

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



PŘÍLOHA č.1 – VÝPOČTOVÁ ČÁST

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí diplomové práce :
Vypracovala:

doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D
Bc. Andrea Hlávková

2017/2018

OBSAH:

1. VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	2
1.1 ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	2
2. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY	3
3. POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ	3
3.1 VÝPOČET EXPANZNÍ NÁDOBY	3
3.1.1 VÝPOČET OBJEMU SOUSTAVY.....	4
3.1.2 STANOVENÍ SOUČiniteLE ZVĚTŠENÍ OBJEMU	6
3.1.3 STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO A MINIMÁLNÍHO TLAKU V SOUSTAVĚ.....	6
3.1.4 VÝPOČET OBJEMU EXPANZNÍ NÁDOBY	7
3.2 VÝPOČET POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ	8
4. KOMPENZACE POTRUBÍ VZDUCHOTECHNIKY	9
4.1 KOMPANZACE POTRUBÍ – VZT KUCHYŇ	10
4.2 KOMPENZACE POTRUBÍ – VZT ODBYTOVÝ PROSTOR.....	11
SCHÉMA KOMPENZACE POTRUBÍ KUCHYŇ 1:40	12
SCHÉMA KOMPENZACE POTRUBÍ ODBYTOVÝ PROSTOR 1:40.....	13

1. VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

1.1 ROČNÍ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \times Q_c \times \varepsilon \times D}{t_{is} - t_e}$$

$$Q_{VYT,r} = \frac{24 \times 18,6 \times 0,66 \times 3790,8}{20 - (-12)}$$

$$Q_{VYT,r} = 3490,9 \text{ Wh/rok} = 3,5 \text{ kWh/rok}$$

LEGENDA:

Q_c	tepelná ztráta objektu [kW]
D	počet denostupňů [K.den]
ε	opravný součinitel [-]
t_{is}	průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]
t_e	průměrná vnější výpočtová teplota [°C]

Počet denostupňů:

$$D = d \times (t_{is} - t_{es})$$

$$D = 244 \times (20 - 4,4)$$

$$D = 3790,8 \text{ K. den}$$

LEGENDA:

t_{es}	průměrná teplota během otopného období [°C]
d	počet dnů otopného období v roce [-]

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = \frac{e_i \times e_t \times e_d}{n_o \times n_r}$$

$$\varepsilon = \frac{0,85 \times 0,8 \times 0,9}{0,95 \times 0,97}$$

$$\varepsilon = 0,6641$$

LEGENDA:

e_i	nesoučasnost tepelné ztráty infiltraci a tepelné ztráty prostupem [-]
e_t	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci [-]
e_d	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-]
η_0	účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy [-]
η_r	účinnost rozvodu vytápění [-]

2. NÁVRH AKUMULAČNÍ NÁDOBY

Akumulační nádoba je navržena z důvodu necyklování tepelného čerpadla - REGULUS PS1000L o objemu 1000 litrů.

Tepelné čerpadlo - Alpha Innotec SWC 192K3	průtok čerpadla	doba naplnění zásobníku
objemový průtok čerpadla	l/h	min
minimální	1600	45
nominální BO/W35	3200	18,75
maximální	4000	15

3. POJISTNÉ A ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ

3.1 VÝPOČET EXPANZNÍ NÁDOBY

Objemové změny v otopné soustavě bude vyrovnávat dle požadavků ČSN 06 0830 tlaková expanzní nádoba.

Vstupní údaje

Maximální provozní teplota otopné soustavy:

$T_{max} = 40^{\circ}\text{C}$

Maximální provozní tlak otopné soustavy:

$P_{h,dov} = 250 \text{ kPa}$

Převýšení:

$H = 4,3 \text{ m}$

Nejnižší provozní přetlak v kotelně:

$P_d = 150 \text{ kPa}$

Pojistný výkon:

$Q_p = 18,6 \text{ kW}$

3.1.1 VÝPOČET VODNÍHO OBJEMU SOUSTAVY

VODNÍ OBJEM TĚLES

VODNÍ OBJEM	DÉLKA	VODNÍ OBJEM	VODNÍ OBJEM	POČET	VODNÍ OBJEM CELKEM
OTOPNÉ TĚLESO	m	l/bm	l	ks	l
RAD A - KORADO VKM -U - TYP 21					
400x400x66	0,4	4,5	1,8	1	1,8
500x700x66	0,5	5,3	2,65	2	5,3
RAD B - KORADO VKM -U - TYP 22					
600x700x100	0,6	7	4,2	1	4,2
1000x900x100	1	8,9	8,9	1	8,9
RAD C - KORADO VKM -U - TYP 33					
900x600x155	0,9	9,3	8,37	1	8,37
800x900x155	0,8	13	10,4	1	10,4
1100x600x155	1,1	9,3	10,23	1	10,23
1000x500x155	1	8	8	1	8
Σ					57,2

Celkový vodní objem těles je 57,2 l.

VODNÍ OBJEM TEPELNÉHO ČERPADLA A AKUMULAČNÍ NÁDRŽE

VODNÍ OBJEM	VODNÍ OBJEM	POČET	VODNÍ OBJEM CELKEM
TEPELNÉ ČERPADLO ALFA INNOTEK	l	ks	l
	10	1	10
AKUMULAČNÍ NÁDRŽ REGULUS	1000	1	1000
Σ			1010

Celkový vodní objem tepelného čerpadla a akumulární nádrže je 1010 l.

VODNÍ OBJEM POTRUBÍ

ROZMĚR POTRUBÍ	VNITŘNÍ PRŮMĚR POTRUBÍ	PLOCHA POTRUBÍ	DĚLKA POTRUBÍ	OBJEM VODY V POTRUBÍ	
mm	mm	m ²	m	m ³	l
VŠECHNA POTRUBÍ K AKUMULAČNÍ NÁDRŽI					
RAUBASIC 20x2	16	0,000201	1912,4	0,3843924	384,3924
SUPERSAN 15x1	13	0,000133	34	0,00452	4,52
SUPERSAN 18x1	16	0,000201	16	0,003216	3,216
SUPERSAN 22x1	20	0,000314	60	0,01884	18,84
SUPERSAN 28x1,5	25	0,00049	4	0,00196	1,96
SUPERSAN 35x1,5	32	0,0008	4	0,0032	3,2
SUPERSAN 42x1,5	39	0,00119	40	0,0476	47,6
				Σ	463,73

Celkový vodní objem potrubí je 406,41l.

Objem vody otopné soustavy k akumulární nádrži:

$$V_{o1} = V_{OT} + V_A + V_P + V_{TČ}$$

$$V_{o1} = 57,2 + 1000 + 463,73 + 10$$

$$V_{o1} = 1530,93 \text{ l}$$

V_{OT} vodní objem otopných těles [l]

V_A vodní objem akumulární nádrže [l]

V_P vodní objem potrubí [l]

$V_{TČ}$ vodní objem tepelného čerpadla [l]

3.1.2. STANOVENÍ SOUČINITELE ZVĚTŠENÍ OBJEMU

Součinitel zvětšení objemu – poměrné zvětšení objemu vody při ohřátí z teploty studené vody (10°C) na maximální teplotu otopné vody t_{max} .

$$n = \frac{1000}{\rho_{t,max}} - \frac{1000}{\rho_{10^{\circ}\text{C}}} = \frac{1000}{\rho_{t,max}} - 1,004 [-]$$

Výpočet převzat z <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/60-tlakova-expanzni-nadoba>

$$n=0,0078$$

3.1.3. STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO A MINIMÁLNÍHO TLAKU V SOUSTAVĚ

Podmínky:

$$P_d \geq P_{d,dov} = 1,1 \times \left(\frac{H \times \rho \times g}{1000} \right)$$

$$P_d \geq P_{d,dov} = 1,1 \times \left(\frac{4,3 \times 1000 \times 9,81}{1000} \right)$$

$$P_d \geq P_{d,dov} = 46,4 \text{ kPa} \rightarrow \text{návrh } P_d = 150 \text{ kPa}$$

PRVEK SOUSTAVY	MAXIMÁLNÍ DOVOLENÝ PŘETLAK (kPa)	VÝŠKA nad MR (m)
TEPELNÉ ČERPADLO	300	-1,5
ČERPADLO	600	0,5
OT - nejnižše položené	1000	-0,8
KONSTRUKČNÍ PŘETLAK SOUSTAVY		285 kPa

$$P_k = P_{r,tč} + (g \times h_{MR})$$

$$P_k = 300 + \{9,81 \times (-1,5)\}$$

$$P_k = 285,29 \text{ kPa}$$

$$P_{h,dov} \leq P_k$$

$$P_{h,dov} \leq 285 \text{ kPa} \rightarrow \text{návrh } P_{h,dov} = 250 \text{ kPa}$$

LEGENDA:

g	tíhové zrychlení [9,81 m/s ²]
ρ	hustota vody [1000 kg/m ³]
P _{d,dov}	nejnižší dovolený provozní přetlak v kotelně [kPa]
P _d	nejnižší provozní přetlak v kotelně [kPa]
H	převýšení [m]
P _{h,dov}	maximální provozní tlak otopné soustavy [kPa]
P _k	minimální konstrukční přetlak jednotlivých prvků soustavy, vztaženy k manometrické rovině [kPa]
MR	manometrická rovina [1,5 m]

3.1.4. VÝPOČET OBJEMU EXPANZNÍ NÁDOBY

$$V_{e1} = \frac{1,3 \times V_o \times \Delta v \times (P_{h,dov} + 100)}{(P_{h,dov} - P_a)}$$

$$V_{e1} = \frac{1,3 \times 1530,93 \times 0,0078 \times (250 + 100)}{(250 - 150)}$$

$$V_{e1} = 54,3 \text{ l}$$

LEGENDA:

V _o	objem vody v celé otopné soustavě [l]
Δv	součinitel zvětšení objemu [-]
P _{h,dov}	maximální provozní tlak otopné soustavy [kPa]
P _a	nejnižší provozní přetlak v kotelně [kPa]

Návrh: **Tlaková expanzní nádoba Regulus HS060 – 60l**

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \times \sqrt{Q_p}$$

$$d_p = 10 + 0,6 \times \sqrt{18,6}$$

$$d_p = 12,58 \text{ mm} \rightarrow \text{Cu } 15 \times 1 \text{ mm}$$

LEGENDA:

Q_p pojistný výkon neboli výkon zdroje[kW]

3.2. VÝPOČET POJISTNÉHO ZAŘÍZENÍ

Zabezpečení proti překročení nejvyššího pracovního přetlaku je dále řešeno pomocí pojistného ventilu. Výpočet je proveden dle ČSN 06 0830.

Pojistný průtok:

$$M_p = \frac{Q_p}{r}$$

$$M_p = \frac{18,6}{0,596}$$

$$M_p = 31,2 \text{ kg/h}$$

LEGENDA:

Q_p pojistný výkon $Q_p = Q_n$ [74,2 kW]

r měrné výparné teplo [r250kPa = 0,596 kWh/kg]

Minimální průřez sedla pojistného ventilu:

$$A_o = \frac{Q_p}{\alpha_v \times K}$$

$$A_o = \frac{18,6}{0,64 \times 1,12}$$

$$A_o = 25,95 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{návrh GIACOMINI 1/2' (DN15)}$$

LEGENDA:

α_v výtokový součinitel pojistného ventilu [0,58]

K konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku
Pot [K250kPa = 1,12 kW/mm²]

Vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_p = 15 + 1,4 \times \sqrt{Q_p}$$

$$d_p = 15 + 1,4 \times \sqrt{18,6}$$

$$d_p = 21,04 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh DN 28x1,5 – vnitřní průměr 25 mm}$$

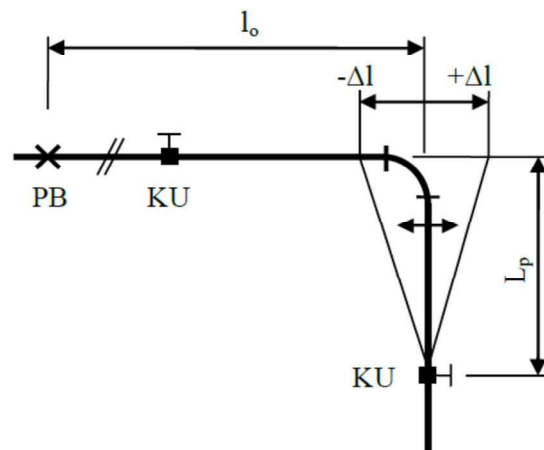
4. KOMPENZACE POTRUBÍ K OHŘEVU VZDUCHOTECHNIKY

Tepelná roztažnost bude kompenzována pomocí ohybových kompenzátorů (pružných ramen) v kombinaci s vhodně rozmístěnými pevnými a kluznými body. Využíváme kolmých změn směru ve vedení potrubí a pružnosti materiálu. Podmínkou je zajištění osového pohybu potrubí z hlediska upevnění a dostatku prostoru pro posun. V našem případě se jedná o potrubí ke vzduchotechnické jednotce, které je vedeno v podhledu pod stropem.

Jednotlivé vzdálenosti byly určeny dle doporučení výrobce kompenzátorů společnosti HILTI.

$$\Delta l = L_1 \times \alpha \times \Delta T$$

$$L_p = C \times \sqrt{\Delta l \times d}$$



LEGENDA:

Δl	délkové prodloužení [mm]
L	původní délka [mm]
α	koefficient teplotní roztažnosti $C_u=0,000017$ [1/K]
ΔT	teplotní rozdíl [K]
L_p	délka ke kluznému uložení [m]
C	materiálová konstanta $C_u=61$
d	vnější průměr trubky [mm]

Vzduchotechnika je vedena od rozdělovače/sběrače pod stropem ke vzduchotechnické jednotce, zavěšené pod stropem.

4.1. KOMPENZACE POTRUBÍ – VZT KUCHYŇ

$\Delta T = 5K$ Pro vytápění (teplotní spád 40/35)

$\Delta T = 2K$ Pro chlazení (teplotní spád 18/20)

$$\Delta l_1 = L_1 \times \alpha \times \Delta T$$

$$\Delta l_1 = 4700 \times 0,000017 \times 5$$

$$\Delta l_1 = 0,3995\text{mm} \quad \text{pro teplotní spád } 40/35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta l_1 = L_1 \times \alpha \times \Delta T$$

$$\Delta l_1 = 4700 \times 0,000017 \times 2$$

$$\Delta l_1 = 0,16 \text{ mm} \quad \text{pro teplotní spád } 18/20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Délkové prodloužení při teplotním spádu při vytápění je větší než při chlazení, proto dále počítám jen s touto hodnotou.

$$\Delta l_1 = 0,406 \text{ mm} \quad (L = 4781 \text{ mm})$$

$$\Delta l_2 = 0,037 \text{ mm} \quad (L = 430\text{mm})$$

$$\Delta l_3 = 0,606 \text{ mm} \quad (L = 7131\text{mm})$$

$$L_{p1} = 182 \text{ mm} \quad (L = 4781 \text{ mm})$$

$$L_{p2} = 55 \text{ mm} \quad (L = 430 \text{ mm})$$

$$L_{p3} = 223 \text{ mm} \quad (L = 7131 \text{ mm})$$

4.2. KOMPENZACE POTRUBÍ – VZT ODBYTOVÝ PROSTOR

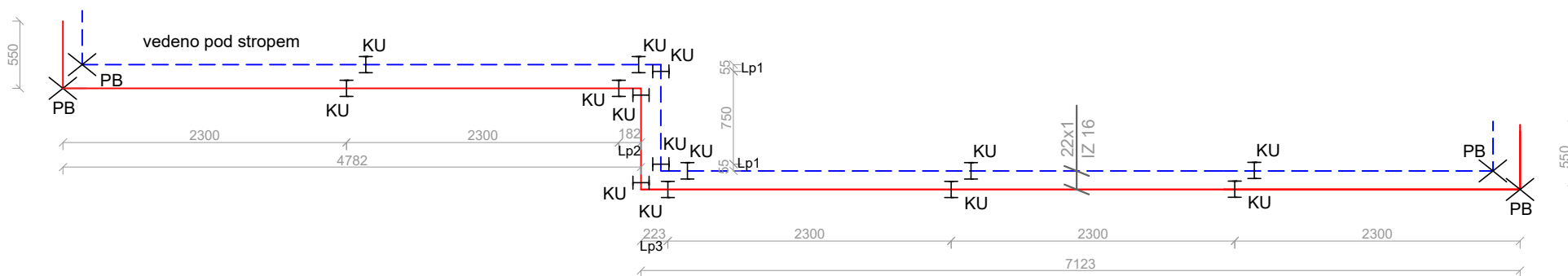
$$\Delta l_4 = 0,279 \text{ mm} \quad (L = 3280\text{mm})$$

$$\Delta l_5 = 0,412 \text{ mm} \quad (L = 4850 \text{ mm})$$

$$L_{p4} = 151 \text{ mm} \quad (L = 3280\text{mm})$$

$$L_{p5} = 184 \text{ mm} \quad (L = 4850 \text{ mm})$$

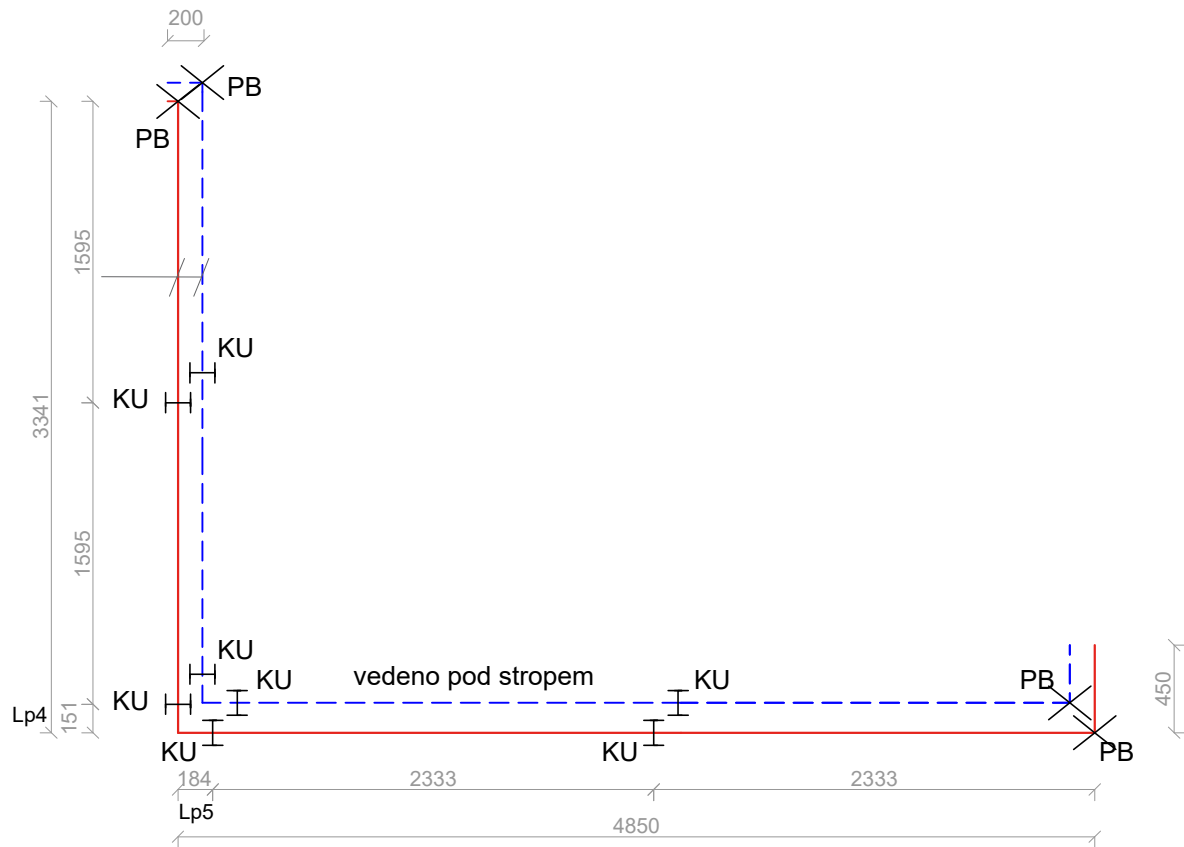
VZDUCHOTECHNIKA - KUCHYŇ
1:50



LEGENDA:

- PB pevný bod
- KU kluzné uložení
- Lp1 délka úseku od volného rohu

VZDUCHOTECHNIKA - ODBYTOVÝ PROSTOR
1:40



LEGENDA:

- PB pevný bod
- KU kluzné uložení
- Lp1 délka úseku od volného rohu