

uponor

Projektování předizolovaného potrubí



Uponor Infra Fintherm a.s.

OBSAH

1 Projektování Wehootherm® Standard

2 Projektování Wehotek Spiro-plášť

3 Projektování Wehootherm® Twins

4 Projektování Wehotek PPR

5 Projektování systému detekce netěsností

1 PROJEKTOVÁNÍ

Wehootherm® Standard

- 1.1 Úvod**
- 1.2 Jednotky SI**
- 1.3 Výkop pro pokládání potrubí**
- 1.4 Minimální výška krytí**
- 1.5 Tepelné ztráty**
- 1.6 Průtokový nomogram**
- 1.7 Napětí ve stěnách medionosného potrubí**
- 1.8 Třecí síla a třecí délka**
 - 1.8.1 Třecí síla**
 - 1.8.2 Třecí délka**
- 1.9 Tepelná dilatace**
- 1.10 Způsoby montáže potrubních tras**
 - 1.10.1 Montáž bez přehřevu**
 - 1.10.2 Montáž s přehřevem**
- 1.11 Použití některých potrubních prvků**
 - 1.11.1 Oblouky s úhlem menším než 90°**
 - 1.11.2 Potrubí elasticky ohnuté na staveništi**
 - 1.11.3 Redukce**
 - 1.11.4 Odbočka „T“ vyvýšená a paralelní**
- 1.12 Pevný bod - kotvící blok pro Wehootherm® Standard**

1 PROJEKTOVÁNÍ - Wehotherm® Standard

1.1 Úvod

Projektování potrubí pro dálkové vytápění zahrnuje mnoho postupů. V tomto přehledu uvádíme běžně používané vzorce a pravidla pro tuto oblast.

Uvedené výpočty nejlépe vyhovují následujícím pracovním podmínkám a specifikacím.

Průměry:

Jmenovité průměry od DN 20 do DN 600 (diagramy jsou zpracovány do hodnoty DN 600, avšak vzorce lze použít orientačně i pro větší průměr).

Tlak:

- Pracovní přetlak potrubní trasy (armatury a kompenzátory) 1,6 nebo 2,5 MPa
- Zkušební přetlak potrubní trasy maximálně 1,5 násobek pracovního přetlaku

Teplota:

- Trvalá pracovní teplota 142°C při životnosti 30 let.
- Překročením uvedené teploty se životnost PUR izolace potrubí zkrátí, snížením pracovní teploty se však životnost prodlouží.

Materiál:

- Svařované trubky podle EN 10217 – 2 nebo jiného odpovídajícího standardu.
- Bezešvé trubky podle EN 10216 – 2 nebo jiného odpovídajícího standardu.

Před zahájením projektových prací je nutno získat alespoň tyto údaje:

1. Název a umístění stavby a průměry nového potrubí.
2. Zda se jedná o nové potrubí nebo o výměnu starého.
3. Pracovní teplota (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
4. Pracovní přetlak (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
5. Zkušební přetlak potrubí.
6. Počáteční a koncový bod potrubí, šachty, ukotvení a armatury.
7. Specifikace všech průměrů a přípojek od hlavního potrubí.
8. Detekční systém má či nemá být instalován a jaký systém byl použit dříve.
9. Možnost přehřevu potrubí topnou vodou během montáže.

1.2 Jednotky SI

Mechanické namáhání:

1 Pa	=	1 N/m ²
1 MPa	=	1 N/mm ²

Tlak:

1 Pa	=	1 N/m ²
1 Bar	=	100 kPa = 0,1 MPa
1 atm	=	101,325 kPa
1 mm H ₂ O	=	9,8067 Pa
1 mm Hg	=	133,322 Pa

Energie:

1 J	=	1 Nm = 1 Ws
1 kWh	=	3600 kJ = 3,6 MJ

Výkon:

1 W	=	1 J/s
1 hp	=	735,5 W
1 kcal/h	=	1,163 W
1 kpm/s	=	9,807 W

Měrné teplo:

1 kcal/kg K	=	4,1868 kJ/kg K
	=	4,1868 · 10 ³ Ws/kg.K

1.3 Výkop pro pokládání potrubí

Výstražná páska

Krycí zemina

- ztuhnit podle požadavku

Písek (0-8 mm)

- ztuhnění 94-98% (Proctor)

Potrubí

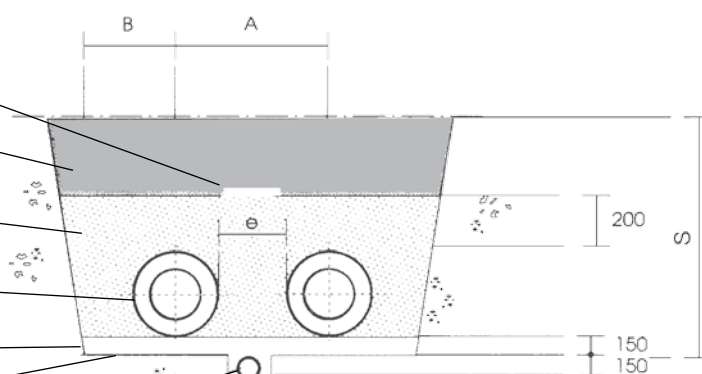
Písek (2-8 mm)

- standardní ztuhnění

Dno výkopu

Odvodnění $\varnothing 100$

(Odvodnění se používá jen ve zvláštních případech.)



096

Doporučené minimální rozměry výkopu pro veškeré spoje se smršťovacími rukávy:

Průměr plášťové trubky D (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

Uvedené hodnoty jsou minimální rozměry. Zvětšením šířky výkopu o 100 - 300 mm se montáž vždy usnadní.

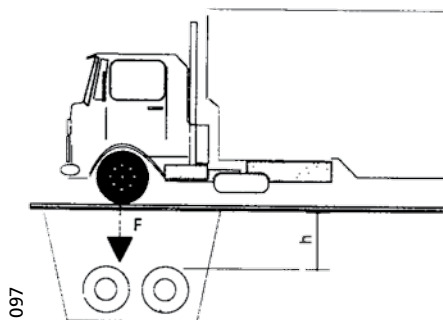
1.4 Minimální výška krytí

Minimální výška krytí je 0,4 m. Minimální krytí se vždy měří od vrcholu plášťové trubky, nebo, při vyvýšených odbočkách, od vrcholu pláště potrubní odbočky. Jestliže je potrubí vystaveno dopravnímu zatížení, minimální výška krytí by měla být stanovena podle následujícího vzorce, přičemž by nikdy neměla být menší než 0,4 m.

$$h = 0,17 \cdot \sqrt{F} \quad [\text{m}]$$

maximální hloubka krytí

F = zatížení jednou nápravou vozidla [t]



Minimální výška krytí (h) je měřena od vrcholu potrubí ke spodku povrchové vrstvy vozovky (asfalt nebo beton).

Jestliže není možno dodržet krytí 0,4 m, může být použita vyztužená železo-betonová deska, aby se zatížení rozložilo na větší plochu. V tomto případě musí být tato železobetonová deska uložena aspoň ve vzdálenosti 150 mm od vrcholu potrubí. V případě křížení s jiným potrubím mezi vozovkou a předizolovaným potrubím, musí být průměr křížícího potrubí přičten k minimálnímu krytí.

Křížení kabelů a potrubí

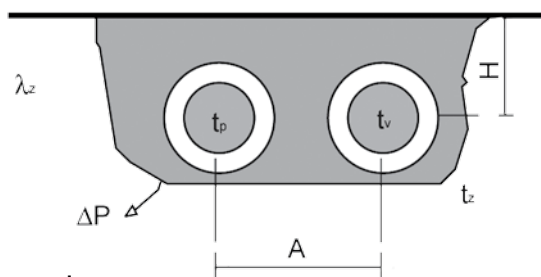
Veškerá křížení nebo souběžná vedení potrubí a kabelů by nikdy neměla mít od okraje PE-HD plášťové trubky vzdálenost **menší než 150 mm**. Tato minimální vzdálenost 150 mm by měla být také zabezpečena i při pohybech půdy nebo potrubí. Jestliže dodržení této minimální vzdálenosti 150 mm není možné, potrubí musí být chráněno ochrannou krycí trubicí PE-HD, kryjící potrubí v délce pětikrát větší než je průměr krycí trubky, ale ne menší než 1,5 m. Křížící potrubí musí být také chráněno ochrannou trubicí. Ve spojích, T-odbočkách nebo blízko ventilů, není křížení se vzdáleností menší než 150 mm, dovoleno.

Minimální vzdálenost mezi kabelem vysokého napětí nebo tramvajovým vedením a potrubím se signálním systémem je

- u souběhu 1,0 m
- při křížení 0,4 m.

Křížení potrubí s dalšími sítěmi by mělo být v souladu s platnými národními normami.

1.5 Tepelné ztráty



λ_z = tepelná vodivost zeminy

Tepelnou ztrátu dálkového vytápění přívodního a vratného potrubí s konstantní tloušťkou izolace lze spočítat podle vzorce:

$$\Delta P = G (t_p + t_v - 2t_z) \text{ [W/m]}$$

ΔP = tepelná ztráta přívodního a vratného potrubí [W/m]

G = tepelná vodivost potrubí v zemině [W/mK]

t_p = teplota přívodního potrubí [°C]

t_v = teplota vratného potrubí [°C]

t_z = průměrná teplota zeminy v sledovaném období [°C]

Tepelná vodivost přívodního a vratného potrubí v zemině se spočítá pomocí hodnot tepelných odporů nosných trubek, izolace, plášťových trubek, zeminy a odporu při přestupu tepla mezi oběma potrubími:

$$G = \frac{1}{R_p + R_z + R_t} \text{ [W/mK]}$$

G = tepelná vodivost potrubí v zemině [W/mK]

R_p = tepelný odpor potrubí [mK/W]

R_z = tepelný odpor zeminy [mK/W]

R_t = odpor teplotní výměny mezi přívodním a vratným potrubím [mK/W]

$$R_p = \frac{1}{2\pi\lambda_n} \ln \frac{d}{d_i} + \frac{1}{2\pi\lambda_{PUR}} \ln \frac{D_i}{d} + \frac{1}{2\pi\lambda_{PE}} \ln \frac{D}{D_i} \quad [\text{mK/W}]$$

$$R_z = \frac{1}{2\pi\lambda_z} \ln \frac{4 (H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{D} \quad [\text{mK/W}]$$

$$R_t = \frac{1}{4\pi\lambda_z} \ln \left[1 + \left(\frac{2 (H + 0,0685 \cdot \lambda_z)}{A} \right)^2 \right] \quad [\text{mK/W}]$$

d = vnější průměr nosné trubky [m]

d_i = vnitřní průměr nosné trubky [m]

D = vnější průměr PE plášťové trubky [m]

D_i = vnitřní průměr PE plášťové trubky [m]

H = výška krycí vrstvy zeminy od středové linie potrubí [m]

A = vzdálenost mezi středovými liniemi přírodního a vrat. potrubí [m]

λ_n = součinitel tepelné vodivosti nosné trubky (53 W/mK pro nízkouhlíkovou ocel)

λ_{PUR} = součinitel tepelné vodivosti PUR izolace (hodnota podle výrobce)

λ_{PE} = součinitel tepelné vodivosti PE plášťové trubky (0,43 W/mK)

λ_z = součinitel tepelné vodivosti zeminy

suchý písek = 1,5 W/mK

vlhká zemina = 2,5 W/mK

Konstanta 0,0685 m²K/W je obvyklá hodnota zachycující přechodový odpor zemského povrchu.

Tabulka tepelných odporů R_p volných, nezasypaných, trubek, spočítaných pro tyto hodnoty:

$$\begin{aligned}\lambda_n &= 52 \text{ W/mK} \\ \lambda_{\text{PUR}} &= 0,026 \text{ W/mK} \\ \lambda_{\text{PE}} &= 0,43 \text{ W/mK}\end{aligned}$$

Koeficient přestupu tepla mezi pláštěm izolace a okolním vzduchem není započítán.

DN	d . s (mm)	Izolační třída 1		Izolační třída 2		Izolační třída 3	
		D (mm)	R_p (mK/W)	D (mm)	R_p (mK/W)	D (mm)	R_p (mK/W)
20	26,9 . 2,6	90	6,997	110	8,299	125	9,122
25	33,7 . 2,6	90	5,617	110	6,920	125	7,742
32	42,4 . 2,6	110	5,514	125	6,336	140	7,061
40	48,3 . 2,6	110	4,716	125	5,538	140	6,263
50	60,3 . 2,9	125	4,180	140	4,905	160	5,754
65	76,1 . 2,9	140	3,480	160	4,329	180	5,075
80	88,9 . 3,2	160	3,378	180	4,124	200	4,777
100	114,3 . 3,6	200	3,238	225	3,964	250	4,609
125	139,7 . 3,6	225	2,736	250	3,380	280	4,073
150	168,3 . 4,0	250	2,240	280	2,933	315	3,655
200	219,1 . 4,5	315	2,041	355	2,770	400	3,501
250	273,0 . 5,0	400	2,154	450	2,878	500	3,522
300	323,9 . 5,6	450	1,831	500	2,476	560	3,168
350	355,6 . 5,6	500	1,904	560	2,596	630	3,338
400	409,4 . 6,3	560	1,779	630	2,502	670	2,877
450	457,0 . 6,3	560	1,061	630	1,784	710	2,514
500	508,0 . 6,3	630	1,136	710	1,867	800	2,597
600	610,0 . 8,0	710	0,747	800	1,477	900	2,219

Příklad výpočtu tepelné ztráty:

Potrubí: 2x DN 150/250 (Izolační třída 1)

$$t_p = 90^{\circ}\text{C}$$

$$t_v = 70^{\circ}\text{C}$$

$$t_z = 10^{\circ}\text{C} \text{ (průměrná roční hodnota)}$$

$$L = 100 \text{ m}$$

- hodnoty R_p podle výše uvedené tabulky
- krycí hloubka k povrchu plášťové trubky $h = 0,5 \text{ m}$
- vzdálenost mezi povrchy plášťových trubek odpovídá doporučené minimální hodnotě e_{\min} - viz kapitola 1.3 Výkop pro pokládání potrubí
- $\lambda_z = 1,5 \text{ W/mK}$

Tabulka tepelných vodivostí zasypaných trubek pro zadané hodnoty

DN	d . s (mm)	Izolační třída 1		Izolační třída 2		Izolační třída 3	
		D (mm)	G (W/mK)	D (mm)	G (W/mK)	D (mm)	G (W/mK)
20	26,9 . 2,6	90	0,133	110	0,114	125	0,104
25	33,7 . 2,6	90	0,163	110	0,135	125	0,122
32	42,4 . 2,6	110	0,166	125	0,147	140	0,133
40	48,3 . 2,6	110	0,192	125	0,166	140	0,149
50	60,3 . 2,9	125	0,215	140	0,186	160	0,161
65	76,1 . 2,9	140	0,254	160	0,210	180	0,182
80	88,9 . 3,2	160	0,262	180	0,220	200	0,193
100	114,3 . 3,6	200	0,275	225	0,230	250	0,201
125	139,7 . 3,6	225	0,321	250	0,267	280	0,226
150	168,3 . 4,0	250	0,384	280	0,305	315	0,252
200	219,1 . 4,5	315	0,425	355	0,326	400	0,265
250	273,0 . 5,0	400	0,411	450	0,320	500	0,266
300	323,9 . 5,6	450	0,480	500	0,370	560	0,295
350	355,6 . 5,6	500	0,468	560	0,355	630	0,283
400	409,4 . 6,3	560	0,501	630	0,370	670	0,326
450	457,0 . 6,3	560	0,783	630	0,505	710	0,371
500	508,0 . 6,3	630	0,749	710	0,489	800	0,362
600	610,0 . 8,0	710	1,079	800	0,610	900	0,423

Tepelná ztráta potrubní trasy (přívodní a vratné potrubí) je:

$$\Delta P = G (t_p + t_v - 2t_z) = 0,384 \cdot (90 + 70 - 2 \cdot 10) = 53,76 \text{ W/m}$$

$$\Delta P_{\text{celk}} = \Delta P \cdot L = 53,76 \cdot 100 = 5\,376 \text{ W}$$

1.6 Průtokový nomogram

Tento nomogram lze použít pro potrubí dálkového vytápění s ocelovými teplotnosnými trubkami. Nomogram je přesný při + 80°C.

Při +60°C je maximální chyba tlakové ztráty -10 %.

Při +110°C je maximální chyba tlakové ztráty +10 %.

Nomogram je propočten pro teplotu +80°C a pro trubky o drsnosti vnitřního povrchu 0,03 mm.

Převodní tabulka:

Výkon:

1,0 W	= 0,2388 . 10 ⁻³ kcal/s	= 0,8598 kcal/h
4186,8 W	= 1,0 kcal/s	= 3600 kcal/h
1,163 W	= 0,2778 . 10 ⁻³ kcal/s	= 1,0 kcal/h

Energie:

1,0 J	= 0,2778 . 10 ⁻⁶ kWh	= 0,2388 . 10 ⁻³ kcal
3,6 . 10 ⁶ J	= 1,0 kWh	= 859,8 kcal
4186,8 J	= 1,163 . 10 ⁻³ kWh	= 1,0 kcal

Jednotky tlaku:

Nové jednotky:

Název	Označení	Převod
Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
Bar	bar	1 bar = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
Milibar	mbar	1 mbar = 10 ⁻³ bar = 100 Pa

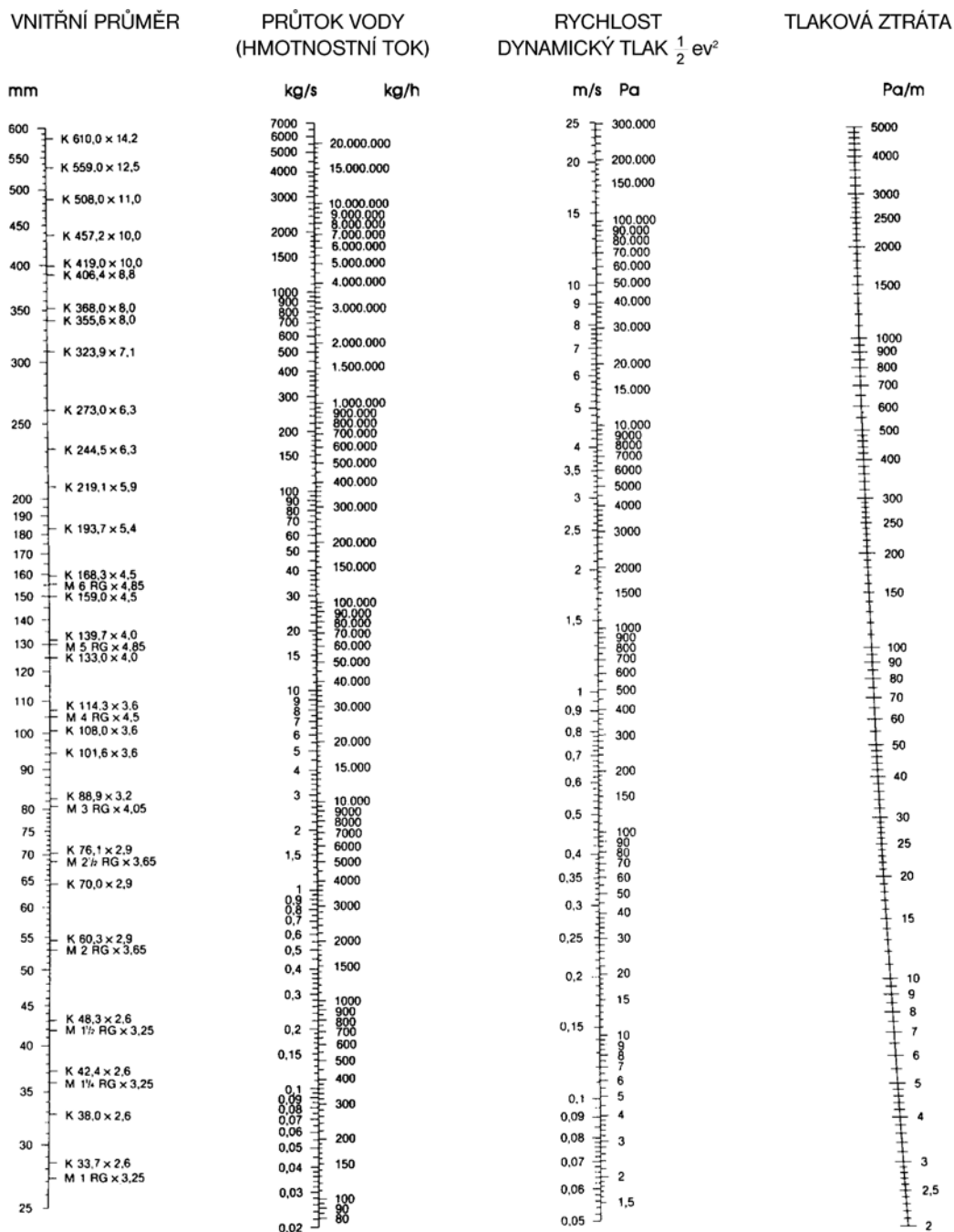
Staré jednotky:

$$\text{kp/m}^2 \quad 1 \text{ kp/m}^2 = 9,80665 \text{ Pa}$$

Technická atmosféra	at	1 at = 1 kp/cm ² = 98066,5 Pa
		1 at = 0,980665 bar

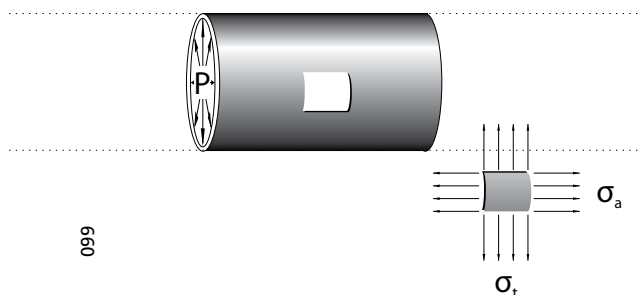
Fyzikální atmosféra	atm	1 atm = 101325 Pa = 1,01325 bar
		1 atm = 760 Torr

Torr (1 mm Hg)	torr	1 torr = 1/760 atm = 133,322 Pa
		1 torr = 1,333224 mbar



Tato zmenšená kopie nomogramu SBI č. 3 je publikována se souhlasem Statens Byggeforskningsinstitutu, který zaručuje přesnost pouze na originálu formátu A3.

1.7 Napětí ve stěnách medionosného potrubí



Napětí ve stěnách potrubí způsobená vnitřním přetlakem (σ_t a σ_a).

Tečné napětí:

$$\sigma_t = \frac{p \cdot d}{2 \cdot S_{\text{eff}}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Axiální napětí:

$$\sigma_a = \frac{p \cdot d}{4 \cdot S_{\text{eff}}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

σ_t = tečné napětí

σ_a = axiální napětí

p = vnitřní přetlak [MPa]

d = vnější průměr nosného potrubí [mm]

S_{eff} = efektivní tloušťka stěny (stěna reduková o hodnoty koroze a tolerance) [mm]
(při použití upravené vody se s účinky koroze neuvažuje)

Napětí ve stěně potrubí způsobené změnami teploty ve srovnání s montážní teplotou (σ_{th}):

Axiální napětí vzniklé změnou teploty:

$$\sigma_{\text{th}} = \alpha_{\text{th}} \cdot \Delta t \cdot E \quad [\text{N/mm}^2]$$

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, pro nízkouhlíkové oceli)

Δt = maximální rozdíl teploty potrubí uvažovaný vůči montážní teplotě [°C]

E = Youngův modul pružnosti (pro ocel je $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Ekvivalentní napětí ve stěně potrubí:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_t^2 + \left(\frac{\sigma_a - \sigma_{th}}{z}\right)^2} - \sigma_t \cdot \left(\frac{\sigma_a - \sigma_{th}}{z}\right) \quad [N/mm^2]$$

- σ_{th} = tlakové napětí (zvýšení teploty) [N/mm²]
- + σ_{th} = tahové napětí (snížení teploty) [N/mm²]
- z = součinitel svaru pro spojování potrubí

Největší absolutní hodnota z napětí: σ_t , ($\sigma_a \pm \sigma_{th}$) nebo σ_{eq} se používá jako ekvivalentní napětí σ_{eq} . Mělo by se brát v úvahu ve všech případech, kdy je ekvivalentní napětí v tomto manuálu používáno nebo zmiňováno.

Doporučené hodnoty součinitele svaru podle rozsahu kontroly montážních spojů rentgenovým zářením:

Tlaková síla/napětí (zvýšení teploty):

- Je-li rentgenovým zářením kontrolováno 10 - 100 % svarů: z = 1,0
- Je-li rentgenovým zářením kontrolováno méně než 10 % svarů: z = 0,9

Tahová síla/napětí (snížení teploty):

- Je-li rentgenovým zářením kontrolováno 100 % svarů: z = 1,0
- Je-li rentgenovým zářením kontrolováno více než 10 % svarů: z = 0,8
- Je-li rentgenovým zářením kontrolováno méně než 10 % svarů: z = 0,6

Požadavky pro vyhodnocení úrovně napětí:

Ekvivalentní napětí musí být porovnáno s dovoleným napětím.

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{s_f} \geq \sigma_{eq} \quad [N/mm^2]$$

- σ_{dov} = dovolené napětí ve stěně nosné trubky [N/mm²],
- R_e = mez kluzu nosné trubky [N/mm²] (235 N/mm² pro nízkouhlíkové oceli)
- s_f = součinitel bezpečnosti (běžně $s_f = 1,5$)

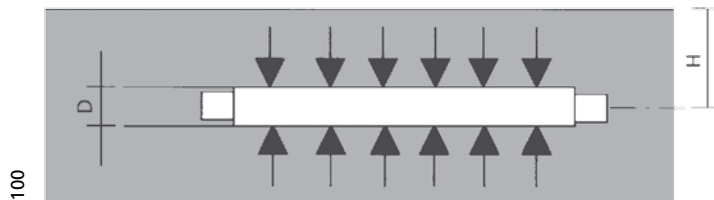
UPOZORNĚNÍ:

Jestliže je hodnota přetlaku 1,6 N/mm² nebo méně, rozměr ocelové trubky je DN 600 nebo méně a jestliže není provedena kompenzace pomocí vlnovcového kompenzátoru, je možno napětí od přetlaku zanedbat. Ve výpočtu se uvažuje pouze s tepelným namáháním. Pokud použijeme místo úplného výpočtu této zjednodušené metody, bude maximální odchylka 6%.

Uvedené výpočtové vztahy jsou vztahy základními. Doporučujeme proto všechny pevnostní výpočty potrubních tras provádět v úzké součinnosti se zástupci společnosti Uponor Infra Fintherm a.s.

1.8 Třecí síla a třecí délka

1.8.1 Třecí síla



Možnost pohybu uloženého potrubí je omezena třením mezi zemínou a plášťovou trubkou. Průměrnou třecí sílu na jeden metr lze vypočítat podle tohoto vzorce:

$$F_{\mu} = \mu \cdot \xi \cdot g \cdot H \cdot \pi \cdot D \quad [\text{N/m}]$$

F_{μ} = třecí síla na jeden metr trubky [N/m]

μ = koeficient tření mezi zemínou a plášťovou trubkou

Obvyklé hodnoty bývají v rozmezí od 0,25 až 0,5 a běžně se používá těchto hodnot:

$\mu = 0,40$ pro trubky (délka 12 m)

$\mu = 0,45$ pro trubky (délka 6 m)

$\mu = 0,35$ pro trubky spojované extruzivně provedenými sváry

ξ = hustota zeminy v okolí potrubí [kg/m^3]

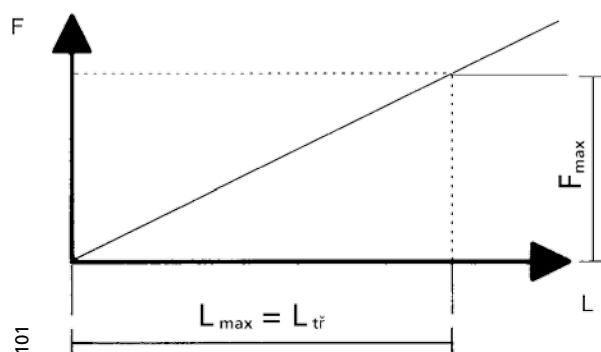
g = zemské zrychlení = $9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$

H = krycí hloubka od osy trubky [m]

D = vnější průměr plášťové trubky [m]

Vypočítané třecí síly pro dané hodnoty jsou uvedeny v tabulce v Příloze č. 1/2,3.

1.8.2 Třecí délka



Třecí délka neboli maximální montážní délka se vypočítá podle tohoto vzorce:

$$L_{\max} = L_{\text{tr}} = \frac{\sigma_{\text{dov}} \cdot A}{F_{\mu}} \quad [\text{m}]$$

$L_{\max} = L_{\text{tr}}$ = max. montážní délka a třecí délka [m]

σ_{dov} = max. dovolené napětí ocelového potrubí [N/mm²]

A = průřez ocelového potrubí [mm²] viz Příloha č. 1/2,3

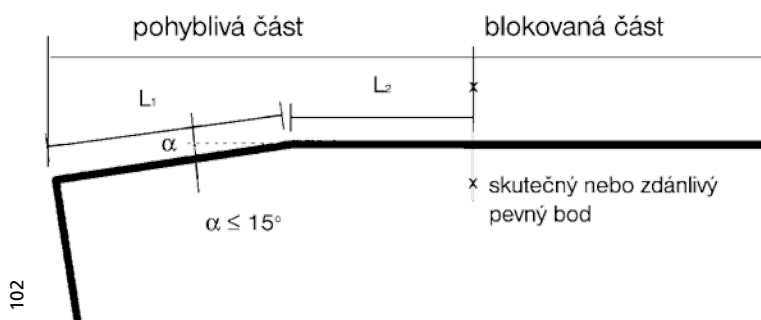
F_{μ} = třecí síla na jeden metr potrubí [N/m] (vzorec viz 1.8.1)

Vypočítané třecí délky pro dané hodnoty jsou uvedeny v Příloze č. 1/2,3

Náhyby s úhlem stejným nebo menším než 15° se považují za rovné trubky.

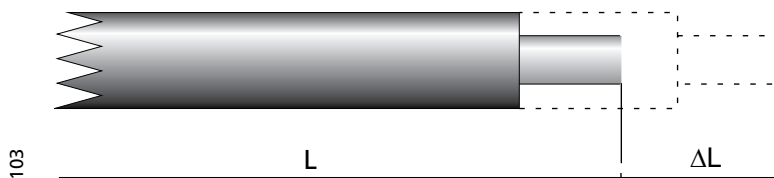
V důsledku přídatných třecích sil je nutno vyhovět této podmínce:

$$L_{\max} = L_{\text{tr}} \geq L_1 + \frac{L_2}{(1 - \sin \alpha)} \quad [\text{m}]$$



1.9 Tepelná dilatace

Ke stanovení tepelné dilatace se používá zjednodušeného výpočtu, který nebere v úvahu třecí síly. Tento výpočet obvykle dává přibližně o 20 % větší tepelnou dilataci, než by byla skutečná dilatace potrubí.



Teoretické volné prodloužení (ΔL) odpovídá prodloužení potrubí v otevřeném výkopu a lze ho vypočítat podle tohoto vzorce:

$$\Delta L = \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t \quad [m]$$

ΔL = teoretické volné prodloužení

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti [$1/K$] ($1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, pro nízkouhlíkové oceli)

L = délka pohyblivého dilatujícího potrubí [m] (ohříváného/ochlazeného)

Δt = max. rozdíl mezi pracovní teplotou potrubí a montážní teplotou potrubí [$^{\circ}C$]

Redukované prodloužení (ΔL_{red}) zasypaného potrubí lze vypočítat podle tohoto vzorce:

$$\Delta L_{red} = \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t - \frac{F_{\mu} \cdot L^2}{2 \cdot A \cdot E} \quad [m]$$

ΔL_{red} = redukované prodloužení

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti [$1/K$] ($1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, pro nízkouhlíkové oceli)

Δt = max. rozdíl mezi pracovní teplotou potrubí a montážní teplotou potrubí [$^{\circ}C$]

F_{μ} = třecí síla na metr potrubí [N/m] (viz 1.8.1, Příloha 1/2,3)

A = průřez ocel. potrubí [mm^2] (viz Příloha 1/2,3)

E = Youngův modul pružnosti ($2,06 \cdot 10^5 N/mm^2$, pro nízkouhlíkové oceli)

Je-li délka potrubí, kde dochází k prodlužování (pohyblivá část), delší než 80% třecí délky, lze použít tohoto zjednodušeného vztahu:

$$\Delta L_{red} = 0,8 \cdot \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t \quad [m]$$

1.10 Způsoby montáže potrubních tras

Montáž bez předeřevu
Montáž s předeřevem
Montáž za studena

1.10.1 Montáž bez předeřevu

Montáž bez předeřevu použijeme u potrubních tras (z běžného materiálu nízkouhlíkové oceli), kde bude max. teplotní změna ($t_{\max} - t_{\min}$) rovna nebo menší než 60°C nebo kde je vzdálenost mezi pevným bodem (zdánlivým nebo skutečným) a dilatačním prvkem (oblouk nebo kompenzátor) rovna nebo menší než třetí délka L_{tr} (tzn., kde i vzdálenost mezi dvěma dilatačními prvky je rovna nebo menší než je součet dvou třetích délek). Max. napětí ve stěně potrubí potom bude 150 N/mm². Oblouky musí mít vyhovující volné délky ramen $L_{\text{volná}}$ 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 dilataci 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 předeřevu s jednočinnými kompenzátory.

Kompenzace dilatací

Potrubí se pohybuje pouze v kladném směru. Posuv potrubí způsobený změnou teploty může být kompenzován buďto pomocí ohybů "L", "U" a "Z", nebo pomocí kompenzátoru.

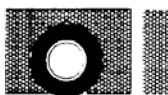
Kompenzace dilatací pomocí ohybů "L", "U" a "Z"

Potrubí se pohybuje pouze v kladném směru. To znamená, že pěnové polštáře a profily je nutno umístit na té straně potrubí, kam dojde k posuvu potrubí a to nad hodnoty 5 mm. Max. kompenzace s pěnovými polštáři a profily v případě, že průměr plášťové trubky je menší nebo roven 250 mm:

Max. kompenzace s pěnovými polštáři a profily v případě, že průměr plášťové trubky je menší nebo roven 250 mm:



+ 40 mm

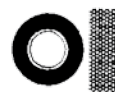


+ 105 mm



+ 170 mm

Max. kompenzace pomocí pěnových polštářů v případě, že průměr plášťové trubky je větší nebo roven 280 mm.



+ 65 mm



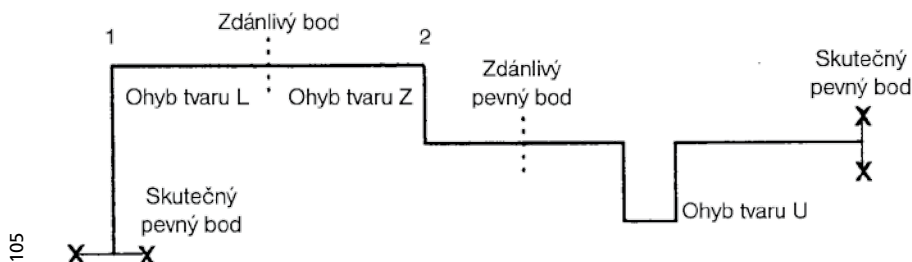
+ 130 mm



+ 195 mm

V případě použití tří vrstev pěnových dilatačních prvků je však třeba zkontrolovat teplotu na PE plášti potrubí.

Potrubí se rozdělí na známé části: rovný úsek, ohyb „L“, „Z“ a „U“. Minimální požadovaná délka volného ramene se určí podle nomogramu uvedeného v Příloze č.1/1. Projektová teplota pro stanovení délky volného ramene bude teplotní rozdíl mezi montáží a maximální teplotou. Skutečné a předpokládané zdánlivé pevné body jsou označeny na nákrese potrubí. Zdánlivé (neskutečné) pevné body jsou takové body, kde nedojde k pohybu potrubí při teplotních změnách, protože ho třecí síla udržuje v zablokované poloze. Jestliže je krycí vrstva mezi body 1 a 2 stejná, pak bude předpokládaný pevný bod ležet uprostřed této vzdálenosti.



Pokud se krycí vrstva lineárně mění, vypočítá se poloha zdánlivého pevného bodu přibližně podle tohoto vzorce:

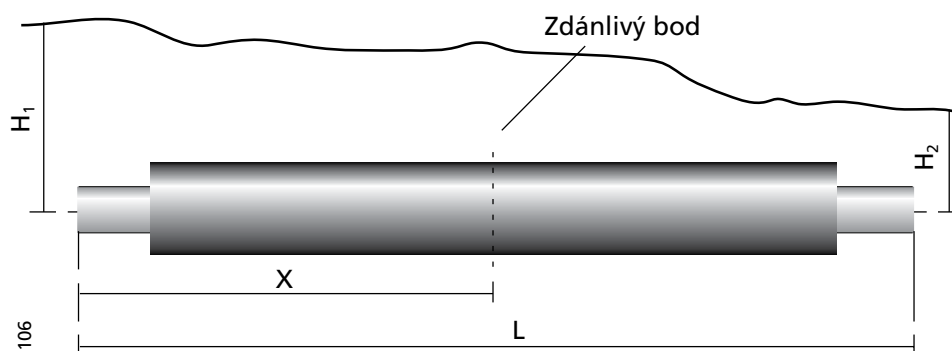
$$X = \frac{L}{3} \cdot \frac{2H_2 + H_1}{H_1 + H_2} \quad [\text{m}]$$

X = délka od bodu 1 k předpokládanému zdánlivému pevnému bodu [m]

L = délka potrubí mezi body 1 a 2 [m]

H_1 = hloubka krycí vrstvy v bodě 1 ke středové linii potrubí [m]

H_2 = hloubka krycí vrstvy v bodě 2 ke středové linii potrubí [m]



Délka potrubí mezi pevným bodem (zdánlivým nebo skutečným) a kompenzačním prvkem nesmí být větší, než je třecí délka.

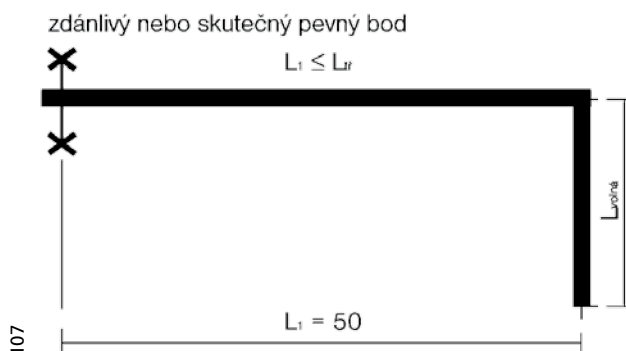
Ohyb "L"

Požadavek:

$$L_1 \leq L_{tr}$$

Příklad:

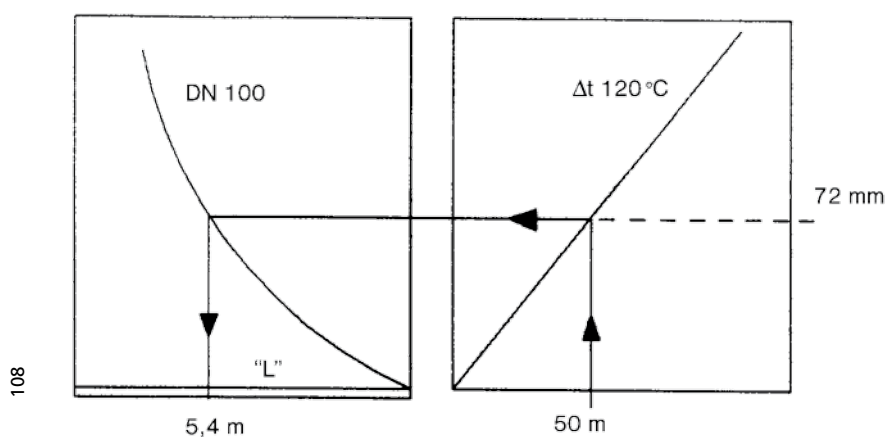
Trubka DN 100 o průměru
plášťové trubky 200 mm
Krycí vrstva ke středové
linii potrubí je 0,8 m, $L = 50$ m
Montážní teplota $+10^\circ\text{C}$
Min. pracovní teplota $+10^\circ\text{C}$
Max. pracovní teplota $+130^\circ\text{C}$



Úkol: Definice délky volného ramene a potřeba pěnových polštářů

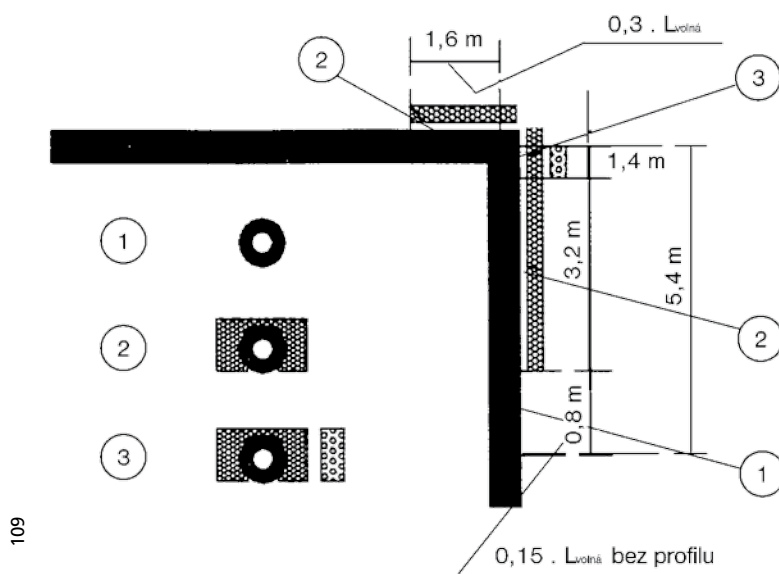
Postup:

1. Třecí délka dle Přílohy č. 1/2 třída izolace 1, DN 100 / 200, krycí vrstva 0,8 m $\Rightarrow L_{tr} = 53$ m
Požadavek: $L_{tr} = 53$ m $>$ 50 m vyhovuje
2. Výpočet max. velikosti pohybu a délky volného ramene pomocí nomogramu. V příloze 1/1.
Délka 50 m a $\Delta t = 130^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C} = 120^\circ\text{C}$
Posuv = 72 mm a min. délka volného ramena 5,4 m.



3. Určení potřeby pěnových polštářů a profilů:

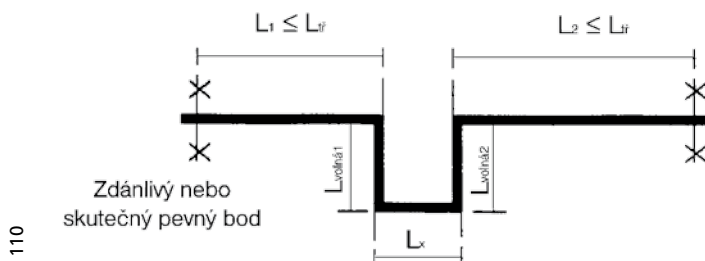
- a) Protože průměr plášťové trubky je menší než 280 mm, použijeme profilů a polštářů.
- b) Posledních 15% délky volného ramene lze instalovat bez použití pěnových vložek
 $5,4 \cdot 0,15 = 0,8 \text{ m}$
- c) Podle nomogramu můžeme určit, že pro délky menší než 4,0 m je zapotřebí jedné dilatační vrstvy - zde profilu.
 Znamená to, že od 0,8 m do 4,0 m potřebujeme pouze profil.
- d) Od 4,0 m do 5,4 m (největší posuv) potřebujeme pěnový profil a pěnový polštář na obou stranách profilu (dvě dilatační vrstvy).
- e) Trubka o délce 5,4 m (volné rameno) se rovněž pohybuje, a proto budeme také pro tuto stranu ohybu potřebovat pěnové profily. Jejich velikost můžeme vypočítat stejným způsobem, jako u delší části ramena. Pro volná ramena kratší než 10 m postačí, z hlediska přesnosti, použít pěnové vložky o délce 30% délky pěnových vložek potřebných pro dilataci delšího ramena delší volné větve potrubí ($0,3 \cdot 5,4 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$), zaokrouhlené na nejbližší decimetr.



109

Ohyb „U“

Ohyb tvaru „U“ funguje optimálně tehdy, je-li na každé jeho straně přibližně stejná délka potrubí (L_1 a L_2).



Požadavky:

$L_1 \leq L_{tr}$ (třecí délka)

$L_2 \leq L_{tr}$ (třecí délka)

$L_x \geq 0,5 \times$ (delší volné rameno L_{vol1} nebo L_{vol2})

$L_x \leq 1,0 \times$ (delší volné rameno L_{vol1} nebo L_{vol2})

$$0,5 < \frac{L_1}{L_2} < 2,0$$

Příklad:

Potrubí: DN 250/ 400 (izolační třída 1)

$L_1 = 65$ m, $L_2 = 75$ m

Krycí vrstva ke středové linii potrubí 0,9 m.

Max. teplotní rozdíl mezi pracovní a montážní teplotou $\Delta t = 110^\circ\text{C}$.

Postup:

1. Kontrola max. montážní délky 65 m a 75 m jsou obě kratší vzdálenosti než třecí délka, která činí 79 m ($L_{tr} = 79$ m, jestliže krycí vrstva je 0,9 m)

$$0,5 < \frac{65}{75} < 2,0 \text{ Vyhovuje}$$

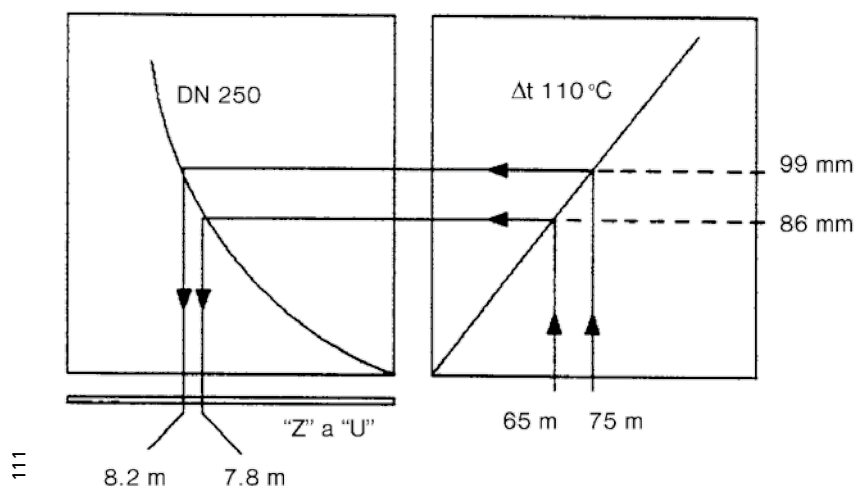
2. Výpočet tepelné dilatace

Výpočet můžeme provést podle nomogramu v Příloze č. 1/1, nebo podle vzorců uvedených v kapitole 1.9.

$L_1 = 65$ m, $\Delta t = 110^\circ\text{C}$, dává $\Delta L = 86$ mm

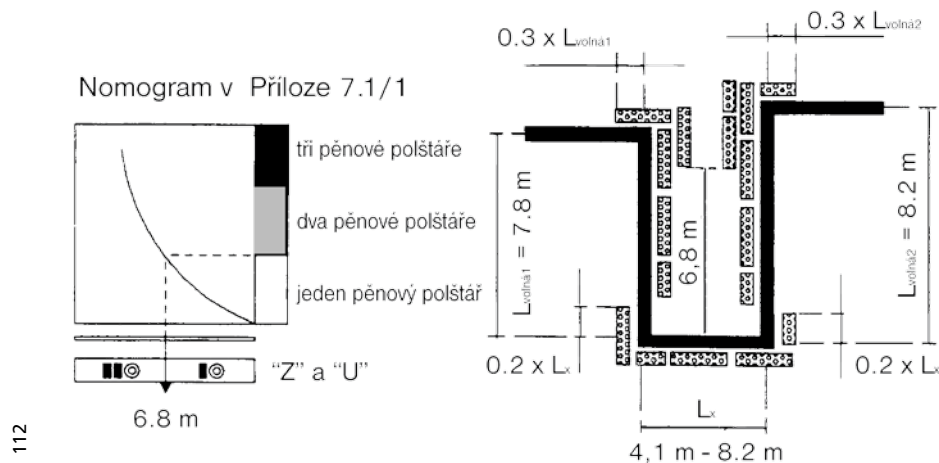
$L_2 = 75$ m, $\Delta t = 110^\circ\text{C}$, dává $\Delta L = 99$ mm

3. Určení délky volného ramena dle nomogramu v Příloze č. 1/1



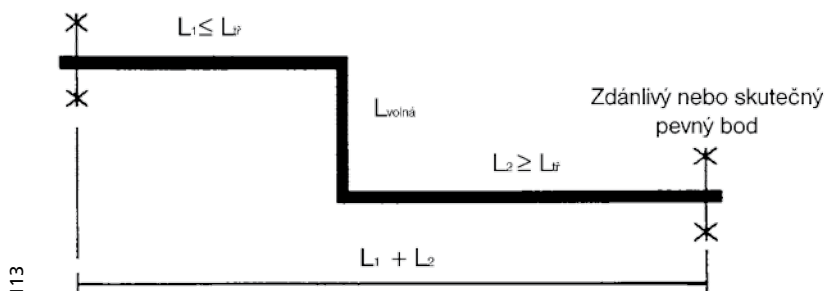
4. Pěnové polštáře/profil

Profily podle nomogramu v Příloze č. 1/1. Protože průměr plášťové trubky je ≥ 250 mm (400 mm) musíme namísto pěnových profilů použít pěnové polštáře.



Ohyb „Z”

Ohyb tvaru „Z” funguje optimálně tehdy, je-li na každé jeho straně přibližně stejná délka potrubí (L_1 a L_2).



Požadavky:

$L_1 \leq L_{tr}$ (třecí délka)

$L_2 \leq L_{tr}$ (třecí délka)

$$0,25 < \frac{L_1}{L_2} < 4,0$$

Příklad:

Potrubí: DN 250/ 400 (izolační třída 1)

$L_1 = 40$ m, $L_2 = 60$ m

Krycí vrstva ke středové linii potrubí 0,9 m.

Max. teplotní rozdíl mezi pracovní a montážní teplotou $\Delta t = 110^\circ\text{C}$.

Postup:

1. Kontrola max. montážní délky 40 m a 60 m jsou obě kratší vzdálenosti, než délka tření, která činí 79 m ($L_{tr} = 79$ m, jestliže krycí vrstva je 0,9 m)

$$0,25 < \frac{40}{60} < 4,0 \text{ Vyhovuje}$$

2. Výpočet tepelné dilatace

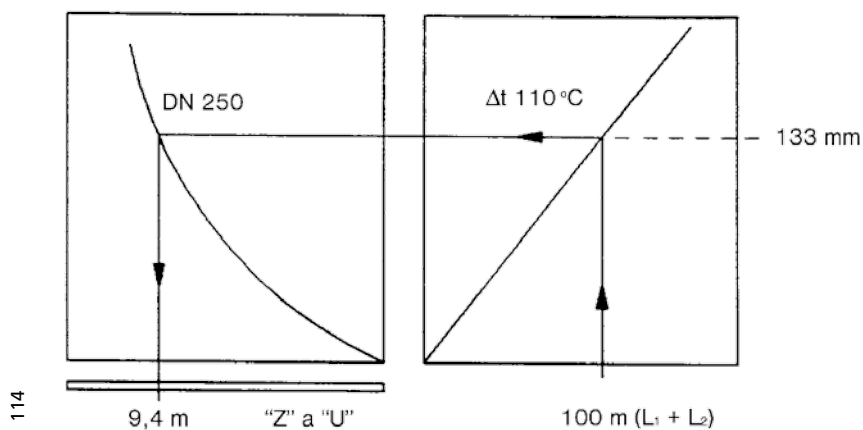
Výpočet můžeme provést podle nomogramu v Příloze č. 1/1 nebo podle vzorců z článku 1.9.

$L_1 = 40$ m, $\Delta t = 110^\circ\text{C}$, dává $\Delta L = 53$ mm \Rightarrow pěnový profil/polštář

$L_2 = 60$ m, $\Delta t = 110^\circ\text{C}$, dává $\Delta L = 79$ mm \Rightarrow pěnový profil/polštář

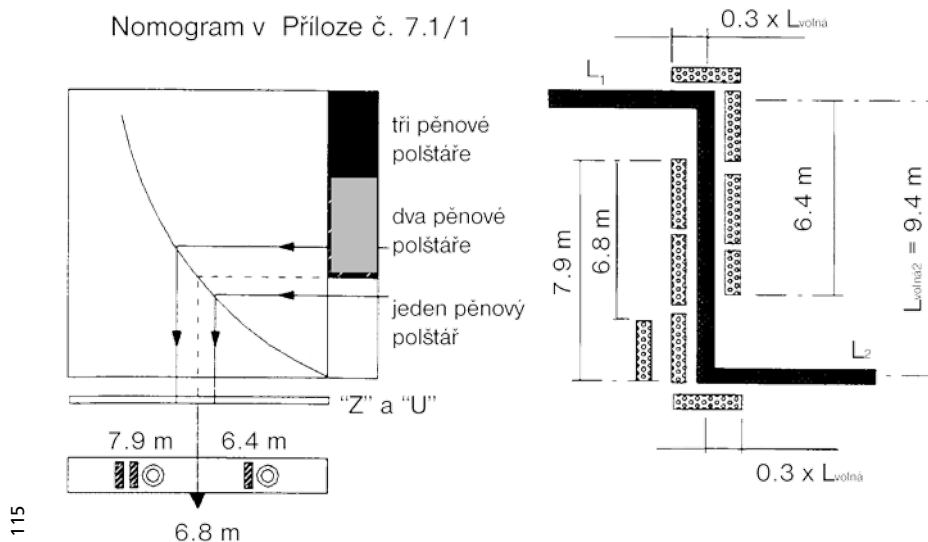
$L_1 + L_2 = 100$ m, $\Delta t = 110^\circ\text{C}$, dává $\Delta L = 132$ mm $\Rightarrow L_{vol}$

3. Určení délky volného ramene dle nomogramu v Příloze č. 1/1



4. Pěnové polštáře/profil

Profily dle nomogramu v Příloze č. 1/1. Protože průměr plášťové trubky je ≥ 250 mm (400 mm), musíme namísto pěnových profilů použít pěnové polštáře.



1.10.2 Montáž s předeřhřevem

Běžně (pro materiál nízkouhlíkové oceli) používáme předeřhřev u potrubních tras, kde bude max. teplotní změna větší než 60°C ($t_{\text{max}} - t_{\text{min}}$) a kde je současně vzdálenost mezi pevným bodem (zdánlivým nebo skutečným) a dilatačním prvkem větší než třecí délka L_{tr} (tzn., kde i vzdálenost mezi dvěma dilatačními prvky je větší než součet dvou třecích délek). Max. napětí ve stěně potrubí potom bude do 150 N/mm^2 . Montáž s předeřhřevem 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.

Upozornění:

O průběhu předeřhřevu, tzn. o počáteční a předeřhřívací teplotě a o dosažených hodnotách dilatace, musí být vypracován protokol.

Trasa předeřhřívání potrubí se skládá ze dvou částí:

Blokovaná část

Rovná část potrubí je upevněna mezi dvěma pevnými body nebo je blokována třecí silou v zemině. Ne-dochází zde k žádnému pohybu. Na potrubí působí napětí v kladném nebo záporném směru. Teplotní změně $\pm 60^{\circ}\text{C}$ odpovídá hodnota napětí $\pm 150 \text{ N/mm}^2$. Hodnota $\pm 150 \text{ N/mm}^2$ je hodnota dovoleného napětí materiálu nízkouhlíkové oceli příp. jejich ekvivalentu.

Pohyblivá část

Potrubní část mezi blokovanou částí a ohybem dilatuje v kladném i záporném směru od počáteční polohy. Ta je dána předeřhřívací teplotou. Musíme však uvažovat s tím, že při nahřívání potrubí na předeřhřívací teplotu již dochází k počáteční dilataci potrubí. Pokud je součet této dilatace a dilatace při pracovní teplotě pro stávající volná ramena příliš veliký, můžeme tuto počáteční dilataci omezit (příp. úplně zrušit) pomocí jednočinných kompenzátorů a délky volných ramen tak zkrátit. Z celkové maximální dilatace potrubí do oblouku určíme minimální délku volného ramene oblouku. 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. Skutečná délka ramene oblouku musí být větší než je volná délka odpovídající celkové maximální dilataci (tzn. dilataci pro celkový maximální teplotní spád) zvětšená koeficientem 1,5. Pokud je skutečná délka menší, než je požadovaná minimální volná délka, musíme zmenšit dilataci do tohoto oblouku tak aby se nám volná délka zmenšila na délku skutečnou. Toho můžeme dosáhnout pomocí pevného bodu, pomocí předeřhřevu s jednočinnými kompenzátory, předeřhnutím volného ramene do záporné polohy (prakticky proveditelné pro DN 20 - 200) nebo tím, že volné rameno obložíme dilatačními pěnovými vložkami tak, jako kdyby nebylo předeřhříváno.

1. Výpočet maximální teplotní změny

Max teplotní rozdíl vypočtený podle přehřívací teploty.

$$\pm \Delta t_{\max} = \frac{\sigma_{\text{dov}} \cdot z}{\alpha_{\text{th}} \cdot E} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Požadavek:

$$| 2 \cdot \Delta t_{\max} | > t_{\max} - t_{\min}$$

$\pm \Delta t_{\max}$ = max. povolený teplotní rozdíl vypočtený podle přehřívací teploty [$^{\circ}\text{C}$]

σ_{dov} = max. dovolené napětí v ocel. potrubí [N/mm^2]

z = součinitel svaru pro spojování potrubí (viz kapitola 1.7)

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, pro nízkouhlíkové oceli)

E = Youngův modul pružnosti ($2,06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, pro nízkouhlíkové oceli)

t_{\min} = min. pracovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_{\max} = max. pracovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Příklad:

Materiál = P 235 GH

σ_{dov} = 150 [N/mm^2]

E = $2,06 \cdot 10^5$ [N/mm^2]

z = 1

$$\pm \Delta t_{\max} = \frac{150 \cdot 1}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = \pm 60,7 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

2. Výpočet přehřívací teploty

Přehřívací teplota odpovídá střední teplotě mezi maximální a minimální pracovní teplotou. Při přehřívání musí být požadovaného prodloužení dosaženo a to buď zvýšením teploty media, nebo snížením tření mezi dnem výkopu a trubicou (např. nadzdvihnutím trubky). Požadované prodloužení se vypočítá z rozdílu přehřívací teploty a teploty těsně před přehřevem.

$$t_{př} = \frac{t_{max} - t_{min}}{2} + t_{min} \quad [^{\circ}C]$$

$t_{př}$ = přehřívací teplota [$^{\circ}C$]

t_{min} = min. pracovní teplota [$^{\circ}C$]

t_{max} = max. pracovní teplota [$^{\circ}C$]

Dá se použít i jiná hodnota, ale vždy musí být splněny tyto podmínky:

$$+ \Delta t_{max} > t_{př} - t_{min}$$

a

$$+ \Delta t_{max} > t_{max} - t_{př}$$

3. Výpočet požadovaného prodloužení

Požadovaná hodnota prodloužení musí být určena pro všechny rovné části potrubí. Je dána vztahy pro posuv v otevřeném výkopu:

$$\Delta L_{pož} = \alpha_{th} \cdot (t_{př} - t_{start}) \cdot L \cdot 1000 \quad [mm]$$

$\Delta L_{pož}$ = požadované prodloužení

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, pro nízkouhlíkovou ocel)

$t_{př}$ = teplota přehřevu [$^{\circ}C$]

t_{start} = teplota v ocel. teplotnosném potrubí těsně před začátkem přehřívání [$^{\circ}C$]
(při této teplotě je hodnota prodloužení potrubí rovna 0)

L = délka přehřívané části potrubí, tj.:

- Rovná část potrubí mezi dvěma oblouky, příp. mezi obloukem a jednočinným kompenzátorem. Dilatace směřuje do těchto prvků.
- Rovná část potrubí mezi dvěma skutečnými nebo zdánlivými pevnými body, mezi kterými je použit jednočinný kompenzátor. Dilatace směřuje do jednočinného kompenzátoru.
- Rovná část potrubí mezi dvěma skutečnými pevnými body, které se betonují při přehřívací teplotě. Dilatace směřuje ven z budoucího betonového bloku.

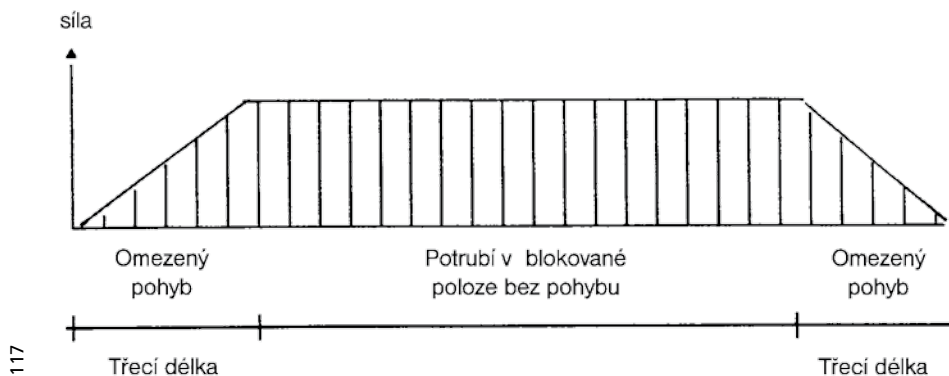
Způsoby montáže předehřátého potrubí

V zásadě jsou čtyři nejpoužívanější způsoby:

- Zasypání nahřátého potrubí ve výkopu pískem a zeminou
- Zasypání nahřátého potrubí s jednočinnými kompenzátory ve výkopu pískem a zeminou
- Použití jednočinných kompenzátorů a pevných bodů
- Zabetonování pevných bodů nahřátého potrubí

a) Zasypání nahřátého potrubí ve výkopu pískem a zeminou

Vytvořená třecí síla zeminy, působící na potrubí (síla):



- Potrubí je podsypáno pískem.
- Potrubí se nahřátím prodlouží na požadovanou délku před zasypáním výkopu. Požadovaného posuvu musí být dosaženo. K tomu je někdy nutné potrubí nahřát na vyšší teplotu nebo ho nadzvednout a popotáhnout.
- Potrubí musí být udržováno na předehřáté teplotě (v prodlouženém stavu), dokud není výkop řádně zasypán.
- Konec potrubí se po zasypání bude přibližně posouvat podle vztahu uvedeného v kapitole 1.9.

$$\Delta L_{\text{red}} = 0,8 \cdot \alpha_{\text{th}} \cdot L_{\text{tř}} \cdot \Delta t \quad [\text{m}]$$

ΔL_{red} = redukováná změna délky

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, pro nízkouhlíkovou ocel)

$L_{\text{tř}}$ = třecí délka [m] viz Příloha č. 1/2,3

Δt = max. teplotní rozdíl potrubí v porovnání s teplotou předehřevu [°C]

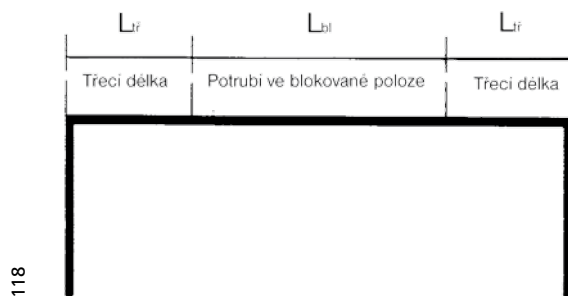
Upozornění:

Předehřev části potrubí: U dříve předehřívané a zasypané části potrubí dochází při vychladnutí ke zkrácení její délky. Tuto hodnotu je nutno připočítat k požadovanému prodloužení další části předehřívajícího potrubí.

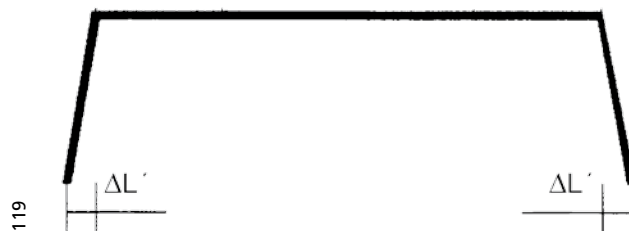
- a5) Konce dilatující části potrubí musí být kompenzovány volnými rameny nebo pomocí vlnovcových kompenzátorů. Mohou být rovněž kompenzovány tradičními volnými rameny a předehtím. V případě krátkých volných ramen musí být potrubí předem ohnuto (podle vyobrazení), pak teprve je možno zahájit předehtívání. Potrubí musí být svařeno a spojeno bez úhlových natočení na spojích a pak ohnuto do předepjaté polohy. Pokud by pohyb byl příliš velký, je nutno použít jednočinný kompenzátor, pevný bod nebo trasu rozdělit na více pohyblivých úseků.

Předohnuté volné rameno

Během svařování a spojování potrubí.



Po ohnutí volné větve do předpjeté polohy



Výpočet posuvu na konci volného ramene:

$$\Delta L' = \alpha_{th} \cdot (t_{př} - t_{start}) \cdot (0,5 \cdot L_{bl} + L_{tr}) \cdot 1000 \quad [\text{mm}]$$

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, pro nízkouhlíkovou ocel)

$t_{př}$ = předehtivací teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_{start} = teplota potrubí těsně před začátkem předehtěvu [$^{\circ}\text{C}$]

L_{bl} = délka potrubí blokována třecí silou [m]

L_{tr} = třecí délka [m]

b) Zасыпání nahřátého potrubí s jednočinnými kompenzátory ve výkopu pískem a zeminou

- b1) Potrubí je podsypáno pískem. Je možno ho pro lepší vedení lokálně zasypat nebo obsypat pískem. V okolí jednočinných kompenzátorů je toto vedení nutností. Při obsypávání je nutno respektovat požadavky na volné délky odboček, které musí odpovídat celkové dilataci. Tento způsob předehřevu je výhodný, protože ve stěnách potrubí nezůstanou po jeho předehřevu a zasypání téměř žádná zbytková napětí a počet jednočinných kompenzátorů je určen jejich dilatační schopností. V případě nutnosti lze potrubí zasypat ještě před předehřevem pískem a zeminou a ponechat pouze nezasypané jednočinné kompenzátory. Při tomto způsobu předehřevu však ve stěnách potrubí zůstává mezi kompenzátory zbytkové napětí. Počet jednočinných kompenzátorů je dán jak jejich dilatační schopností, tak i třecími silami, které působí na potrubí.
- b2) Teplota se zvýší na takovou hodnotu, až je dosaženo žádoucího prodloužení potrubí. Celkové prodloužení je dáno součtem posuvů v obloucích na začátku a na konci přímého předehřívání úseku a v jednočinných kompenzátorech v tomto úseku. Pak se jednočinné kompenzátory svaří do zajištěné polohy. Potrubí se zasype pískem a zeminou, kromě jednočinných kompenzátorů. Potom se teplota sníží na 10-40°C.
- b3) Jednočinné kompenzátory se zaizolují a zasypou pískem a zeminou. Potrubí je možno uvést do provozu.

UPOZORNĚNÍ:

1. Jednočinné kompenzátory jsou zajištěny pouze svary pro dopravu, proto je nutné vzít v úvahu vliv:
 - a. studené vody při tlakové zkoušce dlouhých tras, která by mohla způsobit ochlazení a smrštění potrubí, a tím roztažení jednočinných kompenzátorů
 - b. zkušebního přetlaku, který by mohl způsobit roztažení kompenzátoru

Vlivu studené vody zamezíme pomocí přídavných dočasných svarů na jednočinných kompenzátorech.

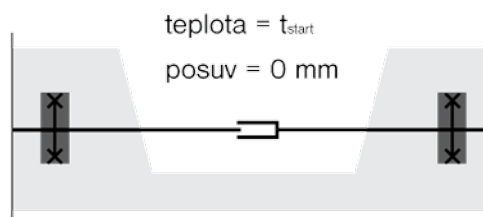
Tyto svary musí být na začátku předehřevu odstraněny. Vlivu zkušebního přetlaku zamezíme buďto pomocí dočasných svarů na jednočinných kompenzátorech nebo zasypáním potrubí pískem a zeminou v potřebné délce. Zemina v zasypaném úseku musí vyvolat třecí síly, které jsou alespoň tak velké jako síla způsobená tlakem v kompenzátoru. Dočasné svary musí být rovněž na začátku předehřevu odstraněny.

2. Použit jednočinný kompenzátor pouze na přívodním potrubí je možno pouze za předpokladu, že vratné potrubí nemůže ve výkopu při předehřevu žádným směrem vybočit, nebo když vratné potrubí nebude nahříváno. Přívodní a vratné potrubí ale nesmí být při provozu zaměněno!

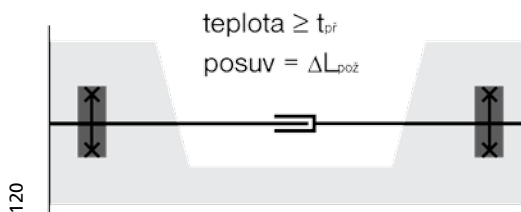
c) Použití jednočinných kompenzátorů a pevných bodů

c1) Potrubí je podsypáno. Je možno ho pro lepší vedení lokálně zasypat nebo obsypat pískem. V okolí jednočinných kompenzátorů je toto vedení nutností. Při obsypávání je nutno respektovat požadavky na volné délky odboček, které musí odpovídat celkové dilataci. Tento způsob předehřevu je výhodný, protože ve stěnách potrubí nezůstanou po jeho předehřevu a zasypání téměř žádná zbytková napětí a počet jednočinných kompenzátorů je určen jejich dilatační schopností. V případě nutnosti lze potrubí zasypat ještě před předehřevem pískem a zeminou a ponechat pouze nezasypané jednočinné kompenzátory. Při tomto způsobu předehřevu však ve stěnách potrubí zůstává mezi kompenzátory zbytkové napětí. Počet jednočinných kompenzátorů je dán jak jejich dilatační schopností, tak i třecími silami, které působí na potrubí.

c2) Teplota potrubí je stejná jako počáteční teplota. Pevné body jsou zalaty betonem. Po jejich vytvrdnutí se zasypou zeminou a ta se dobře upěchuje.



c3) Teplota se zvýší na takovou hodnotu, až je dosaženo žádoucího posuvu potrubí. Pak se jednočinný kompenzátor svaří obvodovým svarem do zajištěné polohy. Teplota se sníží na 10-40°C.



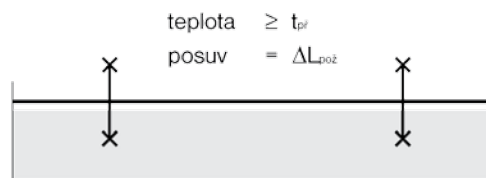
c4) Po zaizolování jednočinného kompenzátoru lze potrubí zasypat pískem a zeminou. Potrubí je možno uvést do provozu.

UPOZORNĚNÍ:

1. Jednočinné kompenzátory jsou zajištěny pouze svary pro dopravu, proto je nutné u dlouhých tras vzít v úvahu vliv studené vody při tlakové zkoušce, která by mohla způsobit ochlazení a smrštění potrubí, a tím roztažení jednočinných kompenzátorů. Vlivu studené vody zamezíme pomocí dočasných svarů na jednočinných kompenzátorech. Tyto svary musí být na začátku předehřevu odstraněny.
2. Použit jednočinný kompenzátor pouze na přívodním potrubí je možno pouze za předpokladu, že vratné potrubí nemůže ve výkopu při předehřevu vybočit nebo když vratné potrubí nebude nahříváno. Přívodní a vratné potrubí ale nesmí být při provozu zaměněno!

d) Zabetonování pevných bodů nahřátého potrubí

d1) Teplota v potrubí se zvýší na teplotu přehřátí nebo na tak vysokou hodnotu, při níž se dosáhne žádoucího posuvu.



d2) Pevný bod se zalije betonem, který se nechá vytvrdnout. Potrubí je přitom v prodlouženém stavu. Betonový blok pevného bodu musí dobře vytvrdnout.



d3) Potrubí je průběžně udržováno v prodlouženém stavu a přitom se pevné body zakryjí dobře udusaným pískem.



d4) Po zasypání pevných bodů můžeme zasypat celé potrubí a uvést ho do provozu.

121

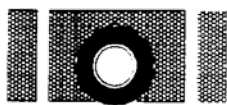
Kompensace dilatací pohyblivé částí předeřátého potrubí

Potrubí montované s předeřevem se dále při změnách teploty pohybuje v kladném nebo záporném směru. To znamená, že pěnové polštáře a profily je nutno umístit symetricky na obě strany potrubí, kam dojde k posuvu potrubí, a to nad hodnoty 5 mm. Při předeřátém stavu potrubí nesmějí být pěnové vložky ve výkopu smáčknuty. S ohledem na předpokládané dilatace je proto nutno šířku výkopu v oblasti pěnových vložek zkontrolovat. Posuv potrubí způsobený změnou teploty může být kompenzován pomocí ohybů "L", "U" a "Z".

Max. velikost kompenzace pomocí pěnových polštářů, je-li vnější průměr plášťové trubky menší nebo roven 250 mm.



± 40 mm

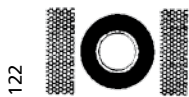


± 105 mm



± 170 mm

Max. velikost kompenzace pomocí pěnových polštářů, je-li vnější průměr plášťové trubky větší nebo roven 280 mm.



± 65 mm



± 130 mm



± 195 mm

Je třeba ověřit výpočtem teplotu na PEHD plášti potrubí.

Používáme-li předeřívacího způsobu montáže, je požadovaná délka volného ramene menší.

Jako projektovou teplotu pro stanovení délky volného ramene používáme max. teplotní rozdíl mezi teplotou předeřátí a max. nebo min. teplotou.

Ohyb "L"

Příklad:

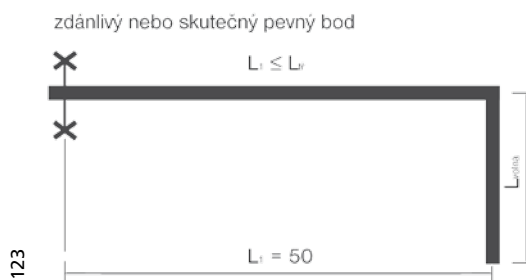
Trubka DN 150/250

Krycí vrstva ke středu potrubí 0,8 m

Předeřívací teplota +70°C

Min. teplota +10°C

Max. teplota +130°C



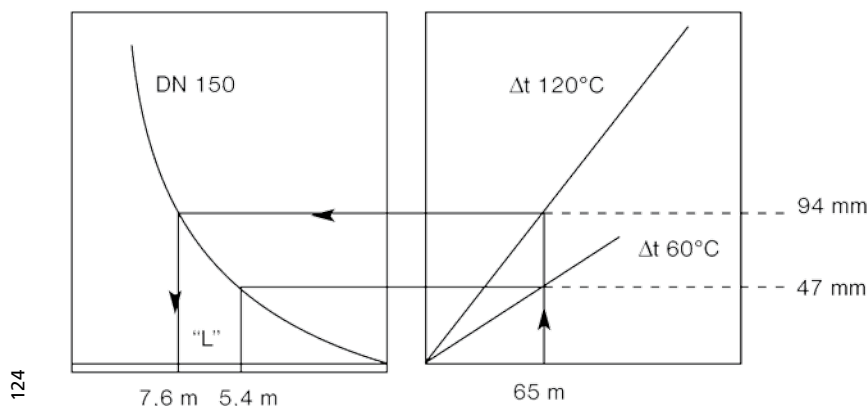
Úkol:

Definování délky volného ramene a velikosti pěnového profilu.

Postup:

1. Třecí délka podle Přílohy č. 1/1, izolační třída 1
 DN150/250, krycí vrstva 0,8 m $\Rightarrow L_{tr} = 70$ m
 Požadavek: $L_{tr} = 70$ m $>$ 65 m vyhovuje

Nomogram v Příloze 1/1



2. Určení velikosti posuvu a délky volného ramene za použití nomogramu:

- a) celkový posuv

Délka 65 m, $\Delta t = 130^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 120^{\circ}\text{C}$

\Rightarrow Posuv 94 mm a volné rameno v otevřeném výkopu při předeřevu $7,6 \cdot 1,5 = 11,4$ m

Volná délka ramene předeřívaného potrubí položeného v otevřeném výkopu, tzn. vzdálenost od oblouku k průchodu zdí nebo k pevnému bodu, je minimálně 11,4 m.

- b) pracovní posuv

Délka 65 m, $\Delta t = 130^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C} = 60^{\circ}\text{C}$

\Rightarrow Posuv 47 mm a volné rameno 5,4 m

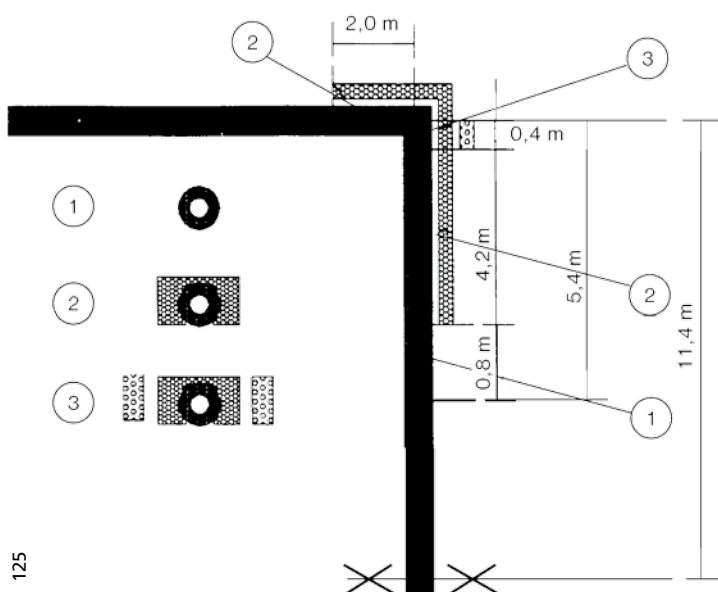
3. Určení potřeby pěnových profilů a polštářů

- a) Protože průměr plášťové trubky je menší než 250 mm, použijeme profilů a polštářů.

- b) Posledních 15% délky volného ramene lze instalovat bez použití pěnových vložek.

$5,4 \cdot 0,15 = 0,8$ m

- c) Podle nomogramu můžeme určit, že pro délky menší než 5,0 m je zapotřebí jen jedné dilatační vrstvy - zde profilu. Znamená to, že od 0,8 m do 5,0 m potřebujeme pouze pěnový profil.
- d) Od 5,0 m do 5,4 m (největší posuv) potřebujeme pěnový profil a pěnový polštář po obou stranách profilu (dvě dilatační vrstvy).
- e) Dále řešíme dilataci i v kolmém směru. Potrubní část o délce 11,4 m bude rovněž dilatovat a proto budeme také pro tuto stranu ohybu potřebovat pěnové dilatační vložky. Jejich velikost můžeme vypočítat stejným způsobem jako u předešlé části oblouku. Pro volná ramena, která jsou menší než 10 m, postačí, z hlediska přesnosti, když použijeme pěnové vložky o délce 30% délky pěnových vložek potřebných pro dilataci předešlé delší pohyblivé části potrubí.



1.10.3 Montáž za studena

Rovné a dlouhé úseky potrubí lze montovat i bez předehřevu. Při tomto způsobu montáže je, při teplotním rozdílu $\Delta t = 120^\circ\text{C}$, dosahováno napětí ve stěně potrubí 300 MPa. Dovolené napětí 150 MPa je tedy překročeno dvojnásobně a dochází zde k plastickým deformacím. V tomto případě je podstatný počet plných i částečných cyklů během předpokládané životnosti potrubí. V případě bližšího zájmu o tuto montážní metodu se obraťte na zástupce společnosti Uponor Infra Fintherm a.s.

1.11 Použití některých potrubních prvků

1.11.1 Oblouky s úhlem menším než 90°

$60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

Pokud je posuv kompenzován ohybem v úhlu $60^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, musí být volné rameno zvětšeno faktorem $1/\sin\alpha$.

$15^\circ < \alpha < 60^\circ$

Ohyby v úhlech $15^\circ < \alpha < 60^\circ$ nejsou doporučovány jako kompenzační prvek pro tepelnou dilataci. Vzhledem k nárůstu napětí v oblouku nedoporučujeme tyto oblouky v návrhu potrubních tras používat.

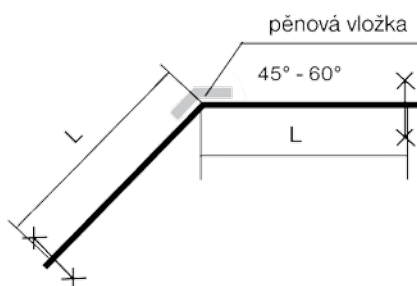
$\alpha \leq 15^\circ$

Ohyby $\alpha \leq 15^\circ$ a změny směru ve spojích jsou považovány za přímé potrubní trasy. Zohledněte přídatné požadavky z kapitoly 1.8.2.

$45^\circ \leq \alpha < 60^\circ$

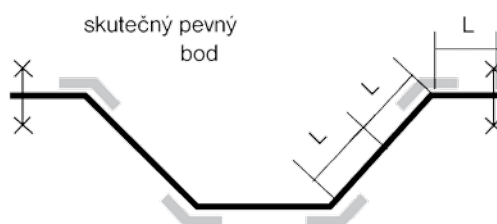
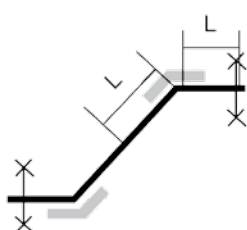
Ohyby $45^\circ \leq \alpha < 60^\circ$ mohou být použity, pokud je to nezbytné, pro malé teplotní dilatace v následujících případech:

1. Za použití dvou pevných bodů

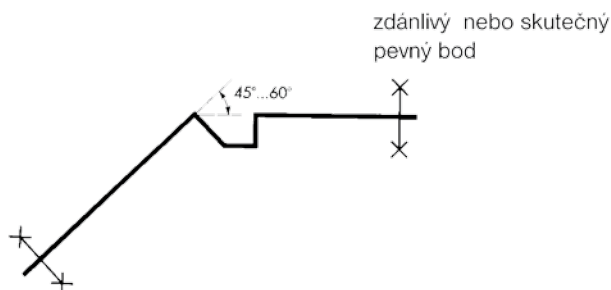


Jmenovitá světlost	Délka úseku L
DN 20 - 80	max. 14 m
DN 100 - 125	max. 8 m
DN 150 - 250	max. 6 m
DN 300 - 600	max. 4 m

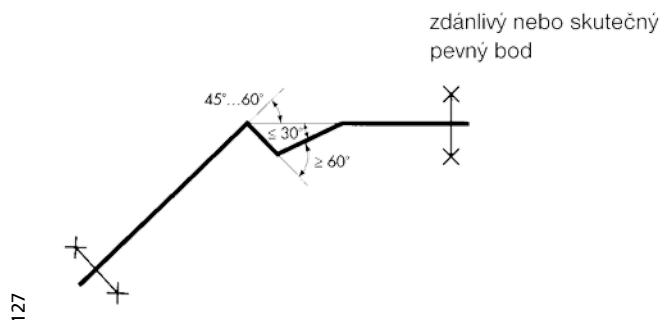
126



2. Za použití asymetrického U - ohybu 45° - 60°



3. Za použití asymetrického Z - ohybu



30° < α < 45°

Použití ohybů s úhlem 30° < α < 45° se v obvyklé praxi nedoporučuje. Pokud se tyto hodnoty úhlů vyskytnou, doporučujeme rozdělit ohyb na několik úhlů do 15°:



Náhyb ve spoji

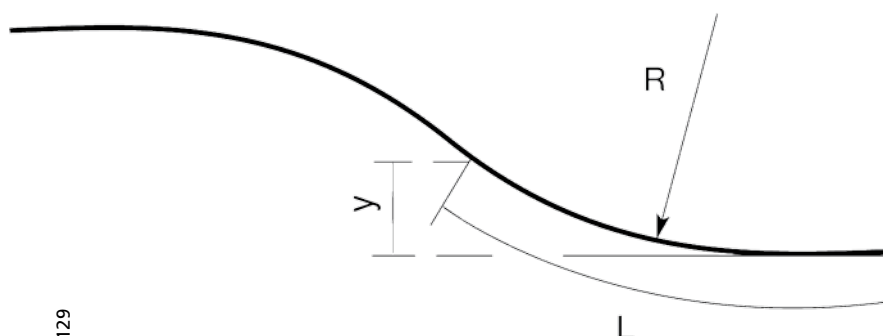
Malé úhly ve vedení potrubí lze řešit i náhybem ve spoji při svařování trubek. Max. úhlová změna při svařování ocel. potrubí o stejné tloušťce stěny:

Jmenovitá světlost	max. úhel
DN 20 - 250	3,0°
DN 300 - 350	2,5°
DN ≤ 400	1,5°
DN ≤ 500	1,0°
DN ≤ 700	0,8°

Táhlé oblouky

Změny směru do 35° je možno vyřešit použitím strojně ohýbaných táhlých oblouků.

1.11.2 Potrubí elasticky ohnuté na staveništi



129

Menší průměry potrubí do dimenze DN 100 s úhly do 15° se ohýbají elasticky na stavbě. Tato metoda je vhodná pro všechny způsoby montáže uvedené v tomto katalogu.

DN	Min. radius R (m)	Výška y (m)	Délka úseku L (m)
20	15	1,18	6
25	18	0,99	6
32	23	3,06	12
40	26	2,72	12
50	33	2,16	12
65	41	1,74	12
80	48	1,49	12
100	62	1,16	12

1.11.3 Redukce

Používání redukce podléhá určitým požadavkům, které jsou dány rozdílným průřezem potrubí před a za redukcí.

Příklad:

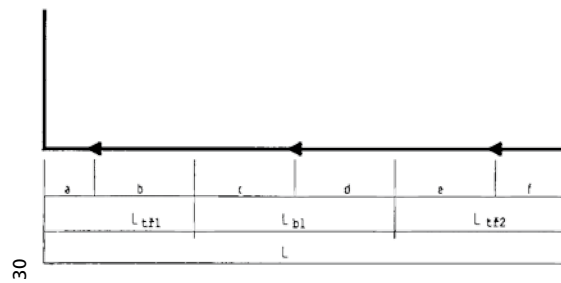
krycí hloubka k ose potrubí $H = 1\text{ m}$

$a = 10\text{ m}$, DN50

$b+c = 40\text{ m}$, DN65

$d+e = 40\text{ m}$, DN80

$f = 15\text{ m}$, DN100



Úkol:

Vypočítat Δt_{\max} na potrubním úseku s redukcemi.

1. Zjistíme, zda redukce leží v pohyblivé nebo v blokové části. Vypočítáme třecí délku (pohyblivou část) na straně s menším rozměrem:
Odhadnutému $\Delta t_{\max} = 60,7^\circ\text{C}$ odpovídá $\sigma_{bc} = 150\text{ MPa}$ viz 1.7

$$F = \sigma_{bc} \cdot S_{bc} = 150 \cdot 667 = 100050\text{ N}$$

$$b = \frac{F - F_{\mu a} \cdot a}{F_{\mu bc}} = \frac{100050 - 2774 \cdot 10}{3107} = 23,3\text{ m}$$

(b má kladnou hodnotu => redukce leží v pohyblivé části)

σ_{bc} = dovolené napětí v průřezu S_{bc} [MPa]

S_{bc} = průřez trubky DN65 [mm²]

F = max. axiální síla v pohyblivé části [N]

$F_{\mu a}$ = třecí síla v trubce DN 50 [N/m]

$F_{\mu bc}$ = třecí síla v trubce DN 65 [N/m]

$$L_{tr1} = a+b = 10 + 23,3 = 33,3\text{ m}$$

2. Zjistíme, jaké jsou v blokové části poměry axiálních napětí mezi jednotlivými redukcemi.
Krajní napětí v blokové části je stejné jako maximální napětí z pohyblivé části.

$$\sigma_{de} = \frac{\sigma_{bc} \cdot S_{bc}}{S_{de}} = \frac{150 \cdot 667}{862} = 116,1\text{ MPa}$$

σ_{de} = napětí v trubce DN80 [MPa]

σ_{bc} = napětí v trubce DN65 [MPa]

S_{bc} = průřez trubky DN65 [mm²]

S_{de} = průřez trubky DN80 [mm²]

3. Vypočítáme třecí délku na opačné straně úseku L

$$e = \frac{\sigma_{de} \cdot S_{de} - F_{\mu f} \cdot f}{F_{\mu dr}} = \frac{116,1 \cdot 862 - 4438 \cdot 15}{3550} = 9,4 \text{ m}$$

(e má kladnou hodnotu => redukce leží v pohyblivé části)

σ_{de} = napětí v trubce DN80 [MPa]

S_{de} = průřez trubky DN80 [mm²]

$F_{\mu f}$ = třecí síla trubky DN100 [N/m]

$F_{\mu de}$ = třecí síla trubky DN80 [N/m]

$$L_{tř2} = e + f = 9,4 + 15 = 24,4 \text{ m}$$

4. Vypočítáme nárůst axiální síly v blokované části v závislosti na teplotě

$$L_{bl} = L - L_{tř1} - L_{tř2} = 10^5 - 33,3 - 24,4 = 47,3 \text{ m}$$

$$c = 40 - b = 40 - 23,3 = 16,7 \text{ m}$$

$$d = 40 - e = 40 - 9,4 = 30,6 \text{ m}$$

$$F' = \frac{\alpha_{th} \cdot L_{bl} \cdot E}{\frac{c}{S_{bc}} + \frac{d}{S_{de}}} = \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 47300 \cdot 2,06 \cdot 10^5}{\left(\frac{16,7}{667} + \frac{30,6}{862}\right) \cdot 1000} = 1931,4 \text{ N/K}$$

F' = nárůst axiální síly v blokované části v závislosti na teplotě [N/K]

S_{bc} = průřez trubky DN65 [mm²]

S_{de} = průřez trubky DN80 [mm²]

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ pro nízkouhlíkovou ocel)

E = Youngův modul pružnosti ($2,06 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ pro nízkouhlíkovou ocel)

5. Vypočítáme nárůst předpokládaného nejvyššího axiálního napětí v blokované části (leží na nejmenším rozměru) v závislosti na teplotě.

$$\sigma' = \frac{F'}{S_{bc}} = \frac{1931,4}{667} = 2,896 \text{ MPa/K}$$

6. Vypočítáme maximální dovolený teplotní rozdíl v blokované části.

$$\Delta t_{\max} = \frac{\sigma_{\text{dov}}}{\sigma'} = \frac{150}{2,896} = 51,8 \text{ K}$$

7. V druhém výpočtovém cyklu se vrátíme zpět do bodu 1 a spočítáme nové hodnoty pro $\Delta t_{\max} = 51,8 \text{ K}$. Potom ve výpočtu pokračujeme až do bodu 6. Provedeme tolik výpočtových cyklů, dokud se Δt_{\max} nepřestane v požadované přesnosti měnit. V tomto příkladu je konečná hodnota $\Delta t_{\max} = 52,2 \text{ K}$.

$$L_{\text{tr1}} = 28,8 \text{ m}, L_{\text{tr2}} = 20,5 \text{ m}.$$

Maximální dovolený teplotní rozdíl Δt_{\max} na kontrolovaném potrubním úseku je 52 K (maximální pracovní teplota vzhledem k montážní nebo minimální teplotě).

V případě, že nemůžeme tuto podmínku splnit, změníme poměr napětí v potrubním úseku následujícími úpravami:

- posunutím redukce směrem k většímu DN
- zrušením redukce a použitím pouze většího rozměru DN
- použitím pevného bodu
- použitím kompenzátorů
- použitím paralelních odboček a oblouků na hlavní trase místo elevační odbočky.



Jedno z možných řešení

1.11.4 Odbočka „T“ vyvýšená a paralelní

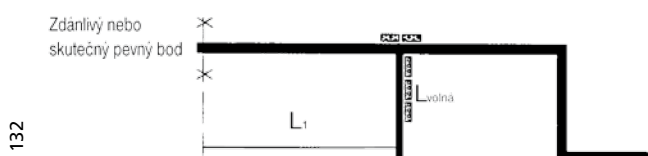
Vyvýšenou a paralelní odbočku T je nutno zajistit proti účinkům pohybu hlavního potrubí. Aby volná část odbočky mohla absorbovat pohyby hlavního potrubí, musí být dostatečně dlouhá. Kvůli různému zatížení **vyvýšené odbočky „T“** a ohybu „L“ je nutno délku volného ramena zjištěnou z nomogramu přílohy č.1/1 pro ramena „L“, zvětšit součinitelem 1,25. Délka ramene **paralelní odbočky „T“** se spočítá jako volná délka oblouku „L“, tedy z nomogramu přílohy č.1/1.

Příklad:

Vyvýšená odbočka, odbočné potrubí DN 250/400.

Vzdálenost mezi pevným bodem a odbočkou $L_1 = 40$ m.

Max. teplotní rozdíl mezi pracovní a montážní teplotou $\Delta t = 110$ K



Postup:

1. Výpočet tepelné dilatace

Můžeme počítat podle nomogramu, který je uveden v příloze č. 1/1 nebo podle vzorců uvedených v kapitole 1.9.

$$L_1 = 40 \text{ m}, \Delta t = 110 \text{ K}, \text{ dává } \Delta L = 53 \text{ mm}$$

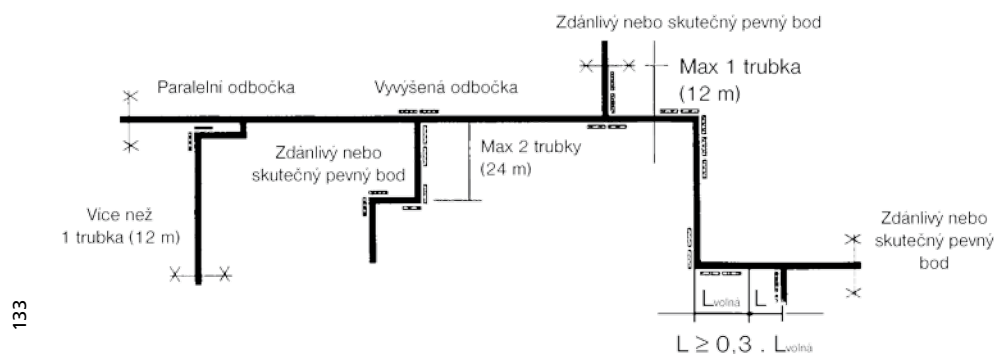
2. Určení délky volného ramene

- Délku volného ramene vypočítáme podle nomogramu v příloze č. 1/1 a podle příkladu pro ohyb tvaru „L“
- Prodloužení 53 mm dává délku volného ramena 7,2 m (na stupnici „L“) - Kvůli různému zatížení odbočky T a ohybu „L“ je nutno délku volného ramena zvětšit součinitelem 1,25. Tím dostaneme konečnou délku volného ramene $(1,25 \cdot 7,2 = 9,0 \text{ m})$.

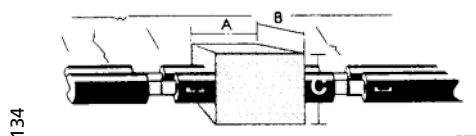
3. Pěnové polštáře/profil

- Pěnové polštáře se instalují stejným způsobem jako v případě ohybu „L“
- Je-li průměr odbočky větší než 40% průměru hlavního potrubí, pak musí být pěnové polštáře/profil instalovány také na protější straně přípojky.

Doporučení pro T-odbočky:



1.12 Pevný bod - kotvící blok pro Weotherm® Standard



Rozměry betonového kotvícího bloku:

1. pro standardní tloušťky stěn medionosných trubek

d x s (mm) x (mm)	F _{celk} (kN)	A (m)	B (m)	C (m)
26,9 x 2,6	120	0,5	0,7	0,5
33,7 x 2,6	120	0,5	0,7	0,5
42,4 x 2,6	120	0,5	0,7	0,5
48,3 x 2,6	140	0,5	0,7	0,6
60,3 x 2,9	200	0,7	1,0	0,6
76,1 x 2,9	230	0,7	1,0	0,7
88,9 x 3,2	280	0,7	1,1	0,8
114,3 x 3,6	420	0,8	1,5	0,9
139,7 x 3,6	520	0,9	1,5	1,1
168,3 x 4,0	690	1,0	1,9	1,2
219,1 x 4,5	1050	1,4	2,5	1,3
273,0 x 5,0	1450	1,5	3,4	1,4
323,9 x 5,6	1900	2,0	4,2	1,4

F_{celk} - celková osová síla působící na betonový blok

2.1. pro nestandardní tloušťky stěn medionosných trubek

d x s (mm) x (mm)	F _{celk} (kN)	A (m)	B (m)	C (m)
26,9 x 2,9	120	0,5	0,7	0,5
33,7 x 2,9	120	0,5	0,7	0,5
42,4 x 2,9	120	0,5	0,7	0,5
48,3 x 2,9	140	0,5	0,7	0,6
60,3 x 3,2	200	0,7	1,0	0,6
76,1 x 3,6	260	0,9	1,0	0,7
88,9 x 4,0	340	1,0	1,2	0,8
114,3 x 4,0	450	1,1	1,4	0,9
133,0 x 4,5	580	1,1	1,6	1,1
159,0 x 5,0	790	1,3	2,0	1,2
219,1 x 6,3	1400	1,5	3,3	1,4
273,0 x 7,1	2000	1,9	4,5	1,4
323,9 x 7,1	2400	2,0	5,5	1,4

F_{celk} - celková osová síla působící na betonový blok

2.2. bezešvé trubky pro vysokokorozní prostředí

d x s (mm) x (mm)	F _{celk} (kN)	A (m)	B (m)	C (m)
26,9 x 4,5	100	0,7	0,6	0,4
33,7 x 4,5	130	0,8	0,6	0,5
42,4 x 4,5	170	0,8	0,7	0,6
48,3 x 4,5	200	0,8	0,9	0,6
60,3 x 5,0	280	0,9	1,0	0,8
76,1 x 7,1	490	1,0	1,6	1,0
88,9 x 7,1	560	1,0	1,9	1,0
114,3 x 8,0	850	1,2	2,2	1,3
133,0 x 8,0	1000	1,2	2,7	1,3
159,0 x 10,0	1450	1,2	4,3	1,3
219,1 x 10,0	2100	2,0	5,1	1,3
273,0 x 11,0	2900	2,0	7,0	1,4
323,9 x 11,0	3500	2,0	8,6	1,4

F_{celk} - celková osová síla působící na betonový blok

Rozměry pevných bodů pro větší DN je nutno spočítat přesným statickým výpočtem.

Všechny kotvící bloky byly vypočítány s použitím těchto parametrů:

Vnitřní přetlak v přívodním a zpětném potrubí	1,6 MPa
Hloubka krycí vrstvy ke středové linii potrubí	0,8 m
Kompresní tlak zeminy	150 kN/m ²
Součinitel tření mezi zeminou a betonem	0,8
Relativní pohyb kotvícího bloku menší než	2% rozměru A
Min. pevnost betonu	25 MN/m ²

Blok je zatížen přívodním a zpětným potrubím o délce, která je rovna třetí délce.

Minimální rozměry betonu a oceli

Ocelová deska (kruh) na předizolovaném pevném bodu musí mít minimální vrstvu betonu na každé straně čelní plochy takto:

Rozměr potrubí	Min. tloušťka betonové vrstvy
DN 20 - DN 40	200 mm
DN 50 - DN 125	300 mm
DN 150 - DN 300	400 mm

Upozornění:

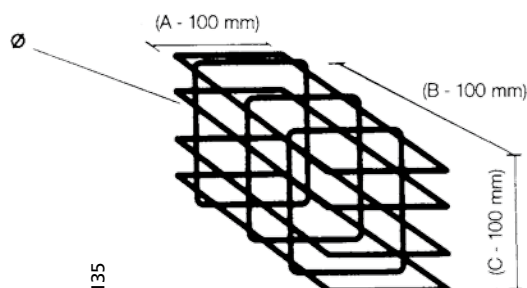
Před vystavením bloků účinkům působících sil musí být beton řádně vytvrdlý.

Železobetonová výztuž

Rozměr potrubí
DN 20 - DN 40
DN 50 - DN 125
DN 150 - DN 300

průměr drátů z betonářské oceli
ø 8 mm
ø 12 mm
ø 20 mm

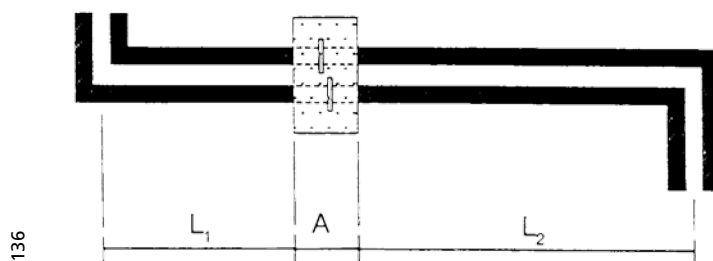
Výztuž musí být pokryta betonovou vrstvou o tloušťce min. 35 mm.



Úprava rozměrů bloku z důvodu jiných délek trubek

Pokud je délka potrubí na každé straně bloku jiná, doporučujeme upravit rozměry kotvícího bloku.

Výpočet relativního poměru r_μ třecí délky:



$$r_\mu = \frac{|L_1 - L_2|}{L_{tr}} \cdot 100 \quad [\%]$$

r_μ = relativní poměr třecí délky

L_1 = délka potrubí na levé straně kotvícího bloku [m]

L_2 = délka potrubí na pravé straně kotvícího bloku [m]

L_{tr} = třecí délka podle hloubky krycí vrstvy (viz Příloha č. 1/2,3) [m]

Pomocí součinitele r_μ můžeme buď upravit výšku C nebo šířku B betonového bloku:

$$B' = \frac{r_\mu}{100} \cdot B \quad [\text{m}] \quad \text{nebo} \quad C' = \frac{r_\mu}{100} \cdot C \quad [\text{m}]$$

B' = nová šířka kotvícího bloku [m]

B = šířka kotvícího bloku v tabulce [m]

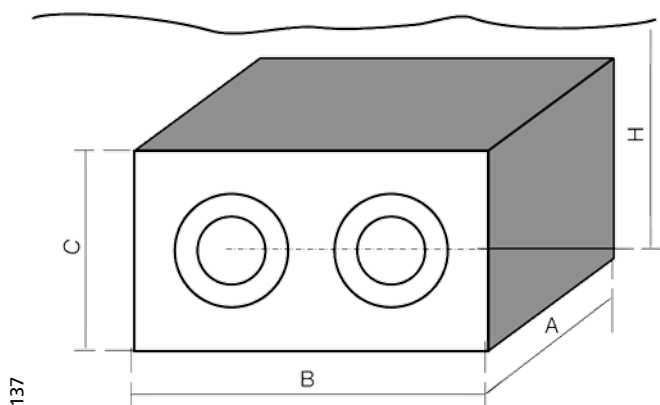
nebo

C' = nová výška kotvícího bloku [m]

C = výška kotvícího bloku v tabulce [m]

Úprava délky bloku z důvodu rozdílné hloubky krycí vrstvy

Pokud je krycí hloubka jiná než 0,8 m, doporučujeme upravit rozměry kotvícího bloku.



$$A' = \frac{0,8 \cdot A}{H} \quad [\text{m}]$$

A' = nová délka kotvícího bloku [m]

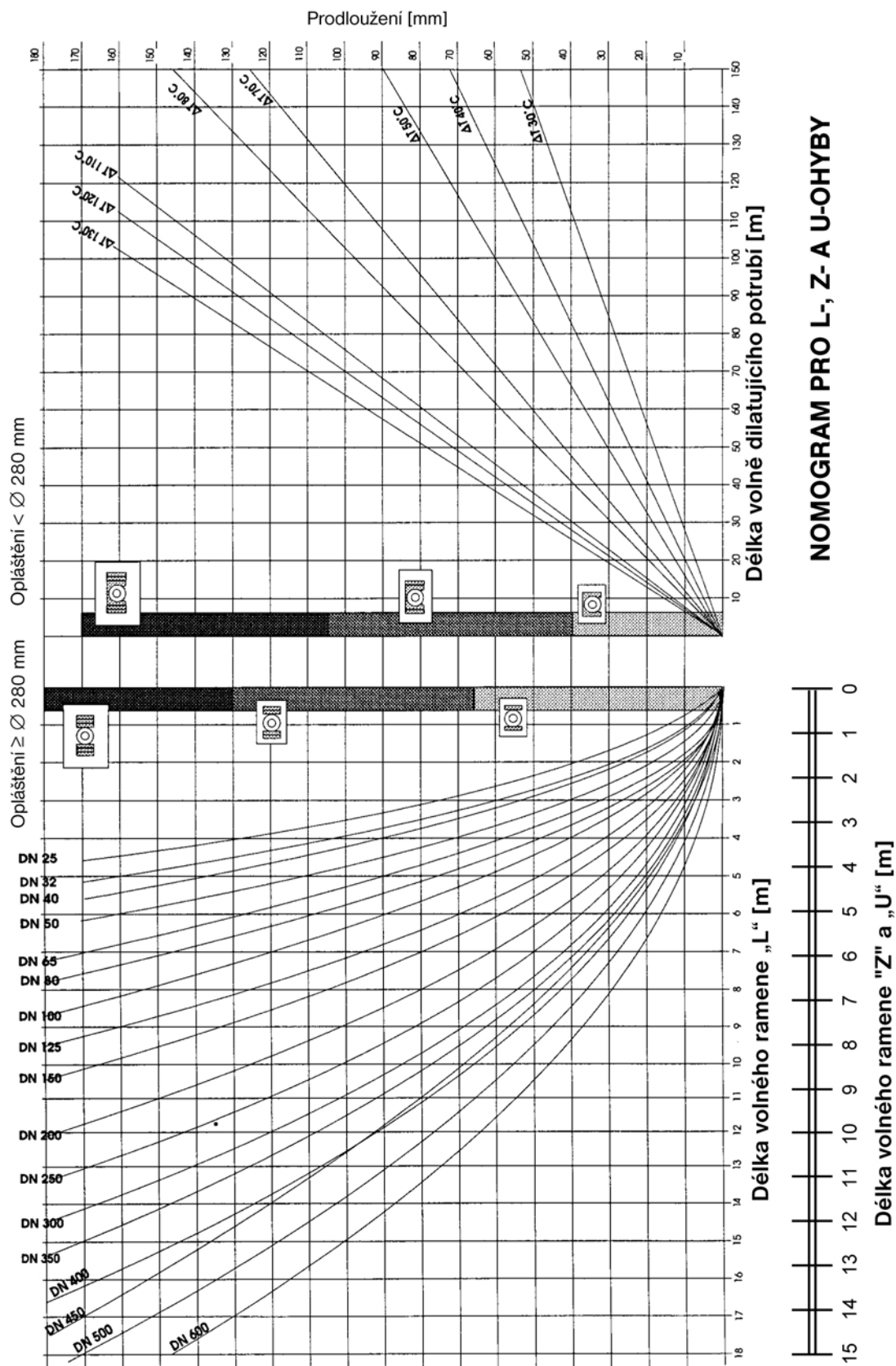
A = délka kotvícího bloku v tabulce [m]

H = nová hloubka krycí vrstvy [m]

Upozornění:

Při provádění úprav A, B a C musí být dodržena opatření uvedená v tomto manuálu a rozměry min. tloušťky betonové vrstvy uvedené v kapitolách 1.3 a 1.4.

Příloha č. 1/1



Příloha č. 1/2

Třecí síla F_μ , třecí délka L_{tr}

IZOLAČNÍ TŘÍDA 1

DN	d (mm)	s (mm)	A (mm ²)	D (mm)	H = 0,6 m		H = 0,7 m		H = 0,8 m		H = 0,9 m		H = 1,0 m		H = 1,2 m		H = 1,4 m	
					F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)	F_μ (N/m)	L_{tr} (m)
20	26,9	2,3	178	90	1198	22	1398	19	1598	17	1797	15	1997	13	2397	11	2796	10
25	33,7	2,6	254	90	1198	32	1398	27	1598	24	1797	21	1997	19	2397	16	2796	14
32	42,4	2,6	325	110	1465	33	1709	29	1953	25	2197	22	2441	20	2929	17	3417	14
40	48,3	2,6	373	110	1465	38	1709	33	1953	29	2197	25	2441	23	2929	19	3417	16
50	60,3	2,9	523	125	1664	47	1942	40	2219	35	2496	31	2774	28	3329	24	3883	20
65	76,1	2,9	667	140	1864	54	2175	46	2485	40	2796	36	3107	32	3278	27	4349	23
80	88,9	3,2	862	160	2130	61	2485	52	2840	45	3195	40	3550	36	4260	30	4971	26
100	114,3	3,6	1252	200	2663	71	3107	60	3550	53	3994	47	4438	42	5326	35	6213	30
125	139,7	3,6	1539	225	2996	77	3495	66	3994	58	4493	51	4993	46	5991	39	6990	33
150	168,3	4,0	2065	250	3329	93	3883	80	4438	70	4993	62	5548	56	6657	47	7767	40
200	219,1	4,5	3034	315	4196	109	4893	93	5592	81	6291	72	6990	65	8388	54	9786	47
250	273,0	5,0	4210	400	5326	119	6213	102	7101	89	7988	79	8876	71	10651	59	12426	51
300	323,9	5,6	5600	450	X	X	6990	120	7988	105	8987	93	9986	84	11983	70	13980	60
350	355,6	5,6	6158	500	X	X	7767	119	8876	104	9986	92	10095	83	13314	69	15533	59
400	409,4	6,3	7919	560	X	X	8698	137	9941	119	11184	106	12426	96	14912	80	17397	68
450	457,0	6,3	8920	560	X	X	8698	154	9941	135	11184	120	12426	108	14912	90	17397	77
500	508,0	6,3	9930	630	X	X	X	X	11184	133	12582	118	13980	107	16776	89	19572	76

Výpočtové údaje: Hustota zeminy 1800 kg/m³

Součinitel tření 0,4

Výpočtové napětí 150 N/mm²

H - Krycí hloubka k ose potrubí [m]

X - nedoporučeno

d - vnější průměr trubky [mm]

s - tloušťka stěny [mm]

A - průřez potrubí [mm²]

D - průměr plášťové trubky [mm]

 F_μ - třecí síla na jeden metr potrubí [N/m] L_{tr} - třecí délka [m]

Příloha č. 1/3

Třecí síla F_{μ} , třecí délka L_{tr}

IZOLAČNÍ TŘÍDA 2

DN	d (mm)	s (mm)	A (mm ²)	D (mm)	H = 0,6 m		H = 0,7 m		H = 0,8 m		H = 0,9 m		H = 1,0 m		H = 1,2 m		H = 1,4 m	
					F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)
20	26,9	2,6	178	110	1465	18	1709	16	1953	14	2197	12	2441	11	2929	9	3417	8
25	33,7	2,6	254	110	1465	26	1709	22	1953	20	2197	17	2441	16	2929	13	3417	11
32	42,4	2,6	325	125	1664	29	1942	25	2219	22	2496	20	2774	18	3329	15	3883	13
40	48,3	2,6	373	125	1664	34	1942	29	2219	25	2496	22	2774	20	3329	17	3883	14
50	60,3	2,9	523	140	1864	42	2175	36	2489	32	2796	28	3107	25	3728	21	4349	18
65	76,1	2,9	667	160	2130	47	2485	40	2840	35	3195	31	3550	28	4260	23	4971	20
80	88,9	3,2	862	180	2397	54	2796	46	3195	40	3595	36	3994	32	4793	27	5592	23
100	114,3	3,6	1252	225	2996	63	3495	54	3994	47	4493	42	4993	38	5991	31	6990	27
125	139,7	3,6	1539	250	3329	69	3883	59	4438	52	4993	46	5548	42	6657	35	7767	30
150	168,3	4,0	2065	280	3728	83	4349	71	4971	62	5592	55	6213	50	7456	42	8698	36
200	219,1	4,5	3034	355	4728	96	5514	83	6302	72	7090	64	7877	58	9563	43	11028	41
250	273,0	5,0	4210	450	X	X	6990	90	7988	79	8987	70	9986	63	11983	53	13980	45
300	323,9	5,6	5600	500	X	X	7767	108	8876	95	9986	84	11095	76	11314	63	15533	54
350	355,6	5,6	6158	560	X	X	8698	106	9941	93	11184	83	12428	74	14912	62	17397	53
400	409,4	6,3	7919	630	X	X	X	X	11184	106	12582	94	13980	85	16776	71	19572	61
450	457,0	6,3	8920	630	X	X	X	X	11184	120	12582	106	13980	96	16776	80	19572	68
500	508,0	6,3	9930	710	X	X	X	X	12604	118	14179	105	15755	95	18906	79	22057	68
600	610,0	7,1	13447	800	X	X	X	X	14202	142	15977	126	17752	114	21302	95	24853	81

Výpočtové údaje: Hustota zeminy 1800 kg/m³

Součinitel tření 0,4

Výpočtové napětí 150 N/mm²

H - Krycí hloubka k ose potrubí [m]

d - vnější průměr trubky [mm]

s - tloušťka stěny [mm]

A - průřez potrubí [mm²]

D - průměr plášťové trubky [mm]

F_{μ} - třecí síla na jeden metr potrubí [N/m]

L_{tr} - třecí délka [m]

X - nedoporučeno

Příloha č. 1/4

Třecí síla F_{μ} , třecí délka L_{tr}

IZOLAČNÍ TŘÍDA 3

DN	d (mm)	s (mm)	A (mm ²)	D (mm)	H = 0,6 m		H = 0,7 m		H = 0,8 m		H = 0,9 m		H = 1,0 m		H = 1,2 m		H = 1,4 m	
					F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)	F_{μ} (N/m)	L_{tr} (m)
20	26,9	2,6	178	125	1664	16	1942	14	2219	12	2496	11	2774	10	3329	8	3883	7
25	33,7	2,6	254	125	1664	23	1942	20	2219	17	2496	15	2774	14	3329	11	3883	10
32	42,4	2,6	325	140	1864	26	2175	22	2489	20	2796	17	3107	16	3728	13	4349	11
40	48,3	2,6	373	140	1864	30	2175	26	2489	23	2796	20	3107	18	3728	15	4349	13
50	60,3	2,9	523	160	2130	37	2485	32	2840	28	3195	25	3550	22	4260	18	4971	16
65	76,1	2,9	667	180	2379	42	2796	36	3195	31	3595	28	3994	25	4793	21	5592	18
80	88,9	3,2	862	200	2663	49	3107	42	3550	36	3994	32	4438	29	5326	24	6213	21
100	114,3	3,6	1252	250	3329	56	3883	48	4438	42	4993	38	5548	34	6657	28	7767	24
125	139,7	3,6	1539	280	3728	62	4349	53	4971	46	5592	41	6213	37	7456	31	8698	27
150	168,3	4,0	2065	315	4194	74	4893	63	5592	55	6291	49	6990	44	8388	37	9786	32
200	219,1	4,5	3034	400	5326	85	6213	73	7101	64	7988	57	8876	51	10651	43	12426	37
250	273,0	5,0	4210	450	X	X	6990	90	7988	79	8987	70	9986	63	11983	53	13980	45
300	323,9	5,6	5600	500	X	X	7767	108	8876	95	9986	84	11095	76	11314	63	15533	54
350	355,6	5,6	6158	560	X	X	8698	106	9941	93	11184	83	12426	74	14912	62	17397	53
400	409,4	6,3	7919	630	X	X	X	X	11184	106	12582	94	13980	85	16776	71	19572	61
450	457,0	6,3	8920	630	X	X	X	X	11184	120	12582	106	13980	96	16776	80	19572	68
500	508,0	6,3	9930	710	X	X	X	X	12604	118	14179	105	15755	95	18906	79	22057	68
600	610,0	7,1	13447	800	X	X	X	X	14202	142	15977	126	17752	114	21302	95	24853	81

Výpočtové údaje: Hustota zeminy 1800 kg/m³

Součinitel tření 0,4

Výpočtové napětí 150 N/mm²

H - Krycí hloubka k ose potrubí [m]

X - nedoporučeno

d - vnější průměr trubky [mm]

s - tloušťka stěny [mm]

A - průřez potrubí [mm²]

D - průměr pláštěvé trubky [mm]

 F_{μ} - tna jeden metr potrubí [N/m] L_{tr} - třecí délka [m]

2 PROJEKTOVÁNÍ

Wehotek Spiro-plášť

2.1 Úvod

2.2 Uložení potrubí

2 PROJEKTOVÁNÍ – Wehotek Spiro-plášť

2.1 Úvod

Projektování potrubního systému Wehotek Spiro-plášť prakticky odpovídá projektování klasického nadzemního vedení, se snímatelnou izolací.

Průměry:

Jmenovité průměry od DN 20 do DN 600.

Tlak:

- Pracovní přetlak potrubní trasy 1,6 nebo 2,5 MPa
- Zkušební přetlak armatur - maximálně 1,5 násobek pracovního přetlaku

Teplota:

- Trvalá pracovní teplota 142°C při životnosti 30 let.
- Překročení uvedené teploty se životnost potrubí (PUR izolace) zkrátí, snížením pracovní teploty se však životnost potrubí prodlouží.

Materiál:

- Svařované trubky podle EN 10217-2 nebo jiného odpovídajícího standardu
- Bezešvé trubky podle EN 10216-2 nebo jiného odpovídajícího standardu.

Před zahájením projektových prací je nutno získat alespoň tyto údaje:

1. Název a umístění stavby a průměry nového potrubí.
2. Zda se jedná o nové potrubí nebo o výměnu starého.
3. Pracovní teplota (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
4. Pracovní přetlak (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
5. Zkušební přetlak potrubí.
6. Počáteční a koncový bod potrubí, šachty, ukotvení a armatury.
7. Specifikace všech průměrů a domovních přípojek od hlavního potrubí.
8. Detekční systém má či nemá být instalován a jaký systém byl použit dříve.

2.2 Uložení potrubí

Potrubí je možno buď podepřít, nebo zavěsit. Objímky uložení se upevňují na plášťovou trubku přes gumotextilní vložku.

Maximální vzdálenost mezi uložení pro potrubí

Izolační třída 1

DN	podpěra	
	Vzdálenost (m)	Celková šířka objímek (mm)
20	1,9	30
25	2,4	40
32	2,8	50
40	3,2	50
50	3,9	70
65	4,6	80
80	5,3	100
100	6,3	130
125	7,3	160
150	8,4	200
200	9,0	280
250	9,8	340
300	9,5	380
350	10,0	390
400	10,5	400
450	10,9	440
500	11,4	460
600	11,9	500

Poznámka:

Maximální vzdálenost mezi uložení zohledňuje únosnost nosné ocelové trubky, spád potrubí 2‰ a únosnost PUR izolace, na kterou se přichycují objímky uložení.

3 PROJEKTOVÁNÍ Wehotherm® Twins

- 3.1 Úvod**
- 3.2 Výkop pro pokládání potrubí**
- 3.3 Minimální výška krytí křížení kabelů a potrubí**
- 3.4 Napětí ve stěnách potrubí**
- 3.5 Třecí síla a třecí délka**
 - 3.5.1 Třecí síla**
 - 3.5.2 Třecí délka**
- 3.6 Tepelná dilatace**
- 3.7 Způsob montáže**
- 3.8 Použití některých potrubních prvků**
- 3.9 Pevný bod - kotvící blok pro Wehotherm® Twins**

3. PROJEKTOVÁNÍ - Wehotherm® Twins

3.1 Úvod

Projektování potrubí pro dálkové vytápění zahrnuje mnoho postupů. V tomto přehledu uvádíme běžně používané vzorce a pravidla pro tuto oblast. Uvedené výpočty nejlépe vyhovují následujícím pracovním podmínkám a specifikacím.

Průměry:

Jmenovité průměry od DN 20 do DN 250.

Tlak:

- Pracovní přetlak potrubní trasy 1,6 nebo 2,5 MPa
- Zkušební přetlak armatur - maximálně 1,5 násobek pracovního přetlaku

Teplota:

- Pracovní teplota je 130°C s maximálním teplotním rozdílem přívodní a vratné trubky 50°C při životnosti 30 let. Snížením pracovní teploty se životnost potrubí (PUR izolace) prodlouží.

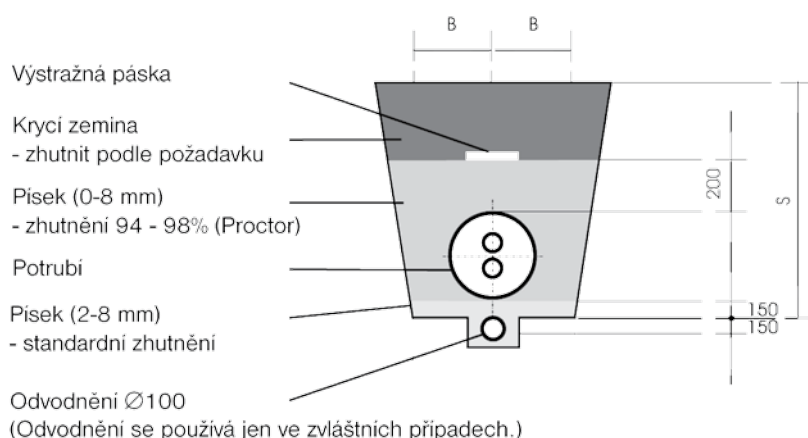
Materiál:

- Svařované trubky podle EN 10217-2 nebo jiného odpovídajícího standardu
- Bezešvé trubky podle EN 10216-2 nebo jiného odpovídajícího standardu.

Před zahájením projektových prací je nutno získat alespoň tyto údaje:

1. Název a umístění stavby a průměry nového potrubí.
2. Zda se jedná o nové potrubí nebo o výměnu starého.
3. Pracovní teplota (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
4. Pracovní přetlak (min. a max.) pro přívodní a zpětné potrubí.
5. Zkušební přetlak potrubí.
6. Počáteční a koncový bod potrubí, šachty, ukotvení a armatury.
7. Specifikace všech průměrů a domovních přípojek od hlavního potrubí.
8. Detekční systém má či nemá být instalován a jaký systém byl použit dříve.
9. Možnost předehřevu potrubí topnou vodou během montáže.

3.2 Výkop pro pokládání potrubí



138

Doporučené minimální rozměry výkopu pro veškeré spoje se smršťovacími rukávy:

Průměr plášťové trubky D (mm)	B _{min} (mm)	S _{min} (mm)
125	260	675
140	270	690
160	280	710
180	290	730
200	300	750
180	290	730
200	300	750
225	310	775
250	330	800
315	400	870
400	480	950
450	530	1000
500	580	1050
630	710	1180

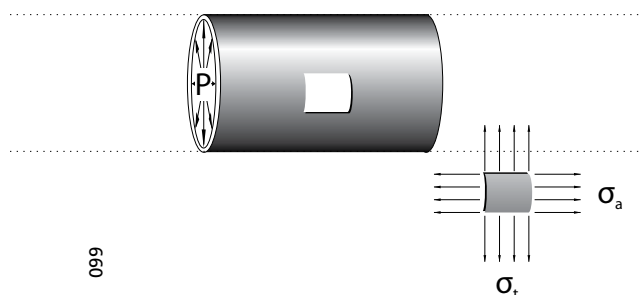
Uvedené hodnoty jsou minimální rozměry.

Zvětšením šířky výkopu o 100 – 300 mm se montáž vždy usnadní.

3.3 Minimální výška, krytí křížení kabelů a potrubí

Platí podle stejné zásady jako u potrubí **Wehotherm® Standard** - viz kapitola 1.4.

3.4 Napětí ve stěnách potrubí



Napětí ve stěnách potrubí způsobená vnitřním přetlakem (σ_t a σ_a).

Tečné napětí:

$$\sigma_{tp} = \frac{p_p \cdot d}{2 \cdot s_{eff}} \quad \sigma_{tv} = \frac{p_v \cdot d}{2 \cdot s_{eff}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

Axiální napětí:

$$\sigma_{ap} = \frac{p_p \cdot d}{4 \cdot s_{eff}} \quad \sigma_{av} = \frac{p_v \cdot d}{2 \cdot s_{eff}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

d = vnější průměr nosného potrubí [mm]

s_{eff} = efektivní tloušťka stěny (stěna redukována o hodnoty koroze a tolerance) [mm]
(při použití upravené vody se s účinky koroze neuvažuje)

p_p = vnitřní přetlak přívodní trubky [MPa]

p_v = vnitřní přetlak vratné trubky [MPa]

Napětí ve stěně potrubí způsobené změnami teploty ve srovnání s montážní teplotou (σ_{th}):

Teplotní axiální napětí:

$$\sigma_{thp} = \alpha_{th} \cdot \Delta t_p \cdot E \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\sigma_{thv} = \alpha_{th} \cdot \Delta t_v \cdot E \quad [\text{N/mm}^2]$$

σ_{thp} = teplotní axiální napětí v přívodní trubce [N/mm²]

σ_{thv} = teplotní axiální napětí ve vratné trubce [N/mm²]

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, pro nízkouhlíkové oceli)

E = Youngův modul pružnosti (pro nízkouhlíkové oceli je $E = 2,06 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Δt_p = maximální rozdíl teploty v přívodní trubce uvažovaný vůči montážní teplotě [°C] v přívodní trubce

Δt_v = maximální rozdíl teploty ve vratné trubce uvažovaný vůči montážní teplotě [°C] ve vratné trubce

Ekvivalentní napětí ve stěně potrubí:

$$\sigma_{eqp} = \sqrt{\sigma_{tp}^2 + \left(\frac{\sigma_{ap} - \sigma_{thp}}{z} \right)^2} - \sigma_{tp} \cdot \left(\frac{\sigma_{ap} - \sigma_{thp}}{z} \right) \quad [N/mm^2]$$

$$\sigma_{eqv} = \sqrt{\sigma_{tv}^2 + \left(\frac{\sigma_{av} - \sigma_{thv}}{z} \right)^2} - \sigma_{tv} \cdot \left(\frac{\sigma_{av} - \sigma_{thv}}{z} \right) \quad [N/mm^2]$$

- $\sigma_{thp/v}$ = je tlakové napětí (zvýšení teploty)
- + $\sigma_{thp/v}$ = je tahové napětí (snížení teploty)
- z = součinitel svaru pro spojování potrubí

Největší absolutní hodnota z napětí: σ_t , $(\sigma_a \pm \sigma_{th})$ nebo σ_{eq} se používá jako ekvivalentní napětí σ_{eq} . Mělo by se brát v úvahu ve všech případech, kdy je ekvivalentní napětí v tomto manuálu používáno nebo zmiňováno.

Doporučené hodnoty součinitele svaru podle rozsahu kontroly montážních spojů rentgenovým zářením:

Tlaková síla/napětí (zvýšení teploty):

Je-li rentgenovým zářením kontrolováno 10 - 100 % svarů $z = 1,0$
 Je-li rentgenovým zářením kontrolováno méně než 10 % svarů $z = 0,9$

Tahová síla/napětí (snížení teploty):

Je-li rentgenovým zářením kontrolováno 100 % svarů $z = 1,0$
 Je-li rentgenovým zářením kontrolováno více než 10 % svarů $z = 0,8$
 Je-li rentgenovým zářením kontrolováno méně než 10 % svarů $z = 0,6$

Požadavky pro vyhodnocení úrovně napětí:

Ekvivalentní napětí musí být porovnáno s dovoleným napětím.

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{s_f} \geq \sigma_{eq} \quad [N/mm^2]$$

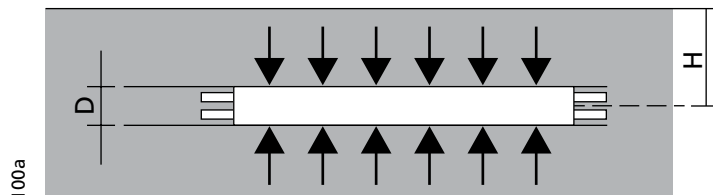
- σ_{dov} = dovolené napětí ve stěně nosné trubky $[N/mm^2]$,
- R_e = mez kluzu nosné trubky $[N/mm^2]$ (225 N/mm^2 pro nízkouhlíkové oceli)
- s_f = součinitel bezpečnosti (běžně $s_f = 1,5$) - pro topné systémy
- σ_{eq} = ekvivalentní napětí ve stěně nosné trubky

UPOZORNĚNÍ:

Jestliže je hodnota přetlaku 1,6 MPa nebo méně, rozměr ocelové trubky je DN 80 nebo méně, a jestliže není provedena kompenzace pomocí vlnovcového kompenzátoru, je možno napětí od přetlaku zanedbat. Ve výpočtu se uvažuje pouze s tepelným namáháním. Pokud použijeme místo úplného výpočtu této zjednodušené metody, bude maximální odchylka 6%.

3.5 Třecí síla a třecí délka

3.5.1 Třecí síla



Možnost pohybu uloženého potrubí je omezena třením mezi zemínou a plášťovou trubkou. Průměrnou třecí sílu na jeden metr lze vypočítat podle tohoto vzorce:

$$F_{\mu} = \mu \cdot \xi \cdot g \cdot H \cdot \pi \cdot D \quad [\text{N/m}]$$

F_{μ} = třecí síla na jeden metr trubky [N/m]

μ = koeficient tření mezi zemínou a plášťovou trubkou

Obvyklé hodnoty bývají v rozmezí od 0,25 až 0,5 a běžně se používá těchto hodnot:

$\mu = 0,40$ pro trubky (délka 12 m)

$\mu = 0,45$ pro trubky (délka 6 m)

$\mu = 0,35$ pro trubky spojované extruzivně provedenými sváry

ξ = hustota zeminy v okolí potrubí [kg/m³]

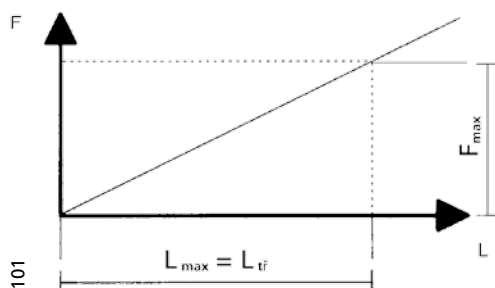
g = zemské zrychlení = 9,81 [m/s²]

H = krycí hloubka od středu trubky [m]

D = vnější průměr plášťové trubky [m]

Vypočítané třecí délky, pro dané hodnoty jsou uvedeny v Příloze č.3/1.

3.5.2 Třecí délka



Třecí délka neboli maximální montážní délka se spočítá podle tohoto vzorce:

$$L_{\max} = L_{\text{tr}} = \frac{F}{F_{\mu}} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot E \cdot S \cdot \Delta t_{\text{stř}}}{F_{\mu}} \quad [\text{m}]$$

$$\Delta t_{\text{stř}} = L_{\text{tr}} = \frac{\Delta t_p + \Delta t_v}{2} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\sigma_{p\max} = \alpha \cdot \Delta t_p \cdot E \leq \sigma_{\text{dov}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\sigma_{v\max} = \alpha \cdot \Delta t_v \cdot E \leq \sigma_{\text{dov}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\Delta t_p = t_{\max} - t_{\min} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\Delta t_v = t_{\max} - t_{\min} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$L_{\max} = L_{\text{tr}}$ = maximální montážní délka a třecí síla [m]

σ_{dov} = dovolené napětí ocelového potrubí [N/mm²], 150 [N/mm²] pro nízkouhlíkovou ocel

S = průřez ocelového potrubí [mm²] viz Příloha č. 3/1

F = síla působící na potrubí [N]

F_{μ} = třecí síla na jeden metr potrubí [N/m] viz Příloha č. 3/1

$\Delta t_{\text{stř}}$ = střední teplota trubek [°C]

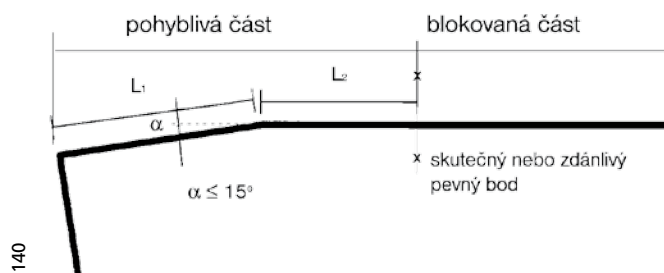
Δt_p = maximální teplotní rozdíl na přívodní trubce [°C], 60°C pro trubku z nízkouhlíkové oceli

Δt_v = maximální teplotní rozdíl na vratné trubce [°C], 60°C pro trubku z nízkouhlíkové oceli

Náhyby s úhlem stejným nebo menším než 15° se považují za rovné trubky.

V důsledku přídatných třecích sil je nutno vyhovět této podmínce:

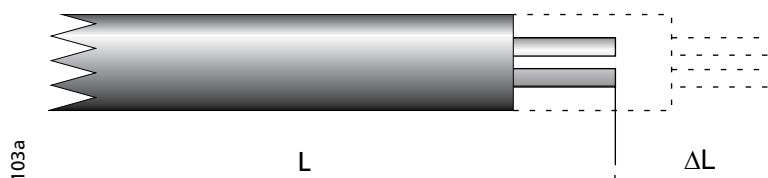
$$L_{\max} = L_{\text{tr}} \geq L_1 + \frac{L_2}{(1 - \sin \alpha)} \quad [\text{m}]$$



140

3.6 Tepelná dilatace

Ke stanovení tepelné dilatace se používá zjednodušeného výpočtu, který nebere v úvahu třecí síly. Tento výpočet obvykle dává přibližně o 20 % větší tepelnou dilataci, než by byla skutečná dilatace potrubí.



Teoretické volné prodloužení (ΔL) odpovídá prodloužení potrubí v otevřeném výkopu a lze ho vypočítat podle tohoto vzorce:

$$\Delta L = \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t_{str} \quad [m] \quad \Delta t_{str} = \frac{\Delta t_p + \Delta t_v}{2} - t_{mont}$$

ΔL = volné prodloužení

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti [1/K] ($1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, pro nízkouhlíkovou ocel)

L = délka **volného** dilatujícího potrubí [m] (ohřívávaného/ochlazovaného)

Δt = max. rozdíl mezi pracovní teplotou potrubí a montážní teplotou potrubí [°C]

Redukované prodloužení (ΔL_{red}) zasypaného potrubí lze vypočítat podle tohoto vzorce:

$$\Delta L_{red} = \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t - \frac{F\mu \cdot L^2}{2 \cdot S \cdot E} \quad [m] \quad \Delta t = \Delta t_{str} - t_{mont}$$

ΔL_{red} = redukované prodloužení

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti [1/K] ($1,2 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, pro nízkouhlíkovou ocel)

Δt = max. rozdíl mezi pracovní teplotou potrubí a montážní teplotou potrubí [°C]

$F\mu$ = třecí síla na metr potrubí [N/m] (viz 1.8.1, Příloha 1/2,3)

S = průřez ocel. potrubí [mm²] (viz Příloha 1/2,3)

E = Youngův modul pružnosti ($2,06 \cdot 10^5 N/mm^2$, pro nízkouhlíkovou ocel)

Je-li délka potrubí, kde dochází k prodávování (pohyblivá část), delší než 80% třecí délky, lze použít tohoto zjednodušeného vztahu:

$$\Delta L_{red} = 0,8 \cdot \alpha_{th} \cdot L \cdot \Delta t \quad [m]$$

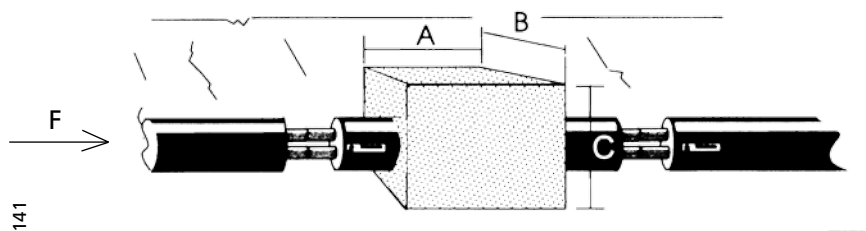
3.7 Způsob montáže

Platí zde stejné zásady jako pro potrubí **Wehotherm® Standard**, viz kapitola 1.10 (včetně Přílohy č. 1/1).

3.8 Použití některých potrubních prvků

Platí zde stejné zásady jako pro potrubí **Wehotherm® Standard**, viz kapitola 1.11.

3.9 Pevný bod - kotvící blok pro Wehotherm® Twins

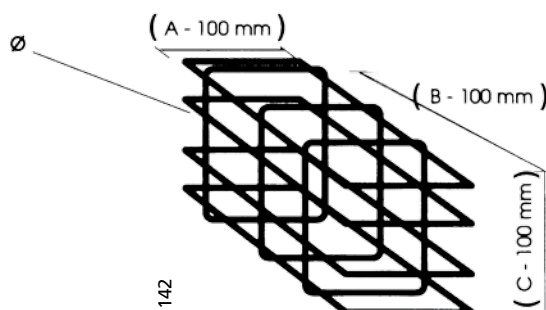


d x s (mm)	F (kN)	A (m)	B (m)	C (m)
2 x 26,9 . 2,6	35	0,5	0,7	0,5
2 x 33,7 . 2,6	46	0,5	0,7	0,5
2 x 42,4 . 2,6	66	0,5	0,7	0,5
2 x 48,3 . 2,6	75	0,5	0,7	0,5
2 x 60,3 . 2,9	105	0,7	1,0	0,6
2 x 76,1 . 2,9	134	0,7	1,0	0,6
2 x 88,9 . 3,2	174	0,7	1,2	0,7

F [kN] - osová síla působící na pevný bod, vypočtena při teplotní změně 40 K od přehřívací teploty.

Železobetonová výztuž

DN 20 - DN 40	Ø 8 mm
DN 50 - DN 80	Ø 12 mm
DN 150 - DN 300	Ø 20 mm



Podmínky pro stanovení velikosti betonového bloku jsou stejné jako pro Wehotherm® Standard, viz kapitola 1.12.

Příloha č. 3/1

Tabulky třecích sil a délek Wehotherm® Twins

DN	S + S (mm ² + mm ²)	D (mm)	H = 0,6 m		H = 0,7 m		H = 0,8 m		H = 0,9 m		H = 1,0 m		H = 1,2 m		H = 1,4 m	
			F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)	F _μ (N/m)	L _{tr} (mm)
20 + 20	178 + 178	125	1664	32	1942	27	2219	24	2496	21	2774	19	3329	16	3883	14
25 + 25	254 + 254	140	1864	41	2175	35	2485	31	2796	27	3107	25	3278	23	4349	18
32 + 32	325 + 325	160	2130	46	2485	39	2840	34	3195	31	3550	27	4260	23	4971	20
40 + 40	373 + 373	160	2130	53	2485	45	2840	39	3195	35	3550	32	4260	26	4971	23
50 + 50	523 + 523	180	2396	65	2796	56	3195	49	3595	44	3994	39	4793	33	5592	28
65 + 65	667 + 667	225	2996	67	3495	57	3995	50	4493	45	4993	40	5991	33	6990	29
80 + 80	862 + 862	250	3329	78	3883	67	4438	58	4993	52	5548	47	6657	39	7767	33
100 + 100	1252 + 1252	315	4192	83	4890	74	5589	65	6288	61	6986	55	8383	46	9781	42
125 + 125	1539 + 1539	400	5323	91	6210	86	7097	72	7984	69	8871	63	10646	54	12420	51
150 + 150	2065 + 2065	450	5988	96	6986	90	7984	78	8982	74	9980	70	11976	61	13972	59

Výpočtové údaje: Hustota zeminy 1800 kg/m³

Součinitel tření 0,4

Výpočtové napětí 150 N/mm²

H - Krycí hloubka k ose potrubí [m]

S - průřez potrubí [mm²]

D - průměr plášťové trubky [mm]

F_μ - třecí síla na jeden metr potrubí [N/m]L_{tr} - třecí délka [m]

4 PROJEKTOVÁNÍ Wehotek PPR

- 4.1 Úvod**
- 4.2 Výkop pro pokládání potrubí**
- 4.3 Minimální výška krytí, křížení kabelů a potrubí**
- 4.4 Napětí ve stěnách potrubí**
- 4.5 Třecí síla**
- 4.6 Třecí délka**
- 4.7 Tepelné ztráty**
- 4.7 Tepelná dilatace**
- 4.8 Způsob montáže**

4 PROJEKTOVÁNÍ - Wehotek PPR

4.1 Úvod

Na projektování předizolovaného polypropylenového (PPR) potrubí neexistuje jednotný výpočtový postup. Mechanické materiálové hodnoty se během životnosti mění a jednotlivé výpočtové postupy si určují sami jednotliví výrobci plastového potrubí. Pro běžné rozvody s teplotou do 70°C, vnitřním přetlakem do 0,6 MPa a pro dobu životnosti 25 let proto doporučujeme používat polypropylenové potrubí typu 3 (označovaného PP-R) v tlakové řadě PN20. Doba životnosti polypropylenového potrubí pro jiné pracovní parametry je možno konzultovat se zástupci společnosti Uponor Infra Fintherm a.s.

Průměry:

Rozměry potrubí d32 - d110 (vnější průměr medionosné PP-R trubky), tlaková řada PN20

Tlak:

- Pracovní přetlak max. 0,6 MPa

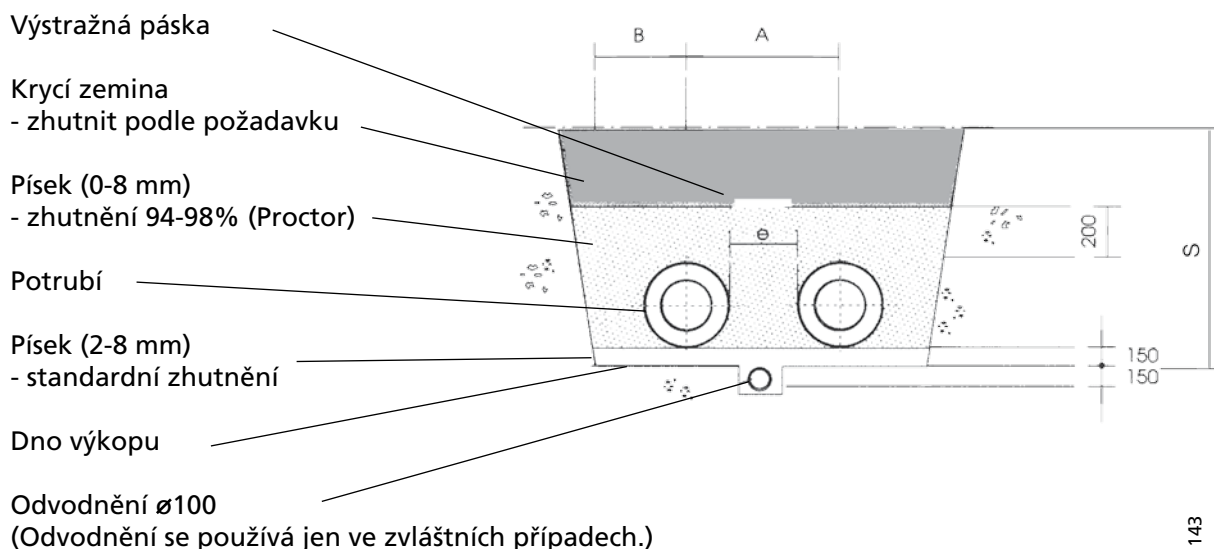
Teplota:

- Pracovní teplota max. 70°C

Materiál:

- Nosné trubky jsou z polypropylenu typu 3, označovaného také PP-R.

4.2 Výkop pro pokládání potrubí



Doporučené minimální rozměry výkopu pro veškeré spoje se smršťovacími rukávy:

Průměr plášťové trubky D (mm)	A _{min} (mm)	B _{min} (mm)	S _{min} (mm)	e _{min} (mm)
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

Uvedené hodnoty jsou minimální rozměry. Zvětšením šířky výkopu o 100 - 300 mm se montáž vždy usnadní.

4.3 Minimální výška krytí, křížení kabelů a potrubí

Platí zde stejné zásady jako pro systém **Wehotherm®** Standard viz kapitola 1.4.

4.4 Napětí ve stěnách potrubí

Platí zde stejné vztahy jako pro systém **Wehotherm®** Standard uvedené v kapitole 1.7 s tím, že:

s_{eff} = efektivní tloušťka stěny (stěna redukována o hodnoty tolerance)

α_{th} = koeficient tepelné roztažnosti ($1,5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, pro PPR)

E = Youngův modul pružnosti (750 N/mm^2 , pro PPR nového potrubí, při 20°C)

Protože se modul pružnosti PPR v časovém průběhu pod vlivem tlakového a tepelného zatížení zmenšuje, bude se zmenšovat i napětí ve stěnách potrubí.

4.5 Třecí síla

Platí zde stejné vztahy jako pro systém **Wehotherm®** Standard viz kapitola 1.8.1.

4.6 Třecí délka

Platí zde obdobné vztahy jako pro systém **Wehotherm®** Standard, viz kapitola 1.8.2, s tím, že do výpočtu třecích délek jsou zahrnuty vlivy od plášťové trubky a PUR izolace. V Příloze č. 4/1 jsou uvedeny hodnoty třecích délek nového (do 1 roku provozu) potrubí. Je zde uvažován maximální teplotní spád mezi pracovní a minimální teplotou $\Delta t_{max} = 60^\circ\text{C}$. Max. napětí od teploty ve stěně potrubí potom bude $6,75 \text{ N/mm}^2$. Protože se hodnota modulu pružnosti PPR v časovém průběhu pod vlivem tlakového a tepelného zatížení zmenšuje, bude se zmenšovat i vypočtená třecí délka.

4.7. Tepelné ztráty

Tepelné ztráty se počítají podobně jako v kapitole 1.9 s tím, že hodnoty odporu R_p najdeme v následující tabulce, která platí za předpokladu následujících tepelných vodivostí:

a) volné, nezasypané předizolované polypropylenové trubky s polyetylenovým pláštěm:

$\lambda_{PPR} = 0,24 \text{ [W/mK]}$

$\lambda_{PUR} = 0,026 \text{ [W/mK]}$

$\lambda_{PE} = 52 \text{ [W/mK]}$

d (mm)	s (mm)	D (mm)	R_p (mK/W)
32	5,4	90	6,206
40	6,7	110	6,140
50	8,4	110	4,776
63	10,5	125	4,180
75	12,5	140	3,838
90	15,0	160	3,571
110	18,4	180	3,090

b) volné, nezasypané předizolované polypropylenové trubky s kovovým spiro-plášťem:

$$\begin{aligned}\lambda_{\text{PPR}} &= 0,24 \text{ [W/mK]} \\ \lambda_{\text{PUR}} &= 0,026 \text{ [W/mK]} \\ \lambda_{\text{SPIRO}} &= 52 \text{ [W/mK]}\end{aligned}$$

d (mm)	s (mm)	D (mm)	R _p (mK/W)
32	5,4	80	5,794
40	6,7	100	5,809
50	8,4	100	4,444
63	10,5	125	4,407
75	12,5	140	4,040
90	15,0	160	3,747
110	18,4	180	3,246

4.7 Tepelná dilatace

Platí zde obdobné vztahy jako pro systém **Wehotherm®** Standard uvedené v kapitole 1.9 s tím, že do výpočtu třecích délek jsou zahrnuty vlivy od plášťové trubky a PUR izolace. V Příloze č.4/1 jsou uvedeny hodnoty redukováných, skutečných posuvů nového potrubí. Je zde uvažován maximální teplotní spád mezi pracovní a minimální teplotou $\Delta t_{\text{max}} = 60^\circ\text{C}$. Protože se hodnota modulu pružnosti PPR v časovém průběhu pod vlivem tlakového a tepelného zatížení zmenšuje, bude se s ohledem na zbrzdňující efekt PUR izolace, PE pláště a zeminy, zmenšovat i vypočtená tepelná dilatace.

4.8 Způsob montáže

PPR potrubí montujeme obvykle způsobem bez předeřevu. Jednotlivé prvky se spolu spojují podle pokynů výrobce PPR trubek, spoje se doizolují a trasa se zasype pískem a zeminou. U potrubních rozvodů teplé vody předpokládáme max. teplotní změnu ($t_{\max} - t_{\min}$) rovnu nebo menší než 60°C. Oblouky musí mít vyhovující volné délky ramen $L_{\text{volná}}$. 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. U těch potrubních úseků, kde je vzdálenost mezi pevným bodem (zdánlivým nebo skutečným) a obloukem větší než třecí délka L_{tr} (tzn. kde i vzdálenost mezi dvěma oblouky je větší než součet dvou třecích délek) je potrubní úsek rozdělen na blokovanou část a na pohyblivou část (třecí délka).

Blokovaná část

Rovná část potrubí je blokována třecí silou v zemině nebo je upevněna mezi dvěma pevnými body. Nedochozí zde k žádnému pohybu. Na potrubí působí napětí od teploty v kladném směru. U nového potrubí odpovídá teplotní změně 60°C hodnota napětí 6,75 MPa. Potrubí je blokováno třecími silami způsobenými zeminou, kterou je zasypáno.

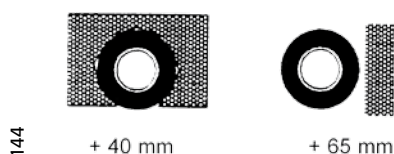
Pohyblivá část

Potrubní část mezi blokovanou částí a ohybem dilatuje v kladném směru od počáteční polohy. Z maximální dilatace potrubí do oblouku určíme minimální délku volného ramene oblouku. 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.

Kompenzace dilatací

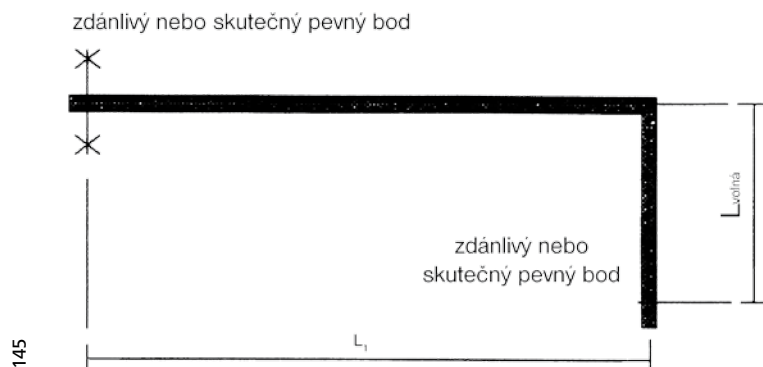
Potrubí se pohybuje obvykle pouze v kladném směru. Posuv potrubí způsobený změnou teploty je kompenzován pomocí ohybů „L“. To znamená, že pěnové polštáře a profily je nutno většinou umístit pouze na té straně potrubí, kam dojde k posuvu potrubí, a to pro hodnoty nad 5 mm. Pěnové dilatační vložky přikládáme k celé spočítané volné délce.

Max. kompenzace s pěnovými polštáři a profily



Ohyb „L”

Ohyb tvaru „L” je nejjednodušším tradičním kompenzačním prvkem.



Příklad:

Potrubí d90/160, izolační třída 1

Krycí vrstva ke středové ose potrubí je 0,9 m.

$t_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$

$t_{\max} = 70^{\circ}\text{C}$

přetlak = 0,6 MPa

Maximální rozdíl mezi pracovní a montážní teplotou $\Delta t = 60^{\circ}\text{C}$

Postup:

1. Určení třecí délky:

Třecí délku určíme z tabulky v Příloze č. 4/1, $L_{tr} = 7,6 \text{ m}$.

Pro zadané parametry platí: $L_{tr} > L1$

2. Určení dilatace:

Redukovanou, skutečnou dilataci (viz Wehootherm® Standard) určíme z tabulky v Příloze č. 4/1,

$\Delta L_{red} = 22 \text{ mm}$

3. Výpočet volné délky:

volnou délku spočítáme podle vzorce:

$$L_{volná} = k \cdot \sqrt{d \cdot \Delta L} \quad [\text{mm}]$$

k = materiálová konstanta, pro PPR $k = 30$

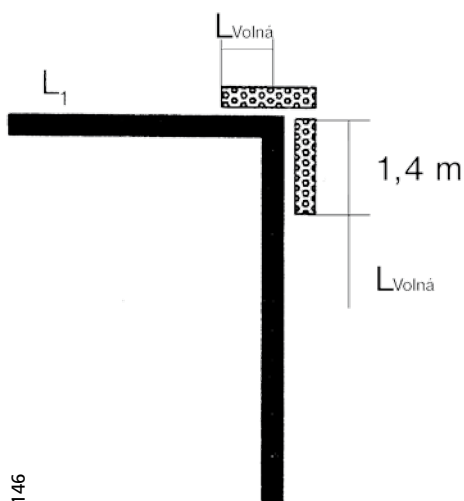
d = vnější průměr potrubí [mm]

ΔL = tepelná dilatace [mm]

$$L_{volná} = 30 \cdot \sqrt{90 \cdot 22} = 1335 \text{ mm} \text{ zaokrouhlíme na } 1,4 \text{ m}$$

4. Pěnové profily/polštáře:

Podle velikosti dilatace a velikosti volného ramene určíme množství pěnových profilů a polštářů, a to s ohledem na jejich dilatační schopnost (pěnový profil 40 mm a pěnový polštář 65 mm).



K volnému rameni přiložíme pěnový polštář o délce 2,0 m
Pěnovou dilatační vložkou obložíme celou volnou délku.

Obdobně určíme množství dilatačních vložek i pro navazující volnou délku.

Tabulka třecích délek a odpovídajících redukováných posuvů nově namontovaného potrubí Wehomint PPR

d (mm)	s (mm)	A (mm ²)	D (mm)	H = 0,6 m		H = 0,7 m		H = 0,8 m		H = 0,9 m		H = 1,0 m		H = 1,2 m		H = 1,4 m	
				L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)	L _{tf} (m)	ΔL _{red} (mm)
32	5,4	451	90	2,7	4	2,3	3	2,0	3	1,8	2	1,6	2	1,4	2	1,2	2
40	6,7	701	110	3,5	5	3,0	5	2,6	4	2,3	4	2,1	3	1,7	3	1,5	2
50	8,4	1098	110	5,3	11	4,5	9	3,9	8	3,5	7	3,2	7	2,6	6	2,3	5
63	10,5	1732	125	7,0	18	6,0	15	5,4	13	4,8	12	4,3	11	3,6	9	3,1	8
75	12,5	2454	140	9,0	25	8,0	21	7,0	19	6,0	17	5,5	15	4,6	12	3,9	11
90	15,0	3534	160	12,0	34	10,0	29	9,0	25	8,0	22	7,0	20	5,7	17	4,9	14
110	18,4	5295	180	15,0	48	13,0	41	11,0	36	10,0	32	9,0	29	8,0	24	7,0	21

Výpočtové údaje: Hustota zeminy 1800 kg/m³

Součinitel tření 0,4

Výpočtové napětí 6,75 N/mm² (Δt = 60 °C)

H - Krycí hloubka k ose potrubí [m]

d - vnější průměr trubky [mm]

s - tloušťka stěny [mm]

A - průřez potrubí [mm²]

D - průměr plášťové trubky [m]

L_{tf} - třecí délka [m]

ΔL_{red} - redukováných posuv [mm]

5 PROJEKTOVÁNÍ systému detekce netěsností

- 5.1 Členění systému**
- 5.2 Propojení systému**
- 5.3 Projektová dokumentace**

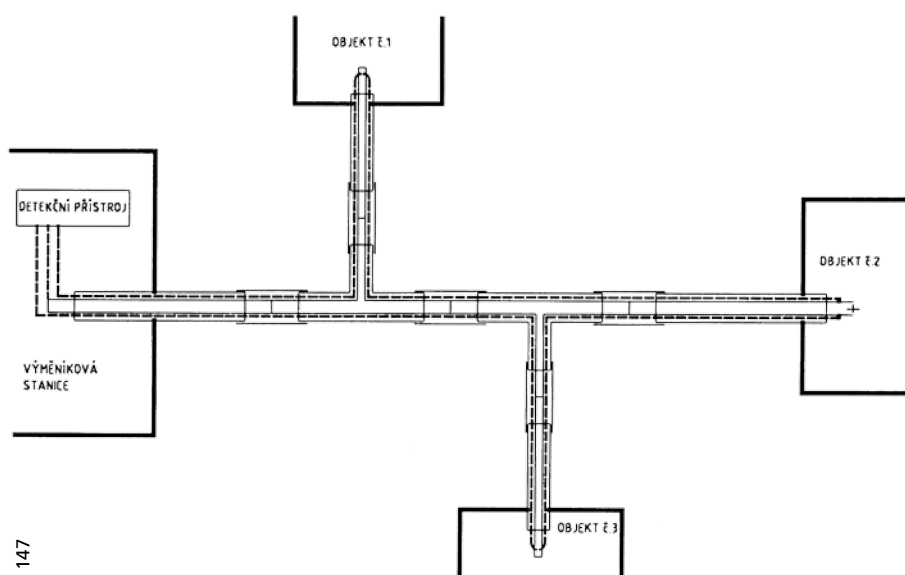
5 Projektování systému detekce netěsností

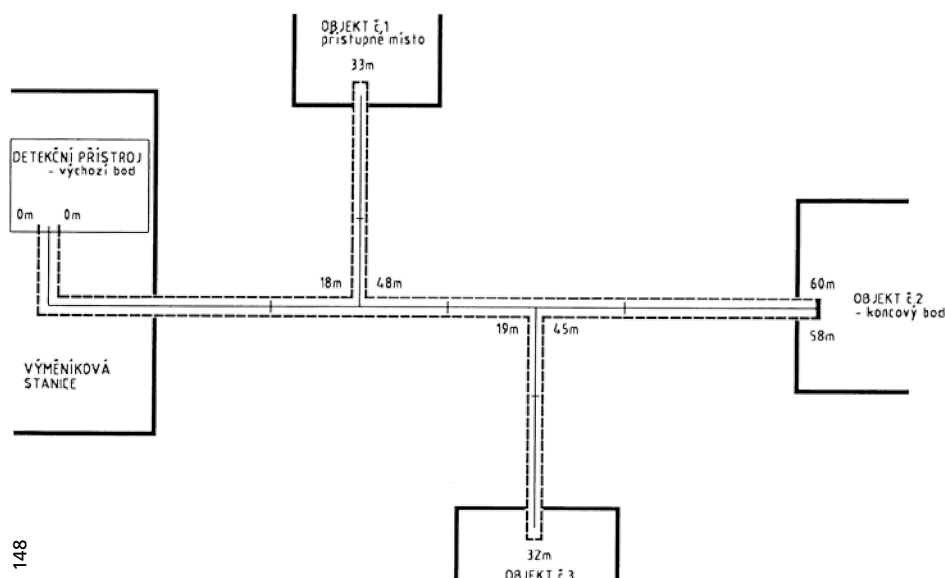
5.1 Členění systému

Projekt detekčního systému musí být navržen tak, aby umožnil co nejpřesnější zaměření poruchy. Není vhodné celý systém propojit a monitorovat najednou. Tento způsob je značně nepřehledný a neumožňuje ani hrubou lokalizaci určením sekce, vykazující poruchu. Zejména však značně ztěžuje výchozí zaměření i nezbytnou dodatečnou lokalizaci poruchy přenosným reflektometrem. Systém je třeba rozčlenit do jednotlivých sekcí tak, aby bylo umožněno zaměření na kratší vzdálenosti. Zároveň tím není omezeno libovolné rozšiřování systému o další sekce. Doporučená maximální délka jednotlivých sekcí je 1000 m. Delší úseky snižují přesnost reflektometrického zaměření poruchy. Také přípustná zbytková vlhkost v jednotlivých spojích dlouhých sekcí může zvýšit celkový elektrický svod a zastřít tak skutečnou poruchu.

5.2 Propojení systému

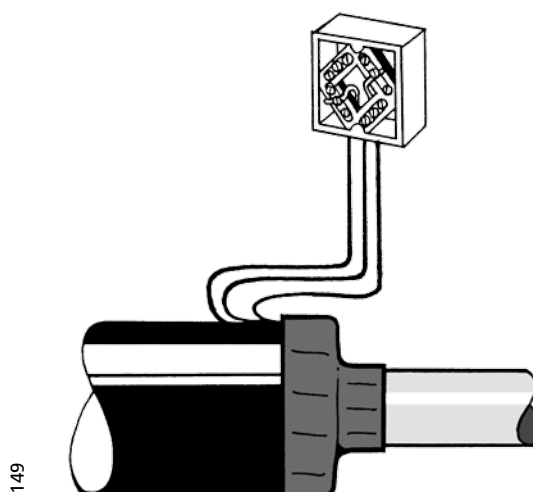
Jednotlivé sekce systému začínají ve výchozím bodu, který je situován do objektu vhodného pro instalaci detektoru. Propojení systému je provedeno obvykle tak, že levý vodič opisuje levostranné a pravý vodič pravostranné odbočky. Třetí "spodní" vodič nahrazuje ocelovou trubku. Koncové body takové dvojice sekcí jsou umístěny ve vhodném objektu (na vhodné odbočce) tak, aby délka obou sekcí byla přibližně shodná. Propojení přírodního a vratného potrubí je identické.



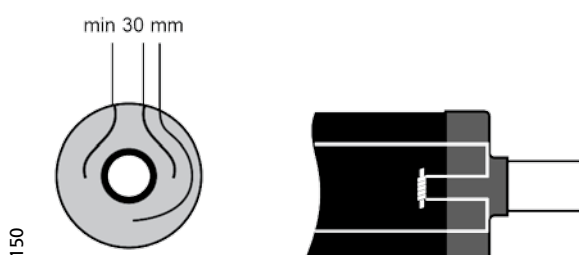


148

Připojení detektorů ve výchozích bodech a koncových prvků v koncových bodech se provede dle pokynů výrobce detektorů. Pro připojení zemního vodiče na nosnou trubku je doporučeno přivařit na konec trubky šroub nebo úhelník s otvorem pro šroub. Obvyklé je vyvedení detekčních vodičů a zemního vodiče do svorkovnice v elektrorozvodné krabici, umístěné v těsné blízkosti konce předizolovaného potrubí. Krabice může být připevněna vruty přímo na plášťovou trubku. Detektor se pak propojí se svorkovnicí vhodnými kabely, koncové prvky se umístí přímo do krabice.



V odbočkách se vodiče propojují do krátké smyčky, která je vyvedena mezi koncovou manžetou a pláštěm trubky. Vodiče všech odboček musí zůstat přístupné pro případné upřesňující zaměření poruchy. V nezbytných případech, kdy odbočka nemůže být přístupná, provede se propojení pod koncovou manžetou.



Poznámka: Není vhodné dříve používané zapojení celé sekce do smyčky, která je pak využívána pro kontrolu kontinuity detekčního vodiče. Detektory, využívající tento princip nelze při případném přerušení jednoho z vodičů v trubce použít pro náhradní monitorování pomocí druhého neporušeného vodiče.

5.3 Projektová dokumentace

Nezbytná je existence kvalitní dokumentace, která obsahuje zejména:

- schéma členění systému s detailním propojením vodičů
- délkové kóty jednotlivých úseků potrubí (k odbočkám a lomovým bodům)
- délky jednotlivých sekcí
- způsob připojení a umístění detektorů a koncových prvků
- technologické postupy vyvedení vodičů

Poznámky



Uponor Infra Fintherm je největší český výrobce a dodavatel předizolovaného potrubí a příslušenství. Předizolované potrubí se používá především pro podzemní a nadzemní rozvody tepla, chladu, kondenzátů, teplé vody a další media.

Uponor Infra Fintherm je součástí mezinárodní koncernové skupiny Uponor Infra, která je v Evropě, Severní Americe a Asii významným dodavatelem podzemní infrastruktury nejen pro teplo, ale také pro elektrickou energii, plyn a vzduch. Uponor nabízí svým klientům řešení, jejichž správa a provoz jsou dlouhodobě udržitelné, bezpečné a spolehlivé.



Aktuální technické informace naleznete na stránkách: www.fintherm.cz

Uponor Infra Fintherm a.s.
Za Tratí 197
196 00 Praha 9
Česká republika

T +420 283 922 999
F +420 283 933 015
www.fintherm.cz

uponor