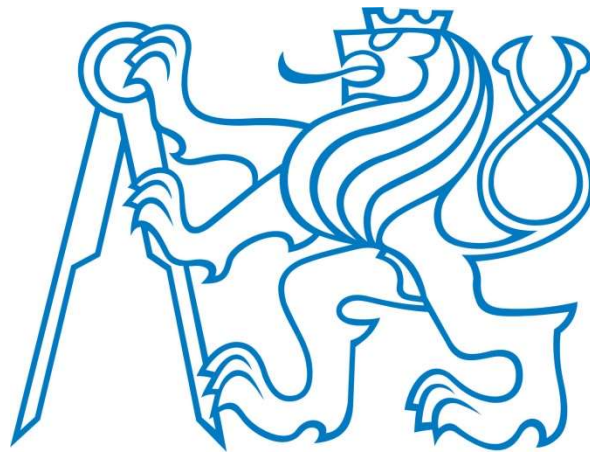


České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

DIPLOMOVÁ PRÁCE

VZDUCHOTECHNIKA V MATEŘSKÉ ŠKOLCE

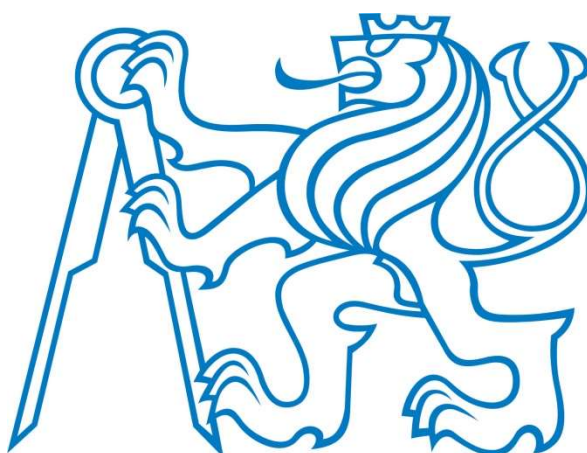


2018/2019

Bc. Veronika Zelinková

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



DIPLOMOVÁ PRÁCE

VZDUCHOTECHNIKA V MATEŘSKÉ ŠKOLCE

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Autor diplomové práce: Bc. Veronika Zelinková

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

2018/2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Zelinková

Jméno: Veronika

Osobní číslo: 396378

Zadávací katedra: K125 Technická zařízení budov

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Projekt vzduchotechniky v mateřské školce

Název diplomové práce anglicky: Air conditioning in the kindergarten

Pokyny pro vypracování:

Technická zpráva

Výpočtová část

Výkresová část - půdorysy, detaily křížení

Textová část - Problematika větrání školních zařízení

Seznam doporučené literatury:

PAPEŽ, Karel. Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.

ZMRHAL, Vladimír. Větrání škol v souvislostech. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02718-8.

DANIELS, Klaus. Technika budov: příručka pro architekty a projektanty. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-88905-63-X.

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

Datum zadání diplomové práce: 28.2.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 19.5.2019

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta:

Název diplomové práce:

Základní část: podíl: %

Formulace úkolů:

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: Datum:

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vzduchotechnika v mateřské školce“ vypracoval/a samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze 19.5.2019

.....

Bc. Veronika Zelinková

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem pedagogům, kteří mají trpělivost a ochotu předávat své znalosti studentům. Děkuji panu doc. Ing. Karel Papežovi, CSc. za vedení diplomové práce a panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za zapůjčení měřícího zařízení. Děkuji paní ředitelce Janě Zátkové a své mamince za možnost zabývat se budovou MŠ Jihozápadní. Nakonec bych chtěla nejvíce poděkovat své rodině a blízkým, kteří mi byli neustálou oporou při studiu.

Název diplomové práce:

Vzduchotechnika v mateřské školce

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá větráním v objektu mateřské školy „Jihozápadní“ v Praze na Spořilově. Jedná se o budovu z roku 1982, která byla v roce 2009 dodatečně zateplena, ale nucené větrání s rekuperací řešeno nebylo. Budova školky se skládá ze dvou tříd o kapacitě 30 dětí, velkokuchyně a bytu správce.

Teoretické části diplomové práce zkoumají obecně zásady správného návrhu vnitřního prostředí školních budov, které nám udávají normy, a zabývají se nejčastějšími problémy.

Pro přiblížení současného stavu vnitřního prostředí v MŠ Jihozápadní bylo provedeno měření teploty, vlhkosti a CO₂. Následně byla zpracována data a zhodnoceny výsledky měření.

Další simulace vnitřního prostředí MŠ bylo provedeno programem Design Builder.

Projektové části obsahují návrh komplexního systému větrání pro jednotlivé místnosti. Přílohou jsou výkresy a technické listy.

Klíčová slova:

Vzduchotechnika, mateřská školka, větrání ve školách, větrání kuchyni, vnitřní prostředí, koncentrace CO₂, měření vnitřního prostředí, dataloger, rekuperační jednotka, zdravá škola

Title:

Air conditioning in the kindergarten

Abstract:

This diploma thesis is about ventilation of the building of kindergarten Jihozápadní located in Spořilov. It is a building from 1982, which was in 2009 additionally insulated, but mechanical ventilation with recuperation was not solved. Kindergarten includes 2 classes with a capacity of 30 children, large kitchen and administrator's apartment.

Theoretical parts of thesis examines typical problems and general principles of the correct design of indoor environment of school buildings. We have to also follow all standarts.

For understanding indoor environment of "Jihozápadní" kindergarten, measurements of temperature, humidity and CO₂ have been done. Measured data were processed and the measurement results evaluated.

For another simulation Design Builder was used.

Project parts include a proposal of complex ventilation system for individual rooms. Technical drawing and technical sheets are also included.

Key words:

Ventilation, Air conditioning kindergarten, ventilation in schools, ventilation of kitchen, indoor environment, CO₂ concentration, measurement of indoor environment, datalogger, recuperation unit, healthy school

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

Katedra technických zařízení budov



Diplomová práce

Vzduchotechnika v mateřské školce

Teoretická část

Autor diplomové práce: Bc. Veronika Zelinková

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Karel Papež, CSc.

2019/05

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	10
1 ÚVOD	11
2 Objekt mateřské školky	11
2.1.1 Lokalita	11
2.1.2 Popis objektu	11
2.1.3 Konstrukční systém	11
2.1.4 Stavební úpravy	11
3 Provoz budovy	12
4 Rozdělení budovy	12
4.1 TŘÍDY	12
4.2 OSTATNÍ PROSTORY – 2.NP, 3.NP	13
4.3 VELKOKUCHYŇ	13
4.4 OSTATNÍ PROSTORY 1.NP	13
4.5 BYT SPRÁVCE	13
5 Současný stav budovy	13
5.1.1 Vytápění	13
5.1.2 Větrání	14
5.1.3 Chlazení	14
5.1.4 ZTI	14
5.1.5 Plyn	14
5.1.6 Osvětlení	14
6 Teorie vnitřního prostředí	15
7 Vnitřní prostředí školních budov	15
7.1 Teplotně-vlhkostní podmínky	16
7.2 Kvalita vzduchu	17
7.3 Prach a kapalné aerosoly	19
7.4 Akustické mikroklima	20
7.4.1 Limity dle legislativy	20
7.4.2 Opatření	20

7.5	Osvětlení	21
7.6	Ostatní podmínky dle normy týkající se MŠ.....	21
7.6.2	Problémy školních budov	21
7.6.3	Projekt Zdravá škola	21
8	Měření vnitřního prostředí MŠ	23
8.1	Teplota - vlhkost	23
8.1.1	Měření ve třídě č.1	24
8.1.2	Měření ve třídě č.2	26
8.1.3	Posouzení měření	29
8.2	Koncentrace CO ₂	30
8.2.1	Měření A	31
	31
8.2.2	Měření B	32
8.2.3	Měření C	33
	33
	Závěr měření CO ₂	34
9	Simulace vnitřního prostředí – DesignBuilder	35
9.1	Model budovy	35
	35
10	Návrh větrání v MŠ.....	36
10.1	Základní údaje	36
10.2	Tepelné ztráty	36
10.3	Tepelná zátěž	37
10.3.1	Výpočet tepelného zisku zóny č.1 - třída:.....	37
10.4	Množství vzduchu	39
10.5	Koncept řešení	40
11	Větrání tříd.....	41
11.1	Popis zóny	41
11.2	Množství vzduchu	41
11.3	VZT jednotka.....	41
11.4	VZT systém	41
12	Větrání kuchyně.....	42
12.1	Obecně	42
12.2	Koncept řešení	43

12.2.1	Filtrace vzduchu.....	43
12.2.2	Výpočet množství vzduchu.....	43
12.2.3	Návrh geometrie větracího stropu.....	44
13	Větrání učebny a kanceláře.....	45
14	Větrání bytu správce.....	45
15	Větrání ostatních prostor.....	45
16	Obecné VZT požadavky.....	46
16.1	Protipožární opatření.....	46
16.2	Protihluková opatření.....	46
16.3	Tepelná izolace.....	46
16.4	Obsluha a údržba.....	46
16.5	Související profese.....	46
16.5.1	ZTI.....	46
16.5.2	Silnoproud, MaR.....	46
16.5.3	Stavba.....	47
	Závěr.....	48
	Seznam použité literatury.....	49
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek.....	50
	Seznam grafů.....	50
	Seznam příloh.....	51

Seznam symbolů a zkratek

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

VOC – těkavé organické látky

PPM - Parts per million

1 ÚVOD

Předmětem této diplomové práce je návrh vzduchotechnického zařízení a zkoumání vnitřního prostředí v objektu Mateřské školy Jihozápadní.

2 Objekt mateřské školky

2.1.1 Lokalita

Mateřská školka Jihozápadní se nachází v Praze 4 na Spořilově v klidné části mezi rodinnými domy v nadmořské výšce 271m.n.m.

2.1.2 Popis objektu

Řešeným objektem je mateřská školka, která byla postavena v roce 1982. Školka se skládá ze dvou hlavních objektů, které jsou vzájemně spojeny.

Prvním objektem je školkové zařízení o třech nadzemních podlažích, kde v 1.NP je umístěná velkokuchyně se zázemím a v ostatních podlažích jsou třídy.

Druhý objekt má dvě nadzemní podlaží, kdy v 1.NP se nachází kotelna a v 2.NP je zřízen byt pro správce objektu.

Ke školce přiléhá zahrada, bazének pro letní osvěžení, menší objekt pro uskladnění hraček a nářadí.

2.1.3 Konstrukční systém

Nosný systém budovy tvoří příčný prefabrikovaný železobetonový skelet se sloupy o průřezu 400 x 400 mm. Pro přenesení účinků vodorovných sil jsou navrženy zavětrovací stěny průběžně s výškou objektu. Stropní konstrukci tvoří typové prefabrikované panely. Převážná část obvodových stěn 1.NP je navržena z cihel 375 na maltu MVC25. Zbytek obvodového pláště tvoří plynosilikát o tl.250mm a kontaktní tepelná izolace tl. 160 mm včetně plastových oken a dveří. Vnitřní příčky jsou vyzděné z pórobetonu. Budova je plně zateplená.

2.1.4 Stavební úpravy

Školka je v provozu od roku 1982 a do současné doby prodělala několik zásadních stavebních úprav:

a) V roce 2009 bylo provedeno zateplení fasády a výměna stávajících oken za plastová a v návaznosti na tyto změny došlo i k úpravě systému vytápění. Stávající plynové kotle byly vyměněny za dva nové kondenzační kotle BAXILUNA 1.450P o celkovém výkonu 96kW, které zajišťují ohřev pro vytápění, TV a VZT. Došlo ke snížení teplotního spádu otopné vody z 90/70°C na 65/50°C. Některá otopná tělesa byla nahrazena, aby splňovala funkčnost po změně zdroje tepla. Systém má ekvitermní regulaci.

b) V roce 2016 došlo k rekonstrukci kuchyně a vzduchotechniky v 1.NP. Rekonstrukce proběhla v rozsahu celkové obměny GASTRA spotřebičů a VZT jednotky. Byla navržena nová VZT jednotka a VZT systém pro větrání 1.NP. Strojovna VZT byla rozšířena pro rozměry nové VZT jednotky. V některých místnostech došlo ke změně dispozice, k přemístění příček a také k přemístění otopných těles.

3 Provoz budovy

Školka je v provozu ve všední dny od pondělí do pátku mimo víkendy a svátky. V letních měsících je školka uzavřená.

Plný provoz: 7:00 – 17:00, září - červen

Tlumený provoz: 17:00-7:00, víkendy, červenec - srpen

Při plném provozu je budova obsazená osobami a kuchyně běží v předpovídané současnosti. Při tlumeném provozu je předpokládáný prázdný objekt a technická zařízení běží v úsporném režimu. Kdyby byla technická zařízení úplně odstavená z provozu, mohlo by dojít k poruchám, proto běží v minimálním režimu i v letních měsících.

4 Rozdělení budovy

Budova je rozdělená dle provozu a užívání do několika zón:

4.1 TŘÍDY

Jedná se o hlavní prostory budovy, kde probíhá výuka dětí předškolního věku. Kapacita třídy je 30 dětí + 2 vyučující a nachází se v 2.NP a ve 3.NP.

Prostor se skládá z místností:

Lehárna - místnost je určena k dopoledním aktivitám vyžadující volný prostor – pohybové aktivity, hry, hra na hudební nástroje a jiné. Po obědě je prostor uzpůsoben spacímu režimu. Místnost má okna orientovaná rovnoměrně na severní, východní a jižní stranu. Z lehárny vede požární únikové schodiště. Lehárna je oddělená od denní místnosti rolovacími dveřmi, které jsou však skoro vždy otevřené, proto při výpočtu budou tyto dvě místnosti posuzovány jako jedna místnost.

Denní místnost – v místnosti jsou umístěné stoly. Probíhá zde denní výuka, výtvarné činnosti a v poledne slouží místnost jako jídelna. Okna jsou umístěna pouze na jižní stranu, tudíž dochází k dostatečnému přísunu denního světla, ale v letních měsících dochází i k následnému ohřevu místnosti.

Přípravna jídla – zde je dopravováno jídlo z varny z 1.NP pomocí výtahu a poté dále distribuováno do denní místnosti. V místnosti je základní výbava kuchyňského zařízení: myčka nádobí, dřez, mikrovlnná trouba.

Hygienická zázemí – jedná se o umývárnu se 6 umyvadly a sprchovým koutem a s 5 toaletami. Prostory jsou situované na severní straně budovy.

4.2 OSTATNÍ PROSTORY – 2.NP, 3.NP

Jedná se o šatnu pro děti, chodba, schodiště. Šatna pro zaměstnance s vlastním hyg. zázemím (WC, umyvadlo, sprcha). Kancelář ředitele MŠ a vlastním hyg. zázemím (WC, umyvadlo). Příležitostná učebna s vlastním hyg. zázemím v 2.NP a menší učebna v 3.NP.

4.3 VELKOKUCHYŇ

Varna je umístěná v 1.NP, kde se také nacházejí další místnosti související s provozem: sklady potravin, mytí nádobí, kancelář pro kuchařku s vlastním hyg. zázemím. V běžném provozu je připravováno 60-70 jídel, ale varna je navržena na maximální kapacitu 100 jídel. Varna je vybavená základními spotřebiči pro moderní velkokuchyně: konvektomat, plynový sporák, velkoplošná pánev, dřez atd. Provoz varny začíná v 7:00 a je přerušen mezi 10:00 a 11:00. Poté je celkově ukončen ve 12:30. Okna místnosti jsou situovaná pouze na jižní stranu, kdy dochází k dostatečnému dennímu osvětlení a zároveň se místnost vyhýbá přímému slunečnímu svitu, ke kterému dochází již při ukončeném provozu varny.

4.4 OSTATNÍ PROSTORY 1.NP

Jedná se o strojovnu vzduchotechniky kuchyně, chodbu se schodištěm, sklady, prádelnu, místnost s keramickou pecí, místnost s rozvaděčem, kotelna, garáž pro správce objektu.

4.5 BYT SPRÁVCE

Byt správce objektu je umístěn v 2.NP. Jedná se o byt s dispozicí 3+KK, která je obýván celoročně 4 člennou rodinou správce objektu. Byt se skládá z dvou ložnic, kuchyně, obývacího pokoje a hyg. zázemí.

5 Současný stav budovy

Budova je napojená na veřejné inženýrské sítě: plyn, voda, kanalizace, elektrické vedení.

5.1.1 Vytápění

Vytápění objektu zajišťují 2x plynové kotle s teplovodními rozvody a deskovými otopnými tělesy.

5.1.2 Větrání

Nucené větrání s rekuperační VZT jednotkou je navrženo pro místnost varny. Hygienická zázemí jsou odvětrávána lokálními ventilátory, které nejsou však všechny provozuschopné. Ostatní prostory v objektu jsou větrány přirozeně.

5.1.3 Chlazení

Chlazení probíhá pouze v prostoru varny, kde je pro VZT jednotku zajišťováno kompresorové chlazení.

5.1.4 ZTI

Ohřev TV zajišťují plynové kotle a zásobník TV.

Kanalizační přípojka je jednotná jak pro dešťovou, tak pro splaškovou kanalizaci a je napojena na veřejnou kanalizaci.

5.1.5 Plyn

Objekt je připojen na plynovodní přípojku se zemním plynem pro zajištění funkce kotle a plynových spotřebičů v kuchyni.

5.1.6 Osvětlení

Osvětlení je provedeno v klasických žárovkách a zářivkách.

6 Teorie vnitřního prostředí

Dle výzkumu z Univerzity Karlovy člověk tráví 90% svého času v budovách. Proto je pro nás vnitřní prostředí důležité, neboť ovlivňuje naše zdraví a kvalitu života. Hlavní složky vnitřního prostředí nám ukazuje graf 1.



Obrázek 1 - složky vnitřního prostředí

Fyziologické potřeby, mimo jiné dýchání a regulace teploty, jsou základním stavebním kamenem pro lidskou spokojenost. Toto definoval americký psycholog Abraham Harold Maslow v roce 1943 ve své Maslowě pyramidě jako hierarchii lidských potřeb.

V souvislosti s tématem vnitřního prostředí se často objevují pojmy SBS (Sick Building Syndrome) nebo BRI (Building Related Illnesses), které vyjadřují nespokojenost uživatelů. U SBS je příčina nespokojenosti uživatelů neznámá a odstranění se stává složitějším problémem. U BRI je příčina nespokojenosti známá, může se jednat o špatný způsob osvětlení, častý průvan nebo o přítomnost škodlivých látek v ovzduší, a v tomto případě lze nápravu provést snadněji. (8)

V rámci této diplomové práce se zaměříme na vnitřní prostředí školských budov.

7 Vnitřní prostředí školních budov

V ČR stanovuje limity vnitřního prostředí ve školních budovách **Vyhláška č.410/2005 Sb.** o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých včetně následných změn vyhláškami: **Vyhláška č. 343/2009 Sb.** a **Vyhláška č. 465/2016 Sb.**, která doplňuje hygienické požadavky pro lesní školky.

7.1 Teplotně-vlhkostní podmínky

Účelem je dosáhnout tepelné pohody, což je stav mysli, na základě subjektivního hodnocení, jenž vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem. (ASHRAE).

Vyhláška č. 343/2009, § 18 určuje limitní teploty vzduchu pro školská zařízení:

(2) Při poklesu teploty vzduchu v učebnách určených k pobytu dětí a žáků ve třech po sobě následujících dnech pod 18 °C, ne však méně než 16 °C, nebo při poklesu teploty vzduchu v těchto učebnách v jednom dni pod 16 °C musí být provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozoven pro výchovu a vzdělávání zastaven.

(3) Při extrémních venkovních teplotách, kdy maximální venkovní teplota vzduchu je vyšší než 30 °C nebo kdy je výsledná teplota kulového teploměru $t_{g \max}$ vyšší než 31 °C, musí být přerušeno vyučování a zajištěno jiné náhradní opatření pro děti a žáky s možností pobytu mimo budovu včetně zajištění pitného režimu.

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	$t_{g \min}$ [°C]	$t_{g \text{opt}}$ [°C]	$t_{g \max}$ [°C]	v_a [m.s ⁻¹]	rh [%]
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	18	20 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Šatny	20	22 ±2	28	0,1-0,2	30-65
Sprchy	24	-	-	-	-
Záchody	18	-	-	0,1-0,2	30-65
Chodby	18			0,1-0,2	30-65

Tabulka 1 - Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu dle Vyhlášky č.410/2005

Rozdíl výsledné teploty v úrovni hlavy a kotníků nesmí být větší než 3 °C.

Tam, kde je rozdíl mezi výslednou teplotou kulového teploměru t_g a teplotou vzduchu t_a menší než 1 °C, lze jako výslednou hodnotu teploty použít hodnotu t_a [°C] naměřenou suchým teploměrem.

Orientační kontrolu teploty vzduchu v prostotách s pobytem lze zabezpečit pomocí nástěnných teploměrů. Teploměry se nesmí umisťovat na stěny s okny a stěny vystavené přímému dopadu slunečního záření.

7.2 Kvalita vzduchu

Kvalita vzduchu, jak už již bylo výše zmíněno, je pro člověka zásadní. Ve vzduchu se vyskytuje spousta škodlivin (CO₂, vodní pára, radon, těkavé organické látky (VOC), čisticí prostředky aj.), které snižují kvalitu vzduchu. Celkovou kvalitu vzduchu ovlivňuje koncentrace plynů, par, aerosolů, mikrobů, chemických látek, průtok a násobnost výměny vzduchu.

Hlavní posuzovanou veličinou je koncentrace oxidu uhličitého CO₂, která nesmí dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. překročit hodnotu 1500 ppm, avšak již při překročení hodnoty 1000 ppm můžeme pociťovat nepříjemné změny jako únavu, a proto by se měla při hodnotě nad 1000 ppm místnost vyvětrat.

Účinky CO ₂ na lidský organismus	
cca 350 ppm	úroveň venkovního prostředí
do 1000 ppm	doporučená úroveň CO₂ ve vnitřních prostorách
1200-1500 ppm	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorách
1500 ppm	maximální přípustná hodnota pro vnitřní prostory
1000-2000 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000 ppm	nastávají možné bolesti hlavy, ospalost, letargie
5000 ppm	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000 ppm	nevolnost a zvýšený tep, nedoporučuje se delší pobyt
> 15000 ppm	dýchací potíže
> 40000 ppm	možná ztráta vědomí

Tabulka 2 - Účinky CO₂ na lidský organismus

Vyhláška č. 268/2009 Sb. stanovuje pro pobytové místnosti minimální intenzitu vzduchu 0,5/h nebo množství 25m³/osobu/h.

Typ prostoru	Množství vzduchu [m ³ .hod ⁻¹]
Učebny	20-30 na 1 žáka
Tělocvičny	20-90 na 1 žáka (dle druhu prováděného cvičení a dle kapacity tělocvičny)
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

Tabulka 3 - - Množství přiváděného čerstvého vzduchu dle Vyhlášky č. 410/2005

Důležité je navrhnout komplexní systém větrání. Nucené větrání splňuje současné požadavky pro větrání ve školách oproti přirozenému větrání infiltrací a okny. V historických a památkově chráněných budovách může být realizace nuceného větrání

kvůli prostorovým možnostem obtížná, proto je při rekonstrukci dobré obnovit původní návrh větracího systému (šachty, větrací otvory) a učebny vybavit systémem pro měření koncentrace CO₂.

7.3 Prach a kapalné aerosoly

Prach (pevné aerosoly) a kapalné aerosoly vstupují do organismu hlavně dýchacím ústrojím, ale dochází také k expozici pokožky a spojivkového vaku. Zvýšená koncentrace aerosolových má hlavně za následek respirační problémy.

Označení prachových částic PM (particulate Matter) dle velikosti frakce:

- PM 10 (aerodynamický průměr $\leq 10 \mu\text{m}$)
- PM 2,5 (aerodynamický průměr $\leq 2,5 \mu\text{m}$) - respirabilní, největší negativní vliv na zdraví člověka

Aerosoly vstupují do budovy z venkovního prostředí, kdy má hlavní vliv provoz dopravy, a také vznikají přímo uvnitř budovy činností člověka a uvolňováním ze stavebních materiálů.

Koncentrace aerosolových částic ovzduší se zvyšuje s počtem osob v místnosti. Pro školy a školky platí koncentrace částic asi $10\text{mg}/\text{m}^3$ (7). Ve třídách navíc dochází o přestávkách či při pohybových aktivitách k rozvíření prachu do ovzduší. Při klidném režimu mají částice tendenci se usazovat působením zemské přitažlivosti. Ve školkách dochází k víření částic navíc při pohybových aktivitách v herně, kde je podlahovou krytinou koberec a také při přípravě lehátek a lůžkovin pro odpolední spánek. Snížit koncentraci aerosolů v ovzduší lze pravidelným úklidem včetně otírání prachu, luxováním a také nuceným větráním s rekuperační jednotkou, kdy do místnosti vstupuje upravený vzduch.

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
Oxid siřičitý	1 hodina	$350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	24
Oxid siřičitý	24 hodin	$125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	3
Oxid dusičitý	1 hodina	$200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	$40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Oxid uhelnatý	maximální denní osmihodinový průměr	$10 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Benzen	1 kalendářní rok	$5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Částice PM ₁₀	24 hodin	$50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
Částice PM ₁₀	1 kalendářní rok	$40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	$25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Olovo	1 kalendářní rok	$0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0

Tabulka 4 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení (15)

7.4 Akustické mikroklima

Ve školách klademe hlavní akustické požadavky na ochranu vnitřních místností před vnějším hlukem a na zvukovou izolaci mezi jednotlivými vnitřními místnostmi (učebnami). V učebnách je třeba zajistit srozumitelné mluvené slovo, které je ovlivňováno dobou dozvuku a hlukem v pozadí. Dalšími důležitými místnostmi jsou tělocvičny, volnočasové místnosti a sborovny.

Při nevhodné akustice jsou učitelé i žáci dříve unavení a ztrácí soustředěnost. Zvláště větší dopad může mít nevhodná akustika na žáky s vadou sluchu či řeči.

7.4.1 Limity dle legislativy

Podle zákona č. 272/2011 Sb. nesmí hluk v budovách pro školní zařízení přesáhnout po dobu užívání hodnotu 45 dB. V nařízení vlády č. 217/2016 Sb. o ochraně zdraví nesmí hluk do vnějšího prostoru budovy přesáhnout hodnotu 56dB a ve vnitřním prostoru třídy hodnotu 44dB.

V prostoru varny nesmí hladina akustického tlaku přesáhnout 60 dB a v prostoru výdeje jídel nesmí překročit hranici 50 dB.

7.4.2 Opatření

Dispozice budovy

Hluku z vnějšího prostředí od automobilové dopravy, lze řešit na začátku projektování a to správným návrhem dispozice budovy tak, aby učebny byly situovány na opačné straně budovy než je rušné vnější prostředí a naopak chodby, sklady, technické místnosti bez trvalého výskytu osob lze situovat směrem do rušného vnějšího prostředí.

Technické vybavení

Hluk přenáší VZT jednotka, tak i potrubní VZT rozvody, proto je při projektování zohlednit tato kritéria a zvolit vhodnou geometrii potrubí a dosadit do systému odpovídající tlumiče hluku.

Zvuková izolace

Dělicí a obvodové konstrukce musejí mít odpovídající zvukovou izolaci.

Prostorová akustika

Pro snížení doby dozvuku je potřeba zvýšit vnitřní zvukovou pohltivost tím, že stavební konstrukce budou opatřeny zvukově pohltivými obklady nebo bude místnost vybavena více pohltivým nábytkem. Nejčastěji se obkládají stropy.

7.5 Osvětlení

Pro herny v mateřských školách se stanovuje udržovaná osvětlenost $\bar{E}_m = 300 \text{ lx}$.

7.6 Ostatní podmínky dle normy týkající se MŠ

7.6.1.1 Prostorové podmínky

Norma stanovuje pro jedno dítě v místnosti s účelem herny a ložnice minimální plochu 4m^2 . Plocha v lehárně pro jedno lůžko musí činit nejméně $1,7\text{m}^2$ na 1 dítě.

7.6.1.2 Zásobování vodou

Z kapacitních hledisek musí být pro dítě v předškolním věku k dispozici nejméně 60 l vody na den.

7.6.1.3 Zařizovací předměty

Pro 5 dětí musí být zřízena jedna dětská mísa a umyvadlo. Umyvadla se umisťují zpravidla ve výši 50 cm, výtokový ventil ve výši 60 cm nad podlahou. Umývárna se vybavuje 1 až 2 sprchami řešenými tak, aby děti mohly vstupovat do sprch bez cizí pomoci.

7.6.2 Problémy školních budov

Současný největší problém vnitřního prostředí ve školách je kvalita vzduchu. Dotační programy umožnily budovy dodatečně zateplit, instalovat nový zdroj tepla a vyměnit okna a dveře. Tím došlo ke snížení energetické spotřeby, ale zároveň došlo k vzduchotěsnému uzavření obálky budovy. Pokud nebylo současně řešeno nucené větrání, dochází k nedostatečnému přísunu čerstvého vzduchu, což má za následek zvýšení vlhkosti, zvýšení koncentrace CO_2 , radonu, prachových a kapalných aerosolových částic a vzniká více nepříjemných odérů. Ve třídách dochází ke zhoršení podmínek po velmi krátké době od začátku vyučování. Celková kvalita vnitřního prostředí má vliv na pozornost, soustředěnost a kognitivní procesy učení se.

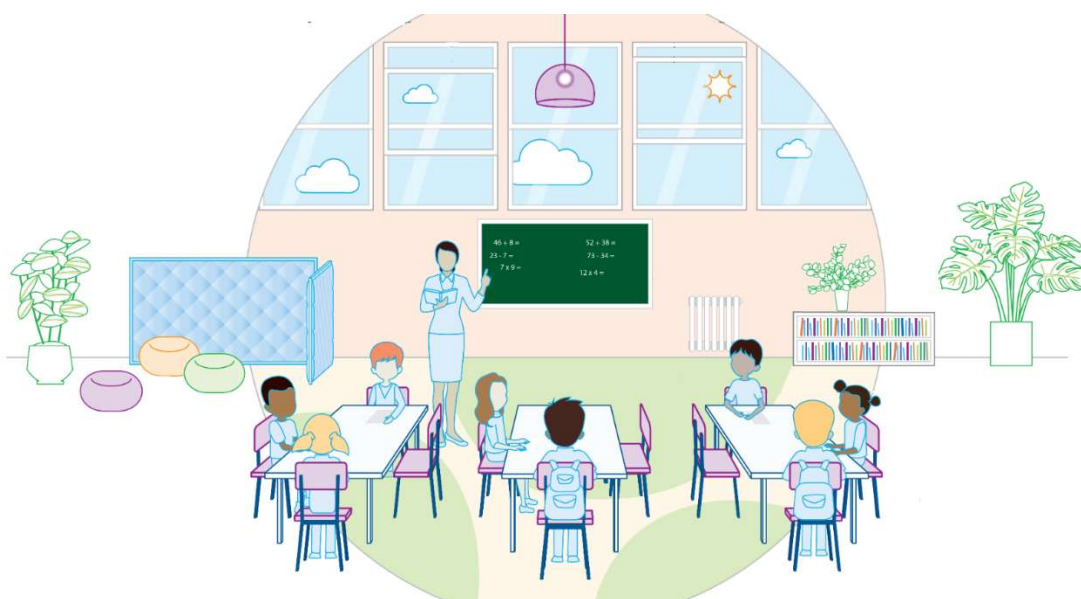
7.6.3 Projekt Zdravá škola

Česká rada pro šetrné budovy (CZGBC) spustila v dubnu roku 2017 projekt Zdravá škola, jež se věnuje komplexně problematice vnitřního prostředí a má za cíl zlepšit dosavadní situaci s kvalitou vnitřního vzduchu, osvětlení a akustiky.

V rámci tohoto projektu byly pilotně změřeny hodnoty vnitřního prostředí v několika školách, a výsledky byly alarmující. Jednalo se o budovy dodatečně zateplené. Následně byla provedena zlepšující opatření: akustické úpravy podhledů, osvětlení, pořízení

rekuperační jednotky s čidly CO₂. Po těchto úpravách byly dosaženy odpovídající limity a prostředí se stalo příjemným.

Prvním krokem jak se zapojit do programu, je přihlásit školu přes web.formulář: <https://www.zdravaskola.cz/cs/poptavkovy-formular>. Poté budou Radou provedeny měření vnitřního prostředí (CO₂, teplota, vlhkost, zvuk, světlo). Následuje vyhodnocení výsledků, vypracování návrhu s příslušnými doporučeními pro zlepšení kvality prostředí a návrhy pro využití dostupných dotačních titulů. V současné době stát částečně podporuje dotacemi pouze zateplování budov, nikoliv však řízené větrání, což může být pro školy při nedostatečných finančních možnostech problém, a ty pak s prováděním změn otálejí. Vnitřní prostředí je potřeba řešit komplexně, jinak nemusí dojít ke správné optimalizaci. Projekt Zdravá škola může situaci v budoucnu v ČR zlepšit tím, že bude veřejnost více informována a stát nebo EU uvolní více finančních prostředků.



Obrázek 2 – Ilustrační obrázek třídy

(<https://www.zdravaskola.cz>)

Dle dalších studií, zveřejněné v rámci projektu Zdravá škola, ovlivňují složky vnitřního prostředí studenta následovně:

- CO₂ – Zvýšení koncentrace CO₂ o každých 100 ppm má za následek zvýšení absence žáků o půl dne za jeden školní rok.
- Hluk – Negativní vliv na výsledky při matematických a jazykových testech. Každé zvýšení hluku o 10db snížilo skóre testu o 5,5bodů.
- Tepelná pohoda - Studenti, kteří pociťují ve třídě tepelnou pohodu, dosahují v matematických testech lepší výsledky o 4% než ostatní studenti.
- Osvětlení - Při kvalitním osvětlení se u studentů zvýšila plynulost čteného projevu o 36 % oproti zlepšení 16% při běžném osvětlení.

8 Měření vnitřního prostředí MŠ

Pro lepší přiblížení vnitřního prostředí v mateřské školce jsem využila možnost zapůjčení měřicího zařízení Katedrou TZB a provedla jsem měření: teploty vzduchu, relativní vlhkosti a koncentrace CO₂.

Měření proběhla ve dnech 9.5. a 10.5.2019. Počasí bylo polojasné a občas se objevil déšť.

Stanice	Maximální teplota	Minimální teplota	Náraz větru	Srážky	Nejvyšší tlak	Nejvyšší vlhkost
Praha 10, Bohdalec	18.7 °C	11.9 °C	9 km/h	1.1 mm	1001.7 hPa	87 %

Tabulka č. – Počasí dne 9.5.2019 (www.in-pocasi.cz/)

8.1 Teplota - vlhkost

Měřicí zařízení: 2x datalogger COMET S3120E s vestavěným čidlem teploty a vlhkosti

Měřené veličiny: teplota vzduchu, teplota rosného bodu, relativní vlhkost

Čas měření: 9.5.2019 7:30 – 10.5.2019 15:00

Do každé třídy byl umístěn datalogger tak, aby byl zhruba uprostřed místnosti a aby byl v dostatečné výšce na polici z dosahu dětí. Dispozičně jsou obě třídy shodné, liší se jen v úrovni podlaží. Třída má tvar L s hlavními okny situovanými na jižní stranu. Hodnoty měření byly zaznamenávány vždy po 15 min, kdy lze do výsledků promítnout i nárazové změny vzduchu např. vyvětrání oknem.



Obrázek 3 - umístění dataloggeru ve třídě

Obrázek 4 - datalogger

8.1.1 Měření ve třídě č.1

Třída č.1 se nachází v 2.NP podlaží s kapacitou 30 dětí, avšak počet dětí ve dnech měření byl cca 22 dětí. Průběh hodnot ovlivňuje hlavně denní režim školky a přítomnost dětí.

Denní režim školky:

7:30 – otevření školky

10:30 – 11:30 pobyt venku

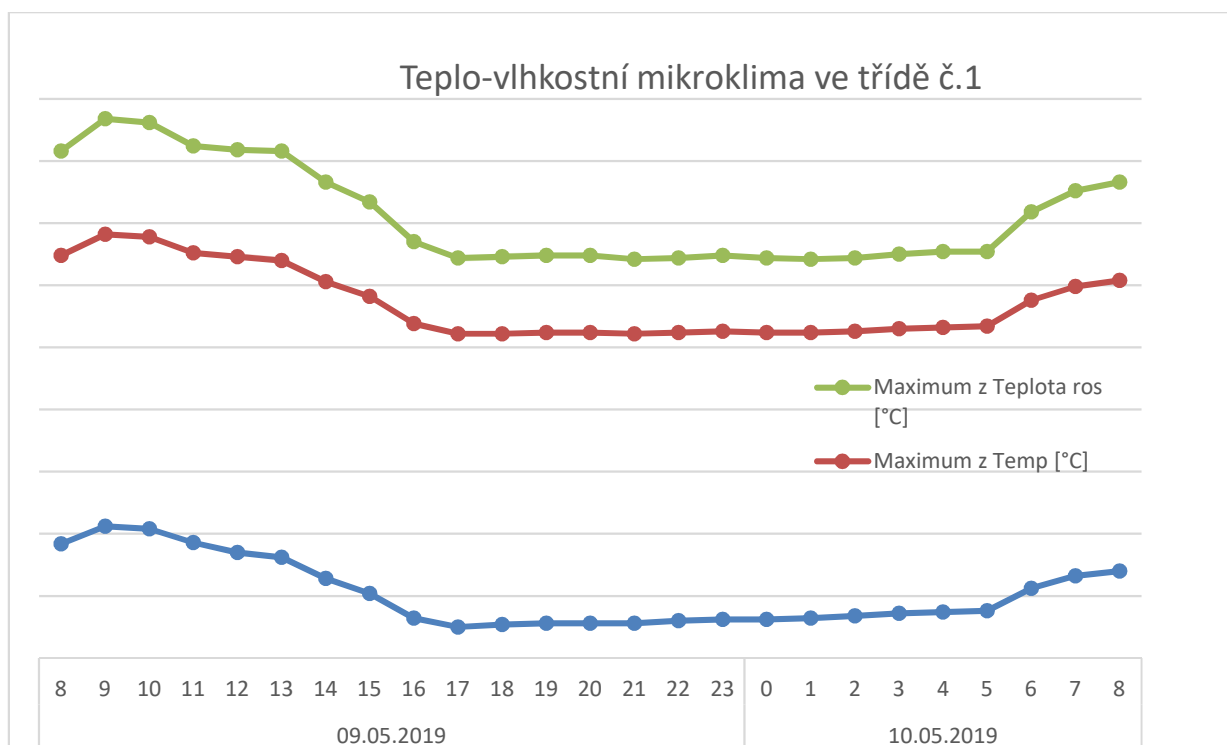
11:30 – oběd

12:30 – 13:30 – přesun všech dětí k odpolednímu spánku do třídy č.1

13:00 – 15:30 – odpolední spánek

14:00 – ukončení provozu ve třídě č.2

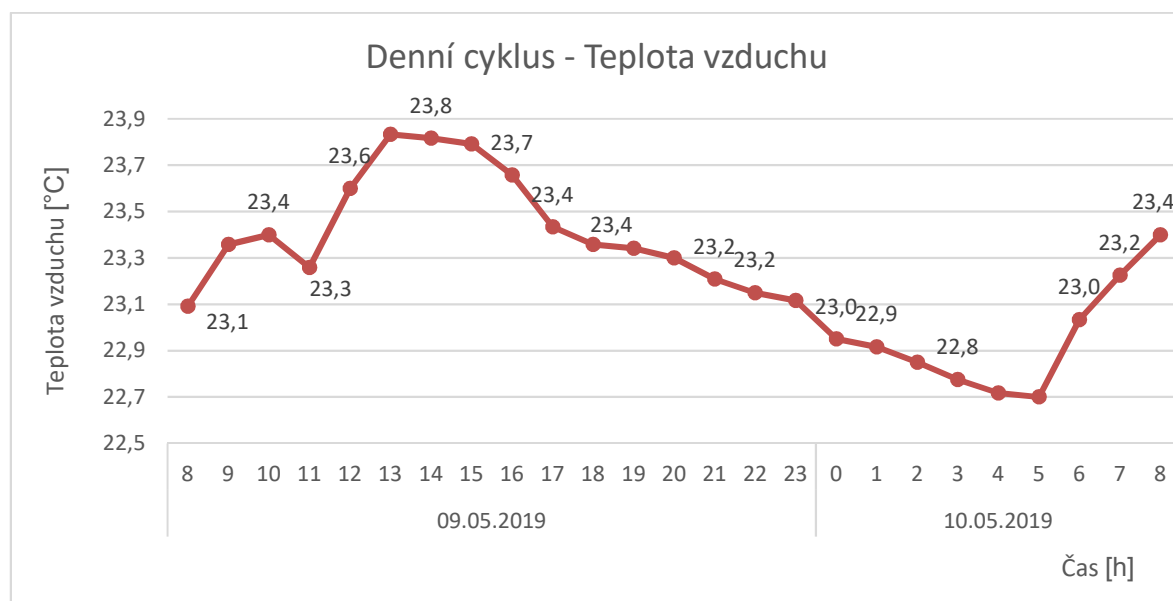
17:00 – konec provozu ve třídě č.1



Graf 1 – Měření č.1 – Křivky při maximálních hodnotách

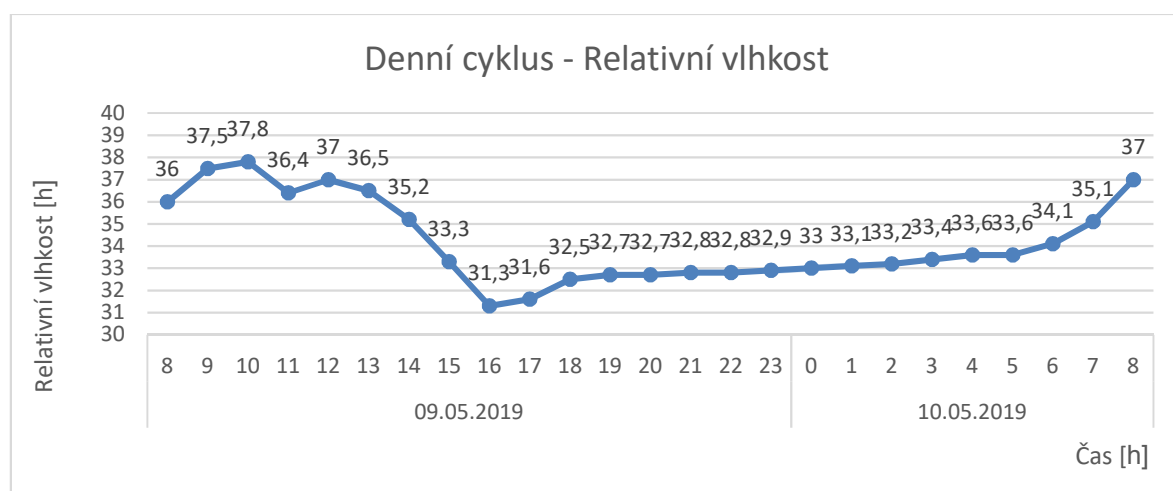
Z graf č. 3 ukazuje denní cyklus vnitřního prostředí ve školce od 8:00 9.5.2019 do 8:00. 10.5.2019. Křivky jednotlivých grafů jsou podobné, tudíž předpokládáme správnost měření dataloggeru.

Z grafů lze vyčíst nárůst hodnot v ranních hodinách, kdy se školka otvírá, a děti přicházejí. Poté hodnoty nepatrně klesají při opuštění třídy v rámci dopolední vycházky. Po návratu je připraven oběd a hodnoty opět stoupají. Zároveň se posouvá slunce a jižní strana třídy je vystavena větší intenzitě slunečního záření. Pomalu začínají hodnoty klesat po odpoledním spánku, kdy děti začínají odcházet domu. K menším změnám teplot může docházet při nárazovém větrání okny, otevřením dveří či vzniklým průvanem, což je ale při přirozeném větrání nezbytné. Teplota tedy klesne v noci a ráno, kdy se otevřou okna a vyvětrá se. Celkově nedochází k větším výkyvům hodnot, což značí dobrou akumulaci budovy.



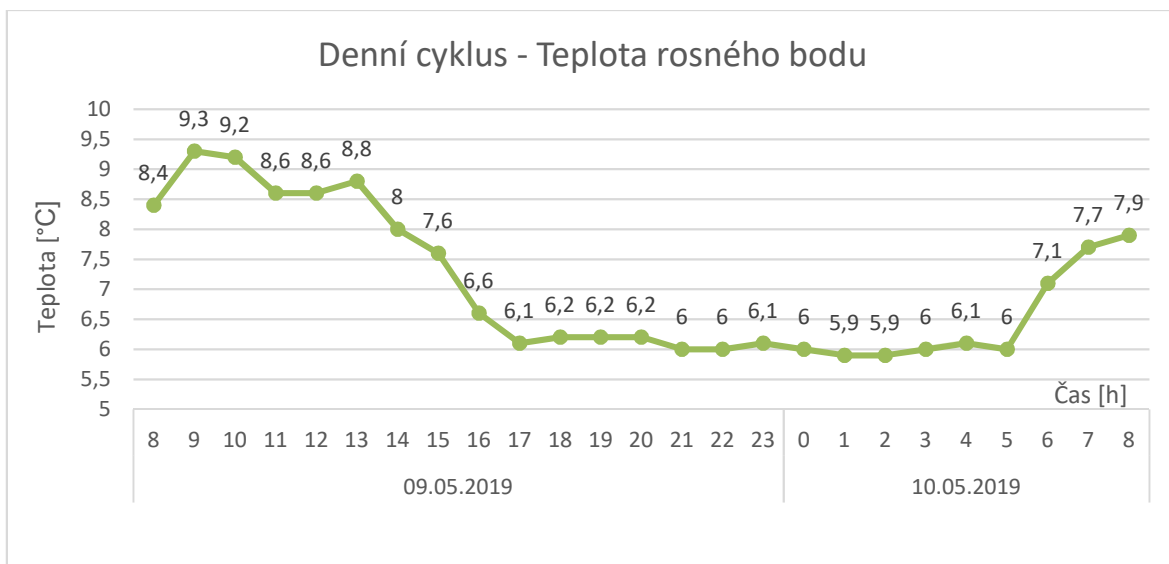
Graf 2 - Měření č.1 – Průměrná teplota vzduchu

Rozdíl mezi max a min teplotou vzduchu je 1,3°C při průměrné teplotě vzduchu 23,4°C. Minimální teplota vzduchu 22,6 byla změřena v ranních hodinách mezi 2:00 – 5:00. Maximální teplota vzduchu 23,9 °C byla naměřena několikrát v časech od 13:00 až 15:00.



Graf 3 - Měření č.1 – Průměrná Rh vzduchu

Minimální hodnota Rh 31,3 % byla naměřena v čase 16:50. Průměrná hodnota Rh je 34,93%. Maximální hodnota Rh 40,6 % byla naměřena v čase 9:35.

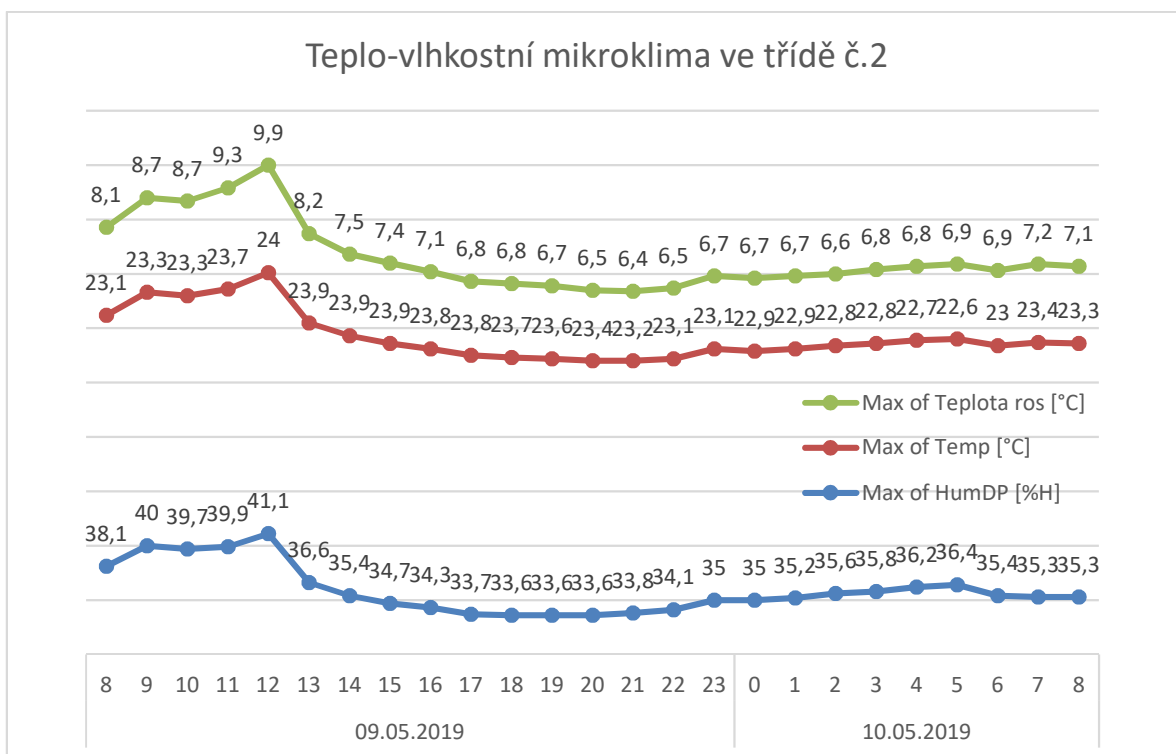


Graf 4 - Měření č.1 – Průměrná teplota rosného bodu

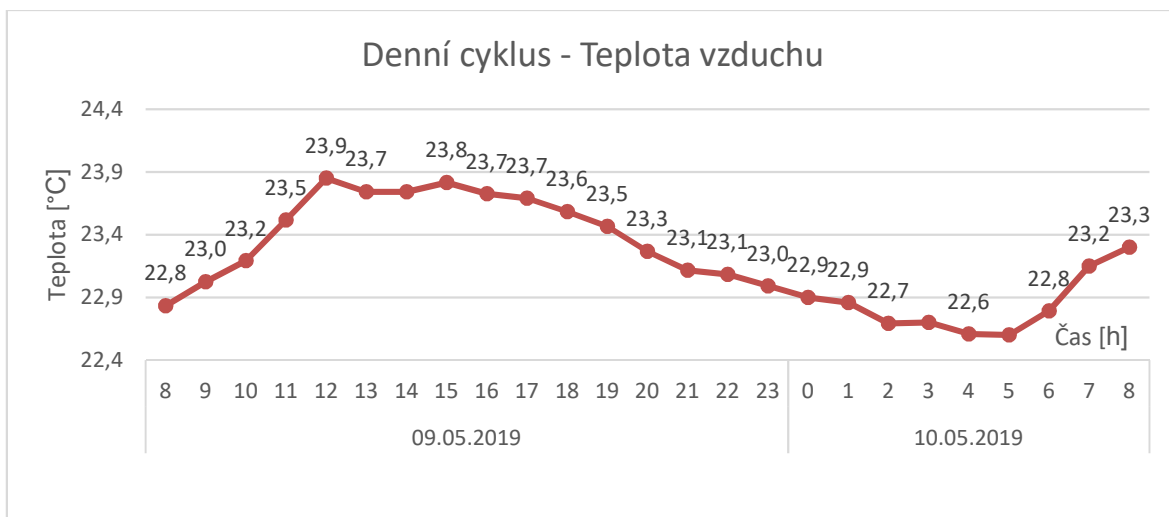
Minimální hodnoty teploty rosného bodu 5,9 % byly naměřené v časech 1:00 – 2:00. Maximální hodnota teploty rosného bodu 9,3 % byla naměřená v čase 9:00.

8.1.2 Měření ve třídě č.2

Třída č.2 se nachází v 2.NP. Ve třídě bylo přítomno cca 22 dětí. Denní režim se liší tím, že děti nebyly dopoledne na vycházce z důvodu přednášky o zdravých zubech, proto nedošlo k výraznému snížení hodnot před obědem. Po obědě v čase 12:30 se polovina dětí přesunula k odpolednímu spánku. Zbylá část dětí zůstala do 14:00 ve třídě do vyzvednutí rodiči a poté byl provoz třídy č.2 ukončen.

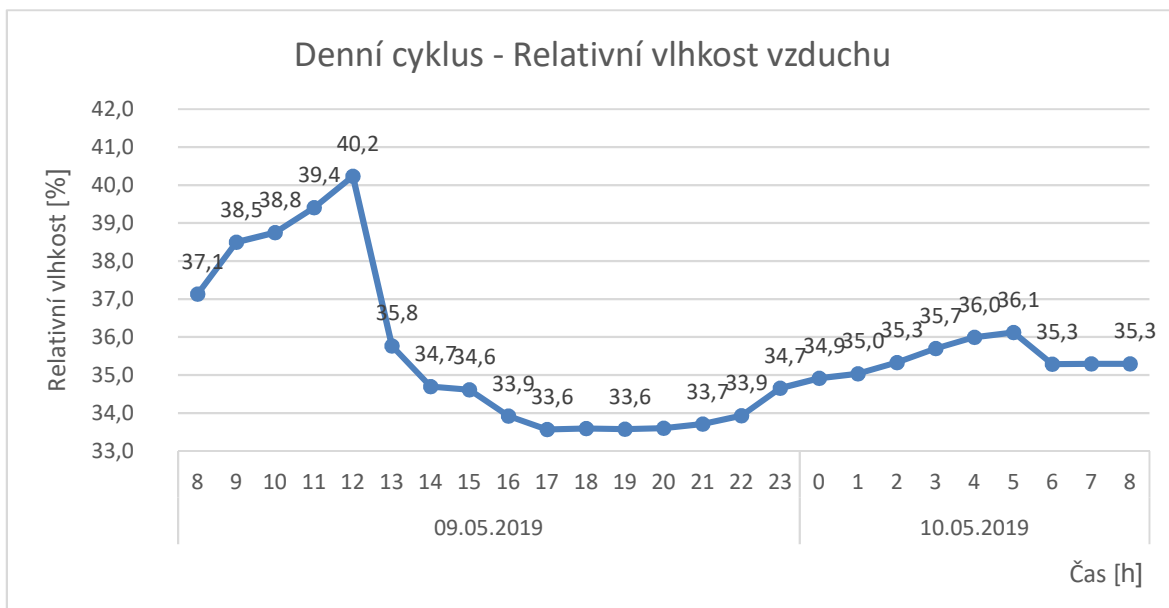


Graf 5 - Měření č.2 – Křivky při maximálních hodnotách



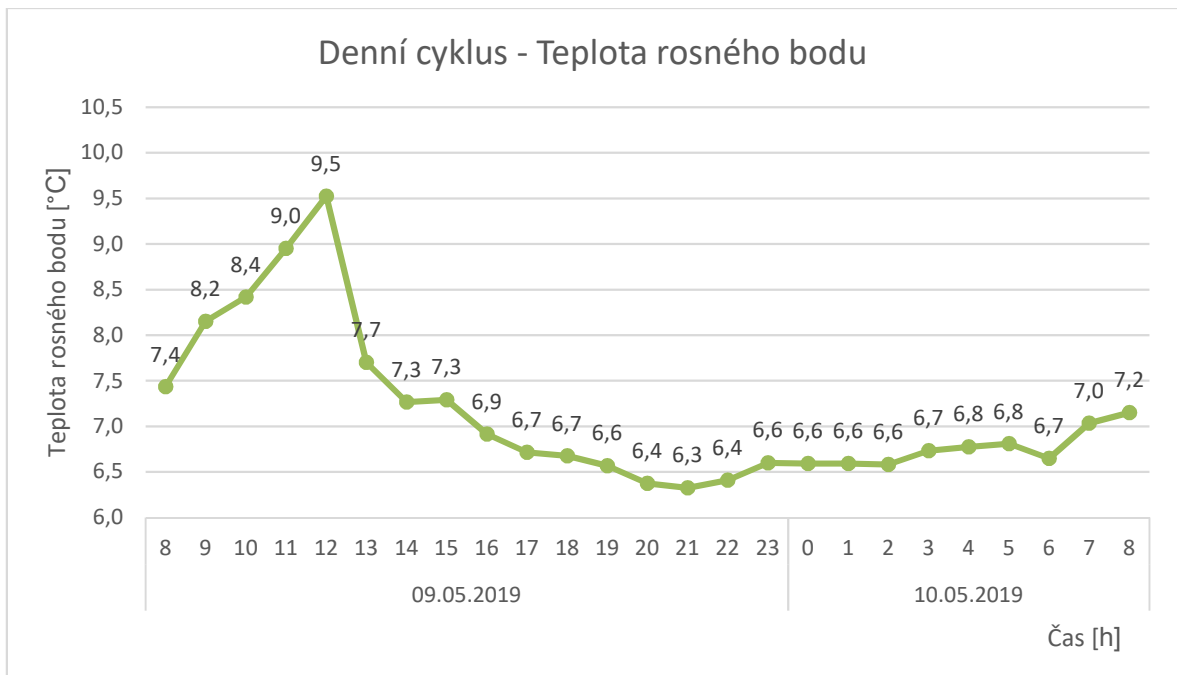
Graf 6 - Měření č.2 – Průměrná teplota vzduchu

Rozdíl mezi max a min teplotou vzduchu je 1,7°C při průměrné teplotě vzduchu 23,2°C. Minimální teplota vzduchu 22,3 byla změřena v ranních hodinách mezi 2:00 – 5:00. Maximální teplota vzduchu 24,0°C byla naměřena několikrát v časech od 12:50.



Graf 7 - Měření č.2 – Průměrná relativní vlhkost

Minimální hodnota Rh 33,5% 17:00-19:00. Průměrná hodnota Rh je 35,6%. Maximální hodnota Rh 41,1% byla naměřena v čase 12:40.



Graf 8 - Měření č.2 – Průměrná teplota rosného bodu

Minimální hodnoty teploty rosného bodu 6,3% byly naměřené v časech 20:00 – 22:00. Maximální hodnota teploty rosného bodu 9,9% byla naměřená v čase 12:45.

Pokud by teplota konstrukcí klesla pod hodnotu rosného bodu, došlo by ke kondenzaci vodní páry na konstrukci, což hrozí spíše v zimním období, kdy je rozdílná teplotní diference vnitřní a venkovní teploty vzduchu.

8.1.3 Posouzení měření

Vyhláška č.410/2005 Sb. udává hygienické limity pro vnitřní prostředí ve školních budovách. Vyhláška udává limity pro teplotu kulového teploměru, kde jsou zohledněny vliv teploty okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu, ale pokud se teplota vnitřního vzduchu neliší více jak o 1°C, lze jako výslednou teplotu použít teplotu vzduchu. Optimální teplotou je 20-24°C, což bylo při měření dosaženo. Maximální teplota, která by neměla být překročena je 28°C, ale dřívější vyhláška Vyhláška č. 108/2001 Sb. stanovovala maximální letní teplotu vzduchu na hodnotu 26°C.

	Naměřené hodnoty		Průměr	Norma	Zhodnocení
	Min	Max			
Teplota vzduchu [°C]	22,6	23,9	23,4	20 - 28	ok
Relativní vlhkost [%]	31,3	40,6	34,93	30 - 65	ok

Tabulka 5 - Měření č.1 – Porovnání hodnot

	Naměřené hodnoty		Průměr	Norma	Zhodnocení
	Min	Max			
Teplota vzduchu [°C]	22,3	24,0	23,2	20 - 28	ok
Relativní vlhkost [%]	33,5	41,1	35,6	30 - 65	ok

Tabulka 6 - Měření č.2 – Porovnání hodnot

Relativní vlhkost se pohybovala průměrně v hodnotě 35,2%, což značí spíše suchý vzduch. Pokud by klesla hodnota pod 30 %, docházelo by k vysušování sliznic a pokud by hodnota byla nad maximem, docházelo by ke vzniku plísní. Obojí by snižovalo tepelnou pohodu. Měrná vlhkost dle průměrné Rh a teploty zjištěná z psychrometrického diagramu dle Moliéra činí $x = 6,3 \text{ g/kg s.v.}$ Relativní vlhkost se zvyšovala s výskytem dětí.

Při měření nebyly naměřené teplotně-vlhkostní extrémní hodnoty, protože měření proběhlo v přechodném jarním období. Kdybychom chtěli dosáhnout extrémních hodnot, bylo by vhodné měřit v zimním či letním měsíci, i když při klimatických změnách v posledních letech mohou nastat teplotní výkyvy i v jiných méně častých případech. Například v dubnu letošního roku dosahovala venkovní teplota hodnot až 27°C.

V zimě dochází k extrémům, protože venkovní chladný vzduchu neumožňuje časté přirozené větrání okny. Proto dochází k nižší relativní vlhkosti vzduchu, kdy je vzduch ohříváním radiátory vysušován. Koncentrace CO₂ bude dosahovat také vyšších hodnot.

V letních měsících dochází k přehřívání místností z důvodů vyšší venkovní teploty a slunečních zisků. Relativní vlhkost vzduchu a CO₂ je díky častějšímu větrání okny v normě.

8.2 Koncentrace CO₂

Měřicí zařízení: Datalogger - AHLBORN ALMEMO 2690-8 s přídavným CO₂ snímačem AHLBORN ALMEMO

Měřené veličiny: koncentrace oxidu uhličitého [ppm]

Časy a provoz při měření:

Měření A - 9.5.2019 11:38 – 12:10, třída č.2 - oběd

Měření B - 9.5.2019 12:12 – 12:44, třída č.2 - hry v herně

Měření C - 10.5.2019 13:20 – 14:24, třída č.1 - odpolední spánek

Měření koncentrace CO₂ probíhalo celkem 3x na různých místech a s různým režimem provozu školky. Cílem měření bylo zjistit, zda koncentrace vnitřního vzduchu CO₂ nepřekračuje limitní hodnoty dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. a jaký vliv má krátkodobé zavření místnosti a naopak nárazové větrání. Měření probíhalo v minutových intervalech.



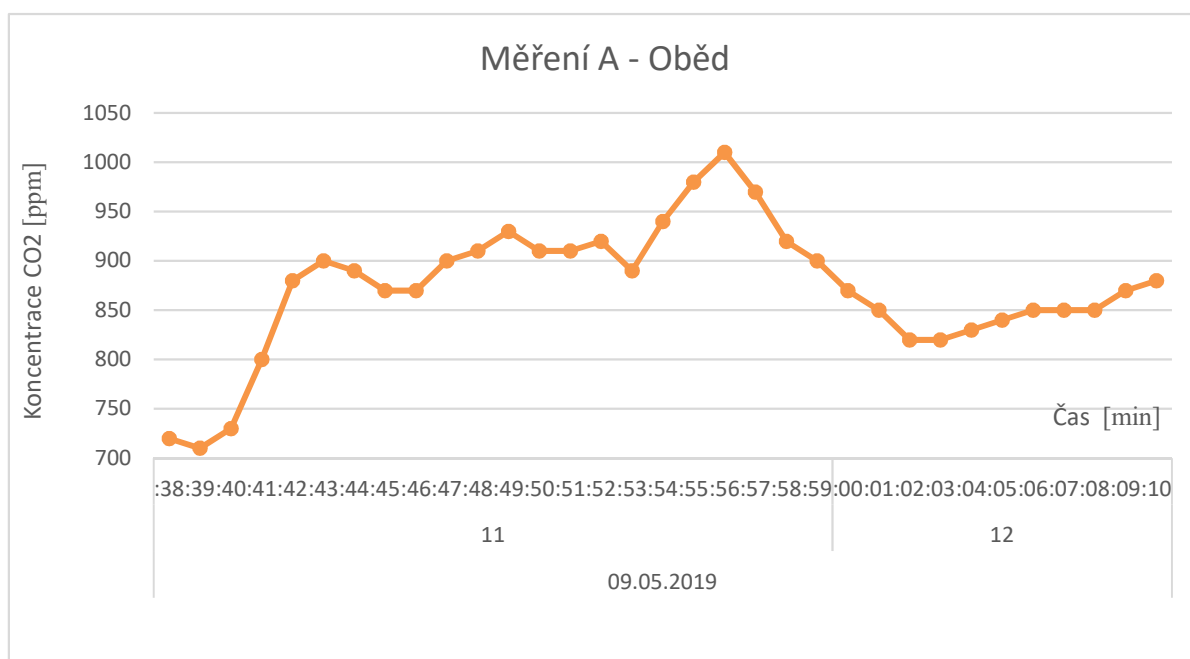
Obrázek 5 - Datalogger - AHLBORN ALMEMO

8.2.1 Měření A

Měření probíhalo v čase 11:38 – 12:10 v průběhu oběda, který se začínám podávat v 11:30. Ve třídě bylo cca 22 dětí. Výměna vzduchu v místnosti probíhala přirozeně, byly otevřeny na několika místech okna. Z grafu č. můžeme pozorovat postupný nárůst koncentrace CO₂, kdy nejvyšší naměřená hodnota je v čase 11:56 1010 ppm a poté začínají hodnoty opět klesat, protože oběd skončil v čase 12:00 a některé děti se přesunuly do herny. Pokud bychom nechaly okna zavřená, koncentrace CO₂ by dosahovala jistě vyšších hodnot. Dle vyhlášky č. č. 268/2009 Sb. je doporučená hodnota 1000 ppm a při této hodnotě je potřeba místnost vyvětrat. Maximálně přípustná hodnota je 1200 – 1500 ppm. Průměrná hodnota při obědě byla v hodnotě 872 ppm.

Koncentrace CO₂ byla při měření v normě díky možnosti plně větrat okny.

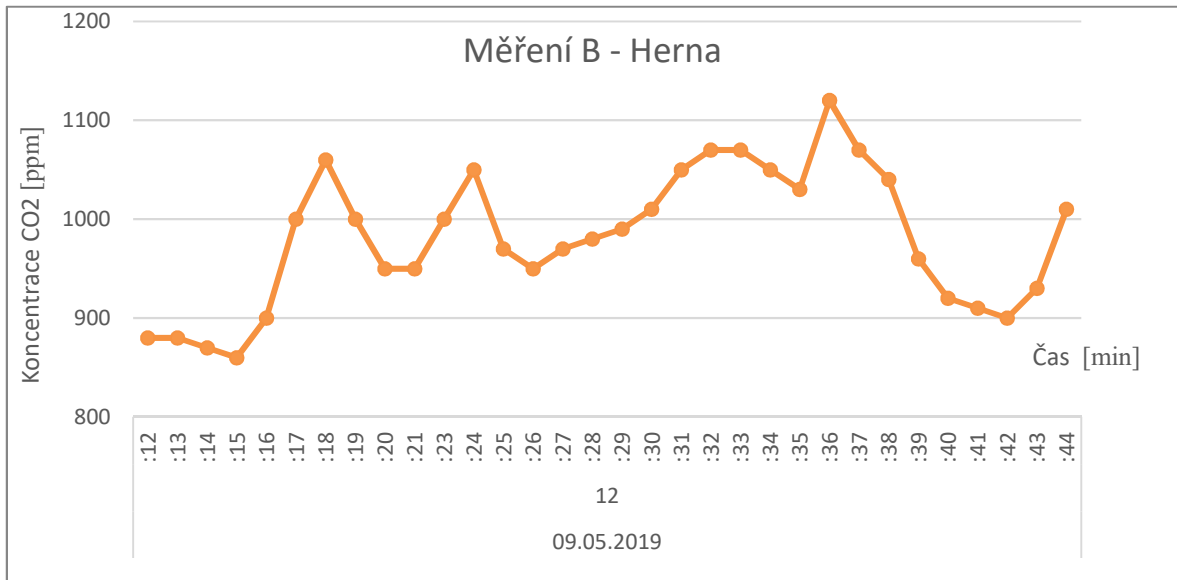
Sama jsem nepocítovala známky zhoršeného vzduchu.



Graf 9 - Oběd

8.2.2 Měření B

Další měření probíhalo v krátké době v herně těsně po obědě. Měřené hodnoty často kolísaly v důsledku nerovnoměrného pohybu dětí mezi hernou a třídou. Maximální koncentrace CO₂ byla dosažena v čase 12:36 hodnotou 1120 ppm, poté hodnoty začaly klesat, protože se část dětí přesunula na odpolední spánek do druhé třídy.



Graf 10 - Herna

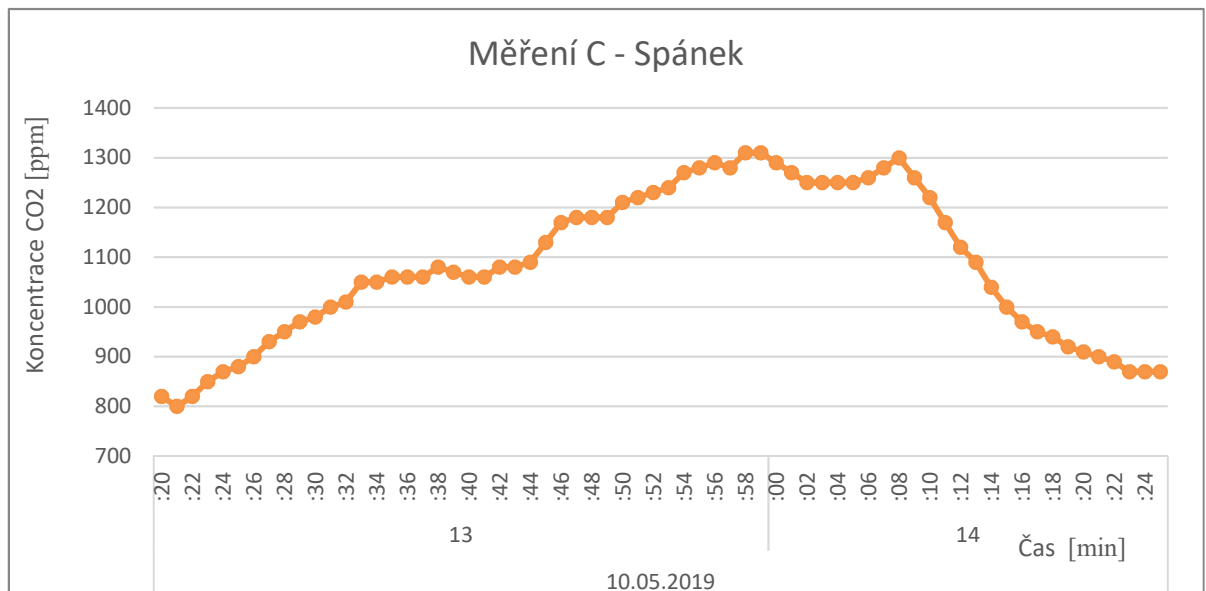


Obrázek 6 - Měření v denní místnosti a v lehárně

8.2.3 Měření C

Měření probíhalo dne 10.5.2019 v rámci odpoledního spánku ve třídě č.1 a to cca 1 hodinu v přesném čase 13:20 – 14:24. Ve třídě bylo přítomno 16 dětí + 2 dospělé osoby. Děti byly v klidovém režimu.

Na začátku měření byla zavřena okna, která do té doby zajišťovala dostatečný přísun čerstvého vzduchu. Po tomto opatření začala koncentrace CO₂ mírně stoupat až dosáhla maximální hodnoty 1310 ppm v čase 13:58. Již po 10 min od začátku měření byla přesáhnuta doporučená hodnota 1000 ppm. Celkem 45 min byla vyšší koncentrace CO₂ v lehárně, která ovlivnila děti vyšší únavou. Dle paní učitelky usnulo více dětí než při běžném odpoledním spánku. Z mého pohledu byl znát vydýchaný vzduch. V čase 12:10 byla opět otevřena okna a po 5 min došlo k vyvětrání vzduchu a koncentrace CO₂ se snížila na optimální hodnotu.



Graf 11 - Spánek

Závěr měření CO₂

Pokud dojde k zavření oken, dojde k zamezení přísunu čerstvého vzduchu, který je nezbytný pro dosažení tepelné pohody. Budova školky je dodatečně zateplena, a tudíž je její obálka utěsněna. Přirozenou infiltrací konstrukcí nelze dosáhnout požadované výměny. Pokud nebude možné trvale větrat okny, např. v zimním prostředí, předpokládá se zvýšení koncentrace CO₂ nad limitní hodnoty, které mohou mít vliv na podrážděnost a únavu dětí. Doporučuji tedy doplnit systém nuceného větrání s rekuperací, která zajistí dostatečný přísun kvalitního vzduchu celý rok.

koncentrace CO ₂ [ppm]	Průměr	Maximum	Doporučená hodnota 1000 ppm x maximum	Limitní hodnota 1500 ppm x maximum
Měření č. A	872	1010	vyhovuje*	vyhovuje
Měření č. B	981	1120	nevyhovuje	vyhovuje
Měření č. C	1079	1310	nevyhovuje	vyhovuje

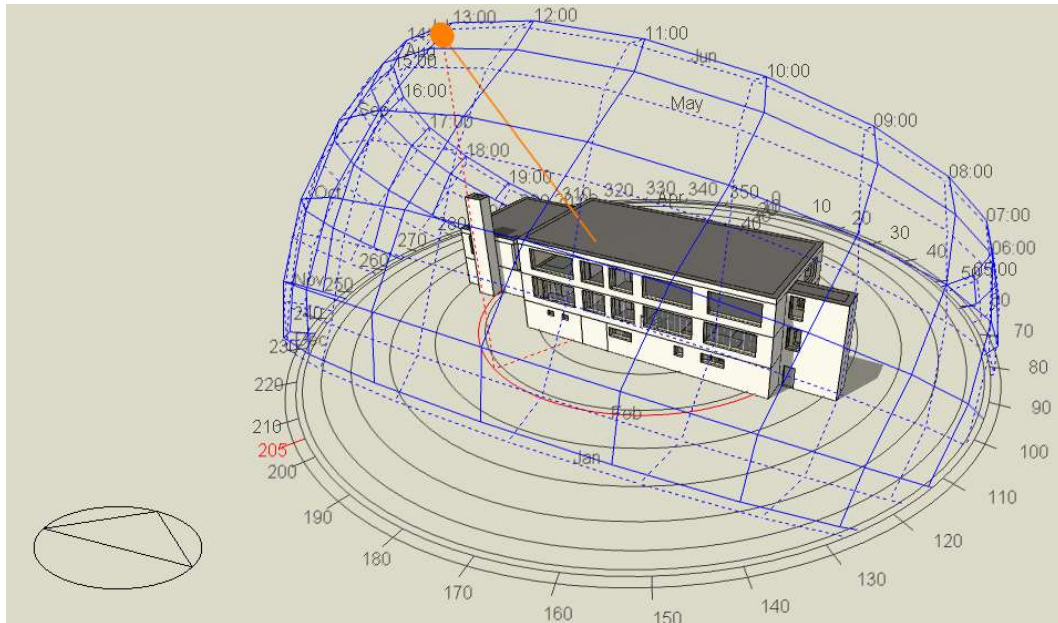
* při toleranci ± 50 ppm při měření

Tabulka 7 - Výsledky měření koncentrace CO₂

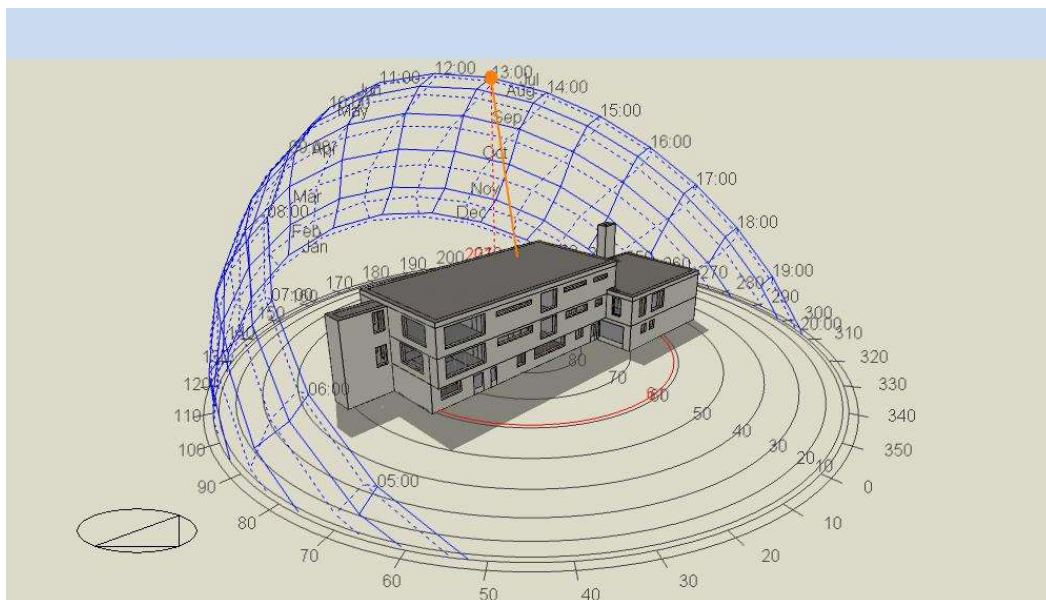
9 Simulace vnitřního prostředí – DesignBuilder

9.1 Model budovy

Budova byla vymodelována v programu Design Builder a následně byly provedeny výpočty, o jejichž výsledcích se případně zmíním v prezentaci diplomové práce.



Obrázek 7 – DB 1



Obrázek 8 – DB 2

10 Návrh větrání v MŠ

Současné době větrání v mateřské školce je zajištěno pouze přirozeným způsobem, který nevyhovuje požadavku pro snížení energetické náročnosti budovy, proto bude navržen nový koncept větrání v celé budově.

10.1 Základní údaje

Vnější výpočtové údaje dle klimatické oblasti: Praha		
	ZIMA	LÉTO
Výpočtová teplota	-12 °C	+32°C
Výpočtová relativní vlhkost	90%	35%
Výpočtová entalpie	9,1 kJ/kg	59,5 kJ/kg

Tabulka 8 - Vnější výpočtové údaje

10.2 Tepelné ztráty

Zjednodušený výpočet tepelné ztráty objektu vychází z metody, kdy známe objem budovy a přibližné údaje o obálce budovy. Pokud se jedná o starší stavbu, která byla dodatečně zateplená, objem budovy se vynásobí hodnotou x 10 a dostáváme přibližnou tepelnou ztrátu budovy.

Objem budovy $V = 3\,500\text{m}^3$. Tepelná ztráta činí tedy cca $3\,500 \times 10 = 35\,000\text{ W} = \mathbf{35\text{kW}}$.

Dle projektové dokumentace je tepelná ztráta budovy 31 kW.

Budeme navrhovat VZT jednotky pro třídy, proto si spočítáme předběžnou tepelnou ztrátu této místnosti dle vzorce:

$$Q_z = U \times S \times \Delta T$$

Q_z – tepelná ztráta [W]

ΔT – rozdíl teplot [K], $\Delta T = (-12-22) = 34$

S – plocha [m^2]

U – součinitel prostupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$]

U - okna = 1,1 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

U – vnější stěna = 0,25 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

U střecha = 0,16 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

Konstrukce: 17x okna (2,1 . 1,2m), $S = 42,84\text{ m}^2$

Půdorysná plocha = 131m^2

Vnější stěny = $105\text{m}^2 - 42,84 = 62,16\text{ m}^2$

$$Q_z = U \cdot S \cdot \Delta T = 1,1 \cdot 42,84 \cdot 34 + 62,16 \cdot 0,25 \cdot 34 + 0,16 \cdot 131 \cdot 34 = 2843 \text{ W.}$$

Q_z pro třídy č.1 v 2.NP = **2,1 kW** (bez tepelné ztráty střechou).

Q_z pro třídy č.2 v 3.NP = **2,8 kW**.

10.3 Tepelná zátěž

Tepelný zisk bude vypočten pro místnosti, kde je největší výskyt osob (kde probíhá výuka) a kde je předpokládáné přehřívání v letních měsících, jelikož je větší část těchto místností orientovaná na jih. Jedná se o místnosti: lehárna, denní místnost pro děti, přípravná jídelna, které budou dále označeny jako zóna č.1 - třída. Prostory třídy v 2.NP a 3.NP jsou totožné. Ostatní prostory jsou situované převážně na sever/západ a jedná se o hygienická zázemí, sklady či o prostory s nízkým výskytem osob. Tento předběžný výpočet bude sloužit k návrhu výkonu pro chlazení.

Provoz školky je od září do června. V letních měsících v červenci a v srpnu je školka uzavřená. Technologická zařízení jsou v těchto měsících nastavená na úsporný režim. Pokud by zařízení byla mimo provoz celé léto, mohla by se pravděpodobně vyskytnout porucha z odstavení zařízení.

Plný provoz chlazení je navržen na měsíc červen, kdy jsou dosaženy nejvyšší teploty.

10.3.1 Výpočet tepelného zisku zóny č.1 - třída:

Qzisk	tepelné zisky	?	W
S	osluněný povrch okna	2,3	m ²
U	součinitel prostupu tepla konstrukcí	1,1	W/m ² *K
c	korekce na čistotu atmosféry - průmyslová oblast	0,85	-
si	korekce, typ stínění (vnější žaluzie)	0,15	-
I	intenzita záření - sever	134	W/m ²
I	intenzita záření - východ	134	W/m ²
I	intenzita záření - jih	394	W/m ²
Qos	produkce citelného tepla: muži	80	W
Qos	produkce citelného tepla: ženy	68	W
Qos	produkce citelného tepla: děti	60	W
n	počet dětí	24	-
n	počet učitelek	2	-
ΔT	rozdíl teplot vnější a vnitřní	6	K

21. červen, z = 4										
denní doba [h]	směr	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	horiz.
	5	81	157	150	62	33	33	33	33	60
	6	111	336	367	192	60	60	60	60	152
	7	91	393	505	333	84	84	84	84	286
	8	105	346	548	440	119	105	105	105	434
	9	122	238	507	492	207	122	122	122	569
	10	134	145	389	482	304	134	134	134	672
	11	142	142	234	411	374	174	142	142	736
	12	145	145	145	293	299	293	145	145	758
	13	142	142	142	174	374	411	234	142	736
	14	134	134	134	134	394	482	389	145	672
	15	122	122	122	122	207	492	507	238	569
	16	105	105	105	105	119	440	548	346	434
	17	91	84	84	84	84	333	503	393	286
	18	111	60	60	60	60	192	376	336	152
	19	81	33	33	33	33	62	150	157	60

Tabulka 9 - Intenzita sluneční radiace procházející oknem pro 21.červen při součiniteli znečištění atmosféry z = 4

Prostup tepla oknem radiací

		$S \cdot I \cdot c \cdot s \cdot n = 2,4 \cdot 134 \cdot 0,85 \cdot 0,15$	
sever	$Q_{ors} =$	$\cdot 4 =$	157,2
		$S \cdot I \cdot c \cdot s \cdot n = 2,4 \cdot 134 \cdot 0,85 \cdot 0,15$	
východ	$Q_{orv} =$	$\cdot 3 =$	117,9
jih	$Q_{orj} =$	$S \cdot I \cdot c \cdot s \cdot n = 2,4 \cdot 394 \cdot 0,85 \cdot 0,15 \cdot 12 =$	1386,5
celkem	$Q_{or} =$		1661,6 W

Prostup tepla oknem konvekcí

$$Q_{ok} = U \cdot S \cdot (t_e - t_i) \quad \mathbf{16,6 \text{ W}}$$

Tepelné zisky od lidí

$$Q_{os} = n \cdot O_s = \quad \mathbf{1816 \text{ W}}$$

$$\mathbf{CELKOVÝ TEPELNÝ ZISK \quad 3494,2 \text{ W}}$$

Celkový tepelný zisk třídy činí 3,5 kW.

Tepelné zisky od umělého osvětlení jsou zanedbané, protože přísun denního osvětlení v letním období je dostatečný a není třeba využívat tolik umělého světla.

Tepelné zisky od akumulace konstrukcí jsou zanedbány, protože se jedná o středně těžké stěny, kdy vliv akumulace není rozhodující.

10.4 Množství vzduchu

Potřebné množství vzduchu bylo dimenzované do každé místnosti na základně rozhodujícího parametru pro daný typ místnosti. Následně se vybere nejvyšší hodnota.

Obytné prostory

Pro obytné prostory je zásadní dodat potřebné množství na osobu dle její činnosti. Dále je případně nutné odvést škodliviny, které osoby produkují, čímž jsou oxid uhličitý a produkce vlhkosti.

1) Třída, kancelář $V = 25 \text{ m}^3/\text{h} / \text{os}/\text{dítě}$

2) Množství vzduchu dle odvodu vlhkosti, produkce vlhkosti člověkem: $m = 40 \text{ g}/\text{h}/\text{os}$

$$V = \frac{m(h)}{\rho \cdot (x_i - x_p)} = \frac{40}{1,2 \cdot (6 - 3,5)} = 13,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{os}$$

3) Množství vzduchu dle odvodu CO₂, produkce CO₂ člověkem: $m = 19 \text{ l}/\text{h}/\text{os}$

$$V = \frac{m(\text{CO}_2)}{\rho_{\text{max}} - \rho_{\text{čerstvý}}} = \frac{19}{(1200 - 350) \cdot 10^{-3}} = 22,4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{os}$$

Hygienické zázemí

Z hygienického zázemí je třeba odvést škodliviny a vlhkost na základě počtu zařizovacích předmětů či nárazového větrání.

Umývárna - 30 m³/h / umyvadlo

WC - 50 m³/h / toaletní mísu

Kuchyně

Z kuchyně je potřeba odvést teplo, vlhkost a škodliviny, které vznikají při vaření. V malé kuchyni se odvod vzduchu navrhuje na nárazové větrání. Velkokuchyně se dimenzují dle počtu kuchyňských spotřebičů.

Varna dle VDI 2052

Přípravna jídla, kuchyň - byt - 90-150 m³/h

Výměna vzduchu

Kolikrát se vymění objem vzduchu v místnosti. Stanovené orientační hodnoty pro jednotlivé typy místností.

Škola $n = 3-8$ /h

Velkokuchyně $n = 15-40$ /h

Tepelná ztráta/tepelný zisk

Množství vzduchu určené na základě požadované vnitřní teploty. V zimě kompenzace tepelné ztráty a v létě potřeba odvádět tepelnou zátěž z místnosti.

10.5 Koncept řešení

V objektu bude navrženo celkem 5 samostatných VZT jednotek:

VZT jednotka č.1 – Varna (1.NP)

VZT jednotka č.2 – Třída č.1 (2.NP)

VZT jednotka č.3 – Třída č.2 (3.NP)

VZT jednotka č.4 – Učebna + kancelář (2.NP)

VZT jednotka č.5 – Byt správce (2.NP)

Některá hygienická zázemí (WC, koupelna, prádelna atd.) budou větrány podtlakově samostatným ventilátorem (1.NP, 3.NP).

Ostatní prostory budou větrány přirozeně.

11 Větrání tříd

V současné době se ve třídách větrá přirozeným způsobem s mechanickým nárazovým větráním hygienického zázemí, které ale již není provozu schopné. Dle vyjádření uživatelů se dostávají zápachy z toalet do prostoru třídy. Občas dochází k pronikání pachů z výtahu, který dopravuje jídlo z přízemí kuchyně do vyšších podlaží a je umístěn v přípravně jídla, která sousedí se třídou. Budova je dodatečně zateplena a tím byla snížena přirozená infiltrace vzduchu stavební konstrukcí, a tudíž došlo k celkovému snížení výměny vzduchu. Pouhé přirozené větrání okny neumožňuje vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budovy.

11.1 Popis zóny

Zóna „třída“ se skládá z místností, kde je nejčastější pobyt dětí: lehárna, denní místnost se stoly, hyg. zázemí, šatna a přípravna jídla.

Třídy budou větrány přetlakově. Hyg. zázemí včetně šatny a přípravný jídelna budou větrány podtlakově, aby se škodliviny nešířily do ostatních prostor. Celkově je navrženo v zóně rovnotlaké větrání.

Třída má kapacitu 30 dětí + 2 učitelé.

Provoz třídy 7:30 – 16:30h, kdy provoz třídy č.2 ve 3.NP je ukončen ve 14:00h.

Ve třídě probíhá výuka, výtvarné činnosti, pohybové aktivity a podávání oběda.

11.2 Množství vzduchu

Množství vzduchu je navrženo na odvod tepelné zátěže v letních měsících. Navržené množství vzduchu dostatečně pokrývá ostatní požadavky pro přísun vzduchu na osobu a z hlediska odvodu škodlivin (vlhkosti, CO₂).

$$V = 2100 \text{ m}^3/\text{h}$$

11.3 VZT jednotka

Pomocí programu Atrea byla navržena VZT jednotka DUPLEX 2500 Multi s rekuperací, s vestavěným teplovodním ohříváčem a chladičem. Ohřev teplé vody zajišťuje nově instalovaný plynový kotel, který je umístěn v kotelně v 1.NP. Kotel zajišťuje ohřev vody pro obě VZT jednotky, které jsou umístěny ve třídách. Chlazení zajišťuje kompresorová jednotka, která je umístěna na střeše.

Rekuperační jednotka bude umístěna ve vertikální poloze uvnitř budovy v místnosti Sklad lehátek, která bude upravená pro umístění VZT jednotky a lehátka budou přemístěna do jiného prostoru.

11.4 VZT systém

Potrubi pro přívod čerstvého a odpadního vzduchu vede nad střechu, kde jsou od sebe vzdálená 1,5m, aby nedocházelo k znehodnocení čerstvého vzduchu. Otvor pro nasávání

čerstvého vzduchu je chráněn před vnějšími vlivy (déšť, sníh, prach) protidešťovou žaluzií. Výfukové potrubí je opatřené pletivem proti ptactvu. Potrubí je hranaté z pozinkovaného plechu.

Stoupačí potrubí, které vede přes požární úseky bude vybaveno v místě předělu, požární klapkou se servopohonem.

Přívodní a odvodní potrubí je kruhové SPIRO. Přívodní potrubí je opatřené tepelnou izolací. Potrubí je vedené v podhledu nebo v umělém průvlaku tak, aby byla dispozice místnosti co nejméně narušena. V umývárně není odvodní potrubí schované v podhledu, protože odvodními prvky jsou přímé potrubní výústky. Na potrubí jsou v blízkosti VZT jednotky umístěny kruhové tlumiče hluku.

Navrženými distribučními prvky pro přívod vzduchu jsou dýzy a pro odvod talířové ventily, výústky přímo do potrubí či mřížky.

Plná technická specifikace VZT je součástí přílohy.

12 Větrání kuchyně

V současné době se v kuchyni vaří 60 jídel, které pokrývají kapacitu dvou tříd a personálu školky. V budoucnu se uvažuje o možnosti navýšení kapacity jídel pro rozvoz do sousední školky či pro rozvoz seniorům na Spořilově, proto je vybavení kuchyně a VZT navržena pro kapacitu 100 jídel.

Standartní vybavení v současné moderní velkokuchyni tvoří min. tyto spotřebiče: konvektomat, sporák, výklopná pánev.

Současné řešení odvětrávání kuchyně se zdá být lehce předimenzované se složitou geometrií VZT potrubí včetně návrhu koncových prvků. Potrubí není schované v podhledu a působí neesteticky. V rámci této diplomové práce bude navrženo další možné řešení odvětrávání.

12.1 Obecně

V současné době neexistuje v ČR žádný předpis, který řeší větrání zařízení pro společné stravování. V rámci projektování kuchyní a pro jejich hygienické hodnocení z hlediska kvality vnitřního prostředí je používán německý předpis VDI 2052/99 – Raumluftechnische Anlagen für Küchen.

Pro kuchyňské provozy jsou charakteristické vysoké průtoky vzduchu, které zajistí dostatečný odvod tepelné a vlhkostní zátěže.

$$V = \frac{Qz}{\rho \cdot c \cdot (t_i - t_p)}$$

12.2 Koncept řešení

Navržená kapacita: max 100 jídel. Ve skutečnosti 60 jídel. – 60% současnost.

Větrání kuchyně je řešeno celoplošným systémem odsávacími stropy. Tento systém má mnoho výhod oproti klasickému systému s digestořemi:

- Hlavní výhodu vidím v celoplošném rovnoměrném odsávání a přísávání vzduchu, což přináší univerzální řešení při změně dispozice technologie kuchyně.
- Cena je velmi podobná ve srovnání se systémem digestoří.
- Uzavřené provedení stropu odděluje prostor varny s ostatními konstrukcemi, a tím je zabráněno nechtěnému unikání pachů mimo prostor kuchyně.
- Garantovaná intenzita osvětlení 500 lx přes transparentní podhledy.
- Vzhled interiéru vypadá lépe a moderněji a také zakrývá nežádoucí často složité potrubí vzduchotechnické rozvody a jiné prvky technologie

12.2.1 Filtrace vzduchu

VZT jednotka

VZT jednotka bude vybavena kabinovými filtry G4, které zachytí hrubé částice $\geq 10 \mu\text{m}$, a tím chrání teplosměnné plochy před zanesením. Dva ks filtrů budou osazeny vždy do potrubí s přívodem čerstvého venkovního vzduchu a do odvodního potrubí.

Větrací stropy

Do odsávacích vzduchovodů budou osazeny z boku mechanické kazetové tukové filtry, které jsou zhotoveny z vrstveného tahokovu v rámečku z nerezového plechu o rozměru 500 x 175 x 15mm. Optimální počet filtrů se stanovuje tak, aby maximální odsávací průtok vzduchu měl hodnotu $V = 200 - 250 \text{ m}^3/\text{h}$ při rychlosti 0,8-1m/s. Poté vzniká na 1 filtru tlaková ztráta cca 5 Pa.

Pro správnou účinnost je třeba tukové filtry pravidelně udržovat a prát v myčce na nádobí cca 4x – 6x ročně dle náročnosti provozu.

12.2.2 Výpočet množství vzduchu

Výpočet množství odsávaného vzduchu byl proveden na základě produkce tepla a vlhkosti instalovaných kuchyňských spotřebičů a pomocí návrhového programu firmy Atrea s.r.o., který je v souladu se směrnici VDI 2052 (SRN).

Instalované spotřebiče: konvektomat, sporák, výklopná pánev

Doporučený výkon odsávání: 3887 m³/h

Navržený výkon odsávání: 3890 m³/h

12.2.3 Návrh geometrie větracího stropu

Zadání:

Rozměr místnosti: 6650 x 4990 mm

Světlá výška: 3275 mm

Větrací výkon: $V = 3890 \text{ m}^3/\text{h}$

Násobnost výměny: $n = 35,75/\text{h}^{-1}$

ZZT: externí jednotka DUPLEX 4500 Multi Eco

Návrh:

Strop typu: „B“ s transparentními podhledy, se sběrnými a přívodními vzduchovody

Odsávací vzduchovody: šířka 460 mm, výška 225 mm, rozmístěné v modulu 1800 mm

Sběrné vzduchovody: 300 x 560 mm

Přívodní vzduchovody: 500 x 355 mm – textilní vyústka

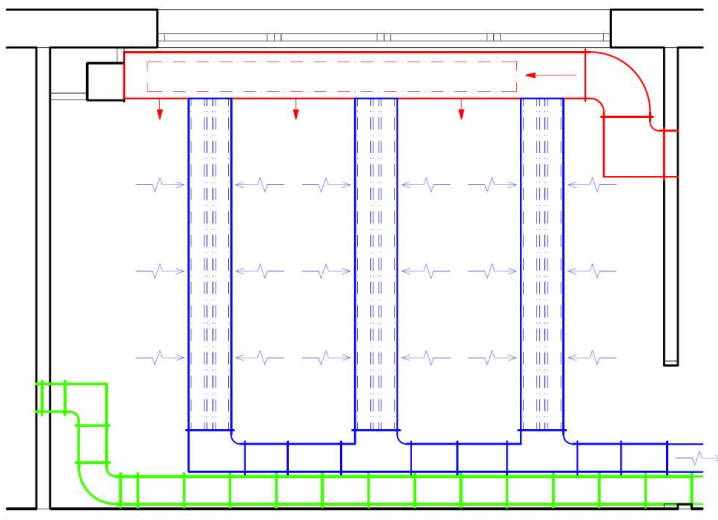
Filtry: 500 x 175 x 15 mm – 18 ks

průtok odsávaného vzduchu filtry: 215-217 m³/h/ks

Osvětlení: LED osvětlení nad podhledy

Podhledy: Rovné transparentní

Regulace: Automatická regulace ATREA s teplotními čidly



Obrázek 9 - Schéma navrhovaného větracího stropu

13 Větrání učebny a kanceláře

Pro ostatní prostory v 2.NP jako je učebna zájmových kroužků, kancelář, šatna zaměstnanců a hyg.zázemí, bude navržena menší podstropní rekuperační jednotka DUPLEX 300 Easy s rovnotlakým větráním a průtokovým množstvím vzduchu o hodnotě $V = 300 \text{ m}^3/\text{h}$. Potrubí bude kruhové z pozinkovaného plechu. Přívod vzduchu bude přes dešťovou mřížku z fasády objekty. Odvod vzduchu bude vyveden nad střechu.

Navržené distribuční prvky v učebně jsou dva anemostaty pro přívod vzduchu a jeden pro odvod. Hyg. zázemí je odvětráváno pomocí talířových ventilů v podhledu. Přívod vzduchu do kanceláře a do šatny zaměstnanců je pomocí koncového prvku dýzy.

14 Větrání bytu správce

Z důvodu zateplení celého objektu včetně bytu správce byla navrhnutá menší podstropní rekuperační VZT jednotka DUPLEX 250 Easy, která je umístěná v chodbě. Hygienické prostory a kuchyně jsou odvětrávané. Přívod vzduchu je zajištěn do ložnice a obývacího pokoje. Jednotka je rovnotlaká o objemovém průtoku vzduchu $V = 200 \text{ m}^3/\text{h}$. Uvnitř jednotky je umístěn elektrický ohřívač pro případně dohřev vzduchu.

Čerstvý a odpadní vzduch bude přiváděn a odváděn ze střechy.

Potrubní rozvody jsou kruhové z pozinkovaného plechu. Distribučními prvky pro přívod jsou dýzy a pro odvoz talířové ventily a mřížky.

15 Větrání ostatních prostor

Jedná se o prostory, které budou vybaveny vlastním ventilátorem pro nárazové odvětrávání škodlivin. Odpadní potrubí bude svedeno vždy do šachty a vyvedeno nad střechu.

Jednotlivé místnosti:

1.NP – Prádelna, garáž, hyg. zázemí pro kanceláře. V 1.NP podlaží je navržena VZT jednotka pro odvětrávání škodlivin z kuchyně. Různé druhy škodlivin se nesmí směšovat v potrubí, proto nemůže být odvod z hyg. zázemí napojen do společné VZT jednotky. Jde pouze o nárazové odvětrávání, což můžeme mít za výsledek lehký podtlak v celém patře, který je naopak žádaný z důvodu tvorby škodlivin z kuchyně.

16 Obecné VZT požadavky

16.1 Protipožární opatření

Všechny prostupy požárně dělícími konstrukcemi (stěny, stropy, podlahy) musí být požárně chráněny. Pokud je potrubí o větším průřezu než $0,04\text{m}^2$ bude do potrubí umístěna požární klapka a při nižší průřezu bude potrubí vybavené protipožární izolací včetně protipožární výplně prostupu. Pokud potrubí v daném úseku neústí, ale jen prochází, musí být vybavené po celé své délce protipožární izolací. Požární klapka musí být přístupná pro revize.

16.2 Protihluková opatření

Proti šíření nežádoucího hluku od VZT systému je potřeba uložit všechny VZT prvky do pryžových izolátorech chvění. Stojny vertikální VZT jednotek vybavit pryžovou podložkou. Prostupy konstrukcemi pružně oddělit výplní od VZT potrubí. Ventilátory a potrubní rozvody ze VZT jednotek budou napojeny na pružné manžety. Potrubí budou zavěšena a pružně oddělena od stavební konstrukce. V blízkosti ventilátorů a VZT jednotek budou umístěné tlumiče hluku.

16.3 Tepelná izolace

VZT potrubí bude izolované v místech, kde je rozdíl mezi teplotou dopravovaného vzduchu a vnějšího okolí, abychom dopravili vzduchu o příslušné teplotě bez zbytečných teplotních ztrát. Odpadní potrubí, kdy je vzduch vyváděn ven z objektu a není již nijak využíván, opatřen tepelnou izolací nebude. Materiál tepelné izolace bude na bázi minerální vlny v tloušťkách 20 – 80 mm dle teplotní difference.

16.4 Obsluha a údržba

Doporučuje se, aby se osoba pověřená obsluhou a údržbou vzduchotechnických zařízení zúčastnili montáže. Během zkušebního provozu zaučí dodavatel obsluhující osobu v používání, obsluze a údržbě zařízení a předá příslušné písemné návody.

Pro bezporuchový chod je nutné provádět pravidelné prohlídky a údržbu vzduchotechnického zařízení a příslušenství. Pro obsluhu a údržbu platí provozní předpisy dodané v technické dokumentaci od dodavatele (výrobce).

16.5 Související profese

16.5.1 ZTI

Je potřeba zajistit odvod kondenzátu od VZT jednotek a stoupaček potrubí do kanalizace.

16.5.2 Silnoproud, MaR

Je potřeba zajistit napojení všech potřebných zařízení (VZT jednotky, regulační klapky, distribuční prvky aj.) na elektrickou energii a provést uzemnění. Je potřeba dodat ke všem uzavíracím a regulačním klapkám servomotory, zapojit ochranné prvky, zajistit monitorování požárních klapek a teplotní senzory.

16.5.3 Stavba

Pro potřebu prostorové koordinace je třeba k rozměrům udaným na výkresech připočítat na všechny strany nejméně 30 mm (tj. prostor pro příruby, závěsy, popř. izolaci). Veškeré prostupy po montáži VZT zařízení opět dozdit a to ve stejné požární odolnosti jako se vyznačuje stěna. Potrubí uložit tak, aby nedocházelo k přenášení vibrací a chvění dále do stavebních konstrukcí.

Závěr

Diplomová práce pojednává obecně o problémech vnitřního prostředí školních budov a poté je zaměřena konkrétně na mateřskou školku Jihozápadní.

Vnitřní prostředí školních budov zůstává stále aktuálním tématem, neboť v nedávných letech došlo k hromadným rekonstrukcím škol za účelem snížení energetických nákladů na vytápění, ale rekonstrukce nebyly technologicky komplexně řešeny, s čímž se objevily následně další komplikace - zejména nedostatečný přísun čerstvého vzduchu, což má negativní dopad na kvalitu výuky a zdraví osob.

V mateřské školce Jihozápadní bylo provedeno měření teploty, vlhkosti a koncentrace CO₂. Zvolený objekt byl dodatečně zateplen bez vyřešení vzduchotechnického systému, tudíž byl vhodný pro posouzení, zda ve školce dochází po zateplení objektu opravdu ke zhoršení kvality vnitřního prostředí, nebo jsou podmínky optimální.

Výsledky měření nám ukázaly, že vnitřní prostředí dosahuje tepelné pohody pouze při zajištění dostatečného přirozeného větrání okny, což potvrdilo náš předpoklad. Pokud byla na chvíli okna zavřena, koncentrace CO₂ začala rychle narůstat, a po chvíli byl v místnosti vzduch vydýchaný. Měření bylo provedeno v krátkém časovém intervalu na začátku května, kdy se jedná o přechodný měsíc. Měření je pouze orientační, jelikož nebyly naměřené hodnoty extrémní. Avšak i tak lze pro zlepšení vnitřního prostředí doporučit pořízení nuceného větrání s rekuperací.

Dále se diplomová práce zabývá konkrétním návrhem nuceného větrání s rekuperací pro celý objekt s ohledem na hygienické požadavky, dispozici objektu a další nezbytné zásady týkající se návrhu vzduchotechnického systému.

Seznámení se s problematikou větrání ve školních budovách bylo jistě zajímavou zkušeností, neboť prostředí, ve kterém vzděláváme naše budoucí generace, je důležité pro nás všechny.

Seznam použité literatury

1. Digitální technická mapa Prahy: <http://app.iprpraha.cz/js-api/app/dtmp/index.html>
2. Vyhláška č. 410/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
3. ČSN EN 12464-1 (360450) Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část
4. Větrání kuchyní – Společnost pro techniku prostředí
5. Technický průvodce - Větrání a klimatizace, Prof. Ing. Jaroslav Chyský CSc., Prof. Ing. Karel Hemzal CSc. a kolektiv, Praha 1993 (Intenzita sluneční radiace) – tbz info: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/64-intenzity-slunecni-radiace-prochazejici-oknem#t04>
6. Manuál pro komplexní přípravu projektů veřejných zakázek – CZGBC
7. JOKL, Miloslav. *Zdravé obytné a pracovní prostředí*. Praha: Academia, 2002. ISBN 80-200-0928-0.
8. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov>
9. Vyhláška č. 343/2009 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
10. Vyhláška č. 465/2016 Sb. Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb.
11. Projekt zdravá škola: <https://www.zdravaskola.cz/>
12. Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby
13. Vyhláška č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
14. ČSN 73 0532 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky
15. ČSN 73 0527 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely
16. Zákon č. 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší

Seznam obrázků

Obrázek 1 - složky vnitřního prostředí	15
Obrázek 2 – Ilustrační obrázek třídy.....	22
Obrázek 3 - umístění dataloggeru ve třídě.....	23
Obrázek 4 - datalogger.....	23
Obrázek 5 - Datalogger - AHLBORN ALMEMO	30
Obrázek 6 - Měření v denní místnosti a v lehárně.....	32
Obrázek 7 – DB 1	35
Obrázek 8 – DB 2	35
Obrázek 9 - Schéma navrženého větracího stropu.....	44

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu dle Vyhlášky č.410/2005.....	16
Tabulka 2 - Účinky CO ₂ na lidský organismus.....	17
Tabulka 3 - - Množství přiváděného čerstvého vzduchu dle Vyhlášky č. 410/2005.....	17
Tabulka 4 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení (15).....	19
Tabulka 5 - Měření č.1 – Porovnání hodnot	29
Tabulka 6 - Měření č.2 – Porovnání hodnot	29
Tabulka 7 - Výsledky měření koncentrace CO ₂	34
Tabulka 8 - Vnější výpočtové údaje	36
Tabulka 9 - Intenzita sluneční radiace procházející oknem pro 21.červen při součiniteli znečištění atmosféry z = 4	38

Seznam grafů

Graf 1 – Měření č.1 – Křivky při maximálních hodnotách	24
Graf 2 - Měření č.1 – Průměrná teplota vzduchu	25
Graf 3 - Měření č.1 – Průměrná Rh vzduchu.....	25
Graf 4 - Měření č.1 – Průměrná teplota rosného bodu	26
Graf 5 - Měření č.2 – Křivky při maximálních hodnotách	26
Graf 6 - Měření č.2 – Průměrná teplota vzduchu	27
Graf 7 - Měření č.2 – Průměrná relativní vlhkost.....	27
Graf 8 - Měření č.2 – Průměrná teplota rosného bodu	28
Graf 9 - Oběd	31
Graf 10 - Herna	32
Graf 11 - Spánek.....	33

Seznam příloh

1. Výkres č. 1 - Půdorys 1 NP + řezy
2. Výkres č. 2 - Půdorys 2 NP + řezy
3. Výkres č. 3 - Půdorys 3 NP + řezy
4. Výkres č. 4 - Kuchyň
5. Technické listy
6. Tlakové ztráty