

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

**KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**



**Návrh systému větrání školní budovy**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vypracovala:**

**Bc. Jitka Donátová**

**Vedoucí práce:**

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

**2022-2023**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Donátová</u>	Jméno: <u>Jitka</u>	Osobní číslo: <u>477092</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Budovy a prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Návrh systému větrání školní budovy</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Design of the ventilation system of the school building</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt větrání zadané budovy Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, základní bilanční výpočty. Výkresová část - půdorysy, řezy, nezbytné detaily, funkční schéma.	
Studie na téma: <u>Řešení větrání školních budov</u>	
Seznam doporučené literatury: Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5. Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007. Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>22.9.2022</u>	Termín odevzdání DP v IS KOS: <u>9.1.2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____	_____
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
_____	_____
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně za pomoci odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne .....

.....

Bc. Jitka Donátová

## Poděkování

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a vstřícné jednání při konzultacích, které mi pomohly při zpracování diplomové práce.

Také děkuji svým rodičům za podporu a za vytvoření podmínek pro studium na vysoké škole.



# Abstrakt

Tématem této diplomové práce je návrh systému větrání školní budovy. Diplomová práce se skládá ze dvou částí. V první části je zpracován projekt větrání zadaného objektu, který má dvě části, textovou a výkresovou. Textová část obsahuje technickou zprávu, výpočet množství vzduchu, návrh dimenze rozvodů a základní bilanční výpočty. Ve výkresové části jsou zpracovány půdorysy, schématické řezy a ukázky vizualizace. Druhá část diplomové práce je studie na téma řešení větrání školních budov.

## Klíčová slova

vzduch, větrání, školní budovy, množství vzduchu, rozvody vzduchu, větrací systémy, kvalita vzduchu, studenti

# Abstract

The topic of this master's thesis is the design of the ventilation system of the school building. The master thesis consists of two parts. In the first part, the ventilation project of the specified object is processed, which has two parts, text and drawing. The text part contains a technical report, calculation of the amount of air, design of the distribution dimension and basic balance calculations. In the drawing part, floor plans, schematic sections and visualization are processed. The second part of the master's thesis is a study on the topic of solutions for ventilation of school building.

## Key words

air, ventilation, school building, amount of air, air distribution, ventilation systems, air quality, students

# Obsah studie

1	Úvod.....	8
2	Požadavky pro větrání školních budov .....	9
3	Problematika větrání školních budov .....	11
4	Základní rozdělení větracích systémů školních budov .....	12
4.1	Přirozené větrání.....	12
4.2	Nucené podtlakové větrání.....	12
4.3	Nucené rovnotlaké větrání.....	13
4.4	Hybridní větrání.....	13
5	Větrací systémy ve školních budovách .....	14
5.1	Infiltrace .....	14
5.2	Provětrávání ručně otevíratelnými okny .....	14
5.3	Provětrávání mechanicky otevíratelnými okny .....	15
5.4	Odsávání lokálním ventilátorem .....	15
5.5	Lokální parapetní větrací jednotka v obvodovém plášti.....	16
5.6	Lokální potrubní podstropní větrací jednotka .....	17
5.7	Lokální větrací jednotka umístěná v učebně .....	17
5.8	Lokální větrací jednotka umístěná vně učebně .....	18
5.9	Centrální větrací jednotka pro více místností .....	18
5.10	Kombinace přirozeného a nuceného větrání v učebně .....	19
5.11	Zhodnocení systémů.....	19
6	Školní budovy v České republice.....	20
6.1	Základní škola v Jesenici .....	20
6.2	Škola Českobrodská.....	22
7	Školní budovy v Evropě.....	24

7.1	Mateřská škola Solhuset – Horsholm, Dánsko.....	24
7.2	La Copenhagen International School – Kodaň, Dánsko .....	26
7.3	The Louise Otto-Peters school – Hockenheim, Německo.....	28
7.4	Mateřská škola Neubau – Munichsthal, Rakousko .....	29
8	Školní budovy mimo Evropu .....	30
8.1	Wilde Lake Middle School – Kolumbie, Maryland, USA.....	30
8.2	Vnitřní sportoviště No.3 Middle School, Yueyang, Čína .....	32
9	Závěry.....	36
10	Bibliografie .....	37
11	Seznam obrázků .....	41

# 1 Úvod

Součástí mé diplomové práce je studie na téma řešení větrání školních budov. V této studii se nejprve zabývám legislativou a řeším požadavky větrání školních budov. Dále jsem zpracovala kapitolu o problematice větrání ve školních budovách a důvody, proč je potřebné školy dostatečně větrat. V další kapitole jsem stručně shrnula rozdělení větrání na přirozené, nucené a hybridní. Následně jsem popsala deset způsobů řešení větrání ve školních budovách a zhodnotila jejich výhody a nevýhody a na co je třeba brát ohled při návrhu. Ve druhé části mé studie jsem popsala zajímavé projekty novostaveb z nedávné doby, a to v České republice, v Evropě a mimo Evropu. Jedná se většinou o ukázkové inspirativní budovy z vyspělých států či lokalit s nízkou spotřebou energie.

## 2 Požadavky pro větrání školních budov

Požadavky pro větrání školních budov se řídí vyhláškou č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Aktuální znění je ze dne 11. 10. 2022 (verze 4). Některé parametry byly upřesněny metodickým pokynem pro návrh větrání škol pro SC 5.1 vydaným ministerstvem pro životní prostředí.

Požadavky na množství přiváděného vzduchu jsou shrnuty v Tabulce č. 1 ve vyhlášce č. 410/2005 Sb.:

Typ prostoru	Přiváděný venkovní vzduch [m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ]	Odváděný vzduch [m <sup>3</sup> .hod <sup>-1</sup> ]
Učebny	20 na 1 dítě/žáka	
Tělocvičny	20 na 1 dítě/žáka	
Šatny		20 na 1 dítě/žáka
Umývárny		30 na 1 umyvadlo
Sprchy		150-200 na 1 sprchu
Záchody		50 na 1 kabinu, 25 na 1 pisoár

*Obrázek 1: Množství přiváděného venkovního vzduchu v učebnách a tělocvičnách a množství odváděného vzduchu v šatnách a hygienických zařízeních v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání (1).*

S ohledem na hospodárnost dále metodický pokyn pro návrh větrání škol upravuje minimální množství přiváděného vzduchu v Tab. 2.1, kde je množství venkovního vzduchu rozděleno dle věku žáků:

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

*Obrázek 2: Minimální množství venkovního vzduchu (2)*

Podle metodického pokynu je upraven také výpočet množství větracího vzduchu pro tělocvičny. Pro cvičícího žáka je potřeba přivést 90 m<sup>3</sup>/h na osobu a pro necvičícího žáka 20 m<sup>3</sup>/h na osobu.

Požadavky na teploty, rychlost proudění a relativní vlhkost jsou shrnuty v Tabulce č. 2 ve vyhlášce č. 410/2005 Sb.:

Typ prostoru	Teploty		Rychlost proudění va [m.s-1]	Relativní vlhkost rh [%]
	tg min [°C]	tg max [°C]		
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	17	28		
Šatny	18	28		
Sprchy	21	-		
Záchody	17	-		
Chodby	17	-		

Obrázek 3: Tabulka č. 2: Hodnoty teplot, rychlosti proudění a relativní vlhkosti vzduchu (1)

Podle vyhlášky č. 268/2009 (verze 5) nesmí koncentrace oxidu uhličitého překročit hodnotu 1500 ppm. Toto kritérium musíme zajistit i ve školních učebnách. Vliv koncentrace oxidu uhličitého ukazuje Tab. 1.1 metodického pokynu:

Koncentrace CO <sub>2</sub>	Místo výskytu CO <sub>2</sub> , vliv na člověka
400 - 700 ppm	koncentrace ve venkovním ovzduší
800 až 1 200 ppm	vyhovující koncentrace CO <sub>2</sub> v obytných prostorách
1 500 ppm	maximální přípustná koncentrace CO <sub>2</sub> v obytných prostorách
> 1 500 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování pozornosti člověka
> 2500 ppm	ospalost, letargie, bolesti hlavy
> 5 000 ppm	nedoporučuje se delší pobyt

Obrázek 4: Vliv koncentrace oxidu uhličitého na člověka (3)

Pro vyučující je učebna trvalé pracoviště, a proto zde se navrhuje množství větracího vzduchu z nařízení vlády č. 93/2012 Sb. a tedy minimálně 25 m<sup>3</sup>/h na osobu.

- a) 25 m<sup>3</sup>/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1 na pracovišti bez přítomnosti chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- b) 50 m<sup>3</sup>/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do třídy I nebo IIa podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1 na pracovišti s přítomností chemických látek, prachů nebo jiných zdrojů znečištění,
- c) 70 m<sup>3</sup>/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IIb, IIIa nebo IIIb podle přílohy č. 1 k tomuto nařízení, části A, tabulky č. 1,
- d) 90 m<sup>3</sup>/h na jednoho zaměstnance vykonávajícího práci zařazenou do tříd IVa, IVb nebo V podle přílohy č. 1, části A, tabulky č. 1.

Obrázek 5: nařízení vlády č. 93/2012, množství přiváděného vzduchu pro zaměstnance (4)

Specializované učebny jako jsou dílny a laboratoře se větrají v závislosti na produkci škodlivin. Kabinety a sborovny nejsou trvalým pracovištěm a připouští se je větrat přirozené větrné okny (provětrávání).

### 3 Problematika větrání školních budov

Studenti tráví ve školách spoustu času, a proto se musí zajistit, aby v učebnách bylo kvalitní vnitřní prostředí. Dobrá kvalita vnitřního vzduchu je velmi důležitá, protože ovlivňuje zdraví, výkonost, postřeh a schopnost se koncentrovat u žáků i učitelů. Studenti ve školách nemají ještě plně vyvinutý imunitní systém a jsou náchylní k různým onemocněním. Studie potvrzují, že je souvislost s kvalitou vnitřního prostředí ve školních budovách a nárůstem dlouhodobých imunitních onemocnění a alergií. U studentů, kteří tráví čas ve špatně větraných třídách tak jsou časté onemocnění horních cest dýchacích, ale také se občas vyskytují závažnější onemocnění jako chřipky, dětská exantémová onemocnění nebo i meningokokové infekce, což způsobuje častou absenci ve výuce. (5) (6)

Ve třídách je přibližně čtyři krát více osob na metr čtvereční než v jiných kancelářských budovách. Vzniká zde tedy velká produkce oxidu uhličitého od osob, což způsobuje ospalost a nepozornost studentů. Větrání pouze otevřenými okny není ideální, protože se učitelé i studenti adaptují na horší kvalitu vzduchu a okna potom neotevírají a dle studií dosahují školní učebny běžně hodnot 2000 ppm. Celkový stav vnitřního prostředí ve školních budovách je na špatné úrovni, většina kancelářských i obytných budovách mají systémy větrání řešeny daleko lépe. (5) (6)

Ve třídách bývá také velké množství VOC, tedy těkavých organických látek, a to z nábytku, koberců, lepidel a různých čisticích prostředků, které se ve školách používají. To se projevuje alergickými reakcemi studentů a problémy mohou být dlouhodobé. Dalším rizikem je to, že v nedostatečně větrané třídě bývá vyšší relativní vlhkost vzduchu a je tedy riziko kondenzace vodní páry a vznik plísní, které jsou také silnými alergeny. (6)

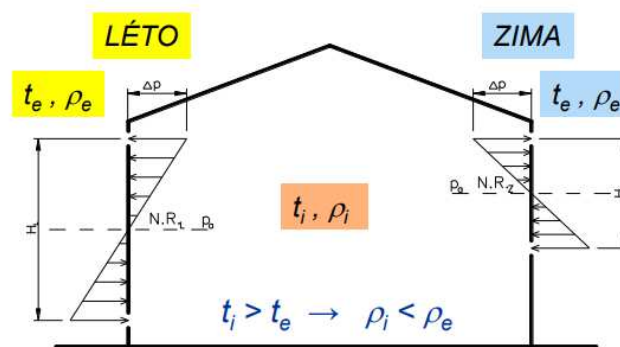
V posledních letech se mírně zlepšuje kvalita vnitřního vzduchu ve školních budovách, protože v České republice i v mnoha dalších zemích je tato problematika podporována státem různými dotačními programy a granty. (7)

## 4 Základní rozdělení větracích systémů školních budov

Větrací systémy se dělí na přirozené, nucené a hybridní.

### 4.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání závisí na přirozených zdrojích pohybu vzduchu. Funguje na principu účinku vzlaku, který je dán rozdílem měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě. Rozdíl v teplotě může být dán i osluněnou a neosluněnou stranou fasády. Tento princip bývá často podpořený účinkem větru, kdy vzduch budovou proudí od návětrné k závětrné straně. (8)

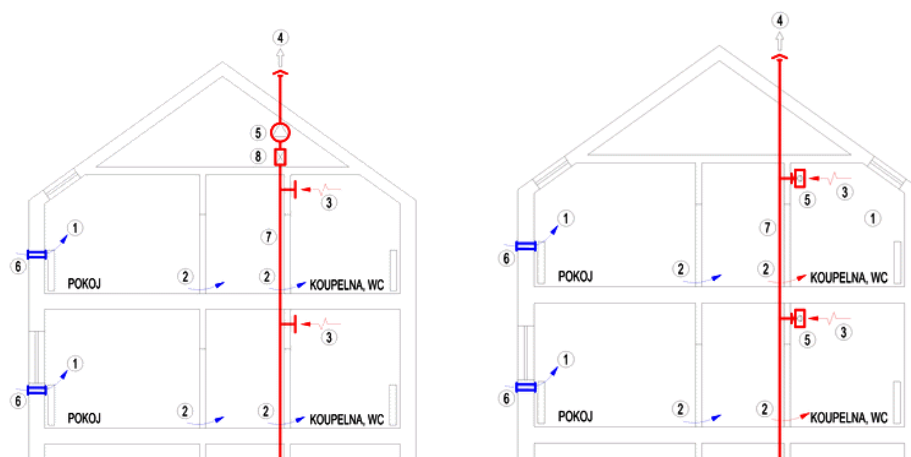


Obrázek 6: Schéma přirozeného větrání (8)

### 4.2 Nucené podtlakové větrání

V případě nuceného větrání zajišťujeme přívod větracími otvory, které jsou integrovány v obálce budovy. Odvod vzduchu je nuceně podtlakově pomocí ventilátoru navrženým pro potřebný průtok vzduchu. Ventilátor zajišťuje dopravu vzduchu potrubím a svým dopravním tlakem překonává tlakové ztráty v potrubí. Ventilátor může být centrální pro celý objekt či část objektu nebo lokální pro jednotlivé místnosti. (9)

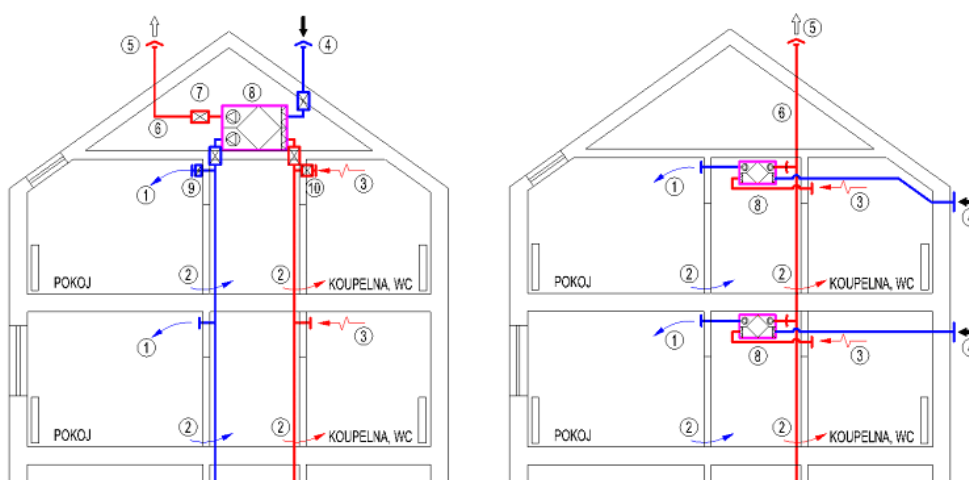




Obrázek 7: Podtlakové nucené větrání, vlevo - centrální systém, vpravo lokální systém (10)

### 4.3 Nucené rovnotlaké větrání

Nucené rovnotlaké větrání zajišťuje nucený odvod i přívod vzduchu ventilátorem. Větrací jednotka je vybavena ventilátorem, filtrací vzduchu a výměníkem zpětného získávání tepla. Může být opatřena i o ohřev, chlazení či vlhčení. Větrací jednotka může být centrální pro celý objekt či část objektu nebo lokální pro jednotlivé místnosti.



Obrázek 8: Nucené rovnotlaké větrání, vlevo - centrální systém, vpravo lokální systém (10)

### 4.4 Hybridní větrání

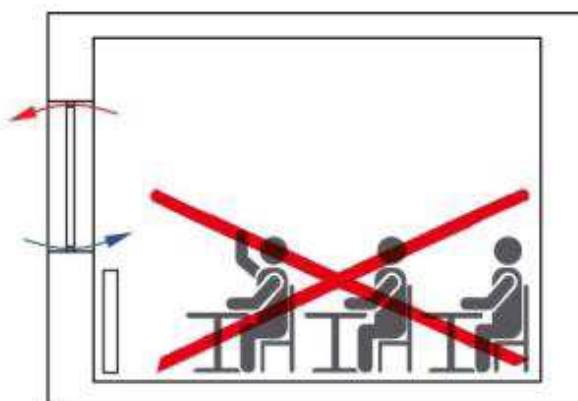
Hybridní větrání kombinuje prvky přirozeného a nuceného větrání s důrazem na maximální úsporu energie. Využívá se přirozené větrání a když účinek přirozeného větrání už nedokáže zajistit dostatečnou kvalitu vnitřního prostředí, tak tak jej nahrazuje či doplňuje nucené větrání.

## 5 Větrací systémy ve školních budovách

Ve školách rozlišujeme 10 základních větracích systémů podle Metodického pokynu pro návrh větrání škol. (2)

### 5.1 Infiltrace

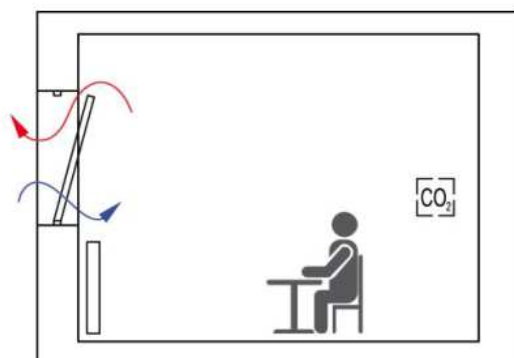
Jedná se o přirozené větrání. Při infiltraci se vzduch do místnosti přivádí pouze pomocí netěsností oken. Tento způsob větrání se využíval spíše historicky, nová okna mají minimální průtočný průřez spárami. Tepelná ztráta větráním musí být v plné výši hrazena otopnou soustavou. Podle metodického pokynu ministerstva pro životní prostředí se větrat infiltrací nedoporučuje, protože nesplní požadavky na větrání.



Obrázek 9: Infiltrace (2)

### 5.2 Provětrávání ručně otevíratelnými okny

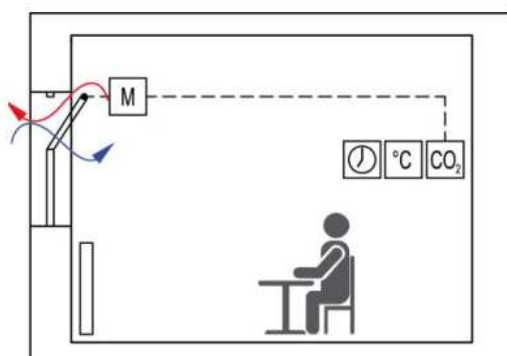
Jedná se o přirozené větrání. Výměnu vzduchu zajišťuje rozdíl teplot interiérového a exteriérového vzduchu a působení větru. Systém je plně závislý na lidském faktoru a nelze zajistit rovnoměrné provětrávání prostoru. Teplota přívodního vzduchu je stejná jako teplota exteriéru, proto v chladných měsících může být diskomfort v blízkosti oken. Je třeba brát zřetel na bezpečnost žáků a na polohu školní budovy, aby nedocházelo k vniknutí škodlivých látek do školní učebny. Stejně jako u infiltrace tepelná ztráta větráním musí být v plné výši hrazena otopnou soustavou. Podle metodického pokynu ministerstva pro životní prostředí se toto větrání doporučuje spíše pro kabinety nebo pro učebny s malým počtem žáků.



Obrázek 10: Provětrávání otevíratelnými okny (2)

### 5.3 Provětrávání mechanicky otevíratelnými okny

Jedná se o přirozené větrání. Tento větrací systém je obdobný jako ten předchozí. Rozdíl je v tom, že okna jsou mechanicky ovládané na servopohonem automaticky dle čidla oxidu uhličitého a čidla teploty a není tak plná závislost na lidském faktoru. Je ale potřeba elektrická energie pro tento elektrický pohon. Podle metodického pokynu ministerstva pro životní prostředí se toto větrání také doporučuje spíše pro kabinety nebo pro učebny s malým počtem žáků.

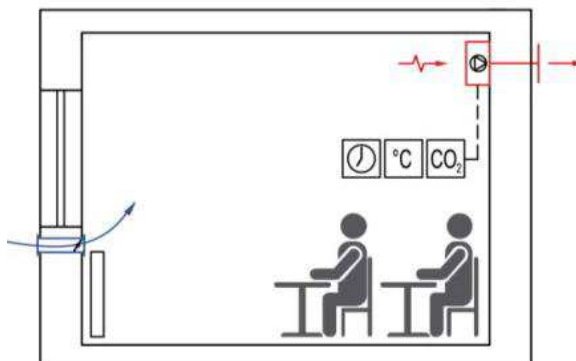


Obrázek 11 Provětrávání mechanicky otevíravými okny (2)

### 5.4 Odsávání lokálním ventilátorem

Jedná se o nucené podtlakové větrání. Čerstvý vzduch se přivádí okenními a parapetními štěrbinami a odvádí se obvodovou stěnou nebo případně šachtou. Čerstvý vzduch není nijak tepelně upravován, a proto může být diskomfort v blízkosti okenních štěrbin. Tepelná ztráta větráním musí být v plné výši hrazena otopnou soustavou a zároveň potřebujeme elektrický pohon pro ventilátor. Regulace je dle čidla oxidu uhličitého a čidla teploty. Bohužel se neeliminuje riziko znečištění vzduchu z venkovního

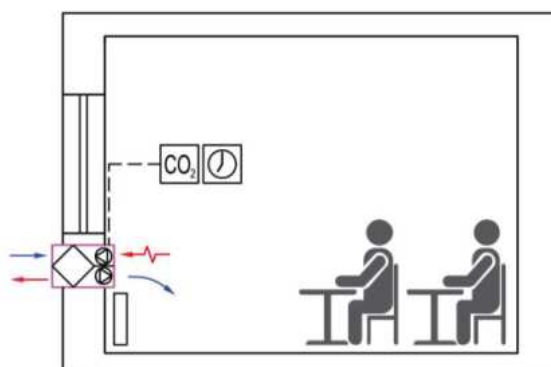
prostředí. Podle metodického pokynu ministerstva pro životní prostředí se toto větrání nedoporučuje s ohledem na vysokou energetickou náročnost budovy.



Obrázek 12: Odsávání podtlakovým ventilátorem (2)

## 5.5 Lokální parapetní větrací jednotka v obvodovém plášti

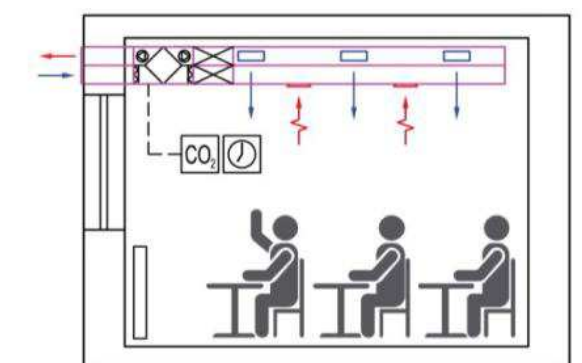
Jedná se o nucené rovnotlaké větrání. Čerstvý i odpadní vzduch prochází skrz větrací jednotku se zpětným získáváním tepla umístěnou v parapetu. Většinou je potřeba větší množství větracích jednotek, nelze tak dosáhnout rovnoměrného provětrání celé místnosti a kondenzát nelze jednoduše odvést, stéká po fasádě objektu. Musí se splnit akustické požadavky místnosti, jednotka vytváří hluk. Část tepelné ztráty je hrazena pomocí výměníku pro zpětné získávání tepla, část tepelné ztráty musí být hrazena otopnou soustavou a zároveň potřebujeme elektrický pohon pro fungování jednotky. Regulace je dle čidla oxidu uhličitého a čidla teploty. Podle metodického pokynu ministerstva pro životní prostředí se toto větrání nedoporučuje, připouští se použití pro učebny s malým počtem žáků a tam, kde není riziko znečištění venkovního vzduchu.



Obrázek 13: Lokální větrací jednotka v obvodovém plášti (2)

## 5.6 Lokální potrubní podstropní větrací jednotka

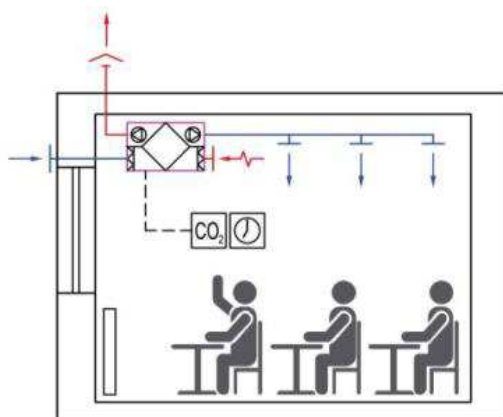
Jedná se o nucené rovnotlaké větrání. Přívod čerstvého i odsávání odpadního vzduchu zajišťuje větrací jednotka se zpětným získáváním tepla doplněna i o filtraci a tlumiče hluku, aby se eliminoval hluk v místnosti. Lze tak dosáhnout rovnoměrného provětrání celé místnosti, protože se vzduch do místnosti přivádí i odvádí distribučními elementy umístěnými pod stropem. Část tepelné ztráty je hrazena pomocí výměníku pro zpětné získávání tepla, část tepelné ztráty musí být hrazena otopnou soustavou a zároveň potřebujeme elektrický pohon pro fungování jednotky. Regulace je dle čidla oxidu uhličitého a čidla teploty.



Obrázek 14: Lokální potrubní podstropní větrací jednotka (2)

## 5.7 Lokální větrací jednotka umístěná v učebně

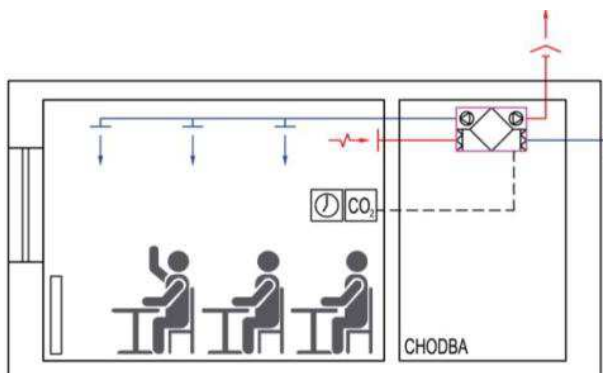
Jedná se o nucené rovnotlaké větrání. Tento větrací systém je obdobný jako ten předchozí s rozdílem, že větrací jednotka může být opatřena ohřívačem a je viditelně pod stropem. Nejsou zde tlumiče hluku. Odpadní vzduch je odsáván přímo do větrací jednotky v jednom místě.



Obrázek 15 Lokální větrací jednotka umístěná v učebně (2)

## 5.8 Lokální větrací jednotka umístěná vně učebně

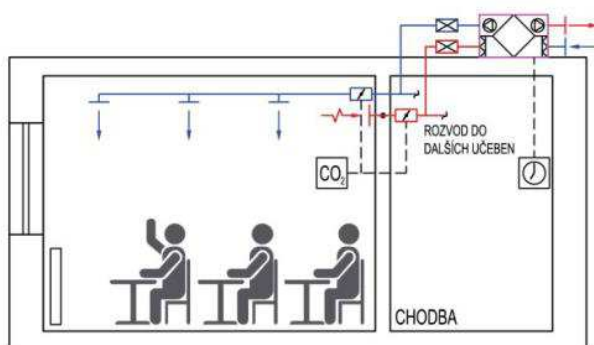
Jedná se o nucené rovnotlaké větrání. Tento větrací systém je obdobný jako ten předchozí s rozdílem, že větrací jednotka je umístěna na chodbě před učebnou a tím pádem se eliminuje hluk v místnosti.



Obrázek 16: Lokální větrací jednotka umístěna vně učebny (2)

## 5.9 Centrální větrací jednotka pro více místností

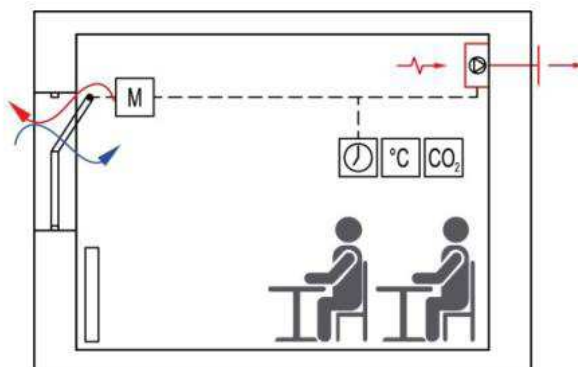
Jedná se o nucené rovnotlaké větrání. Čerstvý i odpadní vzduch prochází skrz centrální větrací jednotku umístěnou v technické místnosti nebo na střeše objektu. Větrací jednotka je opatřena výměníkem pro zpětné získávání tepla, filtrací, případně ohřivačem či chladičem. Je třeba navrhnut regulátory průtoku do jednotlivých místností. Zajistíme rovnoměrné provětrání celé místnosti. Je třeba zde vyřešit akustické poměry, protože v potrubí se přenáší hluk, nejčastější řešení je pomocí tlumičů hluku. Část tepelné ztráty je hrazena pomocí výměníku pro zpětné získávání tepla, část tepelné ztráty musí být hrazena otopnou soustavou a zároveň potřebujeme elektrický pohon pro fungování jednotky. Regulace je dle čidla oxidu uhličitého a čidla teploty.



Obrázek 17: Centrální větrací jednotka pro více místností (2)

## 5.10 Kombinace přirozeného a nuceného větrání v učebně

Jedná se o hybridní větrání. Nejčastěji se využívá kombinace přirozeného větrání s automaticky otevíravými okny a v případě nedostatečné kvality vnitřního prostředí se uvádí do provozu systém nuceného větrání.



Obrázek 18: Kombinace přirozeného a nuceného větrání pro jednu učebnu (2)

## 5.11 Zhodnocení systémů

Využití některého z větracího systému využívající přirozené větrání není adekvátní ve školních budovách, protože zde je větší počet osob a nelze tak docílit kvalitního vnitřního prostředí v místnosti. Vzduch nemůžeme filtrovat a do učebny se nám dostávají škodlivé látky a zároveň je vzduch přiváděný do místnosti chladný a může způsobit tepelná diskomfort.

Mnohem lepším způsobem je nucené rovnotlaké větrání, kdy se do třídy podle potřeby přivede filtrovaný ohřátý vzduch a splní se tak požadované parametry vzduchu v učebnách. Je potřeba ale mít prostor pro umístění vzduchotechnické jednotky. Pokud se jedná o centrální systémy, tak je potřeba mít rovnou střechu nebo dostatečně velkou technickou místnost. Při lokálních systémech zase možnost prostupu skrz fasádu z jednotlivých tříd. Také se musí dobře vyřešit akustické poměry a mít dostatek financí na zavedení celého systému včetně osazení případných podhledů, tlumičů hluku a distribučních elementů.

S ohledem na udržitelnost je také možnost zvolit hybridní větrání, tedy kombinaci výše uvedených systémů. Jedná se o ekonomičtější a ekologičtější řešení, ale dispozičně musí být škola vhodně navržena, aby systém mohl správně fungovat. Proto se hybridní větrání využívá více u novostaveb než u rekonstrukcí.



## 6 Školní budovy v České republice

### 6.1 Základní škola v Jesenici

Protože v okolí Prahy v posledních letech stoupá počet obyvatel, musela být v Jesenici postavena nová základní škola pro 540 žáků. V areálu je také jídelna a dvě tělocvičny. Tělocvičny budou využívány i veřejnost pro mimoškolní aktivity. (11) (12)



Obrázek 19: Základní škola v Jesenici (11)

Škola je navržena v pasivním standartu a je tedy klasifikována v energetické třídě A. V objektu je navrženo řízené rovnotlaké větrání s rekuperací tepla a jsou zde v navrženy zelené stěny v interiéru. V jídelně, v atriu a na některých chodbách je vzduchotechnické potrubí zavěšeno přímo pod stropem a nejsou zde podhledy, často jsou pak jako koncové prvky navrženy přímo vyústky na potrubí. Na některých chodbách vedoucích přímo ke třídám je navržen kazetový podhled a jako koncové prvky jsou navrženy anemostaty. V tělocvičnách jsou pro rovnoměrný přívod vzduchu navrženy textilní vyústky kruhového tvaru s vnitřními obručemi. (12)

Pro vytápění se využívá kaskáda tepelných čerpadel vzduch/voda a doplňkově i soustava plynových kondenzačních kotlů. Střechy jsou řešeny jako zelené, bezúdržbové a dešťová voda je shromažďována a využívána pro závlahu pozemku. (12)





*Obrázek 20: Tělocvična školy v Jesenice (12)*



*Obrázek 21: Jídelna školy v Jesenici (12)*



Obrázek 22: Chodba školy v Jesenici (12)

## 6.2 Škola Českobrodská

Střední odborná škola v Českobrodské ulici je první energeticky a uhlíkově pozitivní budova v České republice, získala také zlatý certifikát v SBToolCZ. Pro stavbu byly využity z části dotační programy EU. Součástí školy je tělocvična, posilovna a jídelna.  
(13) (14) (15)



Obrázek 23: Střední odborná škola v Českobrodské ulici (13)



V budově je navrženo řízené větrání s regeneračními a rekuperačními výměníky tepla. Hygienické zázemí je větráno podtlakově. Ve třídách jsou čidla teploty, vlhkosti, oxidu uhličitého a těkavých látek, vnitřní prostředí je upravováno v závislosti na těchto parametrech a na školním rozvrhu. Půl hodiny před začátkem výuky se tak upraví parametry vnitřního prostředí, aby třída byla připravena pro studenty. Ve třídách jsou v celé ploše kazetové podhledy a přívod i odvod vzduchu je řešen pomocí anemostatů, pro úpravu teploty jsou navrženy fan coils. Při otevření oken se veškeré větrání, chlazení a vytápění vypne. V ostatních prostorech školy jsou také radiátory. Na chodbách jsou všude kazetové podhledy a pro výměnu vzduchu jsou navrženy anemostaty. (13) (14) (15)

Pro vytápění, chlazení a přípravu teplé vody jsou navržena dvě tepelná čerpadla země-voda o výkonu 55,83 kW. Tepelná čerpadla mají COP 4,81 (B0/W35), jedná se o 16 vrtů s hloubkou 112 metrů. Doplnkový zdroj je elektrokotel. Chlazení se ze 70 % zajišťuje pasivně. Některé střechy jsou řešeny jako zelené, shromažďovaná dešťová voda se využívá pro závlahu pozemku a šedá voda pro splachování WC. Ostatní části střechy jsou pokryty fotovoltaickými panely o celkovém výkonu 147 kWp. (14)



Obrázek 24: Chodba školy v Českobrodské ulici (14)



Obrázek 25: Tělocvična a posilovna školy v Českobrodské ulici (14)

## 7 Školní budovy v Evropě

### 7.1 Mateřská škola Solhuset – Horsholm, Dánsko

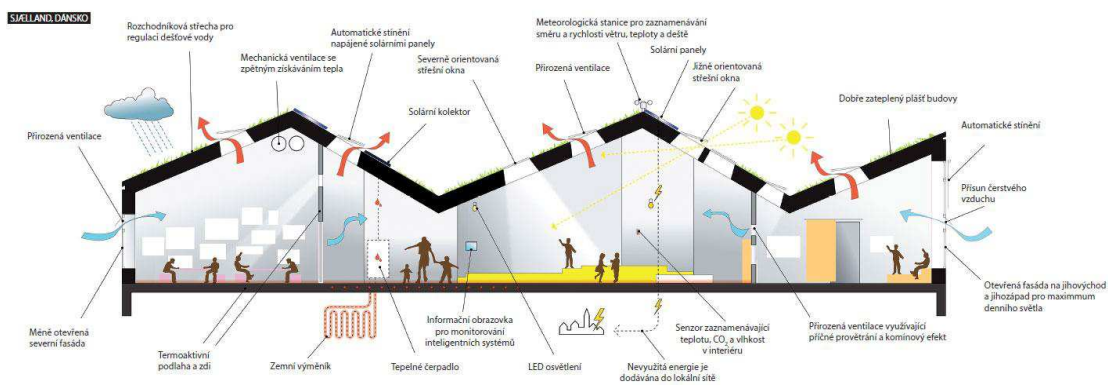
Mateřská škola Solhuset je energeticky a uhlíkově pozitivní budova. Je navržena pro 100 dětí a byla otevřena již v roce 2011. Budova je postavena podle zásad Aktivního domu což znamená, že je hodnocena podle tří kritérií. Jedná se o prostředí (místní kontext, vědomé využívání zdrojů a celkový dopad na životní prostředí), vnitřní klima (tepelná pohoda, přísun denního osvětlení a kvalita čerstvého vzduchu) a energie (kladen důraz na ekologii). Budova má tvar trojúhelníku. (16)



Obrázek 26: Mateřská škola Solhuset (16)

Při návrhu se kladl velký důraz na dostatečnou výměnu vzduchu a dostatečné denní osvětlení. Je zde využito hybridní větrání, kombinuje se přirozené a nucené větrání. Střešní okna jsou nastavena tak, aby se automaticky otevírala a zavírala podle potřeby. V pokojích jsou teplotní čidla a čidla oxidu uhličitého. Na střeše je dokonce meteorologická stanice. (16) (17) (18) (19)

Budova mateřské školy má šikmou střechu pokrytou zelení. Vytápění a ohřev vody zajišťuje kombinovaný sluneční a geotermální systém. Na střeše objektu jsou jednak solární kolektory a jednak fotovoltaické panely. Roční energetický přebytek by měl být přibližně 8kWh/m<sup>2</sup>. (16) (17) (18) (19)



Obrázek 27: Schéma větrání a vytápění Solhuset (16)





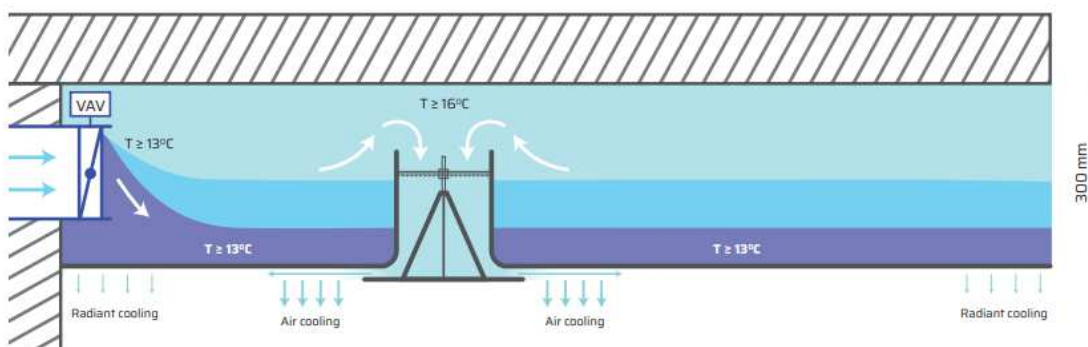
Obrázek 28: Interiér mateřské školy Solhuset (16)

## 7.2 La Copenhagen International School – Kodaň, Dánsko

Copenhagen International School se nachází v blízkosti centra města Kodaň. Zajímavostí je, že ve škole je instalován tzv. Smart ceiling climate system. Jedná se o systém ventilačních stropů, které umí zredukovat konstrukční výšku objektu. Pro budovu bylo užito přibližně 19 000 m<sup>2</sup> tohoto stropního systému. Pro instalaci stropního systému, kterým můžeme vytápět, větrat i chladit je potřeba pouze 300 mm výšky. Řídí se čidlem teploty a čidlem CO<sub>2</sub>. Decentralizovaný ventilační systém dokáže zařídit, že v místnostech je během roku 20-26 stupňů celsia. Je navržený podle normy DS/EN 15251 kategorie II. Vytápění a chlazení je řešeno dálkovým systémem. (20) (21) (22) (23)



Obrázek 29: Budova školy Copenhagen (20)



Obrázek 30: Smart ceiling systém (23)

Další zajímavostí na škole je to, že celá fasáda je pokryta solárními panely, které byly vyvíjeny 12 let, protože jsou speciálně barevně upravené, aby dosáhly největší efektivity. Dosahují výkonu 720 kWp. Objekt je napojen na dálkové vytápění. (21)



### 7.3 The Louise Otto-Peters school – Hockenheim, Německo

Energeticky pozitivní budova školy The Louise Otto-Peters school je postavena v Německu. Systém větrání je zde řešen centrální vzduchotechnickou jednotkou s přehřevem pomocí topné spirály. Vzduch je do učeben distribuován dvou kanálovým systémem. Přibližně 10 % potřeby tepla je dodáno pomocí radiátorů. Ve třídách jsou navrženy snížené podhledy, kde se lokálně reguluje teplota a množství čerstvého vzduchu. V letních měsících se využívá pasivní chlazení. Míra rekuperace dosahuje 80 %. Lze také větrat přirozeně okny. (24)

Na střeše jsou solární kolektory v ploše 40 m<sup>2</sup> a fotovoltaické panely o výkonu 206,4 kWp. (24)



Obrázek 31: The Luise Otto-Peters school (24)





Obrázek 32: Interiér školní třídy The Luise Otto-Peters school (24)

## 7.4 Mateřská škola Neubau – Munichsthal, Rakousko

Nízkoenergetická dřevostavba mateřské školy nedaleko Vídně je vybavena systémem řízeného větrání s vysokým stupněm rekuperace. V objektu se využívá přirozené noční větrání automaticky otevíravými okny, které v létě zabraňují přehřívání budovy. Větrání je řízeno koncentrací CO<sub>2</sub> a množství čerstvého vzduchu je regulován pomocí regulátorů průtoku. (25) (26)



Obrázek 33: Mateřská škola Munichsthal (25)

## 8 Školní budovy mimo Evropu

### 8.1 Wilde Lake Middle School – Kolumbie, Maryland, USA

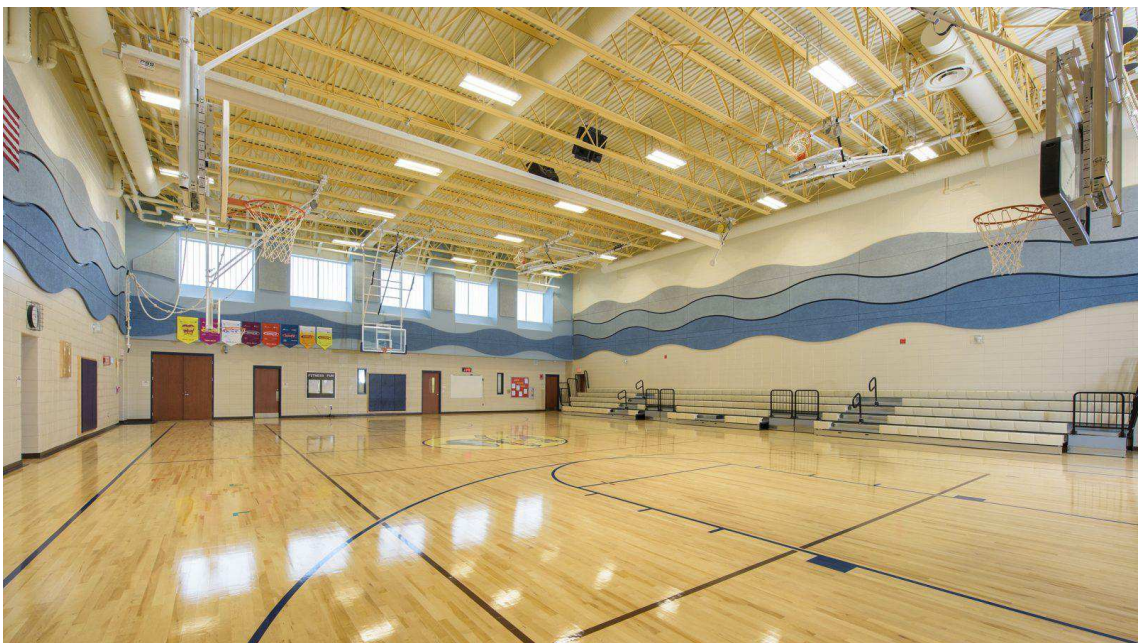
Novostavba školní budovy Wilde Lake Middle School byla postavena v roce 2017 jako nulová budova. Za rok tedy vygeneruje tolik energie, kolik spotřebuje pro svůj provoz. Dostala platinové ocenění v hodnocení LEED certifikace. Také získala první místo v soutěži ASHRAE Technology Awards 2019 v kategorii Nová vzdělávací zařízení. (27) (28)

Větrání je zajištěno soustavou venkovních větracích jednotek, které jsou propojeny tak, aby fungovaly jako jeden celek. Pro potřeby vytápění a chlazení se využívá geotermální a solární energie. (27) (27)





*Obrázek 34: Wilde Lake Middle School (28)*



*Obrázek 35: Tělocvična ve škole Wilde Lake Middle School (28)*



*Obrázek 36: Chodba školy Wilde Lake Middle School (28)*

## 8.2 Vnitřní sportoviště No.3 Middle School, Yueyang, Čína

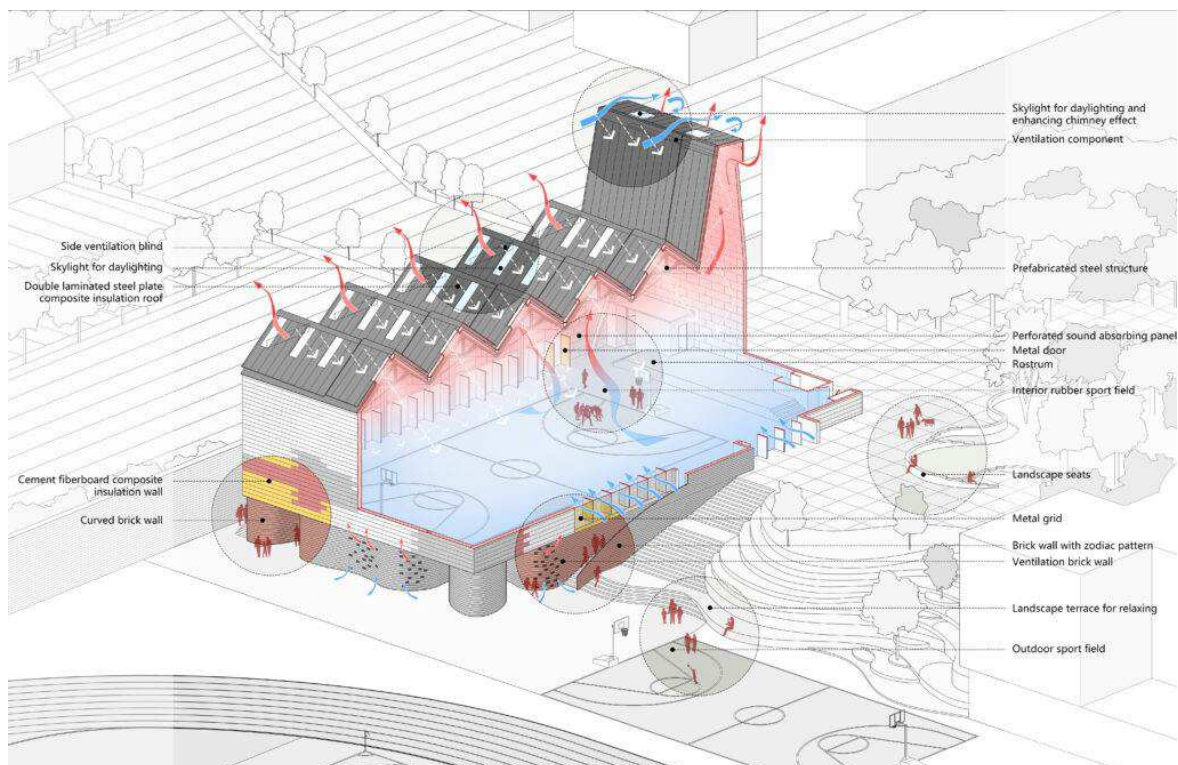
V Číně v provincii Hunan vznikla k 60. výročí No. 3 Middle school v Yueyangu v jihozápadním rohu kampusu stavba, která bude sloužit jako vnitřní sportoviště a zároveň přednášková hala. Nově postavené kryté sportoviště se rozprostírá podél čtyř metrového výškového rozdílu mezi hlavní výukovou oblastí a stávajícím venkovním hřištěm. Projekt bere v úvahu místní klimatické podmínky, v oblasti Yueyang je v létě teplé počasí, v zimě chladné počasí a po celý rok je deštivo. (29) (30) (31)





*Obrázek 37: Budova vnitřního sportoviště v Yueyang (29)*

Sportoviště je postaveno energeticky úsporně, v maximální možné míře se využívá přirozené větrání. Ve spodní části jižní a severní fasády je řada dveří s mechanickým ovládáním, které mohou posílit přirozené větrání, snížit vlhkost a zlepšit tepelný komfort. Dále jsou využity větrací otvory ve stěně z červených cihel ve spodní části objektu. Dále větrací mříže a větrací žaluzie v horná části budovy. Tím, že je budova postavena v blízkosti další školní budovy, tak se v létě vzduch vstupující do sportovní haly přirozeně ochlazuje o stín sousední budovy. (29) (30) (31)

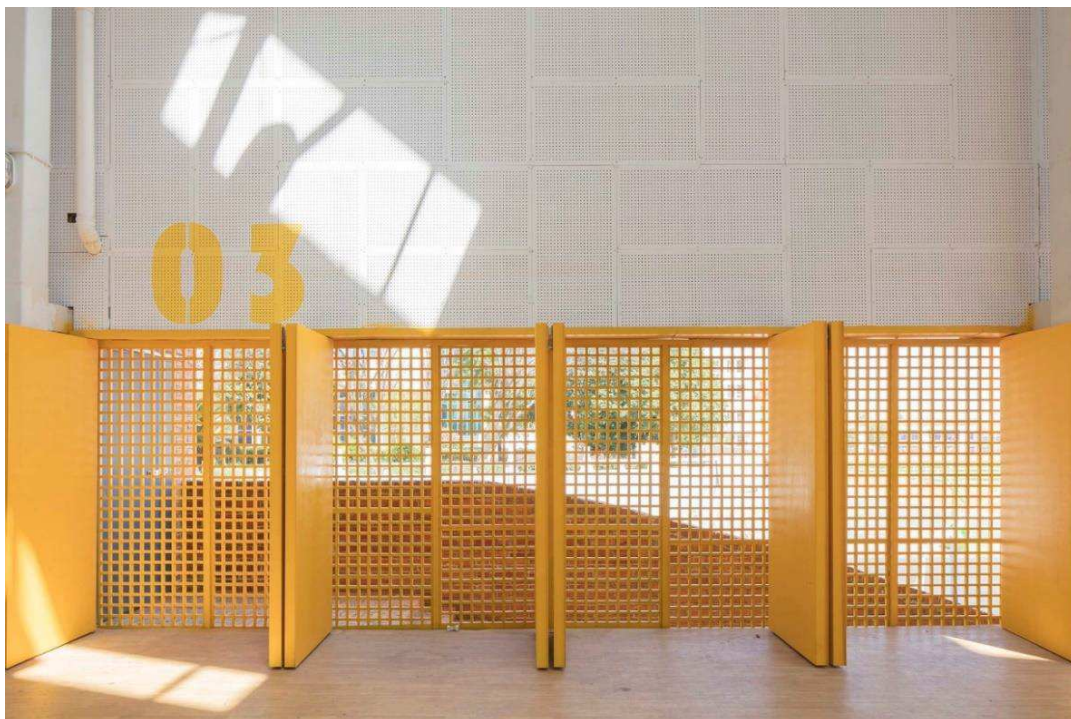


Obrázek 2: Koncept větrání v Yueyangu (29)

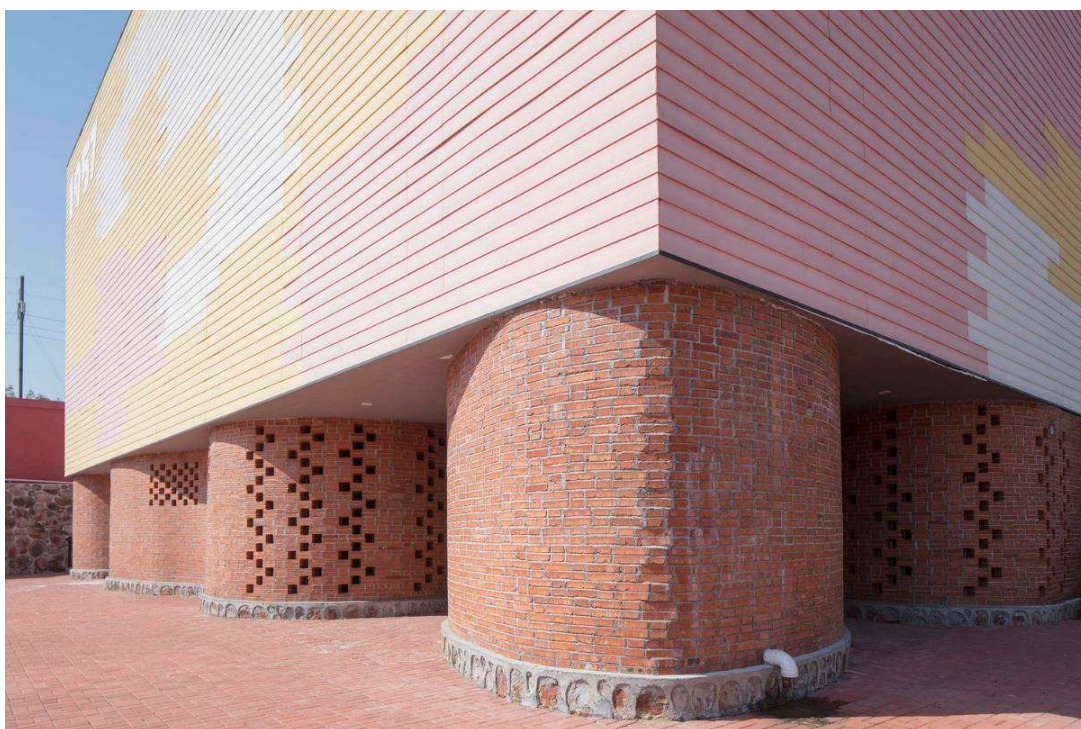


Obrázek 3: Mechanicky ovládané dveře v Yueyangu (29)





Obrázek 4: Větrací mříže v Yueyangu (29)



Obrázek 5: Ventilační otvory ve stěně z červených cihel v Yueyangu (29)

## 9 Závěry

Z této práce vyplývá, že pro splnění legislativy a zároveň dobrého vnitřního prostředí pro studenty z hlediska zdraví a výkonu při učení je ideálním řešením zavedení nuceného rovnotlakého větrání do školní budovy. Bohužel ve stávajících školních budovách často lze větrat pouze přirozeně okny. Při rekonstrukci může být problematické nainstalovat systém nuceného větrání, ale měla by být maximální snaha o jeho zavedení. Stávající školní budovy mají často vysoké stropy a lze tak u některých budov s minimálním zásahem zavést vzduchotechnické potrubí do objektu, ale větším problémem je instalace vzduchotechnické jednotky, protože střechy bývají šikmé a šachty nedostatečné. Měl by se tedy klást důraz na stavbu nových školních budov a případně vhodně navržených rekonstrukcí, aby byla možnost splnit všechny požadované parametry dle legislativy.

Nové moderní budovy všude ve vyspělých státech světa jsou stavěny s důrazem na udržitelnost a ekologii a systémy nuceného rovnotlakého větrání jsou již samozřejmostí.



## 10 Bibliografie

1. **Vyhláška č. 410/2005 Sb.** Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.
2. **Ministerstvo životního prostředí.** Metodický pokyn pro návrh větrání škol pro SC 5.1 a SC 5.3, PO5, OPŽP, Výzva č. 121 a 135.
3. **Vyhláška č. 268/2009 Sb.** Vyhláška o technických požadavcích na stavby.
4. **Nařízení vlády č. 93/2012 Sb.** Nařízení vlády, 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.
5. **Kolektiv autorů.** Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *Journal of Building Engineering*. 1. 10 2022. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710222009202?via%3Dihub>.
6. **ZMRHAL, V. a kol.** *Větrání škol v souvislostech*. Praha : Společnost pro technickou prostředí, 2017. IBAN 978-80-02-02718-8.
7. **SRINIVASAN, Sujata.** Facing costly HVAC fixes, some school leaders want state officials to make accessing funding easier. *Connecticut Public Radio*. 1. 12 2022, [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z [https://www.ctpublic.org/news/2022-12-01/facing-costly-hvac-fixes-some-school-leaders-want-state-officials-to-make-accessing-funding-easier?fbclid=IwAR36MxTqavq0fJIPO4KQ7cjt8T-7Zo\\_l6XZVtCSwLiTuxUU-mqYSQ-v6Ywk](https://www.ctpublic.org/news/2022-12-01/facing-costly-hvac-fixes-some-school-leaders-want-state-officials-to-make-accessing-funding-easier?fbclid=IwAR36MxTqavq0fJIPO4KQ7cjt8T-7Zo_l6XZVtCSwLiTuxUU-mqYSQ-v6Ywk).
8. **ADAMOVSÝ, Daniel.** Přednáška: Přirozené a hybridní větrání, principy návrhu. [Online], [cit. 2022-12-29]. ČVUT Katedra Technických zařízení budov. Načteno z <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-02.pdf?dt=1569921481>.
9. **ADAMOVSÝ, Daniel.** Přednáška: Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov. [Online], [cit. 2022-12-29]. ČVUT Katedra Technických zařízení budov. Načteno z <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-03.pdf?dt=1664890916>.

10. **ZMRHAL, Vladimír a PETLACH, Jiří.** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). 17. 10 2011. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>.
11. **PRIORITA: Informační zpravodaj Státního fondu životního prostředí ČR.** Načteno z [www.sfzp.cz](http://www.sfzp.cz). 10 2021. [Online], [cit. 2022-12-29]. [https://www.priorita.cz/wp-content/uploads/2021/10/Priorita-10-2021\\_web.pdf](https://www.priorita.cz/wp-content/uploads/2021/10/Priorita-10-2021_web.pdf).
12. **Stavba roku Středočeského kraje 2022.** [www.stavbaroku.cz](http://www.stavbaroku.cz). 2022 [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.stavbaroku.cz/printDetail.do?Dispatch=ShowDetail&siid=2185&coid=117>
13. **Adaptterra Awards.** [www.adaptterraawards.cz](http://www.adaptterraawards.cz). [Online], [cit. 2022-12-29] Načteno z <https://www.adaptterraawards.cz/cs/Revitalizace-skoly-Ceskobrodsko-Praha>.
14. **TZB info.** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz). 12. 9 2022. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/24301-prvni-energeticky-a-uhlikove-pozitivni-skolni-budova-v-cr-slavnostne-otevrena>.
15. **HYBRID.** [www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz). 1. 9 2022. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.hybrid.cz/prvni-energeticky-a-uhlikove-pozitivni-skolni-budova-v-cr-byla-slavnostne-otevrena/>.
16. **ABS portal.** [www.abs-portal.cz](http://www.abs-portal.cz). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.asb-portal.cz/architektura/rodinne-domy/pasivni-domy/aktivni-dum-nejekologictejsi-materska-skola>.
17. **Archiweb.** [www.archiweb.cz](http://www.archiweb.cz). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.archiweb.cz/b/skolka-solhuset>.
18. **Velux.** [www.docplayer.net](http://www.docplayer.net). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://docplayer.net/21380802-Solhuset-lions-active-house.html>.
19. **ACTIVE HOUSE.** [www.activehouse.info](http://www.activehouse.info). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.activehouse.info/cases/solhuset-denmarks-most-climate-friendly-nursery/>.

20. **ACTIVE HOUSE.** [www.activehouse.info](http://www.activehouse.info). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.activehouse.info/cases/copenhagen-international-school/>.
21. **LIFEGATE.** [www.lifegate.com](http://www.lifegate.com). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.lifegate.com/denmark-school-solar-facade>.
22. **JS Koncept.** [www.jskoncept.com](http://www.jskoncept.com). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.jskoncept.com/wp-content/uploads/2018/09/Technic-and-Sustainability-ENG-Generel-brochure-April-2018-Final-heigh.pdf>.
23. **JS Koncept.** [www.jskoncept.com](http://www.jskoncept.com). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z Načteno z <https://www.jskoncept.com/references/copenhagen-international-school/>.
24. **BUILD UP.** <https://www.buildup.eu>. 16. 11 2022. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.buildup.eu/en/practices/cases/efficiency-house-plus-school-building>.
25. **ORTE.** <https://orte-noe.at>. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://orte-noe.at/programm/kindergarten-muenichsthal>.
26. **BUILD UP.** [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu). 9. 4 2021. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.buildup.eu/en/practices/cases/neubau-kindergarten-munichsthal>.
27. **HCPSS.** <https://www.hcpss.org>. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.hcpss.org/schools/net-zero-wlms/>.
28. **James Posey Associates.** <https://jamesposey.com>. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://jamesposey.com/portfolio/k-12-public/wilde-lake-middle-school/>.
29. **ARCH DAILY.** <https://www.archdaily.com>. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.archdaily.com/909308/indoor-playground-doubling-as-lecture-hall-of-yueyang-county-n-middle-school-sup-atelier>.
30. **ACTIVE HOUSE.** [www.activehouse.info](http://www.activehouse.info). [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.activehouse.info/cases/027-indoor-playground-of-yueyang-county-no-3-middle-school/>.

31. **Architizer**. <https://architizer.com>. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://architizer.com/blog/projects/indoor-playground-of-yueyang-county-no3-middle-school/>.

32. **BERGAMASCO, Cecilia**. [www.lifegate.com](http://www.lifegate.com). 6. 4 2017. [Online], [cit. 2022-12-29]. Načteno z <https://www.lifegate.com/denmark-school-solar-facade>.

## 11 Seznam obrázků

Obrázek 1: Množství přiváděného venkovního vzduchu v učebnách a tělocvičnách a množství odváděného vzduchu v šatnách a hygienických zařízeních v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání (1).....	9
Obrázek 2: Minimální množství venkovního vzduchu (2).....	9
Obrázek 3: Tabulka č. 2: Hodnoty teplot, rychlosti proudění a relativní vlhkosti vzduchu (1).....	10
Obrázek 4: Vliv koncentrace oxidu uhličitého na člověka (3).....	10
Obrázek 5: nařízení vlády č. 93/2012, množství přiváděného vzduchu pro zaměstnance (4).....	10
Obrázek 6: Schéma přirozeného větrání (8).....	12
Obrázek 7: Podtlakové nucené větrání, vlevo - centrální systém, vpravo lokální systém (10).....	13
Obrázek 8: Nucené rovnotlaké větrání, vlevo - centrální systém, vpravo lokální systém (10).....	13
Obrázek 9: Infiltrace (2).....	14
Obrázek 10: Provětrávání otevíratelnými okny (2).....	15
Obrázek 11: Provětrávání mechanicky otevíravými okny (2).....	15
Obrázek 12: Odsávání podtlakovým ventilátorem (2).....	16
Obrázek 13: Lokální větrací jednotka v obvodovém plášti (2).....	16
Obrázek 14: Lokální potrubní podstropní větrací jednotka (2).....	17
Obrázek 15: Lokální větrací jednotka umístěná v učebně (2).....	17
Obrázek 16: Lokální větrací jednotka umístěna vně učebny (2).....	18
Obrázek 17: Centrální větrací jednotka pro více místností (2).....	18
Obrázek 18: Kombinace přirozeného a nuceného větrání pro jednu učebnu (2).....	19
Obrázek 19: Základní škola v Jesenici (11).....	20
Obrázek 20: Tělocvična školy v Jesenice (12).....	21
Obrázek 21: Jídelna školy v Jesenici (12).....	21
Obrázek 22: Chodba školy v Jesenici (12).....	22
Obrázek 23: Střední odborná škola v Českobrodské ulici (13).....	22
Obrázek 24: Chodba školy v Českobrodské ulici (14).....	23

Obrázek 25: Tělocvična a posilovna školy v Českobrodské ulici (14).....	24
Obrázek 26: Mateřská škola Solhuset (16) .....	25
Obrázek 27: Schéma větrání a vytápění Solhuset (16) .....	25
Obrázek 28: Interiér mateřské školy Solhuset (16) .....	26
Obrázek 29: Budova školy Copenaghen (20) .....	27
Obrázek 30: Smart ceiling systém (23) .....	27
Obrázek 31: The Luise Otto-Peters school (24) .....	28
Obrázek 32: Interiér školní třídy The Luise Otto-Peters school (24) .....	29
Obrázek 33: Mateřská škola Munichsthal (25) .....	30
Obrázek 34: Wilde Lake Middle School (28) .....	31
Obrázek 35: Tělocvična ve škole Wilde Lake Middle School (28) .....	31
Obrázek 36: Chodba školy Wilde Lake Middle School (28) .....	32
Obrázek 37: Budova vnitřního sportoviště v Yueyangu (29) .....	33