



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ MATEŘSKÝCH ŠKOL Z HLEDISKA POŽADAVKŮ STAVEBNÍ FYZIKY

THE INDOOR ENVIRONMENT OF KINDERGARTENS IN TERMS OF BUILDING PHYSICS REQUIREMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Marie Jechová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Sylva Bantová, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav pozemního stavitelství
Studentka: **Bc. Marie Jechová**
Vedoucí práce: **Ing. Sylva Bantová, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: N0732A260023 Stavební inženýrství – pozemní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Vnitřní prostředí mateřských škol z hlediska požadavků stavební fyziky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování teoretické diplomové práce zaměřené na problematiku zajištění vhodného vnitřního prostředí mateřské školy v interakci s obalovými konstrukcemi a s respektováním požadavků stavební fyziky. Práce bude členěna na dvě části: současný stav problematiky, souhrn požadavků, které jsou kladeny na vnitřní prostředí objektu z hlediska tepelné techniky, denního osvětlení a proslunění. Cílem praktické části práce bude provedení simulací vnitřního prostředí s možným ověřením zjištěných závěrů experimentálním měřením na reálném objektu.

Cíle a výstupy diplomové práce:

Hlavní cíl: Zajištění vhodného vnitřního prostředí mateřské školy správným návrhem obalových konstrukcí budov a se splněním požadavků stavební fyziky, především vybraných požadavků tepelné techniky, denního osvětlení a proslunění.

Rámcovým cílem práce je zjištění současného stavu problematiky, souhrn a souvislosti všech požadavků stavební fyziky kladených na vnitřní prostředí mateřských škol, nalezení objektu s možným provedením experimentálních měření, provedení simulací vnitřního prostředí. Přesné stanovení cílů bude dohodnuto s vedoucím práce na základě rozpravy a poznatků získaných během zpracování práce.

Textová i výkresová část bude zpracována s využitím výpočetní techniky (v textovém a grafickém editoru). Vlastní text práce bude rozdělen na podkapitoly: Současný stav řešené problematiky, Cíle práce, Zvolené metody zpracování a Hlavní výsledky práce. Rozsah textové části 60 až 80 normostran A4 + přílohy. Výkresy budou opatřeny jednotným popisovým polem a k obhajobě budou předloženy v předepsané úpravě a vloženy do složek s klopami formátu A4 opatřených popisovým polem a s uvedením obsahu na vnitřní straně složky. Textová část bude obsahovat kromě ostatních položek také položku h) Úvod (popis námětu na zadání VŠKP), položku i) Vlastní text práce a položku j) Závěr. Součástí elektronické verze VŠKP bude i poster formátu B1 se základními údaji o provedeném výzkumu.

Seznam doporučené literatury a podklady:

1) Směrnice děkana č. 1/2023 s přílohami; (2) Stavební zákon č. 183/2006 Sb. v platném a účinném znění; (3) Vyhláška č. 499/2006 Sb. v platném a účinném znění; (4) Vyhláška č.268/2009 Sb. v platném a účinném znění; (5) Vyhláška č. 398/2009 Sb.; (6) Platné normy ČSN, EN;(7) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků; (8) Odborná literatura; (9) Vlastní dispoziční řešení budovy, (10) Vlastní architektonický návrh budovy a (11) ČSN ISO 690.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 31. 3. 2023

L. S.

prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Sylva Bantová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce s názvem „*Vnitřní prostředí mateřských škol z hlediska požadavků stavební fyziky*“ se věnuje problematice zajištění tepelného komfortu vnitřního prostředí a současně dostatečného osvětlení a proslunění denních místností mateřských škol. Práce je členěna do částí, které na sebe navazují a vzájemně se doplňují.

V první části práce je rozebrán řešený problém, stanoveny legislativní požadavky, metody zpracování a cíle práce, které budou v závěru zhodnoceny. Součástí první části práce je definice objektu mateřské školy dle platné legislativy. Dále bude vysvětlena problematika osvětlení a proslunění, z pohledu platných zákonů, vyhlášek a norem. Budou uvedeny všechny potřebné veličiny, grafy, vzorce, výpočty a definice. Stejným způsobem bude v následujících kapitolách vysvětlena problematika tepelného komfortu vnitřního prostředí. V poslední části teorie bude udělen prostor pro představení simulačních a výpočetních softwarů, které budou použity k modelování jednotlivých variant, k porovnání současného a navrhovaného stavu a k vytvoření závěrů práce.

Následovat bude praktická část, kde se práce zaměří na návrh okenních otvorů, způsobu zastínění a režimu větrání tak, aby jednotlivé místnosti splňovaly požadavky na denní osvětlení a proslunění a zároveň vyhovovala maximální teplota vnitřního vzduchu prostředí normovým požadavkům. Ve reálném objektu bylo v letních měsících provedeno experimentální měření potřebných vstupních údajů pro posouzení tepelné stability vnitřního prostředí.

Ve finální části práce budou vysloveny závěry týkající se poměru podlahové plochy průsvitných částí obalových konstrukcí vůči podlahové ploše denní místnosti, a to tak aby byly splněny legislativní požadavky z hlediska zajištění tepelného i světelného komfortu vnitřního prostředí. Součástí závěru je souhrn případných opatření vedoucí k zajištění požadovaných parametrů a nástin budoucího řešení sledované problematiky.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mateřská škola, stávající stav, přístavba, rekonstrukce, stavební fyzika, tepelná stabilita, tepelný komfort vnitřního prostředí, prosvětlení, přehřívání objektu, činitel denní osvětlenosti, teplota vnitřního vzduchu, stínění, režim větrání, BuildingDesign, Simulace 2018.

ABSTRACT

The thesis titled "The indoor Environment of Kindergartens in Terms of Building Physics Requirements" addresses the challenges associated with ensuring thermal comfort in the indoor environment, while simultaneously providing adequate lighting and daylighting for the classrooms of kindergartens. The thesis is structured into interconnected and complementary sections.

The first section dissects the identified problem, establishes legislative requirements, outlines research methods, and defines the objectives, which will be assessed in the conclusion. This section also includes the definition of the kindergarten object in accordance with current legislation. Furthermore, the issues of lighting and daylighting are explained from the perspective of applicable laws, regulations, and standards, incorporating all necessary variables, graphs, formulas, calculations, and definitions. Similarly, subsequent chapters will elaborate on the thermal comfort of the indoor environment. The final section of the theory provides an overview of simulation and computational software tools, employed to model different scenarios, compare the current and proposed conditions, and draw conclusions for the thesis.

The practical section follows, focusing on the design of window openings, shading methods, and ventilation regimes to meet the requirements for daily lighting and daylighting while adhering to the maximum indoor air temperature in line with normative requirements. Experimental measurements of essential input data for assessing the thermal stability of the indoor environment were conducted during summer months in the existing facility.

In the concluding part of the thesis, conclusions will be drawn regarding the ratio of floor area of transparent parts of building envelopes to the floor area of the classrooms. This is done to ensure compliance with legislative requirements concerning both thermal and lighting comfort in the indoor environment. The conclusion also summarizes potential measures to achieve the desired parameters and outlines a prospective solution to the addressed issues.

KEYWORDS

Kindergarten, existing state, extension, reconstruction, building physics, thermal stability, thermal comfort of the indoor environment, illumination, building overheating, daylight factor, indoor air temperature, shading, ventilation regime, BuildingDesign, Simulation 2018.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

JECHOVÁ, Marie. *Vnitřní prostředí mateřských škol z hlediska požadavků stavební fyziky*. Brno, 2023. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí Ing. Sylva Bantová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vnitřní prostředí mateřských škol z hlediska požadavků stavební fyziky* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2024

Bc. Marie Jechová

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat paní Lucii Čermákové DiS., paní učitelce v mateřské škole, kde probíhalo experimentální měření, za její laskavost a ochotu, kterou projevila při spolupráci při měření. Dále bych chtěla poděkovat panu profesoru Ostrému, který byl tak laskavý a vypůjčil mi ze svého osobního vlastnictví měřicí přístroje potřebné pro experimentální část a panu doktoru Vajkayovi za poskytnutí podkladů k reálnému objektu mateřské školy.

V neposlední řadě bych chtěla velmi poděkovat paní doktorce Bantové za její odborné vedení, ochotu při pomoci a řešení vzniklých problémů, za její ochotu a trpělivost. Děkuji jí za její pohotové odpovědi, vstřícnost, zodpovědný přístup a za čas strávený při konzultacích.

OBSAH

1	SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	13
1.0.	Řešená problematika – mateřské školy	13
1.0.1.	Definice mateřských škol	14
1.0.2.	Technické požadavky kladené na objekty mateřských škol.....	15
1.0.2.1.	Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb.....	15
1.0.2.2.	Mechanická odolnost a stabilita	15
1.0.2.3.	Všeobecné požadavky pro ochranu zdraví, zdravých podmínek a životního prostředí.....	15
1.0.2.4.	Ochrana proti hluku a vibracím.....	16
1.0.2.5.	Úspora energie a tepelná ochrana.....	16
1.0.3.	Požadavky na stavební konstrukce.....	16
1.0.4.	Požadavky na technické zařízení staveb	17
1.0.5.	Zvláštní požadavky	18
1.0.6.	Hygienické požadavky	19
1.0.6.1.	Prostorové podmínky	19
1.0.7.	Bezbariérové požadavky	21
1.0.7.1.	Základní prvky bezbariérového užívání staveb.....	21
1.0.7.2.	Vstupy do objektu	21
1.0.7.3.	Schodiště a vyrovnávací stupně	22
1.1.	Požadavky na vnitřní prostředí z hlediska stavební fyziky	24
1.1.1.	Světlo-technické požadavky.....	24
1.1.1.1.	Základní požadavky	24
1.1.1.2.	Činitel denní osvětlenosti	24
1.1.1.3.	Rovnoměrnost osvětlenosti	27
1.1.1.4.	Odraznost světla.....	28
1.1.1.5.	Návrh a užívání mateřských škol z hlediska denního osvětlení	28
1.1.2.	Tepelná stabilita v letním období	31

1.1.2.1.	Požadavky dle normy ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012 [6].....	31
1.1.2.2.	Požadavky dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21]	32
1.1.2.3.	Požadavky na větrání a mikroklimatické podmínky	34
1.1.2.4.	Operativní teplota.....	35
1.2.	Obvodové pláště budov.....	37
1.2.1.	Obalové neprůsvitné konstrukce	37
1.2.1.1.	Lehké neprůsvitné konstrukce.....	37
1.2.1.2.	Těžké neprůsvitné konstrukce	40
1.2.2.	Obvodové pláště – průsvitné konstrukce	44
1.2.2.1.	Rám výplní otvorů.....	45
1.2.2.2.	Typy zasklení	47
1.2.2.3.	Stínící zařízení.....	50
2	CÍLE PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ	53
2.1.	Vytyčení cílů	53
2.1.1.	Důvody volby cílů.....	53
2.2.	Metody zpracování.....	54
2.2.1.	Simulační metoda.....	54
2.2.2.	Experimentální měření na reálném objektu	64
2.3.	Popis experimentálního objektu	65
2.3.1.	Reálný objekt mateřské školy	65
2.3.2.	Navrhovaná přístavba mateřské školy.....	68
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	71
3.1.	Simulace denní místnosti mateřské školy	71
3.1.1.	Simulace – program BuildingDesign	73
3.1.2.	Simulace – program Simulace 2018.....	77
3.2.	Experimentální měření reálné budovy	83
4	VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI.....	89

4.1.	Simulační metody	89
4.1.1	Program – BuildingDesign.....	89
4.1.2	Simulace – Program Simulace 2018	97
4.2.	Experimentální měření.....	118
5	ZÁVĚRY PRÁCE.....	127
6	ZDROJE.....	133
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	139
8	SEZNAM TABULEK.....	141
9	SEZNAM GRAFŮ.....	143
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	146
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VÝRAZŮ	147

1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Práce se zabývá problematikou interakce obvodového pláště (průsvitné a neprůsvitné části) a vnitřního prostředí objektu mateřských škol v souvislostech s platnými legislativními požadavky kladenými na tyto budovy. Jedná se o požadavky z hlediska stavební fyziky, zvláště tepelně technické a světlo technické požadavky. Splnění těchto dvou kritérií vyžaduje pečlivý návrh obvodových konstrukcí budovy. Pro zhodnocení vymezené problematiky byl vybrán reálný objekt mateřské školy v obci Habry na Havlíčkobrodsku, kraj Vysočina.

Budova je členěna do dvou částí – reálný objekt a nově navrhovaná přístavba. Obě části zahrnují provozy mateřské školy. Na tyto provozy jsou kladeny vyšší nároky z hlediska denního osvětlení, proslunění a také z hlediska zajištění tepelného komfortu vnitřního prostředí v letním období. Optimální návrh obalových konstrukcí musí zajistit dostatečné proslunění a osvětlení a současně vhodnou teplotu vnitřního prostředí u denních místností mateřských škol v letním období. Tyto dva požadavky jsou klíčové pro efektivní návrh obalových konstrukcí, ale jejich zajištění je ve vzájemném rozporu. Pro snížení tepelné náročnosti vnitřního prostředí v letním období je vhodné navrhnout co nejmenší poměr prosklených ploch vůči neprůsvitným plochám obvodového pláště. Požadavky na osvětlení a proslunění vyžadují opačný přístup k návrhu obalových konstrukcí. Z toho vyplývá, že důležitým ukazatelem je nejen orientace ke světovým stranám, možnosti dané lokality a ekonomické možnosti, ale také poměr prosklených ploch obvodového pláště k půdorysné ploše místností.

1.0. Řešená problematika – mateřské školy

Ve své práci jsem se zaměřila na objekty **mateřských škol**, kde je nutné zajistit vhodné vnitřní prostředí, jak z hlediska **přehřívání v létě**, tak i z hlediska zajištění **dostatečného denního osvětlení a proslunění**. Tyto objekty jsou užívány dětmi, proto se domnívám, že kvalitní vnitřní prostředí je v tomto případě velmi důležité. Obecné požadavky na tyto provozy jsou uvedeny v následujících *vyhláškách č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby* [1] ve znění pozdějších předpisů; *vyhláše č. 398/2009 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání*

staveb [2] ve znění pozdějších předpisů a *vyhlášce č. 410/2005 Sb. O hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí* [3].

Pro posouzení jsem si vybrala denní místnosti mateřských škol, jelikož zde děti tráví většinu času dne, a je tedy důležité zajistit **optimální vnitřní prostředí** k jejich **správnému vývoji**. Dále jsem se zaměřila na posouzení vnitřního prostředí v letních měsících, jelikož současná tendence zvyšujících se teplot vlivem změn klimatu způsobuje, že v jarních měsících, jako je květen a červen, dochází k nadprůměrným teplotám venkovního vzduchu. V neposlední řadě má mnoho mateřských škol běžný provoz i v letních měsících.

1.0.1. Definice mateřských škol

Mateřské školy nemají svojí stavební definici jako například rodinné, nebo bytové domy. Jejich definice je spíše ze sociálního hlediska. Z tohoto pohledu se jedná o **předškolní instituci**, která vzdělává v základních aspektech života děti od 3 do 6 let. V současné době, se zvyšujícím se počtem odkladů nástupů dětí do prvních tříd základních škol, se věkové rozmezí posouvá od 2 do 7 let věku dítěte. [4]

Mateřské školy **nejsou** v České republice povinné. Stává se, že některé základní školy odmítají přijmout děti, které neabsolvovaly poslední rok, před nástupem do první třídy, v mateřské škole. Toto lze vyřešit například individuálním, takzvaným domácím, vzděláváním dítěte s přezkoušením ve spádové mateřské škole.

Legislativně jsou mateřské školy v České republice v rámci vzdělávacího systému klasifikovány jako druh školy. Mateřské školy se dělí do třech skupin: státní, soukromé a církevní. [4]

1.0.2. Technické požadavky kladené na objekty mateřských škol

1.0.2.1. Požadavky na bezpečnost a vlastnosti staveb

Při návrhu nového objektu je nutné dbát na **hospodárnost** při užívání objektu, běžnou údržbu po **požadovanou** dobu životnosti budovy a také je nutné respektovat základní požadavky dané *vyhláškou č. 268/2009 Sb.* [1]. Mezi nejdůležitější požadavky na stavby patří:

- mechanická odolnost a stabilita;
- požární bezpečnost;
- ochrana zdraví osob a zvířat, zdravých podmínek a životního prostředí;
- ochrana proti hluku;
- bezpečnost při užívání;
- úspora energie a tepelná ochrana.

1.0.2.2. Mechanická odolnost a stabilita

Budovy mateřských škol je nutné navrhovat tak, aby byly **v souladu** s normovými požadavky a dokázaly tak odolat účinkům zatížení a nepříznivým vlivům prostředí. Zodpovědným návrhem dojde k omezení případných katastrofických scénářů – náhlé nebo postupné zřícení, nadměrné průhyby konstrukcí, narušení stability, narušení mechanické odolnosti a funkceschopnosti budovy.

Konstrukce a prvky, ze kterých se mateřské školy navrhují musí být **v souladu s platnými normami** tak, aby po celou dobu plánované životnosti budovy vyhovovaly požadovanému účelu a byly schopny odolat různým kombinacím účinku zatížení a nepříznivým vlivům prostředí v průběhu výstavby a užívání budovy. [1]

1.0.2.3. Všeobecné požadavky pro ochranu zdraví, zdravých podmínek a životního prostředí

Návrh objektu mateřské školy **nesmí** nijak ohrožovat život a zdraví osob nebo zvířat, bezpečnost, zdravé životní podmínky uživatelů budov a jejího okolí a neohrožovat životní prostředí. Dále sama budova musí odolávat škodlivému působení vnějších vlivů, hlavně vlivům zemní vlhkosti a podzemní vody, vlivům atmosférickým, chemickým, záření a otřesům. [1]

1.0.2.4. Ochrana proti hluku a vibracím

Hladina hluku a vibrací v prostorách mateřských škol **nesmí** překročit stanovené limity, aby nedocházelo k ohrožení zdraví pedagogů a dětí. Pro zajištění ochrany proti nadměrnému hluku z vnějších vlivů, zejména dopravy, je nutné uplatňovat **urbanistická opatření**, místo ochrany jednotlivých objektů samostatně. [1]

Požadavky na hodnoty vzduchové neprůzvučnosti a kročejové neprůzvučnosti konstrukcí jsou definovány v normě *ČSN 73 0532 - Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky*. [5]

1.0.2.5. Úspora energie a tepelná ochrana

Návrhy mateřských škol musí dbát na to, aby spotřeba energie na vytápění, větrání, umělé osvětlení a popřípadě klimatizaci byla co **nejnižší**. Měla by zde být snaha o co **největší využití obnovitelných zdrojů energie**, např. instalace tepelného čerpadla nebo fotovoltaických panelů. [1]

Vnitřní prostředí mateřských škol se navrhuje s myšlenkou, aby při dlouhodobém užívání budovy byly dodrženy požadavky na tepelnou ochranu splňující [1]:

- tepelnou pohodu uživatelů;
- požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov;
- tepelně vlhkostní podmínky;
- nízkou energetickou náročností budov.

Energetická náročnost budovy je závislá na tvaru budovy, dispozičním řešení, orientaci ke světovým stranám, velikosti výplní otvorů, zvolených konstrukcích, materiálech a technickém vybavení objektu. Dalším důležitým aspektem jsou klimatické podmínky v lokalitě, kde se škola navrhuje a v neposlední řadě hygienické požadavky na provoz mateřských škol, tak aby plně vyhovovala účelům budovy a ekonomické možnosti investora. [1]

1.0.3. Požadavky na stavební konstrukce

Požadavky na stavební konstrukce jsou definované ve *vyhlášce č. 268/2009 Sb.* [1] pro všechny budovy obecně. Jedná se zejména o požadavky na stabilitu, mechanickou odolnost, tepelnou techniku či povrchové úpravy.

Obvodové konstrukce a konstrukce dělicí místnosti s různými teplotami a vlhkostí vzduchu musí **splňovat** požadavky na tepelně technické vlastnosti při prostupu tepla, prostupu vodní páry a vzduchu konstrukcemi danými normou [6]. Konstrukce dělicí vnitřní dispozici, musí dle charakteru užívání místností vyhovovat normovým hodnotám **vzduchové i kročejové neprůzvučnosti** [5]. Stejně podmínky platí i pro vodorovné nosné konstrukce. Podlahy navíc musí splňovat požadavky z hlediska tepelné techniky v ustáleném i neustáleném teplotním stavu, a to včetně hodnoty **poklesu dotykové teploty podlahy** [6]. Ve společných prostorách, např. schodišťový prostor, je nutné navrhnout podlahovinu s dostatečnou **protiskluznou úpravou**. [1]

Schodišťový prostor musí být **osvětlen a dostatečně větrán**. Hluk a vibrace vznikající na schodišti musí být eliminovány tak, aby nedocházelo k přenosu přes konstrukce do sousedních místností. Rozměrové parametry schodišťového prostoru jsou dány normou *ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy* [7], případně *vyhláškou č. 398/2009 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb* [2] ve znění pozdějších předpisů.

Výplně otvorů musí mít dostatečné tepelně technické a akustické vlastnosti. V případě, že je pod okenním parapetem volný prostor **hlubší jak 500 mm**, je minimální výška takového parapetu **850 mm**. V případě, že tento požadavek nelze splnit, je nutné instalovat, do této minimální výšky, ochranné zábradlí. Požadavky na zábradlí v mateřských školách upravuje norma *ČSN 74 3305 – Ochranná zábradlí* [8].

1.0.4. Požadavky na technické zařízení staveb

Objekt mateřské školy musí mít zajištěný přívod vody, odvod kanalizačních vod, připojení k elektrické energii a zajištěno vytápění. Způsoby připojení objektu na technickou infrastrukturu jsou dány **dostupností zdrojů** v dané lokalitě. Budova musí být zabezpečena proti úderu blesku. [1]

V současné době je **vhodné**, aby v objektu mateřské školy bylo navrženo nucené větrání, které zajišťuje splnění parametrů vnitřního prostředí denních místností (i jiných, např. umýváren) tak, aby vyhovovaly hygienickým požadavkům [3]. Je výhodné navrhovat nucené větrání společně s **mechanismem zpětného získávání tepla**, tak aby provoz mateřské školy snižoval spotřebu energie vydané na vytápění. V letních měsících může nucené větrání pomoci s udržováním tepelné stability v denních místnostech

mateřských škol. V praxi se ovšem nucené větrání u stávajících objektů mateřských škol příliš **nevyskytuje**. U novostaveb je jeho výskyt častější.

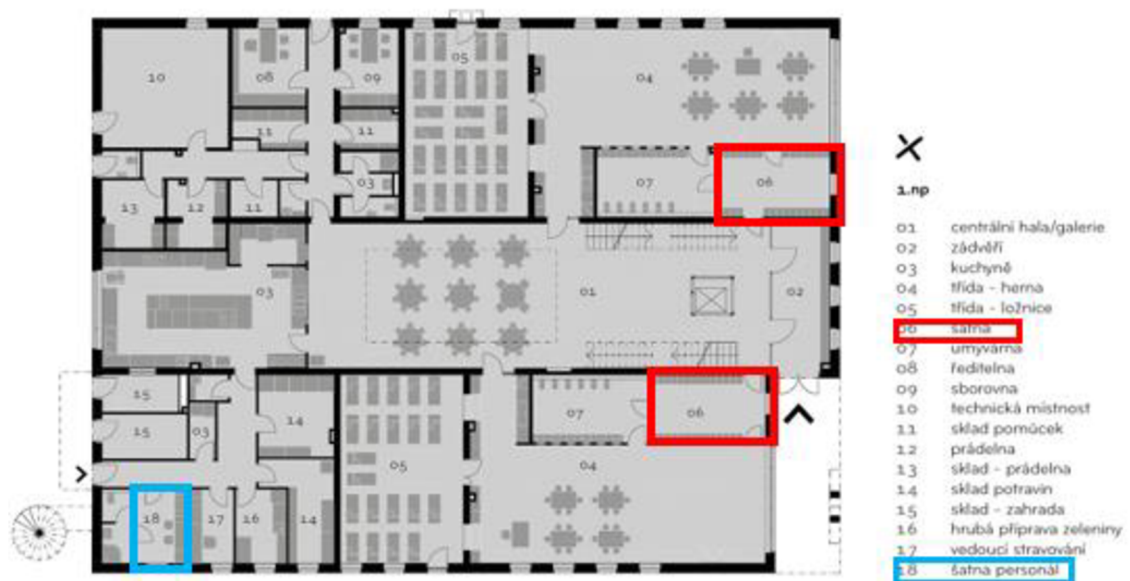
Vytápění budovy musí dbát hospodárnosti a možnosti co nejvíce využít obnovitelné zdroje energie. V mateřských školách se doporučuje navrhovat **podlahové vytápění**. V případě návrhu otopných těles je důležité, aby byly okolo otopných těles nainstalovány **ochranné kryty**. Ty chrání před případným zraněním dítěte při pádu na desku otopného tělesa. Tento kryt však nemůže bránit řádnému sdílení tepla do okolí. [1]

1.0.5. Zvláštní požadavky

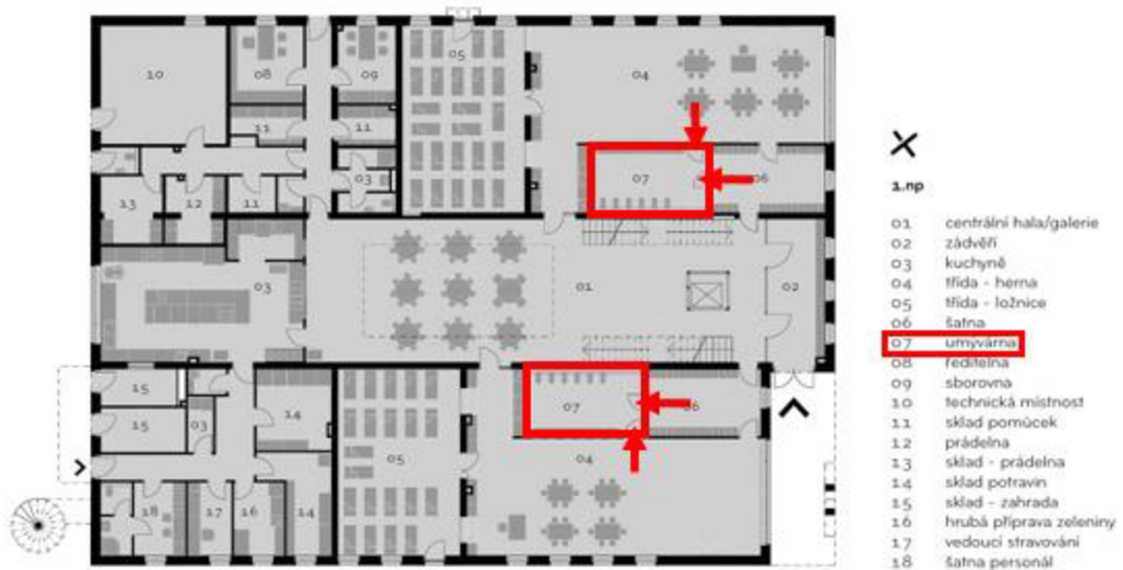
Vyhláška č. 268/2009 Sb. O technických požadavcích na stavby [1] v šesté části §49 definuje zvláštní požadavky na stavby škol, předškolních, školských a tělovýchovných zařízení. V následujícím shrnutí budou vybrány jen body, které se týkají mateřských škol.

Nejnižší možná světlá výška v denních místnostech je **2 500 mm** v případě, kdy je dodržen požadavek na minimální kubaturu vzduchu na dítě. Tato kubatura činí **12 m³**. Pokud není možné tuto podmínku splnit, je nutné světlou výšku zvětšit na **3 000 mm**. [1]

V objektu mateřské školy je povinné vytvořit prostor pro odkládání venkovní obuvi a oblečení dětí. Tyto místnosti musí být dostatečně osvětleny a větrány. Prostor pro odkládání oděvu pedagogických i nepedagogických pracovníků musí být oddělený. Stejně jako pro šatny dětí platí, že musí být dostatečně osvětleny a větrány. [1]



Obr. 01.: Označení správného umístění šaten pro děti a personál [9]



Obr. 02.: Označení správného umístění umýváren pro děti napojené na denní místnost a šatnu [9]

Toalety a umývárny pro děti musí být přístupné jak z šatny dětí, tak z denní místnosti.

Poslední požadavek pro mateřské školy, který tato vyhláška [1] stanovuje se týká dveří. V prostoru mateřské školy **nesmí** být navrženy dveře kývavé nebo turniketové. Dále nesmí být spodní třetina výplně dveří tvořena skleněnou výplní. Všechny skleněné výplně dveří musí být provedeny z **bezpečnostního skla**. [1]

1.0.6. Hygienické požadavky

Mateřské školy mají přísné nároky z hlediska hygienických požadavků na vnější i vnitřní prostory. Je to dáno samotným důvodem užívání těchto budov – pobývání dětí ve věku dva až sedm let. Tyto požadavky jsou kladeny na prostorové uspořádání, kvalitu vnitřního prostředí a osvětlení denních místností.

1.0.6.1. Prostorové podmínky

Venkovní prostory

U nově navržených mateřských škol musí procento zastavěnosti pozemku splňovat požadavky uvedené v **územním plánu** dané obce. Minimální plocha denní místnosti na jedno dítě je dána *vyhláškou č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých* [3]. Tato

hodnota je stanovena jako **4 m²**. Venkovní prostor škol musí být po celém obvodu pozemku oplocen.

Při návrhu rostlin a stromů je nutné dbát na bezpečí a zdraví dětí. Volba typu a množství zeleně ovlivňuje vnitřní prostředí objektu v letních měsících. Při jejich výběru je nutné pamatovat na dostatečné proslunění a osvětlení denních místností. Na vnitřní prostředí z hlediska tepelného komfortu má zeleň kladný vliv. Minimální vzdálenost vysazených stromů je dána jejich maximální výškou. Travnatý porost, vysázené rostliny a stromy musí být řádně udržovány a kontrolovány, tak aby nevzniklo potencionální nebezpečí pro děti pohybující se v okolí těchto rostlin a stromů. [10]

Vnitřní prostory

Dispozice mateřských škol musí umožňovat výuku, volnou hru dětí, jejich odpočinek, osobní hygienu, tělesné cvičení a stravování, jestliže není stravování zajištěno na jiném místě. Minimální plocha na jedno dítě v případě, že denní místnost slouží jako herna a prostor pro spánek, je stanovena **4 m²**. V případě, že je od denní místnosti oddělená jídelna nebo tělocvična, je možné minimální plochu na dítě snížit na **3 m²**. [3]

Podlahovina musí být snadno čistitelná. V denních místnostech by se měly vybírat odstíny podlahoviny matné a světlé. [3]

Počet hygienických zařízení v mateřských školách v denním režimu se **nedělí** podle pohlaví dětí. Na **pět** dětí musí být navržena **jedna** záchodová mísa a **jedno** umyvadlo. Maximálně dvě záchodové mísy lze nahradit dětskými pisoáry. Jejich výškové osazení je zpravidla 40 cm nad podlahou, umyvadla se osazují do výšky 50 centimetrů a výtokový ventil maximálně do výšky 60 centimetrů nad čistou podlahou. V umývárně jsou umístěny jedna až dvě sprchy tak, aby umožňovaly přístup dětem i bez pomoci pedagoga. Ve všech výtokových kohoutech musí být pitná voda. [3]

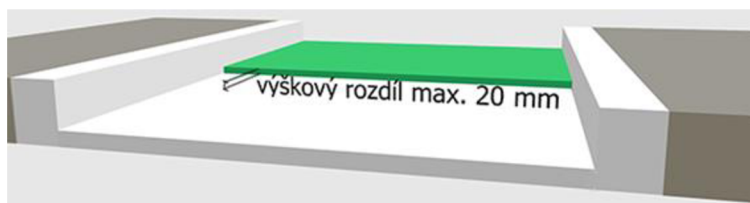
Dalším vybavením umýváren jsou dávkovače mýdla, ručníky na osušení rukou na jedno použití, případně vysoušečem rukou. Další možností je umístění označených věšáků na látkové ručníky tak, aby každé dítě mělo vlastní ručník. Ručníky se nesmí vzájemně dotýkat. U toalet musí být k dispozici toaletní papír. Povrchy umýváren (stěny i podlahy) musí být omyvatelné a čistitelné minimálně do výšky 1,5 m a lehce dezinfikovatelné. [3]

V této vyhlášce se dále pojednává i o osvětlení či mikroklimatu denních místností. [3] Tyto pojmy budou dále vysvětleny v kapitole 1.1.2 *Tepelná stabilita v letním období*, podkapitola 1.1.2.3 *Požadavky na větrání a mikroklimatické podmínky*.

1.0.7. Bezbariérové požadavky

1.0.7.1. Základní prvky bezbariérového užívání staveb

Výškové rozdíly pochozích ploch **nesmí překročit 20 mm**. V ojedinělých případech, kdy terén, nebo návrh nedovolí nižší výškové rozdíly jak 20 mm, se navrhují bezbariérové rampy. [11]



Obr. 03.: Grafické znázornění maximálního výškového rozdílu [11]

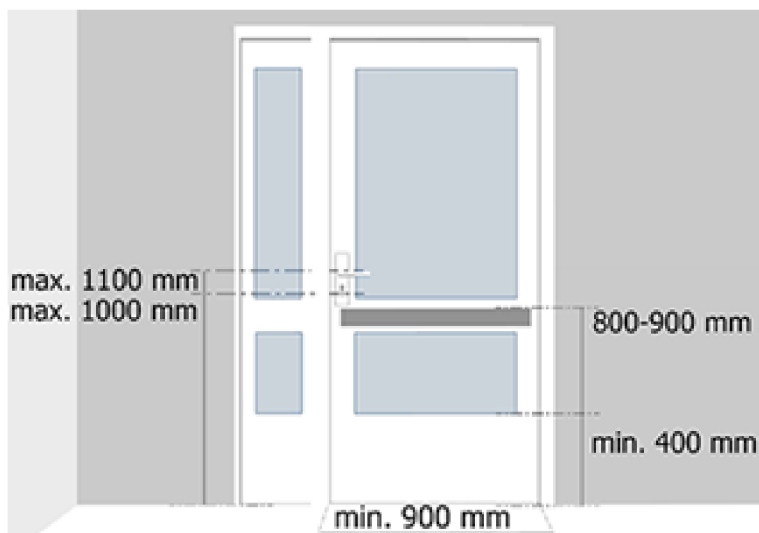
Povrchy pochozích ploch **nesmí** být nerovné a kluzké. Musí být opatřeny nášlapnou vrstvou, která splňuje požadavky na rovinnost, pevnost a protiskluznost. [11]

1.0.7.2. Vstupy do objektu

Vstup do objektu musí být bez schodů, či vyrovnávacích stupňů. Vstup by tedy měl být v úrovni komunikace pro chodce. Pokud je tomuto bráněno, je možné vytvořit bezbariérovou rampu, popřípadě v odůvodněných případech, u již dokončených staveb, zdvihací plošinu. [12]

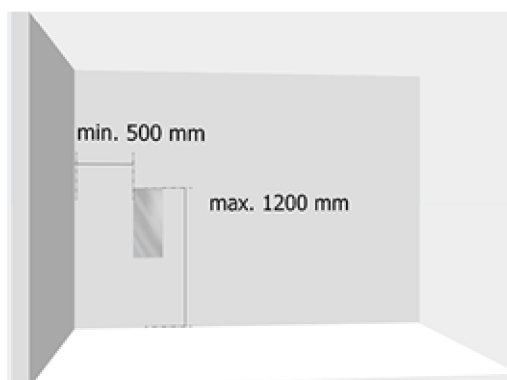
Plocha před vstupem musí být **minimálně 1 500 mm x 1 500 mm**. V případě, že se dveře otevírají ven, pak musí být šířka minimálně 1 500 mm a délka ve směru přístupu minimálně 2 000 mm. Spád pochůzné plochy je možný jen v jednom směru, a to maximálně 2,0 %. [12]

Vstup do objektu má stanovenou minimální šířku na 1 250 mm, z toho minimální šířka jednoho křídla u dvoukřídlých vchodových dveří musí být **900 mm**. Všechna otevíravá křídla musí být ve výšce 800 mm až 900 mm nad zemí opatřena vodorovnými madly přes celou šířku dveří, umístěnými na opačné straně, než jsou závěsy. Jedinou výjimku tvoří automaticky otevíravé dveře. [12]



Obr. 04.: Grafické znázornění geometrie vchodových dveří [12]

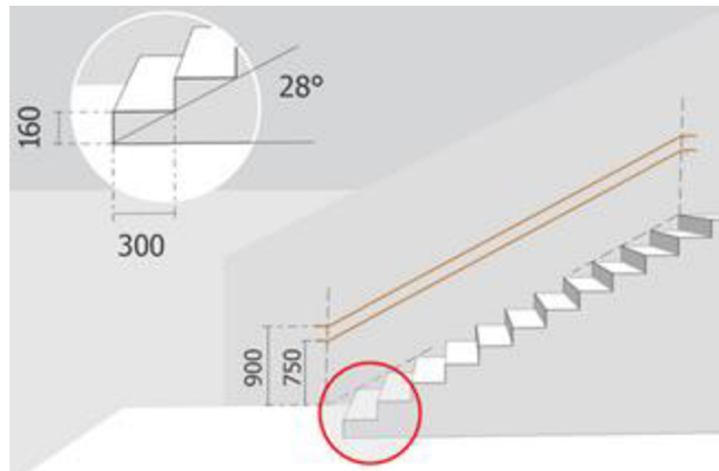
Horní hrana zvonkového panelu nesmí být výše jak 1 200 mm nad podlahou a musí být odsazena od pevné překážky (stěny) o minimálně 500 mm. [12]



Obr. 05.: Grafické znázornění minimálních/maximálních rozměrů [12]

1.0.7.3. Schodiště a vyrovnávací stupně

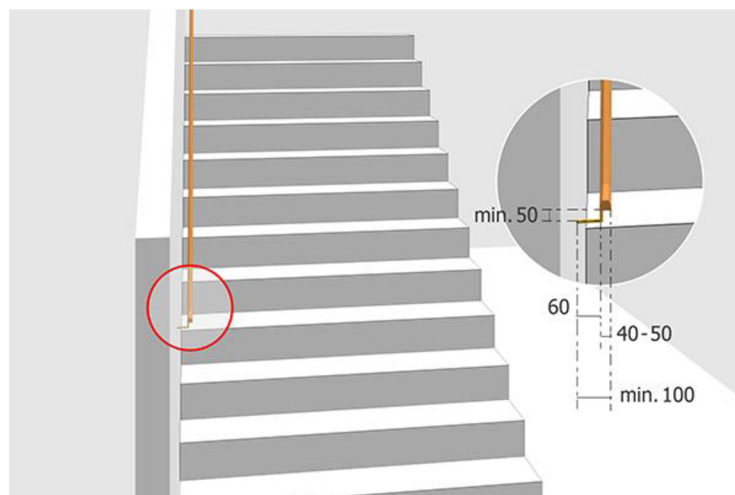
Jako bezbariérové se řeší hlavní, přiměřeně úniková a ostatní schodiště. Ve všech ramenech téhož schodiště musí být dodržen **stejný počet** schodišťových stupňů. Minimální počet stupňů jsou 3, maximální je **16**. Sklon schodišťového ramene nesmí být větší než **28°** a výška schodišťového stupně větší jak než **160 mm**, to však neplatí pro budovy vybavené výtahem. [13]



Obr. 06.: Rozměry schodišťového stupně a výškové umístění zábradlí [13]

Stupnice a podstupnice k sobě musí být kolmé. U již dokončených staveb se povoluje maximální přesah stupnice o 25 mm.

Jak schodišťová ramena, tak vyrovnávací stupně musí mít po obou stranách madla ve výšce 900 mm, která musí přesahovat nástupní a výstupní schodišťový stupeň minimálně o 150 mm. Doplňkové madlo musí být nainstalováno ve **výšce 750 mm** [8]. Madlo je nutné odsadit od svislých konstrukcí minimálně o 60 mm. Tvar madla dovoluje jeho pohodlné a pevné uchopení rukou shora. Od uchycení do stěny musí být madlo nadzvednuto minimálně o 50 mm. [13]



Obr. 07.: Správně umístěné a navržené zábradlí [13]

Stupnice nástupního a výstupního schodiště ve schodišťovém rameni nebo u vyrovnávacích schodů musí být **výrazně označeny** od okolí. Kontrastní označení podstupnic je nepřipustné. [13]

1.1. Požadavky na vnitřní prostředí z hlediska stavební fyziky

1.1.1. Světlo-technické požadavky

1.1.1.1. Základní požadavky

Denní místnosti mateřských škol je nutné navrhovat tak, aby se co nejvíce využívalo denního osvětlení, které nelze nahradit umělým. U dětí předškolního věku dochází k vývoji zrakového orgánu, který ovlivňuje rozvoj pohybových a mentálních schopností, a může zde docházet ke vzniku vad zraku. Dobré světelné podmínky v objektu vytváří **vhodné podmínky pro zdravou zrakovou pohodu** a dobré vidění objektů, zabrání předčasné a nadměrné únavě a může také předejít případným úrazům. [14]

Srovnávací rovina pro posouzení denního osvětlení je v mateřských školách ve výšce **0,45 m nad čistou podlahou**. Osvětlení musí poskytovat zdravou zrakovou pohodu při zatažené obloze, polojasné obloze nebo za přímého slunečního světla. Základními hledisky, kterými se denní osvětlení mateřských škol posuzuje a navrhuje, jsou:

- úroveň denního osvětlení (dána hodnotou činitele denní osvětlenosti);
- rovnoměrnost osvětlení;
- proslunění;
- rozložení světelného toku a převažující směr světla;
- výskyt dalších jevů ovlivňující zrakovou pohodu (materiály povrchových konstrukcí). [3]

1.1.1.2. Činitel denní osvětlenosti

Jedná se o poměrnou veličinu, která stanovuje úroveň denního osvětlení. Normou ČSN 73 0580-1 – *Denní osvětlení budov – Část 1: základní požadavky* požadovaná hodnota je dána následujícím vzorcem (1) zaokrouhlena na jedno desetinné číslo [15]:

$$D = \frac{\text{úroveň osvětlenosti}}{E_{v,d,med}} \cdot 100 [\%]; \quad (1)$$

Kde:

- úroveň osvětlenosti – hodnota, která je požadovaná na minimálně polovině posuzované místnosti po minimální polovinu denní doby, dána tabulkou v normě *ČSN EN 17037:2016+A1:2021 – Denní osvětlení budov* v příloze A, tabulka A.1 – *Doporučené hodnoty denního osvětlení pro osvětlovací otvory ve svislých a šikmých plochách*, popř. tabulka A.2 - *Doporučené hodnoty denního osvětlení pro osvětlovací otvory ve vodorovných konstrukcích* [16].

Tab. 01 Doporučení pro příspěvek denního světla pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory [17]

Doporučená úroveň pro svislé a šikmé okenní otvory	Cílová osvětlenost E_T [lx]	Část prostoru pro hodnocení cílové osvětlenosti F_{place} , %	Minimální cílová osvětlenost E_{TM} [lx]	Část prostoru pro hodnocení minimální cílové osvětlenosti F_{place} , %	Podíl doby s denním světlem F_{Time} , %
Minimální	300	50 %	100	95 %	50 %
Střední	500	50 %	300	95 %	50 %
Maximální	750	50 %	500	95 %	50 %

POZNÁMKA: Cílový činitel denní osvětlenosti (D_T) a minimální cílový činitel denní osvětlenosti (D_{TM}) odpovídající cílové osvětlenosti a minimální cílové osvětlenosti pro hlavní města členských zemí CEN jsou v tabulce A.3 [16]

- $E_{v,d,med}$ – srovnávací osvětlenost venkovní nezacloněné roviny při rovnoměrně zatažené obloze, hodnoty pro 33 hlavních měst národních členů CEN jsou uvedeny v tabulce normy *ČSN EN 17037:2016+A1:2021 – Denní osvětlení budov* v příloze A, tabulka A.3 – *Hodnoty D , $E_{v,d,med}$ a φ pro osvětlovací otvory pro 33 hlavních měst národních členů CEN* [16].

Tab. 02 Hodnoty D [%] pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 100, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{\text{Time}, = 50\%}$ pro Českou republiku [17]

Země	Hlavní město	Zeměpisná šířka φ [°]	Medián oblohové rovnoměrné osvětlenosti $E_{v,d,med}$ [lx]	D pro překročení 100 lx	D pro překročení 300 lx	D pro překročení 500 lx	D pro překročení 750 lx
Česká republika	Praha	50 %	14 900	0,7 %	2,0 %	3,40 %	5,00 %

Činitel denní osvětlenosti se posuzuje v kontrolních bodech, které jsou rozmístěny v pravidelné síti obecně ve **výšce 0,85 m nad čistou podlahou**. Pro mateřské školy je daná výška snížena na 0,45 m. [3] Výsledná vzdálenost jednotlivých kontrolních bodů se vypočítává následujícím vzorcem (2) a nabývá hodnot **od 0,5 m do 2,0 m**. Vzdálenosti těchto bodů jsou také závislé na velikosti místnosti. Krajiní body se umísťují do vzdálenosti 0,5 m od stěn. [16]

$$p = 0,5 \cdot 5^{\log_{10}(d)} \quad (2)$$

Kde:

- p – maximální velikost buňky mřížky [m];
- d – delší rozměr plochy výpočtu [m], v případě, že je poměr délek posuzované místnosti větší jak 2, pak se za d doplňuje kratší rozměr.

Počet kontrolních bodů je dán nejbližším celým číslem, které je větší nebo rovno poměru délek stran posuzované místnosti. [16]

Denní osvětlení vnitřních prostorů budov se navrhuje dle tabulky v normě *ČSN EN 12 464-1:2022 – Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště* [18]. Tato tabulka jasně udává požadavky na denní místnosti pro hru dětí.

Tab. 03 Vzdělávací zařízení – Mateřské školy a jesle [18]

Ref. číslo	Druh místa zrakového úkolu/ činnosti	E_m [lx]		Rovnoměrnost osvětlenosti U_o	Index podání barev R_a	Mezní hodnota indexu oslnění dle CIE R_{UGL}	$E_{m,z}$ [lx]	$E_{m,wall}$ [lx]	$E_{m,ceiling}$ [lx]	Zvláštní požadavky
		Požadované ^a	Upravené ^b							
43.1	Místnosti pro dětské hry	300	500	0,40	80	22	100	100	75	Velké jasy mají být vyloučeny pro směr pohledu zdola použitím rozptylných krytů
43.2	Dětské pokoje	300	500	0,40	80	22	100	100	75	Velké jasy mají být vyloučeny pro směr pohledu zdola použitím rozptylných krytů
43.3	Místnosti pro ruční práce	300	500	0,60	80	19	100	100	75	

a) požadovaná – minimální hodnota

b) upravená – se zohledněním okolností dle 5.3.3 Normy ČSN EN 12 464-1:2022 [18]

1.1.1.3. Rovnoměrnost osvětlenosti

Rovnoměrnost osvětlenosti dle normy ČSN EN 12 464-1:2022 [18] nesmí být menší než následně uvedené hodnoty:

- Rovnoměrnost osvětlenosti bezprostředního okolí musí být $U_o \geq 0,40$;
- rovnoměrnost osvětlenosti pozadí, stěn a stropu musí být $U_o \geq 0,10$.

Tyto hodnoty platí **pouze pro umělé osvětlení**.

Hodnoty rovnoměrnosti se **neposuzují za přítomnosti denního světla**, jelikož je velice proměnlivé. Jeho intenzita a rozložení se neustále mění podle klimatických podmínek a venkovního prostředí. [18]

1.1.1.4. Odraznost světla

Při volbě materiálů v interiéru je důležité myslet na jejich činitele odrazu. Z tohoto důvodu by se měly ve vnitřních prostorách používat materiály a povrchové úpravy **nelesklé**, a to tak aby nedocházelo k oslňování odrazem světla. V ojedinělých případech lze využít lesklých povrchů za předpokladu, že nebudou způsobovat oslnění. Oslnění odrazem světla je nechtěné především u povrchu v dolní části zorného pole – tedy podlahy a vodorovné pracovní plochy. [15]

Odrazivost materiálů se volí taková, aby byly dosaženy požadované hodnoty denního osvětlení, rozložení jasu a **zrakové pohody**. Zároveň je nutné myslet na zachování souladu s účelem místností a hospodárností osvětlení. [15]

Hodnoty činitele odrazu světla hlavních povrchů interiérů se navrhuje na tyto průměrné hodnoty dle normy *ČSN 73 0580-1 – Denní osvětlení budov – Část 1: základní požadavky* [15], bod 4.6.3:

- strop s činitelem odrazu světla 0,7;
- stěny s činitelem odrazu světla 0,5;
- plochy, které bezprostředně sousedí s osvětlovacími otvory s činitelem odrazu světla nejméně 0,7;
- podlahy a podlahové krytiny s činitelem odrazu světla 0,3.

Tyto hodnoty se užívají v případě, kdy **není zcela jasně definovaná** barevnost interiéru. Pro průčelí budov se doporučuje použít světlých barev s průměrným činitelem odrazu 0,5 a vyššími. [15]

1.1.1.5. Návrh a užívání mateřských škol z hlediska denního osvětlení

Venkovní prostředí

Nejdůležitějším požadavkem při návrhu mateřských škol z hlediska denního osvětlení je nalézt takové **urbanistické řešení**, které vytvoří příznivé podmínky pro přístup denního světla do objektu bočními osvětlovacími otvory s omezením venkovních stínících prvků (sousedních objektů, vzrostlé vegetace, terénu apod...). Minimální odstup stínící překážky od fasády objektu se bere jako průměrná hodnota **1:3**, kde se jedná o poměr převýšení stínící hrany překážky nad osou oken ke kolmé půdorysné vzdálenosti stínící hrany od průčelí. [17]

Při využití lesklých materiálů musí být zabráněno odražení přímého slunečního světla do osvětlovacích otvorů denních místností.

Vnitřní prostředí

Pro návrh pracovních ploch by se mělo využívat nelesklých materiálů s doporučenými hodnotami činitele odrazu světla v mezích **0,3 až 0,45**. Leské materiály nejsou příliš žádoucí a navrhují se jen ve výjimečných a odůvodněných případech. Zejména u podlahovin je nutné dbát na vhodnost takovýchto materiálů. [19]

V prostorách, kde je požadováno soustředění na práci, se doporučují chladnější a klidnější barevné odstíny. Naopak v hernách a denních místnostech určených pro nejmladší věkové skupiny se doporučují **teplejší a hravější odstíny**. [19]

Osvětlovací otvory

V případě větší hloubky denní místnosti mateřských škol se vnitřní prostory navrhují zejména s **kombinovaným nebo vícestranným bočním denním osvětlením**. V případě, kdy dispoziční řešení dovolí pouze jednostranné boční osvětlení, přistupuje se k návrhu průběžných osvětlovacích otvorů s co nejmenšími dělicími konstrukcemi a meziokenním pilíři pro docílení dostatečné úrovně denního osvětlení a potřebné rovnoměrnosti v podélném směru. [19]

V denních místnostech se navrhují osvětlovací otvory tak, aby bylo zachováno vhodné spojení s exteriérem. Takový návrh by měl zachovat vodorovný výhled z otvorů pro stojící i sedící osoby. Největší možná výška parapetu okenních otvorů u věkové skupiny děti do 6 let (objekty mateřských škol) je **0,75 m**. [20]

Pro zasklení osvětlovacích otvorů se volí materiály, které jsou čiré, bezbarvé a nezkreslující. Dále by osvětlovací otvory měly splňovat následující požadavky:

- propouštět co nejvíce světla;
- neměnit spektrální složení světla, jestliže to není z nějakého důvodu požadováno;
- nezkreslovat při průhledu, pokud je průhled požadován;
- konstrukce musí být bezpečné (zabezpečení proti možnému vypadnutí apod...)

- snadno ovladatelné i menšími osobami. [15]

Vnitřní prostory s obrazovkami

V případě, že je denní místnost mateřských škol vybavena obrazovkami (interaktivní tabule), či se využívá přístrojů s displeji (tablety apod...) je nutné navrhovat denní osvětlení ve vzájemné interakci s těmito přístroji tak, aby

- nevznikaly rušivé odrazy světla na obrazovkách od osvětlovacích otvorů;
- úroveň denního osvětlení nebyla tak vysoká, že by snižovala viditelnost na těchto zařízeních;
- nedocházelo k vzniku oslnění jasem ve směru pohledu na obrazovky. [19]

Vzhledem k těmto podmínkám je vhodné umisťovat obrazovky tak, aby světlo osvětlovalo prostor **ze strany či shora**.

V případě užití obrazovek ve vnitřním prostředí se prostory navrhuji s **plynulou regulací** denního osvětlení, ne se stupňovitou. [19]

Přes všechna doporučení je nutné brát v potaz možnosti, které nám dovoluje územní plán dané obce, lokalita, ve které se mateřská škola nachází, požadavky a také finanční možnosti investora.

1.1.2. Tepelná stabilita v letním období

Tepelné podmínky významně ovlivňují subjektivní pocit pohody člověka, pocit únavy i jeho produktivitu. Vnímání tepla a chladu je u každého člověka dáno **subjektivními faktory**, mezi které patří například míra ošacení, psychická i fyzická pohoda, provozovaná činnost, pohlaví nebo věk. Vedle samotné teploty ovlivňuje tepelnou pohodu také vlhkost a rychlost proudění vzduchu, které řadíme mezi **objektivní faktory** tepelné pohody.

1.1.2.1. Požadavky dle normy ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012 [6]

Pro posuzování tepelné stability místnosti v letním období je důležité stanovit si takzvanou **kritickou místnost**.

Kritická místnost pro posouzení tepelné stability v letním období, je taková místnost, která má největší plochu přímo osluněných výplň otvorů orientovaných na západ, jihozápad, jih, jihovýchod a východ, a to v poměru k podlahové ploše dané místnosti. [6] Kritická místnost pro posouzení tepelné stability v letním a zimním období nemusí být totožná.

Nejvyšší denní teplota vzduchu v této místnosti musí splňovat podmínku, dle vztahu (3)

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (3)$$

Kde:

- $\theta_{ai,max}$ je maximální naměřená denní teplota vzduchu v kritické místnosti [°C]

$\theta_{ai,max,N}$ je požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období, dle *Tab. 04 Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období* $\theta_{ai,max,N}$ [6]

Tab. 04 Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [6]

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní¹⁾		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	do 25 W/m ³ včetně	29,5
	nad 25 W/m ³	31,5
¹⁾ U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodin během normového dne, pokud s tím investor (stavební, uživatel) souhlasí.		

V případě, že není prokazatelně možné splnit požadavek na nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti dle normy *ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012* [6], je doporučeno navrhnout v objektu strojní chlazení.

Tohoto opatření se však v mateřských školách příliš nevyužívá a spíše je snaha projektanta o nalezení vhodnějšího řešení, tzn. zajistit optimální vnitřní prostředí **konstrukčním a dispozičním návrhem budovy**.

1.1.2.2. Požadavky dle vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21]

Podle této vyhlášky je nutné zajistit vhodné vnitřní prostředí budovy mateřské školy **konstrukčním návrhem**, popřípadě zakomponovat do návrhu takové stínící prvky, aby maximální teplota vzduchu v denní místnosti mateřské školy nepřevyšovala hodnotu danou vyhláškou č. 343/2009 Sb. [21], která mění vyhlášku č. 410/2005 Sb. o *hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých* [3]. Tato hodnota činí **28 °C**.

Obvodové konstrukce mateřských škol musí být navrženy tak, aby jejich povrchová teplota **nebyla** po celý rok podstatně rozdílná od teploty vzduchu v místnosti. V případě přirozeného větrání je nutné okna zajistit proti jejich rozbití zapříčžené průvanem a jejich snadné ovládání dosažitelné z podlahy. [3]

Při poklesu teploty vzduchu v denních místnostech po třech po sobě jdoucích dnech pod 18 °C musí být provoz pozastaven. To samé platí pro případ extrémních teplot v letním období, kdy výsledná teplota kulového teploměru θ_k je 31 °C. V případě, že

vnější prostředí neumožňuje přirozené větrání (znečištění ovzduší, vysoké teploty) je nutné zajistit výměnu vzduchu tak, aby byly splněny požadavky na mikroklimatické podmínky, vzduchotechnickým zařízením. [21]

S dnešními zvyšujícími se požadavky na energetickou soběstačnost se budovy s téměř nulovou spotřebou energií stávají standardem. Proto je možné i v prostorech mateřských škol navrhnout nucené větrání pomocí **vzduchotechnické jednotky** či **rekuperace**. Avšak česká norma *ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky ve znění Z1:2012* [6], která určuje postup posuzování tepelné stability místnosti v letním období, s nuceným větráním **nepočítá**.

Tato vyhláška definuje také požadavky na mikroklimatické podmínky a větrání. Co zde ovšem není stanoveno jsou **limitní hodnoty pro koncentraci CO₂** v denních místnostech mateřských škol.

Obecně je definovaná maximální hodnota CO₂, v místnostech s pobytem osob delším jak 4 hodiny ve *vyhlášce 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby [1], § 11, bod 5*. Tato hodnota nesmí překročit hranici **1500 ppm**. Doporučuje se však, aby koncentrace CO₂ byla nižší než **1000 ppm**. Hladina CO₂ v místnosti je důležitým faktorem, jelikož jeho zvýšená koncentrace, díky utěsněným konstrukcím mateřských škol s nedostatečným větráním, je častým jevem a vede k nadměrné únavě, nesoustředění i drobným zdravotním obtížím dětí i pedagogů. [1]

Tab. 05 Účinky CO₂ na lidský organismus [22]

Koncentrace [ppm]	Účinky
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1 000	doporučená úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1 200 – 1 500	doporučená max. úroveň CO ₂ ve vnitřních prostorech
1 000 – 2 000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2 000 – 5 000	nastávají možné bolesti hlavy
5 000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5 000	nevolnost a zvýšený tep
> 15 000	dýchací potíže
>40 000	možná ztráta vědomí

1.1.2.3. Požadavky na větrání a mikroklimatické podmínky

Tyto požadavky jsou specifikovány ve vyhlášce č. 410/2005 Sb. [3] ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21] v příloze číslo 3.

V případě denních místností mateřských škol se berou hodnoty pro větrání učebny **20-30 m³.hod⁻¹**. Hodnoty u ostatních místností jsou uvedeny v následující tabulce *Tab. 06 Množství přiváděného a odváděného vzduchu v učebnách, tělocvičnách, šatnách a hygienických zařízeních v zařízení pro výchovu a vzdělávání* [3].

Tab. 06 Množství přiváděného a odváděného vzduchu v učebnách, tělocvičnách, šatnách a hygienických zařízeních v zařízení pro výchovu a vzdělávání [3]

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

Minimální teplota v denních místnostech je dána hodnotu $\theta_{\min} = 20$ °C. Za optimální se pak považuje teplota $\theta_{\text{opt}} = 22 \pm 2$ °C a jako maximální teplota vzduchu je stanovena $\theta_{\max} = 28$ °C. Naměřené hodnoty v úrovni hlavy a nohou by se neměly lišit více jak o 3 °C. Orientačně lze teplotu ve vnitřním prostředí kontrolovat pomocí nástěnných teploměrů, které jsou umístěny na stěně bez oken a současně tato stěna nesmí být vystavena přímému dopadu slunečního záření. [3]

Dále jsou zde specifikované hodnoty rychlosti proudění vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu, viz *Tab.07 Hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativních vlhkostí vzduchu dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. [3] ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21]*

Tab. 07 Hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativních vlhkostí vzduchu dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. [3] ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21]

Typ prostoru	Teploty		Rychlost proudění	Relativní vlhkost
	$\theta_{g,min}$ [°C]	$\theta_{g,max}$ [°C]	v_a [m.s ⁻¹]	rH [%]
Učebny, pracovny, místnosti určené k dlouhodobému pobytu	20	28	0,1-0,2	30-65
Tělocvičny	17	28	-	-
Šatny	18	28	-	-
Sprchy	21	-	-	-
Záchody	17	-	-	-
Chodby	17	-	-	-

1.1.2.4. Operativní teplota

Pro hodnocení tepelné pohody dle stávajících hygienických předpisů se používá takzvaná operativní neboli výsledná teplota θ_0 [°C].

Jedná se o vypočtenou hodnotu, která je definována jako jednotná teplota uzavřeného černého prostoru, ve které by těleso sdílelo radiací a konvekcí stejné množství tepla, jako ve skutečném nehomogenním prostředí. [23]

V případě, že rychlost proudění vzduchu je **nižší než 2 m.s⁻¹**, lze nahradit operativní teplotu **teplotou kulového teploměru θ_k [°C]**. Tato teplota je výslednou teplotou zahrnující vliv současného působení teploty vzduchu, okolních ploch a rychlosti proudění vzduchu. Dá se říci, že teplota kulového teploměru vyjadřuje pocitovou teplotu člověka v daném prostředí. [24]

V případě mateřských škol není pro tento typ budovy uvedená přesná mezní hodnota operativní teploty. Pro případ této diplomové práce se předpokládá prostor denních místností mateřských škol jako pracoviště pedagoga. Vztahují se k němu požadavky na

operativní teplotu definované v *nařízení vlády č. 361/2007 Sb.* [25], které stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci. Dle třídy práce jsou určeny limitní hodnoty mikroklimatických podmínek v místnosti. Jedná se celkově o osm tříd. Pro potřeby této práce, byla provedena klasifikace práce pedagoga do třídy **IIa**.

Tab. 08 Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje [25]

Třída práce	Druh práce	M [W.m ⁻²]
IIa	Práce spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního, nákladního vozidla, traktorů, autobusů, trolejbusů a ostatních drážních vozidel za běžných provozních podmínek, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojářů a mechaniků, pokladní.	81 až 105

Tab. 09 Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro kalendářní rok [25]

Třída práce	M [W.m ⁻²]	Operativní teplota θ_0 [°C]			v_a [m.s ⁻¹]	rH [%]	SR θ_{0max} *** (g.h ⁻¹)/(g.sm ⁻¹)
		$\theta_{0,min}$	$\theta_{0,opt}$	$\theta_{0,max}$			
IIa	81 až 105	18	20±2	27	0,1-0,2	30-70	163/1091

Kde:

- $\theta_{0,min}$ – platná pro tepelný odpor oděvu 1 clo [°C];
- $\theta_{0,opt}$ – platná pro tepelný odpor oděvu 0,75 clo [°C];
- $\theta_{0,max}$ – platná pro tepelný odpor oděvu 0,5 clo [°C];
- v_a je rychlost proudění vzduchu [m.s⁻¹];
- SR je intenzita pocení [(g.h⁻¹)/(g.sm⁻¹)];
- rH je relativní vlhkost [%].

*** platí pro osobu o ploše 1,8 m²

θ_0 [°C] stanovena pro 60% relativní vlhkosti vzduchu.

Clo je jednotka tepelně izolační vlastnosti oděvu, vypočítává se podle ČSN EN ISO 9920 [26].

1.2. Obvodové pláště budov

Obvodové stěnové konstrukce budov proběhly během historie lidstva velkou přeměnou. Od nepálené hlíny až po dnešní zdící tvarovky z cihelných bloků. V této kapitole se, vzhledem ke stáří běžně provozovaných staveb mateřských škol, práce bude zabývat materiály obvodových konstrukcí, které se využívaly v minulém století, a které se běžně využívají dnes.

Jelikož obvodové konstrukce oddělují vnitřní prostředí budov od venkovního, tedy dvě prostředí s rozdílnými parametry jako jsou například teplota nebo vlhkost, jsou na ně kladeny požadavky z hlediska tepelné techniky, tepelně izolačních vlastností a průchodu vodních par konstrukcí. To spolu s požadavky na stabilitu a únosnost definuje použité materiály a postupy provádění.

Podobné požadavky jsou kladeny i na vodorovné stropní konstrukce objektu a zastřešení, které také mají vliv na kvalitní vnitřní prostředí budovy. Zaměřila jsem se ovšem jen na svislé obvodové konstrukce, jelikož jsou v nich častěji zakomponovány průsvitné obalové konstrukce. Další důvodem byla samotná reálná budova, kde měření probíhalo. Zvolená denní místnost měla osvětlovací otvory pouze ve svislých obvodových konstrukcích a nenacházela se v podkroví.

1.2.1. Obalové neprůsvitné konstrukce

Za neprůsvitné se považují ty konstrukce, které nedovolují pronikání denního světla do objektu. Tyto konstrukce mohou být tvořeny mnoha materiály – z běžně používaných v dnešní době například zdivo cihelné, z broušených tvárnic, pórobetonové, vápenopískové či železobetonové. Z lehkých konstrukcí například sendvičové či dřevostavby. Jejich optimální návrh, vzhledem k charakteru užívání budovy, v objektu vytvoří vhodné vnitřní prostředí požadované pro provoz mateřských škol.

Dle tepelné techniky rozdělujeme neprůsvitné konstrukce do dvou skupin – **lehké a těžké neprůsvitné konstrukce**.

1.2.1.1. Lehké neprůsvitné konstrukce

Lehké konstrukce jsou dle normy *ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky* + *Z1:2012* [6] definovány jako konstrukce, které mají plošnou hmotnost vrstev **nížší než 100 kg/m²** od interiéru po tepelně izolační vrstvu včetně.

Z tohoto důvodu se do lehkých konstrukcí také řadí **skladby s vnitřním zateplením**. Dále se tyto konstrukce vyznačují nízkou tepelnou setrvačností a problematickým řešením kondenzace vodní páry v konstrukci v případě konstrukce s vnitřním zateplením. K samotné kondenzaci nesmí docházet v místě konstrukce, kde se nachází jakýkoliv materiál citlivý na vyšší vlhkost. [6]

Pro účel této práce byly vybrány jen lehké neprůsvitné konstrukce, které se v praxi používají jako možné obalové konstrukce mateřských škol.

Dřevostavby

Výhodou dřevostaveb je jejich relativně rychlá výstavba, dle zvoleného typu dřevostavby, využití přírodních materiálů a rychlé vytápění interiéru objektu. Dále se systém vyznačuje nižším součinitelem tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] a tím i lepšími tepelně izolačními vlastnostmi než těžké konstrukce.

Mezi hlavní nevýhody dřevostaveb pak patří nízké tepelně akumulční schopnosti, což znamená, že se objekt sice rychle vytopí, ale dlouhodobě není schopný teplo udržet uvnitř budovy, tedy i rychle chladne. Systém dřevostaveb **je velmi citlivý na kondenzaci vodních par** uvnitř konstrukce.

V případě, kdy kondenzovaná vodní pára může **ohrozit funkci** dané konstrukce, je nutné, aby v těchto místech vycházelo množství zkondenzované vodní páry dle normy *ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012* [6] **nulové**. V případě, že se zkondenzovaná vodní pára nachází v místě, kde **neovlivní funkci** dané konstrukce, je požadované, aby kondenzace byla **aktivní** ($M_c \leq M_{ev}$) a současně platilo, že $M_{c,N} \leq 0,10$ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$], popřípadě nebo **3 %** plošné hmotnosti materiálu. [6]

Dřevostavby se z hlediska průchodu vodní páry dělí na **difúzně otevřené a uzavřené** konstrukce. Difúzně otevřená konstrukce pracuje na principu prostupů plynů tzn. konstrukce umožňuje vodní páře prostoupit ven z objektu. Množství prostupující vlhkosti od interiéru do exteriéru reguluje **parobrzda**, např. sádrovláknité nebo OSB desky. Ta dovoluje procházet vodní páře řízeným způsobem. Je nutné mít na paměti řazení jednotlivých vrstev skladby konstrukcí tak, aby směrem k exteriéru difuzní odpor jednotlivých vrstev **klesal**. U dřevostavby tohoto typu je nutné dbát zvýšené opatrnosti

při volbě materiálů a také správné vyřešení kritických detailů. Jelikož tepelně izolační vlastnosti velmi úzce souvisí s těsností celého objektu je nutné dbát na pečlivé provedení detailů v problematických částech budovy. K posouzení kvality provedení slouží takzvaný BlowerDoor test, kterým se kontroluje neprůvzdušnost stavby. [27]

Druhým typem dřevostaveb jsou konstrukce **difúzně uzavřené**. V tomto případě se zamezuje vniknutí vodní páry do konstrukce úplně pomocí **parozábrany**. Zde se klade velký důraz na správné provedení parozábrany. Dále se dbá i na správné provedení konstrukčních detailů, aby vlhkost v rosném bodě nekondenzovala a nedala prostor vzniku plísní a dalším biologickým škůdcům. Její hlavní výhodou jsou praxí ověřené skladby, nižší cena a více zkušeností ve výstavbě než u difúzně otevřené konstrukce. [27]

Svou podstatou se lehké materiály neprůsvitných materiálů na bázi dřeva spíše hodí na soukromé objekty pro rodinnou rekreaci, či rodinné domy. Samozřejmě lze je navrhnout i pro objekty veřejné vybavenosti, ale jsou zde další problémy než jen tepelná technika. Mezi tyto problémy patří zejména požární ochrana a akustika.



Obr. 08.: Mateřská škola v Líšnici. Foto a realizace: Haas Fertigbau s.r.o. [28]

Dalším zástupcem lehkých neprůsvitných konstrukcí je **modulová výstavba**, která se pro svoje výhody začíná častěji objevovat hlavně ve větších městech, kde poptávka po mateřských školách stoupá a klesá, dle míry porodnosti v dané lokalitě. Tzn. že konstrukce mateřské školy je snadněji demontovatelná a je možné ji odvést na jiné místo.

Jiným druhem lehkých neprůsvitných konstrukcí jsou **izolační sendvičové panely**, které jsou kotveny k nosné konstrukci skeletu. Tento konstrukční systém se vzhledem k velikostem mateřských škol pro jejich výstavbu spíše nevyužívá. Své uplatnění nalezne spíše u administrativních budov nebo u výrobních objektů.



Obr. 09.: Mateřská škola v Květnici. Foto a realizace: KOMA Modular s.r.o. [29]

1.2.1.2. Těžké neprůsvitné konstrukce

Těžké neprůsvitné konstrukce jsou tvořeny materiály, které mají plošnou hmotnost vrstev od interiéru **vyšší než 100 kg/m²**. Dále se vyznačují vyšší tepelnou setrvačností, ale i horšími tepelně izolačními vlastnostmi než lehké konstrukce. Proto se v praxi těžké neprůsvitné konstrukce kombinují buď s certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS nebo systémem větrané fasády. Dále se bude práce zabývat jen nosnou částí těžkých neprůsvitných konstrukcí. [6]

Cihly plné pálené

Hlavním zástupcem těžkých neprůsvitných konstrukcí v minulém století byly cihly plné pálené. V roce 1949 vznikla první norma zabývající se tepelně technickými vlastnostmi materiálů. Do roku 1964 vycházely hodnoty tepelného odporu R [m²K.W⁻¹] z etalonu stěny z cihly plné pálené. [30]

Cihly vynikají velmi dobrou **akumulací tepla, akustickými vlastnostmi** a jsou také **velmi pevné** (P15 – P20 [MPa]). Na úkor kladných vlastností mají cihly **vyšší hmotnost** (jedna cihla zhruba 5 kg). [31]

V minulém století se tento stavební materiál používal na většinu běžných budov, tedy se s nimi můžeme setkat i při rekonstrukcích mateřských škol. V dnešní době je, z důvodu zvyšujících se požadavků na tepelněizolační vlastnosti, nahrazen jinými materiály, v největším zastoupení broušených tvárnice, následně také tvárnice pórobetonové nebo vápenocementové.

Broušené tvárnice

V 90. letech minulého století vznikají cihly velmi podobné dnešním tvarovkám typu THERM. V této době se používají v sousedním Německu. Ve styčné spáře se spojují na sucho pomocí systému zvaného pero a drážka. Tyto cihly se u nás objevují až po roce 2000. Tvárnice jsou charakteristické svým děrováním, které zlepšuje tepelně izolační vlastnosti. Díky této technologii jsou tvárnice lehčí, a proto je možné je vyrábět ve větších rozměrech. To samozřejmě zvyšuje efektivitu výstavby. [32]

S dnešními požadavky na součinitele prostupu tepla U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] tvarovka typu THERM v tloušťce 440 mm bez zateplení vyhovuje na doporučené hodnoty $U_{\text{rec},20}$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$], dané normou *ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z:2012* [6]. Přesto se v dnešní době více využívají tvarovky v tloušťce 300 mm s certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS s tloušťkou izolantu většinou 200 mm. Případně se kontaktní zateplení nahrazuje provětrávanou fasádou s tepelným izolantem z minerálních vláken v tloušťce 220 mm a více. Tento trend lze vysvětlit důvěrou v tento materiál, širokou dostupností, letitými zkušenostmi z praxe a také požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie, jelikož takto složené souvrství vyhovuje na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní domy, $U_{\text{pas},20} = 0,18 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, dle požadavků normy *ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z:2012* [6].

V případě že vnější zateplení není žádané nebo proveditelné, je možné využít tvarovek, které mají dutiny vyplněny tepelnou izolací a v tloušťce 500 mm dosahují

součinitele prostupu tepla $U = 0,12 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$, což také splňuje dnešní doporučené hodnoty pro pasivní domy. U rekonstrukcí je možné využít vnitřního zateplení. [33]

Jistou nevýhodou broušených tvárnic jsou **akustické vlastnosti** a případná **vzduchotěsnost**. Akustika je řešena speciálními tvarovkami s vyšší hmotností. Vzduchotěsnost systému zhoršují rozvody zabudované do konstrukce zdiva – drážky, zásuvky a podobně. To lze vyřešit návrhem předstěn, případně kombinací s materiálem, který je v tomto ohledu lepší, například pórobetonové tvárnice pro jejich homogenní strukturu. [33]

Pórobetonové tvárnice

První pórobetonové tvárnice vznikla v roce 1923 ve Švédsku v návaznosti na zvýšenou poptávku po úsporných domech v meziválečném období, kdy bylo nutné šetřit se zdroji vytápění. [34]

Díky homogenní struktuře má ve všech směrech stejnou **únosnost, tepelně izolační i akustické vlastnosti**. Pórobetonové tvárnice obsahují miliony vzduchových pórů, které stojí za velmi dobrými tepelně izolačními vlastnostmi i sníženou hmotností prvku. Speciální tepelněizolační tvarovky o tloušťce 375 mm s hodnotou součinitele prostupu tepla $U_{\text{rec},20} = 0,21 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$ vyhovují na doporučené hodnoty dané normou ČSN 73 0540:2-2011 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012* [6]. Kvůli nižší hmotnosti se jednotlivé prvky vyrábí v ještě větších skladebných rozměrech než broušené tvárnice a tím je výstavba ještě více urychlena. Další výhodou tohoto materiálu je snadná **opracovatelnost**. Při nutnosti provádění drážek či zásuvek není v takové míře snížena vzduchotěsnost konstrukce a akustické vlastnosti jako u broušených tvárnic. Pórobeton se vyznačuje i **vyšší požární odolností** (třída A1). [35]

Mezi nevýhody tohoto zdícího materiálu patří nutnost důkladného řešení případných **tepelných mostů**, tak aby v zimních měsících nepromrzaly. Nejčastějšími problematickými místy jsou spoje jednotlivých tvárnic, v místě ostění, parapetu, překladu a u otvorů pro vzduchotechniku. Další nevýhodou je obecně **vysoká nasákavost** materiálu. V případě, že pórobeton nasákne vodou, zhoršují se výrazně jeho tepelně izolační vlastnosti. U pórobetonových tvárnic s nízkým součinitelem tepelné vodivosti $[\text{W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}]$ je nižší objemová hmotnost a horší akustické vlastnosti. [35]

Vápenopískové tvárnice

Vápenopískové tvárnice se v České republice začaly používat na začátku 19. století. Tehdy probíhala výroba tvárnic ručně a samotné stavby byly spíše experimentální, jelikož nebyly dány žádné normy, a to jak pro výrobu, tak pro navrhování. Až po druhé světové válce v tehdejší Spolkové republice Německo, vzhledem k prudkému nárůstu poptávek po zdících materiálech, stoupá obliba vápenopískových tvárnic. [36]

V dnešní době se vápenopísek používá pro jeho **vysokou pevnost**, což umožňuje snížit tloušťku zdiva. S tvárnicemi tloušťky 175 mm lze bez větších potíží vystavět objekt o třech nadzemních podlažích. Díky vysoké objemové hmotnosti mají **velmi dobré akustické vlastnosti**. Vzhledem k nízké tloušťce samotné tvárnice v kombinaci s běžným certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS je možné docílit velmi dobrých hodnot součinitele prostupu tepla U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] i při nižších tloušťkách výsledné stěny než u konkurenčních materiálů. Čímž se kompenzují horší tepelně izolační vlastnosti materiálu. Vápenopískové tvárnice samy o sobě mají velmi dobrou **tepelnou akumulaci**. Další kladnou vlastností tohoto materiálů je schopnost **absorbovat vodní páry** a následně je uvolňovat do interiéru v případě, že je v objektu sušší vzduch. [37]

Jejich výhody však mohou být brány i jako nevýhoda, a to hlavně **vysoká hmotnost** zdících prvků. Další nevýhodou jsou horší tepelně technické vlastnosti, což se eliminuje kombinací s kontaktním zateplovacím systémem. Dále se u tohoto materiálu nedoporučuje vysekávat svislé instalační drážky a v neposlední řadě se jedná o křehký materiál, kde vápenopískové cihly hůře snášejí dynamické namáhání. [38]

Poslední zmíněné těžké stěnové konstrukce jsou v dnešní době zastoupeny v praxi při stavbě mateřských škol. V největší míře se užívá broušených tvárnic, následovaných pórobetonovými tvárnicemi. Při porovnání finančních nákladů vyjde nejvýhodněji vápenopískové tvárnice, nejhůře pak konstrukce z broušených tvárnic. Přesto se nejméně objektů staví právě z vápenopískových tvárnic, jelikož se ve většině případů jedná o nízkopodlažní objekty, maximálně dvoupodlažní, a není zde prostor pro využití potenciálu tohoto materiálu.

Železobetonové stěnové konstrukce

Železobetonové stěnové konstrukce mají svou výhodu ve **vysoké akumulaci tepla** a také jsou výborné, co se týče **akustiky**, vzhledem ke své vysoké hmotnosti. Jejich hlavní nevýhodou je pak **mokrý proces, pracnost** – vyztužování stěny, vysoká hmotnost a **horší součinitel prostupu tepla**.

Pro svou vysokou únosnost v tlaku se stěnové konstrukce z železobetonu užívají spíše pro suterénní zdivo, které musí odolávat zemním tlakům, popřípadě se využívají jako ztužující prvky zděných stěnových konstrukcí ve formě pilířů a sloupů. Celostěnové železobetonové systémy se u mateřských škol nevyužívají.

1.2.2. Obvodové pláště – průsvitné konstrukce

Za průsvitné označujeme konstrukce, materiály a výrobky, které svým charakterem dovolují slunečnímu záření pronikat do budov. Primárně jsou to prosklené plochy, jako jsou okna či skleněné fasády. Jsou nejslabším článkem obálky budovy. Z hlediska jejich součinitele prostupu tepla jsou zhruba **4 - 5x horší** než obalové neprůsvitné konstrukce. V dnešní době se používají okenní výplně s rámy z různých materiálů (například dřevo, kombinace dřeva a hliníku, hliník či plast) s izolačním dvojsklem, častěji pak s izolačním trojsklem. Nejen u mateřských škol vzniká problém při snaze najít ideální poměr zasklené plochy obalových konstrukcí k půdorysné ploše místnosti. Z hlediska osvětlení a proslunění je nutné zajistit potřebné hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%] v kontrolních bodech. To je v rozporu s požadavky na vnitřní prostředí denních místnosti mateřské školy z hlediska maximální vnitřní teploty vzduchu v letním období $\theta_{v,max}$ [°C].

V mateřských školách je velmi důležité navržení správného typu a plochy těchto konstrukcí, aby objekt splňoval stanové normové hodnoty pro činitele denního osvětlení.

[16]

Z hlediska tepelné techniky je u průsvitných konstrukcí, stejně jako u neprůsvitných, podstatný součinitel prostupu tepla U [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]. Součinitele prostupu tepla jsou určeny speciálně pro zasklení – U_g [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] a rám výplně otvoru U_f [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]. Výpočet součinitele prostupu tepla oknem U_w [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$] je dán následujícím vztahem (4):

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \psi_g \cdot l_g}{A_f + A_g}, \quad (4)$$

Kde:

- U_w – součinitel prostupu tepla okna [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
- U_f – součinitel prostupu tepla rámem [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
- A_f – plocha zasklení [m^2]
- U_g – součinitel prostupu tepla zasklením [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
- A_g – plocha rámu [m^2]
- ψ_g – lineární činitel prostupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
- l_g – viditelný obvod zasklení [m]

1.2.2.1. Rám výplně otvorů

Rám výplně jako takový z hlediska osvětlení a proslunění je svou plochou podstatným prvkem průsvitné konstrukce. Z hlediska tepelné techniky jsou materiály rámových konstrukcí, které jsou vhodnější, ale mají nevýhody v jiných parametrech. V další části jsou představeny různé materiálové varianty rámu výplně otvorů.

Plastové rámy

Plastové rámy jsou rozšířené zejména díky své cenové dostupnosti a také nenáročné údržbě. Tyto rámy splňují všechny legislativní požadavky na odolnost a respektují požadavky tepelné techniky, jsou relativně **pevné, flexibilní, trvanlivé a odolné vůči povětrnostním vlivům**. Tepelně izolační vlastnosti zajišťují vzduchové komory. Maximální počet komor je v současné době osm. Průměrný součinitel prostupu tepla rámu U_f se pohybuje od **0,9 do 1,4 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$** . Plastové rámy jsou širší oproti ostatním, za minimum se dnes bere plastový rám s pěti komorami při stavební tloušťce 70 mm. Z hlediska tepelné izolace rámu jsou více důležitá těsnění, momentálně se prodávají rámy s trojitým těsněním. To zabraňuje zatékání srážkové vody hnaným větrem a také je to jediné spolehlivé opatření proti orosování rámu v interiéru. [39]

Problémy okenních otvorů s plastovými rámy mohou nastat v čase, kdy může dojít k poničení drobných částí vlivem **ztrouchnivění materiálu** (například pojistka vytahování vnějších žaluzií). Dále je zde možnost deformací a defektů vzniklých již ve výrobě, či vzniku problémů při neodborné montáži.

Dřevěné rámy

Dřevěná okna jsou druhá nejlepší hned za plastovými, co se týče tepelně izolačních vlastností. Průměrný součinitel prostupu tepla rámu U_f se pohybuje **od 0,9 do 1,4 W.m⁻².K⁻¹**. Dalším kladem tohoto typu rámu je využití přírodního materiálu, který může sám o sobě v interiéru vytvářet designový prvek. [39]

Největší nevýhodou je pak nutná péče. Bez ní si rám dlouho neudrží svůj reprezentativní vzhled. Minimálně **jednou ročně** je tedy potřeba dřevěné rámy natřít speciálními přípravky, které chrání rám před vlhkostí, slunečním zářením a biotickými škůdci. Další nevýhodou pak může být i **pořizovací cena**, která je vyšší než u plastových rámu.

Dřevohliníkové rámy

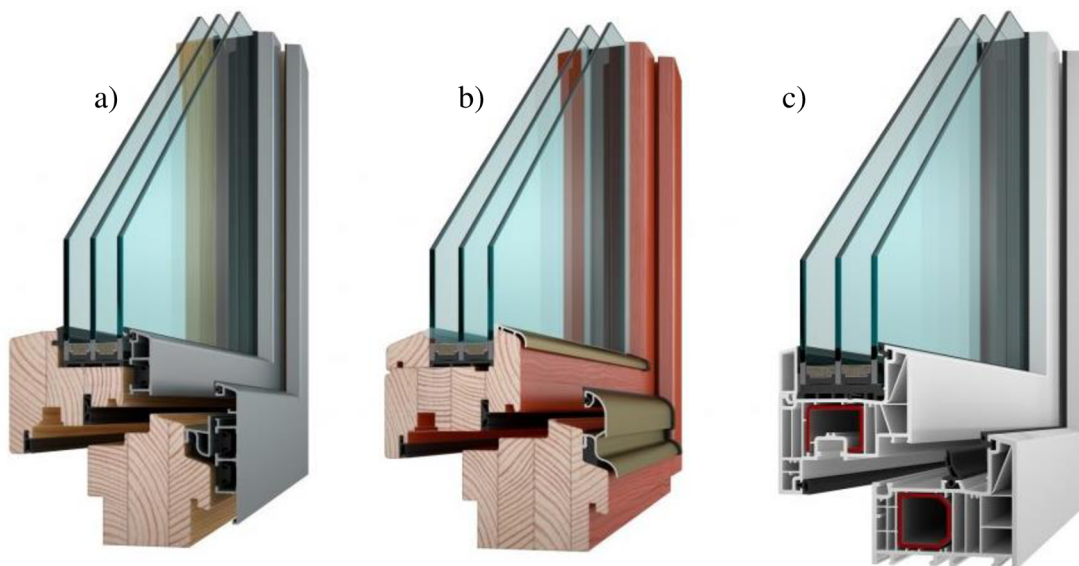
Dřevohliníkový rám kombinuje dřevo a hliník. Tím zachovává příjemný dřevěný vzhled rámu v interiéru a hliník velmi dobře chrání dřevo z exteriéru proti povětrnostním vlivům. Rám vyžaduje méně péče než samotné dřevěné rámy. Jsou **odolnější proti mechanickému poškození**, rámy mají delší **barevnější stálost** a není potřeba je natírat speciálními přípravky. Průměrný součinitel prostupu tepla rámu U_f se pohybuje **okolo hodnoty 0,8 W.m⁻².K⁻¹**. [39]

Hlavní nevýhodou je vstupní investice, která je zhruba o **50% vyšší** než u oken dřevěných.

Hliníkové rámy

Výhodou hliníkových rámu je jejich **nízké nároky na údržbu** a čistý vzhled. Další výhodou může být i možnost velkoformátových oken. Hliníkový rám dvoukřídlých prvků může mít na **šířku až 2500 mm**, aniž by zasklení přerušoval pevný sloupek.

Hliníkový rám je z hlediska tepelné techniky relativně daleko za konkurencí rámu z plastu a dřeva, avšak nejnovější typy hliníkových rámu vypěněných tepelnou izolací se již uvedeným dvěma materiálům přibližují. Průměrný součinitel prostupu tepla rámu U_f se pohybuje **od 1,4 do 1,6 W.m⁻².K⁻¹**. Jeho hlavní nevýhodou je jeho **vysoká cena**, kdy vzhledem k plastovým oknům jsou hliníková zhruba 2,5krát dražší, podle typu a velikosti samotného okna. [39]



Obr. 10.: Průřezy rámy s izolačními trojskly, zleva a) dřevohliníkový rám; b) dřevěný rám; c) plastový rám [40]

1.2.2.2. Typy zasklení

U zasklení jsou z hlediska tepelné techniky velmi důležité následující faktory – součinitel prostupu tepla zasklením U_g [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$], odolnost rosení v interiéru (povrchová teplota θ_{ip} [$^{\circ}\text{C}$]), schopnost tepelných zisků od slunce (solární faktor SF, alt. g [-]), odpovídající průhlednost (prostup světla LT [%]) a dostatečná zvuková izolace (index vzduchové neprůzvučnosti R_w [dB]). [41]

V současné době se na trhu běžně vyrábí okna s izolačním dvojsklem a trojsklem.

Jednotlivá skla mají různé tloušťky s odlišnými tloušťkami meziskelních rámečků. Tyto prostory jsou vyplněny různými plyny, nejčastěji argonem. Na skla samotná se mohou aplikovat vrstvy, které zlepšují vlastnosti dle použitého materiálu.

Schopnost izolačních skel odolávat rosení v interiéru je dána hodnotou součinitele prostupu tepla a kvalitou použitého meziskelního rámečku.

Solární faktor SF [-] udává, kolik tepelné energie projde přes zasklení od Slunce do interiéru, což znamená, kolik dokáže průsvitná konstrukce propustit přírodního tepla ze slunečního záření do objektu. Tento parametr je obzvláště důležitý v zimních měsících. Doporučují se hodnoty nad **50 %**, avšak čím vyšší je tato hodnota, tím více sluneční energie propustí. V letních měsících je tento parametr méně žádoucí, zvláště u oken

orientovaných na východ, jihovýchod, jih, jihozápad a západ. Snížení příjmu solární energie v letních měsících se řeší vhodným návrhem stínících zařízení. [41]

Dalším důležitým parametrem zasklení je **světelná propustnost LT [%]**. Ta říká, kolik světla pronikne přes skleněnou výplň do interiéru domu. Platí zde stejné pravidlo jako u solárního faktoru, tedy čím větší propustnost zasklení vykazuje, tím lepší zasklení je. I zde je však nutné brát v potaz typ a účel budovy. Dalšími sledovanými parametry, které ovlivňují zejména tepelnou stabilitu místností v letním období jsou energetická absorpce, energetická reflexe a světelná reflexe. [41]

Posledním z velmi důležitých parametrů zasklení je **index vzduchové neprůzvučnosti R_w [dB]**. Stejně jako u předchozích dvou kritérií i zde platí, že čím vyšší hodnota, tím lepší okno je, jelikož lépe tlumí venkovní zdroje hluku. [41]

Izolační dvojsklo

Izolační dvojsklo má běžně součinitel prostupu tepla $U_g = 1,1$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]. Při opakovaném nanesení pokovené vrstvy je možné docílit součinitel prostupu tepla $U_g = 1,0$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]. Z pohledu povrchové kondenzace nevyhoví jakákoliv izolační dvojskla se součinitele prostupu tepla sklem $U_g = 1,1$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] a kovovým meziskelním rámečkem ($\psi = 0,5 - 0,1$ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]). Běžná izolační dvojskla mají solární faktor SF [-] okolo 60 %. Světelná propustnost LT [%] je zde vyšší než u izolačního trojskla, z důvodu menšího počtu skel, a to zhruba 82 %. V současné době jsou nejčastěji vyráběna izolační dvojskla s indexem vzduchové neprůzvučnosti $R_w = 31-32$ dB. Vlastnosti izolačního dvojskla jsou přehledně vypsány v *Tab. 10 – Tepelně technické veličiny zasklení oken s izolačním dvojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU.* [41]

Izolační trojsklo

Izolační trojsklo je z hlediska součinitele prostupu tepla lepší než izolační dvojsklo. Jeho hodnoty dosahují rozmezí $U_g = 0,5 - 0,8$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]. I co se týče povrchové kondenzace vychází trojsklo lépe. Nejvyšší odolnost má pak zasklení se součinitelem prostupu tepla sklem $U_g = 0,5$ [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] a nekovovým meziskelním rámečkem ($\psi = 0,3$ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]). Solární faktor SF [-] u obvykle instalovaných trojskel je 50 %. Nově se na trhu objevují i trojskla, která mají solární faktor vyšší než izolační dvojskla a to

62 %. Světelná prostupnost LT [%] izolačního trojskla je výrazně nižší než u izolačního dvojskla, obvykle 72 %, existují však i trojskla, která mají světelnou propustnost 74 %. V současné době jsou nejčastěji vyráběna izolační trojskla s indexem vzduchové neprůzvučnosti $R_w = 33\text{--}34$ dB. Vlastnosti izolačního trojskla jsou přehledně vypsány v Tab. 12 – *Tepelně technické veličiny zasklení a rámu oken s izolačním trojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU [41]*.

V případě vhodného návrhu tloušťky skel a použitých protihlukových skel lze docílit u izolačního trojskla i dvojskla indexu vzduchové neprůzvučnosti $R_w = 50$ dB. [41]

Tab. 10 Tepelně technické veličiny zasklení oken s izolačním dvojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU [41]

Izolační dvojsklo	
Součinitel prostupu tepla U_g [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]	1,0-1,1
Solární faktor SF [-]	0,60
Světlená propustnost LT [%]	82
Index vzduchové neprůzvučnosti [dB]	31-32

Tab. 11 Hodnoty ψ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] s izolačním dvojsklem, dle technického listu výrobce

AKUTERM [42]

Distanční rámeček	Metoda	Materiál rámu			
		dřevo	plast	dřevo-hliník	hliník
Hliníkový	EN ISO 10077-2	0,070	0,066	0,081	0,097
Nerezový ocelový	EN 12664	0,051 - 0,039	0,048 - 0,039	0,054 - 0,043	0,062 - 0,048
Kompozitní plast	EN 12664	0,050 - 0,031	0,048 - 0,032	0,054 - 0,032	0,062 - 0,036
Termoplast	EN 12664	0,037 - 0,032	0,037 - 0,033	0,039 - 0,034	0,045 - 0,038
Plast + plynotěsná fólie	EN 12664	0,030	0,031	0,031 - 0,032	0,035

Tab. 12 Tepelně technické veličiny zasklení a rámu oken s izolačním trojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU [41]

Izolační trojsklo	
Součinitel prostupu tepla U_g [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]	0,5-0,8
Solární faktor SF [-]	0,5 (0,62)
Světlená propustnost LT [%]	72 (74)
Index vzduchové neprůzvučnosti [dB]	33-34

Tab. 13 Hodnoty ψ [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$] s izolačním trojsklem, dle technického listu výrobce AKUTERM [42]

Distanční rámeček	Metoda	Materiál rámu			
		dřevo	plast	dřevo-hliník	hliník
Hliníkový	EN ISO 10077-2	0,075	0,064	0,085	0,097
Nerezový ocelový	EN 12664	0,051 - 0,038	0,048 - 0,037	0,056 - 0,041	0,060 - 0,043
Kompozitní plast	EN 12664	0,050 - 0,029	0,047 - 0,030	0,055 - 0,030	0,058 - 0,031
Termoplast	EN 12664	0,036 - 0,030	0,035 - 0,031	0,038 - 0,032	0,040 - 0,033
Plast + plynotěsná fólie	EN 12664	0,028	0,029 - 0,030	0,029 - 0,030	0,030

1.2.2.3. Stínící zařízení

Se zvyšujícími se teplotami v letním období i zrychleným nástupem letních teplot již v jarních měsících je nutné objekty mateřských škol chránit před přehříváním vnitřního vzduchu v denních místnostech. Jednou z možností je instalace vzduchotechnického zařízení s možností ochlazování vzduchu v objektu. Avšak česká norma *ČSN 73 0540:2-2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012* [6], která určuje postup posuzování tepelné stability místnosti v letním období, se strojním větráním **nepočítá**.

Je tedy lepší v první řadě volit řešení konstrukčního nebo urbanistického typu. Způsob stínění průsvitných konstrukcí obvodového pláště lze dělit dle umístění jednotlivých překážek, a to na **vnější a vnitřní**.

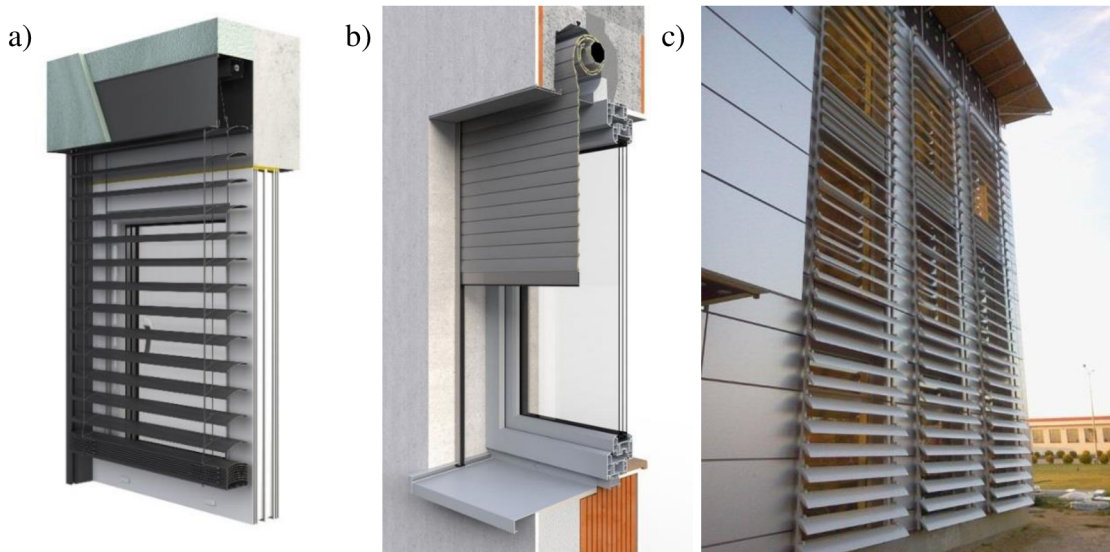
Vnější zastínění

Vnější zastínění lze rozdělit na **pevné** a **pohyblivé**. Tento typ zastínění **zabraňuje průniku tepla na straně exteriéru**. Teplo se odrazí od vnější konstrukce zastínění, nemá tak šanci projít obalovými konstrukcemi do interiéru. **Pevné** zastínění je například předsazení vyššího podlaží (například balkón). Jako **pohyblivé** zastínění fungují například venkovní horizontální žaluzie, venkovní horizontální rolety, či slunolamy. [43]

Venkovní žaluzie zachytí a odrazí sluneční paprsky ještě před zasklením a tím tak efektivně brání přehřívání interiéru. Další výhodou je možnost nastavení úhlu jednotlivých lamel, tak aby bylo možné nastavit intenzitu prostupujícího světla. Je důležité vybrat kvalitní venkovní žaluzie, tak aby v případě vyšších povětrných rychlostí nedocházelo k nadměrnému hluku při nechtěném samovolném pohybu. [43]

Venkovní rolety zajistí úplné zatemnění interiéru, což znamená, že jakákoliv plynulá regulace není možná. Výhodou venkovních rolet je, že poskytují dobrou ochranu proti možnému vloupání, mohou také obsahovat speciální bezpečnostní prvky. Fungují také jako hluková bariéra. Obvykle jsou vyráběny z hliníku a mohou být doplněny o síť proti hmyzu. [43]

Slunolamy se využívají spíše na komerčních a průmyslových objektech a ovlivňují i architektonický výraz budovy. Jsou vyráběny z různých materiálů – například z dřevěných prvků, nebo různých perforovaných plechů. Jelikož jsou slunolamy výraznou součástí fasády objektu, jsou často navrhovány na míru. Horizontální slunolamy se umisťují nad okna či větší prosklené plochy s ohledem na polohu Slunce na obloze a dokáží efektivně lámat sluneční paprsky. Vertikální slunolamy jsou velmi podobné vnějším žaluziím, montují se však s větším odstupem od oken. [43]



Obr. 11.: Typy vnějších zastínění, zleva a) venkovní žaluzie [44]; b) venkovní rolety [45]; c) vertikální slunolamy v kombinaci s venkovními žaluziemi [46]

Vnitřní zastínění

Vnitřní zastínění je v současných budovách velmi časté. Jejich hlavním zástupcem jsou **interiérové žaluzie**. Jsou vhodné k zastínění místnosti, případně k zajištění soukromí. Hlavní nevýhodou vnitřního zastínění je jeho umístění v interiéru, tedy až za izolačním zasklením. Což znamená, že sluneční energie dopadá na sklo a teplo se ze skla přenáší vedením do sousedních konstrukcí obvodového pláště a přímo do interiéru. Tím dochází k rychlejšímu vzrůstu teploty v místnosti. Dalšími možnostmi je použití vnitřních rolet, či látkových závěsů.

2 CÍLE PRÁCE A METODY ZPRACOVÁNÍ

2.1. Vytyčení cílů

Vytyčené cíle diplomové práce jsou shrnuty v následujících bodech:

1. **Posouzení reálného stavu denních místností mateřských škol v letním období experimentálním měřením na reálném objektu.**
2. **Ověření reálného stavu denních místností mateřských škol** v simulačních programech BuildingDesign a Simulace 2018.
3. V případě **nesplnění** vytyčených požadavků, provedení **návrhu úpravy průsvitných obalových konstrukcí reálného objektu** pomocí simulací v uvedených programech s cílem splnění legislativních požadavků [16].
4. **Stanovení optimálního poměru** plochy zasklení obvodového pláště k půdorysné ploše denní místnosti mateřských škol, tak aby nedocházelo k nadměrnému přehřívání místnosti za splnění požadavků [16] na osvětlení a proslunění pomocí simulace v programu.
5. **Simulace tepelné stability v letním období** modelového příkladu mateřské školy pomocí výpočetního programu Simulace 2018.
6. Vyslovení **doporučení pro stavební praxi**, týkající se návrhu průsvitných konstrukcí obvodového pláště ku podlahové ploše denních místností mateřských škol, orientaci ke světovým stranám a způsob větrání, případně dalších.

2.1.1. Důvody volby cílů

K formulaci uvedených cílů mě vedly skutečnosti týkající se **zhoršujících** se podmínek ve vnitřním prostředí mateřských škol v letních měsících vzhledem ke zvyšující se teplotě venkovního vzduchu v jarních a letních měsících. V těchto objektech jsou stanoveny požadavky z hlediska osvětlení a zde dochází ke střetu dvou rovin, které si vzájemně protřečují.

Z hlediska tepelného komfortu místnosti je vhodné volit **menší plochy zasklení** s přidavnými stínícími prvky, případně povrchové úpravy samotných skel, které snižují solární faktor zasklení. Tyto nároky na obalové konstrukce jsou však **v přímém rozporu** s tím, co vyžaduje norma na osvětlení a proslunění denních místností mateřských škol.

Ta žádá větší prosklené plochy v obvodových konstrukcích tak, aby bylo zajištěno potřebné osvětlení a proslunění.

Při navrhování obalových konstrukcí by se obecně mělo pamatovat na oba aspekty. Proto jsem se ve své práci zaměřila na stanovení vhodného **poměru plochy prosklení obalových konstrukcí vůči podlahové ploše, orientaci ke světovým stranám a způsobu větrání denních místností** mateřských škol tak, aby prostor poskytoval co nejvhodnější prostředí pro potřeby předškolních dětí, tudíž bylo zajištěno vyhovující denní osvětlení a nedocházelo k přehřívání interiéru.

K daným cílům mě přivedla i nutnost vytvoření doporučení pro stavební praxi týkající se návrhu obalových konstrukcí mateřských škol již v počáteční fázi projektu a to tak, aby se eliminovaly problémy s přehříváním denních místností mateřských škol a současně nevznikaly mateřské školy s neefektivně využitým prostorem denních místností z hlediska nedostatečného prosvětlení a proslunění. Problém vnímám již v samotných architektonických studiích, kde se špatně pracuje se zvolenými materiály a také se samotným umístěním objektu na pozemek a vhodným dispozičním řešením.

2.2. Metody zpracování

Pro zjištění teplotního stavu vnitřního prostředí denních místností mateřských škol byly využívány přístroje z osobního majetku pana **prof. Ing. Milana Ostrého Ph.D.** Měření bylo realizováno na vybraném objektu mateřské školy, jedná se o reálnou budovu, k níž bude dostavěna přístavba podobného architektonického stylu. Výsledkem je zjištění parametrů vnitřního prostředí v reálném objektu, vyslovení závěrů a jejich aplikace na navrhovanou přístavbu.

K počítačovému modelování byl využit program **BuildingDesing a Simulace 2018**, které jsou součástí softwarového vybavení Ústavu pozemního stavitelství fakulty stavební, Vysoké učení technické v Brně.

2.2.1. Simulační metoda

Pro posouzení světelných podmínek v denní místnosti mateřské školy byl použit výpočetní program BuildingDesing, který slouží pro výpočet doby proslunění a také pro určení činitele denní osvětlenosti D [%] v jednotlivých místnostech.

Pro vytvoření modelů reálné mateřské školy v programu BuildingDesing byly stanoveny okrajové podmínky dle dostupné projektové dokumentace a odborného odhadu.

Nejprve je nutné vytvořit 3D model budovy, tak aby odpovídal realitě, popřípadě návrhu. Následně se vymodelují jednotlivé podlaží a místnosti. Jako poslední krok v modelování je vytvoření osvětlovacích otvorů. V tomto případě se jedná o osvětlovací otvory ve svislých nosných konstrukcích. Jednotlivým okenním otvorům je nutno přiřadit jejich geometrickou definici – poloha oken, jejich šířka a výška, výšku parapetu, tloušťku ostění a hloubku vnitřního zasklení. Po definování oken z hlediska geometrie je nutné definovat vlastnosti osvětlovacích otvorů z hlediska světlotechických vlastností. Těmi jsou počet skel, koeficient prostupu světla sklem LT [%], koeficient konstrukce otvoru [%], koeficient regulačního zařízení [%] a koeficient konstrukce budovy [%].

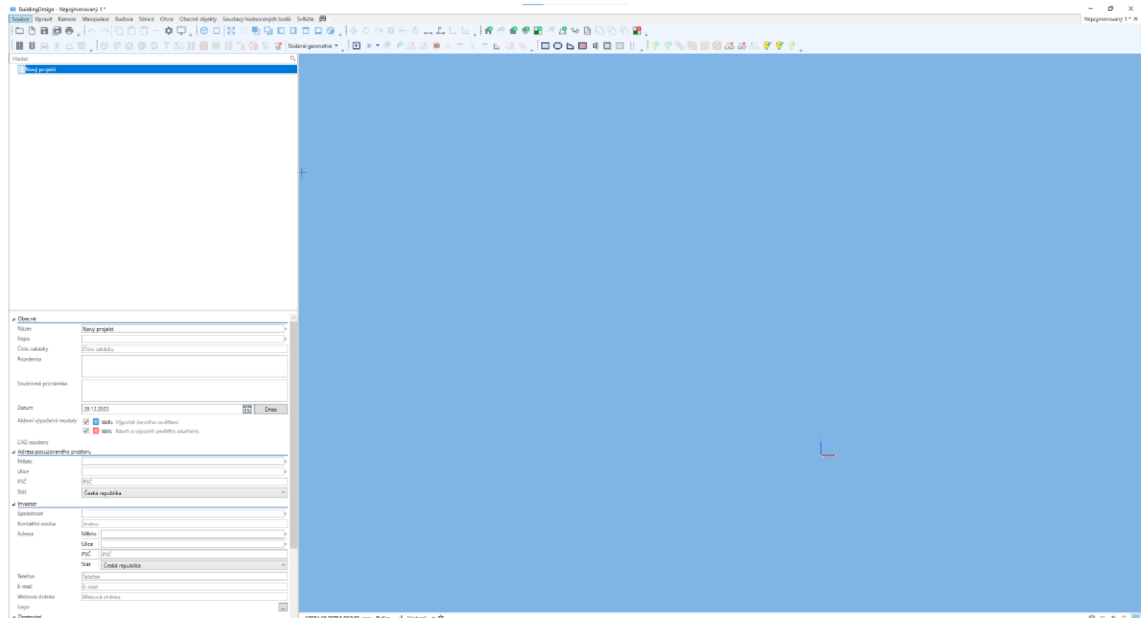
Koeficient prostupu světla sklem LT [%] je dán výrobcem. V případě izolačních trojskel tato hodnota činí zhruba 72 %. V případě, že je do programu zadáván koeficient pro izolační trojsklo, nedochází již k úpravě počtu skel a program počítá s parametrem pro jednu zasklívací soustavu.

Dalším koeficientem je **koeficient vyjadřující poměr prosklené části k celé ploše okna**. Předposledním koeficientem – **koeficient regulačního zařízení** udává kolik procent z celkové plochy okna je trvale zakryto stínícími zařízeními (například vnitřními žaluziemi). Poslední **koeficient vyjadřuje konstrukci budovy**, která působí nepříznivě na zajištění světlo-technických podmínek v interiéru, tedy stíní okenní otvory (například přesah střechy, balkóny a podobně).

Po zadání potřebných vstupních údajů se v každé místnosti vytvoří síť kontrolních bodů, které jsou pravidelně rozmístěny ve **výšce 0,45 m nad čistou podlahou** [3].

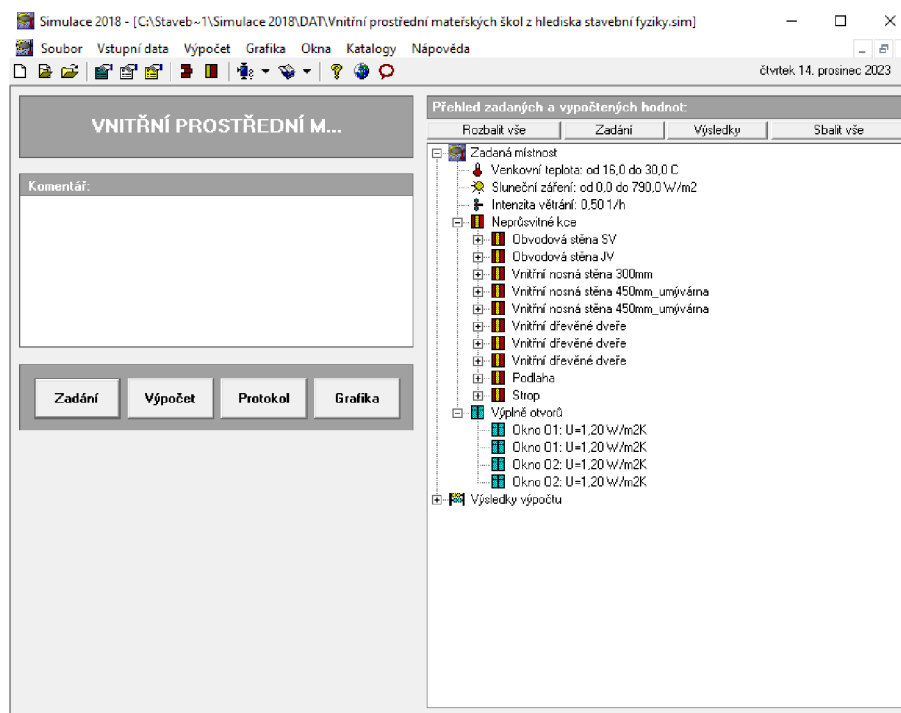
Následně se provede výpočet hodnot v těchto bodech a provede se posouzení, zda místnost vyhovuje normovým požadavkům [16] či nikoliv. Pokud je místnost nevyhovující, musí dojít k úpravě osvětlovacích otvorů, případně vytvořit tzv. **redukovanou plochu** v místnosti.

Redukovaná plocha je taková plocha, kde se předpokládá plnění zřetelně náročných úkonů a je nutné, aby byla dostatečně prosvětlena. Do této plochy tedy nemusí být zahrnuty plochy sloužící například k uskladňování lůžkovin či jiných předmětů.



Obr. 12.: Prostedí BuildingDesign 2D [foto autorka]

Pro vytvoření simulace tepelné stability v letním období byl použit výpočetní program Simulace 2018 vytvořený panem doc. Dr. Ing. Zbyňkem Svobodou. Tento program se využívá pro stanovení maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,\max}$ [$^{\circ}\text{C}$] posuzované místnosti v letním období. Pro zimní období program počítá pokles vnitřní teploty na konci otopné přestávky $\Delta\theta_v$ [$^{\circ}\text{C}$].

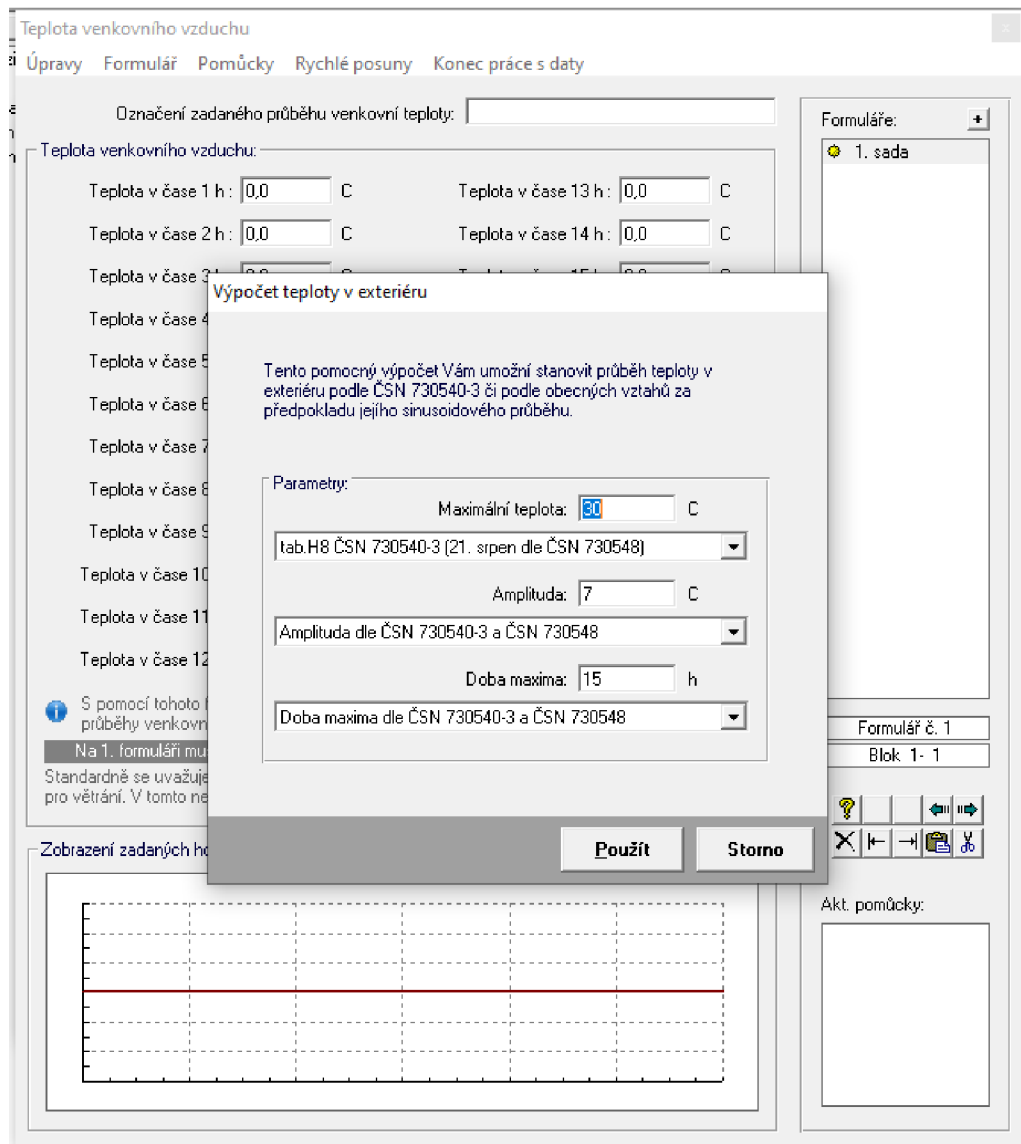


Obr. 13.: Prostedí Simulace 2018 [foto autorka]

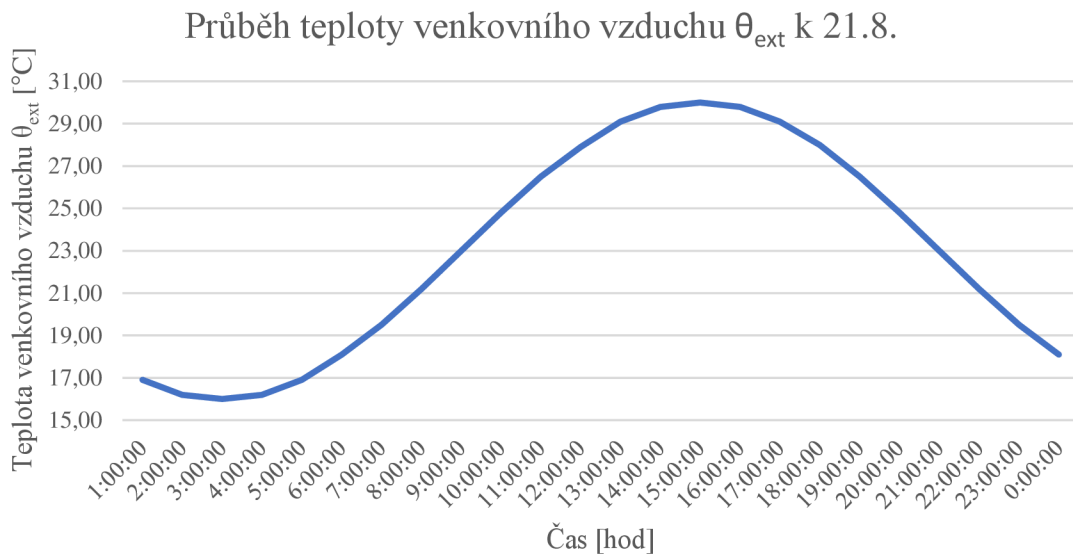
Okrajové podmínky, které jsou nutné pro výpočet definovat, jsou rozděleny na **vnější** – průběhy teplot venkovního vzduchu a intenzity osvětlení, a **vnitřní** – skladby konstrukcí, způsob větrání, orientace ke světovým stranám a způsob stínění oken.

a) Vnější

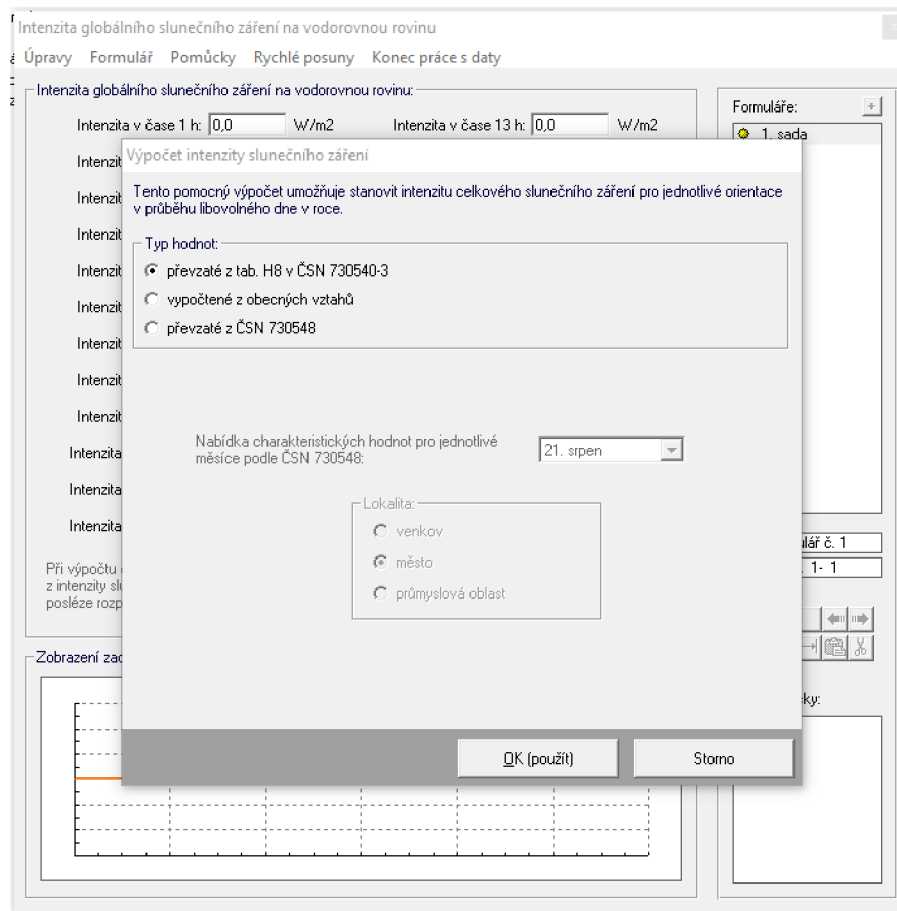
Vnější okrajové podmínky se váží k pevnému datu **21. srpna**. Program umožňuje využít předefinovaných normou daných průběhů teplot a intenzity slunečního záření.



Obr. 14.: Prostředí Simulace 2018 – Zadávání teploty venkovního vzduchu [foto autorka]



Graf 01.: Normový průběh teplot venkovního vzduchu θ_{ext} k 21.8. dle norem ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [47] a ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48]



Obr. 15.: Pro prostředí Simulace 2018 – Zadávání intenzity slunečního záření [foto autorka]



Graf 02.: Normový průběh intenzity slunečního záření na vodorovnou rovinu k 21.8. dle ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48]

b) Vnitřní

Jedná se o **materiálové charakteristiky konstrukcí**, které definují daný prostor. Dále je to **způsob větrání, orientace prostoru ke světovým stranám a způsob zastínění** průsvitných i neprůsvitných stavebních konstrukcí.

Velmi důležitým parametrem při zadávání jsou **skladby neprůsvitných konstrukcí a parametry osvětlovacích otvorů**.

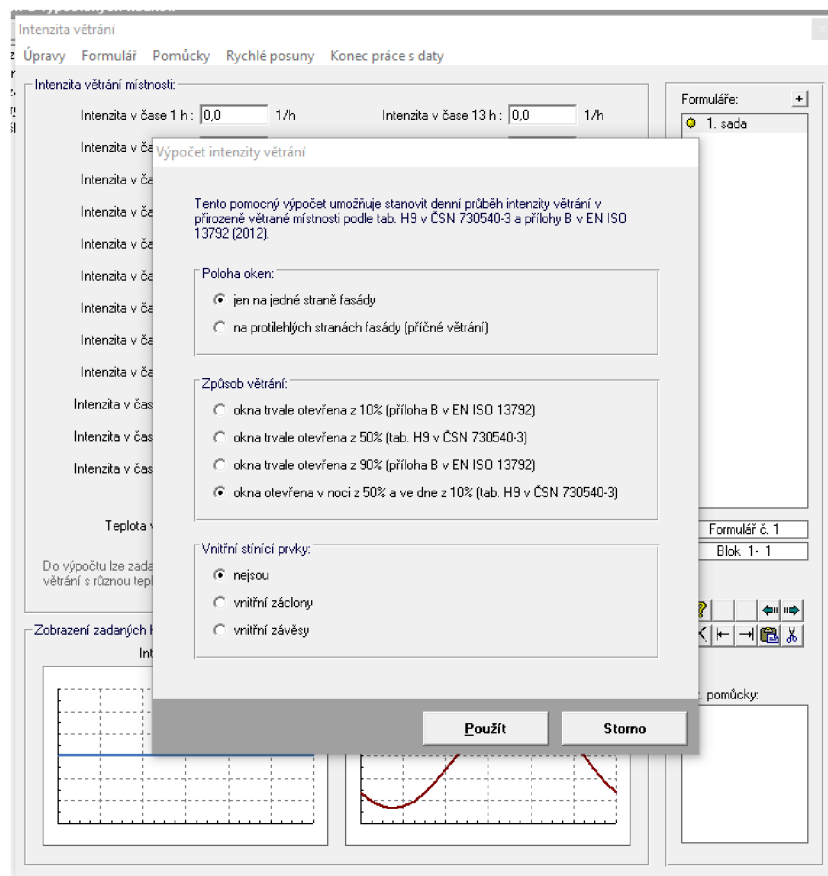
Do programu se tyto konstrukce zadávají odděleně. V případě neprůsvitných konstrukcí je nutné zadat všechny vrstvy konstrukcí v pořadí od interiéru po exteriér. Materiálové charakteristiky jednotlivých částí skladby konstrukce lze dohledat v obsáhlé knihovně materiálů. Dále se udávají geometrické parametry konstrukcí, tj. šířka, výška a plocha čisté konstrukce bez otvorů. V této záložce se zadávají i například interiérové dveře, nebo dveře vchodové bez prosklení.

V případě průsvitných konstrukcí se také zadávají geometrické parametry, dále pak specifické vlastnosti samotných osvětlovacích otvorů jako jsou součinitel prostupu tepla oknem U_w [$W.m^{-2}.K^{-1}$], součinitel prostupu tepla zasklení U_g [$W.m^{-2}.K^{-1}$], počet skel v zasklení, způsob úpravy skel, způsob stínění a korekční činitel zasklení F_g [%]. Tento činitel určuje poměr plochy zasklení okna k celkové ploše okna. V případě výpočtu

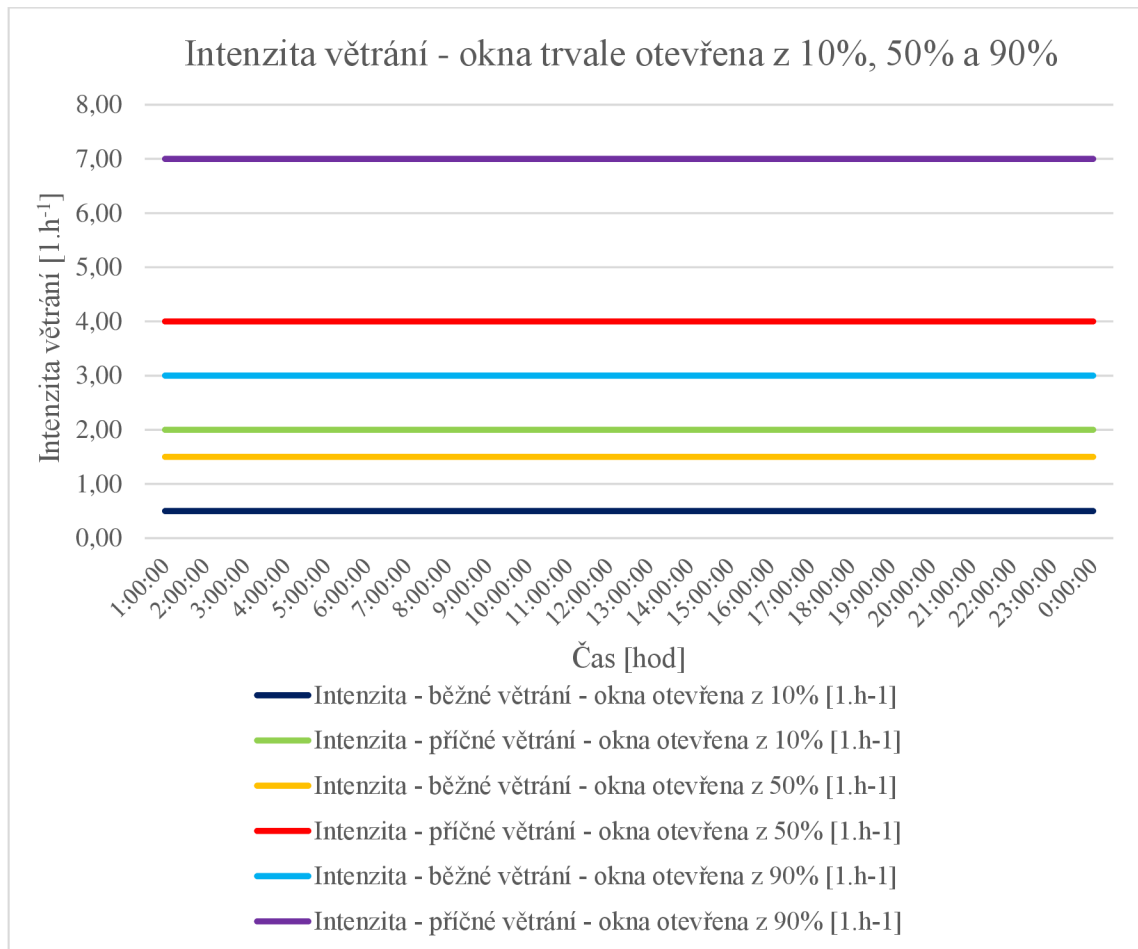
činitele denní osvětlenosti D [%] je vhodné, aby toto číslo bylo nejbližší hodnotě 1,0, v případě posuzování tepelné stability v letním období platí opak.

Dále je pro posouzení tepelné stability velmi zásadní orientace dané místnosti (průsvitné konstrukce) ke světovým stranám. Vhodným umístěním stavby na pozemek vzhledem ke světovým stranám lze docílit nižších teplot interiéru a tím příznivější vnitřní prostředí.

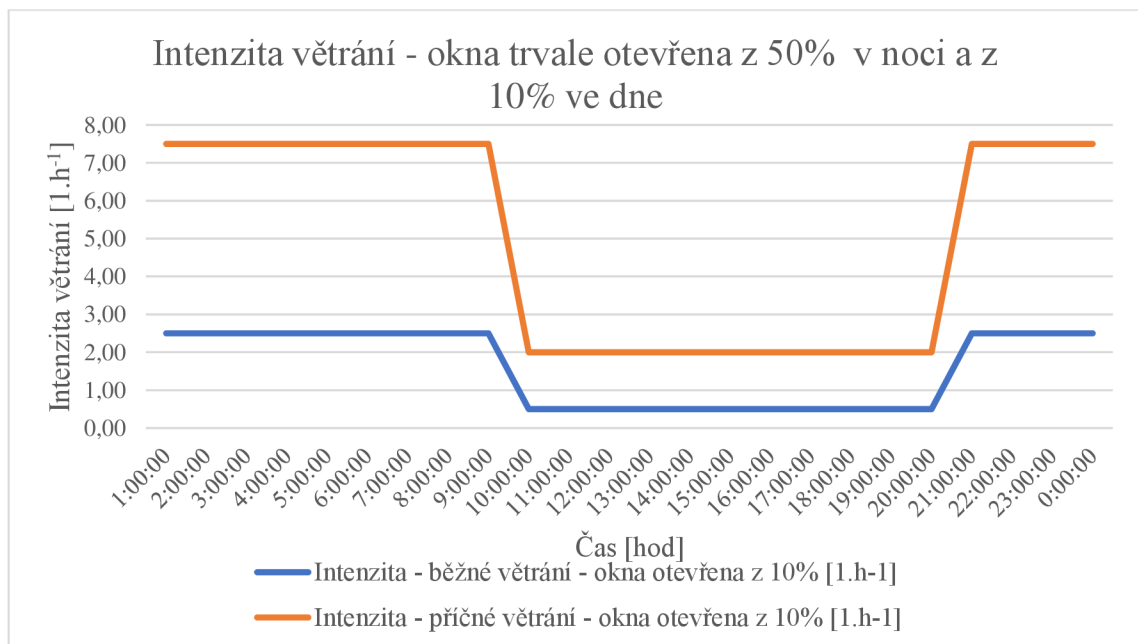
Software dovoluje vybrat ze čtyř variant pro větrání v kombinaci s možností zadání polohy oken v jedné obvodové stěně, či v protilehlých stěnách (příčné větrání).



Obr. 16.: Prostor Simulace 2018 – Zadávání intenzity větrání [foto autorka]



Graf 03.: Intenzita větrání – okna trvale otevřena z 10 %, 50 % [48] a 90 %



Graf 04.: Intenzita větrání – okna trvale otevřena z 50 % v noci a z 10 % ve dne [48]

V případě stínění výplně otvorů program umožňuje vybrat několik způsobů vnějšího a vnitřního stínění s různými redukčními činiteli, které uvádí *Tab. 14 Způsob stínění a jejich redukční činitele dle normy EN ISO 52016-1* [49].

Tyto redukční činitele se využívají pro zjednodušení vlivu stínících zařízení, zejména v případě, kdy nejsou známy informace o solární propustnosti a odrazivostech zasklení. Jejich hodnoty se zadávají v záložce průsvitných konstrukcí.

Tab. 14 Způsob stínění a jejich redukční činitele dle normy EN ISO 52016-1 [49]

Způsob stínění	Redukční činitel F_g [%]
Vnitřní bílé žaluzie	0,25
Vnitřní bílé žaluzie	0,30
Vnitřní bílé žaluzie	0,45
Vnější bílé žaluzie	0,10
Vnější bílé žaluzie	0,15
Vnější bílé žaluzie	0,35
Vnitřní bílé záclony	0,65
Vnitřní bílé záclony	0,80
Vnitřní bílé záclony	0,95
Vnější bílé záclony	0,55
Vnější bílé záclony	0,75
Vnější bílé záclony	0,95
Vnitřní barevné rolety	0,42
Vnitřní barevné rolety	0,57
Vnitřní barevné rolety	0,77
Vnější barevné rolety	0,17
Vnější barevné rolety	0,37
Vnější barevné rolety	0,57
Vnitřní hliníkové rolety	0,20
Vnější hliníkové rolety	0,08

Stínění lze navrhnout v rozsahu plochy okna **od 100 % do 0 %**, tedy od úplného odkrytí do úplného zakrytí osvětlovacího otvoru.

Poslední parametr, který je nutno u stínění definovat je jeho způsob ovládání, které se definuje, stejně jako způsob stínění, v záložce průsvitných konstrukcí. Právě způsob ovládání může ovlivnit efektivitu stínících prvků. V případě **manuálního ovládání** je nutné plně spoléhat na lidský faktor, naproti tomu to u **motorového ovládání**

s **automatickou kontrolou** má regulaci stínících zařízení pod kontrolou software a je tedy efektivnější. Program umožňuje výběr z následujících variant:

- manuální;
- motorové s manuální kontrolou;
- motorové s automatickou kontrolou;
- bez ovládání, stínící zařízení trvale zakrývá okno;
- bez ovládání, stínící zařízení je trvale nefunkční.

2.2.2. Experimentální měření na reálném objektu

Pro získání reálných dat bylo provedeno měření v existující mateřské škole. Cílem tohoto měření bylo zjistit chování vnitřního prostředí denní místnosti během letních měsíců, respektive v době, kdy se venkovní teploty pohybují **nad 30 °C**.

Rozsah měření obsahoval období, kdy v místnosti **nebyl zahájen běžný provoz**, tedy nevyskytovaly se zde děti ani pedagogové. Tento úsek měření ukazuje, jakým způsobem se místnost chová, aniž by byla ovlivněna jejími obyvateli. Je zřejmé, že každý den není možné, aby okrajové podmínky byly shodné s normovými (teplota venkovního vzduchu a intenzita slunečního záření k 21.8. [48]), i tak to však poskytne informace o **tepelné setrvačnosti místnosti** a celkově o chování vnitřního prostředí místnosti jako takové.

Druhým obdobím, které měření obsahovalo, byla doba, kdy byl spuštěn **běžný provoz** mateřské školy. Místnost tedy byla užívána dětmi a pedagogy. Zde se projevil vliv osob (vnitřní tepelné zisky) na vnitřní prostředí budov, zejména **negativní vliv na vnitřní teplotu vzduchu a koncentraci CO₂**.

Způsob měření a použité přístroje jsou dále popsány v *kapitole 3.2. Experimentální měření*. Ve stejné kapitole je popsán průběh měření, získaná data, jejich zpracování. Vyhodnocení těchto dat je podrobně popsáno v *kapitole 4.2. Experimentální měření a následně v kapitole 5 Závěry práce* jsou shrnuty poznatky z tohoto měření a případná doporučení pro zlepšení vnitřního prostředí denní místnosti z hlediska světlo-technických požadavků a tepelné stability v letním období.

2.3. Popis experimentálního objektu

Pro experimentální část této práce byl vybrán **reálný objekt složený z reálné budovy a nově navržené přístavby**. Původní budova dříve sloužila k bydlení a následně byla po rekonstrukci přeměněna na mateřskou školu. Z důvodu nedostatečné kapacity mateřských školek ve městě a okolí se obec rozhodla pro rozšíření reálné mateřské školy přístavbou. Ta je v současném stavu pouze naprojektována, její realizace se neuvažuje, dokud to nebude nutné.

Přístup k projektové dokumentaci k experimentálnímu objektu mi umožnil pan **Ing. František Vajkay, Ph.D.**

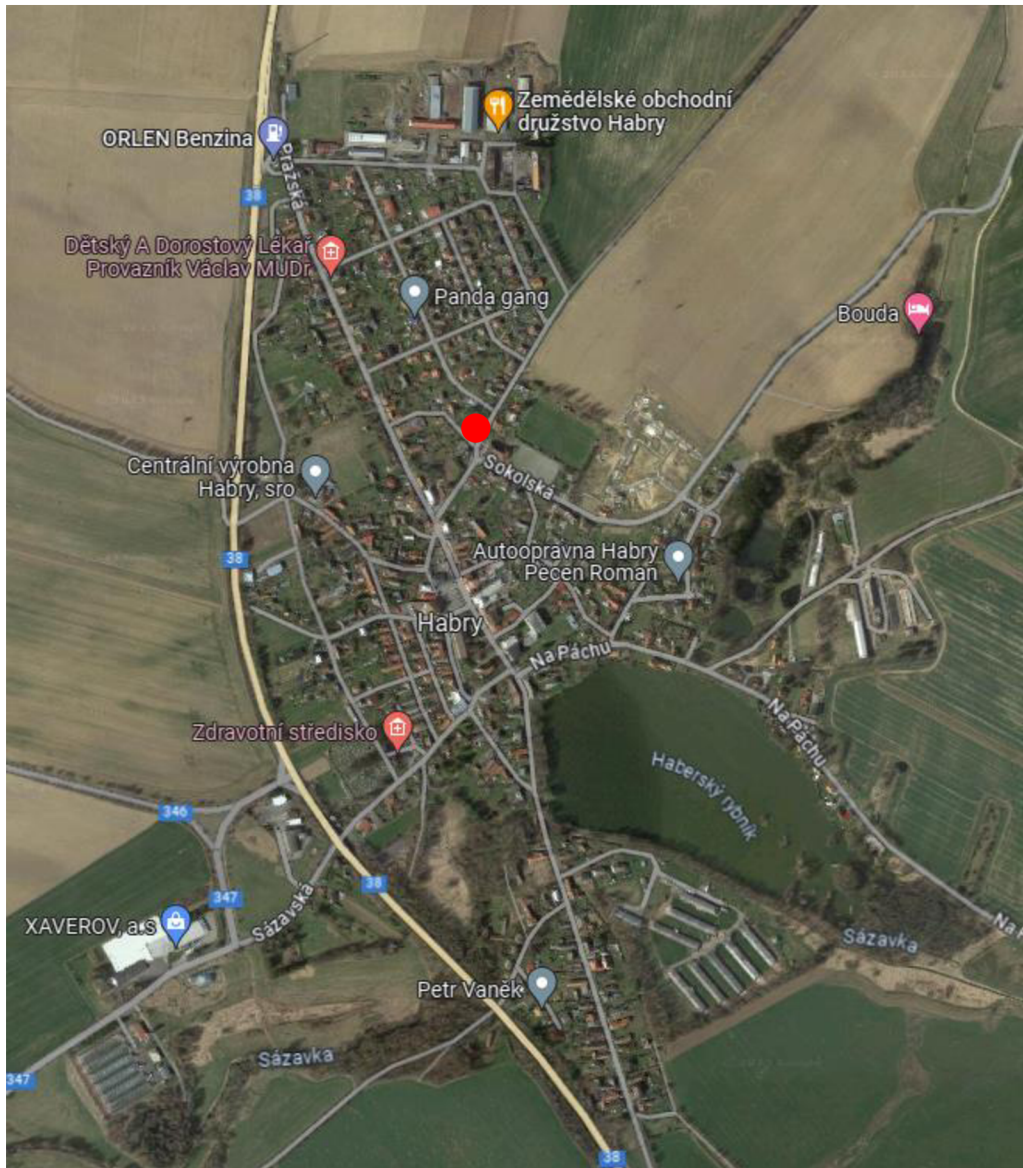
2.3.1. Reálný objekt mateřské školy

První z objektů je reálná budova mateřské školy, o dvou nadzemních podlaží, jejíž stáří je odhadováno zhruba na 80 let, čemuž odpovídá i konstrukční řešení budovy. Ta je pravděpodobně založena na základových pasech, následně vyzděna z cihel plných pálených o tloušťce 450 mm bez vnějšího zateplení. Spodní část fasády je řešena kamenným soklem. Ten sahá až do úrovně prvního nadzemního podlaží. To je z důvodu vyrovnání výškových úrovní terénu uskočeno o 1,5 m. Překonání tohoto výškového rozdílu je docíleno pomocí vyrovnávacího schodiště.

Všechny dveřní otvory jsou výšky 1,97 m, do kterých jsou osazeny ocelové zárubně. Dle původní projektové dokumentace zakreslená okna neodpovídají realitě. Toto se dá dohledat pomocí mapových podkladů ze StreetView, nebo osobní prohlídkou budovy. V projektu je nakresleno původní zasklení s dělicími rámečky, přestože dle přiložených fotografií (Obr.18.: Pohled na reálný objekt mateřské školy [51]) je patrné, že v uplynulých letech došlo k výměně oken.

Současná okna jsou pravděpodobně plastová s izolačními dvojskly. Takto s nimi bude uvažováno i v simulacích a výpočtech. Okna jsou zapuštěna 150 mm od vnějšího líce zdiva. Objekt je zastřešen valbovým krovem ve sklonu 35°. Jeho specifikace nejsou známy. Do střešního pláště byla vsazena tři střešní okna, pravděpodobně pro osvětlení schodišťového prostoru vedoucího do podkroví. Střešní krytina se dle fotografií skutečného stavu předpokládá z vláknocementových střešních šindelů. Výška hřebene dle projektové dokumentace činí 11,062 m. Nad hřeben vyčnívá 0,650 m tříprůduchový

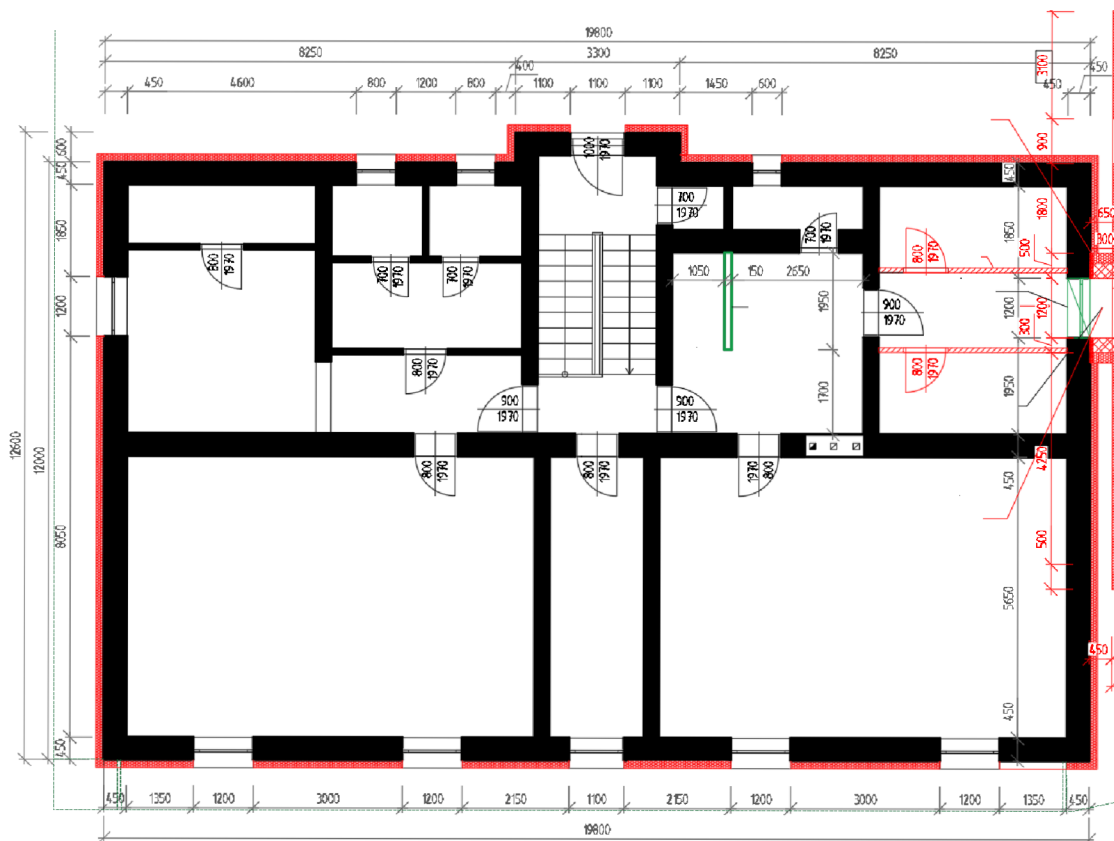
komín. Jelikož nebyla k projektu dodána tabulka místností, není možné usoudit, k čemu přesně veškeré místnosti slouží. Avšak z provozu vyplývá, že v obou podlažích se nachází dvě třídy mateřské školy a příslušná zázemí. Bohužel díky chybějícím informacím není možné posoudit, jestli jsou tato zázemí dostatečná nebo nikoliv.



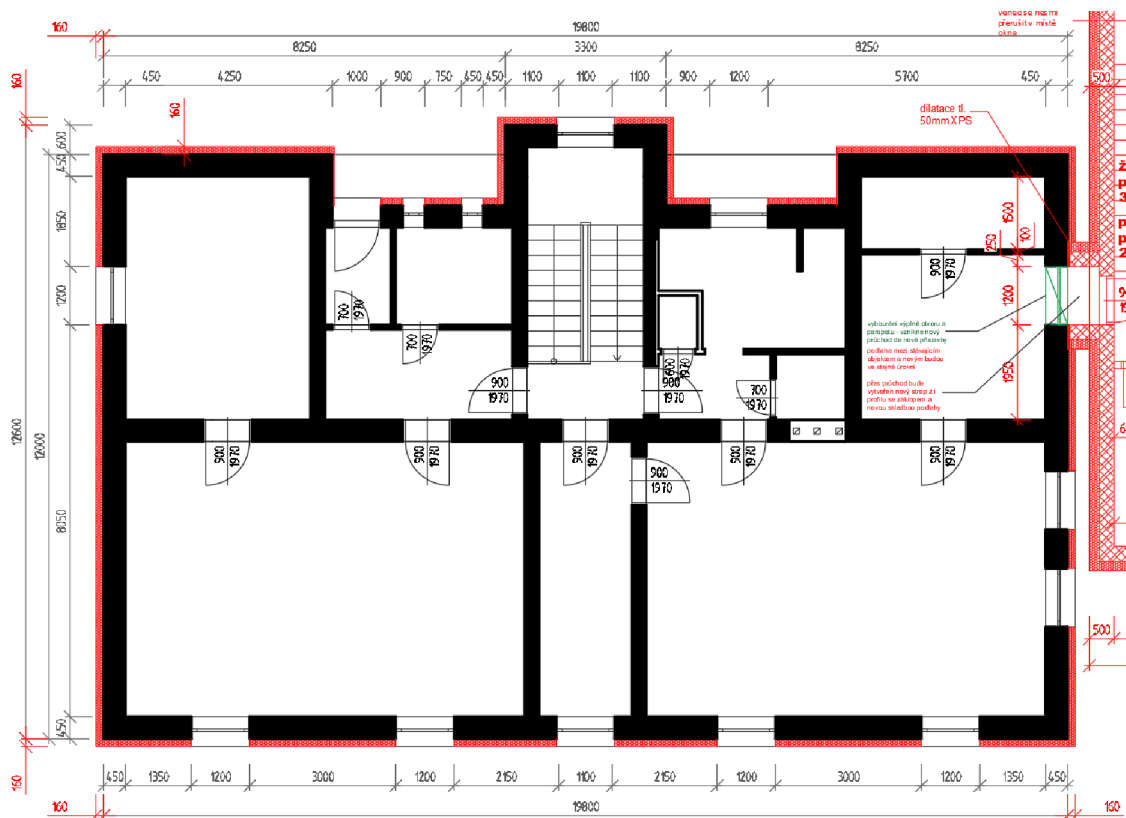
Obr. 17.: Výstřižek z mapy města Habry s označením polohy mateřské školy [50]



Obr. 18.: Pohled na reálný objekt mateřské školy [51]



Obr. 19.: Půdorys reálného objektu 1.NP [převzato z projektové dokumentace]



Obr. 20.: Půdorys reálného objektu 2.NP [převzato z projektové dokumentace]

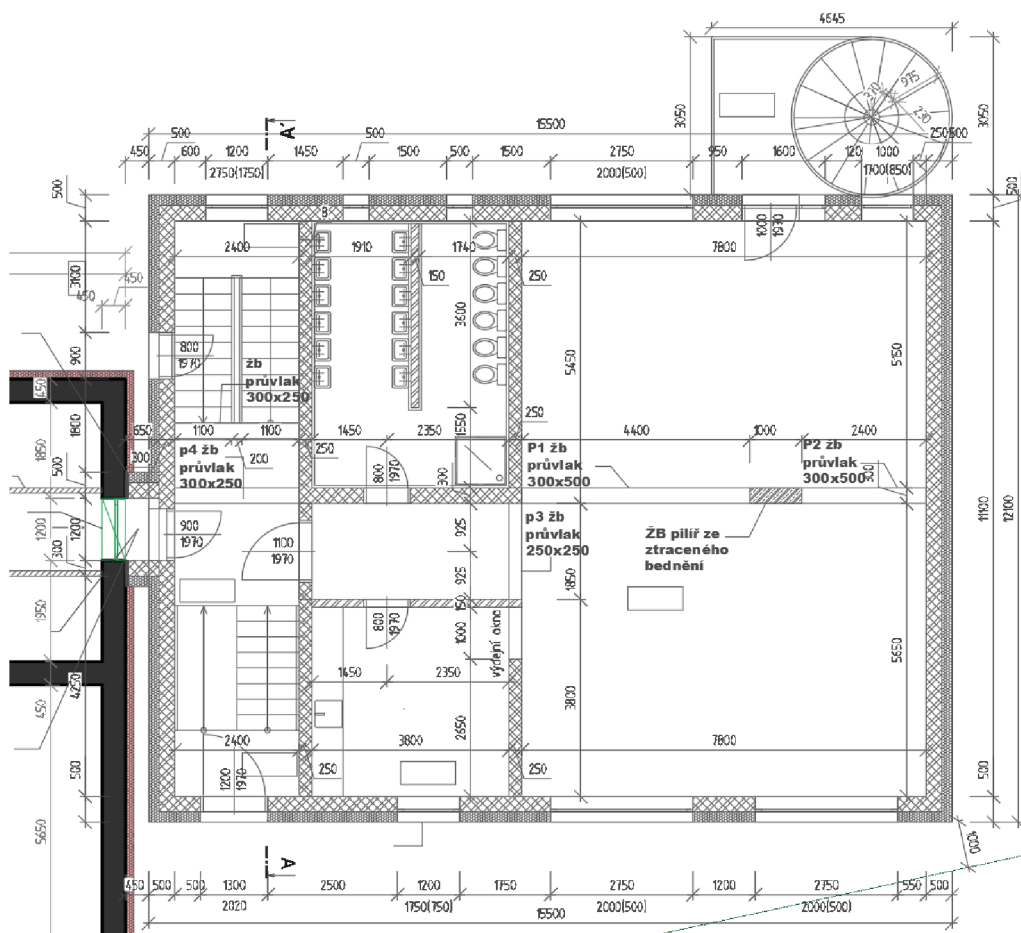
2.3.2. Navrhovaná přístavba mateřské školy

Dle dostupných informací přístavba převezme vizuální vzhled reálného objektu tak, aby splnil požadavky Územního plánu obce Habry. Ten vyžaduje, aby nově navržené budovy zachovávaly stávající urbanistickou strukturu.

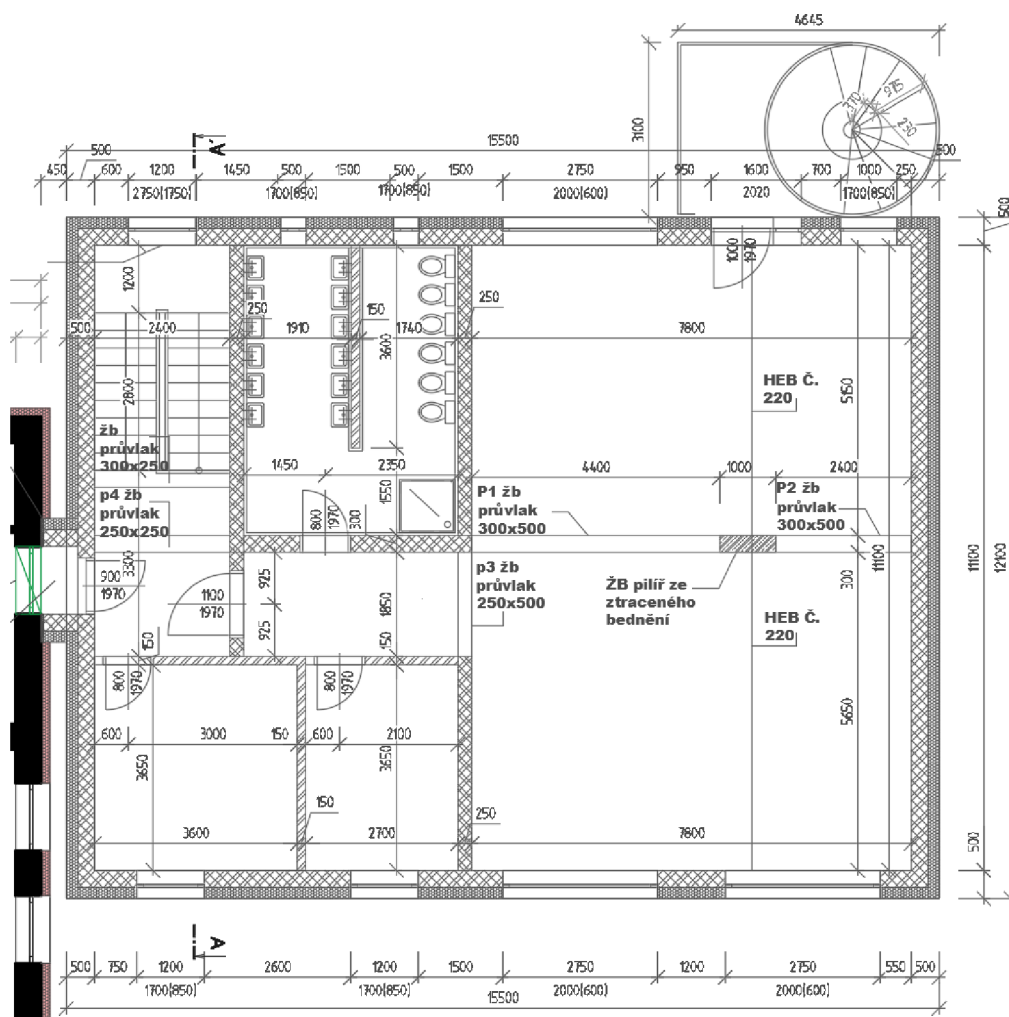
Vstup do přístavby je orientovaný severovýchodně, stejně jako u budovy reálné mateřské školy, ve výškové úrovni $-1,500$ od $\pm 0,000$. Jednoramenné schodiště o devíti schodech s výškou stupně $166,67$ mm vyrovnává výškové rozdíly tak, aby na sebe navazovala první nadzemní podlaží reálného i nově navrženého objektu. Světlá výška prvního nadzemního podlaží je $2\,750$ mm. Nachází se zde zázemí pro jednu třídu mateřské školy – výdejna jídla, umývárna a samotná denní místnost. Dále je zde komunikační prostor, který spojuje jednotlivá podlaží. První i druhé nadzemní podlaží je provozně spojeno s existující budovou mateřské školy. Světlá výška druhého podlaží je $2\,850$ mm. Dispozičně je řešeno velmi obdobně jako první nadzemní podlaží. Navíc se zde nachází šatna pro děti.

Schodiště dále umožňuje přístup do podkroví. Účel podkroví není dostupnou projektovou dokumentací blíže specifikováno. Světlá výška je zde 2 690 mm.

Konstrukční systém nově navrhované přístavby je tvořen tvárnici z cihelného bloku v tloušťce 300 mm s certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS v tloušťce 200 mm. Vnitřní nosné zdivo je tvořeno taktéž tvárnici z cihelného bloku o tloušťce 250 mm. Stejně tak nenosné zdivo v tloušťce 150 mm. Stropní konstrukce je navržena z prefabrikovaných stropních panelů. Konstrukce krovu je vaznicová o rozponu 12,2 m.



Obr. 21.: Půdorys navrhované přístavby 1.NP [převzato z projektové dokumentace]



Obr. 22.: Půdorys navrhované přístavby 2.NP [převzato z projektové dokumentace]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tato kapitola je rozdělena do čtyř částí. V první části jsou prováděny simulace na reálném objektu mateřské školy bez změn. Tak jak v současné době funguje. Následují simulace nově navržené přístavby dle dostupné projektové dokumentace.

Po posouzení simulací původních denních místností reálné mateřské školy budou vytvořeny simulace pro mnou doporučené úpravy, tak aby místnosti co nejlépe splňovaly legislativní požadavky. [3][6][16]

V poslední části této kapitoly bude realizováno modelování fiktivní denní místnost mateřské školy pro zjištění vhodného poměru plochy průsvitných konstrukcí vůči podlahové ploše, způsobu zastínění a režimu větrání.



Obr. 23 Řazení experimentální části

3.1. Simulace denní místnosti mateřské školy

V první fázi experimentální části byla posuzována **reálná budova mateřské školy s plánovanou přístavbou**. Na začátek bylo nutné zjistit jaké podmínky z hlediska osvětlení a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] ve vybraných denních místnostech panují. V případě nevyhovujícího stavu byly hledány možnosti úpravy osvětlovacích otvorů tak, aby byly splněny legislativní požadavky [16].

V druhé fázi této části diplomové práce byla vytvořena **fiktivní denní místnost** mateřské školy pro 18 dětí. Na této místnosti se prováděly simulace, jak z hlediska

osvětlení, tak i na tepelnou stabilitu v letním období. Cílem bylo najít variantu, která vyhovuje, jak na činitel denní osvětlenosti D [%], tak na maximální vnitřní teplotu vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] a za jakých podmínek.

Volba počtu dětí se odvíjela od průměrné velikosti běžné denní místnosti reálných mateřských škol. V případě, že je požadavek na místnost pro 18 dětí, je nutné, aby tato místnost měla minimální půdorysnou plochu 72 m^2 .

Pro tuto plochu byly vytvořeny tři varianty poměrů stěn. Dále byly pro každou z těchto třech variant vytvořeny další tři varianty dle počtu obvodových stěn – jedna, dvě nebo tři obvodové stěny. Tedy dohromady 9 variant, jak by tato místnost mohla případně vypadat, viz *Tab. 15 Varianty denní místnosti pro posouzení z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%] a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C]*.

Obvodové nosné neprůsvitné konstrukce se sestávají z tvárnic z cihelného bloku typu THERM a certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS v celkové tloušťce 500 mm. Konstrukce podlahy a stropu byla zvolena jako těžká s podlahovým vytápěním. Náslapná vrstva je tvořena marmoleem.

Průsvitné obalové konstrukce pláště budovy jsou tvořeny okny s izolačními trojskly v plastovém rámu. Okrajové podmínky týkající se osvětlovacích otvorů jsou dány parametry pro izolační trojskla.

Tab. 15 Varianty denní místnosti pro posouzení z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%] a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C]

Označení	Poměr stran	Rozměry místností	Počet obvodových stěn
1 a)	1:3	5,0x14,4 m	Jedna obvodová stěna
2 a)	1:3	5,0x14,4 m	Dvě obvodové stěny
3 a)	1:3	5,0x14,4 m	Tři obvodové stěny
1 b)	1:2	6,0x12,0 m	Jedna obvodová stěna
2 b)	1:2	6,0x12,0 m	Dvě obvodové stěny
3 b)	1:2	6,0x12,0 m	Tři obvodové stěny
1 c)	1:1	8,0x9,0 m	Jedna obvodová stěna
2 c)	1:1	8,0x9,0 m	Dvě obvodové stěny
3 c)	1:1	8,0x9,0 m	Tři obvodové stěny

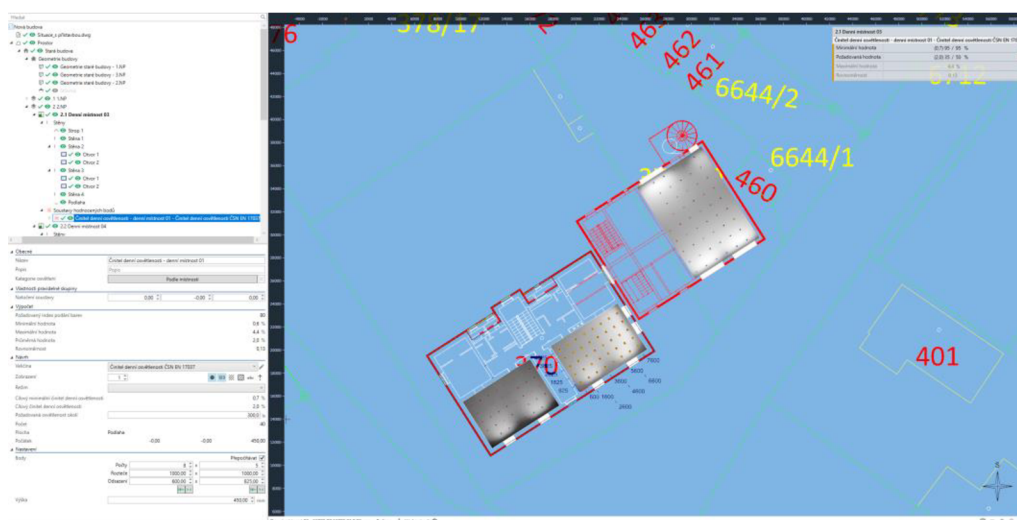
Tyto varianty se následně vymodelovaly v obou simulačních programech a byly provedeny výpočty, jejich výsledky jsou přehledně zaznamenány do tabulek v kapitole 4.1.1. *BuildingDesign*, *Fiktivní denní místnost*, v kapitole 4.1.2 *Simulace 2018*, *Fiktivní denní místnost*.

3.1.1. Simulace – program BuildingDesign

Reálná budova

Prvním krokem modelování v programu BuildingDesign bylo vyvrátit či potvrdit dostatečné prosvětlení denní místnosti **reálné budovy mateřské školy**. Byl vytvořen 3D model celé budovy. Následně byla vytvořena jednotlivá podlaží a denní místnosti. Dále byly vytvořeny osvětlovací otvory dle dostupné projektové dokumentace. Jelikož v projektové dokumentaci chyběla specifikace reálné budovy, byl proveden odborný odhad dle vzhledu budovy. Tedy, že se v objektu nachází okna s plastovými rámy a izolačními dvojskly. Všechny okrajové podmínky, které jsou potřeba k výpočtu v tomto programu jsou přehledně vypsány v *Tab. 16 Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí*.

Po zadání všech potřebných parametrů byla vytvořena pravidelná síť kontrolních bodů ve výšce **0,45 m nad čistou podlahou** [3] [viz. příloze P02 – *Schémata místností reálné budovy – osvětlení*]. A nakonec byl proveden samotný výpočet pro denní místnosti ve druhém nadzemním podlaží, kde bylo realizováno **experimentální měření in situ**. Tím bude možné porovnat zjištěné výsledky se závěry s měřením.



Obr. 24.: Prostředí BuildingDesign 2D [foto autorka]

Tab. 16 Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí

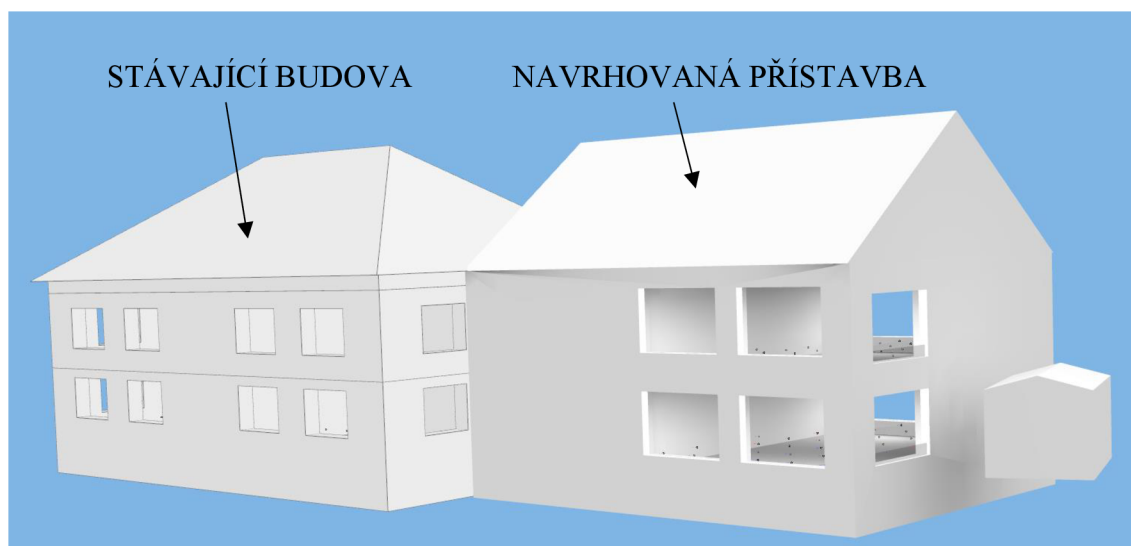
Název konstrukce	Rozměr šířka/výška [mm]	Výška parapetu [mm]	Hloubka vnitřního zasklení [mm]	Typ zasklení	Orientace ke světovým stranám	Koeficient prostupu LT [%]	Koeficient konstrukce otvoru [%]	Koeficient regulačního zařízení [%]	Výška srovnávací rovina [mm]
Stávající průsvitné konstrukce reálného objektu									
O01	1200/1600	800	200	Izolační dvojsklo	JV	82	68	95	450
O02	1200/1600	800	200	Izolační dvojsklo	SV	82	68	95	
Stávající průsvitné konstrukce navrhované přístavby									
O03	2750/2000	600	250	Izolační trojsklo	JV	72	68	95	450
O04	2750/2000	600	250	Izolační trojsklo	SZ	72	68	95	
O05	1000/1700	850	250	Izolační trojsklo	SZ	72	70,6	95	
Navrhované průsvitné konstrukce reálného objektu									
O01 ^N	2250/1600	800	210	Izolační trojsklo	JV	72	75,5	95	450
O02 ^N	2000/1600	800	210	Izolační trojsklo	SV	72	73,7	95	
O03 ^N	2000/1600	800	210	Izolační trojsklo	JZ	72	73,7	95	
Navrhované průsvitné konstrukce navrhované přístavby									
O04 ^N	3000/2000	600 ^{a)}	250	Izolační trojsklo	JV	72	88,2	95	450
O05 ^N	3000/2000	600 ^{a)}	250	Izolační trojsklo	SV	72	95	95	
O06 ^N	3000/2000	600 ^{a)}	250	Izolační trojsklo	SZ	72	88,2	95	
O07 ^N	1000/2000	600 ^{a)}	250	Izolační trojsklo	SZ	72	67,1	95	

Pozn.:

- X^N – označení nově navržené průsvitné konstrukce

- Schémata okenních otvorů s výpočtem koeficientu konstrukce otvoru jsou přiložena v příloze P04 – Schémata oken – reálná budova s nově navržené přístavby

Druhým krokem bylo vymodelovat znovu stávající objekt, tentokrát s dodatečným zateplením kontaktním zateplovacím systémem ETICS, společně s **navrhovanou přístavbou**, tak aby bylo možné posoudit činitel denní osvětlenosti D [%] ovlivněný novou výstavbou. Byly vymodelovány celé budovy i s geometrií střechy, tak aby model co nejvíce odpovídal reálnému a navrhovanému stavu. Okrajové podmínky jsou vypsány v Tab. 16 *Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí*. Posuzování činitele denní osvětlenosti D [%] bylo prováděno ve výšce **0,45 m nad čistou podlahou** [3] [viz Příloha P03 – Schémata místností nově navrhované přístavby – osvětlení]. Posouzení bylo vypracováno v druhých nadzemních podlažích, jak u stávající budovy, tak u navrhované přístavby, tak aby byla zachována návaznost na experimentální měření.



Obr. 25.: 3D model stávající budovy mateřské školy s navrhovanou přístavbou [foto autorka]

V případě stávající budovy mateřské školy jsem navrhla výměnu oken **pro zlepšení světlo technických parametrů denní místnosti**. Současná izolační dvojskla s plastovými rámy byla vyměněna za nová okna s **izolačními trojskly a většími rozměry**, materiálové řešení rámu bylo ponecháno. Při výměně oken došlo k posunutí jejich konstrukce k líci nosného zdiva (hloubka vnitřního zasklení 210 mm). Dále došlo ke změně rozměru průsvitných konstrukcí. Tato změna se týká **šířky otvorů**, výška byla

ponechána původní. Poslední, ale významnou změnou je **odstranění** okna v denní místnosti D03 a nahrazením jedním otvorem o větší šířce blíže k vnitřnímu rohu místnosti. Tato změna byla provedena zejména proto, že při výstavbě navrhované přístavby by druhý otvor poskytoval výhled do obvodové stěny přístavby.

V případě denní místnosti D04 byl **přidán** jeden osvětlovací otvor do jihozápadní obvodové stěny tak, aby byla místnost lépe prosvětlena a byla zachována symetrie fasády.

Schématické označení typu a polohy okenních otvorů je přiloženo v příloze P02 – *Schémata místností reálné budovy – osvětlení*.

Původní navrhovaný stav přístavby dle projektu také **nevyhověl** na požadavky činitele denní osvětlenosti D [%] uvedené v normě [16]. V tomto případě byla navržena výměna oken z důvodu **nevhodně zvoleného typu**. Dle dostupné projektové dokumentace jsou v přístavbě navrženy průsvitné konstrukce s mnoha dělicími rámečky. Tento návrh je **neefektivní** z hlediska denního osvětlení, jelikož snižuje plochu průsvitné konstrukce, která umožňuje slunečnímu záření pronikat do budov. Z tohoto důvodu byla navržena výměna těchto oken za okna s nižší plochou rámu.

Navržené hlavní osvětlovací otvory přístavby byly rozšířeny z 2 750 mm na 3 000 mm. Dále bylo do severovýchodní obvodové stěny navrženo nové okno s fixním zasklením o rozměru 3 000 x 2 000 mm, výška parapetu 600 mm. Fixní zasklení bylo zvoleno zejména kvůli sousednímu objektu samostatně stojící garáže, která není ve vlastnictví investora přístavby mateřské školy. Poslední úpravou je snížení parapetu okna v severozápadní obvodové stěně z 850 mm na 600 mm. Díky tomu bylo možné výšku okna zvětšit na 2 000 mm a tím sjednotit výšku parapetu a nadpraží všech osvětlovacích otvorů v místnosti. Schémata označení typu a polohy okenních otvorů je přiloženo v příloze *Příloha P03 – Schémata místností nově navrhované přístavby – osvětlení*.

Po výše popsaných změnách byl proveden znovu nový výpočet. Parametry k nově navrženým prosvětlovacím otvorům jsou uvedeny v *Tab. 16 Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí* a jsou označeny písmenem N v horním indexu.

Fiktivní denní místnost

V této části simulací bylo posouzeno **devět variant** místnosti o půdorysné ploše 72 m². Jelikož činitel denní osvětlenosti D [%] **není závislý na orientaci ke světovým stranám**, není tedy nutné provádět simulace pro každou světovou stranu individuálně. Schémata jednotlivých místností jsou přiložena v příloze P05 – *Schéματα fiktivních denních místností – osvětlení*.

Jednotlivé místnosti byly vymodelovány samostatně, tak aby se navzájem nemohly ovlivňovat. Parametry týkající se osvětlovacích otvorů jsou dány vlastnostmi pro izolační trojskla. Většinu potřebných hodnot je tedy možné převzít z *Tab. 16 Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí*. Hodnotu, která je proměnná dle velikosti okna, tedy **koeficient konstrukce otvoru** [%], je nutné vypočítat pro každý rozměr osvětlovacího otvoru **individuálně**. Schémata okenních otvorů s výpočtem koeficientu konstrukce otvoru jsou přiložena v příloze P06 – *Schéματα oken – fiktivní denní místností*.

Po vymodelování všech variant byla pro všechny posuzované místnosti vytvořena síť kontrolních bodů ve výšce **0,45 m nad čistou podlahou** [3] a program provedl výpočet činitele denní osvětlenosti D [%]. Jednotlivé osvětlovací otvory pro dané místnosti byly navrženy **postupnou iterací rozměrů a umístění** v obvodové konstrukci, tak aby byly splněny požadavky dané normou [16]. Výsledkem těchto simulací je **poměr ploch osvětlovacích otvorů k podlahové ploše denní místnosti**, viz *Kapitola 4.1.1 BuildigDesign – Fiktivní denní místnost*.

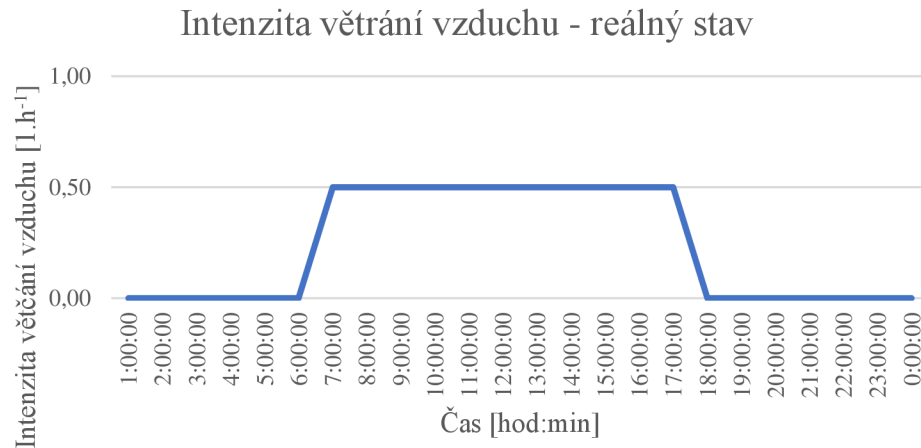
3.1.2. Simulace – program Simulace 2018

Reálná budova

V této části bylo nejprve nutné ověřit, zda simulace tepelné stability vnitřního prostředí v letním období při zadání téměř stejných okrajových podmínek **souhlasí** s naměřenými daty.

Nejprve byla posouzena místnost, ve které probíhalo samotné experimentální měření. Pro výpočet byly vytvořeny skladby konstrukcí, které by dle odborného odhadu měly odpovídat skutečnosti, viz *Příloha P09 – Skladby konstrukcí*. Zastínění a způsob větrání vychází z informací, které po dobu měření poskytla učitelka, viz *Příloha P01 – Režim*

denní místnosti – zápis paní učitelky. Program počítal se 100 % zastíněním vnitřními žaluziemi s manuálním ovládáním a větráním dle zápisu, viz *Graf 07.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav*.



Graf 05.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav

Zadání neprůsvitných obalových konstrukcí místnosti

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Neprůsvitná konstrukce (resp. průsvitná konstrukce vnitřní):

Označení konstrukce: Stop

Typ konstrukce: vnitřní konstrukce

Celková šířka: 0,0 m

Celková výška/délka: 0,0 m

Čistá plocha konstrukce (bez oken a dveří): 46,33 m²

Sklon konstrukce (od vodorovné roviny): 90,0 st.

Číselník větrání dvouplášťové konstrukce: 1,0

Hodnoty pro tepelnou stabilitu v letním období | Hodnoty pro tepelnou stabilitu v zimním období

Odpor při přestupu R_{st}: 0,17 m²K/W

Odpor při přestupu R_{se}: 0,17 m²K/W

Souč. prostupu tepla U: 0,403 W/m²K

Teplota na vnější straně T_e: 0,0 C

Orientace: vnitřní kce

Pohltivost slun. záření: 0,5

korekční číselník stínění je konstantní (nepř. u nestíněných konstrukcí)

F_{st}: 1,0

Zadání stínících překážek

Venkovní teplota působící na konstrukci: 1. sada

Skladba konstrukce od interiéru

Vrstva	Název vrstvy	D [m]	Lambda	Měrné teplo	ρ ₀
1	SDK desky	0,0125	0,210	960,0	750,0
2	Dřevěné latě 50x30 m	0,05	0,180	2510,0	400,0
3	Dřevěný nosný trám	0,22	0,180	2510,0	400,0
4	Palubky podlahové	0,022	0,180	2510,0	400,0
5	Kročejová izolace	0,04	0,370	800,0	100,0
6	OSB3	0,022	0,130	1700,0	600,0
7	OSB3	0,022	0,130	1700,0	600,0
8	Disperzní lepidlo	0,001	0,600	1010,0	1800,0
9	Marmoleum	0,002	0,190	1980,0	1200,0
10		0,0	0,000	0,0	0,0

Schéma skladby:

exteriér

0,39 m

1 2 3 4 5 6 7 8 9

interiér

Otočit schéma

Otočit skladbu ve formuláři

Import skladby

Parametry zadané skladby:

0,3915 m

160,8 kg/m²

0,403 W/m²K

0,403 W/m²K

2,141 m²K/W

Formuláře:

- Obvodová stěna SV
- Obvodová stěna JV
- Vnitřní nosná stěna 30
- Vnitřní nosná stěna 45
- Vnitřní nosná stěna 45
- Vnitřní dřevěné dveře
- Vnitřní dřevěné dveře
- Vnitřní dřevěné dveře
- Podlaha
- Podlaha

Formulář č. 10

Bluk 9 9

Akt. pomůcky:

Obr. 26.: Simulace 2018 – Zadávání neprůsvitných obalových konstrukcí [foto autorka]

Po zadání veškerých konstrukcí, které danou místnost definují, a ostatních okrajových podmínek, které jsou uvedeny v kapitole 2.2.1 *Simulační metody, podkapitola Simulace 2018*, proběhl výpočet. Z něj vyplývá, že výsledná maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] je o **3,5°C** vyšší než hodnota z experimentálního měření.

Velmi podobným způsobem byla provedena simulace u zbylých dvou místností stávajícího stavu. Následně bylo provedeno modelování těchto místností pro navržené průsvitné konstrukce.

V případě simulací denního osvětlení je počítáno s okny nezastíněnými stínícím zařízením. Tento parametr je však podstatný pro modelování v programu Simulace 2018. Pro ochranu denních místností zejména v letních měsících před nebezpečně vysokými teplotami vnitřního vzduchu θ_v [°C] je potřebné zvolit správný typ zastínění.

U nově navržených otvorů u reálné budovy program počítal s jejich zastíněním ze **100 % vnitřními žaluziemi s manuálním ovládáním**. U navrhované přístavby byly navrženy **venkovní rolety**, také zatažené ze **100 % s manuálním ovládáním**. Větrání bylo uvažováno tak, jak předepisuje norma, tedy **50 % přes noc a 10 % přes den** [48].

Obr. 27.: Simulace 2018 – Zadávání průsvitných obalových konstrukcí [foto autorka]

Ze simulací je patrné, že se **zvětšujícími se okenními otvory dochází ke zhoršení výsledné vnitřní teploty [°C] v interiéru.**

Schémata posuzovaných denních místností jsou přiložena v příloze *P10 – Schémata místností reálné budovy – tepelní stabilita v letním období* a v příloze *P11 – Schémata místností nově navržené přístavby – tepelní stabilita v letním období.*

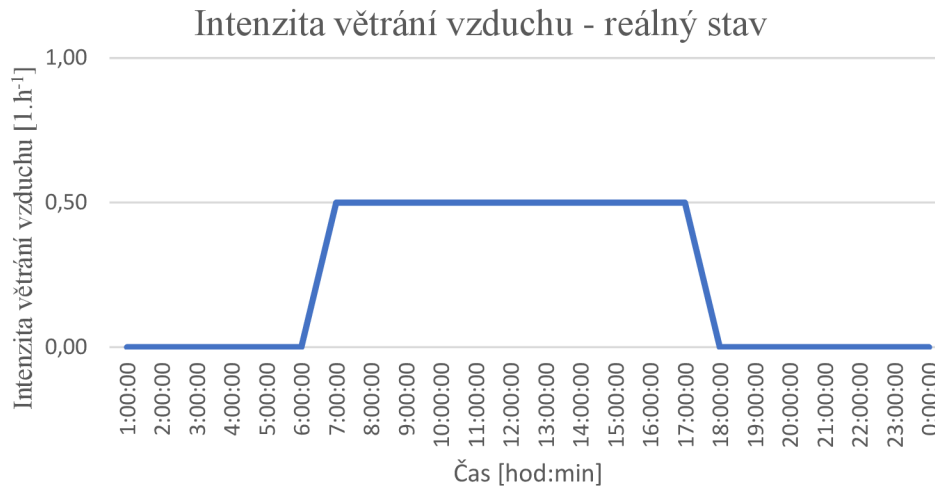
Fiktivní denní místnost

V této fázi práce se posuzovaly **fiktivní denní místnosti s návrhem okenních otvorů**, tak aby vyhovovaly na požadavky z hlediska osvětlení [16]. Všechny devět variant fiktivní denní místnosti bylo posouzeno na tepelnou stabilitu v letním období.

Jelikož jsou pevně dány okrajové podmínky, jako jsou skladby konstrukcí [viz *Příloha P09 – Skladby konstrukcí*], zvolený typ a rozměry všech obalových konstrukcí dané místnosti, průběh venkovních teplot a průběh intenzity slunečního záření, je možné vnitřní prostředí denních místností ovlivnit pouze **orientací ke světovým stranám a způsobem větrání**. Právě tyto dvě okrajové podmínky hrály v následujících výpočtech důležitou roli. Bylo vytvořeno mnoho simulací pro jednotlivé kombinace způsobu větrání a orientace ke světovým stranám pro všechny varianty dispozic fiktivní denní místnosti viz *Tab. 15 Varianty denní místnosti pro posouzení z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%] a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C]*.

U všech výpočtů byly zohledněny základní okrajové podmínky vypsány v úvodu této kapitoly a v *kapitole 2.2.1. Simulační metoda – Simulace2018.*

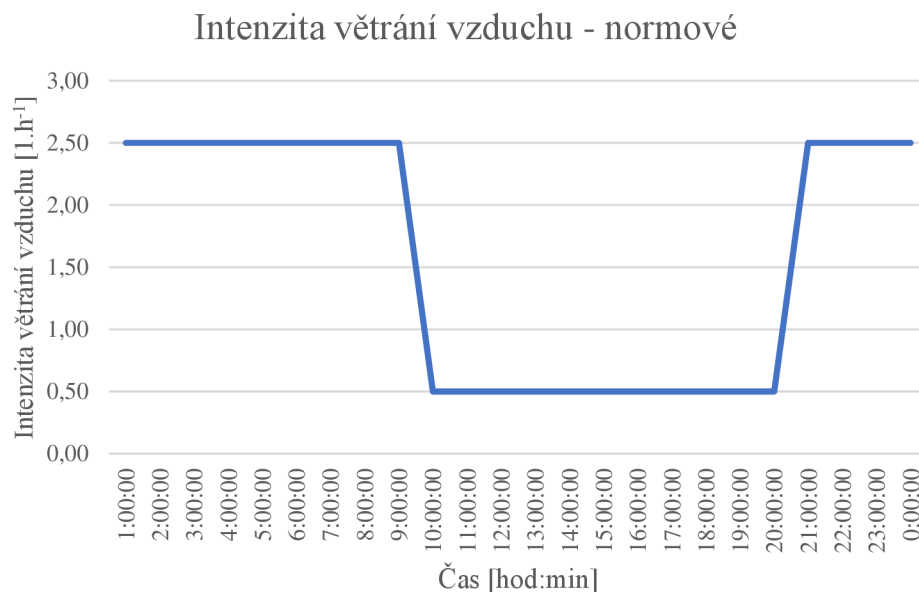
V první části modelování bylo zadáno **reálné větrání dle experimentálního měření**, viz *Graf 07.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav.*



Graf 06.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav

Bylo provedeno celkem **72 modelů**, ke každé z devíti variant fiktivní denní místnosti byly provedeny simulace pro všechny světové strany. V případě denních místností se dvěma nebo třemi obvodovými stěnami je orientace ke světovým stranám vždy uvedena pro stěnu s **větším procentem prosklení**. Výsledné teploty jsou shrnuty v tabulkách dle poměru stran a počtu obvodových stěn a graficky porovnány s normovými požadavky v kapitole 4.1.2 *Simulace 2018, Fiktivní denní místnost*.

V druhé části byly provedeny téměř totožné modely situací. V tomto případě bylo zadáno **normové větrání** [48], viz *Graf 07.: Intenzita větrání vzduchu – normové [48]*.



Graf 07.: Intenzita větrání vzduchu dle normy ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48]

I v tomto případě bylo provedeno celkem **72 simulací** stejně jako u předešlé varianty. Výsledné teploty jsou shrnuty v tabulkách dle poměru stran a počtu obvodových stěn a graficky porovnány s normovými požadavky v kapitole 4.1.2 *Simulace 2018, Fiktivní denní místnost*.

V poslední části tohoto bloku simulací byla snaha nalézt reálný kompromis mezi normovým větráním, při kterém fiktivní denní místnosti **byly všechny vyhovující**, minimálně v jedné z kombinací světových stran, a reálným větráním. Normový způsob větrání není z praktického hlediska příliš reálný. Není pravděpodobné, že by bylo možné zajistit větrání z 50% plochy okna po celou noc.

Harmonogram větrání a jemu odpovídající vnitřní teploty jsou shrnuty v tabulkách dle poměru stran a počtu obvodových stěn a graficky porovnány s normovými požadavky v kapitole 4.1.2 *Simulace 2018, Fiktivní denní místnost*.

3.2. Experimentální měření reálné budovy

K experimentálnímu měření byla vybrána **denní místnost v druhém nadzemním podlaží**. Umístění samotné měřicí techniky bylo zkontrolováno s přítomným pedagogem, tak aby se zajistila především **bezpečnost** použitých přístrojů a nedošlo k přílišnému omezení pedagoga a dětí.

Měřicí sestava byla umístěna v levém dolním rohu místnosti, aby se co nejvíce eliminoval vliv přímého oslunění senzorů přístrojů. Ty byly umístěny na výškově nastavitelném stativu, který byl situovaný na nízké skříňce u stolu pedagoga.

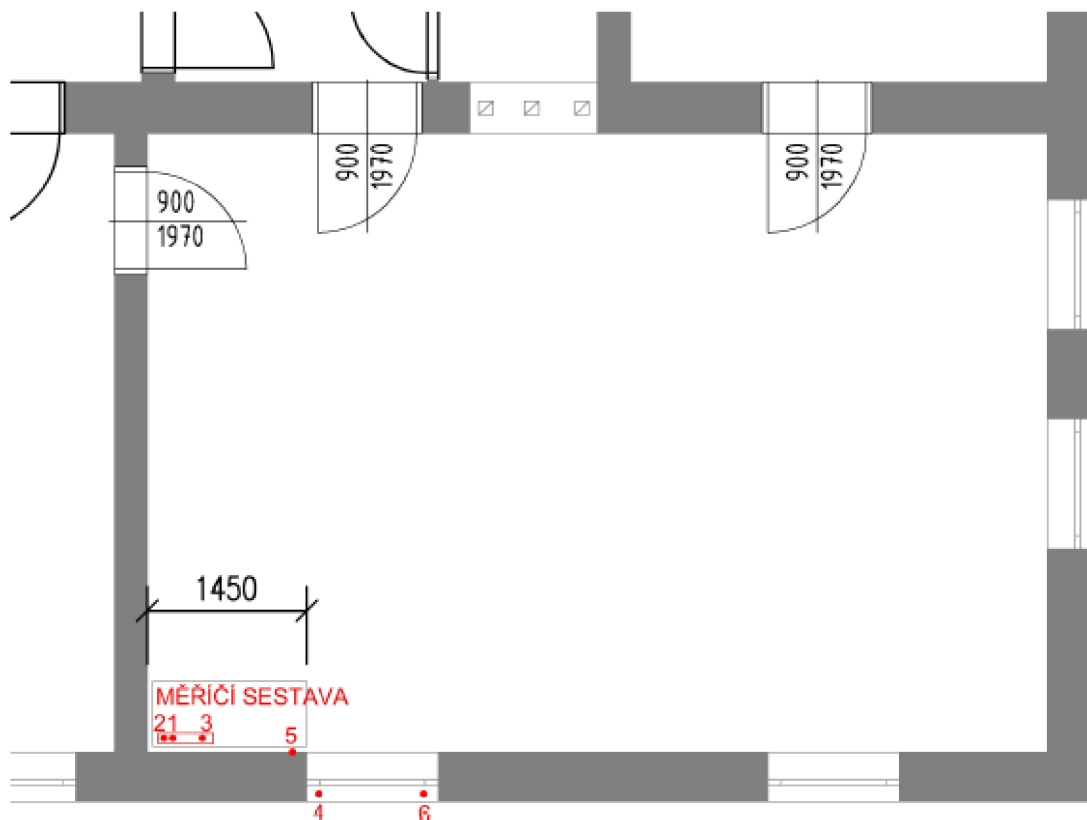
Měření probíhalo po dohodě s vedením mateřské školy v době **od 29. 8. 2023 do 22. 9. 2023**. Záměrem bylo, aby část sledovaného období probíhala v době, kdy mateřská škola ještě **nezahájila svůj obvyklý provoz**. Získaná data z této fáze poskytly informace, jak se budova chová, pokud se v ní nenacházejí děti s pedagogy. Tento úsek měření trval zhruba týden.

Následovalo získávání dat **za obvyklého provozu** mateřské školy, které trvalo zhruba tři týdny. Pomocí termočlánků se snímala venkovní teplota vzduchu θ_{ext} [°C], vnitřní teplota vzduchu θ_v [°C] a povrchová teplota na interiérové straně obvodové konstrukce θ_{si} [°C]. Dalšími měřenými hodnotami jsou teplota kulového teploměru θ_k [°C], relativní vlhkost rH [%], teplota rosného bodu θ_w [°C], atmosférický tlak [hPa] a koncentrace CO₂ [ppm].

Zápis získaných hodnot probíhal každých 15 minut. Tyto hodnoty byly zapisovány na univerzální měřicí přístroj AHLBORN ALMEMO 2890-9 [52].

Po celou dobu probíhající analýzy vnitřního prostředí vybrané denní místnosti přítomná pedagožka velmi ochotně a zodpovědně vyplňovala předem připravenou tabulku s údaji o režimu denní místnosti v jednotlivých dnech měření. Tato tabulka je přiložena v *příloze P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*.

Po nasbírání dostatečného množství dat pro tuto práci byla čidla demontována a data byla stažena do počítače a následně přenesena do Excelu, kde došlo k jejich zpracování do grafické podoby.



Obr. 28.: Schématické označení umístění čidel v denní místnosti reálné mateřské školy [foto autorka]

Použitá měřidla:

1. Snímač teploty a vlhkosti AHLBORN ALMENO FHAD46C41A
2. Snímač CO₂ – AHLBORN ALMEMO FYA600CO2
3. Kulový teploměr AHLBORN ALMEMO FPA805GTS
4. – 6. Termočlánek



Obr. 29.: Instalace měřicích čidel – stativ s ústřednou, kulovým teploměrem, snimačem CO₂ a kombinovaným čidlem teploty, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a atmosférického tlaku

[foto autorka]

Sestava se skládala z:

1. Snímač AHLBORN ALMENO FHAD46C41A + termočláanky

Toto kombinované čidlo slouží pro měření teploty, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a atmosférického tlaku. [53]

Měřicí rozsahy:

- Teplota – od -40 do +85 °C; přesnost: $\pm 0,4$ K v rozsahu 5 až 60 °C
- Relativní vlhkost – od 5 do 98 %rH; přesnost: ± 2 % rH v rozsahu 10...90 % rH
- Rosný bod – od -20 do 100 °C
- Atmosférický tlak – od 700 do 1100 hPa



Obr. 30.: Kombinované čidlo teploty, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a atmosférického tlaku [53]

2. Snímač CO₂ – AHLBORN ALMEMO FYA600CO2

Snímač CO₂ slouží k zaznamenávání koncentrace CO₂ a pracuje na principu IR-optický (infračervený detektor). Koncentraci měří v procentech, je tedy nutné si naměřené hodnoty převést na ppm. [54]

- Přesnost činí ± 2 %.
- Čidlo je schopno snímat hodnoty při pracovní teplotě od 5 do 40 °C.



Obr. 31.: Snimač CO2 [54]

3. Kulový teploměr AHLBORN ALMEMO FPA805GTS

Kulový teploměr se skládá z měděné koule o průměru 150 mm s centrálně umístěným čidlem Pt100 pro měření teploty kulového teploměru [°C]. V ideálním případě by měl být teploměr umístěn do středu místnosti, zhruba 1 m nad zem, tak aby bylo měření co nejméně ovlivněno chybou (např. sálání tepla z bližšího zdroje). [55]

- Měřicí rozsah – od -50 až +200 °C



Obr. 32.: Kulový teploměr [55]

7. Datalogger – AHLBORN ALMEMO 2890-9

Datalogger je kombinovaný univerzální ruční měřicí přístroj s devíti univerzálními vstupy a dvěma výstupy pro zaznamenávání dat z měření. Přístroj dokáže zaznamenat až 100 000 naměřených hodnot za zadané časové období. [52]



Obr. 33.: Datalogger [52]

4 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI

4.1. Simulační metody

V této části práce budou rozebrány výsledky simulací osvětlení a tepelné stability denní místnosti mateřské školy v letním období.

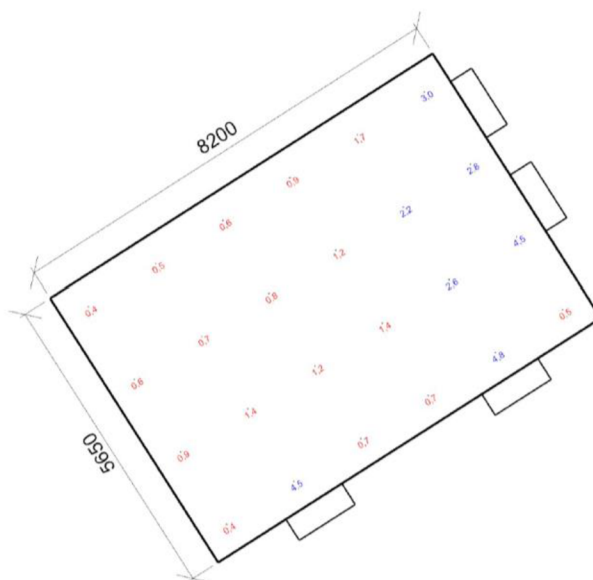
První část se týkala popisované stávající budovy a její přístavby. Byl zhodnocen stávající stav a byl navržen nový, tak aby vyhovoval na požadované hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%] [16] a následně byla posouzena tepelná stabilita.

V druhé části se simulace zabývaly fiktivními denními místnostmi. V tomto kroku jsem se snažila najít ideální variantu, která vyhovuje, jak na požadavky z hlediska denního osvětlení, tak na tepelnou stabilitu denních místností v letním období.

4.1.1 Program – BuildingDesign

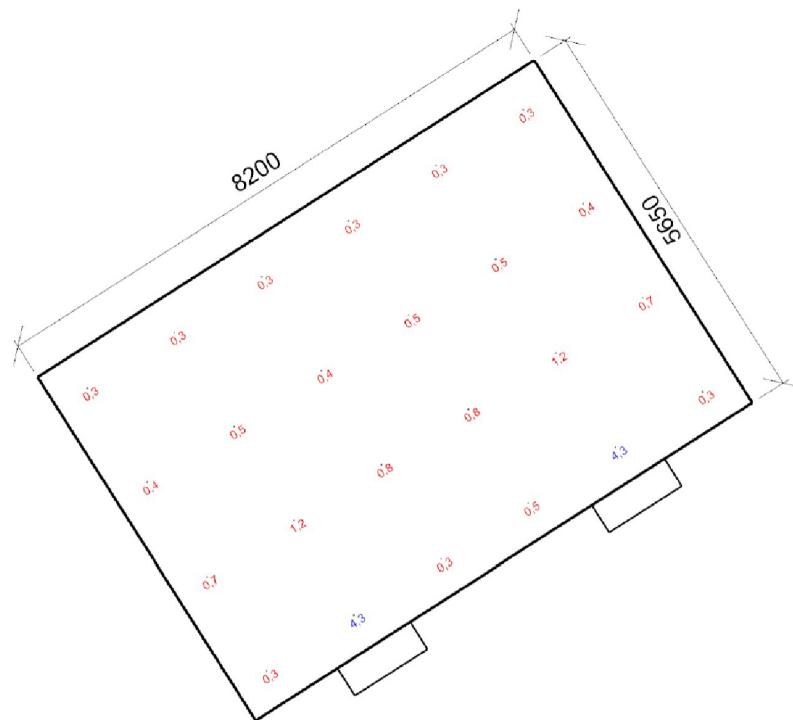
a) Reálná budova – beze změny

V první fázi modelování byl zhodnocen stávající stav. Po zadání všech okrajových podmínek viz kapitola 2.2.1 Simulační metoda, podkapitola BuildingDesign a následného provedení výpočtu byl stávající stav vyhodnocen za **nevyhovující**.



Minimální hodnota: **(0,7) 75 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 29 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,091**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1440,00 x 1550,00 mm**

Obr. 34.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova bez úprav; denní místnost D03 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]

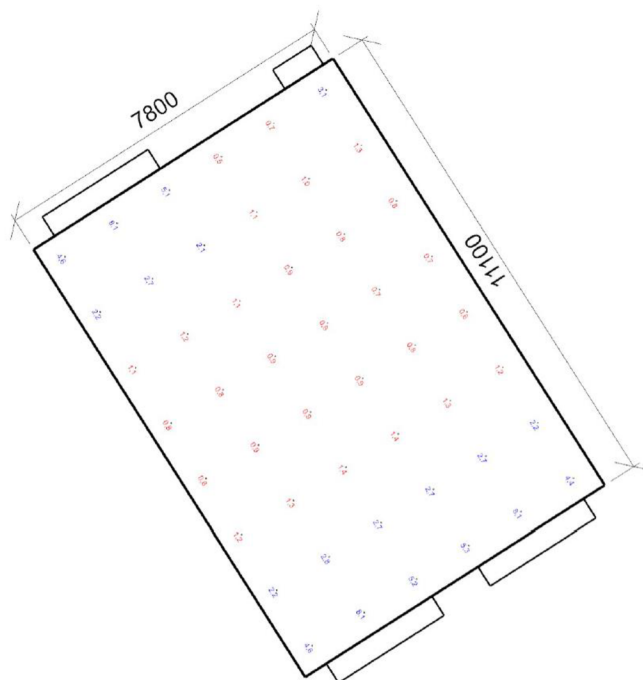


Minimální hodnota: **(0,7) 33 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 8 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,06**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1440,00 x 1550,00 mm**

Obr. 35.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova bez úprav; denní místnost D04 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]

b) Přístavba a navržené stavební úpravy dle projektové dokumentace – bez změn

Následně byla provedena simulace pro model navržených stavebních úprav stávající budovy a nové přístavby. Geometrie budov byla zadána dle dostupného projektu. Jelikož reálná budova nevyházela bez navržených stavebních úprav, nebyl proveden výpočet s nově navrženým certifikovaným kontaktním zateplovacím systémem ETICS. Předpokládá se zhoršení světlo-technických podmínek v posuzované místnosti. Zadané vlastnosti průsvitných konstrukcí jsou vypsány v kapitole 2.2.1 Simulační metoda, podkapitola *BuildingDesign*. Po provedení výpočtu byla zvolená denní místnost přístavby vyhodnocena za **nevyhovující**.



Minimální hodnota: **(0,7) 98 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 40 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,062**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1442,86 x 1360,00 mm**

Obr. 36.: Výpočet kontrolních bodů – navrhovaná přístavba bez úprav; denní místnost D02 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]

c) Reálná budova a přístavba po navržení změn

Jelikož ani u jedné denní místnosti stávající budovy a navrhované přístavby nevychází činitel denní osvětlenosti D [%] dle normových požadavků [16], bylo nutné navrhnout takové úpravy, aby tento požadavek byl splněn.

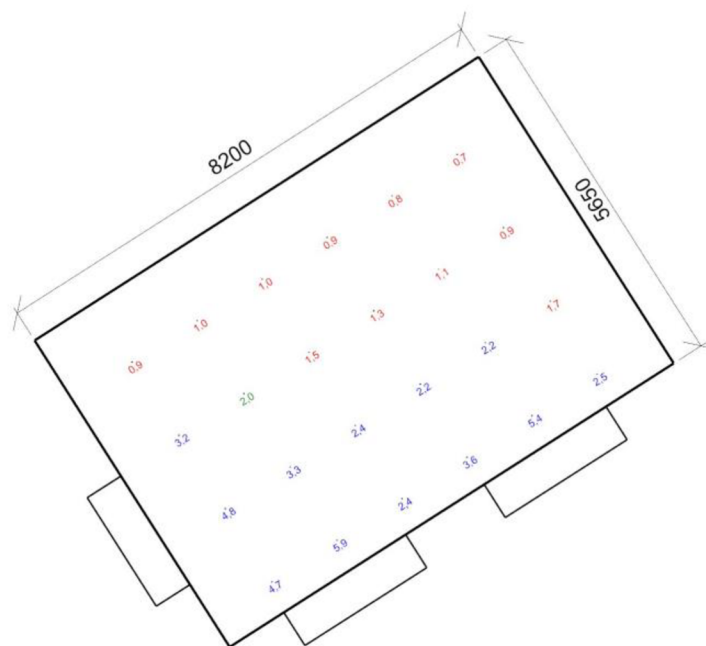
Nejprve byla snaha nalézt dostatečně velké, ale reálné, osvětlovací otvory. Po návrhu změny šířky osvětlovacích otvorů proběhl nový výpočet. Výsledek výpočtu byl vyhodnocen za **nevyhovující**. Proto byla plocha místnosti **zredukována** tak, aby následující simulace již vycházela kladně. Schémata zredukováných ploch stávající budovy jsou přiložena v příloze P02 – *Schématá místností reálné budovy – osvětlení*, schémata k navrhované přístavbě v příloze P03 – *Schématá místností nově navržené přístavby – osvětlení*.

Jelikož na jedno dítě je nutná minimální plocha 4 m^2 [3], tak v tomto případě vychází, že v denních místnostech může být maximálně 8 dětí. Denní místnost D03 je v současné době využívána pro výuku zhruba 16 dětí, což je dvojnásobek maximálního povoleného

počtu dětí z hlediska požadavků vyhlášky [3]. Tato skutečnost by mohla mít zásadní vliv na fungování dané mateřské školy. [viz příloha P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky]

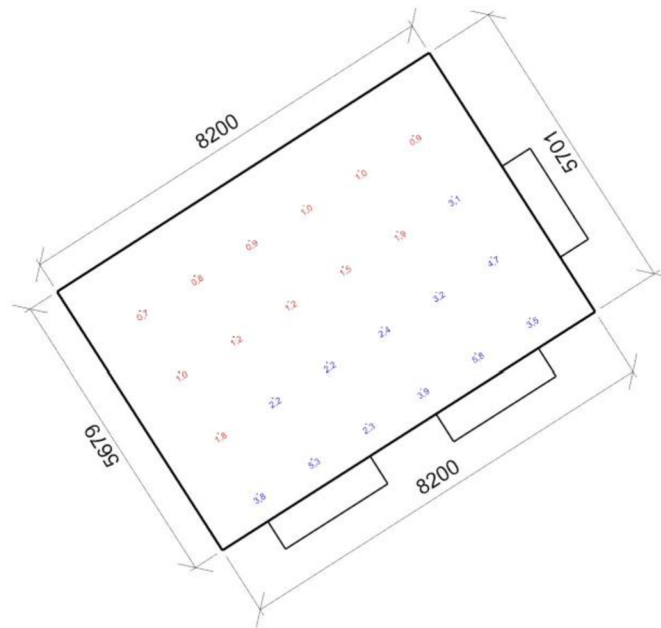
Na následujících obrázcích jsou zobrazeny vypočítané hodnoty kontrolních bodů jednotlivých denních místností společně se souhrnnou tabulkou *Tab. 17 Souhrnné zhodnocení světlo-technických parametrů denních místností mateřské školy*.

Podrobný výstup ze simulací programu BuildingDesign je přiložen v příloze P07 – *Výpočet osvětlení reální budovy a nově navržené přestavby*.



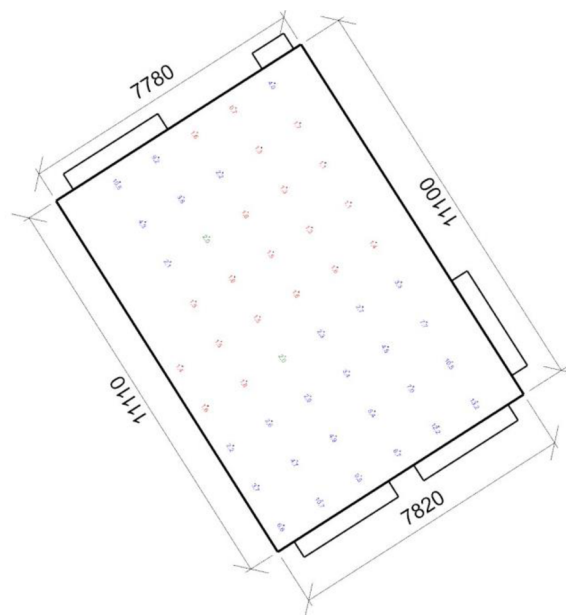
Minimální hodnota: **(0,7) 100 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 54 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,11**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1200,00 x 1350,00 mm**

Obr. 37.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D04 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]



Minimální hodnota: **(0,7) 100 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 50 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,12**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1202,71 x 1339,65 mm**

Obr. 38.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D03 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]



Minimální hodnota: **(0,7) 100 / 95 %** | Požadovaná hodnota: **(2,0) 60 / 50 %** | Rovnoměrnost: **0,051**
Výška: **450,00 mm** | Odsazení: **500,00 x 500,00 mm** | Rozteče: **1262,50 x 1230,09 mm**

Obr. 39.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D02 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]

Tab. 17 Souhrnné zhodnocení světlo-technických parametrů denních místností mateřské školy

Plocha denní místnosti [m ²]	Požadovaná minimální cílová hodnota D_{TM} [%]	Požadovaná minimální plocha pro D_{TM} [%]	Skutečná plocha splňující požadavek [%]	Zhodnocení	Požadovaná cílová hodnota D_T [%]	Požadovaná minimální plocha pro D_T [%]	Skutečná plocha splňující požadavek [%]	Zhodnocení
Denní místnost D03 – stávající stav reálné budovy								
46,33	0,70	95	83	Nevyhovuje	2,00	50	29	Nevyhovuje
Denní místnost D03 – navrhovaný stav reálné budovy								
35,30 ^{a)}	0,70	95	100	Vyhovuje	2,00	50	50	Vyhovuje
Denní místnost D04 – stávající stav reálné budovy								
46,33	0,70	95	42	Nevyhovuje	2,00	50	8	Nevyhovuje
Denní místnost D04 – navrhovaný stav reálné budovy								
35,30 ^{a)}	0,70	95	100	Vyhovuje	2,00	50	54	Vyhovuje
Denní místnost D02 – stávající stav přístavby								
86,58	0,70	95	98	Vyhovuje	2,00	50	34	Nevyhovuje
Denní místnost D02 – navrhovaný stav přístavby								
76,02 ^{a)}	0,70	95	100	Vyhovuje	2,00	50	60	Vyhovuje

Pozn.:

- a) **Redukovaná plocha** – plocha, kde se předpokládá plnění zrakově náročných úkonů a je tedy nutné, aby byla dostatečně prosvětlena
- b) Vyznačení redukované plochy místností je v příloze P02 – *Schématá místností reálné budovy – osvětlení* a v příloze P03 – *Schématá místností nově navržené přístavby – osvětlení*

d) Fiktivní denní místnost

Po vytvoření devíti různých variant fiktivní denní místnosti viz *Tab. 15 Varianty denní místnosti pro posouzení z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%] a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C]* jako první proběhla simulace denního osvětlení. U každé varianty byly navrženy osvětlovací otvory tak, aby daná místnost vyhovovala na normové požadavky [16]. Proběhl proces iterací velikostí osvětlovacích otvorů a jejich umístění v obvodových neprůsvitných konstrukcích, viz *příloha P05 – Schémata fiktivních denních místností – osvětlení*. Souhrnně jsou navržené otvory přehledně vypsané v *Tab. 18 Parametry a geometrie navržených průsvitných konstrukcí*.

Tab. 18 Parametry a geometrie navržených průsvitných konstrukcí

Název konstrukce	Rozměr šířka/výška [mm]	Výška parapetu [mm]	Hloubka vnitřního zasklení [mm]	Typ zasklení	Orientace ke světovým stranám	Koeficient prostupu LT [%]	Koeficient konstrukce otvoru [%]	Koeficient regulačního zařízení [%]	Výška srovnávací rovina [mm]
Varianta 1 a)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
Varianta 2 a)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
O02 ^F	2250/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	77,6	95	
Varianta 3 a)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
Varianta 1 b)									
O03 ^F	2500/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	79,0	95	450
O04 ^F	2750/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	80,1	95	

Varianta 2 b)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
O02 ^F	2250/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	77,6	95	
Varianta 3 b)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
Varianta 1 c)									
O05 ^F	3500/2500	250	250	Izolační trojsklo	-	72	84,4	95	450
Varianta 2 c)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450
O02 ^F	2250/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	77,6	95	
Varianta 3 c)									
O01 ^F	2000/2000	750	250	Izolační trojsklo	-	72	75,8	95	450

Pozn.:

- X^F – označení nově navržené průsvitné konstrukce fiktivní denní místnosti
- Schémata okenních otvorů s výpočtem koeficientu konstrukce otvoru jsou přiložena v příloze P06 – Schémata oken – fiktivní denní místnosti

Z minimálních rozměrů prosvětlovacích otvorů byl vypočítán procentuální poměr průsvitných konstrukcí k podlahové ploše a k ploše obvodových neprůsvitných konstrukcí, viz *Tab. 19 Minimální plochy průsvitných konstrukcí, jejich poměr k podlahové ploše a ploše obvodových neprůsvitných konstrukcí*

Tab. 19 Minimální plochy průsvitných konstrukcí, jejich poměr k podlahové ploše a ploše obvodových neprůsvitných konstrukcí

Označení	Minimální plocha prosvětlovacích otvorů [m ²]	Procentuální poměr oken k podlahové ploše [%]	Procento prosklení fasády [%]
1 a)	16,0	22,2	37,0
2 a)	17,5	24,3	30,0
3 a)	16,0	22,2	15,8
1 b)	15,5	21,5	43,1
2 b)	17,0	23,6	31,5
3 b)	16,0	22,2	17,8
1 c)	17,5	24,3	64,8
2 c)	17,0	23,6	33,3
3 c)	16,0	22,2	20,5

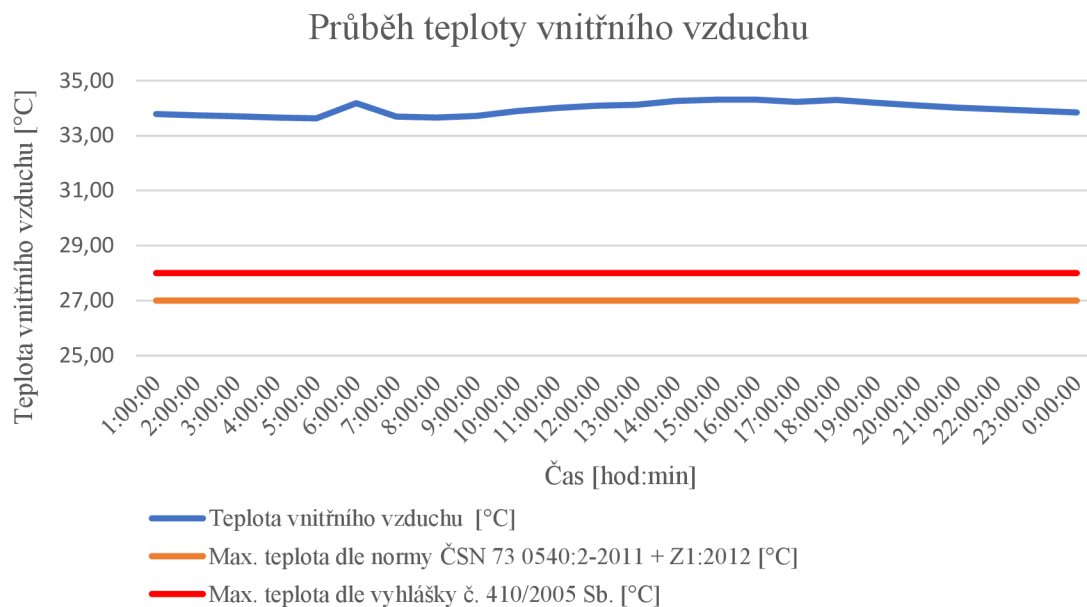
Podrobné simulace jednotlivých místností v programu BuildingDesign jsou přiloženy v příloze P08 – *Výpočet osvětlení fiktivních denních místností*.

4.1.2 Simulace – Program Simulace 2018

a) Reálná budova – bez změny

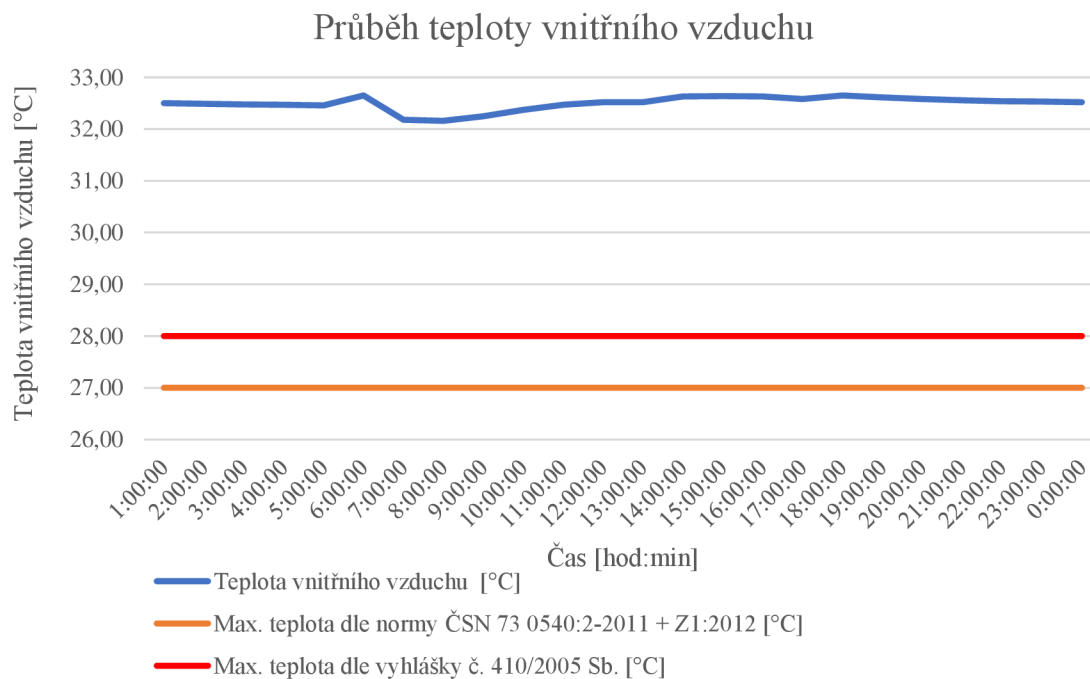
Po posouzení stávající budovy z hlediska požadavků na osvětlení a zjištění, že denní místnost není vyhovující, proběhlo posouzení stejné místnosti na tepelnou stabilitu v letním období. Okrajové podmínky a průběh simulace jsou popsány v předchozích kapitolách zabývajících se programem Simulace 2018.

Výsledkem této simulace bylo zjištění, že i přesto, že osvětlovací otvory denní místnosti D03 nejsou nepřiměřeně velké k ploše obvodové konstrukce, maximální teplota vzduchu v interiéru **není vyhovující** dle požadavků vyhlášky [3] i normy [6]. Její maximální hodnota nabývá **34,31 °C**.



Graf 08.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 bez úprav – reálné větrání; v programu Simulace 2018

Stejné posouzení proběhlo i u sousední denní místnosti D04, jelikož jejich obalové konstrukce jsou rozdílné. Zde teploty vycházely nižší, a to **32,65 °C**. Tento pokles teploty je zapříčiněn odlišnou orientací obalových konstrukcí ke světovým stranám a také absencí dvou prosklených otvorů. Přesto ani v tomto případě kombinací okrajových podmínek **není místnost vyhovující.**



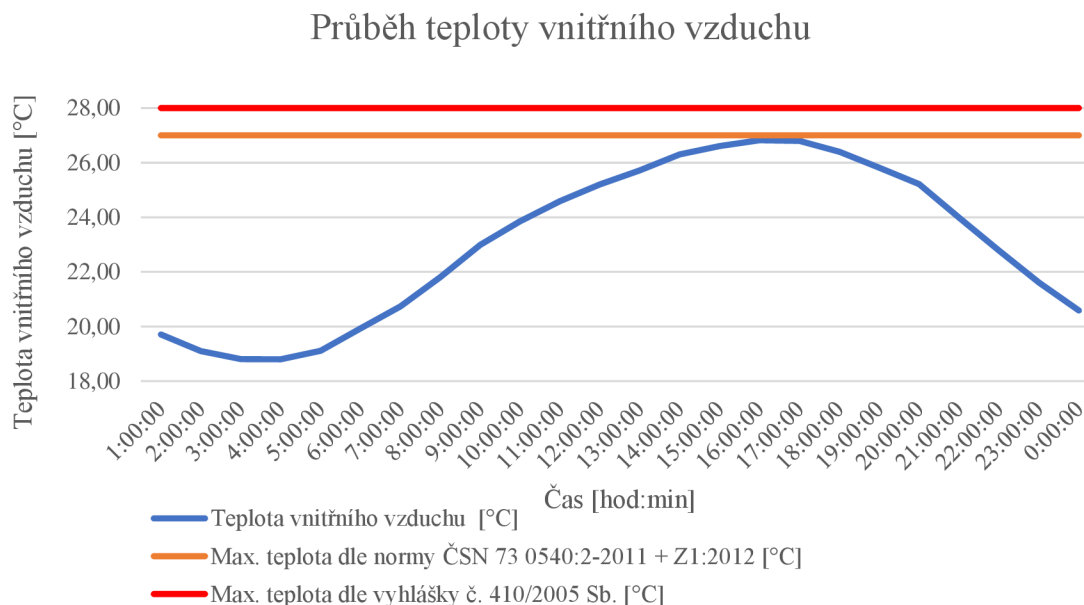
Graf 09.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D04 bez úprav – reální větrání; v programu Simulace 2018

b) Příklad a navržené stavební úpravy dle projektové dokumentace – beze změn

U navržené přístavby byla situace jiná. Ze simulací činitele denní osvětlenosti jasně vychází, že posuzovaný prostor **není dostatečně prosvětlen**. To bylo vyřešeno v rámci předešlé kapitoly.

Po zadání všech okrajových podmínek a potřebných informací dle předešlých kapitol věnovaných programu Simulace 2018 vyšla tato místnost **vyhovující** z hlediska tepelné stability letním obdobím.

Tento výsledek lze přisoudit zadanému režimu větrání. Jelikož se jedná o denní místnost se třemi obvodovými stěnami s okenními otvory umístěnými v protilehlých stěnách, bylo možné využít varianty příčného větrání. V případě posuzování nově navržených objektů bylo využito normových hodnot dle normy [48]. To v kombinaci s příčným větráním zvýšilo intenzitu větrání natolik, že denní místnost **vyhověla**.



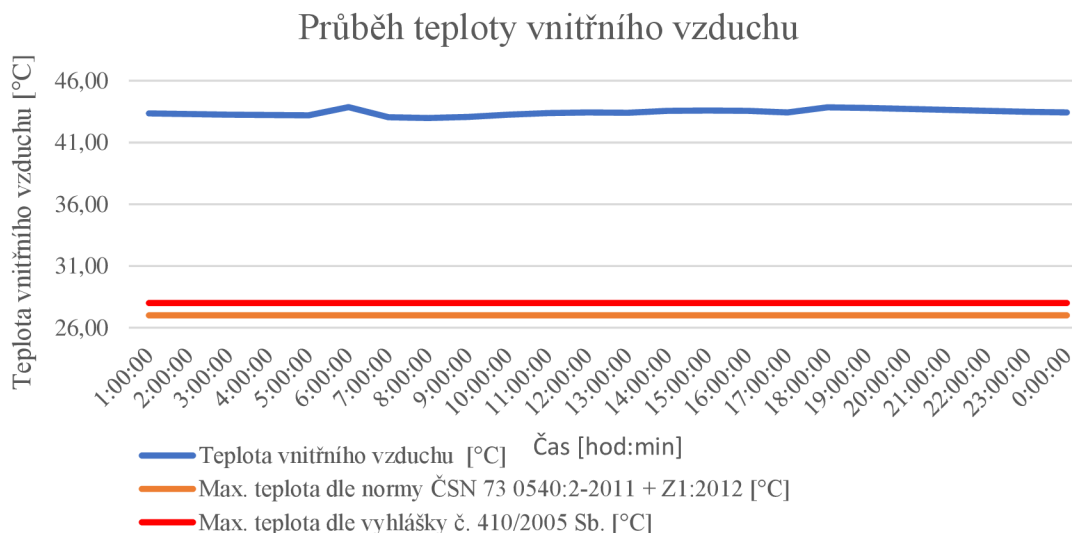
Graf 10.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – navrhovaná přístavba denní místnost D02 bez úprav – normové větrání; v programu Simulace 2018

c) Reálná budova a přístavba po navržení změn

Po potřebné úpravě osvětlovacích otvorů byly modely podrobeny simulacím obdobně jako předešlé. V tomto případě byly pro každou místnost vypracovány dvě simulace – každá s rozdílným způsobem větrání. Toto mělo zásadní vliv na výslednou maximální vnitřní teplotu vzduchu v místnosti.

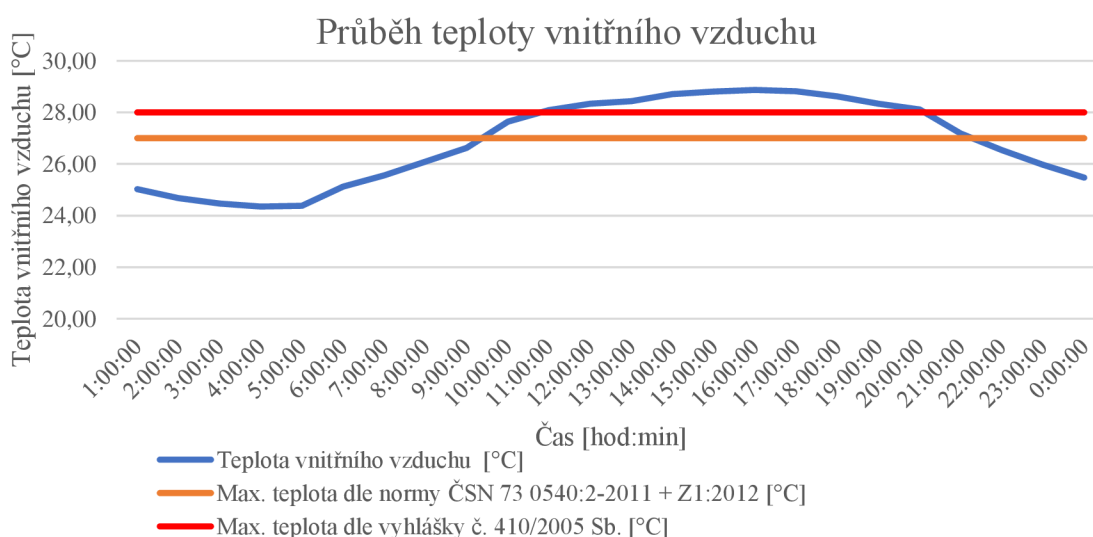
Výsledkem těchto simulací bylo zjištění, že v případě režimu větrání tak, jak uvedla paní učitelka, že je v současné době prováděno, bude maximální vnitřní teplota naprosto **nevyhovující**, viz *Graf 11* a to ve všech třech posuzovaných denních místnostech stávajícího objektu mateřské školy.

Celý zápis simulací je přiložen v *příloze P12 – Výpočet tepelné stability místností v letním období – reálná budova s nově navrženou přístavbou*.



Graf 11.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 po úpravě – reálné větrání; v programu Simulace 2018

V případě normového větrání, tedy okna otevřená na 50 % své plochy v noci a 10 % ve dne [48], jsou teploty v řádech desítek stupňů nižší, ale přesto jsou **nevyhovující**. U stávající budovy by bylo možné provést úpravu v zastínění prosvětlovacích otvorů. Tedy vyměnit vnitřní okenní žaluzie za venkovní rolety. Způsob ovládání by zůstal manuální. Bohužel jiný způsob regulace vnitřní teploty v místnosti není proveditelný, pokud není možné nainstalovat do objektu strojní větrání.



Graf 12.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 po úpravě – normové větrání; v programu Simulace 2018

d) Fiktivní denní místnost

Při posouzení fiktivní denní místnosti vzniklo velké množství simulací a výstupů. Výsledkem byl průběh teplot u jednotlivých dispozic fiktivních denních místností s orientací stěny s maximální plochou otvorů ke všem světovým stranám. Pro účely posouzení všech kombinací byly zaznamenány pouze **maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$** .

Jak bylo uvedeno v kapitole 3.1.2 *Simulace 2018, Fiktivní denní místnost*, byly provedeny simulace pro devět variant. Každá varianta pro všechny světové strany. Dalším proměnným faktorem je **větrání**. Pro účely této práce proběhly simulace celkem pro **tři režimy výměny vzduchu**.

První režim větrání byl založen na zápisu paní učitelky [viz *Příloha P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*] tak, jak to momentálně funguje ve stávajícím objektu. Druhým režimem je způsob větrání uvedený v normě ČSN 73 0540-3 [48]. Tento režim ovšem není praktický, jelikož nařizuje větrat místnosti převážně v noci – z 50% plochy oken. Toto ovšem není proveditelné k přihlédnutím k běžnému provozu mateřské školy.

Proto vznikl třetí, poslední, režim. Tím se stal **kompromis**, kterým byla snaha zajistit dostatečnou výměnu vzduchu v časovém intervalu, kdy je v mateřské škole někdo přítomen. Díky dostatečné výměně vzduchu ve správně zvolený čas se jednak sníží vnitřní teplota v místnosti a má to také pozitivní vliv na koncentraci CO₂.

Bohužel postupnou iterací vznikl režim větrání, kde je podstatné větrání v noci. Toto větrání bylo omezeno na okna otevřená z 15 % své plochy, což odpovídá oknům otevřenému na ventilaci. Podrobný harmonogram větrání je uveden v *Tab. 20 Navržený režim větrání*.

U toho režimu byly vypracovány výpočty maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] pouze u světových stran, kde teploty vycházely nejnižší.

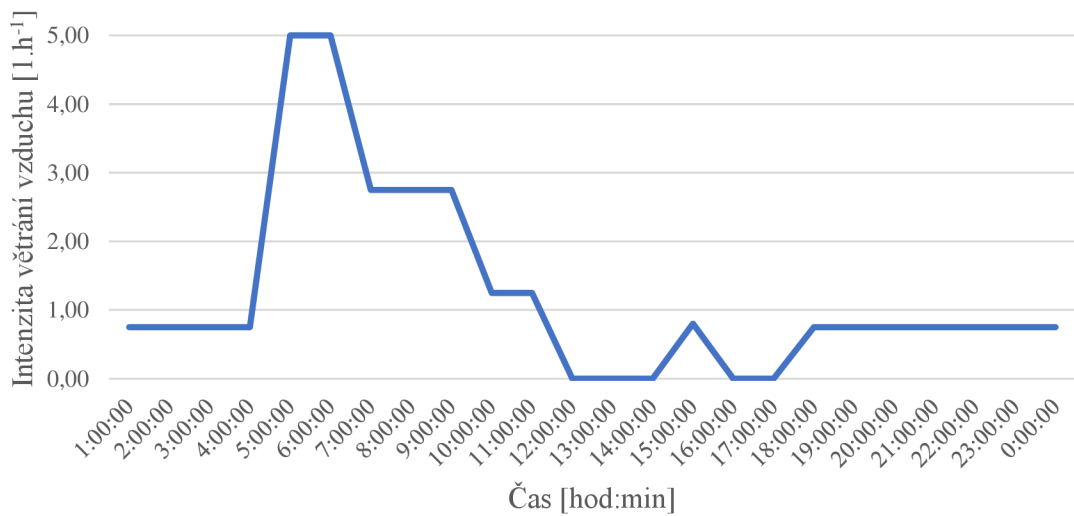
Podrobné výpočty z programu *Simulace 2018* jsou přiloženy v příloze *P13 – Výpočet tepelné stability místnosti v letním období – fiktivní denní místnost*, v této příloze se nacházejí pouze výpočty pro navrhovaný způsob větrání (kompromis) a s orientací

světové strany k jihu. Ostatní výpočty nebyly z důvodu velikosti rozsahu práce přiloženy. Pro případné nahlédnutí jsou k dispozici u autorky práce.

Tab. 20 Navržený režim větrání

Doba trvání	Způsob větrání
0:00-5:00	Ventilace (15 %)
5:00-7:00	Plně otevřeno
7:00-10:00	20 min plně otevřeno/ventilace
10:00-11:00	10 min plně otevřeno/ventilace
11:00-15:00	nic
15:00-16:00	10 min plně otevřeno
16:00-18:00	nic
18:00-0:00	Ventilace (15 %)

Intenzita větrání vzduchu - kompromis



Graf 13.: Intenzita větrání vzduchu – kompromis

Souhrn výsledných hodnot pro jednotlivé místnosti a jejich orientaci ke světovým stranám je vypsán v následujících tabulkách, ke kterým byly vytvořeny odpovídající grafy.

Tab. 21 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 –
Jedna obvodová stěna s reálným větráním

Jedna obvodová stěna – reálný způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	39,09	39,13	43,11
SV	41,28	41,59	45,92
V	37,73	38,21	41,05
JV	37,50	38,08	40,80
J	35,29	35,70	37,90
JZ	34,49	34,78	36,93
Z	36,21	36,39	39,23
SZ	42,59	42,72	47,53

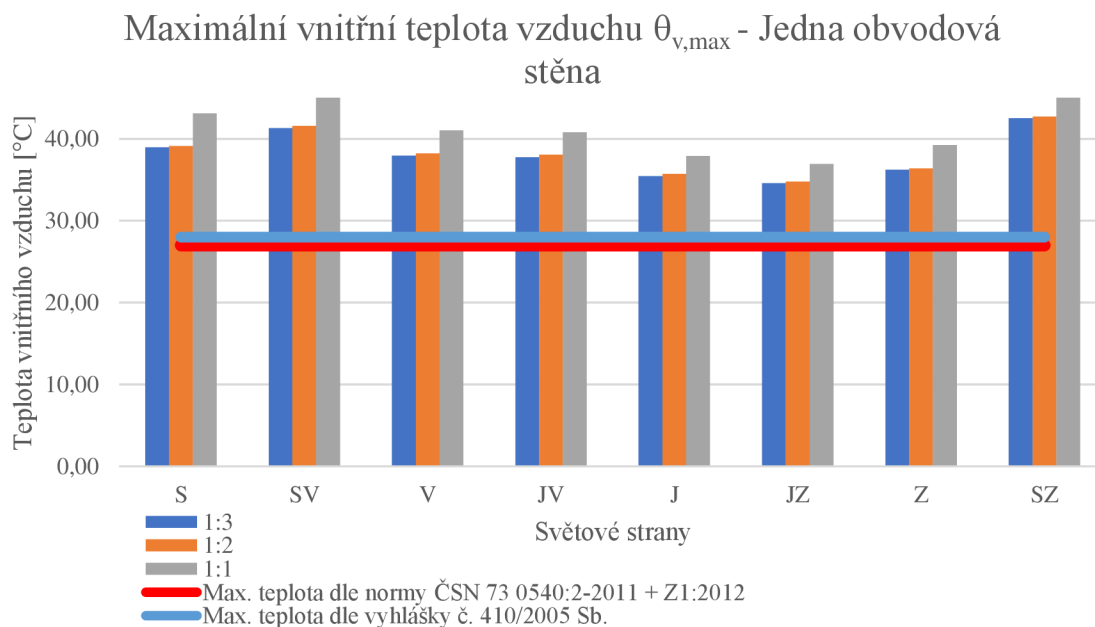
Tab. 22 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě
obvodové stěny s reálným větráním

Dvě obvodové stěny – reálný způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	38,60	39,29	37,99
SV	41,78	42,53	42,06
V	38,55	38,85	38,80
JV	39,03	39,35	39,90
J	36,46	36,71	37,02
JZ	35,68	35,98	36,41
Z	36,38	36,81	36,20
SZ	41,12	41,81	39,22

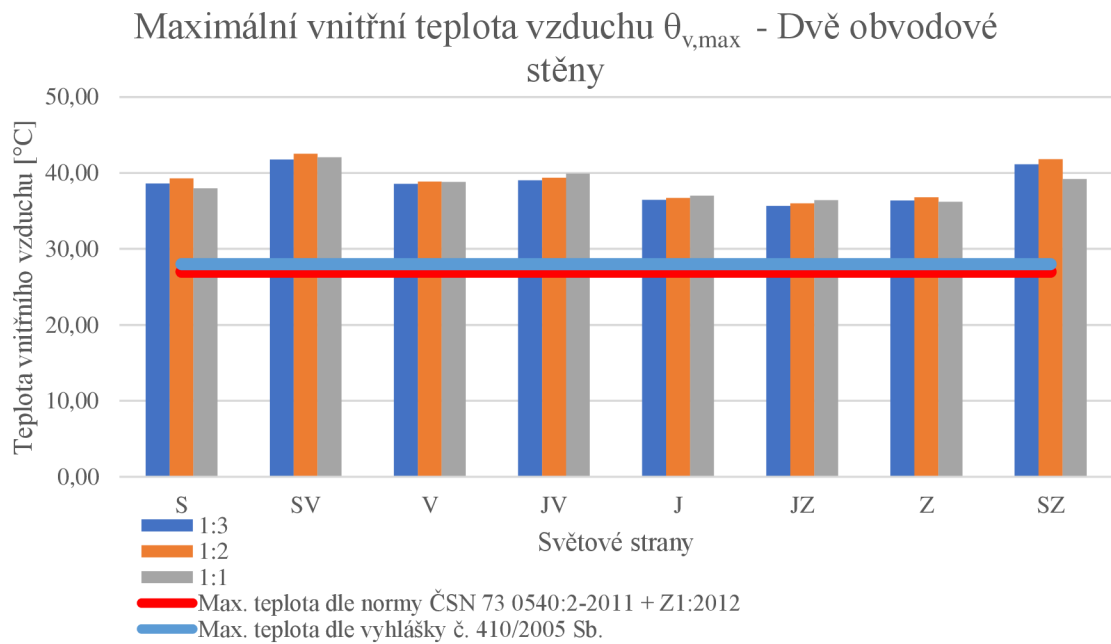
Tab. 23 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s reálným větráním

Tři obvodové stěny – reálný způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	31,05	31,19	31,34
SV	31,19	31,35	31,52
V	30,97	31,09	31,19
JV	32,28	32,45	32,61
J	31,10	31,26	31,45
JZ	31,31	31,51	31,73
Z	31,06	31,20	31,34
SZ	32,30	32,47	32,65

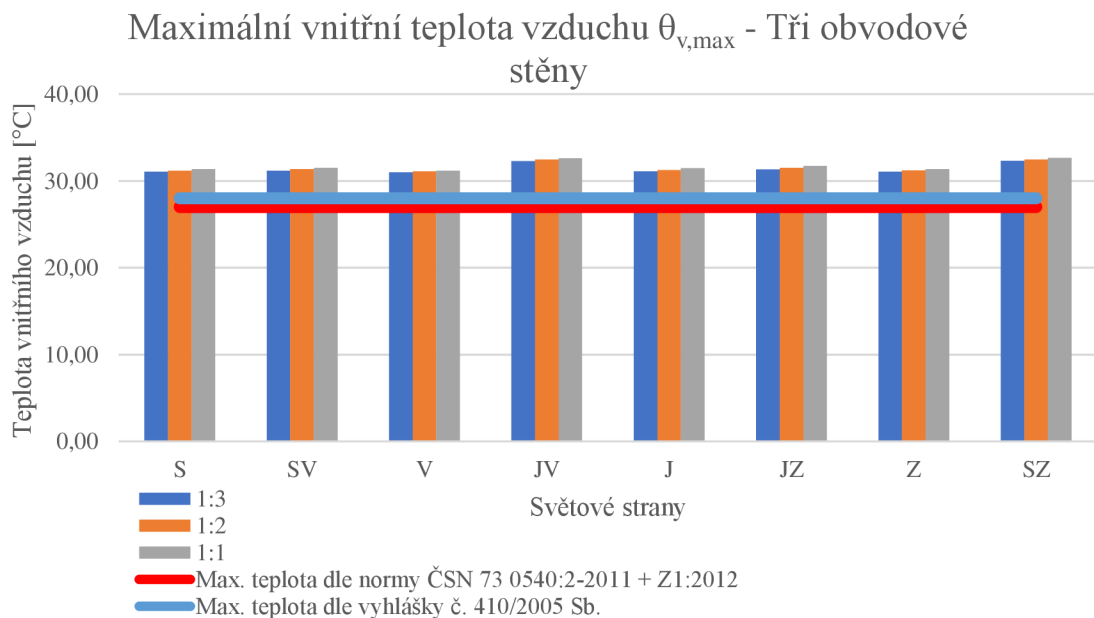
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu v závislosti na poměru délek stran při současném režimu větrání [viz *Příloha P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*].



Graf 14.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna – reálné větrání

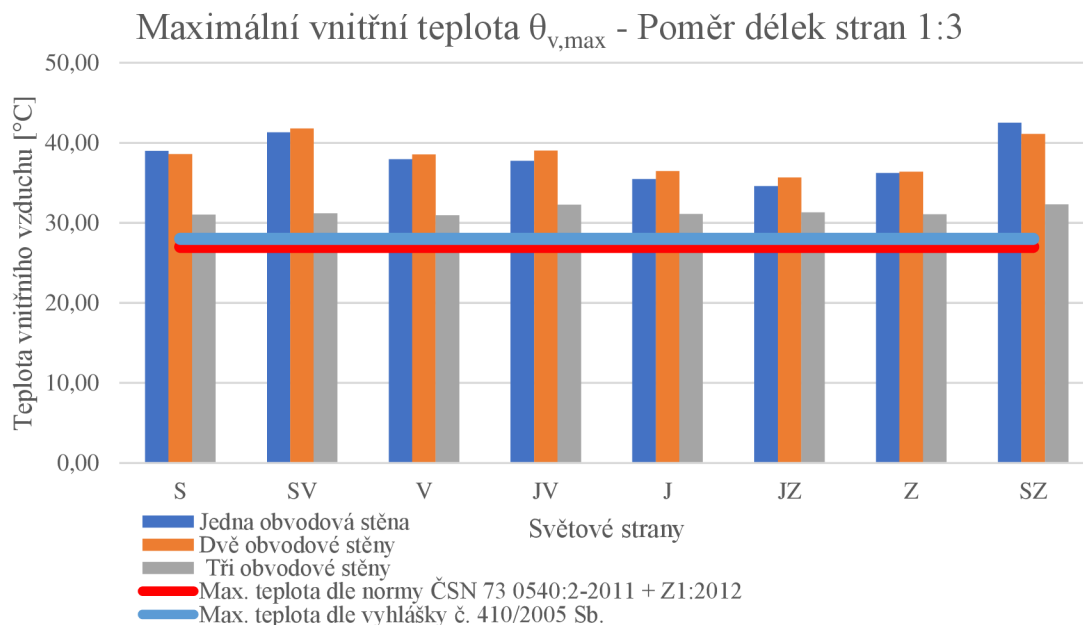


Graf 15.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
– Dvě obvodové stěny – reálné větrání

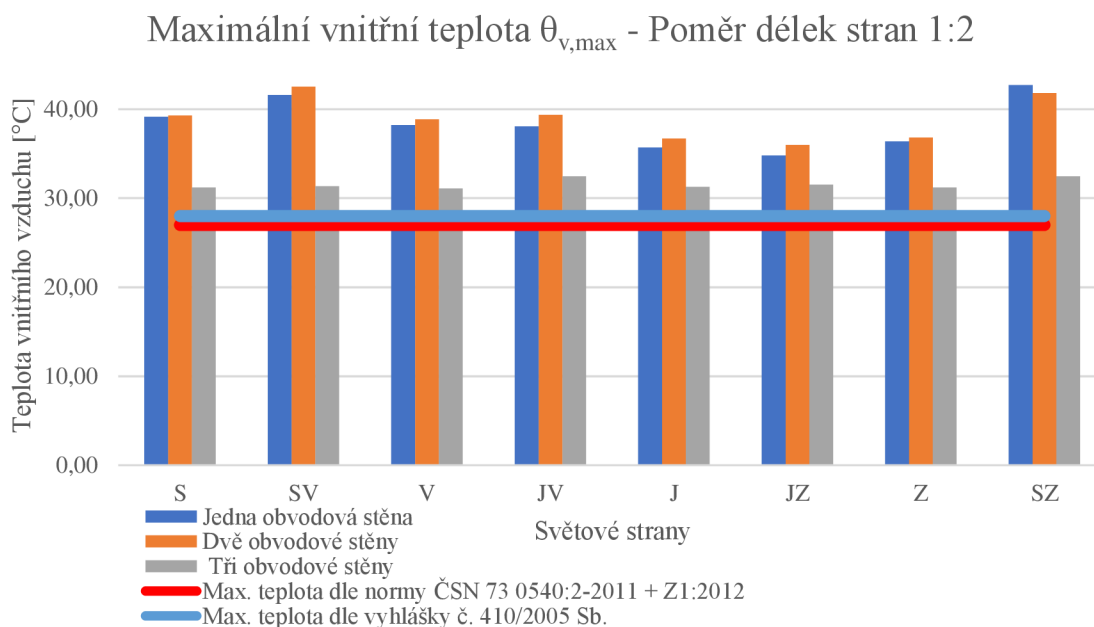


Graf 16.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
– Tři obvodové stěny – reálné větrání

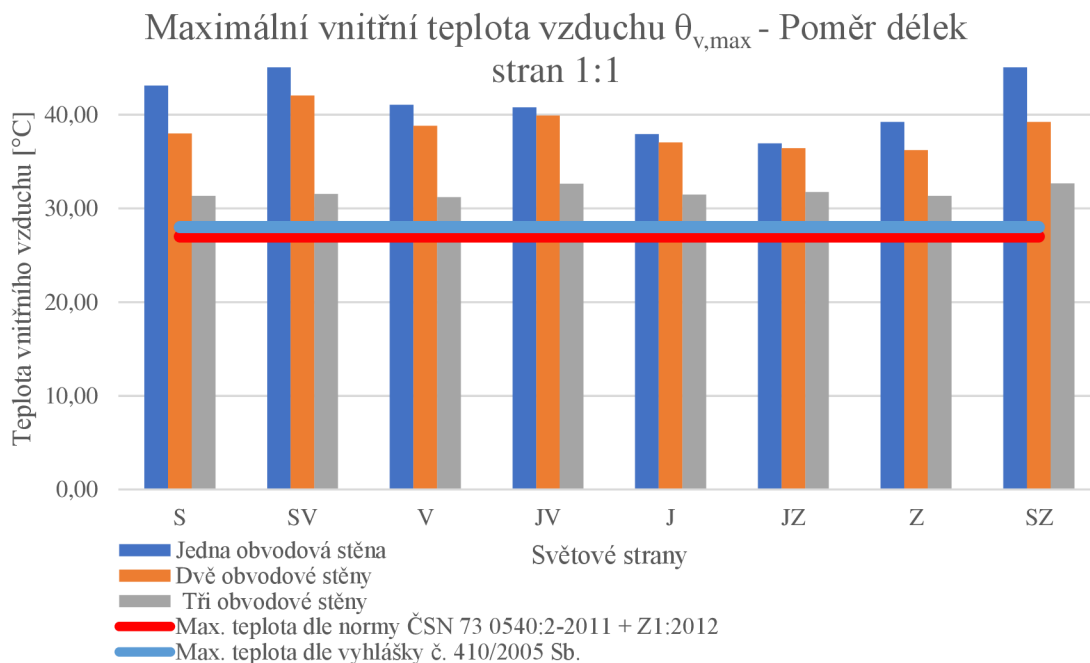
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] v závislosti na počtu obvodových stěn při současném režimu větrání [viz *Příloha P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*].



Graf 17.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – reálné větrání



Graf 18.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:2 – reálné větrání



Graf 19.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:1 – reálné větrání

Tab. 24 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna s normovým větráním [48]

Jedna obvodová stěna – normový způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	26,60	26,97	28,29
SV	27,16	27,56	28,89
V	26,26	26,65	27,63
JV	26,13	26,52	27,42
J	25,51	25,87	26,68
JZ	25,00	25,30	26,03
Z	25,55	25,87	26,82
SZ	28,03	28,46	30,13

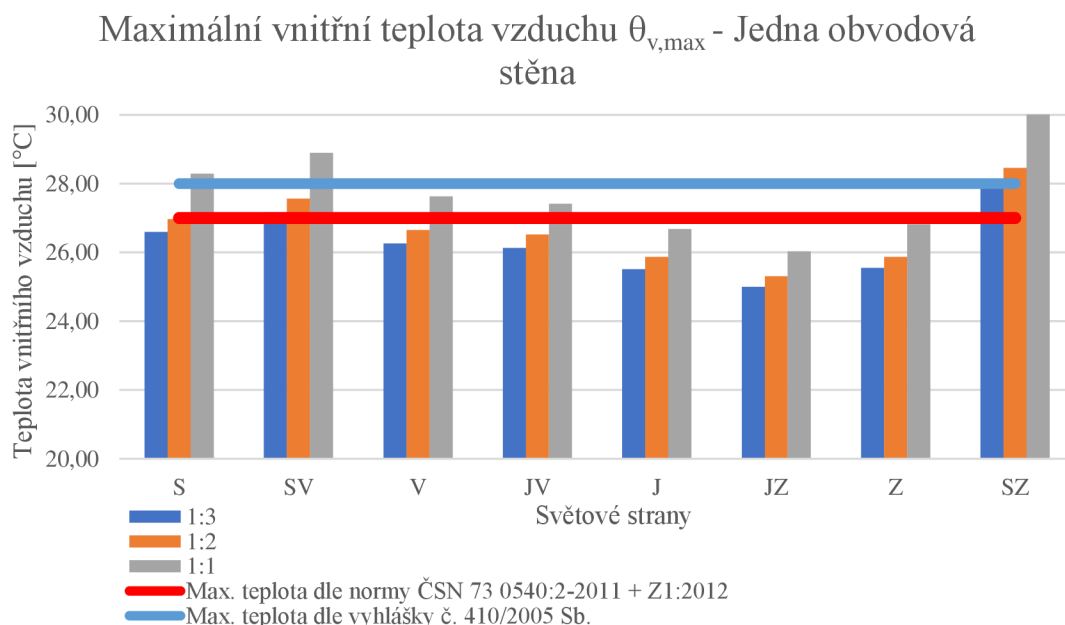
Tab. 25 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny s normovým větráním [48]

Dvě obvodové stěny – normový způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	27,18	27,31	26,90
SV	28,31	28,41	28,56
V	27,22	27,24	27,31
JV	27,26	27,26	27,52
J	26,52	26,54	26,71
JZ	25,96	26,01	26,28
Z	26,25	26,32	26,27
SZ	28,31	28,43	27,48

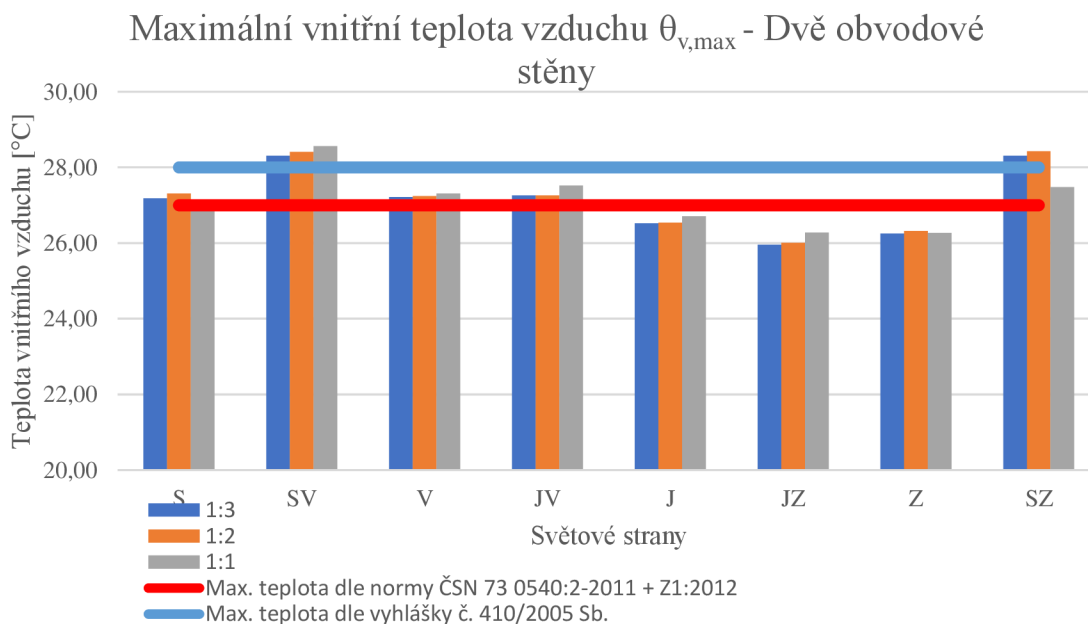
Tab. 26 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s normovým větráním [48]

Tři obvodové stěny – normový způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
S	26,47	26,58	26,66
SV	26,35	26,45	26,53
V	26,29	26,39	26,45
JV	26,87	26,99	27,07
J	26,48	26,60	26,69
JZ	26,38	26,49	26,58
Z	26,31	26,42	26,50
SZ	26,88	27,00	27,08

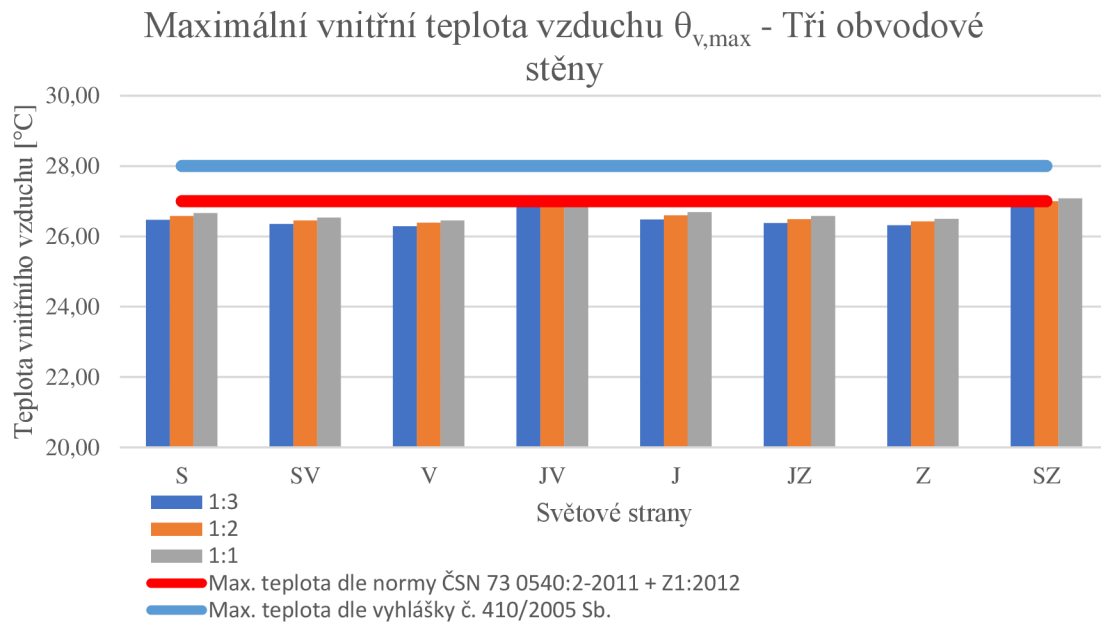
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] v závislosti na poměru délek stran při normovém režimu větrání [48].



Graf 20.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna – normový režim větrání [48]

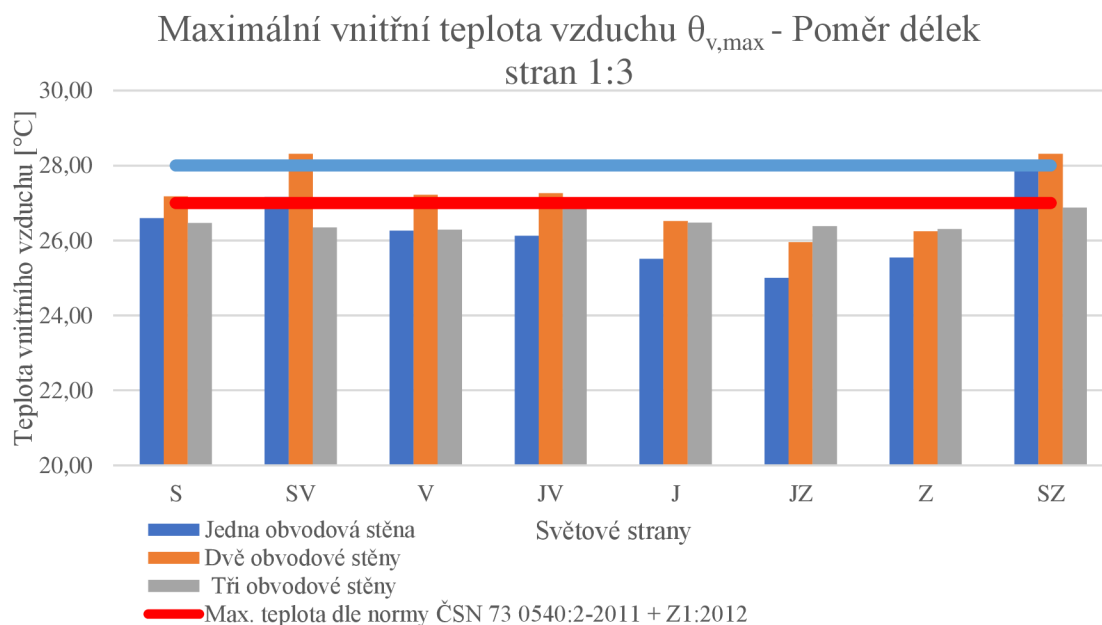


Graf 21.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny – normový režim větrání [48]

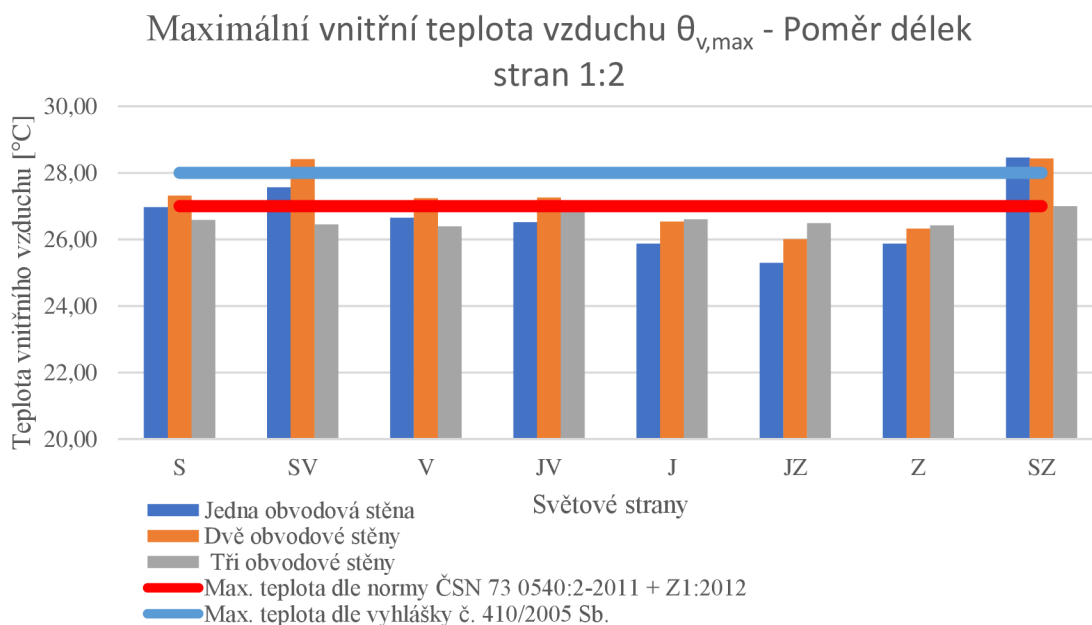


Graf 22.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny – normový režim větrání [48]

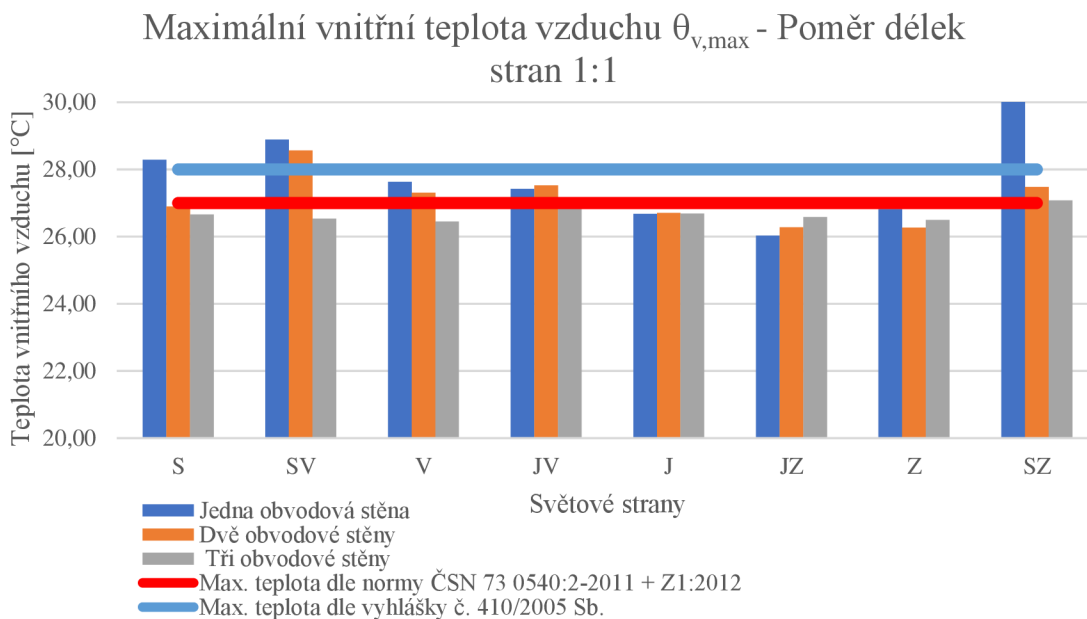
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] v závislosti na počtu obvodových stěn při normovém režimu větrání [48].



Graf 23.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – normový režim větrání [48]



Graf 24.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:2 – normový režim větrání [48]



Graf 25.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:1 – normový režim větrání [48]

V následujících tabulkách a grafech jsou vypsány a graficky znázorněny hodnoty maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] pro vybranou orientaci ke světovým stranám. Tyto světové strany byly vybrány tak, aby osvětlovací otvory v nich umístěné poskytovaly dostatek denního světla a splňovaly tak legislativní požadavky na činitel denní osvětlenosti a proslunění [16].

Tab. 27 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna s navrženým režimem větrání

Jedna obvodová stěna – navržený způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
V	27,37	27,75	28,95
JV	27,15	27,52	28,63
J	26,33	26,69	27,67
JZ	25,88	26,18	27,01
Z	26,56	26,86	27,97

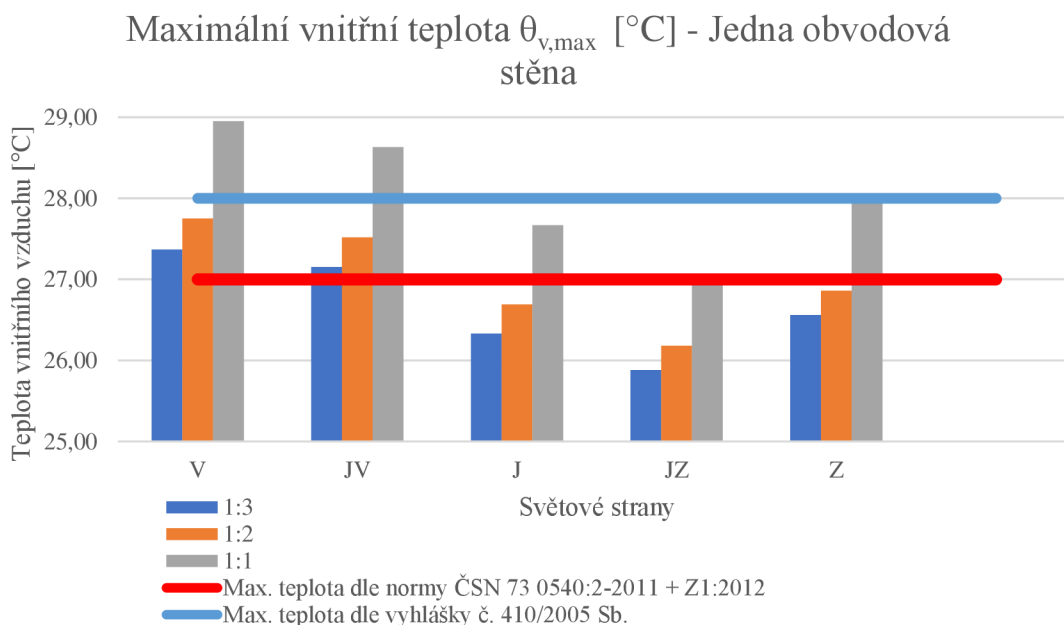
Tab. 28 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny s navrženým režimem větrání

Dvě obvodové stěny – navržený způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
V	28,39	28,38	28,47
JV	28,40	28,38	28,71
J	27,47	27,47	27,70
JZ	26,93	26,87	27,25
Z	27,27	27,34	27,19

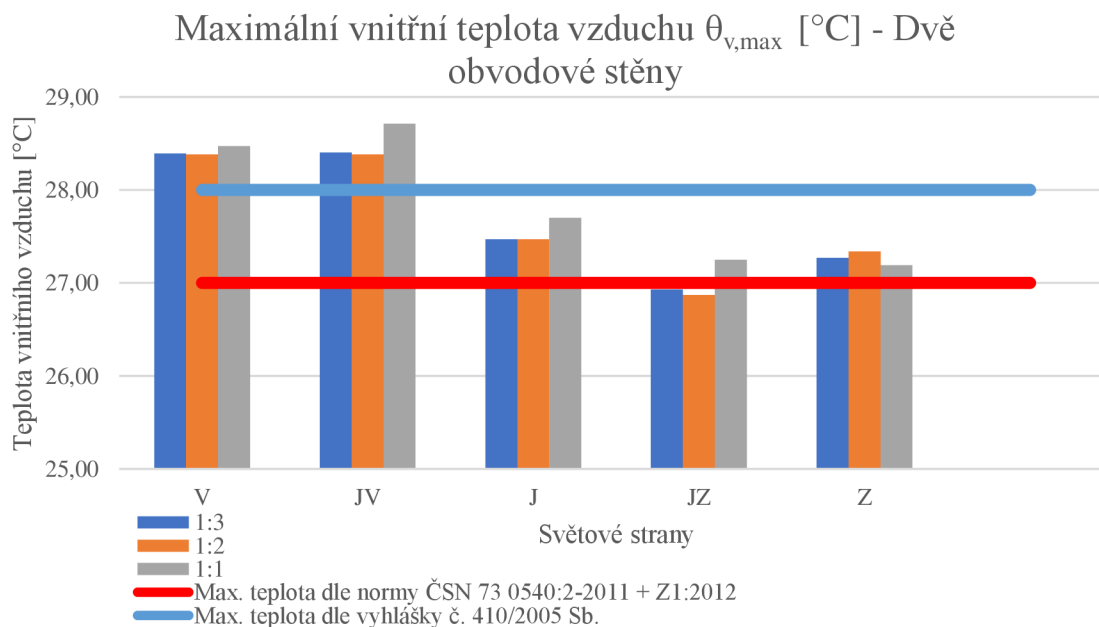
Tab. 29 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s navrženým režimem větrání

Dvě obvodové stěny – navržený způsob větrání			
Světové strany	1:3	1:2	1:1
	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$	Max. vnitřní teplota $\theta_{v,max}$
	[°C]	[°C]	[°C]
V	26,27	26,34	26,38
JV	27,06	27,15	27,21
J	26,35	26,43	26,58
JZ	26,41	26,50	26,58
Z	26,33	26,41	26,46

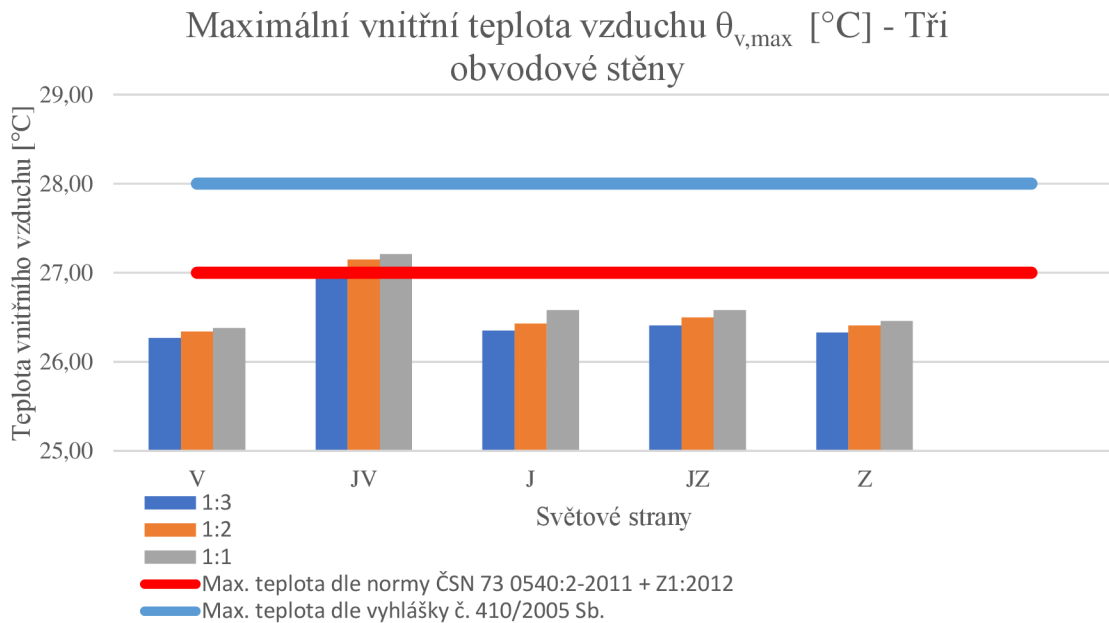
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] v závislosti na poměru délek stěn při navrženém režimu větrání (kompromis).



Graf 26.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
 – Jedna obvodová stěna – navržené větrání

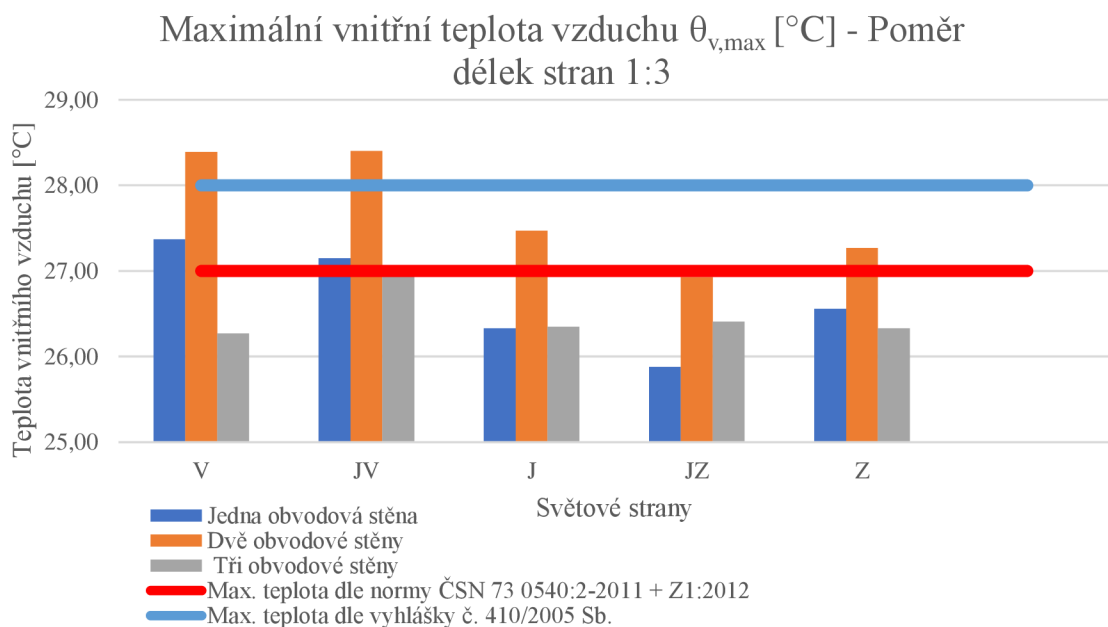


Graf 27.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
 – Dvě obvodové stěny – navržené větrání

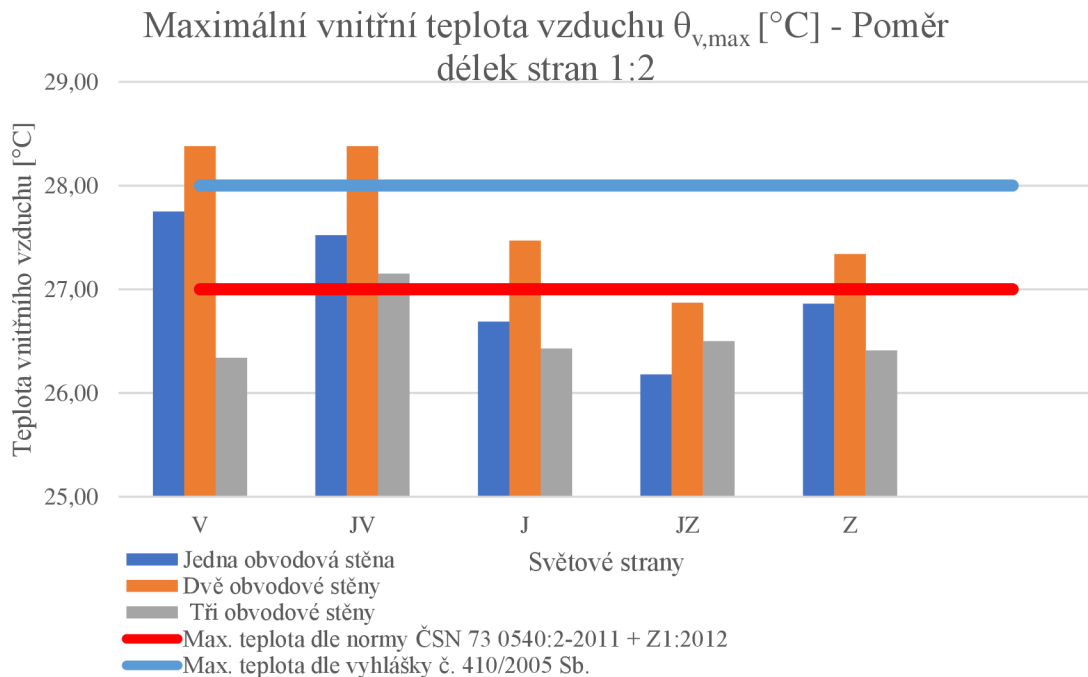


Graf 28.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny – navržené větrání

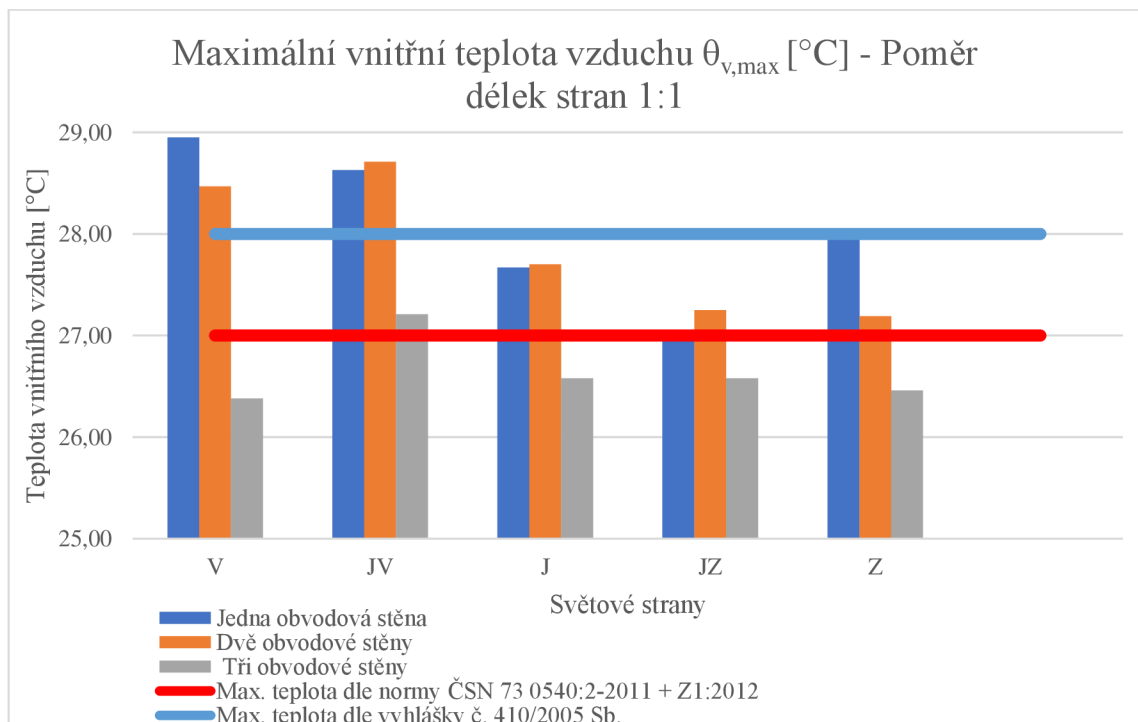
Grafy znázorňující porovnání maximálních vnitřních teplot vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] v závislosti na počtu obvodových stěn při navrženém režimu větrání.



Graf 29.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – navržené větrání



Graf 30.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
 – Poměr délek stran 1:2 – navržené větrání



Graf 31.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018
 – Poměr délek stran 1:1 – navržené větrání

4.2. Experimentální měření

Výsledkem experimentálního měření jsou data vyjádřena v grafické podobě. Jejich význam je popsán u příložených grafů.

Následující *Graf 32* vyobrazuje vztah mezi **teplotou kulového teploměru θ_k [°C]** a **relativní vlhkostí rH [%]** po celou dobu měření. Tyto parametry vnitřního prostředí jsou podstatné pro posouzení tepelného komfortu v denních místnostech mateřských škol.

Relativní vlhkost rH [%], která je v grafu vyznačena **oranžovou křivkou**, se zaznamenává v procentech. Je to jeden z velmi důležitých parametrů vnitřního prostředí, jelikož jeho úroveň může ovlivnit tepelnou pohodu, nebo může zapříčinit například růst plísní na vnitřním povrchu konstrukcí.

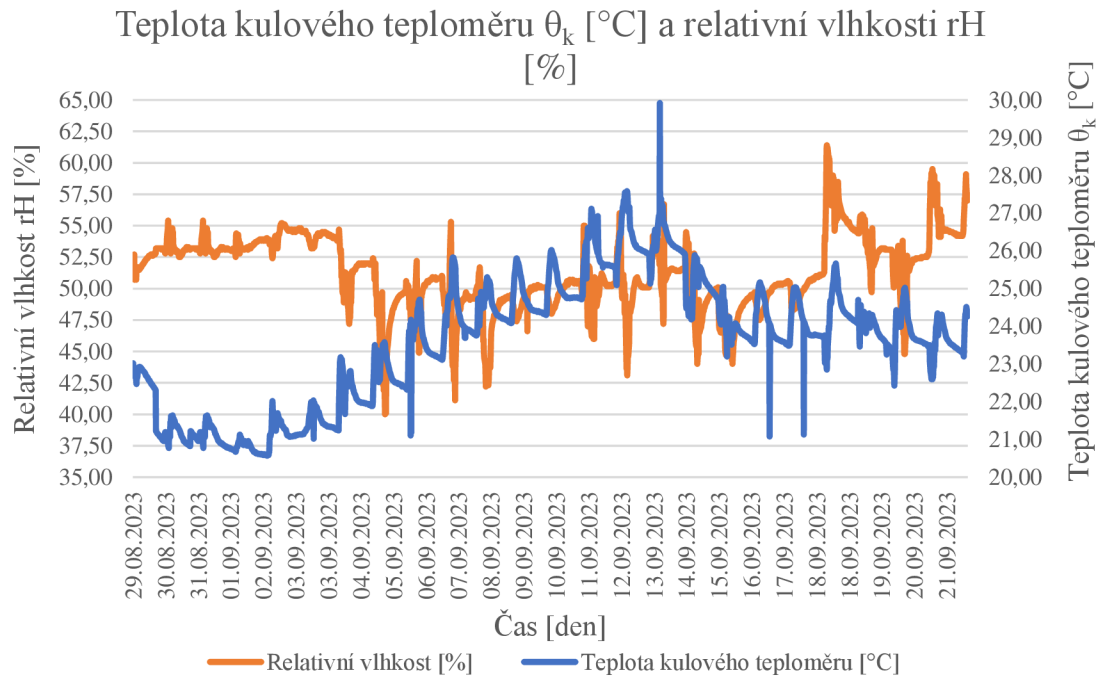
Teplota kulového teploměru θ_k [°C] je v grafu vykreslena **modrou křivkou** a je udávána ve stupních Celsia. Tato teplota zohledňuje nejen teplotu vnitřního vzduchu, ale také vliv sálání okolních povrchů.

Z grafu je možné vyčíst, že v období od 29.8.2023 do 3.9.2023 nebyli v denní místnosti přítomny žádné osoby. Je zřetelně vidět, že teplota kulového teploměru θ_k [°C] byla nižší. Toto je možné vysvětlit absencí osob v místnosti, nebo nižší teplotou venkovního vzduchu.

V období od 3.9.2023 do 22.9.2023 probíhal v mateřské škole **běžný provoz**. Počty dětí v místnosti byly proměnlivé a jsou zapsány v příloze *P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*. S pobytem osob v místnosti se **zvedla** i teplota kulového teploměru θ_k [°C] a současně **klesala** úroveň relativní vlhkosti rH [%]. Je to typické chování interakce těchto dvou parametrů vnitřního prostředí, jelikož teplý vzduch dokáže absorbovat více vodní páry než chladnější vzduch. Relativní vlhkost zaznamenaná v grafu je v rozmezí **od 40 do 60 procent**. Tyto hodnoty jsou **běžné** pro většinu vnitřních prostředí staveb.

Teplota se jeví relativně **stabilní** s drobnými výkyvy. Tyto výkyvy jsou vysvětlitelné změnou venkovní teploty a také změnou režimu denní místnosti mateřské školy, kdy v noci jsou venkovní teploty nižší přes den a děti se vyskytují v budově pouze v časovém

úseku zhruba od 7:00 do 17:00. Je patrné, že v jednom výkyvu teplota kulového teploměru θ_k [$^{\circ}\text{C}$] přesáhla 30°C . Tento jev je možné vysvětlit vyšší teplotou venkovního vzduchu, popřípadě režimem samotné denní místnosti jako je způsob stínění, režim větrání nebo počet přítomných osob.

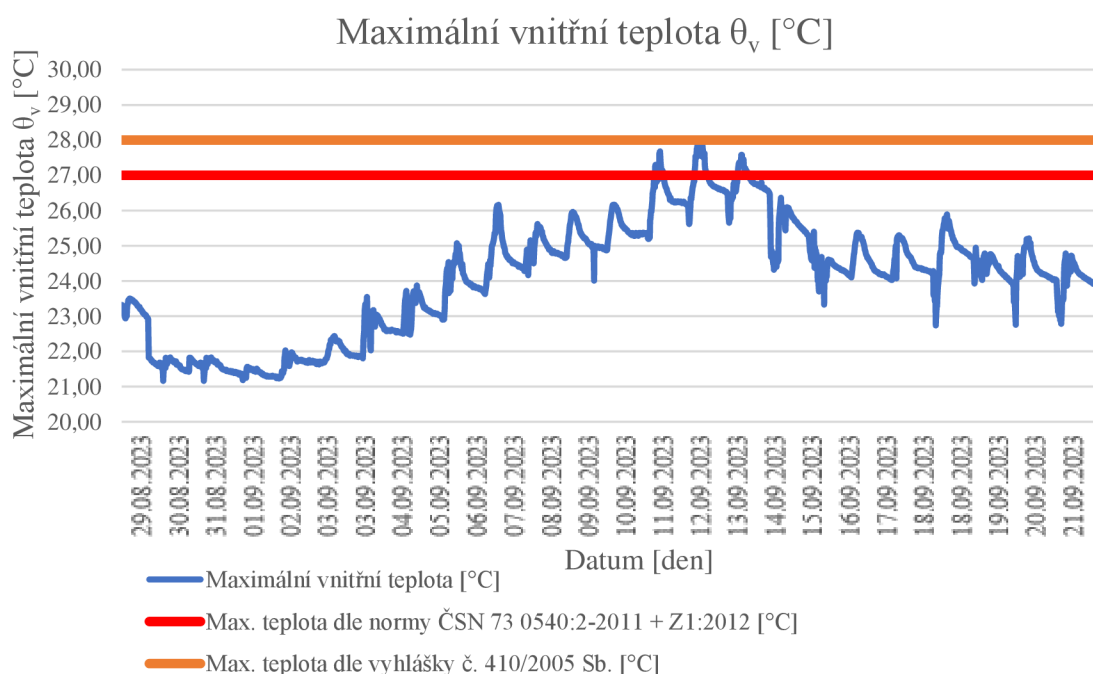


Graf 32.: Průběh měřené relativní vlhkosti rH [%] a teploty kulového teploměru θ_k [$^{\circ}\text{C}$] posuzované denní místnosti [vytvořeno autorkou]

Graf č.33 znázorňuje průběh **maximální vnitřní teploty** $\theta_{v,max}$ [°C] v průběhu celého experimentálního měření v denní místnosti mateřské školy.

Z průběhu teplot v období od 29.8.2023 do zhruba 3.9.2023 je patrné, jak už jsem psala výše, že mateřská škola ještě nezahájila svůj obvyklý provoz. Z tohoto důvodu je vnitřní teplota **nižší**, než v následujícím období od 4.9.2023 do 22.9.2023, kdy se v denní místnosti pohybovaly děti s pedagogy. Drobné výkyvy lze vysvětlit výkyvy teploty venkovního vzduchu ve dne a v noci.

Dále je v tomto grafu vyznačena **limitní hodnota** pro maximální vnitřní teplotu $\theta_{v,max}$ [°C] dle normy ČSN 73 0540-2:2011. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012* [6], tato hodnota činí **27 °C** a dle *vyhlášky č. 410/2005 Sb.* [3], kde je tato hodnota stanovena na **28 °C**. Je zde patrné, že v období od 10.9.2023 do 13.9.2023 byla maximální vnitřní teplota $\theta_{v,max}$ [°C] **nejvyšší**. Všechny tři dny byla maximální vnitřní teplota dle normy [6] **překročena**. Dne 12.9.2023 byla **překročena** i vyšší hodnota pro maximální vnitřní teplotu $\theta_{v,max}$ [°C] dle vyhlášky [3]. Toto může být zapříčiněné vyššími teplotami venkovního vzduchu, počtem osob místnosti, nevhodně zvoleným způsobem stínění nebo větrání.



Graf 33.: Průběh maximální vnitřní teploty [°C] posuzované denní místnosti v porovnání s požadavky normy [6] a vyhlášky [3] [vytvořeno autorkou]

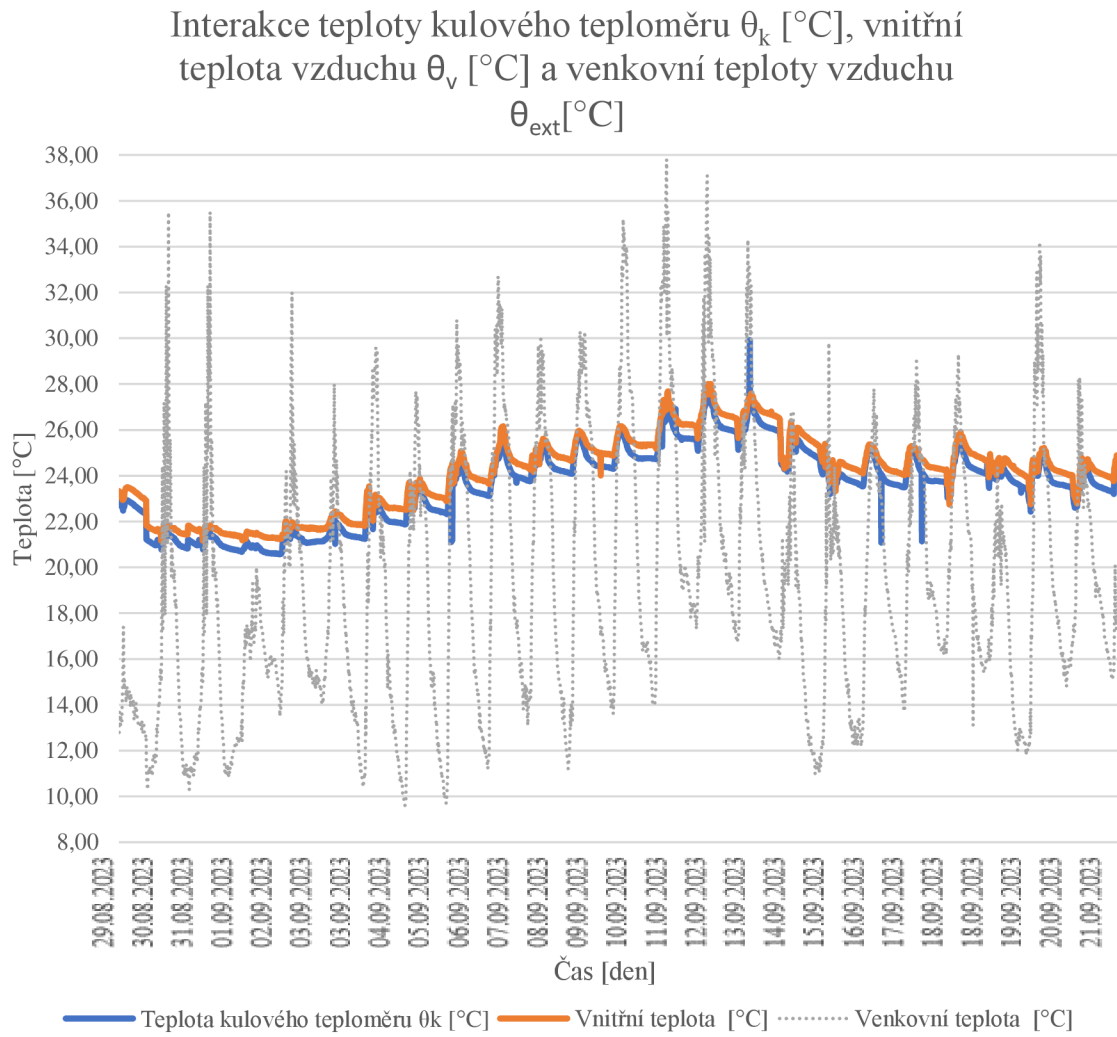
Na grafu č.34 je znázorněna interakce průběhu **teplot kulového teploměru θ_k [°C]**, **vnitřní teploty vzduchu θ_v [°C]** a **venkovní teploty vzduchu θ_{ext} [°C]**. Z křivek je patrná **odezva** vnitřní teploty vzduchu a teploty kulového teploměru na teplotu venkovního vzduchu. Vyšší výkyvy jsou znatelné v období, kdy v denní místnosti mateřské školy probíhal běžný provoz. To je možné vysvětlit vlivem osob na vnitřní teplotu vzduchu θ_v [°C].

Dále lze z grafu vyčíst, že vnitřní teplota vzduchu θ_v [°C] je vždy **nepatrně vyšší** než teplota kulového teploměru θ_k [°C]. Tento rozdíl může být způsobený vlivem sálání okolních konstrukcí, kde tyto konstrukce mohly mít nižší teplotu než okolní vzduch v denní místnosti.

Zajímavý je výkyv teploty kulového teploměru θ_k [°C] 13.9.2023, kdy byla naměřena **nejvyšší teplota** kulového teploměru $\theta_k = 29,92$ °C, přestože teplota venkovního vzduchu θ_{ext} [°C] nebyla nejvyšší z měřených dní. To může být způsobeno akumulací obvodové stěny, kdy byla tato stěna nahřátá z předchozích velmi teplých dní a následně teplo emitovala do místnosti postupně a tím navyšovala teplotu kulového teploměru θ_k [°C].

V ostatních případech je průběh teplot dle očekávání, kdy s chladnějším venkovním vzduchem θ_{ext} [°C] klesá i teplota vzduchu θ_v [°C] v místnosti.

Je nutné brát v potaz umístění čidel na měření venkovní teploty, kdy z praktických důvodů nebylo možné je umístit jinam než na parapetní plech. Přestože jsem se je snažila umístit tak, aby čidla nebyla příliš ovlivněna sáláním teplého vzduchu z parapetního plechu, je možné, že v některých případech je teplota mírně zkreslena tímto jevem.



Na následujícím grafu č.34 je vyobrazen průběh **povrchové teploty neprůsvitné konstrukce θ_{si} [°C]** společně s vypočtenou **kritickou povrchovou teplotou $\theta_{si,cr}$ [°C]**. Tato teplota je stanovena dle výpočtu uvedeného v příloze P14 - *Výpočet kritické povrchové teploty $\theta_{si,cr}$ [°C]* dle normě [6] a definuje povrchovou teplotu konstrukce $\theta_{si,cr}$ [°C], při které **vzduch dosahuje 80 % relativní vlhkosti** a vodní pára začíná kondenzovat. To může mít za následek například růst plísní, ohrozit stabilitu konstrukcí, nebo snížit tepelný komfort uživatelů.

Po doplnění do uvedených vztahů vychází kritická povrchová teplota **$\theta_{si,cr} = 13,80$ °C**. Tato hodnota je v grafu vyznačena **červenou tlustou linií**. Je zde patrné, že za celou dobu měření **nebyla** povrchová teplota neprůsvitné konstrukce θ_{si} [°C] pod její hranicí.

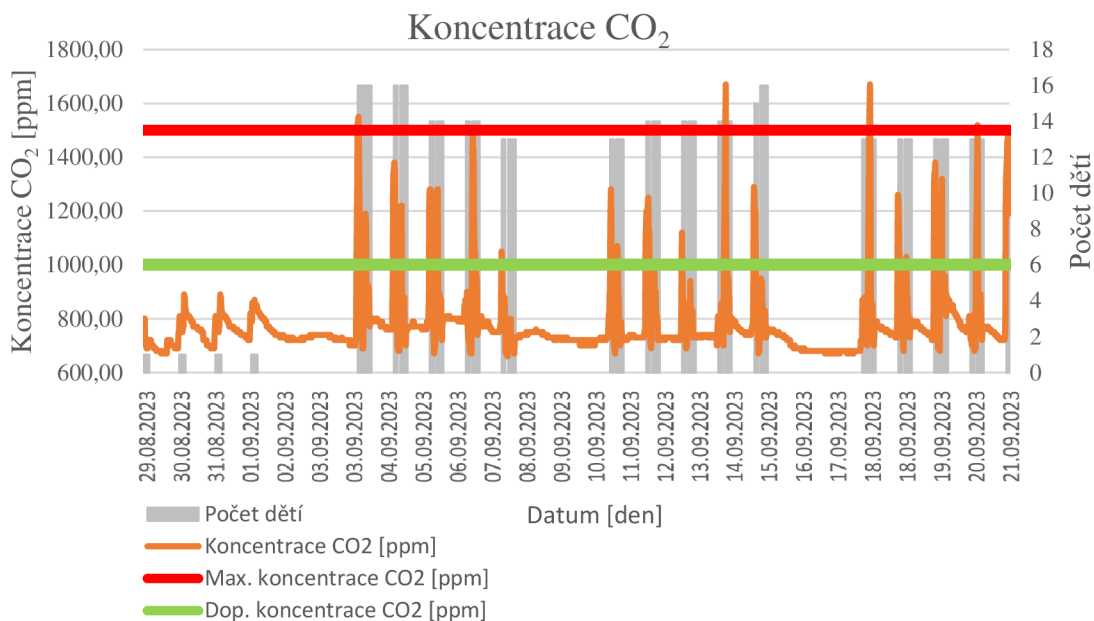


Graf 34.: Průběh povrchové teploty v porovnání s vypočtenou kritickou povrchovou teplotou

Další graf ukazuje **průběh koncentrace CO₂** v závislosti na čase a počtu osob v denní místnosti mateřských škol po celou dobu provádění experimentálního měření. Tato koncentrace je vyobrazena **oranžovou křivkou**. Je zde patrné, že stejně jako maximální vnitřní teplota $\theta_{v,max}$ [°C], relativní vlhkost rH [%] a povrchová teplota neprůsvitné konstrukce θ_{si} [°C], tak i koncentrace oxidu uhličitého [ppm] je **závislá na počtu osob v místnosti**. Z toho vyplývá, že v době, kdy se v denní místnosti nevyskytovali osoby, je koncentrace CO₂ **nízká**. To se týká období, kdy byla mateřská škola zavřená v rámci letních prázdnin. Následoval strmý nárůst koncentrace CO₂ v den, kdy začal běžný provoz.

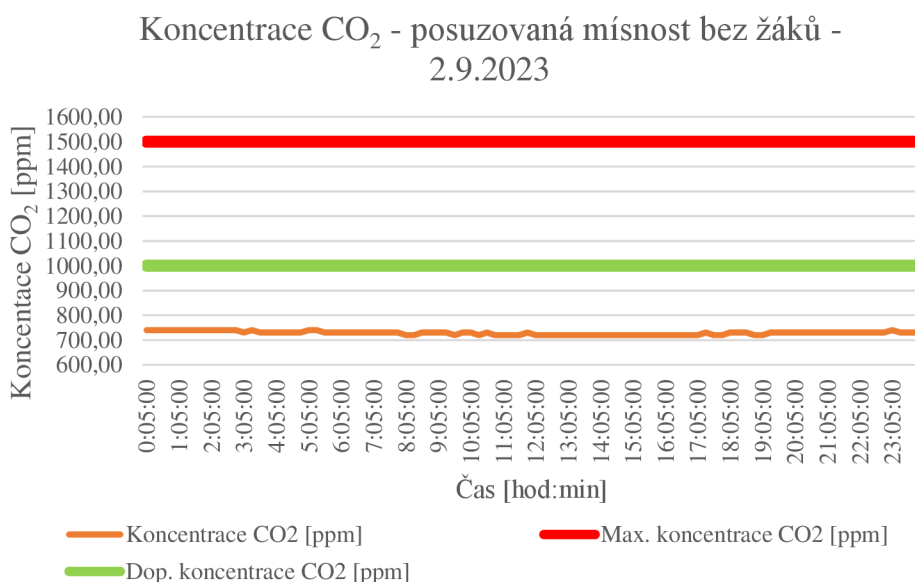
Červenou tlustou čarou je vyznačena **maximální přípustná koncentrace** oxidu uhličitého uvnitř budov [1]. V případě, že jsou hodnoty vyšší než tato mez, dochází u osob v místnosti k bolestem hlavy, pocitu únavy a může dojít k snížení jejich kognitivních schopností. Za dobu měření byla tato hranice překročena několikrát. Pravděpodobně je to zapříčiněno špatným režimem větrání, kdy z hlediska koncentrace CO₂ byl tento režim nedostačující.

Zelenou tlustou čarou je vyznačena **optimální hranice koncentrace CO₂**, která by měla být udržována ve vnitřních prostředích budov pro zajištění komfortu uživatelů místnosti. Z grafu je patrné, že tato hranice je **překročena každý všední den**, tedy každý den, kdy v místnosti probíhal běžný provoz mateřské školy. Bylo by tedy vhodné upravit režim větrání tak, aby se koncentrace oxidu uhličitého držela pod touto hranicí.



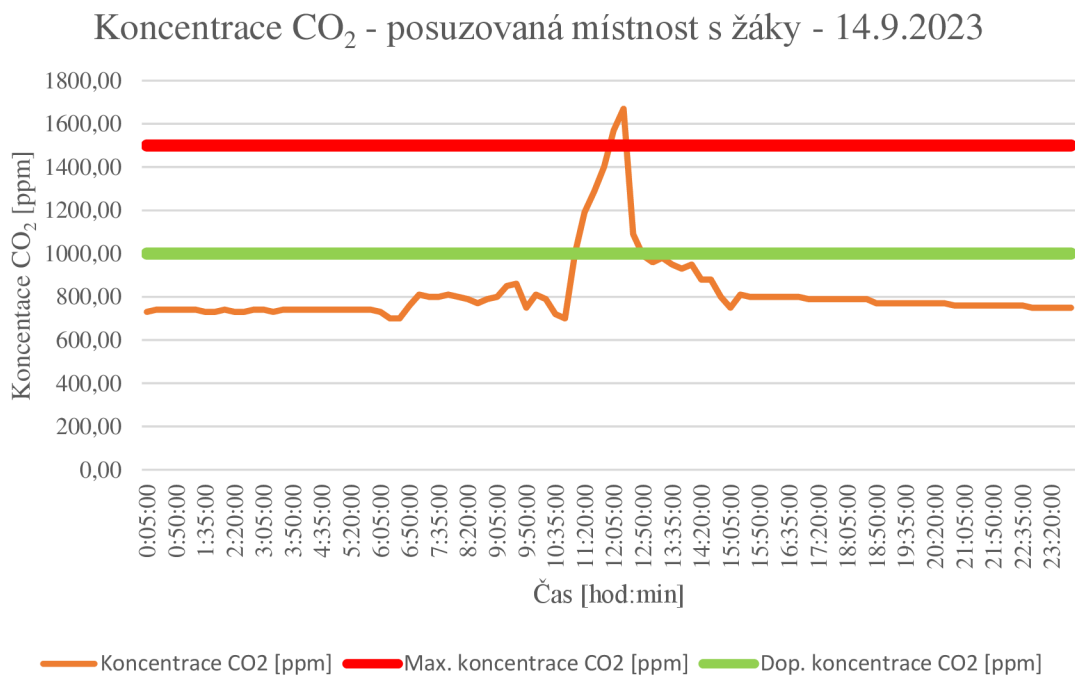
Graf 35.: Průběh koncentrace CO₂ v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1]

Následující graf znázorňuje koncentraci CO₂ v případě, kdy nebyl provoz mateřské školy zahájen. V časovém úseku od 8:00 do 12:00 byla v místnosti přítomna paní učitelka, tedy jedna osoba. Dle zápisu, *Příloha P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky*, byla po celou dobu okna otevřena na ventilaci, tedy zhruba z 15 % jejich celkové plochy. Přesto je patrné, že koncentrace se nijak výrazně nezvýšila.



Graf 36.: Průběh koncentrace CO₂ v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1] – denní místnost bez osob

Zde je velmi podobný graf jako předešlý, jen ukazuje průběh koncentrace CO_2 v odlišný den. V tomto případě se jedná o den s nevyšší hodnotou koncentrace CO_2 , bylo zde přítomno 15 osob – 14 dětí a paní učitelka. Zvýšenou koncentraci lze vysvětlit vyšším počtem osob a také nesprávným způsobem větrání zapříčiněným pravděpodobně vyššími teplotami venkovního vzduchu.



Graf 37.: Průběh koncentrace CO_2 v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1] – denní místnost s osobami

5 ZÁVĚRY PRÁCE

V závěru práce bych ráda popsala výsledky, které jsem učinila na základě experimentálního měření na reálném objektu mateřské školy a simulací reálné budovy s nově navrženou přístavbou a fiktivní denní místnosti.

Experimentální měření

Před začátkem zimního semestru jsem byla nainstalovat měřicí čidla do denní místnosti reálné mateřské školy. Z tohoto experimentálního měření jsem se dozvěděla hned několik poznatků. Z nich vyplývá, že stávající stav je převážně **vyhovující z hlediska měřených parametrů**.

Maximální měřené vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] vykazují určité výkyvy. Ty jsou vysvětlitelné proměnlivou venkovní teplotou, nevhodným režimem větrání a způsobem stínění, případně počtem osob v místnosti. Tyto výkyvy nejsou nijak extrémní, i když v několika dnech po sobě **přesáhly** stanovou hygienickou hranici **27°C**. Jelikož je plocha osvětlovacích otvorů nedostatečná z hlediska zajištění dobrých světelných podmínek, předpokládám, že při správném návrhu těchto konstrukcí by teplota vnitřního vzduchu θ_v [°C] byla **vyšší**, než vyplývá z naměřených hodnot.

Dalším poznatkem z experimentálního měření jsou hodnoty týkající se relativní vlhkosti vzduchu rH [%]. Zde je nutno říct, že není **žádný zásadní problém**. V případě povrchové teploty neprůsvitné obvodové konstrukce θ_{si} [°C] jsou naměřené hodnoty také v pořádku. Dle *grafu 34.: Průběh povrchové teploty v porovnání s vypočtenou kritickou povrchovou teplotou* je patrné, že po celou dobu měření byla zaznamenaná povrchová teplota konstrukce **vyšší** než vypočtená kritická povrchová teplota $\theta_{si,cr}$ [°C]. V případě, že by naměřené teploty klesly pod kritickou mez, mohlo by to mít za následek kondenzaci vodní páry na ploše konstrukce a s tím spojené negativní vlivy na samotnou konstrukci a vnitřním prostředí dané místnosti.

Posledním sledovaným ukazatelem kvality vnitřního prostředí denních místností mateřské školy byla hodnota koncentrace CO₂. Z nashromážděných dat vyplývá, že v období, kdy mateřská škola ještě **nezahájila** svůj provoz, byla koncentrace oxidu uhličitého v místnosti **nízká**. Jakmile ale začal běžný provoz, koncentrace rapidně stoupla. Její výkyvy lze vysvětlit režimem větrání a také užíváním samotné denní

místnosti, kdy v noci není místnost obývána lidmi. Bohužel ve většině času **překračuje** koncentrace CO₂ **doporučenou hodnotu 1 000 ppm**. V několika případech je překročena i hraniční hodnota koncentrace **1 500 ppm**. Za touho hranicí může docházet k pocitům ospalosti, bolestem hlavy a zhoršení kognitivních schopností.

Pro potvrzení výsledků z experimentálního měření by bylo vhodné provést více takovýchto měření v různých mateřských školách minimálně po dobu letních měsíců, kdy jsou v našich zeměpisných šířkách teploty venkovního vzduchu nejvyšší.

Z experimentálního měření vyplynulo následující:

- maximální vnitřní teplota $\theta_{v,max}$ [°C] ve většině času **splňovala** legislativní požadavky [3] [6];
- relativní vlhkost vzduchu rH [%] je v **běžném** rozmezí pro většinu vnitřních prostředí;
- povrchová teplota neprůsvitné konstrukce je **vyšší** než kritická teplota $\theta_{si,cr}$ [°C];
- koncentrace CO₂ **překračuje** doporučenou hranici **1 000 ppm** každý den, kdy je mateřská škola v provozu, několik dní byla koncentrace **vyšší než** hraniční hodnota **1 500 ppm**.

Závěry k simulacím reálné budovy s nově navrženou přístavbou

Po vyhodnocení experimentálního měření jsem nejdříve vypracovala model v programu BuildingDesign pro zhodnocení světlo-technických požadavků na reálné budově. Pro tento postup jsem se rozhodla, jelikož prosvětlení denní místnosti nelze ovlivnit tolika vstupními faktory, jako tepelnou stabilitu v letním období.

Po provedených výpočtech jsem musela vymodelované denní místnosti vyhodnotit jako **nevyhovující**. Následovalo modelování reálné budovy s nově navrženou přístavbou a provedení stejných výpočtů. I zde byl výsledek **nevyhovující** pro všechny posuzované denní místnosti. Proto jsem přistoupila k návrhu nových průsvitných konstrukcí. I přes úpravu velikostí a umístění prosvětlovacích otvorů v obvodové stěně, byly hodnoty činitele denní osvětlenosti D [%] stále **nedostatečné**. Z tohoto důvodu jsem přistoupila k řešení tzv. **redukovanou plochou**, tedy vymezila jsem prostor, který bude sloužit dětem k provádění zrakově náročnějších činností. Následně již hodnoty činitele denní

osvětlenosti D [%] **splňovaly** legislativní požadavky [16]. Toto opatření však mělo za následek snížení užité plochy místnosti a tím i **snížení** maximálního počtu dětí dle hygienických požadavků [3] z **11 na 8 dětí**.

Velmi podobným způsobem jsem vyhodnotila i budovu nově navržené přístavby. Po provedení výpočtů jsem musela konstatovat, že i nově navržená přístavba **není vyhovující** a je nutné navrhnout úpravu osvětlovacích otvorů tak, aby vyhovovala požadavkům, které jsou na tyto místnosti kladeny z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%]. Stejně jako u reálné budovy, i zde jsem musela přistoupit k řešení tzv. **redukovanou plochou**, aby denní místnost byla **vyhovující**.

Následovalo modelování denních místností v programu Simulace 2018. Modelování probíhalo ve dvou fázích. Nejprve jsem zhodnotila reálnou budovu v takovém stavu, v jakém se momentálně nachází a došla jsem k závěru, že i s nedostatečně velkými prosvětlovacími otvory je maximální vnitřní teplota $\theta_{v,max}$ pro denní místnost D03 rovna **34,31 °C** a pro denní místnost D04 **32,65 °C**. Tyto hodnoty jsou **nevyhovující** z hlediska normových [6] a legislativních požadavků [3]. V případě přístavby byla vypočtená maximální vnitřní teplota $\theta_{v,max}$ rovna **26,82 °C**, což je v souladu s požadavky výše uvedené legislativy. Tento rozdíl oproti předešlým dvou denním místnostem lze vysvětlit způsobem větrání, kdy pro nově navržené budovy se dle normy [48] uvažuje větrání 50% prosklené plochy přes noc a 10% prosklené plochy přes den. Dalším podstatným aspektem je umístění oken v protilehlých obvodových stěnách, je tedy možné využít příčného větrání.

Po provedení simulací u reálné budovy bez úprav průsvitných konstrukcí jsem provedla výpočet na modelu mnou nově navrženými osvětlovacími otvory. Jelikož jsem změnila plochu prosklených konstrukcí, které nejvíce propouští solární záření do interiéru, je logické, že maximální vnitřní teploty $\theta_{v,max}$ [°C] se zvýšila a tím pádem ani jedna z posuzovaných denních místností **nevyhovuje** na normou [6] požadovaných **27°C** a ni vyhláškou [3] stanovených **28°C**.

Tyto výsledky u reálné budovy lze vysvětlit konstrukčním řešením odpovídající době, kdy se budova realizovala. Dále za vyšší vnitřní teplotou θ_v [°C] může být nevhodný režim větrání, nebo stínění. V neposlední řadě může vnitřní teplotu vzduchu [°C] ovlivnit nevhodné umístění objektu na pozemku a orientace vůči světovým stranám.

Při porovnání simulací maximální vnitřní teploty $\theta_{v,max}$ [°C] s provedeným experimentálním měřením docházím k závěru, že se příliš **neshodují**. Je zde rozdíl zhruba **6,3 °C**. Proč je mezi těmito hodnotami takový rozdíl by bylo nutné ověřit dlouhodobějším měřením v letních měsících. I přesto, že teploty při získávání dat byly nadprůměrné, je možné, že právě například v srpnu by hodnoty venkovního vzduchu mohly být vyšší po delší časový úsek a tím i více ovlivnit vnitřní teplotu vzduchu θ_v [°C].

Z modelování reálné budovy s nově navrženou přístavbou vyplynulo následující:

- reálná budova a nově navržená přístavba bez úprav i se změnou v osvětlovacích otvorech **nevyhovují** na hodnotu činitele denní osvětlenosti D [%];
- u reálné budovy i nově navržené přístavby musela být definována tzv. **redukováná plocha**, která je určena pro **8 dětí**;
- reálná budova **nevyhovuje** na maximální vnitřní teplotu vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C];
- nově navržená přístavba **vyhovuje** na maximální vnitřní teplotu vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C];
- reálná budova a nově navržená přístavba se změnami v osvětlovacích otvorech **nevyhovuje** na maximální vnitřní teplotu vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C].

Závěry k modelování fiktivní denní místnosti

Jelikož ze simulací reálné budovy vyplynulo, že není vhodně navržená pro příznivé vnitřní prostředí denních místností mateřských škol, snažila jsem stanovit obecná pravidla pro jejich návrh, tak aby se co nejvíce eliminovaly problémy z hlediska osvětlení a tepelné stability v letním období a tím došlo ke zvýšení komfortu uživatelů.

Proto jsem vytvořila fiktivní denní místnost mateřské školy pro **18 dětí** s podlahovou plochou **72 m²**. Počet dětí jsem volila dle průměrně velké třídy v mateřských školách. Vytvořila jsem devět variant, jak by taková fiktivní denní místnost mohla vypadat. Vytvořila jsem tři varianty z hlediska poměru délek stran (1:3; 1:2 a 1:1). K těmto třem variantám jsem přidala další tři kombinace dle počtu obvodových stěn – jedna, dvě a tři obvodové stěny. Výsledný počet kombinací byl tedy **devět**.

Na těchto místnostech jsem následně prováděla stejné simulace jako pro reálnou budovu. Zde jsem volila postup, kdy jsem si nejprve **navrhla osvětlovací otvory** tak, aby

byl zajištěn požadavek na hodnotu činitele denní osvětlenosti v denní místnosti mateřské školy [16]. Následně jsem provedla modelování všech fiktivních místností v programu Simulace 2018 a snažila jsem se najít **vhodný režim větrání a orientaci budovy ke světovým stranám**. Po mnoha simulacích jsem došla k závěru, že **není** možné se plně vyvarovat větrání přes noc, kdy jsou teploty venkovního vzduchu nejnižší a větrání je nejefektivnější. Většinou v těchto typech budov není možné mít přes noc plně otevřená okna, proto jsem navrhla větrání ventilací, kdy je zajištěn přísun chladného vzduchu za relativně bezpečných podmínek. Přehledně je režim navrženého větrání vypsán v *Tab. 20 Navržený režim větrání*.

Co se týče orientace ke světovým stranám je vhodné, aby byla denní místnost mateřské školy orientována obvodovou stěnou s maximálním poměrem prosvětlovacích otvorů k jihu, jihozápadu nebo západu. Díky tomuto umístění bude denní místnost dostatečně prosluněna. To je ovšem podmíněno **vhodným režimem větrání** a také **zvoleným způsobem stínění oken**. V tomto případě je adekvátní použít venkovní stínicí systém **předokenních rolet**.

Z modelování fiktivní denní místnosti vyplynulo následující:

- v případě porovnávání normového a reálného větrání se při použití normového větrání maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ sníží o zhruba **31%** v případě, kdy má denní místnost **jednu obvodovou stěnu**, **29%** v případě, kdy má denní místnost **dvě obvodové stěny** a **16%** v případě, kdy má denní místnost **tři obvodové stěny**;
- pro zajištění požadavků na osvětlení a zajištění tepelné stability byla stanovena optimální plocha průsvitných konstrukcí vůči podlahové ploše zhruba **23 %**;
- plocha prosvětlovacích otvorů v obvodové konstrukci musí být rozložena **rovnoměrně**;
- koeficient konstrukce zasklení osvětlovacího otvoru je vhodné volit větší než **0,75**, tento koeficient je závislý na zvoleném členění okna (rám-zasklení);
- doporučuji orientaci obvodové konstrukce s maximálním procentem zasklení ke světovým stranám – **jihovýchod, jih, jihozápad**;
- vhodný způsob zastínění – **předokenní rolety**;

Doporučení do stavební praxe

Z provedených měření a simulací si dovoluji stanovit následující doporučení pro stavební praxi:

- větrání – největší objem vnitřního vzduchu doporučuji vyměnit **během noci**, případně v dopoledních hodinách, odpoledne větrat jen krátce a nárazově;
- denní místnost by měla mít alespoň **dvě obvodové stěny s osvětlovacími otvory**, lépe tři pro využití příčného větrání;
- vhodný poměr délek stěn denní místnosti je **1:3** s orientací delší obvodové stěny na **jih**, možný jihovýchod, jihozápad;
- vhodná plocha průsvitných konstrukcí vůči podlahové ploše je zhruba **23 %**;
- vhodný koeficient konstrukce zasklení je **větší než 0,75**;
- vhodný způsob zastínění – **předokenní rolety**;
- procento prosklení obvodového pláště zhruba **30 %**;
- orientace ke světovým stranám – nejlépe **jih**, možný jihovýchod, jihozápad.

6 ZDROJE

Vyhlášky a nařízení vlády

- [1] Vyhláška č. 268/2009 Sb., ze dne 2.8.2009, o technických požadavcích na stavby
- [2] Vyhláška č. 398/2009 Sb., ze dne 18.11.2009, o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb
- [3] Vyhláška č. 410/2005 Sb., ze dne 4.10.2005, o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých
- [21] Vyhláška č. 343/2009 Sb., ze dne 25.9.2009, která mění vyhlášku č. 410/2005 Sb., ze dne 4.10.2005, o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých
- [25] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ze dne 12.12.2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

Normy

- [5] ČSN 73 0532:2000. *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky*
- [6] ČSN 73 0540-2:2011. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky + Z1:2012*
- [7] ČSN 73 4130:2010. *Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky*
- [8] ČSN 74 3305:2017. *Ochranná zábradlí*
- [15] ČSN 73 0580-1:2007. *Denní osvětlení budov – Část 1: Základní požadavky*
- [16] ČSN EN 17037+A1:2023. *Denní osvětlení budov*
- [18] ČSN EN 12 464-1:2022. *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovišť – Část 1: Vnitřní pracoviště*
- [19] ČSN 73 0580-3:1994. *Denní osvětlení budov – Část 3: Denní osvětlení škol*
- [26] ČSN EN ISO 9920:2009. *Ergonomie tepelného prostředí – Hodnocení tepelné izolace oděvu a odporu oděvu proti odpařování*
- [47] ČSN 73 0548:1986. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*
- [48] ČSN 73 0540-3:2005. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*

[49] EN ISO 52016-1:2019. *Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony – Část 1: Výpočtové postupy*

Odborná literatura

KUUROLA, Pentti a spol. *Reduced night ventilation did not impair indoor air quality for occupants in a sample of Finnish school and daycare buildings*. Online. Energy and Buildings, vol. 297, October 15 2023. Dostupné z: Science Direct, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113470> [citováno 2024-01-10]

TORRIANI, Giulia a spol. *Exploring the impact of perceived control on thermal comfort and indoor air quality perception in schools*. Online. Journal of Building Engineering, vol. 63, January 01 2023. Dostupné z: Science Direct, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105419> [citováno 2024-01-10]

VASQUEZ, Natalia Giraldo a spol. *Ventilation strategies and children's perception of the indoor environment in Swedish primary school classrooms*. Online. Building and Environment, vol. 240, July 15 2023. Dostupné z: Science Direct, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110450> [citováno 2024-01-10]

SIMANIC, Branko a spol. *Indoor air temperatures, CO₂ concentrations and ventilation rates: Long-term measurements in newly built low-energy schools in Sweden*. Online. Journal of Building Engineering, vol. 25, September 2019. Dostupné z: Science Direct, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100827> [citováno 2024-01-10]

MOHAMED, Sara a spol. *Overheating and indoor air quality in primary schools in the UK*. Online. Energy and Buildings, vol. 250, November 01 2021. Dostupné z: Science Direct, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111291> [citováno 2024-01-10]

Webové stránky

[4] Metodický portál RVP.CZ. *Mateřská škola*. Online. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=1899> [citováno 2024-01-03]

[9] StavbaWEB. *Mateřská škola Přístavní*. Online. Dostupné z: <https://www.stavbaweb.cz/mateska-skola-pistavni-20472/clanek.html> [citováno 2024-01-03]

- [10] BOŠOVÁ, Daniela. *Denní osvětlení budov (TP 1.8.8)*. Online. In: profesis.ckait.cz, 2016. Dostupné z: <https://profesis.ckait.cz/dokumenty-ckait/tp-1-8-8/>. [citováno 2024-01-03]
- [11] mapabariet.cz. *Příloha č.1*. Online. Dostupné z: <https://www.mapabariet.cz/index.php/praxe/priloha-c-3/12-praxe/priloha-c-1> [citováno 2024-01-03]
- [12] mapabariet.cz. *Příloha č.3*. Online. Dostupné z: <https://www.mapabariet.cz/index.php/praxe/priloha-c-3/10-praxe/priloha-c-3> [citováno 2024-01-03]
- [13] mapabariet.cz. *2. Schodiště a vyrovnávací stupně*. Online. Dostupné z: <https://www.mapabariet.cz/index.php/praxe/priloha-c-1/2-schodiste-a-vyrovnavaci-stupne> [citováno 2024-01-03]
- [14] Metodický portál RVP.CZ. *Charakteristika psychiky dítěte předškolního věku*. Online. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=12939> [citováno 2024-01-03]
- [17] ČERMÁK, Miroslav. *Denní osvětlení ve školách dle ČSN EN 17037*. Online. In: tzb-info, 27.11.2020. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/21513-denni-osvetleni-ve-skolach-dle-csn-en-17037> [citováno 2024-01-03]
- [20] MAIXNER, Tomáš. *Zdravé světlo – školy*. Online. In: tzb-info, 17.12.2012. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/9397-zdrave-svetlo-skoly> [citováno 2024-01-03]
- [22] BOHUSLÁVEK, Petr. *Výsledky měření koncentrace CO₂ v ložnici*. Online. In: tzb-info, 10.9.2018. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/17867-vysledky-mereni-koncentrace-co2-v-loznici> [citováno 2024-01-03]
- [23] ZMRHAL, Vladimír. *Tepelný komfort 2.1. Program pro stanovení ukazatelů tepelné pohody PMV a PPD a lokálních kritérií tepelného komfortu podle ČSN EN ISO 7730*. Online. ČVUT v Praze, 23.2.2009. Dostupné z: https://www.users.fs.cvut.cz/~zmrhavl/Programy/TK_help.pdf [citováno 2024-01-03]

- [24] KABELÉ, Karel. *Modelování operativní teploty*. Online. In: tzb-info. 15.11.2004. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/1422-modelovani-operativni-teploty> [citováno 2024-01-03]
- [27] DŘEVOastavby.cz. *Difuzně otevřenou nebo uzavřenou skladbu stěny dřevostavby?* Online. Dostupné z: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/6568-difuzne-otevrena-nebo-difuzne-uzavrena-stena-do-drevostavby> [citováno 2024-01-03]
- [28] HAAS besser bauen. *Mateřská škola Líšnice*. Online. Dostupné z: <https://www.haas-fertigbau.cz/reference/vyznamne-stavby/matrska-skola-lisnice/> [citováno 2024-01-03]
- [29] KOMA Modular. *Čtyřtřídní školka v Květnici*. Online. Dostupné z: <https://www.koma-modular.cz/reference/ctyrtridni-skolka-v-kvetnici?backlink=27516> [citováno 2024-01-03]
- [30] STAVEBNICTVÍ3000.CZ. *Historie cihly od neolytu přes Babylon až po současnost*. Online. 23.07.2021. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/historie-crihly> [citováno 2024-01-03]
- [31] CÍHELNA POLOM. *Cihla plná CP*. Online, Dostupné z: <http://www.cihelnapolom.cz/cs/crihla-plna-cp> [citováno 2024-01-03]
- [32] HEINRICH, Pavel. *Tepelně technické parametry cihel – minulost, současnost a budoucnost*. Online. In: tzb-info. 02.04.2012. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/crihly-bloky-tvarnice/8439-tepelne-technicke-parametry-crihel-minulost-soucasnost-a-budoucnost> [citováno 2024-01-03]
- [33] Wienerberger. *Cihla Porotherm 30 P+D – Nebroušená*. Online. Dostupné z: <https://www.wienerberger.cz/zdivo-porotherm/produkty/crihly/porotherm-30.html> [citováno 2024-01-03]
- [34] Stavebniny DSK. *Co je pórobeton*. Online. Dostupné z: <https://www.dskstavebniny.cz/termalica-clanky/o-porobetonu/> [citováno 2024-01-03]

- [35] Stavebniny DSK. *Stavby z pórobetonu – výhody a nevýhody*. Online. Dostupné z: <https://www.dskstavebniny.cz/termalica-clanky/stavba-z-porobetonu-vyhody-a-nevyhody/> [citováno 2024-01-03]
- [36] KONEČNÝ, Martin. *Z historie vápenopískových cihel (1894-2012) 3.díl – První stavby*. Online. In: tzb-info. 27.7.2012. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8871-z-historie-vapenopiskovych-cihel-1894-2012-3-dil-prvni-stavby> [citováno 2024-01-03]
- [37] tzb-info. *Vápenopískové zdící materiály VAPIS*. Online. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/6751-vapenopiskove-zdici-materialy-vapis> [citováno 2024-01-03]
- [38] bezstavebnin.cz. *Nevýhody vápenopískových cihel očima zákazníků*. Online. Dostupné z: <https://www.bezstavebnin.cz/kalksandstein/nevyhody-vapenopiskovych-cihel/> [citováno 2024-01-03]
- [39] OKNA.EU. *Tepelná izolace*. Online. Dostupné z: <https://www.okna.eu/tepelna-izolace> [citováno 2024-01-03]
- [40] STAVEBNICTVÍ3000.CZ. *Jak vybrat materiál pro rám okna*. Online. 07.07.2019. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/jak-vybrat-material-pro-ram-oken> [citováno 2024-01-03]
- [41] OKNA.EU. *Vlastnosti zasklení*. Online. Dostupné z: <https://www.okna.eu/vlastnosti-zaskleni> [citováno 2024-01-03]
- [42] AKUTERM. *Výroba izolačních skel*. Online. AKUTERM, 02.2023. Dostupní z: <https://akuterm.cz/wp-content/uploads/2023/02/AKUTERM-DISTANCNI-RAMECKY-hodnoty-PSI-2023.pdf> [citováno 2024-01-03]
- [43] Slovaktual. *Stínění oken snižuje teplotu v interiéru*. Online. 03.06.2020. Dostupné z: <https://www.slovaktual.cz/clanky/stineni-oken-snizi-teplotu-v-interieru/> [citováno 2024-01-03]
- [44] LD stav. *Venkovní žaluzie*. Online. Dostupné z: <https://www.ldstav.cz/venkovni-zaluzie> [citováno 2024-01-03]

- [45] Stínění.cz. *Venkovní rolety*. Online. Dostupné z: <https://www.stineni.cz/sortiment/venkovni-rolety> [citováno 2024-01-03]
- [46] Charvát Zdeněk. *Slunolamy*. Online. Dostupné z: <https://www.zcharvat.cz/slunolamy> [citováno 2024-01-03]
- [50] Google maps. *Mateřská škola*. Online. Dostupné z: https://www.google.com/maps?sca_esv=570758810&output=search&q=habry+mate%C5%99sk%C3%A1+%C5%A1kolka&source=lnms&entry=mc&sa=X&ved=2ahUKEwIjId2BmN2BAxVyhP0HHeMqAsYQ0pQJegQICxAB [citováno 2024-01-03]
- [51] Google maps. *Mateřská škola*. Online. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?pano=1&q=habry&source=muni&id=4997&pid=93069862&newest=1&yaw=5.785&fov=1.571&pitch=0.001&x=15.4855098&y=49.7586570&ds=2&z=19&base=ophoto> [citováno 2024-01-03]
- [52] AHLBORN. *Dataloger – AHLBORN ALMENO 2890-9/SET – 9 univerzálních vstupů*. Online. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/datalogger-ahlborn-almemo-2890-9-set-9-univerzalnich-vstupu.html> [citováno 2024-01-03]
- [53] AHLBORN. *Vlhkost a teplota – snímač AHLBORN ALMENO FHAD46C41A*. Online. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/prislusenstvi/vlhkost-a-teplota-snimac-ahlborn-almemo-fhad46c41a.html?listtype=searchfulltext&searchparamfull=FHAD46C41A> [citováno 2024-01-03]
- [54] AHLBORN. *CO₂ – snímač AHLBORN ALMEMO*. Online. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/cidla-a-snimace/co2-snimac-ahlborn-almemo-1.html> [citováno 2024-01-03]
- [55] AHLBORN. *Kulový teploměr AHLBORN ALMEMO FPA805GTS*. Online. Dostupné z: <https://www.ahlborn.cz/cidla-a-snimace/kulovy-teplomer-ahlborn-almemo-fpa805gts.html> [citováno 2024-01-03]

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 01.: Označení správného umístění šaten pro děti a personál [9].....	18
Obr. 02.: Označení správného umístění umýváren pro děti napojené na denní místnost a šatnu [9].....	19
Obr. 03.: Grafické znázornění maximálního výškového rozdílu [11].....	21
Obr. 04.: Grafické znázornění geometrie vchodových dveří [12].....	22
Obr. 05.: Grafické znázornění minimálních/maximálních rozměrů [12].....	22
Obr. 06.: Rozměry schodišťového stupně a výškové umístění zábradlí [13].....	23
Obr. 07.: Správně umístěné a navržené zábradlí [13]	23
Obr. 08.: Mateřská škola v Líšnici. Foto a realizace: Haas Fertigbau s.r.o. [28]	39
Obr. 09.: Mateřská škola v Květnici. Foto a realizace: KOMA Modular s.r.o. [29].....	40
Obr. 10.: Průřezy rámy s izolačními trojskly, zleva a) dřevohliníkový rám; b) dřevěný rám; c) plastový rám [40]	47
Obr. 11.: Typy vnějších zastínění, zleva a) venkovní žaluzie [44]; b) venkovní rolety [45]; c) vertikální slunolamy v kombinaci s venkovními žaluziemi [46]	52
Obr. 12.: Prostředí BuildingDesign 2D [foto autorka].....	56
Obr. 13.: Prostředí Simulace 2018 [foto autorka]	57
Obr. 14.: Prostředí Simulace 2018 – Zadávání teploty venkovního vzduchu [foto autorka]	58
Obr. 15.: Prostředí Simulace 2018 – Zadávání intenzity slunečního záření [foto autorka]	59
Obr. 16.: Prostředí Simulace 2018 – Zadávání intenzity větrání [foto autorka]	61
Obr. 17.: Výstřižek z mapy města Habry s označením polohy mateřské školy [50]	66
Obr. 18.: Pohled na reálný objekt mateřské školy [51].....	67
Obr. 19.: Půdorys reálného objektu 1.NP [převzato z projektové dokumentace].....	67
Obr. 20.: Půdorys reálného objektu 2.NP [převzato z projektové dokumentace].....	68
Obr. 21.: Půdorys navrhované přístavby 1.NP [převzato z projektové dokumentace]	69
Obr. 22.: Půdorys navrhované přístavby 2.NP [převzato z projektové dokumentace]	70
Obr. 23. Řazení experimentální části	71
Obr. 24.: Prostředí BuildingDesign 2D [foto autorka].....	73
Obr. 25.: 3D model stávající budovy mateřské školy s navrhovanou přístavbou [foto autorka] 75	
Obr. 26.: Simulace 2018 – Zadávání neprůsvitných obalových konstrukcí [foto autorka].....	78
Obr. 27.: Simulace 2018 – Zadávání průsvitných obalových konstrukcí [foto autorka]	79
Obr. 28.: Schématické označení umístění čidel v denní místnosti reálné mateřské školy [foto autorka]	84

Obr. 29.: Instalace měřících čidel – stativ s ústřednou, kulovým teploměrem, snímačem CO ₂ a kombinovaným čidlem teploty, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a atmosférického tlaku [foto autorka].....	85
Obr. 30.: Kombinované čidlo teploty, vlhkosti vzduchu, rosného bodu a atmosférického tlaku [53].....	86
Obr. 31.: Snímač CO ₂ [54]	87
Obr. 32.: Kulový teploměr [55].....	87
Obr. 33.: Datalogger [52].....	88
Obr. 34.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova bez úprav; denní místnost D03 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]	89
Obr. 35.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova bez úprav; denní místnost D04 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]	90
Obr. 36.: Výpočet kontrolních bodů – navrhovaná přístavba bez úprav; denní místnost D02 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]	91
Obr. 37.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D04 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]	92
Obr. 38.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D03 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka]	93
Obr. 39.: Výpočet kontrolních bodů – stávající budova po úpravách s redukovanou plochou; denní místnost D02 – druhé nadzemní podlaží [foto autorka].....	93

8 SEZNAM TABULEK

Tab. 01 Doporučení pro příspěvek denního světla pro svislé nebo šikmé osvětlovací otvory [17]	25
Tab. 02 Hodnoty D [%] pro osvětlovací otvory pro překročení hladin osvětlenosti 100, 300, 500 nebo 750 lx při podílu doby s denním světlem $F_{\text{Time, = 50 %}}$ pro Českou republiku [17]	26
Tab. 03 Vzdělávací zařízení – Mateřské školy a jesle [18]	27
Tab. 04 Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{\text{ai,max,N}}$ [6]	32
Tab. 05 Účinky CO ₂ na lidský organismus [22]	33
Tab. 06 Množství přiváděného a odváděného vzduchu v učebnách, tělocvičnách, šatnách a hygienických zařízeních v zařízení pro výchovu a vzdělávání [3]	34
Tab. 07 Hodnoty výsledných teplot, rychlostí proudění a relativních vlhkostí vzduchu dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. [3] ve znění vyhlášky č. 343/2009 Sb. [21]	35
Tab. 08 Třídy práce podle celkového průměrného energetického výdeje [25]	36
Tab. 09 Přípustné hodnoty mikroklimatických podmínek pro kalendářní rok [25]	36
Tab. 10 Tepelně technické veličiny zasklení oken s izolačním dvojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU [41]	49
Tab. 11 Hodnoty ψ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹] s izolačním dvojsklem, dle technického listu výrobce AKUTERM [42]	49
Tab. 12 Tepelně technické veličiny zasklení a rámu oken s izolačním trojsklem dané dle technických listů výrobce OKNA.EU [41]	50
Tab. 13 Hodnoty ψ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹] s izolačním trojsklem, dle technického listu výrobce AKUTERM [42]	50
Tab. 14 Způsob stínění a jejich redukční činitele dle normy EN ISO 52016-1 [49]	63
Tab. 15 Varianty denní místnosti pro posouzení z hlediska činitele denní osvětlenosti D [%] a maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{\text{v,max}}$ [°C]	72
Tab. 16 Parametry a geometrie stávajících a navrhovaných průsvitných konstrukcí	74
Tab. 17 Souhrnné zhodnocení světlo-technických parametrů denních místností mateřské školy	94
Tab. 18 Parametry a geometrie navržených průsvitných konstrukcí	95
Tab. 19 Minimální plochy průsvitných konstrukcí, jejich poměr k podlahové ploše a ploše obvodových neprůsvitných konstrukcí	97
Tab. 20 Navržený režim větrání	103

Tab. 21 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna s reálným větráním.....	104
Tab. 22 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny s reálným větráním.....	104
Tab. 23 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s reálným větráním.....	105
Tab. 24 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna s normovým větráním [48].....	108
Tab. 25 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny s normovým větráním [48].....	109
Tab. 26 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s normovým větráním [48].....	109
Tab. 27 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna s navrženým režimem větrání	113
Tab. 28 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny s navrženým režimem větrání	114
Tab. 29 Maximální vnitřní teploty vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny s navrženým režimem větrání	114

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 01.: Normový průběh teplot venkovního vzduchu θ_{ext} k 21.8. dle norem ČSN 73 0548 – Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů [47] a ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48]	59
Graf 02.: Normový průběh intenzity slunečního záření na vodorovnou rovinu k 21.8. dle ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48]	60
Graf 03.: Intenzita větrání – okna trvale otevřena z 10 %, 50 % [48] a 90 %	62
Graf 04.: Intenzita větrání – okna trvale otevřena z 50 % v noci a z 10 % ve dne [48] .	62
Graf 05.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav	78
Graf 06.: Intenzita větrání vzduchu – reálný stav	81
Graf 07.: Intenzita větrání vzduchu dle normy ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [48].....	82
Graf 08.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 bez úprav – reálné větrání; v programu Simulace 2018	98
Graf 09.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D04 bez úprav – reálné větrání; v programu Simulace 2018.....	99
Graf 10.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – navrhovaná přístavba denní místnost D02 bez úprav – normové větrání; v programu Simulace 2018	100
Graf 11.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 po úpravě – reálné větrání; v programu Simulace 2018	101
Graf 12.: Průběh teploty vnitřního vzduchu – stávající budova denní místnost D03 po úpravě – normové větrání; v programu Simulace 2018.....	101
Graf 13.: Intenzita větrání vzduchu – kompromis	103
Graf 14.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,\text{max}}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna – reálné větrání	105
Graf 15.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,\text{max}}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny – reálné větrání	106
Graf 16.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,\text{max}}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny – reálné větrání	106
Graf 17.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,\text{max}}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – reálné větrání.....	107

Graf 18.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:2 – reálné větrání.....	107
Graf 19.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:1 – reálné větrání.....	108
Graf 20.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna – normový režim větrání [48].....	110
Graf 21.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny – normový režim větrání [48].....	110
Graf 22.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny – normový režim větrání [48].....	111
Graf 23.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – normový režim větrání [48].....	112
Graf 24.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:2 – normový režim větrání [48].....	112
Graf 25.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:1 – normový režim větrání [48].....	113
Graf 26.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Jedna obvodová stěna – navržené větrání.....	115
Graf 27.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Dvě obvodové stěny – navržené větrání.....	115
Graf 28.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Tři obvodové stěny – navržené větrání.....	116
Graf 29.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:3 – navržené větrání.....	116
Graf 30.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:2 – navržené větrání.....	117
Graf 31.: Maximální vnitřní teplota vzduchu $\theta_{v,max}$ [°C] získané z programu Simulace 2018 – Poměr délek stran 1:1 – navržené větrání.....	117
Graf 32.: Průběh měřené relativní vlhkosti rH [%] a teploty kulového teploměru θ_k [°C] posuzované denní místnosti [vytvořeno autorkou].....	119
Graf 33.: Průběh maximální vnitřní teploty [°C] posuzované denní místnosti v porovnání s požadavky normy [6] a vyhlášky [3] [vytvořeno autorkou].....	120

Graf 34.: Průběh povrchové teploty v porovnání s vypočtenou kritickou povrchovou teplotou	123
Graf 35.: Průběh koncentrace CO ₂ v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1]	125
Graf 36.: Průběh koncentrace CO ₂ v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1] – denní místnost bez osob	125
Graf 37.: Průběh koncentrace CO ₂ v závislosti na počtu osob s porovnáním maximální a doporučené úrovně [1] – denní místnost s osobami	126

10 SEZNAM PŘÍLOH

- P01 – Režim denní místnosti – zápis paní učitelky
- P02 – Schémata místností reálné budovy – osvětlení
- P03 – Schémata místností nově navržené přístavby – osvětlení
- P04 – Schémata oken – reálná budova a nově navržené přístavby
- P05 – Schémata fiktivních denních místností – osvětlení
- P06 – Schémata oken – fiktivní denní místnosti
- P07 – Výpočet osvětlení reálné budovy a nově navržené přístavby
- P08 – Výpočet osvětlení fiktivní denní místnosti
- P09 – Skladby konstrukcí
- P10 – Schémata místností reálné budovy – tepelná stabilita v letním období
- P11 – Schémata místností nově navržené přístavby – tepelná stabilita v letním období
- P12 – Výpočet tepelné stability místnosti v letním období– reálná budova s nově navrženou přístavbou
- P13 – Výpočet tepelné stability místnosti v letním období – fiktivní denní místnost
- P14 – Výpočet kritické povrchové teploty $\theta_{si,cr}$ [°C]
- P15 – Poster

Ostatní digitální data jsou ke stažení na následujícím odkazu:

[Přílohy diplomové práce](#)

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VÝRAZŮ

Zkratky

CEN	Evropský výbor pro normalizaci
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlování

Symboly

$E_{v,d,med}$	medián oblohové rovnoměrné osvětlenosti	[lx]
E_T	cílová osvětlenost	[lx]
$F_{place, \%}$	část prostoru pro hodnocení cílové osvětlenosti	[%]
E_{TM}	minimální cílová osvětlenost	[lx]
$F_{Time, \%}$	podíl doby s denním světlem	[%]
D_T	cílový činitel denní osvětlenosti	[%]
D_{TM}	minimální cílový činitel denní osvětlenosti	[%]
D	činitel denní osvětlenosti	[%]
$F_{Time, = 50 \%}$	50% podíl doby s denním světlem	[%]
φ	zeměpisná šířka	[°]
p	maximální velikost buňky mřížky	[m]
d	delší rozměr plochy výpočtu	[m]
E_m	udržovaná osvětlenost	[lx]
R_{UGL}	mezní hodnota indexu oslnění dle CIE	[-]
$E_{m,z}$	udržovaná průměrná válcová osvětlenost	[lx]
$E_{m,wall}$	udržovaná osvětlenost stěn	[lx]
$E_{m,ceiling}$	udržovaná osvětlenost stropu	[lx]
U_o	rovnoměrnost osvětlenosti	[-]

R_a	index podání barev	[-]
$\theta_{ai,max}$	maximální naměřená denní teplota vzduchu v kritické místnosti v letním období	[°C]
$\theta_{ai,max,N}$	požadovaná hodnota nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období	[°C]
θ_{min}	minimální teplota vzduchu	[°C]
θ_{opt}	optimální teplota vzduchu	[°C]
θ_{max}	maximální teplota vzduchu	[°C]
$\theta_{g,min}$	výsledná minimální teplota vzduchu	[°C]
$\theta_{g,max}$	výsledná maximální teplota vzduchu	[°C]
v_a	rychlost proudění vzduchu	[m.s ⁻¹]
rH	relativní vlhkost	[%]
θ_o	operativní teplota	[°C]
$\theta_{o,min}$	operativní teplota pro tepelný odpor oděvu 1 clo	[°C]
$\theta_{o,opt}$	operativní teplota pro tepelný odpor oděvu 0,75 clo	[°C]
$\theta_{o,max}$	operativní teplota pro tepelný odpor oděvu 0,5 clo	[°C]
θ_k	teplota kulového teploměru	[°C]
M	celkový průměrný energetický výdej	[W.m ⁻²]
SR	intenzita pocení	[(g.h ⁻¹)/(g.sm ⁻¹)]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
M_c	roční množství zkondenzované vodní páry	[kg.m ⁻² .a ⁻¹]
M_{ev}	roční množství vypařitelné vodní páry	[kg.m ⁻² .a ⁻¹]
$M_{c,N}$	požadované maximální roční množství zkondenzované vodní páry	[kg.m ⁻² .a ⁻¹]
R	tepelný odpor	[m ² K.W ⁻¹]
U	součinitel prostupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]

$U_{rec,20}$	doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
$U_{pas,20}$	doporučené hodnoty pro pasivní budovy součinitele prostupu tepla	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
U_w	součinitel prostupu tepla okna	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
U_f	součinitel prostupu tepla rámem	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
U_g	součinitel prostupu tepla zasklením	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
A_f	plocha zasklení	$[m^2]$
A_g	plocha rámů	$[m^2]$
ψ_g	lineární činitel prostupu tepla	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$
l_g	viditelný obvod zasklení	$[m]$
θ_{ip}	povrchová teplota	$[^{\circ}C]$
SF, alt. g	solární faktor	$[-]$
R_w	index vzduchové neprůzvučnosti	$[dB]$
LT	koeficient prostupu světla sklem	$[%]$
$\theta_{v,max}$	maximální teplota vnitřního vzduchu	$[^{\circ}C]$
$\Delta\theta_v$	pokles vnitřní teploty	$[^{\circ}C]$
F_g	korekční činitel zasklení	$[%]$
θ_v	teplota vnitřního vzduchu	$[^{\circ}C]$
θ_{ext}	venkovní teplota vzduchu	$[^{\circ}C]$
θ_{si}	povrchová teplota na interiérové straně obvodové konstrukce	$[^{\circ}C]$
θ_{ω}	teplota rosného bodu	$[^{\circ}C]$

Výrazy

Zraková pohoda – subjektivní stav zrakového pohodlí vyvolaný světleným prostředím [15]

Srovnávací rovina – rovina, na které se měří nebo určuje osvětlení [15]

Clo – jednotka tepelně izolační vlastnosti oděvu [26]

BlowerDoor test – zjišťovací metoda na posouzení vzduchotěsnosti obálky budovy

Redukovaná plocha – taková plocha, kde se předpokládá plnění zřetelně náročných úkonů a je nutné, aby byla dostatečně prosvětlena