

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**NÁVRH VĚTRÁNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vypracovala:**

**Jana Tetíková**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

**2019/2020**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Tetíková</u>	Jméno: <u>Jana</u>	Osobní číslo: <u>468455</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra Technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Návrh větrání mateřské školy</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Design of ventilation system in the day-care center</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt zadané budovy: Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, základní bilanční výpočty. Výkresová část - půdorysy, nezbytné detaily, řešení technické místnosti.	
Studie na téma Větrání mateřských škol	
Seznam doporučené literatury: Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918 Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007. Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>24.2.2020</u> Termín odevzdání bakalářské práce: <u>17.5.2020</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
<hr/> Podpis vedoucího práce	<hr/> Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské 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“.*

24.2.2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze dne .....

.....

Jana Tetíková

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc., Ing. Michalu Kabrhelemu, Ph.D. za odborné vedení, za cenné rady, připomínky a pomoc při vypracování mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině, přítelovi a přátelům za podporu a trpělivost, kterou mi projevíli při vypracování této bakalářské práce, ale také v průběhu celého studia.

## **Abstrakt**

Tato práce se věnuje tématu návrhu větrání mateřské školy. Zabývá se popisem vnitřního prostředí a jeho znečištěním. Požadavky, které jsou pro větrání škol důležité. Dále také návrhem systémů, kterými se dají školy větrat, a nakonec ukázkami řešení větrání ze zahraničních projektů.

V textové a výkresové části je pro daný objekt navrhnout vhodný systém větrání, rozvody vzduchu a vzduchotechnická zařízení.

## **Klíčová slova**

Větrání, vnitřní prostředí, škola, požadavky, vzduchotechnika

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with the topic of kindergarten ventilation design. It deals with the description of the indoor environment and its pollution. Requirements that are important for school ventilation. Furthermore, the design of systems by which schools can be ventilated, and finally examples of ventilation solutions from foreign projects.

In the text and drawing part, a suitable ventilation system, air distribution and air conditioning equipment is designed for the given object.

## **Key words**

Ventilation, indoor environment, school, requirements, air conditioning

## Obsah

1	Úvod.....	3
2	Vnitřní prostředí.....	4
2.1	Znečištění vnitřního prostředí škol.....	5
2.2	Vliv koncentrace CO <sub>2</sub> na člověka.....	5
2.3	Vliv produkce tepla a vlhkosti.....	8
2.4	Vliv radonu.....	9
3	Požadavky na větrání škol.....	10
3.1	Stanovení množství větracího vzduchu.....	10
3.2	Ohřev vzduchu.....	11
3.3	Akustika.....	12
3.4	Škodliviny ve venkovním prostředí.....	12
4	Návrh větracích systému.....	13
4.1	Přirozené větrání.....	13
4.1.1	Infiltrace.....	13
4.1.2	Provětrávání.....	14
4.2	Nucené větrání.....	14
4.2.1	Podtlakové větrání.....	15
4.2.2	Rovnotlaké větrání.....	16
4.2.2.1	Centrální systém.....	16
4.2.2.2	Lokální systém.....	17
4.2.3	Hybridní větrání.....	19
4.2.4	Přetlakové větrání.....	20
5	Řešení ze zahraničí.....	20

5.1	Studie z Itálie .....	20
5.2	Pasivní školka v Německu.....	22
5.3	První pasivní stavba ve Švédsku se známkou Swan.....	23
6	Závěr .....	25
7	Seznam obrázků .....	26
8	Seznam tabulek .....	27
9	Zdroje.....	28

# 1 Úvod

V dnešní době je potřeba se věnovat vnitřnímu prostředí budov, jelikož v něm trávíme spoustu času, kolem 80 až 90 %. Děti ve školách nejsou výjimkou, ať už se jedná o děti předškolního věku, žáky základních nebo středních škol, pro které je školní docházka povinná a musí zde strávit převážnou část dne. [3]

V posledních letech se školy snaží zateplovat budovu a vyměňovat okna za nová, tak aby bylo dosaženo snížení energetické náročnosti budov a uspořili za teplo. A právě tato snaha snižuje kvalitu vnitřního prostředí ve školách. Kvalita vnitřního prostředí má ale velký vliv také na pohodu, výkonnost a zdravotní stav člověka. Na jejím zhoršení se převážně podílí nedostatečné větrání budov nových i rekonstruovaných. Díky nedostatečnému větrání se v místnostech zvyšuje koncentrace škodlivých látek, teplota i vlhkost vzduchu, která působí negativně na přítomné osoby. Můžeme to nazývat Sick Building Syndrome (SBS)<sup>1</sup>. [3]

V České republice syndromem nemocných budov údajně trpí 2 ze 3 lidí. „Podle statistik Státního fondu životního prostředí se syndrom nemocných budov týká tří čtvrtin škol, firem, kanceláří, zdravotnických zařízení a pečovatelských domů.“ [4] Mezi příznaky patří bolesti hlavy, nevolnost, kašel, ekzémy, únava, potíže s koncentrací, alergie, snížení výkonnosti a mnoho další. Dlouhodobé pobývání v těchto budovách může vést až k chronickým nemocem a větším zdravotním komplikacím. [4]

Děti jsou v porovnání s dospělými citlivější, protože při dýchání vdechují větší objem vzduchu v poměru k jejich tělesné hmotnosti. Špatné ovzduší v místnostech způsobuje absenci (nemocné děti) a také to ovlivňuje jejich studijní výsledky, paměť, koncentraci. Škodliviny v prostředí mohou zhoršit průběhy jednotlivých nemocí jako je astma nebo alergie. Například v USA může astma za 20 % absencí u dětí. [3] [5]

Tento problém můžeme účinně řešit přiváděním čerstvého, venkovního vzduchu do prostorů škol, tedy větráním a odváděním škodlivého vzduchu ven z budovy. [3]

---

<sup>1</sup> Syndrom nemocných budov



## 2 Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí budov definují hodnoty fyzikálních, biologických a chemických ukazatelů. A právě toto prostředí ovlivňujeme větráním budov. Jelikož se školy zateplují a vyměňují se okna za nová, budovy se stávají těsnějšími, což se prostupu vzduchu týče. Tím je zhoršena kvalita vnitřního prostředí (vzduchu), která má negativní vliv na lidský organismus. Proto musíme kvalitu vnitřního prostředí hlídat a kontrolovat. Je dána limitami, metodami měření a jejich hodnocením. [1]

Složky vnitřního prostředí, které se podílejí na kvalitě vnitřního prostředí:

- **Tepelně vlhkostní mikroklima**
- Toxické mikroklima
- Odérové mikroklima
- Aerosolové mikroklima
- Mikrobiální mikroklima
- Elektroiontové a elektrostatické mikroklima
- **Akustické mikroklima**
- **Světelné mikroklima**

Na zhoršení kvality vzduchu ve vnitřním prostředí se podílejí znečišťující látky. Ke snížení škodlivin ve vzduchu je zapotřebí zajistit budově dostatečné větrání, které zajistí zředění znečištěného vzduchu. [2]

## 2.1 Znečištění vnitřního prostředí škol

Na kvalitu vnitřního prostředí škol má vliv mnoho faktorů (viz. obr. 1).



Obrázek 1: Schéma kvality vnitřního prostředí a působení jednotlivých vlivů [3]

Mezi hlavní znečišťující látku patří produkce  $\text{CO}_2$ , která je způsobena činností člověka, přiváděna venkovním vzduchem a zvyšující se potřebou energie. Se zvyšující se koncentrací oxidu uhličitého se zvyšuje množství vodní páry v ovzduší a zároveň i relativní vlhkost vzduchu. Jako další znečišťující látky můžeme uvést těkavé organické látky<sup>2</sup>, mezi ně patří např. formaldehyd, toluen, benzen. Dalšími jsou oxidy dusíku, ozón, pevné částice (např. pyly, prach), odéry, azbest, radon aj. [6]

## 2.2 Vliv koncentrace $\text{CO}_2$ na člověka

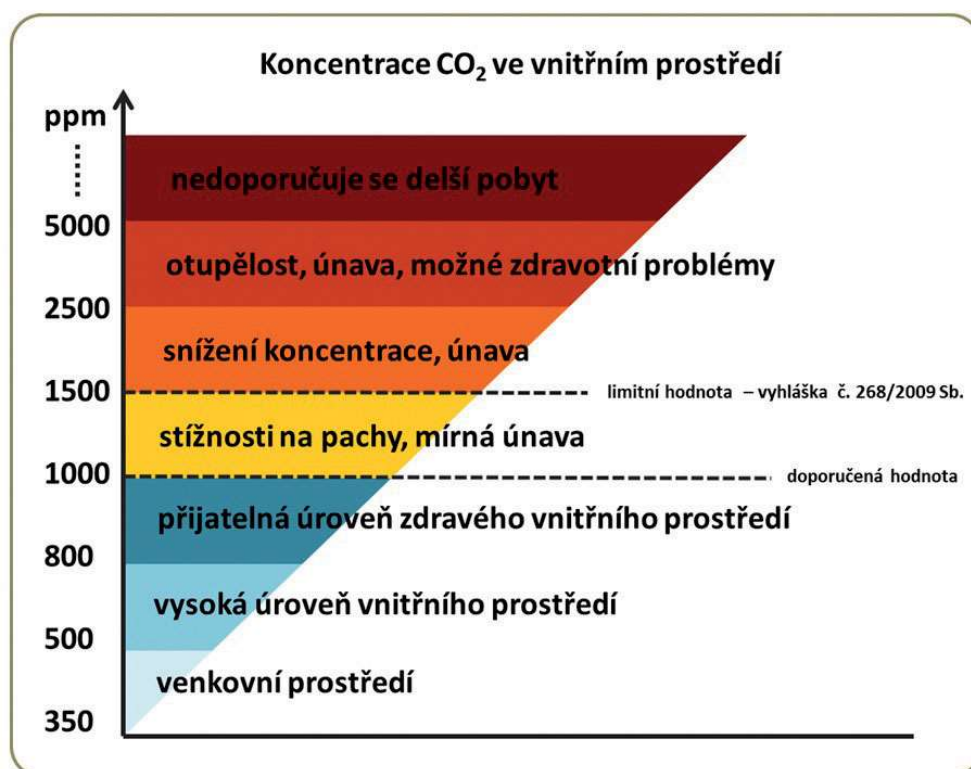
Oxid uhličitý je bezbarvý plyn bez zápachu, který je součástí zemské atmosféry. V malém množství je neškodný, ale když překročí určité limity, dochází ke zdravotním

---

<sup>2</sup> VOC - Volatile Organic Compounds

komplikacím – bolesti hlavy, závratě, dýchací potíže, ve velké koncentraci může způsobit křeče a dokonce i smrt. [7]

Koncentrace CO<sub>2</sub> je jedním z determinantů, který se využívá k určování kvality ovzduší. Mezi další patří také vlhkost vzduchu a teplota v místnosti. Člověk svým vydechováním produkuje až 40 000 ppm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>. V přirozeném, venkovním prostředí bývá koncentrace CO<sub>2</sub> kolem 400 ppm a vyšší. Čím vyšší je koncentrace CO<sub>2</sub>, tím bude mít větší vliv na zdraví člověka (viz. obr. 2). [3] [9] [10]

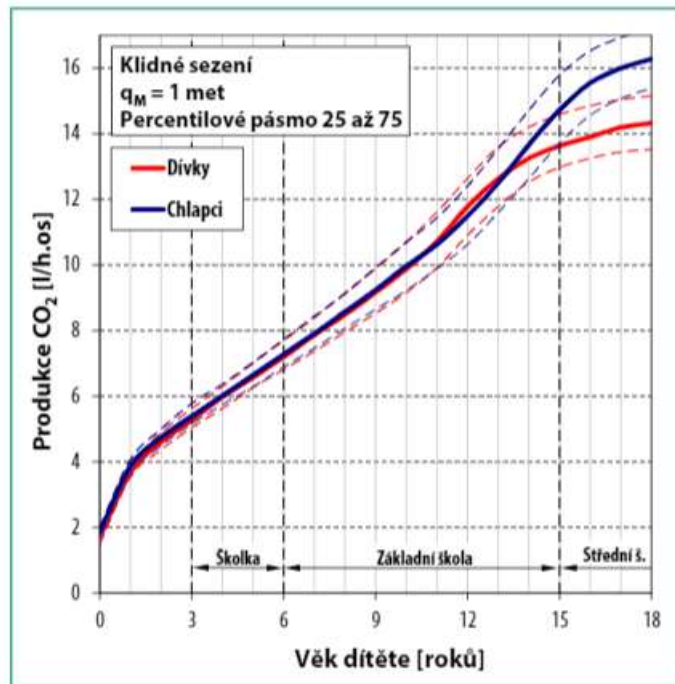


Obrázek 2: Vliv koncentrace CO<sub>2</sub> na člověka [8,9]

Produkce CO<sub>2</sub> závisí na fyzické aktivitě a proporcích člověka. Z čehož plyne, že nejmenší produkce bude odpovídat spícímu dítěti a nejvyšší dospělému člověku vykonávající fyzickou zátěž (viz. obr. 3). Limitní hodnota pro pobytové zóny je stanovena na 1500 ppm dle vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. [3]

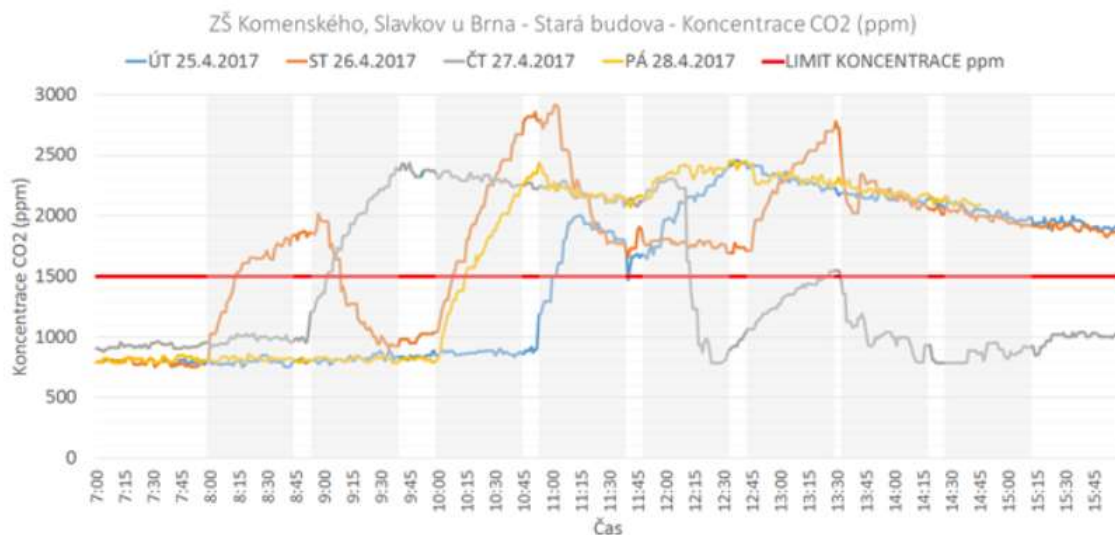
---

<sup>3</sup> parts per million = částic na milion



Obrázek 3: *Produkce CO<sub>2</sub> v závislosti na věku dítěte [3]*

Za pomoci odborných studií, které se tímto tématem zabývaly, bylo zjištěno, že ve většině případů koncentrace CO<sub>2</sub> přesahuje limitní hodnotu 1500 ppm. Jedná se převážně o základní a střední školy např. viz. obr. 4. Z toho plyne, že je dobré se této problematice věnovat a snažit se zajistit dětem vhodné, neškodné a dýchatelné prostředí. [3] [9] [10]



Obrázek 4: *Př. průběhu koncentrace CO<sub>2</sub> ve třídě při běžném provozu (ZŠ Slavkov u Brna) [10]*

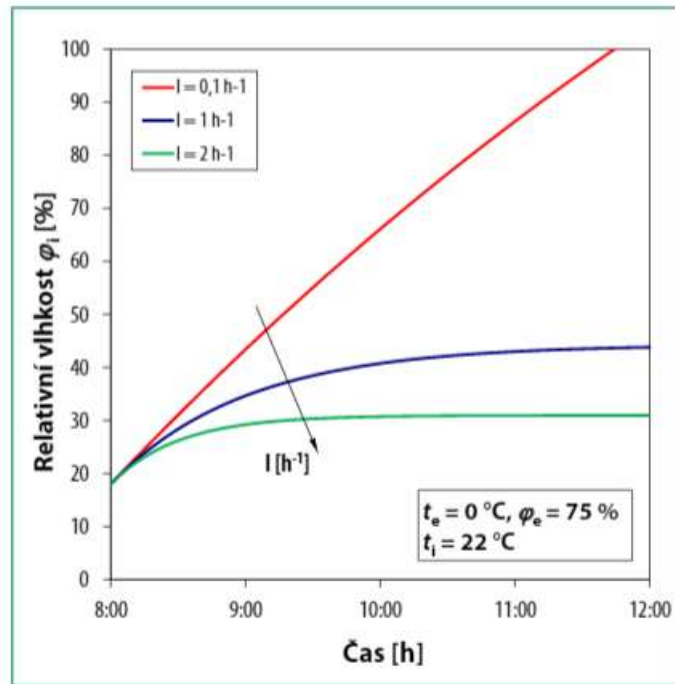
## 2.3 Vliv produkce tepla a vlhkosti

Vodní pára je přirozenou součástí vzduchu, ovšem má také nezanedbatelný vliv na vnitřní prostředí. Při jejím nedostatečném odvodu může docházet ke kondenzaci vodní páry. Projeví se tehdy, pokud je teplota povrchu konstrukcí nižší než rosný bod teploty vzduchu. Díky tomu dochází ke vzniku plísní, které jsou nežádoucí pro lidské zdraví. Plísně můžou také poškodit zdivo či jiné části konstrukce jejich vlhnutím. [3]

Člověk (v případě školy dítě) produkuje dýcháním vodní páry, které se znásobují počtem dětí v místnosti a jejich věkem. S vyšší vlhkostí narůstá i produkce tepla v místnosti (viz. tab. 1). Nedostatečné větrání způsobuje nárůst vodní páry, proto je dobré místnosti větrat a docílit tak snížení relativní vlhkosti a tepla (viz. obr. 5). Doporučené rozmezí relativní vlhkosti v učebnách by mělo být kolem 30 až 70 %. [27] [3]

Činnost	M [met]	Věk							
		6 let		10 let		15 let		18 let	
		Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]	Q <sub>cit</sub> [W]	M <sub>w</sub> [g/h]
<b>Sezení uvolněné</b>	1	41	11	57	14	83	19	91	20
<b>Činnost vsedě</b>	1,2	42	25	58	33	84	45	93	48
<b>Lehká činnost vstoje</b>	1,6	43	52	59	70	87	97	97	104
<b>Chůze bez zátěže</b>	1,9	44	73	61	98	89	136	99	147
<b>Tělocvik</b>	3	61	104	85	140	126	195	139	212

Tabulka 1: Produkce citelného tepla a vodní páry závislá na věku dítěte [3]



Obrázek 5: Teoretický nárůst relativní vlhkosti v učebně v závislosti na intenzitě větrání [26]

## 2.4 Vliv radonu

Radon je radioaktivní plyn, který se dostává do ovzduší z podloží. Právě Česká republika patří mezi země s nejvyšší koncentrací radonu ve vnitřním ovzduší na světě, díky svému geologickému podloží. Radon se dostává dýcháním do plic a po několika letech vdechování tohoto plynu může být zdraví člověka velice ohroženo. Dokonce může způsobit i rakovinu plic.

Proto je nutné, aby bylo ve školách zajištěno dostatečné větrání a koncentrace radonu byla zředěna. Díky snížení energetické náročnosti při výstavbě nových budov a rekonstrukcí budov stávajících, se tato koncentrace radonu zvyšuje až na alarmující hodnoty. Referenční úroveň radonu byla stanovena na  $300 \text{ Bq/m}^3$  pro průměrnou koncentraci radonu při běžném užívání a intenzitě větrání. [3] [11] [28]

Při navrhování a provádění nových školských budov je vhodné postupovat tak, aby koncentrace radonu v nové škole nepřesáhla  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Při navrhování a provádění dodatečných protiradonových opatření do stávajících školských budov je vhodné postupovat tak, aby koncentrace radonu ve škole klesla pod  $200 \text{ Bq/m}^3$ . [3]

### 3 Požadavky na větrání škol

Kvalita ovzduší v učebnách se hodnotí podle koncentrace oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>; v souladu s vyhláškou č. 268/2009 Sb. v platném znění nesmí tato koncentrace v pobytových prostorách převýšit hodnotu 1500 ppm. [14]

#### 3.1 Stanovení množství větracího vzduchu

Požadavky na větrání škol zmiňuje vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Tato vyhláška určuje požadavek na množství přiváděného venkovního vzduchu do učeben na 20 až 30 m<sup>3</sup>/h na žáka bez ohledu na jeho věk (viz. tab. 2).

Ovšem kdybychom chtěli brát v úvahu věk dítěte, tyto hodnoty se změň. Počítá se s vlivem koncentrace CO<sub>2</sub>, pokud vzduch není nikterak znečištěn, kterou každé dítě produkuje, a to je závislé na fyzické kondici a proporcích, tedy věku (viz. tab. 3). [12] [15]

Typ prostoru	Množství vzduchu [m <sup>3</sup> /h]
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
*s ohledem na konkrétní využití (dle druhu prováděného cvičení) a kapacitou tělocvičny	

Tabulka 2: Množství přiváděného vzduchu v zařízeních pro výchovu a vzdělávání [15]

Množství venkovního vzduchu [m <sup>3</sup> /h.žáka]			
3-6 let	6-10 let	10-15 let	15-18 let
Školka	1. stupeň ZŠ	2. stupeň ZŠ	SŠ
10	12	18	20

Tabulka 3: Množství venkovního vzduchu v závislosti na věku dítěte [12]

Ostatní prostory, jako jsou například sborovny a kabinety vyučujících, nejsou trvalým pracovištěm ve smyslu nařízení vlády č. 93/2012 Sb. a připouští se přirozené větrání oknem (provětrávání). Pro vyučující v učebnách je to místo s trvalým pracovištěm a platí také vyhláška č. 93/2012 Sb., podle které se stanoví množství přiváděného vzduchu na osobu. [12]

Jídelna je pobytovým prostorem ve smyslu vyhlášky č. 20/2012 Sb. [22]

Kuchyně se větrají podle doporučených pravidel (např. VDI 2052 [19]).

### 3.2 Ohřev vzduchu

Přiváděný venkovní, čerstvý vzduch mívá většinou v zimních obdobích nízkou teplotu. Proto je zapotřebí vzduch ohřát tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda uvnitř místnosti. Ohřev vzduchu musí být zajištěn při následujících provozních stavech, zejména:

- proměnlivostí počtu osob (žáků v učebnách),
- proměnlivostí venkovních klimatických podmínek (především teploty venkovního vzduchu),
- změnami doby užívání učebny během dne a v ročním období. [12]

U větracích systémů pak musí být ohřev vzduchu zajištěn takto:

- u přirozeného, hybridního a nuceného podtlakového větrání musí ohřev venkovního vzduchu zajistit otopná soustava v místnosti, tento požadavek výrazně ovlivňuje dimenzování velikosti zdroje tepla a otopných ploch i jejich regulační schopnosti,



- u nuceného rovnotlakého větrání zajišťuje přehřev venkovního vzduchu výměník ZZT a dohřev musí pokrýt otopná soustava nebo ohřivač vzduchu ve větrací jednotce. [12]

### 3.3 Akustika

Vzduchotechnická zařízení vydávají díky svému provozu hluk, a proto je třeba aby projektant při návrhu větrání budovy počítal s dodržением akustických limitů dané pro školská zařízení. Je vhodné vzduchotechnickou jednotku či ventilátor umístit např. do technické místnosti, a ne přímo do učebny pro zajištění vnitřní pohody. [12,3]

Dle vyhlášky č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, je hluková situace ve školských budovách hodnocena hladinou akustického tlaku A. Hladina akustického tlaku A od větracího zařízení nesmí překročit limit 45 dB. [16] Doporučené hodnoty akustického tlaku podle typu prostoru jsou zobrazeny v tab. 4.

Typ prostoru	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	
	Typický rozsah [dB]	Návrhová hodnota
Školky	30-45	40
Učebny	30-40	35
Chodby	35-50	40
Tělocvičny	35-45	40
Kabinety	30-40	35
Záchody a šatny	40-50	45

Tabulka 4: Doporučené hladiny akustického tlaku ve školách podle ČSN EN 15 251[3]

### 3.4 Škodliviny ve venkovním prostředí

Venkovní prostředí může být také znečištěno od různých škodlivin. Proto je nezbytné zjistit, jak je daná lokalita znečištěna. Nemůžeme přivádět znečištěný venkovní vzduch co se týče přirozeného, hybridního nebo nuceného podtlakového větrání. Nejlepším řešením je nucené větrání s příslušným typem filtrace podle znečištěného vzduchu. [12]

## 4 Návrh větracích systému

Větrání škol by mělo zajistit dvě hlavní funkce:

- Zajistit požadovanou čistotu vnitřního ovzduší
- Zajistit odvod tepelné zátěže (teplo od elektrického vybavení, od osob apod.)

[3]

Když se podíváme o pár let zpátky, tak zjistíme, že větrání budov se řešilo přirozeně, a to pomocí pronikání vzduchu např. okenními spárami. Jenže v dnešní době se do budov nových i rekonstruovaných instalují okna těsná a přívod vzduchu pronikáním přes okenní spáry nemůže být zajištěn. Vliv na to má samozřejmě i opatření ke snížení spotřeby energie, který s tím souvisí. Přirozené větrání tak lze použít víceméně už jen u budov, které jsou např. památkově chráněny aj. [17,18]

Proto se také více budov v dnešní době navrhuje pomocí systémů nuceného větrání, které zajišťují např. ventilátory aj. To samé platí i pro navrhování větracích systémů škol, kde se doporučuje dle metodického pokynu používat řízené větrání, které pomáhá regulovat průtok venkovního vzduchu podle potřeby (např. dle koncentrace CO<sub>2</sub>). [18,13]

### 4.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání je závislé na atmosférických podmínkách, především na rozdílu teplot vnitřního a venkovního vzduchu, na poloze objektu či tlakovému účinku větru. Tento typ větrání je funkční především v přechodném období jako je jaro, podzim a zima.

Pohyb vzduchu od zdrojů je velmi nahodilý a časově omezený, proto je pro splnění podmínek větrání škol tento způsob nereálný. Vzduch se nemusí dostat do celého prostoru a v zimním období se nemá tento vzduch ani jak ohřát, což vede k tepelnému diskomfortu osob (může způsobit různá nachlazení apod.). Platí zde i nemožnost filtrace tohoto vzduchu a tím pádem nemožnost zajistit zdraví neškodný vzduch a bezpečnost žáků. [3,12]

#### 4.1.1 Infiltrace

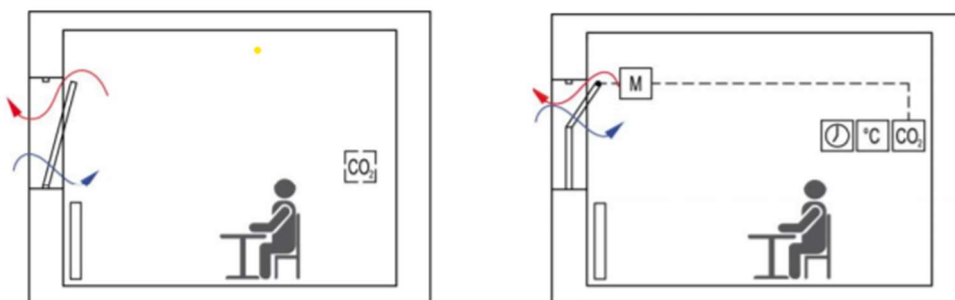
Infiltrací rozumíme přirozené větrání pomocí netěsných okenních či dveřních spár. Především v zimě tento způsob zvyšuje tepelné ztráty objektu.

Tento způsob větrání u nových i rekonstruovaných oken v učebnách nedokáže splnit uvedené požadavky na větrání. [3,12]

#### 4.1.2 Provětrávání

Provětrávání (např. otevírání oken) lze použít u budov památkově chráněných, kde je obtížné použít systém nuceného větrání. Jde o to, aby byla zajištěna funkčnost nebo celková obnova původního systému větrání s přívodem i odvodem pomocí větracích otvorů nebo větracích šachet s doplněním systému o automatické měření koncentrace  $\text{CO}_2$ , které zajistí mechanické otevírání okenních křídel nebo při ručním otevírání oken upozorní, kdy by bylo dobré okna otevřít (viz. obr. 6). [12,13]

Provětrávání pomocí ručně i mechanicky otevíratelných oken se doporučuje jen u místností s malým počtem osob či individuální výukou, aby bylo možné splnit požadavky na větrání. [3,12]



Obrázek 6: Schéma přirozeného provětrávání ručně a mechanicky otevíratelnými okny [12]

#### 4.2 Nucené větrání

Proudění vzduchu zajišťuje mechanický účinek, např. ventilátory. Nucené větrání se dělí podle poměru přiváděného a odváděného vzduchu na:

- podtlakové – odváděný vzduch je vyšší než přiváděný,
- rovnotlaké – poměry přiváděného i odváděného vzduchu jsou stejné,
- přetlakové – přiváděný vzduch je vyšší než odváděný.

A dále se nucené větrání dělí na:

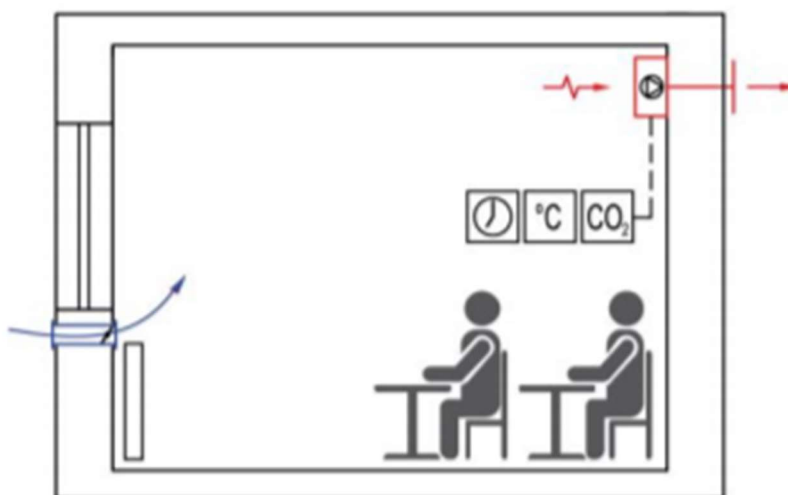
- centrální systém – větrací jednotka se nachází např. ve strojovně nebo na střeše,

- lokální systém – větrací jednotky v místnostech.

Nucené větrání je ovšem značně finančně náročné, kvůli pořízení ventilátorů, vzduchovodů, zajištění prostorů pro vzduchotechnické jednotky, zajištění údržby a servisu. Ale musíme dbát také na to, že nucené větrání zajistí kvalitní a zdravé vnitřní prostředí pro osoby v budovách. [12]

#### 4.2.1 Podtlakové větrání

Přívod vzduchu je zajišťován podtlakem neboli přisáváním vzduchu z okolních místností, či obálkou budovy větracími otvory a odvod vzduchu je zajišťován nuceně pomocí ventilátoru, který je navržen na potřebný průtok venkovního vzduchu (viz. obr. 7). [12]



Obrázek 7: Schéma podtlakového větrání – odsávání lokálním ventilátorem [12]

Nevýhodou podtlakového větrání je přívod chladného vzduchu v zimě do učeben a následný diskomfort osob v ní pobývajících. Díky tomu podtlakové větrání nedokáže vyhovět současnému požadavku na snížení energetické náročnosti. [13]

Dále lze podtlakové větrání použít tam, kde je zajištěna dobrá kvalita přisávaného vzduchu a vzduch není znečištěn např. pachy, škodlivinami z dopravy apod. [12]

Použití podtlakového větrání se navrhuje nejčastěji v místnostech, kde je horší kvalita vzduchu způsobená škodlivinami jako jsou sociální zařízení, jídelny a šatny žáků.

#### 4.2.2 Rovnotlaké větrání

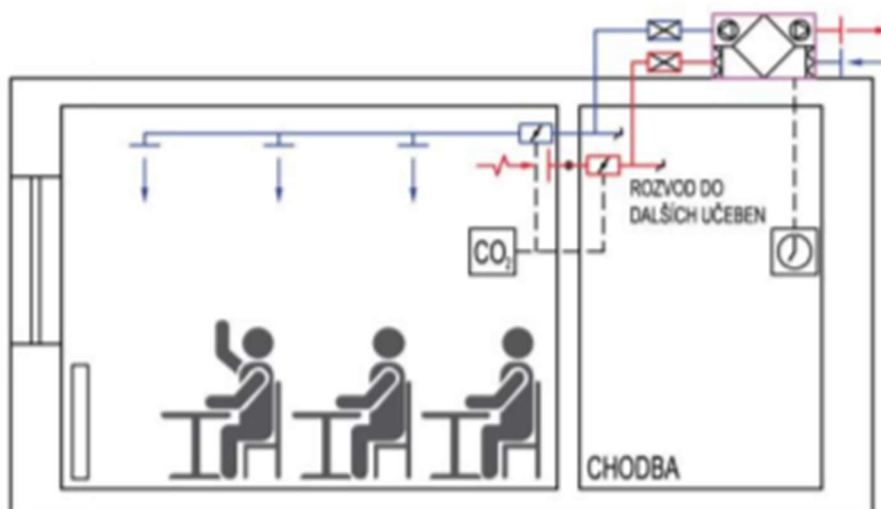
Rovnotlaké větrání zajišťuje přívod i odvod vzduchu ve stejném poměru pomocí ventilátorů a zajišťuje vyšší kvalitu vzduchu než podtlakové větrání, jelikož si jednotka sama může upravovat kvalitu přiváděného vzduchu. Dále tento způsob větrání umožňuje zpětné získávání tepla (ZZT), a tím pádem snížení energetické náročnosti budovy. [3,12]

Použité vzduchotechnické jednotky jsou vybaveny ventilátory, filtrací vzduchu, výměníkem ZZT, mohou být vybaveny ohřívači nebo chladiči vzduchu. [3,12]

Tento způsob větrání učeben je v současnosti preferován.

##### 4.2.2.1 Centrální systém

Větrací jednotka je umístěna ve strojovně či na střeše objektu a zajišťuje rozvod vzduchu do více místností (učeben) v objektu, resp. po celém objektu. Tento systém musí dbát na nároky pro umístění jednotky a vedení rozvodů vzduchu (viz. obr. 8). [12]



Obrázek 8: Schéma rovnotlakého větrání – centrální větrací jednotka pro více místností [12]

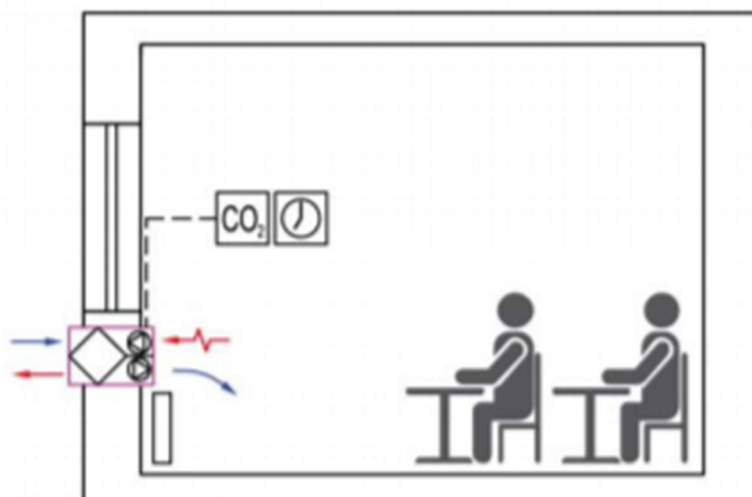
V potrubí mohou být instalovány regulátory průtoku vzduchu, které je možné regulovat podle čidla CO<sub>2</sub>. Jelikož jednotky vyvíjejí hluk, je dobré osadit na potrubí i tlumiče hluku, aby bylo možné splnit doporučené akustické hodnoty pro vnitřní i venkovní prostředí. Provoz jednotky si lze zajistit podle stanoveného časového plánu. [12]

Provoz centrálního systému je z hlediska financí nejnáročnější. Je nutné zajišťovat pravidelný servis, údržbu, výměnu filtrů aj.

#### 4.2.2.2 Lokální systém

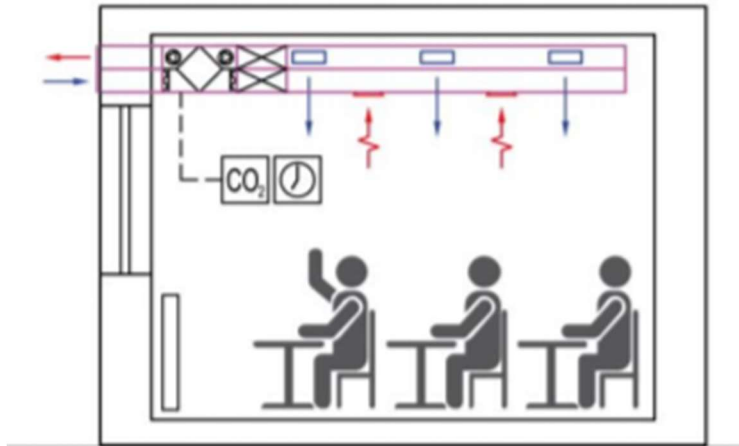
Větrací jednotka má na starost pouze jednu místnost. Je umožněno ZZT, ale z části stále musí být hrazeno otopnou soustavou nebo může být vybavena ohřívačem (samostatná jednotka v nebo vně učebny). Regulace průtoku je řešena automaticky podle čidla CO<sub>2</sub>, nebo může být řízena i kontrolou teploty vnitřního vzduchu. [12]

Může být umístěná v obvodovém plášti (viz. obr. 9.), ovšem tato jednotka nezajistí rovnoměrné provětrání prostoru a je vhodnější pro učebny s malým počtem žáků, pokud splní požadavek na větrání. Jednotka vyvíjí hluk, a proto je nezbytné, brát v úvahu hlukové limity. [12]

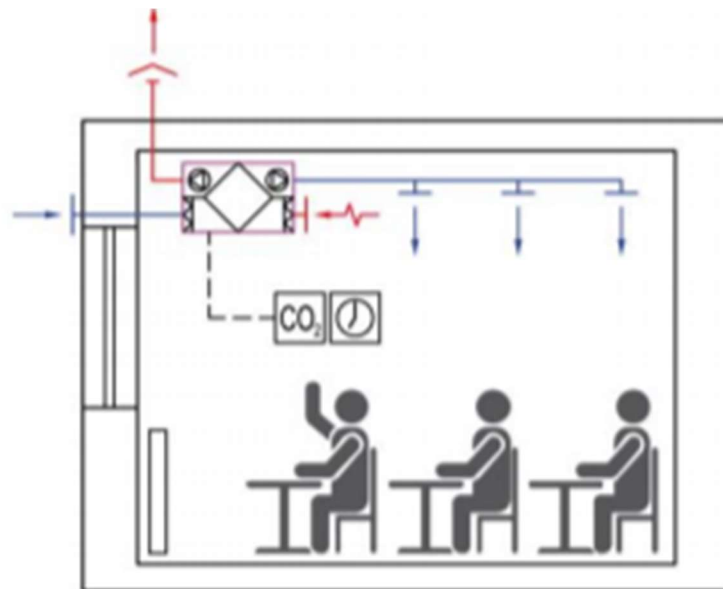


Obrázek 9: Schéma rovnotlakého větrání – lokální větrací jednotka v obvodovém plášti [12]

Jednotka dále může být umístěna přímo v učebně nebo jako podstropní jednotka (viz obr. 10 a 11). Tyto jednotky dokáží zajistit rovnoměrné provětrávání učebny. Opět je nutné dbát na hlukové limity. [12]

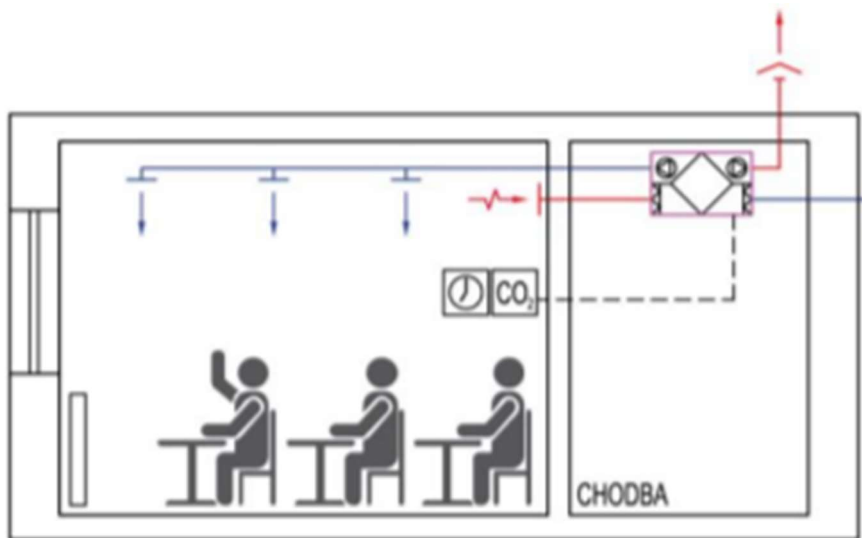


Obrázek 10: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací podstropní jednotka [12]



Obrázek 11: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací jednotka umístěná v učebně [12]

Také je možné jednotku umístit ven z učebny, čímž je oproti ostatním případům dosaženo snížení hluku v učebně (viz. obr. 12). [12]



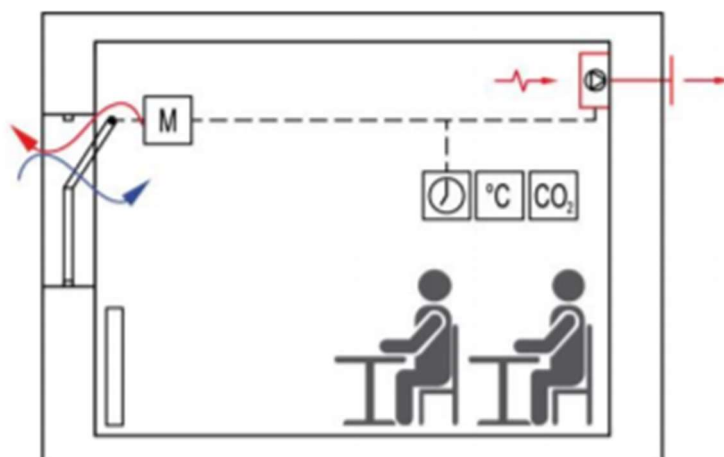
Obrázek 12: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací jednotka umístěná vně učebny [12]

Lokální systém je finančně méně náročný než centrální systém, ale stále je třeba dodržovat údržbu, servis a výměny filtrů. [12]

#### 4.2.3 Hybridní větrání

Pojmem hybridní větrání rozumíme kombinaci přirozeného větrání okny a nuceného podtlakového větrání. [3,12]

Přirozené větrání využívá rozdílů tlaků a pokud je tlak nedostatečný, automaticky zapíná ventilátor a systém se mění na podtlakové větrání. Průtok vzduchu pomáhá regulovat čidlo koncentrace  $\text{CO}_2$ , které na tomto základě pohání servopohon k otvírání výklopných horních křídel oken (viz. obr. 13). [3,12]



Obrázek 13: Schéma hybridního větrání pro jednu učebnu [12]



Hybridní větrání ovšem nevyhovuje současnému požadavku na snížení energetické náročnosti budov a v našich podmínkách není odzkoušen. [12,13]

#### 4.2.4 Přetlakové větrání

Přetlakové větrání je nevhodným způsobem větrání učeben. Jeho použití se objevuje hlavně ve zdravotnických zařízeních, jelikož v místnosti vzniká přetlak, čímž přivádíme více čerstvého vzduchu, než odvádíme. Rozdíl je vyrovnán únikem přes větrací otvory. To zajišťuje, že do místnosti neproniknou škodlivé látky z okolí.

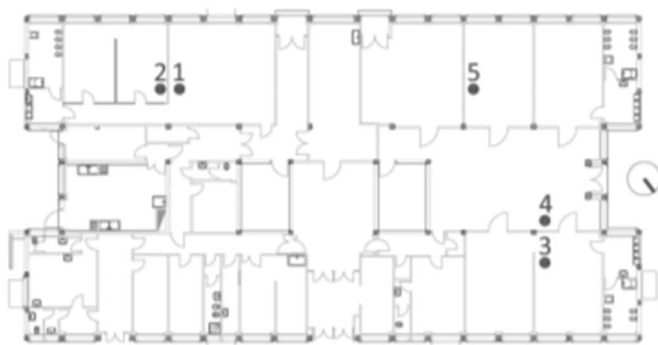
## 5 Řešení ze zahraničí

Problémy se snižováním energetické náročnosti řeší i zahraniční státy a snaží se pomocí rekonstruování budov docílit snížení energetických potřeb jak pro vytápění, tak i pro chlazení prostor.

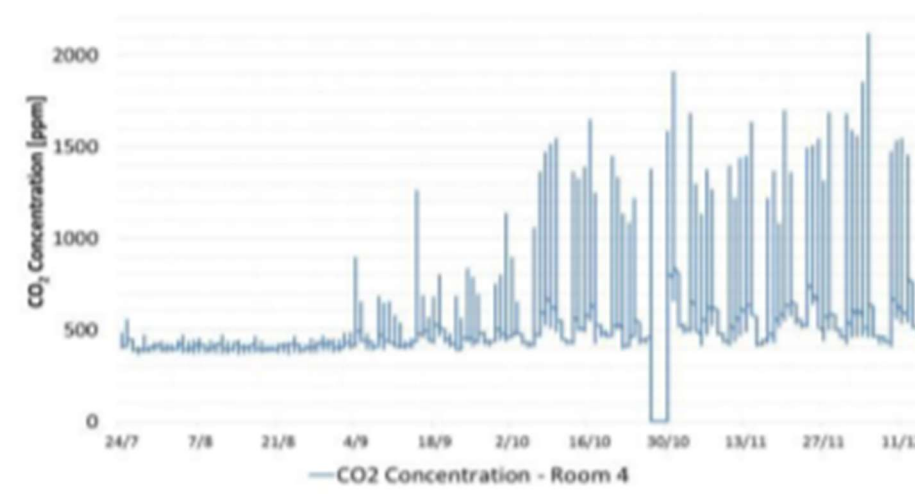
### 5.1 Studie z Itálie

První ze zahraničních projektů, který je v práci uveden, se snaží podporovat proces návrhu energetického vybavení v mateřské škole v Itálii. Jedná se o typickou jednopatrovou prefabrikovanou budovu, jež byla postavena v 80. letech, a kterou chtěli použít jako ukázkou efektivního energetického řešení. Budova se potýkala např. s přehříváním učeben a neměla žádné mechanické chlazení či větrací systém. [20]

Bylo provedeno měření koncentrace CO<sub>2</sub> v místnosti 4 (viz. obr. 14), která slouží jako společný prostor, kde si žáci hrají. Měřením bylo zjištěno, že v době neobsazenosti školky se úroveň CO<sub>2</sub> pohybovala kolem 400 ppm, ale po tom, co byla škola opět obsazena, koncentrace překračovala referenční hodnoty CO<sub>2</sub> (viz. obr. 15). Tato skutečnost dokazovala, že budova potřebuje lepší ventilační strategii a tím zlepšit kvalitu vnitřního prostředí školy. [20]



Obrázek 14: Plánek mateřské školy a pohled na jihovýchodní fasádu [20]



Obrázek 15: Koncentrace CO<sub>2</sub> v místnosti 4 [20]

Zvažovaly se dvě strategie větrání. První strategií bylo větrání mechanické, založené na minimálních požadovaných rychlostech proudění venkovního vzduchu včetně rekuperace tepla a druhé jako hybridní větrání s automatickými nebo ručně ovladatelnými okny a nočním chlazením. První strategie se využije hojně v zimě. Druhá strategie představuje systém přirozeného větrání během dne. Pokud nelze větrání zajistit přirozeně, spustí se větrání nucené. [20]

Pro mateřskou školu byl nakonec navrhnut systém hybridního větrání, což umožňují ovladatelná okna a umístění decentralizované jednotky s rekuperací tepla. [20]

## 5.2 Pasivní školka v Německu

Mateřská škola je postavena na kopci v městském parku Heidenau. Je to jednopodlažní budova s půdorysem zakřivené linie (viz. obr. 16). Budova mateřské školy je postavena jako ekologický pasivní dům. [21]

Budova této školy je vytápěna i větrána pomocí větracího systému s rekuperací tepla. Čerstvý vzduch je pasivně zahříván pomocí tepelného výměníku s účinností 90 %, což umožňuje zpětné získávání tepla a snížení energetické náročnosti budovy. Vzduch je distribuován ventilačními kanály uloženými ve stropním obložení. Díky této kombinaci větrání a vytápění zůstává energie v budově, vzduch je čerstvý a místnosti zůstávají teplé. [21]

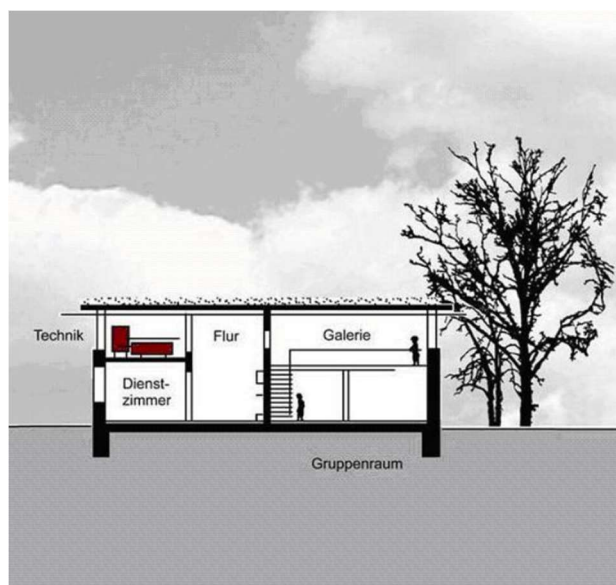


Obrázek 16: 10 Půdorys mateřské školy se zakřivenou linií [21]

V budově jsou použity tři samostatné topné sekce. Skupinové místnosti jsou zásobovány čerstvým vzduchem, kam je vháněn maximální objemový průtok vzduchu, dokud není dosaženo předem nastavené teploty odváděného vzduchu. Po dosažení požadované teploty se systém přepne do základního režimu větrání. Funguje zde rovněž čidlo CO<sub>2</sub>, které po dosažení limitu koncentrace CO<sub>2</sub> přepne do režimu maximálního větrání. Průtoky jsou regulovány automatickými klapkami. [21]

Místnosti pro personál jsou zásobovány konstantním tokem čerstvého vzduchu, který je dosažen pomocí regulátorů. [21]

Multifunkční místnosti a hala poskytují základní, standardní nastavení úrovně ventilace a jsou závislé na požadavku ze skupinových místností. Na klíčovém spínači si mohou zvolit dvě úrovně větrání: částečné větrání a maximální větrání. Pokud nelze zvolené úrovně dosáhnout z důvodu požadavků ze skupinových místností, přejde systém na základní větrání. [21]



Obrázek 17: Umístění technické místnosti [21]

### 5.3 První pasivní stavba ve Švédsku se známkou Swan

Efektivní ukázkou zdravé a energeticky nenáročné budovy představuje projekt ze Švédska. Tento projekt ukazuje, jakým směrem by se časem odvětví vzduchotechniky mohlo vyvíjet.

Jedna z nejnáročnějších legislativ na světě, která je spojená s životním prostředím, pochází právě ze severoevropských zemí. Sdružení severských zemí uděluje známku Swan, která vyjadřuje, že příslušný produkt je zdravý, kvalitní a má minimální dopad na životní prostředí. A tuto známku získala vůbec první pasivní stavba Mateřská škola Västra Bråstorp ve švédském městě Motala. [22]



*Obrázek 18: Pasivní školka ve Švédsku s certifikací Swan [23]*

Škola je vybavena zdravými a energeticky úspornými technologiemi, které zaručují kvalitní větrání, vytápění a chlazení, a to vše díky komplexnímu vzduchotechnickému systému od Lindabu s produkty bez nanočástic. [23]

V mateřské škole cirkuluje čistý, čerstvý vzduch zcela bez zápachu. Všechny výrobky, které byly použity neobsahují žádné nanočástice, jedná se jak o potrubí, tak i o konektory, materiály k zavěšení, izolace, tmely, šrouby atd. [23]



*Obrázek 19: Propojení systému potrubí, skládá se z jednoho zařízení pro hlavní kuchyň a druhého zařízení pro hlavní budovu [23]*



*Obrázek 20: Vzduchotechnika od Lindabu díky difuzorům Versio NS19 a plenum boxům MBB skrytým ve stropě zajišťuje, že vzduch je rozptýlený a že se šíří komfortním způsobem. [23]*

## 6 Závěr

V dnešní době je třeba dbát na zdravé vnitřní prostředí ve školských zařízeních a navrhovat novostavby i rekonstrukce těchto zařízení s ohledem na zdraví, čistotu a kvalitu prostředí. Současně je potřeba navrhovat budovy energeticky méně náročné.

Pokud bude vzduch ve školských zařízeních zdravý a čistý, bude to mít vliv i na jejich soustředěnost, lepší vnímavost, chuť učit se novým věcem a v neposlední řadě snížit riziko výskytu respiračních a jiných onemocnění u dětí.

Díky platné legislativě je možné navrhovat systémy jak přirozeného větrání, tak systémy nuceného větrání, které jsou ovšem finančně náročnější. Musíme však dát pozor na to, že přirozené větrání si odporuje s požadavky na větrání ve školách, jelikož je třeba dodat do místností požadované množství vzduchu. Budoucnost by mohl představovat právě systém hybridního větrání, kde by se dalo využít kombinace přirozeného větrání a nuceného větrání, a snížit tak ještě více energetickou náročnost budov.

## 7 Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma kvality vnitřního prostředí a působení jednotlivých vlivů [3] .....	5
Obrázek 2: Vliv koncentrace CO <sub>2</sub> na člověka [8,9] .....	6
Obrázek 3: Produkce CO <sub>2</sub> v závislosti na věku dítěte [3] .....	7
Obrázek 4: Př. průběhu koncentrace CO <sub>2</sub> ve třídě při běžném provozu (ZŠ Slavkov u Brna) [10] .....	7
Obrázek 5: Teoretický nárůst relativní vlhkosti v učebně v závislosti na intenzitě větrání [3] .	9
Obrázek 6: Schéma přirozeného provětrávání ručně a mechanicky otevíratelnými okny [5] ...	14
Obrázek 7: Schéma podtlakového větrání – odsávání lokálním ventilátorem [5] .....	15
Obrázek 8: Schéma rovnotlakého větrání – centrální větrací jednotka pro více místností [5]	16
Obrázek 9: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací jednotka v obvodovém plášti [5] .	17
Obrázek 10: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací podstropní jednotka [5].....	18
Obrázek 11: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací jednotka umístěná v učebně [5] .	18
Obrázek 12: Schéma rovnotlakého větrání –lokální větrací jednotka umístěná vně učebny [5] .....	19
Obrázek 13: Schéma hybridního větrání pro jednu učebnu [5].....	19
Obrázek 14: Plánek mateřské školy a pohled na jihovýchodní fasádu [20].....	21
Obrázek 15: Koncentrace CO <sub>2</sub> v místnosti 4 [20].....	21
Obrázek 16: 10 Půdorys mateřské školy se zakřivenou linií [21].....	22
Obrázek 17: Umístění technické místnosti [21].....	23
Obrázek 18: Pasivní školka ve Švédsku s certifikací Swan [23] .....	24
Obrázek 19: Propojení systému potrubí, skládá se z jednoho zařízení pro hlavní kuchyň a druhého zařízení pro hlavní budovu [23] .....	24
Obrázek 20: Vzduchotechnika od Lindabu díky difuzorům Versio NS19 a plenum boxům MBB skrytým ve stropě zajišťuje, že vzduch je rozptýlený a že se šíří komfortním způsobem. [23] .....	25

## 8 Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Produkce citelného tepla a vodní páry závislá na věku dítěte [3] .....</i>	8
<i>Tabulka 2: Množství přiváděného vzduchu v zařízeních pro výchovu a vzdělávání [15] .....</i>	10
<i>Tabulka 3: Množství venkovního vzduchu v závislosti na věku dítěte [12] .....</i>	11
<i>Tabulka 4: Doporučené hladiny akustického tlaku ve školách podle ČSN EN 15 251[3] .....</i>	12



## 9 Zdroje

- [1] Požadavky na vnitřní prostředí budov. *Stavebnictvi3000.cz* [online]. VEGA, 2006 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/pozadavky-na-vnitri-prostredi-budov>
- [2] Mathauserová, Z. *Význam větrání v budovách*. [online]. Státní zdravotní ústav, 2014 [cit. 2020-03-06]. Dostupné z: [https://www.cklop.cz/konference/2014/02\\_Mathauserova\\_Vyznam\\_vetrani.pdf](https://www.cklop.cz/konference/2014/02_Mathauserova_Vyznam_vetrani.pdf)
- [3] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání škol v souvislostech*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02718-8.
- [4] Syndrom nemocných/nezdravých budov (SBS). Příznaky, faktory, prevence a kontrola. *Bozp.cz* [online]. CRDR spol. s r.o., 2018 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/syndrom-nemocnych-budov/>
- [5] Větrání do škol – metodický pokyn pro SFŽP. *Fs.cvut.cz* [online]. ČVUT FS, 2016 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.fs.cvut.cz/aktuality/166-212/vetrani-do-skol-metodicky-pokyn-pro-sfzp/>
- [6] Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2010 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [7] Oxid uhličitý. *Arnika.org* [online]. 2014 Arnika [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://arnika.org/oxid-uhlicity>
- [8] Kvalita vnitřního prostředí na základních školách. *Asb-portal.cz* [online]. 2019 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: [https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/kvalita-vnitriho-prostredi-na-zakladnich-skolach?fbclid=IwAR1oYti1Lgfi9rSIK\\_CO4K4X-r\\_2m7xvbTf4XOOlp-iPkn6Mgtn6lnWSMs](https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/kvalita-vnitriho-prostredi-na-zakladnich-skolach?fbclid=IwAR1oYti1Lgfi9rSIK_CO4K4X-r_2m7xvbTf4XOOlp-iPkn6Mgtn6lnWSMs)
- [9] Zpráva o kvalitě vnitřního prostředí na školách. *Pasivnidomy.cz* [online]. Centrum pasivního domu, 2016 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/zprava-o-kvalite-vnitriho-prostredi/f6546>
- [10] Jaká je správná koncentrace CO<sub>2</sub> ve zdravé budově? *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2018 [cit. 2020-03-07]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/17612-jaka-je-spravna-koncentrace-co2-ve-zdrave-budove>

- [11] Škodliviny ve vnitřním prostředí – radon v ovzduší domů a bytů. *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2016 [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/14890-skodliviny-ve-vnitrnim-prostredi-radon-v-ovzdusi-domu-a-bytu>
- [12] Metodický pokyn pro návrh větrání škol. Ministerstvo životního prostředí. 2017
- [13] ZMRHAL, V. (2016). Metodický pokyn pro návrh větrání škol. *Vytápění, větrání, instalace*, 72-74.
- [14] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- [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. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- [17] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání rodinných a bytových domů*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4573-2.
- [18] Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *Vetrani.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2012 [cit. 2020-03-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [19] VDI 2052: 2006. Raumluftechnische Anlagen für Küchen.
- [20] Causone, F., Carlucci, S., Moazami, A., Cattarin, G., & Pagliano, L. (2015). Retrofit of a kindergarten targeting zero energy balance. *Energy Procedia*, 78, 991-996.
- [21] Playing on the Passive House hill - the new kindergarten in the Heidenau city park. *Passipedia.org* [online]. 2014 [cit. 2020-05-11]. Dostupné z: [https://passipedia.org/examples/non-residential\\_buildings/passive\\_house\\_kindergartens/central\\_europe/new\\_kindergarten\\_in\\_the\\_heidenau\\_city\\_park\\_germany](https://passipedia.org/examples/non-residential_buildings/passive_house_kindergartens/central_europe/new_kindergarten_in_the_heidenau_city_park_germany)
- [22] Mateřské školy barevně a energeticky šetrně s využitím systému LINDAB STAVBY. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. Topinfo, 2017 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/15758-materske-skoly-barevne-a-energeticky-setrne-s-vyuzitim-systemu-lindab-stavby>
- [23] Sveriges miljövänligaste förskola. *Lindab.com* [online]. Lindab 2020 [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/se/pro/cases/pages/sveriges-miljovanligaste-forskola.aspx?refpageid=d34c23e4-56c6-49c5-bc55-f7bc8a16fee5>

- [24] ZMRHAL, V., & Št'ávoová, P. (2011). Bilance vlhkosti v obytném prostředí. *Vytápění, větrání, instalace*, 104-106
- [25] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů (vyhláška č. 343/2009 Sb.).
- [26] Vyhláška č 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.
- [27] Nařízení vlády č. 93/2012 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění nařízení vlády č. 68/2010 Sb.