



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

MIKROKLIMA SHROMAŽĎOVACÍCH PROSTORŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ JANEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. TOMÁŠ JANEČEK
Název	Mikroklima shromažďovacích prostorů
Vedoucí diplomové práce	Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C1. Experimentální řešení a zpracování výsledků

Experiment realizovaný v laboratoři nebo reálné budově postihující zadanou problematiku

Předeepsané přílohy

.....

Ing. Olga Rubinová, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou tvorby vnitřního mikroklimatu a požadavků na něj, popisuje složky vnitřního prostředí, především pak vznik oxidu uhličitého a jeho vlastnosti. Dále se zabývá experimentálním měřením koncentrace oxidu uhličitého v učebnách a následným zhodnocením dle platných zákonných předpisů. V poslední části jsem se zabýval návrhem systémů pro tvorbu vnitřního prostředí zadané budovy.

Klíčová slova

kvalita vzduchu, tepelná pohoda, vlhkost, hluk, oxid uhličitý

Abstract

This thesis is concerned with the creation of indoor air and requirements on it, describes the components of the internal environment, in particular the formation of carbon dioxide and its properties. It also deals with the experimental measurement of the concentration of carbon dioxide in the classrooms and the subsequent evaluation according to the valid legal regulations. In the last part, I dealt with a proposal for the creation of internal systems that are specified by the building.

Keywords

air quality, thermal comfort, humidity, noise, carbon dioxide

...

Bibliografická citace VŠKP

JANEČEK, Tomáš. *Mikroklima shromažďovacích prostorů*. Brno, 2013. 108 s., 8 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických
zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Olga Rubinová, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 11.1.2013

.....
podpis autora
Tomáš Janeček

Poděkování

Děkuji Ing. Olze Rubinové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky a za věnovaný čas při tvorbě diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	6
Téma a cíl diplomové práce.....	7
Část A – Teoretická část	
1. Mikroklima shromažďovacích prostorů.....	8
1.1 Kvalita vzduchu.....	8
1.1.1 Škodliviny vznikající nezávisle na provozu objektu.....	8
1.1.2 Škodliviny zapříčiněné provozem.....	9
1.1.3 Druhy škodlivin.....	10
1.1.3.1 Prach.....	10
1.1.3.2 Zápachy.....	10
1.1.3.3 Oxid uhličitý.....	10
1.1.3.4 Toxické škodliviny.....	12
1.1.3.5 Aerosolové škodliviny.....	12
1.1.3.6 Mikrobiologické škodliviny.....	12
1.1.3.7 Radioaktivní škodliviny.....	12
1.2 Teplota prostoru.....	13
1.3 Vlhkost prostoru.....	16
1.4 Hlučnost.....	17
1.4.1 Hladina akustického tlaku.....	17
1.4.2 Hodnocení akustického mikroklimatu.....	19
1.5 Souhrn opatření optimalizace všech složek prostředí.....	21
2. Oxid uhličitý.....	22
2.1 Úvod.....	22
2.2 Obecně.....	22
2.3 Charakteristika oxidu uhličitého.....	23
2.3.1 Popis oxidu uhličitého.....	23
2.3.2 Použití oxidu uhličitého.....	24
2.3.3 Běžné koncentrace oxidu uhličitého.....	25
2.4 Následky koncentrace oxidu uhličitého.....	26
2.5 Zdroje oxidu uhličitého v interiéru.....	27
Část B – Experimentální část	
3. Přístroje k měření koncentrace oxidu uhličitého.....	32
3.1 Ruční přístroje.....	34
3.2 Pevná čidla v objektech.....	40
3.3 Posuzování oxidu uhličitého v interiéru.....	42

4. Měření koncentrace v jednotlivých místnostech.....	43
4.1 Použitý měřicí přístroj.....	43
4.2 Místnost C 423.....	44
4.3 Místnost D 185.....	46
4.4 Místnost E 417.....	47
4.5 Místnost E 418.....	49
4.6 Místnost Z 108.....	50
5. Snížení koncentrace oxidu uhličitého.....	51
6. Závěr.....	53
Část C – Aplikace tématu na zadané budově	
7. Úvod.....	55
7.1 Charakteristika řešené části objektu.....	55
7.2 Právní předpisy a normy.....	56
7.2.1 Právní předpisy.....	56
7.2.2 Technické normy.....	56
8. Rozdělení na funkční celky.....	56
8.1 Hygienické zázemí.....	57
8.1.1 Charakteristika.....	57
8.1.2 Volený systém.....	57
8.2 Přednáškové místnosti.....	57
8.2.1 Charakteristika.....	57
8.2.2 Volený systém.....	57
8.3 Přehled navržených vzduchotechnických systémů.....	58
9. Tepelně-vlhkostní bilance.....	58
9.1 Místnost č. 1.09.....	58
9.1.1 Vnější zátěž.....	58
9.1.1.1 Vstupní hodnoty.....	58
9.1.1.2 Určení doby pro výpočet.....	58
9.1.1.3 Prostup tepla konvekci oken.....	58
9.1.1.4 Prostup tepla radiací oken.....	59
9.1.1.4.1 Střešní okna.....	59
9.1.1.4.2 Okna na sever.....	59
9.1.1.5 Tepelná zátěž vnějších stěn.....	60
9.1.1.6 Tepelná zátěž střechou.....	60
9.1.2 Vnitřní zátěž.....	60
9.1.2.1 Zátěž vnitřních stěn.....	60
9.1.2.2 Produkce tepla od lidí.....	60

9.1.2.3 Tepelná produkce svítidel.....	61
9.1.2.4 Vodní zisky.....	61
9.1.3 Tepelné ztráty.....	61
9.1.4 Přehled vypočtených hodnot.....	62
9.2 Místnost č. 1.10.....	62
9.2.1 Vnější zátěž.....	62
9.2.1.1 Vstupní hodnoty.....	62
9.2.1.2 Určení doby pro výpočet.....	62
9.2.1.3 Prostup tepla konvekcí oken.....	62
9.2.1.4 Prostup tepla radiací oken.....	63
9.2.1.4.1 Střešní okna.....	63
9.2.1.4.2 Okna na sever.....	63
9.2.1.5 Tepelná zátěž střechou.....	63
9.2.2 Vnitřní zátěž.....	64
9.2.2.1 Zátěž vnitřních stěn.....	64
9.2.2.2 Produkce tepla od lidí.....	64
9.2.2.3 Tepelná produkce svítidel.....	64
9.2.2.4 Vodní zisky.....	64
9.2.3 Tepelné ztráty.....	65
9.2.4 Přehled vypočtených hodnot.....	65
9.3 Místnost č. 1.11.....	66
9.3.1 Vnější zátěž.....	66
9.3.1.1 Vstupní hodnoty.....	66
9.3.1.2 Určení doby pro výpočet.....	66
9.3.1.3 Prostup tepla konvekcí oken.....	66
9.3.1.4 Prostup tepla radiací oken.....	66
9.3.1.4.1 Střešní okna.....	66
9.3.1.4.2 Okna na sever.....	67
9.3.1.5 Tepelná zátěž vnější stěny.....	67
9.3.1.6 Tepelná zátěž střechou.....	68
9.3.2 Vnitřní zátěž.....	68
9.3.2.1 Zátěž vnitřních stěn.....	68
9.3.2.2 Produkce tepla od lidí.....	68
9.3.2.3 Tepelná produkce svítidel.....	68
9.3.2.4 Vodní zisky.....	68
9.3.3 Tepelné ztráty.....	69
9.3.4 Přehled vypočtených hodnot.....	69

10. Návrh nuceného větrání hygienického zázemí.....	70
10.1 Stanovení potřebného vzduchu pro větrání.....	70
10.2 Distribuce vzduchu.....	70
10.2.1 Odvodní potrubí.....	71
10.2.2 Přívodní potrubí.....	72
10.3 Návrh větracích mřížek.....	74
10.4 Návrh vzduchotechnického potrubí.....	74
10.4.1 Odvodní potrubí.....	75
10.4.2 Přívodní potrubí.....	75
10.5 Návrh vzduchotechnické jednotky.....	76
11. Návrh nízkotlaké vzduchové klimatizace.....	77
11.1 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č.1.09.....	77
11.1.1 Přehled výchozích hodnot.....	77
11.1.2 Určení základních veličin.....	78
11.1.2.1 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	78
11.1.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	78
11.1.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu.....	78
11.2 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č.1.10.....	78
11.2.1 Přehled výchozích hodnot.....	78
11.2.2 Určení základních veličin.....	79
11.2.2.1 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	79
11.2.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	79
11.2.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu.....	79
11.3 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č.1.11.....	79
11.3.1 Přehled výchozích hodnot.....	79
11.3.2 Určení základních veličin.....	79
11.3.2.1 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	79
11.3.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu.....	80
11.3.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu.....	80
11.4 Průtoky v jednotlivých místnostech.....	80
11.5 Distribuce vzduchu.....	80
11.5.1 Distribuční prvky přívodního potrubí.....	80
11.5.2 Koncové prvky odvodního potrubí.....	81
11.6 Návrh vzduchotechnického potrubí.....	82
11.6.1 Místnost č.1.09.....	82
11.6.1.1 Odvodní potrubí.....	82
11.6.1.2 Přívodní potrubí.....	82

11.6.2 Místnosti č.1.10 a č.1.11.....	83
11.6.2.1 Odvodní potrubí.....	83
11.6.2.2 Přívodní potrubí.....	83
11.7 Návrh vzduchotechnických jednotek.....	84
11.7.1 Místnost č.1.09.....	84
11.7.2 Místnosti č.1.10 a č.1.11.....	86
12. Návrh kombinované klimatizace.....	88
12.1 Objemové průtoky na větrání v jednotlivých místnostech.....	88
12.2 Výpočet tepelné zátěže pro návrh faniol jednotek.....	88
12.2.1 Místnost č.1.09.....	88
12.2.2 Místnost č.1.10.....	88
12.2.3 Místnost č.1.11.....	89
12.3 Návrh fancoil jednotek pro letní provoz.....	89
12.3.1 Místnost č.1.09.....	89
12.3.2 Místnost č.1.10 a č.1.11.....	92
12.4 Návrh fancoil jednotek pro zimní provoz.....	95
12.4.1 Místnost č.1.09.....	95
12.4.2 Místnost č.1.10 a č.1.11.....	97
12.5 Distribuce vzduchu.....	99
12.5.1 Distribuční prvky přívodního potrubí.....	99
12.5.2 Koncové prvky odvodního potrubí.....	99
12.6 Návrh vzduchotechnického potrubí.....	100
11.6.1.1 Odvodní potrubí.....	100
11.6.1.2 Přívodní potrubí.....	100
12.7 Návrh vzduchotechnické jednotky.....	101
12.8 Návrh zdroje chladu.....	102
13. Závěr.....	103
Seznam použitých zdrojů.....	104
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	106
Seznam příloh.....	108

Úvod

Ve své diplomové práci se zabývám problematikou tvorby vnitřního prostředí shromažďovacích prostorů. Abychom se v dané budově cítili příjemně, musí být dosaženo optimálních podmínek mikroklimatu. Na pocit pohodlí mají vliv také osobní veličiny jako je činnost člověka, oděv, psychický a tělesný stav.

Mikroklima prostoru ovlivňují stavebně-fyzikální veličiny a technické parametry vzduchu (teplota, proudění, vlhkost, složení) na které je tato práce zaměřena.

Z pohledu kvality vzduchu je rozhodující koncentrace škodlivin ve vnitřním prostředí. Jako hlavní ukazatel se používá koncentrace oxidu uhličitého, která se dá měřit a objektivně posoudit. Hlavním zdrojem oxidu uhličitého v místnostech jsou lidé. V rámci práce jsem se zabýval také tím, jak lidské tělo přeměňuje vdechovaný vzduch na vzduch vydechovaný.

Téma a cíl diplomové práce

Téma mé diplomové práce je Mikroklima shromažďovacích prostorů. Hlavním cílem je shrnutí poznatků o složkách vnitřního prostředí a jejich vlivu na pohodu člověka.

Členění diplomové práce

Diplomová práce je členěna do tří částí. V teoretické části popisují složky vnitřního prostředí, dále vznik, vlastnosti a využití oxidu uhličitého. Dále jsem provedl experiment realizovaný na půdě stavební fakulty v Brně s cílem změřit hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v učebnách a porovnat je s mezní koncentrací danou zákonem. V poslední části jsem navrhl systém nuceného větrání a klimatizace na zadané budově.

Teoretické část

Teoretickou část jsem rozdělil na dvě dílčí části. První se zabývá složkami vnitřního prostředí. Popisují zde druhy škodlivin vyskytující se v místnostech, teplotu, vlhkost a akustiku prostoru. V druhé části se zabývám oxidem uhličitým, jeho charakteristikou, koncentracemi, vznikem a účinky na lidský organismus.

Experimentální část

V této části jsem zpracoval experiment provedený na stavební fakultě VUT v Brně. Měření probíhalo v několika zvolených učebnách. Soustředil jsem se na průběh koncentrace oxidu uhličitého během výuky a naměřené hodnoty porovnal s příslušnou legislativou.

Aplikace tématu na zadané budově

V této části jsem navrhl systém nuceného větrání pro hygienické zázemí vysoké školy MUZL v Brně, dále pak 2 varianty klimatizace pro přednáškové sály. V první variantě pokrývá vzduchotechnická jednotka tepelnou zátěž v létě a tepelné ztráty v zimě. V druhé variantě slouží vzduchotechnická jednotka pouze k výměně hygienického množství vzduchu a tepelné zisky a ztráty jsou pokryty jednotkami fancoil.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

MIKROKLIMA SHROMAŽŤOVACÍCH PROSTORŮ

ČÁST A – TEORETICKÁ ČÁST

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ JANEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013

1. Mikroklima shromažďovacích prostorů

Vnitřní mikroklima je jedním z hlavních činitelů, které ovlivňují kvalitu prostoru. Abychom se v dané budově cítili příjemně, musí být dosaženo optimálních podmínek vnitřního mikroklimatu. Tím se rozumí dostatečný přísun čerstvého vzduchu, nízké koncentrace škodlivin, teplota prostoru, rozložení teplot v prostoru, eliminace průvanu a vhodný způsob distribuce tepla.

Osobní veličiny	Stavebně-fyzikální veličiny	Technické parametry vzduchu
Tělesná činnost	Teplota	Teplota vzduchu
Oděv	Hluk	Proudění vzduchu
Psychický stav	Osvětlení	Vlhkost vzduchu
Tělesný stav	Barvy	Složení vzduchu
		Šum

Tab1. Složky pohodlí ve vnitřním prostředí [4]

1.1 Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu je ovlivňována množstvím škodlivin ve vzduchu. Ty můžeme dělit na škodliviny přicházející z exteriéru a na ty vzniklé v interiéru. Dále je můžeme dělit na ty, které vznikají v závislosti na provozu objektu a na ty, které vznikají nezávisle na provozu.

Kromě extrémních případů objektů umístěných u exponovaných dopravních komunikací nebo u jiných zdrojů škodlivin jsou pro kvalitu vnitřního vzduchu zásadní především zdroje škodlivin nacházející se v interiéru. [1]

1.1.1 Škodliviny vznikající nezávisle na provozu objektu

Látky uvolňující se ze zabudovaných stavebních materiálů a použitého mobiliáře. Nejnebezpečnějšími škodlivinami jsou těkavé uhlovodíky – VOC (např. formaldehyd), těžké kovy a jiné rakovinotvorné nebo mutagenní látky. Zvýšená koncentrace VOC ve vnitřním ovzduší je zodpovědná za různé zdravotní obtíže a choroby. K symptomům patří dráždění očí, nosu, kašel, suché sliznice, suchá pokožka, slzení očí, neurotoxické symptomy jako únava, bolest hlavy, snížení koncentrace, nesoustředěnost nebo nechutenství. [1]

Větraný prostor	Smyslová zátěž [olf/m ²]		Počet osob na m ² podlahy
	Rozmezí	Průměrně	
Administrativní	0,02-0,95	0,3	0,07
Školy	0,12-0,54	0,3	0,5
Mateřské školy	0,20-0,74	0,4	0,5
Shromažďovací prostory	0,13-1,32	0,5	1,5

Tab2. Znečištění ovzduší vybavením budovy [3]

1.1.2 Škodliviny zapříčiněné provozem

V budově jsou produkovány přítomnými osobami, využívanou technikou (počítače, kopírky, tiskárny...), použitím úklidových prostředků a ostatními činnostmi (např. vaření, ohřev jídel, výuka v odborných laboratořích).

Nejzásadnější je z tohoto pohledu produkce CO₂ dýcháním. Ač je CO₂ nejedovatý plyn, tak jeho účinky na kvalitu mikroklimatu v prostoru jsou fatální. Proto také novela vyhlášky č.268/2009 Sb., o technických požadavcích na výstavby stanovuje pro pobytové místnosti maximální hodnotu koncentrace CO₂ na 1000 ppm. Už koncentrace nad 1000 ppm mohou způsobovat nesoustředěnost, únavu a s tím spojené nižší výkony žáků. Přestože zdraví ohrožující jsou koncentrace nad 5000 ppm, tak pro dobrý pracovní výkon se mají udržovat koncentrace CO₂ nižší než 1500 ppm.

Jedinou možností, jak zlepšit nebo udržet požadovanou kvalitu vzduchu, je větrání. [1]

Člověk a jeho činnost		Smyslová zátěž [olf/osoba]	CO ₂ od osob [l/(h.osoba)]	CO od kouření tabáku [l/(h.osoba)]
Sedící (1-1,2 met)	0% kuřáků	1	19	-
	20% kuřáků	2	19	11x10 ³
	40% kuřáků	3	19	21x10 ³
	100% kuřáků	6	19	53x10 ³
Fyzicky aktivní	3 met (90 W/m ²)	4	50	-
	6 met (180 W/m ²)	10	100	-
	10 met (300 W/m ²)	20	170	-

Tab3. Znečištění ovzduší osobami [3]

1.1.3 Druhy škodlivin

1.1.3.1 Prach

Tvoří tuhé částice, které se dostávají do ovzduší. Z hlediska působení na lidský organismus můžeme podle velikosti částic rozdělit prach takto:

- a) částice menší než 0,25 μm se většinou opět vydechnou a nejsou pro člověka nebezpečné
- b) částice menší než 1 μm se nazývají aerosol. Pokud vznikají při nedokonalém spalování uhlíkatých paliv, označují se jako kouř
- c) částice velikosti 1 μm se usazují v plicích a lékaři je označují za nejbezpečnější. Závažnost výskytu prachu této a menší velikosti se zvyšuje ještě tím, že se neusazuje, ale vznáší se ve vzduchu
- d) částice větší než 5 μm se do plic nedostanou [2]

1.1.3.2 Zápachy

Zápachy jsou plynné složky v ovzduší, které člověk individuálně vnímá jako obtěžující. Jedná se o organické i anorganické látky, které produkuje každý člověk (lidský odér), uvolňují se rovněž ze stavebních hmot a dalších materiálů obklopujících člověka. Do místností se tyto látky dostávají i z kosmetických prostředků používaných lidmi, z připravovaných jídel, kouř z cigaret apod. Zápachy jsou příčinou zhoršení kvality vzduchu, ale objektivně posuzovat koncentraci zápachů, které svým složením neohrožují člověka je velmi problematické. [2]

1.1.3.3 Oxid uhličitý

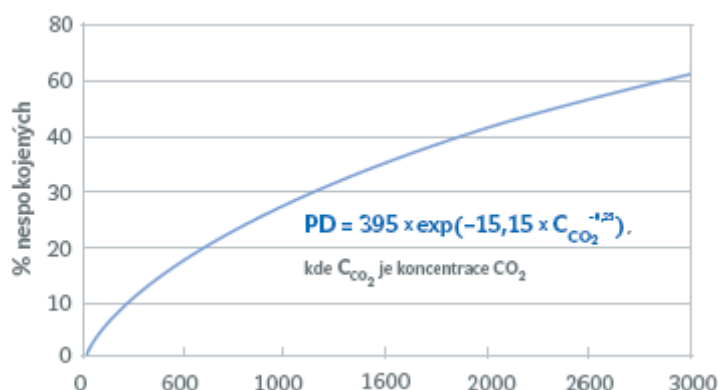
Ve vnitřních prostorech koncentrace CO_2 závisí na velikosti a obsazenosti místnosti a větrání. Zdrojem tohoto plynu je především člověk, jeho metabolismus, dýchací a termoregulační pochody. Také spalování pevných paliv je zdrojem oxidu uhličitého a vodní páry.

Koncentrace CO_2 se udává v jednotkách ppm (parts per milion) neboli objemový obsah v 0,001 ‰. Hodnota 1.000 ppm se rovná 0,1% (neboli obsahu 1 litru CO_2 v m^3 vzduchu). Typická hodnota oxidu uhličitého v ovzduší na venkově je 350 ppm, 400 ppm ve městě a 450 ppm v centru města.

Při nedostatečném větrání u vysoce obsazených a těsných vnitřních prostor může vystoupat koncentrace CO_2 na hodnoty vyšší než 10 000 ppm. Doporučené hodnoty pro vnitřní prostředí jsou podle různých zdrojů v rozmezí 1 000–1 500 ppm [4]

Druh činnosti	Hodnota CO ₂ [l/h]
lehká aktivita převážně v sedě	20
činnost v sedě	15-20
lehká práce	20-40
středně těžká práce	40-70
těžká práce	70-110
kancelářská práce	18

Tab4. Množství produkovaného oxidu uhličitého v závislosti na činnosti [4]



Obr.1: Předpokládané procento nespokojených při zvyšující se koncentraci CO₂ nad hodnoty obsažené ve venkovním vzduchu [4]

Protože koncentraci CO₂ nejsme našimi smysly schopni posoudit, je osobní hodnocení kvality vzduchu je velice nespolehlivé. Lidský organismus přestává koncentraci pachů po určité chvíli vnímat a naše čichové orgány se přizpůsobují prostředí, v němž se vyskytujeme.

Určitě všichni známe situaci, když přijdeme do malé místnosti, kde se již nachází několik osob. Při příchodu z venkovního prostředí pocítujeme těžký vydýchaný vzduch, ale po chvíli to přestáváme vnímat jako nepříjemnost. Naše čichové orgány se přizpůsobují, přestáváme vnímat koncentraci pachů. Avšak při určité koncentraci se vliv oxidu uhličitého projeví naší nesoustředěností, malátností a podobně. Při vyšších koncentracích se již naše únava zvyšuje a mohou se objevovat bolesti hlavy apod.

Pro eliminaci důsledků koncentrací CO₂ je třeba větrat s intenzitou cca 25 m³/hod na osobu, což platí pro budovy s výskytem osob jako rodinné domy, bytové a panelové domy, kanceláře apod.

Větrání v nově stavěných nebo rekonstruovaných domech můžeme samozřejmě provádět i nadále okny, ale ze zkušeností a měření prostředí vyplývá, že pokud

vyměníme okna a nezměníme zvyk větrat pouze jednou či dvakrát denně, zvýší se koncentrace CO_2 zejména v nočních hodinách nad maximální doporučenou úroveň!

1.1.3.4 Toxické škodliviny

Toxické škodliviny jsou plynné složky v ovzduší, které vedou k patologickým změnám v lidském organismu. Tyto látky vznikají v budovách (např. formaldehyd z plastů) nebo se dostávají do interiéru z venkovního prostředí (oxidy síry, dusíku, uhlíku apod.). Tyto škodliviny vznikají spalováním fosilních paliv (kotelny, motory aut apod.) [2]

1.1.3.5 Aerosolové škodliviny

Aerosolové škodliviny jsou tuhé nebo kapalné látky jemně rozptýlené v ovzduší. Vznikají činností člověka a podle účinku na člověka se dělí na fyzikální, chemické a biologické. Aerosoly mechanicky působí na pokožku, sliznici, plíce apod. kdy při delším působení mohou způsobit podráždění a mohou vést ke vzniku nemocí. [2]

1.1.3.6 Mikrobiologické škodliviny

Mikrobiologické škodliviny jsou tvořeny mikroorganismy (bakterie, viry, plísně atd.), které jsou v ovzduší velmi často vázané na prach či vlhkost. Zdrojem jsou především lidé a největší potíže mohou způsobit ve shromažďovacích prostorech (kina, divadla), kde mohou vést k šíření infekčních chorob. [2]

1.1.3.7 Radioaktivní škodliviny

Radioaktivní škodliviny vznikají činností člověka (rentgeny ve zdravotnictví, práce s radioaktivními látkami), mohou se do staveb dostávat z půdy nebo se uvolňovat ze stavebních látek (plynný radon). [2]

Přijatelná kvalita vzduchu musí být posouzena „nováčkem“ v místnosti (někým, kdo právě vstoupil do místnosti), protože lidský čich si rychle zvyká na oděry v místnosti. Lidé, kteří jsou v místnosti po nějakou dobu, jsou podstatně méně citliví na kontaminaci způsobenou oděry, než ti, kdo do místnosti vstoupí poprvé.

1.2 Teplota prostoru

Definic tepelné pohody je mnoho, v zásadě se jedná o takový tepelný stav člověka, který se vyznačuje tepelnou rovnováhou organismu, která je objektivním kritériem a také tím, že člověk je s prostředím spokojen, tzn. že mu z hlediska subjektivního hodnocení vyhovuje.

Jako tepelnou pohodu tedy nelze označit stav, kdy je sice organismus ve stavu tepelné rovnováhy, ale za cenu nepohodlného oblečení. To znamená že tepelná rovnováha nemusí nutně znamenat tepelnou pohodu, ale tepelná pohoda je podmíněna tepelnou rovnováhou.

Objektivní hodnocení prostředí se děje měřeními vybraných fyzikálních veličin tohoto prostředí, resp. sleduje se tepelná zátěž člověka přímo (míra pocení, tepelná zátěž ze spotřeby kyslíku, teplota kůže apod.). Pro subjektivní hodnocení vyjadřující spokojenost člověka s prostředím se používají různé posuzovací stupnice. [3]

Stupeň	3	2	1	0	-1	-2	-3
Tepelný pocit	Horko	Teplo	Mírně teplo	Neutrálně	Mírně chladno	Chladno	Zima

Tab5. Příklad posuzovaných stupnic prostředí [3]

Tepelná rovnováha však není jedinou podmínkou. Pro člověka je důležitá tzv. radiační pohoda, tj. aby teplo z okolí přijímal radiací a vyrobené teplo vydával konvekcí. Pro tepelnou pohodu v místnosti to znamená, že množství tepla, které člověk vydá do okolí konvekcí, má být minimálně stejné, pokud možno větší, než množství tepla předaného do okolí sáláním.

Z této podmínky plyne maximální přípustný rozdíl mezi teplotou vzduchu a stěn. Kromě tepelné rovnováhy a splnění radiační pohody je lidský organismus ještě citlivý na rovnoměrný odvod tepla do okolí, a to jednak v prostoru, jednak v čase. V prostoru to znamená, že ochlazování nohou se nemá příliš lišit od ochlazování hlavy a proudění vzduchu by mělo být rovnoměrné, jinak vzniká průvan. [3]

Další podmínky tepelné pohody, které ovlivňují způsob výdeje tepla jsou definovány takto:

- Rozdíly teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být větší než 3°C

- Asymetrie radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10°C. Tuto podmínku lze splnit např. správným umístěním výustek klimatizačních jednotek.
- Asymetrie radiační teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší než 5°C. Tuto podmínku lze splnit např. správným dimenzováním vytápěných nebo chlazených stropů či podlah.
- Intenzita osálení hlavy od okna nebo infrazářiče nesmí být větší než 200 W/m²
- DR, „Draught Ratting“ (stupeň obtěžování průvanem), ve středu vzdálenosti 50 cm od oken nebo jiných nadměrně ochlazovaných svislých stavebních konstrukcí (dveří, stěn) nesmí být větší než 15%. Tuto podmínku lze splnit např. správným umístěním otopných těles a jejich dostatečnou délkou.

Výrazné teplotní asymetrii lze zabránit tím, že zdroje tepla eliminující tepelnou ztrátu v zimě se umístí ke zdroji chladu (pod okna, k ochlazovaným stěnám), a naopak v letním období se chladicí zařízení umísťuje do míst s největšími tepelnými zisky. Dodržením tohoto principu se také navozuje vhodný obraz proudění v místnosti. [3]

Dalšími důležitými složkami ovlivňující mikroklima prostoru jsou:

- vnitřní teplota a vlhkost vzduchu
- rozložení teploty ve vnitřním prostoru
- vnější teplota a teplota obklopujících konstrukcí.

Zatímco v zimě je teplota v interiéru znatelně vyšší než v exteriéru, tak v letním období se mnohdy snažíme docílit nižší teploty v interiéru než v exteriéru. Stejně tak jako jsou stanoveny normativní požadavky na kvalitu vzduchu, jsou stanoveny i požadavky na vnitřní teploty.

Vnitřní teplota ve školních prostorech je stanovena hygienickými předpisy – vyhláškou č.343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, která je novelizací vyhlášky č.410/2005 Sb.

Teplota vnitřního vzduchu v učebnách je stanovena na 22±2°C. Minimální teplota v učebnách je stanovena na 20°C. Dále je stanoveno, že rozdíl mezi teplotou v úrovni kotníku a hlavy nesmí být větší než 3°C. To může být problematicky splnitelné především u starších budov se špatně izolujícími okny, stěnami, podlahami a stropy.

Velké rozdíly teplot jsou mimo jiné příčinou proudění vzduchu v objektu. [1]

Rychlost proudění stanovuje výše uvedená vyhláška na 0,1-0,2 m/s.

Odchylka směrem dolů je tolerována touto vyhláškou mnohem méně než odchylka teploty nahoru. Pokud 3 následující dny po sobě klesne v učebnách teplota pod 18°C nebo v jednom dni pod 16°C, musí být provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání zastaven. Požadavky na pokles výsledné teploty v místnosti na konci otopné přestávky stanovuje ČSN 730540-2. Splnění tohoto požadavku u nových nebo nově zaizolovaných objektů je většinou bezproblémové.

Za povšimnutí také stojí především nejvyšší dovolená teplota v učebnách 28°C – skutečná změřená. Přestože se jedná o vysokou hodnotu, je problém ji v mnoha místnostech dodržet a to především v letních měsících.

U budov se špatnou regulací otopné soustavy se tento problém vyskytuje i v přechodném období. Abychom předcházeli vysokým teplotám ve vnitřních prostorech, definuje ČSN 730540-2:2011 základní požadavky na tepelnou stabilitu místností v letním období. Pro nevýrobní prostory, mezi něž patří i učebny, platí nejvyšší denní teplota v místnosti 27°C vypočtená postupem stanoveným normou. Výpočet se provádí bez vnitřních zisků (žáci, počítače atd.), a proto i správně provedený výpočet nemusí být stoprocentní zárukou nepřekročení nejvyšší dovolené teploty v učebnách. [1]

Typ prostoru	Výsledná teplota		
	$t_{g \min}$ [°C]	$t_{g \text{ opt}}$ [°C]	$t_{g \max}$ [°C]
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22±2	28
Tělocvičny	18	20±2	28
Šatny	20	22±2	28
Sprchy	24	-	-
Záchody	18	-	-
Chodby	18	-	-

tab3. Teploty dle druhů místností

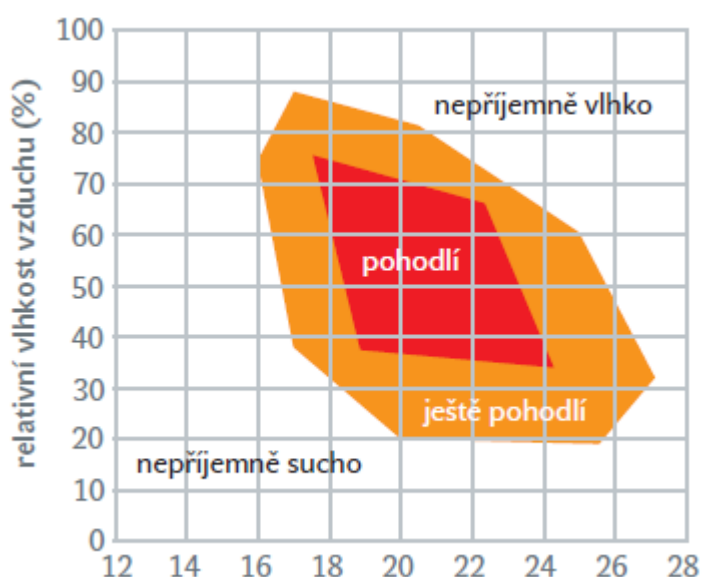
Pro tepelnou pohodu je také zásadní teplota obvodových konstrukcí – stěn, oken, podlah, stropů, ale i rohů, koutů nebo napojení oken. Čím je totiž větší rozdíl mezi povrchovou teplotou konstrukcí a teplotou vzduchu v interiéru, tím je také vyšší pocit diskomfortu. Nízká teplota obvodových konstrukcí vytváří pocit chladu a nutí nás tak vytápět prostor na vyšší vnitřní teplotu, což vede k vyšší spotřebě energií.

Velký rozdíl mezi teplotami v interiéru také vede ke vzniku průvanu. To vše je charakteristické pro staré nezaizolované objekty.

Při poklesu teploty povrchu pod teplotu rosného bodu dochází ke kondenzaci vodních par, což může mít za následek plísně nebo hnilobu dřevěných konstrukcí. Mezi nejvíce ohrožená místa patří rohy, kouty, napojení oken na stěnu a jiné tepelné mosty. Tento problém se bohužel týká i nových nebo rekonstruovaných objektů. Pro vyvarování se těchto rizik vyžaduje norma ČSN 730540-2:2011 výpočet teplotního faktoru a nejnižší povrchové teploty. U rohů, koutů a ostění oken je však často nutný detailní výpočet tepelných mostů. [1]

1.3 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je méně důležitým činitelem, než teplota vzduchu. Podmínkou pohody prostředí je relativní vlhkost v rozmezí od 30 do 70%. V chladných zimních dnech může relativní vlhkost venkovního prostředí klesnout pod 30% a v případě větrání je třeba vzduchu zvlhčovat. V teplých letních dnech může po dešti vystoupit relativní vlhkost venkovního prostředí nad 80% při teplotě vzduchu okolo 25°C.[2]



Obr.2: Diagram s vyznačeným polem pohodlí v závislosti na teplotě a vlhkosti [4]

Nuceným větráním, které neřeší úpravy vzduchu z hlediska vlhkosti, může docházet k snižování relativní vlhkosti vzduchu až pod doporučené hodnoty. Je to dané samotnou podstatou věci, kdy při hygienicky potřebné výměně vzduchu musí zákonitě docházet ke snížení relativní vlhkosti (kvůli nižšímu obsahu vlhkosti ve vzduchu při nižších teplotách vzduchu).

V přirozeně větraných učebnách je relativní vlhkost vzduchu podle měření ve školách v průměru na přijatelných hodnotách (v některých případech nízká kvůli velmi netěsné obálce budovy). Přijatelné hodnoty jsou však dosahovány na úkor nedostatečné výměny vzduchu v místnostech. [4]

Doporučení pro zajištění dostatečné vlhkosti vzduchu:

- vzduchotěsná obálka budovy,
- dimenzování větracího objemu podle skutečné potřeby (např. počet žáků, měření kvality vzduchu).

Možnosti zvýšení nízké relativní vlhkosti vzduchu:

- použitím větracích jednotek se zpětným ziskem vlhkosti,
- použitím aktivních zvlhčovačů vzduchu,
- umístěním pokojových rostlin do tříd. [4]

1.4. Hlučnost

Hlučnost prostředí výrazně ovlivňuje spokojenost uživatelů s vnitřním prostředím.

Pod pojmem hluk se rozumí směs zvuků, které působí na člověka nepříjemně nebo rušivě a může být zdravý škodlivý nebo jinak nebezpečný. Trvalý hluk, i malé intenzity, může způsobit nejen pocit nepohody, ale i duševní rozladěnost, snížení pracovní schopnosti, nervovou podrážděnost, nespavost apod.

Zvuk je způsoben kmitáním částic pružného prostředí a jejich setrvačností. Od zdroje se hluk šíří jako vlnění. Akustické vlnění je nositelem akustické energie a projevuje se změnami tzv. akustického tlaku.[2]

1.4.1 Hladina akustického tlaku

Je definována vztahem: $L_p = 20 \log p/p_0$ [dB]

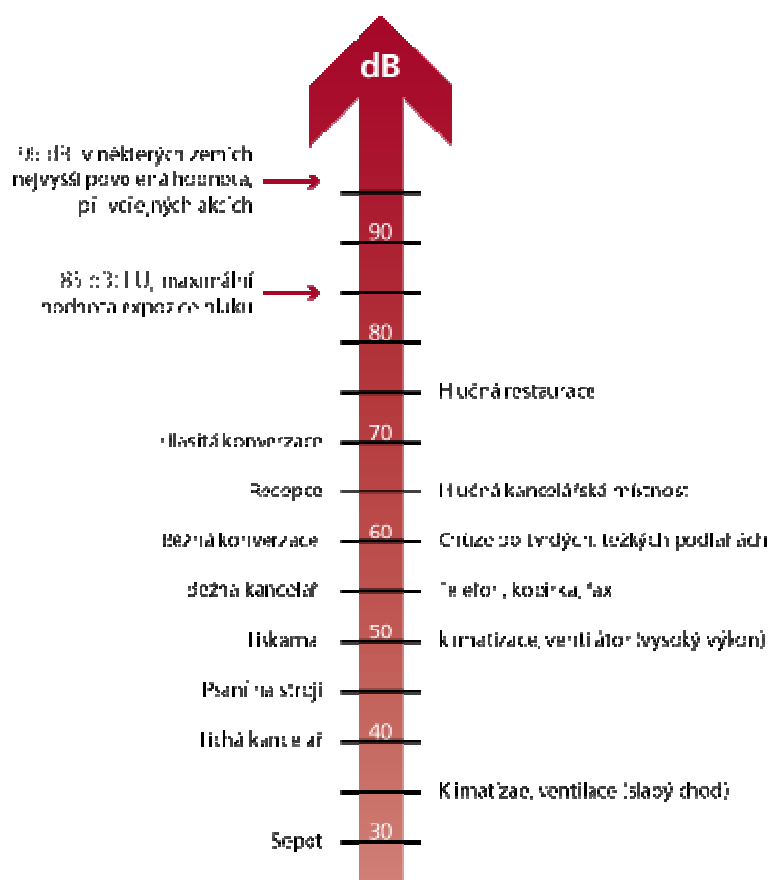
P...akustický tlak vzduchu [Pa]

P_0 ...referenční akustický tlak ($=2 \times 10^{-5}$ [Pa])

Ze vztahu plyne, že při zvýšení akustického tlaku v poměru 1:10 stoupne hladina akustického tlaku o 20 dB.

Člověk se necítí dobře v prostředí s nízkou hladinou akustického tlaku. Hodnoty zvuku okolo 20 dB považují lidé za hluboké ticho. Hodnotu v rozmezí 30 až 45 dB považují lidé za příjemnou. Od 65 dB jsou už účinky hluku hodnoceny jako nepříjemné a obtěžující. Při déle trvajících hodnotách 85 dB dochází k poškození sluchu. Hladina akustického tlaku 130 dB je považována za práh bolesti. Při 160 dB se může protrhnout ušní bubínek. [2]

Hladina akustického tlaku vyjadřuje míru hluku v určitém prostředí. Jestliže se vyznačuje vysokými špičkovými hodnotami i vysokou průměrnou hladinou, může způsobit vážnou újmu na zdraví. Maximální hodnota expozice hluku stanovená předpisy EU činí 85 dB(A). V některých zemích při veřejných akcích, např. koncertech, však nesmí překračovat 96 dB(A). Průměrná hladina akustického tlaku nepředstavuje důležitý parametr pouze v průmyslovém prostředí. Může dosahovat vysokých hodnot např. také v mateřských školách



Použitím nuceného větrání lze z velké části eliminovat hluk pronikající do místnosti při větrání okny. To má význam zejména v případech, kdy se budova nachází v blízkosti rušné komunikace nebo ve městě. Na druhé straně samotná jednotka svým provozem zvyšuje hlučnost v místnosti. Proto je důležité, aby v případě větracích jednotek umístěných přímo v místnosti bylo použito kvalitního odhlučnění.

Při dodržení zásad plánování, instalace a zaregulování systému lze očekávat minimální nárůst nespokojených kvůli zvýšené hlučnosti. [4]

1.4.2 Hodnocení akustického mikroklimatu

Základním kritériem pro posouzení úrovně hluku je **součtová hladina akustického tlaku**. Posouzení hluku v obytném prostředí a stavebách občanského vybavení se provádí podle nařízení vlády č. 501/2000 Sb., novelizovaného nařízením vlády č. 88/2004 Sb. Základní hladina je stanovena pro pracovní prostředí na $L_{A,eq} = 85\text{dB}$, pro občanské a bytové stavby $L_{A,eq} = 40\text{dB}$. Index A znamená, že se použije váhový filtr A. Index eq znamená, že se jedná o ekvivalentní hladinu za dobu 8 hodin (pro denní dobu) nebo 1 hodiny (pro noční dobu). Hluk vznikající uvnitř budovy se posuzuje v maximální hodnotě $L_{A,pmax}$. Korekce zmenšují hodnotu $L_{A,eq}$ v konkrétních prostorech podle činnosti, jaká je v něm vykonávána, s ohledem na požadavek srozumitelnosti řeči a ochrany sluchu. [3]

Druh místnosti	L_{Aeq} [dB]	
	Den	Noc
Operační sály, specializované lékařské ošetrovny, koncertní síně, hlediště divadel a kin - po dobu užívání	35	
Nemocniční pokoje	35	25
Obytné místnosti včetně obytných kuchyní, hotelové pokoje	40	30
Lékařské ordinace, čítárny - po dobu užívání	40	
Přednáškové síně, učebny, posluchárny - po dobu užívání	45	

Kulturní střediska, konferenční místnosti, soudní síně, klubovny, tiché kavárny - po dobu užívání	50	
Čekárny, vestibuly veřejných úřadoven a kulturních zařízení, kavárny a restaurace - po dobu užívání	55	
Prodejny, sportovní haly - po dobu užívání	60	

tab6. Nejvyšší přípustné ekvivalentní hladiny akustického tlaku ve stavbách občanského vybavení bez uvažování korekce podle povahy hluku [5]

Skupina	Druh činnosti	L_{Aeq} [dB]
I	Práce koncepční a s převahou tvořivého myšlení a práce vyžadující mimořádně tiché pracovní prostředí	45
II	Duševní práce velmi náročná a složitá, spojená s velkou zodpovědností, soustředěním, ale více reprodukčního typu - mimořádné nároky - běžné nároky	50 55
III	Duševní práce vyžadující značnou pozornost, soustředěnost s možností snadného dorozumění řeči - mimořádné nároky - běžné nároky	60 65
IV	Duševní práce rutinní povahy s trvalým sledováním a kontrolou sluchem - mimořádné nároky - běžné nároky	70 75
V	Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění nebo vyžadující občasné sledování a kontrolu sluchem	80
VI	Fyzická práce bez nároků na duševní soustředění, sledování a kontrolu sluchem a dorozumívání řeči	85
VII	Fyzická práce bez zvláštních nároků na duševní a smyslovou činnost - ve zvlášť odůvodněných případech	90

tab7. Nejvyšší přípustné ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro ustálený hluk na pracovišti bez uvažování korekcí na impulsní hluk [5]

1.5 Souhrn opatření optimalizace všech složek prostředí

Jednotlivé složky prostředí lze více či méně ovlivňovat a upravovat opatřeními, od volby místa, orientace ke světovým stranám až k výběru stavebních materiálů. Další možnosti skýtají zařízení techniky prostředí, zejména větrání a klimatizace. Principiálně přichází v úvahu tyto možnosti:

- a) **Omezení zdroje**, které bývá zpravidla nejúčinnější a z dlouhodobého hlediska ekonomicky často nejvýhodnější, není však možné vždy a úplně. Znamená to např. v případě tepelného prostředí vytvořit bariéru pro tok tepla do vnitřního prostoru (omezením prosklení), u toxické složky prostředí používat nízkoemisivní materiály apod.
- b) **Zásah do prostředí**, který spočívá v instalaci zařízení vytápění a klimatizace, která v případě tepelného mikroklimatu vyrovnávají tepelnou bilanci vnitřního prostoru. V případě mikroklimatu aerosolového, toxického nebo mikrobiálního je základním prostředkem větrání (ředění koncentrace dané látky ve vnitřním prostředí)
- c) **Zásah na subjektu** – pro uživatele je nejjednodušší, ale nejméně komfortní způsob přizpůsobení se prostředí (předchozí varianty uzpůsobovaly prostředí požadavkům uživatele), spočívá např. v případě tepelného mikroklimatu ve změně tepelněizolačních vlastností oděvu nebo v použití speciálních ochranných pomůcek. [3]

2. Oxid uhličitý

2.1 Úvod

Vlivem činnosti lidstva a jeho potřebou pokrýt vzrůstající energetické nároky stoupá koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) v exteriéru. Tento vzestup je však zcela zanedbatelný ve srovnání s tím, jak v posledních, řekněme, 20 letech stoupá koncentrace oxidu uhličitého v interiérech.

S vývojem bydlení, změnou užívání objektů a používáním nových materiálů a výrobků se totiž neustále snižuje intenzita větrání místností. V době, kdy se užívalo lokální vytápění pevnými palivy, ať již dřevem či uhlím, byla intenzita větrání podstatně větší, až 10násobná výměna vzduchu v místnosti za hodinu. Později přechodem na ústřední vytápění případně etážové či akumulární se intenzita větrání snížila na 2 až 4násobek vzduchu v místnosti za hodinu.

Pokud jsou v objektu vyměněná okna za nová, ať již plastová či dřevěná a objekt nemá spáry mezi konstrukcemi, klesá násobnost výměny vzduchu pod hodnoty 0,5násobek vzduchu v místnosti za hodinu. Přitom ani 0,5násobná výměna vzduchu není obvykle schopná zabezpečit dostatečný přívod čerstvého vzduchu tak, aby byly dodrženy hygienické a stavební předpisy, které stanovují, že koncentrace oxidu uhličitého (CO_2) ve vnitřním prostředí má být nižší než 1 000 ppm.

Přitom vyšší koncentrace CO_2 způsobuje nižší psychický výkon, klesá schopnost soustředění, učení, při vyšších koncentracích může docházet až k fyzickým projevům, jako je např. malátnost, bolest hlavy apod. Z těchto důvodů je důležité věnovat se koncentraci CO_2 v ovzduší, zejména tam, kde je nutnost soustředění, jako např. ve školách. Vyšší koncentrací CO_2 ve vzduchu prokazatelně dochází k horšímu soustředění se a tím i k pomalejšímu učení. [6]

2.2 Obecně

V době energetické krize (v r. 1973) se začala snižovat propustnost vzduchu obvodovým pláštěm budovy, aby se snížily ztráty větráním. Zvýšení těsnosti obálky budovy vedlo k hromadění škodlivých látek v interiéru a tím ke snižování kvality vnitřního prostředí. Pohoda vnitřního prostředí budov je v současné době jedním z nejdůležitějších faktorů při realizaci objektů. Lidé stráví většinu svého času v uzavřených objektech – městský člověk až 90 % času. Vnitřní prostředí

proto ovlivňuje zdraví a pohodu každého z nás. Od kvality vnitřního prostředí se také odvíjí koncentrovanost a výkony lidí.

Hlavní ukazatel pro posuzování oděrového mikroklimatu je koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu. Jedním z největších zdrojů oxidu uhličitého je člověk. Objekty občanské výstavby postavené v současné době se již vybavují čidly na měření kvality vnitřního prostředí. Tato čidla většinou měří vnitřní teplotu, relativní vlhkost vzduchu a již zmiňovanou koncentraci oxidu uhličitého popř. těkavé organické látky (VOC).

Dle koncentrace oxidu uhličitého v interiéru pak dochází k výměně vzduchu buď otevřením oken, nebo zapnutím vzduchotechniky (u pasivních domů a nových budov občanské výstavby používanější řešení). Čidla jsou nastavena na určitou hodnotu koncentrace oxidu uhličitého a při dosažení této hodnoty se na čidle rozsvítí kontrolka nebo se automaticky sepne vzduchotechnika. Toto vybavení však u starších budov není, přitom jsou budovy rekonstruovány dle současných technických požadavků a možností.

Pro větrání je zejména rozhodující zateplování (dochází k utěsňování spár v konstrukci, zejména v panelové výstavbě, v dřevostavbách či nástavbách) a výměna oken za nová s vzduchotěsným vyplněním napojovací spáry (spára mezi oknem a stěnou) a s minimální funkční spárou (spára mezi okenním rámem a okenním křídlem). [6]

2.3 Charakteristika oxidu uhličitého

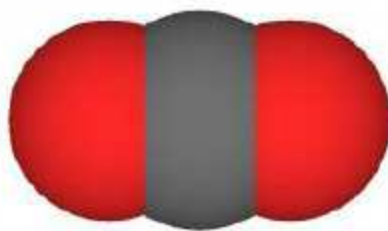
2.3.1 Popis oxidu uhličitého

Oxid uhličitý vzniká dokonalým spalováním uhlíku, při dýchání, kvašení, tlení, hoření. Je konečným produktem spalování každé organické látky. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn, bez zápachu, rozpustný ve vodě, cca 1,5krát těžší než vzduch, nehoří a působí dusivě. Při nadýchání většího množství působí štiplavě na sliznicích a vytváří kyselou chuť. To je způsobeno rozpouštěním oxidu uhličitého na vlhkých sliznicích a ve slinách za vzniku slabého roztoku kyseliny uhličité.

Při zchlazení na $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ přechází oxid uhličitý do tuhého skupenství a vzniká bílá tuhá látka, tzv. suchý led. Jako kapalný existuje jen za tlaku vyššího než cca 500 kPa. [6]

Vlastnosti oxidu uhličitého	
Molární hmotnost	44,0095 g/mol
Hustota	1,6 g/cm ³ (pevný), 1,98 kg/m ³ (plynný)
Kritická teplota	31 °C
Kritický tlak	7 390 kPa
Kritická hustota	0,468 g/cm ³
Teplota tání	-78 °C (za normálního tlaku sublimuje)
Teplota varu	-57 °C (pod zvýšeným tlakem)
Rozpustnost ve vodě	1,45 kg/m ³

tab8. Vlastnosti oxidu uhličitého [6]



Obr.3: Molekula oxidu uhličitého

Jedná se o nejběžnější kontaminant vnitřního prostředí. V interiéru jsou vždy vyšší koncentrace než v exteriéru. Hlavním zdrojem oxidu uhličitého v interiéru je především člověk. Při dýchání dochází k výměně kyslíku a oxidu uhličitého. Produkce oxidu uhličitého je přímo úměrná tělesné aktivitě. Koncentrace oxidu uhličitého je udávána v ppm (parts per milion) nebo v %. Jednotkou ppm se rozumí jedna částice dané substance pro 999 999 dalších částic, tedy jeden díl v milionu. [6]

2.3.2 Použití oxidu uhličitého

Oxid uhličitý lze použít v kapalném nebo tuhém skupenství. V obou případech je využíván v potravinářském průmyslu jako chladivo, zejména při přepravě mražených výrobků. Dále je využíván pro výrobu šumivých nápojů a sodové vody. Některými výrobci je oxid uhličitý přidáván do piva a šumivých vín.

Další oblastí použití oxidu uhličitého je kypření těst, kterého se dosahuje buď využitím kvasnic vytvářejících oxid uhličitý biologicky, nebo kypřícími přísadami, které oxid uhličitý uvolňují, buď zahřátím, nebo působením kyseliny. Oxid uhličitý je také používán jako levný a nehořlavý stlačený plyn pro nafukování záchranných vest či člunů. Malé bombičky slouží jako zdroj hnacího plynu pro vzduchové pušky či zbraně na paintball a k domácí výrobě sifonu. Nehořlavost oxidu uhličitého je využívána v podobě hasicích přístrojů plněných kapalným oxidem uhličitým.

Z důvodu velmi nízké ceny oxidu uhličitého se používá i jako ochranná atmosféra pro svařování kovů, i když nejsou sváry tak kvalitní jako v případě svařování v ochranné atmosféře vzácných plynů (helia či argonu). Kapalným oxidem uhličitým je dobré rozpouštědlo pro řadu organických látek a používá se např. k extrakci kofeinu z kávy.

Dále se oxid uhličitý někdy přidává na omezenou dobu (několik hodin) do atmosféry skleníků s cílem podpořit růst rostlin a především vyhubit škůdce jako jsou moly, svilušky a další, kterým zvýšená koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší škodí.

Suchý led (oxid uhličitý v tuhém skupenství) se využíval v divadlech a při hudebních představeních ke tvorbě zvláštních efektů. Po vložení do vody suchý led sublimuje a vznikající směs oxidu uhličitého a kondenzované vodní páry vytvoří efekt mlhy těžší než vzduch.

Další uplatnění oxidu uhličitého můžeme nalézt v medicíně (stabilizace rovnováhy kyslíku a oxidu uhličitého v krvi) a průmyslových laserech.

Oxid uhličitý se také používá při těžbě ropy, kdy je injektován buď přímo do vrtu, nebo do jeho blízkého okolí, kde jednak působí zvýšení tlaku a jednak se v surové ropě rozpouští a snižuje tak její viskozitu. [6]

2.3.3 Běžné koncentrace oxidu uhličitého

V interiéru je limitní hodnota koncentrace oxidu uhličitého 1 000 ppm, zavedená Maxem Josephem von Pettenkoferem. Z této hodnoty bylo odvozeno minimální množství větracího vzduchu 25 m³/hod na osobu v interiéru. V ložnici běžných rozměrů (cca 15 – 16 m²) při dvou spících osobách je ráno běžně naměřena koncentrace oxidu uhličitého kolem 3 000 ppm. Vydechnutý vzduch dospělého člověka obsahuje průměrně okolo 35 000 – 50 000 ppm oxidu uhličitého. [6]

Množství venkovního vzduchu dodávaného na osobu [m^3/h na osobu]	Koncentrace oxidu uhličitého [ppm]
3,8	5 000
8,5	2 500
14,9	1 500
25,6	1 000

tab9. Ustálený stav – hodnoty koncentrace oxidu uhličitého v místnosti jako funkce vnějšího vzduchu [6]

Nejvyšší koncentrace bývají ráno v pokojích určených ke spaní (v rodinných domech, hotelech a ubytovacích zařízeních), kdy jsou lidé v uzavřené místnosti a nevětrají.

V ostatních objektech jsou koncentrace oxidu uhličitého závislé na obsazenosti lidmi. Čím více lidí se v objektu bude vyskytovat, tím více se bude koncentrace oxidu uhličitého zvyšovat a tím více bude nutné větrat (koncentrace oxidu uhličitého se také přímo úměrně zvyšuje s tělesnou zátěží člověka).

Ve venkovním prostředí, kde je špatná kvalita vzduchu, se vyskytují koncentrace oxidu uhličitého běžně kolem 350 až 400 ppm, v centru měst kolem 450 ppm. V prostředí, kde je dobrá kvalita vzduchu, je koncentrace oxidu uhličitého do 350 ppm. U moře je koncentrace oxidu uhličitého 300 – 340 ppm. [6]

2.4 Následky zvýšené koncentrace oxidu uhličitého v interiéru

Přípustná koncentrace oxidu uhličitého je 1 000 ppm v interiéru, tzn., pokud je koncentrace oxidu uhličitého do 1 000 ppm, je kvalita vnitřního vzduchu vyhovující. Při zvýšené koncentraci oxidu uhličitého v interiéru nad 1 000 ppm dochází obvykle k příznakům únavy či nesoustředěnosti osob se zde vyskytujících.

Vzduch s koncentrací oxidu uhličitého nad 1 500 ppm v interiéru je považován za vzduch vydýchaný a tudíž znehodnocený. Bezpečná hranice koncentrace oxidu uhličitého, která nezpůsobuje člověku vážná zdravotní rizika je 5 000 ppm.

Z předcházejícího odstavce je jasné, že koncentrace oxidu uhličitého nad 1 000 ppm může způsobovat nesoustředěnost, únavu a s tím spojené nižší výkony lidí. [6]

Účinky CO ₂ na lidský organismus	
cca 350 ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1000 ppm	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1200-1500 ppm	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1000-2000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000 ppm	nastávají možné bolesti hlavy
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
více než 5000 ppm	nevolnost a zvýšený tep
více než 15000 ppm	dýchací potíže
více než 40000 ppm	možná ztráta vědomí

tab10. Účinky oxidu uhličitého na lidský organismus [6]

2.5 Zdroje oxidu uhličitého v interiéru

Zdrojů oxidu uhličitého v interiéru může být několik v závislosti na tom, o jaký objekt se jedná a jaký je v něm provoz. Všechny objekty bez rozdílu provozu mají jeden velký zdroj oxidu uhličitého, kterým je člověk.

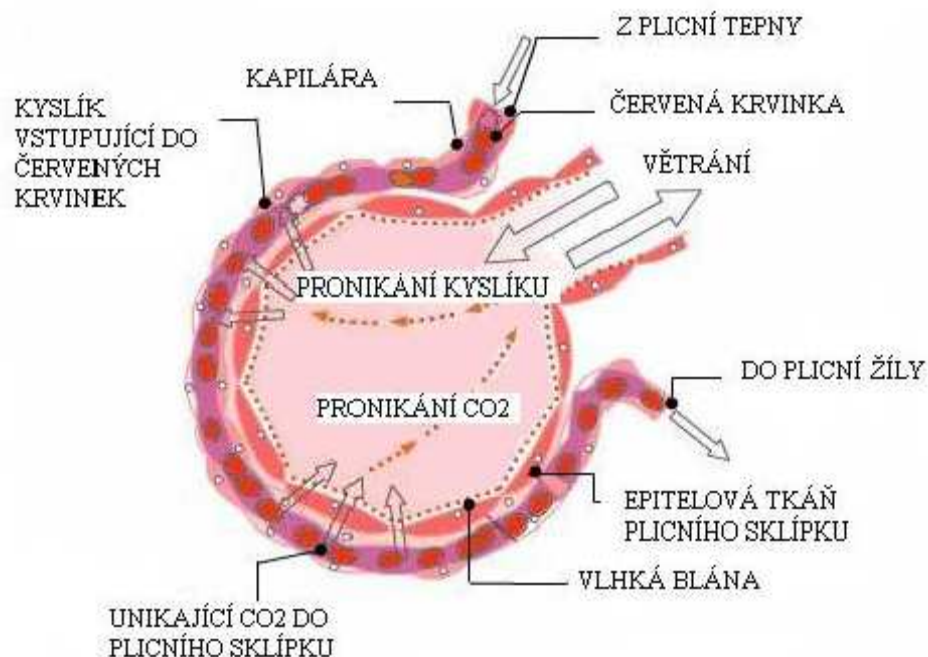
Dalšími zdroji mohou být jiné živé organizmy, plynové spotřebiče či jiná zařízení, v nichž se děje spalování. Člověk, stejně jako jiné živé organizmy vylučuje oxid uhličitý při dýchání. Dospělý člověk za normálních okolností přijímá cca 250 ml kyslíku a vydává cca 200 ml oxidu uhličitého za 1 minutu (v klidu). [6]

Transport kyslíku z okolního prostředí se na místo jeho spotřeby uskutečňuje ve čtyřech na sebe navazujících dějích:

1. transport z prostředí do plicních sklípků, zajištěný ventilací plic
2. difúze z plicních sklípků do kapilární krve ve vlásečnicích kolem plicních sklípků;
3. transport krevním oběhem do vlásečnic ve tkáních;
4. difúze z tkáňových kapilár do okolních buněk.

Transport oxidu uhličitého probíhá analogicky ve čtyřech za sebou jdoucích dějích, které však postupují v opačném pořadí:

1. difúze z okolních buněk do tkáňových kapilár;
2. transport krevním oběhem z vlásečnic ve tkáních;
3. difúze z kapilární krve ve vlásečnicích do plicních sklípků;
4. transport z plicních sklípků do prostředí.



Obr.4 Schéma výměny kyslíku a oxidu uhličitého v plicním sklípku
(Wohlschlagerová, 2010)

Na obrázku 4 je nakreslen plicní sklípek, ve kterém dochází k výměně kyslíku s oxidem uhličitým. Vzduch v plicních sklípcích je od krve oddělen jen velmi tenkým epitelem sklípků a kapilární stěnou. Díky tomu je umožněno snadné pronikání kyslíku i oxidu uhličitého.

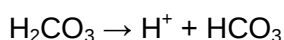
Plocha, na které dochází k výměně plynů mezi krví a vzduchem je 55 m² a za 24 hodin se na ní vymění okolo 10 000 litrů vzduchu. [6]

Vzduch	Kyslík [%]	Oxid uhličitý [%]	Dusík [%]
Atmosférický	20,92	0,04	79,04
Alveolární (v plicním sklípku)	14,1	5,6	79,7
Vydechovaný	16,3	4	79,3

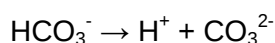
tab11. Procentuelní složení atmosférického, alveolárního a vydechovaného vzduchu [6]

Přenos kyslíku krví je umožněn červeným krevním barvivem – hemoglobinem. Oxid uhličitý v krvi je chemicky vázán na alkálie, popř. bílkoviny. Jak je možné, že vdechovaný vzduch má 0,04 % oxidu uhličitého a vydechovaný vzduch člověkem má 4 % oxidu uhličitého?

Je to tím, že člověk přijímá oxid uhličitý dýcháním, ale vzniká i zpracováním potravy. Oxid uhličitý se váže na hemoglobin, je volně rozpuštěn v plazmě a dále je v těle ve formě hydrogenuhličitanového aniontu. Z toho plyne, že hlavním nositelem oxidu uhličitého v těle je krev (na hemoglobin se váže oxid uhličitý) a dalším nositelem oxidu uhličitého je krevní plazma. Oxid uhličitý je v těle zastoupen především v kyselině uhličitě (H_2CO_3), která se rozkládá na vodík (H^+) a hydrogenuhličitan (HCO_3^-):



Dále je oxid uhličitý v těle zastoupen v hydrogenuhličitanu, který se při disociaci (rozkladu) štěpí na vodík (H^+) a uhličitanový ion (CO_3^{2-}):



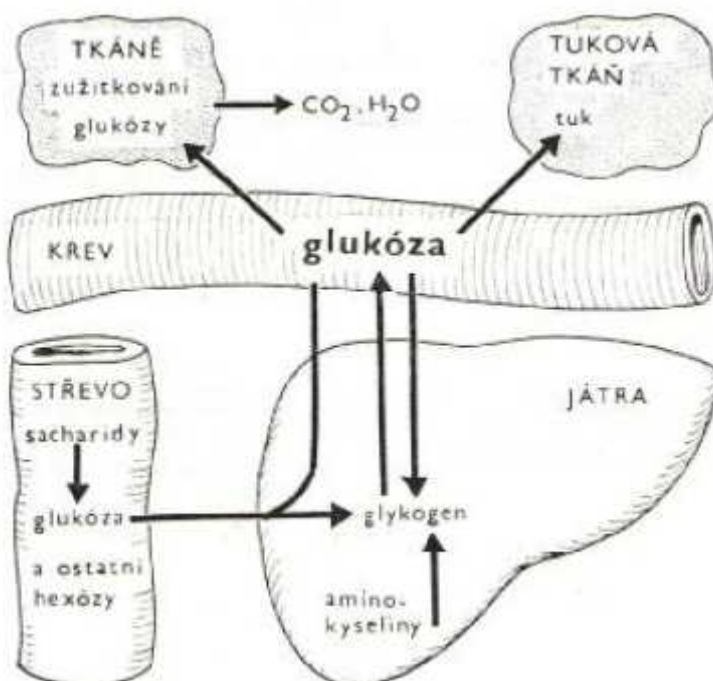
Sacharidy jsou nejpohotovějším a nejdůležitějším zdrojem energie. Vstřebávají se rozštěpené na glukózu, fruktózu a galaktózu v tenkém střevě do krve a vrátnicovým oběhem se dostávají do jater. Vstřebané sacharidy jsou zadržovány v játrech a postupně uvolňovány. V játrech se z nich tvoří živočišný škrob – glykogen. Množství zásobního glykogenu je 30 až 400 g. Množství kolující glukózy v krvi je stálé – 80 až 120 mg/100 cm³. Zásoba sacharidů je z hlediska potřeb organismu poměrně malá. Proto se v těle podle potřeby vytváří z bílkovin i z tuků.

Játra jsou ústředním orgánem pro hospodaření se sacharidy. Sacharidy přijaté v potravě se ukládají v játrech do zásoby a podle potřeby se štěpí. Do krevního oběhu se uvolňuje glukóza a předává se tkáním (obrázek 5).

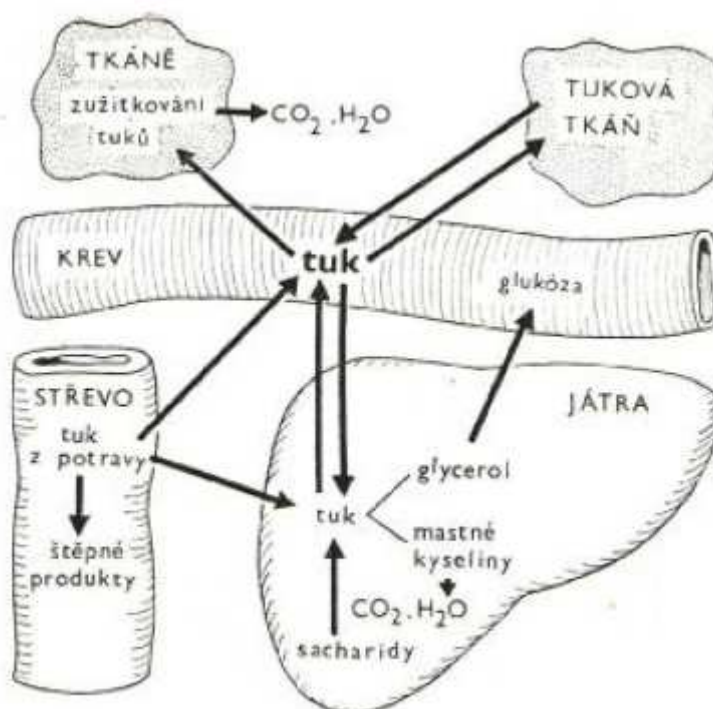
Nejvydatnější energetickou rezervou organismu jsou tuky. Vstřebaný tuk tvoří v těle stavební součást všech buněk, hlavně tvoří tuk zásobní. Zásobní tuk se podle potřeby neustále vyměňuje a v podobě kapének přichází do krve a odtud do jater. Játra obsahují hojně lipázy, která štěpí tuk na glycerol a mastné kyseliny. Glycerol je využit jako zdroj energie nebo k přeměně na glykogen. Koncentrace tuků v krvi kolísá mezi 360 až 820 mg / 100 cm³ (obrázek 6).

Dalším orgánem, ve kterém může vznikat oxid uhličitý, je tlusté střevo. V tlustém střevě je střevní mikroflóra (je příčinou plynatosti), ve které žijí dva typy

bakterií – kvasné a hnilobné. Z hlediska oxidu uhličitého nás hnilobné bakterie nezajímají. Naopak kvasné bakterie nás zajímají, protože produkují oxid uhličitý, methan, kyselinu mléčnou a vyvolávají kvašení cukrů. [6]



Obr.5 Schéma transportu a přeměny sacharidů (Wohlschlagerová, 2010)



Obr.6 Schéma transportu a přeměny tuků (Wohlschlagerová, 2010)



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

MIKROKLIMA SHROMAŽĎOVACÍCH PROSTORŮ

ČÁST B – EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ JANEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013

3. Přístroje k měření oxidu uhličitého

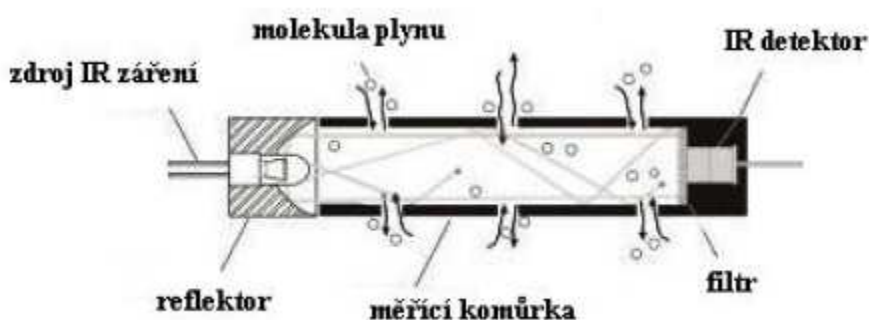
Lze předpokládat, že do budoucna bude vyšší poptávka po kvalitě ovzduší, zejména po zjišťování koncentrace oxidu uhličitého. K tomuto existuje široká škála testerů, ať již pevně umístěných či ručních.

Pevná čidla jsou instalována v objektu na vhodném místě na stěně v určité výšce (dle instrukcí výrobce a provozu budovy). Většinou jsou v objektu instalovány z důvodu řízeného větrání pomocí vzduchotechniky.

Ruční čidla slouží k přeměření objektu, zda nedochází k znečištění vzduchu oxidem uhličitým popř. jinými škodlivými látkami.

Přístroje pro měření koncentrace oxidu uhličitého mohou pracovat na různých principech. Nejčastěji čidla pracují na základě absorpce infračerveného záření neboli NDIR (Non-Dispersive InfraRed), dále mohou čidla pracovat na elektroakustickém principu nebo na elektrochemickém principu.

Každý z těchto principů má své výhody a nevýhody. Čidla NDIR pracují na principu měření útlumu infračerveného záření (o specifické vlnové délce) ve vzduchu. Čidla se skládají ze zdroje infračerveného záření, světlovodná trubice a infračerveného detektoru s příslušným filtrem. Signál z infračerveného detektoru se dále zesiluje a pak se pomocí další elektroniky vyhodnocuje útlum záření a na tomto základě se vypočítá aktuální koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu. Tato čidla jsou obecně přesnější, dlouhodoběji stabilnější, měří koncentraci oxidu uhličitého již od nulové hodnoty a mohou měřit i vysoké koncentrace oxidu uhličitého.

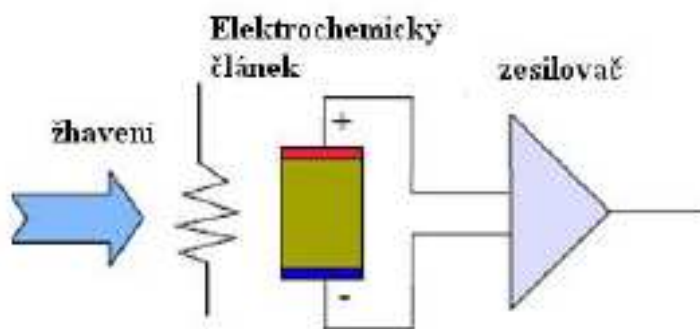


Obr.7 Schéma Čidla pracující na principu NDIR – schéma
(Wohlschlagerová, 2010)

Elektrochemická čidla se obvykle skládají z elektrochemického článku s tuhým elektrolytem, který je přídavným žhavením vyhříván na pracovní teplotu. Na elektrodách článku dochází k chemickým reakcím, tím vzniká elektromotorická síla. Měřením této elektromotorické síly pomocí speciální elektroniky se zjišťuje koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu.

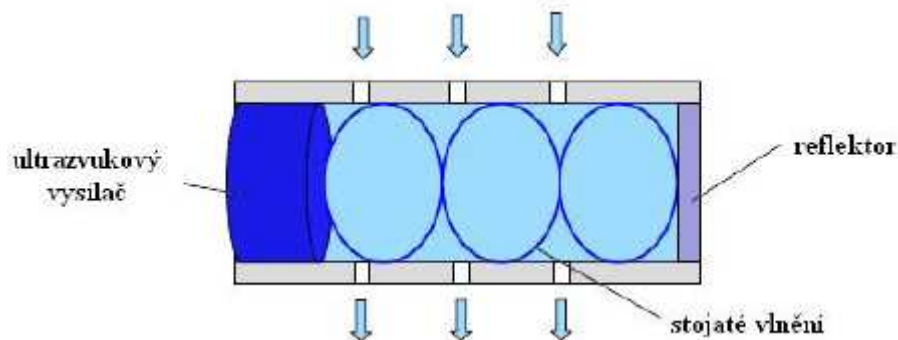
Největší předností těchto čidel je vysoká citlivost a vynikající selektivita (citlivost výběru) na oxid uhličitý. Tato čidla jsou obvykle levnější než čidla NDIR, mají však nižší přesnost. Ta je ale pro běžné použití dostatečná. Tato čidla pracují od hodnot 400 ppm, což je vzhledem ke koncentraci oxidu uhličitého ve venkovním vzduchu, která je 360 – 400 ppm vyhovující.

V čidlech obvykle bývá autokalibrační funkce, která zajišťuje automatickou periodickou recalibraci čidla na čerstvý vzduch. Tím se eliminuje stárnutí čidla a je tak zajištěna dlouhodobá stabilita parametrů. Nebezpečí recalibrace je v tom, že v době jejího provádění musí být vzduch o kvalitativně známých parametrech.



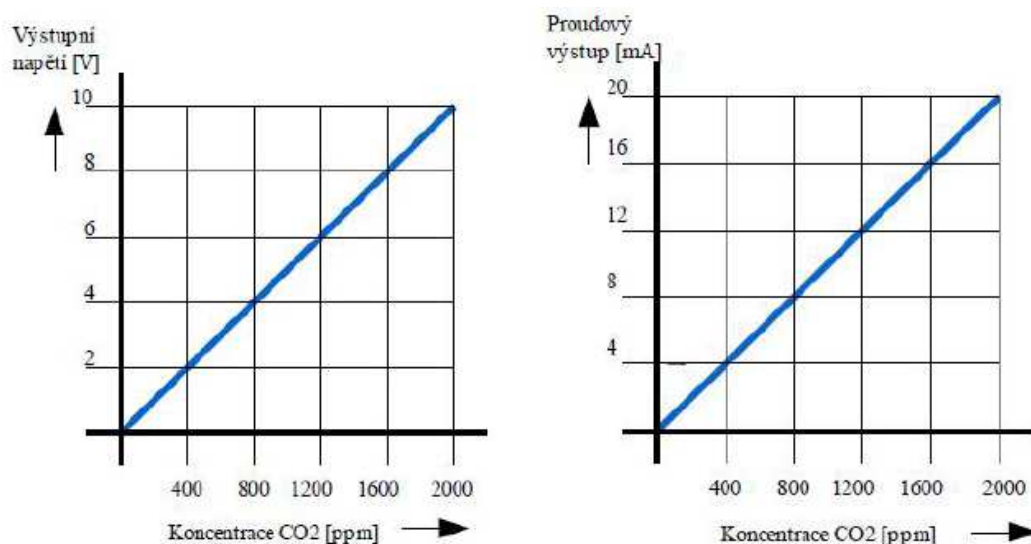
Obr.8 Schéma elektrochemického čidla[6]

Posledním typem jsou elektroakustická čidla, která pracují na principu vyhodnocování změn kmitočtu ultrazvuku v mechanickém rezonátoru. Pomocí elektroniky se vyhodnotí změna kmitočtu ultrazvukových vln a na základě závislosti změny kmitočtu na koncentraci oxidu uhličitého ve vzduchu se určuje aktuální koncentrace. Největší předností těchto čidel je dlouhá stabilita bez nutnosti recalibrace.



Obr.9. Princip elektroakustického čidla[6]

Výstupy čidel všech typů mají obvykle spojitý napěťový výstup (0 – 10 V) nebo proudový (0 – 20 / 4 – 20 mA), pomocí kterého předávají informaci o hodnotě koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu nadřízenému ventilačnímu systému.



Obr.10 Napěťový výstup a proudový výstup 0-20 mA [6]

3.1 Ruční přístroje

Ruční čidla slouží ke kontrolnímu měření kvality vzduchu v objektu. Přístroj se skládá z čidla a z těla přístroje, který zaznamenává hodnoty koncentrace oxidu uhličitého. Součástí některých přístrojů může být i pevně nainstalované čidlo, častější je samostatný přístroj a k tomu možnost si přikoupit čidlo dle potřeby. Tyto přístroje mají výhodu v tom, že na ně lze připojit čidla, která měří např. VOC, teplotu, relativní vlhkost, rychlost vzduchu, tlak apod. V tabulce 13 jsou uvedena některá z čidel, která jsou v tomto okamžiku na trhu. Čidla jsou porovnávána podle počtu možných připojení čidel, typu senzoru, kterým je snímána

koncentrace oxidu uhličitého, podle přesnosti čidla, rozsahu měření koncentrace oxidu uhličitého, podle doby, po které je nutné čidlo recalibrovat a v neposlední řadě podle ceny. V tabulce jsou zaznamenány i rozměry a hmotnost přístroje, které nejsou při výběru čidla tak podstatné. Z tabulky je vidět, že většina čidel se v současné době vyrábí s měřením koncentrace oxidu uhličitého na principu NDIR – měření útlumu infračerveného záření. Je to především z důvodu přesnosti a dlouhodobé stability čidla. Některé z těchto uvedených přístrojů slouží pouze pro měření koncentrace oxidu uhličitého popř. teploty a relativní vlhkosti. Není možné k nim připojit další čidla.

Asi nejznámější firmou u nás z hlediska prodeje měřících přístrojů a čidel jsou firmy ALMEMO a TESTO. Firma TESTO nabízí větší množství měřících přístrojů. Všechny měřicí přístroje typu 435 vypadají na pohled stejně, ale v několika maličkostech se liší (viz tabulka 12). Další firmou prodávající u nás přenosná čidla na měření koncentrace oxidu uhličitého je např. firma Protronix (Datalogger CO₂) nebo firma Kimo (AMI300, AQ200, AQ100E).

Testo – typ / funkce	435-1	435-2	435-3	435-4
Integrovaný snímač diferenčního tlaku	-	-	X	X
Rozšířená funkce přístroje komunikace s PC	-	X	-	X

Tab12. Odlišnosti měřících přístrojů TESTO 435 [6]



Obr.11 Ukázka měřících přístrojů a čidel na měření vzduchu
(Wohlschlagerová, 2010) [6]

Firma	TESTO					
	Testo 535	Testo 435-1	Testo 435-2	Testo 435-3	Testo 435-4	Testo 400
Typ						
Hmotnost [g]	300	428	450	450	450	500
Rozměry [mm]	190 x 57 x 42	74 x 220 x 46	74 x 220 x 46	74 x 225 x 46	74 x 225 x 46	80 x 240 x 45
Displej	2řádkový LCD	2řádkový LCD	2řádkový LCD	2řádkový LCD	2řádkový LCD	4řádkový LCD
Počet vstupů	0	(3 radiové sondy)	(3 radiové sondy)	(3 radiové sondy)	(3 radiové sondy)	2 (3 radiové sondy)
Typ čidla	Napetno připojená sonda	IAQ	IAQ	IAQ	IAQ	Sonda CO ₂
Senzor	Dvoukanalový infračervený	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR
Rozsah čidla [ppm]	0 – 9 999	0 – 10 000	0 – 10 000	0 – 10 000	0 – 10 000	0 – 10 000
Přesnost	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)
Kalibrace	Doporučují 1 za rok	Doporučují 1 za rok	Doporučují 1 za rok	Doporučují 1 za rok	Doporučují 1 za rok	Doporučují 1 za rok

Tab.13 Porovnání měř. přístrojů s čidly na měření koncentrace CO₂ dle výrobců

Firma	AHLBORN			Extech instruments		Cemtrex	MicroDAQ
	ALMEMO 2690 - 8	ALMEMO 2690 - 9		CO250	Easy View™ EA80		
Typ						CDD 300	Taleire 7001
Hmotnost [g]	570	550		190	235	Nezjištěno	Nezjištěno
Rozměry [mm]	107 x 209 x 54	109 x 109 x 44		70 x 200 x 57	72 x 135 x 31	Nezjištěno	Nezjištěno
Displej	Grafický, 16 řádků	Grafický, 16 řádků		LCD displej (triple)	LCD displej (triple)	Nezjištěno	Nezjištěno
Počet vstupů	5	9		0	0	Nezjištěno	Nezjištěno
Typ čidla	FYA600CO2 – krabička	FYA600CO2H - tyčka	FYA600CO2 – krabička	Nápevno sonda CO ₂	Nápevno sonda CO ₂	-	-
Senzor	IR-optický	IR-optický	IR-optický	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR
Rozsah čidla [ppm]	Možno zvolit (0 – 2 500, 5 000, 10 000, 25 000)	0 – 10 000	Možno zvolit (0 – 2 500, 5 000, 10 000, 25 000)	0 – 5000 ppm	0 – 6000 ppm	0 – 2 000 ppm	0 – 10 000 ppm
Přesnost	±2% z rozsahu ±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±2% z rozsahu ±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	±2% z rozsahu ±50 ±2% z nam. h. (do 5000), ±100 ±3% z nam. h. (nad 5000)	0-5000 - ±50ppm ±5% 5000-9999 - nespecifikováno	±3 % nebo ±50 ppm	±50 ppm	±50 ppm nebo 5% z hodnoty
Kalibrace	po 2 letech	po 2 letech	po 2 letech	12 měsíců	12 měsíců	Nevyžaduje	12 měsíců

Firma	Kimo		Voltcraft	Protonix
Typ	AMI 300	AQ200	CM100	Data logger CO2
Hmotnost [g]	380	340	312	600
Rozměry [mm]	85,4 x 172 x 57,1	80,8 x 161,9 x 57,4	68 x 173 x 42	100 x 193 x 60
Displej	Grafický 320 x 240 pixelů (70 x 52 mm)	Grafický 128 x 128 bodů (50 x 54 mm)	2řádkový LCD	2řádkový LCD
Počet vstupů	2 (při koupi nástavce 4)	2 (při koupi nástavce 4)	Nápevno sonda CO2	Vestavěné čidlo
Typ čidla	SCO2T	SCO2T	-	-
Senzor	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR
Rozsah čidla [ppm]	0 – 5 000	0 – 5 000	0 – 4 000	0 – 5 000
Přesnost	± 50 nebo 3% čtené hodnoty	± 50 nebo 3% čtené hodnoty	0 až 1000: ±40 ppm ≥ 1000 - 3000 ppm: ± 5% z nam.h., ≥ 3000 - 4000 ppm: ± 250 ppm	± 50 (při teplotě 25°C)
Kalibrace	Jednou za 2 roky**	Jednou za 2 roky**	Nezjištěno	Není třeba kalibrovat

3.2 Pevná čidla v objektech

Pevná čidla pracují na stejných principech jako čidla přenosná (většinou pracují na principu NDIR). Na rozdíl od přenosných čidel jsou napevno instalovány v interiéru, kde sledují kvalitu vnitřního vzduchu (ve velké většině případů sledují teplotu, relativní vlhkost, koncentraci oxidu uhličitého a těkavých organických látek).

Často bývají napojeny na vzduchotechniku, která je jimi řízena. Dochází tak ke zlepšení kvality vnitřního vzduchu a spotřeby energie (regulace dle potřeby a kvality vzduchu). Při zaznamenání vysoké koncentrace oxidu uhličitého (podle koncentrace oxidu uhličitého řídí množství přívodního vzduchu) čidla se sepne vzduchotechnika, popř. jedná-li se o inteligentní budovu a okna jsou na systém napojena, otevřou se okna.

Čidla by se měla umisťovat dle pokynů výrobce, aby nedocházelo ke zkreslení hodnot. Například v technických podkladech čidel Siemens je uvedeno, že čidla by měla být umístěna v místnosti, která je větraná. Vyhnout bychom se měli umisťování do výklenků, polic, za závěsy a blízko zdrojů tepla.

Je velice důležité se o větrací systémy starat a udržovat je. Bylo zjištěno, že množství škodlivých látek ze špatně udržovaných větracích systémů bylo až 30krát horší v porovnání s těmi nejlépe udržovanými větracími systémy. Problémům lze předejít vhodným výběrem materiálů a správnou údržbou systémů.

V následující tabulce jsou porovnána mezi sebou některá pevná čidla od několika výrobců. Opět je na trhu mnoho výrobců a mnoho typů čidel. V administrativních budovách, v knihovnách, hotelech a bankách jsou většinou čidla napojena do centrální místnosti, kde se zaznamenávají data do softwaru a podle kterých se pak dále řídí větrání v objektu. Nevýhodou jsou velké investiční náklady. Existují i kanálová čidla, která se instalují do potrubí.

Výrobce	Siemens		Protronix
Typ čidla	QPM21...	QPM21...D	AS CO2 GD PROTRONIX
Rozsah [ppm]	0 - 2 000	0 - 2 000	0 - 2 000
Princip měření	NDIR	NDIR	NDIR

Tab14. Někteří z výrobců kanálových čidel na měření koncentrace oxidu uhličitého [6]



Obr.12 Prostorové čidlo ZG 106 od firmy Protonix [6]



*Obr.13 Ukázky kanálových čidel firmy Protonix a Siemens
(Wohlschlagerová, 2010) [6]*

3.3 Posuzování CO₂ v interiéru (dle platných předpisů v ČR)

Ve vyhlášce 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, se obecně hovoří o tom, že stavba musí být navržena a provedena tak, aby neohrožovala život a zdraví osob nebo zvířat. Hovoří se zde o minimální výměně vzduchu v době pobytu lidí, která je uváděna 25 m³ /hod na osobu nebo výměna vzduchu v místnosti nejméně jedenkrát za dvě hodiny. V této vyhlášce je zmíněná maximální přípustná koncentrace oxidu uhličitého 1 000 ppm, která slouží jako ukazatel intenzity a kvality vzduchu.

Všechny uvedené hodnoty, ať již minimálního množství vzduchu nebo maximální koncentrace oxidu uhličitého platí pro všechny druhy staveb. Veškeré hodnoty jsou zmíněny na základě výplně otvorů v §26.

V příloze 3 vyhlášky č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých je stanoveno množství čerstvého přiváděného vzduchu.

Typ prostoru	Množství vzduchu [m ³ /hod]
Učebny	20 - 30 na 1 žáka
Tělocvičny	20 - 90 na 1 žáka
Šatny	20 na 1 žáka
Umývárny	30 na 1 umyvadlo
Sprchy	150 - 200 na 1 sprchu
Záchody	50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár

Tab15. Množství přiváděného vzduchu dle typu prostoru [6]

4. Měření v jednotlivých místnostech

Provedl jsem měření ve zvolených místnostech pro zhodnocení kvality stávajícího mikroklimatu. Veškerá měření probíhala v učebnách na stavební fakultě VUT v Brně. Fakulta se nachází poblíž centra města. Z naměřených hodnot jsem sestavil následující grafy a hodnotu koncentrace oxidu uhličitého porovnal s maximální přípustnou koncentrací dle vyhlášky 268/2009 Sb.



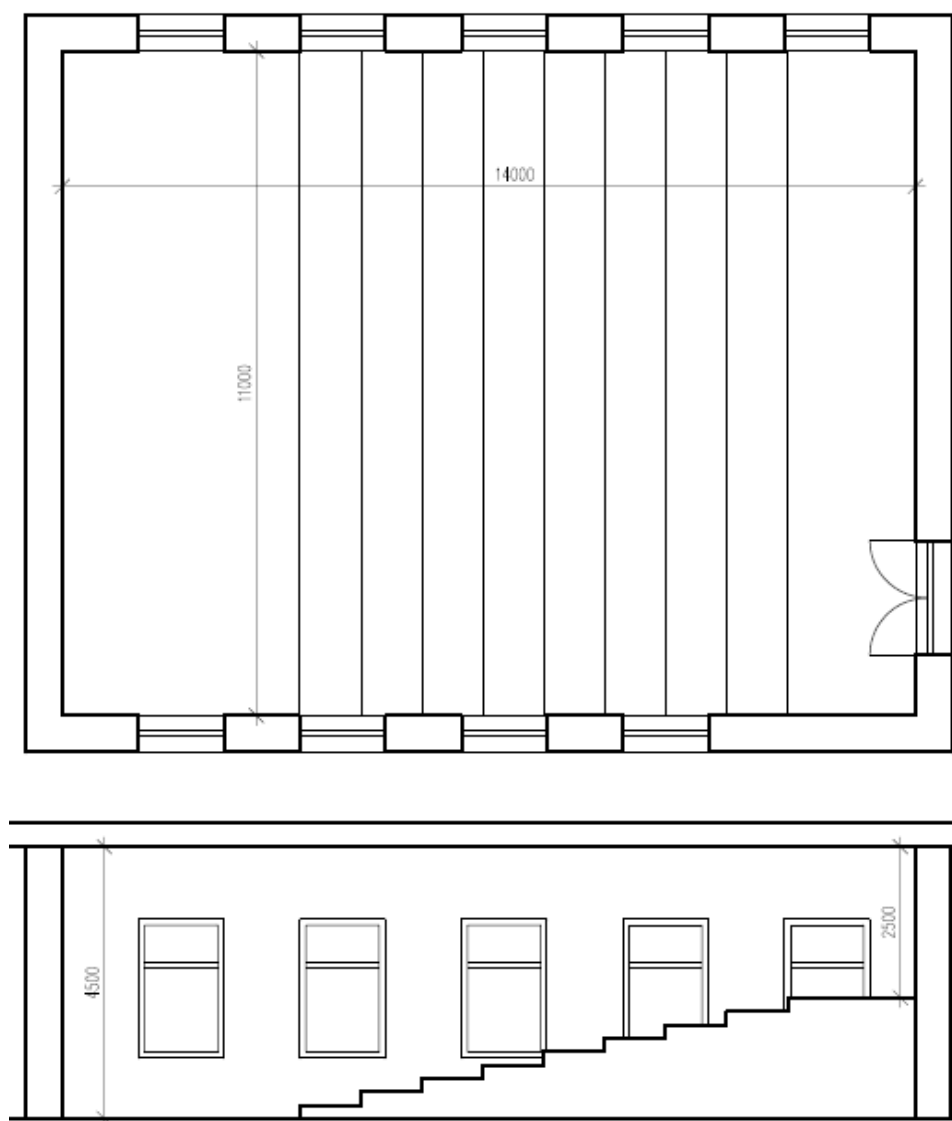
Obr.14 Letecký pohled na VUT v Brně – Fakultu stavební (maps.google.cz)

4.1 Použitý měřicí přístroj

K měření jsem použil multifunkční přístroj s integrovaným měřením diferenčního tlaku pro klimatizaci a větrání TESTO 435 – 4. Zaměřil jsem se na měření základních psychrometrických veličin – teploty vzduchu, relativní vlhkosti a především koncentrace oxidu uhličitého.



4.2 Místnost C423

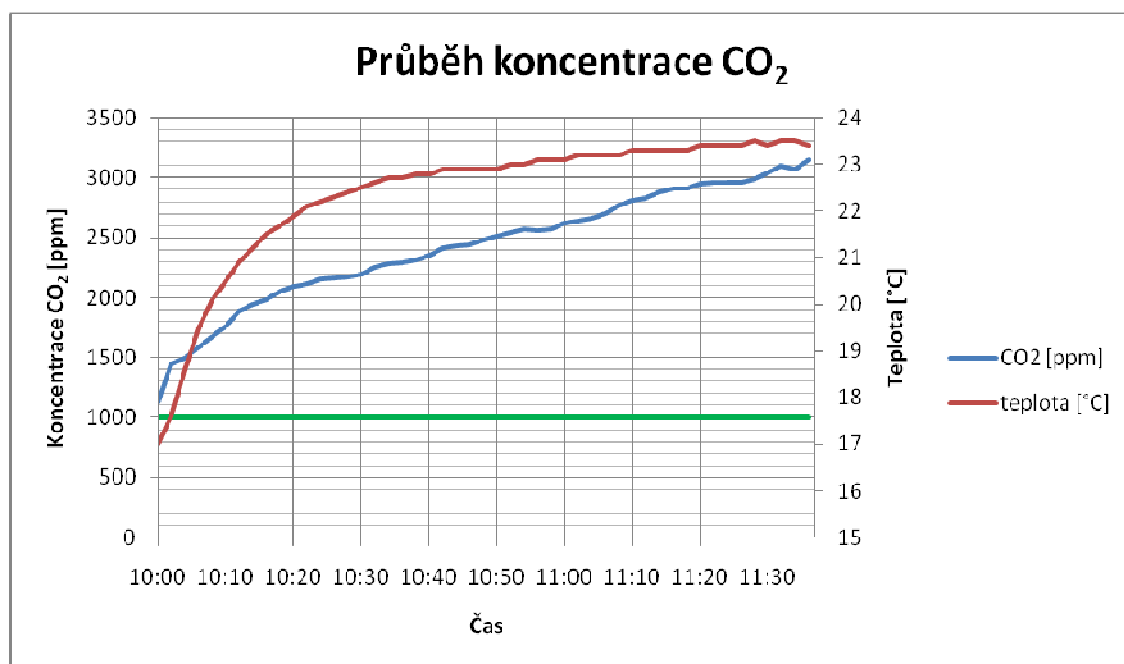


Obr.15 Půdorys a řez místnosti C423

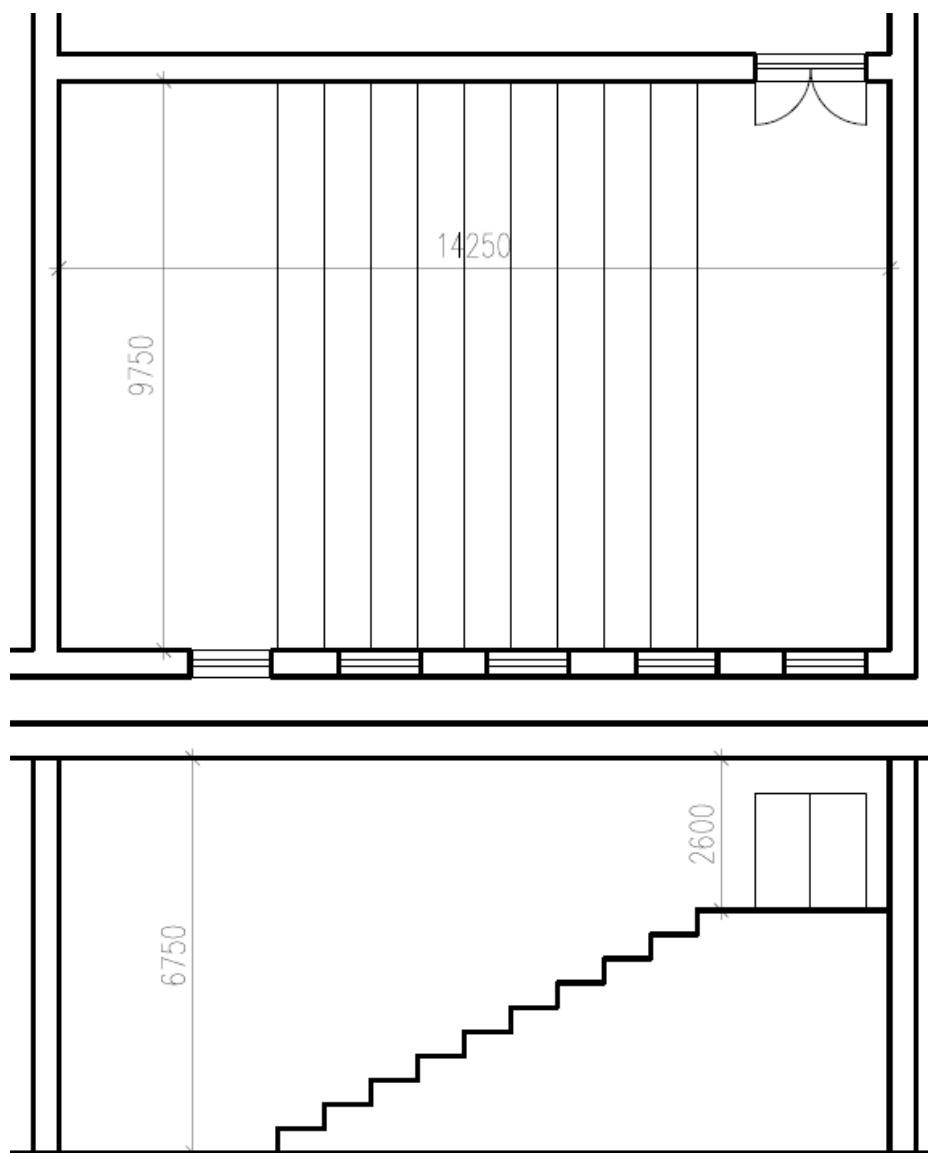
Název místnosti	C423
celkový objem vzduchu	560 m ³
typ oken	plastová
větrání	přírozené - okna zavřená
počet osob	52
objem vzduchu na 1 osobu	10,8 m ³

Okolnosti měření	
datum měření	7.12.2012
teplota exteriéru	-5 °C
koncentrace CO ₂ v exteriéru	562 [ppm]

Výsledky měření	
minimum koncentrace CO ₂	1134 [ppm]
maximum koncentrace CO ₂	3149 [ppm]
průměrná koncentrace CO ₂	2424 [ppm]
průměrná vlhkost interiéru	40,4%
minimální teplota interiéru	17,0 °C
maximální teplota interiéru	23,5 °C



4.3 Místnost D185

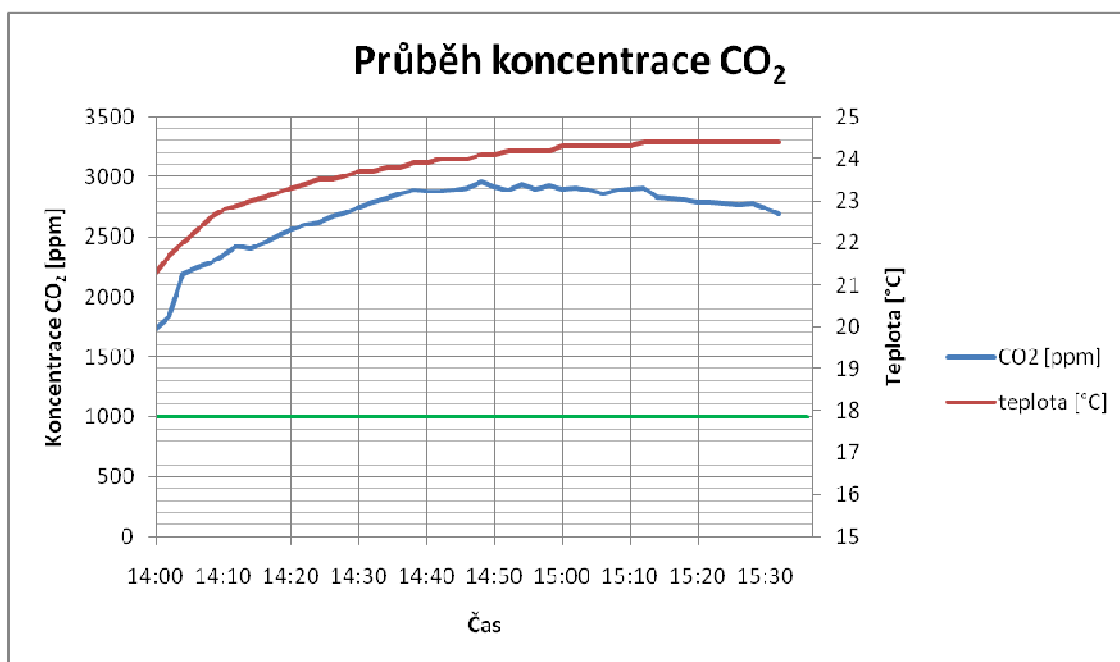


Obr.16 Půdorys a řez místnosti D185

Název místnosti	D185
celkový objem vzduchu	725 m ³
typ oken	plastová
větrání	nucenné
počet osob	68
objem vzduchu na 1 osobu	10,7 m ³

Okolnosti měření	
datum měření	10.12.2012
teplota exteriéru	1 °C
koncentrace CO ₂ v exteriéru	524 [ppm]

Výsledky měření	
minimum koncentrace CO ₂	1732 [ppm]
maximum koncentrace CO ₂	2956 [ppm]
průměrná koncentrace CO ₂	2698 [ppm]
průměrná vlhkost interiéru	45,2%
minimální teplota interiéru	21,3 °C
maximální teplota interiéru	24,4 °C



4.4 Místnost E417

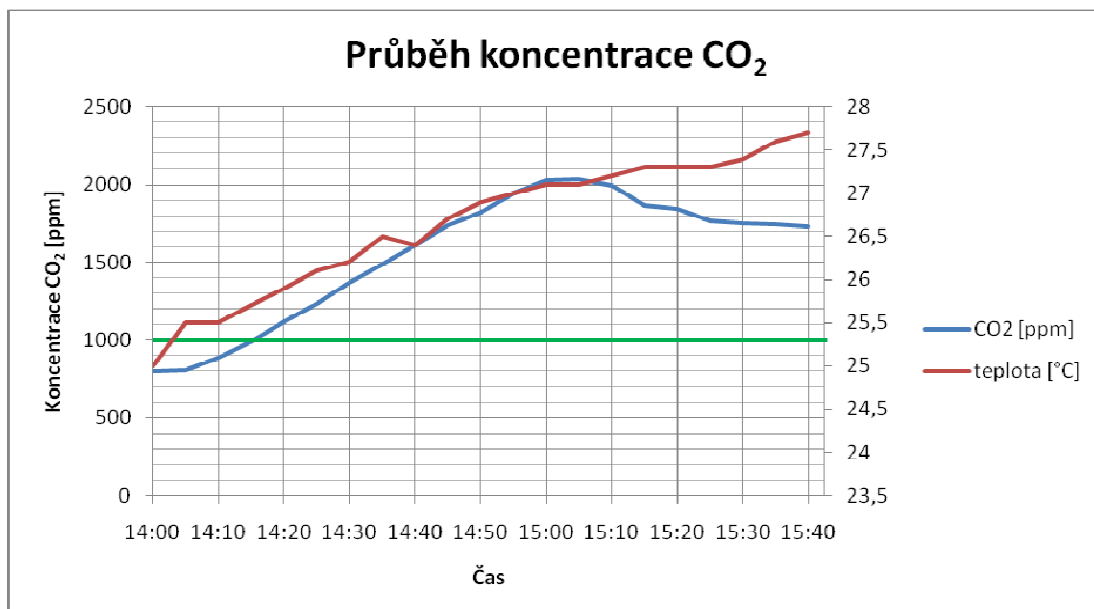


Obr.17 Fotografie místnosti E417

Název místnosti	E417
celkový objem vzduchu	287 m ³
typ oken	plastová
větrání	přirozené - 14:55 otevřeno 1 okno
počet osob	25
objem vzduchu na 1 osobu	11,5 m ³

Okolnosti měření	
datum měření	18.4.2012
teplota exteriéru	17,8 °C
koncentrace CO ₂ v exteriéru	589 [ppm]

Výsledky měření	
minimum koncentrace CO ₂	800 [ppm]
maximum koncentrace CO ₂	2037 [ppm]
průměrná koncentrace CO ₂	1550 [ppm]
průměrná vlhkost interiéru	34,6%
minimální teplota interiéru	25,0 °C
maximální teplota interiéru	27,7 °C



4.5 Místnost E418

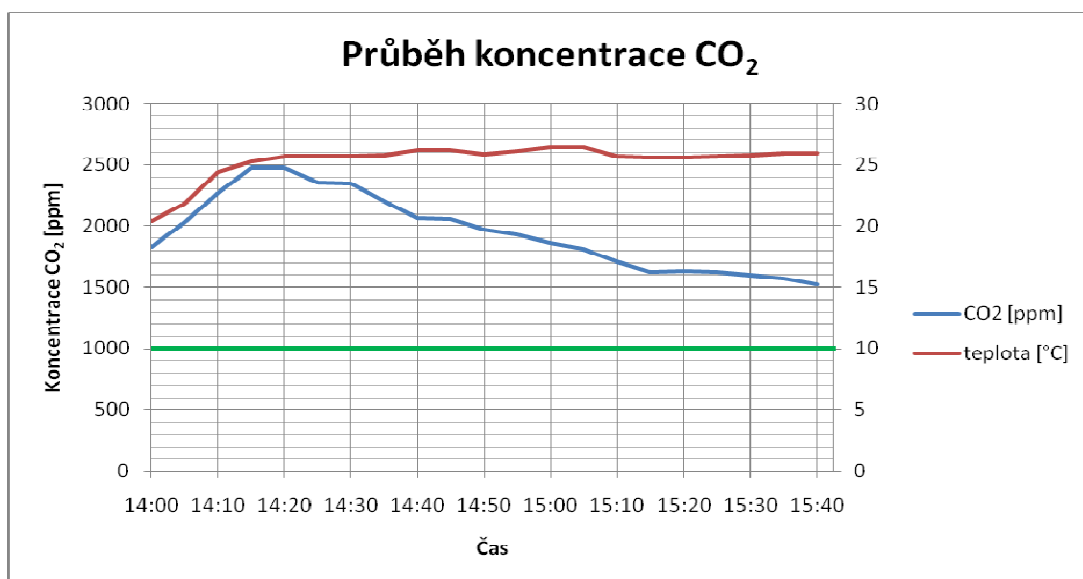


Obr.18 Fotografie místnosti E418

Název místnosti	E418
celkový objem vzduchu	176 m ³
typ oken	plastová
větrání	přirozené - 14:15 otevřeno 1 okno
počet osob	22
objem vzduchu na 1 osobu	8,0 m ³

Okolnosti měření	
datum měření	13.4.2012
teplota exteriéru	9 °C
koncentrace CO ₂ v exteriéru	642 [ppm]

Výsledky měření	
minimum koncentrace CO ₂	1524 [ppm]
maximum koncentrace CO ₂	2478 [ppm]
průměrná koncentrace CO ₂	1953 [ppm]
průměrná vlhkost interiéru	37,5%
minimální teplota interiéru	20,4 °C
maximální teplota interiéru	26,0 °C

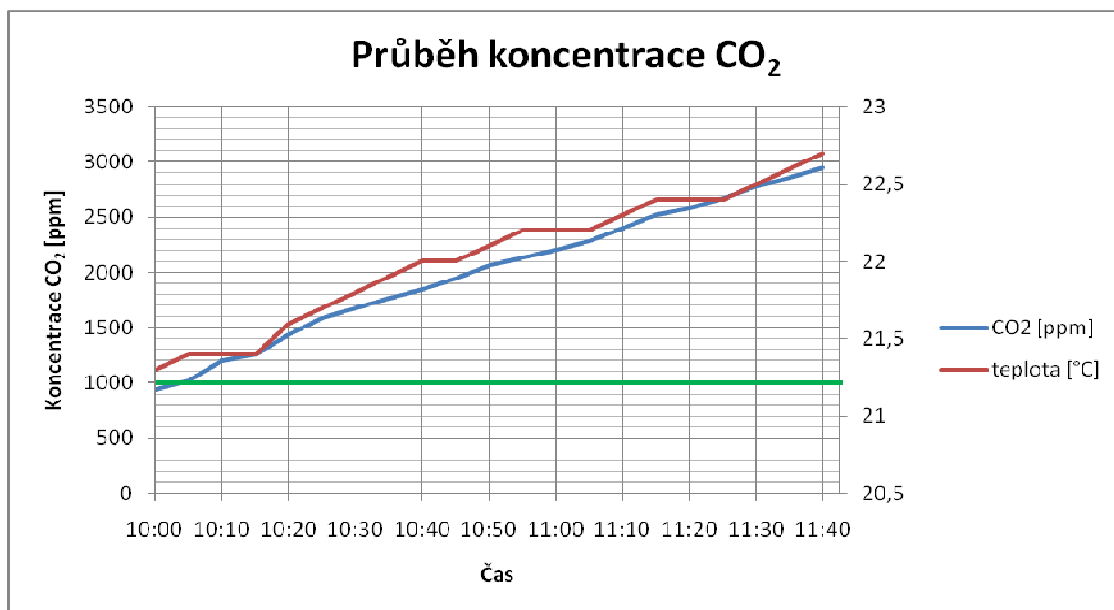


4.6 Místnost Z108

Název místnosti	Z108
celkový objem vzduchu	462 m ³
typ oken	plastová
větrání	přírozené - okna zavřená
počet osob	44
objem vzduchu na 1 osobu	10,5 m ³

Okolnosti měření	
datum měření	28.4.2012
teplota exteriéru	12,0 °C
koncentrace CO ₂ v exteriéru	512 [ppm]

Výsledky měření	
minimum koncentrace CO ₂	941 [ppm]
maximum koncentrace CO ₂	2951 [ppm]
průměrná koncentrace CO ₂	2006 [ppm]
průměrná vlhkost interiéru	52,4%
minimální teplota interiéru	21,3 °C
maximální teplota interiéru	22,7 °C



5 Snížení koncentrace CO₂ v interiéru

Nejjednodušším způsobem snížení koncentrace CO₂ v ovzduší je přirozené větrání, kdy se vzduch s vyšším obsahem CO₂ z interiéru odvádí ven a místo něj je přiváděn vzduch s nižší koncentrací CO₂. Zde je nutné poznamenat, že vlivem činnosti člověka dochází k postupnému zvyšování koncentrace CO₂ v exteriéru a může nastat i mezní okamžitá situace, kdy bude v daném okamžiku v exteriéru vyšší koncentrace CO₂ než v interiéru (např. výrazně zvýšený provoz v okolí objektu apod.).

Při netěsných oknech a dostatečném tlakovém rozdílu by bylo postačující větrání infiltrací v oknech. Při větší koncentraci lidí v místnosti lze použít přirozené větrání okny.

První případ má nevýhodu v tom, že se jedná o neřízené větrání – není možné regulovat podle okamžité potřeby a okamžité koncentrace škodlivých látek v interiéru.

Druhé řešení je vhodnější, i když skýtá nebezpečí, že bude docházet k subjektivnímu podhodnocení potřeby větrání. A jak již bylo uvedeno výše, lidský organismus si do určité míry může zvyknout na horší prostředí, které následně nevnímá, i když ovlivňuje jeho výkonnost.

Obě zmíněná řešení mají jednu společnou nevýhodu, kterou je, že spolu s odváděným vzduchem se z budovy v zimním období odvádí i teplo, které je nutné následně doplnit vytápěcím systémem.

Subjektivní řízení větrání lze odstranit instalací nuceného větrání, nejlépe řízeného čidlem CO_2 . Energetickou účinnost pak lze zvýšit instalací tzv. rekuperace, tedy zařízením, v němž odváděný vzduch předává tepelnou energii čerstvému přiváděnému vzduchu (v budově s chlazením může rekuperace v letním období sloužit i opačně, a sice že odváděný vzduch bude ochlazovat přiváděný).

V praxi lze snižovat koncentraci CO_2 i použitím rostlin či řas v interiéru, toto řešení je však zpravidla pro běžné budovy nevhodné.

Nucené větrání je stabilní, účinné, lze je opatřit prachovými filtry, nedochází k průvanu. Při řízeném větrání na základě čidel koncentrace CO_2 (nastavení max. koncentrace oxidu uhličitého na 1 000 ppm) je dodáván čerstvý vzduch vždy, když je potřeba, naopak v době, kdy to není nutné (prázdná místnost apod.), nedochází k větrání a tím plýtvání energií.

Rekuperace neboli zpětné získávání tepla je proces, kdy vnitřní odpadní vzduch předává v rekuperačním výměníku ve vzduchotechnické jednotce energii čerstvému venkovnímu vzduchu.

Řízené větrání s rekuperací funguje tak, že v místnosti je odvod znečištěného vzduchu a zároveň přívod čerstvého větracího vzduchu. U soustavy místností může toto být řešeno i tak, že je odvod v poslední místnosti, zpravidla v té, kde lze očekávat nejhorší kvalitu vzduchu a přívod vzduchu do té místnosti, kde má být vzduch nejčistší. Přitom musí dojít k fyzickému křížení těchto rozvodů tak, aby odváděný vzduch přes teplosměnné plochy předal energii přiváděnému. To se zpravidla děje v rekuperační jednotce. Ta by měla být umístěná co nejbližší přívodu vzduchu z exteriéru tak, aby chladný přiváděný vzduch před vstupem do rekuperační jednotky neprocházel vytápěnou částí budovy.

Řízené větrání může být centrální, tedy jednotné pro celou budovu. Výhodou tohoto řešení je, že se minimalizuje počet rekuperačních jednotek, filtrů apod., nevýhodou pak zpravidla větší množství rozvodů a vyšší nároky na ně. Dále může být větrání lokální pro jednotlivou místnost či skupinu místností. Toto řešení je zpravidla vhodnější pro dodatečně řešené řízené větrání, kdy je nutné minimalizovat stavební zásahy do objektu.

6 ZÁVĚR

Vzhledem k výsledkům měření a předepsaným hygienickým limitům doporučuji zvážení instalace rekuperační jednotky osazené spínacím čidlem CO₂ tak, aby docházelo k řízenému větrání v závislosti na koncentraci CO₂ v místnosti. Tak dojde k omezení nákladů na vytápění a k větrání v době, kdy je to nezbytné.

Instalací rekuperace zároveň dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění, i když je nutné podotknout, že dojde k mírnému zvýšení spotřeby elektřiny potřebné pro pohon ventilátoru. Z energetického hlediska lze doporučit řízené větrání s rekuperací. Toto bývá obvykle i nejekonomičtější způsob zajištění hygieny prostředí.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

MIKROKLIMA SHROMAŽŤOVACÍCH PROSTORŮ

ČÁST C – APLIKACE NA ZADANÉ BUDOVĚ

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. TOMÁŠ JANEČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OLGA RUBINOVÁ, Ph.D.

BRNO 2013

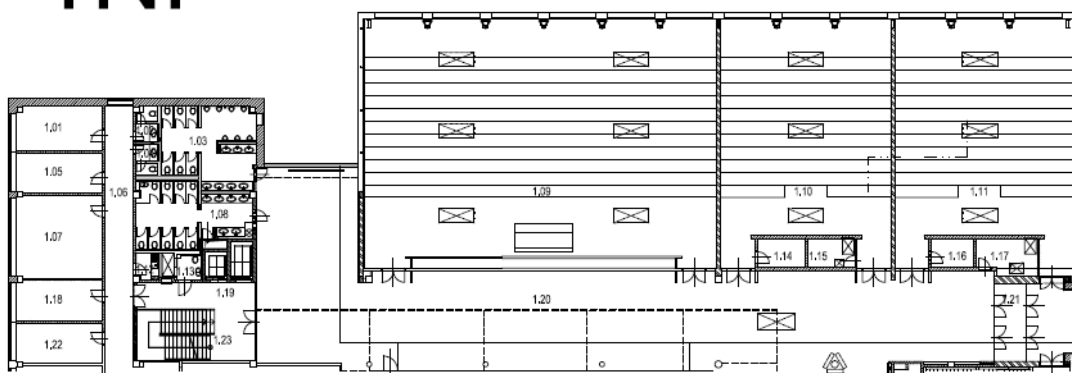
7.ÚVOD

Práce se zabývá tvorbou interního mikroklimatu části budovy vysoké školy pomocí vzduchotechnických systémů. Systémy jsou voleny na základě teoretických znalostí a vhodnosti použití.

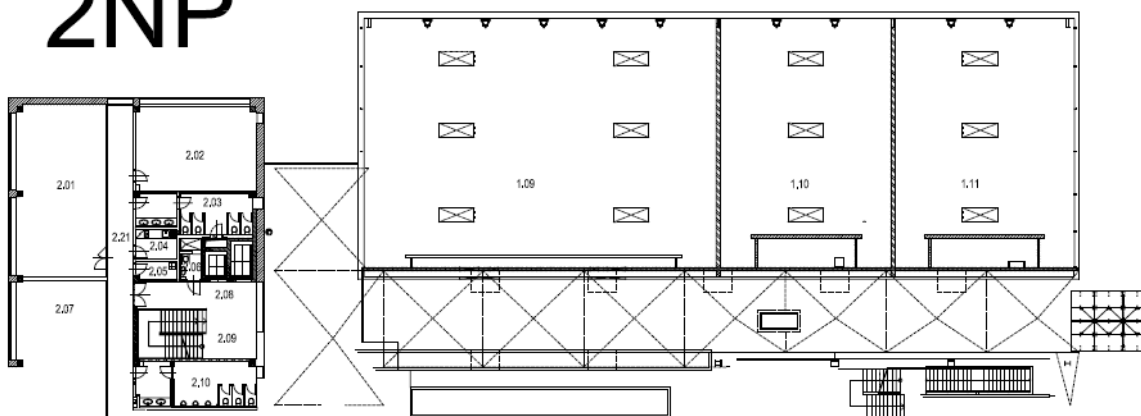
7.1 Charakteristika řešené části objektu

Jedná se o objekt specializovaných výukových prostor MZLU v Brně. Předmětem práce jsou 3 přednáškové místnosti a hygienické zázemí budovy.

1NP



2NP



Právní předpisy a normy

7.2.1 Právní předpisy

- Vyhláška 6/2003, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- Nařízení vlády č. 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

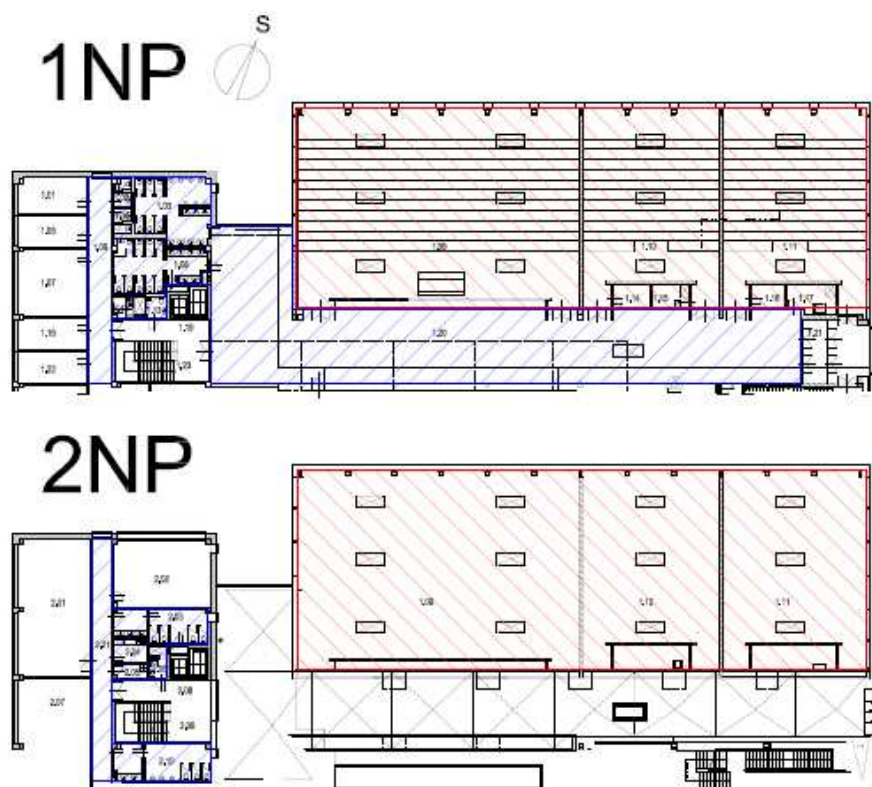
7.2.2 Technické normy

ČSN 12 7010 Navrhování větracích a klimatizačních zařízení

ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

8. ROZDĚLENÍ NA FUNKČNÍ CELKY



8.1 Hygienické zázemí

8.1.1 Charakteristika

. Zařízení bude zajišťovat větrání hygienických místností v 1NP a 2NP. Dávka vzduchu je určena dle hygienických předpisů. V místnostech se zařizovacími předměty je dávka vzduchu určena podle typu a počtu zařizovacích předmětů. Na chodbě na dvounásobnou výměnu vzduchu za hodinu. Světla výška místností je 3,1m v 1NP a 2,7m ve 2NP.

8.1.2 Volený systém

Je zvolen systém nuceného větrání. Čerstvý vzduch bude přiváděn do chodeb a odtud bude pomocí větracích mřížek proudit do ostatních místností. Z tohoto důvodu je nutné zřídit nad dveřními otvory stěnové mřížky, které zaručí přívod vzduchu do ostatních místností. Vzduch bude odváděn z každé místnosti odvodním čtyřhranným potrubím.

8.2 Přednáškové místnosti

8.2.1 Charakteristika

Nachází se zde 3 přednáškové místnosti. Místnosti č. 1.10 a 1.11 jsou stejně velké a jsou určeny pro 80 posluchačů. Místnost č. 1.09 je pak dvojnásobná. Každá z těchto místností bude klimatizována vlastním zařízením umístěným na střeše. Pro návrh nebude rozhodující dávka čerstvého vzduchu, nýbrž pokrytí tepelné zátěže v letním období.

8.2.2 Volený systém

Jsou zvoleny 2 systémy klimatizace. Nejprve je to systém nízkotlaké vzduchové klimatizace. Tato klimatizace bude v letním období pokrývat tepelnou zátěž a v zimním období vytápět místnost. Každá z místností bude mít samostatnou vzduchotechnickou jednotku umístěnou na střeše.

Dalším systémem je systém kombinované klimatizace. Zde je vzduchotechnickým zařízením přiváděn pouze vzduch nutný k větrání. Chlazení i vytápění zajišťují jednotky fancoil umístěné pod okny.

8.3 Přehled navržených vzduchotechnických systémů

VZT systém č.1 – Vzduchová ventilace

VZT systém č.2 – Nízkotlaká klimatizace

VZT systém č.3 – Kombinovaná klimatizace

9. TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ BILANCE

9.1 MÍSTNOST č. 1.09

9.1.1 Tepelná zátěž vnější

9.1.1.1 Vstupní hodnoty

Účel místnosti – přednášková místnost, místo stavby Brno

Střešní konstrukce o tloušťce 0,27 m, $U=0,24 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

Střešní světlíky jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 1 \text{ m}$, $b = 2,5 \text{ m}$

Okna na sever jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 0,9 \text{ m}$, $b = 3,3 \text{ m}$

Intenzita osvětlení $I_x=250 \text{ lx}$

Požadovaná teplota v letním období $t_i=26^\circ\text{C}$

9.1.1.2 Určení doby pro výpočet

Nejvyšší vnější tepelnou zátěž lze očekávat v 15:00 hodin.

- výška Slunce nad obzorem: 44°

- azimut Slunce: 246°

9.1.1.3 Prostup tepla konvekcí oken

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i)$$

$$S_o = S_{okH} + S_{okS} = 6 \cdot (1 \cdot 2,5) + 6 \cdot (0,9 \cdot 3,3) = 15 + 17,82 = 32,82 \text{ m}^2$$

$$t_e = 29 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_i = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{ok} = 1,59 \cdot 32,82 \cdot (29 - 26) = \underline{157 \text{ W}}$$

9.1.1.4 Prostup tepla radiací oken

9.1.1.4.1 Střešní okna:

$$\text{Intenzita sluneční radiace } I_o = 634 \text{ W/m}^2$$

- plocha okna $S_o = a \cdot b = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ m}^2$, počet oken $n = 6$

- stínící součinitel $s = 0,9$ pro dvojité sklo

- korekce na čistotu atmosféry $c_o = 1,0$ pro středně čistou oblast

$$\begin{aligned} \text{- tepelné zisky radiací oken } Q_{or}^H &= [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \cdot n = \\ &= (2,5 \cdot 634 \cdot 1,0) \cdot 0,9 \cdot 6 = \underline{8560 \text{ W}} \end{aligned}$$

9.1.1.4.2 Okna s orientací na sever:

$$\text{Intenzita sluneční radiace } I_o^V = 138 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Azimut stěny } \gamma = 360^{\circ}, \text{ azimut Slunce } \alpha = 246^{\circ}$$

Rozdíl slunečních azimutů β :

$$\text{azimut stěny} - \text{azimut Slunce} = 360^{\circ} - 246^{\circ} = 114^{\circ} > 90^{\circ} \rightarrow \text{NEOSLUNĚNO } S_{os} = 0 \text{ m}^2$$

- plocha okna $S_o = a \cdot b = 0,9 \cdot 3,3 = 2,97 \text{ m}^2$, počet oken $n = 6$

- stínící součinitel $s = 0,9$ pro dvojité sklo, $I_{od} = 138 \text{ W/m}^2$

- korekce na čistotu atmosféry $c_o = 1,0$ pro středně čistou oblast

$$\text{- tepelné zisky radiací oken } Q_{or}^S = S_o \cdot I_{od} \cdot s \cdot n = 2,97 \cdot 138 \cdot 1,0 \cdot 6 = \underline{246 \text{ W}}$$

Celkový tepelný zisk radiací oken:

$$Q_{or} = Q_{or}^H + Q_{or}^S = 8560 + 246 = \underline{8806 \text{ W}}$$

9.1.1.5 Tepelná zátěž vnějších stěn

- tloušťka stěn $d = 0,44\text{m} \rightarrow$ středně těžká stěna

- tepelná zátěž $Q_s = U \cdot S \cdot [(t_{rm} - t_i) + m(t_{r\psi} - t_{rm})]$

$\psi = 32 \cdot d - 0,5 = 32 \cdot 0,44 - 0,5 = 13,58$ tj. 14 hodin

$m = 1 + 7,6 \cdot d / 2500^d = (1 + 7,6 \cdot 0,44) / 2500^{0,44} = 0,139$

-teploty: $t_{rm} = 29,7\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{r\psi} = 30\text{ }^\circ\text{C}$

$Q_s^Z = 0,41 \cdot 61,7 \cdot [(29,7 - 26) + 0,139(30 - 29,7)] = \underline{\underline{95\text{ W}}}$

9.1.1.6 Tepelná zátěž střechou

$Q_{str} = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) = 0,24 \cdot 810 \cdot (33,6 - 26) = \underline{\underline{1478\text{ W}}}$

9.1.2 Tepelná zátěž vnitřní

9.1.2.1 Tepelná zátěž vnitřních stěn

$Q_{s\ i} = S \cdot U \cdot (t_{i0} - t_i)$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.20

$Q_{s\ i} = S \cdot U \cdot (t_{i0} - t_i) = 120 \cdot 2,7 \cdot (28 - 26) = 648\text{ W}$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.10

Místnosti se stejnou teplotou. Tepelná zátěž tedy 0 W.

Celková tepelná zátěž vnitřních stěn : **648 W**

9.1.2.2 Produkce tepla lidí Q_l

- hodnota metabolického tepla $Q_m = 140\text{ W}$

- teplo citelné $q_{lm} = 62\text{ W}$

- teplota $t_i = 26\text{ }^\circ\text{C}$

- počet osob = 160

$-n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m = 0,85 \cdot 80 + 0,75 \cdot 0 + 80 = 148$

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 148 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = \underline{\underline{9176 \text{ W}}}$$

9.1.2.3 Tepelná produkce svítidel Q_{sv}

- intenzita osvětlení: 250 lx

- měrný příkon svítidel pro intenzitu osvětlení 250 lx: výbojky $P_s = 20 \text{ Wm}^{-2}$

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s = 210 \cdot 20 = \underline{\underline{4200 \text{ W}}}$$

9.1.2.4 Vodní zisky M_l

- produkce páry na jednu osobu $m_{lw} = 116 \text{ g/h}$

- počet osob $n_l = 160$

$$M_l = n_l \cdot m_{lw} = 160 \cdot 116 = \underline{\underline{18560 \text{ g/h}}} = \underline{\underline{5,16 \text{ g/s}}}$$

9.1.3 Tepelné ztráty

- teplota exteriéru v zimním období $t_e = -12 \text{ °C}$

- teplota interiéru v zimním období $t_i = 20 \text{ °C}$

konstrukce	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _j	ΔU [W/m ² K]	Δt [°C]	H _T =A*(U+ΔU)*b _j [W/K]	Q _z =H _T *Δt [W]
stěna	61,7	0,41	1	0,02	32	26,53	929
střecha	810,0	0,24	1	0,02	32	210,60	7371
okno	32,8	1,59	1	0,00	32	52,15	1825
celkem							10125

9.1.4 Přehled vypočtených hodnot

Tepelné zisky oken radiací $Q_{or} = 8806 \text{ W}$

Tepelné zisky oken konvekci $Q_{ok} = 157 \text{ W}$

Tepelná zátěž vnějších stěn $Q_s = 95 \text{ W}$

Tepelná zátěž střechou $Q_s = 1478 \text{ W}$

Tepelná zátěž vnitřních stěn $Q_{si} = 648 \text{ W}$

Tepelná produkce lidí $Q_l = 9176 \text{ W}$

Tepelná produkce svítidel	$Q_{sv} = 4200 \text{ W}$
Celková tepelná zátěž	$Q_l = 24560 \text{ W}$
Tepelné ztráty	$Q_z = 10125 \text{ W}$
Vodní zisky	$M_w = 5,16 \text{ g/s}$

9.2 MÍSTNOST č. 1.10

9.2.1 Tepelná zátěž vnější

9.2.1.1 Vstupní hodnoty

Účel místnosti – přednášková místnost, místo stavby Brno

Střešní konstrukce o tloušťce 0,27 m, $U=0,24 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

Střešní světlíky jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 1 \text{ m}$, $b = 2,5 \text{ m}$

Okna na sever jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 0,9 \text{ m}$, $b = 3,3 \text{ m}$

Intenzita osvětlení $I_x=250 \text{ lx}$

Požadovaná teplota v letním období $t_i=26^\circ\text{C}$

9.2.1.2 Určení doby pro výpočet

Nejvyšší vnější tepelnou zátěž lze očekávat v 15:00 hodin.

- výška Slunce nad obzorem: 44°

- azimut Slunce: 246°

9.2.1.3 Prostup tepla konvekcí oken

$$Q_{ok} = U_o \cdot S_o \cdot (t_e - t_i)$$

$$S_o = S_{okH} + S_{okS} = 3 \cdot (1 \cdot 2,5) + 3 \cdot (0,9 \cdot 3,3) = 7,5 + 8,91 = 16,41 \text{ m}^2$$

$$t_e = 29^\circ\text{C}$$

$$t_i = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{ok} = 1,59 \cdot 16,41 \cdot (29 - 26) = \underline{\underline{79 \text{ W}}}$$

9.2.1.4 Prostup tepla radiací oken

9.2.1.4.1 Střešní okna:

$$\text{Intenzita sluneční radiace } I_o = 634 \text{ W/m}^2$$

$$\text{- plocha okna } S_o = a \cdot b = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ m}^2, \text{ počet oken } n = 3$$

$$\text{- stínící součinitel } s = 0,9 \text{ pro dvojité sklo}$$

$$\text{- korekce na čistotu atmosféry } c_o = 1,0 \text{ pro středně čistou oblast}$$

$$\text{- tepelné zisky radiací oken } Q_{or}^H = [S_{os} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{os}) \cdot I_{od}] \cdot s \cdot n =$$

$$= (2,5 \cdot 634 \cdot 1,0) \cdot 0,9 \cdot 3 = \underline{\underline{4280 \text{ W}}}$$

9.2.1.4.2 Okna s orientací na sever:

$$\text{Intenzita sluneční radiace } I_o^V = 138 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Azimut stěny } \gamma = 360^{\circ}, \text{ azimut Slunce } \alpha = 246^{\circ}$$

$$\text{Rozdíl slunečních azimutů } \beta:$$

$$\text{azimut stěny - azimut Slunce} = 360^{\circ} - 246^{\circ} = 114^{\circ} > 90^{\circ} \rightarrow \text{NEOSLUNĚNO } S_{os} = 0 \text{ m}^2$$

$$\text{- plocha okna } S_o = a \cdot b = 0,9 \cdot 3,3 = 2,97 \text{ m}^2, \text{ počet oken } n = 3$$

$$\text{- stínící součinitel } s = 0,9 \text{ pro dvojité sklo, } I_{od} = 138 \text{ W/m}^2$$

$$\text{- korekce na čistotu atmosféry } c_o = 1,0 \text{ pro středně čistou oblast}$$

$$\text{- tepelné zisky radiací oken } Q_{or}^S = S_o \cdot I_{od} \cdot s \cdot n = 2,97 \cdot 138 \cdot 1,0 \cdot 3 = \underline{\underline{123 \text{ W}}}$$

$$\text{Celkový tepelný zisk radiací oken:}$$

$$Q_{or} = Q_{or}^H + Q_{or}^S = 4280 + 123 = \underline{\underline{4403 \text{ W}}}$$

9.2.1.5 Tepelná zátěž střechou

$$Q_{str} = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) = 0,24 \cdot 403 \cdot (33,6 - 26) = \underline{\underline{735 \text{ W}}}$$

9.2.2 Tepelná zátěž vnitřní

9.2.2.1 Tepelná zátěž vnitřních stěn

$$Q_{si} = S \cdot U \cdot (t_{i0} - t_i)$$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.20

$$Q_{si} = S \cdot U \cdot (t_{i0} - t_i) = 46,3 \cdot 2,7 \cdot (28 - 26) = 250 \text{ W}$$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.09, 1.11

Místnosti se stejnou teplotou. Tepelná zátěž tedy 0 W.

Celková tepelná zátěž vnitřních stěn : **250 W**

9.2.2.2 Produkce tepla lidí Q_l

- hodnota metabolického tepla $Q_m = 140 \text{ W}$

- teplo citelné $q_{lm} = 62 \text{ W}$

- teplota $t_i = 26 \text{ °C}$

- počet osob = 80

$$n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m = 0,85 \cdot 40 + 0,75 \cdot 0 + 40 = 74$$

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 74 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = \mathbf{4588 \text{ W}}$$

9.2.2.3 Tepelná produkce svítidel Q_{sv}

- intenzita osvětlení: 250 lx

- měrný příkon svítidel pro intenzitu osvětlení 250 lx: výbojky $P_s = 20 \text{ Wm}^{-2}$

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s = 100 \cdot 20 = \mathbf{2000 \text{ W}}$$

9.2.2.4 Vodní zisky M_l

- produkce páry na jednu osobu $m_{lw} = 116 \text{ g/h}$

- počet osob $n_l = 80$

$$M_l = n_l \cdot m_{lw} = 80 \cdot 116 = \mathbf{9280 \text{ g/h} = 2,58 \text{ g/s}}$$

9.2.3 Tepelné ztráty

- teplota exteriéru v zimním období $t_e = -12\text{ °C}$

- teplota interiéru v zimním období $t_i = 20\text{ °C}$

konstrukce	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _j	ΔU [W/m ² K]	Δt [°C]	$H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b_j$ [W/K]	$Q_p = H_T \cdot \Delta t$ [W]
střecha	403,0	0,24	1	0,02	32	104,78	3667
okno	16,4	1,59	1	0,00	32	26,08	913
celkem							4580

9.2.4 Přehled vypočtených hodnot

Tepelné zisky oken radiací $Q_{or} = 4403\text{ W}$

Tepelné zisky oken konvekcí $Q_{ok} = 79\text{ W}$

Tepelná zátěž střechou $Q_s = 735\text{ W}$

Tepelná zátěž vnitřních stěn $Q_{si} = 250\text{ W}$

Tepelná produkce lidí $Q_l = 4588\text{ W}$

Tepelná produkce svítidel $Q_{sv} = 2000\text{ W}$

Celková tepelná zátěž $Q_l = 12055\text{ W}$

Tepelné ztráty $Q_z = 4580\text{ W}$

Vodní zisky $M_w = 2,58\text{ g/s}$

9.3 MÍSTNOST č. 1.11

9.3.1 Tepelná zátěž vnější

9.3.1.1 Vstupní hodnoty

Účel místnosti – přednášková místnost, místo stavby Brno

Střešní konstrukce o tloušťce 0,27 m, $U=0,24 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

Střešní světlíky jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 1 \text{ m}$, $b = 2,5 \text{ m}$

Okna na sever jsou hliníkové (dle výpisu prvků) $U=1,59 \text{ Wm}^2\text{K}^{-1}$

zasklená část : $a = 0,9 \text{ m}$, $b = 3,3 \text{ m}$

Intenzita osvětlení $I_x=250 \text{ lx}$

Požadovaná teplota v letním období $t_i=26^\circ\text{C}$

9.3.1.2 Určení doby pro výpočet

Nejvyšší vnější tepelnou zátěž lze očekávat v 15:00 hodin.

- výška Slunce nad obzorem: 44°

- azimut Slunce: 246°

9.3.1.3 Prostup tepla konvekcí oken

$$Q_{ok} = U_o * S_o * (t_e - t_i)$$

$$S_o = S_{okH} + S_{okS} = 3 * (1 * 2,5) + 3 * (0,9 * 3,3) = 7,5 + 8,91 = 16,41 \text{ m}^2$$

$$t_e = 29^\circ\text{C}$$

$$t_i = 26^\circ\text{C}$$

$$Q_{ok} = 1,59 * 16,41 * (29 - 26) = \underline{\underline{79 \text{ W}}}$$

9.3.1.4 Prostup tepla radiací oken

9.3.1.4.1 Střešní okna:

Intenzita sluneční radiace $I_o = 634 \text{ W/m}^2$

- plocha okna $S_o = a*b = 1*2,5 = 2,5 \text{ m}^2$, počet oken $n = 3$
- stínící součinitel $s = 0,9$ pro dvojité sklo
- korekce na čistotu atmosféry $c_o = 1,0$ pro středně čistou oblast
- tepelné zisky radiací oken $Q_{or}^H = [S_{os}*I_o*c_o + (S_o - S_{os})*I_{od}]*s*n =$
 $= (2,5*634*1,0)*0,9*3 = \underline{4280 \text{ W}}$

9.3.1.4.2 Okna s orientací na sever:

Intenzita sluneční radiace $I_o^V = 138 \text{ W/m}^2$

Azimut stěny $\gamma = 360^\circ$, azimut Slunce $\alpha = 246^\circ$

Rozdíl slunečních azimutů β :

azimut stěny - azimut Slunce $= 360^\circ - 246^\circ = 114^\circ > 90^\circ \rightarrow \text{NEOSLUNĚNO } S_{os}=0 \text{ m}^2$

- plocha okna $S_o = a*b = 0,9*3,3 = 2,97 \text{ m}^2$, počet oken $n = 3$
- stínící součinitel $s = 0,9$ pro dvojité sklo, $I_{od}=138 \text{ W/m}^2$
- korekce na čistotu atmosféry $c_o = 1,0$ pro středně čistou oblast
- tepelné zisky radiací oken $Q_{or}^S = S_o*I_{od}*s*n = 2,97*138*1,0*3 = \underline{123 \text{ W}}$

Celkový tepelný zisk radiací oken:

$$Q_{or} = Q_{or}^H + Q_{or}^S = 4280 + 123 = \underline{4403 \text{ W}}$$

9.3.1.5 Tepelná zátěž vnějších stěn

- tloušťka stěn $d = 0,44\text{m} \rightarrow$ středně těžká stěna
- tepelná zátěž $Q_s = U*S*[(t_{rm}-t_i)+m(t_{r\psi}-t_{rm})]$
- $\psi = 32*d - 0,5 = 32*0,44 - 0,5 = 13,58 \text{ tj. } 14 \text{ hodin}$
- $m = 1+7,6*d/2500^d = (1+7,6*0,44)/2500^{0,44} = 0,139$
- teploty: $t_{rm} = 29,7 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_{r\psi} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$
- $Q_s^V = 0,41*90,2*[(29,7-26)+0,139(30-29,7)] = \underline{139 \text{ W}}$

9.3.1.6 Tepelná zátěž střechou

$$Q_{str} = U \cdot S \cdot (t_{rm} - t_i) = 0,24 \cdot 403 \cdot (33,6 - 26) = \underline{735 \text{ W}}$$

9.3.2 Tepelná zátěž vnitřní

9.3.2.1 Tepelná zátěž vnitřních stěn

$$Q_{si} = S \cdot U \cdot (t_{io} - t_i)$$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.20, 1.21

$$Q_{si} = S \cdot U \cdot (t_{io} - t_i) = 46,3 \cdot 2,7 \cdot (28 - 26) = 250 \text{ W}$$

- vnitřní zeď oddělující místnost 1.10

Místnosti se stejnou teplotou. Tepelná zátěž tedy 0 W.

Celková tepelná zátěž vnitřních stěn : 250 W

9.3.2.2 Produkce tepla lidí Q_l

- hodnota metabolického tepla $Q_m = 140 \text{ W}$

- teplo citelné $q_{lm} = 62 \text{ W}$

- teplota $t_i = 26 \text{ °C}$

- počet osob = 80

$$-n_l = 0,85 \cdot n_z + 0,75 \cdot n_d + n_m = 0,85 \cdot 40 + 0,75 \cdot 0 + 40 = 74$$

$$Q_l = n_l \cdot 6,2 \cdot (36 - t_i) = 74 \cdot 6,2 \cdot (36 - 26) = \underline{4588 \text{ W}}$$

9.3.2.3 Tepelná produkce svítidel Q_{sv}

- intenzita osvětlení: 250 lx

- měrný příkon svítidel pro intenzitu osvětlení 250 lx: výbojky $P_s = 20 \text{ Wm}^{-2}$

$$Q_{sv} = S_s \cdot P_s = 100 \cdot 20 = \underline{2000 \text{ W}}$$

9.3.2.4 Vodní zisky M_l

- produkce páry na jednu osobu $m_{lw} = 116 \text{ g/h}$

- počet osob $n_l = 80$

$$M_l = n_l \cdot m_{lw} = 80 \cdot 116 = 9280 \text{ g/h} = \underline{2,58 \text{ g/s}}$$

9.3.3 Tepelné ztráty

- teplota exteriéru v zimním období $t_e = -12 \text{ }^\circ\text{C}$

- teplota interiéru v zimním období $t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

konstrukce	A [m ²]	U [W/m ² K]	b _j	ΔU [W/m ² K]	Δt [°C]	$H_T = A \cdot (U + \Delta U) \cdot b_j$ [W/K]	$Q_z = H_T \cdot \Delta t$ [W]
stěna	90,2	0,41	1	0,02	32	38,79	1358
střecha	403,0	0,24	1	0,02	32	104,78	3667
okno	16,4	1,59	1	0,00	32	26,08	913
Celkem							5938

9.3.4 Přehled vypočtených hodnot

Tepelné zisky oken radiací $Q_{or} = 4403 \text{ W}$

Tepelné zisky oken konvekcí $Q_{ok} = 79 \text{ W}$

Tepelná zátěž vnějších stěn $Q_s = 139 \text{ W}$

Tepelná zátěž střechou $Q_s = 735 \text{ W}$

Tepelná zátěž vnitřních stěn $Q_{si} = 250 \text{ W}$

Tepelná produkce lidí $Q_l = 4588 \text{ W}$

Tepelná produkce svítidel $Q_{sv} = 2000 \text{ W}$

Celková tepelná zátěž $Q_l = 12194 \text{ W}$

Tepelné ztráty $Q_z = 5938 \text{ W}$

Vodní zisky $M_w = 2,58 \text{ g/s}$

10. NÁVRH NUCENÉHO VĚTRÁNÍ HYGIENICKÉHO ZÁZEMÍ

Zařízení č.1 zajišťuje větrání hygienického zázemí školy v 1NP a 2NP.

10.1 Stanovení potřebného průtoku vzduchu pro větrání

Potřebné průtoky přívodního i odvodního vzduchu pro větrání jsou uvedeny v následující tabulce.

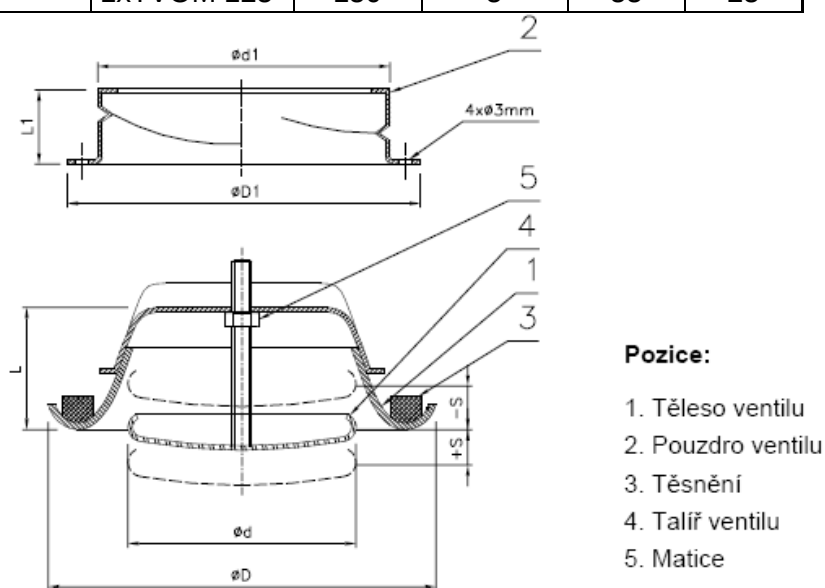
číslo místnosti	název místnosti	plocha A(m ²)	sv.výška H(m)	objem V(m ³)	výměna (x/h)	přívod m ³ /h	odvod m ³ /h
1.02	WC muži	3,9	3,1	12,1	-	-	80
1.03	WC muži	36,7	3,1	113,8	-	-	685
1.04	WC ženy	3,5	3,1	10,9	-	-	80
1.06	Chodba	37,5	3,1	116,3	2	430	240
1.08	WC ženy	30,6	3,1	94,9	-	-	660
1.12	Kuchyňka	3,3	3,1	10,2	-	-	30
1.13	WC + sprcha	5,0	3,1	15,5	-	180	180
1.20	Fakultní foyer	387,0	3,1	1199,7	2	3750	2405
2.03	WC ženy	21,6	2,7	58,3	-	-	290
2.04	Kuchyňka	6,4	2,7	17,3	-	-	30
2.05	Uklid	3,8	2,7	10,3	-	-	30
2.06	WC + sprcha	4,7	2,7	12,7	-	180	180
2.10	WC muži	27,3	2,7	73,7	-	-	285
2.21	Chodba	38,7	2,7	104,5	2	850	215
						5390	5390

10.2 Distribuce vzduchu

Distribuci vzduchu budou zajišťovat stěnové obdélníkové vyústky na přívodním potrubí. Talířové ventily na potrubí odvodním. Typy vyústek a jejich rozměry jsou uvedeny v následujících tabulkách.

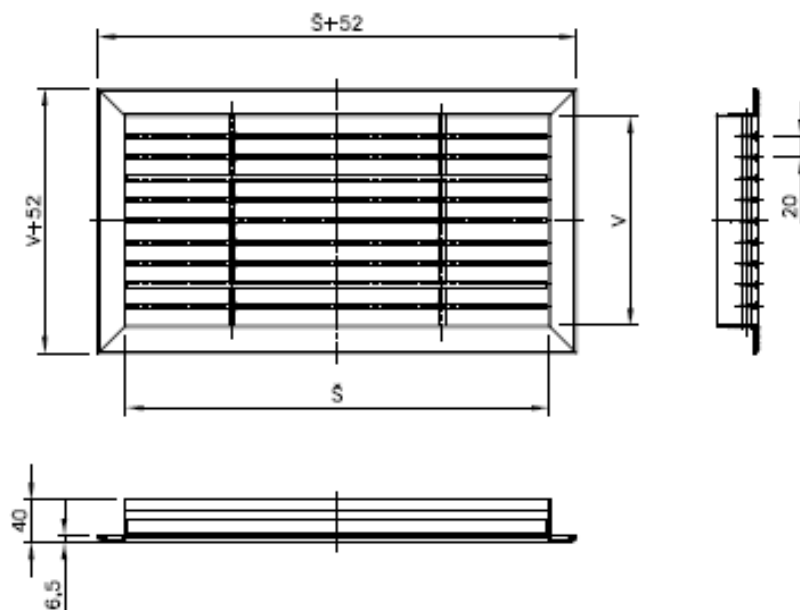
10.2.1 Odvodní potrubí

č.m.	název místnosti	typ talířového ventilu	průtok vzduchu ventilem [m ³ /h]	nastavení ventilu od nulové polohy s [mm]	tlaková ztráta Δp [Pa]	hladina L_a [dB(A)]
1.02	WC Muži	1xTVOM 100	80	5	70	25
1.03	WC Muži	2xTVOM 80	50	0	45	25
		2xTVOM 80	60	3	45	26
		1xTVOM 100	75	5	58	22
		1xTVOM 100	90	5	85	28
		2xTVOM 125	150	5	55	25
1.04	WC ženy	1xTVOM 100	80	5	70	25
1.08	WC ženy	3xTVOM 80	60	3	45	26
		1xTVOM 100	80	5	70	25
		1xTVOM 125	100	-3	60	24
		2xTVOM 125	150	5	55	25
1.12	Kuchyňka	1xTVOM 80	30	-6	49	25
1.13	WC+sprcha	1xTVOM 150	180	5	52	26
2.03	WC ženy	1xTVOM 100	90	5	85	28
		2xTVOM 125	100	-3	60	24
2.04	Kuchyňka	1xTVOM 80	30	-6	49	25
2.05	Úklid	1xTVOM 80	30	-6	49	25
2.06	WC+sprcha	1xTVOM 150	180	5	52	26
2.10	WC Muži	1xTVOM 80	60	3	45	26
		1xTVOM 100	75	5	58	22
		1xTVOM 125	150	5	55	25



Obr19. Talířový ventil pro odvod vzduchu (www.mandik.cz)

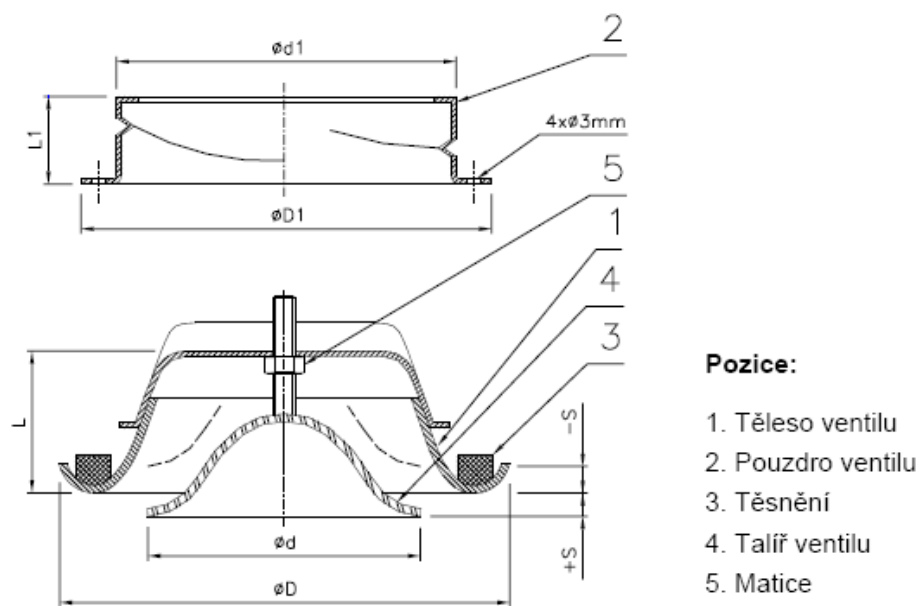
č.m	koncový element	rozměry [ŠxV]	Sef [m2]	V [m3/h]	Δp_c [Pa]	Lwa [dB]	wef [m/s]
1.06	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	200x140	0,0225	240	8	23	3,0
1.20	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	1000x280	0,2202	2405	8	23	3,0
2.21	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	200x140	0,0225	215	6	21	2,7



Obr20. Vyústka s pevnými vodorovnými lamelami s roztečí lamel 20 mm
(www.mandik.cz)

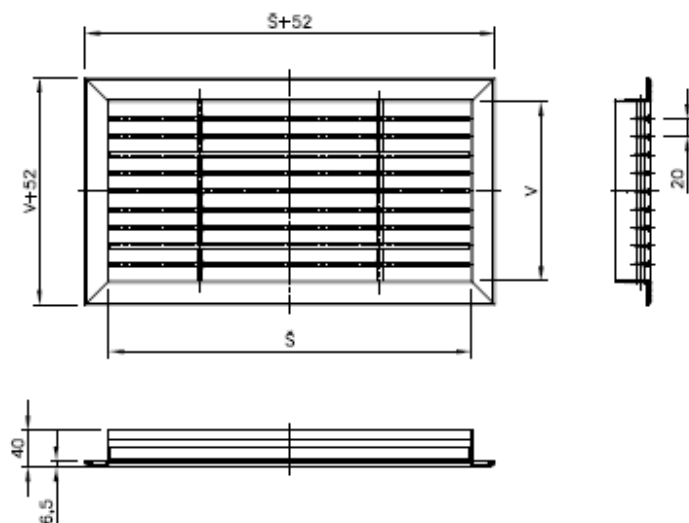
10.2.2 Přívodní potrubí

č.m.	název místnosti	typ talířového ventilu	průtok vzduchu ventilem [m3/h]	nastavení ventilu od nulové polohy s [mm]	tlaková ztráta Δp [Pa]	hladina La [dB(A)]
1.13	WC+sprcha	1xTVPM 150	180	5	62	30
2.06	WC+sprcha	1xTVPM 150	180	5	62	30



Obr21. Talířový ventil pro přívod vzduchu (www.mandik.cz)

č.m	koncový element	rozměry [ŠxV]	Sef [m ²]	V [m ³ /h]	Δp_c [Pa]	Lwa [dB]	wef [m/s]
1.06	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	200x225	0,0358	430	12	26	3,3
1.20	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	725x425	0,2414	3750	16	30	4,3
2.21	Stěnová vyústka SVM PV 20 / UR1 / - TPM 016/ 01	400x225	0,0716	850	12	26	3,3



Obr22. Vyústka s pevnými vodorovnými lamelami s roztečí lamel 20 mm
(www.mandik.cz)

10.3 Návrh větracích mřížek

Tyto mřížky jsou navrženy z důvodu zajištění cirkulace vzduchu mezi jednotlivými místnostmi. Rozměry navrhovaných mřížek a jejich umístění popisuje následující tabulka. Mřížky budou zřizovány nad dveřními otvory mezi jednotlivými místnostmi.

č.m	koncový element	rozměry [ŠxV]	Sef [m ²]	V [m ³ /h]	Δpc [Pa]	Lwa [dB]	wef [m/s]
1.03	Stěnová mřížka SMM 12,5 / UR1 / - TPM 014/ 01	800x150	0,0769	685	12	26	2,5
1.08	Stěnová mřížka SMM 12,5 / UR1 / - TPM 014/ 01	800x150	0,0769	660	12	27	2,4
2.03	Stěnová mřížka SMM 12,5 / UR1 / - TPM 014/ 01	400x150	0,0384	290	12	26	2,1
2.10	Stěnová mřížka SMM 12,5 / UR1 / - TPM 014/ 01	400x150	0,0384	285	12	26	2,1



Obr23. Mřížka s uchycením šrouby a s upevňovacím rámečkem pro zazdění
(www.mandik.cz)

10.4 Návrh vzduchotechnického potrubí

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedené z ocelového potrubí sk.I. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti.

10.4.1 Odvodní potrubí

Číslo úseku	V	L	v'	S'	d'	A (š)	x	B (v)	d _r	v	R	ξ	Z	I•R + Z
	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m			m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa
1	180	1,5	3,2	0,02	0,14	160	x	125	0,140	3,25	0,76	0,6	3,80	4,94
2	210	1,4	3,3	0,02	0,15	180	x	125	0,148	3,39	0,76	0,6	4,14	5,21
3	460	3,2	3,5	0,04	0,22	180	x	250	0,209	3,73	0,57	0,6	5,00	6,82
4	690	1,6	3,7	0,05	0,26	250	x	250	0,250	3,91	0,52	0,6	5,49	6,33
6	770	2,7	3,8	0,06	0,27	280	x	250	0,264	3,91	0,49	1,2	11,00	12,33
7	1010	0,7	4,1	0,07	0,30	355	x	250	0,293	4,16	0,49	1,2	12,48	12,82
8	1090	2,0	4,3	0,07	0,30	355	x	250	0,293	4,49	0,44	1,2	14,53	15,41
9	1390	2,0	4,5	0,09	0,33	450	x	250	0,321	4,77	0,41	0,6	8,20	9,02
10	1565	2,0	4,6	0,09	0,35	450	x	280	0,345	4,65	0,40	1,2	15,59	16,39
11	1655	2,0	4,7	0,10	0,35	500	x	280	0,359	4,54	0,45	1,2	14,87	15,77
12	1775	0,9	4,8	0,10	0,36	500	x	280	0,359	4,87	0,39	1,2	17,10	17,45
13	1895	1,2	4,9	0,11	0,37	560	x	280	0,373	4,82	0,45	0,6	8,36	8,90
14	4300	0,7	5,0	0,24	0,55	800	x	280	0,415	8,83	0,73	1,2	56,20	56,71
15	4360	4,2	4,2	0,29	0,61	800	x	500	0,615	4,08	0,16	1,2	11,98	12,64
16	5390	12	5,0	0,30	0,62	800	x	500	0,615	5,04	0,23	1,2	18,31	21,07

Tlaková ztráta posledního koncového elementu

8

Celková tlaková ztráta

229,80

10.4.2 Přívodní potrubí

Číslo úseku	V	L	v'	S'	d'	A (š)	x	B (v)	d _r	v	R	ξ	Z	I•R + Z
	m ³ /h	m	m/s	m ²	m	m			m	m/s	Pa/m	-	Pa	Pa
1	3750	5,6	3,5	0,30	0,62	800	x	500	0,615	3,51	0,09	0,6	4,43	4,94
2	3750	2,0	3,0	0,35	0,67	800	x	280	0,415	7,70	0,09	2,4	85,48	85,66
3	4360	4,0	4,0	0,30	0,62	800	x	500	0,615	4,08	0,12	0,6	5,99	6,47
4	5390	12,0	4,5	0,33	0,65	900	x	500	0,643	4,61	0,17	1,2	15,32	17,36

Tlaková ztráta posledního koncového elementu

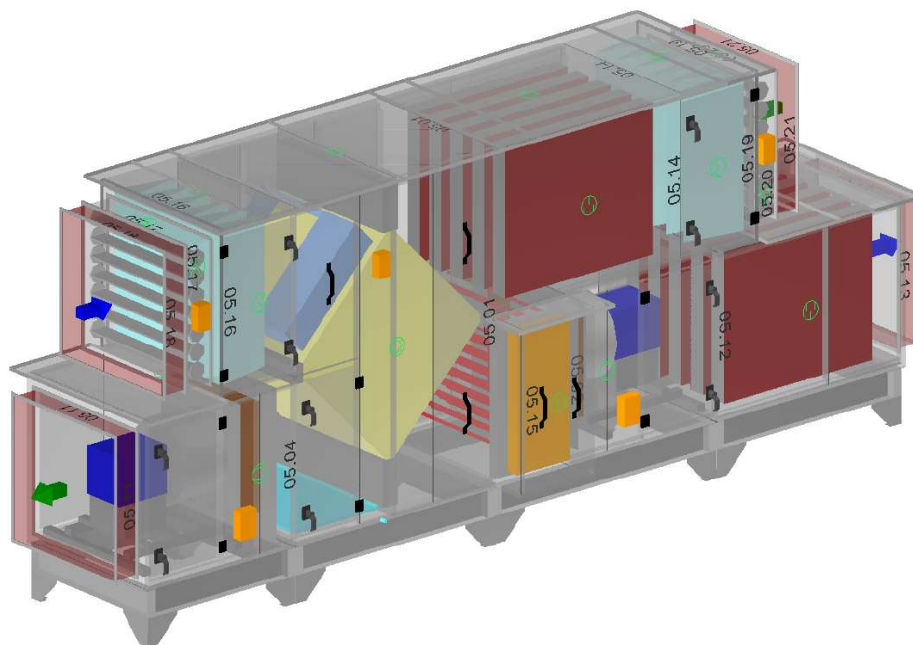
16

Celková tlaková ztráta

130,43

10.5 Návrh vzduchotechnické jednotky

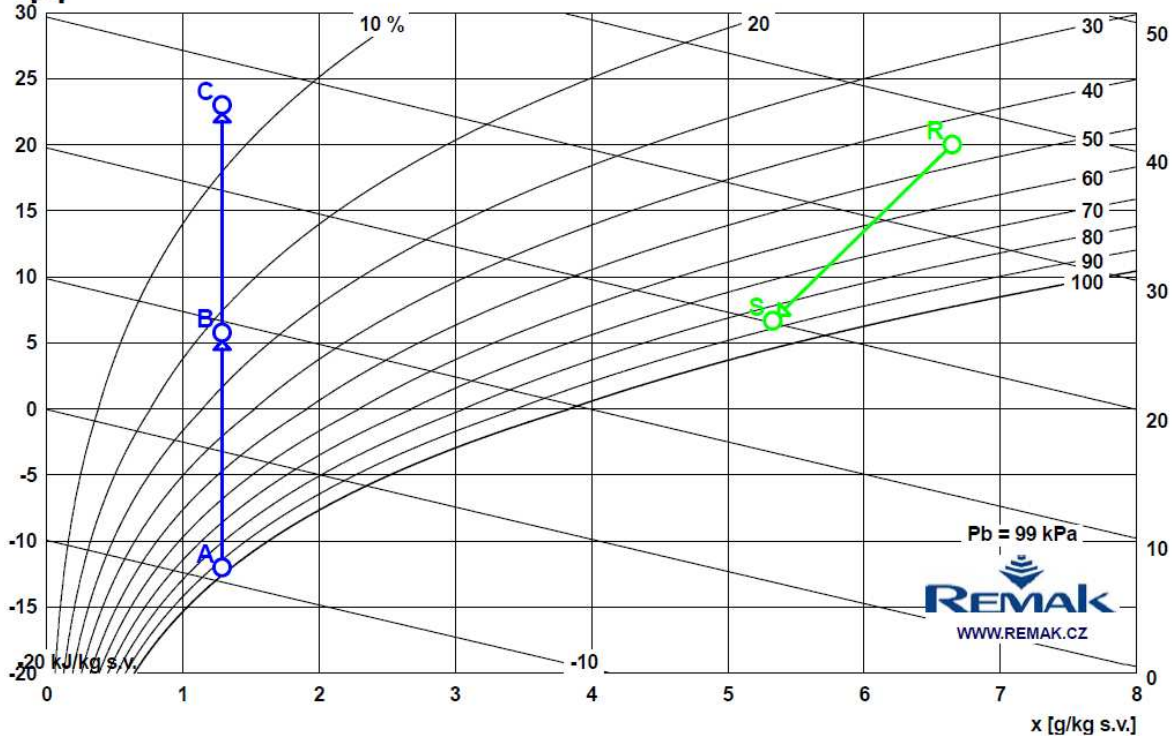
rozměry jednotky: x = 5451mm, y = 1194mm, z = 2120mm



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Zima

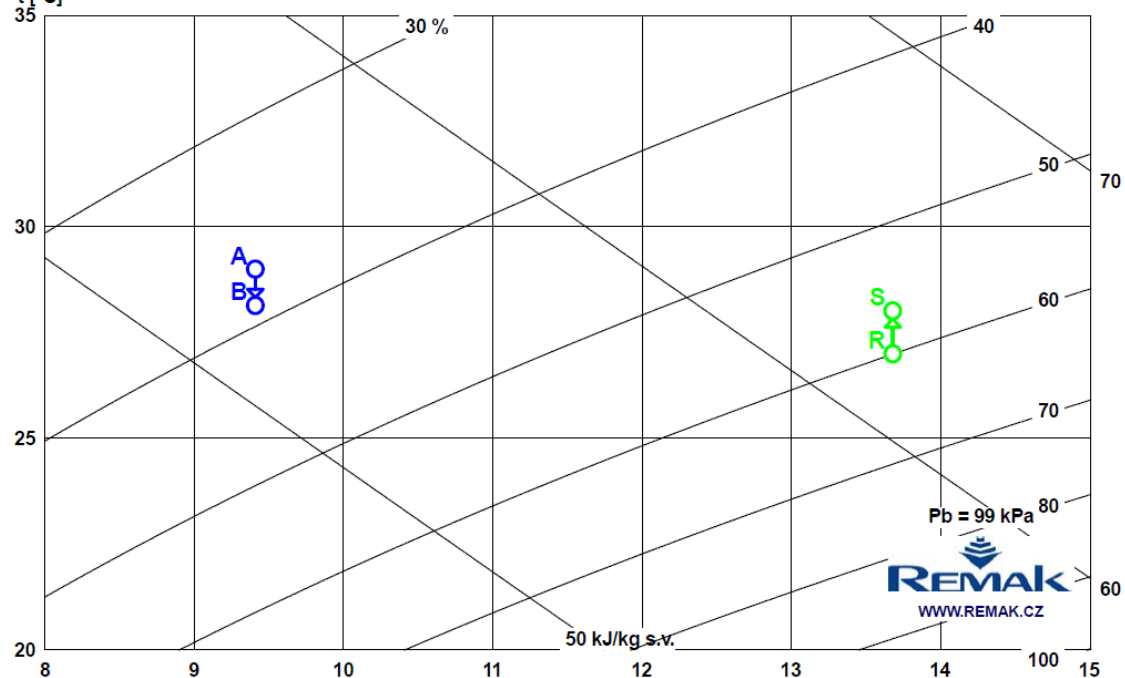
t [°C]



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Létó

t [°C]



11. NÁVRH NÍZKOTLAKÉ VZDUCHOVÉ KLIMATIZACE

Jedná se o nízkotlaký klimatizační systém, který je navržen na odbourávání tepelné zátěže v letním období, v zimním období bude systém vytápět prostor posluchárny.

11.1 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č. 1.09

11.1.1 Přehled výchozích hodnot

Celková tepelná zátěž: $Q_l = 24560 \text{ W}$

Tepelné ztráty: $Q_z = 10125 \text{ W}$

Vodní zisky: $M_w = 5,16 \text{ g/s}$

Počet osob: 160

Požadovaná vnitřní teplota v létě: $t_{il} = 26 \text{ °C}$

Vnitřní teplota v zimě: $t_{iz} = 20 \text{ °C}$

$\Delta t_{kl} = 8 \text{ K}$, předběžný $\Delta t_{kz} = 12 \text{ K}$

11.1.2 Určení základních veličin

11.1.2.1 Objemový průtok přívodního vzduchu V_p

-letní období: $V_{p_l} = Q_l / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 24560 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 8 = 2,54 \text{ m}^3/\text{s}$

-zimní období: $V_{p_z} = Q_z / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 10125 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 12 = 0,7 \text{ m}^3/\text{s}$

-výpočtový průtok vzduchu pro systém s konstantním průtokem je $V_p = 2,54 \text{ m}^3/\text{s}$

- upravený rozdíl teplot pro zimní ob.: $\Delta t_{kz} = Q_z / c \cdot \rho \cdot V_p = 10125 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 2,54 = 3,29 \text{ K}$

-odvlhčení vzduchu : $\Delta x = M_w / \rho \cdot V_p = 5,16 / 1,2 \cdot 2,54 = 1,69 \text{ g/kg}$

11.1.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu V_e :

- průtok venkovního vzduchu : $V_e = 160 \cdot 30 = 4800 \text{ m}^3/\text{h} = 1,33 \text{ m}^3/\text{s}$

11.1.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu :

$$V_c = V_p - V_e = 2,54 - 1,33 = 1,21 \text{ m}^3/\text{s}$$

11.2 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č. 1.10

11.2.1 Přehled výchozích hodnot

Celková tepelná zátěž: $Q_l = 12055 \text{ W}$

Tepelné ztráty: $Q_z = 4580 \text{ W}$

Vodní zisky: $M_w = 2,58 \text{ g/s}$

Počet osob: 80

Požadovaná vnitřní teplota v létě: $t_{il} = 26 \text{ °C}$

Vnitřní teplota v zimě: $t_{iz} = 20 \text{ °C}$

$\Delta t_{kl} = 8 \text{ K}$, předběžný $\Delta t_{kz} = 12 \text{ K}$

11.2.2 Určení základních veličin

11.2.2.1 Objemový průtok přívodního vzduchu V_p

-letní období: $V_{p_l} = Q_l / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 12055 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 8 = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$

-zimní období: $V_{p_z} = Q_z / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 4580 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 12 = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$

-výpočtový průtok vzduchu pro systém s konstantním průtokem je $V_p = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$

- upravený rozdíl teplot pro zimní ob.: $\Delta t_{kz} = Q_z / c \cdot \rho \cdot V_p = 4580 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 3,02 \text{ K}$

-odvlhčení vzduchu : $\Delta x = M_w / \rho \cdot V_p = 2,58 / 1,2 \cdot 1,25 = 1,72 \text{ g/kg}$

11.2.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu V_e :

- průtok venkovního vzduchu: $V_e = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ m}^3/\text{h} = 0,67 \text{ m}^3/\text{s}$

11.2.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu :

$$V_c = V_p - V_e = 1,25 - 0,67 = 0,58 \text{ m}^3/\text{s}$$

11.3 Stanovení potřebného průtoku vzduchu – místnost č 1.11

11.3.1 Přehled výchozích hodnot

Celková tepelná zátěž: $Q_i = 12194 \text{ W}$

Tepelné ztráty: $Q_z = 5938 \text{ W}$

Vodní zisky: $M_w = 2,58 \text{ g/s}$

Počet osob: 80

Požadovaná vnitřní teplota v létě: $t_{il} = 26 \text{ °C}$

Vnitřní teplota v zimě: $t_{iz} = 20 \text{ °C}$

$\Delta t_{kl} = 8 \text{ K}$, předběžný $\Delta t_{kz} = 12 \text{ K}$

11.3.2 Určení základních veličin

11.3.2.1 Objemový průtok přívodního vzduchu V_p

-letní období: $V_{p_l} = Q_i / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 12194 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 8 = 1,26 \text{ m}^3/\text{s}$

-zimní období: $V_{p_z} = Q_z / c \cdot \rho \cdot \Delta t_{kl} = 5938 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 12 = 0,41 \text{ m}^3/\text{s}$

-výpočtový průtok vzduchu pro systém s konstantním průtokem je $V_p = 1,26 \text{ m}^3/\text{s}$

- upravený rozdíl teplot pro zimní ob.: $\Delta t_{kz} = Q_z / c \cdot \rho \cdot V_p = 5938 / 1010 \cdot 1,2 \cdot 1,26 = 3,89 \text{ K}$

-odvlhčení vzduchu : $\Delta x = M_w/p \cdot V_p = 2,58/1,2 \cdot 1,26 = 1,7 \text{ g/kg}$

11.3.2.2 Objemový průtok venkovního vzduchu V_e :

- průtok venkovního vzduchu: $V_e = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ m}^3/\text{h} = 0,67 \text{ m}^3/\text{s}$

11.3.2.3 Objemový průtok oběhového vzduchu :

$$V_c = V_p - V_e = 1,26 - 0,67 = 0,59 \text{ m}^3/\text{s}$$

11.4 Objemové průtoky v jednotlivých místnostech

číslo místnosti	název místnosti	plocha $A(\text{m}^2)$	sv.výška $H(\text{m})$	objem $V(\text{m}^3)$	výměna (x/h)	přívod m^3/h	odvod m^3/h
1.09	Posluchárna	810	4,8	3888	2,4	9145	9145
1.10	Posluchárna	403	4,8	1934,4	2,4	4500	4500
1.11	Posluchárna	403	4,8	1934,4	2,4	4540	4540

11.5 Distribuce vzduchu

11.5.1 Distribuční prvky přívodního potrubí:

Distribuci přívodního vzduchu do místností 1.09, 1.10 a 1.11 budou zajišťovat nastavitelné dýzy axiálně namontované na spiro potrubí. Toto potrubí bude umístěné pod konstrukcí střechy.

Navrženo: DMMII 315/S

č.m.	název místnosti	počet dýz	průtok vzduchu jednou dýzou $[\text{m}^3/\text{h}]$	tlaková ztráta Δp $[\text{Pa}]$	hladina L_a $[\text{dB(A)}]$	úhel nastavení dýzy při chlazení α_k $[\circ]$	úhel nastavení dýzy při ohřevu α_T $[\circ]$	rychlost proudění v zóně pobytu osob $[\text{m/s}]$
1.09	Posluchárna	10	915	72	33	20	-19	<0,1
1.10	Posluchárna	5	900	70	33	20	-19	<0,1
1.11	Posluchárna	5	907	70	33	20	-19	<0,1

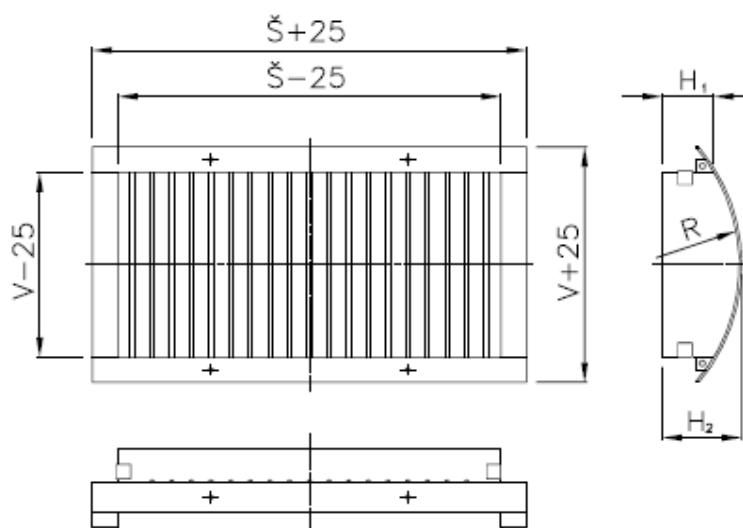


Obr24. Dýza s dalekým dosahem DDM II (www.mandik.cz)

11.5.2 Koncové prvky odvodního potrubí:

navrženo: vyústka pro kruhové potrubí VNKM s regulací R1 pro odvod vzduchu

č.m.	název místnosti	počet vyústek	rozměry [cm]	průtok vzduchu jednou vyústkou [m ³ /h]	efektivní plocha [m ²]	efektivní rychlost [m/s]	tlaková ztráta Δp [Pa]	hladina L_a [dB(A)]
1.09	Posluchárna	5	1225x225	1830	0,1857	2,7	17	33
1.10	Posluchárna	5	1225x125	900	0,0929	2,7	17	33
1.11	Posluchárna	5	1225x125	907	0,0929	2,7	17	33



11.6 Návrh vzduchotechnického potrubí

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedené ze spiro potrubí. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti.

11.6.1 Místnost č. 1.09

11.6.1.1 Odvodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	l•R + Z Pa
1	1830	1,8	3,2	0,16	0,45	0,450	3,20	0,26	0,3	1,84	2,31
2	3660	1,8	3,6	0,28	0,60	0,630	3,26	0,18	0,3	1,92	2,24
3	5490	1,8	4,0	0,38	0,70	0,710	3,85	0,21	0,3	2,67	3,05
4	7320	1,8	4,4	0,46	0,77	0,800	4,05	0,20	0,3	2,95	3,31
5	9150	13	4,7	0,54	0,83	0,900	4,00	0,17	0,9	8,63	10,75

Tlaková ztráta posledního koncového elementu 17

Celková tlaková ztráta

38,66

11.6.1.2 Přívodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	l•R + Z Pa
1	915	3,0	3,2	0,08	0,32	0,315	3,26	0,42	0,3	1,92	3,18
2	1830	3,0	3,6	0,14	0,42	0,450	3,20	0,26	0,3	1,84	2,62
3	2745	3,0	4,0	0,19	0,49	0,500	3,89	0,32	0,3	2,72	3,68
4	3660	3,0	4,4	0,23	0,54	0,560	4,13	0,31	0,3	3,07	4,00
5	4575	18,0	4,7	0,27	0,59	0,630	4,08	0,27	1,8	17,97	22,83
6	9150	15,0	5,0	0,51	0,80	0,800	5,06	0,30	0,3	4,61	9,11

Tlaková ztráta posledního koncového elementu 72

Celková tlaková ztráta

117,41

11.6.2 Místnost č. 1.10 a 1.11

11.6.2.1 Odvodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	I•R + Z Pa
1	907	1,8	3,2	0,08	0,32	0,315	3,23	0,42	0,3	1,88	2,64
2	1814	1,8	3,6	0,14	0,42	0,450	3,17	0,26	0,3	1,81	2,28
3	2721	1,8	4,0	0,19	0,49	0,500	3,85	0,32	0,3	2,67	3,25
4	3628	1,8	4,4	0,23	0,54	0,560	4,09	0,31	0,3	3,02	3,57
5	4535	11	4,7	0,27	0,58	0,630	4,04	0,26	0,9	8,83	11,56

Tlaková ztráta posledního koncového elementu 17

Celková tlaková ztráta

40,29

11.6.2.2 Přívodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	I•R + Z Pa
1	907	3,0	3,2	0,08	0,32	0,315	3,23	0,42	0,3	1,88	3,14
2	1814	3,0	3,6	0,14	0,42	0,450	3,17	0,26	0,3	1,81	2,59
3	2721	3,0	4,0	0,19	0,49	0,500	3,85	0,32	0,3	2,67	3,63
4	3628	3,0	4,4	0,23	0,54	0,560	4,09	0,31	0,3	3,02	3,95
5	4535	13,0	4,7	0,27	0,58	0,630	4,04	0,26	0,9	8,83	12,21

Tlaková ztráta posledního koncového elementu 70

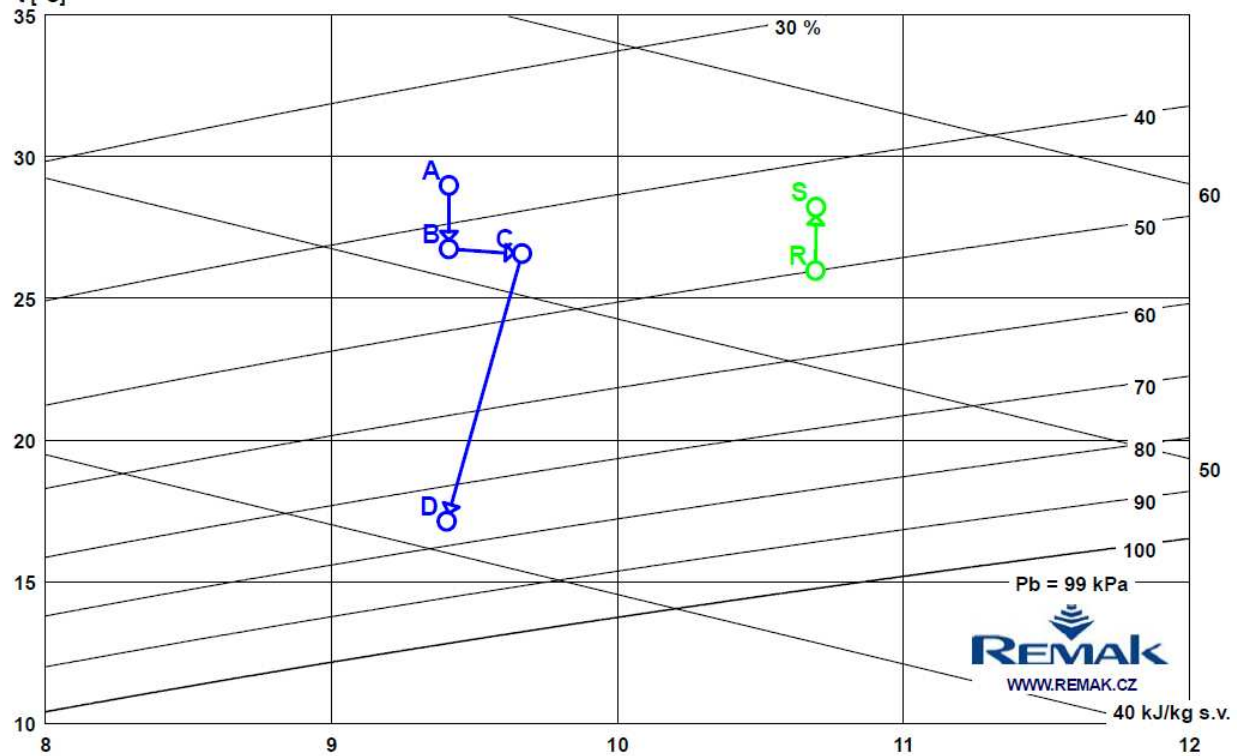
Celková tlaková ztráta

95,52

Psychrometrický diagram

Provozní režim – Lét

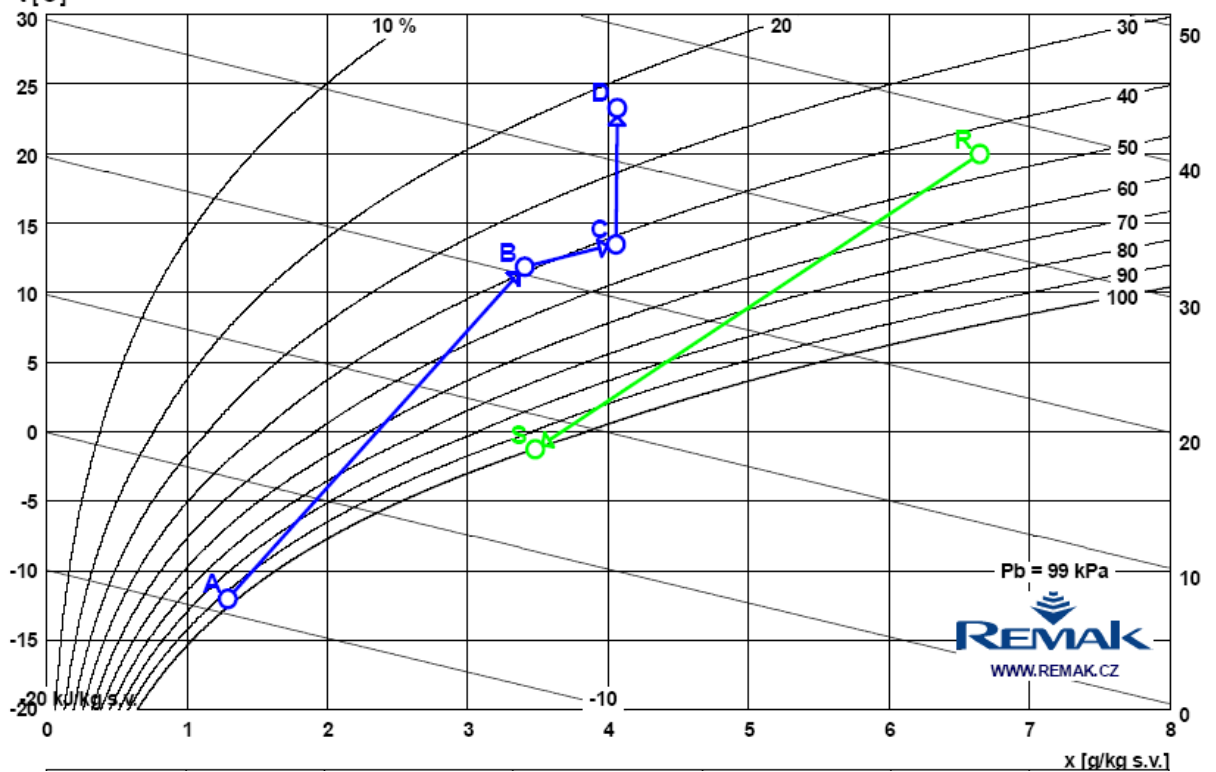
$t [^{\circ}\text{C}]$



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Zima

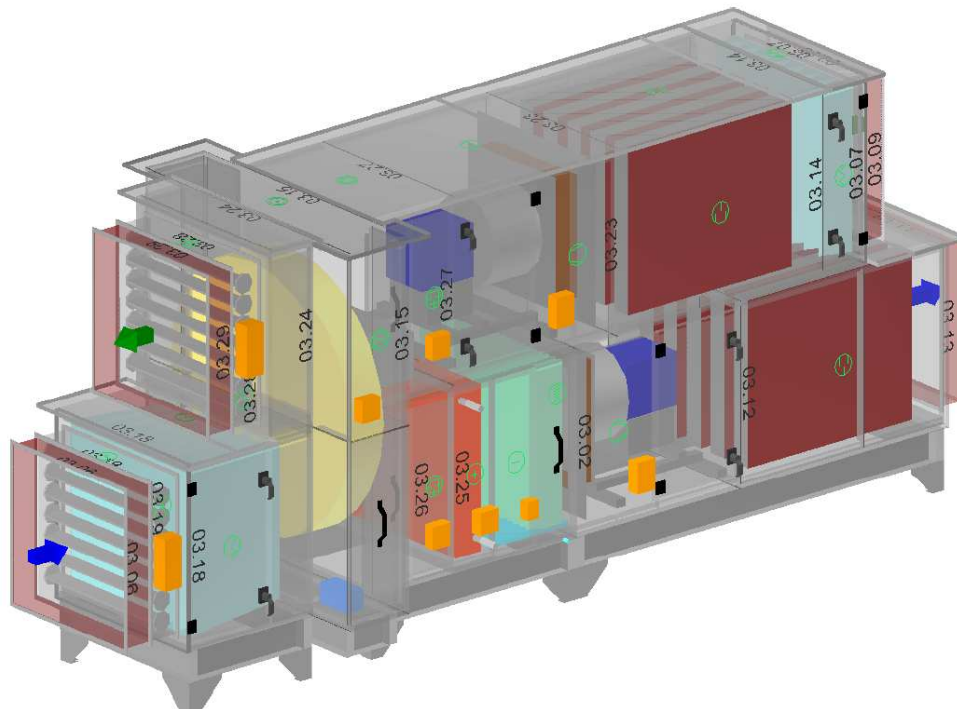
$t [^{\circ}\text{C}]$



11.7.2 Pro místnosti č. 1.10 a 1.11

Pro obě místnosti je vzduchotechnická jednotka totožná.

rozměry jednotky: x = 5131mm, y = 1554mm, z = 2120mm



Klimatické a vstupní podmínky (zima/léto)

Klimatické a vstupní podmínky (zima/leto)			
Teplota vzduchu (venkovní) [°C]	-12 / 29	Teplota z místnosti [°C]	20 / 26
Relativní vlhkost (venkovní) [%]	95 / 37	Relativní vlhkost z místnosti [%]	45 / 60
Tlak vzduchu [kPa]	99 / 99		

Vzduchové parametry zařízení (přívod/odvod)

Vzduchové parametry v zařízení (přívod/odvod)			
Skutečný průtok vzduchu [m³/h]	4500 / 4500	Tlaková ztráta komponentů v sestavě [Pa]	170 / 103
Rychlost v průřezu [m/s]	1.80 / 1.80	Výstupní teplota z přívodu (zima/léto) [°C]	23 / 18
Skutečná externí tlaková ztráta (rezerva) [Pa]	434 / 502	Výstupní relativní vlhkost z přívodu (zima/léto) [%]	23 / 76
Rozdíl (k zareglování) [Pa]	+338 / +462		

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)*

Výkonové parametry zařízení (přívod/odvod)			
Dimenzováno na výkonový stupeň ventilátorů	5 / 5	Součtové výkony pro ohřev [kW]	14 / 0
Součtové výkony ventilátorů [kW]	1.39 / 1.39	Součtové výkony pro chlazení [kW]	14 / 0
Specifický výkon zařízení $SFP_{F_{NW}} [W \cdot m^{-3} \cdot s]$	2222	Výkon zpětného získání tepla [kW]	31

*Návrh s vlivem kondenzace

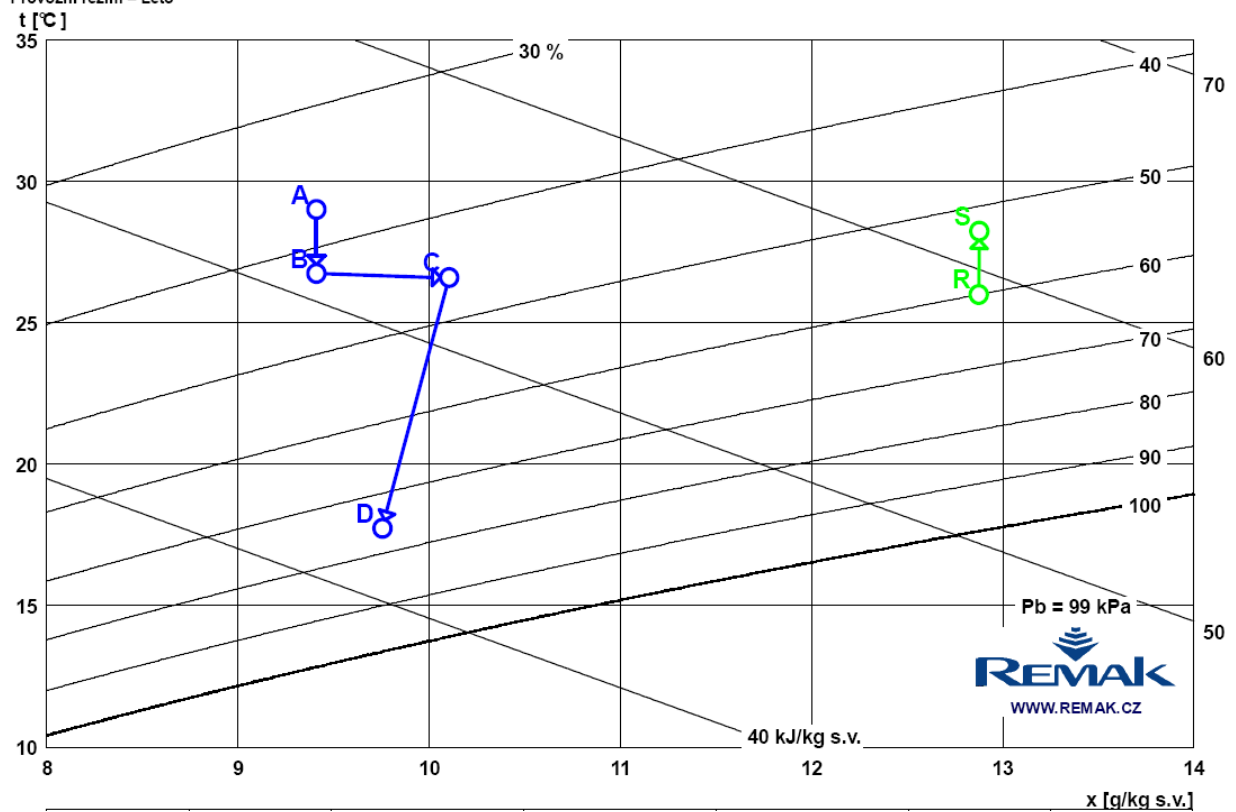
Hlukové parametry zařízení

Hladiny akustického výkonu v oktavových pásmech L _{wa} [k] [dB(A)] a celková hladina L _{wa} [dB(A)]									
Oktaové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{wa}
Vstup	41.4	55.5	65.0	67.3	62.6	55.5	48.9	41.3	70.5
Výstup	43.4	55.5	60.0	56.3	39.6	33.5	41.9	42.3	62.6
Okolí	40.4	45.4	53.9	51.3	47.9	44.3	40.6	30.1	57.2

Hladiny akustického výkonu v oktavových pásmech L _{wa} [k] [dB(A)] a celková hladina L _{wa} [dB(A)]									
Oktaové pásmo	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz	L _{wa}
Vstup	41.4	53.5	57.0	52.3	34.6	28.5	36.9	36.3	59.6
Výstup	45.4	59.5	69.0	74.3	71.6	67.5	62.9	55.3	77.6
Okolí	40.4	45.4	53.9	51.3	47.9	44.3	40.6	30.1	57.2

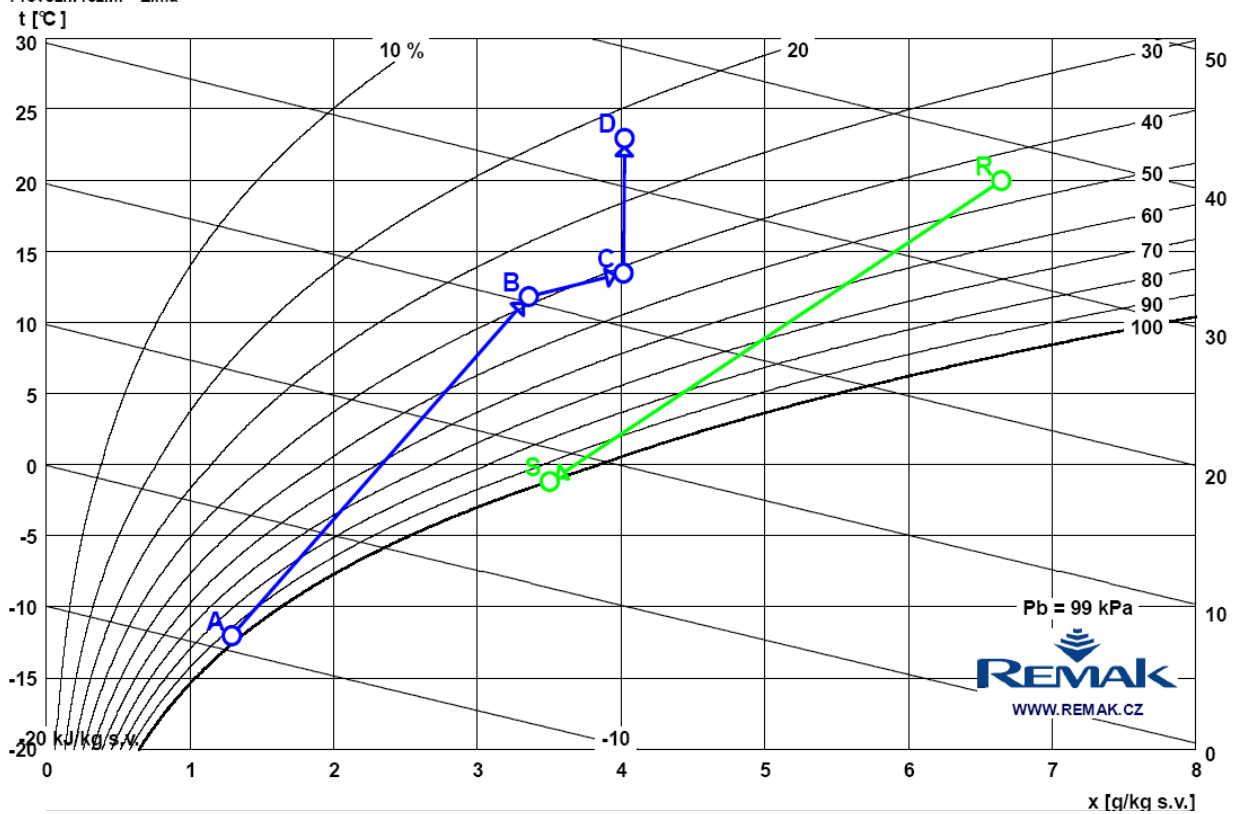
Psychrometrický diagram

Provozní režim – Lét



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Zima



12. NÁVRH KOMBINOVANÉ KLIMATIZACE

Jedná se o klimatizační systém, kde je vzduch určený pro větrání přiváděn vzduchotechnickým zařízením. Nositeli tepelné energie pro odvod tepelné zátěže daného prostoru jsou vzduch a voda přiváděné do fancoil jednotek.

12.1 Objemové průtoky na větrání

číslo místnosti	název místnosti	plocha A(m ²)	sv.výška H(m)	objem V(m ³)	výměna (x/h)	přívod m ³ /h	odvod m ³ /h
1.09	Posluchárna	810	4,8	3888	1,25	4800	4800
1.10	Posluchárna	403	4,8	1934,4	1,25	2400	2400
1.11	Posluchárna	403	4,8	1934,4	1,25	2400	2400

12.2 Výpočet tepelné zátěže pro návrh fancoil jednotek

12.2.1 Místnost č. 1.09

- teplota interiéru $t_i = 26\text{ °C}$
- tepelná zátěž v letním období $Q_l = 24560\text{ W}$
- objem přiváděného vzduchu nutného k větrání $V_{pr} = 30 \cdot \text{počet osob} = 30 \cdot 160 = 4800\text{ m}^3/\text{hod}$
- teplota přiváděného vzduchu $t_{pr} = 18\text{ °C}$
- tepelná zátěž odbouraná přiváděným vzduchem:

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{pr}) = 1,33 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (26 - 18) = 12896\text{ W}$$

- tepelná zátěž eliminovaná fancoil jednotkou

$$Q = Q_l - Q_{pr} = 24560 - 12896 = \underline{11664\text{ W}}$$

12.2.2 Místnost č. 1.10

- teplota interiéru $t_i = 26\text{ °C}$
- tepelná zátěž v letním období $Q_l = 12055\text{ W}$
- objem přiváděného vzduchu nutného k větrání $V_{pr} = 30 \cdot \text{počet osob} = 30 \cdot 80 =$

$$= 2400 \text{ m}^3/\text{hod}$$

- teplota přiváděného vzduchu $t_{pr} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- tepelná zátěž odbouraná přiváděným vzduchem:

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{pr}) = 0,67 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (26 - 18) = 6496 \text{ W}$$

- tepelná zátěž eliminovaná fancoil jednotkou

$$Q = Q_l - Q_{pr} = 12055 - 6496 = \underline{5559 \text{ W}}$$

12.2.3 Místnost č. 1.11

- teplota interiéru $t_i = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- tepelná zátěž v letním období $Q_l = 12194 \text{ W}$

- objem přiváděného vzduchu nutného k větrání $V_{pr} = 30 \cdot \text{počet osob} = 30 \cdot 80 =$
 $= 2400 \text{ m}^3/\text{hod}$

- teplota přiváděného vzduchu $t_{pr} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- tepelná zátěž odbouraná přiváděným vzduchem:

$$Q_{pr} = V_{pr} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_i - t_{pr}) = 0,67 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot (26 - 18) = 6496 \text{ W}$$

- tepelná zátěž eliminovaná indukční jednotkou

$$Q = Q_l - Q_{pr} = 12194 - 6496 = \underline{5698 \text{ W}}$$

12.3 Návrh fancoil jednotek pro letní provoz

12.3.1 Místnost č. 1.09

- teplotní spád 8/12 → korekční faktor 0,93

- tepelná zátěž $Q_l = 11664 \text{ W}$

- volím 6* Flex-Geko Comfort GF 31.UWW1.L80A2

- chladicí výkon při 3. stupni otáček 2,5 kW

- množství vzduchu při 3. stupni otáček $V = 465 \text{ m}^3/\text{hod}$

- celkový chladicí výkon $Q = 6 \cdot 2,5 \cdot 0,93 = 13,95 \text{ kW}$

- celkový průtok jednotkami $V_f = 6 \cdot 465 = 2790 \text{ m}^3/\text{hod} = 0,775 \text{ m}^3/\text{s}$

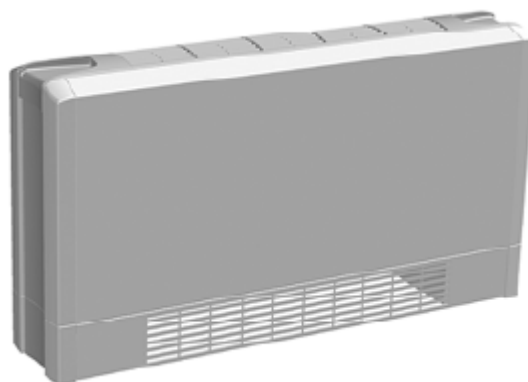
- teplotní difference primárního vzduchu

$$\Delta t_p = Q_l / V_f \cdot c \cdot \rho = 11664 / 0,775 \cdot 1010 \cdot 1,2 = 12,4 \text{ K}$$

- teplota primárního vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 26 - 12,4 = 13,6 \text{ }^\circ\text{C}$

- skutečný výkon jednotky $Q_f = V_f \cdot \rho \cdot \Delta h = 0,775 \cdot 1,2 \cdot 14,6 = 13,58 \text{ kW}$

- odvlhčení $\Delta x = M_w / (V_{pr} + V_f) \cdot \rho = 5,16 / (1,33 + 0,775) \cdot 1,2 = 2,04 \text{ g/kg}$

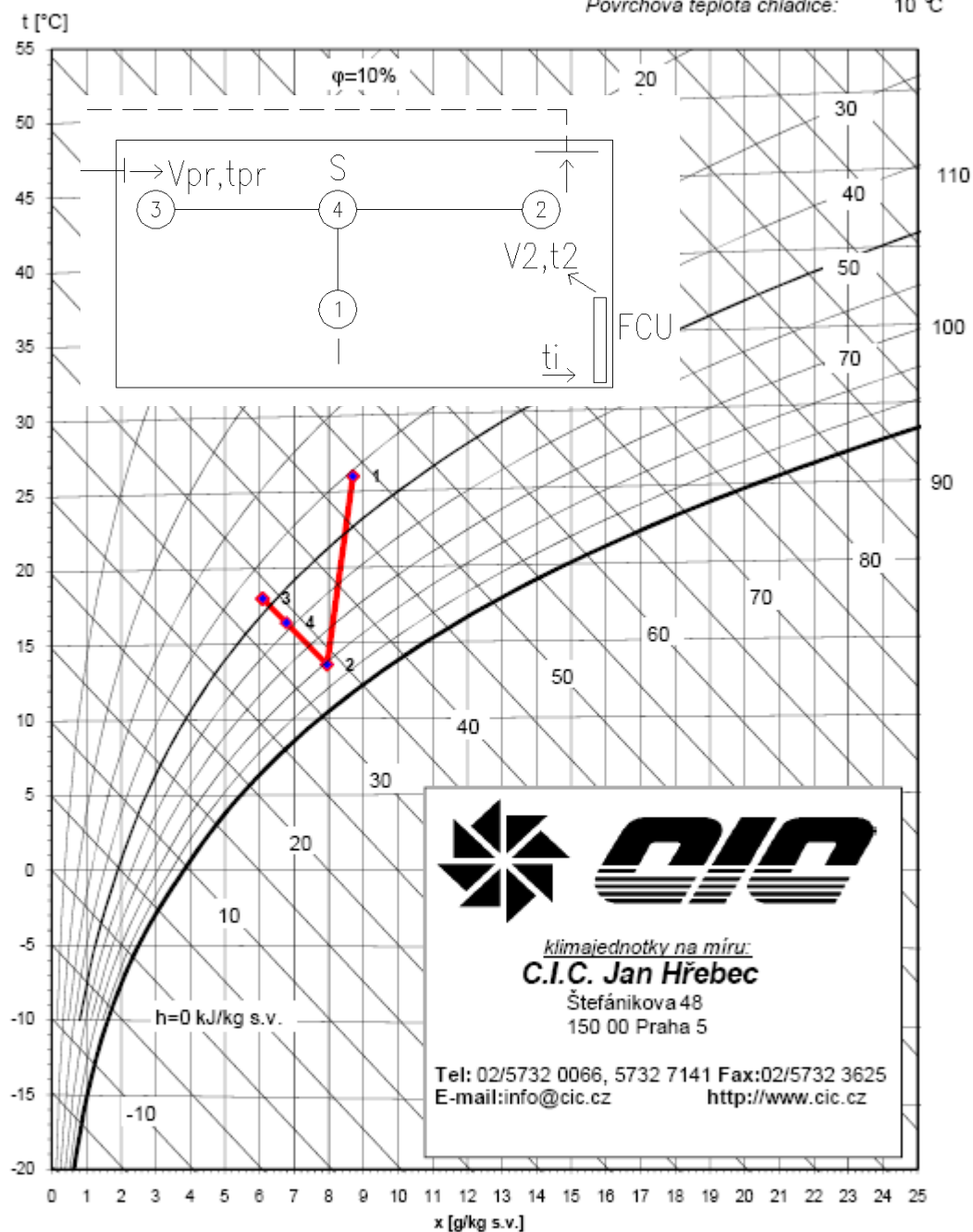


Obr26. Klimatizační jednotka Flex-Geko Comfort (www.gealvz.cz)

Velikost	Stupně otáček	Množství vzduchu ++ m ³ /h	Výkonová řada 1				Výkonová řada 2				5-stupň. motor		3-stupň. motor s předř. odporem	
			Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Akustický výkon	Akustický tlak *	Akustický výkon	Akustický tlak *
			Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	1	145	0,9	6,3	0,6	0,1	1,0	1,3	0,8	0,1	30	21	32	23
	2	215	1,2	10,0	0,9	0,1	1,3	2,3	1,0	0,2	36	28	38	30
	3	270	1,4	13,0	1,0	0,2	1,5	3,1	1,2	0,3	42	33	45	36
	4	345	1,6	16,6	1,1	0,2	1,8	4,4	1,4	0,4	48	39	51	43
	5	525	2,0	24,5	1,4	0,4	2,3	6,8	1,7	0,5	58	50	61	52
2	1	155	1,0	1,9	1,0	0,2	1,2	2,5	1,0	0,3	<30	<20	32	24
	2	225	1,3	3,2	1,2	0,4	1,6	4,2	1,3	0,4	35	26	39	30
	3	280	1,6	4,3	1,4	0,5	1,9	5,7	1,5	0,6	42	33	46	37
	4	355	1,8	5,6	1,6	0,6	2,3	8,1	1,8	0,8	46	37	51	42
	5	535	2,3	8,7	2,0	0,9	3,0	13,2	2,2	1,1	58	49	60	51
3	1	275	1,8	6,5	1,7	0,8	1,9	2,5	1,7	0,9	30	21	34	26
	2	345	2,1	8,7	1,9	1,0	2,2	3,4	2,0	1,1	35	27	39	31
	3	465	2,5	12,2	2,2	1,3	2,9	5,4	2,4	1,6	43	34	45	36
	4	665	3,1	17,6	2,7	1,8	3,6	8,3	2,9	2,2	52	44	55	46
	5	880	3,5	22,9	3,1	2,3	4,3	11,4	3,3	2,9	59	51	62	53

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladiče: 10 °C



C.I.C.

klimajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec

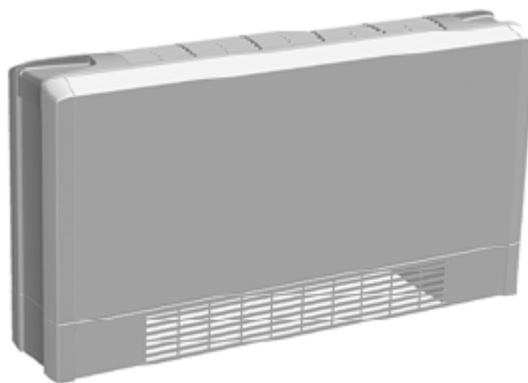
Štefánikova 48
150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax: 02/5732 3625
E-mail: info@cic.cz <http://www.cic.cz>

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	°C	26,0	13,6	18,0	16,4						
rel. vlhkost	ϕ	%	41%	81%	47%	58%						
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	8,7	7,9	6,1	6,8						
entalpie	h	kJ/kg s.v.	48,4	33,8	33,6	33,7						
hustota	ρ	kg/m ³	1,16	1,21	1,19	1,20						
t. vlhkého tepl.	t_v	°C	17,0	11,7	11,7	11,8						
Skut. průtok	V_s	m ³ /h	2 915	2 791	4 861	7 653						
Norm. průtok	V_n	m ³ /h	2 790	2 790	4 800	7 560						
Předaný výkon	P	kW		-13,6								
Odpařené vody	q_w	kg/h		-2,5		0,0						

12.3.2 Místnost č. 1.10 a č. 1.11

- teplotní spád 8/12 → korekční faktor 0,93
- tepelná zátěž $Q_l = 5559 \text{ W}$
- volím 3* Flex-Geko Comfort GF 31.UWW1.L80A2
- chladicí výkon při 3. stupni otáček 2,5 kW
- množství vzduchu při 3. stupni otáček $V = 465 \text{ m}^3/\text{hod}$
- celkový chladicí výkon $Q = 3 \cdot 2,5 \cdot 0,93 = 6,975 \text{ kW}$
- celkový průtok jednotkami $V_f = 3 \cdot 465 = 1395 \text{ m}^3/\text{hod} = 0,3875 \text{ m}^3/\text{s}$
- teplotní difference primárního vzduchu
$$\Delta t_p = Q_l / V_f \cdot c \cdot \rho = 5559 / 0,3875 \cdot 1010 \cdot 1,2 = 12 \text{ K}$$
- teplota primárního vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 26 - 12 = 14 \text{ }^\circ\text{C}$
- skutečný výkon jednotky $Q_f = V_f \cdot \rho \cdot \Delta h = 0,3875 \cdot 1,2 \cdot 14,1 = 6,56 \text{ kW}$
- odvlhčení $\Delta x = M_w / (V_{pr} + V_f) \cdot \rho = 2,58 / (0,667 + 0,3875) \cdot 1,2 = 2,04 \text{ g/kg}$

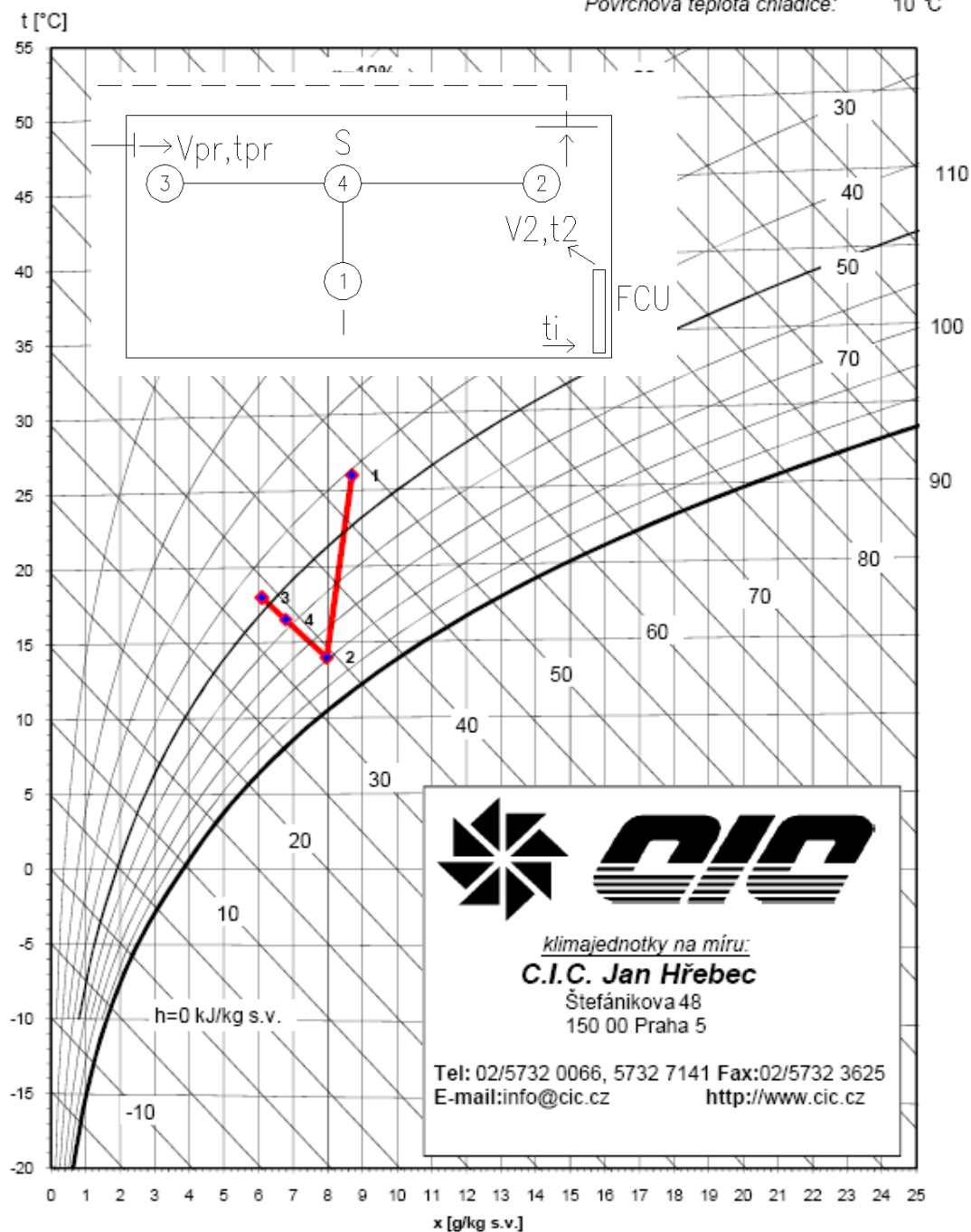


Obr27. Klimatizační jednotka Flex-Geko Comfort (www.gealvz.cz)

Velikost	Stupně otáček	++ Množství vzduchu m ³ /h	Výkonová řada 1				Výkonová řada 2				5-stupň. motor		3-stupň. motor s předř. odporem	
			Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Akustický výkon	Akustický tlak *	Akustický výkon	Akustický tlak *
			Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	1	145	0,9	6,3	0,6	0,1	1,0	1,3	0,8	0,1	30	21	32	23
	2	215	1,2	10,0	0,9	0,1	1,3	2,3	1,0	0,2	36	28	38	30
	3	270	1,4	13,0	1,0	0,2	1,5	3,1	1,2	0,3	42	33	45	36
	4	345	1,6	16,6	1,1	0,2	1,8	4,4	1,4	0,4	48	39	51	43
	5	525	2,0	24,5	1,4	0,4	2,3	6,8	1,7	0,5	58	50	61	52
2	1	155	1,0	1,9	1,0	0,2	1,2	2,5	1,0	0,3	<30	<20	32	24
	2	225	1,3	3,2	1,2	0,4	1,6	4,2	1,3	0,4	35	26	39	30
	3	280	1,6	4,3	1,4	0,5	1,9	5,7	1,5	0,6	42	33	46	37
	4	355	1,8	5,6	1,6	0,6	2,3	8,1	1,8	0,8	46	37	51	42
	5	535	2,3	8,7	2,0	0,9	3,0	13,2	2,2	1,1	58	49	60	51
3	1	275	1,8	6,5	1,7	0,8	1,9	2,5	1,7	0,9	30	21	34	26
	2	345	2,1	8,7	1,9	1,0	2,2	3,4	2,0	1,1	35	27	39	31
	3	465	2,5	12,2	2,2	1,3	2,9	5,4	2,4	1,6	43	34	45	36
	4	665	3,1	17,6	2,7	1,8	3,6	8,3	2,9	2,2	52	44	55	46
	5	880	3,5	22,9	3,1	2,3	4,3	11,4	3,3	2,9	59	51	62	53

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
 Max. vlhkost při úpravách: 100 %
 Povrchová teplota chladiče: 10 °C



klímajednotky na míru:
C.I.C. Jan Hřebec
 Štefánikova 48
 150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax: 02/5732 3625
 E-mail: info@cic.cz <http://www.cic.cz>

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	°C	26,0	14,0	18,0	18,5						
rel. vlhkost	φ	%	41%	79%	47%	57%						
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	8,7	8,0	6,1	6,8						
entalpie	h	kJ/kg s.v.	48,4	34,3	33,6	33,9						
hustota	ρ	kg/m ³	1,16	1,21	1,19	1,20						
t.vlhkého tepl.	t _v	°C	17,0	11,9	11,7	11,8						
Skut. průtok	V _s	m ³ /h	1 458	1 398	2 431	3 828						
Norm. průtok	V _n	m ³ /h	1 395	1 395	2 400	3 795						
Předaný výkon	P	kW		-6,6								
Odpařené vody	q _w	kg/h		-1,2		0,0						

12.4 Návrh fancoil jednotek pro zimní provoz

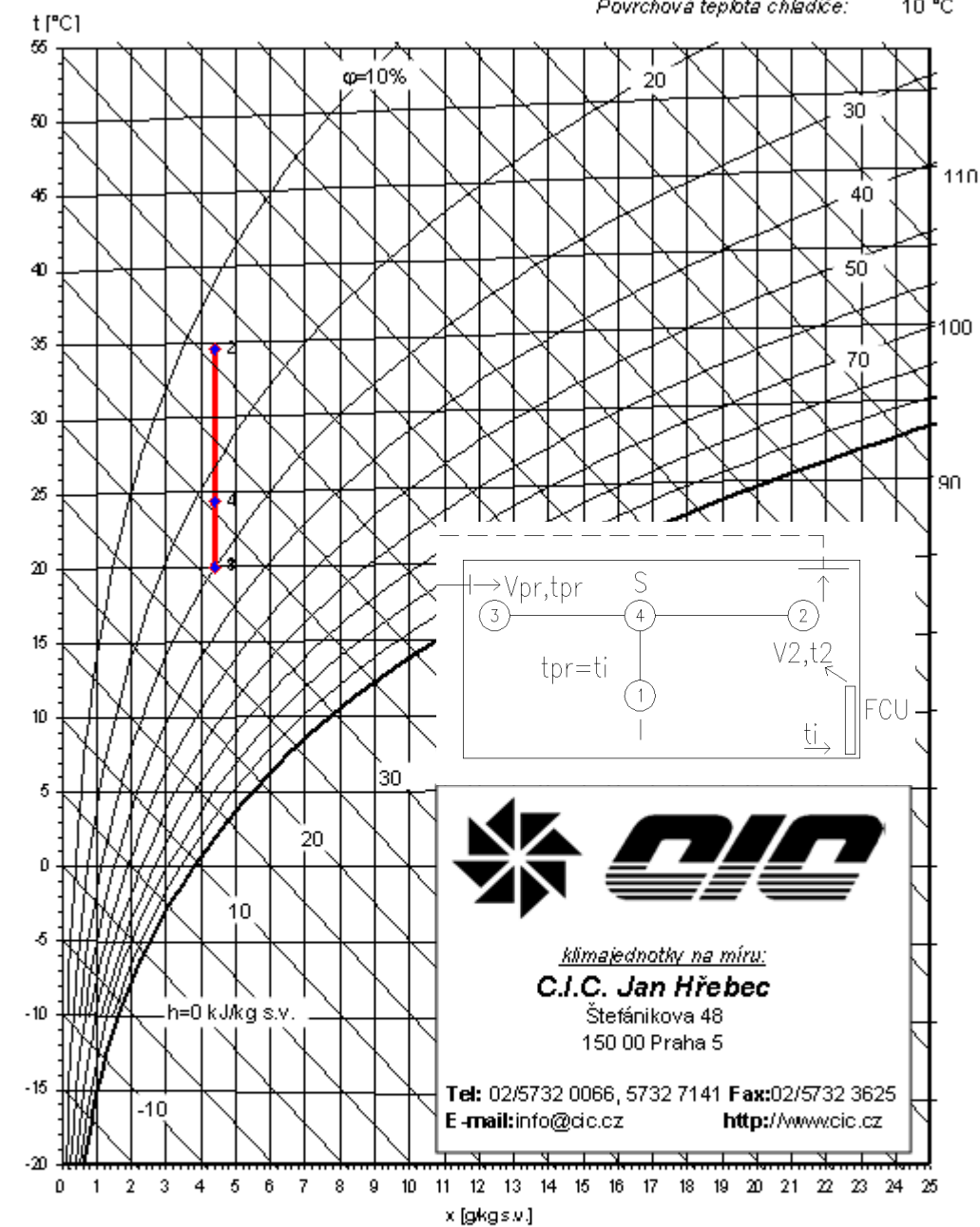
12.4.1 Místnost č. 1.09

- vzduchotechnickou jednotkou přiváděn vzduch o teplotě $t_{pr} = t_i = 20\text{ °C}$
- teplotní spád 70/50 → korekční faktor 1,0
- tepelná ztráta $Q_z = 10125\text{ W}$
- je zvolen 6* Flex-Geko Comfort GF 31.UWW1.L80A2
- otopný výkon při 2. stupni otáček 1,9 kW
- množství vzduchu při 2. stupni otáček $V = 345\text{ m}^3/\text{hod}$
- celkový otopný výkon $Q = 6 \cdot 1,9 \cdot 1,0 = 11,4\text{ kW}$
- celkový průtok jednotkami $V_f = 6 \cdot 345 = 2070\text{ m}^3/\text{hod} = 0,575\text{ m}^3/\text{s}$
- teplotní difference prim. vzduchu $\Delta t_p = Q_z / V_f \cdot c \cdot \rho = 10125 / 0,575 \cdot 1010 \cdot 1,2 = 14,5\text{ K}$
- teplota primárního vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 20 + 14,5 = 34,5\text{ °C}$

Velikost	Stupně otáček	Množství vzduchu m ³ /h	Výkonová řada 1				Výkonová řada 2				5-stupň. motor		3-stupň. motor s předř. odporem	
			Chladicí výkon Q_K kW	Tlaková ztráta Δp_K kPa	Topný výkon Q_H kW	Tlaková ztráta Δp_H kPa	Chladicí výkon Q_K kW	Tlaková ztráta Δp_K kPa	Topný výkon Q_H kW	Tlaková ztráta Δp_H kPa	Akustický výkon dB(A)	Akustický tlak * dB(A)	Akustický výkon dB(A)	Akustický tlak * dB(A)
1	1	145	0,9	6,3	0,6	0,1	1,0	1,3	0,8	0,1	30	21	32	23
	2	215	1,2	10,0	0,9	0,1	1,3	2,3	1,0	0,2	36	28	38	30
	3	270	1,4	13,0	1,0	0,2	1,5	3,1	1,2	0,3	42	33	45	36
	4	345	1,6	16,6	1,1	0,2	1,8	4,4	1,4	0,4	48	39	51	43
	5	525	2,0	24,5	1,4	0,4	2,3	6,8	1,7	0,5	58	50	61	52
2	1	155	1,0	1,9	1,0	0,2	1,2	2,5	1,0	0,3	<30	<20	32	24
	2	225	1,3	3,2	1,2	0,4	1,6	4,2	1,3	0,4	35	26	39	30
	3	280	1,6	4,3	1,4	0,5	1,9	5,7	1,5	0,6	42	33	46	37
	4	355	1,8	5,6	1,6	0,6	2,3	8,1	1,8	0,8	46	37	51	42
	5	535	2,3	8,7	2,0	0,9	3,0	13,2	2,2	1,1	58	49	60	51
3	1	275	1,8	6,5	1,7	0,8	1,9	2,5	1,7	0,9	30	21	34	26
	2	345	2,1	8,7	1,9	1,0	2,2	3,4	2,0	1,1	35	27	39	31
	3	465	2,5	12,2	2,2	1,3	2,9	5,4	2,4	1,6	43	34	45	36
	4	665	3,1	17,6	2,7	1,8	3,6	8,3	2,9	2,2	52	44	55	46
	5	880	3,5	22,9	3,1	2,3	4,3	11,4	3,3	2,9	59	51	62	53

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladíče: 10 °C



klimajednotky na míru:

C.I.C. Jan Hřebec

Štefánikova 48

150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 **Fax:** 02/5732 3625

E-mail: info@cic.cz

http: /www.cic.cz

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	°C	20,0	34,5	20,0	24,4						
rel. vlhkost	φ	%	30%	13%	30%	23%						
měr. vlhkost	x	g/kg s.v.	4,4	4,4	4,4	4,4						
entalpie	h	kJ/kg s.v.	31,4	46,1	31,4	35,8						
hustota	ρ	kg/m ³	1,19	1,13	1,19	1,17						
t. vlhkéhotepi.	tw	°C	10,8	16,3	10,8	12,5						
Skut. průtok	Vs	m ³ /h	2 105	2 209	4 882	7 091						
Norm. průtok	Vh	m ³ /h	2 070	2 070	4 800	6 870						
Předaný výkon	P	kW		10,2								
Odpařené vody	qw	kg/h		0,0		0,0						

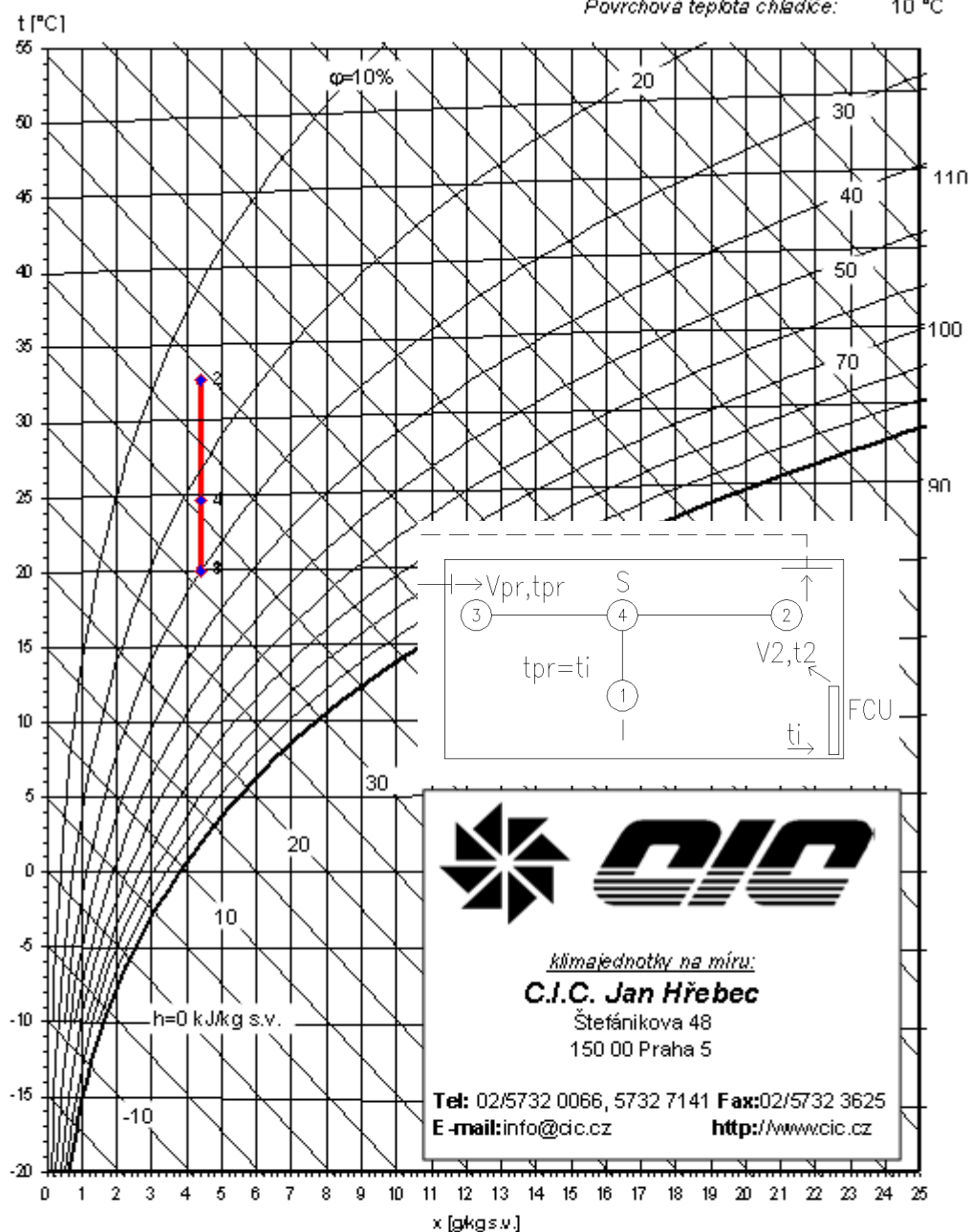
12.4.2 Místnost č. 1.10 a č. 1.11

- vzduchotechnickou jednotkou přiváděn vzduch o teplotě $t_{pr} = t_i = 20\text{ °C}$
- teplotní spád 70/50 → korekční faktor 1,0
- tepelná ztráta $Q_z = 5938\text{ W}$
- je zvolen 3* Flex-Geko Comfort GF 31.UWW1.L80A2
- otopný výkon při 3. stupni otáček 1,9 kW
- množství vzduchu při 3. stupni otáček $V = 465\text{ m}^3/\text{hod}$
- celkový otopný výkon $Q = 3 \cdot 2,2 \cdot 1,0 = 6,6\text{ kW}$
- celkový průtok jednotkami $V_f = 3 \cdot 465 = 1395\text{ m}^3/\text{hod} = 0,3875\text{ m}^3/\text{s}$
- teplotní difference prim. $\Delta t_p = Q_z / V_f \cdot c \cdot \rho = 5938 / 0,3875 \cdot 1010 \cdot 1,2 = 12,6\text{ K}$
- teplota primárního vzduchu $t_p = t_i - \Delta t = 20 + 12,6 = 32,6\text{ °C}$

Velikost	Stupně otáček	++ Množství vzduchu m ³ /h	Výkonová řada 1				Výkonová řada 2				5-stupň. motor		3-stupň. motor s předř. odporem	
			Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Chladicí výkon	Tlaková ztráta	Topný výkon	Tlaková ztráta	Akustický výkon	Akustický tlak *	Akustický výkon	Akustický tlak *
			Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	Q _K kW	Δp _K kPa	Q _H kW	Δp _H kPa	dB(A)	dB(A)	dB(A)	dB(A)
1	1	145	0,9	6,3	0,6	0,1	1,0	1,3	0,8	0,1	30	21	32	23
	2	215	1,2	10,0	0,9	0,1	1,3	2,3	1,0	0,2	36	28	38	30
	3	270	1,4	13,0	1,0	0,2	1,5	3,1	1,2	0,3	42	33	45	36
	4	345	1,6	16,6	1,1	0,2	1,8	4,4	1,4	0,4	48	39	51	43
	5	525	2,0	24,5	1,4	0,4	2,3	6,8	1,7	0,5	58	50	61	52
2	1	155	1,0	1,9	1,0	0,2	1,2	2,5	1,0	0,3	<30	<20	32	24
	2	225	1,3	3,2	1,2	0,4	1,6	4,2	1,3	0,4	35	26	39	30
	3	280	1,6	4,3	1,4	0,5	1,9	5,7	1,5	0,6	42	33	46	37
	4	355	1,8	5,6	1,6	0,6	2,3	8,1	1,8	0,8	46	37	51	42
	5	535	2,3	8,7	2,0	0,9	3,0	13,2	2,2	1,1	58	49	60	51
3	1	275	1,8	6,5	1,7	0,8	1,9	2,5	1,7	0,9	30	21	34	26
	2	345	2,1	8,7	1,9	1,0	2,2	3,4	2,0	1,1	35	27	39	31
	3	465	2,5	12,2	2,2	1,3	2,9	5,4	2,4	1,6	43	34	45	36
	4	665	3,1	17,6	2,7	1,8	3,6	8,3	2,9	2,2	52	44	55	46
	5	880	3,5	22,9	3,1	2,3	4,3	11,4	3,3	2,9	59	51	62	53

Psychrometrický diagram dle Molliera

Tlak vzduchu: 100 kPa
Max. vlhkost při úpravách: 100 %
Povrchová teplota chladíče: 10 °C



klimaa jednotky na míru:

C.I.C. Jan Hřebec

Štefánikova 48
150 00 Praha 5

Tel: 02/5732 0066, 5732 7141 Fax: 02/5732 3625

E-mail: info@cic.cz

http://www.cic.cz

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Teplota	t	20,0	32,6	20,0	24,8						
rel. vlhkost	ϕ	30 %	14 %	30 %	23 %						
měr. vlhkost	x	4,4	4,4	4,4	4,4						
entalpie	h	31,4	44,2	31,4	36,1						
hustota	ρ	1,19	1,14	1,19	1,17						
t. vlhké hotepl.	t_{w}	10,8	15,6	10,8	12,6						
Skut. průtok	V_s	1 419	1 480	2 441	3 921						
Norm. průtok	V_n	1 395	1 395	2 400	3 795						
Předaný výkon	P		6,0								
Odpařené vody	q_{pw}		0,0		0,0						

12.5 Distribuce vzduchu

12.5.1 Distribuční prvky přívodního potrubí:

Distribuci přívodního vzduchu do místností 1.09, 1.10 a 1.11 budou zajišťovat nastavitelné dýzy axiálně namontované na spiro potrubí. Toto potrubí bude umístěné pod konstrukcí střechy.

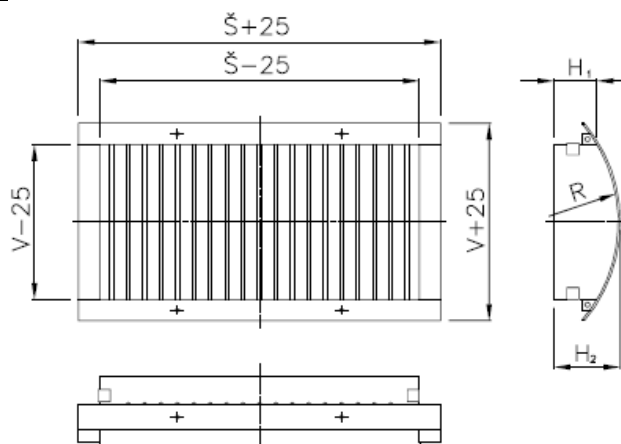
Navrženo: DMMII 250/P

č.m.	název místnosti	počet dýz	průtok vzduchu jednou dýzou [m ³ /h]	tlaková ztráta Δp [Pa]	hladina L_a [dB(A)]	rychlost proudění v zóně pobytu osob [m/s]
1.09	Posluchárna	10	480	32	21	<0,1
1.10	Posluchárna	5	480	32	21	<0,1
1.11	Posluchárna	5	480	32	21	<0,1

12.5.2 Koncové prvky odvodního potrubí:

navrženo: vyústka pro kruhové potrubí VNKM s regulací R1 pro odvod vzduchu

č.m.	název místnosti	počet vyústek	rozměry [cm]	průtok vzduchu jednou vyústkou [m ³ /h]	efektivní plocha [m ²]	efektivní rychlost [m/s]	tlaková ztráta Δp [Pa]	hladina L_a [dB(A)]
1.09	Posluchárna	5	625x225	960	0,0933	2,9	19	34
1.10	Posluchárna	5	625x125	480	0,0467	2,9	19	34
1.11	Posluchárna	5	625x125	480	0,0467	2,9	19	34



Obr28. Vyústka jednořadá s regulací R1

12.6 Návrh vzduchotechnického potrubí

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedené ze spiro potrubí. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti.

12.6.1 Odvodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	l•R + Z Pa
1	480	2,4	3,2	0,04	0,23	0,250	2,72	0,42	0,3	1,33	2,34
2	960	2,4	3,6	0,07	0,31	0,315	3,42	0,46	0,3	2,11	3,21
3	1440	2,4	4,0	0,10	0,36	0,355	4,04	0,54	0,3	2,94	4,24
4	1920	2,4	4,4	0,12	0,39	0,400	4,25	0,51	0,3	3,25	4,47
5	2400	20	4,5	0,15	0,43	0,450	4,19	0,42	0,9	9,50	17,69
6	4800	8,5	4,7	0,28	0,60	0,630	4,28	0,29	0,9	9,89	12,35
7	9600	2,9	5,0	0,53	0,82	0,800	5,31	0,33	0,9	15,21	16,17

Tlaková ztráta posledního koncového elementu 19

Celková tlaková ztráta

79,47

12.6.2 Přívodní potrubí

Číslo úseku	V m ³ /h	L m	v' m/s	S' m ²	d' m	d _r m	v m/s	R Pa/m	ξ -	Z Pa	l•R + Z Pa
1	480	2,4	3,2	0,04	0,23	0,250	2,72	0,42	0,3	1,33	2,34
2	960	2,4	3,6	0,07	0,31	0,315	3,42	0,46	0,3	2,11	3,21
3	1440	2,4	4,0	0,10	0,36	0,355	4,04	0,54	0,3	2,94	4,24
4	1920	2,4	4,4	0,12	0,39	0,400	4,25	0,51	0,3	3,25	4,47
5	2400	18,0	4,7	0,14	0,43	0,450	4,19	0,42	0,9	9,50	17,06
6	4800	3,2	4,8	0,28	0,59	0,630	4,28	0,29	0,9	9,89	10,82
7	9600	8,5	6,7	0,40	0,71	0,800	5,31	0,33	1,5	25,36	28,16

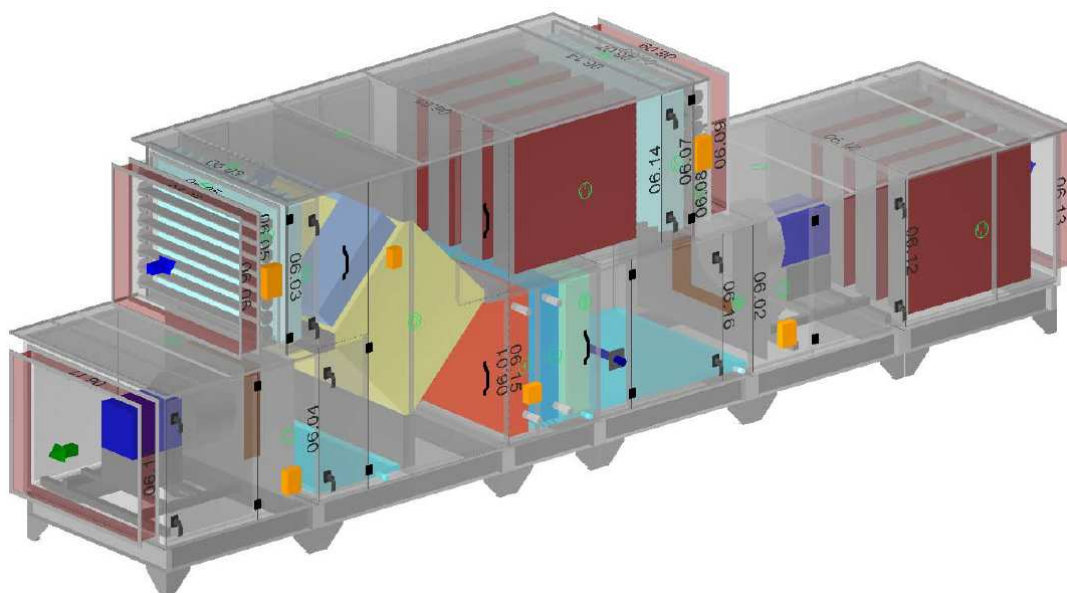
Tlaková ztráta posledního koncového elementu 32

Celková tlaková ztráta

102,30

12.7 Návrh vzduchotechnické jednotky

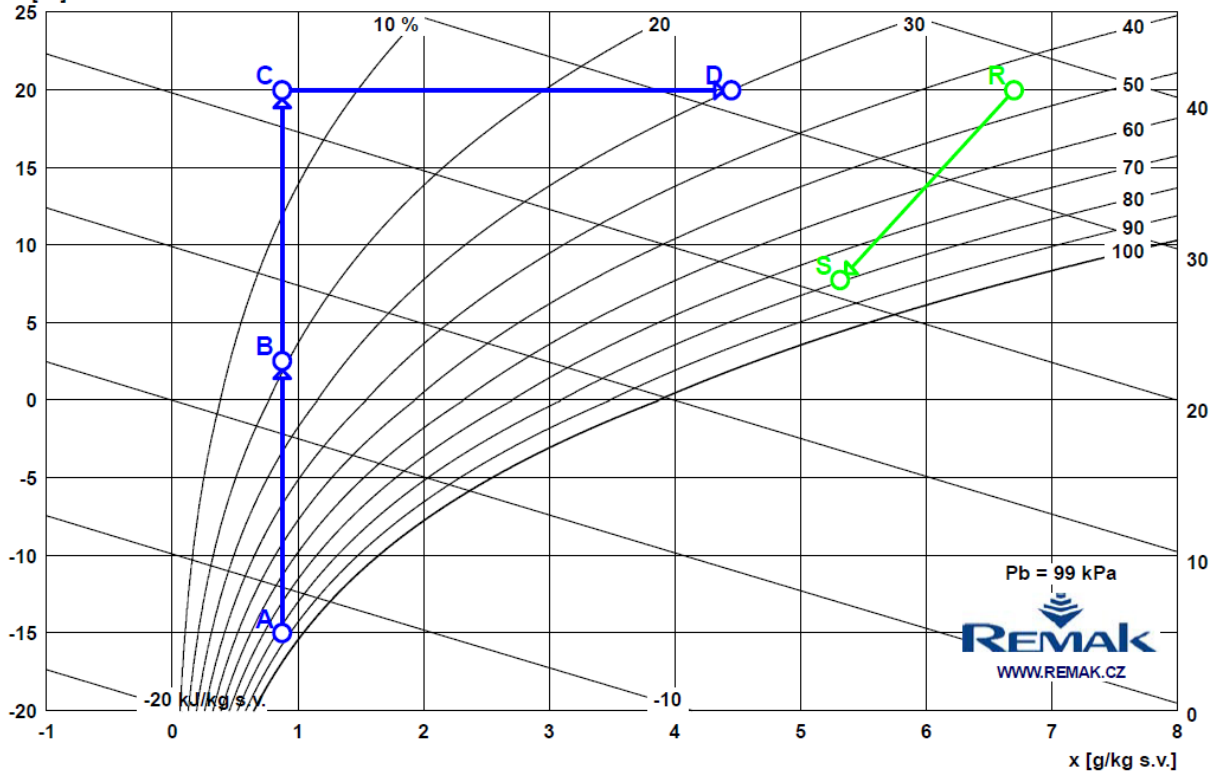
rozměry jednotky: x = 7661mm, y = 1470mm, z = 2330mm



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Zima

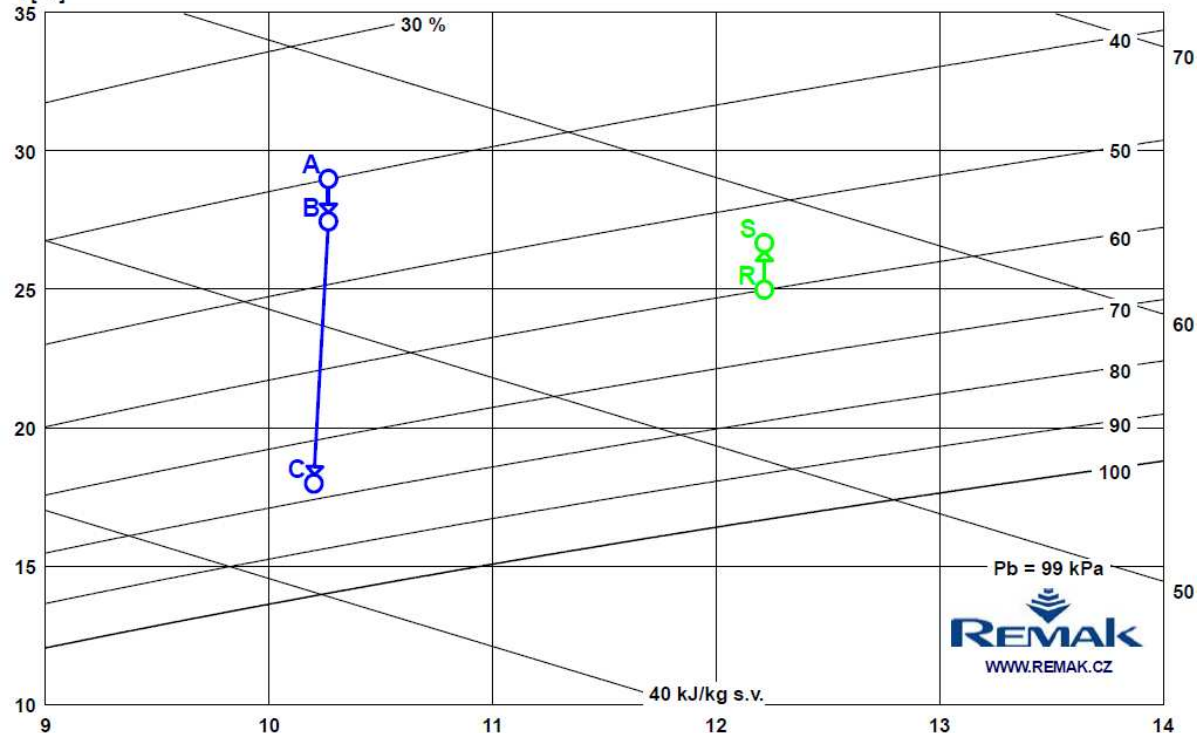
t [°C]



Psychrometrický diagram

Provozní režim – Léto

t [°C]



12.8 Návrh zdroje chladu

Navržen: GLAC 0252 BD1 od firmy GEA Heat Exchangers

Refrigerant R 410A	GLAC	0152	0182	0202	0252
Rated cooling duty	kW	36.1	42.8	50.7	57.6
Power consumption	kW	15.1	16.5	18.9	21.2
Max. current consumption	A	33	36	45	49
ESEER	-	4.03	4.20	4.25	4.22
Scroll compressor	Quantity	2	2	2	2
Circuits	Quantity	1	1	1	1
Speeds	Quantity	2	2	2	2
Sound power level	dB(A)	79	79	80	80
Sound pressure level 10 m	dB(A)	47	47	48	48
Length	mm	1695	1695	2195	2195
Width	mm	1120	1120	1120	1120
Height	mm	1420	1420	1420	1420
Operating weight	kg	430	460	520	550



13. Závěr

Velká nevýhoda vzduchové klimatizace vyplývá z tepelně technických vlastností vzduchu. Díky jeho malé tepelné kapacitě je nutný velký objem přiváděného vzduchu a tedy velké rozměry potrubí, které zabírá hodně místa a není příliš estetické. Další nevýhodou je, že pro každou místnost je navržena samostatná vzduchotechnická jednotka z důvodu lepší regulace jednotlivých poslucháren. To znamená že na střeše se nacházejí 3 vzduchotechnické jednotky. Výhodou však je lepší distribuce vzduchu v prostoru.

Přednostmi kombinované klimatizace jsou menší rozměry přívodních potrubí a potřeba pouze jedné vzduchotechnické jednotky na střeše. Nevýhody lze najít v nutnosti vést v prostoru poslucháren rozvody chladiva a potrubí pro odvod kondenzátu. Rozložení teplot při použití parapetních jednotek nebude tak rovnoměrné, jako při vzduchové klimatizaci. Lepší cirkulaci však zajistí větrací vzduch přivedený vzduchotechnickým zařízením.

Seznam použitých zdrojů

- [1] *Mikroklima ve školních budovách*
<http://www.eazk.cz/wp-content/gallery/Mikroklima-skoly.pdf>
- [2] FLEKNOVÁ, Věra, *Vzduchotechnika*, 2008
<http://jpd3.trebesin.cz/vyuka/TZB/VZDUCHOTECHNIKA.pdf>
- [3] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, 262 s. ISBN 978-807-3660-918.
- [4] HAZUCHA, Juraj, BÁRTA Jan a HIRŠ Jiří. *Nucené větrání s možností rekuperace odvodního tepla v objektech pro vzdělávání*. Praha, 2010
<http://www.OPZP.cz/souborkestazeni/15/679-08-2009-vetrani-5web.pdf>
- [5] učební texty ústavu fyziky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně
http://www.utmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_05.pdf
- [6] ŠUBRT, Roman a kolektiv, *Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace*, <http://www.e-c.cz/download1.php?id=131>

Software

- [7] Autodesk, AutoCAD [počítačový program] Ver. 2007. [cit. 2012-12-10].
- [8] Microsoft Office, Excel, Word [počítačový program] Ver. 2003. [cit. 2012-12-10].
- [9] REMAK, AeroCAD [počítačový program]. [cit. 2012-12-10].

Technické normy

- [10] ČSN 12 7010 Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- [11] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov
- [12] ČSN 73 0548 Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů

Legislativní předpisy

- [13] Vyhláška 6/2003, kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb. In: Praha: Moraviapress, 2003. Dostupné z:
<http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4088>
- [14] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů*. Česká republika: Ministerstvo vnitra, 97. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=6014>
- [15] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [16] Nařízení vlády č. 361/2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Firemní materiály

- [17] Remak a.s.
- [18] Mandík a.s.
- [19] GEA Heat Exchangers a.s.
- [20] TESTO, s.r.o.

Seznam použitých zkratk a symbolů

Značka	Veličina a základní jednotka
A	plocha [m^2]
c	měrná tepelná kapacita [$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$]
c	konstanta
d	průměr, tloušťka [m]
h	měrná entalpie [J.kg^{-1}]
h	výška [m]
h	výška Slunce nad horizontem [$^\circ$]
H	nadmořská výška [m n. m.]
I_{dif}	intenzita difúzní radiace [W.m^{-2}]
I	intenzita sluneční radiace [W.m^{-2}]
I_{sol}	solární konstanta [W.m^{-2}]
k	součinitel prostupu tepla [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
l	délka [m]
L	hladina akustického tlaku [dB], hladina akustického výkonu [dB]
$L_{p,A,eq}$	ekvivalentní hl. akustického tlaku vážena filtrem A [dB]
m	hmotnostní průtok [kg.s^{-1}]
n	intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]
O	objem [m^3]
p	tlak [Pa]
P	příkon [W]
P	akustický tlak [dB], akustický výkon [dB]
q	měrný tepelný tok [W.m^{-2}]
Q	tepelný tok [W]
R	tepelný odpor [$\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$]
s	stínící součinitel [-]
S	plocha [m^2]
t	teplota [$^\circ\text{C}$]
T	termodynamická teplota [K]
U	součinitel prostupu tepla [$\text{W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$]
v	měrný objem [$\text{m}^3.\text{kg}^{-1}$]
V	objemový průtok [$\text{m}^3.\text{s}^{-1}$]
w	rychlost proudění [m.s^{-1}]
x	měrná vlhkost vzduchu [kg.kg^{-1}]
Z	součinitel znečištění atmosféry [-]

α	součinitel přestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
α	úhel stěny s vodorovnou rovinou [°]
γ	azimutový úhel normály stěny [°]
Δ	konečný rozdíl dvou hodnot
δ	sluneční deklinace [°]
δ	směrové měřítko [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$]
ρ	hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
τ	hodinový úhel [°]
τ	čas [s]
φ	relativní vlhkost vzduchu [%]
φ	zeměpisná šířka [°]
ψ	časové zpoždění [h]

Seznam příloh

P1: Technická zpráva

P2: Výkresová část

Výkres č.1 – Půdorys 1NP

Výkres č.2 – Půdorys 2NP – vzduchová klimatizace

Výkres č.3 – Půdorys 2NP – kombinovaná klimatizace

Výkres č.4 – Půdorys střechy nad zázemím

TECHNICKÁ ZPRÁVA

VZT zařízení pro MZLU v Brně

OBSAH

1 Úvod.....	111
1.1 Podklady pro zpracování.....	111
1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů.....	111
2 Popis technického řešení.....	112
2.1 Koncepce větracích a klimatizačních zařízení.....	112
2.1.1 Větrání hygienického zázemí.....	112
2.1.2 Vzduchová klimatizace.....	112
2.1.3 Kombinovaná klimatizace.....	112
3 Měření a regulace.....	113
4 Požadavky na navazující profese.....	113
4.1 Stavební úpravy.....	114
4.2 Silnoproud.....	114
4.3 Vytápění.....	114
4.3 ZTI.....	114
5 Protihluková a protiotřesová opatření.....	114
6 Izolace a nátěry.....	115
7 Protipožární opatření.....	115
8 Montáž, provoz, údržba a obsluha zařízení.....	115
9 Závěr.....	116

1. ÚVOD

Projektová dokumentace se zabývá vzduchotechnickým systémem budovy MZLU v Brně.

1.1 Podklady pro zpracování

Podkladem pro zpracování byly výkresy půdorysů a řezy stavební části budovy. Součástí podkladů jsou příslušné zákony a prováděcí vyhlášky, České technické normy a podklady výrobců vzduchotechnických zařízení :

- REMAK a.s.
- MANDÍK a.s.
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády č.148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- Vyhláška č.6/2003 Sb., kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí pobytových místností některých staveb
- ČSN 73 0548 - Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů (1986)
- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení (1988)
- ČSN 73 0802 - Požární bezpečnost staveb (1977)
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením (1979)

1.2 Výpočtové hodnoty klimatických poměrů

místo : Brno

nadmořská výška : 227 m. n. m.

normální tlak vzduchu : 98,5 kPa

výpočtová teplota vzduchu : léto: + 29°C, zima -12°C, en talpie: léto 56,2kJ/kg s.v.

průměrná roční teplota: 3,6°C

počet topných dnů: 222

2 POPIS TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

2.1 Koncepce větracích a klimatizačních zařízení

Návrh řešení větrání a klimatizaci předmětných prostor vychází ze současných stavebních dispozic a požadavků kladených na interní mikroklima jednotlivých místností. V zásadě jsou větrány prostory, které to nezbytně vyžadují z hlediska hygienického, funkčního, či technologického. Pro rozvod vzduchu se počítá s nízkotlakým systémem.

Navržená VZT zařízení jsou rozdělena do následujících funkčních celků:

2.1.1 Větrání hygienického zázemí

VZT jednotka AEROMASTER XP pro přívod a odvod vzduchu ve skladbě : elektrický ohřívač, filtrace G3 na přívodu i odvodu, deskový rekuperátor s by-passem, tlumící vložky, motory řízeny frekvenčními měniči, vnější provedení, rám s nosnými nohama, jednotka opatřena stříškou.

Distribuci vzduchu budou zajišťovat stěnové obdélníkové vyústky na přívodním a talířové ventily na potrubí odvodním

Dále jsou navrženy větrací stěnové mřížky z důvodu zajištění cirkulace vzduchu mezi jednotlivými místnostmi, tyto mřížky budou zřizovány nad dveřními otvory.

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch od jednotky ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedená z ocelového potrubí sk.I. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti. Potrubí je zavěšeno v konstrukci podhledu.

2.1.2 Vzduchová klimatizace přednáškových sálů

Pro každý z přednáškových sálů je navržena vlastní vzduchotechnická jednotka. VZT jednotky AEROMASTER XP pro přívod a odvod vzduchu ve skladbě : vodní ohřívač, přímý chladič, filtrace F5 na přívodu, filtrace G3 na odvodu, rotační rekuperátor, tlumící vložky, motory řízeny frekvenčními měniči, vnější provedení, rám s nosnými nohama, jednotka opatřena stříškou

Distribuci přívodního vzduchu do tělocvičny budou zajišťovat nastavitelné dýzy. Tyto dýzy budou axiálně připojeny na spiro potrubí. Odvod vzduchu budou zajišťovat obdélníkové vyústky pro kruhové potrubí umístěné v odvodním potrubí.

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch od jednotky ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedená ze spiro potrubí. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti.

2.1.3 Kombinovaná klimatizace přednáškových sálů

VZT jednotka AEROMASTER XP pro přívod a odvod vzduchu ve skladbě : vodní ohřívač, vodní chladič, filtrace G3 na přívodu i odvodu, deskový rekuperátor s by-passem, tlumící vložky, motory řízeny frekvenčními měniči, vnější provedení, rám s nosnými nohama, jednotka opatřena stříškou. Tato jednotka určena k nucenému větrání přednáškových sálů Chlazení a vytápění budou zajišťovat jednotky fancoil umístěné v přednáškových místnostech pod okny.

Distribuci přívodního vzduchu do poslucháren budou zajišťovat dýzy. Tyto dýzy budou axiálně připojeny na spiro potrubí. Odvod vzduchu budou zajišťovat obdélníkové vyústky pro kruhové potrubí umístěné v odvodním potrubí.

Vzduchotechnické potrubí dopravující vzduch od jednotky ke koncovým elementům bude zajišťovat potrubní síť provedená ze spiro potrubí. Dimenzování základního okruhu pro odvodní i přívodní potrubí je provedeno metodou zvyšování rychlosti.

3 MĚŘENÍ A REGULACE

Navržené systémy VZT budou řízeny a regulovány samostatným systémem měření a regulace MaR :

- ovládání chodu ventilátorů, silové napájení ovládaných zařízení
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu ohřívače v zimním období – vlečná regulace (směšování)
- regulace teploty vzduchu řízením výkonu chladiče v letním období (rozdělování)
- umístění teplotních a vlhkostních čidel podle požadavku
- protimrazová ochrana deskového výměníku nastavováním obtokové klapky
- klapka ve směšovací komoře řídící průtok vzduchu v závislosti na koncentraci CO₂ v odváděném vzduchu
- ovládání uzavíracích klapek na jednotce včetně dodání servopohonů

Při poklesnutí teploty:

1) vypnutí ventilátoru, 2) uzavření klapky, 3) otevření třífázového ventilu, 4) spuštění čerpadla

- signalizace bezporuchového chodu ventilátorů pomocí diferenčního snímače tlaku
- plynulá regulace výkonu ventilátorů frekvenčními měniči na přívodu i odvodu vzhledem k zanášení filtrů a možnosti nastavení vzduchového výkonu zařízení podle potřeby provozu a časového rozvrhu
- snímání a signalizace zanesení filtrů
- poruchová signalizace

4 NÁROKY NA SOUVISEJÍCÍ PROFESE

4.1 Stavební úpravy

- otvory pro prostupy vzduchovodů včetně zapravení a odklizení sutě
- obložení a dotěsnění prostupů VZT potrubí izolačními protiotřesovými hmotami v rámci zapravení
- dotěsnění a oplechování prostupů VZT
- zajištění případných nátěrů VZT prvků umístěných na fasádě, či střeše objektu (architektonické ztvárnění)
- zajištění povrchové úpravy podlahy pro bezprašný provoz a vyspádování podlahy k instalované vpusti

- stavební, výpomocné práce
- zřízení instalačních šachet pro vedení jednotlivých vzduchovodů
- zřízení revizních otvorů pro přístup k ventilátorům, regulačním a požárním klapkám nerozebíratelných částí podhledu
- zřízení ocelové konstrukce (nosné konzoly) pro osazení venkovní jednotky na střeše objektu
- zřízení přístupu k venkovní VZT jednotce
- stavební, výpomocné práce

4.2 Silnoproud

- silové napojení a spouštění jednotlivých ventilátorů včetně zajištění časového doběhu
- ovládání uzavírání požárních klapek (při spuštění ventilátoru dojde k otevření klapky (servopohon na 230V dodávka VZT)
- opatření el. zařízení výstražnými štítky dle ČSN ISO 3864
- elektrická zařízení budou připojena dle ČSN 332180, 332190, 332000-1, 332000-4-46, 332000-5-537

4.3 Vytápění

- připojení ohřívače centrální VZT jednotky na topnou vodu včetně regulačního uzlu
- zřízení rozvodů teplé vody

4.4 ZTI

- odvod kondenzátu od chladiče, výměníku ZZT, včetně svodu od sifonů nad podlahové vpustě (sifon dodávka VZT)
- odvod kondenzátu od nátrubků DN 25 na patách jednotlivých stoupacích rozvodů

5 PROTIHLUKOVÁ A PROTIOTŘESOVÁ OPATŘENÍ

Do rozvodných tras potrubí budou vloženy tlumiče hluku, které zabrání nadměrnému šíření hluku od ventilátorů do větraných místností. Tyto tlumiče budou osazeny jak v přívodních, tak odvodních trasách všech vzduchovodů. Vzduchovody budou protihlukově izolovány od zdroje hluku za jednotlivé tlumiče jak na sání, tak na výtlaku.

Veškeré točivé stroje (jednotky, ventilátory) budou pružně uloženy za účelem zmenšení vibrací přenášejících se stavebními konstrukcemi - stavitelné nohy budou podloženy rýhovanou gumou. Veškeré vzduchovody budou napojeny na ventilátory přes tlumicí vložky nebo ohebné zvukově izolované potrubí. Potrubí bude na závěsech podloženo tlumicí gumou. Všechny prostupy VZT potrubí stavebními konstrukcemi budou obloženy a dotěsněny izolací - dodávka stavby.

6 IZOLACE A NÁTĚRY

Jsou navrženy tvrzené izolace hlukové, protipožární a tepelné. Ve výkresové části PD jsou uvažované izolace zobrazeny na výkresech. Tepelná izolace tl.60 mm bude zároveň plnit funkci hlukové. Požárně budou izolovány potrubní rozvody přecházející přes samostatný požární úsek, místa na potrubních rozvodech pro doizolování předsazené požární klapky před požárně dělící konstrukcí a to tak, že patřičná část vzduchovodu bude chráněna izolací s požadovanou dobou odolnosti.

Tvrzené tepelné - šířka izolace 40 a 60mm souč.tepelné vodivosti 0,04W/m²K

Tvrzené hlukové - šířka izolace 60mm souč.zvukové pohltivosti 0,81

Požární - požární odolnost 45 min

7 PROTIPOŽÁRNÍ OPATŘENÍ

Všechny prostupy CU potrubí procházející přes požárně dělící konstrukce budou opatřeny protipožárními ucpávkami. Do vzduchovodů procházejících stavební konstrukcí ohraničující určitý požární úsek budou vřazeny protipožární klapky, zabráňující v případě požáru v některém požárním úseku jeho šíření do dalších úseků nebo na celý objekt. V případech, kdy nebude protipožární klapku možno osadit do požárně dělící konstrukce, bude potrubí mezi touto konstrukcí a protipožární klapkou opatřeno izolací s požadovanou dobou odolnosti. Osazené požární klapky budou v provedení teplotní a ruční spouštění se signalizací na 24V.

8 MONTÁŽ, PROVOZ, ÚDRŽBA A OBSLUHA ZAŘÍZENÍ

- Realizační firma před naceněním provede prohlídku stávajících prostorů a přesný rozsah demontáží. Rozvody VZT budou instalovány před ostatními profesemi.
- Osazení VZT jednotek bude provedeno na podložky z rýhované gumy.
- Při zaregulování systémů VZT s motory ovládanými frekvenčními měniči je nutné nastavení požadovaných vzduchových výkonů koordinovat s profesí MaR .
- Montáž všech VZT zařízení bude provedena odbornou montážní firmou. Navržená VZT zařízení budou montována podle montážních předpisů jednotlivých VZT prvků.
- Při montáži musí být dodržována veškerá bezpečnostní opatření dle platných předpisů. Veškerá zařízení musí být po montáži vyzkoušena a zaregulována. Při zaregulování vzduchotechnických systémů bude postupováno v součinnosti s profesí MaR. Uživatel musí být řádně seznámen s funkcí, provozem a údržbou zařízení.
- VZT zařízení musí být pravidelně kontrolována, čištěna a udržována stále v provozuschopném stavu. Okolí zařízení musí být vždy čisté a přístupné pro snadnou kontrolu a bezpečnou obsluhu nebo údržbu. Vizualně bude hygienická účinnost

provozu (filtrační části) jednotlivých KLM zařízení kontrolována nejméně jednou týdně, v rámci profese MaR bude kontrolováno zanášení jednotlivých stupňů filtrace (prostřednictvím měření tlakové difference filtru). O kontrolách a údržbě musí být veden záznam a jejich frekvence bude určena v provozním řádu - zajistí dodavatel.

9 ZÁVĚR

Navržené větrací a klimatizační zařízení splňuje nároky kladené na provoz daného typu a charakteru. Zabezpečí v daných místnostech optimální pohodu prostředí požadovanou předpisy.