
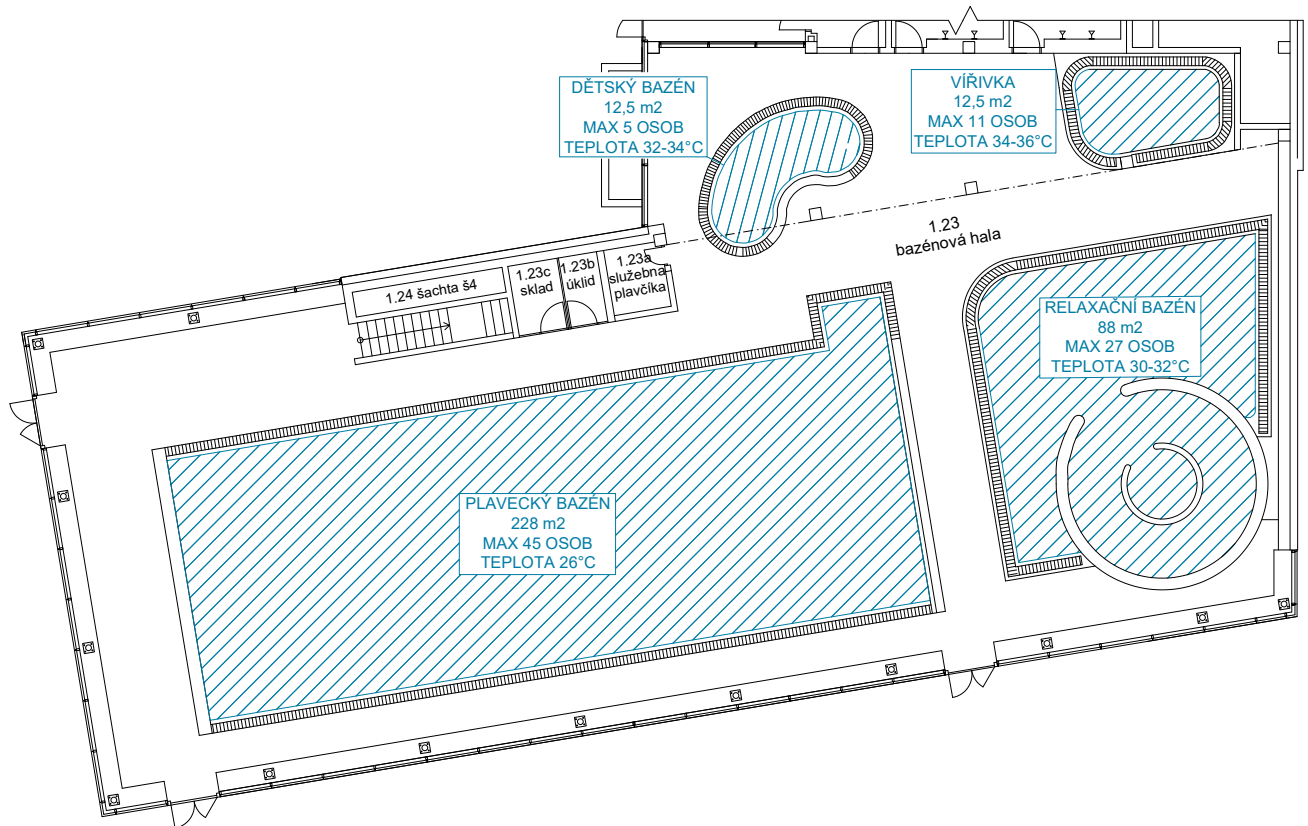


Zpracoval: Bc. Ondřej Opava	Vedoucí práce: prof. Ing. Karel Kabele, CSc.	Školní rok: 2019/2020	Fakulta stavební ČVUT 	
Předmět: DIPLOMOVÁ PRÁCE				
Projekt: VĚTRÁNÍ BAZÉNOVÉ HALY A WELLNESS			Datum:	14.5.2020
			Formát:	A4
			Číslo přílohy:	3.2
Obsah: STANOVENÍ MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO A ODVÁDĚNÉHO VZDUCHU A VLHKOSTNÍ ZÁTĚŽE V BAZÉNOVÉ HALE				

3.2 Stanovení množství přiváděného a odváděného vzduchu a vlhkostní zátěže v bazénové hale

Schéma jednotlivých bazénů



Okrajové podmínky pro jednotlivé stavy

Stav	Teplota vzduchu v hale t_i	Relativní vlhkost vzduchu v hale φ_i	Měrná vlhkost vnitřního vzduchu x_i	Tlak páry při teplotě vnitřního vzduchu $p_{v(t_i)}$	Teplota venkovního vzduchu t_e	Relativní vlhkost venkovního vzduchu φ_e	Měrná vlhkost venkovního vzduchu x_e	Teplota přiváděného vzduchu t_p	Relativní vlhkost přiváděného vzduchu φ_p	Měrná vlhkost přiváděného vzduchu x_p
Jednotka	[°C]	[%]	[g/kg]	[Pa]	[°C]	[%]	[g/kg]	[°C]	[%]	[g/kg]
Zimní	29	56	14,3	2 240	-15	95	1,0	35	3	1,0
Letní	29	56	14,3	2 240	32	33	9,8	32	33	9,8

Výpočet minimálního množství čerstvého vzduchu

Typ mokré plochy	Max. počet osob v jednotlivých prostorech	Dávka vzduchu na osobu	Minimální množství čerstvého vzduchu V_e
Jednotka	[os.]	[m ³ /h.os]	[m ³ /h]
Plavecký bazén	45	70	3 150
Relaxační bazén	27	70	1 890
Dětský bazén	5	70	350
Vířivka	11	70	770
Zaměstnanci	5	70	350
Celkové množství čerstvého vzduchu:			6 510

LETNÍ STAV

Výpočet množství odpařené vody a přiváděného vzduchu dle VDI 2089

Stanovení aritmetického průměru teploty vody a vzduchu

$$T = \frac{(t_w + 273,15) + (t_i + 273,15)}{2} \quad (1)$$

Stanovení částečného tlaku nasycené vodní páry

$$p''_{sat} = 610 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \quad \text{pro } \theta \geq 0 \text{ °C} \quad (2)$$

Stanovení množství odpařené vody

$$M_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S_{hl} \cdot (p''_{v(t_w)} - p_{v(t_i)}) \quad (3)$$

Stanovení výparného tepla odpařené vodní páry z hladiny

$$Q_L = M_w \cdot l \quad (4)$$

Stanovení množství přiváděného vzduchu

$$V_p = \frac{M_w}{\rho \cdot (x_i - x_p)} \quad (5)$$

Měrná plynová konstanta vodní páry:

$$R_v = 461,52 \text{ J / (kg.K)}$$

Množství odpařené vody M_w

Typ mokré plochy	Teplota vody t_w	Plocha hladiny S_{hl}	Aritmetický průměr teploty vody a vzduchu T (1)	Tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody $p''_{v(tw)}$ (2)	Součinitel přenosu vlhkosti β			Množství odpařené vody pro používaný bazén M_w (3)	Množství odpařené vody pro nepoužívaný bazén M_w (3)	Množství odpařené vody pro zakrytý bazén M_w (3)
					Pro používaný bazén	Pro nepoužívaný bazén	Pro zakrytý bazén			
Jednotka	[°C]	[m ²]	[K]	[Pa]	[m/h]	[m/h]	[m/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
Plavecký bazén	27	67,5	301,15	3 560	28,0	7,0	0,7	17,95	15,16	1,52
		160,5			40,0			60,99		
Relaxační bazén	31	88,0	303,15	4 486	40,0	7,0	0,7	56,51	9,89	0,99
Dětský bazén	33	12,5	304,15	5 023	40,0	7,0	0,7	9,91	1,73	0,17
Vířivka	35	12,5	305,15	5 615	50,0	7,0	0,7	14,98	2,10	0,21
Celkové množství odpařené vody v bazénové hale při jednotlivých charakterech provozu:								160,34	28,88	2,89

Poznámka:

- teplota vody v daných bazénech je převzata z poskytnuté projektové dokumentace

- plocha volné hladiny u plaveckého bazénu je rozdělena na části podle hloubky do 1,35 m a nad 1,35 m; do 1,35 m je plocha 160,5 m² a nad 1,35 m je plocha 67,5 m²

Množství přiváděného vzduchu V_p – letní stav

Charakter provozu	Teplota vzduchu v hale t_i	Relativní vlhkost vzduchu v hale φ_i	Měrná vlhkost vnitřního vzduchu x_i	Teplota přiváděného vzduchu t_p	Relativní vlhkost přiváděného vzduchu φ_p	Měrná vlhkost přiváděného vzduchu x_p	Hustota vzduchu ρ	Množství odpařené vody M_w (3)	Množství přiváděného vzduchu V_p (5)
Jednotka	[°C]	[%]	[g/kg]	[°C]	[%]	[g/kg]	[kg/m ³]	[g/h]	[m ³ /h]
Používaný bazén	29	56	14,3	32	33	9,8	1,2	160 342	29 693
Nepoužívaný bazén	29	56	14,3	32	33	9,8	1,2	28 882	5 349
Zakrytý bazén	29	56	14,3	32	33	9,8	1,2	2 888	535

$$V_p = \frac{M_w}{\rho \cdot (x_i - x_p)} = \frac{160\,342}{1,2 \cdot (14,3 - 9,8)} = 29\,693 \text{ m}^3/\text{h}$$

Podmínka:

- je nutné dodržet minimální výměnu vzduchu $n = 2 \text{ h}^{-1}$
- objem bazénové haly: $V = 5\,247,4 \text{ m}^3$
- minimální množství přiváděného vzduchu: $V_{p,\min} = V \cdot n = 5\,247,4 \cdot 2$

$V_{p,\min} = 10\,494,8 \text{ m}^3/\text{h} \leq V_p = 29\,693 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Výpočet tepelných zisků od lidí

$$Q_{os} = n \cdot q$$

kde:

počet osob: $n = 93$ osob

produkce tepla jedné osoby: $q = 62$ W/osobu

$$Q_{os} = 44 \cdot 1 \cdot 62 + 44 \cdot 0,85 \cdot 62 + 5 \cdot 0,75 \cdot 62$$

$$\underline{Q_{os} = 5\,279,3\,W}$$

Výpočet přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

$$Q_{hl} = \alpha \cdot S_{hl} \cdot \Delta t \quad (6)$$

kde:

α – součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

S_{hl} – plocha hladiny

Δt – teplotní rozdíl mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

Typ mokré plochy	Plocha hladiny S_{hl}	Součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem α	Výpočtová teplota vzduchu t_i	Teplota vody t_w	Přestup tepla mezi hladinou a vzduchem $Q_{hl} \text{ (6)}$
Jednotka	[m ²]	[W/m ² K]	[°C]	[°C]	[W]
Plavecký bazén	228,0	10	29	27	4 560
Relaxační bazén	88,0	10	29	31	- 1 760
Dětský bazén	12,5	10	29	33	- 500
Vířivka	12,5	10	29	35	750

$$Q_{hl} = 4\,560 - 1\,760 - 500 - 750$$

$$\underline{Q_{hl} = 1\,550\,W}$$

Výpočet tepelných zisků ze sluneční radiace a tepelných zisků prostupem konstrukcí

$$\underline{Q_{OR} + Q_U = 54\,228\,W}$$

Poznámka:

- tato hodnota je podrobněji stanovena v příloze č.1 Stanovení tepelné zátěže a množství vzduchu pro její pokrytí

Stanovení celkové tepelné bilance

$$Q_{ZÁTĚŽ} = Q_{OR} + Q_U + Q_{OS} + Q_{hl}$$

$$Q_{ZÁTĚŽ} = 54\,228 + 5\,279,5 - 1\,550$$

$$\underline{Q_{ZÁTĚŽ} = 57\,957,3\,W}$$

Stanovení množství větracího vzduchu pro pokrytí tepelné zátěže pro bazénovou halu

Celková tepelná zátěž ve větraném prostoru $Q_{ZÁTĚŽ}$	Hustota vzduchu ρ	Měrná tepelná kapacita vzduchu c	Teplota vzduchu v interiéru t_i	Teplota přiváděného vzduchu t_p	Množství přiváděného vzduchu pro pokrytí zátěže V_{pl}
[W]	[kg/m ³]	[J/kg.K]	[°C]	[°C]	[m ³ /h]
57 957,3	1,2	1 010	29	22	24 593

Stanovení celkového množství přiváděného větracího vzduchu pro letní stav pro bazénovou halu

$$V_p = \max(V_e; V_{pl}, V_p) = (6\ 510; 24\ 593, 29\ 693)$$

$$V_p = 29\ 693\ \text{m}^3/\text{h}$$

$$V_p = (29\ 693) \cdot 1,10$$

$$\underline{V_p = 32\ 662\ \text{m}^3/\text{h}}$$

Stanovení celkového množství odváděného větracího vzduchu pro letní stav pro bazénovou halu

$$V_{od} = 29\ 693 \cdot 1,15$$

$$\underline{V_{od} = 34\ 147\ \text{m}^3/\text{h}}$$

Poznámka:

- rozhodující parametr pro stanovení větracího vzduchu je v tomto případě množství vzduchu pro odvod odpařené vody z hladiny
- celkové množství přiváděného větracího vzduchu je zvětšeno o 10 %, z důvodu zajištění rezervy
- celkové množství odváděného větracího vzduchu je zvětšeno o 10 %, z důvodu zajištění rezervy a také je zvětšeno o 5 %, z důvodu zajištění trvalého podtlaku pro vyloučení rizika pronikání vodní páry do sousedních prostor

Stanovení celkového množství přiváděného větracího vzduchu pro letní stav pro bazénovou halu a přilehlé prostory

$$V_p = 32\ 662 + 470 + 110 + 35 + 25 + 20$$

$$\underline{V_p = 33\ 320\ \text{m}^3/\text{h}}$$

Stanovení celkového množství odváděného větracího vzduchu pro letní stav pro bazénovou halu a přilehlé prostory

$$V_{od} = 34\ 147 + 470 + 110 + 35 + 25 + 20$$

$$\underline{V_{od} = 34\ 830\ \text{m}^3/\text{h}}$$

Poznámka:

- hodnoty množství přiváděného a odváděného větracího vzduchu pro přilehlé prostory jsou stanoveny v příloze č.3.1 Stanovení množství přiváděného a odváděného vzduchu

ZIMNÍ STAV

Výpočet množství odpařené vody a přiváděného vzduchu dle VDI 2089

Stanovení aritmetického průměru teploty vody a vzduchu

$$T = \frac{(t_w + 273,15) + (t_i + 273,15)}{2} \quad (1)$$

Stanovení částečného tlaku nasycené vodní páry

$$p''_{sat} = 610 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \quad \text{pro } \theta \geq 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

Stanovení množství odpařené vody

$$M_w = \frac{\beta}{R_v \cdot T} \cdot S_{hl} \cdot (p''_{v(tw)} - p_{v(ti)}) \quad (3)$$

Stanovení výparného tepla odpařené vodní páry z hladiny

$$Q_L = M_w \cdot l \quad (4)$$

Stanovení množství přiváděného vzduchu

$$V_p = \frac{M_w}{\rho \cdot (x_i - x_p)} \quad (5)$$

Měrná plynová konstanta vodní páry:

$$R_v = 461,52 \text{ J / (kg.K)}$$

Množství odpařené vody M_w

Typ mokré plochy	Teplota vody t_w	Plocha hladiny S_{hl}	Aritmetický průměr teploty vody a vzduchu T (1)	Tlak syté páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody $p''_{v(tw)}$ (2)	Součinitel přenosu vlhkosti β			Množství odpařené vody pro používaný bazén M_w (3)	Množství odpařené vody pro nepoužívaný bazén M_w (3)	Množství odpařené vody pro zakrytý bazén M_w (3)
					Pro používaný bazén	Pro nepoužívaný bazén	Pro zakrytý bazén			
Jednotka	[°C]	[m²]	[K]	[Pa]	[m/h]	[m/h]	[m/h]	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]
Plavecký bazén	27	67,5	301,15	3 560	28,0	7,0	0,7	17,95	15,16	1,52
		160,5			40,0			60,99		
Relaxační bazén	31	88,0	303,15	4 486	40,0	7,0	0,7	56,51	9,89	0,99
Dětský bazén	33	12,5	304,15	5 023	40,0	7,0	0,7	9,91	1,73	0,17
Vířivka	35	12,5	305,15	5 615	50,5	7,0	0,7	14,98	2,10	0,21
Celkové množství odpařené vody v bazénové hale při jednotlivých charakterech provozu:								160,34	28,88	2,89

Poznámka:

- teplota vody v daných bazénech je převzata z poskytnuté projektové dokumentace
- plocha volné hladiny u plaveckého bazénu je rozdělena na části podle hloubky do 1,35 m a nad 1,35 m; do 1,35 je plocha 160,5 m² a nad 1,35 m je plocha 67,5 m²

Množství přiváděného vzduchu V_p – zimní stav

Charakter provozu	Teplota vzduchu v hale t_i	Relativní vlhkost vzduchu v hale φ_i	Měrná vlhkost vnitřního vzduchu x_i	Teplota přiváděného vzduchu t_p	Relativní vlhkost přiváděného vzduchu φ_p	Měrná vlhkost přiváděného vzduchu x_p	Hustota vzduchu ρ	Množství odpařené vody M_w (3)	Množství přiváděného vzduchu V_p (5)
Jednotka	[°C]	[%]	[g/kg]	[°C]	[%]	[g/kg]	[kg/m ³]	[g/h]	[m ³ /h]
Používaný bazén	29	56	14,3	35	3	1,0	1,2	160 342	10 046
Nepoužívaný bazén	29	56	14,3	35	3	1,0	1,2	28 882	1 810
Zakrytý bazén	29	56	14,3	35	3	1,0	1,2	2 888	181

$$V_p = \frac{M_w}{\rho \cdot (x_i - x_p)} = \frac{160\,342}{1,2 \cdot (14,3 - 1)} = 10\,046 \text{ m}^3/\text{h}$$

Podmínka:

- je nutné dodržet minimální výměnu vzduchu $n = 2 \text{ h}^{-1}$
- objem bazénové haly: $V = 5\,247,4 \text{ m}^3$
- minimální množství přiváděného vzduchu: $V_{p,\min} = V \cdot n = 5\,247,4 \cdot 2$

$$V_{p,\min} = 10\,494,8 \text{ m}^3/\text{h} \leq V_p = 10\,046 \text{ m}^3/\text{h} \Rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$V_p = 10\,494,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Výpočet tepelných zisků od lidí

$$Q_{os} = n \cdot q$$

kde:

počet osob: $n = 93$ osob

produkce tepla jedné osoby: $q = 62 \text{ W/osobu}$

$$Q_{os} = 44 \cdot 1 \cdot 62 + 44 \cdot 0,85 \cdot 62 + 5 \cdot 0,75 \cdot 62$$

$$Q_{os} = 5\,279,3 \text{ W}$$

Výpočet přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

$$Q_{hl} = \alpha \cdot S_{hl} \cdot \Delta t \quad (6)$$

kde:

α – součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

S_{hl} – plocha hladiny

Δt – teplotní rozdíl mezi vodní hladinou a okolním vzduchem

Typ mokré plochy	Plocha hladiny S_{hl}	Součinitel přestupu tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem α	Výpočtová teplota vzduchu t_i	Teplota vody t_w	Přestup tepla mezi hladinou a vzduchem $Q_{hl} (G)$
Jednotka	[m ²]	[W/m ² K]	[°C]	[°C]	[W]
Plavecký bazén	228,0	10	29	27	4 560
Relaxační bazén	88,0	10	29	31	- 1 760
Dětský bazén	12,5	10	29	33	- 500
Vířivka	12,5	10	29	35	- 750

$$Q_{hl} = 4\,560 - 1\,760 - 500 - 750$$

$$Q_{hl} = \mathbf{1\,550\ W}$$

Výpočet tepelných ztrát prostupem konstrukcí a výměnou vzduchu

$$Q_U = \mathbf{73\,610\ W}$$

Poznámka:

- tato hodnota je podrobněji stanovena v příloze č. 2. Stanovení tepelné ztráty a množství vzduchu pro její pokrytí

Stanovení celkové tepelné bilance

$$Q_{ZTRÁTA} = (Q_U + Q_{hl}) + Q_{OS}$$

$$Q_{ZTRÁTA} = (73\,610 + 1\,550 - 5\,279,5) \cdot 0,5$$

$$Q_{ZTRÁTA} = \mathbf{34\,940\ W}$$

Poznámka:

- daná tepelná ztráta bude pokryta z 50 % VZT zařízením a z 50 % podlahovým vytápěním

Stanovení množství přiváděného vzduchu pro pokrytí tepelné ztráty pro bazénovou halu

Celková tepelná ztráta ve větraném prostoru $Q_{ZTRÁTA}$	Hustota vzduchu ρ	Měrná tepelná kapacita vzduchu c	Teplota vzduchu v interiéru t_i	Teplota přiváděného vzduchu t_p	Množství přiváděného vzduchu pro pokrytí ztráty V_{PZ}
[W]	[kg/m ³]	[J/kg.K]	[°C]	[°C]	[m ³ /h]
34 940	1,2	1 010	29	35	17 297

Stanovení celkového množství přiváděného větracího vzduchu pro zimní stav pro bazénovou halu

$$V_p = \max(V_e; V_{pz}, V_p) = (6\,510; 17\,297; 10\,494,8)$$

$$V_p = 17\,297 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_p = (17\,297) \cdot 1,10$$

$$\underline{V_p = 19\,030 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Stanovení celkového množství odváděného větracího vzduchu pro zimní stav pro bazénovou halu

$$V_{od} = 17\,297 \cdot 1,15$$

$$\underline{V_{od} = 19\,900 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Poznámka:

- rozhodující parametr pro stanovení větracího vzduchu je v tomto případě množství vzduchu pro pokrytí tepelné ztráty, kterou v tomto případě pokrývá z 50 % VZT zařízení
- celkové množství přiváděného větracího vzduchu je zvětšeno o 10 %, z důvodu zajištění rezervy
- celkové množství odváděného větracího vzduchu je zvětšeno o 10 %, z důvodu zajištění rezervy a také je zvětšeno o 5 %, z důvodu zajištění trvalého podtlaku pro vyloučení rizika pronikání vodní páry do sousedních prostor

Stanovení celkového množství přiváděného větracího vzduchu pro zimní stav pro bazénovou halu a přilehlé prostory

$$V_p = 19\,030 + 470 + 110 + 35 + 25 + 20$$

$$\underline{V_p = 19\,690 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Stanovení celkového množství odváděného větracího vzduchu pro zimní stav pro bazénovou halu a přilehlé prostory

$$V_{od} = 19\,900 + 470 + 110 + 35 + 25 + 20$$

$$\underline{V_{od} = 20\,560 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Poznámka:

- hodnoty množství přiváděného a odváděného větracího vzduchu pro přilehlé prostory jsou stanoveny v příloze č.3.1 Stanovení množství přiváděného a odváděného vzduchu

Shrnutí

Charakter provozu	Zimní stav		Letní stav	
	Množství přiváděného vzduchu V_p [m ³ /h]	Množství odváděného vzduchu V_{od} [m ³ /h]	Množství přiváděného vzduchu V_p [m ³ /h]	Množství odváděného vzduchu V_{od} [m ³ /h]
Používaný bazén	19 690	20 560	33 320	34 830
Nepoužívaný bazén	2 650	2 750	6 550	6 820
Zakrytý bazén	860	870	1 250	1 280