

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VĚTRÁNÍ PLAVECKÉHO BAZÉNU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval:

Bc. Jiří Albrecht

Vedoucí práce:

doc. Ing. Karel Papež, CSc.

2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Albrecht

Jméno: Jiří

Osobní číslo: 423258

Zadávací katedra: Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Větrání plaveckého bazénu

Název diplomové práce anglicky: Swimming pool ventilatoin

Pokyny pro vypracování:

Technická zpráva

Výpočtová část

Výkresová část - Půdorysy, Detaily křížení

Textová část - Problematika větrání bazénů

Seznam doporučené literatury:


- Doporučené normy a předpisy
- Normy vnitřního prostředí
- Předpisy pro větrání sportovních staveb


Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku


Podpis vedoucího práce



Podpis vedoucího katedry

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“.

11.10.2018

Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

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

Praha, 2.1.2019

Poděkování:

Rád bych touto formou poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Karlu Papežovi, CSc. za ochotnou pomoc při vypracovávání zadané práce a mé rodině za pomoc při studiu.

Dále bych rád poděkoval ochotným pracovníkům na Magistrátu města Hradec Králové za přístup do archivu a pomoc při hledání původní dokumentace.

A v neposlední řadě také Správě nemovitostí Hradec Králové za uskutečnění exkurze do technického zázemí plaveckého bazénu.

Obsah

1. Úvod do problematiky	6
2. Historie vlhkých provozů.....	6
3. Legislativa.....	7
3.1 Haly.....	7
3.2 Kuchyně	7
4. Návrhové okrajové podmínky.....	7
4.1 Vlhkost.....	7
4.2 Teplota.....	8
4.3 Tepelná pohoda	8
4.4 Koncentrace oxidu uhličitého	8
5. Návrh vnitřních okrajových podmínek pro bazénové haly.....	8
5.1 Výpočet odparu vody z vodní hladiny.....	8
5.2 Návrh průtoku vzduchu podle množství odpařené vody	9
5.3 Návrh množství čerstvého vzduchu podle počtu osob	9
5.4 Stanovení teploty.....	9
6. Praktické typy a chyby větrání vlhkých provozů.....	10
6.1 Bazénové haly	10
6.2 Velké sprchy.....	11
6.3 Kuchyně	12
7. Zdravotní dopady vlhkosti	13
7.1 Nízká vlhkost.....	13
7.2 Optimální vlhkost.....	14
7.3 Vysoká vlhkost	14
8. Způsoby likvidace vlhkosti	14
8.1 Absorpční odvlhčovače	14
8.2 Kompresorové odvlhčovače.....	15
9. Osobní zkušenosti z plaveckého bazénu v Hradci Králové	16
10. Závěr.....	17
11. Seznam použitých zdrojů	18

Anotace:

Tato práce se věnuje plaveckému bazénu v Hradci Králové. Úvodní teoretická část řeší větrání vlhkých provozů včetně praktických rad. Druhá praktická část navrhuje na tento objekt z roku 1993 kompletní systém větrání nejen vlhkých provozů, ale i technického zázemí a administrativních prostor. Budovu rozděluje na devět částí s podobnými požadavky na vnitřní prostředí z pohledu teploty a koncentrace škodlivin. Tyto části samostatně odvětrává s použitím rekuperace.

Klíčová slova:

Větrání vlhkých prostorů, kryté bazény, odvlhčování vzduchu, vnitřní prostřední krytých bazénů.

Annotation:

This work deals with swimming pool in Hradec Králové. First part is dealing with theoretical solutions of the ventilation of wet installations, including practical advice. Practical part designs a ventilation system for wet areas, technological facilities and administrative rooms in building built in 1993. It separate the building into nine parts with similar indoor environment requirements in terms of temperature and concentration of pollutants. These parts separately ventilate with the recuperation function.

Keywords:

Ventilation of humid places, indoor swimming pools, dehumidification, environment of indoor swimming pools.

1. Úvod do problematiky

Voda je pro člověka nanejvýše nezbytná, jak pro život samotný, tak i pro jeho zpříjemnění [1]. O tomto faktu nelze nijak diskutovat, proto není divu, že člověk chce mít vodu nablízku jak jen to jde. Na počátku si lidé stavěli obydlí blízko řek, později si pomocí akvaduktů a rezervoárů vodili vodu do kašen ve městě kam potřebovali, a nakonec pomocí spletitého systému potrubí si vodu dnes dodáváme přímo do kohoutků v kuchyních nebo koupelen. Ale člověku je to pořád málo. Člověk si i přes všechny problémy usmyslel, že chce mít v obydlí bazény, vířivky a páry.

I když stojatá voda, a sní spjaté množství vlhkosti hromadící se v uzavřeném prostoru místnosti, činí stavebním konstrukcím nemalé problémy, není v dnešní době problém si luxus v podobě vnitřního bazénu dovolit. Existuje pouze pár podmínek, které je třeba splnit. A pár chyb, kterým se vyvarovat. V následujících stránkách se pokusíme nahlédnout na tyto podmínky a časté chyby a připravíme se tak na správný návrh krytého bazénu, kuchyně, popřípadě jiných vlhkých provozů.

2. Historie vlhkých provozů

I když Lázeňské budovy, místa, kde se lidé koupali ve vyhříváných bazénech uvnitř místností, jsou známy již od antického Řecka, a později je Římané dovedli k dokonalosti. Vlhkosti se v té době nevěnovala taková pozornost. Můžou za to dvě podmínky, které Římané ať už podněbím, nebo vědomě či nevědomě, splňovali. [1]

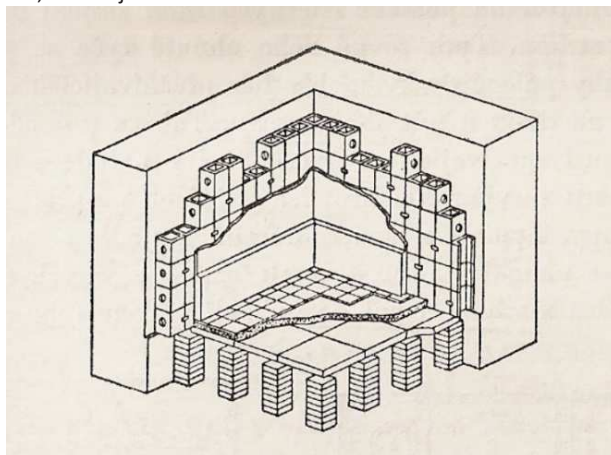


[obr.1 – Nákres Římských lázní]

První podmínkou je teplota. Obecně platí všemi dobře známý vztah, že s rostoucí teplotou vzduchu roste i množství vlhkosti, jež se do vzduchu vejde. Jinak řečeno teplejší vzduch při stejné hmotnostní vlhkosti bude sušší než vzduch studený. Vezmeme-li v potaz geografické umístění Řecka/Říma, a tím i jejich staveb, dá se předpokládat, že teplota podnebí hrála silně v prospěch vlhkých provozů.

Další teplo bylo získáváno umístěním stavby, kterou se snažili situovat na jih, jihozápad (protože provoz lázní byl častější v odpoledních hodinách).

Posledním, avšak nejdůmyslnějším zdrojem tepla, bylo dá se říct první podlahové vytápění „Hypokausa“ [obr.2]. Jednalo se o podlahu postavenou na cihelných pilířích. Spodní podlaha, nesoucí pilíře, byla postavena směrem ke zdroji tepla v takovém sklonu „že míč na ni vhozený se nemůže zastavit, nýbrž skutálí se sám od sebe zpátky k topeništi (Praefurnium)“ [1]. Na ní byly položeny pilíře asi 2 stopy vysoké (asi 60 cm), které byly překryty velkými keramickými deskami, nesoucí samotnou podlahu. Předstěny kolem Hypokausise byly vyzděny z dutých cihel, kterými také proudil kouř a horký vzduch. Právě tyto stěny do jisté míry pomáhají i druhé podmínce, kterou je odvod vlhkosti.



[obr.2 – Schéma Hipokausisu – Vitruvius deset knih o Architektuře]

Jak už bylo zmíněno, druhou podmínkou je odvod vlhkosti. Přesněji množství vzduchu, které je nebo prochází skrze vlhký prostor. Zde hraje roli především netěsnost staveb, jež byla, díky tehdejší technologii, nevyhnutelná. Naštěstí tehdejší obyvatelé to netrápilo tak moc jako dnes nás. Jednoduše o co víc jim budovy větraly a tím ztrácely svou teplotu, o to víc tepla do budovy dodávali pomocí (v té době levného) vytápění. Za to se jim budova odvděčila lepším vnitřním prostředím. A možná pro ně nevědomky, nízkou vlhkostí místnosti a tím menší degradace konstrukcí.

Posledním vlivem, jenž k tomuto tématu uvedu, bude velikost jejich staveb. V Římské době se veřejné budovy nestavěly na nejnižší možnou světlou výšku, tudíž v místnostech se nacházel obrovský prostor vyplněn vzduchem, a to tvořilo stejné výhody a nevýhody jako velká netěsnost budov, tj. vyšší náklady na vytápění, ale větší ředění škodlivin.

3. Legislativa

3.1 Haly

Pro haly obsahující vodní bazény řeší podmínky vnitřního prostředí zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, kde je mimo jiné vysloveně uvedena povinnost provozovatele zajistit a monitorovat požadované podmínky jakosti vody ke koupání i vnitřní mikroklimatické podmínky upravené prováděcím předpisem. [6]

Zmiňovaným prováděcím předpisem je vyhláška č. 238/2011 Sb., která ve své příloze 12. stanovuje konkrétní hodnoty. Shrnuté požadavky z této vyhlášky nalezneme v následující tabulce.

Parametr	Bazénová hala	Přílehlé prostory	Vstupní hala
Teplota vzduchu	o 1 až 3 K vyšší než teplota vody v bazénu	Sprchy 24 až 27 °C šatny a místnosti pro pobyt osob 20 až 22 °C	min. 17 °C
Relativní vlhkost vzduchu	max. 65 %	Sprchy 85 % ostatní prostory 50 %	-
Intenzita výměny vzduchu (pozn. 1)	min. 2 h-1	Sprchy min 8 h-1 šatny 6 až 6 h-1	min. 1 h-1
Koncentrace trichloraminu	Doporučený limit 0,5 mg/m ³	-	-

[tab. 1 – Požadavky na vnitřní prostředí a větrání bazénů]

3.2 Kuchyně

V české legislativě prozatím není předpis zabývající se výhradně větráním velkokapacitních kuchyní. Jelikož je však větrání pro tyto prostory klíčové, využívá se požadavek na větrání z vyhlášky č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu.

Co se hygieny týče, využívají se převážně různé předpisy z hlediska hygienických a protiepidemických opatření při výrobě a oběhu potravin.

Pracovní prostředí je řešeno pomocí novelizací směrnice MZ ČR č. 46/1978 Sb., o hygienických požadavcích na pracovním prostředí.

Kvalita vnitřního prostředí je posuzována podle zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, v jeho novelizovaných změnách, zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, a zákoně č. 155/200 Sb., zákoníku práce, ve znění příslušných prováděcích předpisů.

Z hlediska tepelně vlhkostních podmínek se kuchyně posuzují podle zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích, a vyhlášek ministerstva zemědělství č. 324 až 336/1997 Sb. [5]

4. Návrhové okrajové podmínky

4.1 Vlhkost

V řešených provozech je nejzásadnějším problémem samozřejmě množství vlhkosti. Celkově může být zdrojů vlhkosti v budově několik, například již zabudovaná vlhkost v konstrukcích, vlhkost z čerstvého vzduchu, zemní vlhkost způsobená vzlinavostí, a mnoho dalších. Avšak u námi řešených provozů je dominantní vlhkost provozní. Tuto vlhkost způsobují lidé, zvířata a samozřejmě technologie, jako je bazén, pára nebo sprcha.

Příčinu máme, ale proč vlastně vlhkosti v konstrukci nechceme? Na tuto otázku lze odpovědět hned dvěma velkými argumenty. Největším problémem je hygiena. Budovy si stavíme, aby nám v nich bylo dobře, logicky si v nich i topíme. Bohužel je-li v místnosti teplo a vlhko nebude se zde dobře dařit jen nám, ale i plísním a bakteriím, které mohou způsobit nemalé zdravotní potíže, jako je poškození dýchacího systému nebo narušení správného chodu

orgánů. Dalším velkým záporem vlhkosti je snížení tepelné vodivosti a pevnosti konstrukčních materiálů vystavených tomuto vlivu. Tam, kde vlhkost oslabí ochranný tepelný plášť budovy, začne docházet ke kondenzaci v konstrukci, a nastartuje se koloběh událostí, které zapříčiní neustálé oslabování budovy a rychlejší degradaci všech stavebních materiálů.

4.2 Teplota

Tato fyzikální vlastnost je samozřejmě řešená ve všech budovách, a ani vlhké provozy nejsou výjimkou. Právě teplota je jedním z hlavních faktorů, které dělají místnost příjemnou pro její uživatele. A právě obyvateli se také řídí. Ve vlhkých provozech, jako jsou například bazény, sprchy nebo páry, musíme předpokládat, že se uživatelé nebudou pohybovat příliš oblečení, a proto by se teplota místnosti měla oproti jiným místnostem zvýšit. Také přívod tepla by měl být směřován převážně k podlaze, aby osoby netrpěly nastydnutím od nohou. Narážíme-li na množství oblečení lidí, například ve sprchách nesmíme zapomenout, že svlečení budou už v šatnách nebo převlékacích kabinkách, a proto i zde bychom měli již se zvýšenou teplotou počítat.

Teplota vzduchu v bazénové hale by měla být o 2-3 °C větší než teplota vody v bazénu pro příjemný komfort lidí. I přes všechna doporučení, která zde uvádíme, závěrečné hodnoty teploty vždy závisí na typu provozu místnosti a fyzické námahy osazenstva místnosti a přání uživatelů.

4.3 Tepelná pohoda

Právě tato subjektivní hodnota má ve správném návrhu místnosti největší váhu. Nejedná se o konkrétní čísla nebo vzorce, nýbrž o pocit uživatele. Veřejné místnosti nemůžeme nikdy nastavit tak, abychom se zavděčili všem. To však neznamená, že se o to nemůžeme snažit. Základní faktory pro tepelnou pohodu jsme si již popsali, byly to teplota a větrání. Ovšem nezáleží pouze na množství tepla, anebo kvalitě vzduchu.

U větrání například musíme dbát na způsob distribuce. Přivádíme-li do místnosti příliš horký vzduch, který bude prostor i vytápět, nesmíme ho napřímo pustit do pobytové zóny obyvatel, ale musíme zajistit nejdříve jeho dostatečné promísení s vzduchem v místnosti, a zajistit, aby při dosažení pobytové zóny měl již přijatelnou teplotu.

I v případě, že přivádíme vzduch do pobytové zóny o přijatelné teplotě, při vysokých rychlostech proudění může docházet k „průvanu“. Tento jev však lze často eliminovat volbou vhodného distribučního prvku v místnosti, který zajistí snížení rychlosti přiváděného vzduchu.

4.4 Koncentrace oxidu uhličitého

Popravdě řečeno čerstvý vzduch potřebujeme právě kvůli tomuto kritériu. Teoreticky dokážeme upravovat vnitřní prostředí k obrazu svému za pomoci drahé technologie, ale jednu věc stále nedokážeme zajistit jinak, než výměnou vnitřního vzduchu za čerstvý venkovní. A tou je nepříznivě velká koncentrace oxidu uhličitého, a naopak nedostatek kyslíku, tolik důležitého prvku pro lidský organismus. I když celkovou výměnu vzduchu navrhujeme i na ostatní kritéria, jedná se hlavně o finanční úsporu spojenou s úpravou vzduchu. Minimální větrání kvůli koncentraci oxidu uhličitého však musíme splnit vždy!

5. Návrh vnitřních okrajových podmínek pro bazénové haly

Provoz bazénového zařízení je velmi energeticky náročný. Při nízkém množství přívodu čerstvého vzduchu může trpět kvalita vnitřního prostředí, a naopak při vysoké výměně se zvyšují již tak velké náklady na úpravu vzduchu. Proto optimálním řešením je navrhovat vzduchotechniku na minimální požadavky, a pokud možno minimalizovat množství škodlivin, se kterými v místnosti počítáme (jako je například vhodná chemická úprava vody).

5.1 Výpočet odparu vody z vodní hladiny

Odpařování vody je způsobeno vypařováním a chladnutím vody v bazénu. [2] Jedná se o fyzikální jev, ale může být popsán jednoduchým vztahem:

$$m_w = \varepsilon * A * (p_s - p_d)$$

Kde:	m_w	[g/h]	... množství odpažené vody z plochy bazénu
	ε	[g/(h*Pa*m ² *h)]	... součinitel odparu vodní páry
	A	[m ²]	... plocha vodní hladiny
	p_s	[hPa]	... tlak syté vodní páry při teplotě v bazénu
	p_d	[hPa]	... parciální tlak vodní páry ve vzduchu

Součinitel odparu vodní páry závisí na pohybu vodní plochy. Jeho hodnota se pohybuje v rozmezí od 0,5-35 jak ukazuje následující tabulka. [tab.2]

Typ bazénu	ϵ [g/(hPa.m ² .h)]
Vodní plocha bazénu zakryta fólií – klidový režim	0,5
Klidná vodní hladina	5
Bazény v rodinných domech s malou obsazeností	15
Kryté bazény – normální provoz	20
Bazény s vodními atrakcemi	28
Bazén s vlnami	35

[tab.2 – Typické hodnoty celkového součinitele odparu z vodní hladiny (1 hPa=100 Pa)]

Pro odborný odhad se v praxi používá hodnota m_w v rozmezí 0,15-0,25 kg/h na 1 m² bazénové plochy.

5.2 Návrh průtoku vzduchu podle množství odpařené vody

Pokud známe odpar z vodní hladiny, můžeme stanovit potřebné množství vzduchu pro bezpečný odvod vlhkosti z místnosti. [3]

Používáme pro to následující vztah:

$$V = \frac{m_w}{(\chi_L - \chi_{PL}) * \rho}$$

Kde:	V	[m ³ /h]	... celkové minimální množství čerstvého vzduchu
	m_w	[g/h]	... množství odpařené vody z plochy bazénu
	χ_L	[g/kg s.v.]	... požadovaná měrná vlhkost vzduchu v hale
	χ_{PL}	[g/kg s.v.]	... měrná vlhkost vzduchu přiváděného do haly (obvykle hodnota 9-10 g/kg s.v.)
	ρ	[kg/m ³]	... hustota vzduchu

5.3 Návrh množství čerstvého vzduchu podle počtu osob

Množství čerstvého vzduchu se nijak zvláště nemění od návrhu jiných provozů. Záleží především na počtu lidí a jejich předpokládané fyzické aktivitě. Pochopitelně se zvětšující se fyzickou aktivitou se zvyšují i nároky na množství čerstvého vzduchu. [3]

Konkrétní množství čerstvého vzduchu stanovíme ze vzorce:

$$V_{min} = V_{os} * N$$

Kde:	V_{min}	[m ³ /h]	... celkové minimální množství čerstvého vzduchu
	V_{os}	[m ³ /h]	... minimální množství čerstvého vzduchu na osobu za hodinu
	N	[ks]	... předpokládaný počet osob v místnosti

U sportovních bazénů předpokládáme V_{os} jako 50 m³/h. U soukromých a hotelových bazénů můžeme tuto hodnotu snížit na 30 m³/h a při teplotě vzduchu 0 °C můžeme dokonce klesnout až na 15 m³/h.

Odhad počtu osob můžeme v případě soukromých a hotelových bazénů také snížit.

Soukromé bazény = $N * 0,1$ (zaokrouhlit na celé číslo)

Hotelové bazény = $N * 0,2$ (zaokrouhlit na celé číslo)

5.4 Stanovení teploty

Vzhledem k tomu, že bazénové haly stavíme proto, abychom se v nich koupali a pohybovali se zde spoře oděni, je tato veličina velmi ovlivněna i právě užívanými osobami. Právě proto s touto hodnotou příliš manipulovat nelze.

Její optimální hodnotu stanovuje norma ČSN 730540:2002 a to následovně:

Bazénové haly pro dospělé ... 28 °C

Bazénové haly pro děti ... 30 °C

Bazénové haly se zakrytou hladinou ... 15 °C

Ačkoli tyto hodnoty nejsou závazné, skutečné návrhové hodnoty se příliš lišit nebudou. Na jedné straně musíme samozřejmě dbát na teplotní komfort lidí a zároveň na možnou kondenzaci vody v konstrukci nebo na ní. Teplota jde ruku v ruce s větráním, a proto máme-li navrženou nízkou teplotu a nedbáme příliš na komfort lidí, můžeme kondenzaci do značné míry eliminovat přívodem dostatku suchého vzduchu. Nicméně i zde si musíme dávat pozor

na pár vlastností vzduchu, jako je například rychlost proudění v pobytové zóně, abychom nezpůsobovali pocit průvanu, nebo příliš nízkou vlhkost vzduchu. Tyto vlastnosti by mohly být osobám v hale nepříjemné.

6. Praktické tipy a chyby větrání vlhkých provozů

6.1 Bazénové haly

Prvním způsobem jak si usnadnit práci je správný návrh samotné haly nebo prostoru, do kterého máme v plánu umístit vodní plochu. Budova by měla být situována na teplejší světovou stranu (v našich podmínkách je to jih, jihovýchodní strana). Prosklené plochy by se měly minimalizovat. Samozřejmě se jim nevyhneme, proto je nejvýhodnější umístit je také do jižní fasády a rámy oken navrhovat z voděodolných materiálů, například z plastu, a nakonec je nezapomenout opatřit kvalitní tepelnou izolací.

Čemu bychom se ovšem měli naprosto vyvarovat, je umístění skleněných ploch do střešní konstrukce. Kvůli vlhkosti stoupající z vodní hladiny by tato okna trpěla silnou kondenzací a silnou degradací konstrukcí následovanou zatékáním.

Dále je velice vhodné separovat prostor haly od suchých provozů. Toho docílíme nejlépe vzduchotěsnými dveřmi a parotěsnou izolací přiléhajících konstrukcí. Nutné je také separovat vzduchotechnické jednotky, aby nedošlo k míchání suchého a vlhkého vzduchu.

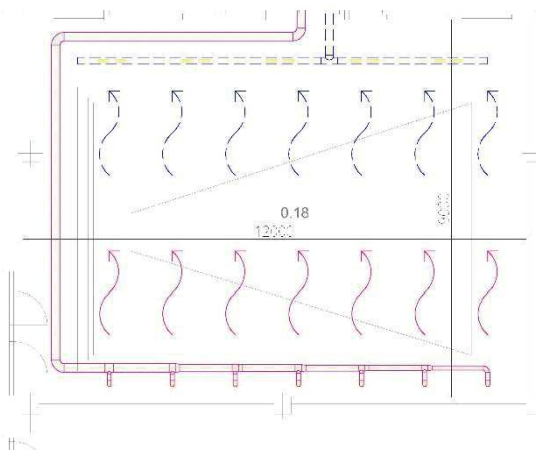
Samotný vzduch přiváděný do haly by měl být minimálně stejně teplý jako vzduchu v místnosti uvažovaný. Zároveň musí být suchý a v dostatečném množství ověřený výpočty.

Velice vhodné je celou halu, separovanou od ostatních suchých provozů, udržovat v mírném podtlaku (asi 5%). Chráníme se tím tak před možným únikem vlhkosti přes možné netěsnosti v konstrukci.

Když máme navrženou halu i dostatečný přívod vzduchu, a výpočtem máme ověřený komfort, nastává chvíle na způsoby distribuce vzduchu.

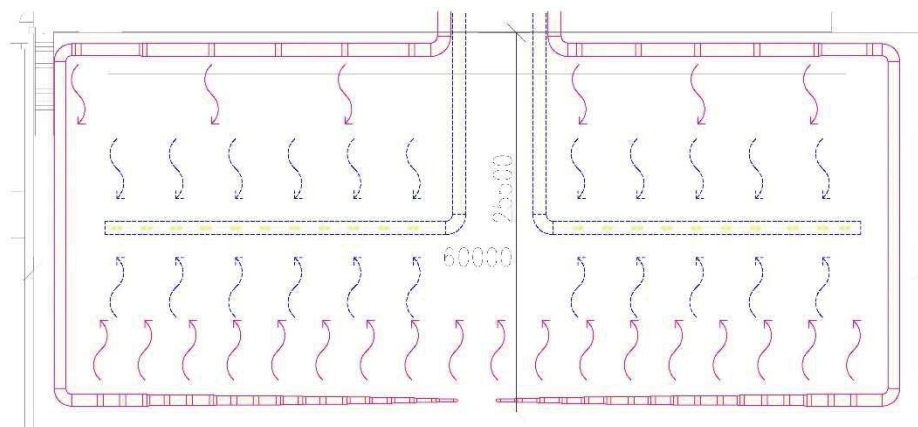
Zde záleží hlavně na velikosti haly a na množství prosklených ploch. Vždy musíme dbát na provětrávání celé haly.

Pro menší haly, přibližně do 15 metrů, můžeme volit přívod vzduchu na prosklené straně a odvod na opačné. [obr.3]



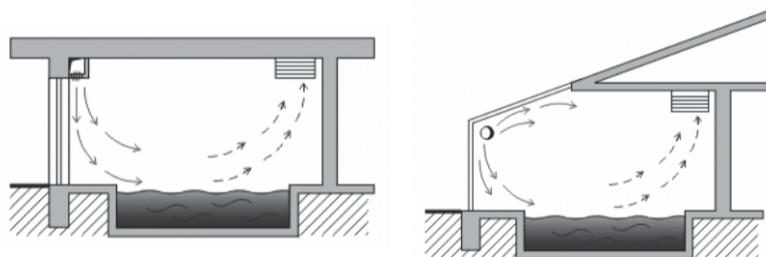
[obr.3 – Schéma distribuce vzduchu v menších halách]

U větších hal je nutné přívod rozdělit minimálně po dvou delších stranách a odvod umístit uprostřed přímo nad vodní hladinu. [obr. 4]



[obr.4 – Schéma distribuce vzduchu ve velkých halách]

Speciální pozornost by měla být věnována hluchým místům, která jsou způsobena například krycí stěnou, nebo zvláštním tvarem střechy. Na taková místa, kde hrozí, že vzduch nebude cirkulovat, je nejlepší nasměřovat trysku/dýzu, která tento problém eliminuje.



[obr.5- schémata správného provětrávání bazénových hal v řezu]

Zároveň na veškeré prosklené plochy je vhodné nasměřovat výstě trysek/dýz, které eliminují možnost kondenzace. Je však nutné dodržet nízkou rychlost vzduchu v pobytových zónách. Nejlepší je porovnat dosah proudu vzduchu udávaný výrobcem koncového prvku a porovnat jej s výškou umístění prvku a předpokládanou dráhou vyfukovaného vzduchu.

Za žádných okolností nesmí být přiváděn vzduch ve vysokých rychlostech přímo na vodní hladinu. Zaprvé se jedná stále o pobytovou zónu, a rychlost by tak neměla překročit 0,2 m/s, ale hlavně se tím zvyšuje množství odpařované vody z vodní hladiny, a tím se systém může stát neefektivní.

Co se odvodu vzduchu týče, pro ten je nejlepší místo právě nad vodní hladinou. Zajistíme tak rychlý odvod vlhkého vzduchu dříve, než se stihne vstřebat do konstrukcí a nadělat problémy.

Veškeré potrubní sítě samozřejmě navrhovat z voděodolných materiálů – např. nerez, plast. Vhodné je také vyspádovat potrubí směrem ke stoupačkám, které budou na konci opatřené sifonem pro odvod kondenzátů. Tomu se nevyhne, jak původně teplý, vlhký vzduch bude ochlazován díky průchodu přes studenější prostředí stoupaček nebo rozvodů. [4]

6.2 Velké sprchy

Co se sprch týče nalezneme zde spoustu podobností s bazénovými halami. Vzhledem k vysoké koncentraci vlhkosti v malém prostoru je nutné navrhovat nucené větrání. Abychom zabránili šíření vlhkosti po ostatních místnostech, uvádíme místnost hromadných sprch do mírného podtlaku.

Přiváděný vzduch by měl mít teplotu minimálně stejnou jako je teplota uvažovaná v místnosti.

Jeho distribuce by měla zamezit možnosti vzniku „hluchých míst“, kde by mohlo docházet k hromadění vlhkosti, a tím k možnému vzniku plísní. [obr.6]



[obr.6 – příklad nevyhovující distribuce vzduchu ve sprchách]

„Hluchá místa“ mohou vzniknout například nevhodným rozdělením místnosti pomocí příček nebo uzavřením části vzduchu díky nábytku.

Pro přívod vzduchu je nevhodnější použít talířové vyústky rozprostřené rovnoměrně po celé ploše místnosti. Odvod pak mohou zajišťovat také talířové ventily nebo mřížky umístěné nejlépe nad nebo v blízkosti zdroje vlhkosti (v tomto případě sprcha).

Jsou-li v místnosti umístěná okna, je nezbytné navrhnout distribuční prvek, který bude dané okno ofukovat čerstvým suchým vzduchem, a bude tak zabraňovat kondenzaci na ploše skla a v okolí rámu.

6.3 Kuchyně

U těchto provozů řeší vzduchotechnika kromě přívodu čerstvého vzduchu pro ředění oxidu uhličitého i odvod škodlivin. Těmi se rozumí přebytečné teplo, vlhkost, ale i například plynné látky včetně oděru a prašnosti, respektive částice pevného a kapalného aerosolu.

Systém vzduchotechniky nesmí být nikdy navržen jako přetlakový, aby nešířil možné znečištění a pachy po okolí budovy.

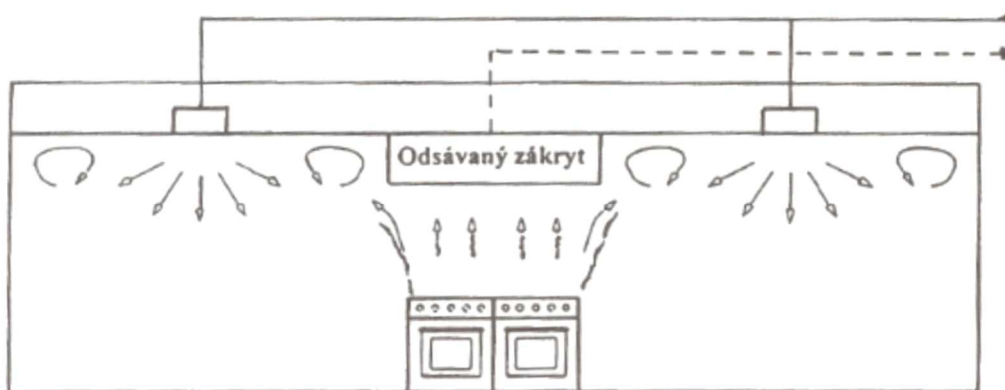
Vhodné je myslet na zvýšený výskyt tuků. Z toho důvodu je nutné obohatit systém větrání o odlučovače tuku, které by měly být snadno přístupné a dobře čistitelné. Znečištěný vzduch vyvádíme na střechu tak, aby nemohlo dojít ke zpětnému nasátí vzduchu do systému nebo obtěžování okolí tímto vzduchem.

Pro větrání menších kuchyní nebo provozů s nízkým výskytem škodlivin můžeme navrhnout i větrání přirozené. U středních a velkých kuchyní, nebo u provozů s vysokým výskytem škodlivin, však musíme volit větrání nucené, rovnotlaké, nebo v mírném podtlaku.

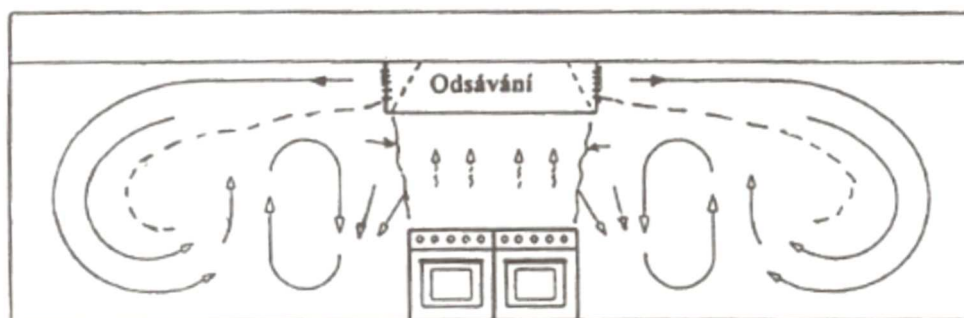
Přívod vzduchu by měl být vždy směřován přes pracující osoby směrem ke zdroji škodlivin, abychom zajistili co nejčerstvější ovzduší pro účastníky provozu kuchyní. Rychlost musí být samozřejmě nižší než 0,2 m/s, neboť se jedná o pobytovou zónu.

Čerstvý vzduch přivádíme do místnosti buď směšováním, nebo zaplavováním.

Směšování může probíhat buď s vertikálním přívodem [obr.7] (pomocí vířivých výustek, anemostatu a štěrbin). Nebo s horizontálním přívodem [obr.8] (mřížkami, tryskami nebo děrovanými plochami), kde musíme dbát na rovnost tlaku vzduchu, který do místnosti přivádíme, aby nemohlo dojít k odtlačení škodlivin bokem od místa zdroje.

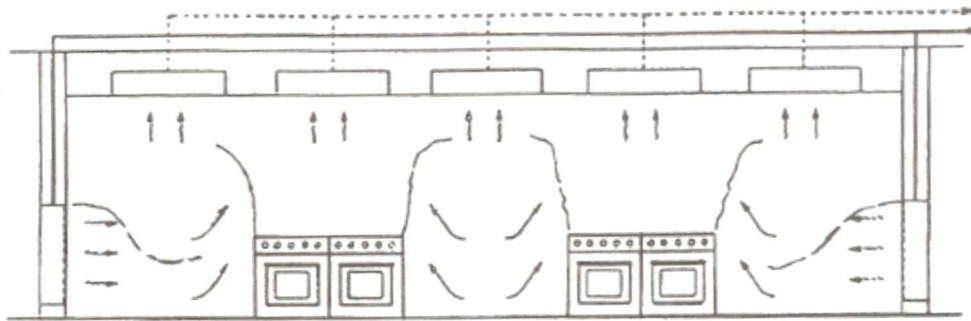


[obr.7 – Schéma Větrání kuchyně směšováním s vertikálním přívodem]

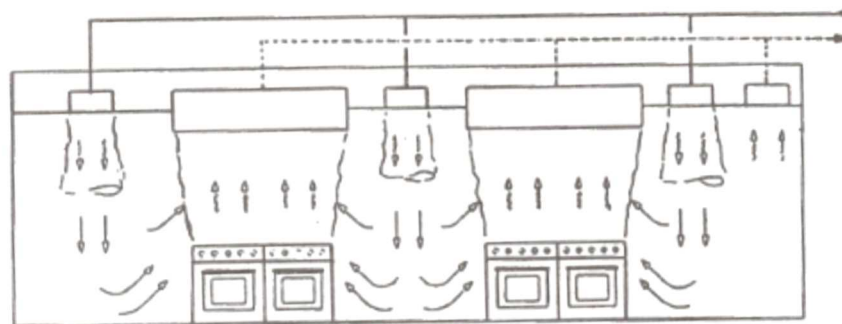


[obr.8 – Schéma větrání kuchyně směšováním s horizontálním přívodem]

Zaplavování může být zjištěno pomocí velkoplošných výustí umístěných těsně nad podlahou [obr.9] nebo pod stropem [obr.10], které díky nízké rychlosti přiváděného vzduchu sniží víření škodlivin v prostoru a usnadní jejich odvod. Tímto systémem se může množství vzduchu přiváděného kvůli ředění škodlivin od vaření snížit až přibližně o 20 %.



[obr.9 – Schéma větrání kuchyně zaplavováním s přívodem nad podlahou]



[obr.10 – Schéma větrání kuchyně zaplavováním s přívodem pod stropem]

Odvod vzduchu řešíme pomocí odsávacích sloupů a odsávacích zákrytů, vždy umístěných nad zdrojem škodlivin v kuchyni. Odsávací zákryt by měl přesahovat půdorysné rozměry zdroje škodlivin minimálně o 200 mm, u zařízení s dveřmi je přesah nutný minimálně o 400 mm na straně dveří.

Klasická výška spodní hrany zákrytu sloužícího k odvodu škodlivin je 2,10 metru nad úrovní podlahy.

V kuchyních nelze nikdy použít cirkulaci odváděného vzduchu!

Jelikož se jedná o hygienicky čistý provoz je nutné systém nuceného větrání obohatit nejen o lapač tuků, ale samozřejmě i o množství filtrů umístěných nejen na přívodu, ale také na odvodu vzduchu z místnosti. Tyto prvky zajišťující hygienickou čistotu provozu a je nutné je pravidelně čistit, jinak by mohly fungovat kontraproduktivně a být naopak zdrojem znečištění. [5]

7. Zdravotní dopady vlhkosti

Jak již bylo několikrát zmíněno, vlhkost v budovách je velice ošemetná věc. Při extrémních výkyvech může být přímo zdraví škodlivá pro člověka. Ale i při středních odchylkách může znehodnocovat vnitřní prostředí a podporovat tak množení životu nebezpečných organismů, jakou jsou plísně, houby a bakterie. V následující kapitole si přiblížíme zdravotní dopady nesprávné vlhkosti vzduchu.

7.1 Nízká vlhkost

Začneme od nuly, neboli od suchého vzduchu, jehož relativní vlhkost se pohybuje v rozmezí 0-40 %. Při této úrovni se okolní vzduch snaží získat vlhkost, kde se dá. Bohužel to dělá i z našich lidských těl. Tím nám však způsobuje nepříjemné a nebezpečné problémy jako jsou:

- vysychání sliznic horních cest dýchacích
- suchý dráždivý kašel
- pocit stále ucpaného nosu
- ranní škrábání krku
- chronické záněty nosohltanu
- časté onemocnění horních i dolních cest dýchacích
- chronická bronchitida
- opakovaná laryngitida u dětí
- vysušená a podrážděná pokožka

- pálení očí
- popraskané rty
- pocit zvýšené únavy a neustálé žízně

Sušší vzduch oslabuje naši imunitu a je příznivý pro život mikroorganismů. Způsobuje tak větší náchylnost na onemocnění. Různá měření ukazují, že v některých domácnostech s přirozeným větráním, kdy vzduchu pouze ohříváme pomocí vytápění, se může relativní vlhkost pohybovat až kolem 20 %.

Zvýšit vlhkost lze zcela jednoduše, již naši předci pokládali vlhký ručník nebo nádobu s vodou na topení, čím podporovaly odpar. V dnešních dobách můžeme používat například i malé dekorativní fontánky, elektrické rozprašovače, nebo máme-li v objektu nucené větrání, můžeme zvlhčovat vzduch přímo v jednotce vzduchotechniky. [8] Při zvlhčování vzduchu však musíme dbát na používání čisté a zdravotně nezávadné vody, jinak by mohlo dojít naopak ke zhoršení podmínek a tím ke zvýšení zdravotních rizik, a to například v podobě Legionářské nemoci, která je smrtelně nebezpečná.

7.2 Optimální vlhkost

Adekvátní relativní vlhkost vzduchu se pohybuje v létě mezi 40-50 %. Pro zimní období se tato hodnota navyšuje na 45-65 %. Jedná se o hodnoty, které jsou již relativně vlhké pro mikroorganismy, ale zároveň velice suché pro vznik plísní. Mimo zdravotně nezávadné přínosy nám také vyšší vlhkost vzduchu způsobuje citlivější vnímání teploty. To zapříčiňuje pocit tepla i při nižších hodnotách vytápění, než jsme zvyklí, díky čemuž můžeme snadno snížit náklady na topení.

7.3 Vysoká vlhkost

Nadměrná vlhkost pohybující se od 60 % výše, ničí nejen majetek a stavební konstrukce, ale také škodí i lidem, a to příznaky, jako jsou například:

- astma a alergie
- bolesti hlavy
- časté nachlazení
- nespavost
- vyrážky
- vznik plísní
- množení roztočů

To vše doprovázeno nepříjemným zápachem obsahující zárodky plísní. Na vlhké prostředí nejvíce trpí děti a senioři díky oslabenější imunitě. [9] Pro stabilní růst plísní je nevhodnější 80 % relativní vlhkosti. Této vlhkosti se dá běžně dosáhnout na ochlazených stěnách s nedostatečnou tepelnou izolací a nedostatečným větráním. Z hygienického hlediska se nedoporučuje delší pobyt osob v takto zamořených místnostech.

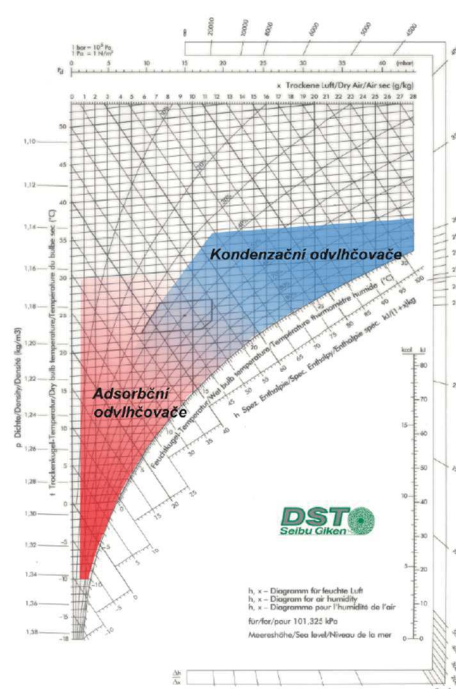
O způsobech odstranění vlhkosti si povíme v následující kapitole 8.

8. Způsoby likvidace vlhkosti

Pro snižování vlhkosti v místnosti používáme prozatím převážně tři způsoby. Absorpční a kompresorové odvlhčování používáme v případech, kdy pracujeme s cirkulačním vzduchem, který opět navrátíme do místnosti. Výhodou těchto systémů je možnost upravovat konkrétní parametr vzduchu a ostatní parametry zachovat relativně neměnné. Důležité je si uvědomit, že tyto dva způsoby odvlhčování nenavrhujeme na jednotné podmínky. Každý ze způsobů má svůj typ provozu, ve kterém podává nejlepší výkony [Obr.9].

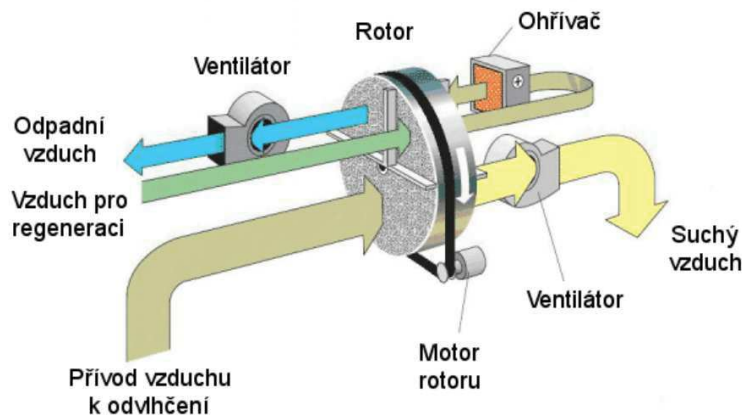
8.1 Absorpční odvlhčovače

Jak jsem již zmínil, absorpční odvlhčovače pracují s cirkulačním vzduchem. Přísun čerstvého vzduchu, u kterého nemůžeme vždy zaručit požadovanou vlhkost, může být pro tento systém nežádoucí a je tedy vhodné navrhovat větrání na co nejmenší požadovanou hodnotu [10]. Při tomto způsobu odvlhčování je cirkulační vzduch nasáván ventilátorem. Dále většinou prochází přes filtrační prvek na pomalu rotující kolo z takzvaného sorbentu (silikagel). Na toto kolo se naváží molekuly vody obsažené v cirkulačním vzduchu. Postupnou rotací se vodou nasáklé kolo dostane do další části systému, kde skrze něj prochází vzduch z vnějšího prostředí, ohřátý ohříváčem na vyšší teplotu, čímž se sníží relativní vlhkost tohoto vzduchu a ten do sebe snáze pojme větší množství molekul vody nacházející se v sorbentu. Pro zvýšení účinnosti je časté, že se vzduch použitý pouze na odvlhčení sorbentu



[Obr.11 – Rozpoložení odvlhčovačů na HX diagramu]

nechá projít rotačním tělesem dvakrát. Jednou před ohřátím, kdy již do sebe část vlhkosti pojme. Podruhé po ohřátí, kdy se jeho kapacita absolutní vlhkosti značně navýší. Celý výše popsany děj je znázorněn na následujícím obrázku [obr.12].



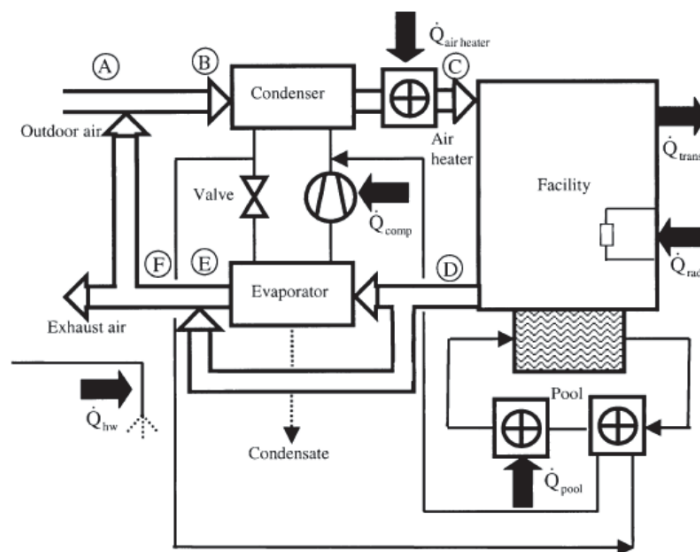
[obr.12 – Schéma absorpčního odvlhčování vzduchu]

Velkou výhodou absorpčního odvlhčování je téměř neměnná teplota cirkulačního vzduchu. Drobné změny teploty se nevyhneme, a to díky nahřívání rotujícího tělesa čerstvým vzduchem a také vedením vzduchotechnického potrubí v prostorách, které nemusí mít stejnou teplotu jako cirkulační vzduch. Ovšem tyto změny teploty mohou být při správné izolaci potrubí minimální. Proto je tento způsob odvlhčování vhodný do prostředí s nízkou teplotou vzduchu, do míst, kde již kompresorové odvlhčovače nepodávají takový výkon. Typickým provozem jsou například zimní stadiony, kde se díky absorpci zamezuje vzniku mlhy nad ledovou plochou.

8.2 Kompresorové odvlhčovače

Tyto odvlhčovače pracují na principu změny teploty vzduchu, a snížení tak maximální absolutní vlhkosti. Nejprve cirkulační vzduch zchladíme a necháme tak vlhkost zkondenzovat. Kondenzát odvedeme do kanalizace, a vzduch opět ohřejeme na původní teplotu.

Pro nejspornější užití tohoto principu se běžně používá kompresorový chladicí okruh, který pracuje na stejném principu jako tepelné čerpadlo. Nejprve část odpadního vzduchu z místnosti (Facility) odvedeme do výparníku (Evaporator), kde za pomoci chladiva z okruhu tepelného čerpadla snížíme jeho teplotu, a tak i maximální absolutní vlhkost, a dojde ke kondenzaci vodní páry obsažené ve vzduchu. Kondenzát odvedeme do kanalizace. Poté se smíchá chladný vysušený vzduch z výparníku „E“ se vzduchem z bipasu kolem výparníku do směsi vzduchu „F“. Část vzduchu odchází do exteriéru a část vzduchu použijeme jako cirkulační vzduch a smícháme jej s čerstvým chladným vzduchem „A“ do směsi „B“. Tato směs vzduchu pokračuje do kondenzátoru (Condenser), kde se uvolní teplo získané z výparníku a uložené v chladivu. Dále prochází předehřátá směs vzduchu přes ohřivač (Air heater), kde jeho teplota dosáhne požadované hodnoty a takto upravená směs čerstvého a cirkulačního vzduchu „C“ je přiváděna do místnosti.



[Obr.13 – Schéma kompresorového odvlhčovače]

Velkou výhodou tohoto typu větrání je možnost zamezení přívodu čerstvého vzduchu a odvodu znečištěného. Systém tak běží pouze na cirkulační vzduch. Toho se dá využít například při nevyužívání bazénu, kdy nemusíme přivádět čerstvý vzduch, ovšem zároveň musíme stále odvádět vlhkost.

Teplné čerpadlo, které je v tomto systému umístěno, podává nejlepší výkony právě při vyšších teplotách, proto je toto řešení vhodné pro bazénové haly. [11]

8.3 Výměna vzduchu bez cirkulace

Posledním způsobem je klasické větrání, kdy množství větrání navrhne nejen na hodnotu pro přísun čerstvého vzduchu a dostatečné ředění oxidu uhličitého, ale zároveň i na odvod vlhkosti vznikající v místnosti. Takový vzduch už do místnosti nevracíme, ale nahradíme jej novým čerstvým vzduchem z exteriéru. Bohužel pak musíme tento čerstvý vzduch dodatečně upravit, aby splňoval požadavky kladené na ovzduší v interiéru, což je nákladné na energii.

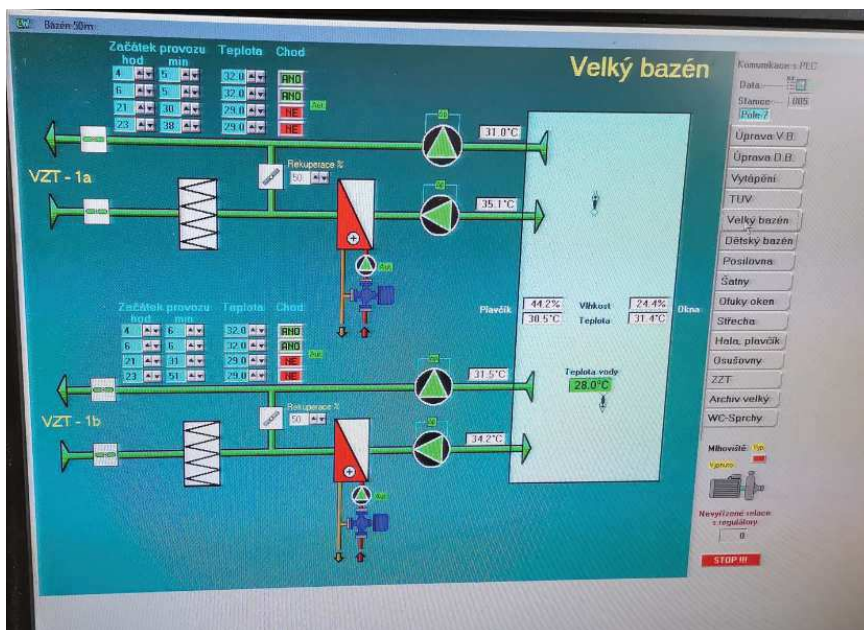
9. Osobní zkušenosti z plaveckého bazénu v Hradci Králové

Během své práce na projektu návrhu vzduchotechniky do plaveckého padesátimetrového bazénu v Hradci Králové jsem měl možnost podívat se do technického zázemí této budovy a prostudovat některé původní dokumentace. Tato budova byla uvedena do provozu v roce 1993 jako přístavba k již postaveným městským lázním z roku 1933, které následně procházely rozsáhlou rekonstrukcí, až do roku 1998, kdy byly také zprovozněny pod označením Aquacentrum.

Z technických dokumentací poskytnutých Magistrátem města Hradec Králové jsem se dozvěděl, že první projekt na tuto budovu byl vypracován v letech 1984-1985 ve stupni ÚP. Tento projekt počítal mimo jiné s rekuperací umístěnou ve všech jednotkách vzduchotechniky. Ovšem při exkurzi jsem zjistil, že skutečně jsou na rekuperaci napojeny pouze jednotky pro haly s bazény. Předpokládám, že k tomuto ústupku došlo při dimenzování, poněvadž následně jsem i já měl ve svém projektu problémy vejít se s potrubím do připravených stoupaček.

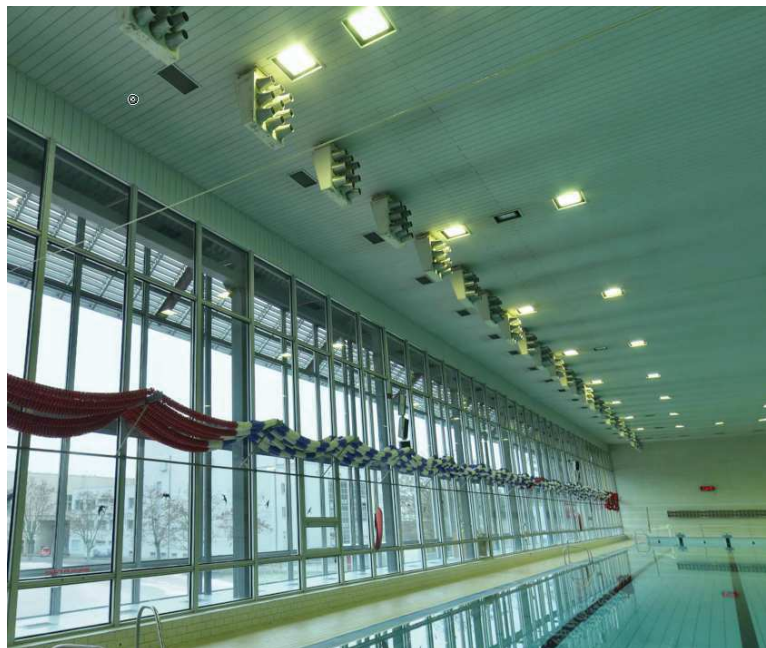
Dále jsem zjistil, že na požádání projektanta VZT byla strojovna vzduchotechniky rozšířena. Osobně toto rozhodnutí schvaluji, protože technologie i kritéria se stále vyvíjejí a nikdo s určitostí dopředu neví, kolik technologie se bude za třicet let do stejné místnosti umísťovat.

Ve „velině“ jsem byl příjemně překvapen přehledností softwaru připraveného pro monitorování a regulaci. [Obr.14] Takovýto software s přehledným schématem dá ihned představu o způsobu úpravy vzduchu, bez zdlouhavého zkoumání vnitra každé jednotky.



[Obr.14 – Schéma systému úpravy vzduchu z Královéhradeckého plaveckého bazénu]

Zvláštností ve způsobu distribuce vzduchu v samotné hale bazénu je, že dýzy zde jsou nasměrované opačně. Neofukují tak velké prosklené stěny, ale směřují vzduchu nad plochu bazénu. Naopak odtahy znečištěného vzduchu jsou umístěné hned za těmito dýzami, jak je patrné z fotografie. [Obr.15]



[Obr. 15 – Pohled na distribuci vzduchu v plaveckém bazénu HK]

Díky dvojitému zasklení a umístění kolektoru v tomto meziprostoru sice okna netrpí kondenzátem, avšak o ostatních takto nechráněných konstrukcích mám jisté pochyby. Myslím si, že tento způsob větrání vůbec nepomáhá v boji proti vlhkosti, který tato budova vede již od své výstavby, a prošla již několika rekonstrukcemi kvůli chybně provedené hydroizolaci převážně v části sprch.

10. Závěr

Návrh takto specifických prostor ve velkém rozsahu vyžaduje mnoho znalosti a rozsáhlou přípravu. Je zde mnoho kritérií, která musí být splněna, a mnoho relativně drobností, které ovšem mohou dramaticky ovlivnit výsledný chod budovy. Proto věřím, že pro návrh podobného projektu je nezbytně nutná konzultace odborníka, který má s podobnými projekty zkušenosti. Ten bude právě výše zmíněné drobnosti znát. A naopak po úspěšném návrhu a výstavbě je vhodné si jít své „dílo“ fyzicky prohlédnout, a to několikrát s odstupem času, abychom se právě takovými odborníky stali i my.

V dnešní době úspor energií a počítání energetických štítků je třeba si uvědomit, že budovy tohoto typu nemohou být úsporné ve stejné úrovni, jakou požadujeme například od administrativních budov. To ovšem neubírá na jejich důležitosti. Takovýto typ budov patří k stavbám občanské vybavenosti. Proto jsou potřebné i přes jejich vysoké náklady na pořízení i provoz a mělo by jimi disponovat každé větší město.

11. Seznam použitých zdrojů

Seznam použité literatury a portálů

- [1] Marcus Vitruvius Pollio – Deset knih o architektuře
- [2] <https://vetrani.tzb-info.cz/12537-dimenzovani-a-volba-bazenovych-odvlhcovacich-jednotek>
- [3] <https://vetrani.tzb-info.cz/prumyslova-vzduchotechnika/8522-prakticky-navrh-bazenove-odvlhcovaci-jednotky-klmv-vetraci>
- [4] Přednáška Ing. Daniel Adamovský, Ph.D., ESB 2 – Větrání bazénů, Fakulta stavební ČVUT
- [5] Ing. Zuzana Mathausarová, Ing. Petr Morávek, Csc., VĚTRÁNÍ KUCHYNÍ 1 – SEŠIT PROJEKTANTA-PRACOVNÍ PODKLADY
- [6] prof. Ing. František Drkal, CSc., doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. – VYBRANÉ STATĚ Z VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE
- [7] <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitрни-prostredi/11319-distribuce-vzduchu-v-bazenovych-halach-cast-1>
- [8] <https://www.proalergiky.cz/magazin/specialy/clanek/suchy-vzduch-v-mistnosti-skodi-dychacim-cestam-i-pokozce>
- [9] <https://www.bydleni.cz/zprava/Problemy-ktere-zpusobuje-prilis-vysoka-vlhkost-v-domacnosti>
- [10] <https://www.cmc-heating.cz/wp-content/uploads/2016/01/adsorpčni-odvlhcovace.pdf>
- [11] Johansson, L., Westerlund, L. - Energy savings in indoor swimming-pools: comparison between different heat-recovery systems

Seznam použitých obrázků

- [obr.1] Kresba Římských lázní – z portálu „pohanskykruh.wordpress.com“
- [obr.2] Schéma Hipokausisu – z knihy „Vitruvius deset knih o Architektuře“
- [obr.3] Schéma distribuce vzduchu v menších halách
- [obr.4] Schéma distribuce vzduchu ve velkých halách
- [obr.5] Schémata správného provětrávání bazénových hal v řezu [4]
- [obr.6] Příklad nevyhovující distribuce vzduchu ve sprchách [7]
- [obr.7] Schéma větrání kuchyně směšováním s vertikálním přívodem [5]
- [obr.8] Schéma větrání kuchyně směšováním s horizontálním přívodem [5]
- [obr.9] Schéma větrání kuchyně zaplavováním s přívodem nad podlahou [5]
- [obr.10] Schéma větrání kuchyně zaplavováním s přívodem pod stropem [5]
- [obr.11] Rozpoložení odvlhčovačů na HX diagramu [6]
- [obr.12] Schéma absorpčního odvlhčování vzduchu – z prospektu od firmy CMC-Heating [10]
- [obr.13] Schéma kompresorového odvlhčovače [11]
- [obr.14] Schéma systému úpravy vzduchu z Králove-hradeckého plaveckého bazénu [foto z exkurze]
- [obr.15] Pohled na distribuci vzduchu v Plaveckém bazénu HK [foto z exkurze]

Seznam použitých tabulek

- [tab.1] Požadavky na vnitřní prostředí a větrání bazénů – podle vyhlášky 238/2011 Sb. [6]
- [tab.2] Typické hodnoty celkového součinitele odparu z vodní hladiny – z portálu „vetrani.tzb-info.cz“ [3]