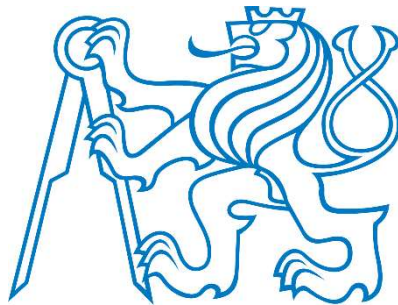


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**VYTÁPĚNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY
V PRŮHONICÍCH**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TEREZA LUŇÁKOVÁ

Vedoucí bakalářské práce :

Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

2017/2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Luňáková Jméno: Tereza Osobní číslo: 438055
Zadávající katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Vytápění mateřské školy v Průhonicích

Název bakalářské práce anglicky: Heating of a nursery school in Průhonice

Pokyny pro vypracování:

Teoretická část:

Vnitřní prostředí v mateřských školách se zaměřením na vytápění a větrání.

Praktická část:

Projektová dokumentace systému vytápění v zadaném rozsahu. Výpočet tepelných ztrát, návrh otopné soustavy a zdroje tepla. Hydraulické výpočty a výkresová dokumentace (půdorysy, schéma otopné soustavy a zdroje), technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Otília Lulkovičová a kolektiv - Zdroje tepla a domovní kotelny

Skripta:

Kabele a kol. : Technická zařízení budov 1 ČVUT

Papež, Vyoralová, Marková, Garlík, Jokl: Energetické a ekologické systémy budov 2. Vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace, umělé osvětlení.

Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Stanislav Frolík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 05.03.2018 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.05.2018

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“.

5.3.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení:

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

V Praze,

Tereza Luňáková

.....

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Stanislavovi Frolíkovi Ph.D. za jeho odborné rady a ochotu při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům za podporu při celém bakalářském studiu.

Obsah

1	Úvod	8
2	Vnitřní prostředí	8
2.1	Složky vnitřního prostředí	9
2.1.1	Tepelně vlhkostní mikroklima	9
2.1.2	Toxické mikroklima	10
2.1.3	Mikrobiální mikroklima	10
2.1.4	Světelné a psychické mikroklima	11
2.1.5	Akustické mikroklima	11
2.1.6	Aerosolové mikroklima	11
2.1.7	Odérové mikroklima	11
2.1.8	Ionizační mikroklima	12
2.1.9	Elektromagnetické mikroklima	12
2.1.10	Elektrostatické mikroklima	13
2.1.11	Elektroiontové mikroklima	13
2.2	Vnitřní prostředí v mateřských školách	13
3	Větrání	14
3.1	Přirozené větrání	14
3.1.1	Infiltrace	14
3.1.2	Provětrávání	15
3.1.3	Aerace	15
3.1.4	Šachtové větrání	16
3.2	Nucené větrání	16
3.2.1	Podtlakové větrání	16
3.2.2	Přetlakové větrání	17
3.2.3	Rovnotlaké větrání	18
3.2	Hybridní větrání	19
3.3	Větrání v mateřské škole	19
4	Vytápění	21
4.1	Otopná tělesa	21
4.2	Konvektory	22
4.3	Velkoplošné vytápění	22
4.3.1	Podlahové vytápění	22
4.3.2	Stropní vytápění	24

4.3.2.1	Stropní plochy s trubkami zalitými ve stropě	24
4.3.2.2	Otopné plochy tvořené lamelami	24
4.3.2.3	Otopné plochy tvořené sálavými panely a pasy.....	25
4.3.2.4	Otopné plochy v dutém podhledu.....	25
4.3.3	Stěnové otopné plochy.....	25
4.4	Vytápění v mateřských školách	26

Anotace:

Tato bakalářská práce se v teoretické části zabývá vnitřním prostředím budov se zaměřením na mateřské školy. Je rozdělena na tři části. V první části krátce popisuje jednotlivé složky vnitřního prostředí a jejich vliv na naše zdraví. V druhé části jsou vypsány jednotlivé možnosti větrání v budovách s požadavky na větrání mateřských škol. Třetí část obsahuje druhy vytápění budov a požadavky na vytápění mateřských škol. V projektové části bakalářské práce je zpracován projekt vytápění mateřské školy v Průhonicích. Jedná se o dvoupodlažní budovu vytápěnou otopnými tělesy a podlahovým vytápěním. Projektová dokumentace obsahuje technickou zprávu, výpočty, technické listy a výkresovou dokumentaci.

Klíčová slova:

Vnitřní prostředí, složky vnitřního prostředí, větrání, vytápění, mateřská škola

Abstract:

This bachelor thesis in the theoretical part deals with the indoor environment of buildings with a focus on nursery schools. It is divided into three parts. In the first part briefly describes the individual components of the internal environment and their impact on our health. In the second part are listed different options for ventilation in buildings with requirements for ventilation of nursery schools. The third part contains types of heating of buildings and requirements for heating of nursery schools. In the project part of the bachelor thesis is processed the project of heating in the nursery school in Průhonice. This is a two-story building heated by heating units and underfloor heating. Project documentation includes a technical report, calculations, technical data sheets and technical documentation.

Key words:

Indoor environment, components of the indoor environment, ventilation, heating, nursery school

1 Úvod

Člověk dnes tráví většinu svého času uvnitř budovy, je tedy důležité se zabývat problematikou vnitřního prostředí. Především jeho vlivem na naše zdraví a psychiku. V dnešní době chceme mít co nejekonomičtější budovu a proto jsou kladené vysoké nároky na tepelně technické vlastnosti budovy. Spolu s těmito vlastnostmi, ale rostou požadavky na větrání interiéru, protože se vzduch nedokáže vyměňovat přirozeně netěsností obálky budovy jako tomu bylo doposud. V této části bakalářské práce bych chtěla krátce popsat jednotlivé složky vnitřního prostředí a jejich vliv na naše zdraví. Částečně se zaměřenit na mateřské školy, jejich větrání a vytápění, jelikož v České republice je větrání škol dosti opomíjené. Většina škol je nově vybavena těsnými okny a nově zateplena. Větrání však stále probíhá pouze přirozeně lidským faktorem. V zimě se tedy větrání omezuje na minimum a určitě není zajištěn přísun vzduchu podle vyhlášky 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. [1] Vnitřní prostředí pak není vyhovující a může docházet ke zdravotním problémům u dětí.

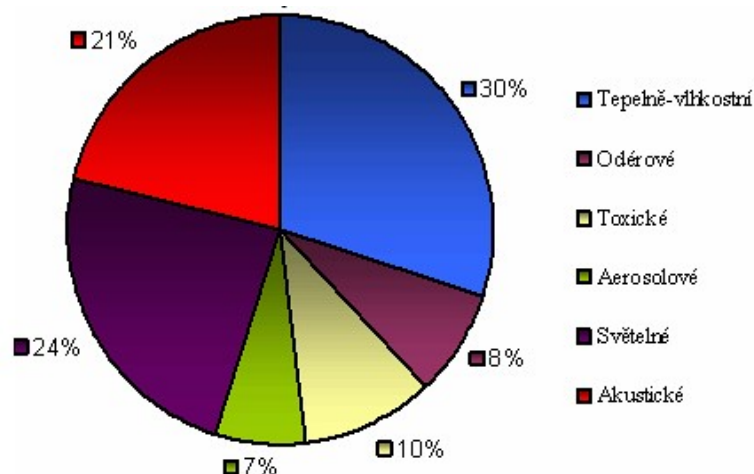
2 Vnitřní prostředí

Vnitřní prostředí je složeno z několika složek, které nám ovlivňují jeho kvalitu.

Mezi tyto složky patří:

- Tepelně vlhkostní mikroklima
- Toxické mikroklima
- Mikrobiální mikroklima
- Světelné a psychické mikroklima
- Akustické mikroklima
- Aerosolové mikroklima
- Odérové mikroklima
- Ionizační mikroklima
- Elektromagnetické mikroklima
- Elektrostatické mikroklima
- Elektroiontové mikroklima[2]

Pro všechny tyto složky máme v normách zadané požadavky. Díky jejich dodržení můžeme vytvořit kvalitní prostředí, ve kterém se budeme cítit dobře.



Obrázek 1: Průměrné podíly složek vnitřního prostředí [3]

2.1 Složky vnitřního prostředí

2.1.1 Tepelně vlhkostní mikroklima

Tepelně vlhkostní mikroklima je tvořeno vlhkostními a tepelnými toky, které mají vliv na tepelnou pohodu člověka. Tepelná pohoda je takový stav vnitřního prostředí, při němž se cítíme co nejlépe. Tento stav je ovlivňován činností člověka, tepelným odporem oděvu, teplotou vzduchu, střední radiční teplotou, rychlostí proudění vzduchu a relativní vlhkostí vzduchu. [4] Zdrojem tepla je člověk sám o sobě, teplo vytváří svými játry. Množství sděleného tepla závisí na jeho věku a pohlaví. Ženy obecně produkují méně tepla než muži. Spolu s tělesnou aktivitou člověka roste metabolické teplo.

Tabulka 1: Metabolické teplo při různých aktivitách [5]

Druh činnosti		M	
		(met)	(Wm ⁻²)
Odpočinek	Spánek	0	0
	Sezení klidné	0.3	18
	Stání uvolněné	0.5	29
Chůze na rovině (m/s)	0.89	1.3	76
	1.34	1.9	111
	1.79	3.1	181

Činností člověka jako je například sušení prádla, sprchování, vaření a pěstování rostlin vzniká v interiéru vodní pára, zdrojem vodní páry je také sám člověk.

Tabulka 2: Zdroje vodní páry v interiéru [5]

Druh zdroje – činnost		Množství páry (g/h)
Člověk	Lehká činnost	30 – 60
	Středně těžká práce	120 – 200
	Těžká práce	200 – 300
Koupelna	S vanou	500 – 700
	Se sprchou	2500 – 2600
Kuchyň	Při vaření	600 – 1500
	Průměrně denně	100 – 150
Sušení prádla	Odstředěného	50 – 200
	Mokrého	100 – 200
Bazén (vodní plochy)		40 – 50
Rostliny	Pokojevé	5 – 10
	V květináči	7 – 15
	Fikus středně velký	10 – 20
	Vodní rostliny	6 – 8
	Malé stromy (2-3 m)	2 – 4
	Vzrostlé stromy	2 – 3

Tepelnou pohodu zajišťujeme pomocí zařízení upravující teplotu a vlhkost vzduchu. Tepelná pohoda je velmi důležitá, ovlivňuje produktivitu práce. Při nízké nebo naopak vysoké teplotě klesá naše produktivita. [2]

Tepelně vlhkostní mikroklima tedy závisí na vnějším prostředí, tepelně technických vlastnostech budovy, způsobu větrání a vytápění, množství a činnosti lidí, tepelné zátěži prostoru a osvětlení. Velký vliv mají okna, kterými v zimě uniká velké množství tepla z interiéru a v létě naopak okny přichází teplo z exteriéru. [4]

2.1.2 Toxické mikroklima

Toxické mikroklima je tvořeno toxickými látkami ve vzduchu. Tyto látky nemusejí mít žádný zápach jako například oxid uhelnatý. Do vnitřního prostředí se dostávají z exteriéru, uvolňují se z materiálů nebo jsou produktem člověka. Plyny vnikající do interiéru z venkovního prostředí jsou především produkty benzínových motorů, spalování fosilních paliv obsahujících síru nebo oxidy dusíku vzniklé při hoření. Oxidy dusíku a uhlíku spolu s vodní parou vytvářejí v atmosféře kyseliny, díky kterým vznikají kyselé deště. Tyto deště mají negativní dopad na stavební materiály. Toxické látky dále vytvářejí smog. Ten ke svému vzniku potřebuje ultrafialové záření. To znamená, že největší nárůst smogu bude v poledních a počátku odpoledních hodin. Oxid uhelnatý v interiéru převážně vzniká spalovacími procesy jako je kouření cigaret, různá lokální topidla a spalovacími motory automobilů. Plynové spotřebiče kategorie A, tedy bez odvodu spalin, vytvářejí kromě CO ještě oxidy dusíku. Ozón v interiéru vzniká hlavně laserovými tiskárnami a fotokopírovacími stroji. [2] Látky uvolňované z materiálů uvnitř budovy se nazývají těkavé organické látky. Patří mezi ně například formaldehyd, toluen, benzen a další. Tyto látky při krátké expozici většinou pouze dráždí sliznice, zhoršují dýchání, způsobují bolesti hlavy nebo astma. Při dlouhodobém působení jsou však pro člověka nebezpečné, jelikož většina z nich je karcinogenní. [6]

2.1.3 Mikrobiální mikroklima

Mezi mikroby nebo-li bioaerosoly patří viry, bakterie, plísňe a jejich spóry o průměru 0,1 až 100 μm . Do interiéru se dostávají z vnějšího prostředí, ze stavebních konstrukcí nebo jsou produkovány člověkem. Mikroby se také mohou šířit vzduchotechnickým zařízením. Vzduch, který cirkulujeme může obsahovat mikroby, které nám způsobují astma, nachlazení, dýchací problémy, angínové bolení v krku nebo ucpaný nos či řídkou rýmu. Některé mikroorganismy mohou být i karcinogenní. Příčinou je nepravdivé čištění filtrů, díky čemuž může dojít ke zpětnému přenosu mikroorganismů do interiéru nebo v případě vlhkého filtru dochází k množení plísní. U člověka mohou být přenášeny jeho kůží a oděvem nebo při kašli, kýchání a mluvení. Lidé jsou asi největším zdrojem mikroorganismů patogenních pro člověka. Mikroorganismy pro svůj vznik a růst potřebují vodu, kyslík a živiny. Zabránění růstu mikrobů můžeme tedy zajistit vhodnou relativní vlhkostí ve vnitřním prostředí. [2]

Tabulka 3: Kritérium koncentrace bakterií a plísní v ovzduší obytných místností [7]

Kategorie znečištění	Bakterie (KTJ/ m ³)	Plísňe (KTJ/ m ³)
Velmi nízké	< 50	< 25
Nízké	< 100	< 100
Střední	< 500	< 500
Vysoké	< 2 000	< 2 000
Velmi vysoké	> 2 000	> 2 000

2.1.4 Světelné a psychické mikroklima

Světlo ovlivňuje naši psychiku, náladu, chování a produktivitu práce. Při jeho nedostatku může dojít k poškození zdraví. Osvětlení rozdělujeme na denní, umělé a sdružené. Denní osvětlení je přírodním světlem. Doporučuje se využívat co nejvíce denního osvětlení, jelikož při něm nastupuje únava zraku později než u umělého a pracovní výkon je vyšší. Světlo musí být rovnoměrné s dostatečnou intenzitou. Vnímání barev zrakem nám může způsobit pocity chladu nebo tepla. Pokud budeme mít v místnosti studené barvy budeme více soustředění a déle pracovat. Teplé barvy nám zase dodávají chuť k práci. Pomocí barvy opticky zvětšujeme nebo zmenšujeme prostor místnosti. Umělé osvětlení nesmí způsobovat oslunění. Mohlo by při něm dojít k úrazu nebo být příčinou nekvalitní práce. Sdružené světlo se navrhuje pro pracovní prostory, kde nelze zajistit úplné osvětlení místnosti denním světlem. [8]

2.1.5 Akustické mikroklima

Zvuk se z venkovního prostředí do interiéru dostává obálkou budovy nebo vzniká přímo uvnitř, kde se šíří vzduchem či konstrukcí objektu. Hluk může mít trvalý vliv na náš sluch. Míra jeho škodlivosti je dána hladinou hluku. Hluk má samozřejmě veliký vliv i na naši psychiku, což se projevuje podrážděností, bolestmi hlavy, nespavostí nebo snížením paměti. [5]

Před venkovním hlukem lze vnitřní prostředí chránit urbanistickým opatřením jako jsou protihlukové stěny nebo valy. V interiéru můžeme použít akustickou izolaci. Je zde nebezpečí šíření hluku například potrubím nebo u výtahové šachty připojené na obytné prostory. [9]

2.1.6 Aerosolové mikroklima

Aerosolové mikroklima je tvořené směsí kapalných a pevných částic o různém tvaru a složení. Mezi pevné aerosoly patří prach, písek, kouř a další. Prach můžeme rozdělit na organický, anorganický a smíšený. Organický prach jako zvířecí srst, roztoči, švábi a pyly nejčastěji u lidí vyvolává alergie. Prachové částice se pohybují díky elektrickému náboji. Ten získávají třením o vzduch, o pevná tělesa nebo mezi sebou a absorpcí iontů z ovzduší. [2] Mezi kapalnými aerosoly patří mlha, mraky, mrholení a opar ale i aerosoly vzniklé v průmyslu. Do průmyslových aerosolů můžeme zařadit nanášení laků stříkáním, mokré broušení a další.

Aerosoly vznikají z jedné třetiny lidskou činností a ze dvou třetin přírodní činností jako je požár vegetace nebo sopečná činnost. Aerosoly jsou pro člověka nebezpečné. Můžou způsobit rakovinu plic nebo srdeční selhání. Více toxické jsou aerosoly vzniklé lidskou činností. [6]

2.1.7 Odérové mikroklima

Odéry jsou plynné látky, které vnímáme jako vůně nebo pachy. Tyto látky jsou většinou produktem člověka nebo jeho činností. Mohou se také uvolňovat ze stavebních konstrukcí či zařizovacích předmětů. Odéry rozdělujeme na příjemné a nepříjemné, vnímání je však velmi subjektivní. Každý člověk vnímá odéry jinak, například na základě nějaké vzpomínky či zkušenosti. Odéry vnímáme pouze určitou dobu, poté se adaptujeme. Tato adaptace se nazývá krátkodobá. Máme i dlouhodobou adaptaci, ta se liší podle věku člověka. Kolem 60ti let se čich začíná zhoršovat. Je prokázáno, že ženy mají lepší čich než muži. Odéry nejsou životu nebezpečné, pouze ovlivňují naši náladu, produktivitu práce, soustředěnost a mohou nám vyvolat pocit nevolnosti a ztrátu chuti.

Při dlouhodobých účincích však můžeme začít pociťovat úzkosti nebo se mohou projevit deprese a chronická únava. Příjemné oděry jsou však z hlediska produktivity prospěšné. Úroveň oděrového mikroklimatu posuzujeme podle koncentrace CO₂ a koncentrace těkavých organických látek. Max von Pettenkofer zavedl limitní hodnotu 1000 ppm pro koncentraci CO₂ v interiéru. Tato hodnota nám určuje 25 m³/h venkovního vzduchu potřebného na jednu osobu, podle které se odvíjejí předepsané limity ve většině státech. Množství CO₂ v interiéru zjišťujeme pomocí detekčních čidel. Tyto čidla je vhodné umístit v úrovni hlavy.

Tabulka 4: Koncentrace CO₂ a vliv na člověka [10]

Koncentrace CO ₂	Místo výskytu CO ₂ , vliv na člověka
400 až 700 ppm	koncentrace ve venkovním ovzduší
800 až 1 200 ppm	vyhovující koncentrace CO ₂ v interiéru
1 500 ppm	max. přípustná koncentrace CO ₂ v interiéru
> 1 500 ppm	nastávají příznaky únavy a snižování pozornosti
> 2 500 ppm	ospalost, letargie, bolesti hlavy
> 5 000 ppm	nedoporučuje se delší pobyt

Oděry z interiéru odstraňujeme různými způsoby. Mezi asi nejběžnější patří přivádění čerstvého vzduchu, filtrace, odstraňování pomocí květin a ionizace vzduchu. Je však možné oděry překrývat. Tento jev se nazývá deodorizace a funguje na principu překrytí nechtěné vůně jinou, silnější látkou, která je pro nás příjemná. [2]

2.1.8 Ionizační mikroklima

Přírodní radioaktivní látky produkují ionizující záření. Toky tohoto záření, popřípadě umělé záření charakterizují ionizační mikroklima. Ionizující záření nám způsobují radioaktivní látky, které se do vnitřního prostředí dostávají z exteriéru nebo vznikají v interiéru uvolňováním ze stavebních materiálů či činností člověka. Radioaktivní látka přicházející z exteriéru je především radon, který je obsažen v půdě a při špatné izolaci podloží nám proniká do interiéru. Jeho dceřiné produkty, vznikající při rozpadu, ozařují dýchací cesty a způsobují rakovinu plic. Dalším zdrojem radioaktivních látek jsou nevhodné stavební materiály, radioaktivní popílků z tepelných elektráren a skládky. Zdrojem těchto látek v interiéru je cigaretový kouř nebo rentgenové zařízení. Množství radioaktivních látek lze optimalizovat vhodnou volbou lokality, správným provedením protiradonového opatření a volbou vhodných stavebních materiálů. [5]

2.1.9 Elektromagnetické mikroklima

Elektromagnetické střídavé pole elektromagnetických vln o vlnové délce větší než 1 mm tvoří elektromagnetické mikroklima. Zdrojem těchto vln v exteriéru jsou vysílače či atmosférické výboje a sluneční činnost. V interiéru vnikají mobilními telefony, mikrovlnou troubou a počítači. Mají negativní vliv hlavně na naše oči a u mužů na pohlavní orgány.[11] K zabránění průniku elektromagnetického záření lze použít hliníkový či měděný plech o minimální tloušťce 0.5 mm. Takto použité stínění je nutné uzemnit nebo se můžeme chránit ochrannými pomůckami. [5]

2.1.10 Elektrostatické mikroklima

Na povrchu těles vznikají elektrostatické náboje. Při rozdílu těchto nábojů mohou vznikat výboje, které negativně působí na člověka nebo mohou ohrožovat některá technologická zařízení. V důsledku elektrostatického náboje se na tělesech usazuje prach. [9]

2.1.11 Elektroiontové mikroklima

Elektroiontové mikroklima je utvářeno pozitivními a negativními ionty ve vzduchu. Molekuly plynů jsou za běžných podmínek elektricky neutrální. Působením ionizační energie vznikají neelastické srážky těchto molekul. Díky těmto srážkám se odtrhávají elektrony z orbitální sféry atomů a vznikají dvojice elektricky nabitých částic, které se shlukují s neutrálními atomy či molekulami. Takto vzniklé částice se nazývají lehké ionty. Ionizační energie vzniká působením elektrického pole, ionizujícího a ultrafialového záření nebo Lenardovým efektem. Lenardovým efektem se rozumí vznik záporných iontů, které vznikají rozprašováním vody nebo praskáním bublinek plynu na vodní hladině.

Záporné ionty mají kladný účinek na člověka, kladné ionty naopak negativní. Záporné ionty způsobují zvýšení pH krve, odolnosti proti virovým onemocněním, pokles krevního tlaku, spotřeby kyslíku a další. Kladné ionty naopak způsobují snížení pH krve, hladiny cholesterolu, zvýšení krevního tlaku a vysoušení sliznic. [5]

2.2 Vnitřní prostředí v mateřských školách

Vnitřní prostředí má vliv na zdraví žáků. Při nedostatečném větrání může docházet k přenosu krátkodobých, především infekčních onemocnění, ale i dlouhodobých onemocnění. V nedostatečně větraném prostoru dochází k nárůstu množství oxidu uhličitého. Tento nárůst způsobí nepozornost, ospalost a prodloužení reakčních časů u dětí. Děti si mohou začít stěžovat na bolesti hlavy, popřípadě na nevolnosti. V případě přítomnosti chemických látek se mohou tyto projevy ještě zhoršit nebo může dojít k alergickým reakcím na některé z těchto látek. U budov s vysokou relativní vlhkostí může docházet k tvorbě plísní, které též způsobují alergické obtíže u dětí. [4] Naopak, pokud dětem přidáme do místnosti příjemné oděry jako jsou vůně heřmánku, máty, tajícího sněhu či čerstvě posekané trávy, budou jejich myšlenkové pochody rychlejší než za běžného stavu. [12]

Umělé osvětlení v mateřských školách musí být v souladu s normovými požadavky české technické normy, která upravuje požadavky na osvětlení. Na chodbách a schodištích má být rovnoměrnost umělého osvětlení větší než 0,2. Denní osvětlení v mateřských školách má mít směr zleva a shora. Umělé osvětlení se zajistí svítidly umístěnými na stropě rovnoběžně se stěnou s okny. [1]

3 Větrání

Abychom docílili co nejkvalitnějšího vnitřního prostředí je zapotřebí přivádět do interiéru čerstvý vzduch. Přívod čerstvého vzduchu je možné zajistit několika způsoby. Nejstarším používaným způsobem je přirozené větrání. Tento způsob je u nás zatím asi nejpoužívanější, ve většině případů však nezajistí takové podmínky, jaké bychom si v interiéru přáli nebo jsou udávané normou. Proto se začalo používat nucené větrání nebo hybridní větrání.

3.1 Přirozené větrání

Přirozené větrání je založeno na principu rozdílného tlaku vně a uvnitř budovy.

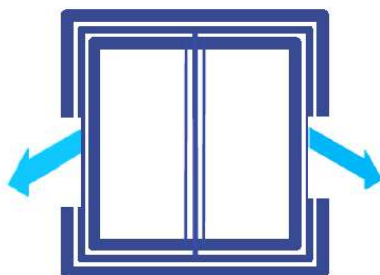
„Účinek vztlaku závisí na rozdílu měrných hmotností vnitřního a venkovního vzduchu o různé teplotě a dynamickým působením větru.“ [13] Čím vyšší máme teplotu vzduchu, tím vyšší je jeho měrná hmotnost. Z toho vyplývá, že nejúčinnější bude přirozené větrání v zimě, jelikož zde bude největší teplotní rozdíl. Okamžité klimatické podmínky jsou tedy rozhodující pro přirozené větrání. Účinek vztlaku se zmenšuje prouděním vzduchu přes vřazené odpory jako jsou spáry oken a dveří, mřížky na fasádě a podobně. Přirozeně přiváděný vzduch nelze nijak filtrovat ani ohřívat, jelikož by tyto prvky způsobily tlakové ztráty, které přirozený účinek vztlaku nepřekoná. [4]

Mezi přirozené větrání patří:

- Infiltrace
- Provětrávání
- Aerace
- Šachtové větrání

3.1.1 Infiltrace

Infiltrace je výměna vzduchu netěsnými spárami v obvodových konstrukcích, jakož jsou spáry oken a dveří, styky prvků obvodového pláště a poréznost materiálů. Dříve se vzduch do interiéru dostával netěsností rámu oken a dveří běžně. V dnešní době jsou však kladeny vysoké nároky na tepelně technické vlastnosti a neprůvzdušnost oken. Tím je infiltrace velmi omezena.

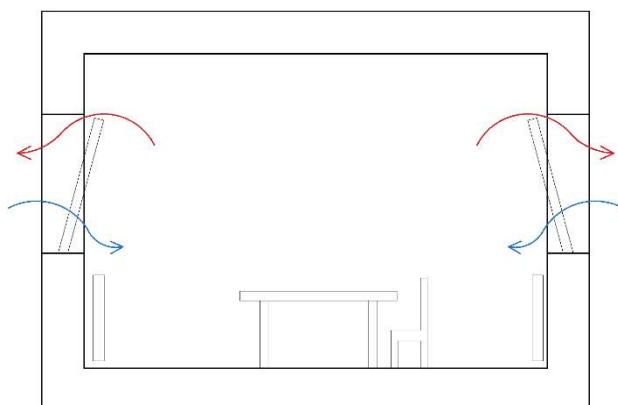


Obrázek 2: Znárodnění infiltrace oknem [13]

3.1.2 Provětrávání

Provětrávání je větrání pomocí občasného otevírání oken. Existují dva způsoby provětrávání. První způsob je klasické ruční otevírání oken a druhý mechanické otevírání oken. Ani jeden způsob nám však nezajistí rovnoměrné provětrání místnosti. V zimním období můžeme v blízkosti oken pociťovat tepelný diskomfort. Nejúčinnější je provětrávat krátce a velkými průřezy oken, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám.

Provětrávání ručním otevíráním oken je zcela individuální. Záleží vždy na osobách uvnitř objektu, kdy si okna otevřou.

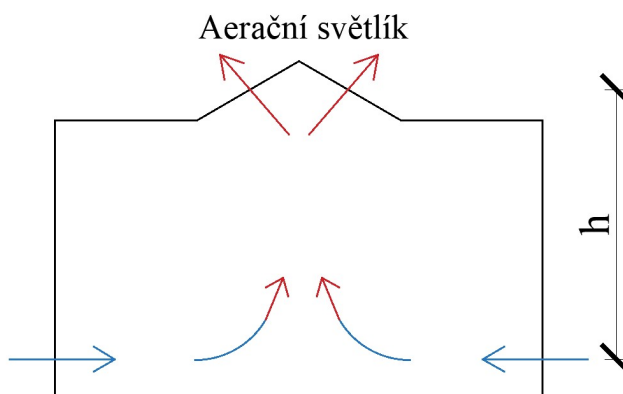


Obrázek 3: Provětrávání [4]

U provětrávání mechanickým otevíráním oken je ovládání automatické pomocí servopohonu. Ten otevírá okna podle čidla na CO_2 a teploty vnitřního vzduchu. Pokud používáme mechanické otevírání oken je nutné okna vybavit elektronickým zámekem. [4]

3.1.3 Aerace

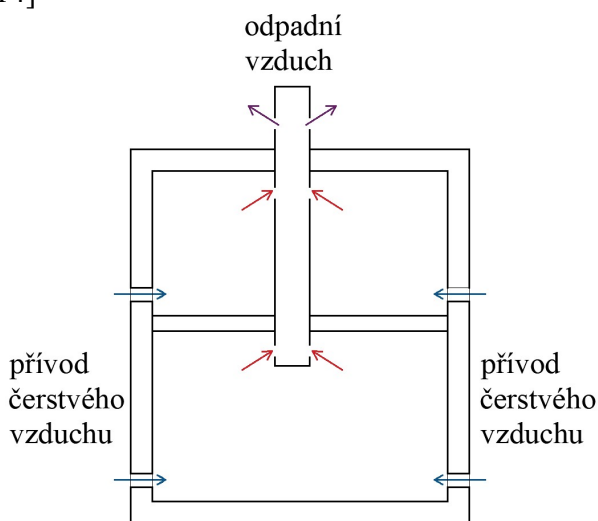
Větrání probíhá pomocí otvorů, které se umístí do různých výšek v místnosti. Záleží tedy na výškovém rozdílu otvorů. Pokud je bezvětří, výměnu vzduchu způsobuje pouze teplotní rozdíl mezi exteriérem a interiérem. V létě je tedy aerace skoro neúčinná a naopak v zimě vznikají velké tepelné ztráty. [14]



Obrázek 4: Aerace [13]

3.1.4 Šachtové větrání

U šachtového větrání většinou používáme pro přívod vzduchu otvory umístěné v obvodové konstrukci a vzduch odvádíme šachtou. Je však možné přivádět i odvádět vzduch šachtami. [14]



Obrázek 5: Šachtové větrání [13]

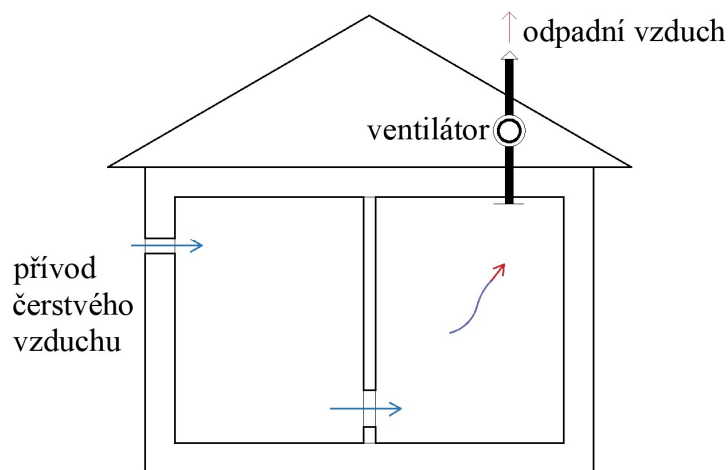
3.2 Nucené větrání

Při nuceném větrání je vzduch přiváděn nebo odváděn pomocí ventilátorů. Podle množství přiváděného V_p a odváděného V_o vzduchu můžeme nucené větrání rozdělit na:

- podtlakové větrání $V_o > V_p$
- rovnotlaké větrání $V_o = V_p$
- přetlakové větrání $V_o < V_p$

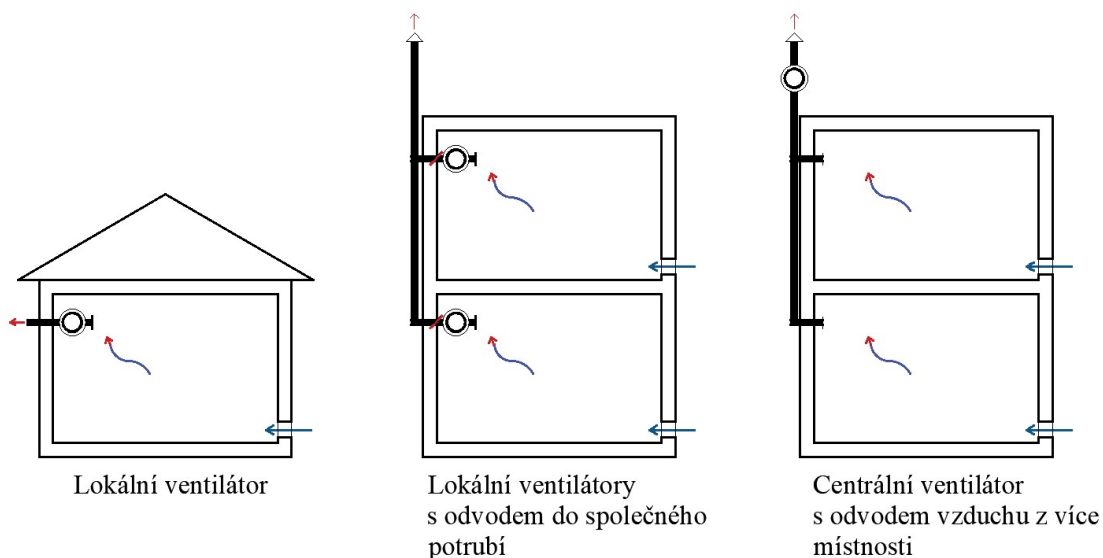
3.2.1 Podtlakové větrání

Podtlakové větrání funguje na principu nuceného odvodu znehodnoceného vzduchu pomocí ventilátoru a přívodu čerstvého vzduchu podtlakem zabudovanými otvory ve stěnách nebo ve výplních otvorů. Tyto větrací otvory musí být navrženy na požadovaný průtok vzduchu a splňovat akustické a tepelně technické vlastnosti. Aby byly tyto požadavky splněny můžeme otvory osadit regulací průtoku vzduchu, tlumičem hluku a filtrem. Máme na výběr různé tvary otvorů, například kruhové, obdélníkové nebo štěrbinové. Při použití podtlakového větrání nelze využít zpětného získávání tepla, je tedy spíše vhodné pro náhlý odvod znehodnoceného vzduchu z koupelen, záchodů a kuchyní. Nevýhodou malých ventilátorů je jejich hlučnost, která se šíří rovnou do místností. Pro eliminaci hluku v interiéru je vhodné využívat ventilátory s nízkou hladinou akustického výkonu, pracujících s relativně nízkým dopravním tlakem nebo umístit ventilátor vně místnosti. [15]



Obrázek 6: Podtlakové větrání [16]

Lze využít lokální způsob odvodu znehodnoceného vzduchu z jednotlivých místností nebo centrální způsob pro odvod vzduchu jak z jednotlivých místností, tak z celého objektu.



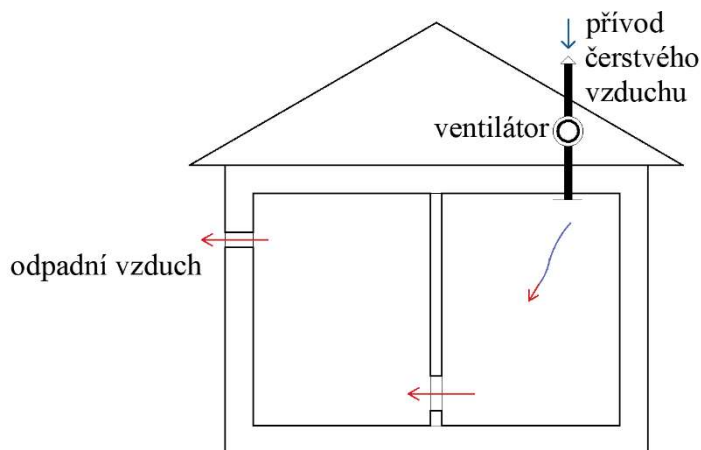
Obrázek 7: Možnosti podtlakového větrání [16]

Při použití lokálních ventilátorů s odvodem vzduchu do společného potrubí je nutné použít zpětnou klapku, aby nedošlo k vniknutí znehodnoceného vzduchu do horních pater.

V dnešní době lze již velmi dobře regulovat množství výměny vzduchu a společně s dalšími regulačními prvky jako jsou hygrometry, čidla CO₂ nebo programátory času můžeme zajistit energeticky úsporné větrání. [17]

3.2.2 Přetlakové větrání

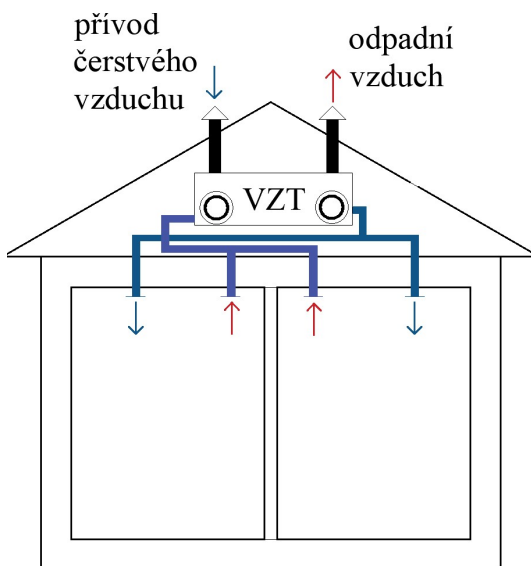
Přetlakové větrání má naopak oproti podtlakovému větrání nucený přívod vzduchu, který se dále šíří přetlakem do okolních místností. Znehodnocený vzduch je odváděn odvodními prvky na fasádě nebo spárami oken. Přívod vzduchu zajišťuje ventilátor. Je zde možný předhřev vzduchu na požadovanou teplotu pomocí ohřivače umístěného na přívodním potrubí a filtrace vzduchu osazením filtru. [18]



Obrázek 8: Přetlakové větrání [16]

3.2.3 Rovnotlaké větrání

U rovnotlakého větrání je zajištěn nucený přívod i odvod vzduchu dvojicí ventilátorů umístěných většinou do jedné větrací jednotky. Využívá se tam, kde je venkovní vzduch více znečištěný než chceme zajistit v interiéru, jelikož zde můžeme použít filtraci venkovního vzduchu a tím zlepšit jeho kvalitu. Dále pokud by přívodními otvory vnikal do interiéru příliš velký hluk z venkovního prostředí. Také lze využít zpětného získávání tepla a tím snížit náklady na provoz. Pořizovací cena je však vyšší než u podtlakového či přetlakového větrání. Větrací jednotku lze dále vybavit ohřívačem vzduchu. Stejně jako u podtlakového větrání můžeme regulovat množství výměny vzduchu společně s dalšími regulačními prvky jako jsou hygrometry, čidla CO₂ nebo programátory času.



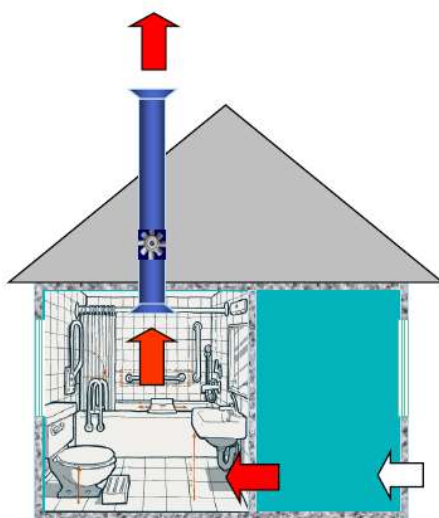
Obrázek 9: Rovnotlaké větrání [16]

Máme několik možností kam umístit větrací jednotku.

- 1) Lokální jednotka v obvodovém plášti
- 2) Lokální potrubní podstropní větrací jednotka
- 3) Lokální větrací jednotka umístěná v místnosti
- 4) Lokální větrací jednotka umístěna vně místnosti
- 5) Centrální větrací jednotka pro více místností [4]

3.2 Hybridní větrání

Hybridní větrání je kombinací přirozeného a nuceného podtlakového větrání. Pomáhá docílit co nejekonomičtějšího řešení. Ventilátor se zapne v případě nízkého přirozeného tlakového rozdílu. Přechod z přirozeného větrání na nucené zajišťují inteligentní systémy s řídicími prvky tak, aby zajistili tepelnou pohodu a snížili spotřebu energie ventilátorů. U hybridního větrání monitorujeme průtok vzduchu a díky tomu ho můžeme regulovat na požadovanou hodnotu pomocí čidel CO₂ a infračervenými čidly nebo časovým nastavením podle očekávaného počtu osob. Nelze zde využít zpětného získávání tepla, je tedy nutné tepelnou ztrátu nahradit otopnou soustavou. [19]



Obrázek 10: Hybridní větrání [16]

3.3 Větrání v mateřské škole

Základní požadavky na větrání mateřských škol nám popisuje vyhláška č. 343/2009 Sb. [1] Podle této vyhlášky je nutné přivést do učebny 20-30 m³/h vzduchu na jednoho žáka bez ohledu na jeho věk. Bude tedy stejné požadované množství vzduchu na žáka mateřské, základní i střední školy.

Tabulka 5: Množství venkovního vzduchu podle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [1]

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

Jelikož jsou tyto hodnoty nevhodné, doporučuje se používat množství přiváděného venkovního vzduchu určeného podle koncentrace CO₂.

Tabulka 6: Průtok venkovního vzduchu dle koncentrace CO₂ [20]

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

Tyto hodnoty jsou však v rozporu s platnou vyhláškou č. 343/20059 Sb. Vznikly z důvodu nevyhovujícího stavu na většině škol v ČR, jako snaha o zlepšení kvality vzduchu ve školách. [4] Na vychovatelky se vztahuje nařízení vlády č. 93/2012 Sb. [21], podle kterého je minimální množství přiváděného vzduchu na osobu 25 m³/h.

Přirozené větrání nám však tyto hodnoty není schopno zajistit a je zapotřebí použít jiný způsob větrání. Dále nám nedokáže zajistit maximální teplotní rozdíl 3°C v úrovni hlavy a kotníků, které vyhláška č. 343/2009 Sb. požaduje. U podtlakového a hybridního větrání může vznikat v místě přívodních otvorů tepelný diskomfort a může také dojít k překročení těchto 3°C. Nejlepším řešením pro mateřské školy je tedy nucené rovnotlaké větrání.

Dalšími požadavky na větrání mateřských škol dle této vyhlášky je možnost přímého větrání. Pokud jsou okna těsná, musí být přirozené větrání zajištěno systémy mikrovenilace nebo větracími šterbinami. Pokud je však venkovní stav prostředí nevyhovující z hlediska překročení přípustných hodnot škodlivin v ovzduší je nutné využít vzduchotechnické zařízení. U nuceného větrání nebo klimatizace musí být prováděna pravidelná údržba a čištění vzduchotechnického zařízení podle návodu výrobce a dodavatele.[1] Hladina akustického tlaku větracího zařízení nesmí v denních místnostech překročit hodnotu 45dB.

Při rekonstrukci památkové chráněného objektu mateřské školy, kde by bylo použití nuceného větrání velmi komplikované, je možné použít přirozené větrání okny. Přirozené větrání však musí být funkční. [20]

Umývárny, sprchy a toalety by měli být větrané podtlakově, podle pohybového čidla nebo časově řízené.

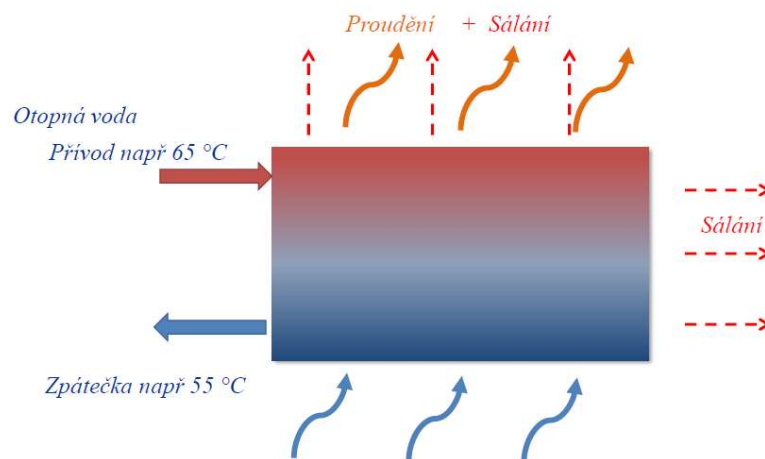
4 Vytápění

Pomocí vytápění upravujeme tepelně vlhkostní mikroklima v interiéru. Cílem vytápění je tedy zajistit v místnosti stálou teplotu, při které bude dodržena tepelná pohoda. Můžeme k tomu využít lokální vytápění, u kterého máme zdroj tepla v místnosti, kterou chceme vytápět. Etážové vytápění se zdrojem tepla v jednom podlaží, ústřední vytápění se zdrojem tepla v budově nebo dálkové vytápění, u kterého je zdroj tepla mimo budovu a pomocí distribuční soustavy se dostává do budovy, kde je napojen na otopnou soustavu. [22]

Otopné soustavy se rozlišují podle látky předávající tepla na teplovodní nebo teplovzdušné otopné soustavy. Teplovodní soustavy navrhujeme s přirozeným oběhem vody nebo s nuceným oběhem, kde je oběh vody zajištěn čerpadlem. Dále otopné soustavy dělíme na jednotrubkové a dvoutrubkové a podle polohy na horní či dolní rozvod. [23] Tepla se v interiéru z otopných ploch šíří konvekcí, radiací a kondukcí. Mezi tyto plochy patří otopná tělesa, konvektory a podlahové, stěnové či stropní plochy. Tepla můžeme šířit také pomocí vzduchotechnické jednotky. [22]

4.1 Otopná tělesa

Otopná tělesa šíří tepla do interiéru především konvekcí. Část tepla šíří i sáláním, záleží však na velikosti tělesa, úpravě povrchu a povrchové teplotě tělesa.



Obrázek 11: Šíření tepla z otopného tělesa [22]

Otopná tělesa umístujeme pod okna a před ochlazovanou stěnu místnosti nebo u střední stěny či příčky. Vyrábějí se buď článková, desková nebo trubková. Článková tělesa mohou být hliníková, z ocelového plechu nebo litiny. Můžeme je znát pod zlidovělým názvem radiátory. Skládají se z článků, které se k sobě svařují nebo jsou k sobě připojena pomocí závitových spojek. Desková otopná tělesa se vyrábějí z oceli, jsou to asi dnes nejvíce využívaná otopná tělesa. Vyrábějí se v různých velikostech, tvarech a výkonech. Skládají se z horní rozvodné a dolní sběrné komory spojené prolisy. Tělesa mohou být jednoduchá, zdvojená či ztrojená. Trubková otopná tělesa jsou z mědi nebo oceli. Jsou též složené z rozvodné a sběrné komory spojené trubkami. Nejvíce se využívají v koupelnách. Tyto tělesa se vyrábějí s připojením na otopnou soustavu a zároveň jako elektrická. [24]

4.2 Konvektory

Konvektory sdílí teplo prouděním. Vzduch proudí přirozeně nebo nuceně přes trubkový výměník. Výměník se vyrábí z oceli, mědi nebo hliníku. Konvektor je v horní části opatřen mřížkou. Rozdělujeme je podle umístění na podstropní, podlahové, podokenní, parapetní nebo umístěné v obvodové zdi či nábytku. Podlahové konvektory se umísťují celé pod podlahu. Vidět lze pouze ochranou mřížku. Používáme je například místo otopného tělesa z estetického důvodu, aby nám nenarušovali interiér. Podokenní trubkový konvektor se umísťuje pod okno. Připevňuje se k podlaze a vyznačuje se malou výškou. Využití má například v prodejnách pod výkladními skříněmi. [24]



Obrázek 12: Podlahový konvektor [25]

4.3 Velkoplošné vytápění

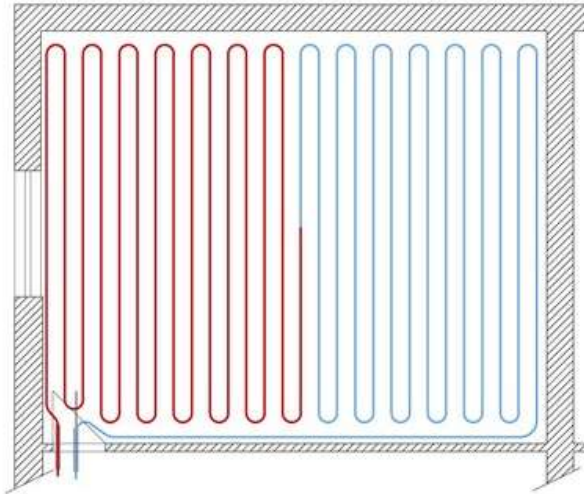
Velkoplošné vytápění používáme u podlah, stropů a stěn. Teplo se do interiéru šíří převážně sáláním. Nejdříve se sáláním ohřeje okolní plocha, poté se ohřeje vzduch v místnosti. Velkoplošné vytápění se využívá spíše u nízkoteplotních otopných soustav, jelikož povrchová teplota plochy nesmí být vysoká. Otopné plochy se vyrábějí teplovodní nebo elektrické. [26]

4.3.1 Podlahové vytápění

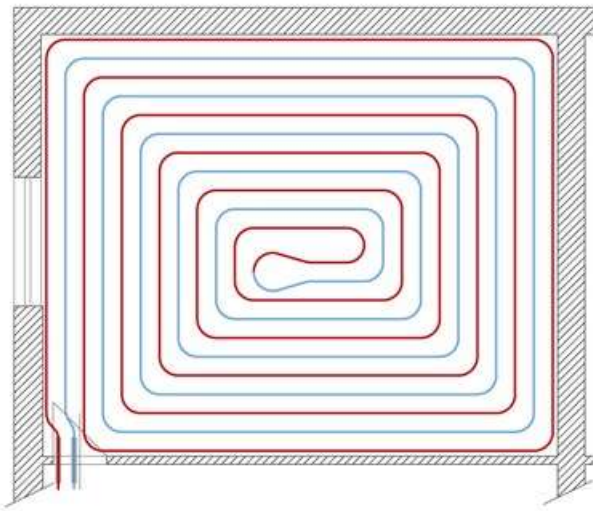
U podlahového vytápění záleží na nášlapné vrstvě. Čím bude její tepelný odpor menší, tím účinnější bude podlahové vytápění. Nejlepší povrchovou úpravou je tedy laminátová podlaha nebo keramická dlažba. [27]

Otopnou plochu provádíme mokrým nebo suchým způsobem. U suchého způsobu provádění pokládáme trubky přímo do izolační vrstvy a jsou od nášlapné vrstvy odděleny hydroizolační fólií. Tento způsob je možné používat pro vyšší teploty otopné vody okolo 40-70°C. U mokrého způsobu umístíme smyčky přímo do nášlapné vrstvy nad izolační vrstvu. Teplota otopné vody se pohybuje v rozmezí 35-55 °C.

U podlahového teplovodního vytápění používáme plastové nebo měděné trubky uspořádané do smyček. Smyčky pokládáme meandrovým nebo spirálovým způsobem.



Obrázek 13: Meandrové vedení potrubí [29]



Obrázek 14: Spirálové vedení potrubí [29]

Potrubí je třeba upevnit. Existuje více možností, například přivazováním na ocelovou rohož, plastové přichytky na ocelovou rohož, do plastových lišt, plastovými přichytky do izolační vrstvy a podobně. [28]

U Elektrického vytápění se používají topné kabely, rohože nebo fólie umístěné do betonu, pod podlahovou krytinu nebo do dřevěných trámových podlah. Při použití topných rohoží se používá nosné tkanivo s topným kabelem ve tvaru meandru. Rohože se vyrábějí v šířce 0,5 m s délkou do 20m. Jejich výkon je maximálně 160 W/m^2 . Topné fólie mají topný výkon větší než rohože, až 200 W/m^2 , pokud se instalují do betonu. Jsou složeny ze dvou polyesterových fólií propojených vrstvou grafitu s napájecími vodiči na stranách fólie. Pro vytápění podlah pomocí topných kabelů se instalují kabely s výkonem do 20 W/m . [30]

4.3.2 Stropní vytápění

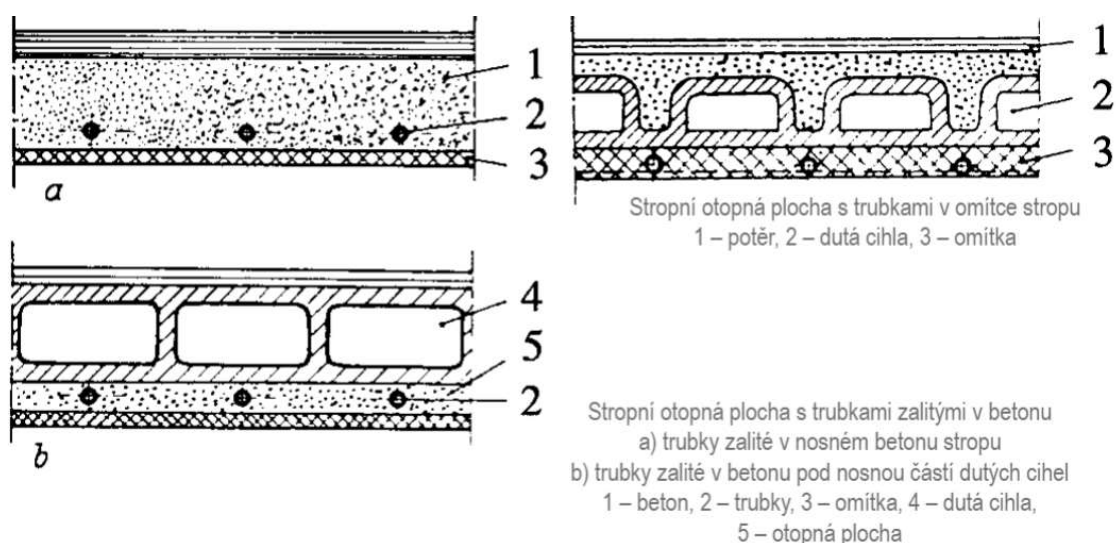
Stropní vytápění rozdělujeme podle typu provedení na:

- otopné plochy s trubkami zalitými ve stropě
- otopné plochy tvořené lamelami
- otopné plochy tvořené sálavými panely a pasy
- otopné plochy v dutém podhledu

4.3.2.1 Stropní plochy s trubkami zalitými ve stropě

U tohoto způsobu stropního vytápění je potrubí přímo zalité ve stropě. Ukládají se přímo do betonu nebo pouze do omítky stropu. Ukládání trubek přímo do betonu je velmi náročné. Otopný had se provádí současně s výstavbou stropu. Při provedení trubek pouze do omítky se jako první postaví strop a poté se zespoda upevní otopné trubky.

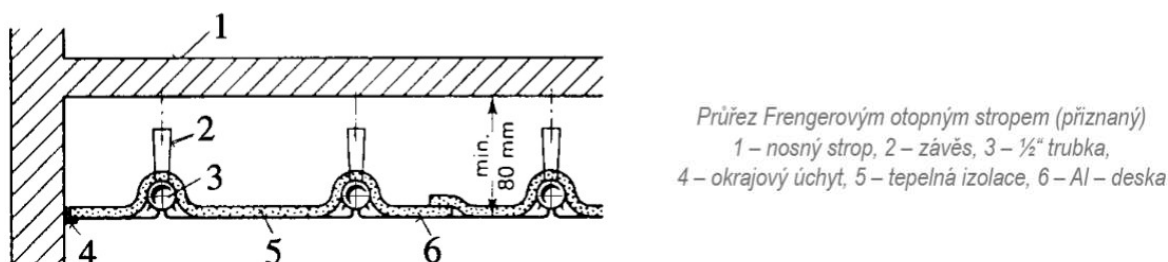
Je nutné dodržovat maximální hodnotu tepelného sálavého toku 200 W/m^2 u temene hlavy, jinak by docházelo k narušení tepelné pohody. [30]



Obrázek 15: Stropní plochy s trubkami zalitými ve stropě [31]

4.3.2.2 Otopné plochy tvořené lamelami

Na trubky se upevňují lamely, které zajišťují rovnoměrnější rozprostření tepelného toku. Nejpoužívanější materiál na lamely je hliníkový plech, jelikož má vysoký součinitel tepelné vodivosti a odvádí tak rychle teplo z trubek. Existuje spousta druhů provedení uchycování plechů na trubky a strop. Jeden ze známých způsobů je Zent-Frengerův strop. Zde se trubky zavěšují pod strop a pomocí ocelové svorky se k nim připevňují hliníkové plechy o velikosti $625 \times 625 \text{ mm}$. Přívodní teplota vody se navrhuje až na 70°C s teplotním spádem 10 až 15°C . [30]



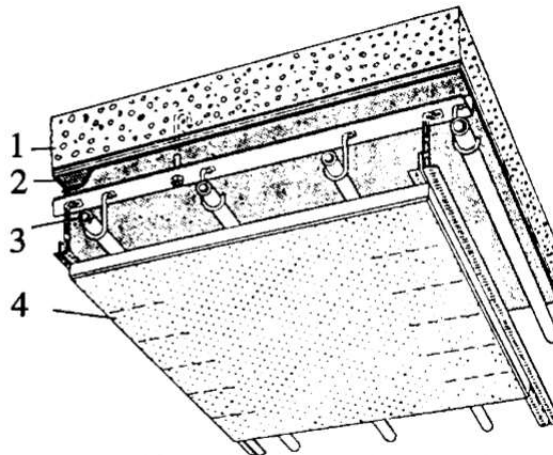
Obrázek 16: Průřez Frengerovým otopným stropem [31]

4.3.2.3 Otopné plochy tvořené sálovými panely a pasy

Panely a pasy jsou volně zavěšeny pod strop. Jsou složeny z ocelového plechu shora tepelně izolovaného, na němž jsou připevněny trubky pomocí třmenů nebo jsou na něm přivařeny. Tento způsob vytápění se převážně používá v průmyslu. [30]

4.3.2.4 Otopné plochy v dutém podhledu

Trubky jsou vedeny nad podhledem a pod stropem, který je ze spodní části izolován. V podhledu je použita akustická izolace. [30]

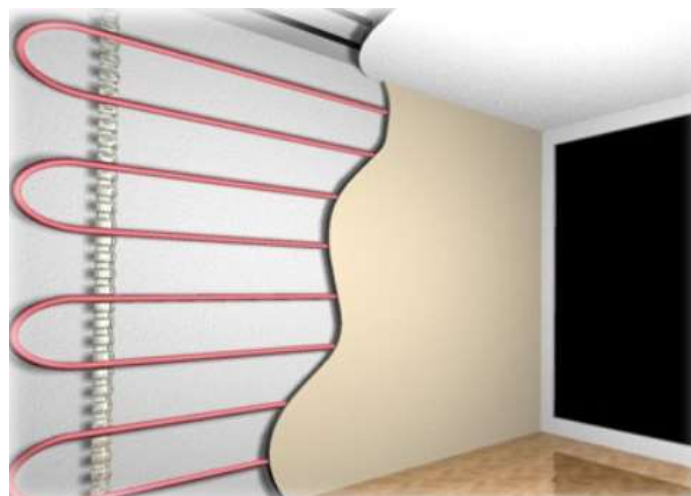


*Stropní vytápění s dutým podhledem a akustickou izolací
1 – betonový strop, 2 – tepelná izolace s hliníkovou fólií, 3 – trubka,
4 – akustická izolace v podobě desek 60 x 60 cm.*

Obrázek 17: Stropní vytápění s dutým podhledem a akustickou izolací [31]

4.3.3 Stěnové otopné plochy

Otopný had se umísťuje na stěnu pod omítku. Stěnové otopné plochy používají mokrý nebo suchý systém provádění. U mokrého systému se otopný had upevní na zeď například pomocí zatluokacích spon. Po upevnění trubek nanese se omítací síť a mokrou omítku. Je nutné používat omítky určené pro stěnové vytápění. Suchý systém používá sádrovláknité desky s již zabudovaným otopným hadem, které upevníme na sádrokartonové, či na zděné stěny pomocí pomocných konstrukcí. Poté nanese se omítku.[30]



Obrázek 18: Stěnové vytápění – mokrý systém [32]

4.4 Vytápění v mateřských školách

Teploty v interiéru dle vyhlášky č. 343/2009 Sb.

Tabulka 7: Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [1]

Typ prostoru	Výsledná teplota			Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	tg min [°C]	tg opt [°C]	tg max [°C]	va [m/s]	rh [%]
Učebny, pracovní, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	20+/-2	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	18	20+/-2	28	0,1-0,2	30-65
Šatny	20	20+/-2	28	0,1-0,2	30-65
Sprchy	24	-	-	-	-
Záchody	18	-	-	0,1-0,2	30-65
Chodby	18	-	-	0,1-0,2	30-65

Vyhláška č. 343/2009 Sb. udává, že v učebnách určených k pobytu dětí a žáků nesmí klesnout teplota vzduchu pod 18 °C ve třech po sobě jdoucích dnech a v jednom dni klesnout více než pod 16 °C. Při poklesu na tyto hodnoty musí být provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání zastaven. Dále podle této vyhlášky nesmí být povrchová teplota obvodových stěn po celý rok podstatně rozdílná od teploty vzduchu v interiéru. [1]

Podle vyhlášky č. 268/2009 Sb. [33] se musí v mateřských školách instalovat ochranné kryty na otopná tělesa, aby nedošlo k poranění nebo popálení dětí. Tyto kryty však musí umožnit proudění tepla do okolí.



Obrázek 19: Ochranný kryt na otopné těleso [34]

Firma KORADO vyrábí otopná tělesa RADIK MATERNELLE VK, u kterých v přední části neprotéká teplotněsensitive látka. Tím je zajištěna nízká povrchová teplota tělesa a nemůže tak dojít k popálení dítěte. Dále má těleso zaoblené hrany, tím je zajištěna jeho bezpečnost. Není tedy nutné instalovat ochranný kryt. [35]

Seznam použitých zdrojů:

- [1] 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
- [2] JOKL, Miroslav. *Teorie vnitřního prostředí budov* [online]. Praha: Skripta ČVUT, 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/1933879-Teorie-vnitriho-prostredi-budov.html>
- [3] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduch>
- [4] ZMRHAL, Vladimír. *Větrání škol v souvislostech*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2017. ISBN 978-80-02-02718-8.
- [5] Tepelná pohoda. *Http://heat.feld.cvut.cz* [online]. 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: http://heat.feld.cvut.cz/mertaj/tuma2.html#_Toc109795372
- [6] JIRÁNEK, Martin. *Těkavé organické sloučeniny, vláknitý prach, azbest* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyuka&sub=obor&type=o-c&kod=124PBZN>
- [7] RUBINOVÁ, Olga, Aleš RUBINA, Jiří BERNARD a Lukáš FRIČ. Mikrobiální mikroklima budov (I). *Www.tzb-info.cz* [online]. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/12819-mikrobialni-mikroklima-budov-i>
- [8] SKOTNICOVÁ, Iveta. *Světelné mikroklima* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://edison.sso.vsb.cz/cz.vsb.edison.edu.study.prepare.web/SubjectVersion.faces?version=229-0217/03>
- [9] HÁJEK, Petr. *Pozemní stavitelství I pro střední průmyslové školy* [online]. Praha: Grada Publishing, 2014 [cit. 2018-05-09]. ISBN 978-80-247-5101-6. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=nYIEBQAAQBAJ&pg=PA38&lpg=PA38&dq=elektrostatické+mikroklima&source=bl&ots=jrhelKmCfy&sig=WjrFGdR4eixqQBUajOwjvIWdHxU&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwiJquCO1uTaAhULJJoKHfOhBIOQ6AEwBHoECAAQSA#v=onepage&q=elektrostatické%20mikroklima&f=false>
- [10] NOVOTNÝ, Pavel. Vliv oxidu uhličitého (CO₂) na kvalitu vnitřního prostředí. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/15831-vliv-oxidu-uhliciteho-co2-na-kvalitu-vnitriho-prostredi>

- [11] NOVÁK, Ivo. Účinky elektromagnetického pole na lidský organismus. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2015 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/13319-ucinky-elektromagnetickeho-pole-na-lidsky-organismus>
- [12] - RUBINOVÁ, Olga. *Hodnocení a zvyšování kvality vzduchu* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubanova.o/prednasky/tp06.pdf>
- [13] ADAMOVSKEÝ, Daniel. *Přirozené a hybridní větrání, principy návrhu* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz02/prednasky/125tz02-02.pdf>
- [14] CIFRINEC, Ivan. Větrání bytových domů - Základy teorie větrání. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2010 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/6507-vetrani-bytovych-domu-zaklady-teorie-vetrani#2>
- [15] VLADIMÍR, Vladimír a Jiří PETLACH. Systémy větrání obytných budov. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [16] ADAMOVSKEÝ, Daniel. *Nucené větrání, teplovzdušné vytápění. Větrání obytných budov* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tb2/prednasky/125tb2-03.pdf>
- [17] TOPETERM. Podtlakové větrání. *Www.topeterm.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.topeterm.cz/podtlakove-vetrani.html>
- [18] RUBINOVÁ, Olga a Ondřej ONDŘEJ. Bytové větrání trochu jinak. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/2743-bytove-vetrani-trochu-jinak>
- [19] JÍCHA, Miroslav. Hybridní ventilace – 1. část. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2014 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/uspory-energie-vetrani-klimatizace/10866-hybridni-ventilace-1-cast>
- [20] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodický pokyn pro návrh větrání škol* 2015.
- [21] *Nářízení vlády č. 93/2012 Sb. Nářízení 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.*
- [22] KABELE, Karel. *Vytápění prostorů* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/125tz01/prednasky/125tz01-08.pdf>

- [23] DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů* [online]. Praha: Grada Publishing, 2007 [cit. 2018-05-09]. ISBN 978-80-247-6475-7. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=i0xaAgAAQBAJ&pg=PA24&dq=vytápění&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKewjAp_u_ydzaAhUMZFAKHYYbdBbsQ6AEIQjAE#v=onepage&q=vytápění&f=false
- [24] DUFKA, Jaroslav. *Vytápění domů a bytů* [online]. Druhé, zcela přepracované vydání. Praha: Grada Publishing, 2004 [cit. 2018-05-09]. ISBN 978-80-247-3524-5. Dostupné z: <https://play.google.com/books/reader?id=9PpXAgAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=en&pg=GBS.PA79>
- [25] Podlahový konvektor. In: *Www.akoupeľnyatopeni.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.akoupeľnyatopeni.cz/podlahove-konvektory/konvektory-bez-ventilatoru/podlahovy-konvektor-minib-coil-p80-1250>
- [26] Podlahové vytápění. *Www.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
- [27] Vytápění podlahové - princip a využití. *Www.infobydleni.cz* [online]. 2009 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.infobydleni.cz/news/vytapani-podlahove-princip-a-vyuziti/>
- [28] BAŠTA, Jiří. Podlahové vytápění (II). *Www.tzb-info.cz* [online]. 2007 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
- [29] FV PLAST. Montážní instrukce pro systém podlahového vytápění FV THERM. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2017 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/16258-montazni-instrukce-pro-system-podlahoveho-vytapani-fv-therm>
- [30] BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění*. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3524-5.
- [31] BOHÁČ, Jindřich. *Základy sálavého vytápění: stropní vytápění* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18273346-Zaklady-salaveho-vytapani-2162063-6-stropni-vytapani-30-3-2016-ing-jindrich-bohac.html>
- [32] Stěnové vytápění. In: *Www.topeni-topenari.eu* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapani/stenove.php>
- [33] *Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby*
- [34] Kryt na radiátory. In: *Www.didaktikashop.cz* [online]. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.didaktikashop.cz/Grafika/images/kryt-na-radiatory-b.jpg>

[35] RADIK MATERNELLE VK. In: *W_{www.korado.cz}* [online]. [cit. 2018-05-09].
Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-maternelle-vk.html>

Seznam použitých obrázků:

- Obrázek 1: Průměrné podíly složek vnitřního prostředí [3]
- Obrázek 2: Znázornění infiltrace oknem [13]
- Obrázek 3: Provětrávání [4]
- Obrázek 4: Aerace [13]
- Obrázek 5: Šachtové větrání [13]
- Obrázek 6: Podtlakové větrání [16]
- Obrázek 7: Možnosti podtlakového větrání [16]
- Obrázek 8: Přetlakové větrání [16]
- Obrázek 9: Rovnotlaké větrání [16]
- Obrázek 10: Hybridní větrání [16]
- Obrázek 11: Šíření tepla z otopného tělesa [22]
- Obrázek 12: Podlahový konvektor [25]
- Obrázek 13: Meandrové vedení potrubí [29]
- Obrázek 14: Spirálové vedení potrubí [29]
- Obrázek 15: Stropní plochy s trubkami zalitými ve stropě [31]
- Obrázek 16: Průřez Frengerovým otopným stropem [31]
- Obrázek 17: Stropní vytápění s dutým podhledem a akustickou izolací [31]
- Obrázek 18: Stěnové vytápění – mokřý systém [32]
- Obrázek 19: Ochranný kryt na otopné těleso [34]

Seznam použitých tabulek:

- Tabulka 1: Metabolické teplo při různých aktivitách [5]
- Tabulka 2: Zdroje vodní páry v interiéru [5]
- Tabulka 3: Kritérium koncentrace bakterií a plísní v ovzduší obytných místností [7]
- Tabulka 4: Koncentrace CO₂ a vliv na člověka [10]
- Tabulka 5: Množství venkovního vzduchu podle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [1]
- Tabulka 6: Průtok venkovního vzduchu dle koncentrace CO₂ [20]
- Tabulka 7: Průměrné hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativní vlhkosti vzduchu [1]