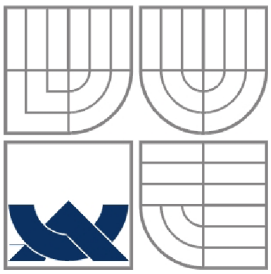
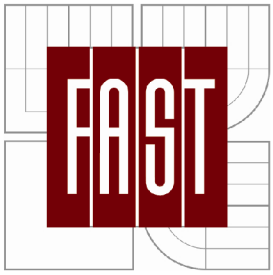


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

SANACE TEPLOVODNÍ A HORKOVODNÍ SÍTĚ
REHABILITATION OF HOT WATER NETWORK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — JANA SKŮPOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. JAROSLAV RACLAVSKÝ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2015

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	Jana Skůpová
Název	Sanace teplovodní a horkovodní sítě
Vedoucí bakalářské práce	doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....
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, František, RACLAVSKÝ, Jaroslav. Bezvýkopová výstavba a obnova podzemních vedení. Bratislava: JAGA, 2007. 144 s. ISBN: 978-80-8076-053-3.
[4] STEIN, Dietrich. Grabenloser Leitungsbau, Berlin: Ernst a Sohn, 2003. ISBN 978-3-433-01778-4.
[5] STEIN, Dietrich. Trenchless Technology for Installation of Cables and Pipelines. Stein & Partner Germany, 2005. ISBN 3-00-014955-4.
[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 zpracování nových poznatků a informací z oblasti sanací teplovodních a horkovodních sítí. Práce se bude skládat ze dvou částí. V první části bakalář provede rešerši z dané problematiky. V druhé části bakalář aplikuje získané poznatky na studii sanace vybrané horkovodní sítě. Požadované výstupy: dle pokynů vedoucího BP.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

.....

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

Abstrakty a klíčová slova

Abstrakt:

Předmětem úvodní části této práce je vytvoření základního přehledu o vodních tepelných sítích. Jedná se o seznámení s provozními parametry sítě, používanými materiály potrubí, objekty a armaturami a možnostmi uložení potrubí.

V další části se práce zabývá možnostmi sanace - rekonstrukcí a novou výstavbou, a to podzemní a nadzemní.

V závěru práce je řešen konkrétní návrh sanace horkovodního přivaděče z Jaderné elektrárny Temelín (JETe) do města Týn nad Vltavou. Podle požadavku investora byl proveden výpočet k optimalizaci dimenze předimenzovaného potrubí.

Klíčová slova:

Teplovod, horkovod, předávací stanice, teplonosné potrubí, sanace, CPS, JETe, dimenze

Abstract:

The subject of the introductory part of this work is to create a basic overview about water heating networks. This is a familiarization with the operational parameters of the network, used materials, pipes, fixtures and objects and saving the pipeline. In another part of the work deals with the possibilities of rehabilitation-reconstruction and new construction, and underground and aboveground. At the conclusion of the work is handled by a specific proposal for the rehabilitation of feeder horkovodního Temelin nuclear power plant (JETe) into town Týn nad Vltavou. According to the investor's request was made to optimize the calculation of the dimensions of heavy pipe.

Keywords:

heating system, the DH system, transfer stations, heat pipes, sanitation, CPS, JETe, dimension

Bibliografická citace VŠKP

Jana Skůpová *Sanace teplovodní a horkovodní sítě*. Brno, 2015. 44 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 zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 29. 5. 2015

.....

Jana Skůpová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Jaroslavovi Raclavskému, Ph.D. za rady, připomínky a náměty, jimiž mi pomohl ke zpracování tématu mé bakalářské práce, ale také za čas, který mi věnoval při konzultacích.

Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Františkovi Koberovi, řediteli z Vltavotýnské teplárenské a. s., a jeho kolegům za ochotné poskytnutí potřebných podkladů, výbornou komunikaci a čas strávený při vyhledávání dokumentace a získávání fotografií pro moji práci.

Obsah

Obsah 1

ÚVOD 3

1 ZÁKLADNÍ POJMY 4

1.1 Rozdíl mezi teplovodem a horkovodem 4

1.2 Materiály potrubí 4

1.3 Předávací stanice 5

1.4 Armatury 6
1.4.1 Kompenzátory 6
1.4.2 Ostatní armatury 8

1.5 Možnosti uložení potrubí 10
1.5.1 Nadzemní uložení 10
1.5.2 Podzemní uložení 10

2 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ SANACE 11

2.1 Stav potrubí 11
2.1.1 Metody vnější 11
2.1.2 Metody vnitřní 11

2.2 Rekonstrukce 12
2.2.1 Stavební jámy 12
2.2.2 Pracovní otvory v potrubí 12
2.2.3 Čištění potrubí 12
2.2.4 Podmínky pro použití metody TEKFLEX DP 14
2.2.5 Materiál TEKFLEX DP 15
2.2.6 Provádění TEKFLEX DP výstelky 15

2.3 Nová výstavba 17
2.3.1 Podzemní bezkanálové uložení 18
2.3.2 Nadzemní uložení 21

3 STUDIE SANACE VYBRANÉ HORKOVODNÍ SÍTĚ 24

3.1 Popis zájmové lokality 24
3.1.1 Jaderná elektrárna Temelín 24
3.1.2 Město Týn nad Vltavou 24

3.2 Současný stav 25
3.2.1 Konstrukce přivaděče 25
3.2.2 Centrální předávací stanice 27

3.3 Zadání investora 28

3.3.1 požadavky 28
3.3.2 Omezující parametry 29

3.4 Posouzení možných řešení 29
3.4.1 Rekonstrukce 29
3.4.2 Nová výstavba 30

3.5 Návrh bezkanálového uložení 31
3.5.1 Návrh dimenze 31
3.5.2 Krytí 32
3.5.3 Výkop 33
3.5.4 Ztráta tepelné energie 33
3.5.5 Přenesený a potřebný výkon 35

4 Závěr 37

5 Použitá literatura 38

Seznam tabulek 40

Seznam obrázků 41

Seznam použitých zkratek a symbolů 42

Seznam příloh 43

Summary 44

ÚVOD

S rozvojem civilizace stoupá i spotřeba energií. Protože však ekologická a i ekonomická situace, nejen u nás ale i ve světě, začíná být velmi vážná, je současným trendem dosáhnout snížení, nebo dokonce úplného ukončení těžby neobnovitelných zdrojů, a naopak jsou zde tendence, zaměřit se na co nejvyšší využívání obnovitelných zdrojů a odpadní energie z průmyslu. Sice není úplnou novinkou využívání odpadního tepla, ale v současnosti dochází k velkému rozvoji.

Odpadní teplo se nejčastěji využívá pro účely vytápění a ohřevu vody pro města, výrobní podniky, nemocnice, ale také i letiště. Pro tyto účely musí být vystavěna potřebná infrastruktura pro zajištění přepravy teplonosného média a následného rozvedení k odběratelům. U převážně většiny elektráren, sléváren a podobných podniků je tato sít zásobení teplem vybudována. Většina těchto podniků ovšem vznikla zhruba po druhé polovině 20. století a je tedy potřeba, z důvodu stáří, tyto sítě rekonstruovat nebo dokonce vystavět nové. Důvodů pro sanaci tepelných sítí může být několik, především však koroze, poškozená izolace a ochranné prvky. Ovšem také důvodem bývá předimenzování sítě z důvodu výhledového rozvoje měst a průmyslu.

V této práci se zabýváme nejen všeobecným přehledem o tepelných sítích a možnostmi sanace, v našem případě teplovod a horkovod, ale hlavně úkolem optimalizace předimenzovaného horkovodního přivaděče z Jaderné elektrárny Temelín do blízkého města Týn nad Vltavou.

1 ZÁKLADNÍ POJMY

1.1 Rozdíl mezi teplovodem a horkovodem

Teplonosným médiem u teplovodu a horkovodu je voda. Podstatným rozdílem je teplota dopravované vody. Pomyslný předěl je ve 110°C. Teplovod s teplotami do 110°C a horkovod v obvyklém rozmezí 110 – 150°C. Pozor se musí dávat, aby tlak v potrubí nepoklesl pod tlak na mezi sytosti vodních par (Tabulka 1.1.1). Nastalo by odpařování vody a vytvořená pára by při průchodu potrubím vyvolávala rázové jevy, anebo by způsobila kavitaci.

Tabulka 1.1.1 Tlaky na mezi sytosti vodních par v závislosti na teplotě vody [1]

Teplota [°C]	Tlak [MPa]
110	0,143
130	0,271
150	0,476

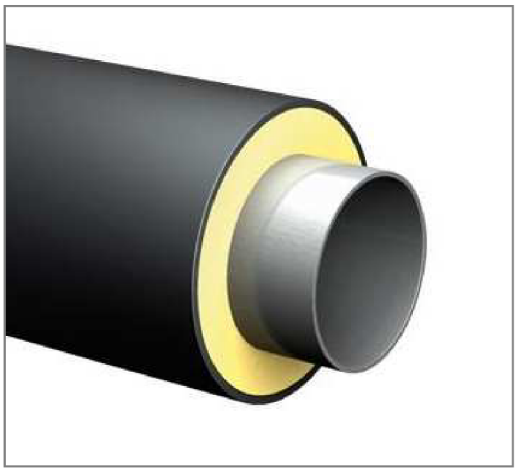
1.2 Materiály potrubí

Pro zásobní vodní tepelné sítě se nejčastěji používá ocelové teplonosné potrubí. Ocelové potrubí se dělí na již předizolované (ve výrobě) anebo dodatečně izolované (při montáži). Teplonosné potrubí (Tabulka 1.2.1) je izolováno polyuretanovou pěnou a chráněno polyethylenovým (Obrázek 2.2.1), ocelovým nebo plechovým pozinkovaným opláštěním (Obrázek 2.2.2). Pro uložení podzemní bezkanálové se používá potrubí s polyethylenovým opláštěním a pro uložení nadzemní se používá opláštění z pozinkovaných překládaných plechů. Pokud provozujeme potrubí na vyšší parametry (teplota a tlak) používá se ocelové opláštění s protikorozivním nátěrem. Podle jmenovité světlosti teplonosného potrubí a provozní teploty se určuje tloušťka izolace a průměr ochranného potrubí (Tabulka 1.2.2).

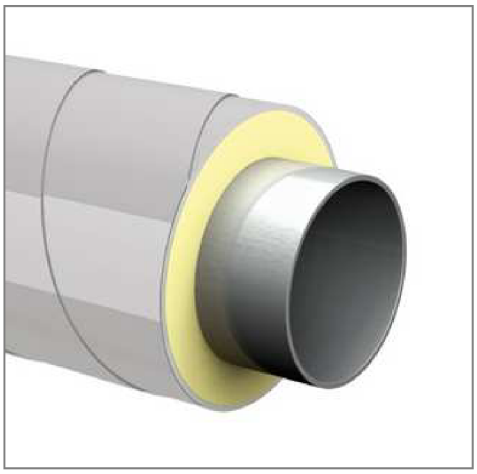
Tabulka 1.2.1 Rozdělení teplonosných potrubí [2]

Materiál potubí	Jmenovitá světlost potrubí DN [mm]	Maximální provozní teplota [°C]	Maximální provozní tlak [bar]
Polyethylenové potrubí (PMR)	22 - 110	80 (90)	5
Měděné a ocelové potrubí (MMR)	15 - 150	120 (130)	16 - 25
Ocelové potrubí s plastovým opláštěním (KMR)	20 - 1 000	120 (140)	16 - 25 (40)
Ocelové potrubí s ocelovým opláštěním (SMR)	150 - 1000	neomezené	neomezené

Předními českými výrobci předizolovaného potrubí jsou ISOPLUS-EOP s r. o., Uponor infra Fintherm a. s. a IZO s r. o.



Obrázek 1.2.1 Ocelové potrubí s PE opláštěním [3]



Obrázek 1.2.2 Ocelové potrubí s PE opláštěním [3]

Tabulka 1.2.2 Průměr ochranného potrubí a tloušťky izolace v závislosti na průměru teplonosné trubky a provozní teploty média [2]

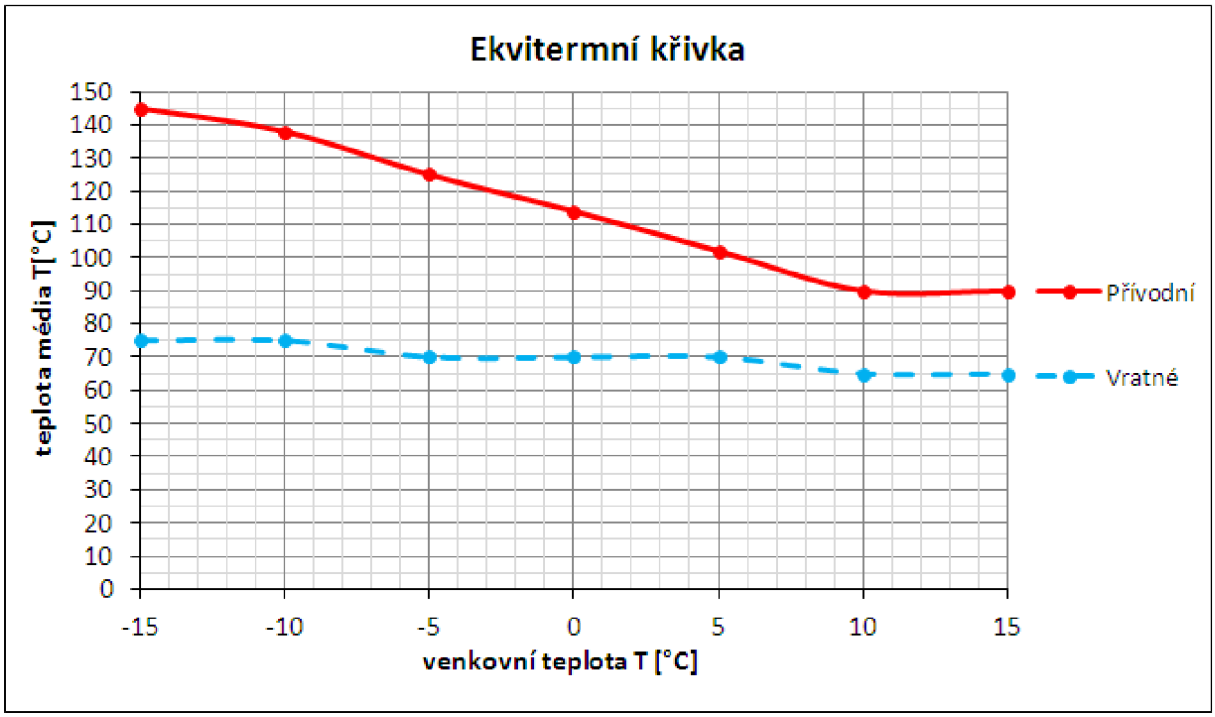
Teplonosné potrubí	Teplota [°C]				
	10 - 80	až 120	až 160	až 200	až 240
DN [mm]	tloušťka izolace [mm] / ochranné potrubí [mm]				
25 - 40	30/150	30/150	40/220	50/220	60/250
50 - 65	30/200	40/200	50/250	50/250	80/300
80 - 100	30/250	40/250	50/250	70/300	80/350
125	40/300	50/300	70/350	80/350	90/350
150	40/300	50/300	70/400	80/400	90/400
200	40/350	60/400	70/450	80/450	90/450
250	50/450	60/450	80/500	90/500	100/550
300	50/500	70/550	90/550	100/600	110/600
350	50/500	70/550	90/600	100/650	110/650
400	60/600	80/650	100/650	110/700	120/700
450	60/650	80/700	100/750	110/750	120/750
500	60/700	80/750	100/800	110/800	120/800

1.3 Předávací stanice

Nejdůležitější prvek, bez kterého bychom se při zásobení teplem nemohli obejít, je bezesporu předávací stanice (PS). Její funkcí je redukce parametrů přiváděné topné vody, na parametry nižší, které vyžadují odběratelé tepla. Redukovány jsou tlaky a teplota. K redukci slouží výměníky tepla. Výměníky ohřívají nebo naopak ochlazují přiváděnou topnou vodu, a to dle venkovní teploty na základě ekvitermní křivky (Graf 1.3.1).

Rozeznáváme předávací stanice:

- centrální – hlavní stanice, do které je napojen hlavní přivaděč, a ze které jsou zásobeni veškeří spotřebitelé;
- objektové – každý objekt (například bytový dům) má svou PS a je napojen na hlavní přivaděč.



Graf 1.3.1 Ekvitermní křivka [4]

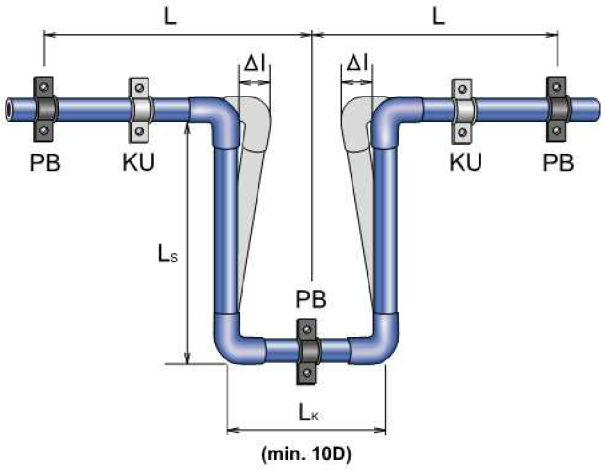
1.4 Armatury

Na každé inženýrské síti, tedy i na tepelné síti, musejí být osazeny bezpečností a manipulační armatury. Co se týče teplovodní a horkovodní sítě, využívají se armatury kompenzační, závěrové, vypouštěcí a odvzdušňovací.

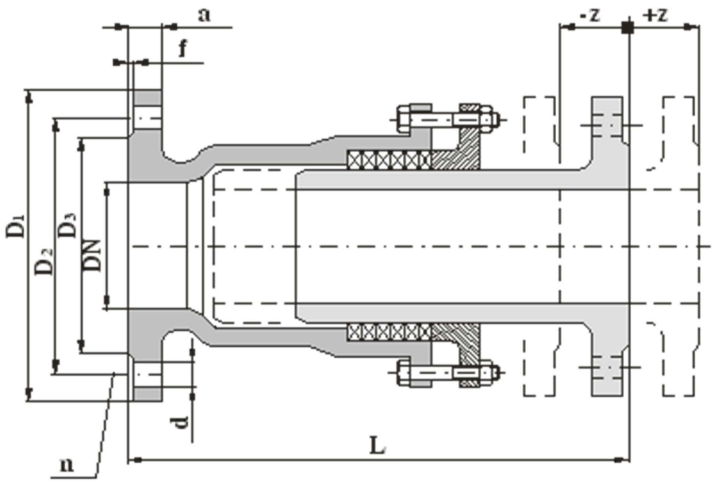
1.4.1 Kompenzátory

Slouží ke kompenzaci tepelné roztažnosti potrubí (prodloužení či smršťování). Mají funkci dilatace, a tedy nedochází k nevratnému poškození potrubí. Základní rozdělení je na kompenzátory:

- ohybové – kompenzace změnou směru vedení (Obrázek 1.4.1);
- osové (axiální) – kompenzace ve směru osy vedení (Obrázek 1.4.2).



Obrázek 1.4.1 Schéma ohybového kompenzátoru [5]
PB – pevný bod, KU – kluzné uložení



Obrázek 1.4.2 Schéma osového kompenzátoru [6]

Základní návrhové parametry kompenzátorů:

, (2.3a)

kde $\Delta l(z)$ velikost prodloužení [mm];

α součinitel délkové roztažnosti závislý na materiálu [mm/m·K]

př.: korozivzdorná ocel $\alpha = 0{,}017$mm/m·K;

L kompenzační délka [m];

Δt rozdíl provozní a montážní teploty [K].

Pro ohybové kompenzátory platí:

$$L_s = C \cdot \sqrt[2]{\Delta l \cdot d}, \qquad (2.3b)$$

kde L_s délka pružného volného ramene [mm];

C materiálová konstanta [-], př.: nerezavějící ocel C = 45;

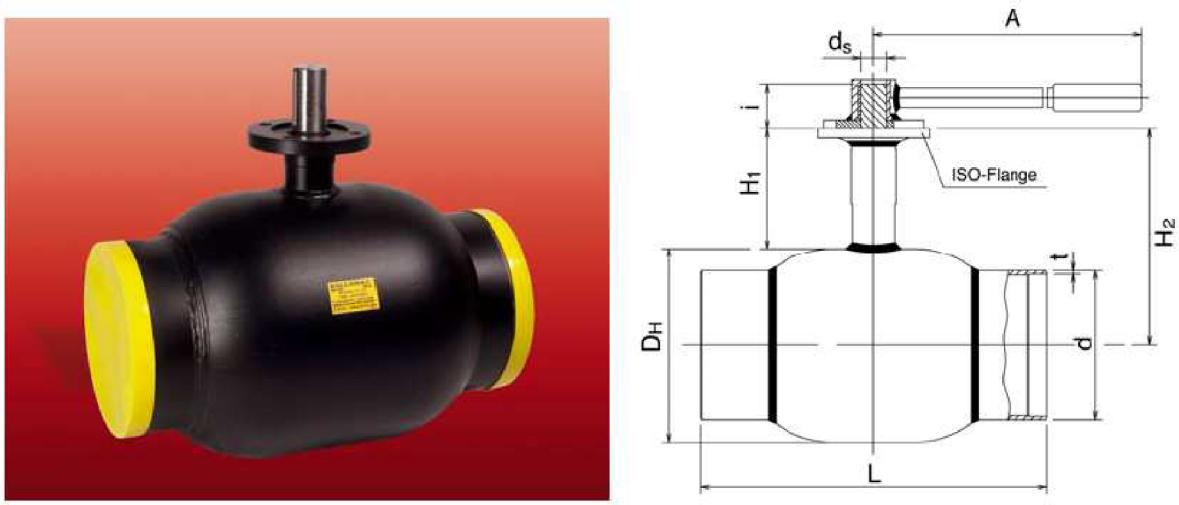
Δl kompenzační délka [mm];

d průměr potrubí [mm].

Poznámka: pro ohybové kompenzátory tvaru „U“ můžeme snížit hodnotu materiálové konstanty až na hodnotu C = 36.

1.4.2 Ostatní armatury

Dále musíme uvažovat armatury uzavírací pro případ odstávky, havárie či údržby. Především jsou to uzávěry (Obrázek 1.4.3), u větších průměrů potrubí opatřena servomotorem. U cirkulačních sítí je zapotřebí zachovat oběh topné vody, a proto se na každé odbočce či v rozmezí 1 - 2,5km budují armaturní šachty, v kterých je umístěno propojení přívodního a vratného potrubí. Na přívodním a vratném potrubí je osazen jeden uzávěr a na propojce jsou umístěny dva uzávěry. Také musíme myslet na vypouštěcí ventily (Obrázek 1.4.4) pro případ úplného vypuštění tepelné sítě. Ventily se umisťují na nejnižší místa sítě. Pokud budeme topnou vodu vypouštět do kanalizace, musíme jí předem ochladit, a to na teplotu nižší než 40°C. Vodní tlaková soustava musí být opatřena odvzdušňovacími armaturami (Obrázek 1.4.4) osazenými v nejvyšších místech sítě.



Obrázek 1.4.3 Kulový uzávěr Ballomax - typ 61 firmy BROEN; dodávané rozměry dle následující tabulky (Tabulka 1.4.1) [7]

Tabulka 1.4.1 Rozměry kulového uzávěru Ballomax – typ 61

DN [mm]	D_H [mm]	d [mm]	t [mm]	L [mm]	H_1 [mm]	H_2 [mm]	d_s [mm]	I [mm]	Příruba ISO	m [kg]
200	267,0	219,1	4,5	390	155	289	30	60	F 12	43,5
250	355,6	273,0	5,0	630	128	306	50	84	F 14	115,0
300	457,0	323,3	5,6	710	108	336	60	105	F 16	195,0
350	508,0	355,6	5,6	750	141	395	60	11	F 25	235,0
400	610,0	406,4	6,3	860	140	445	70	120	F 25	390,0
500	711,0	508,0	6,3	970	167	522	90	150	F 30	610,0

Obrázek 1.4.4 Odvzdušňovací/vypouštěcí ventil firmy Isoplus-eop; dodávané rozměry dle následující tabulky (Tabulka 1.4.2) [8]

Tabulka 1.4.2 Rozměry odvzdušňovacího / vypouštěcího ventilu Isoplus-eop

Ocelová trubka	Vypouštěcí/odvzdušňovací trubka			Stavební délka
	Jmenovitá světlost	Plášťová trubka	Stavební výška	
DN_O [mm]	DN_P [mm]	D_a [mm]	P [mm]	L [mm]
25	25	90	500	1 000
32	25	90	500	1 000
40	25	90	500	1 000
50	25	90	500	1 000
65	25	90	500	1 000
80	50	140	500	1 000
100	50	140	500	1 000
125	50	140	500	1 000
150	50	140	500	1 000
200	50	140	500	1 000
≥ 250	50	140	500	1 200

1.5 Možnosti uložení potrubí

Základní rozdělení uložení je nadzemní a podzemní.

1.5.1 Nadzemní uložení

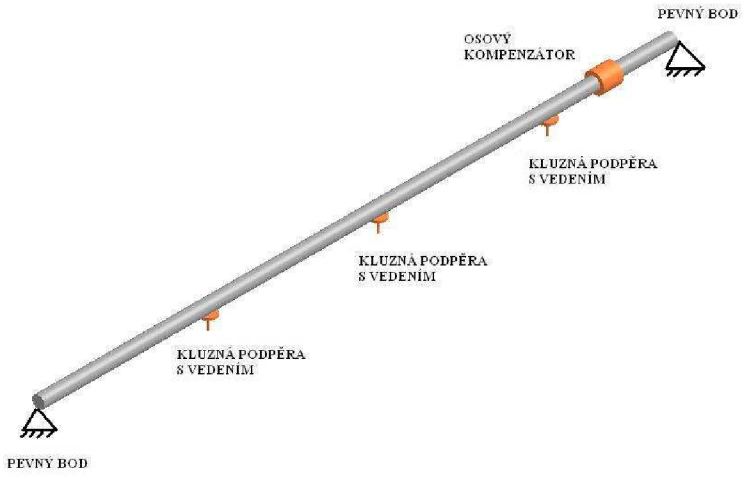
Nadzemní vedení potrubí je ukládáno na ocelovou konstrukci zakotvenou do betonové paty nebo přímo posazené na betonové paty. Výška potrubí nad zemí by měla být větší než je maximální udávaná výška sněhové pokrývky v dané lokalitě. Samotné potrubí je chráněno několika vrstvami izolace. Ocelové teplonosné potrubí chrání polyuretanová pěna (PUR), která brání ztrátám tepla. Dále hydroizolace bránící vlhkosti a pozinkovaný plech odvádějící srážky a chránící proti mechanickému poškození.

1.5.2 Podzemní uložení

Podzemní vedení potrubí může být uloženo buď kanálově, tedy ve stavební konstrukci, nebo bezkanálově, a to přímo v zemi.

Kanálové uložení můžeme provést jako samostatné průlezné a neprůlezné kanály nebo jako sdružené stavby např.: kolektory. Využívá se monolitického vodostavebního betonu, anebo prefabrikovaných stavebních dílců. Pokud zakládáme kanál pod úroveň podzemní vody, používáme vodostavební beton a je zapotřebí použít hydroizolaci a tlakovou izolaci.

Při ukládání teplených sítí musíme dodržet několik podmínek, především však vyřešení dilatace potrubí. Potrubí je ukládáno na pevné a kluzné podpěry. Mezi dvě pevné podpěry se osazuje potrubí kompenzátorem a dostatečným počtem kluzných podpor (Obrázek 1.5.1).



Obrázek 1.5.1 Schéma možného uložení potrubí [9]

2 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ SANACE

2.1 Stav potrubí

Pokud se rozhodneme pro rekonstrukci stávajícího potrubí, je zapotřebí znát stav potrubí. Existuje několik metod pro určení rozsahu koroze a celkového stavu. Metody můžeme rozdělit do dvou skupin, a to vnější a vnitřní.

2.1.1 Metody vnější

Mezi nejčastěji používané metody pro detekci a určení koroze patří metody fyzikální. Jsou to metody nedestruktivní a využívají se akustické, radiační, elektrické, magnetické a termografické postupy. Detekce se prování na vnějším povrchu obnaženého potrubí. U podzemního vedení se provádějí výkopy na vytipovaných místech.

Fyzikální metody dělíme na:

- ***Akustické*** – nejjednodušší je zkouška celistvosti poklepem. Dále do této skupiny patří ultrazvuková defektoskopická metoda pro určení změn tloušťky a lokalizaci nerovnoměrného korozního napadení. Poslední je metoda akustické emise, která je založena na snímání signálů charakteristických např.: pro vznik šíření trhlin.
- ***Radiační*** – určují změnu tloušťky a existenci vad materiálu.
- ***Elektrické*** – pracují na principu změny elektrického odporu a změny vířivých proudů.
- ***Magnetické a elektromagnetické*** - založené na změnách elektrické a magnetické vodivosti a na stupni narušení magnetického pole dovolují určit také změny rozměrů a výskyt vad včetně korozních.
- ***Termografické*** – využívají se u teplonosného potrubí, kdy se sledují prostupy tepla přes zkorodovaný materiál v oblasti infračerveného spektra.

2.1.2 Metody vnitřní

Pokud máme možnost nahlédnout přímo do samotného potrubí, získáme i vizuální pohled na postup koroze. Obě dvě metody by se měli doprovázet, abychom získali více informací. Metody vnitřní se provádí při odstavení provozu a můžeme je rozdělit na dvě základní, a to na kamerový průzkum a na prohlídku pracovníkem (u průlezných profilů).

Kamerový průzkum nám umožňuje vytvoření detailního záznamu s vysokou kvalitou obrazu. Na každém záznamu jsou uvedena data, např.: číslo záznamu, čas záznamu a vzdálenost od kontrolního bodu atd. Kamery jsou posunovány na pevných drátech a tyčích (u malých profilů) nebo jsou upevňovány na pojízdných robotech. Roboti jsou řízeni z kontrolního vozidla a kameru můžeme podle potřeby manuálně natáčet.

Výsledkem obou metod by tedy měl být komplexní přehled o korozi, jejím postupu a hloubce narušení. Vyhodnocení by nám mělo přinést dostatečné informace o tom, jak je potrubí poničeno a jakým způsobem by měla být rekonstrukce provedena.

2.2 Rekonstrukce

Rekonstrukce teplonosného potrubí se provádí jedinou bezvýkopovou technologií, a to metodou TEKFLEX DP, která používá polymery obohacenou cementovou maltu. Polymery dodávají cementové maltě pružnost, aby při teplotních změnách nedocházelo k práskání její vrstvy. Metoda se využívá pro jmenovité světlosti potrubí DN 80 až DN 3000. Před započetím všech prací musí dojít k odstavení z provozu a úplnému vypuštění média. Pokud rekonstruujeme potrubí vedené v zemi je zapotřebí připravit stavební jámy. Část potrubí nebo celý kus se poté vyřízne, nebo demontuje, aby byl umožněn přístup do potrubí. Před samotným nanášením výstelky je zapotřebí potrubí zdokumentovat kamerovým průzkumem a vyčistit. Teprve ve vyčištěném potrubí můžeme provést ochranný nástřik. TEKFLEX DP spočívá v rovnoměrném nanášení obohacené cementové výstelky po celém obvodu porubí. Metodu TEKFLEX DP lze provést jen u potrubí, které vykazuje mechanickou tuhost a odolnosti vůči statickému a dynamickému zatížení. Obohacená cementová výstelka neplní funkci statickou, ale ochrannou.

2.2.1 Stavební jámy

Ruční nebo mechanická příprava výkopu se provádí v místech, kde jsou překážky nebo pevné body, jako jsou vzdušníky, kalníky, uzávěry anebo výrazné změny směru. Vzdálenost mezi výkopy je závislá na průměru potrubí, výběru metody čištění a místní situaci. Pro jmenovité světlosti od DN 80 do DN 500, může být vzdálenost mezi výkopy až 180 m, běžně však bývá 100 m. Pokud je jmenovitá světlost DN 600 a větší, jsou vzdálenosti mezi výkopy až 400 m, v některých případech i 500 m. Výkop musí být zahlouben 30 cm pod potrubí a dno výkopu by mělo být pokryto vrstvou štěrku. Délka a šířka výkopu je určena průměrem potrubí. Pro DN 80 až DN 400 jsou rozměry pracovního výkopu 1 m x 1,5 m, pro větší světlosti pak 1,5 m x 2,5 m až 3,5 m.

2.2.2 Pracovní otvory v potrubí

Po obnažení potrubí je zapotřebí vyříznout dostatečně velký otvor pro pohodlnou manipulaci s čistícími a nástřikovými stroji. Velikost vstupního otvoru do potrubí se odvíjí od jeho jmenovité světlosti. Pro DN 80 až DN 500 je pracovní otvor dlouhý 1,2 m až 1,5 m a pro světlosti DN 600 a větší 1,5 m až 2,0 m.

2.2.3 Čištění potrubí

Výběr metody čištění je závislá na různých parametrech. Záleží na volbě materiálu potrubí, jmenovité světlosti, zalomení trasy, ventilů a armatur, chemickém složení inkrustací a zbytků starých nátěrů (jako je např.: bitumen). Úkolem při výběru metody čištění je odstranit

všechny produkty inkrustace a koroze z povrchu potrubí tak, aby cementová malta během fáze potahování dosáhla nejvyšší přilnavosti. U potrubí s vnitřním povrchem z asfaltu, který má bubliny, musí být odstraněn, tak i všechny odlupující se povrchy. Při čištění není nutné dosáhnout jasného kovového lesku vnitřního povrchu potrubí. Produkty koroze a inkrustace by měly být ekologicky zlikvidovány. Při použití metod čištění vodou, je voda filtrována a běžně recyklována a znovu použita pro čištění. Po vyčištění potrubí nesmí zůstat v potrubí zbytková voda ani jiné nečistoty.

Mechanické čištění

Provádí se pomocí rotačních či lanových kartáčů, plungerů a škrabáků. Tyto nástroje jsou taženy potrubím ve směru jeho osy pomocí navijáku (Obrázek 2.2.1). Protažení potrubím se i několikrát opakuje podle stupně zanesení. U průlezných a průchozích profilů můžeme provést čištění ruční, které se využívá většinou u krátkých úseků, v obloucích nebo tvarovkách. Toto čištění se provádí u potrubí o světlosti DN 80 až DN 2000 a v délkách 100 m až 600 m, podle použitého zařízení a je určeno pro ocelové a litinové potrubí.

Ruční čištění

Provádí se u profilů s minimální světlostí DN 600, tam kde mechanické čištění není možné provést. Jedná se o krátké úseky nebo kritické oblasti, jako jsou armatury, oblouky, odbočky nebo úseky s vysokým napadením korozí. Ruční čištění se provádí pomocí špachtle, drátěných kartáčů nebo vhodné mechanické nebo elektrické brusky. Tento typ čištění je velmi nákladný, a proto se používá pouze jen ve výjimečných případech.

Hydraulicko-mechanické čištění

Provádí se pomocí tzv. ježka, který mechanicky (kartáči) a současně tlakovou vodou (tryskami) odírá produkty inkrustace a koroze. Ježek je potrubím tažen nebo tlačen.

Vysokotlaké čištění

Provádí se pomocí hlavy, tažené potrubím, osazené tryskami a připojené na hadici (Obrázek 2.2.2). Tryskami vytéká voda pod vysokým tlakem (max. 180 bar) a rozrušuje produkty inkrustace a koroze. Toto čištění je vhodné pouze pro trubky s malými inkrustacemi a produkty koroze, nebo jako druhý krok po mechanickém nebo ručním čištění. Používá se pro potrubí o světlosti DN 80 až DN 1000 a pro všechny materiály potrubí.

Pokud nelze odstranit odolné produkty inkrustace a koroze ostatními metodami čištění, provádí se čištění s malou spotřebou vody za tlaku až 2500 bar. Trysky se pohánějí samy dopředu na principu zpětného rázu. Rozsah použití je pro jmenovité světlosti DN 80 až DN 3000. Délky čištěných úseků jsou v rozpětí 80 a 200 m. Při použití této metody dosáhneme velmi vysoké úrovně čištění a můžeme ji použít pro téměř všechny materiály. Ovšem toto čištění by měl provádět pouze vyškolený specialista, protože může snadno dojít k nevratnému poškození sanovaného potrubí.

Obrázek 2.2.1 Ukázka mechanického čištění [10]

Obrázek 2.2.2 Ukázka vysokotlakého čištění [11]

2.2.4 Podmínky pro použití metody TEKFLEX DP

Zásadní pro použití metody TEKFLEX DP je koncentrace rozpuštěných látek ve vodě. Dle normy *TNV 75 5405 Sanace vodovodních sítí* musí být splněny následující podmínky:

- $Q_c = c(CO_2) + c(HCO_3^-) + c(CO_3^{2-}) > 0{,}25 mol/m^3$,

kde Q_c celková koncentrace kyseliny uhličité;

$c(CO_2)$ látková koncentrace oxidu uhličitého;

$c(HCO^-_3)$ látková koncentrace hydrogenuhličitanů;

$c(CO^{2-}_3)$ látková koncentrace uhličitanů;

- hodnota rozpustnosti uhličitanu vápenatého, stanovená podle *TNV 75 7121*, musí být menší než 0,15 mol/m^3 (tj. 7 mg/l CO_2);
- je-li hodnota rozpustnosti uhličitanu vápenatého ≥ 0,15 mol/m^3, musí být při vypuštění vody z potrubí zajištěno, že cementová výstelka nevyschne.

2.2.5 Materiál TEKFLEX DP

Polymery modifikovaná cementová malta je složena z několika surovin a i ty musejí splňovat určité parametry. Malta se skládá z cementu, písku, záměsové vody a polymerních přísad. Cement musí splňovat požadavek na prostředí označeného jako XC1, tzn. suché nebo stále mokré. Podle složení vody se vybírá jakost cementu. Pokud je ve vodě koncentrace síranů vyšší než 4 mol/m^3 je zapotřebí použít síranuvzdorné cementy. Nejčastěji používané jsou cementy portlandské. Pro písek také platí dané podmínky. Jako písek by měl být použit jen vypraný a tepelně vysušený křemičitý písek. Minimální zrnitost je v rozsahu 0,125 – 1 mm s tím, že zrna menší než 0,125 mm mohou být zastoupena jen do 10% celkového objemu. Poslední složkou je záměsová voda. Používá se voda s jakostí pitné vody. Jiné přísadové složky nesmí být použity, pouze v odůvodněném případě, např.: opravy.

Polymerem modifikovaná malta TEKFLEX DP se chová při míchání, čerpání, nástřiku a vytvrzování zcela odlišně od cementové malty používané v rehabilitaci rozvodů pitné vody. Vzhledem k používání zpomalovačů u metody TEKFLEX DP, musí být materiál dlouhodobě míchán, a to 8 až 15 minut, dokud nevzniknou odpovídající požadované reakce během procesu míchání. Čerpatelnost směsi je až 2,5 hodiny. Tlaky čerpadla dosahují tlaku až 150 bar, na 1,5´´ hadici a 150 m délka, což je 5 krát více než u cementace vodovodních řadů. V závislosti na teplotě je zrenovované potrubí uvedeno do provozu do 60 hodin. Pevnost malty je nižší než u cementace prováděné pro rozvody pitné vody, je to kvůli různým polymerovým přísadám. Pevnost v tlaku po 28 dnech po odstředivém nástřiku je 30 N/mm^2, pevnost v tahu za ohybu je 5 N/mm^2.

2.2.6 Provádění TEKFLEX DP výstelky

Před samotný nanesením modifikované cementové výstelky musí být potrubí vyčištěno a zbytková voda odstraněna. Výstelku můžeme provést dvěma způsoby, a to mechanicky a ručně. Mechanické vystýlání spočívá v nanášení tenké vrstvy cementové malty rovnoměrně po celém obvodu potrubí.

Potrubí od DN 80 až DN 500

Nanášení se provádí strojním pojízdným zařízením s rotační hlavou (Obrázek 2.2.3), ke které je cementová směs tlačena hadicí z manipulačního místa. Tloušťka vrstvy běžně bývá 3,0 – 5,0 mm (Tabulka 2.2.1). Stroj nanáší cementovou maltu a současně ji vyhlazuje. Pokud je TEKFLEX DP prováděna u neprůlezných profilů, nástřikový stroj je usazen na začátku sanovaného úseku a je konstantní rychlostí posouván. Rozpětí délek úseků pro neprůlezné potrubí jsou 70 až 200m.

Potrubí od DN 600 až DN 3000

U průlezných či průchozích profilů se používají samohybné nástřikové stroje (Obrázek 2.2.4) nesoucí na sobě zásobník na cementovou směs a čerpadlo, které tlakem roztáčí nástřikovou hlavici. Stroje jsou osazeny buď na začátku, nebo v konkrétním místě sanovaného úseku. Před

začátkem nástřiku musí být stroj vycentrován. Nastříkané vrstvy dosahují běžně tlouštěk až 12mm (Tabulka 2.2.1) a jsou většinou prováděny nadvakrát. Musí dojít k maximálnímu spojení obou vrstev. Běžně se takto sanují úseky dlouhé 200 až 500 m, ovšem ve zvláštních případech pro jmenovité světlosti větší jak DN 1600 může být délka až 5000 m.

V úsecích, kde není možné strojně nanést modifikovanou cementovou maltu, se provádí ruční nanášení. Nanesená cementová výstelka tuhne zhruba 10 – 16 hodin podle tloušťky vrstvy a místních podmínek.

Obrázek 2.2.3 Nástřikové hlavy pro světlosti DN 80 až DN 500 [10]

Obrázek 2.2.4 Nástřikový stroj pro světlosti DN 600 až DN 3000 [10]

Tabulka 2.2.1 Dle normy *TNV 75 5405* - Minimální tloušťky cementové malty dle světlosti a materiálu potrubí; tolerance tloušťky se vztahuje pro rovné úseky s hladkým povrchem

Materiál	Světlost potrubí [mm]	Tloušťka vrstvy [mm]	Tolerance [mm]
Litina	< 250	3,0	+1,5
	250 - 900	5,0	+2,0
	> 900	6,0	+2,5
Ocel	< 150	3,0	+2,0
	150 - 300	4,0	+2,5
	300 - 600	5,0	+2,5
	600 - 1 000	6,0	+3,0
	1 000 - 1500	8,0	+3,0
	> 1 500	10,0	+3,0

2.3 Nová výstavba

Do této skupiny řadíme i obnovu stávajícího potrubí. Obnova potrubí může být provedena buď jako výměna potrubí ve stávajícím trase tzv. kus za kus, nebo s vedením v nové trase za předpokladu zachování stejných podmínek.

Uložení potrubí můžeme rozdělit na podzemní a nadzemní. Podzemní uložení rozdělujeme na kanálové, bezkanálové a uložení ve sdružených trasách (kolektorech). Nadzemní uložení se dělí podle výšky uložení na ložené při zemi a uložení na mostních konstrukcích (např.: v průmyslových areálech).

Dimenzování potrubí

Nejdůležitější aspekt při navrhování teplovodní sítě je její nadimenzování. Vycházíme z potřebného výkonu, který musí být dodán do výměníkové stanice.

Veškeré provedené výpočty pro dimenzování potrubí jsou použity podle dokumentace firmy Isoplus – *Konstrukce projektování* [8].

Přenášený výkon

Udává nám, jaký výkon (rovnice 3.3a) je potrubí schopno přenést při daných parametrech.

$$P_p = V \cdot v \cdot c_m \cdot \Delta t\,, \qquad (3.3a)$$

kde V objem vody v potrubí na metr [m^3/m], (Tabulka 2.3.1);

v návrhová průtočná rychlost v potrubí [m/s];

cm specifická tepelná kapacita média [J/(kg·K)], např.: voda 4 187 J/(kg·K);

Δt teplotní rozdíl mezi přívodním a vratným potrubím [K].

Tabulka 2.3.1 Vnější rozměr potrubí (d), tloušťka stěny potrubí (s) a objem (V) pro konkrétní jmenovité světlosti potrubí (D) [8]

Průměr	Rozměry		Objem
D [mm]	d [mm]	s [mm]	V [l/m]
100	114,3	3,6	9,009
125	139,7	3,6	13,789
150	168,3	4,0	20,182
200	219,1	4,5	34,669
250	273,0	5,0	54,325
300	323,9	5,6	76,797
350	355,6	5,6	93,157
400	406,4	6,3	121,798
450	457,2	6,3	155,249
500	508,0	6,3	192,753
550	558,8	6,3	234,311
600	610,0	7,1	278,799
650	660,0	7,1	327,556
700	711,0	8,0	379,367
800	813,0	8,8	496,891
900	914,0	10,0	627,718
1 000	1 016,0	10,0	779,128

Potřebný výkon

Udává nám, jaký výkon skutečně musí být přenesen (rovnice 3.3b). Zahrnuje tepelné ztráty při přenosu a výkon, který musí být dodán s určitým zabezpečením.

$$P_{po} = Q' + (P_{pr} \cdot S_D), \qquad (3.3b)$$

kde P_{po} potřebný výkon [kW];

Q' energetická ztráta [kW];

S_D bezpečnostní faktor, kterým zajišťujeme rezervu pro budoucí připojení [-];

P_{pr} výkon, který musí být dodán na předávací stanici [kW].

Musí platit podmínka: $\mathbf{P_p \geq P_{po}}$

2.3.1 Podzemní bezkanálové uložení

Krytí a ochranná pásma

Důležité pro návrh uložení potrubí je jeho krytí. Krycí vrstva nad potrubím by měla být minimálně 0,5 m. Krytí měříme od vrchní části vnějšího pláště potrubí nebo nejvyššího bodu na armaturách osazených na potrubí. Pokud se jedná o uložení pod komunikací, měříme krytí ke spodní vrstvě povrchu vozovky.

Dle normy *ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení* je stanoveno, že minimální krytí $H_{min,n}$ tepelných sítí, které je pro daná uložení:

- v chodníku – 500 mm;
- ve vozovce – 1 000 mm;
- ve volném terénu – 500 mm.

Norma také pamatuje i na maximální krytí potrubí. H_{max} je stanoveno na 1200 mm.

Minimální krycí vrstva u uložení v extravilánu [12], kde očekáváme pojezd těžkých vozidel, např.: při údržbě zeleně, se stanoví dle vzorce (3.3c).

$$H_{min,v} = 0{,}17 \cdot \sqrt{F}, \tag{3.3}$$

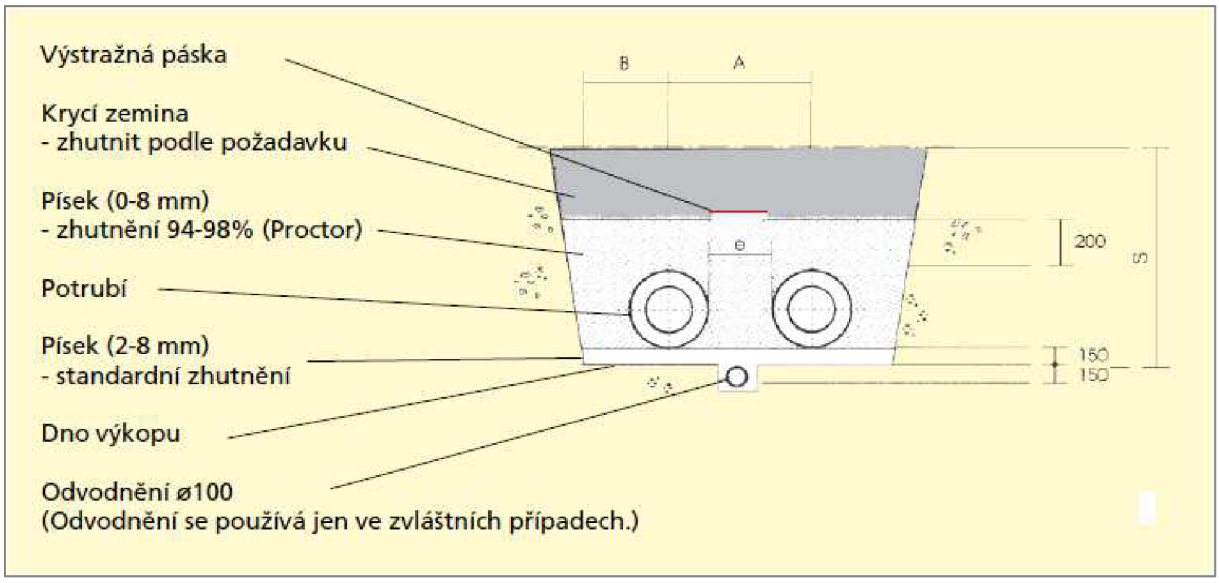
kde $H_{min,v}$ minimální výška krycí vrstvy pojezdu vozidly [mm];

F zatížení od jedné nápravy vozidla [t].

Pokud bude výstavba vedena podél budov nebo v blízkosti pozemků jiných vlastníků, musíme dodržet ochranná pásma. Od základů budov a od hranice pozemků je ochranné pásmo stanoveno na 2,5 m dle normy *ČSN 73 6005*. Ochranné pásmo se měří od vnějšího povrchu potrubí.

Výkop

Bezkanálové uložení spočívá v uložení předizolovaného potrubí do prostého výkopu. Výkop musí splňovat následující parametry (Obrázek 2.3.1 a Tabulka 2.3.2).



Obrázek 2.3.1 Schéma uložení potrubí do výkopu [12]

Tabulka 2.3.2 Doporučené minimální rozměry výkopu pro jmenovité světlosti vnějšího ochranného potrubí [12]

Ochranná trubka DN [mm]	A_{min} [mm]	B_{min} [mm]	S_{min} [mm]	e_{min} [mm]
90	230	250	640	140
110	250	260	660	140
125	270	260	675	140
140	280	270	690	140
160	300	280	710	140
180	320	290	730	140
200	340	300	750	140
225	370	310	775	140
250	390	330	800	140
280	420	340	830	140
315	520	360	865	200
355	560	380	905	200
400	600	400	950	200
450	700	430	1000	250
500	750	450	1050	250
560	810	480	1110	250
630	880	520	1180	250
710	1000	550	1260	290
800	1100	650	1350	300
900	1200	700	1450	300

Spojování potrubí

Předizolované potrubí je dodáváno s přesahem ocelové vnitřní trubky cca 0,5 m. Po svaření ocelových trubek se musí zaizolovat obnažená část potrubí. Pokud je ochranou trubkou polyethylenová trubka, přetáhne se přes obnažené místo rukávec ze stejného materiálu a pomocí tepla se aktivuje lepidlo na rukávci a vznikne nepropustný spoj. Dále se musí vyplnit prostor mezi trubkami izolací, což se provede přes malé uzavíratelné otvory v rukávci, kterými se do prostoru vpraví reakční látky, které při spojení vytvoří PUR pěnu.

Technologie ukládání potrubí

Ukládání za studena

Při ukládání rovných a dlouhých úseků potrubí můžeme použít uložení i bez předehřátí. Pokud dosahují provozní teplotní rozdíly Δt až 120°C, napětí ve stěně potrubí, při této metodě, dosahuje hodnot 300 MPa. Přípustné napětí 150 MPa je překročeno dvojnásobně a dochází k plastickým deformacím.

V tomto případě je podstatný počet plných i částečných cyklů během předpokládané životnosti potrubí. [12]

Ukládání bez předehřátí

Uložení bez předehřátí používáme u potrubí, které splňuje následující podmínky:

- maximální teplotní změna $\Delta t \leq 60°C$;
- vzdálenost mezi pevným bodem a dilatačním prvkem bude rovna nebo menší než třecí délka (maximální montážní délka).

Maximální napětí ve stěně potrubí pak bude 150 N/mm^2. Oblouky musí mít dostatečné volné délky ramen a kompenzátory vyhovující kompenzační schopnost. Volná délka ramene oblouku je část potrubí za obloukem, které je od dilatace namáháno na ohyb. Tento ohyb mu musí být v zemině umožněn pomocí pěnových dilatačních vložek. Minimální délku volného ramene oblouku určíme z celkové maximální dilatace potrubí do oblouku. Pokud je skutečná délka menší než požadovaná minimální volná délka, musíme zmenšit dilatace do tohoto oblouku tak, aby se nám požadovaná volná délka zmenšila na délku skutečnou. Toho můžeme dosáhnout pomocí pevného bodu, pomocí vřazení dalšího dilatačního prvku nebo pomocí předehřevu s jednočinnými kompenzátory. [12]

Ukládání s předehřátím

Uložení s předehřátím používáme u potrubí, které splňuje následující podmínky:

- maximální teplotní změna $\Delta t > 60°C$;
- vzdálenost mezi pevným bodem a dilatačním prvkem bude větší než třecí délka (maximální montážní délka).

Maximální napětí ve stěně potrubí potom bude do 150 N/mm^2. Montáž s předehřevem se provádí tak, že smontovanou potrubní trasu zahřejeme přibližně na 70°C a během této teploty zasypeme potrubí pískem a zeminou. A to buď za použití jednočinných kompenzátorů, nebo bez nich. [12]

2.3.2 Nadzemní uložení

Nadzemní uložení se využívá především v extravilánu, v průmyslových areálech a tam kde není možno ukládání do země, např.: při přecházení vodního toku.

Ochranná pásma

Platí stejná podmínka jako u podzemního uložení, tedy 2,5 m od vnějšího povrchu potrubí.

Druhy uložení

Nadzemní vedení můžeme uložit jako vysuté, soklové (Obrázek 2.3.2) nebo podpěrné vedení (Obrázek 2.3.3), ale také i na potrubním mostě v závěsném nebo normálním uložení. Všechny možnosti uložení musí přenést pomocí kyvného nebo kluzného uložení vzniklou změnu délky trubky z důvodu tepelné roztažnosti. Podle spojení teplonosné trubky s izolací rozlišujeme sdruženou nebo kluznou konstrukci. Sdruženou konstrukcí se rozumí, že teplonosná trubka,

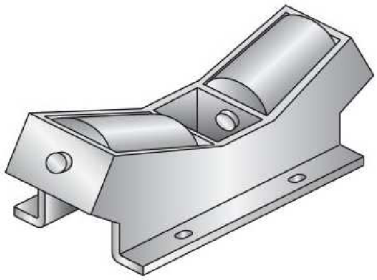
izolace a ochranná trubka jsou silově spojeny a při roztažnosti se celá konstrukce axiálně roztáhne. U kluzné konstrukce není teplonosné potrubí silově spojeno s izolací a ochranou trubkou, proto se při tepelné roztažnosti protáhne jen teplonosná trubka.

Obrázek 2.3.2 Soklové uložení na betonovém základu, horkovod v Mělníku [13]

Obrázek 2.3.3 Podpěrné uložení na příhradové konstrukci horkovodu v Elektrárně Opatovice [14]

Druhy podpor

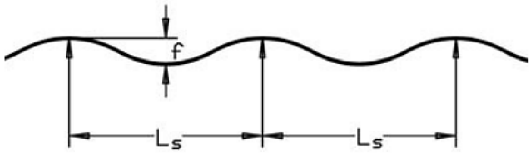
Základním rozdělením je na podpory pevné a kluzné. Pevné podpory zajišťují pevné statické uložení a neumožňují pohyb. Kluzné podpory vytváření statickou podporu, ale umožňují kluzný osový pohyb potrubí při teplotní roztažnosti. Aby se při tepelné roztažnosti potrubí netřelo kontaktně s podporou a nedošlo k jeho poškození, instalují se na uložení válečky (Obrázek 2.3.4), čímž dochází k lepšímu pohybu a menšímu namáhání.



Obrázek 2.3.4 Kluzné uložení pomocí válečků [20]

Vzdálenosti potřebných podpěr

Při navrhování nadzemního vedení a uložení potrubí, je potřeba určit v jaké vzdálenosti budou od sebe podpory (Obrázek 2.3.5). Následující výpočtové vztahy jsou dle dokumentace firmy Isoplus – *Montážní pokyny* [8]



Obrázek 2.3.5 Schéma uložení potrubí [8]

Výpočet potřebné délky mezi podpěrami provedeme dle následující rovnice (3.4).

$$L_s = \sqrt[4]{\frac{f \cdot I}{F'_G \cdot 2{,}48}}, \tag{3.4}$$

kde L_s vzdálenost mezi podpěrami [m];

f přípustné prohnutí [mm];

I moment setrvačnosti [cm^4];

F'_G hmotnost trubky [kg/cm], součet hmotnosti vody, vnitřního ocelového potrubí, izolace a plášťové trubky.

Moment setrvačnosti vypočítáme dle následujícího vztahu (3.5).

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4), \tag{3.5}$$

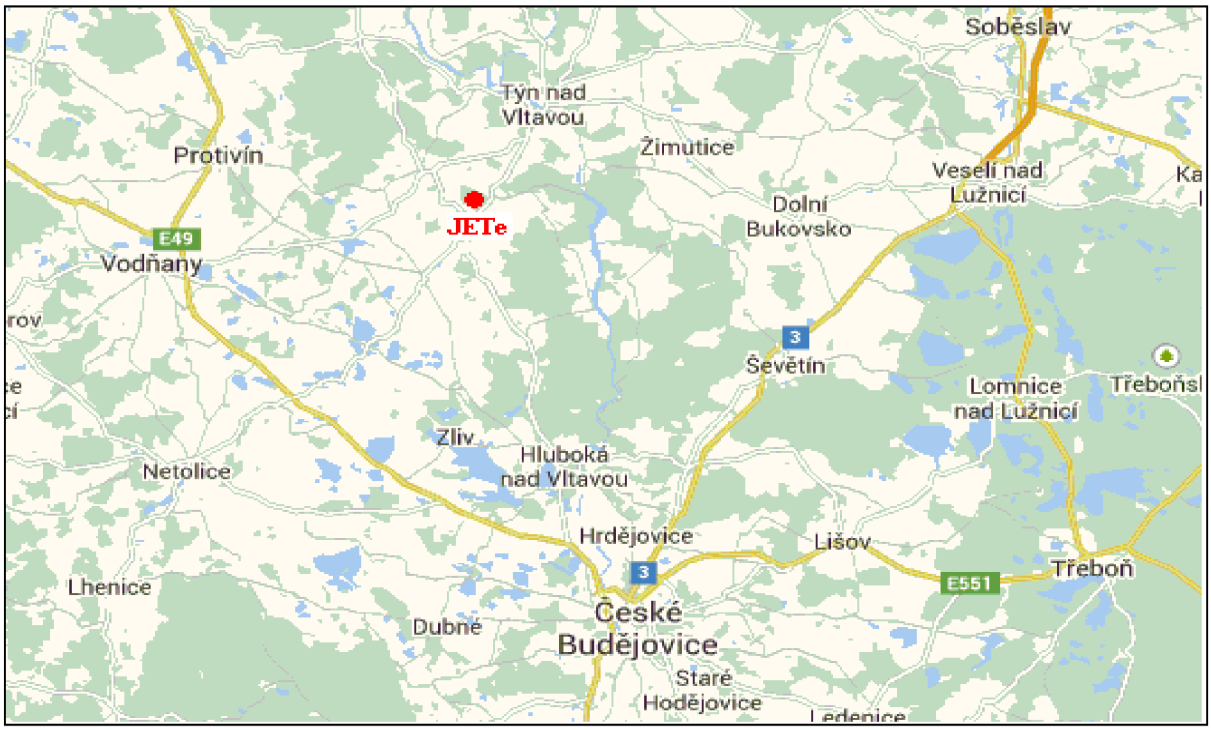
kde I moment setrvačnosti [cm^4];

d_a vnější průměr teplonosné trubky [cm];

d_i vnitřní průměr teplonosné trubky [cm].

3 STUDIE SANACE VYBRANÉ HORKOVODNÍ SÍTĚ

3.1 Popis zájmové lokality



Obrázek 3.1.1 Zájmová lokalita

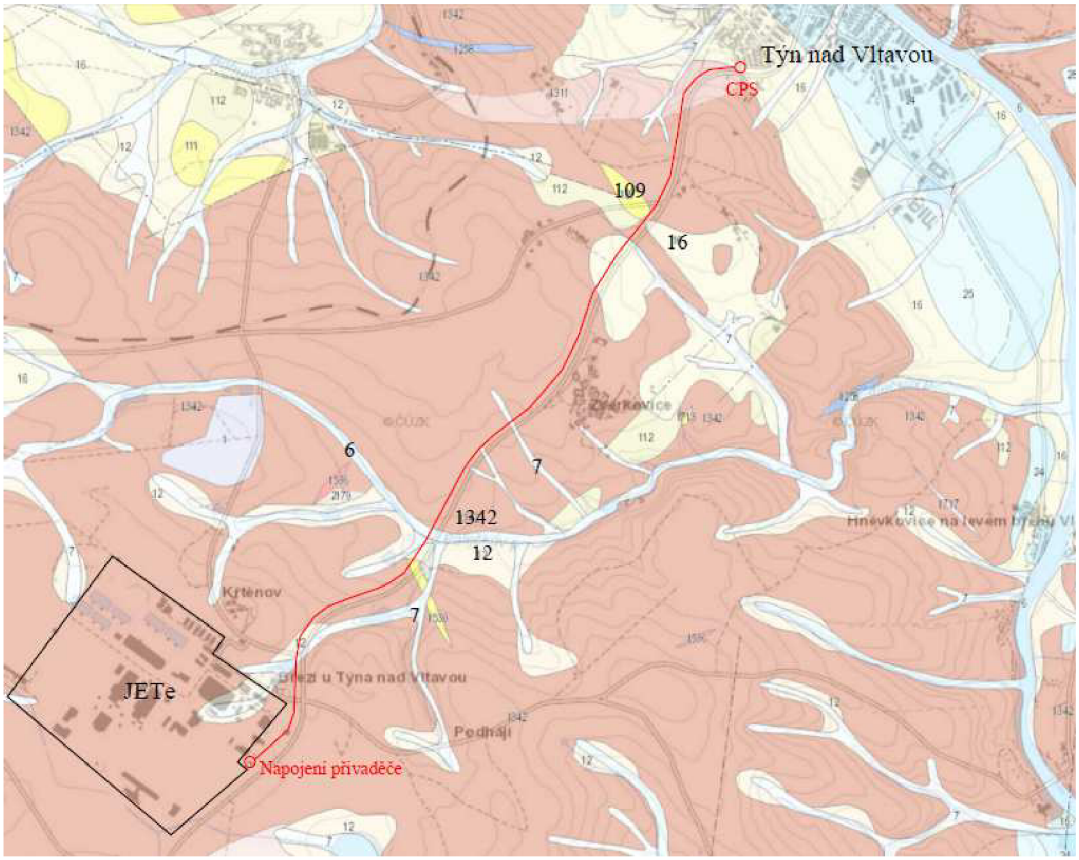
3.1.1 Jaderná elektrárna Temelín

Jaderná elektrárna Temelín leží přibližně 24 km od Českých Budějovic a 7 km od Týna nad Vltavou (Obrázek 3.1.1). Elektřinu vyrábí ve dvou výrobních blocích s tlakovodními reaktory VVER 1000 typu V 320. V prosinci 2000 vyrobil první blok první elektřinu. Elektrárna pracuje na výkonu 1 x 1078 MWe + 1 x 1055 MWe. Část odpadního tepla z chlazení reaktorů je vedena horkovodem do Týna nad Vltavou, kde je přes CPS rozvedena a využívána k ohřívání vody a vytápění. Do budoucna se plánuje i výstavba horkovodu do českých Budějovic. Výškové umístění odběrného místa v areálu elektrárny je na kótě 503,20 m n. m. Výškové převýšení vůči CPS v Týně nad Vltavou je 127,01 m. Geologické podmínky, v okolí JETe, jsou velmi příznivé, neboť pro výstavbu jaderné elektrárny byly kladeny vysoké požadavky na kvalitu a stabilitu podloží. Nejvíce zastoupená je zde pararula (Obrázek 3.1.2).

3.1.2 Město Týn nad Vltavou

Město s bezmála 8050 obyvateli se nachází v Jihočeském kraji, 30km severně od Českých Budějovic (Obrázek 3.1.1). Týn nad Vltavou se rozkládá na obou březích řeky Vltavy, která městem protéká. Zásobení teplem má ve městě na starosti Vltavotýnská teplárenská a. s., která je současně provozovatelem i majitel horkovodu, CPS a rozvodné sítě. CPS se nachází na kótě 376,19 m n. m. Téměř na třech čtvrtinách území města je rozšířena soustava

centrálního zásobení teplem (CZT). Největšími odběrateli tepla jsou místní sídliště. Z CPS je rozvedena primární a sekundární síť. Na primární síti je 388 odběrných míst a na sekundární 336.



Obrázek 3.1.2 Geologická mapa zájmového území [15] se zakreslením trasy horkovodu; 6 - nivní sedimenty, 7 – smíšený sediment, 12 – písčitohlinitý až hlinitopísčitý sediment, 16 – spraš a sprašová hlína, 109 – štěrky, písky a jíly pestré, uhelné jíly, montmorilonitové jíly a diatomity, 1342 – pararula

3.2 Současný stav

V současné době je přivaděč JETe – Týn nad Vltavou v provozu již čtrnáctým rokem. Do šesti let končí garantovaná životnost stavby. Bude tedy potřeba přijmout opatření, jak případně prodloužit životnost přivaděče nebo zpracovat projekt na výstavbu nového.

3.2.1 Konstrukce přivaděče

Přivaděč je dlouhý 6 950 m a na převážné části trasy je veden nad zemí se světlostí DN 350, na několika místech je veden bezkanálovým uložením s předizolovaným potrubím o světlosti DN 250 a před CPS je veden topným kanálem se světlostí DN 350. Jako nosné konstrukce jsou použity betonové paty (Obrázek 3.2.1), příhradové mosty (Obrázek 3.2.2) a ocelové rámy. Kompenzátory jsou uloženy na betonových kvádrech (Obrázek 3.2.3). Byla provedena kontrola stavu koroze na ocelovém potrubí a koroze byla vyhodnocena jako mírná, tedy dobrý

stav potrubí. Vnější izolace potrubí a její opláštění je pravidelně kontrolováno a spravováno. Izolace je lokálně měněna a opláštění je jednou ročně opatřeno ochranným nátěrem.

Obrázek 3.2.1 Uložení horkovodu na betonových patách [16]

Obrázek 3.2.2 Přemostění místní komunikace [16]

Obrázek 3.2.3 Uložení kompenzátoru [16]

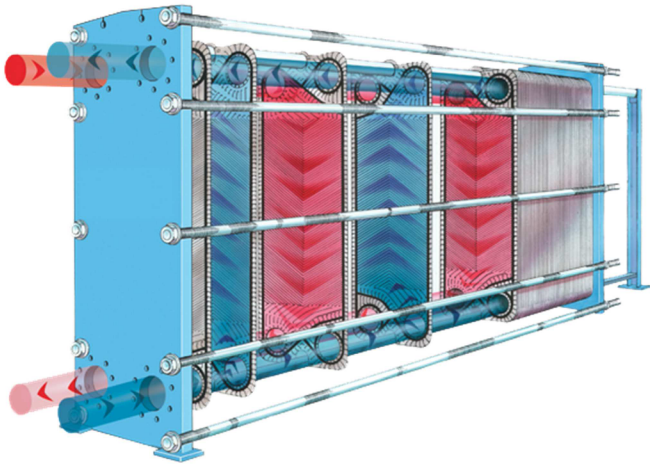
3.2.2 Centrální předávací stanice

Předávací stanice (Obrázek 3.2.4) je v současné době rekonstruována a jsou měněny výměníky. Z původních výměníků zůstávají dva s instalovaným výkonem 2 x 7,5MW od firmy G-MAR PLUS s.r.o. Nové výměníky (Obrázek 4.2.3) mají instalovaný výkon 2 x 5MW od firmy TRANTER (Obrázek 3.2.7). Přívodní a vratné potrubí je ve stanici osazeno uzávěry (Obrázek 4.2.5). Ze stanice je rozvedena primární a sekundární síť.

Obrázek 3.2.4 Budova předávací stanice [16]

Obrázek 3.2.5 Vstup a výstup horkovodu v CPS [16]

Obrázek 3.2.6 Skládaný výměník [16]



Obrázek 3.2.7 Skládaný výměník[17]

3.3 Zadání investora

3.3.1 požadavky

Přivaděč byl naprojektován a vybudován současně s JETe v osmdesátých letech minulého století. Byl navržen na třicetileté období s výhledovým rozvojem města Týn nad Vltavou. Ve Městě se ovšem průmysl, ani sídlištní zástavba nerozšířila a plány zůstaly pouze na papíře. Důsledkem je předimenzovaný přivaděč a nevyužitý výkon, který s sebou přináší.

Prvním požadavkem investora je, aby došlo k optimalizaci přiváděného výkonu. Hlavním úkolem tedy bude navrhnout nové DN potrubí s požadovaným maximálním přeneseným výkonem 25MW.

Investor upřednostňuje návrh předizolovaného potrubí uloženého bezkanálově, což je druhý požadavek. Podzemní vedení je vyžadováno hned z několika důvodů. Přivaděč je veden souběžně s pozemní okresní komunikací a již několikrát byl v důsledku dopravní nehody poškozen. V jednom z kritických úseků před městem Týn nad Vltavou při vážné dopravní nehodě nákladního vozidla byl nevratně poškozen, proto bylo rozhodnuto tento úsek uložit pod zem. Dále bylo památkáři vymoženo, aby v okolí Zámečku u JETe byl též přivaděč veden pod zemí. Další důvodem jsou náročné údržby opláštění přivaděče a okolní zeleně. Podzemní vedení má tedy nespočet zásadních výhod, v neposlední řadě i estetické odlehčení krajiny.

3.3.2 Omezující parametry

Pro návrh řešení byly zadány omezující parametry, jež nemohou být změněny. V první řadě se jedná o instalovaný výkon CPS. Viz. 5.2 Centrální předávací stanice. V druhé řadě máme danou kvalitu vody, která je upravována a používána v JETe (Tabulka 3.4.1). Přivaděč nemá samostatný okruh s úpravnou vody. Posledním omezení nám ukládá, že odstávka na přivaděči nesmí trvat déle než čtrnáct dní. Z čehož vyplývá, že výstavba bude muset probíhat za současného provozu starého přivaděče.

3.4 Posouzení možných řešení

Dle požadavků investora a možností řešení, která zde byly prezentovány, následně posoudíme jednotlivá řešení. U každého řešení porovnáme výhody a nevýhody provedení. Posoudíme rekonstrukci, bezkanálové a nadzemní uložení.

3.4.1 Rekonstrukce

Výhody:

- nejrychlejší řešení daného problému;
- prodloužení životnosti až o 30 let;
- ekonomicky nejvýhodnější řešení, v poměru životnost k ceně za provedení.

Nevýhody:

- odstávka na provozu je dovolena maximálně na 14 dní;
- renovací povrchu dosáhneme ochrany povrchu, ale ne optimalizace dimenze potrubí;
- jakost horké vody je nevyhovující v důsledku nízké tvrdosti – velmi měkká voda (Tabulka 3.4.1);

- zůstávají vysoké náklady na údržbu zeleně, ochranného opláštění potrubí a všech konstrukčních prvků;
- zůstává riziko poškození vedení v důsledku dopravní nehody, útoku zlodějů a vandalů.

Tabulka 3.4.1 Výsledek rozboru vody v horkovodu [18]

Ukazatel	Výsledek	Jednotka
tvrdost (Ca + Mg)	0,03	mmol/l
chloridy	14,00	mg/l
pH	10,00	-
$KNK_{4,5}$	1,27	mmol/l
$ZNK_{8,3}$	<0,01	mmol/l
konduktivita	66,80	mS/m
amonné ionty (NH_4)	1,11	mg/l
železo (Fe)	0,05	mg/l
sírany	212,00	mg/l
dusičnany (NO_3)	<5,00	mg/l
mangan (Mn)	<0,05	mg/l
hliník (Al)	0,05	mg/l
$KNK_{8,3}$	0,54	mmol/l
$ZNK_{4,5}$	<0,01	mmol/l
hydrogen uhličitany (HCO_3^-)	77,50	mg/l

3.4.2 Nová výstavba

Bezkanálové uložení předizolovaného potrubí

Výhody:

- všechny části a součásti nově vybudovaného vedení mají vysokou předpokládanou životnost;
- všechny části a součásti nově vybudovaného vedení jsou uloženy v zemi nebo uzamčeny v šachtách, je tedy nízké riziko poškození v důsledku dopravní nehody nebo útoku zlodějů a vandalů;
- výstavba probíhá souběžně s provozem horkovodu; odpojení starého a napojení nového potrubí je v časovém souladu s maximální dobou odstávky;
- odpadají vysoké náklady na údržbu opláštění a nosných konstrukcí, zůstávají náklady na údržbu ochranného pásma (zeleně) a šachet, které jsou ovšem relativně nízké;
- estetické odlehčení krajiny.

Nevýhody:

- výkopové práce tvoří až třetinu z celkové ceny výstavby;
- vyšší cena na vybudování šachet v místech uložení kompenzátorů a armatur.

Nadzemní uložení

Výhody:

- nižší náklady na výkopové práce, při zakládání podpěr pro uložení potrubí, než při podzemním uložení;
- nižší náklady na kompenzaci tepelných změn v porovnání s podzemním uložením;
- rychlý zásah při poruše, nemusí se provádět výkop, pouze se odkryje ochranné opláštění a porucha je v relativně krátkém čase vyřešena, pozn.: záleží na povaze poruchy.

Nevýhody:

- vysoké náklady na údržbu ochranného opláštění potrubí, všech konstrukčních prvků a zeleně;
- vysoké riziko poškození vedení v důsledku dopravní nehody, útoku zlodějů a vandalů.

3.5 Návrh bezkanálového uložení

Investorem byly zadány parametry, které musíme v návrhu zohlednit a počítat s nimi. Úkolem tedy je návrh dimenze (Tabulka 3.5.1) takové, aby byly efektivně využity výměníky s instalovaným výkonem 2 x 7,5 MW a 2 x 5 MW, tedy v součtu 25 MW. Při návrhu nesmíme opomenout fakt, že výstavba bude prováděna vedle stávajícího nadzemního uložení horkovodu, který bude v provozu až do dokončení výstavby nového vedení.

3.5.1 Návrh dimenze

Stávající horkovodní přivaděč byl nadimenzovaný na DN 350 a byl veden nad zemí po celé trase, v současnosti je v některých úsecích převeden pod zem předizolovaným potrubím dimenzí DN 250 a DN 350. Předběžný návrh nové dimenze je popsán v následující tabulce (Tabulka 3.5.1), musí se ovšem výpočtem ověřit, zda je dostačující.

Veškeré provedené výpočty pro dimenzování potrubí jsou použity podle dokumentace firmy Isoplus – *Konstrukce projektování* [8].

Tabulka 3.5.1 Předběžný návrh dimenze předizolovaného potrubí

Potrubí	Průměr potrubí [mm]		Tloušťka stěny [mm]
	Vnější	Vnitřní	
Ocelové vnitřní	273	250	5
PEHD vnější	500	484,4	7,8

3.5.2 Krytí

V řešené situaci se nachází nová trasa uložení převážně v zeleném pásu mezi komunikací a ornou půdou, jen na několika místech kříží nájezdy na pole a místní komunikace. Přes to, že je stanoveno ochranné pásmo, musíme počítat s možným narušením ze strany obhospodařování polností za ochranným pásmem.

- *Minimální hloubka krytí při pojezdu vozidly*

V návrhu musíme také počítat s pojezdem těžkých vozidel, ať už při údržbě zeleného pásu, tak při přejezdech na pole, která horkovod podchází. Důležitým parametrem pro výpočet minimálního krytí $H_{min,v}$ [mm] je zatížení od jedné nápravy vozidla F [t]. V našem případě počítáme s pojezdem těžkých vozidel se zatížením na jednu nápravu F = 15 t. Výpočet provedeme podle vzorce (3.3c) z kapitoly *3.3.1 Podzemní bezkanálové uložení.*

$$H_{min,v} = 0{,}17 \cdot \sqrt{F} = 0{,}17 \cdot \sqrt{15} = 0{,}658\ \text{m} \rightarrow 660\ \text{mm}, \qquad \text{(výpočet 3.3c)}$$

- *Minimální krytí při zemědělské činnosti*

Přestože bude horkovod uložen v zeleném pásu s ochranným pásmem 2,5 m od vnějšího povrchu potrubí, může dojít k jeho narušení ze strany zemědělské činnosti. Proto je dobré stanovit minimální krytí v důsledku možného narušení orbou. V následující tabulce (Tabulka 3.5.2) je uvedeno rozdělení orby. V současnosti se provádí pouze orba mělká a střední. Na některých územích se od orby úplně upustilo a používají se jiné systémy hospodaření.

Tabulka 3.5.2 Rozdělení orby dle hloubky [19]

Orba	**Hloubka [mm]**
Mělká	14 - 18
Střední	18 - 24
Hluboká	24 - 30
Velmi hluboká	> 30

Z důvodu zajištění bezpečnosti volíme minimální krytí: $H_{min,z} = 24\ mm$

Celkové minimální krytí tedy stanovíme jako maximální hodnotu ze stanovených hodnot (rovnice 4.5a).

$$H_{min} = \max(H_{min,n}; H_{min,v}; H_{min,z}), \qquad (4.5a)$$

kde H_{min} výsledné minimální krytí [mm];

$H_{min,n}$ minimální krytí stanovující norma *ČSN 73 6005*,
pro uložení ve volném terénu platí $H_{min,n} = 500$ mm;

$H_{min,v}$ minimální krytí při pojezdu vozidly, $H_{min,v} = 660$ mm;

$H_{min,z}$ minimální krytí při orbě, $H_{min,z} = 24$mm.

$$H_{min} = \max(H_{min,n}; H_{min,v}; H_{min,z}) = \max(500; 660; 24) = 660\text{mm} \quad \text{(výpočet 4.5a)}$$

3.5.3 Výkop

Jelikož bude probíhat výstavba za provozu stávajícího horkovodu, který je uložený na betonových patách, musíme stanovit vzdálenost od betonových pat po okraj budoucího výkopu. Sice nám norma *ČSN 73 6005* říká, že ochranné pásmo tepelné sítě od základů a rozhraní pozemků je 2,5 m, ale při našem návrhu počítáme s tím, že po dokončení výstavby a uvedení do provozu nového horkovodu, bude stávající konstrukce starého horkovodu rozebrána a zlikvidována. Proto provedeme výpočet minimální vzdálenosti od základů, která zajistí stabilitu základů, aby nedošlo k jejich narušení. Výpočet provedeme podle následující rovnice (4.5b).

$$L_{min} = \frac{H-h}{tg\varphi}, \quad \text{(4.5b)}$$

kde L_{min} minimální vzdálenost od základů po hranu výkopu [mm];

H hloubka výkopu [mm];

h hloubka založení základů [mm];

φ úhel vnitřního tření zeminy [mm].

Hloubka založení základů, kterou v našem případě uvažujeme do nezámrzné hloubky, je tedy h = 800 mm. Jelikož neznáme podrobný geologický průzkum dané lokality, tak zvolíme pro náš výpočet nesoudržnou zeminu, tím pádem jdeme na stranu zabezpečení. Úhel vnitřního tření volíme $\varphi = 45°$. Hloubku výkopu získáme následujícím součtem (4.5c).

$$H = H_{min} + H_{po} + H_{pp}, \quad \text{(4.5c)}$$

kde H_{min} minimální krytí potrubí [mm], H_{min} = 660 mm;

H_{po} vnější průměr ochranného potrubí, H_{po} = 500 mm (tab. 2.2a);

H_{pp} vrstva pískového podsypu potrubí [mm],

H_{pp} = 150 mm (doporučená hodnota).

$$H = (H_{min} - H_{pn}) + H_{po} + H_{pp} = 660 + 500 + 150 = 1\,310\text{mm} \quad \text{(výpočet 4.5c)}$$

$$L_{min} = \frac{H-h}{tg\varphi} = \frac{1310-800}{tg45°} = 191{,}4\text{ mm} \rightarrow 200\text{ mm} \quad \text{(výpočet 4.5b)}$$

Dle tabulky 3.3b stanovíme minimální doporučené rozměry výkopu.

Navrhuji obdélníkový výkop s hloubkou výkopu 1 110 mm a šířkou 1 700 mm.

3.5.4 Ztráta tepelné energie

Než přejdeme k samotnému výpočtu přeneseného a potřebného výkonu je nutné určit energetické ztráty, které vychází ze vzorce (4.5d).

$$Q' = \frac{q \cdot L}{1000}, \tag{4.5d}$$

kde Q' ztráta tepelné energie [kW];

q tepelná ztráta na metr potrubí [kW/m];

L součet délek přívodního a vratného [m], L = 13 900 m.

Tepelnou ztrátu stanovíme dle vztahu (4.5e).

$$q = \frac{T_M}{R \sum ER}, \tag{4.5e}$$

kde q tepelná ztráta na jeden metr potrubí [kW/m];

T_M střední teplotní rozdíl [K], T_M = 100K;

$R\Sigma_{ER}$ celkový tepelný odpor [m·K/W].

Celkový tepelný odpor stanovíme dle vztahu (4.5f).

$$R \sum ER = \frac{1}{2\pi} \cdot {}^{1}/_{\Lambda_\Sigma}, \tag{4.5f}$$

kde $R\Sigma_{ER}$ celkový tepelný odpor [m·K/W];

π Ludolfovo číslo π = 3,1416 [-];

${}^{1}/_{\Lambda_\Sigma}$ celkový prostupový tepelné odpory [m·K/W].

Celkový prostupový tepelný odpor se skládá ze tří částí, a to prostupový tepelný odpor potrubí (4.5g), zeminy (4.5h) a vzájemný vliv potrubí (4.5i).

$${}^{1}/_{\Lambda_T} = \frac{1}{\lambda_o} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{\lambda_{PUR}} \cdot \ln \frac{D_i}{d_a} + \frac{1}{\lambda_{PE}} \cdot \ln \frac{D_a}{D_i}, \tag{4.5g}$$

kde ${}^{1}/_{\Lambda_T}$ prostupový tepelný odpor potrubí [m·K/W];

λ_o tepelná vodivost oceli [W/(m·K)], λ_{ST} = 52,33 W/(m·K);

λ_{PUR} tepelná vodivost izolace [W/(m·K)], λ_{PUR} = 0,0275 W/(m·K);

λ_{PE} tepelná vodivost plášťové trubky [W/(m·K)], λ_{PE} = 0,4 W/(m·K);

d_a vnější průměr vnitřní ocelové trubky [mm], d_a = 273 mm;

d_i vnitřní průměr vnitřní ocelové trubky [mm], d_i = 250 mm;

D_i vnitřní průměr PEHD plášťové trubky [mm], D_i = 484,4 mm;

D_a vnější průměr PEHD plášťové trubky [mm], D_a = 500 mm.

$${}^{1}/_{\Lambda_T} = \frac{1}{52,33} \cdot \ln \frac{273}{250} + \frac{1}{0,0275} \cdot \ln \frac{484,4}{273} + \frac{1}{0,4} \cdot \ln \frac{500}{484,4} = 20,933 \text{ m} \cdot \text{K/W}$$

(výpočet 4.5g)

$$1/\Lambda_Z = \frac{1}{\lambda_z} \cdot \ln \frac{4 \cdot h_o}{D_a}, \quad (4.5h)$$

kde $1/\Lambda_Z$ prostupový tepelný odpor zeminy [m·K/W];

λ_Z tepelná vodivost zeminy [W/(m·K)], písek $\lambda_Z = 1{,}2$ W/(m·K);

h_o vzdálenost osy potrubí od terénu [m], $h_o = 910$ mm;

D_a vnější průměr PEHD plášťové trubky [mm], $D_a = 500$ mm.

$$1/\Lambda_Z = \frac{1}{1{,}2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 910}{500} = 1{,}65 \text{ m} \cdot \text{K/W} \quad \text{(výpočet 4.5h)}$$

$$1/\Lambda_{VV} = \frac{1}{2 \cdot \lambda_z} \cdot \ln \left[1 + \frac{(2 \cdot h_o)^2}{a^2}\right], \quad (4.5i)$$

kde λ_Z tepelná vodivost zeminy [W/(m·K)], písek $\lambda_Z = 1{,}2$ W/(m·K);

h_o vzdálenost osy potrubí od terénu [m], $h_o = 910$ mm;

a osová vzdálenost mezi přívodním a vratným potrubím, a = 750mm (doporučení)

$$1/\Lambda_{VV} = \frac{1}{2 \cdot 1{,}2} \cdot \ln \left[1 + \frac{(2 \cdot 910)^2}{750^2}\right] = 2{,}347 \text{ m} \cdot \text{K/W} \quad \text{(výpočet 4.5i)}$$

$$R \sum ER = \frac{1}{2 \cdot 3{,}1416} \cdot (20{,}933 + 1{,}65 + 2{,}347) = 3{,}968 \text{ m} \cdot \text{K/W} \quad \text{(výpočet 4.5f)}$$

$$q = \frac{100}{3{,}968} = 25{,}202 \text{ W/m} \quad \text{(výpočet 4.5e)}$$

$$Q' = \frac{25{,}202 \cdot 13900}{1000} = 350{,}308\text{kW} \quad \text{(výpočet 4.5d)}$$

3.5.5 Přenesený a potřebný výkon

Důležité je zjištění, zda navržená dimenze potrubí, vyhoví na požadovaný výkon 25MW.

Přenesený výkon

Přenesený výkon je výkon, který je potrubí schopno přenést. Výpočet provedeme dle vztahu (4.5j).

$$P_p = V \cdot v \cdot c_m \cdot \Delta t, \quad (4.5j)$$

kde V objem vody v potrubí na metr [m^3/m], V = 54,325 l/m;

v návrhová průtočná rychlost v potrubí [m/s], v = 1,7 m/s;

cm specifická tepelná kapacita média [J/(kg·K)], např.: voda 4 187 J/(kg·K);

Δt teplotní rozdíl mezi přívodním a vratným potrubím [K], Δt = 145 – 75 = 70 K.

$$P_p = 0{,}054325 \cdot 1{,}7 \cdot 4187 \cdot 70 = 27\,067{,}59 \text{ kW} = 27{,}068 \text{ MW} \quad \text{(výpočet 4.5j)}$$

Potřebný výkon

Potřebný výkon je výkon, do kterého započítáváme požadavek provozovatele, v našem případě již zmíněných 25MW, ale také ztráty tepelné energie Q´ [kW]. Do výpočtu dále vstupuje ochranný faktor S_D, kterým zajišťujeme rezervu pro potencionální odběratele. Investor předpokládá, nedojde do budoucna k vysokým požadavkům na připojení nových odběratelů. Pro tento případ byl zvolen ochranný faktor S_D = 1 jen jako demonstrativní, aby bylo z rozdílu patrné, jaká rezerva nám pro nově připojené odběratele zbývá. Výpočet provedeme dle vztahu (4.5k).

$$P_{po} = Q' + (S_D \cdot P_{pr}), \quad (4.5k)$$

kde P_{po} potřebný výkon [kW];

Q´ energetická ztráta [kW], Q´ = 350,308kW;

S_D bezpečnostní faktor, kterým zajišťujeme rezervu pro budoucí připojení [-], S_D = 1,0;

P_{pr} výkon, který musí být dodán na předávací stanici [kW], P_{pr} = 25MW.

$$P_{po} = 350{,}308 + (1 \cdot 25\,000) = 25\,350{,}308\ kW = 25{,}350 MW \quad \text{(výpočet 4.5k)}$$

Platí podmínka: $\mathbf{P_p > P_{po}}$ (4.5l)

27,068 MW > 25,350 MW → podmínka je splněna (výpočet 4.5l)

Z výsledku vyplývá, že rezerva dosahuje 6,8%.

4 Závěr

Na závěr této práce bych chtěla zhodnotit návrh řešení horkovodního přivaděče z JETe do města Týn nad Vltavou.

Požadavkem investora bylo provedení návrhu nové dimenze teplonosného potrubí s dodržením požadavku na přenesený výkon 25MW. Byl proveden předběžný výpočet pomocí projektového katalogu *Konstrukce projektování* od firmy Isoplus [8].

Stávající dimenze potrubí je v úsecích nadzemního vedení a tepelného kanálu DN 350 a v úsecích podzemních DN 250. Navrhla jsem novou dimenzi DN 250 a provedla výpočet ověření přeneseného výkonu. Z výsledků vyplývá, že nová dimenze do dostačující a přináší i dostatečnou rezervu pro případ připojení nových odběratelů tepla.

Dále jsem navrhla bezkanálové uložení předizolovaného potrubí do obdélníkového výkopu s doporučením pažení při výstavbě.

5 Použitá literatura

[1] BERÁNEK, Josef. 2005. *Inženýrské sítě*. Brno, 181 s. ISBN Inženýrské sítě.

[2] STEIN, Dietrich. 2002. *Der begehbare Leitungsgang*. Berlin: Ernst & Sohn, 99 p. ISBN 34-330-1263-6.

[3] Teplárny a kotelny. 2015. *UPONOR* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.fintherm.cz/reseni/predizolovane-potrubi-pro-dalkove-vytapeni.aspx

[4] Technické podmínky dodávky. *Provozní řád výměníkové stance*. Týn nad Vltavou

[5] Ekoplastik - page 14. 2014. *WAVIN: EKOPLASTIK* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.ekoplastik.cz/img/pageflip/ekoplastik_ppr-stabi-fiber/files/assets/basic-html/page14.html

[6] Kompenzátor ucpávkový: M 10 010-516 PN 16. 2001. *Sig-Mat: Miloslav Albrecht* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: http://www.sigmat.cz/Produkty/cz/prisl01.htm

[7] Ballomax katalog: BROEN BALLOMAX. 2015. *Tenza* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.tenza.cz/cz/katalogy/

[8] Dokumentace. 2008. *Isoplus-eop: TECHNIKA ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.isoplus-eop.cz/index_dokumentace.htm

[9] Kompenzátory: X - pressed kompenzátory. *EJMAFLEX* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.kompenzator.eu/x-pressed--kompenzatory

[10] Sanierung von Fernwärmeleitungen. 2008. *Nodig-bau.de: Das Schlau-Mach-Portal für dem Leitungsbau* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: www.nodig-bau.de/downloadDocOverID.cfm?docID=1823

[11] Čištění kanalizace tlakovou vodou. *Čištění odpadů Brno* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.cisteniodpadu-brno.cz/cisteni-kanalizace-tlakovou-vodou/

[12] Centrum pro stahování: Příručka projektování předizolovaného potrubí 2015. 2015. *UPONOR* [online]. [cit.2015-05-27]. Dostupné z: http://www.fintherm.cz/~/media/countryspecific/czech-fintherm/documents/cz/uponor-infra-fintherm-designing-manual-2015-cz.pdf?version=2

[13] "Trubková série" BONUS. 2015. *GEOCACHING* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.geocaching.com/geocache/GC1PNBW_trubkova-serie-bonus?guid=4f216c24-fc00-460e-a2b3-636508edaa3e

[14] Horkovod. 2010. *EOP: elektrárny Opatovice* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.chlumecko.cz/eop/ostatni/exk_horkovod.php

[15] Zobrazení geologické mapy on-line přes internet: Geologická mapa 1:50 000. *Geologické a geovědní mapy* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.geologicke-mapy.cz/mapy-internet/mapa/

[16] KOBERA, František. 2015. *Fotodokumentace*. Týn nad Vltavou.

[17] Products: Plate Heat Exchangers. 2015. *TRANTER: The heat transfer people* [online]. [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: http://www.tranter.com/Pages/products/plate-heat-exchangers/description-benefits.aspx

[18] ŠVECOVÁ, Ludmila. 2014. *Protokol o zkoušce č. 175/2014*. AGRO-LA, s r.o., Jindřichův Hradec.

[19] Orba. 2015. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Orba

[20] MI-DPR: Valivé kluzné uložení. *HILTI* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: https://www.hilti.cz/instala%C4%8Dn%C3%AD-syst%C3%A9my/t%C4%9B%C5%BEk%C3%A9-podp%C4%9Bry/r3139

Seznam tabulek

Tabulka 2.1.1 Tlaky na mezi sytosti vodních par v závislosti na teplotě vody [1] 4

Tabulka 2.2.1 Rozdělení teplonosných potrubí [2] 4

Tabulka 2.2.2 Průměr ochranného potrubí a tloušťky izolace v závislosti na průměru teplonosné trubky a provozní teploty média [2].....5

Tabulka 2.4.1 Rozměry kulového uzávěru Ballomax – typ 61 9

Tabulka 2.4.2 Rozměry odvzdušňovacího / vypouštěcího ventilu Isoplus-eop 9

Tabulka 3.2.1 Dle normy *TNV 75 5405* - Minimální tloušťky cementové malty dle světlosti a materiálu potrubí; tolerance tloušťky se vztahuje pro rovné úseky s hladkým povrchem 17

Tabulka 3.3.1 Vnější rozměr potrubí (d), tloušťka stěny potrubí (s) a objem (V) pro konkrétní jmenovité světlosti potrubí (D) [8].....18

Tabulka 3.3.2 Doporučené minimální rozměry výkopu pro jmenovité světlosti vnějšího ochranného potrubí [12].....20

Tabulka 4.4.1 Výsledek rozboru vody v horkovodu [18] 30

Tabulka 4.5.1 Předběžný návrh dimenze předizolovaného potrubí.....31

Tabulka 4.5.2 Rozdělení orby dle hloubky [19] 32

Seznam obrázků

Obrázek 2.2.1 Ocelové potrubí s PE opláštěním [3]
Obrázek 2.2.2 Ocelové potrubí s PE opláštěním [3] 5
Obrázek 2.4.1 Schéma ohybového kompenzátoru [5] 7
Obrázek 2.4.2 Schéma osového kompenzátoru [6] 7
Obrázek 2.4.3 Kulový uzávěr Ballomax - typ 61 firmy BROEN [7] 8
Obrázek 2.4.4 Odvzdušňovací/vypouštěcí ventil firmy Isoplus-eop[8] 9
Obrázek 2.5.1 Schéma možného uložení potrubí [9] 10
Obrázek 3.2.1 Ukázka mechanického čištění [10] 14
Obrázek 3.2.2 Ukázka vysokotlakého čištění [11] 14
Obrázek 3.2.3 Nástřikové hlavy pro světlosti DN 80 až DN 500 [10] 16
Obrázek 3.2.4 Nástřikový stroj pro světlosti DN 600 až DN 3000 [10] 16
Obrázek 3.3.1 Schéma uložení potrubí do výkopu [12] 19
Obrázek 3.3.2 Soklové uložení na betonovém základu, horkovod v Mělníku [13] 22
Obrázek 3.3.3 Podpěrné uložení na příhradové konstrukci horkovodu v Elektrárně Opatovice [14] 22
Obrázek 3.3.4 Kluzné uložení pomocí válečků 23
Obrázek 3.3.5 Schéma uložení potrubí [8] 23
Obrázek 4.1.1 Zájmová lokalita 24
Obrázek 4.1.2 Geologická mapa zájmového území [15] se zakreslením trasy horkovodu 25
Obrázek 4.2.1 Uložení horkovodu na betonových patách [16] 26
Obrázek 4.2.2 Přemostění místní komunikace [16] 26
Obrázek 4.2.3 Uložení kompenzátoru [16] 27
Obrázek 4.2.4 Budova předávací stanice [16] 27
Obrázek 4.2.5 Vstup a výstup horkovodu v CPS [16]
Obrázek 4.2.6 Skládaný výměník [16] 28
Obrázek 4.2.7 Skládaný výměník[17] 28

Seznam použitých zkratek a symbolů

PE	polyethylen
PS	předávací stanice
PB	pevný bod
KU	kluzné uložení
DN	jmenovitá světlost potrubí
PUR	polyuretan
JETe	Jaderná elektrárna Temelín
CZT	centrální zásobení teplem
CPS	centrální předávací stanice

Seznam příloh

Příloha 1: Přehledná situace zájmové lokality

Příloha 2: Vzorové uložení horkovodního potrubí do prostého výkopu

Summary

This thesis is divided into three parts.

The first part discusses basic thermal water distribution networks and their components. Creates a basic overview of the operating parameters of the used materials and the necessary components such as the transfer station and fittings. Important is also the distribution in storage networks.

The second part deals with the methods of determining the status of the pipe and corrosion damage. Then introduces the possibilities of rehabilitation solution of thermal networks.

The third part deals with a specific situation, namely the draft bailout on penstock of horkovodním Temelin nuclear power plant to the city of Týn nad Vltavou. In the introduction to this section of the site and become familiar with the requirements specified by the investor. The following are the advantages and disadvantages of the previously mentioned solutions remediation. In the last part of the proposal is executed, saving the dimension pipe into a ditch and the verification of the performance of the proposed dimensions of the migrated with the desired performance of the investor.