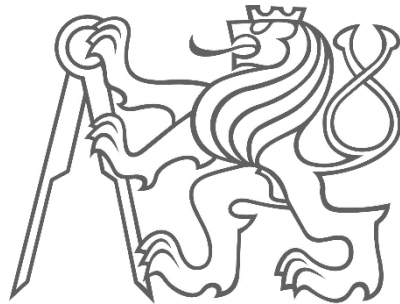


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ PAVILONU HROCHŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. VÁCLAV KOVÁŘ

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.

2016/17



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kovář	Jméno: Václav	Osobní číslo: 396111
Zadávací katedra: K125		
Studijní program: Budovy a prostředí		
Studijní obor: Budovy a prostředí		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Větrání pavilonu hrochů	
Název diplomové práce anglicky: Ventilation of a hippo pavilion	
Pokyny pro vypracování: Práce se bude skládat ze dvou částí:	
1. Teoretické části zaměřené na problematiku chovu hrochů, varianty stavebního řešení pavilonů, požadavky na vnitřní prostředí objektu, návrh systému přirozeného a nuceného větrání.	
2. Projekt systému větrání pavilonu hrochů, zpracovaný na úrovni rozšířené dokumentaci pro stavební povolení. Součástí dokumentace budou půdorysy, schéma VZT jednotky (jednotek), řezy VZT potrubím, křížení VZT potrubí se stavebními konstrukcemi, technická zpráva včetně požadavků na ostatní profese a funkční schéma VZT systému jako podklad pro MaR.	
Seznam doporučené literatury: Odborná literatura, příručky, normy, vyhlášky, články	
Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Roman Musil, Ph.D.	
Datum zadání diplon 5. 10. 2016	Termín odevzdání diplomové práce: 8. 1. 2017 Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku
Podpis	Podpis

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

5. 10. 2016

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 6. ledna 2017

Bc. Václav Kovář

PODĚKOVÁNÍ

Na této straně bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Musilovi, Ph.D. za pomoc a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky. Dále bych rád poděkoval Zoologické zahradě hlavního města Prahy, konkrétně panu Jiřímu Kotkovi ze stavebního oddělení, za odbornou konzultaci a poskytnutí výkresové dokumentace k tvorbě projektu. V neposlední řadě také děkuji své rodině a přítelkyni za podporu během celého studia.

OBSAH

1	Úvod.....	8
2	Hroch obojživelný a jeho chov	9
3	Stavební řešení pavilonů	10
3.1	Pavilony se stavebně odděleným prostorem návštěvníků.....	12
3.2	Pavilony se společným prostorem návštěvníků a zvířat	12
4	Vnitřní prostředí pavilonu	14
4.1	Požadavky pro chov hrochů obojživelných	14
4.2	Tepelná zátěž prostoru	15
4.2.1	Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla.....	15
4.2.1.1	Produkce tepla od lidí	15
4.2.1.2	Produkce tepla od zvířat	15
4.2.1.3	Produkce tepla svítidel	16
4.2.1.4	Vodní zisky.....	17
4.2.2	Tepelné zisky z vnějšího prostředí.....	17
4.2.2.1	Tepelný zisk sluneční radiací okny	17
4.2.2.2	Tepelné zisky konvekcí okny	19
4.2.2.3	Tepelné zisky neprůsvitnými konstrukcemi	20
4.2.3	Celkový tepelný zisk.....	20
4.3	Vlhkostní zátěž.....	21
4.3.1	Výpočet množství vodní páry odpařené z vodní hladiny.....	21
4.3.2	Produkce vodní páry návštěvníky	22
4.3.3	Produkce vodní páry od zvířat	22
4.4	Produkce škodlivin CO ₂	22
5	Větrání pavilonu.....	23
5.1	Přirozené větrání	23

5.1.1	Výpočet aerace pavilonu.....	24
5.2	Nucené větrání	27
5.2.1	Návrh nuceného větrání	29
6	Závěr	31
7	Literatura.....	32
8	Přílohy.....	34
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	35

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Schéma pavilonů se stavebně odděleným prostorem návštěvníků a zvířat.....	12
Obr.2	Schéma pavilonů se společným prostorem návštěvníků a zvířat.....	13
Obr.3	Schéma pavilonů s návštěvnickou lávkou.....	13
Obr.4	Schéma aerace v případě pavilonu hrochů.....	24
Obr.5	Schéma vzduchotechnické jednotky.....	28

(zdroj obrázků: autor práce)

SEZNAM TABULEK

Tab.1	Hodnoty průtokového součinitele μ pro některé otvory [14].....	26
-------	--	----

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá větráním pavilonu hrochů. Teoretická část popisuje problematiku chovu hrochů obojživelných, varianty stavebního řešení pavilonů, požadavky na jejich vnitřní prostředí a návrh větrání tohoto provozu. Závěry teoretické části jsou dále aplikovány v navazujícím projektu, který řeší návrh systému větrání pavilonu hrochů.

ANNOTATION

The diploma thesis deals with ventilation of hippo pavilion. The theoretical part describes hippopotamus breeding, building design variants of pavilions, requirements for indoor environment and design of ventilation these buildings. The conclusions of the theoretical part are then applied in follow-up project which solves a ventilation system of hippo pavilion.

KLÍČOVÁ SLOVA

hroch obojživelný, pavilon zoo, vnitřní prostředí, aerace, vzduchotechnika

KEY WORDS

hippopotamus, zoo pavilion, indoor environment, aeration, ventilation

1 ÚVOD

Problematice přívodu čerstvého vzduchu do interiéru je v dnešní době věnována velká pozornost, a to převážně z důvodu utěšňování současných staveb. Východiskem z této situace je návrh systému větrání ať již nuceného, přirozeného nebo jejich kombinace. Existuje nepřehledné množství již ověřených řešení, která lze aplikovat na téměř všechny typologické kategorie budov. I přesto lze ale nalézt objekty, na které tato řešení aplikovat nelze, nebo jen v omezené míře. Jednou z těchto specifických kategorií jsou stavby pro chov exotických zvířat.

Obtížnost návrhu staveb pro chov cizokrajných zvířat nespočívá pouze v problematice jejich větrání. Projektování přináší spoustu otázek z různých oborů, na které v současné legislativě nelze nalézt odpovědi. Informace lze tedy čerpat z odborných publikací vydávaných zoologickými zahradami, nebo se nabízí možnost poučit se z již realizovaných pavilonů. Systém větrání těchto staveb má za úkol udržet vhodné vnitřní mikroklima jak pro návštěvníky, tak pro chovaná zvířata, pro která je snaha napodobit jejich přirozené životní prostředí.

Práce se zabývá především problematikou pavilonů hrochů a jejich větráním. Jejím cílem je popsat podmínky chovu hrocha obojživelného, základní možnosti stavebního řešení pavilonů, požadavky na vnitřní prostředí a specifika návrhu systému větrání pro tento provoz. Výsledky jsou aplikovány v příloženém projektu.

2 HROCH OBOJŽIVELNÝ A JEHO CHOV

Český název:	Hroch obojživelný
Latinský název:	Hippopotamus amphibius
Řád:	sudokopytníci
Čeleď:	hrochovití
Délka těla:	2,8 až 5 m
Výška v kohoutku:	1,3 až 1,7 m
Hmotnost:	1 000 až 4 500 kg

Chov hrochů obojživelných v zajetí má dlouhou tradici. První zmínky o těchto zvířatech v Evropě pocházejí již z období starověkého Říma. Současný odchov s ročním přírůstkem okolo 40 mládřat již naráží na kapacitní možnosti zoologických zahrad. Hrochy obojživelné tak nalezneme v každé větší evropské zoologické zahradě.

Chovaný počet hrochů závisí na velikosti ubikace. Společně lze chovat skupinu jednoho dospělého samce a jedné nebo více samic. V některých zoologických zahradách lze vidět také společný chov s jinými velkými savci, ptáky, želvami nebo rybami. Toto soužití vyžaduje vybudování odděleně přístupných útočišť pro jednotlivé druhy. Hroch jakožto obojživelné zvíře potřebuje ke svému životu vodní nádrž, v které tráví až 16 hodin denně. Voda je pro hrochy velice důležitá z důvodu ochlazování jejich těl a udržování vlhkosti pokožky. Zvířata jsou uvnitř pavilonu ustájena převážně během chladné části roku. Venkovních výběhů lze v našich zeměpisných podmínkách využívat v závislosti na aktuálním počasí od jara do podzimu. Hlavním limitujícím faktorem je teplota vody ve vnějších nádržích, která nesmí klesnout pod 15 °C. Tato hodnota platí pouze pro venkovní nádrže. Parametry vnitřního prostředí pavilonu se zabývá samostatná kapitola této práce. Krmení zvířat probíhá na souši zpravidla večer. Množství potravy činí na jedince okolo 30 až 40 kg trávy, ovoce, zeleniny nebo jaderného krmiva. Při chovu hrochů je nutno dbát zvýšené pozornosti, protože se jedná o nebezpečná zvířata s těžko rozpoznatelným varováním před útokem. I z tohoto důvodu patří hroch obojživelný mezi nejčastějšího zvířecího zabijáka [1][2][3].

Příbuzným hrocha obojživelného je hrošík liberijský (*Hexaprotodon liberiensis*). Na první pohled se může zdát, že jde pouze o zakrslého hrocha obojživelného. Při návrhu pavilonu je ale nutné nezaměňovat tyto dva druhy z důvodu odlišnosti jejich chovu.

3 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ PAVILONŮ

Stavby pro chov exotických zvířat prodělaly za svou historii dlouhý vývoj. Jejich počátky lze hledat v primitivních zvěřincích, kde byla zvířata chována nejčastěji v klecích nebo úzkých výběžích. Výrazné zlepšení tohoto stavu nastalo až se vznikem prvních specializovaných staveb s volnými výběhy na počátku 20. století. Současně začala být věnována pozornost také snaze o napodobení přirozeného životního prostředí chovaných zvířat. Tento trend s neustálým zlepšováním pokračuje dodnes. Neméně důležitým prvkem dnešních pavilonů je také způsob prezentace zvířat, jejímž cílem je návštěvníkovi nabídnout co nejbližší, ale přesto bezpečný pohled na zvíře.

Současná situace projektování staveb pro chov exotických zvířat není vůbec jednoduchá. Daná problematika není, ani přes velký pokrok v této oblasti, zakotvena v žádné české ani zahraniční legislativě. Používání existujících norem [4][5] a vyhlášek [6] pro chov hospodářských zvířat se nedoporučuje. Tyto dokumenty byly zhotoveny pro intenzivní chovy s jinými plošnými nároky na jednotlivá zvířata. Při návrhu stavby je tedy nutno vycházet především z podkladů zoologických zahrad a organizací zabývajících se danou problematikou [1][2]. Jako nejlepší zdroj informací v dané oblasti lze doporučit osobní konzultaci s odborníky ze zoologické zahrady.

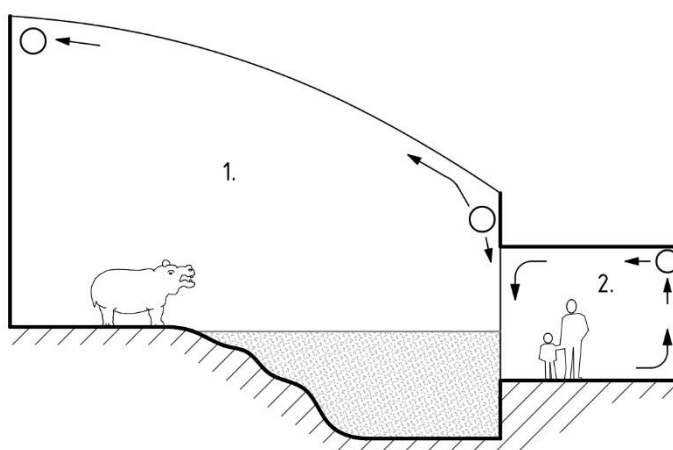
Díky úspěšnosti odchovu hrochů nalezneme stavby pro jejich chov v téměř každé velké zoologické zahradě. Charakteristickým znakem těchto pavilonů je velká hala s expozičním bazénem a průsvitnou konstrukcí střechy, přičemž materiálové řešení vychází z konkrétního architektonického návrhu. Nejběžnější je užití skla nebo plastů. Vnitřní provoz pavilonů se skládá ze dvou funkčních celků, prostorů určených zvířatům a zázemí pavilonu. Návrh zázemí vychází z požadavků v něm umístěných technologií a běžných zvyklostí, proto mu v této práci nebude věnována větší pozornost. Prostory určené pro chov hrochů dále dělíme na stáje a expoziční halu. K ohrazení je dostatečná překážka o výšce 1,6 metru. Dospělí jedinci však při opření o zadní končetiny dosáhnou až do výšky 2,8 metru, na což je nutné myslet při návrhu servisních lávek a technického zařízení. Podlahy v prostorech určených hrochům navrhujeme tepelně izolované z tvrdého omyvatelného materiálu. Vhodné je užití betonu nebo silné vrstvy gumy. Expoziční část i stáje musí mít k dispozici vodní nádrž se zónami mělké vody, kde hroši odpočívají. Hloubka vody se pohybuje v rozmezí 1,3 až 2,5 metrů. Přístup do bazénu je zajištěn po rampě nebo nízkých schodech. Při návrhu bazénové technologie je nutno brát ohled na skutečnost, že hroši vyměšují do vody. Jejich trávení je nedokonalé a trus

obsahuje kusy slámy. Filtraci je proto třeba dostatečně nadimenzovat, aby si zvládla i toto znečištění. Nejčastěji jsou používána bubnová síta a pískové filtry. Desinfekci vody zajišťují UV lampy. Užití chloru je v případě vody přicházející do kontaktu se zvířaty veterináři zakázáno. Kvalita vody je důležitá především kvůli návštěvníkům očekávajících zvířata v křišťálově čisté vodě. Hrochům na kvalitě vody tolik nezáleží. Ve volné přírodě nepohrdnou špinavou řekou nebo bahenní lázní. Pro úsporu vody v zoologických zahradách je tak možno hrochům přepouštět vodu z jiných expozičních nádrží za předpokladu její dostatečné kvality. Množství čerstvé vody vyměněné v nádržích za den udávají veterinární předpisy. Vytápění expoziční a stájové části pavilonů se obvykle řeší velkoplošným sálavým vytápěním zabudovaným do podlah, případně stěn, v kombinaci s ohřevem přiváděného vzduchu. Dále je navrhováno vyhřívání konstrukce průsvitné střechy z důvodu omezení kondenzace na jejím chladném povrchu [1][2][7].

Odlišnosti mezi jednotlivými realizacemi pavilonů jsou především v prostorovém uspořádání expoziční haly. Těmto rozdílům se věnují následující kapitoly této práce.

3.1 Pavilony se stavebně odděleným prostorem návštěvníků

Pavilony se stavebně odděleným prostorem návštěvníků od expozice jsou snad nejčastěji realizovaným řešením napříč chovanými druhy zvířat. V případě pavilonu hrochů přiléhá obvykle dělicí stěna z tvrzeného skla k jedné ze stran vodní nádrže, což dává možnost pozorovat hrochy pod vodní hladinou. Toto řešení umožňuje nejlépe plnit rozdílné požadavky vnitřního prostředí jednotlivých částí bez pronikání oděrů z expozice. Příkladem tohoto řešení je pavilon hrochů v Zoologické zahradě hlavního města Prahy.



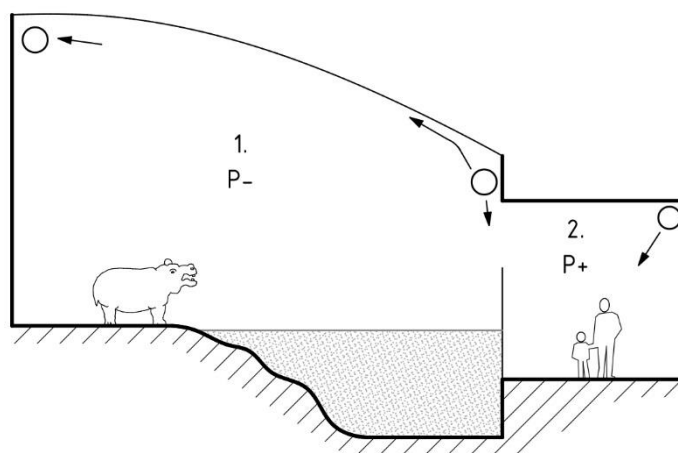
Obr.1 Schéma pavilonů se stavebně odděleným prostorem návštěvníků a zvířat
1. expoziční prostor, 2. prostor návštěvníků

3.2 Pavilony se společným prostorem návštěvníků a zvířat

Dispozičních řešení pavilonů hrochů se společným prostorem návštěvníků a zvířat lze jistě vymyslet nepřeberné množství. Tato práce nemá za cíl zdokumentovat všechna možná řešení, a proto uvádí pouze dva nejčastější způsoby. Společným hendikepem obou níže popsaných řešení je nemožné oddělení mikroklimatu jednotlivých zón. Je tedy nutno myslet na maximální teplotu přijatelnou návštěvníky a dále na pronikání oděrů z expoziční části do prostor návštěvníků.

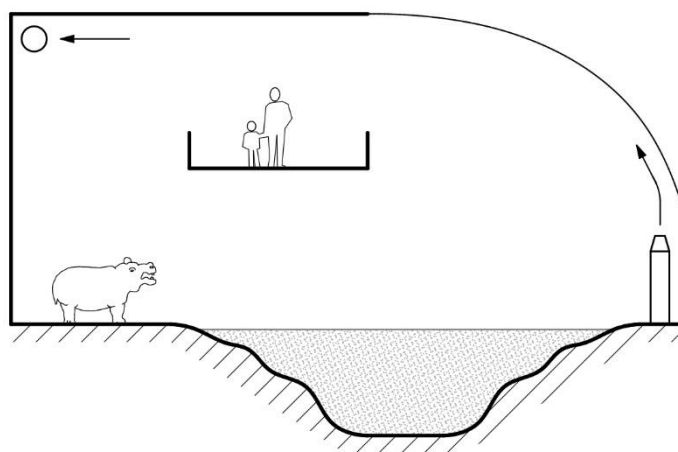
První řešení je velmi podobné pavilonům se stavebně odděleným prostorem návštěvníků od expoziční části. Předěl mezi těmito prostory pouze nenavazuje na stropní konstrukci a je ukončen v bezpečné výšce tak, aby ho zvířata nemohla překonat. Pronikání oděrů z expoziční části do prostoru návštěvníků lze v tomto případě omezit užitím vzduchotechniky, která

udržuje prostor návštěvníků v mírném přetlaku vůči expoziční části pavilonu. Takto řešený pavilon lze navštívit v Německu v zoologické zahradě v Berlíně.



Obr.2 Schéma pavilonů se společným prostorem návštěvníků a zvířat
1. expoziční prostor s mírným podtlakem, 2. prostor návštěvníků s lokálním přetlakem

Druhým nejčastějším řešením pavilonu se společným prostorem návštěvníků a zvířat je umístění návštěvnické lávky nad expoziční prostor. Při návrhu tohoto řešení prakticky nelze zabránit působení oděrů v pobytové zóně návštěvníků. Ukázkou takového pavilonu je pavilon Tanganika v zoologické zahradě v Ostravě.



Obr.3 Schéma pavilonů s návštěvnickou lávkou

4 VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ PAVILONU

Požadavky na parametry vnitřního prostředí expoziční a stájové části pavilonů vycházejí z přirozeného životního prostředí daného druhu zvířete. Tyto požadavky jsou dohledatelné buď v odborných publikacích zabývajících se chovem exotických zvířat [1][2], nebo je lze získat od zoologických zahrad. Při návrhu však nesmí být zapomenuto na pobyt návštěvníků v expoziční části. Hledáme tedy kompromis vyhovující všem uživatelům daného prostoru.

Parametry vnitřního prostředí zázemí pavilonu vycházejí z požadavků technologií zde umístěných. Dále se řídíme běžnými zvyklostmi pro návrh větrání pracovišť popsaných v Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [8].

4.1 Požadavky pro chov hrochů obojživelných

Pro chov hrochů obojživelných je nutné splnit následující požadavky na vnitřní prostředí pavilonu: [1][2][9]

Minimální teplota vzduchu	18 °C
Maximální teplota vzduchu	40 °C *
Minimální teplota vody ve vnitřním bazénu	18 °C
Relativní vlhkost	dop. 50 až 70 % (max. 80 %)
Minimální výměna vzduchu	1·h ⁻¹
Maximální rychlost proudění v pobytové zóně	0,2 m/s
Cirkulace vzduchu v budově	ne, nebo za určitých podmínek **

* Střední teplota vzduchu v hale, maximální teplota v pobytové zóně návštěvníků a zvířat (do 2,0 m nad podlahou) 35 °C. Maximální teplota vzduchu v pavilonu je navrhována s ohledem na návštěvníky a zajištění funkce přirozeného větrání v letním období.

** Při návrhu cirkulace vzduchu v prostorech určených k chovu zvířat je nutná filtrace vzduchu přiváděného do interiéru pomocí HEPA filtru. Toto řešení se nedoporučuje.

4.2 Tepelná zátěž prostoru

Výpočet tepelné zátěže expoziční a stájové části pavilonu hrochů vychází z normy ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [10].

4.2.1 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla

Tepelné zisky od vnitřních zdrojů tepla zahrnují v případě expoziční a stájové části pavilonu hrochů produkci tepla od lidí, zvířat a svítidel. Pro stanovení celkové tepelné zátěže je nutné od výše zmíněných zisků odečíst teplo, které je v daném prostoru odebíráno adiabatickým vypařováním z vodní hladiny expozičního a odstavného bazénu.

4.2.1.1 Produkce tepla od lidí

Při výpočtu tepelné produkce osob uvažujeme pouze s teplem citelným. Jeho vyprodukované množství vypočteme dle vztahu (4.1) [10].

$$Q_{os} = i_i 6,2 (36 - t_i) \quad (4.1)$$

kde:

i_i počet osob (-)

t_i teplota vnitřního vzduchu (°C)

Popis různorodého složení skupiny návštěvníků provedeme přepočtem na ekvivalentní počet osob podle vzorce (4.2). Z důvodu neexistujících veřejně přístupných dat popisujících složení skupiny návštěvníků zoologických zahrad, můžeme pro zjednodušení použít složení skupiny udávané pro obchodní objekty [11] a to 55 % žen, 5 % dětí a 40 % mužů. Reálné složení skupiny návštěvníků bude pravděpodobně obsahovat větší podíl dětí a nejspíše i žen. Tuto nepřesnost můžeme pro účely výpočtu zanedbat, aniž bychom se dopustili zásadní chyby.

$$i_i = 0,85 i_z + 0,75 i_d + i_m \quad (4.2)$$

kde:

i_z, i_d, i_m počet žen, dětí a mužů (-)

4.2.1.2 Produkce tepla od zvířat

Celkovou produkci tepla savců v závislosti na jejich hmotnosti lze přibližně vyjádřit vztahem (4.3), množství citelného a vázaného tepla vzorci (4.4) a (4.6) [11]. Stanovení

produkce tepla hrochů obojživelných však komplikuje způsob jejich života. Podstatná část jimi vyprodukovaného tepla je předána do vody bazénu, ve kterém tráví většinu dne, a pouze zanedbatelná část ohřívá vzduch v interiéru pavilonu.

Celková produkce tepla

$$Q_z = 14,0 (1 - 0,01 t) M_z^{2/3} \quad (4.3)$$

kde:

t teplota vzduchu (°C)

M_z hmotnost zvířete (kg)

Citelné teplo

$$Q_{z,c} = \vartheta Q_z \quad (4.4)$$

Faktor citelného tepla

Pro hrochy obojživelné lze orientačně uvažovat s hodnotou pro skot, kterou vypočteme dle vzorce (4.5).

$$\vartheta = 1 - 0,08 \exp(0,07 t) \quad (4.5)$$

Vázané teplo

$$Q_{z,v} = Q_z - Q_{z,c} \quad (4.6)$$

4.2.1.3 Produkce tepla svítidel

K produkci tepla svítidly dochází pouze v době jejich provozu, což je nutné brát v potaz. Při výpočtu vycházíme z intenzit a výkonů osvětlení uvedených v projektu stavby. Elektrický příkon svítidel je roven jejich tepelné produkci, která je do osvětlovaného prostoru šířena sáláním a konvekcí [10].

$$Q_{sv} = P_{os} c_1 c_2 \quad (4.7)$$

kde:

P_{os} celkový příkon uvažovaných svítidel (W)

c₁ součinitel současnosti používání svítidel (-)

c₂ zbytkový součinitel (-)

Zbytkový součinitel c₂ vyjadřuje, kolik tepla je odevzdáno do interiéru. Při odsávání vzduchu pod stropem místnosti platí c₂ = 0,7, pro dobré provětrání prostoru nebo odvod u podlahy platí c₂ = 1,0.

4.2.1.4 Vodní zisky

Při výpočtu tepelné zátěže prostor expoziční haly a stáží je nutné brát v úvahu adiabatické odpařování z nezakrytých vodních nádrží. Teplo potřebné k tomuto ději je odebíráno z okolního vzduchu a jeho množství vyčíslíme dle vzorce (4.8) [10].

$$Q_o = M_{w,hl} l \quad (4.8)$$

kde:

l výparné teplo vody cca $2,5 \cdot 10^6$ J/kg

$M_{w,hl}$ hmotnost přenášené vlhkosti z vodní hladiny, výpočet popsán v kapitole 5.3.1 Výpočet vodní páry odpařené z vodní hladiny (kg/s)

4.2.2 Tepelné zisky z vnějšího prostředí

Výpočet tepelných zisků z vnějšího prostředí provádíme pro slunný den k 21. příslušného měsíce s výpočtovým krokem 1 hodina. Tyto tepelné zisky bývají z důvodu velkých prosklených částí pavilonů obvykle rozhodující položkou výpočtu.

4.2.2.1 Tepelný zisk sluneční radiací okny

Pro výpočet tepelného zisku sluneční radiací okny je nutné nejprve popsat polohu slunce, která přímo souvisí s intenzitou sluneční radiace. Dále je nutné stanovit osluněný povrch okna vycházející z délek stínů vrhaných stínícími konstrukcemi. Výsledný tepelný zisk pak udává vztah (4.24) [10].

Sluneční deklinace

$$\delta = -23,5 \cos(30 M) \quad (4.9)$$

kde:

M číslo měsíce

Výška slunce nad obzorem

$$\sin H = 0,766 \sin \delta - 0,643 \cos \delta \cos(15 \tau) \quad (4.10)$$

kde:

τ sluneční čas (h)

Sluneční azimut α

$$\sin \alpha = \frac{\sin(15 \tau) \cos \delta}{\cos H} \quad (4.11)$$

Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků

$$\cos \theta = \sin H \cos \alpha + \cos h \sin \alpha \cos(a - \gamma) \quad (4.12)$$

kde:

α úhel stěny s vodorovnou rovinou ($^\circ$)

γ azimutový úhel normály stěny, vzatý od severu po směru otáčení hodinových ručiček ($^\circ$)

Intenzita přímé sluneční radiace

(pro průměr měst v ČR 300 m. n. m.)

$$I_D = I_0 \exp[-0,097 z (\sin H)^{-0,8}] \quad (4.13)$$

kde:

I_0 sluneční konstanta 1 350 W/m²

z součinitel znečištění atmosféry dle Tab.10 ČSN 73 0548 [10]

Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu

$$I_{DS} = I_0 \exp[-0,097 z (\sin H)^{-0,8}] \cos \theta \quad (4.14)$$

Intenzita difúzní sluneční radiace

$$I_d = \left[1350 - I_D - (1080 - 1,4 I_D) \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \frac{\sin H}{3} \quad (4.15)$$

Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu

$$I_C = I_{DS} + I_d \quad (4.16)$$

Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením

$$I_O = I_{DS} T_D + I_d T_d \quad (4.17)$$

Celková propustnost přímé sluneční radiace

$$T_D = 0,87 - 1,47 \left(\frac{\theta}{100} \right)^5 \quad (4.18)$$

Propustnost difuzní sluneční radiace T_d

$$T_d = 0,85 \quad (4.19)$$

Intenzita difuzní sluneční radiace procházející standardním zasklením

$$I_{O\ DIF} = I_d T_d \quad (4.20)$$

Délky stínů

$$e_1 = d |\tan(\alpha - \gamma)| \quad (4.21)$$

$$e_2 = \frac{c |\tan H|}{|\cos(\alpha - \gamma)|} \quad (4.22)$$

kde:

d hloubka okna (m)

c hloubka okna k horní stínící desce (m)

Osluněný povrch okna

$$S_{OS} = [l_A - (e_1 - f)] [l_B - (e_2 - g)] \quad (4.23)$$

kde:

l_A, l_B šířka a výška zasklené části okna (m)

j, g odstup svislé a vodorovné části okna (m)

f odstup svislé části okna od slunolamu (m)

g odstup vodorovné části okna od slunolamu (m)

Tepelné zisky sluneční radiací okny

$$Q_{OR} = [S_{OS} I_O c_o + (S_o - S_{OS}) I_{O DIF}] s \quad (4.24)$$

kde:

c_o korekce na čistotu atmosféry, $c_o = 1,15$; pro průmyslovou a velkoměstskou oblast $c_o = 0,85$

s stínící součinitel dle Tab. 11 ČSN 73 0548 [10]

4.2.2.2 Tepelné zisky konvekcí okny

Pro výpočet tepelného zisku okny nejdříve stanovíme teplotu venkovního vzduchu (4.25), samotný výpočet realizujeme dle vztahu (4.26) [10].

Tepnota venkovního vzduchu

$$t_e = t_{e \max} - A[1 - \sin(15 \tau - 135)] \quad (4.25)$$

kde:

A amplituda kolísání teplot v normou uváděných měsících, volíme 7 K

$t_{e \max}$ maximální teplota venkovního vzduchu v příslušném měsíci, dle Tab.1 ČSN 73 0548 [10] (°C)

Tepelný zisk konvekcí okny

$$Q_{OK} = U_o S_o (t_e - t_i) \quad (4.26)$$

kde:

U_o součinitel prostupu tepla oknem ($W/m^2 \cdot K$)

S_o plocha okna včetně rámu (m^2)

$(t_e - t_i)$ rozdíl teplot na vnější a vnitřní straně zasklení (K)

4.2.2.3 Tepelné zisky neprůsvitnými konstrukcemi

Tepelné zisky neprůsvitnými konstrukcemi jsou v porovnání se zisky průsvitnými konstrukcemi tak malé, že jejich zanedbání nebude mít na přesnost našich výpočtů téměř žádný vliv. Pavilony hrochů jsou často některou svou částí zapuštěny do přilehlého terénu, což případné tepelné zisky dále snižuje. Z tohoto důvodu zde není výpočtový postup uveden a v případě potřeby jej lze dohledat v normě ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [10], kde je této problematice věnována samostatná část s názvem: „*Tepelné zisky stěnami*“.

4.2.3 Celkový tepelný zisk

Celkový tepelný zisk v prostoru expoziční haly a stájí získáme součtem dílčích tepelných zisků dle vztahu (4.27).

$$\Sigma Q = Q_i + Q_e = Q_{os} + Q_z + Q_{sv} - Q_o + Q_{OR} + Q_{OK} \quad (4.27)$$

kde:

Q_i tepelné zisky od vnitřních zdrojů (W)

Q_e tepelné zisky z vnějšího prostředí (W)

4.3 Vlhkostní zátěž

Výpočet vlhkostní zátěže vnitřního prostředí je důležitý z hlediska návrhu větracího systému. Hlavním zdrojem vlhkosti je vodní hladina. Maximální přípustná relativní vlhkost vzduchu v interiéru je dána požadavky technologie chovu zvířete.

4.3.1 Výpočet množství vodní páry odpařené z vodní hladiny

Množství vodní páry odpařené z vodních nádrží umístěných v interiéru pavilonu stanovíme dle vzorce (4.28) [12].

$$M_{W,hl} = \beta_p S_{hl} (p_d'' - p_d) = \beta_x S_{hl} (x_p'' - x_i) \quad (4.28)$$

kde:

$M_{W,hl}$	hmotnost přenášené vlhkosti z vodní hladiny (g/s)
p_d''	parciální tlak syté vodní páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody (Pa)
p_d	parciální tlak vodní páry vnitřního vzduchu (Pa)
x_p''	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě vzduchu rovné teplotě vody (g/kg)
x_i	měrná vlhkost vnitřního vzduchu (g/kg)
S_{hl}	plocha vodní hladiny (m ²)
β_p	součinitel přenosu vlhkosti vztažený na rozdíl parciálních tlaků vodních par, vypočteme dle vzorce (4.29) (kg/m ² ·Pa·s)
β_x	součinitel přenosu vlhkosti vztažený na rozdíl měrných vlhkostí, vypočteme dle vzorce (4.30) (kg/m ² ·s)

$$\beta_p = 24,4 \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{\frac{w}{d_{hl}}} \quad (4.29)$$

$$\beta_x = (7 + 5,3 w) \cdot 10^{-3} \quad (4.30)$$

kde:

w	rychlost proudění vzduchu v jádru proudu, z praxe volíme 0,15 m/s
d_{hl}	délka hladiny ve směru proudění (m)

4.3.2 Produkce vodní páry návštěvníky

Množství vodní páry obsažené ve vzduchu vydechovaném návštěvníky se pohybuje v rozmezí 40 až 300 g/h na osobu v závislosti na jejich fyzické aktivitě a okolních podmínkách [11].

4.3.3 Produkce vodní páry od zvířat

Produkcí vodní páry jedním zvířetem lze orientačně stanovit podle vzorce (4.31) [11].

$$M_{W,z} = \frac{Q_{z,v}}{2\,500} \quad (4.31)$$

kde:

$M_{W,z}$ hmotnost vlhkosti produkované zvířaty (g/h)

4.4 Produkce škodlivin CO₂

Hlavními zdroji produkujícími v pavilonu škodliviny ve smyslu CO₂ jsou tyto skupiny:

Množství škodlivin produkovaných zvířaty [11]

Produkcí CO₂ na jedno zvíře lze přibližně stanovit podle vzorce (4.32).

$$V_{CO_2,z} = 0,2 M_z + \frac{20}{1 + \frac{25}{M_z}} \quad (4.32)$$

Množství škodlivin produkovaných návštěvníky

Množství oxidu uhličitého ve vydechovaném vzduchu návštěvníků je závislé na jejich fyzické aktivitě a lze předpokládat okolo 20 l/h na osobu, což odpovídá lehké práci.

5 VĚTRÁNÍ PAVILONU

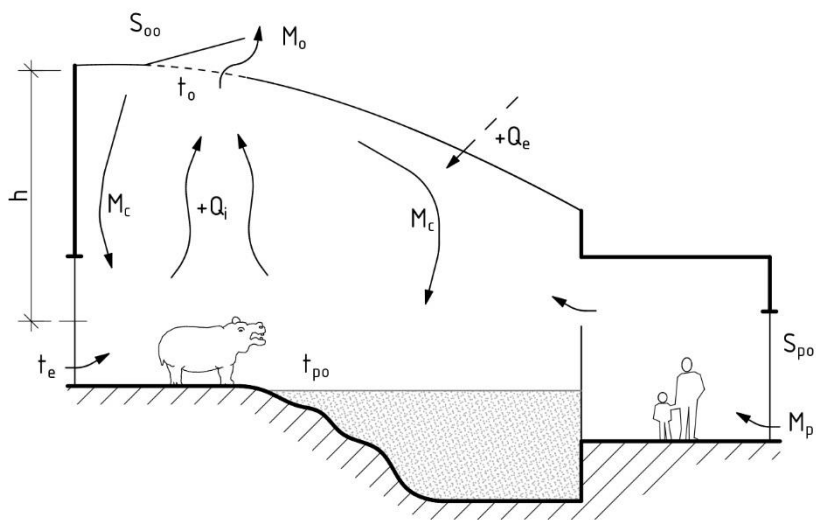
Splnění požadavků na vnitřní prostředí pavilonu hrochů se neobejde bez patřičného návrhu větrání. Zpravidla se upřednostňují relativně jednoduché systémy založené na kombinaci přirozeného a nuceného větrání.

5.1 Přirozené větrání

Přirozeného větrání pavilonu hrochů zajištěného zpravidla aerací se využívá především v teplém letním období. Jeho výhodou je technologická jednoduchost, nezávislost na dodávkách energií a z ní vyplývající finanční úspora. Pohyb vzduchu je zajištěn rozdílnou hustotou vzduchu vně a uvnitř budovy. Ohřátý vzduch v interiéru má vzhledem k chladnějšímu vzduchu v exteriéru nižší hustotu, a tak stoupá směrem vzhůru. Hybnou silou větrání je tedy vnitřní tepelný zisk, na který je dimenzován průtok větracího vzduchu. Čerstvý venkovní vzduch se přivádí do budovy vraty venkovního výběhu, vstupními dveřmi pro návštěvníky nebo otvory s žaluziemi umístěnými ve spodní části stěn. Odvod ohřátého vzduchu z interiéru je uskutečněn v nejvyšší části budovy pomocí oken ve střešním plášti, světlíků nebo žaluzií umístěných těsně pod střechou. Přivíráním těchto otvorů zajišťujeme regulaci průtoku vzduchu. Za hlavní nevýhodu přirozeného větrání pavilonů lze označit jeho omezenou funkci závislou na klimatických podmínkách a nemožnou úpravu parametrů přiváděného vzduchu.

5.1.1 Výpočet aerace pavilonu [13] [14]

Hlavní návrhovou veličinou pro výpočet množství větracího vzduchu je v případě přirozeného větrání tepelná zátěž objektu. Pro vypočtený průtok vzduchu dále ověřujeme, zda jsou splněny ostatní požadavky na vnitřní prostředí (5.10), (5.11), (5.12), (5.13).



Obr.4 Schéma aerace v případě pavilonu hrochů

Účinný tlak vzduchu

Účinný tlak vzduchu je dán rozdílem výšky mezi větracími otvory, kterými je vzduch přiváděn a odváděn, a rozdílem hustot vzduchu v interiéru a exteriéru. Pro tento výpočet (5.1) stanovíme hustotu vzduchu v interiéru ρ_i podle střední teploty vzduchu v prostoru t_i , která je dána vztahem (5.4).

$$\Delta p = h (\rho_e - \rho_i) g \quad (5.1)$$

kde:

Δp účinný tlak vzduchu (Pa)

h rozdíl výšky mezi větracími otvory (m)

ρ_i, ρ_e hustota vnitřního, venkovního vzduchu (kg/m^3)

g tíhové zrychlení (m/s^2)

Tlakový rozdíl na přívodních a odvodních otvorech

Vzájemný poměr rozdílu tlaku na přívodních a odvodních otvorech $\Delta p_p/\Delta p_o$ navrhujeme v poměru 1:1 až 1:2. Podtlak Δp_p na přívodním otvoru by však neměl přesáhnout 5 Pa.

$$\Delta p = \Delta p_p + \Delta p_o \quad (5.2)$$

kde:

$\Delta p_p, \Delta p_o$ tlakový rozdíl v přívodních, odvodních otvorech (Pa)

Teplotní součinitel B

Teplotní součinitel B popisuje změnu teploty vzduchu v závislosti na výšce a množství vzduchu cirkulujícího v prostoru. Hodnota součinitele závisí na druhu provozu a je zjišťována experimentálně. U hutních provozů, pro které jsou tyto hodnoty stanoveny, se teplotní součinitel B pohybuje v rozmezí 0,25 až 0,45. Užití těchto hodnot umožní určit ze vzorce (5.3) teplotu odváděného vzduchu t_o potřebnou pro další výpočet.

$$B = \frac{t_{po} - t_e}{t_o - t_e} \quad (5.3)$$

kde:

t_{po} teplota v pracovní oblasti (do 2,0 m nad podlahou), maximálně o 5 °C vyšší než teplota venkovního vzduchu t_e (°C)

t_e teplota venkovního vzduchu, pro výpočet obvykle 25-30 °C, pokud se mění v průběhu roku tepelná zátěž kontroluje se funkce aerace i pro jiné teploty, vliv vlhkosti se zanedbává (°C)

t_o teplota odváděného vzduchu (°C)

Střední teplota vzduchu v hale

$$t_i = \frac{1}{2}(t_{po} + t_o) \quad (5.4)$$

Hmotnostní průtok vzduchu potřebný k odvedení přebytečného tepla

$$M_Q = \frac{\Sigma Q}{c(t_o - t_e)} \quad (5.5)$$

Rovnice větrací rovnováhy

Obecnou rovnici větrací rovnováhy (5.6) upravíme na vztah (5.8), který následně využijeme pro výpočet velikosti větracích otvorů (5.9).

$$M_p = M_o = M_Q \quad (5.6)$$

$$\mu_p S_p w_p = \mu_o S_o w_o \quad (5.7)$$

$$\mu_p S_p \sqrt{2 \Delta p_p \rho_e} = \mu_o S_o \sqrt{2 \Delta p_o \rho_o} \quad (5.8)$$

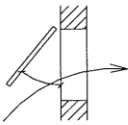
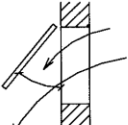
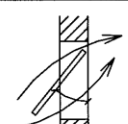
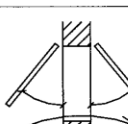

kde:

M_p, M_o hmotnostní průtok přiváděného, odváděného vzduchu (kg/s)

μ_p, μ_o průtokový součinitel přívodního, odvodního otvoru; dle Tab.1 (-)

w_p, w_o rychlost v přívodním, odvodním otvoru (m/s)

ρ_e, ρ_o hustota venkovního vzduchu, odváděného vzduchu (kg/m³)

Konstrukce otvoru	Úhel otevření	b : l = 1 : 1		b : l = 1 : 2		b : l = 0	
		ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ
	15	16,00	0,25	20,60	0,22	30,80	0,18
	30	5,65	0,42	6,90	0,38	9,15	0,33
	45	3,68	0,52	4,00	0,50	5,15	0,44
	60	3,07	0,57	3,18	0,56	3,54	0,53
	90	2,59	0,62	2,59	0,62	2,59	0,62
	15	11,10	0,30	17,30	0,24	30,80	0,18
	30	4,90	0,45	6,90	0,38	8,60	0,34
	45	3,18	0,56	4,00	0,50	4,70	0,46
	60	2,51	0,63	3,10	0,57	3,30	0,56
	90	2,22	0,67	2,51	0,63	2,51	0,63
	15	45,30	0,15	-	-	59,00	0,13
	30	11,10	0,30	-	-	13,60	0,27
	45	5,15	0,44	-	-	6,55	0,39
	60	3,18	0,56	-	-	3,18	0,56
	90	2,43	0,64	-	-	2,68	0,61
	15	14,80	0,26	30,80	0,18	-	-
	30	4,90	0,45	9,75	0,32	-	-
	45	3,80	0,51	5,15	0,44	-	-
	60	2,96	0,85	3,54	0,53	-	-
	90	2,37	0,65	2,37	0,65	-	-
	15	18,80	0,23	45,30	0,15	59,00	0,13
	30	6,25	0,40	11,10	0,30	17,30	0,24
	45	3,83	0,51	5,90	0,41	8,60	0,34
	60	3,07	0,57	4,00	0,50	5,40	0,43
	90	2,37	0,65	2,77	0,60	2,77	0,60

Tab.1 Hodnoty průtokového součinitele μ pro některé otvory [14]

Velikost větracích otvorů

$$S_{po} = \frac{M_Q}{\mu_p \sqrt{2 \Delta p_p \rho_p}} ; \quad S_{oo} = \frac{M_Q}{\mu_o \sqrt{2 \Delta p_o \rho_o}} \quad (5.9)$$

5.2 Nucené větrání

Nucené větrání pavilonu hrochů je využíváno převážně v zimním a přechodném období, kdy teplota venkovního vzduchu nepřesáhne zhruba 22 °C. Při jeho návrhu postupujeme obdobně jako při návrhu větrání bazénové haly. Je tedy nezbytně nutné navrhnout samostatný systém vzduchotechniky expoziční haly a boxů. Z důvodu vyloučení rizika pronikání vodních par do sousedních prostor nebo do nekvalitně provedených konstrukcí, udržujeme prostor expoziční haly a boxů pomocí vzduchotechniky v mírném podtlaku a to minimálně 5 %. Návrh větrání musí zajistit dokonalé provětrání celého prostoru, tak aby nevznikly nevětrané kouty, ve kterých by mohlo docházet ke kondenzaci vodních par. Teplý vzduch s nízkou relativní vlhkostí zásadně přivádíme k proskleným stěnám a oknům tak, aby bylo zajištěno ofukování v celé jejich ploše. V závislosti na konkrétním dispozičním řešení pavilonu je možné přivádět vzduch do pobytové zóny návštěvníků, čímž vznikne lokální přetlak zabráňující šíření odérů do této části. Odtah vzduchu je obvykle kvůli dokonalému provětrání prostoru navrhován na opačné straně nežli přívod. Nucené větrání ostatních prostor pavilonu řešíme dle požadavků zde umístěných technologií. Dále se řídíme běžnými zvyklostmi pro návrh větrání pracovišť popsanych v Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci [8].

Vzduchotechnická jednotka pro expoziční halu a odstavné boxy by měla být navrhována s ohledem na vysokou vzdušnou vlhkost, podobně jako je tomu u bazénů. Dosažení požadované relativní vlhkosti v budově zajišťuje jednotka pomocí přívodu venkovního vzduchu o nižší měrné vlhkosti, než je měrná vlhkost vzduchu v interiéru. Tento požadavek je splněn po většinu času, kdy je jednotka v provozu. Opačný případ může nastat pouze v teplém období, například během letních bouřek nebo dusna. Tato skutečnost není na škodu, neboť při vyšších teplotách nehrozí kondenzace vodních par na povrchu konstrukce pavilonu. Z tohoto důvodu zpravidla do jednotky není instalováno žádné technické zařízení umožňující úpravu vlhkosti vzduchu.

Požadavky na čistotu přiváděného vzduchu z vnějšího prostředí do pavilonu nejsou nikde stanoveny. Filtrace je proto zajišťována pouze hrubými filtry odpovídajícími třídě G3 – G4, které zabráňují zanášení rekuperačních výměníků zpětného získávání tepla. Pro jejich konstrukci se z důvodu kondenzace vodních par obsažených v odváděném vzduchu používá nerezová ocel nebo plasty. Výměník zpětného získávání tepla se dále vybavuje obtokem vzduchu. Klapka umožňující cirkulaci vzduchu se do jednotky neosazuje. Dle podkladů pro chov hrochů by měl být prostor expoziční haly a stájí větrán pouze čerstvým vzduchem.

Pokud je však cirkulace vzduchu z nějakého důvodu nutná, musí být přívod vzduchu do interiéru opatřen HEPA filtrem [9]. Ohřívač vzduchu vzduchotechnické jednotky je obvykle navrhován jako teplovodní v návaznosti na otopnou soustavu. Vzduchotechnická jednotka je na straně do exteriéru zpravidla ukončena těsnými uzavíracími žaluziovými klapkami umožňujícími uzavřít proudění venkovního vzduchu do jednotky.

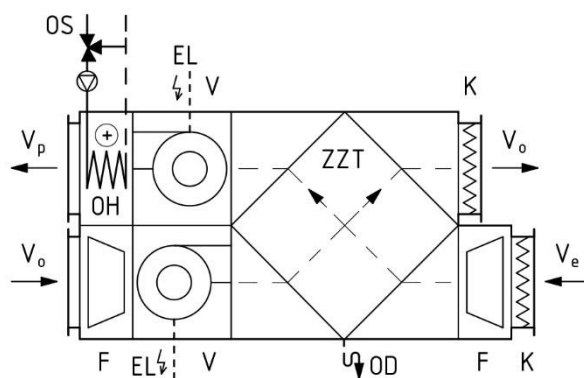
Sestava vzduchotechnické jednotky pro větrání expoziční haly a stájí je zpravidla následující:

Přívod vzduchu:

- těsná uzavírací žaluziová klapka
- kapsový filtr G3-G4
- přívodní část výměníku zpětného získávání tepla s obtokem přiváděného vzduchu
- radiální ventilátor s motorem ovládaným frekvenčním měničem
- teplovodní ohřívač

Odtah vzduchu:

- kapsový filtr G3-G4
- radiální ventilátor s motorem ovládaným frekvenčním měničem
- odvodní část výměníku zpětného získávání tepla s kondenzátní vanou
- těsná uzavírací žaluziová klapka



Obr.5 Schéma vzduchotechnické jednotky

EL přívod, F kapsový filtr, K těsná uzavírací klapka, OD napojení na kanalizaci, OH teplovodní ohřívač, OS otopná soustava, el. Energie, V ventilátor, V_e exteriérový vzduch, V_p přiváděný vzduch, V_o odváděný vzduch, ZZT výměník zpětného získávání tepla

Rozvody vzduchu v expoziční hale a odstavných boxech by měly být z důvodů vysoké relativní vlhkosti okolního vzduchu navrženy z materiálu odolného korozi. Na potrubí přivádějící vzduch do těchto prostor nejsou kladeny žádné další požadavky. Jinak je tomu u potrubí odvádějícího vzduch. Zde může docházet ke kondenzaci vodních par. Z tohoto důvodu musí být odvodní potrubí realizováno ve vodotěsném provedení se spádem k místu sběru kondenzátu, které je připojeno přes zápachovou uzávěrku ke kanalizaci. Mimo prostory s vysokou relativní vlhkostí vzduchu lze potrubí navrhovat ze standardních materiálů, jako je pozinkované potrubí. Veškeré rozvody vzduchotechniky by měly být navrhovány s ohledem na snadnou přístupnost při údržbě. Tento požadavek je dobré respektovat především při návrhu expoziční haly a stájí, kdy je zapotřebí umístit potrubí do výšky nepřístupné zvířatům.

Vhodnými elementy pro distribuci vzduchu v pavilonu jsou větrací mřížky, štěrbin, dýzy nebo velkoplošné tkaninové vyústě. Vzduch je zásadně přiváděn na konstrukce ohrožené kondenzací vodních par. Jeho rychlost by v pobytové zóně neměla přesáhnout 0,2 m/s. Vyšší rychlost způsobuje nejen diskomfort návštěvníků a zvířat ale i vyšší odpar z vodní hladiny, který není žádoucí.

5.2.1 Návrh nuceného větrání

Výpočet množství větracího vzduchu provádíme pro ustálený stav vnitřního prostředí pavilonu. Hlavními návrhovými veličinami jsou v případě nuceného větrání produkce vodní páry v objektu a množství vyprodukovaných škodlivin CO₂. Z nich vyčíslíme průtok přiváděného vzduchu potřebný k udržení požadované relativní vlhkosti (5.10) a koncentrace škodlivin CO₂ (5.11). Pro tento průtok dále ověřujeme, zda jsou splněny i ostatní požadavky na vnitřní prostředí (5.12), (5.13).

Množství přiváděného vzduchu pro odvod vlhkosti

$$V_{p,w} = \frac{\Sigma M_w}{\rho (x_i - x_e)} \quad (5.10)$$

kde:

ΣM_w celková vlhkostní zátěž (g/h)

x_i požadovaná měrná vlhkost interiérového vzduchu (g/kg)

x_e měrná vlhkost přiváděného exteriérového vzduchu (g/kg)

Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin

$$V_{p,co2} = \frac{\Sigma V_{CO_2}}{(\rho_{max} - \rho_e) \cdot 10^{-3}} \quad (5.11)$$

kde:

Σ_{mCO_2} celková produkce oxidu uhličitého (l/h)

$\rho_{max, co2}$ požadovaná koncentrace v interiéru (ppm, g/g)

$\rho_e, co2$ koncentrace v přiváděném vzduchu z exteriéru (ppm, g/g)

Množství přiváděného vzduchu podle počtu osob

$$V_{p,os} = i \cdot d_{os} \quad (5.12)$$

kde:

d_{os} dávka venkovního vzduchu na osobu, uvažujeme 50 m³/h

Množství přiváděného vzduchu podle násobnosti výměny vzduchu

$$V_{p,n} = n \cdot O \quad (5.13)$$

kde:

$V_{p,n}$ průtok větracího vzduchu (m³/h)

O objem místnosti (m³)

n násobnost výměny vzduchu (h⁻¹)

6 ZÁVĚR

Větrání pavilonů hrochů obojživelných má mnoho společného s větráním bazénových hal. Z důvodu omezení šíření vlhkosti z prostorů s vodními nádržemi oddělujeme systém jejich větrání od zázemí, jehož větrání navrhujeme dle běžných zvyklostí. Expoziční halu a stáje s bazény větráme v závislosti na venkovních podmínkách aerací nebo pomocí nuceného větrání. Požadavky na vnitřní prostředí vycházejí z přirozeného životního prostředí hrochů. Schéma distribuce vzduchu volíme vždy tak, aby došlo k dokonalému provětrání prostor. Z důvodu různých dispozičních členění pavilonů, jejichž možnostmi se práce zabývá, nelze navrhnout jednotné řešení aplikovatelné na všechny pavilony.

Práce představuje ucelený pohled na problematiku chovu hrochů obojživelných v zoologických zahradách a lze ji využít jako projekční podklad pro návrh systému větrání pavilonů hrochů.

7 LITERATURA

- [1] PUSCHMANN, Wolfgang, Diether ZSCHEILE a Karin ZSCHEILE. *Savci: chov zvířat v ZOO : zvířata v lidské péči*. 1. české vyd. Dvůr Králové nad Labem: ZOO Dvůr Králové, 2013. ISBN 978-80-905184-3-8.
- [2] HOLEČKOVÁ, Dana a Jiří DOUSEK. *Podmínky chovu savců volně žijících druhů v zajetí: doporučení Ústřední komise pro ochranu zvířat včetně velikosti a základního vybavení zařízení pro chov, způsobu chovu, výživy, odchytu a přepravy*. 3. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2006. ISBN 80-708-4556-2.
- [3] Hippo Facts. *Live Science* [online]. New York: Alina Bradford, 2014 [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://www.livescience.com/27339-hippos.html>
- [4] ČSN 73 0543-1. *Vnitřní prostředí stájových objektů - Část 1 : Tepelná ochrana*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [5] ČSN 73 0543-2. *Vnitřní prostředí stájových objektů - Část 2 : Větrání a vytápění*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [6] *Vyhláška č. 208/2004 Sb., o minimálních standardech pro ochranu hospodářských zvířat*.
- [7] KOTEK, Jiří. *Osobní rozhovor s pracovníkem stavebního oddělení zoologické zahrady hl. m. Prahy*, 17.3.2016
- [8] *Nařízení vlády 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*.
- [9] Standards For Rhinoceros, Hippopotamus and Tapir Sanctuaries. *Global Federation of Animal Sanctuaries: Helping Sanctuaries Help Animals* [online]. Washington DC: Global Federation of Animal Sanctuaries, 2013 [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: <http://www.sanctuaryfederation.org/gfas/wp-content/uploads/2013/08/Rhino-Hippo-Tapir-StandardsJune2013HA1.pdf>
- [10] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1985.
- [11] CHÝSKÝ, Jaroslav a Karel HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.

- [12] CHYSKÝ, Jaroslav. *Vlhký vzduch*. 2., upravené a dopln. vyd. Praha: SNTL, 1977. Řada strojírenské literatury.
- [13] DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05181-8
- [14] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-807-6037-3.

8 PŘÍLOHY

Příloha č.1 Projekt

VZT.1	Technická zpráva
VZT.2	Funkční schéma VZT
VZT.3	Půdorys 1.NP
VZT.4	Půdorys 1.PP
VZT.5	Řez A–A
VZT.6	Řez B–B
VZT.7	Řez C–C
VZT.8	Řez D–D
VZT.9	Řez E–E
VZT.10	Řez F–F
VZT.11	Řez G–G
VZT.12	Řez H–H
VZT.13	Řez I–I
VZT.14	Řez J–J
VZT.15	Řez K–K
VZT.16	Řez L–L
VZT.17	Řez M–M
VZT.18	Řez N–N
VZT.19	Řez O–O
VZT.20	Řez P–P
VZT.21	Specifikace prvků
VZT.22	Vzduchové výkony
VZT.23	Distribuční elementy
VZT.24	Specifikace VZT jednotek
VZT.25	Výpočtová část

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Ozn.	Název veličiny	Jednotka
A	Amplituda kolísání teplot v normou uváděných měsících	K
B	Teplotní součinitel	-
c	měrná tepelná kapacita	J/kg·K
c	Hloubka okna k horní stínící desce	m
c ₁	Součinitel současnosti používání svítidel	-
c ₂	Zbytkový součinitel	-
c _o	Korekce na čistotu atmosféry	-
d	Hloubka okna	m
d _{hl}	Délka hladiny ve směru proudění	m
d _{os}	dávka venkovního vzduchu na osobu	m ³
e ₁ , e ₂	Délka stínu	m
f	Odstup svislé části okna od slunolamu	m
g	Odstup vodorovné části okna od slunolamu	m
g	Tíhové zrychlení	m/s ²
h	Rozdíl výšky mezi větracími otvory	m
H	Výška slunce nad obzorem	°
I ₀	Sluneční konstanta 1 350 W/m ²	W/m ²
I _C	Intenzita celkové sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu	W/m ²
I _d	Intenzita difúzní sluneční radiace	W/m ²
I _D	Intenzita přímé sluneční radiace	W/m ²
I _{DS}	Intenzita přímé sluneční radiace dopadající na orientovanou plochu	W/m ²
I _O	Intenzita sluneční radiace procházející standardním zasklením	W/m ²
I _{O DIF}	Intenzita difuzní sluneční radiace procházející standardním zasklením	W/m ²
i _i	Počet lidí	ks
i _ž , i _d , i _m	Počet žen, dětí a mužů	ks
j, g	Odstup svislé a vodorovné části okna	m
l	Výparné teplo vody	J/kg
l _A , l _B	Šířka a výška zasklené části okna	m
M	Číslo měsíce	-

Ozn.	Název veličiny	Jednotka
M_p, M_o, M_c	Hmotnostní průtok přiváděného, odváděného, cirkulujícího vzduchu	kg/s
M_Q	Hmotnostní průtok vzduchu potřebný k odvedení přebytečného tepla	kg/s
M_w	Hmotnost přenášené vlhkosti	g/s
$M_{w, hl}$	Hmotnost přenášené vlhkosti z vodní hladiny	kg/s
$M_{w,z}$	Hmotnost vlhkosti produkované zvířaty	g/s
M_z	Hmotnost zvířete	kg
n	Násobnost výměny vzduchu	1/h
O	Objem prostoru	m^3
p_d''	Parciální tlak syté vodní páry při teplotě vzduchu rovné teplotě vody	Pa
p_d	Parciální tlak vodní páry vnitřního vzduchu	Pa
P_{os}	Celkový příkon uvažovaných svítidel	W
Q_e	Tepelné zisky z vnějšího prostředí	W
Q_i	Tepelné zisky od vnitřních zdrojů	W
Q_o	Teplo odebrané adiabatickým odpařováním	W
Q_{OK}	Tepelný zisk konvekcí okny	W
Q_{OR}	Tepelné zisky sluneční radiací okny	W
Q_{os}	Produkce tepla od lidí	W
Q_{sv}	Produkce tepla svítidel	W
Q_z	Celková produkce tepla zvířat	W
$Q_{z,c}$	Produkce citelného tepla zvířat	W
$Q_{z,v}$	Produkce vázaného tepla zvířat	W
s	Stínící součinitel	-
S_{hl}	Plocha vodní hladiny	m^2
S_o	Plocha okna včetně rámu	m^2
S_{os}	Osluněný povrch okna	m^2
S_{po}, S_{oo}	Velikost přívodních, odvodních otvorů	m^2
t	Teplota vzduchu	$^{\circ}C$
T_D	Celková propustnost přímé sluneční radiace	-
T_d	Propustnost difuzní sluneční radiace	-
$t_{e \max}$	Maximální teplota venkovního vzduchu v příslušném měsíci	$^{\circ}C$
t_e	Teplota venkovního vzduchu	$^{\circ}C$
t_i	Teplota vnitřního vzduchu	$^{\circ}C$

Ozn.	Název veličiny	Jednotka
t_o	Teplota odváděného vzduchu	$^{\circ}\text{C}$
t_{p_o}	Teplota v pracovní oblasti	$^{\circ}\text{C}$
U_o	Součinitel prostupu tepla oknem	$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
V_{CO_2}	Celková produkce CO_2	l/h
$V_{\text{CO}_2, z}$	Produkce CO_2 na jedno zvířete	l/h
V_{p, co_2}	Množství přiváděného vzduchu pro odvod škodlivin	m^3/h
$V_{p, w}$	Množství přiváděného vzduchu pro odvod vlhkosti	m^3/h
$V_{p, \text{os}}$	Množství přiváděného vzduchu podle počtu osob	m^3/h
$V_{p, \text{os}}$	Množství přiváděného vzduchu podle násobnosti výměny vzduchu	m^3/h
w	Rychlost proudění vzduchu v jádru proudu	m/s
w_p, w_o	Rychlost v přívodním, odvodním otvoru	m/s
x_e	Měrná vlhkost exteriérového vzduchu	g/kg
x_i	Měrná vlhkost vnitřního vzduchu	g/kg
x_p''	Měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě vody	kg/kg
z	Součinitel znečištění atmosféry	-
α	Sluneční azimut	$^{\circ}$
α	Úhel stěny s vodorovnou rovinou	$^{\circ}$
β_p	Součinitel přenosu vlhkosti	$\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{s}$
β_x	Součinitel přenosu vlhkosti	$\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{Pa}\cdot\text{s}$
Δp	Tlakový rozdíl	Pa
$\Delta p_p, \Delta p_o$	Tlakový rozdíl v přívodních, odvodních otvorech	Pa
ϑ	Faktor citelného tepla	-
θ	Úhel mezi normálou osluněného povrchu a směrem paprsků	$^{\circ}$
μ_p, μ_o	Průtokový součinitel přívodního, odvodního otvoru	-
ΣM_w	Celková vlhkostní zátěž	g/s
ΣQ	Celkový tepelný zisk	W
τ	Sluneční čas	hod
γ	Azimutový úhel normály stěny	$^{\circ}$
δ	Sluneční deklinace	$^{\circ}$
ρ_{e, co_2}	Koncentrace v přiváděném vzduchu z exteriéru	$\text{ppm}, \text{g}/\text{g}$
ρ_i, ρ_e, ρ_o	Měrná hmotnost vnitřního, venkovního, odváděného vzduchu	kg/m^3
$\rho_{\text{max}, \text{co}_2}$	Požadovaná koncentrace v interiéru	$\text{ppm}, \text{g}/\text{g}$