

PŘÍLOHA 6 - VÝPOČTOVÁ ČÁST VYTÁPĚNÍ  
A VZDUCHOTECHNIKY



## Obsah

Návrh vzduchotechnické jednotky 1.NP .....	1
Návrh chladiče pro VZT 1.NP .....	2
Návrh vzduchotechnické jednotky bazén .....	3
Návrh ohřívače pro VZT bazén .....	4
Návrh chladiče pro VZT bazén .....	5
Příprava teplé vody:.....	6
Návrh zásobníku teplé vody.....	7
Výpočet ohřevu bazénové vody .....	8
Návrh tepelného čerpadla .....	9
Dimenzování zemních vrtů tepelného čerpadla .....	10

## Návrh vzduchotechnické jednotky 1.NP:

Návrh dle vyhlášky č. 268/2009 Sb., odst. (5) a závazných hodnot z norem ČSN EN 15251 a ČSN EN 15 665:

Výpočet průtoku přiváděného/odváděného vzduchu vychází ze vzorce:

$$V_e = I \cdot V_0$$

kde:

$V_e$  průtok přiváděného/odváděného vzduchu [ $m^3/h$ ]

$I$  intenzita větrání [ $h^{-1}$ ] = doporučená hodnota 0,5  $h^{-1}$

$V_0$  objem místnosti [ $m^3/h$ ]

Číslo m.	Název m.	Podl. Plocha [ $m^2$ ]		Výška míst. [m]	Objem míst. [ $m^3$ ]	Intenzita větr. [ $h^{-1}$ ]	Výp. průtok přiv. vzduchu [ $m^3/h$ ]	Návrh [ $m^3/h$ ]	PŘÍVOD/ODTAH	
1.01x	PŘEDSÍŇ	10,44		2,6	27,14	0,5	13,57	30	PŘÍVOD	
1.02x	KOUPELNA	3,07		2,6	7,98	0,5	3,99	50	ODTAH	
1.03x	SPIŽ	0,66		2,6	1,72	0,5	0,86	20	ODTAH	
1.04	OBÝVACÍ POKOJ	22,58		2,51	56,68	0,5	28,34	90	PŘÍVOD	
1.06	KOUPELNA	10,55		2,65	27,96	0,5	13,98	90	ODTAH	
1.07	CHODBA	0,52		2,51	1,31	0,5	0,65	0	-	
1.08+1.09	KUCHYNĚ + PRACOVNA	16,54	5,71	2,41	2,2	52,42	0,5	26,21	50	50 PŘÍVOD / ODTAH
1.10	LOŽNICE	18,36		2,41	44,25	0,5	22,12	60	PŘÍVOD	
1.11	ŠATNA	4,51		2,575	11,61	0,5	5,81	20	ODTAH	
								Σ	230	230
								Σ	460	

Tabulka 1 - výpočet průtoku vzduchu v jednotlivých místnostech

Požadavky na stanovení výkonu větrání:

Požadavky na výkon větrání		Dle obsazenosti místnosti		Dle osob	Dle typu místnosti		
České státní normy, doporučené pro stanovení výkonu větrání		Intenzita větrání neobsazené místnosti [ $h^{-1}$ ]	Intenzita větrání obsazené místnosti [ $h^{-1}$ ]	Výkon větrání na 1 osobu [ $m^3/hod$ ]	Odvod vzduchu* doporučený pro kuchyně [ $m^3/hod$ ]	Odvod vzduchu* doporučený pro koupelnu [ $m^3/hod$ ]	Odvod vzduchu* doporučený pro WC [ $m^3/hod$ ]
		ČSN EN 15665	Minimální hodnota	0,3	0,3	15	100
	Doporučená hodnota	0,5	25		150	90	50
ČSN EN 15251	1. třída	0,1–0,2	0,7	36	100	72	50
	<b>2. třída</b>		0,6	<b>25</b>	<b>72</b>	<b>54</b>	<b>36</b>
	3. třída		<b>0,5</b>	15	50	36	25

Tabulka 2 - požadavky na stanovení výkonu větrání dle ČSN EN 15251 a ČSN EN 15 665

Dle vypočtených hodnot (viz. tab. 1) byla navržena obousměrná rekuperační vzduchotechnická jednotka s odvodem 230  $m^3/h$  a přívodem 230  $m^3/h$ .

### Návrh chladiče pro 1.NP:

Návrhová hodnota pro poptávku pro chladič VZT 1.NP bude zjištěna z kalorimetrické rovnice:

$$Q_{1.NPzisk} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_{1.NPzisk}}{V \cdot \rho \cdot c} = \frac{0,54}{\frac{230}{3600} \cdot 1,010 \cdot 1,2} = \frac{0,54}{0,0774} = 6,97 \text{ °C} \cong 7 \text{ °C}$$

kde:

$Q_{1.NPzisk}$  Tepelný zisk 1.NP (osoby + solární zisky + konstrukce) získaná z programu DesignBuilder  
= 0,54 kW

V Objemový průtok vzduchu [m<sup>3</sup>/s]

$\rho$  Hustota vzduchu = 1,2 kg/m<sup>3</sup>

c Měrná tepelná kapacita vzduchu = 1,010 kJ/kg·K

$\Delta t$  Žádaný rozdíl teplot [°C]

Musíme tedy přivádět o 7 °C chladnější vzduch, než je max. požadovaná teplota v interiéru (25 °C).

Přiváděný vzduch bude mít teplotu 18 °C.

Výsledkem poptávky u firmy Systemair byl vodní chladič CWK 160-3-2,5 s výkonem 1,24 kW.

Návrh vzduchotechnické jednotky bazén:

Návrh přiváděného vzduchu dle VDI 2089:

Šířka bazénu	$B_B$	(m)	4,0
Délka bazénu	$L_B$	(m)	6,7
Teplota vody v bazénu	$t_W$	(°C)	28
Relativní vlhkost vzduchu v prostoru bazénu	$\varphi$	(%)	50
Teplota vzduchu v prostoru bazénu	$t_L$	(°C)	30
Vodní plocha bazénu	$A_B$	(m <sup>2</sup> )	26,8
Typ bazénu	Soukromý bazén		
Součinitel přenosu hmoty (vody) pro bazén bez atrakcí, viz tab.5 VDI 2089	$\alpha_{B,u}$	(m/h)	21,0
Součet koeficientu pro extra atrakce, viz tab. 6 VDI 2089	$\Sigma_{BFA}$		32,0
Součinitel přenosu hmoty (vody) pro extra atrakce, viz diagram 1 VDI 2089	$\Delta \Delta A_{max}$	(m/h)	18,3
Měrná vlhkost přivodního vzduchu (venkovní vzduch v střední Evropa, Německu)	$X_{D,A}$	(g/kg) s.v.	9,0
Požadovaná měrná vlhkost vzduchu v prostoru bazénu	$X_{D,L}$	(g/kg) s.v.	14,3
<b>Množství vzduchu (pro odvedení vlhkosti z bazénu) dle VDI 2089</b>	<b><math>V_L</math></b>	<b>(m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>2057</b>

VDI 2089/2010: Tabulka 6		
Atrakce	koeficient	počet kusů nebo m
Divoká řeka	30	0
Vodní houby *)	5	0
Protiproud	20	1
Krční masážní sprcha	6	0
Podvodní trysky	4	3
Podvodní bubliny	3	0
Gejzít vodní	3	0
Dětská vodní skluzavka**)	3	0
Vodní masáž	4	0
Odpočívárna	2	0
Místo na sezení	2	0
<b>Součet <math>\Sigma_{RFA}</math></b>		<b>32</b>

Návrh přiváděného vzduchu činí 2100 m<sup>3</sup>/h.

Návrh ohříváče pro bazén (integrován v jednotce):

Ohříváč pokrývá tepelnou ztrátu větráním a ztrátu prostupem místnosti.

Požadovaná teplota přírodního vzduchu pro poptávku na ohříváč VZT bazén:

$$Q_{BAZztr} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_{BAZztr}}{V \cdot \rho \cdot c} = \frac{2,73}{\frac{2100}{3600} \cdot 1,010 \cdot 1,2} = \frac{2,73}{0,0774} = 3,86 \text{ } ^\circ\text{C} \cong 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

kde:

$Q_{BAZztr}$  Tepelná ztráta bazénu získaná z programu DesignBuilder = 2,73 kW

$V$  Objemový průtok vzduchu [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\rho$  Hustota vzduchu = 1,2  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c$  Měrná tepelná kapacita vzduchu = 1,010  $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$

$\Delta t$  Žádaný rozdíl teplot [ $^\circ\text{C}$ ]

Musíme tedy přivádět o 4  $^\circ\text{C}$  teplejší vzduch, než je min. požadovaná teplota v interiéru (30  $^\circ\text{C}$ ). Přiváděný vzduch bude mít teplotu 34  $^\circ\text{C}$ .

Výsledkem poptávky u firmy Systemair byl vodní ohříváč integrovaný v bazénové jednotce s výkonem 17,24 kW.

### Návrh chladiče pro bazén:

Chladič pokrývá tepelné zisky větráním a vnitřní + vnější tepelné zisky místnosti.

Požadovaná teplota přírodního vzduchu pro poptávku na chladič VZT bazén:

$$Q_{BAZzisk} = V \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{Q_{BAZzisk}}{V \cdot \rho \cdot c} = \frac{5,1}{\frac{2100}{3600} \cdot 1,010 \cdot 1,2} = \frac{5,1}{0,0774} = 7,21 \text{ °C} \cong 8 \text{ °C}$$

kde:

$Q_{BAZztr}$  Tepelné zisky bazénu získané z programu DesignBuilder = 5,1 kW

$V$  Objemový průtok vzduchu [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\rho$  Hustota vzduchu = 1,2  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c$  Měrná tepelná kapacita vzduchu = 1,010  $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$

$\Delta t$  Žádaný rozdíl teplot [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Musíme tedy přivádět o 8  $^{\circ}\text{C}$  chladnější vzduch, než je max. požadovaná teplota v interiéru (32  $^{\circ}\text{C}$ ).

Přiváděný vzduch bude mít teplotu 24  $^{\circ}\text{C}$ .

Výsledkem poptávky u firmy Systemair byl vodní chladič externí s výkonem **10,45 kW**.

### Příprava teplé vody:

Denní potřeba tepla na ohřev teplé vody v souladu s ČSN 06 0320 (počítáno pro 2 osoby):

$$Q_{TV,d} = \frac{(z + 1) \cdot \rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_{tv} - t_{sv})}{3600} = \frac{(0,3 + 1) \cdot 1000 \cdot 4,182 \cdot (0,082 \cdot 2) \cdot (55 - 10)}{3600}$$
$$= 11,145 \text{ kWh/den}$$

kde:

$\rho$  měrná hmotnost vody = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$c$  měrná tepelná kapacita vody = 4,182 kJ/kg·K

$V_{2p}$  celková potřeba teplé vody pro všechny osoby [m<sup>3</sup>/den] = bytové domy 0,082 m<sup>3</sup>/osobu·den

$t_{tv}$  teplota teplé vody = 55 °C

$t_{sv}$  teplota studené vody = 10 °C

$z$  poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci = 0,3 [-] (pro standardně navržené tloušťky tepelné izolace rozvodů TV podle vyhlášky č. 193/2007 Sb)

Potřebný příkon (výkon) na ohřev teplé vody:

$$P_{TV} = \frac{Q_{TV,d}}{\tau} = \frac{11,145}{24} = \mathbf{0,46 \text{ kW}}$$

kde:

$\tau$  perioda, kdy je voda ohřívána, tj. 24 hodin [hod]

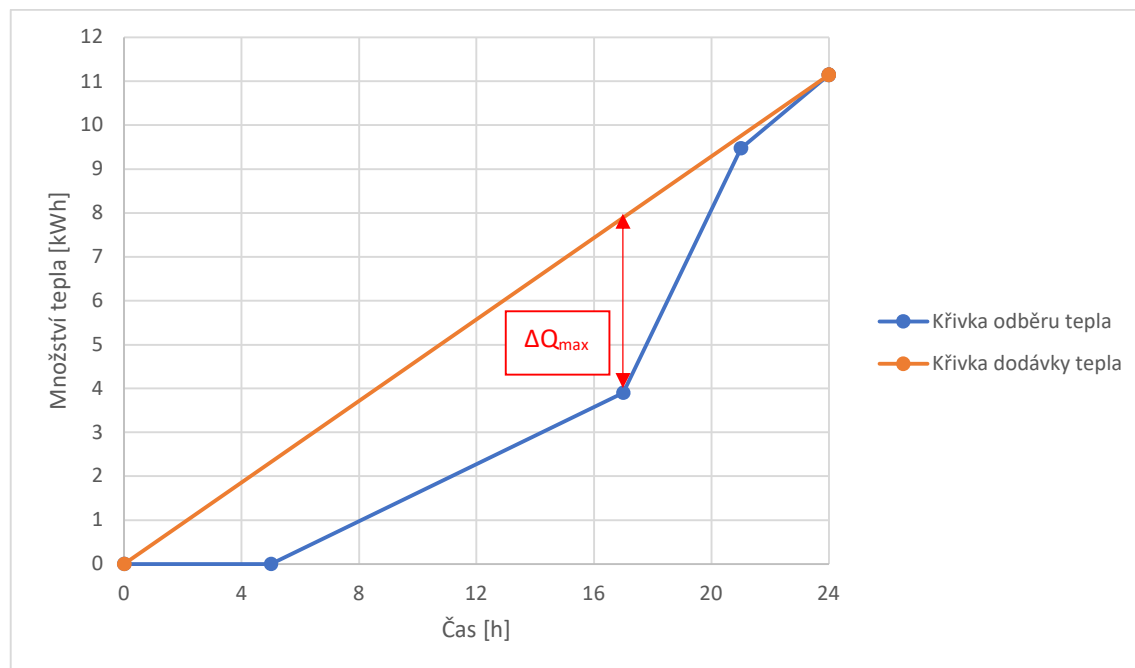


### Návrh zásobníku teplé vody v souladu s ČSN 06 0320:

Časový rozbor odběru TV:

- od 5 do 17 hodin = 35 % z celkového množství TV
- od 17 do 20 hodin = 50 % z celkového množství TV
- od 20 do 24 hodin = 15 % z celkového množství TV

Křivky odběru a dodávky tepla s nepřerušovanou dodávkou tepla do zásobníku TV:



Objem zásobníku:

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho \cdot c \cdot (t_{tv} - t_{sv})} \cdot 3600 = \frac{4,2}{1000 \cdot 4,182 \cdot (55 - 10)} \cdot 3600 = 0,08 \text{ m}^3 = \mathbf{80 \text{ l}}$$

kde:

$\rho$  měrná hmotnost vody = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$c$  měrná tepelná kapacita vody = 4,182 kJ/kg·K

$t_{tv}$  teplota teplé vody = 55 °C

$t_{sv}$  teplota studené vody = 10 °C

$\Delta Q_{max}$  maximální rozdíl tepla mezi křivkami odběru a dodávky tepla [kWh]

Bude navržen zásobník o objemu 100 l.

### Výpočet ohřevu bazénové vody:

Energie potřebná k prvotnímu nahřátí bazénové vody:

1 m<sup>3</sup> vody potřebuje 1,16 kWh energie na ohřátí o 1 °C za 1 hodinu

$$Q_{pn} = V \cdot 1,16 \cdot (t_{baz} - t_{nap}) = 30,73 \cdot 1,16 \cdot (28 - 15) = 463,4 \text{ kWh}$$

kde:

V objem bazénu = 30,73 m<sup>3</sup>

1,16 1 m<sup>3</sup> vody potřebuje 1,16 kWh energie na ohřátí o 1 °C za 1 hodinu

t<sub>baz</sub> teplota vody v bazénu [°C]

t<sub>nap</sub> teplota napouštěcí vody [°C]

Pro získání potřebného výkonu na ohřev musíme vydělit energii potřebnou k prvotnímu nahřátí dobou ohřevu vody.

$$\text{pro 24 hodin: } P = \frac{Q}{t} = \frac{463,4}{24} = 19,31 \text{ kW}$$

$$\text{pro 48 hodin: } P = \frac{Q}{t} = \frac{463,4}{48} = 9,65 \text{ kW}$$

Provozní temperování bazénové vody:

$$Q_{pt} = Z \cdot S = 0,075 \cdot 21,2 = \mathbf{1,59 \text{ kW}}$$

kde:

Z průměrná tepelná ztráta bazénu (mimo užívání je bazén zakrytý) = 75 W/m<sup>2</sup>

S plocha bazénu = 21,2 m<sup>2</sup>

Tepelná ztráta konstrukcemi bazénu je zanedbána (vana bazénu je zaizolována), jelikož její vliv na ochlazování vody je minimální. S navrženým výkonem 1,59 kW bude prvotní ohřev trvat cca 14 dní.

### Návrh tepelného čerpadla:

Tepelné čerpadlo země-voda bylo navrženo dle následujících parametrů:

Topný výkon:

Parametr	kW	Zdroj
Tepelná ztráta prostupem objektu 1.NP	2,71	Simulace DesignBuilder
Provozní temperování bazénové vody	1,59	Výpočet str.6
Příprava teplé vody	0,46	Výpočet str.4
Dohřev vzduchu VZT bazén	17,24	Technický list vzduchotechnické jednotky
Dohřev vzduchu VZT 1.NP	0,56	Technický list vodního ohřivače 1.NP
$\Sigma$	22,56	
80 % výkonu	18,05	Uvažovaný min. výkon

Chladicí výkon:

Parametr	kW	Zdroj
Chlazení vzduchu VZT 1.NP	1,24	Technický list vodního chladiče 1.NP
Chlazení vzduchu VZT bazén	10,45	Technický list vodního chladiče bazén
$\Sigma$	11,69	

U kompresorů s plynulým řízením výkonu je z technického hlediska možné dimenzovat až ke 100 % potřebného výkonu, ale je potřeba zvážit celkové investičních a provozní náklady bivalentního zdroje tepla. V tomto případě bude uvažován min. výkon 18,05 kW, jelikož maximální tepelné ztráty jsou dosahovány cca 10 dní v roce. Je hospodárnější navrhnout zdroj na přibližně 80 % potřebného topného výkonu.

Dle výsledných potřeb energie bylo zvoleno tepelné čerpadlo SWC 192H(K)3M od firmy Alpha innotec s topným výkonem 18,6 kW, chladicím výkonem 16,6 kW a topným faktorem 4,87.

### Dimenzování zemních vrtů tepelného čerpadla:

Jelikož na pozemku objektu neproběhl inženýrsko-geologický průzkum bude uvažována hodnota odběru 50 W/m pro normální pevnou horninu nebo vodou nasycenou (viz. tabulka 3 – VDI5650).

podloží	možný odběr	
	pro 1.800 hodin provozu	pro 2.400 hodin provozu
<i>obecné směrné hodnoty:</i>		
horší podloží (suché sedimenty)( $\lambda < 1.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ )	25 W/m	20 W/m
normální pevná hornina nebo vodou nasycená sediment ( $\lambda = 1.5 - 3.0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ )	60 W/m	50 W/m
pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí ( $\lambda > 1.5 - 3.0 \text{ W/(m} \cdot \text{L)}$ )	84 W/m	70 W/m
<i>horniny:</i>		
suché štěrky a písky	< 25 W/m	< 20 W/m
zvodnělé štěrky a písky	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
protékající spodní voda štěrky a písky	80 – 100 W/m	80 – 100 W/m
vlhký jíl	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m
masivní vápenec	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m
pískovec	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
kyselé vyvřeliny (Žula)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m
zásadité vyvřeliny (Čedič)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m
Rula	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m

Tabulka 3 - Směrné hodnoty pro návrh hlubinného vrtu dle německé směrnice VDI 4650

U zvoleného čerpadla s chladícím výkonem 16,6 kW bude zapotřebí hloubka vrtů 332 m. Dle rozměrů pozemku byly navrženy 4 vrty o hloubce 83 m.