


Zpráva č. 23 - 10 - 2021 / 0**Pevnostní posouzení potrubí přeložky HV Kralupy n. V.**

Název posuzovaného zařízení:	<ul style="list-style-type: none">• potrubí ÚT přívod / zpátečka• potrubí TV• potrubí cirkulace
Název stavby:	Přeložka HV Kralupy n. V.
Investor:	
Generální projektant:	
Zpracovatel projektu/objednatel posouzení:	DIGITRINIC CZ, s.r.o. Šimkova 904 500 03 Hradec Králové
Zpracovatel pevnostní kvalifikace:	Redyst, s.r.o. Akademia Heyrovského 1178/6 500 03 Hradec Králové 3
Kvalifikaci vypracoval:	 ing. M. Zástěra
V Hradci Králové dne:	23. 10. 2021

Seznam příloh

Příloha 1	Potrubí UT vratka – výpočet dle ČSN EN 13480-3, kap. 12
Příloha 2	Potrubí UT přívod – výpočet dle ČSN EN 13480-3, kap. 12
Příloha 3	Potrubí CIRK – výpočet dle ČSN EN 13480-3, kap. 12
Příloha 4	Potrubí TV přívod – výpočet dle ČSN EN 13480-3, kap. 12
Příloha 5	Kontrola tloušťky stěny dle ČSN EN 13480-3 a ČSN EN 13445-3

VSTUPNÍ ÚDAJE

Úvod, zadání pevnostního posudku

Cílem předkládaného posudku je:

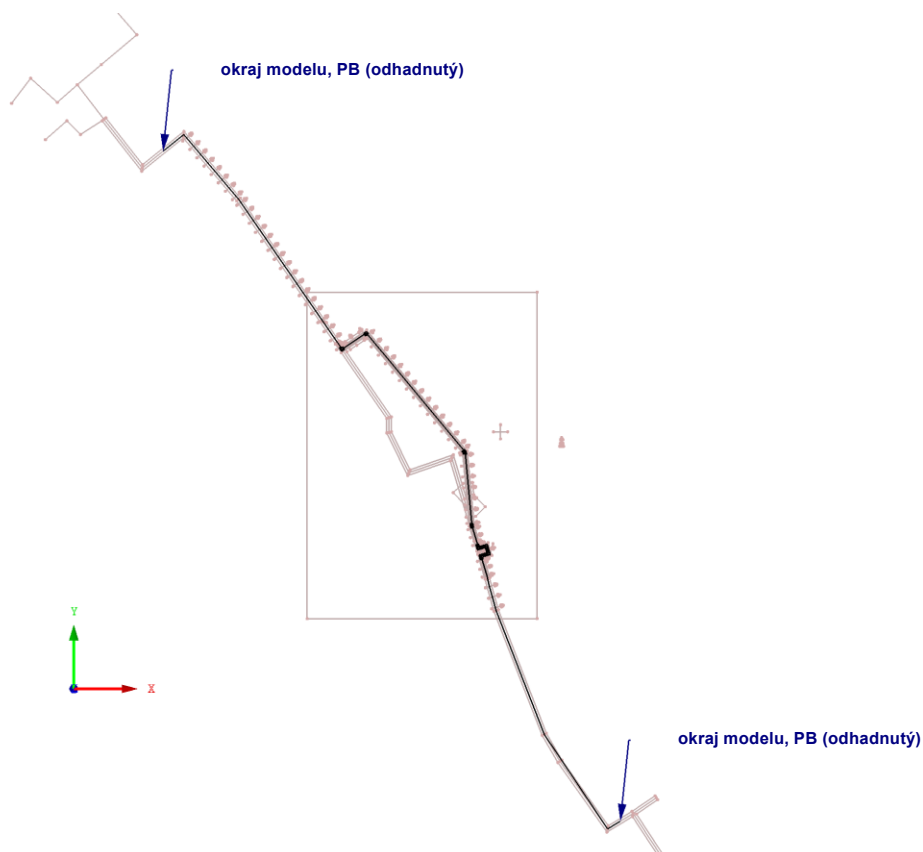
- analýza pružnosti a pevnosti potrubní soustavy přeložky HV dle ČSN EN 13 480-3, kap. 12, užitím programu CAE Pipe
- stanovení sil z potrubí do uložení potrubí a posuvů v potrubních uloženích (stanovení sil do uložení je uvedeno v přílohách 1 až 4 vždy na straně 11 přílohy)
- kontrola základního dimenzování na zatížení přetlakem dle ČSN EN 13480-3 (viz příloha 5)

Topologie potrubní trasy, rozsah výpočetního modelu, souřadný systém

Výpočetní model a použitý souřadný systém je zobrazen na schématech v příloze 1 až 4. Výpočetní model byl vytvořen dle výkresu firmy Digitronic „Situace Kralupy komp 2“.

Použitý souřadný systém výpočetního modelu odpovídá souřadnému systému podkladové výkresové dokumentace a je zobrazen na schématech v přílohách 1 až 4 a i v následujícím obrázku.

Výpočetní model je rozšířen nad rámec vlastní přeložky a to proto, aby byl doveden k odhadnutým pevným bodům, viz obr.:



Použité normy

Výpočet je proveden podle požadavků normy:

- ČSN EN 13 480-3
- ČSN EN 13 445-3

Výpočetní program

Výpočetní posouzení potrubní soustavy HV přeložka Kralupy bylo realizováno pomocí softwaru **CAE Pipe v. 10.10** (příloha 1, 2, 3, 4) a pomocí programu **NextGen Software Sant'Ambrogio** (příloha 5)

Potrubí resp. potrubní systém se pevnostně kontroluje ve dvou fázích:

- a) Jako izolovaně chápaný potrubní segment (přímé potrubí, odbočka, redukce atp.) zatížený pouze vnitřním přetlakem. Dle příslušných vzorců se určuje minimální potřebná tl. stěny pro výpočtový tlak a teplotu, nebo max. přípustný tlak p_{\max} při zadané tloušťce stěny. Tj., jedná o základní dimenzování, které je obsahem přílohy 5 tohoto posudku.
- b) Potrubní systém je chápán jako globální systém, kde jednotlivé části zatížené přetlakem, teplotou a vnějšími silami spolupůsobí. Potrubní systém je modelován pomocí jednorozměrných prvků – nosníků, jejichž chování se skutečnému potrubnímu systému přibližuje zavedením **koefficientů tuhosti k** (platí především pro kolena, která mají významně nižší tuhost než by odpovídalo prosté nosníkové teorii) a **koefficientů intenzity napětí SIF** , které zvyšují napětí vypočítané z nosníkové teorie tak, aby napětí v kolenech, odbočkách,

redukcích atd. více odpovídalo skutečnosti. Toto globální posouzení je předmětem přílohy 1 až 4 tohoto posudku. (Posouzení provedeno dle ČSN EN 13480-3, kap. 12)

Potrubní dimenze a materiál

Použité dimenze potrubí a tvarovek viz následující tabulka:

	Komponenta	Materiál	Dimenze	Rozměr /mm/	Tl. izolace /mm/
ÚT	Trubka	1.0345 (P235GH)	DN125	Ø139,7 x 4,0	80
	Trubka	1.0345 (P235GH)	DN100	Ø114,3 x 3,6	60
	Redukce koncentrická, typ A	1.0345 (P235GH)	DN125/DN100	Dle trubky Ø139,7 x 4,0 / Ø114,3 x 3,6	80
	Oblouk tvar 3D 90°, typ A R=190	1.0345 (P235GH)	DN125	Dle trubky Ø139,7 x 4,0	60
	Oblouk tvar 3D 90°, typ A R=152	1.0345 (P235GH)	DN100	Dle trubky Ø114,3 x 3,6	60
TV, C	Trubka nerez	1.4541(X6CrNiTi18-10)	DN40	Ø48,3x2,0	40
	Oblouk tvar 3D 90°, typ A, nerez R=57	1.4541(X6CrNiTi18-10)	DN40	Dle trubky Ø48,3x2,0	40

Tvarovky (oblouky, redukce) jsou uvažovány dle normy ČSN EN 10253-2. Veškeré tvarovky jsou uvažovány jako typ A (základní provedení).

Koeficient svaru je pro veškeré trubky a tvarovky uvažován $z=1$.

Oblouky jsou uvažovány jako tvar 3D. Odpovídající rádiusy R viz následující tabulka (pozor, tvar 3D neznamena, že poloměr ohybu je 3D):

Tabulka 11 – Oblouk tvar 3D – Rozměry

Rozměry v mm

DN	D	R	C	B – W – Z
15	21,3	38	76	49
20	26,9	38	76	51
25	33,7	38	76	56
	38	45	90	64
32	42,4	48	96	69
40	48,3	57	114	82
	51	63	126	88
	57	72	144	100
50	60,3	76	152	106
	70	92	184	127
65	76,1	95	190	133
80	88,9	114	228	159
	101,6	133	267	184
	108	142,5	285	196
100	114,3	152	304	210
	133	181	362	247
125	139,7	190	380	260

Hustota použité izolace je uvažována s hodnotou $\rho=100\text{kg/m}^3$.

Zatížení potrubí

Jednotlivá uvažovaná zatížení posuzovaného potrubního systému viz následující tabulka:

Výpočtový tlak p_c a výpočtová teplota t_c

Potrubí ÚT přívod	
Výpočtový tlak	$P_c = 16\text{bar(g)}$
Výpočtová teplota	$T_{c\max} = 105^\circ\text{C} / T_{c\min} = 0^\circ\text{C}$
Provozní tlak	$P_o = 6\text{bar(g)}$
Provozní teplota	$T_o = 80^\circ\text{C}$
Montážní teplota	10°C
Potrubí ÚT zpátečka	
Výpočtový tlak	$P_c = 16\text{bar(g)}$
Výpočtová teplota	$T_{c\max} = 105^\circ\text{C} / T_{c\min} = 0^\circ\text{C}$
Provozní tlak	$P_o = 6\text{bar(g)}$
Provozní teplota	$T_o = 60^\circ\text{C}$
Montážní teplota	10°C
Potrubí TV	
Výpočtový tlak	$P_c = 16\text{bar(g)}$
Výpočtová teplota	$T_{c\max} = 55^\circ\text{C} / T_{c\min} = 0^\circ\text{C}$
Provozní tlak	$P_o = 10\text{bar(g)}$
Provozní teplota	$T_o = 55^\circ\text{C}$
Montážní teplota	10°C

Potrubí cirkulace	
Výpočtový tlak	$P_c = 16\text{bar(g)}$
Výpočtová teplota	$T_{c\max} = 55^\circ\text{C} / T_{c\min} = 0^\circ\text{C}$
Provozní tlak	$P_o = 10\text{bar(g)}$
Provozní teplota	$T_o = 55^\circ\text{C}$
Montážní teplota	10°C

Zkušební tlak p_{test} a zkušební teplota t_{test}

Zkušební tlak se určuje dle PED 97/23/EC resp. z ČSN EN 13480-5 ze vzorce:

$$p_{\text{test}} \geq \left[1.43PS; 1.25 \cdot PS \cdot \frac{f_{20}}{f_{TS}} \right]$$

Počet plných takových a teplotních cyklů

Max. počet plných tlakových cyklů N	≤ 1000
Max. počet plných teplotních cyklů N	≤ 7000
Posouzení na únavu	dle EN 13480-3, kap. 10.2, není provedeno posouzení na únavu

Ve výpočtu je uvažováno zatížení potrubí v následujících kombinacích zatížení:

Název kombinace zatížení	Zatěžující účinky
Stále zatížení	$P_c + \text{tíha}$
Provoz	$P_o + \text{tíha} + T_o$
Odstavení	$P_o + \text{tíha} + T_{c\min}$

Materiál potrubí

Pro stavbu posuzovaného potrubí byla uvažována následující ocel:

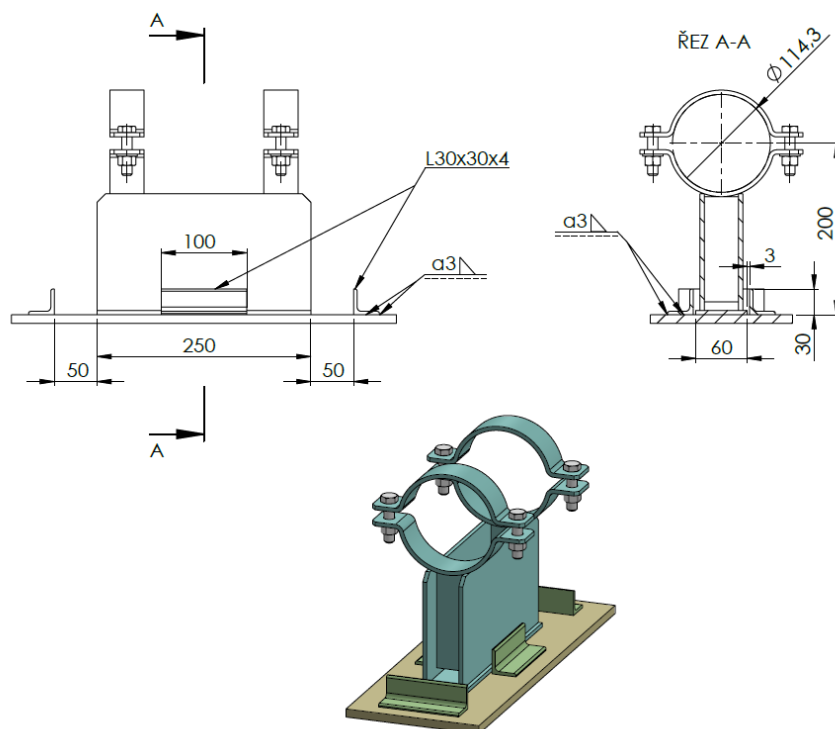
- potrubí ÚT přívod / zpátečka ... uhlíková ocel EN 1.0345 (P235GH)
- potrubí TV ... nerezová austenitická ocel EN 1.4541 (X6CrNiTi18-10)
- potrubí cirkulace ... nerezová austenitická ocel EN 1.4541 (X6CrNiTi18-10)

Uvažované uložení

Typy uložení uvažované ve výpočtu je přehledně označené v příloze 1 až 4. Ve všech kluzných podpěrách je uvažován koeficient tření $f = 0,3$.

V 2 uloženích (uzel 98 a 154 dle schématu příloha 1 až 4) je aplikován osový omezovač s mezerou +/- 50mm. Účelem omezovače je zabránění možnému nekontrolovanému pohybu potrubí. Za projektových podmínek nedojde v navržených omezovačích ke kontaktu (doražení na zarážky).

Schéma osového omezovače pro DN100 viz následující obrázek:



KONTROLNÍ VÝPOČET, KONTROLA NAMÁHÁNÍ POTRUBÍ

Namáhání potrubí

Namáhání kontrolovaného potrubního systému je uvedeno v přílohách 1 až 4. Uvedeno je srovnávací napětí ve stěně potrubí dle ČSN EN 13480-3 pro:

- stálé zatížení (12.3.2-1)
- rozkmit teploty (12.3.4-1)
- rozkmit teploty + stálé zatížení (12.3.4-2)

Dále jsou uvedeny poměry mezi vypočítaným srovnávacím a dovoleným napětím (čerpání limitu).

Dosahované napětí ve výpočetních uzlech je pro jednotlivé typy zatížení uvedeno sestupně. Následně uvádíme prvních nejvíce namáhaných 15 uzlů z potrubí ÚT - přívod (dilatačně nejvíce namáhané potrubí):

#	Sustained (12.3.2-1)				Expansion (12.3.4-1)				Expansion (12.3.4-2)			
	Node	S1 (MPa)	ff (MPa)	S1 ff	Node	S3 (MPa)	fa (MPa)	S3 fa	Node	S4 (MPa)	ff+fa (MPa)	S4 ff+fa
1	74	18.75	139.2	0.13	16A	172.5	176.6	0.98	16A	178.5	315.8	0.57
2	122	17.95	139.2	0.13	110A	163.0	176.6	0.92	110A	167.9	315.8	0.53
3	66	17.20	139.2	0.12	110B	162.6	176.6	0.92	110B	167.7	315.8	0.53
4	182	16.17	139.2	0.12	16B	149.4	176.6	0.85	16B	154.8	315.8	0.49
5	164	16.01	139.2	0.12	186A	135.5	176.6	0.77	186A	143.5	315.8	0.45
6	124	15.81	139.2	0.11	186B	135.4	176.6	0.77	186B	143.4	315.8	0.45
7	82	15.42	139.2	0.11	142A	126.5	176.6	0.72	142A	132.6	315.8	0.42
8	156	15.12	139.2	0.11	210A	123.7	176.6	0.70	210A	129.4	315.8	0.41
9	178	15.09	139.2	0.11	142B	120.2	176.6	0.68	142B	125.9	315.8	0.40
10	168	15.08	139.2	0.11	146B	119.0	176.6	0.67	146B	125.5	315.8	0.40
11	174	15.01	139.2	0.11	210B	116.6	176.6	0.66	210B	122.4	315.8	0.39
12	172	15.01	139.2	0.11	146A	108.6	176.6	0.61	146A	114.4	315.8	0.36
13	170	14.99	139.2	0.11	70A	97.03	176.6	0.55	70A	102.9	315.8	0.33
14	176	14.99	139.2	0.11	134A	94.55	176.6	0.54	134A	101.1	315.8	0.32
15	190	14.90	139.2	0.11	70B	93.45	176.6	0.53	70B	99.18	315.8	0.31

Z uvedeného je patrné, že:

- pro kategorii „stálé zatížení“ (12.3.2-1) potrubí VYHOVUJE
- pro kategorii „rozkmit teploty“ (12.3.4-1) potrubí VYHOVUJE
- pro kategorii „rozkmit teploty + stálé zatížení“ (12.3.4-2) potrubí VYHOVUJE

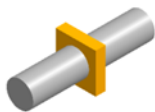
Dílčí závěr: z hlediska globální pevnosti (ČSN EN 13480-3, kap. 12) je kvalifikované potrubí vyhovující pro výše uvedené hodnoty zatížení a při dodržení předepsaného způsobu uložení.

Síly v uložení a pohyby v uložení

Působící síly a momenty v uložení jsou přehledně uvedeny v přílohách 1 až 4 (vždy na straně 11 přílohy). Uvedeno je též posunutí potrubí v ukládacích místech.

V následujícím přehledu uvádíme systém značení sil v uloženích dle jednotlivých typů podpěr:

Symboly uložení potrubí používané v CAEPipe a způsob uvedení sil do uložení



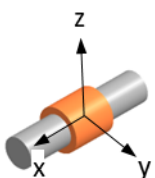
ANCHOR

pevný bod

Síly (FX, FY, FZ) a momenty (MX, MY, MZ) z potrubí do uložení
uvedeny v globálním souřadném systému X, Y, Z

PŘÍKLAD:

Support load summary for anchor at node 100 (Tag: stávající PB)									
Load combination	FX (N)	FY (N)	FZ (N)	MX (Nm)	MY (Nm)	MZ (Nm)	Displacements (global)		
							X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Empty Weight	0	-293	-13099	-7370	-22558	644	0.000	0.000	0.000
Sustained	0	-1176	-38516	-18693	-65778	3416	0.000	0.000	0.000
Operating1	42868	-924	-40560	-9029	-71713	-68128	0.000	0.000	0.000



GUIDE

kluzná podpěra s osovým vedením, nemožnost odlehnutí

Síly (fx, fy, fz) z potrubí do uložení jsou uvedeny v lokálním souřadném systému:

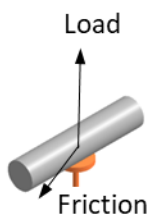
osa x = osa potrubí

osa y = bočně, kolmo na osu potrubí

osa z = svisle vzhůru (totožná s globálním směrem Z)

PŘÍKLAD:

Support load summary for guide at node 146 (Tag: P4, ul. s ved)						
Load combination	fx (N)	fy (N)	fz (N)	Displacements (global)		
				X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Empty Weight	0	55	-90430	0.000	0.000	0.000
Sustained	0	124	-205047	0.000	0.000	0.000
Operating1	20539	-245	-205385	0.000	-47.727	0.000



LIMIT STOP

kluzná podpěra, možnost odlehnutí

Síla (Load) je uvedena kolmo na rovinu kluzné podpěry.

Třecí síla (Friction) je v rovině kluzné podpěry.

PŘÍKLAD:

Support load summary for limit stop at node 108 (0.000,0.000,1.000)					
Load combination	Load (N)	Friction (N)	Displacements (global)		
			X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Empty Weight	-30541	0	0.000	0.000	0.000
Sustained	-85096	0	0.000	0.000	0.000
Operating1	-109457	32837	-23.225	19.493	0.000

Průhyby potrubí

Maximální průhyb potrubí (od vlastní váhy, média a izolace) je 9mm v -Z pro potrubí DN40. Pro DN100 je to 2mm v -Z.

KZ1 : ZS1 + ZS2 + ZS3



ZÁVĚR

Předložený posudek prokázal, že namáhání potrubní soustavy HV přeložka Kralupy je vyhovující.

Kontrola základního dimenzování potrubí (kontrola tl. stěny na přetlak) je uvedena v příloze 5.

Poznámky:

- U kluzných uložení je třeba kontrolovat, aby uložení mělo dostatečnou deformační kapacitu, tj. aby v mezních polohách (tj. především při provozním stavu) nedošlo k pádu potrubí z uložení nebo zablokování uložení apod.
- Pokud by došlo během stavby ke změně navrhovaného způsobu uložení či tvaru a vedení potrubí, je třeba provést modifikaci výpočtového modelu a vypracovat revizi této kvalifikační zprávy.

Vypracoval: ing. Zástěra, 23. 10. 2021 Hradec Králové