. Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines. Stein & Partner Germany, 2005
- [6] www.nodig-bau.de, www.nodig-construction.com
- [7] další podklady dle pokynu vedoucího BP

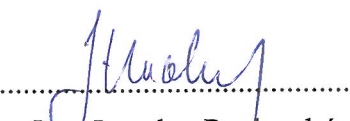
Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Předmětem bakalářské práce bude rešerše z problematiky rekonstrukce horkovodů. Poznatky z rešerše budou aplikovány na případové studii návrhu rekonstrukce horkovodu. 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).


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

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt:

Tato práce řeší problematiku soustav zásobování teplem dále pouze SZT. Především je zaměřena na poruchy, které se běžně objevují při provozování těchto tepelných sítí.

V úvodních kapitolách jsou zpracovány obecné informace o soustavě zásobování teplem, distribuci tepla a prvcích vyskytujících se v této soustavě.

Následující kapitoly obsahují základní popis materiálů využívaných v SZT a jejich stručný popis.

Poté se dostáváme ke kapitolám, které jsou již zaměřené na poruchy v SZT, navrhování a samotnou montáž. Na tyto kapitoly navazuje příkladová studie.

Vytvořená studie umožňuje si vytvořit představu, jakým způsobem by mohla rekonstrukce probíhat a přiložené časové harmonogramy jaký časový úsek bude pro realizaci potřeba.

Klíčová slova:

Horkovod, předávací stanice, izolace, koroze, oprava, rekonstrukce, SZT, CZT

Abstract:

The bachelor thesis deals with hot water recirculation systems. It is mainly focused on the malfunctions that appear in the system.

Firstly, the text elaborates general information about hot water recirculation systems, hot water distribution and its parts.

The next part of the thesis describes materials used in hot water recirculation systems. Then the text deals with the malfunctions of hot water recirculation systems, design and assembly of the pipes. These chapters are followed by the case study.

The case study helps to imagine the way of possible future reconstruction. The time schedule of the realization was attached to the bachelor thesis.

Key words:

Hot water network, gasketed plate heat exchangers, isolation, corrosion, repair, reconstruction, SZT, CZT

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jakub Lžičar *Návrh rekonstrukce horkovodu*. Brno, 2014. 51 s., 3 s. příl. 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(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 21.5.2014

.....

podpis autora

Jakub Lžičar

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce p. doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za konstruktivní připomínky, dále p. Ing. Lubomíru Böhmovi z Brněnských tepláren za poskytnuté materiály a konzultace, svému otci, díky kterému jsem získal nespočet informací, obrazového materiálu a pomohl mi s řešením mnoha problémů. Dále zástupcům společností ISOPLUS-EOP s.r.o., Elektrárny Opatovice a.s., Tenza a.s. a dalším, kteří mi poskytli materiály pro tuto práci.

OBSAH

1	ÚVOD	3
2	OBECE O SOUSTAVĚ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM.....	4
2.1	ZDROJE TEPLA.....	4
2.2	DRUHY TEPELNÝCH SÍTÍ.....	4
2.3	PŘEDÁVACÍ STANICE.....	4
2.4	MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ V SZT.....	7
2.4.1	IZOLAČNÍ MATERIÁLY	7
2.4.2	TRUBNÍ MATERIÁLY	8
2.5	DĚLENÍ SYSTÉMŮ.....	9
2.5.1	JEDNOTRUBKOVÝ SYSTÉM.....	9
2.5.2	DVOUSTRUBKOVÝ SYSTÉM.....	9
2.5.3	TŘÍTRUBKOVÝ SYSTÉM.....	10
2.6	ULOŽENÍ POTRUBÍ.....	11
2.6.1	NADZEMNÍ VEDENÍ	11
2.6.2	PODZEMNÍ VEDENÍ.....	11
2.6.3	ULOŽENÍ VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI	11
2.6.4	ULOŽENÍ DO ZEMĚ	12
3	NAVRHOVÁNÍ TEPELNÝCH SÍTÍ	14
3.1	PROJEKTOVÁNÍ POTRUBÍ.....	14
3.1.1	ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY A KONSTANTY	17
3.1.2	UKLÁDÁNÍ ZA STUDENA DO TEPLoty $T_B \leq 85^\circ\text{C}$	19
3.1.3	KONVENČNÍ UKLÁDÁNÍ	19
3.1.4	PROVOZNÍ SAMOPŘEDPĚTÍ.....	20
3.1.5	TEPELNÉ PŘEDPĚTÍ	20
3.1.6	SYSTÉM S JEDNORÁZOVÝM KOMPENZÁTOREM.....	21
4	MONTÁŽ	22
4.1	DOPRAVA	22
4.2	SKLÁDÁNÍ TRUBEK	22
4.3	SKLADOVÁNÍ	22
4.4	VÝKOPOVÉ PRÁCE	23
4.5	MONTÁŽ POTRUBÍ	23
5	OPRAVY A REKONSTRUKCE SZT	25
5.1	DIAGNOSTIKA PORUCHY	25
5.2	PORUCHY NA SZT	26

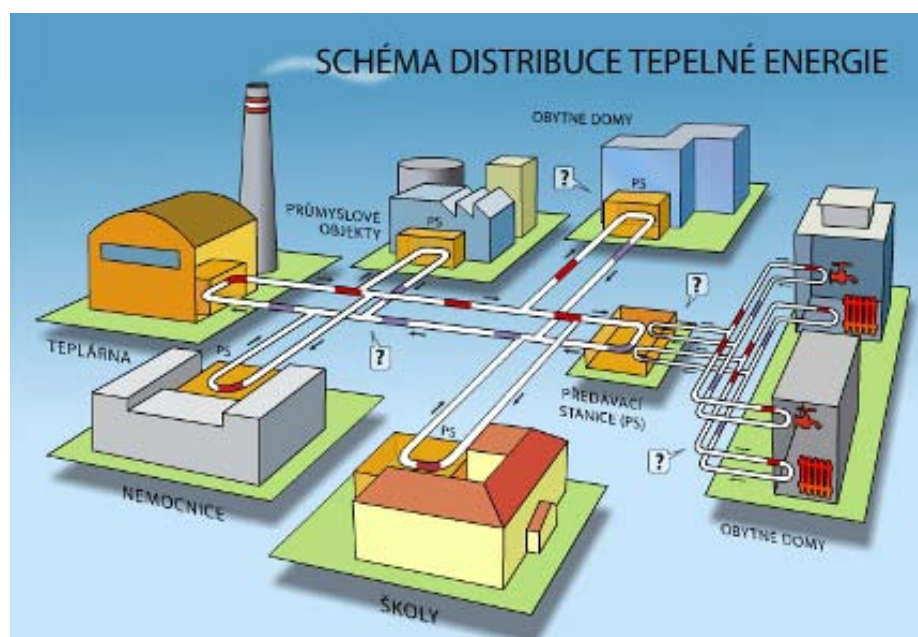
5.3	OPRAVY SZT.....	28
5.3.1	OPRAVA POTRUBÍ VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI	28
5.3.2	OPRAVA POTRUBÍ ULOŽENÉHO DO ZEMĚ	29
6	PŘÍKLADOVÁ STUDIE	31
6.1	OPRAVA PORUCHY	31
6.2	NÁVRH REKONSTRUKCE.....	32
6.2.1	ZACHOVÁNÍ HORKOVODNÍHO KANÁLU	32
6.2.2	ZMĚNA NA PŘEDIZOLOVANÉ POTRUBÍ	36
7	ZÁVĚR.....	38
	POUŽITÁ LITERATURA	39
	SEZNAM TABULEK	40
	SEZNAM OBRÁZKŮ	41
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	43
	SEZNAM PŘÍLOH	44
	SUMMARY.....	45

1 ÚVOD

Soustava zásobování teplem (SZT) viz Obr. 1.1 je vždy tvořena zdrojem tepla, kterým může být teplárna - primárně určená k výrobě tepla, nebo objekty, kde je teplo vedlejším produktem primární výroby (elektrárny).

Teplo z těchto zdrojů, je prostřednictvím parovodních (médiiem přenášejícím teplo je pára) nebo horkovodů (médiem je upravená voda), vedeno do předávacích stanic. V těchto stanicích dochází k redukci tlaků a teplot primární sítě na nižší hodnoty sekundárního vedení. Nejčastěji je sekundární síť samostatný uzavřený celek s vlastním provozním tlakem a k regulaci teploty dochází v deskových výměnících. V tomto vedení, pokud to nepožaduje koncový odběratel, teploty nepřesahují 110°C, tudíž hovoříme o teplovodních sítích.

Jelikož v horkovodním systému proudí upravená voda, je žádoucí, aby byl okruh uzavřen a toto médium se nemuselo doplňovat. Z toho důvodu se hojně využívá dvoutrubní vedení, kdy jedno potrubí plní funkci přívodní a druhé funguje jako vratné. Aby v případě havárie na systému byla zabezpečena dodávka tepla většině spotřebitelů, jsou jednotlivé sítě v několika bodech propojeny.



Obr. 1.1: Schéma distribuce tepelné energie ^[1]

2 OBECNĚ O SOUSTAVĚ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

2.1 ZDROJE TEPLA

Výtopna - Průmyslový závod, který se zabývá pouze výrobou a dodávkou samotného tepla. Teplo dodávají do celé obytné soustavy. V případě menších výkonů nazýváme „kotelna“.

Teplárna - Teplárna je objekt určený k ohřevu a následnému zásobení odběratelů teplem a zároveň vyrábí elektřinu.

Elektrárny - Jsou primárně určené k výrobě elektrické energie, nicméně disponují velkým množstvím zbytkového tepla, které se využívá k ohřevu vody v systému SZT. K tomuto účelu jsou vhodné tepelné, jaderné a geotermální elektrárny.

Spalovna - Objekt určený ke spalování odpadu. energii uvolněnou spalováním lze využívat k ohřevu vody, případně k výrobě elektřiny.^[1]

2.2 DRUHY TEPELNÝCH SÍTÍ

V systému SZT se může vyskytovat několik druhů tepelných sítí. Ty se liší především teplosnosným médiem a provozními teplotami a tlaky.

- Parovody- rozvádějí vodní páru, která je mírně přehřátá a má přetlak značně vyšší než 0,049MPa
- Horkovody- rozvádějí upravenou vodu o teplotě od 110°C do 150°C (ojediněle vyšší)
- Teplovody- rozvádějí upravenou vodu o teplotě do 110°C

U horkovodů a teplovodů musí být dodrženy tlakové podmínky tak, aby v žádném případě nedošlo k poklesu tlaku na hodnoty nižší než mez sytosti.

2.3 PŘEDÁVACÍ STANICE

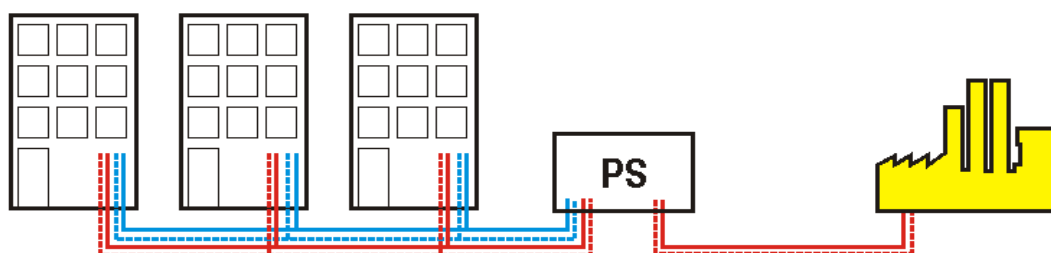
Jak již bylo výše zmíněno, v SZT je jedním z nejdůležitějších objektů předávací stanice (PS). Ta se nachází mezi otopnou soustavou jednotlivých objektů a horkovodní sítí. Úkolem předávací stanice je upravit tlakové parametry (na maximální tlak 0,6 MPa) a teplotní parametry dle potřeb napojených objektů.^[2]

Centrální předávací stanice se čtyřtrubním rozvodem

V centrální předávací stanici, která je zpravidla umístěna v samostatně stojícím objektu, přes výměník tepla (tlakově nezávisle) dochází k ohřevu sekundární topné vody dle ekvitemní křivky (teplota topné vody je závislá na venkovní teplotě). To znamená, že

teplota topné vody za předávací stanici má takovou teplotu, která je potřebná k zabezpečení tepelné pohody uživatelů objektů bez nutnosti další regulace. Takto upravená topná voda je čerpadly rozváděna sekundárními teplovodními rozvody (přívodním a zpětným) do jednotlivých objektů. V okrsku jedné předávací stanice je zpravidla dva až několik desítek objektů.

V tomto typu předávací stanici je též centrálně připravována také teplá voda, která je rozváděna přívodním potrubím do jednotlivých objektů. Aby v každém okamžiku byla zabezpečena potřebná teplota teplé užitkové vody na jednotlivých výtocích, je rozvod teplé užitkové vody doplněn též o cirkulační potrubí. Teplá voda tak neustále cirkuluje mezi objekty a předávací stanicí, kde je teplá voda neustále dohřívána.^[2]

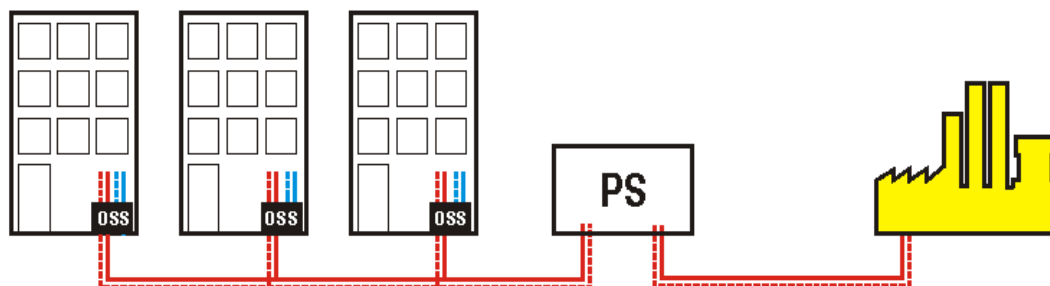


Obr. 2.1 předávací stanice se čtyřtrubním rozvodem^[2]

Centrální předávací stanice s dvoutrubním rozvodem

V centrální předávací stanici, která je opět zpravidla umístěna v samostatně stojícím objektu, dochází přes výměník tepla k regulaci teploty sekundární topné vody, avšak ekvitermní regulace je prováděna jen od teploty cca 70°C. Topná voda o této teplotě je do jednotlivých objektů dodávána celoročně, tedy i přes léto, dvoutrubními sekundárními teplovodními rozvody (bez rozvodu teplé užitkové vody).

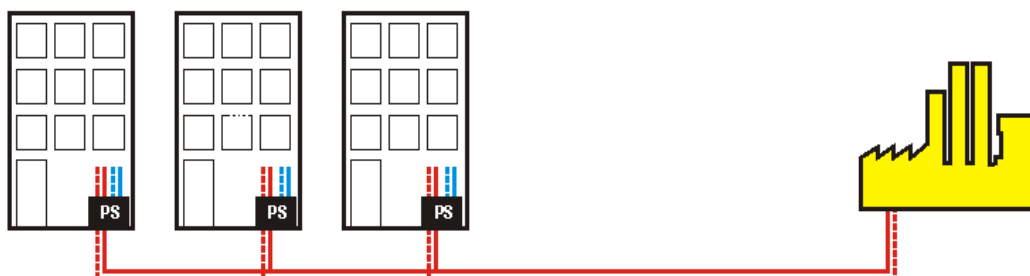
V každém z objektů, napojených na takovou předávací stanici, je umístěna objektová směšovací stanice. V této stanici je tlakově závisle (tj. přímým směšováním přívodní a vratné topné vody) upravována teplota topné vody dle ekvitermní křivky a současně je přes malý výměník připravována teplá voda. Ta však cirkuluje pouze ve vnitřním rozvodu zásobovaného objektu. Pro pokrytí odběrových špiček může být v některých případech instalován zásobník teplé užitkové vody.^[2]



Obr. 2.2 Centrální předávací stanice s dvoutrubním rozvodem [2]

Objektové předávací stanice

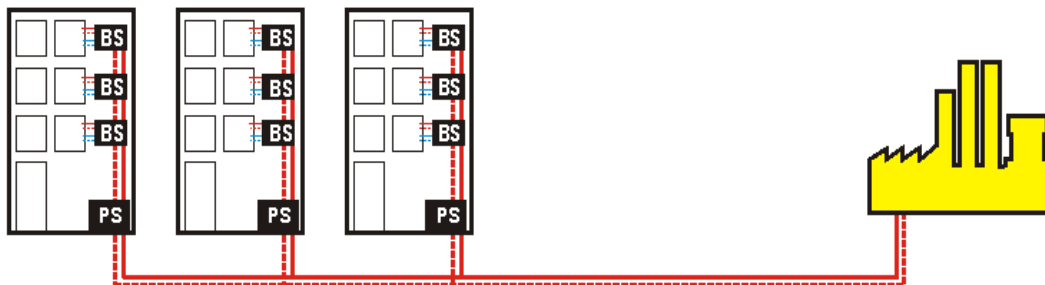
Do objektové předávací stanice (tlakově nezávislé), která slouží vždy jen pro jeden objekt, je přivedeno přímo horkovodní potrubí (z primární sítě). V objektové předávací stanici je přes výměník tepla upravena teplota topné vody dle ekvitemní křivky a současně je přes další výměník tepla ohřívána studená voda na teplou užitkovou vodu. Ta je rozváděna po objektu a současně přes cirkulační potrubí přiváděna zpět do předávací stanice k dohřívání. Zařízení může být doplněno pro pokrytí odběrových špiček instalován zásobník teplé užitkové vody.



Obr. 2.3 Objektové předávací stanice [2]

Pro nejkomfortnější způsob dodávky tepla se v posledních letech u nové bytové výstavby používají bytové předávací stanice (tlakově závislé). Topná voda je z předávací stanice rozváděna v objektu až k jednotlivým bytům. Teprve v každém z bytů je připravována teplá voda a regulována topná voda dle potřeb uživatele bytu. Byty jsou opatřeny vlastním poměrovým měřením odebraného tepla. Velikost potřebného prostoru pro umístění technické zařízení je srovnatelná nebo menší než je velikost plynového kotle a zařízení může být umístěno jako ve stoupačkové šachtě nebo řešeno plochým

nástěnným provedením. Plně jsou tak splněny požadavky spotřebitele na individuální regulaci odebraného tepla.^[2]



Obr. 2.4 Bytové předávací stanice^[2]

2.4 MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ V SZT

Ve většině případů se na výstavbu teplovodů využívá ocelového potrubí, případně v místech nižších provozních teplot se používá potrubí z polybutenu, polyetylenu nebo mědi. Z důvodu minimalizování tepelných ztrát se provádí izolace potrubí nebo se využívá již předizolovaného potrubí (např. od výrobců ISOPLUS, ABB, Logstor a dalších).

2.4.1 IZOLAČNÍ MATERIÁLY

Vhodné izolační materiály jsou jednou z nejdůležitějších částí na SZT. Tyto materiály zabezpečují, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám a dodávaná horká voda (případně pára) měla požadovanou teplotu, tzn. tyto materiály mají nízkou tepelnou vodivost.

Liší se izolační materiály vhodné pro potrubí uložené v energokanálu a pro potrubí ukládaná do země.

Dříve se na potrubí uložené v energokanálu využívala čedičová vata, která byla vůči vnější vlhkosti (vlhkost uvnitř izolace snižuje izolační vlastnosti), chráněna cementovou vrstvičkou. U bezkanálového uložení se využívalo zalití potrubí pěnobetonem (Pardubicko - vhodné geologické podmínky), tepelněizolační tvárnice, uložení v azbestocementové chrániče.

V dnešní době se využívá pro potrubí uložená v energokanálu izolace z minerální vaty (Obr. 2.5) a vnější vrstva je tvořena vyztuženou hliníkovou fólií FLEXIPAN (Obr 2.6). Pro návrh tloušťky izolace se využívá softwarů např. IsoCal.



Obr. 2.5 Isover ORSTECH LSP40 ^[9]



Obr. 2.6 Flexipan ^[10]

Předizolované potrubí je tvořeno plášt'ovou trubkou z tvrzeného PE a prostor mezi teplosnou trubkou a plášt'ovou trubkou je vyplněn tepelnou izolací z PUR pěny.



Obr. 2.7 Předizolované potrubí ^[11]

2.4.2 TRUBNÍ MATERIÁLY

Pro rozvod teplosného média se zpravidla využívá černé ocelové trubky bezešvé, nebo svařované. V poslední době se také můžeme setkat s měděnými trubkami pro TUV a PE-Xa trubkami, které se využívají pro ohebná teplosná potrubí.

Pro všechny zde uvedené materiály jsou běžně dostupná kolena a další tvarovky.

Pro předizolovaná potrubí jsou dostupné další tvarovky (kolena, odbočky, vlnovcové kompenzátory,...).



Obr. 2.8: Schéma bezkanálového uložení^[4]

2.5 DĚLENÍ SYSTÉMŮ

Teplovody dělíme do několika skupin. Podle jejich uložení na nadzemní a podzemní, podle počtu potrubí, které vede médium na jednorubkové, dvourubkové a třítrubkové systémy, a podle druhu média na vodní a parní.

2.5.1 JEDNOTRUBKOVÝ SYSTÉM

Tento systém se příliš nevyužívá, i když je méně nákladná výstavba, provozování je poměrně nákladné. To je způsobeno tím, že teplonosné médium se dodává odběrateli, ale již se znovu nevrací do systému. To způsobuje, že se na vstupu musí upravovat velké množství vody a ta musí být ohřívána ze studeného stavu. Další problém nastává u odběratele, kde ohřátá voda musí být dostatečně ochlazená a je vypouštěna do kanalizace.

2.5.2 DVOUTRUBKOVÝ SYSTÉM

Jedná se o nejčastější používaný systém. Tento systém se skládá z dvojice souběžných vedení. Jedno potrubí se používá jako přívodní a druhé vratné, které tvoří okruh pro oběh nositele tepla mezi zdrojem a spotřebištěm. Obě trubní vedení mají obvykle stejný průměr (teplonosným médiem je voda) a jsou tepelně izolována. Tepelná izolace může způsobovat, že se na první pohled zdá vratné potrubí menší. Musíme si ale uvědomit, co

tvoří vnější průměr tohoto vedení- není to potrubí samotné, ale tepelná izolace a tu není potřeba na vratném potrubí dávat v takové vrstvě. ^[1]

Kondenzátní potrubí u parních tepelných sítí se obvykle neopatřuje tepelnou izolací a průměr tohoto potrubí je značně menší než potrubí parovodu.

Výhodou tohoto systému je, že teplonosné médium je stále v systému a není jej tedy třeba stále doplňovat.



Obr. 2.9: Dvoutrubkový systém v energokanálu po rekonstrukci ^[5]

2.5.3 TŘÍTRUBKOVÝ SYSTÉM

Tento systém může být využit ve dvou různých případech. Buď pro dva druhy spotřebičů, kdy jeden potřebuje teplotní nebo tlakovou úroveň stálou, ale vyšší než je běžné (výrobní linky) a druhý lze zásobovat nositelem tepla, který má např. nižší tlakové nároky. V tomto případě jsou dvě potrubí přívodní a jedno společné vratné.

Tento návrh je třeba zhodnotit z technologicko-ekonomického hlediska, neboť může být snazší navrhnout připojení dvou dvoutrubných systémů.

Další možností využití je sezonní provoz. V tomto případě se navrhuje dvě přívodní potrubí o různých dimenzích, kdy v době velké potřeby tepla (v zimě) je používáno potrubí o velkém průměru a v době malé spotřeby (v létě) potrubí o malém průměru.

Další kombinací, která je např. využívána Elektrárnou Opatovice, je v zimních měsících využívání velkého potrubí jako přívod a obou menších jako potrubí vratná a v letních měsících se využívají pouze menší potrubí, kdy jedno je využíváno jako přívod a druhé jako vratné. ^[2]



Obr. 2.10: Třítrubkový systém (primární vedení z EOP) ^[5]

2.6 ULOŽENÍ POTRUBÍ

2.6.1 NADZEMNÍ VEDENÍ

Takto uloženého vedení se využívá v místech, kde je podzemní uložení nemožné (přechody přes koryta řek) a tam, kde příliš nezasahuje do celkového vzhledu krajiny. Zřízení nadzemního vedení je značně levnější, ale je náročnější údržba tohoto potrubí, neboť je vystavováno vlivům počasí a často i vandalismu. Nadzemní vedení může být vedeno buď nízko nad zemí až v úrovni terénu (vedení pozemní), nebo ve výšce (měřené ke spodnímu okraji tepelné izolace včetně ochranného obalu) podchází (2,1m) až podjezdové ve výšce alespoň 3m.

2.6.2 PODZEMNÍ VEDENÍ

Podzemní uložení může být kanálové - neprůlezné, průlezné, průchozí; nebo bezkanálové, které se v dnešní době upřednostňuje.

Podzemní vedení se provádí v zářezu, což umožňuje např. křížování cest. U kanálového uložení se využívalo PREFA dílců, do kterých se dle návrhových výpočtů umisťovala kluzná a pevná uložení, zabezpečující bezpečný pohyb potrubí, který způsobuje tepelná roztažnost.

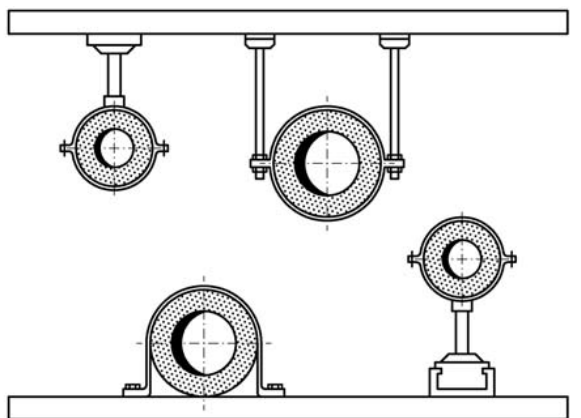
Bezkanálová vedení se umisťují přímo do země a musí být obsypána vhodným materiálem (písek 0-4mm).

2.6.3 ULOŽENÍ VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI

Jedná se o uložení do konstrukce, která má ochránit trubní vedení proti vlhkosti a mechanickému poškození.

Z důvodu vysokých teplotních změn (odstávky x topná sezóna) dochází k velkým délkovým změnám. Proto musí být potrubí opatřeno kluznými a pevnými body. Kluzné body dovolují potrubí osový posun, ale brání vybočení. Délkové změny jsou zachytávány v tzv. kompenzátorech (ohybové a osově).

Po svaření trasy se ocelové trubky opatří silikonovým nátěrem, který je schopný odolávat vysokým teplotám a provede se izolace potrubí minerální vatou ve dvou vrstvách, kde druhá vrstva je chráněna hliníkovou vyztuženou fólií laminovanou vrstvou plastu a vyztuženou kovovou sítí. K upevnění se využívají nerezové pásy. V případě kanálového uložení se provádí stavební úpravy, zaklopení kanálu z PREFA dílců a vnější izolace kanálu proti vlhkosti (případně i přizdívka kanálu).



Obr. 2.11: Schéma uložení vedení ve stavební konstrukci^[4]

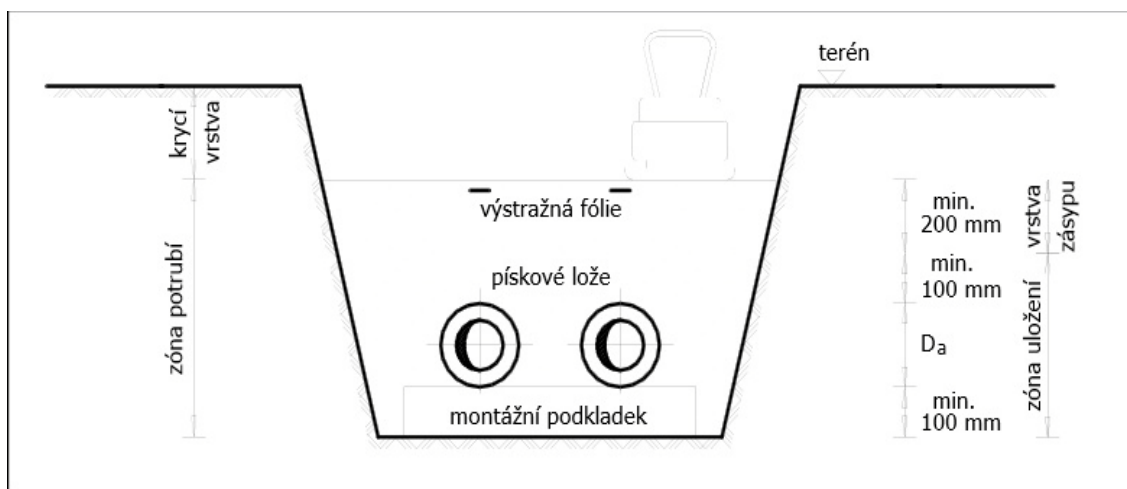
2.6.4 ULOŽENÍ DO ZEMĚ

Podzemní uložení lze dále dělit na uložení ve stavební konstrukci nebo přímo do země. V obou případech však musí být zajištěno, aby se k ocelové trubce nedostala vlhkost, která by způsobila korozi potrubí a následně jeho netěsnost.

Uložení se provádí do připravené stavební rýhy na písčité podsypaní zrnitosti 0-4 mm, na který se uloží potrubí, u kterého musí být dodržena osová vzdálenost a vzdálenost od stěn výkopu. Tyto vzdálenosti musí být v místě polštářování zvětšeny o hodnoty udávané výrobcem. Po svaření se provede propojení ALARM systému a přesunutí objímky přes šíři odizolované části. Tato objímka se po zahřátí smrští a vytvoří souvislou plášťovou trubku. Poté je do dvou otvorů v objímce vlita dvousložková PUR pěna, která bude svár i vedení ALARM systému izolovat tepelně a vůči vlhkosti. Poté se plášťové trubky obsypou po vrstvách ze všech stran alespoň deseti centimetrovou vrstvou písku, a tato vrstva se ručně zhutní.

Po úplném zhotovení pískového lože může být výkop zasypán výkopkem. Po cca 20cm vrstvě výkopku mohou být k hutnění použity stroje. Na tuto zhutněnou vrstvu se pokládá výstražná fólie a komunikační kabel. Následující zásyp se provádí po 20-30cm vrstvách.

Délková dilatace u tohoto systému se řeší pomocí kompenzátorů (např. vlnovkové kompenzátory jsou v sortimentu výrobce) a polštářováním.



Obr. 2.12: Schéma bezkanálového uložení ^[4]

3 NAVRHOVÁNÍ TEPELNÝCH SÍTÍ

Při získávání informací pro tuto problematiku jsem byl několika společnostmi odkázán na metodickou příručku „Technika zásobení teplem“ od společnosti Isoplus-eop s.r.o. Z tohoto důvodu se na ni budu odkazovat v následujících kapitolách.

Pro projektování tepelných sítí, musí mít projektant k dispozici odborné pracovní podklady, aby mohl naplánovat hospodárné a účelné tepelné sítě.

Pro projektování je potřebná znalost výpočtových mezí týkajících se statiky trubek, a zároveň dílčí součinitele bezpečnosti používaných materiálů. Z tohoto důvodu se v dnešní době pro navrhování využívají různé softwary.

3.1 PROJEKTOVÁNÍ POTRUBÍ

V dnešní době se z ekonomických důvodů upřednostňuje předizolované potrubí, které se z počátku může zdát dražší, ale pokud výslednou cenu porovnáme s kanálovým uložením, u kterého musíme připočítat další stavební a izolační práce, je výsledná cena až o 20% nižší než u kanálového uložení. ^[3]

U předizolovaného potrubí při tepelném zatížení dochází u všech třech složek (teplonosná trubka, PUR pěna, PEHD plášťová trubka) ke stejným změnám délky v axiálním směru. Díky tomu se všechny vnější síly, které vznikají zatížením zeminou, dopravou, nebo třením, přenášejí z plášťové PEHD plášťové trubky přes PUR pěnu až na teplonosnou trubku. ^[4]

Na základě těchto vnějších i vnitřních sil způsobených tepelnou dilatací, musí celá konstrukce zachytit všechna napětí.

Předizolovaná potrubí mají omezenou provozní teplotu $\pm 150^{\circ}\text{C}$, nicméně tato hodnota v dnešní době nebývá překračována viz Tab. 3.2: Teplotní diagram horkovodů. Zde je znázorněna závislost teploty výstupní oběhové vody na venkovní teplotě v Brně.

Z tabulky je patrné, že i v zimě, kdy venkovní teplota klesá hluboko pod bod mrazu, dostačuje topná voda o teplotě 100°C pro bezvadné zásobení spotřebitelů teplem a TUV.

Postup pro návrh potrubí je zároveň závislý na technice ukládání. Rozlišujeme ukládání za studena a ukládání za tepla. Tyto metody mají dalších 5 rozdílných způsobů pro pokládku. Tyto způsoby se volí podle místních podmínek.

UKLÁDÁNÍ ZA STUDENA

- Ukládání za studena- bez ohraničení přípustné délky ukládání, ale s omezením teploty $t_{\text{max}} = 85^{\circ}\text{C}$
- Konvenční ukládání- s ohraničením přípustné délky ukládání a omezením teploty $t_{\text{max}} = 149^{\circ}\text{C}$

- Provozní samopředpětí- bez ohraničení přípustné délky ukládání, ale s omezením teploty $t_{\max} = 130^{\circ}\text{C}$

UKLÁDÁNÍ ZA TEPLA

- Tepelné předpětí- bez ohraničení přípustné délky ukládání, ale s předpětím v nezasypaném výkopu a omezení teploty $t_{\max} = 149^{\circ}\text{C}$ (teplota přehřevu=střední teplota)
- Systém s jednorázovým kompenzátozem- bez ohraničení přípustné délky ukládání, ale s předpětím v zasypaném výkopu a omezení teploty $t_{\max} = 140^{\circ}\text{C}$ (teplota přehřevu max. 80°C) ^[4]

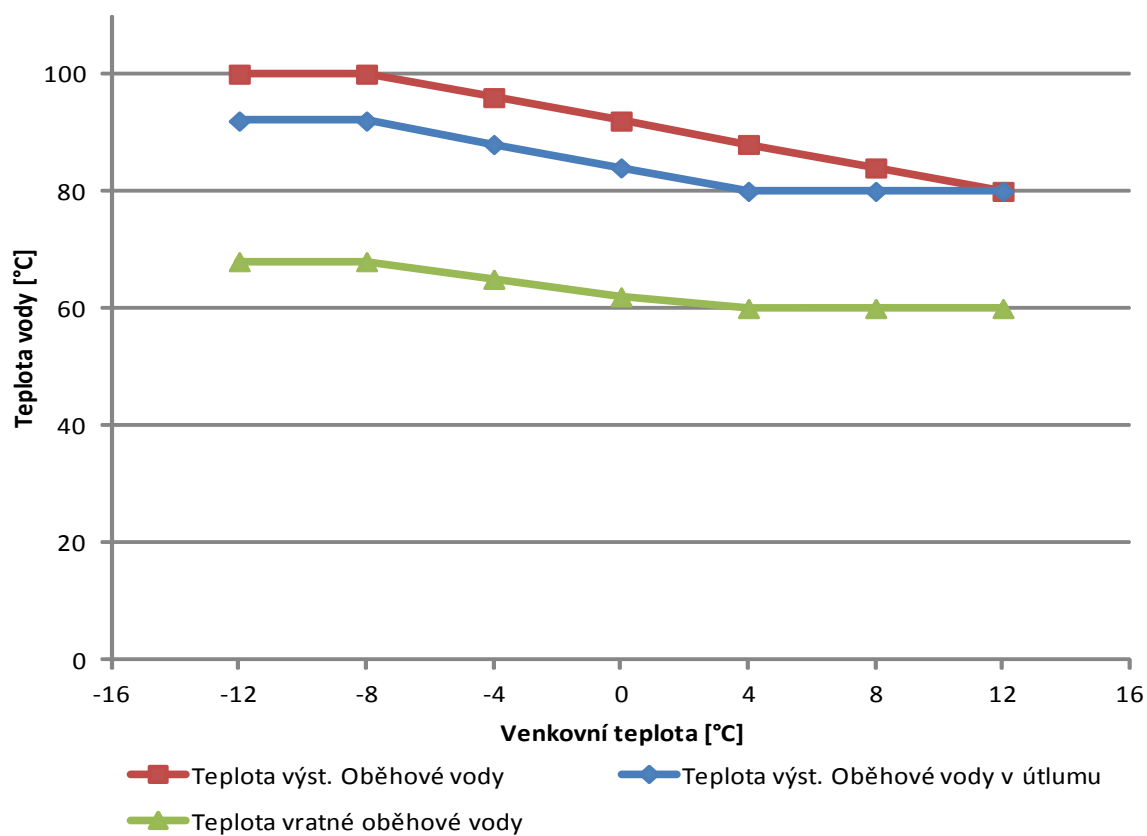
Obě tyto metody mají své výhody a nevýhody, které jsou shrnuty v tabulce 3.1: Výhody a nevýhody.

Tab. 3.1: Výhody a nevýhody ^[4]

	Technika ukládání	Výhody	Nevýhody
Ukládání za studena	Ukládání za studena	Nízké axiální napětí z tepelné dilatace; možnost okamžitého zasypání výkopu	Maximální přípustná teplota do 85°C
	Konvenční ukládání	Nebude překročeno maximální axiální napětí; možnost okamžitého zasypání výkopu	Maximální přípustná délka musí být dodržena umístěním potřebných dilatačních ramen
	Provozní samopředpětí	Nejsou zapotřebí dilatační ramena; možnost okamžitého zasypání výkopu	Extrémně vysoké axiální dilatační pohyby; nebezpečí vybočení; axiální napětí za mezí kluzu; nejsou možné navrtávané odbočky
Ukládání za tepla	Tepelné předpětí	Omezení axiálního napětí na $\pm 155 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$ nízké technické riziko; malá axiální dilatace; nejsou potřeba dilatační ramena	Do provedení předpětí nelze zasypat výkop; potřeba regulovatelného média pro provedení předpětí
	Systém s jednorázovým kompenzátozem	Možnost okamžitého zasypání výkopu až na jednorázové kompenzátory; nejsou potřeba dilatační ramena	S rostoucí teplotou roste počet potřebných kompenzátorů; v místech kompenzátorů lze provést zasypání až po přehřevu

Tab. 3.2: Teplotní diagram horkovodů^[3]

Venkovní teplota	Teplota výst. Oběhové vody	Teplota výst. Oběhové vody v útlumu	Teplota vratné oběhové vody
°C	°C	°C	°C
-12	100	92	68
-8	100	92	68
-4	96	88	65
0	92	84	62
4	88	80	60
8	84	80	60
12	80	80	60



3.1.1 ZÁKLADNÍ VÝPOČTOVÉ VZTAHY A KONSTANTY

Při navrhování se vychází ze základních rovnic jako je např. Hookův zákon, tepelná roztažnost apod. Pro výpočty mi byla doporučena norma AGFW FW401.

Tab. 3.3: Přípustné délky ukládání $L_{\max}$ v m ^[4]

Teplonosná trubka	Plášťová trubka- vnější průměr		L _{max} při výšce nadloží U _H od horní hrany pl. Trubky k terénu					
			U _H =0.80m		U _H =1.20m		U _H =1.60m	
DN	S	1x	S	1x	S	1x	S	1x
20	90	110	50	41	34	28	26	21
25	90	110	72	58	49	40	37	30
32	110	125	74	65	51	44	38	34
40	110	125	85	74	58	51	44	39
50	125	140	104	92	71	63	54	48
65	140	160	117	101	81	70	61	53
80	160	180	131	115	90	80	69	61
100	200	225	148	130	103	91	79	70
125	225	250	159	141	111	99	86	76
150	250	280	187	165	132	117	102	91
200	315	355	210	183	150	131	116	102
250	400	450	218	190	158	138	124	109
300	450	50	249	220	182	162	144	128
350	500	560	240	210	177	155	140	123
400	560	630	266	231	198	173	157	138
450	630	670	257	238	193	179	154	144
500	670	710	262	244	198	185	159	149
600	800	900	278	240	214	185	173	151
700	900	1000	309	270	240	211	196	173
800	1000	1100	332	294	261	232	215	192
900	1100	1200	368	329	292	262	242	218
1000	1200	1300	359	324	287	260	239	217

Tab. 3.4: Základní konstanty pro teplonosné potrubí z ocele St. 37.0 dle DIN 1626/1629 ^[4]

A _T [°C]	155	140	130	120	110	90	50	20
E [kN/mm ²]	202.60	203.80	204.60	205.40	206.20	207.63	210.13	212.00
α [$\cdot 10^{-5}$ 1/K]	1.28	1.27	1.26	1.26	1.25	1.24	1.21	1.19
R _e [N/mm ²]	197.50	201.00	204.00	207.00	210.00	215.00	227.00	235.00
γ_M [-]	1.10	1.06	1.08	1.10	1.11	1.14	1.08	1.10
σ_{zul} [N/mm ²]	180.00	190.00					210.00	

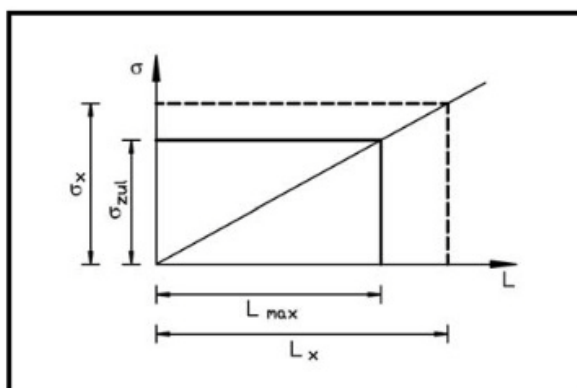
A_T	Statická výpočtová teplota
E	Modul pružnosti
α	součinitel tepelné dilatace
R_e	přípustná mez kluzu
γ_M	Dílčí hodnota bezpečnosti dle AGFW FW 401
σ_{zul}	Maximální dovolené axiální napětí

Základní rovnice

$$\sigma = E * \varepsilon \quad \text{Hookův zákon [N/mm}^2\text{]}$$

$$\varepsilon = \alpha * \Delta T \quad \text{Poměrné prodloužení [-]}$$

$$\Delta T \quad \text{Rozdíl teplot [K]}$$



Obr. 3.1: Hookův zákon ^[4]

$$\sigma_{zul} = R_e / \gamma_M \quad \text{Maximální dovolené axiální napětí [N/mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{vorh} = E * \alpha * \Delta T \quad \text{Skutečné axiální pnutí [N/mm}^2\text{]}$$

$$F_T = A * \sigma_x \quad \text{Dilatační síla teploty [N]}$$

$$A = (d_s - s) * \pi * s \quad \text{Průřez teplotnosné trubky [mm}^2\text{]}$$

$$d_s \quad \text{Vnější průměr trubky [mm]}$$

$$s \quad \text{Tloušťka stěny [mm]}$$

$$F_{Rohr} = F'_R * L_x \quad \text{Síla v trubce při } L_x \text{ [N]}$$

$$F'_R \quad \text{Síla tření na jeden metr [N/m]}$$

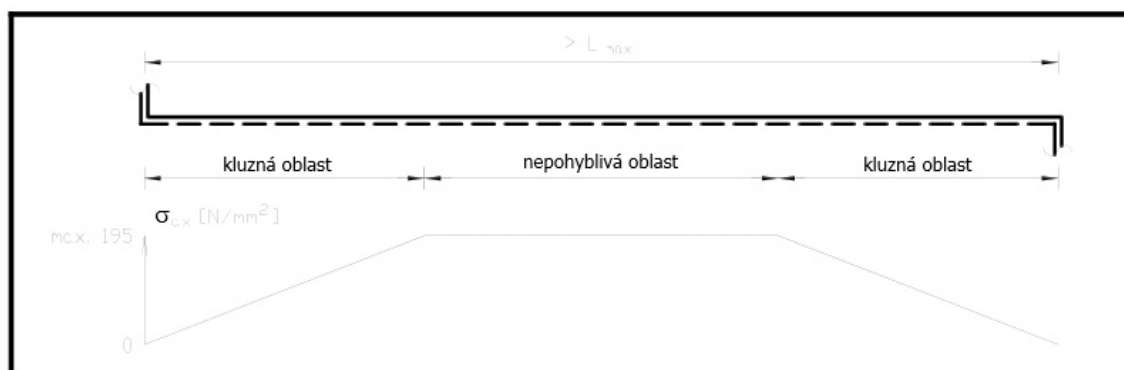
$$L_x \quad \text{existující délka trubky [m]}$$

$\sigma_a = F_{Rohr}/A$	Axiální napětí [N/mm ²]
$L_{zul} = F_T/F'_R$	Přípustná montážní délka od přirozeného pevného bodu (NFP) do místa kompenzace [m]
$L_{max} = L_{zul} * 2$	Přípustná délka ukládání [m]

3.1.2 UKLÁDÁNÍ ZA STUDENA DO TEPLoty $T_B \leq 85^\circ\text{C}$

Z Hookova zákona vyplývá, že dilatace je ve stejném poměru jako napětí, tzn. je proporcionální viz Obr. 3.1.

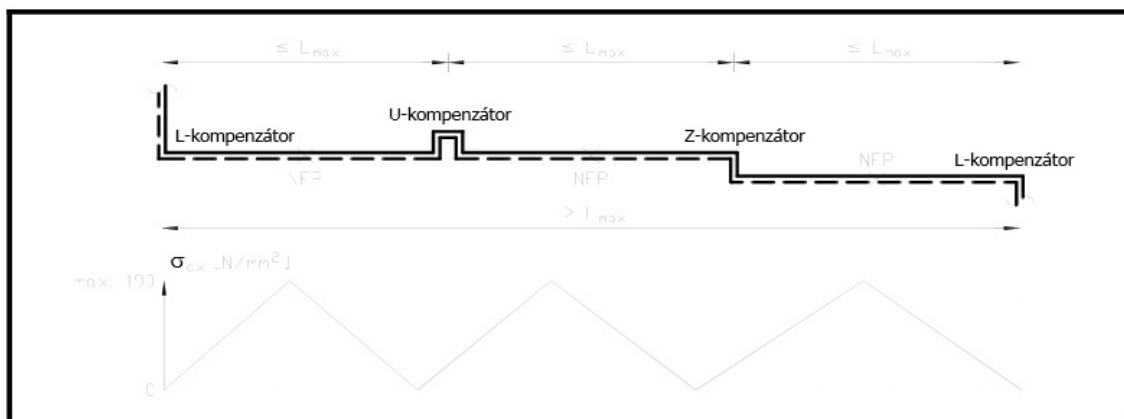
Pokud využijeme vztahů uvedených výše a teplotu zeminy budeme uvažovat 10°C . Zjistíme, že jakkoliv dlouhé potrubí nevyvolá větší napětí, než je maximální povolené. Díky tomu může naprojektována délka trasy bez ohraničení délky ukládání a axiální dilatace může být kompenzována pomocí polštářů nebo dilatačních ramen na koncích trasy jak můžeme vidět na Obr. 3.2. [4]



Obr. 3.2: Schéma vyvolaných napětí při ukládání za studena do teploty $T_B \leq 85^\circ\text{C}$ [4]

3.1.3 KONVENČNÍ UKLÁDÁNÍ

Tato technika se v praxi využívá nejčastěji. Je vhodná do míst, kde jsou překážky, kterým se musíme při stavbě vyhnout (stavební objekty, stromy, křížení silnic apod.). Základním předpokladem je dodržení maximální přípustné délky ukládání L_{max} uvedené v Tab. 3.3. Pokud je úsek delší než povolené L_{max} , musí se navrhnout kompenzátory, které tento úsek rozdělí na několik částí, kde délka částí $L \leq L_{max}$. Zároveň dojde k vytvoření přirozených pevných bodů ve vzdálenosti $L/2$ od kompenzátoru.



Obr. 3.3: Schéma vyvolaných napětí při konvenčním ukládání^[4]

3.1.4 PROVOZNÍ SAMOPŘEDPĚTÍ

Pomocí techniky provozního samopředpětí, ukládání za studena při provozní teplotě $> 85^{\circ}\text{C}$ je možné proniknout do oblastí s enormní zátěží, které dřív u sdužené konstrukce s plášťovou trubicou z plastické hmoty platily jako nepřipustné. U této techniky je možné uložit téměř rovně probíhající KMR trasy skoro bez omezení, tzn. také bez již známých kompenzačních opatření, jako jsou kompenzátory U nebo Z.

Pro svařované nebo bezešvé teplotnosné trubky ocel St 37.0, technické dodací podmínky dle DIN 1626/1629, je až do jmenovité světlosti DN 300, bez ohledu na dílčí součinitele bezpečnosti $[\gamma_M]$, dovolené axiální napětí $[\sigma_{ax}]$ v rovné trubce 300N/mm^2 ($Re \cdot 1,5$) při maximální provozní teplotě 130°C . Dle osvědčení výrobce teplotnosných trubek je skutečná mez kluzu materiálu St 37.0 $[Re]$ cca 300N/mm^2 . Této okolnosti se využívá pro provozní samopředpětí.

„Provozního samopředpětí“ se dosáhne jednorázovým plánovaným překročením meze kluzu v teplotnosné trubce. Na základě omezení tepelné dilatace během prvního uvedení do provozu se materiál při dosažení R_e v rovné trubce jednorázově plasticky stlačí. U dalšího zatížení zůstává elastický.^[4]

Této metody se příliš nevyužívá, neboť následné potrubí má až 4x větší dilatační pohyb. Z toho důvodu je třeba staticky posuzovat každou přípojku, je zde velké riziko při provádění paralelních výkopových prací, že dojde k vybočení potrubí a další.

3.1.5 TEPELNÉ PŘEDPĚTÍ

Této metody se využívá v úsecích, kde je překročena L_{max} a není možné zde realizovat dilatační ramena. Dilatační ramena kompenzátoru by se měla nacházet na začátku a konci úseku.

Potrubí se zasype pouze do poloviny plášťové trubky pískem, který se zhutní. Potrubí se natemperuje a dojde k volné změně délky. Zbytková dilatace je kompenzována dilatačními polštáři.

Tepelného předpětí může být docíleno pomocí :

- Provozní teplotnosné látky
- Pomocí páry
- Elektrickým proudem

Pomocí této metody lze prakticky ukládat libovolně dlouhá potrubí. Teplota předpětí se rovná polovině rozdílu teplot topného média a teploty zeminy (uvažujeme 10°C).

3.1.6 SYSTÉM S JEDNORÁZOVÝM KOMPENZÁTOREM

Tento systém slouží k tepelnému předpětí potrubí. Při stavbě se mohou okamžitě zasypat úseky mezi kompenzátory. Tepelného předpětí se zpravidla dosahuje pomocí stávající teplotnosné látky.

Při ohřátí potrubí dojde ke změně délek potrubí, které jsou zachyceny jednorázovými kompenzátory (Obr. 3.4). Poté dojde k zavaření vodících trubek, což má za následek fixaci kompenzátoru a předpětí trasy. Jednorázové kompenzátory se mohou vyskytovat pouze v nepohyblivé části trasy. ^[4]



Obr. 3.4: Řez jednorázovým kompenzátorem ^[4]

4 MONTÁŽ

Dodržování pracovních postupů předepsaných výrobcem, je další z předpokladů pro bezproblémové provozování sítě.

4.1 DOPRAVA

Již samotný transport materiálu na staveniště představuje určité riziko.

Pro ochranu teplotnosných trubek jsou konce trubek opatřeny víčky. Tato víčka zůstávají na koncích trubek až do doby montáže. Víčka zabraňují vniknutí cizích těles do potrubí, což by mohlo mít fatální důsledky.

Ložná plocha nákladního automobilu musí být rovná a bez ostrých hran, které by mohly porušit plášťovou PEHD trubku.

Veškeré příslušenství potřebné pro stavbu (smršťovací manžety, koncová víčka, těsnící kroužky,...) jsou zabaleny v ochranných fóliích případně kartonech. I tyto obaly se smějí odstranit bezprostředně před montáží, aby se eliminovala možnost poškození.

4.2 SKLÁDÁNÍ TRUBEK

Menší dimenze potrubí lze skládat ručně. Větší profily s skládají pomocí jeřábu. Při skládání dlouhých trubkových kusů (12m) se musí zásadně používat dvou textilních popruhů o minimální šířce 10cm.

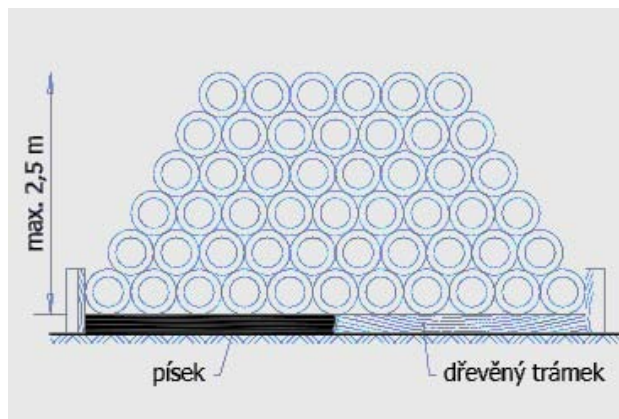
Tahání a rolování trubek po zemi, použití ocelových lan nebo řetězů není dovoleno. ^[4]

4.3 SKLADOVÁNÍ

Trubkové kusy se musí skladovat roztríděné podle dimenzí na rovných a suchých plochách, aby nedošlo k navlhnutí PUR pěny. Jako podložky trubkových kusů slouží pytle naplněné pískem nebo dřevěné trámký široké 10-15cm. Podložky by měly být rozmístěny rovnoměrně tak, aby tlak na plášťovou trubku nebyl větší než 40N/cm^2 tzn. přibližně po dvou metrech. ^[4]

Výška stohu skladovaných trubek může být max. 2,5m. Stoh musí být zajištěn proti posunu viz Obr. 4.1.

Příslušenství a drobný materiál se skladuje v suchých prostorách, kde musí být chráněny proti mrazu a přímému slunečnímu záření.



Obr. 4.1: Kuželová forma skladování ^[4]

4.4 VÝKOPOVÉ PRÁCE

Zemní práce se provádí dle platných směrnic pro výkopové práce. Výkopy musí zhotovit odborná firma a opětovně je zasypat.

Musí být dodržena hloubka ukládání, která byla uváděna při projektování a statických výpočtech. Zde je třeba si uvědomit, že výška nadloží udávaná ve výpočtech je vzdálenost mezi terénem a vrchní částí plášťové trubky. Z toho důvodu musí být hloubka dna navýšena o vnější průměr plášťové trubky a podsyp.

4.5 MONTÁŽ POTRUBÍ

Při montáži se potrubí umístí na dřevěné trámký, pytle s pískem nebo přímo na pískové lože. V případě uložení na pískové lože je třeba v místech spojů zajistit dostatečný pracovní prostor. Podkladné trámký se umísťují v 2m odstupech, kdy první trámek se musí umístit alespoň 1m od konce potrubí, aby byla možná bezvadná montáž objímek.

Pokud byly použity dřevěné trámký, musí se před zasypáním odstranit, aby nedošlo k tlakovému zatížení plášťové trubky.

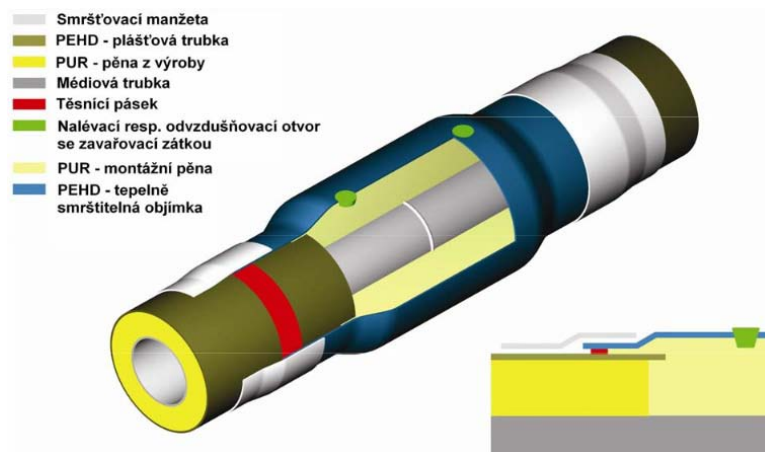
Před samotným svařováním potrubí, je potřeba na plášťovou trubku nasunout objímkovou spojku.

Následně se potrubí svaří a provede se kontrola svarů. Kontrola svarů se provádí pomocí tlakových zkoušek případně prozařovacích zkoušek.

Zkušební tlak musí být udržován po dobu alespoň 8 hodin a přetlak potrubí se rovná 1,3násobku provozního tlaku, ale maximálně 32,5barů.

Po kontrole svarů je třeba propojit ALARM systém a následně všechny spoje opatřit objímkovými spojkami, které se následně vyplní PUR pěnou (Obr. 4.2). Následně se na spojku nesmazatelnou barvou napíší informace, kdy byla spojka vyplněna, jaká je

délka dutiny objímky, jméno montéra a odporové hodnoty ALARM systému. Na koncích potrubí musí být trubka opatřena koncovým víčkem, které zamezuje vniknutí vlhkosti do izolace.



Obr. 4.2: Objímková spojka ^[4]

Následuje znovuzasypání výkopu, které je ovlivněno způsobem prováděného ukládání, které bylo uvedeno výše.



Obr. 4.3: Opatření proti vlhkosti

5 OPRAVY A REKONSTRUKCE SZT

5.1 DIAGNOSTIKA PORUCHY

Porucha na systému se často ukáže sama, protože nespokojení spotřebitelé volají společnosti zásobující je teplem, že mají problém s dodávkou služeb. Mezi hlavní problémy, o kterých spotřebitelé informují, jsou poruchy v dodávce teplé vody, tepla, nebo se jim „kouří“ před domem z poklopu horkovodního kanálu případně z trávníku. [5]



Obr. 5.1: Porucha na horkovodu [5]

Dalším způsobem jak může rozvodna zjistit, že je problém s těsností potrubí, je ztráta tlaku v systému a potřeba dopouštět upravenou vodu.

U novějších vedení z předizolovaných trubek se využívá ALARM systému, který po nasáknutí okolní izolace vodou změní elektrický odpor a systém nahlásí poruchu. Hlavní podmínkou pro správnou funkčnost systému je správné zapojení vodičů, které jsou dílensky umístěné v PUR izolaci. Aby se zabránilo chybnému zapojení, je jeden ze dvou měděných vodičů pocínován viz Obr. 4.2.



Obr. 5.2: Vodiče ALARM systému [4]

Probíhá zde kontrola odporu mezi páry vodičů a vodivou teplotonosnou trubicí. PUR pěna je elektrický izolátor, což vede k tomu, že pokud není izolace porušena případně nasáklá vodou, je zde velmi vysoký elektrický odpor. Pro monitoring se využívají speciální měřicí jednotky, které odesílají informace z měření do systému, kde dojde

k vyhodnocení naměřených hodnot. Pokud dojde k rušení šíření impulzů, je možné z doby vyslání impulzu a odezvy určit místo poruchy. Maximální rozlišení této metody je 0,5m. ^[6]

Dalším krokem v případě bezkanálového uložení se porucha hledá pomocí pochůzky po trase teplovodu s přístrojem, který umožňuje slyšet, kde se nachází únik.

Problémy s konstrukcí kanálu nebo uložení se zjišťují pomocí tzv. kamerových zkoušek. Specializovaná stavební firma provede na určeném místě obnažení a rozkrytí kanálu, kterým se nechá pojíždět kamera, která v aktuálním čase přenáší obraz k obsluze kamery, kde dochází i k záznamu. Po zkontrolování daného úseku se stejným otvorem kamera vyjme. Stavební firma provede zaklopení kanálu, izolaci a případně obezdívku a zasypání montážní jámy. Poté dojde k vyhodnocení získaného materiálu a je rozhodnuto o případné opravě.

5.2 PORUCHY NA SZT

Jak již bylo výše řečeno k výstavbě SZT se využívají především ocelové trubky. Tyto trubky mají tu nepříjemnou vlastnost, že podléhají oxidaci. Ta je umocňována vlivem prostředí, ve kterém se tato vedení nachází (ne vždy mají horkovodní kanály dostatečnou hydroizolaci, dochází k nepovoleným narušení kanálů atd.).

Další věcí, která je častá u starších vedení je, že na potrubí se již nenachází vnější izolace. To je způsobeno tím, že v minulosti se k upevnění používaly železné dráty. Ty již zmiňovanou korozí byly oslabeny natolik, že došlo k jejich přetržení a následnému uvolnění izolace nebo je sežraná hlodavci. ^[7]



Obr. 5.3: Stará tepelná izolace ^[5]

Ačkoliv se to nezdá, tak jeden z největších podílů na destrukci potrubí má samotná upravená voda. Ta, i když je maximálně vyčištěna a má přesně daná chemické složení, proudí v systému takovou rychlostí, že postupně vybrušuje trubku zevnitř a tak ji oslabuje. Toto oslabení může vést k dlouhým podélným trhlinám.

A je tu samozřejmě životnost vlastního potrubí, kdy potrubí, i když dokáže odolat výše zmíněným vlivům, ztrácí požadované vlastnosti.

Další konstrukční součástí, která musí odolávat vlivům oxidace, je samotné uložení. U valivého uložení často dojde k zareznutí ložisek, která se při příštím pohybu potrubí zhroutlí a může dojít k osovému posunu potrubí (Obr. 4.4). Poté často náhle zvýšený tlak nedokáže přenést ani pevný bod. To vede k tomu, že potrubí leží na dně horkovodního kanálu.^[7]



Obr. 5.4: Zborcené uložení potrubí ^[5]

Často se také objevují problémy se samotnými kanály, které mívají zborcené stěny, propadlé zákrytové desky, dostatečně neizolují nebo jsou dokonce narušeny přípojkami jiných inženýrských sítí (např. kanalizace procházející horkovodním kanálem).



Obr. 5.5: Výměna uložení ^[5]

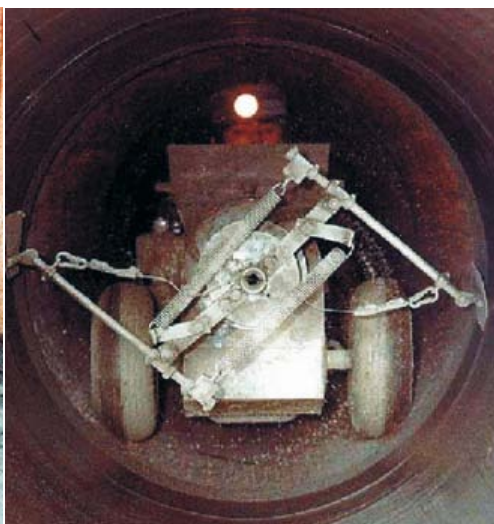
V některých zemích se v SZT nevyužívá upravená voda, což má za následek vnitřní korozi potrubí. Z toho důvodu byla v Německu vyvinuta metoda, která využívá nástřiku cementové hmoty TEKFLX DP.

Ta zabraňuje přímému styku ocelového potrubí s proudící vodou a zabraňuje tak vzniku koroze.

Před samotným nástřikem je třeba provést čištění potrubí pomocí „ježků“ viz Obr. 5.6. Pro následný nástřik, který lze provádět od DN80, je využíváno speciálních robotů, kteří odstředivě nanášejí vrstvu materiálu a následně ji zahlazují viz Obr. 5.7. ^[7]



Obr. 5.6: Čistící ježek ^[7]



Obr. 5.7: Nanášení hmoty ^[7]

V České Republice se tato metoda nevyužívá, neboť ve všech SZT proudí upravená voda. Ta má upravené pH tak, aby nedocházelo ke korozi ocelového potrubí. ^[3]

5.3 OPRAVY SZT

Po prokázání, že je únik na systému způsobený poruchou trubního vedení, provozovatel kontaktuje smlouvenou specializovanou firmu, která je informována kde se porucha nachází, o jaký druh teplovodu se jedná, jak velký je únik a další informace které potřebuje. Ta musí informovat všechny dotčené strany o havárii a kontaktovat organizace, jejichž inženýrské sítě se mohou v dané oblasti nacházet a po získání všech vyjádření tato firma zahájí zemní práce, které spočívají v odkrytí potrubního systému v místě poruchy.

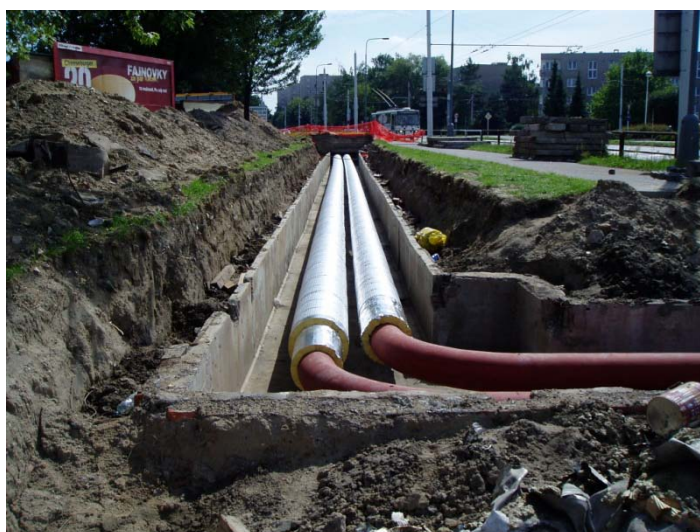
Před zahájením vlastní opravy trubního systému, provozovatel SZT sníží regulací v předávací stanici provozní tlak, popřípadě provede odstávku dodávky tepla.

5.3.1 OPRAVA POTRUBÍ VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI

Je nutno nejprve odstranit izolační materiál v místě úniku. Další částí opravy je vizuální kontrola potrubí v místě poruchy a zvážení vhodných montážních postupů pro provedení opravy. Pokud je potrubí poškozeno ve větším rozsahu, dochází k výměně

trubního systému. Při menších únicích se provádí oprava pomocí opravných pasů tzv. cípantů. Po dokončení opravy se systém znovu napustí na provozní tlak a provede se vizuální kontrola těsnosti v místě opravy. Následuje očištění potrubí, silikonový nátěr a zpětné zaizolování potrubí minerální vatou s povrchovou úpravou flexipan.

Po dokončení strojní části opravy následuje zaklopení horkovodního kanálu PZD deskami, provedení potěrového betonu, ALP penetrace, hydroizolace pomocí asfaltových pásů, provedení opravy přízdívky a provedení vrchní betonové vrstvy. Následuje zásyp zeminou, předání dotčených inženýrských sítí popřípadě provedení konstrukčních vrstev komunikací.



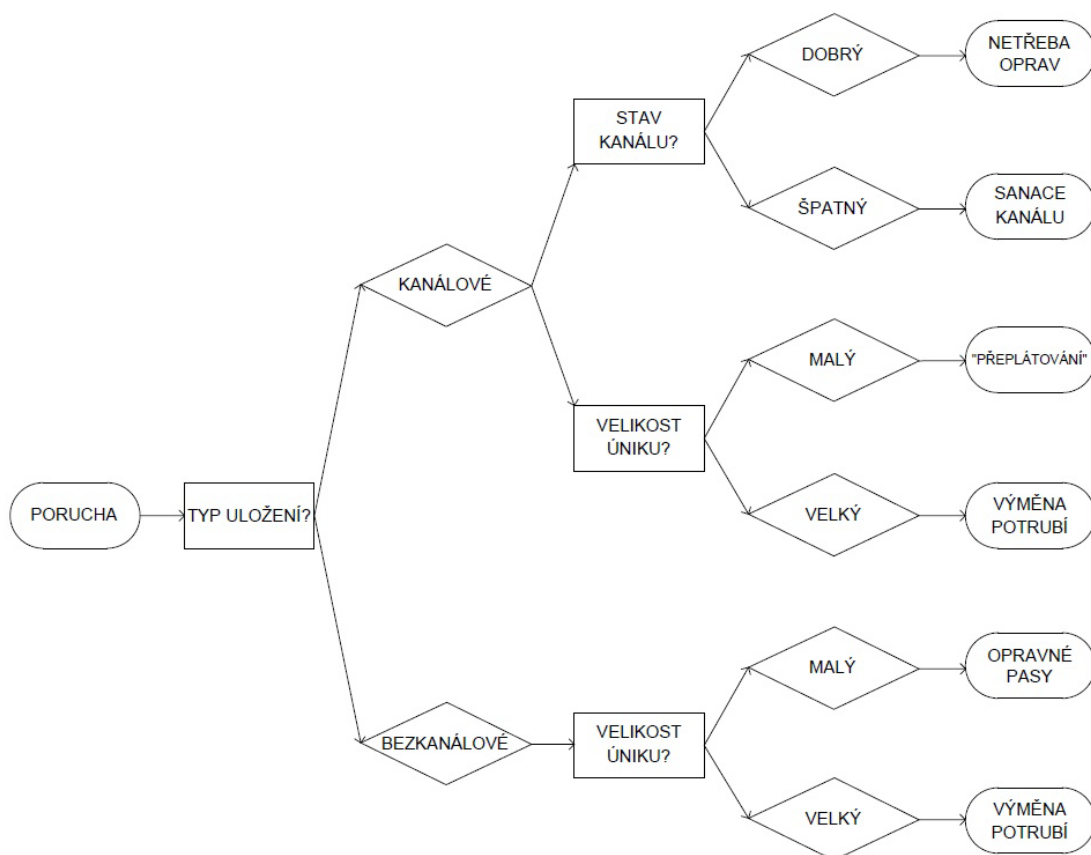
Obr. 5.8: Uložení ve stavební konstrukci s částečnou tepelnou izolací ^[5]

5.3.2 OPRAVA POTRUBÍ ULOŽENÉHO DO ZEMĚ

Je nutno nejprve odstranit izolační materiál v místě úniku. Další částí opravy je vizuální kontrola potrubí v místě poruchy a zvážení vhodných montážních postupů pro provedení opravy. Pokud je potrubí poškozeno ve větším rozsahu, dochází k výměně trubního systému. Při menších únicích se provádí oprava pomocí opravných těmenů tzv. cípantů. Po dokončení opravy se systém znovu napustí na provozní tlak a provede se vizuální kontrola těsnosti v místě opravy. Poté se přes místo opravy přesune dělená převlečka, která se svaří. Do této převlečky se následně vyvrtají dva otvory a jedním z nich se vlije PUR pěna, která místo tepelně zaizoluje. V případě ocelového potrubí provedeme očištění, nanese silikonový nátěr a následně pomocí PUR pěny a převlečného dílu zaizolujeme opravenou část potrubí.

Po dokončení strojní části opravy následuje obsyp potrubí zásypovým materiálem, založení výstražných fólií, zásyp zeminou, předání dotčených inženýrských sítí, popřípadě provedení konstrukčních vrstev komunikací.

Po dokončení oprav a terénních úprav následuje předání staveniště investorovi.



Obr. 5.9: Schéma postupu při opravě poruchy

6 PŘÍKLADOVÁ STUDIE

V následujících kapitolách, bych chtěl shrnout jednotlivé možnosti rekonstrukce. Všechny kapitoly budou vztaženy ke stejnému místu, kterým byla porucha horkovodu v Pardubicích viz Obr. 6.1, pro časové harmonogramy budu uvažovat úsek dlouhý 50m.



Obr. 6.1: Porucha horkovodu v Pardubicích ^[5]

6.1 OPRAVA PORUCHY

Z fotografie je patrné, že se jednalo o větší únik. Ten byl navíc situován v exponovaném místě – v koleně U-kompenzátoru. Jelikož se jedná o koleno ohýbané za tepla, což má za následek vytvoření „vln“ na vnitřní straně potrubí, je přeplátování takovéto poruchy prakticky nemožné. Z toho důvodu je třeba přikročit k výřezu poškozené části potrubí, v tomto případě celého kolena, a nahradit jej novým.

Z výřezu potrubí lze také stanovit míru vnější koroze potrubí a určit zbývající životnost potrubí. V tomto případě je kvalita potrubí na velmi nízké úrovni, z toho důvodu bych doporučil rekonstrukci daného úseku horkovodu.

6.2 NÁVRH REKONSTRUKCE

V následujících kapitolách popisují možné způsoby, jakými lze daný úsek horkovodu rekonstruovat.

Budou to následující možnosti:

- zachování horkovodního kanálu;
 - úprava stávajícího potrubí;
 - výměna potrubí;
 - zhodnocení stavu stavební konstrukce a případná sanace;
- změna na předizolované potrubí.

6.2.1 ZACHOVÁNÍ HORKOVODNÍHO KANÁLU

Úprava stávajícího potrubí

V případě, že nedestruktivní průzkum kvality potrubí (např. pomocí ultrazvuku) v dalších úsecích neprokáže příliš velké opotřebení materiálu, které jsme měli možnost vidět v případě poruchy na U-kompensátoru, je možné zachovat stávající potrubí viz Obr. 6.2.



Obr.6.2: Stávající potrubí ^[5]

V takovém to případě, je ale vhodné opatřit stávající potrubí novou ochrannou vrstvou proti vnější korozi.

To obnáší očištění potrubí od stávajících nátěrů, počínající koroze a místy připečené tepelné izolace. K tomuto účelu je jednou z nejvhodnějších metod pískování potrubí. Potrubí po opískování můžete vidět na Obr. 6.3.



Obr.6.3: Nově natřené a očištěné potrubí ^[5]

Následně se toto potrubí opatří speciálním silikonovým nátěrem, který chrání vnější povrch potrubí proti korozi. Zároveň se vyměňují kluzná uložení a pevné body.

Následuje tepelná izolace potrubí. Ta se provede pomocí pásů z minerální vaty, které jsou chráněny vůči vnějším vlivům FLEXIPANem.

Poté bude provedeno zakrytí kanálu zákrytovými deskami. Dle stavu stávajících zákrytových desek bude rozhodnuto, zda se mohou tyto desky znovu použít, nebo je bude třeba vyměnit za nové. Předpokládáme, že až 100% se bude muset vyměnit.



Obr.6.4: Nepoužitelné zákrytové desky ^[5]

Vzniklé spáry mezi jednotlivými deskami se vyplní betonem.

Vzniklá plocha se ošetří ALP penetrací a provede se hydroizolace pomocí asfaltolepenkových pásů. Ty budou přehnuty přes okraje zákrytových desek tak, aby sahaly alespoň 20cm pod dolní okraj zákrytové desky.

Následně bude hydroizolace pokryta 5cm vrstvou potěrového betonu. Minimálně 1den po betonáži lze provádět zásyp výkopkem, který bude hutněn po vrstvách.

Následovat budou terénní a dokončovací práce, které uvedou místo stavby do původního stavu.

Výměna potrubí

V případě, že nedestruktivní průzkum kvality potrubí (např. pomocí ultrazvuku) v dalších úsecích prokáže příliš velké opotřebení materiálu, je nutné toto potrubí vyměnit.

Z toho důvodu bude stávající potrubí vyřezáno a budou odstraněna stávající uložení.

Následně bude umístěno nové potrubí včetně nových uložení, která se budou nacházet v místech, kde byla uložení předešlá. Tím není nutné provádět nový statický návrh.

Následně se toto potrubí opatří speciálním silikonovým nátěrem, který chrání vnější povrch potrubí proti korozi. Zároveň se vyměňují kluzná uložení a pevné body.

Následuje tepelná izolace potrubí. Ta se provede pomocí pásů z minerální vaty, které jsou chráněny vůči vnějším vlivům FLEXIPANem.

Vzniklé spáry mezi jednotlivými deskami se vyplní betonem.

Poté bude provedeno zakrytí kanálu zákrytovými deskami. Dle stavu stávajících zákrytových desek bude rozhodnuto, zda se mohou tyto desky znovu použít, nebo je bude třeba vyměnit za nové. Předpokládáme, že až 100% se bude muset vyměnit.

Vzniklá plocha se ošetří ALP penetrací (Obr.6.5) a provede se hydroizolace pomocí asfalto-lepenkových pásů. Ty budou přehnuty přes okraje zákrytových desek tak, aby sahaly alespoň 20cm pod dolní okraj zákrytové desky.



Obr.6.5: Zákrytové desky ošetřené ALP penetrací ^[5]

Následně bude hydroizolace pokryta 5cm vrstvou potěrového betonu. Minimálně 1den po betonáži lze provádět zásyp výkopkem, který bude hutněn po vrstvách.

Následovat budou terénní a dokončovací práce, které uvedou místo stavby do původního stavu.

Zhodnocení stavu stavební konstrukce a sanace



Obr.6.6: Obnažené výztuže ^[5]

Z fotografie Obr. 6.6 je patrné, že stavební konstrukce není v dobrém stavu. Obnažené výztuže podléhají korozi a v následujících letech mohou být oslabeny natolik, že nebudou schopny přenášet vyvolané síly. To bude mít za následek zborcení celé konstrukce, což povede k propadnutí nadloží a poškození horkovodu uvnitř konstrukce.

Proto navrhuji před čištěním potrubí provést sanaci stavební konstrukce.

Sanaci je nutné provádět dle technologického postupu výrobce sanačních hmot. Je třeba použít speciální materiály pro sanaci betonu např. od společnosti ROKOSPOL a.s., kdy obnažená výztuž bude ošetřena speciální hmotou (např. ROKOARMAFER). Na ošetřená místa bude nanесena sanační malta (např. ROKOGROUT TIX).^[8]



Obr.6.7: Příklad sanace ŽB konstrukce^[8]

Touto metodou budou ošetřeny pouze stěny kanálu. Poškozené zákrytové desky budou vyměněny za nové.

6.2.2 ZMĚNA NA PŘEDIZOLOVANÉ POTRUBÍ

V případě, že nedestruktivní průzkum kvality potrubí (např. pomocí ultrazvuku) v dalších úsecích prokáže příliš velké opotřebení materiálu, je nutné toto potrubí vyměnit.

Po rozkrytí zákrytových desek kanálu, bude stávající potrubí vyřezáno a budou odstraněna stávající uložení.

Před samotnou realizací bude zpracován statický návrh předizolovaného potrubí. Výpočet přípustné montážní délky od pevného bodu po místo kompenzace je uveden v příloze 3.

V tomto případě rozměry horkovodního kanálu jsou dostačující pro uložení předizolovaného potrubí.

Na dně kanálu bude vytvořeno min. 10cm pískové lože, na které se umístí předizolované potrubí.

Na tomto potrubí se provede tlaková zkouška nebo 100% rentgenové zkoušky svarů.

Potrubí bude následně obsypáno materiálem o zrnitosti 0-4mm do výšky alespoň 10cm nad úroveň ochranné trubky. Tato vrstva se ručně zhutní. Na tuto vrstvu se umístí výstražná fólie zelené barvy. Následuje zasypání zeminou a hutnění po vrstvách.

Následovat budou terénní a dokončovací práce, které uvedou místo stavby do původního stavu.



Obr. 6.8: Příklad stavu tepelné izolace před rekonstrukcí^[5]



Obr. 6.9: Příklad tepelné izolace po rekonstrukci^[5]

7 ZÁVĚR

Využívání přebytečného tepla z elektráren a dalších průmyslových závodů je výhodné jak z ekonomického tak ekologického hlediska, kdy se přebytečné teplo uvolňované při výrobě dále využívá pro dodávky tepla a teplé vody.

Většina trubních vedení byla vybudována v šedesátých letech minulého století a již začínají překračovat svoji deklarovanou životnost. Tento problém vede k častým poruchám a nutnosti oprav.

SZT ve velkých městech využívá až 60% obyvatel, neboť většina bytových domů je na tento systém napojena. Z toho důvodu je třeba, především v zimních měsících, v případě poruchy tuto poruchu v co nejkratší době lokalizovat, opravit a obnovit dodávky tepla a teplé vody uživatelům. Při opravách je vhodné zjistit stav potrubí v okolí poruchy, aby v případě velmi špatného stavu mohlo být toto potrubí, v letních měsících, kdy jsou naplánovány odstávky od dodávek, rekonstruováno.

V minulých letech byla lokalizace poruchy obtížnější, neboť metody, které se používaly, nebyly příliš přesné a označené místo poruchy a porucha skutečná mnohdy byly od sebe vzdáleny několik metrů.

V dnešní době využívané nové materiály mají za úkol bezpečně zabezpečovat dodávku tepla odběratelům po další desetiletí a v případě poruchy rychlou a přesnou lokalizaci a tím pádem urychlení celé opravy.

Rekonstrukce SZT mají za úkol snížit riziko výskytu poruch. Z přiložených časových harmonogramů je patrné, že rekonstrukce kanálového uložení potrubí je časově náročnější a v případě úprav stávajícího potrubí se řeší především tepelné ztráty. Nicméně životnost tohoto potrubí je nižší než v případě výměny potrubí za nové.

Z mého pohledu je nejvýhodnější, v případě rekonstrukcí, měnit stávající kanálové uložení za uložení bezkanálové. Zde je prakticky stoprocentně zaručena správná tepelná izolace po celé délce jednotlivých trubek a díky ALARM systému je možné odhalit již minimální úniky.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] [CIKHART, J. *Soustavy centralizovaného zásobování teplem*. Praha: SNTL, 1989, 555 s. ISBN 80-030-0021-1.]
- [2] [EOP [online]. 2010 [cit. 2014-03-31]. Dostupné z: http://www.eop.cz/produktyaslužby/tpl_soustavaczt.php]
- [3] Materiály z Tepláren Brno
- [4] [Isoplus [online]. 10. vyd. 2006 [cit. 2014-05-09]. Dostupné z: <http://www.isoplus-eop.cz/dokumentace/projektovani.pdf>]
- [5] Materiály z odborné firmy
- [6] [Tenza. *Montážní příručka* [online]. 2012 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.tenza.cz/files/3723/montprirv65a.pdf>]
- [7] [SB Projekt [online]. 2008 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.sbprojekt.com/medien/veroeffentlichungen/>]
- [8] ROKOSPOL. *ROKOSPOL* [online]. 2010 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.rokospol.cz/cs/stranka/sanace-betonu-a-zelezobetonu>
- [9] [ORSTECH. *Isover* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/orstech-lsp-40>]
- [10] [Flexipan. *Flexipan* [online]. [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.ekomirelon.cz/Sortiment/Flexipan>]
- [11] [New Power Tour. *New Power Tour* [online]. 2013 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://newpowertour.com/home-2/district-heating/>]

Firemní literatura:

- Pražská teplárenská a.s. [*Pražská teplárenská a.s.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.ptas.cz/cs/>]
- Rehau s.r.o. [*Rehau s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: http://www.rehau.com/CZ_cs/]
- Fintherm [*Fintherm a.s.* [online]. 2008 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.fintherm.cz/>]
- IZO spol. s.r.o. [*IZO spol. s r.o.* [online]. 2003 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://www.izo.cz/index.php?program=110>]

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.0.1: Výhody a nevýhody	14
Tab. 3.2: Teplotní diagram horkovodů	16
Tab. 3.3: Přípustné délky ukládání $L_{\max}$ v m	17
Tab. 3.4: Základní konstanty pro teplonosné potrubí z ocele St. 37.0 dle DIN 1626/1629	17

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Schéma distribuce tepelné energie	3
Obr. 2.1: předávací stanice se čtyřtrubním rozvodem	5
Obr. 2.2: Centrální předávací stanice s dvoutrubním rozvodem	6
Obr. 2.3: Objektové předávací stanice.....	6
Obr. 2.4: Bytové předávací stanice	7
Obr. 2.5: Isover ORSTECH LSP40	8
Obr. 2.6: Flexipan	8
Obr. 2.7: Předizolované potrubí.....	8
Obr. 2.8: Schéma bezkanálového uložení.....	9
Obr. 2.9: Dvoutrubkový systém v energokanálu po rekonstrukci	10
Obr. 2.10: Třítrubkový systém (primární vedení z EOP)	
Obr. 2.11: Schéma uložení vedení ve stavební konstrukci	12
Obr. 2.12: Schéma bezkanálového uložení.....	13
Obr. 3.1: Hookův zákon.....	18
Obr. 3.2: Schéma vyvolaných napětí při ukládání za studena do teploty $T_B \leq 85^\circ\text{C}$	19
Obr. 3.3: Schéma vyvolaných napětí při konvenčním ukládání	20
Obr. 3.4: Řez jednorázovým kompenzátorem	21
Obr. 4.1: Kuželová forma skladování.....	23
Obr. 4.2: Objímková spojka.....	24
Obr. 4.3: Opatření proti vlhkosti.....	24
Obr. 5.1: Porucha na horkovodu	25
Obr. 5.2: Vodiče ALARM systému	25
Obr. 5.3: Stará tepelná izolace	26
Obr. 5.4: Zborcené uložení potrubí.....	27
Obr. 5.5: Výměna uložení.....	27
Obr. 5.6: Čistící ježek	28
Obr. 5.7: Nanášení hmoty	28

Obr. 5.8: Uložení ve stavební konstrukci s částečnou tepelnou izolací.....	29
Obr. 5.9: Schéma postupu při opravě poruchy	30
Obr. 6.1: Porucha horkovodu v Pardubicích.....	31
Obr. 6.2: Stávající potrubí.....	32
Obr. 6.3: Nově natřené a očištěné potrubí	33
Obr. 6.4: Nepoužitelné zákrytové desky.....	33
Obr. 6.5: Zákrytové desky opatřené ALP penetrací	35
Obr. 6.6: Obnažené výztuže.....	35
Obr. 6.7: Příklad sanace ŽB konstrukce	36
Obr. 6.8: Příklad stavu tepelné izolace před rekonstrukcí	37
Obr. 6.9: Příklad stavu tepelné izolace po rekonstrukci	36

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

SZT Soustava zásobování teplem, dříve CZT

PS Předávací stanice

ALP Asfaltový lak penetrační

PUR..... Polyuretan

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Časový harmonogram pro sanaci kanálu a ponechání stávajícího potrubí

Příloha 2: Časový harmonogram pro sanaci kanálu a výměnu stávajícího potrubí

Příloha 3: Výpočet přípustné motážní délky

Příloha 4: Časový harmonogram pro změnu na předizolované potrubí

SUMMARY

The bachelor thesis deals with hot water recirculation systems. Due to the age of the hot water network (mainly built in the 1960s), the malfunctions of the system appear quite often. Despite the fact that the system is used by a large number of customers, it is necessary to fix the malfunctions as soon as possible.

The first part of the text elaborates general information about hot water recirculation systems, hot water distribution and its parts.

The next part of the thesis describes materials used in hot water recirculation systems. Then the text deals with the malfunctions of hot water recirculation systems, design and assembly of the pipes. These chapters are followed by the case study.

The case study helps to imagine the way of possible future reconstruction. The time schedule of the realization was attached to the bachelor thesis. The optimal solution of the case study is the exchange of the old pipes situated in the building construction for pre-insulated pipes.