

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BUDOVY ŠKOLY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYPRACOVALA:
VEDOUCÍ PRÁCE:

JANA KOČOVÁ
Ing. MIROSLAV URBAN, Ph.D.

2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kočová Jméno: Jana Osobní číslo: 486130
Zadávatel: Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění a větrání budovy školy

Název bakalářské práce anglicky: Heating and ventilation of the school building

Pokyny pro vypracování:

Práce bude obsahovat část rešerše a část projektu. Rešerše bude reagovat na zpracování konceptu vytápění a větrání. Na základě rešerše bude zpracován projekt vytápění a koncept větrání budovy školy.

Rešerše bude zpracována v rozsahu:

- Přehled požadavků na kvalitu vnitřního prostředí škol.
- Popis možných variant zdroje tepla, systému vytápění a větrání.
- Výběr varianty a zpracování konceptu vytápění a větrání.

Zpracování projektu vytápění v rozsahu:

- Základní výpočty – tepelné ztráty, hydraulický výpočet otopné soustavy, atd.
- Výkresová část - půdorysy, řezy, schéma otopné soustavy a zdroje tepla.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3

Petráš a kol., Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie

Bašta, Kabele, Otopné soustavy teplovodní (sešit projektanta č. 1)

Zmrhal, Větrání škol v souvislostech, Společnost pro techniku prostředí 2017

Jméno vedoucího bakalářské práce: Miroslav Urban

Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2023 Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023
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 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“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

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

V Praze, dne

Podpis:

Jana Kočová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a ochotu při zpracovávání mé bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu během studia na vysoké škole.

ABSTRAKT

Tématem mé bakalářské práce je vytápění a větrání budovy školy. Teoretická část se věnuje charakteristice základních požadavků na vnitřní prostředí mateřské a základní školy. V další části se ve své práci zaměřuji na popis možných variant zdroje tepla, vytápění a větrání s ohledem na charakteristiku objektu mateřské a základní školy. Dle vícekriteriální analýzy variant je vybrán nejvhodnější systém větrání a vytápění a zdroj tepla. Dále je zpracován koncept větrání a vytápění pro vybrané varianty.

V praktické části je vypracován projekt vytápění na úrovni dokumentace pro provedení stavby v návaznosti na koncept vytápění. Součástí projektu je technická zpráva, výpočty, výkresová dokumentace a technické listy.

ABSTRACT

The topic of my bachelor's thesis is heating and ventilation of the school building. The theoretical part is devoted to the characteristics of the basic requirements for the internal environment of nursery and primary school. In the next part, I focus on the description of possible variants of the heat source, heating and ventilation with regard to the characteristics of the nursery and primary school building. According to a multi-criteria analysis of variants, the most suitable ventilation and heating system and heat source is selected. Furthermore, the concept of ventilation and heating for selected variants is elaborated.

In the practical part, a heating project is developed at the level of documentation for construction in connection with the heating concept. The project includes a technical report, calculations, drawing documentation and technical sheets.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, větrání, mateřská a základní škola, vnitřní prostředí

KEY WORDS

Heating, ventilation, kindergarten and elementary school, indoor environment

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ A VĚTRÁNÍ BUDOVY ŠKOLY

REŠERŠE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VYPRACOVALA:
VEDOUCÍ PRÁCE:

JANA KOČOVÁ
Ing. MIROSLAV URBAN, Ph.D.

2022/2023

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ÚVOD.....	9
1. Požadavky na vnitřní prostředí ve školních zařízeních.....	9
1.1. Požadavky na větrání a parametry mikroklimatických podmínek	10
1.2. Požadavky na větrání ve školní objektu	11
1.3. Znečišťující látky.....	12
2. Popis objektu.....	14
2.1. Umístění	15
2.2. Stavební konstrukce	16
3. Návrh zdroje tepla	17
3.1. 1. varianta: Tepelné čerpadlo vzduch/voda	17
3.2. 2. varianta: Tepelné čerpadlo země/voda	19
3.3. 3. varianta: Plynový kondenzační kotel.....	22
3.4. 4. varianta: Obnovitelné zdroje energie	23
3.5. 5. varianta: Biomasa	24
4. Způsoby vytápění mateřských a základních škol	26
4.1. 1. varianta: Otopná tělesa (OT)	27
4.2. Plošné vytápění	28
4.2.1. 2. varianta: Podlahové vytápění	28
4.2.2. 3. varianta: Stropní vytápění	31
4.3. 4. varianta: Teplovzdušné vytápění	33
5. Možnosti větrání mateřských a základních škol	34
5.1. 1. varianta: Přirozené větrání.....	34
5.2. Nucené větrání.....	35
5.3. 4. varianta: Hybridní větrání.....	39
5.4. Větrání kuchyně.....	40
6. Vyhodnocení	42
6.1. Zdroj tepla.....	42
6.2. Vytápění.....	44
6.3. Větrání	45
7. Koncept vytápění a větrání budovy školy	46
7.1. Koncept větrání.....	46

7.2. Koncept vytápění	46
ZÁVĚR	47
Seznam použitých pramenů a literatury	48
Seznam použitých obrázků	52
Seznam použitých tabulek	53

ÚVOD

V posledních letech se hodně diskutuje o vnitřním prostředí budov a jaké jsou vlastně ideální podmínky. Stává se trendem zateplovat fasády a vyměňovat okna za těsná ve snaze o energetickou úsporu. Mnohdy se však ale zapomínají, zohlednit požadavky na větrání, jelikož dojde k vytvoření dokonale těsnící budovy, do které se nedostává čerstvý vzduch, což může mít negativní vliv na naše zdraví a produktivitu. [8]

Uvnitř budov trávíme 80-90 % času, děti až 90 %. Právě děti jsou více náchylnou skupinou. Při nedostatečném větrání ve školách dochází ke zhoršení kvality vnitřního prostředí. Například se zvyšující se koncentrací CO₂ mohou děti hůře udržet pozornost, mohou pociťovat bolesti hlavy, nevolnost, případně se cítit ospalí a unavení. Dalším problémem je, že špatné podmínky v budově mohou zhoršovat zdravotní stav některých jedinců, především dětí, které trpí astmatem či alergiemi. Se špatným větráním souvisí i zvýšená vlhkost v objektu, která může vést ke vzniku plísní a tepelného diskomfortu. Cílem projektu je zajištění tepelné rovnováhy a dostatečného přísunu čerstvého vzduchu, aby nedocházelo k podchlazení anebo naopak k přehřátí organismu. Kvalitu vnitřního prostředí také ovlivňuje hluk, osvětlení, zápachy a jiné. [1][6]

V poslední době se můžeme setkat s pojem "syndrom nezdravých budov" (SBS). Jedná se o budovy, jež působí negativně na lidské zdraví. „Podle statistik Státního fondu životního prostředí se syndrom nemocných budov týká tři čtvrtin škol, firem, kanceláří, zdravotnických zařízení a pečovatelských domů.“ [2]

1. Požadavky na vnitřní prostředí ve školních zařízeních

Závaznými požadavky na vnitřní prostředí budov se zabývá vyhláška č. 410/2005 Sb. - vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [4][5]

Složky vnitřního prostředí:

- **Tepelně-vlhkostní mikroklima**
- **Kvalita vzduchu:** odérové mikroklima, toxické mikroklima, aerosolové mikroklima, mikrobiální mikroklima
- Akustické mikroklima
- Světelné mikroklima
- Elektromagnetické mikroklima
- Elektro iontové mikroklima
- Elektrostatické mikroklima
- Ionizační mikroklima
- Psychický komfort [3]

Obrázek 1: Vnitřní prostředí budov [3]



1.1. Požadavky na větrání a parametry mikroklimatických podmínek

Cílem je dosáhnout tepelného pohodlí. Stav, kdy dojde k tepelné rovnováze, můžeme popsat jako zachování rovnosti mezi tepelným tokem produkovaným a odevzaným. Závisí na mnoha faktorech:

- teplota vzduchu
- střední radiační teplota,
- rychlost proudění vzduchu,
- intenzita turbulence,
- relativní vlhkost vzduchu,
- intenzita lidské činnosti,
- tepelný odpor oděvu. [6]

Minimální teplota v učebnách by měla být v zimě cca 20°C. V létě tepelné zisky značně převyšují tepelné ztráty, teplota v místnostech tak překračuje mnohdy 30 °C, což může být mnohdy způsobeno i špatně navrženým způsobem větrání. [6]

Tabulka 1: Požadavky na tepelný stav prostředí dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [5]

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

1.2. Požadavky na větrání ve školní objektu

Kvalita vnitřního prostředí je ovlivňována větráním, které se vyznačuje přívodem čerstvého venkovního vzduchu a odvodem znehodnoceného vzduchu. Větrání je vázáno na počet osob v učebně. Jak definuje vyhláška 343/2009 Sb., na každého žáka je potřeba 20-30 m³/h, to vyžaduje téměř nepřetržité větrání. Uvedeného množství vzduchu ale nezohledňuje věk žáků. [5] [6]

Tabulka 2: Množství přiváděného vzduchu ve školních zařízeních [5]

Typ prostoru	Přiváděný venkovní vzduch [m ³ .hod ⁻¹]	Odváděný vzduch [m ³ .hod ⁻¹]
Učebny	20-30 na 1 dítě/žáka	
Tělocvičny	20-90 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

Tabulka 3: Požadavky na větrání dle předpisů [6]

Předpis	Přípustná koncentrace CO ₂ [ppt]	Průtok vzduchu na žáka [m ³ /h]			
		3-6 let	6-10 let	10-15 let	15-18 let
		školka	1.stupeň ZŠ	2.stupeň ZŠ	SŠ
Vyhláška č. 410/2005 Sb.	-	20-30			
ČSN EN 15251	1200	-	14-36		
ÖNORM H 6039:2008	1200	-	15	19	24
VDI 6040-1	1000	-	26	31	31

Tabulka 4: Minimální průtok vzduchu dle bilance CO₂ a stáří žáků [6]

Průtok venkovního vzduchu [m ³ /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

Specializované učebny (chemické laboratoře a jiné) se musí větrat s ohledem na produkci škodlivin. [6]

V případě kabinetů a sboroven je možné přirozené větrání oknem, jelikož se nejedná o trvalé pracoviště dle nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [6] Dle nařízení vlády 361/2077 Sb. musí být minimální množství přiváděného venkovního vzduchu 50 m³/h na jednoho zaměstnance. [12]

1.3. Znečišťující látky

Oxid uhličitý je běžně vyskytující se bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který sice není v běžné koncentraci nebezpečný, ale podstatně ovlivňuje kvalitu vnitřního ovzduší. [6]

Tabulka 5: Vliv CO₂ na člověka při určitých koncentracích [6][7]

Koncentrace [ppt]	Účinky
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1000	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřním prostoru
1200-1500	doporučená maximální úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1000-2000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000-5000	nastávají možné bolesti hlavy
5000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zvýšený tep
> 15 000	dýchací potíže
> 40 000	možná ztráta vědomí

Všude, kde se vyskytuje vysoká koncentrace CO₂, se vyskytuje i nadměrné množství bakterií, které se v důsledku špatného větrání a utěsněné budovy hromadí. To může mít velký vliv na vypuknutí infekcí na školách. [10]

Dle americké studie má koncentrace CO₂ přímý vliv na docházku studentů. Zvýšení koncentrace o 1000 ppt vedlo ke zvýšení absence o 10-20 %. Podle jiné studie se s každým zvýšením koncentrace CO₂ o 100 ppt vzroste roční absence o 0,2 %. Dále bylo ve studiích zjištěno, že pokud se návyky či podmínky větrání zlepší, dojde ke snížení absencí kvůli nemocem až o 10-17 %. [10]

Vodní pára

Ačkoli je vodní pára přirozenou součástí vzduchu, považujeme ji za látku znečišťující prostředí. Při jejím nedostatečném odvodu může docházet ke kondenzaci na chladnějších místech obvodového pláště, v oblasti tepelných mostů. Problém se objeví v případě, že je teplota povrchu nižší než teplota rosného bodu. Pokud nastane takovýto případ, může dojít ke vzniku plísní, v nejhorším případě až k narušení konstrukce objektu. Proto je nutné odvádět vodní páru vyprodukovanou člověkem samotným nebo jeho činností ven z objektu. [6]

Tabulka 6: Produkce tepla a vodní páry [6]

Činnost	M [met]	Věk							
		6 let		10		15		18	
		Q _{cit} [W]	M _w [g/h]	Q _{cit} [W]	M _w [g/h]	Q _{cit} [W]	M _w [g/h]	Q _{cit} [W]	M _w [g/h]
Sezení uvolněné	1,0	41	11	57	14	83	19	91	20
Činnost v sedě	1,2	42	25	58	33	84	45	93	48
Lehká činnost vstoje	1,6	43	52	59	70	87	97	97	104
Chůze bez zátěže	1,9	44	73	61	98	89	136	99	147

Mezi další látky znečišťující vnitřní prostředí se řadí formaldehyd, azbest, naftalen, těžké organické látky VOC, odéry, oxidy dusíku, těžké kovy a jiné.

Problémem může být radon, po výměně oken může jeho koncentrace vzrůst třikrát až čtyřikrát. WHO v roce 2009 doporučila, aby byla referenční úroveň koncentrace radonu 100 Bq/m³. [6]

2. Popis objektu

Návrh je proveden na základě podkladů architektonické studie (dostupné na www.archiweb.cz). Jedná se o objekt mateřské a základní školy, budovy jsou propojeny přízemním krčkem, který je využíván jako vstupní zádveř.

Budova mateřské školy má 2 nadzemní podlaží. V budově se nachází 2 třídy s kapacitou pro 15 dětí a jedna třída s kapacitou pro 24 dětí + 2 dospělí vyučující na třídu, dále se zde nachází hygienická zázemí a výdejna jídel.

Budova určená pro první stupeň základní školy má 3 nadzemní podlaží. V 1.NP se nachází kuchyně s jídelnou, kanceláře, šatny a hygienická zázemí. Ve 2.NP se nachází 2 učebny s kapacitou pro 30 žáků a 1 vyučujícího a jedna učebna s kapacitou pro 14 žáků a 1 vyučujícího, dále se v patře nachází hygienické zázemí, kancelář ředitele, sekretariátu a kabinet. Ve 3.NP se nachází 3 učebny s kapacitou pro 30 žáků a 1 vyučujícího, dále se v patře nachází hygienické zázemí a sborovna s kapacitou pro 16 vyučujících.

Obrázek 5: Půdorys 1.NP MŠ (vlevo) a ZŠ (vpravo)



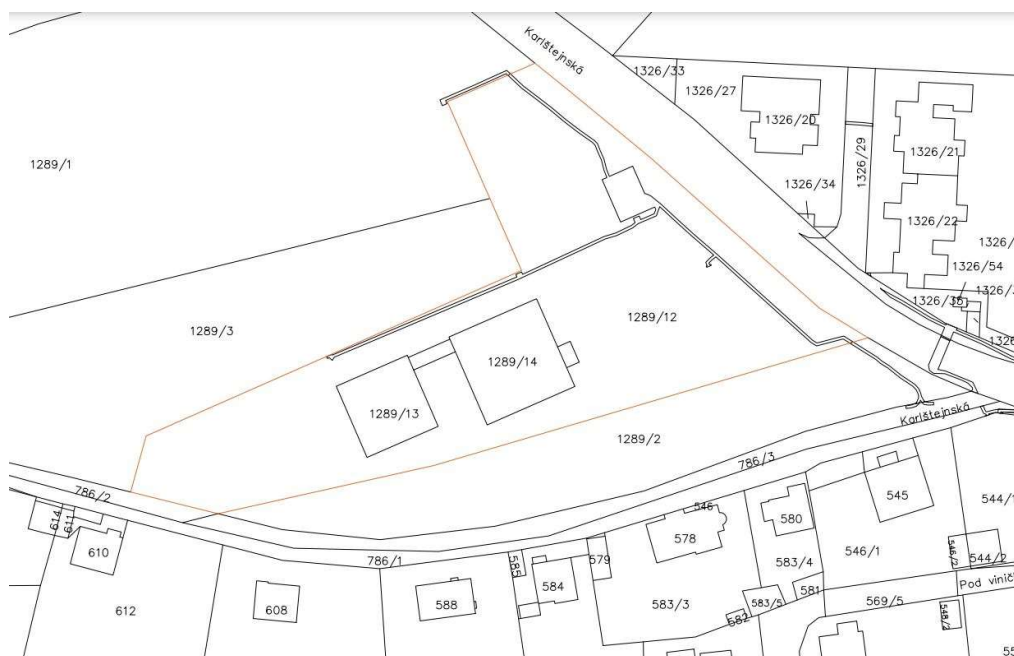
Obrázek 7: Půdorys 3.NP ZŠ s legendou



2.1. Umístění

Školní areál se nachází na kraji obce Lety v ulici Karlštejská. Všechny potřebné inženýrské sítě jsou v dané ulici umístěny.

Obrázek 8: Situace řešeného objektu



Vnější výpočtové údaje pro oblast „ dle ČSN 73 0540:

- Nadmořská výška.....218 m n.m.
- Min. venkovní výpočtová teplota.....-12 °C
- Průměrná denní venkovní teplota v otopném období.....3,9 °C
- Počet otopných dnů v roce.....229

2.2. Stavební konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou železobetonové monolitické. Vodorovné nosné konstrukce jsou taktéž železobetonové monolitické. Vnitřní dělicí konstrukce jsou z keramických tvárnic nebo z pórobetonových tvárnic. Vnější obvodový plášť je zateplen minerální izolací. Okna a dveře budou zasklená izolačním trojsklem. Všechna okna budou opatřena venkovními žaluziemi.

Součinitele prostupu tepla jsou navrženy v pasivním energetickém standartu dle požadavků na Operační program Životní prostředí (OPŽP), jehož cílem je ochrana a zajištění kvalitního prostředí pro obyvatele, omezení negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí aj. Požadovaná hodnota na průměrný součinitel prostupu tepla je $U_{em} \leq 0,35 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. [28]

Součinitele prostupu tepla pro objekt MŠ a ZŠ:

– Obvodová stěna	$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Vnitřní stěna	$U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Podlaha k zemině	$U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Stropy	$U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Střecha	$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Okno	$U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
– Dveře	$U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vnitřní výpočtová teplota:

– Učebna, kancelář	$t_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$
– Umývárna	$t_i = 24 \text{ }^\circ\text{C}$
– WC, chodba, schodiště, sklad	$t_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
– Úklid	$t_i = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
– Jídelna, příprava jídla, mytí	$t_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$

3. Návrh zdroje tepla

Návrh zdroje tepla závisí na mnoha faktorech. Především musíme návrh posoudit z ekologického hlediska, jaké produkuje emise a aby moc nezatěžoval životní prostředí. Velkou roli budou hrát jak pořizovací, tak provozní náklady a také náročnost údržby zdroje tepla. Bude třeba přihlédnout i k energetické náročnosti budovy a hlučnosti zařízení, aby nenarušoval výuku.

U návrhu zdroje tepla pro školní objekt bude rozhodovat, jak moc je náročný na údržbu a zdali má nízké provozní náklady.

Zdroj tepla bude navržen i pro přípravu teplé vody v objektu ZŠ. V budově MŠ bude navržen lokální ohřev vody.

Potřeba tepla pro vytápění:

– Tepelná ztráta objektu MŠ	18,3 kW
– Ohřev TV MŠ	1,5 kW
– Tepelná ztráta objektu ZŠ	34,8 kW
– Ohřev TV ZŠ	3,4 kW

Roční bilance potřeby tepelné energie:

– Roční potřeba tepla pro vytápění	55,9 MWh
– Roční potřeba tepla pro ohřev TV	28,3 MWh
– Celková roční spotřeba tepla	84,2 MWh

Varianty zdroje tepla:

- tepelné čerpadlo vzduch/voda
- tepelné čerpadlo země/voda
- plynový kondenzační kotel
- obnovitelné zdroje energie
- biomasa

3.1. 1. varianta: Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tepelné čerpadlo vzduch/voda dokáže efektivně využít teplotu venkovního vzduchu k ohřevu vody pro otopný systém nebo v zásobníku teplé vody. [11]

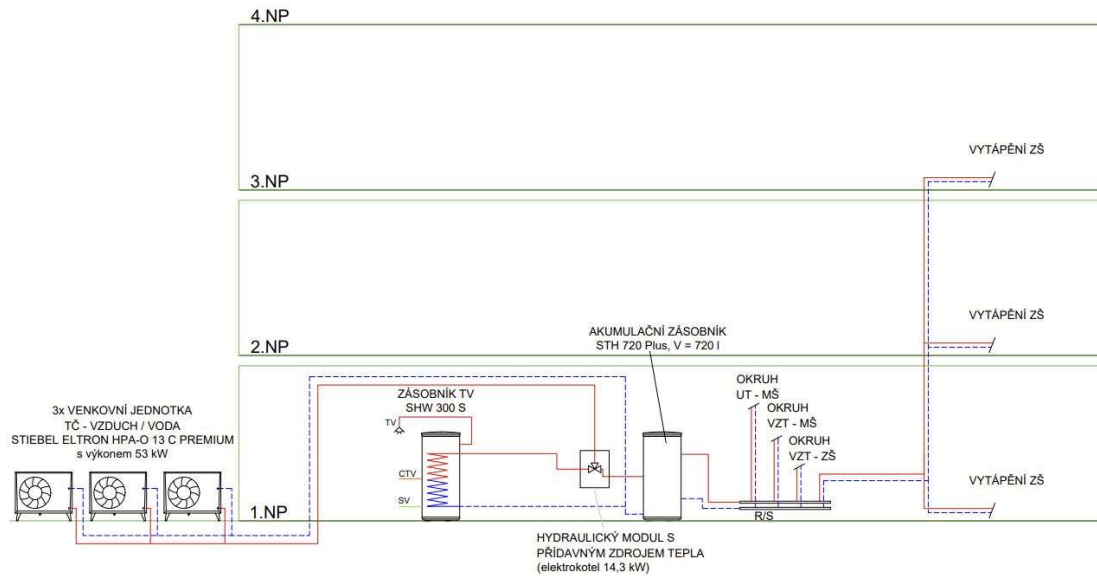
Mezi výhody tepelného čerpadla vzduch/voda se řadí jeho nenáročná instalace a údržba, není zapotřebí velký pozemek. V letních měsících je možné použít tepelné čerpadlo pro chlazení. [11]

Velkou nevýhodou v zimních měsících je snížený výkon v důsledku nízkých venkovních teplot, proto bývá součástí bivalentní elektrický kotel. V takovém případě je třeba vybírat tepelné čerpadlo se správným výkonem. Pokud TČ funguje na principu ON/OFF, výkon nesmí být moc nízký, aby se nezvyšovaly náklady na provoz častým spínáním elektrokotle nebo naopak nesmí být moc velký, jinak by mohlo dojít ke zkrácení životnosti v důsledku častého vypínání a zapínání tepelného čerpadla.

Pokud máme invertorové TČ, pak je u něj možná manuální či automatická regulace výkonu, v důsledku toho je provoz TČ efektivnější a nedochází tolik ke krácení životnosti komponentů TČ. Další nevýhodou je hlučnost jednotky. [11]

Venkovní jednotka by byla umístěna na severní straně objektu nejméně 30 cm od fasády. Zbylé potřebné příslušenství by bylo umístěno v technické místnosti v 1.NP v budově ZŠ. V zimních měsících by se počítalo s využitím bivalentního elektrického kotle pro pokrytí zbývajících výkonu.

Obrázek 9: Schéma zapojení tepelného čerpadla vzduch/voda



Obrázek 10: Příklad z praxe: ZŠ Netolice [25]



Ve škole bylo instalováno tepelné čerpadlo vzduch/voda v provedení split s venkovní jednotkou. Součástí systému je bivalentní zdroj tepla, v tomto případě elektrokotel. Ventilátory a výparníky jsou plně zakryty, takže je minimalizováno riziko úrazu dětí a zároveň je minimální šance poškození TČ. [25]

V tomto případě navrhuji dle návrhového programu od firmy Stiebel Eltron 3 kaskádově zapojená tepelná čerpadla HPA-O 13 C Premium s výkonem 53 kW.

Teplota vody v zásobníku TV je 55 °C, teplota otopné vody je 45°C. Bod bivalence nastává při teplotě -7,2°C. Výkon přídatného elektrického kotle je 14,3 kW. Cena za jedno tepelné čerpadlo je cca 316 500,-Kč, k tomu je třeba pořídit hydraulický modul HM Trend, který stojí 74 660,-Kč. Celková cena je 1 024 160,-Kč bez DPH.

Obrázek 11: Návrh TČ vzduch/voda dle programu od firmy Stiebel Eltron



3.2. 2. varianta: Tepelné čerpadlo země/voda

Tepelné čerpadlo země/voda odebírá teplo ze země buď z vrtů nebo za pomoci plošných kolektorů. Mezi zemí a výparníkem tepelného čerpadla přenáší teplo plastová sonda s nemrznoucí směsí, která se nachází ve vrtu. I když je pozemek poměrně velký, tak s ohledem na plánovanou výstavbu by byly použity hlubinné vrty. [11]

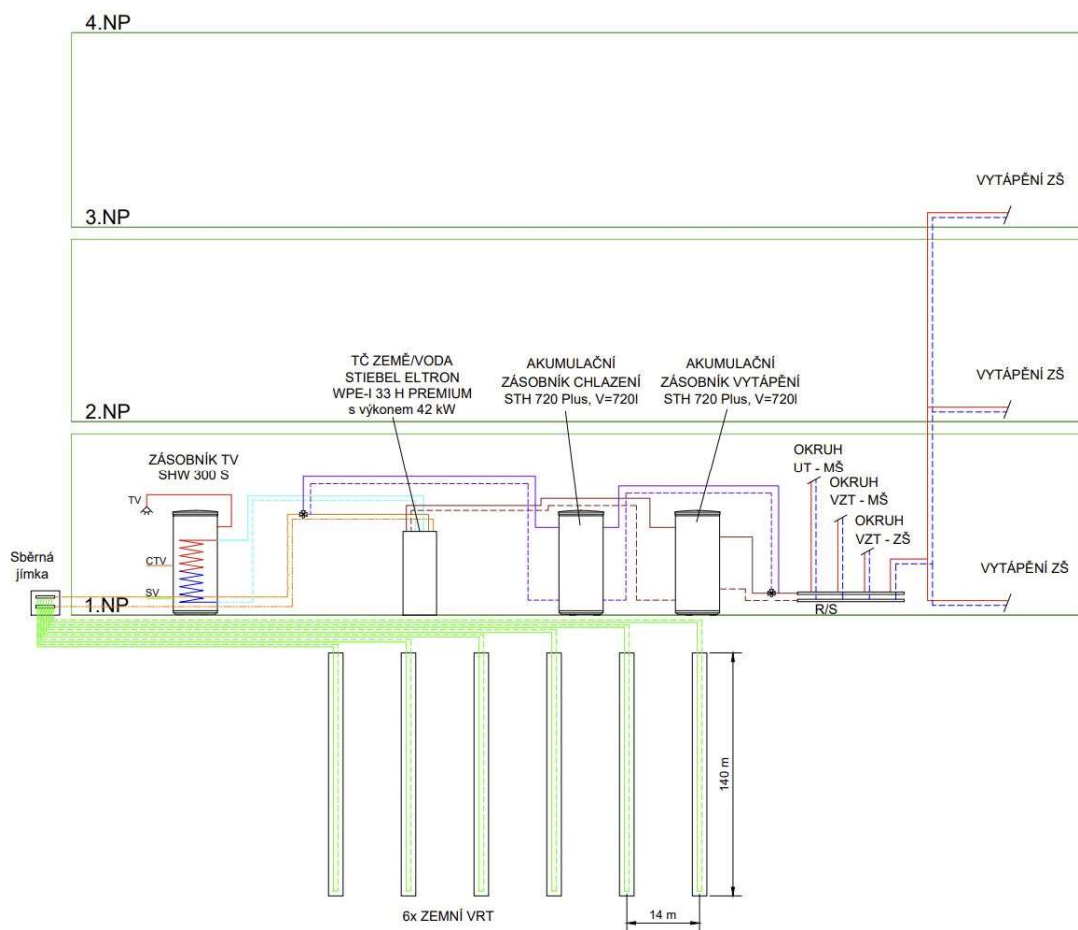
Provedení vrtů je sice nákladnější a obtížnější, ale není zapotřebí velký pozemek. Vrty je vhodné realizovat v místech s tvrdým podložím. Dále je nutné sehnat souhlas k realizaci vrtů od vodoprávního úřadu. Životnost kompresoru je při správné údržbě více než 20 let. [11]

Určitou výhodou při nízkých teplotách je, že nedochází ke snižování výkonu ani topného faktoru. Tepelné čerpadlo není hlučné. Vrty lze využít i pro pasivní chlazení, které není ekonomicky náročné, jelikož je v provozu jen oběhové čerpadlo. Tento způsob chlazení nemusí být ale dostatečně efektivní. [11]

Pořizovací náklady jsou vzhledem k provádění vrtů vyšší oproti TČ vzduch/voda, ale spotřeba elektřiny je výrazně nižší, což se v následujících letech projeví v návratnosti investice. [11]

Tepelné čerpadlo by bylo umístěno v technické místnosti v 1.NP v budově ZŠ včetně potřebného zařízení.

Obrázek 12: Schéma zapojení tepelného čerpadlo země/voda (zemní vrtů)



Dle návrhového programu od firmy Stiebel Eltron navrhuji tepelné čerpadlo WPE-I 33 H 400 Premium o výkonu 42 kW (TČ dimenzováno na 80 % výkonu z 53 kW). Bod bivalence nastává při teplotě $-7,7^{\circ}\text{C}$. Výkon přídavného elektrického kotle je 8,4 kW. Teplota otopné vody je 45°C . Cena čerpadla je cca 679 250,-Kč bez DPH. Pro výpočet počtu a délky vrtu uvažuji průměrný zisk 50 W na 1 m. V tomto případě bude třeba 6 vrtů s hloubkou 140 m (celkem 840 m). Cena 1 m vrtu je přibližně 2 100,-Kč bez DPH. Celková cena za tepelné čerpadlo země/voda činí 2 443 250,-Kč.

Obrázek 13: Návrh TČ země/voda dle programu od firmy Stiebel Eltron



Obrázek 14: Příklad z praxe: Nový pavilon ZŠ a ZUŠ v Líbeznicích [24]



Zdrojem tepla a chladu je tepelné čerpadlo země-voda s bivalentním zdrojem (el. kotel). [24]

3.3. 3. varianta: Plynový kondenzační kotel

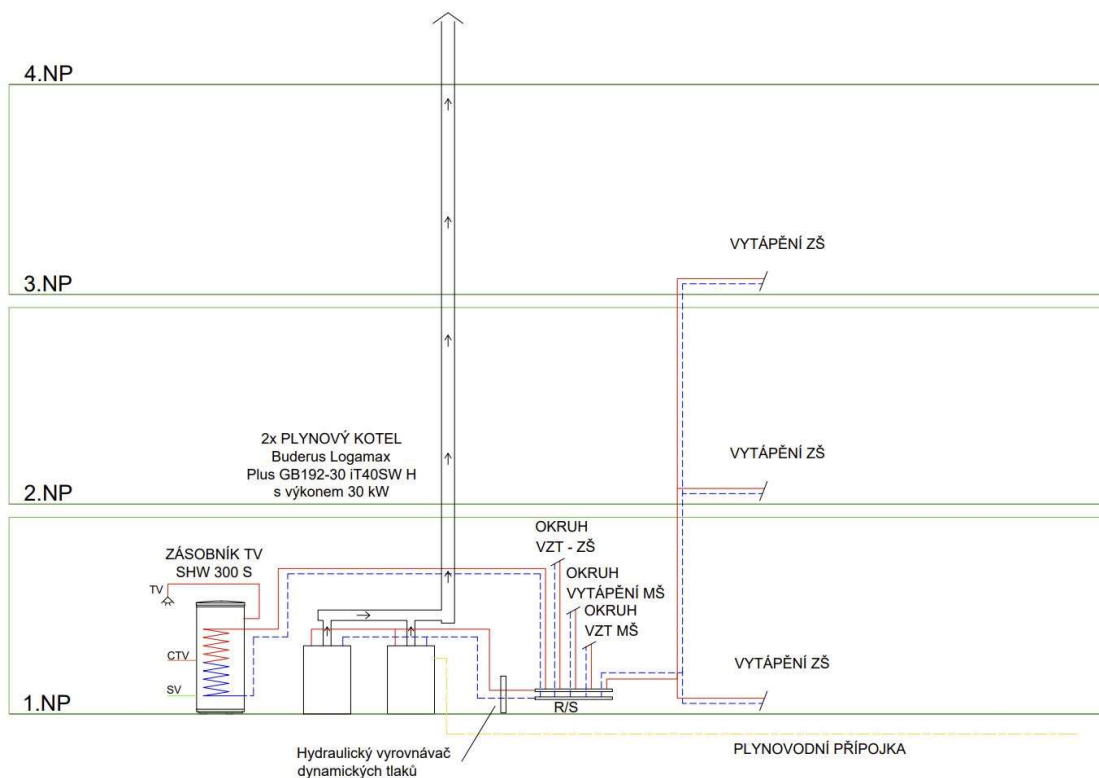
Plynový kondenzační kotel získává teplo přímo ze spalování plynu a také z tepla, které je obsažené ve spalinách. Výměníky tepla spaliny ochladí natolik, že vodní pára cíleně zkondenzuje a přenáší tak uvolněné teplo do otopného systému, ušetří tak i 20% spotřeby plynu. Díky této technologii dosahuje kotel účinnosti až 98 %. [14]

Výhodou je, že při jeho spalování zemního plynu je do ovzduší uvolňováno minimální množství emisí a nejsou uvolňovány jemné pevné PM 2,5 částice, čímž šetří životní prostředí. Pořád ale nesmíme zapomínat, že je zemní plyn neobnovitelným zdrojem energie. [14]

V ulici, kde se školní objekt nachází je veden plynovod, bude nutné vybudovat pouze plynovodní přípojku. Dále bude potřeba vybudovat komín pro odvod spalin a zajistit odvod kondenzátu. Vzhledem k dispozičnímu umístění technické místnosti by musel být do místnosti přiveden vzduchovod, jelikož nejsou v místnosti okna.

Plynový kotel by byl umístěn v technické místnosti v 1.NP v budově ZŠ včetně potřebného zařízení.

Obrázek 15: Schéma zapojení plynového kotle



V této variantě navrhuji 2 kaskádově zapojené plynové kondenzační kotle Buderus Logamax plus GB192-30 iT40SW H s výkonem 30 kW. Cena jednoho kotle dle ceníku je 88 700,-Kč (v ceně je zahrnut ekvitermní regulátor s venkovním čidlem).

	Cena bez DPH	
Požizovací cena kotle	177 400 Kč	2x plynový kondenzační kotel
Nerezový komín Schiedel	50 103 Kč	
Plynovodní přípojka	64 896 Kč	cca 48 m - cena 1352,-Kč/m
Cena celkem	292 399 Kč	

Obrázek 16: Odhad ceny nerezového komínu od firmy Schiedel

The screenshot shows the 'ONLINE KALKULACE' interface for Schiedel. It features a progress bar with six steps: 1. KOMÍNOVÝ systém, 2. PROVEDENÍ / průměr, 3. ZALOŽENÍ, 4. NAPOJENÍ, 5. UKONČENÍ / úhleb, and 6. SHRNUTÍ. The 'SHRNUTÍ' section is active, displaying the following details:

System:	ICS25	Celková hmotnost:	58,70 kg
Velikost průduchu [mm]:	80	Ceniková cena:	50 103 Kč
Výška komína [m]:	12.00		
Typ provedení:	klasický komín	Cena po slevě 0% bez DPH:	50 103 Kč
Výběr tlakové třídy:	podtlak	Cena po slevě 0%:	60 625 Kč

3.4. 4. varianta: Obnovitelné zdroje energie

S ohledem na situaci ve světě si čím dál tím mluví o využití solárních kolektorů a fotovoltaických panelů. Jelikož ani jeden ze systémů není schopen pokrýt spotřebu tepla během celého roku, je nutné jej kombinovat s jiným zdrojem tepla.

V případě fototermického systému (FT) by byla potřeba 1,5-2 m² na 1 kW výkonu, u fotovoltaického systému (FV). Životnost kolektorů je podobná, pohybuje se kolem 25 let, u FT narozdíl od FV, kde dochází ke snížení výkonu zhruba od 10 % za 10 let a o cca 20 % po 25 letech, nedochází v průběhu let ke ztrátě výkonu. [15]

Udržovat ale zařízení fotovoltaického systému v provozu může být finančně velmi náročné a nemuselo by se vyplatit. Nevýhodou solárních kolektorů je, že nespotebovaná energie zůstává na solárních kolektorech a nedokáže vyrábět elektrickou energii. Proto je možné použít jen na ohřev TV, popřípadě v kombinaci s jiným zdrojem na vytápění. [37]

Použití FT ani FV by se nemuselo vyplatit a mohly by tak vzniknout vyšší nároky na údržbu.

Jako samostatnou inteligentní elektrickou síť, která je místně řízená, nazýváme MICROGRID, umožňuje výrobu vlastní elektřiny z obnovitelných zdrojů energie s akumulací a řízenými odběry. Tato elektrická síť může být napojena do distribuční sítě, ale také dokáže fungovat zcela nezávisle na ní. [30]

V poslední době se hodně mluví o komunitní a komunální energetice. Účelem komunitní energetiky je podpora decentralizace a demokratizace (zvýšeného zapojení menších hráčů) energetiky, zvyšování zapojení obnovitelných zdrojů

energie, zvyšování energetické účinnosti a opatření proti energetické chudobě, a to zejména na úrovni domácností a malých a středních podniků. [29]

Legislativně se opírá o požadavky Směrnic (EU) 2018/2001 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a (EU) 2019/944 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou. Legislativa dané problematiky je do jisté míry obecná a vyžaduje upřesnění podmínek pro ČR. [29]

Jako příklad může být Základní škola Kunratice, kde je na střeše umístěna fotovoltaická elektrárna a nevyužitou energii posílá do distribuční sítě. [34] U školních objektů panely vyrábějí více energie, než je škola schopna sama spotřebovat, a proto je vhodné objekty propojovat v rámci komunity.

Obrázek 17: Příklad z praxe: ZŠ Kunratice [34]



Na střeše školy se nachází fotovoltaická elektrárna o výkonu cca 59 kWp. Elektřina vyrobená solárními panely je využívána k provozu školy a přebytky jsou posílány do sítě PRE. [34]

3.5. 5. varianta: Biomasa

Vzhledem k místu, kde se nachází objekt MŠ a ZŠ, se dá uvažovat o vytápění pevnými palivy. Mezi pevná paliva se řadí především biomasa a uhlí. Od roku 2024 nebude možné používat kotle na tuhá paliva, která nesplňují minimálně 3. emisní třídu. U starých kotlů dochází k nadměrné produkci škodlivin. [21]

Biomasa je obnovitelný zdroj energie, jedná se o ekologické palivo vytvořené z dřevního a rostlinného odpadu. Podstatnou výhodou při spalování biomasy je, že má tzv. nulovou bilanci CO₂. Nejčastěji se používá ve formě kusového dřeva nebo pelet či briket. Nevýhodou je uvolňování emisí a jemných pevných částic PM 2,5 do ovzduší. [27]

Pelety i brikety vznikají lisováním biomasy pod tlakem za vysokých teplot. Pelety jsou především vyráběné z dřevní biomasy a částečně z rostlinné biomasy ve formě granulí slisovaných do kruhového průřezu. Brikety jsou vyráběné lisováním z dřevní a rostlinné biomasy do tvaru válců. Obojí se vyznačuje vysokou výhřevností a šetrností k životnímu prostředí. Obsluha kotlů je nenáročná, dávkování paliva je do kotle zajištěno šnekovým dopravníkem. Nevýhodou je potřeba vybudování skladu pro palivo, který by se do technické místnosti nemusel vejít. [27]

Obrázek 18: Dřevěné pelety



Obrázek 19: Dřevěné brikety



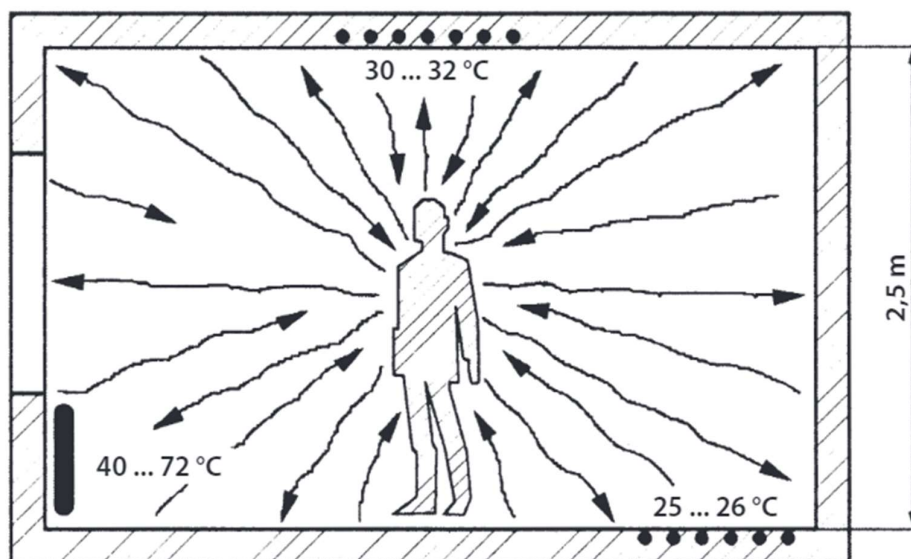
4. Způsoby vytápění mateřských a základních škol

Vytápění je nedílnou součástí každého projektu. Je vhodné ho řešit v kooperaci s projektem větrání s ohledem na zpětné získávání tepla. Je třeba brát v potaz, že každý objekt je jedinečný a nelze jednoznačně říct, jakou variantu kde použít. Cílem projektu je dosáhnout tepelné pohody a eliminovat tak tepelné ztráty. Při návrhu je třeba brát v potaz skladbu konstrukcí a navržené stavební konstrukce.

Dle vyhlášky 268/2009 Sb. § 38 odst 4: „Ve stavbách se zvýšeným nebezpečím úrazu, zejména v předškolních a školských zařízeních, musí být instalovaná otopná tělesa opatřena ochrannými kryty, které však nesmí bránit řádnému sdílení tepla z otopných těles do okolí.“ [16]

Při návrhu otopných ploch musí být brán zřetel na bezpečnost dětí především ve školce, aby nedošlo k úrazu od otopných těles. Cílem každého projektu je, aby byla dodržena tepelná pohoda v místnostech a aby byl brán zřetel na pokles dotykové teploty podlahy.

Jelikož se v učebnách nachází okna s parapetem 700 nebo 850 mm je možné použít otopná tělesa, popřípadě plošné vytápění nebo teplovzdušné vytápění. Podstatná je i ekonomická stránka, proto se upřednostňují spíše nízkoteplotní systémy vytápění.



Obrázek 20: Tepelné toky a povrchové teploty dle otopné plochy [16]

Při návrhu otopného systému je dobré uvažovat nad topným spádem otopné soustavy. U nízkoteplotních otopných systému, které mají jako zdroj tepla tepelné čerpadlo, by měl mít vždy co nejnižší teplotu topné vody, s vyšší teplotou rostou i náklady na provoz. V případě použití otopných těles je nevýhodnější mít výstupní teplotu co nejnižší, teplotní spád se doporučuje 50/40°C. U plošného vytápění se pak jako nejnižší doporučuje 35/30°C. [20]

4.1. 1. varianta: Otopná tělesa (OT)

Otopná tělesa sdílí teplo na principu sálání a proudění.

Při návrhu je třeba dbát zřetel na bezpečnost dětí. Existují různé varianty OT, mezi nejčastější se řadí desková OT, článková OT a trubková OT. U všech typů hrozí zranění, a proto by musela být otopná tělesa zakryta nebo uzpůsobena tak, aby nedošlo k poranění dětí. Dnes se již vyrábí otopná tělesa, která jsou vhodná do školy díky své speciální konstrukci. Konstrukce zabraňuje prostupu teplotnosné látky do přední části konstrukce, čímž je zajištěna bezpečná povrchová teplota tělesa. [18][32]

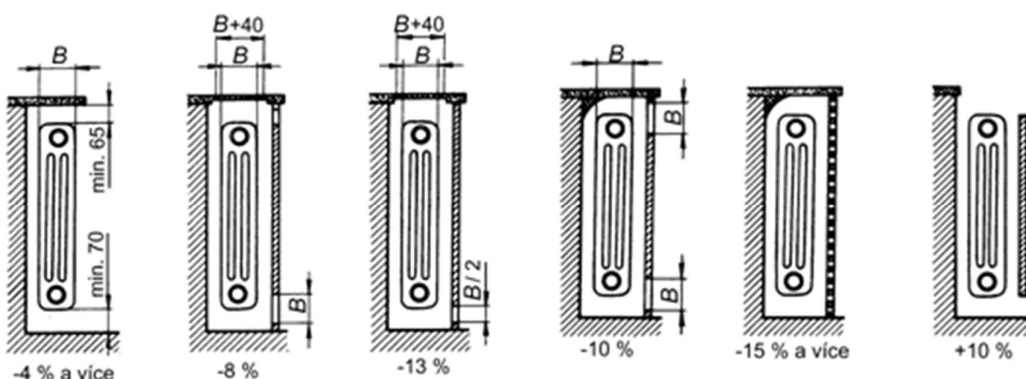
Alespoň před každou topnou sezónou je nutné očistit otopná tělesa. Ulpívá na nich prach a nečistoty, které se pak šíří, čímž se zhoršuje kvalita ovzduší v místnosti.

Obrázek 21: Ilustrační obr.: RADIK MATERNELLE VK – OT vhodné do mateřské školy [18]

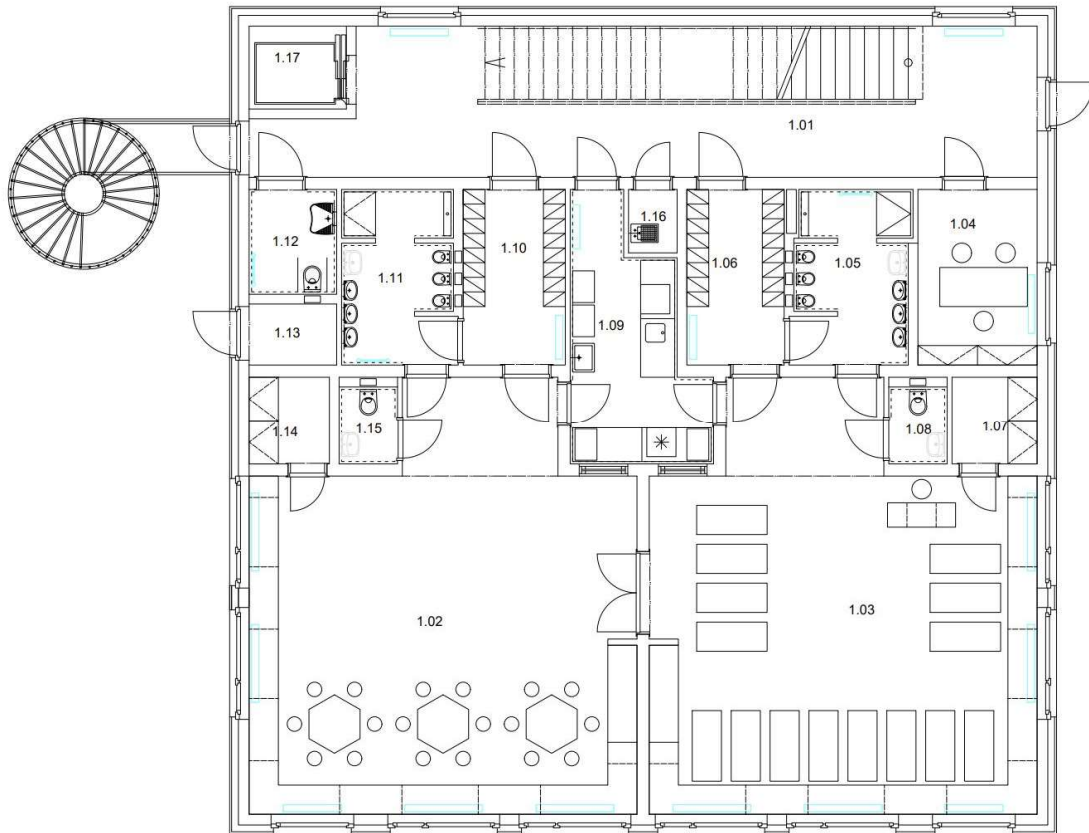


OT se umísťují tak, aby vhodným způsobem pokryly tepelnou ztrátu, většinou pod okno, nebo před stěnu sousedící s venkem. V případě zakrytí OT může dojít ke snížení výkonu tělesa. [32]

Obrázek 22: Vliv zakrytí otopného tělesa na výkon [32]



Obrázek 23: Možný koncept umístění otopných těles v budově MŠ v 1.NP



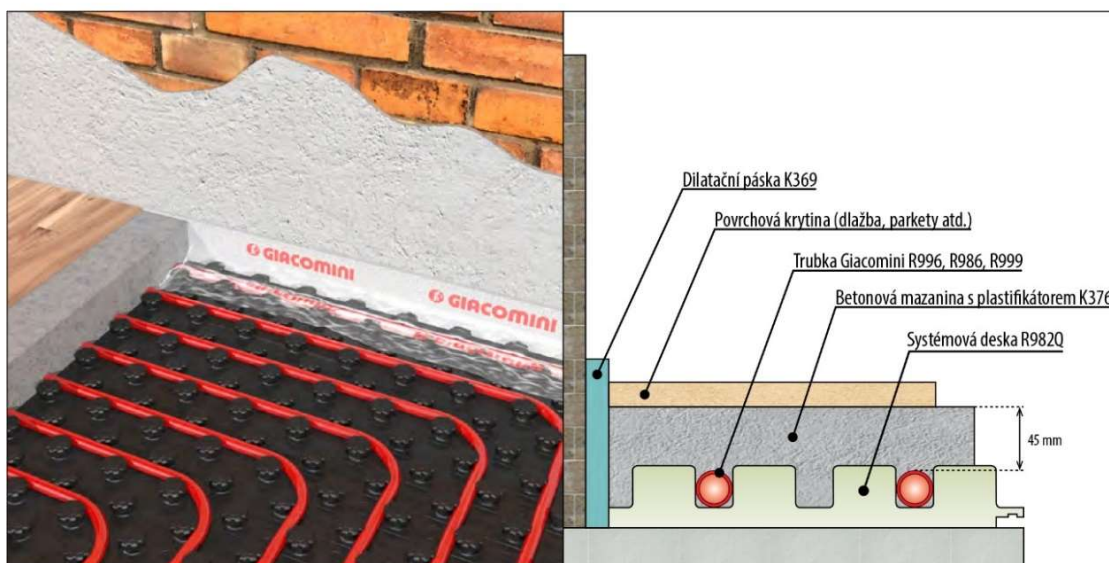
4.2. Plošné vytápění

Plošné vytápění je nízkoteplotní systém fungující převážně na principu sálání, malé množství konvekce. Vždy je využita určitá ohraničující stavební konstrukce vytápěného prostoru jako podlaha (55% sálání), strop (80% sálání) či stěny (65% sálání), otopná plocha je buď samostatně nebo je součástí konstrukce. Teplota teplotnosné látky je nízká, z toho vyplývá, že i teplota povrchu otopných ploch bude nízká (podlaha 25-34 °C, strop 40-45 °C, stěna 55-60 °C). Nejdříve jsou ohřívány plochy od sálajících ploch, následně se ohřívá okolní vzduch i od osálaných ploch. Výhodou tohoto systému je možné použití v letním období pro chlazení objektu. [17]

4.2.1. 2. varianta: Podlahové vytápění

Jelikož je žádanější nízkoteplotní systém, bylo by podlahové vytápění provedeno mokřím způsobem (předpokládaná teplota otopné vody 35-55 °C). Potrubí je kladeno na systémovou desku mezi nopy, ve kterých je potrubí kotveno, tento způsob je hojně používaný a snadný na provedení. Tento otopný had je umístěn nad izolací a následně je zalit několika centimetrovou vrstvou betonu. [17]

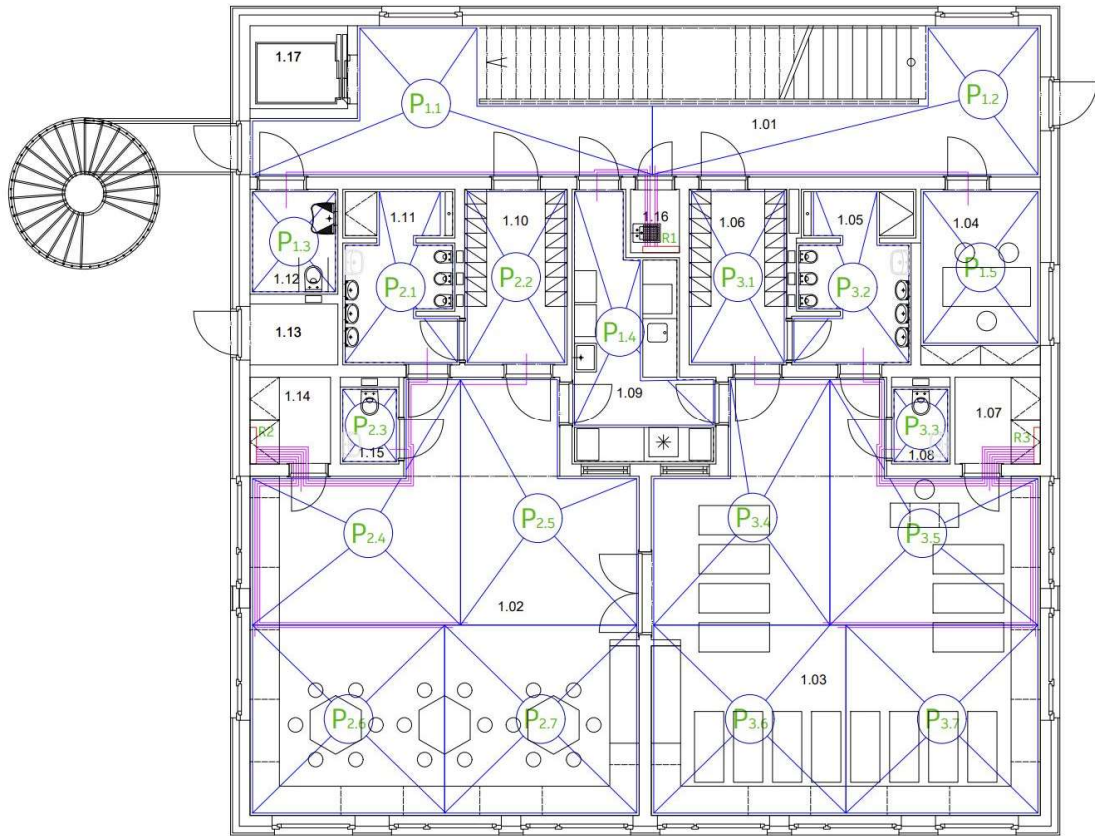
Obrázek 24: Skladba podlahového vytápění se systémovou deskou [35]



Podlahové vytápění závisí na mnoha faktorech, především na nášlapné vrstvě a její povrchové teplotě. V případě škol bude použita vinylová podlaha nebo keramická dlažba, ve školce bude použit v hernách Flotex (vinylová podlaha s mikro vlákněným textilním povrchem), mají nízký tepelný odpor. Čím je nižší tepelný odpor, tím je podlahové vytápění účinnější. Povrchová teplota by neměla překročit 29 °C, z dlouhodobého hlediska se doporučuje u sedících osob 25 °C a u chodících 23 °C. [17][19]

Z bezpečnostního hlediska je podlahové vytápění vhodné do školek, jelikož si děti často hrají na zemi a také nemůže dojít ke zraněním. Určitou výhodou je, že tento systém neomezuje dispozici místností. Podlahové vytápění je náročnější na provedení, v případě oprav je nutné vybourat podlahu.

Obrázek 25: Příklad konceptu podlahového vytápění v budově MŠ v 1.NP



Obrázek 26: Příklad z praxe: Mateřská škola v Praze Krči [33]



V mateřské škole je použito teplovodní podlahové vytápění. [33]

4.2.2. **3. varianta: Stropní vytápění**

Stropní vytápění může být provedeno následujícími způsoby, kdy bude otopná plocha s trubkami zalitými ve stropě, tvořená lamelami, vytvořena sálavými panely a pasy nebo v dutém podhledu. [17]

Jednou z možností je umístění otopné plochy ve stěnové omítce či nad sádkkartonem. Výhodou stropního systému je, že je možné jej použít ke chlazení v letních měsících. U chladicí vody je třeba brát ohled na to, aby nedocházelo k orosování potrubí. Díky sálání nedochází k víření vzduchu, čímž je vhodné pro alergiky. [17]

Vhodným řešením jsou kapilární rohože. Systém je nenáročný na provedení i na údržbu. Regulace je oproti klasickým systémům plošného vytápění až 10x rychlejší. Nízkoteplotní systém umožňuje automatickou pasivní regulaci a vyrovnávání teplot v rámci objektu. Výhodou je možné použití jak pro vytápění, tak pro chlazení objektu. [26]

Obrázek 27: Aplikace kapilárních rohoží [26]



Obrázek 28: Příklad konceptu stropního vytápění v budově MŠ v 1.NP



Další z možností je systém aktivace betonového jádra, jedná se o systém, kdy je potrubí kladeno přímo do betonové stropní konstrukce. Nároky na koordinaci a provedení jsou vysoké, v případě chybného vyrovnání a spádování by následně docházelo k neustálým problémům s vypouštěním a odvzdušňováním, od toho se odvíjí vyšší pořizovací náklady. Nevýhodou systému je, že má velkou tepelnou setrvačnost, velké změny vnitřní teploty se musí provádět dostatečně dopředu. Jsou zde omezené možnosti regulace teploty v místnostech, proto je v některých místnostech třeba zajistit doplňkové systémy vytápění. Výhodou je tepelná stabilita budovy, poměrně nízké provozní náklady, nenáročná údržba, případně možnost chlazení v letním období. [17][13]

Obrázek 29: Příklad z praxe: Nový pavilon ZŠ a ZUŠ v Líbeznicích [24]



Pro vytápění a chlazení je použit systém aktivní stropní konstrukce (TABS). Uprostřed betonové konstrukce s tl. 300 mm je umístěno potrubí pro otopnou a chladicí vodu. [24]

4.3. 4. varianta: Teplovzdušné vytápění

Při teplovzdušném vytápění se systém vzduchotechniky podílí částečně nebo úplně na pokrytí tepelné ztráty. Jednou z možností je řízené větrání s rekuperací za použití větrací jednotky s cirkulací, která by byla připojena na zdroj tepla/chladu, nejlépe tepelné čerpadlo. Bylo by tak zajištěné řízené větrání s cirkulací a díky dohřevu vzduchu je možné dodržet požadavky na vytápění. [22]

Výhodou tohoto systému je, že neomezuje dispozici místnosti a eliminuje tak možnost zranění dětí. Důležité je pak umístění přívodních a odvodních prvků a také opatření, aby nebyl systém moc hlučný. Díky cirkulaci vzduchu přes filtry je zaručená vyšší kvalita vnitřního prostředí. [22]

Nevýhodou je, že nelze u teplovzdušné vytápění regulovat teplotu a může tak docházet k tepelnému diskomfortu. Další jsou vysoké náklady na chod ventilátorů a nároky na umístění vzduchovodů. [22]

Pro školní objekt není způsob teplovzdušného vytápění vhodný, a proto s ním nebudu nadále uvažovat.

5. Možnosti větrání mateřských a základních škol

Požadavky na větrání se řídí dle vyhlášky 410/2005 Sb. ve znění vyhlášky 343/2009 Sb. se uvažuje na jednoho žáka 20-30 m³/hod.

Abychom zajistili kvalitní vnitřní prostředí škol, je třeba zajistit přísun kvalitního čerstvého vzduchu do školních místností. Mezi možné varianty patří přirozené větrání, které je dnes stále nejpoužívanější, ale nedokáže zajistit přijatelné podmínky pro uživatele. V nových školních objektech se můžeme čím dál častěji setkat s nuceným a hybridním větráním, které dokážou splnit závazné požadavky na větrání.

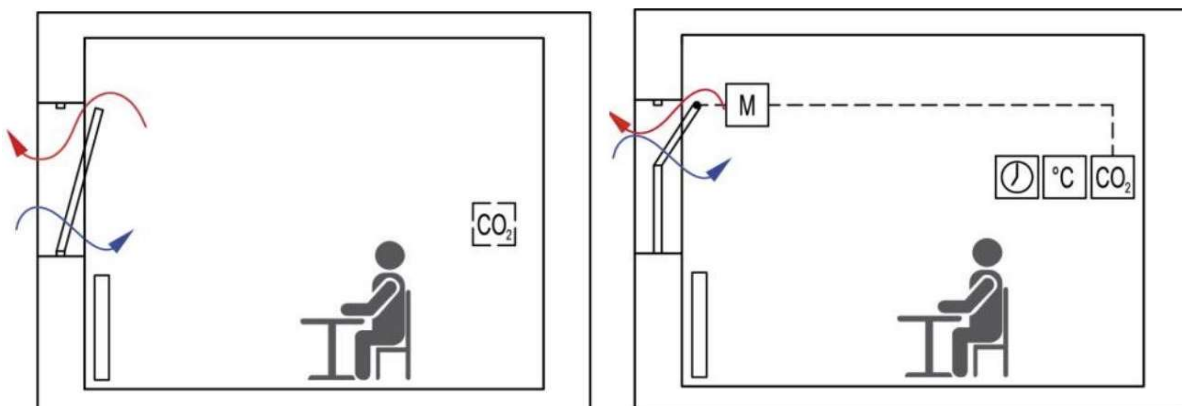
5.1. 1. varianta: Přirozené větrání

Přirozené větrání funguje na principu samovolné obměny vzduchu, která je způsobena rozdílnou teplotou (tlakem) vnitřního a venkovního vzduchu. Velkou nevýhodou je nemožnost regulace průtoku vzduchu natož filtrace a ohřev přiváděného vzduchu. Průtok vzduchu je nekontrolovatelný, nedá se zaručit obměna vzduchu v celém prostoru. V zimě dochází k velkým tepelným ztrátám s čímž souvisí určitý diskomfort v oblasti oken. Rozlišujeme dva typy, infiltraci, což je větrání netěsnými spárami oken nebo dveří, a provětrávání, což je přerušované větrání okny. [6]

Jelikož se v učebnách vyskytuje velké množství osob, není vždy možné splnit požadavek na kvalitu vnitřního prostředí. Jeho nevýhodou je, že je závislý na chování žáků a vyučujících. Nejúčinnější je větrat krátce, zato často a velkými otvory, což z bezpečnostního hlediska není ve školách mnohdy možné, na většině místech se dá otevřít pouze ventilace nebo chybí okenní kliky kvůli bezpečnosti. [6]

Pokud o větrání rozhoduje lidský faktor, mělo by být v každé učebně nainstalované čidlo CO₂. Vyučující často nedokážou rozpoznat, kdy je potřeba vyvětrat, jelikož si na prostředí lépe přivyknou, to může být problém ale pro děti, které mají oproti dospělým citlivější organismus. [6]

Obrázek 30: Schéma přirozeného větrání ručně či mechanicky otevíratelnými okny [9]



5.2. Nucené větrání

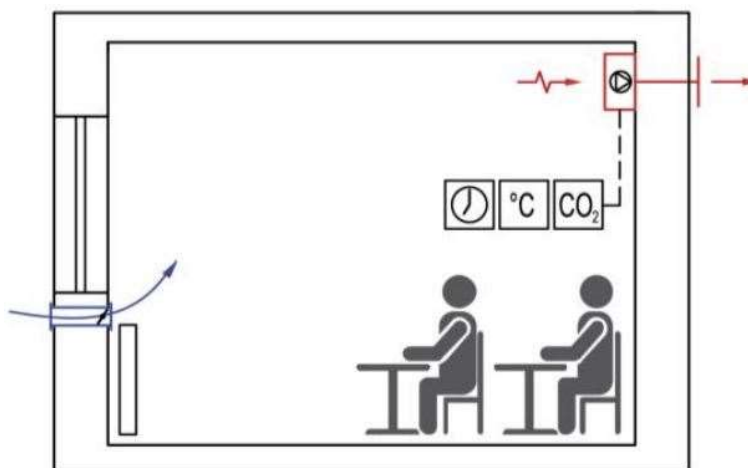
Systém nuceného větrání musí mít zajištěnou filtraci a regulaci průtoku vzduchu. Vzduchotechnická jednotka musí být vybavena filtrem, který odpovídá požadované kvalitě ovzduší.

Nucené větrání můžeme rozdělit dle tlakových poměrů neboli poměru přiváděného V_p [m^3/h] a odváděného V_o [m^3/h] průtoku vzduchu:

- podtlakové $V_o > V_p$
- rovnotlaké $V_o = V_p$
- přetlakové $V_o < V_p$ [6]

Podtlakové větrání se zpravidla používá v místnostech, kde dochází ke znehodnocení vnitřního ovzduší. Odvod vzduchu je zajištěn přes ventilátor. K vyrovnání tlaků dochází přes větrací otvory integrované v obálce budovy. Tento typ větrání není vhodné použít pro celý objekt, v zimním období dochází ke snížení tepelného komfortu v důsledku přivodu chladnějšího venkovního vzduchu. Možným řešením je přívod venkovního ohřátého vzduchu s nižším průtokem oproti odváděnému. Podtlakové nucené větrání je možné použít především v hygienických zázemích, v šatnách a jídelnách, kam bude vzduch nasáván z okolních místností skrz větrací mřížku (ve dveřích, ve zdi). [6]

Obrázek 31: Princip podtlakového větrání [9]



Nucené rovnotlaké větrání zajišťuje vyšší kvalitu vnitřního prostředí. Výměna vzduchu je zajištěna ventilátory. Každá učebna musí mít regulaci vzduchu nezávislou na ostatních učebnách. Větrací jednotka disponuje výměníkem pro zpětné získávání tepla, filtrem vzduchu, případně ohřivačem. Nucené rovnotlaké větrání je finančně náročnější, je potřeba počítat s prostory pro vzduchotechnickou jednotku a vedením vzduchovodů. Dále jsou kladeny vyšší nároky na údržbu a pravidelný servis vzduchotechnického systému. Servisní prohlídky zahrnují výměnu filtrů jedenkrát za 3 měsíce, kontrolu požárních klapek jedenkrát ročně, které musí mít zpřístupněný revizní otvor, kontrolu vzduchovodů a dále dle provozního řádu. [6]

Při výběru rekuperační jednotky je třeba brát ohled na to, jaký má typ tepelného výměníku, a to buď rekuperační nebo regenerační výměník. Výhodou rekuperačního výměníku je, že přiváděný vzduch se nijak nemísí se vzduchem odváděním, ve kterém jsou obsaženy škodliviny. Co by mohl být v zimních měsících problém, že dochází ke snižování vlhkosti vzduchu a tím se vnitřní vzduch vysouší, hodnota vlhkosti v objektu nesmí klesnout pod 30 %. V případě regeneračního výměníku tomu je naopak, na principu difuze se do přiváděného vzduchu předává vlhkost, kondenzát ale vzniká z odváděného vzduchu. Zde nastává otázka, jak moc hygienický tento způsob je, jelikož někteří odborníci zastávají názor, že se tak do objektu zpátky navrací škodliviny/pachy, což není očekávaný jev. [31]

Na školách se doporučuje mít v každé učebně svůj vlastní systém měření a regulace. Regulace bude zajištěna regulačními klapkami, které mohou být nastaveny buď dle požadavků na větrání dané místnosti (učebny) nebo mohou mít vestavěné čidlo, klapka se pak automaticky polohuje na základě získaných hodnot CO₂, teploty, vlhkosti nebo TVOC. [31]

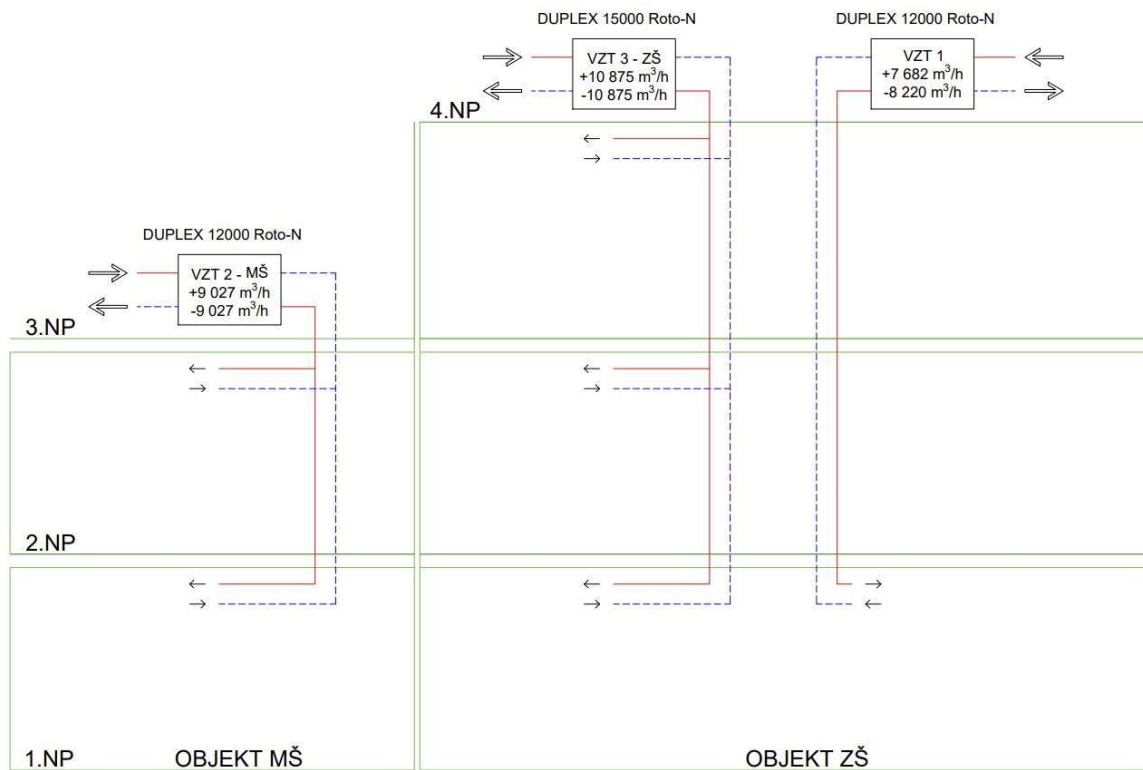
Pro nucené větrání jsem navrhla 2 varianty.

Ve 2. Variantě způsobu větrání je navržena střešní jednotka (VZT 2 pro MŠ, VZT 3 pro ZŠ), která zajišťuje přívod a odvod vzduchu. Pro vyrovnání tlaků je v místnostech s podtlakem či přetlakem umístěna větrací mřížka ve dveřích či ve zdi.

Použit je rekuperační výměník, u kterého je menší riziko vzniku netěsností a s tím spojené nižší riziko návratu škodlivin a pachů zpět do budovy.

Pro kuchyň je zajištěn vlastní systém větrání (VZT 1).

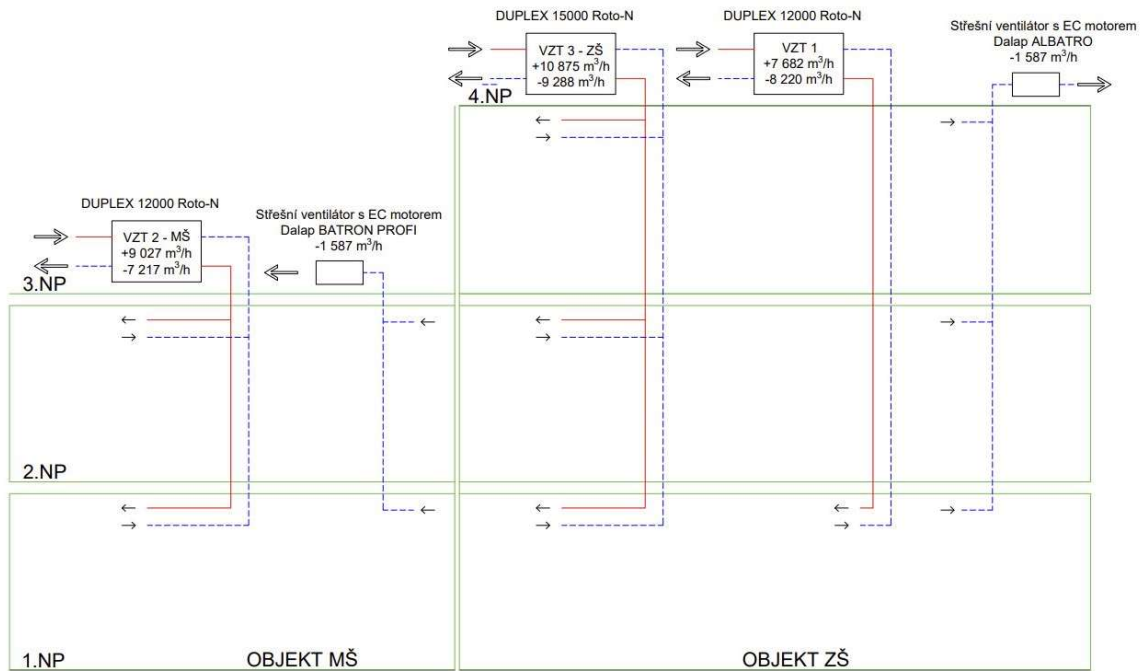
Obrázek 32: 2. varianta: Nucené větrání



Ve 3. Variantě způsobu větrání je za pomoci střešní jednotky (VZT 2 pro MŠ, VZT 3 pro ZŠ) zajištěn přívod čerstvého vzduchu a odvod vzduchu. Pro hygienická zázemí je odvod vzduchu oddělený od centrální jednotky pomocí ventilátoru umístěného na střeše. Větrání hygienického zázemí je od zbylých odděleno, aby bylo zamezeno šíření pachů a škodlivých látek, v důsledku netěsností při výměně vzduchu ve výměníku.

Pro kuchyň je zajištěn vlastní systém větrání (VZT 1).

Obrázek 33: 3. varianta: Nucené větrání

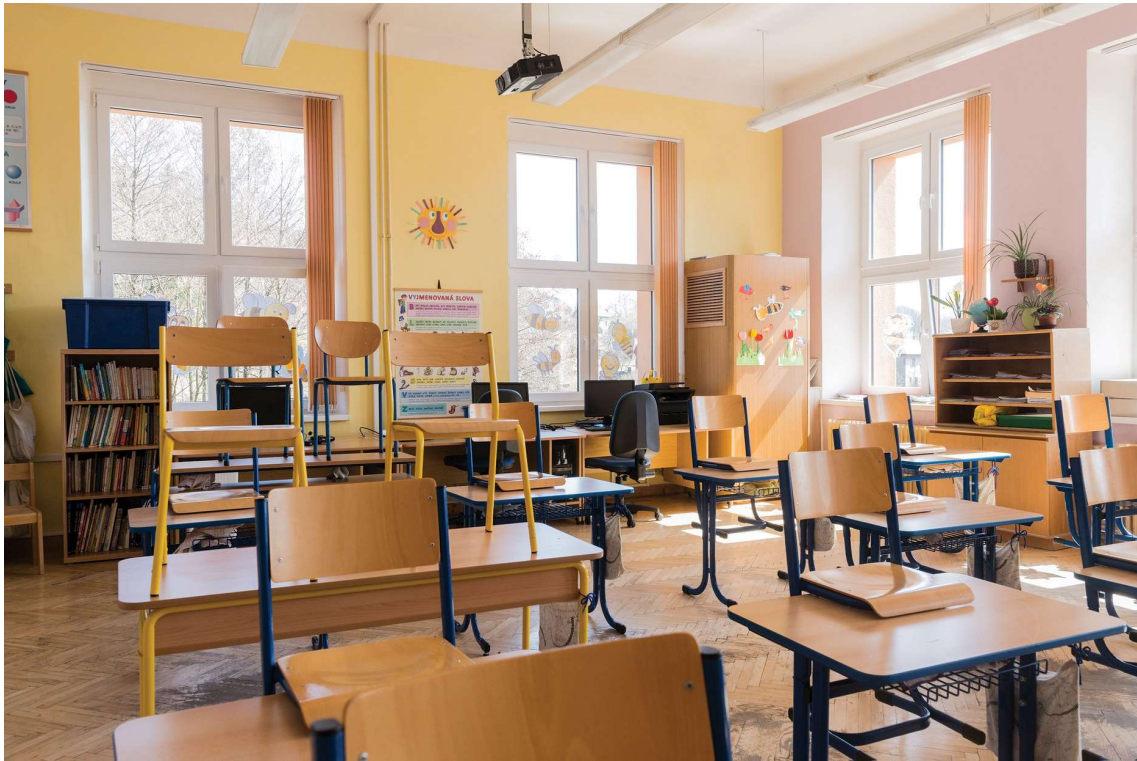


Obrázek 34: Příklad z praxe: Nový pavilon ZŠ a ZUŠ v Lízebnic [24]



V učebnách je použito nucené větrání, jednotka je vždy mimo učebnu z akustických důvodů. Jednotky jsou vybaveny výměníkem pro zpětné získávání tepla. [24]

Obrázek 35: Příklad z praxe: ZŠ Huntířov [36]



V učebně je lokální systém větrání. Jednotka je umístěna v rohu místnosti s dřevěným obložením. [36]

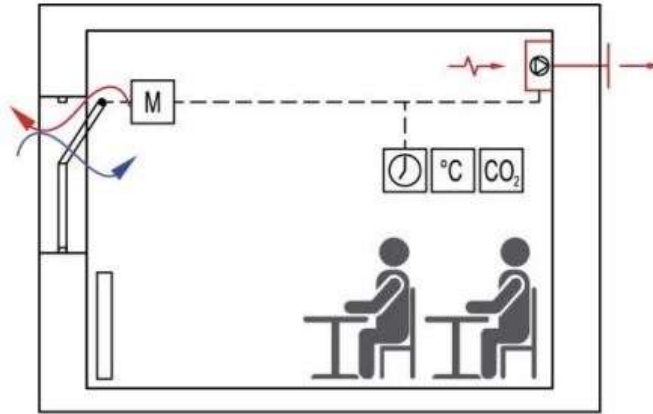
5.3. 4. varianta: Hybridní větrání

Hybridní větrání je kombinace přirozeného a nuceného podtlakového větrání. Větrání funguje ve dvou režimech. Buď jako přirozené provětrávání s mechanicky otevíratelnými okny nebo jako nucené podtlakové s odsáváním za pomoci lokálního ventilátoru. Automatická regulace je zajištěna čidlem CO₂ s kontrolou vnitřní teploty. Pokud není přirozený rozdíl tlaků dostatečný, ventilátor se automaticky zapne a pracuje jako podtlakový systém. Vždy musí být dodržena minimální výměna venkovního vzduchu. [6]

Pro hybridní větrání nelze použít zpětné získávání tepla, proto se v učebnách nedoporučuje, otopná soustava by musela nahradit tepelnou ztrátu vzniklou větráním, s čím souvisí i určitý tepelný diskomfort.

Hybridní větrání je ekonomičtější systém, který snižuje náklady na spotřebu energie díky vyšší účinnosti ventilátoru a nízkým tlakovým ztrátám. [6]

Obrázek 36: Princip hybridního větrání [9]



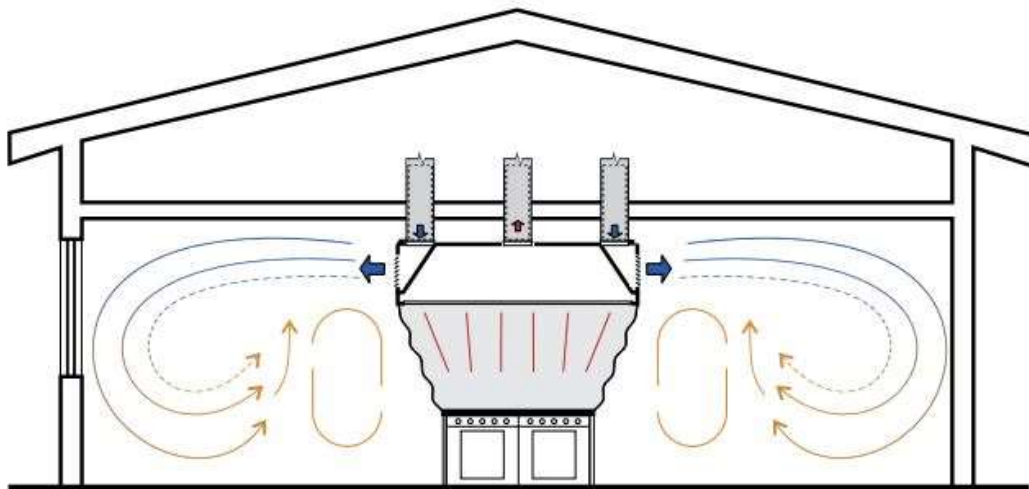
5.4. Větrání kuchyně

Dostatečné a správné větrání kuchyně je dle s ČSN EN 16282 důležité především kvůli nadměrné produkci vodních par, tepla, pachů a vzniku škodlivin. Cílem je zabránit šíření pachů do okolních místností a udržení vyhovující (únosné) kvality vnitřního prostředí. Pro návrh větrání kuchyně je potřeba znát dispoziční uspořádání, umístění, typ a výkon jednotlivých spotřebičů a množství připravovaných porcí. [23]

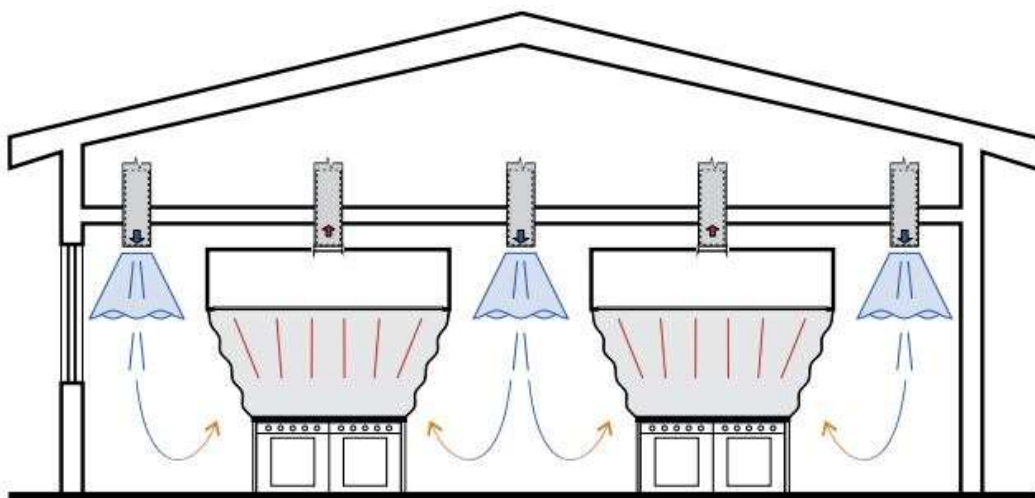
V kuchyních se využívá nucené větrání, při kterém se zásadně nepoužívá oběhový vzduch. Pro odvod vzduchu se využívají digestoře. Aby byla jejich účinnost nejvyšší, umísťují se přímo nad zdroj škodlivin, jejich součástí je vyjímatelný odlučovač tuků, pro zachycení látek vzniklých během vaření. Přívod vzduchu může být řešen buď zaplavováním (zpravidla těsně nad podlahou) nebo směřováním (přívadecí prvky na odsávacím zákrytu). Přívod musí být řešen tak, aby nedocházelo k přisávání vzduchu z prostoru mimo digestoř. [23]

Větrání kuchyně a jídelny bude řešeno samostatnou jednotkou z důvodu nadměrného vzniku škodlivin.

Obrázek 37: Například – přívod vzduchu směřováním [23]



Obrázek 38: Například – přívod vzduchu zaplavováním [23]



6. Vyhodnocení

Z popsaných variant je potřeba na základně vybraných kritérií vybrat tu nejuvhodnější. Vyhodnocení bude provedeno dle vícekritériální analýzy variant, bodovací metodou. Každému kritériu bude přiřazena určitá váha [v_i] dle jeho důležitosti, požaduje se, aby hodnoty byly normované, to znamená, že jejich součet bude roven 1. Poté se každému kritériu přiřadí body ze stupnice od 1 do 10 [b_i]. Nejvhodnější varianta bude vybrána metodou váženého součtu (WSA).

Celkové hodnocení vychází z mého subjektivního pohledu, proto by mohl kdokoli jiný dojít k odlišnému závěru.

6.1. Zdroj tepla

Kritéria hodnocení:

- **Hlučnost** – hluk případně přenášené vibrace jednotky, vliv na okolní objekty
- **Údržba** – zahrnuje četnost a náročnost údržby, čištění, revize samotného a souvisejících zařízení,
- **Proveditelnost** – náročnost na provedení a zprovoznění zařízení, kompatibilita s otopným systémem
- **Zatížení životního prostředí** – vyjadřuje vliv zdroje tepla na kvalitu ovzduší, uvolňované emise
- **Pořizovací náklady** – pořizovací náklady v návaznosti na ekonomickou efektivitu
- **Provozní náklady** – provozní náklady a zdali dojde v budoucnu k návratnosti
- **Životnost** – životnost zdroje tepla

Tabulka 7: Stanovení vah hodnotících kritérií – zdroj tepla

Ozn.	Kritérium	Body	Váha
Z1	Hlučnost	18	0,18
Z2	Údržba	15	0,15
Z3	Proveditelnost	10	0,1
Z4	Zatížení životního prostředí	22	0,22
Z5	Pořizovací náklady	12	0,12
Z6	Provozní náklady	15	0,15
Z7	Životnost	8	0,08
		Σ	1

Tabulka 8: Bodové zhodnocení – zdroj tepla

Kritérium	Váha [v _i]	TČ vzduch/voda		TČ země/voda		Plynový kotel	
		Body	$b_{ij} \cdot v_i$	Body	$b_{ij} \cdot v_i$	Body	$b_{ij} \cdot v_i$
Hlučnost	0,18	3	0,54	8	1,44	7	1,26
Údržba	0,15	7	1,05	7	1,05	8	1,2
Proveditelnost	0,1	9	0,9	3	0,3	6	0,6
Zatížení životního prostředí	0,22	9	1,98	9	1,98	5	1,1
Pořizovací náklady	0,12	6	0,72	3	0,36	8	0,96
Provozní náklady	0,15	6	0,9	8	1,2	5	0,75
Životnost	0,08	8	0,64	8	0,64	9	0,72
Užitnost		6,73		6,97		6,59	
Pořadí		2		1		3	

Vyhodnocení:

Nejvhodnějším řešením zdroje tepla ve vyhodnocení vyšlo tepelné čerpadlo země/voda. Následovalo tepelné čerpadlo vzduch/voda a nejméně vhodný vyšel plynový kondenzační kotel.

Kvůli své hlučnosti je nejméně vhodné TČ vzduch/voda, ostatní jsou mírou hluku srovnatelné. Náročnější na údržbu jsou TČ, jelikož mají více komponentů, u kterých je nutné provádět pravidelné kontroly. O něco méně údržby je zapotřebí u plynového kotle, kde je třeba provádět pravidelné revize, aby se co nejvíce předcházelo havárii. Proveditelnost je nenáročnější u TČ země/voda, jelikož je zapotřebí udělat vrty, u plynového kotle je nutné vybudovat plynovodní přípojku. Když není bráno v potaz, jakým zdrojem je zdroj elektrické energie, tak vychází TČ jako velice šetrné v životním prostředí, jelikož nevypouští do ovzduší žádné škodliviny/emise. U plynového kotle je problém, že jako palivo spotřebovává neobnovitelný zdroj energie a jeho spalováním se uvolňuje do ovzduší oxid uhličitý a vodní pára. V pořizovacích nákladech je bezpochyby nejvýhodnější plynový kotel. I když je TČ země/voda výrazně dražší oproti jiným variantám, šlo se lépe shánět peníze na provedení TČ než na jeho provoz za pomoci dotací a jiných. V provozních nákladech vede TČ země/voda. Životnost zdrojů tepla je srovnatelná.

6.2. Vytápění

Kritéria hodnocení:

- Údržba – pravidelnost a náročnost údržby
- Proveditelnost – složitost provedení a instalace
- Uživatelský komfort – pojednává o tepelném komfortu, hlučnosti systému, bezpečnosti (hrozí zranění?) ...
- Řešení interiéru – zdali neomezuje dispoziční řešení, jaký má vliv na design
- Chlazení – zdali je možné systémem vytápět i chladit

Tabulka 9: Stanovení vah hodnotících kritérií – vytápění

Ozn.	Kritérium	Body	Váha
UT1	Údržba	20	0,2
UT2	Proveditelnost	17	0,17
UT3	Uživatelský komfort	28	0,28
UT4	Řešení interiéru	22	0,25
UT5	Chlazení	10	0,1
		Σ	1

Tabulka 10: Bodové zhodnocení – vytápění

Kritérium	Váha [v _i]	Otopná tělesa		Podlahové vytápění		Stropní vytápění	
		Body	b _{ij} *v _i	Body	b _{ij} *v _i	Body	b _{ij} *v _i
Údržba	0,2	8	1,6	9	1,8	9	1,8
Proveditelnost	0,17	8	1,36	7	1,19	6	1,02
Uživatelský komfort	0,28	7	1,96	10	2,8	10	2,8
Řešení interiéru	0,22	5	1,25	10	2,5	10	2,5
Chlazení	0,1	0	0	9	0,9	10	1
Užitnost		6,17		9,19		9,12	
Pořadí		3		1		2	

Vyhodnocení:

Dle hodnocení je zřejmé, že nejlépe vyšlo podlahové a následně stropní vytápění, jako méně výhodná vyšla otopná tělesa.

Údržbou jsou systémy srovnatelné, jen otopná tělesa potřebují jednou za čas zbavit prachu. Proveditelností je o trochu náročnější plošné vytápění, u kterého jsou kladeny větší nároky na přesnost. Pro uživatele je narozdíl od OT komfortnější plošné vytápění, nejenom jiným způsobem sdílení tepla, ale také jsou pro děti bezpečnější, nehrozí jim zranění. Plošná vytápění mají určitou výhodu v tom, že neomezují jak dispozici místnosti, tak ani esteticky. Chlazení můžeme použít u obou plošných systému vytápění, pro školku ale není vhodné chladit podlahovým vytápěním, jelikož by dotyková teplota podlahy mohla být velmi nízká, což není pro děti vhodné.

6.3. Větrání

Kritéria hodnocení:

- Proveditelnost – náročnost provedení a instalace
- Uživatelský komfort – zdali bude udržen tepelný komfort, možnost nastavení dle požadavků uživatele
- Estetika – vyjadřuje jaký vliv mají vzduchotechnická zařízení na vzhled budovy
- Údržba – vyjadřuje pravidelnost a náročnost údržby zařízení zahrnující servisní prohlídky, čištění a jiné

Tabulka 11: Stanovení vah hodnotících kritérií – větrání

Ozn.	Kritérium	Body	Váha
V1	Proveditelnost	32	0,32
V2	Uživatelský komfort	40	0,4
V3	Údržba	28	0,28
		Σ	1

Tabulka 12: Bodové zhodnocení – větrání

Kritérium	Váha [v _i]	1. varianta		2. varianta		3. varianta		4. varianta	
		Body	b _{ij} *v _i	Body	b _{ij} *v _i	Body	b _{ij} *v _i	Body	b _{ij} *v _i
Proveditelnost	0,32	10	3,2	8	2,56	8	2,56	9	2,88
Uživatelský komfort	0,4	2	0,8	8	3,2	10	4	5	2
Údržba	0,28	8	2,24	8	2,24	7	1,96	7	1,96
Užitnost		6,24		8		8,52		6,84	
Pořadí		4		2		1		3	

Vyhodnocení:

Jednoznačně vyšla nejvýhodnější varianta nuceného větrání s odděleným odvodem vzduchu pro hygienická zázemí.

U přirozeného a hybridního větrání není možné dosáhnout uživatelského komfortu. Proto jsem se rozhodovala především mezi dvěma variantami nuceného větrání. Obě varianty jsou srovnatelné. Rozdílem je, že u druhé varianty může docházet k návratu znehodnoceného vzduchu zpět do vnitřního prostředí, především pachy, což není žádoucí. Proto vyšla jako nejvýhodnější 3. varianta, kde je snaha tomuto předejít odděleným odtahem znehodnoceného vzduchu.

7. Koncept vytápění a větrání budovy školy

7.1. Koncept větrání

V objektu MŠ a ZŠ je navrženo nucené větrání dle 3. varianty.

V každé učebně je umístěno čidlo CO₂ na základě, kterého bude nastavena regulace průtoku vzduchu. Regulátor průtoku vzduchu bude umístěn u vstupu do každé učebny.

Tlumiče hluku jsou umístěny za vzduchotechnickou jednotkou a ventilátorem. Dále jsou umístěny na odbočkách mezi učebnami, aby bylo zamezeno šíření hluku mezi učebnami.

Vzhledem k umístění technické místnosti a šachty je technická místnost řešena jako samostatný požární úsek. Potrubí je v těchto místech opatřeno požárními klapkami.

Kuchyň bude mít svou vlastní vzduchotechnickou jednotku pro výměnu vzduchu s mírným podtlakem (95-97 %).

Podrobné řešení výkresů viz přílohy:

- D.1.4.1.01 Vzduchotechnika – GENEREL – Půdorys 1. NP
- D.1.4.1.02 Vzduchotechnika – GENEREL – Půdorys 2. NP
- D.1.4.1.03 Vzduchotechnika – GENEREL – Půdorys 3. NP
- D.1.4.1.04 Vzduchotechnika – GENEREL – Půdorys střechy objekt ZŠ

7.2. Koncept vytápění

Vytápění mateřské a základní školy je zajištěno pomocí tepelného čerpadla země/voda WPE-I 33 S Premium o výkonu 42 kW, která bude umístěna v technické místnosti v 1.NP v budově ZŠ. Do budovy MŠ budou rozvody vedeny kolektorem.

V objektu ZŠ je navržen zásobník teplé vody SHW 300 S. V objektu MŠ je navržen lokální zásobník teplé vody SHW 200 S.

Vytápění v mateřské škole je řešeno podlahovým vytápěním. Vzhledem k tomu, že děti jsou v létě převážně venku a teplota podlahy nesmí klesnout pod teplotu 18°C, není chlazení podlahovým vytápěním uvažováno.

V budově ZŠ je vytápění v oblasti kuchyně a jídelny zajištěno otopnými tělesy KORADO Radik VK nebo Koralux Linear Max-M. Ve zbytku objektu je řešeno stropním vytápěním pomocí kapilárních rohoží, u kterého je možné použití pasivního chlazení v letním období.

Řešení osvětlení v případě stropního vytápění je možné závěsnými svítidly.

Podrobné řešení výkresů viz přílohy:

- D.1.4.2.01 Vytápění – GENEREL – Půdorys 1. NP
- D.1.4.2.02 Vytápění – GENEREL – Půdorys 2. NP
- D.1.4.2.03 Vytápění – GENEREL – Půdorys 3. NP
- D.1.4.2.04 Vytápění – GENEREL – Půdorys střechy

ZÁVĚR

Cílem mé bakalářské práce bylo navrhnout vhodný koncept větrání a vytápění pro objekt mateřské a základní školy a na základě konceptu vytápění vypracovat projektovou dokumentaci pro provedení stavby.

V rámci rešerše jsem se zabývala základními požadavky na vnitřní prostředí školy. Dále jsem rozebrala možné zdroje tepla a vhodné způsoby vytápění a větrání objektu školy. Poté jsem dle vícekriteriální analýzy vybrala nejvhodnější varianty. Na základě analýzy vyšel jako nejvhodnější nízkoteplotní zdroj tepla tepelné čerpadlo země/voda. Pro objekt MŠ je zvoleno podlahové vytápění a v objektu ZŠ je zvolena kombinace stropní vytápění a otopných těles. Jako nejvhodnější vyšla třetí varianta nuceným větráním s odděleným odtahem vzduchu z hygienických zázemí.

V další části jsem zpracovala koncept větrání a vytápění dle vybraných variant. V rámci konceptu větrání jsem stanovila množství větraného vzduchu, navrhla jsem distribuční prvky a vzduchotechnická zařízení.

Pro vytápění jsem dále zpracovala projektovou dokumentaci pro provedení stavby. Obsahem projektu je výpočet tepelných ztrát a zisků (pro objekt ZŠ), výpočet potřeby tepla, výpočet podlahového vytápění, výpočet stropního vytápění a chlazení, návrh otopných těles, hydraulický výpočet otopné soustavy a její zaregulování, výkresová dokumentace, technická zpráva.

Seznam použitých pramenů a literatury

- [1] Státní zdravotní ústav Vnitřní prostředí školy. Národní zdravotnický informační portál. <https://www.nzip.cz/clanek/430-vnitri-prostredi-skoly> (accessed Feb 20, 2023).
- [2] Syndrom nemocných/nezdravých budov (SBS). Příznaky, faktory, prevence a kontrola. BOZP.cz. <https://www.bozp.cz/aktuality/syndrom-nemocnych-budov/> (accessed Feb 27, 2023).
- [3] Vnitřní prostředí budov. ABS Portal. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/vetrani-a-klimatizace/vnitri-prostredi-budov> (accessed Feb 27, 2023).
- [4] Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých. Zákony pro lidi. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2005-410#f2954240> (accessed Feb 20, 2023).
- [5] Vyhláška č. 343/2009 Sb., 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. Zákony pro lidi. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-343> (accessed Feb 20, 2023).
- [6] ZMRHAL, Vladimír. Větrání škol v souvislostech. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 9788002027188.
- [7] Mathauserová, I. Z. Hygienické požadavky na vnitřní prostředí staveb, 2013. TZB info. <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb> (accessed Feb 20, 2023).
- [8] Větrání škol. TZB-info. <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol> (accessed Feb 20, 2023).
- [9] Metodický pokyn pro návrh větrání škol pro SC 5.1 a SC 5.3, PO5, OPŽP, Výzva č. 121 a 135. Operační program Životního prostředí. https://opzp.cz/files/documents/storage/2019/05/02/1556778066_Metodick%C3%BD%20pokyn%20pro%20n%C3%A1vrh%20v%C4%9Btr%C3%A1n%C3%AD%20C5%A1kol_SC%205.1_121.v%C3%BDzva.pdf (accessed Feb 20, 2023).
- [10] TZB Haustechnik 01/2018. Jaga media, s.r.o.. <https://www.jagamedia.cz/portfolio/tzb-haustechnik-012018/> (accessed Feb 27, 2023).

- [11] Typy tepelných čerpadel. IVT Tepelná čerpadla s.r.o. <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel> (accessed Feb 20, 2023).
- [12] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při prác. Zákony pro lidi. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361> (accessed March 06, 2023).
- [13] Topení a chlazení s betonem. ASB Portal. <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/zaklady-a-hruba-stavba/cement-a-beton/topeni-achlazenisbetonem> (accessed Feb 28, 2023).
- [14] Správné důvody pro modernizaci topení a využití efektivní plynové kondenzační techniky. Viessmann, spol. s r.o.. <https://www.viessmann.cz/cs/obytno-budovy/ktery-topny-system/plynova-kondenzacni-technika.html> (accessed Feb 22, 2023).
- [15] FOTOVOLTAIKA A FOTOTERMIKA - POROVNÁNÍ. Československá společnost pro sluneční energii (ČSSE). <http://www.solarnispolecnost.cz/cz/fotovoltaika-a-fototermika-porovnani> (accessed Feb 27, 2023).
- [16] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby. Zákony pro lidi. <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268> (accessed Feb 27, 2023).
- [17] BAŠTA, Jiří. Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 9788024735245.
- [18] RADIK MATERNELLE VK. Korado. <https://www.korado.cz/radik-maternelle-vk> (accessed Feb 26, 2023).
- [19] Flotex je dokonalá kombinace koberce a vinylu nejen do dětského pokoje. Dobré podlahy. <https://www.dobrepodlahy.cz/flotex-je-dokonala-kombinace-koberce-a-vinylu-nejen-do-detskeho-pokoje/> (accessed Feb 26, 2023). Seznam použitých tabulek
- [20] SPRÁVNÝ TEPLOTNÍ SPÁD TOPNÉHO SYSTÉMU PRO TEPELNÉ ČERPADLO. Projektuj tepelná čerpadla. <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/spravny-teplotni-spad-topneho-systemu-pro-tepelne-cerpadlo> (accessed March 12, 2023).
- [21] Zákaz používání kotlů na tuhá paliva až v roce 2024? Vyměnit všechna stará zařízení se ani tak nestihne. TZB info. <https://vytapani.tzb-info.cz/vymeny-kotlu/23904-zakaz-pouzivani-kotlu-na-tuha-paliva-az-v-roce-2024> (accessed March 12, 2023).

[22] Teplovzdušné vytápění s rekuperací tepla. Rekuperace-cb. https://rekuperace-cb.cz/?page_id=67 (accessed Feb 26, 2023).

[23] Základní principy větrání kuchyní. Atrea. file:///C:/Users/janak/Downloads/vetrani_komercnich_kuchyni_podle_csn_en_16282_cz_2021_07.pdf (accessed Feb 26, 2023).

[24] doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D. Nový pavilon ZŠ a ZUŠ v Líbeznicích aneb ve škole se musí větrat. Časopis stavebnictví. <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-novy-pavilon-zs-a-zus-v-libeznicich-aneb-ve-skole-se-musi-vetrat.html> (accessed Feb 22, 2023).

[25] VYTÁPĚNÍ ŠKOLY TICHÝM TEPELNÝM ČERPADLEM VZDUCH/VODA. Projektuj tepelná čerpadla. <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/cz/reference/23.vytapeni-skoly-tichym-tepelnym-cerpadlem-vzduch-voda> (accessed Feb 22, 2023).

[26] Kapilární rohože. Infraclima. <https://www.infraclima.cz/kapilarni-rohoze/> (accessed March 22, 2023).

[27] O vytápění biomasou od A až do Z. TZB info. <https://oze.tzb-info.cz/vytapeni-peletami/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z> (accessed March 12, 2023).

[28] Pravidla pro žadatele a příjemce podpory v Operačním programu Životní prostředí pro období 2021-2027. Operační program Životního prostředí. [file:///C:/Users/janak/Downloads/1673979983_PrZaP21_verze_03_2clean%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/janak/Downloads/1673979983_PrZaP21_verze_03_2clean%20(1).pdf) (accessed March 12, 2023).

[29] Komunitní energetika. Ministerstvo životního prostředí. https://www.mzp.cz/cz/komunitni_energetika (accessed March 29, 2023).

[30] Schneider Electric představuje projekt MicroGrid Olomouc. TZB info. <https://elektro.tzb-info.cz/129719-schneider-electric-predstavuje-projekt-microgrid-olomouc> (accessed March 29, 2023).

[31] Systémy větrání pro školní budovy. Systemair. https://www.systemair.com/fileadmin/user_upload/systemair-b2b/Local/Czech_Republic/Catalogues/00_Aplication/Skolni_systemy-EL_CZ_11.2020_web.pdf (accessed March 12, 2023).

[32] Bašta, J.: Otopné plochy. Praha: Ediční středisko ČVUT, 2001. 328 s. ISBN 80-01-02365-6.

[33] MATEŘSKÁ ŠKOLA V PRAZE KRČI. ArchTV. <https://www.archtv.cz/projekty-2/skoly-2/item/194-materska-skola-v-praze-krci> (accessed Feb 27, 2023).

[34] ZŠ Kunratice. BOMART projekční kancelář. <https://bomart.cz/reference/zs-kunratice/> (accessed March 12, 2023).

[35] Podlahové vytápění. E-topení. <https://www.e-topeni.eu/sluzby/podlahove-vytapeni> (accessed Feb 27, 2023).

[36] Reference: Decentrální systém větrání v ZŠ Huntířov. TZB info. <https://vetrani.tzb-info.cz/123211-reference-decentralni-system-vetrani-v-zs-huntirov> (accessed Feb 27, 2023).

[37] Solární technologie: Co je lepší pro vaši domácnost, fotovoltaické panely nebo solární kolektory. Solární systémy Kocián. <https://solarni-ohrev-vody.cz/clanky/je-lepsi-fotovoltaika-nebo-solarni-kolektory> (accessed Feb 28, 2023).

Seznam použitých obrázků

OBRÁZEK 1: VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV [3]	10
OBRÁZEK 2: VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV [3]	10
OBRÁZEK 3: VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV [3]	10
OBRÁZEK 4: VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV [3]	10
OBRÁZEK 5: PŮDORYS 1.NP MŠ (VLEVO) A ZŠ (VPRAVO).....	14
OBRÁZEK 6: PŮDORYS 2.NP MŠ (VLEVO) A ZŠ (VPRAVO).....	14
OBRÁZEK 7: PŮDORYS 3.NP ZŠ S LEGENDOU	15
OBRÁZEK 8: SITUACE ŘEŠENÉHO OBJEKTU	15
OBRÁZEK 9: SCHÉMA ZAPOJENÍ TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA.....	18
OBRÁZEK 10: PŘÍKLAD Z PRAXE: ZŠ NETOLICE [25].....	18
OBRÁZEK 11: NÁVRH TČ VZDUCH/VODA DLE PROGRAMU OD FIRMY STIEBEL ELTRON	19
OBRÁZEK 12: SCHÉMA ZAPOJENÍ TEPELNÉHO ČERPADLO ZEMĚ/VODA (ZEMNÍ VRTY)	20
OBRÁZEK 13: NÁVRH TČ ZEMĚ/VODA DLE PROGRAMU OD FIRMY STIEBEL ELTRON.....	21
OBRÁZEK 14: PŘÍKLAD Z PRAXE: NOVÝ PAVILON ZŠ A ZUŠ V LÍBEZNICÍCH [24]	21
OBRÁZEK 15: SCHÉMA ZAPOJENÍ PLYNOVÉHO KOTLE.....	22
OBRÁZEK 16: ODHAD CENY NEREZOVÉHO KOMÍNU OD FIRMY SCHIEDEL	23
OBRÁZEK 17: PŘÍKLAD Z PRAXE: ZŠ KUNRATICE [34].....	24
OBRÁZEK 18: DŘEVĚNÉ PELETY.....	25
OBRÁZEK 19: DŘEVĚNÉ BRIKETY.....	25
OBRÁZEK 20: TEPELNÉ TOKY A POVRCHOVÉ TEPLoty DLE OTOPNÉ PLOCHY [16].....	26
OBRÁZEK 21: ILUSTRACNÍ OBR.: RADIK MATERNELLE VK – OT VHODNÉ DO MATEŘSKÉ ŠKOLY [18]	27
OBRÁZEK 22: Vliv ZAKRYTÍ OTOPNÉHO TĚLESA NA VÝKON [32].....	27
OBRÁZEK 23: MOŽNÝ KONCEPT UMÍSTĚNÍ OTOPNÝCH TĚLES V BUDOVĚ MŠ V 1.NP	28
OBRÁZEK 24: SKLADBA PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ SE SYSTÉMOVOU DESKOU [35]	29
OBRÁZEK 25: PŘÍKLAD KONCEPTU PODLAHOVÉHO VYTÁPĚNÍ V BUDOVĚ MŠ V 1.NP.....	30
OBRÁZEK 26: PŘÍKLAD Z PRAXE: MATEŘSKÁ ŠKOLA V PRAZE KRČI [33]	30
OBRÁZEK 27: APLIKACE KAPILÁRNÍCH ROHOŽÍ [26]	31
OBRÁZEK 28: PŘÍKLAD KONCEPTU STROPNÍHO VYTÁPĚNÍ V BUDOVĚ MŠ V 1.NP	32
OBRÁZEK 29: PŘÍKLAD Z PRAXE: NOVÝ PAVILON ZŠ A ZUŠ V LÍBEZNICÍCH [24]	33
OBRÁZEK 30: SCHÉMA PŘIROZENÉHO VĚTRÁNÍ RUČNĚ ČI MECHANICKY OTEVÍRATELNÝMI OKNY [9]	34
OBRÁZEK 31: PRINCIP PODTLAKOVÉHO VĚTRÁNÍ [9].....	35
OBRÁZEK 32: 2. VARIANTA: NUCENÉ VĚTRÁNÍ	37
OBRÁZEK 33: 3. VARIANTA: NUCENÉ VĚTRÁNÍ	38
OBRÁZEK 34: PŘÍKLAD Z PRAXE: NOVÝ PAVILON ZŠ A ZUŠ V LÍBEZNIC [24]	38
OBRÁZEK 35: PŘÍKLAD Z PRAXE: ZŠ HUNTÍŘOV [36]	39
OBRÁZEK 36: PRINCIP HYBRIDNÍHO VĚTRÁNÍ [9]	40
OBRÁZEK 37: NAPŘÍKLAD – PŘÍVOD VZDUCHU SMĚŠOVÁNÍM [23].....	40
OBRÁZEK 38: NAPŘÍKLAD – PŘÍVOD VZDUCHU ZAPLAVOVÁNÍM [23].....	41

Seznam použitých tabulek

TABULKA 1: POŽADAVKY NA TEPELNÝ STAV PROSTŘEDÍ DLE VYHLÁŠKY Č. 343/2009 SB. [5] -----	10
TABULKA 2: MNOŽSTVÍ PŘIVÁDĚNÉHO VZDUCHU VE ŠKOLNÍCH ZAŘÍZENÍCH [5] -----	11
TABULKA 3: POŽADAVKY NA VĚTRÁNÍ DLE PŘEDPISŮ [6] -----	11
TABULKA 4: MINIMÁLNÍ PRŮTOK VZDUCHU DLE BILANCE CO ₂ A STÁŘÍ ŽÁKŮ [6] -----	11
TABULKA 5: VLIV CO ₂ NA ČLOVĚKA PŘI URČITÝCH KONCENTRACÍCH [6][7] -----	12
TABULKA 6: PRODUKCE TEPLA A VODNÍ PÁRY [6] -----	13
TABULKA 7: STANOVENÍ VAH HODNOTÍCÍCH KRITÉRIÍ – ZDROJ TEPLA -----	42
TABULKA 8: BODOVÉ ZHODNOCENÍ – ZDROJ TEPLA -----	43
TABULKA 9: STANOVENÍ VAH HODNOTÍCÍCH KRITÉRIÍ – VYTÁPĚNÍ -----	44
TABULKA 10: BODOVÉ ZHODNOCENÍ – VYTÁPĚNÍ -----	44
TABULKA 11: STANOVENÍ VAH HODNOTÍCÍCH KRITÉRIÍ – VĚTRÁNÍ -----	45
TABULKA 12: BODOVÉ ZHODNOCENÍ – VĚTRÁNÍ -----	45