

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

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



**NÁVRH VZDUCHOTECHNIKY V BUDOVĚ
GYMNÁZIA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Kateřina Neumitková

Vedoucí diplomové práce : doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2017 / 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Neumitková</u>	Jméno: <u>Kateřina</u>	Osobní číslo: <u>410046</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor: <u>Budovy a prostředí</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Návrh vzduchotechniky v budově gymnázia</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Ventilation system design in the building of Grammar school</u>	
Pokyny pro vypracování:	
Projekt větrání budovy gymnázia - projektová dokumentace se základními výpočty, výkresy a technickou zprávou.	
Studie na téma Vnitřní prostředí ve vstupní hale budovy gymnázia	
Seznam doporučené literatury: Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918 Papež, Karel: Energetické a ekologické systémy budov 2 : vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení. ČVUT, Praha 2007. Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>3.10.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>7.1.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
_____ Podpis vedoucího práce	_____ Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

<u>3.10.2017</u> Datum převzetí zadání	_____ Podpis studenta(ky)
---	------------------------------

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Neumitková Kateřina

Název diplomové práce: Návrh vzduchotechniky v budově gymnázia

Základní část: _____ podíl: 100 %

Formulace úkolů: _____

Projekt větrání budovy gymnázia

Projekt: Textová část - technická zpráva, výpočet množství vzduchu, návrh trasy soustavy rozvodů, návrh dimenzí rozvodů, základní bilanční výpočty. Výkresová část - půdorys, nezbytné detaily, řešení technické místnosti, funkční schéma.

Studie na téma Vnitřní prostředí ve vstupní hale budovy gymnázia

Podpis vedoucího DP: Datum:

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: Datum:

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

Praha, 7. 1. 2018

Touto cestou děkuji panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi Ph.D. za vedení při vypracování diplomové práce, jeho vstřícnost, trpělivost, cenné rady a připomínky.

Můj dík patří také panu řediteli Gymnázia Strakonice Mgr. Miroslavu Hlavovi za poskytnutí podkladů k vypracování mé práce.

Poděkování patří v neposlední řadě také rodině a přátelům za morální podporu během celého studia.

OBSAH

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	9
2. SEZNÁMENÍ S BUDOVOU GYMNÁZIA STRAKONCIE	9
2.1. Provoz Gymnázia	9
2.2. Budova Gymnázia	9
3. TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1. Problematika přirozeného větrání školních zařízení	11
3.2. Návrh nuceného větrání Gymnázia Strakonice	12
3.2.1. Učební pavilon 2	12
• Třídy	12
• Laboratoř chemie	13
• Hygienické zázemí	13
• Kabinety	14
3.2.2. Pavilon jídelna	14
• Knihovna, klubovna	14
• Hygienické zázemí	14
• Skladovací prostory	14
• Kuchyně	14
• Jídelna a hala s umývárnou	15
• Hygienické zázemí	16
3.2.3. Pavilon centrálních funkcí	16
• Multifunkční vstupní hala	16
• Hygienické zázemí	16
4. STUDIE NA TÉMA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ VE VSTUPNÍ HALE BUDOVY GYMNÁZIA	16
4.1. První návrh vzduchotechnických rozvodů	16
4.2. CFD model proudění vzduchu ve vstupní hale	18
4.2.1. Popis modelu	19
4.2.2. Okrajové podmínky	21
• Vytápění	21
• Chlazení	21
• Větrání	21
• Obsazenost	22

4.2.3.	Ověření správnosti zadaných parametrů.....	23
•	Roční simulace	24
•	Týdenní simulace měsíce ledna	25
4.2.4.	Parametry simulace proudění vzduchu.....	25
4.2.5.	Výsledky simulace CFD	26
4.2.6.	Zhodnocení správnosti prvního návrhu vzduchotechnických rozvodů	29
4.3.	Nový návrh vzduchotechnického potrubí ve vstupní hale	30
5.	ZÁVĚR.....	31

ANOTACE

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku větrání škol. Konkrétně se zabývá návrhem vzduchotechniky v budově Gymnázia Strakonice. Důraz je kladen na dostatečné provětrání nejvíce užívaných prostor - zejména učeben, knihovny, studentské klubovny, kuchyně s jídelnou a multifunkční vstupní haly. Práce obsahuje výkresovou dokumentaci rozvodů vzduchotechniky, která je podložena základními výpočty a technickou zprávou. Zpracována je také studie na téma Vnitřní prostředí ve vstupní hale budovy gymnázia.

ANNOTATION

Diploma Thesis is focused on the issue of ventilating schools. It specifically deals with the design of the ventilation in the Grammar school Strakonice building. Emphasis is placed on sufficient ventilation of the most used spaces – especially classrooms, library, students club, kitchen with dining room and multifunctional entrance hall. The thesis contains drawing documentation of ventilation ducts supported with basic calculations and technical report. Study on indoor environment in the entrance hall has been developed as well.

KLÍČOVÁ SLOVA

Gymnázium, škola, učebna, větrání, vnitřní prostředí, vstupní hala, vzduchotechnika

KEYWORDS

Grammar school, school, classroom, ventilation, indoor environment, entrance hall, air conditioning

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

V diplomové práci jsem se zabývala problematikou vnitřního prostředí ve školách a návrhem vzduchotechnických systémů v budově Gymnázia Strakonice, které s tímto tématem přímo souvisí. Snažila jsem se o přehledné teoretické i praktické zpracování požadavků na výměnu vzduchu ve třídách a společenských prostorách.

Vnitřní prostředí ve vzdělávacích zařízeních má stěžejní vliv na výkonnost žáků i učitelů. Mezi základní problémy patří nedostatečné větrání, které je především ve starších budovách zajišťováno pouze přirozeným větráním okny. S touto problematikou se potýká také strakonické Gymnázium, které již od roku 1983 sídlí v budově v Máchově ulici.

Proto je mým cílem navrhnout projekt větrání, kterým bych zajistila co největší kvalitu vzduchu v nejfrekventovanějších prostorách školy.

Výsledkem mé diplomové práce by měl být projekt větrání v budově Gymnázia Strakonice. Především ve třídách, specializovaných učebnách výpočetní techniky, chemické laboratoři, knihovně, klubovně, školní jídelně a kuchyni. Detailněji jsem se zaměřila na multifunkční vstupní halu, která je jakýmsi centrem celé budovy, a proto je zde kladen velký důraz na tělesnou i duševní pohodu všech žáků, učitelů a dalších návštěvníků školy.

2. SEZNÁMENÍ S BUDOVOU GYMNÁZIA STRAKONCIE

Před samotným řešením problematiky větrání, bych Vás ráda seznámila s budovou Gymnázia Strakonice a jejím provozem, který je pro návrh vzduchotechniky stěžejní.

2.1. Provoz Gymnázia

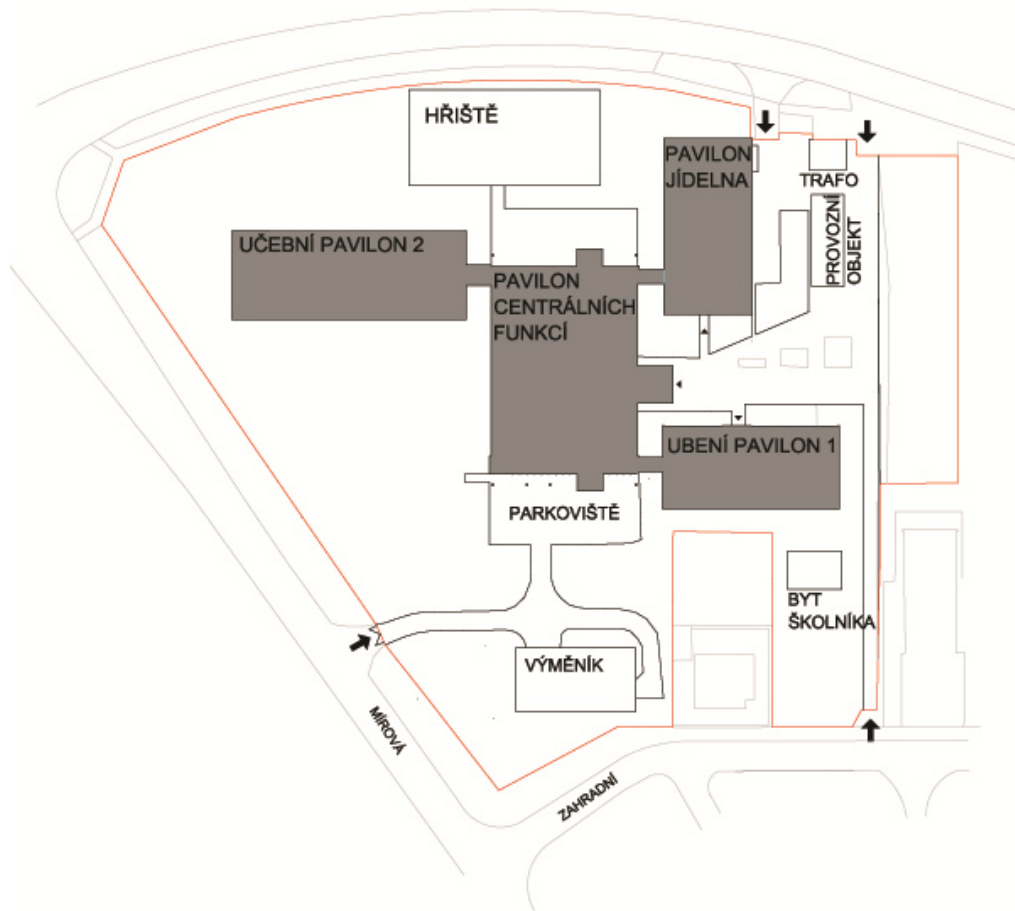
Škola zaměstnává celkem 53 členů pedagogického sboru včetně vedení. Každý rok se otevírá celkem 20 tříd po maximálním počtu 32 žáků v každé z nich:

- osmileté gymnázium – prima - oktáva
- čtyřleté gymnázium – každý ročník ve třech třídách: 1.A, 1.B, 1.C - 4.A, 4.B, 4.C.

V období zahájení školního roku nebo jeho ukončení se všichni studenti i učitelský sbor shromažďují v pavilonu centrálních funkcí – multifunkční vstupní hale. Zde se odehrává také představení vysokých škol, poslední zvonění absolventů, vystoupení pěveckého sboru před Vánoci a další společenské akce týkající se chodu Gymnázia.

2.2. Budova Gymnázia

Budova Gymnázia se dělí na čtyři pavilony. Učební pavilon 1, Učební pavilon 2, Pavilon jídelna a Pavilon centrálních funkcí.



M 1:1500

Učební pavilon 2 má tři nadzemní podlaží, nachází se v něm kabinety, třídy, laboratoř chemie a hygienické zázemí.

Pavilon jídelna má dvě nadzemní podlaží. V 1.NP se nachází sklady pro ukládání listinných dokumentů, tělocvičných pomůcek a dalšího vybavení. Dále podlaží slouží k volnočasovým aktivitám studentů v podobě klubovny a knihovny. 2. NP je určeno pro stravovací účely. Nachází se zde kuchyně, jídelna, do které se vstupuje přes halu s umývárnou. Školní jídelnu navštěvují nejen studenti a zaměstnanci školy, ale také široká veřejnost.

Učební pavilon 1 má rovněž dvě nadzemní podlaží, skládá se z kabinetů, tříd a specializovaných učeben výpočetní techniky. Hygienické zázemí je samozřejmostí.

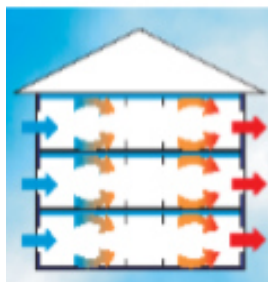
Pavilon centrálních funkcí je jednopodlažní prostor se dvěma prosklenými nezastřešenými atrií. Nachází se zde místnosti určené pro vedení školy – ředitelna, kancelář zástupkyně ředitele, sekretariát, zasedací místnost a další. Studentům slouží prostory skříňkových šaten, bufet s posezením, kde tráví většinu přestávek a volných hodin. Celá vstupní multifunkční hala je propojena s ostatními pavilony pomocí spojovacích můstků.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Problematika přirozeného větrání školních zařízení

Jak již bylo řečeno, vnitřní prostředí má vliv na soustředěnost a výkonnost žáků i učitelů. Hlavní problematikou škol je nedostatečné větrání.

Drtivá většina školních zařízení je projektována tak, že výměna vzduchu je zajištěna přirozeně - otevřenými okny. Principem je účinek vztakového proudění mezi interiérem a exteriérem. Vše je závislé především na počasí. Důležitá je teplota vzduchu a také rychlost a směr proudění větru.



V případě vzdělávacích zařízení je přirozené větrání zajištěno především jednostranným provětráváním. [1] Přívod a odvod vzduchu je zajištěn jedním otvorem. Tento způsob větrání je nejméně účinný už z toho důvodu, že nejsme schopni ovlivnit venkovní podmínky. Pokud navíc místnost není orientována na návětrnou stranu, je provětrání prostoru ještě problematictější.

Během přestávek se dá uplatnit také příčné provětrávání. [1] Větrání je účinnější, vzduch proudí otevřeným oknem přes otevřené dveře na chodbu a z ní pak přes další třídu okenním otvorem ven. Čerstvý vzduch proudí z návětrné strany na závětrnou stranu budovy. Především během zimních měsíců však ani toto větrání není příliš vhodné. Chladný vzduch zasahuje do tepelné pohody žáků a ani z energetického hlediska se přirozené větrání příliš nevyplatí. Teplo z interiéru bez zpětného užítku vypouštíme ven.

OBRÁZEK 1: Jednostranné provětrávání (nahore), příčné provětrávání (dole) [1]

Podle Vyhlášky č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých je určena výměna vzduchu 20 – 30 m³/h na jednoho žáka. V případě přirozeného větrání však není v našich silách tuto výměnu přesně zajistit.

Větrání otevřenými okny má mnoho nevýhod. Další z nich je problematika koncentrací ppm, což je obvyklé vyjádření počtu objemových jednotek CO₂ v miliónu objemových jednotek vzduchu. Během vyučovacích hodin se v učebnách příliš nevětrá kvůli tepelnému komfortu žáků, kteří sedí nejbližší větracímu otvoru. Tím pádem roste koncentrace oxidu uhličitého (CO₂), který při velké obsazenosti tříd rychle roste.

V důsledku zateplení školy a výměny oken se celá budova ještě více utěsnila a tak dochází k minimální infiltraci. Infiltraci netěsnostmi okenních otvorů nelze považovat za dostatečné větrání školy. Na kvalitě vnitřního prostředí se však utěsnění budovy také projeví. Ve třídách může hladina CO₂ vzrůst až na 2500 ppm. Doporučená úroveň CO₂ ve vnitřních prostorách se přitom pohybuje okolo 800 až 1000 ppm. Při více jak 1000 ppm nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace.

Ve školních prostorách je nutné zajistit dostatečný přívod čerstvého a odvod odpadního vzduchu, což je přirozeným větráním téměř nemožné. Proto jsem se rozhodla pro návrh vzduchotechnického zařízení – nuceného větrání a zlepšení komfortu vnitřního prostředí v Gymnáziu Strakonice.

3.2. Návrh nuceného větrání Gymnázia Strakonice.

Nucené větrání je při správném návrhu a funkci ideální možností, jak školní prostory důkladně a účinně větrat. V každém pavilonu jsem se proto snažila zajistit komfort ve všech prostorách, které jsou během dne nejvíce používány. Jedná se především o třídy a specializované učebny, hygienická zázemí, knihovnu, klubovnu a kuchyni se školní jídelnou.

3.2.1. Učební pavilon 2

Učební pavilon 2 je nutné rozdělit na několik prostor: učeny, laboratoř chemie, hygienické zázemí a kabinety. **Učební pavilon 1** je řešen stejným principem.

- Největší zastoupení mají především **třídy**. Přívod vzduchu je zajištěn tkaninovým potrubím Příhoda, které je umístěno v čele místnosti nad tabulí. Potrubí je kruhového tvaru, je vyztuženo obručí a zavěšeno stylem profil + suchý zip. Průtok přiváděného vzduchu se do místnosti může přivádět několika různými způsoby [2]:

A - prodyšnou tkaninou

B - mikroperforací - otvory v tkanině o průměru 200 – 400 μm

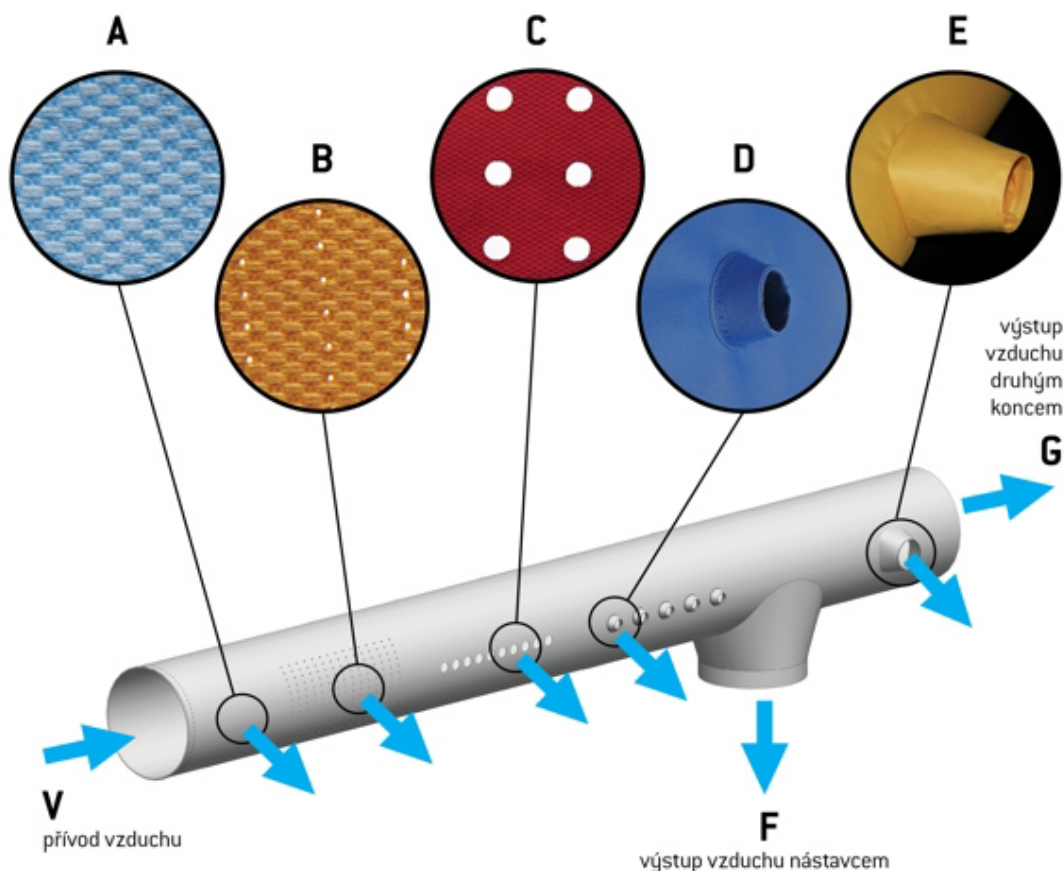
C - perforací - otvory o průměrech nad 4 mm

D - malou tryskou

E - velkou tryskou

F - nástavcem - vzduch je odveden do jiné potrubní větve

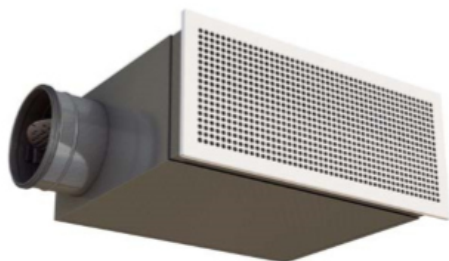
G - druhým koncem - vzduch je veden do další vyústky nebo potrubí



OBRÁZEK 2: Způsoby přivádění vzduchu tkaninovým potrubím [2]

Pro přívod vzduchu jsem zvolila variantu směřované mikroperforace s otvory v tkanině o průměru 200 – 400 μm . Regulace průtoku je zajištěna různou roztečí a průměrem otvorů.

Tkaninové potrubí je i designovým prvkem v interiéru místnosti. Je možné vybírat z různých materiálů a barev, které nejsou předem určeny, je vhodné je řešit s investorem a výrobcem.



OBRÁZEK 3: Stěnový difuzor PR 1 [3]

Odvod vzduchu ze tříd je zajištěn stěnovým difuzorem firmy Lindab [3]. Ten je napojen na kruhové SPIRO potrubí, které je v učebnách zaplentováno sádrokartonem.

Použití podhledu po celé ploše třídy nebylo možné z důvodu minimální světlé výšky 3,3 m. Její snížení by bylo možné při dodržení dostatečného provětrání a oslunění prostoru, avšak okenní otvory dosahují až ke stropní konstrukci, a tak montáž podhledu nebyla brána v úvahu.

Přívod i odvod vzduchu ústí na chodbu v podobě SPIRO potrubí. Před každou třídou je umístěn regulátor průtoku vzduchu firmy Systemair, který se řídí signálem čidla CO_2 , které je umístěno uvnitř učebny. Hluk způsobený regulátorem je utlumený tlumičem hluku taktéž firmy Systemair. Kruhové potrubí se napojuje na pátevní rozvody čtyřhranného potrubí z pozinkovaného plechu.

Trubní systém je na chodbě zakryt závěsným podhledem Ecophon Solo. Ten zároveň slouží i k utlumení hluku, který v potrubí vzniká v důsledku proudění vzduchu a šíří se do okolí.

Každé podlaží je bráno jako samostatný požární úsek. Proto je před stoupacím potrubím v každém patře osazena požární klapka. Stoupací potrubí je pak izolováno protipožární izolací Isover Ostrech o tloušťce 50 mm, která zajistí požární ochranu EI60S. Izolace pokračuje i do exteriéru, kde slouží taktéž jako tepelná. Proti povětrnostním vlivům je chráněna oplechováním.

Centrální vzduchotechnická jednotka je umístěna na střeše, je projektována jako venkovní. Proti povětrnostním vlivům je chráněna stříškou a umístěna je na rektifikovatelné podstavné konstrukci. Do jednotky byl navržen rekuperační výměník pro zpětné získávání tepla, kterým se o něco sníží náklady za vytápění jednotlivých prostor. Dále je čerstvý vzduch upravován ohřevem a vlhčením.

- Speciálním typem učebny je **laboratoř chemie**. Je větrána lokální vzduchotechnickou jednotkou firmy Atrea. Laboratoř nebyla zařazena do trubní trasy centrální vzduchotechnické jednotky z důvodu užívání chemických látek, při jejichž spalování se do ovzduší uvolňují toxické látky. Některé z nich také narušují oděrové mikroklima v učebně. Větrací jednotka je vybavena rekuperačním výměníkem pro zpětné získávání tepla. Vzduchotechnická jednotka bude spínána manuálně. Vzhledem k četnosti užívání učebny není regulace pomocí CO_2 potřebná.

- Další prostory pavilonu tvoří **hygienické zázemí**. Jedná se o WC dívek, jejichž součástí je také jedna sprcha v každém podlaží, WC chlapců a personálu. Přívod vzduchu je zajištěn přirozeně okny a větracími

mřížkami ve dveřích. Odpadní vzduch je podtlakově odtahován pomocí střešního ventilátoru. Ten je časovaně spínán v období přestávek. Tlak v potrubí je regulován pomocí regulačních clonek Systemair. Je zde řešena také otázka požární bezpečnosti. Stejně jako v případě rozvodů tříd je před každým stoupacím potrubím umístěna požární klapka, za kterou je potrubí izolováno.

- **Kabinety** budou i nadále větrány přirozeně. Učitelé je obývají pouze v době přestávek a kvalita vzduchu se nemění tak rychle, jako např. u učeben.

3.2.2. Pavilon jídelna

Pavilon jídelna je nutné rozdělit na oblastí několik: 1. NP (knihovna, klubovna, hygienické zázemí, skladovací prostory), 2. NP (kuchyně, jídelna, hygienické zázemí).

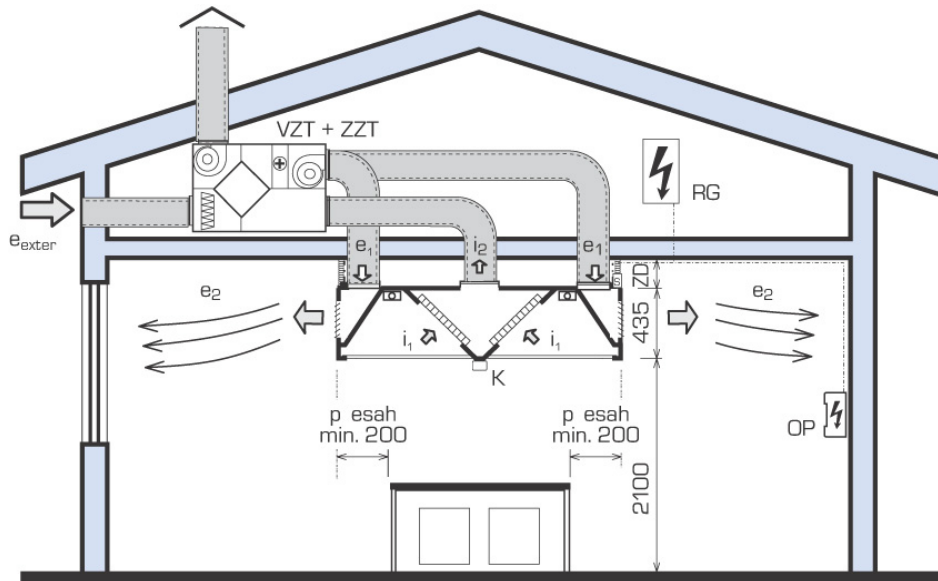
V tomto případě není možné obě podlaží větrat centrální vzduchotechnickou jednotkou nebo jen velmi obtížně. Jednotlivé proozy v půdorysu tvoří samostatné celky, které je složité napojit na jediné stoupací potrubí tak, aby nenarušovalo jednotlivé dispozice. Proto je vhodnější každý provoz větrat zvlášť – tedy lokálně.

- **Knihovna** stejně tak jako **klubovna** jsou větrány lokální vzduchotechnickou jednotkou firmy Atrea. Jednotky jsou navrženy jako podstropní, jsou umístěny tak, aby byl přívod i odvod vzduchu situován co nejvhodněji, potrubí je na fasádě kryto prodidešťovou žaluzií stejně jako v případě chemické laboratoře. Větrací jednotky jsou vybaveny rekuperačním výměníkem pro zpětné získávání tepla. Zároveň dochází k regulaci pomocí čidla CO₂.

- **Hygienické zázemí** v tomto podlaží není příliš často používáno. Vybudováno bylo pouze pro případ, že se v klubovně koná shromáždění jedné a více tříd najednou. Přívod vzduchu je zajištěn pouze větrací mřížkou ve dveřích. Odvod vzduchu je zajištěn ventilátorem umístěným v potrubí. Ten je spínán čidlem na světlo v případě rozsvícení v těchto prostorách. Potrubí je vyvedeno na fasádu, kde je zakončeno větrací mřížkou.

- **Skladovací prostory** zůstanou i nadále větrány přirozeně. Výměna vzduchu je zajištěna dveřní mřížkou.

- **Kuchyně** je provětrávána pomocí dvou digestoří firmy Atrea. Digestoř slouží k přívodu i odvodu vzduchu. Pomocí napojení trubní trasy je vzduch odtahován nejen přímo nad varnými ostrůvky, ale také nad výdejem jídla, konvektomaty a myčkou. Vzduch je přiváděn výústkami umístěnými na bocích digestoře. [4]

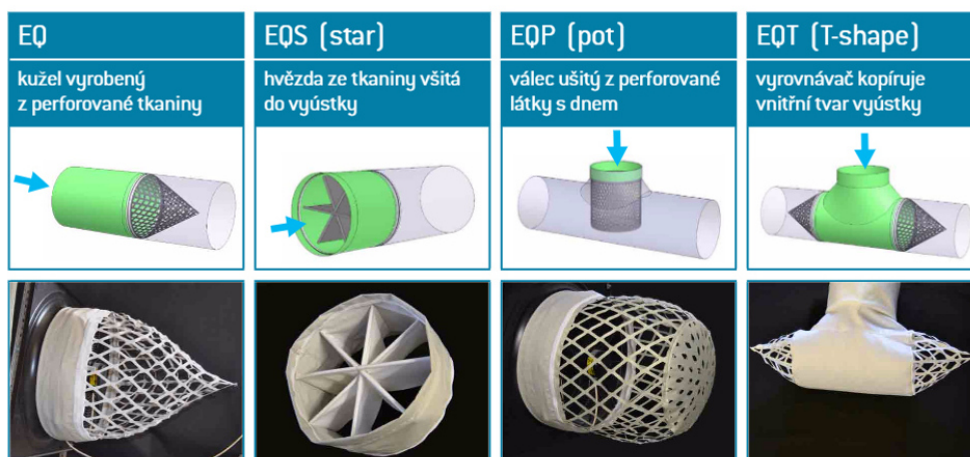


OBRÁZEK 4: Princip výměny vzduchu pomocí digestoře VARIANT [4]

Digestoř je vybavena filtry pro zachycení tuků, které při vaření vznikají. Chrání se tak vzduchotechnická jednotka, na kterou jsou obě digestoře napojeny.

Větrací jednotka, která je umístěna na střeše, je chráněna stříškou a stojí na rektifikovatelném podstavci.

- Přívod a odvod vzduchu do **jídelny a haly s umývárnou** je zajištěn tkaninovým potrubím Příhoda. Stejně jako ve třídách se jedná o kruhové potrubí vyztužené obručí. Trasa potrubí je však složitější. V potrubí jsou umístěny prvky regulace – vyrovnávače turbulencí, které především za tvarovkou odstraňují vibrace tkaniny. V mém projektu tyto vyrovnávače zakresleny nejsou. Jedná se o know-how výrobce, který přesně určí, v jakých případech je třeba prvky použít. [5]



OBRÁZEK 5: Vyrovnávače turbulencí v tkaninovém potrubí Příhoda [5]

Vzduchotechnická jednotka pro výměnu vzduchu je opět umístěna na střeše. Skládá se ze stejných dílů jako jednotka Učebního pavilonu 2. Liší se však v objemu přiváděného a odváděného vzduchu.

- **Hygienické zázemí** je odvětráno pomocí lokálních ventilátorů Elegance. Jeden je umístěn na WC chlapců, druhý na WC dívek. Odpadní vzduch je potrubím dopraven na střechu, kde je zakryto stříškou. Přívod vzduchu do místností je zajištěn větrací mřížkou ve dveřích.

3.2.3. Pavilon centrálních funkcí

Pavilon centrálních funkcí tvoří především multifunkční vstupní hala a hygienické zázemí.

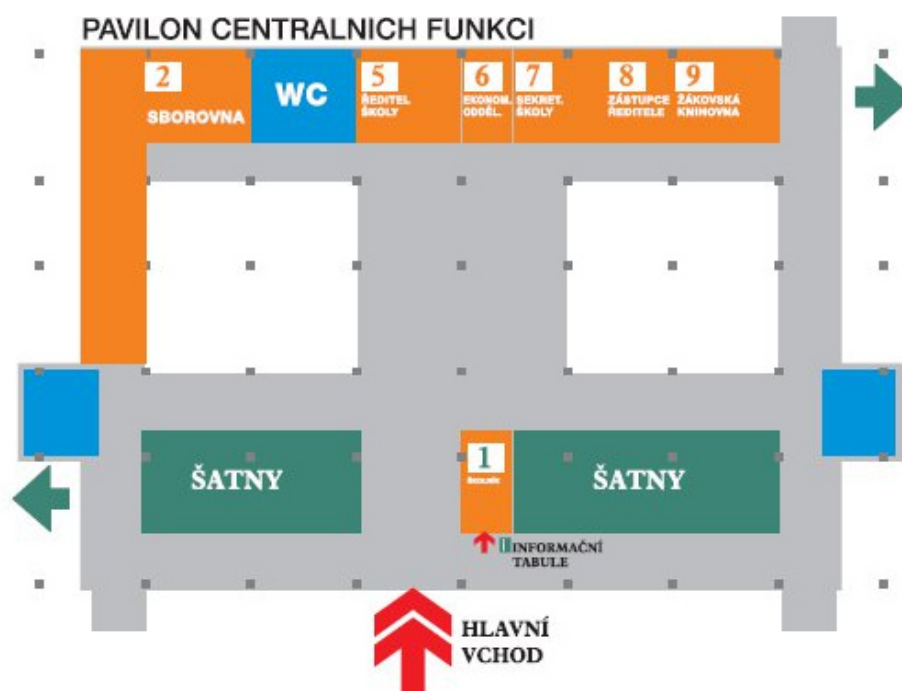
- **Multifunkční vstupní hala** je centrem veškerého dění. Jedná se o nejméně využívaný prostor celého Gymnázia. Během přestávek tudy proudí davy studentů, kteří se přesouvají mezi učebními pavilony, navštěvují bufet a tráví zde veškerý volný čas mimo vyučovací hodiny a v době oběda. I proto jsem se tímto prostorem zabývala nejvíce a věnuji mu celou následující kapitolu.
- **Hygienické zázemí** je rozděleno do tří bodů rozmístěných po tomto pavilonu: sprchy, WC určené žákům a WC pro personál. Všechny tyto prostory jsou lokálně odvětrány ventilátory Elegance stejně jako ve 2. NP pavilonu jídelny.

4. STUDIE NA TÉMA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ VE VSTUPNÍ HALE BUDOVY GYMNÁZIA

Z důvodu, že se jedná o nejvíce obývaný prostor školy jak pro studenty, tak učitele či veřejnost, měl by v něm být zajištěn určitý komfort. Při návrhu vzduchotechnického zařízení jsem dbala na to, aby se zde všichni cítili příjemně a nebili rušeni rychlostí proudícího vzduchu nebo jinými problémy, které při špatném návrhu rozvodů mohou nastat. Chlazení vzduchu v letních měsících nebylo v tomto objektu žádoucí – časté střídání teplot negativně ovlivňuje zdraví školáků. Roli v návrhu vzduchotechnických jednotek jak v hale, tak ostatních pavilonech hrál i fakt, že v nejteplejších měsících roku je škola zavřená a studenti mají prázdniny. Není tedy třeba vzduchotechnické zařízení provozovat.

4.1. První návrh vzduchotechnických rozvodů

Při prvním návrhu vzduchotechnického potrubí jsem dbala především na to, aby do vstupní haly proudilo dostatečné množství vzduchu a aby rozvody nenarušovaly estetiku prostředí. Velkou roli hrála také dispozice prostoru. [6]



OBRÁZEK 6: Dispoziční schéma multifunkční vstupní haly [6]

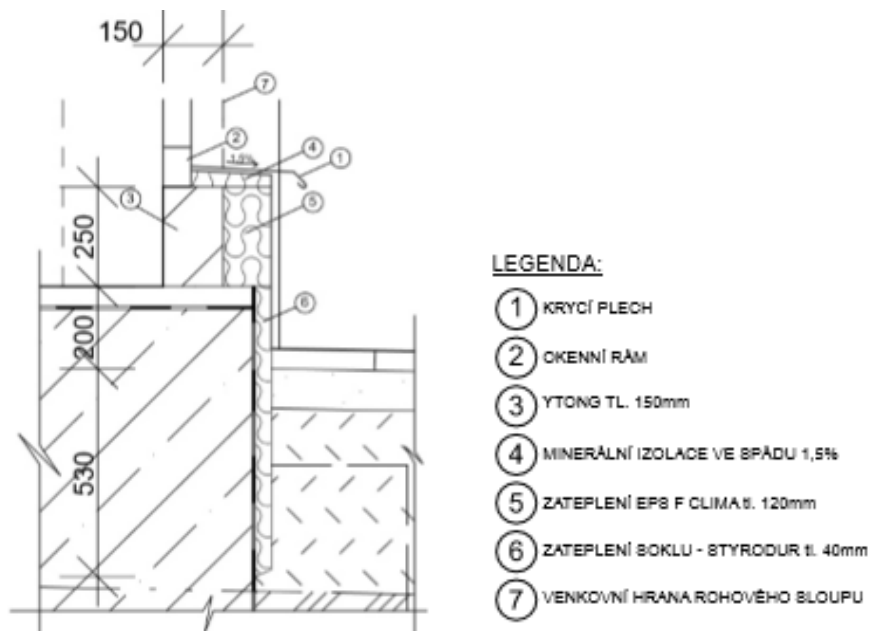
Stěžejním prostorem celé vstupní haly je plocha mezi dvěma atrií, která slouží jako shromažďovací prostor. Zde se studenti scházejí při různých školních akcích, které se již staly pro Gymnázium tradicí. Proto mým cílem bylo, aby byl hlavně tento prostor dostatečně provětrán.

Dále jsem se zabývala skříňkovými šatnami, které jsou během roku největším zdrojem škodlivin v ovzduší. Usazuje se zde prach, studenti se zde každé ráno i odpoledne hromadí a jsou zdrojem produkce CO₂. Obsah skříňek také často bývá centrem různých oděrů ať vůní, tak pachů. Dívky používají různé kosmetické produkty, které uvolňují uhlovodíky. Zdrojem škodlivin je také bufet, který se v blízkosti skříňek nachází. Z těchto důvodů jsem do blízkosti šaten umístila odtah odpadního vzduchu.

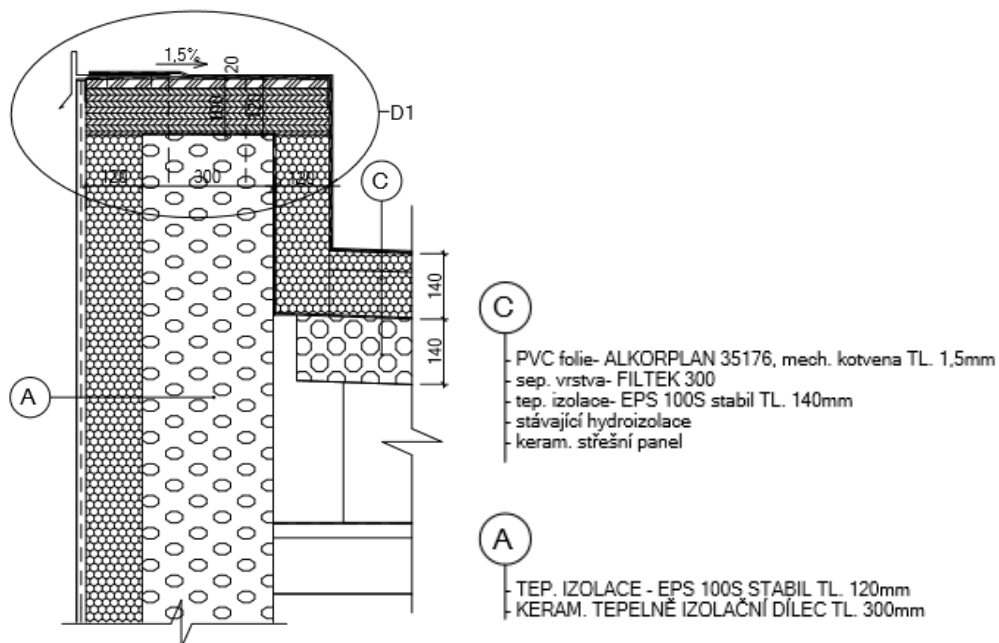
Po ujasnění těchto skutečností jsem se zaměřila na výústky a materiály, ze kterých by potrubí mělo být realizováno. Celý prostor na člověka působí velmi příjemně, osoba je propojena s venkovním prostředím pomocí prosklených atrií a okenních otvorů, které v konečném důsledku působí jako prosklené stěny. Mým cílem bylo tuto oázu klidu zachovat. Zvolila jsem tedy tkaninové potrubí Příhoda a vznikl první projekt větrání vstupní haly. [7]

4.2.1. Popis modelu

Podle půdorysu školy jsem vytvořila model vstupní haly. Světlá výška objektu je 3,3 m. Konstrukční a materiálové řešení je zřejmé z následujících detailů. [8] [9]



OBRÁZEK 8: Detail soklu – skladba podlahy a stěn [8]

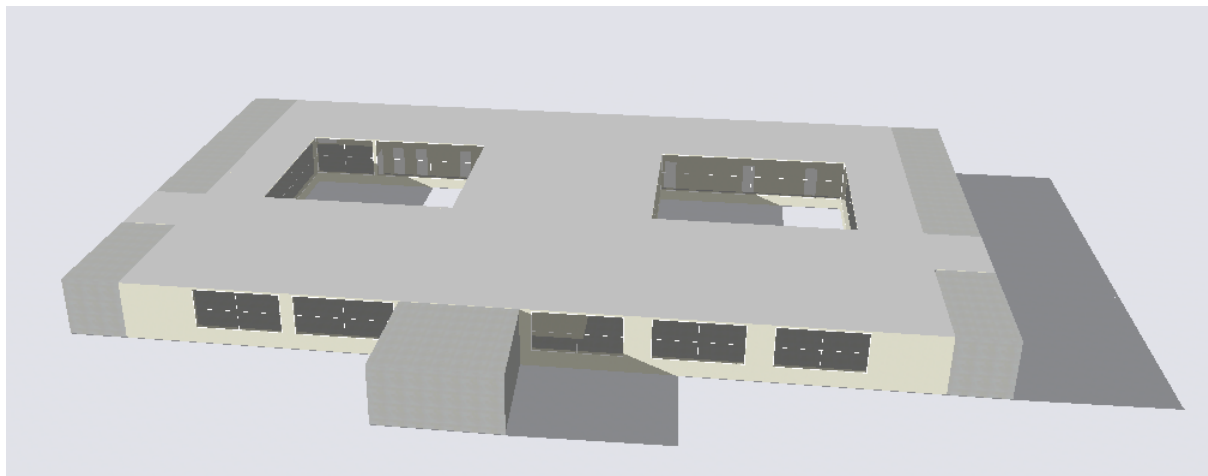


OBRÁZEK 9: Detail atiky – skladba střešního pláště [9]

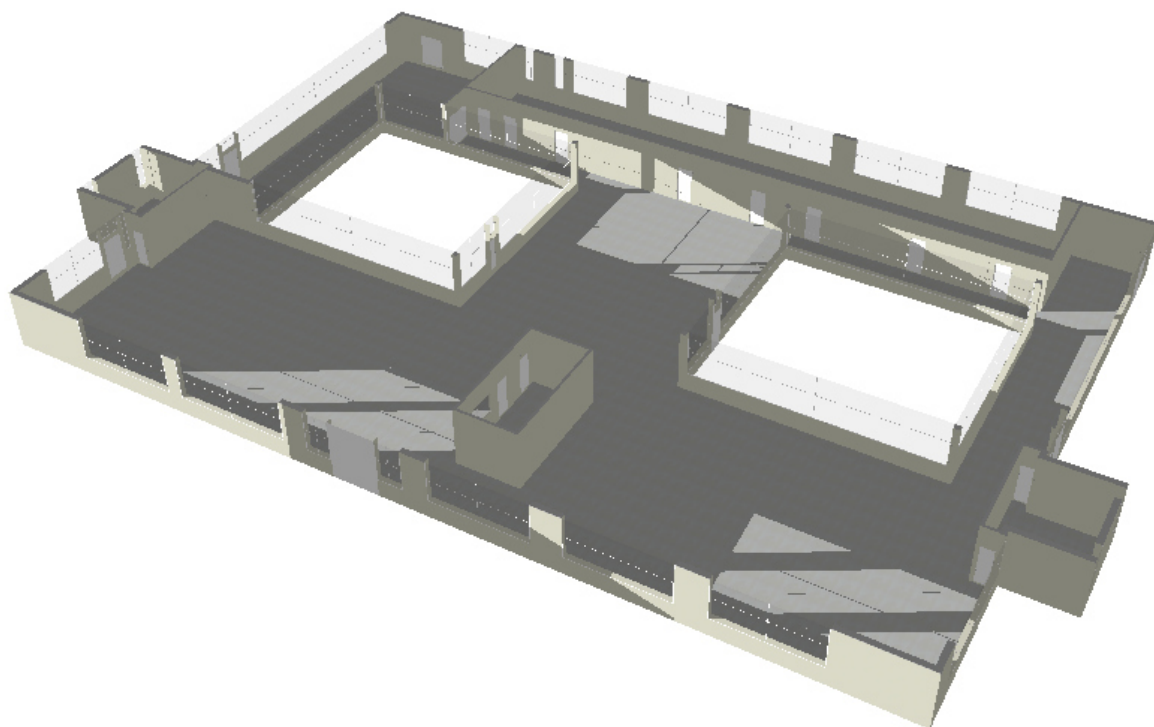
V modelu jsem zanedbala detailní dělení prosklených ploch. Okna jsou ve skutečnosti umístěna velmi blízko sebe, proto jsem je sloučila v jednu okenní plochu a zachovala jsem pouze širší zděné úseky.

Kanceláře vedení školy nejsou pro modelování proudění vzduchu v hale důležité. Proto jsem tyto prostory sloučila do jedné místnosti.

Přesahy střechy jsem vymodelovala pomocí bloků, které se nezapočítávají do plochy konstrukcí budovy.



OBRÁZEK 10: Vizualizace pavilonu centrálních funkcí v programu DesignBuilder



OBRÁZEK 11: Vizualizace interiéru vstupní haly v programu DesignBuilder



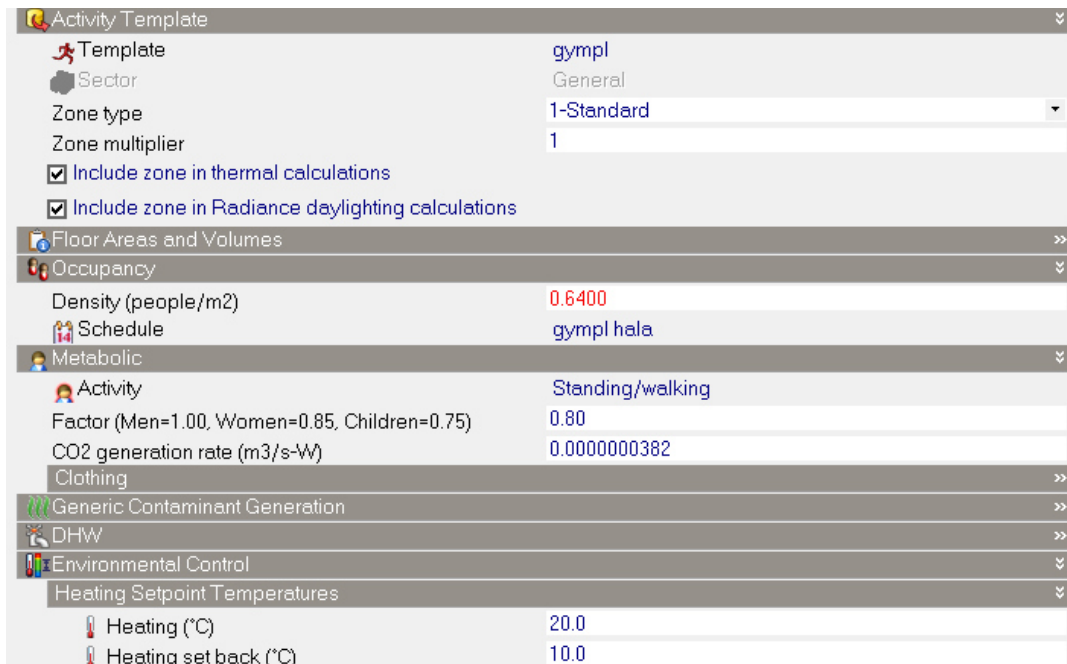
OBRÁZEK 12: Porovnání skutečného stavu vstupní haly (vlevo) s vytvořeným modelem (vpravo)



OBRÁZEK 13: Porovnání skutečného stavu vstupní haly (vlevo) s vytvořeným modelem (vpravo)

4.2.2. Okrajové podmínky

- **Vytápění** budovy je řešeno dálkově. Topná voda je do objektu dopravována z nedaleké teplárny. Program DesignBuilder však tuto variantu nenabízí. Zvolila jsem tedy nejpodobnější možnost – vytápění plynovým kotlem. Teplota v interiéru činí 20°C. Topit by se mělo pouze v době, kdy se v budově nachází žáci (od 8:00 do 16:00).
- **Chlazení** v hale ani samotné budově není navrženo. Chladnější prostředí by mělo neblahý vliv na zdraví žáků, kteří by často přecházeli z klimatizovaných do neklimatizovaných prostorů.
- **Větrání** je navrženo nucené s rekuperací.

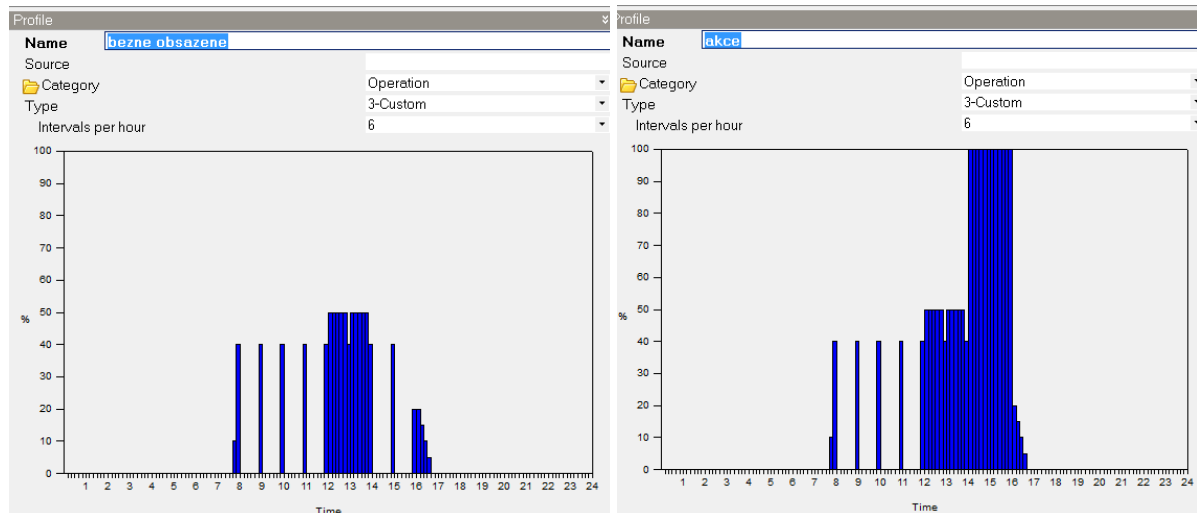


OBRÁZEK 14: Nastavení okrajových podmínek v programu DesigBuilder

- **Obsazenost** vstupní haly je velmi různorodá. Prostředí je charakterizováno aktivitou – chůze, stání. Metabolický faktor byl určen na 0,8. Halou za den projde přibližně polovina žáků i profesorů během jedné přestávky. Vzhledem k tomu, že se jedná o multifunkční prostor, schází se zde ale v určité dny v roce téměř plné obsazení školy. Proto byly navrženy různé rozvrhy pro obsazenost. [15] [16]

Mo...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Feb	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Mar	bezne obsazene	akce	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Apr	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
May	akce	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Jun	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Jul	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Aug	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Sep	vitani v zari	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Oct	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Nov	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off
Dec	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	bezne obsazene	patek	Off	Off

OBRÁZEK 15: Nastavení rozvrhu obsazenosti v programu DesigBuilder [15]



OBRÁZEK 16: Průběh obsazenosti během běžného dne (vlevo), průběh obsazenosti během školní akce [16]

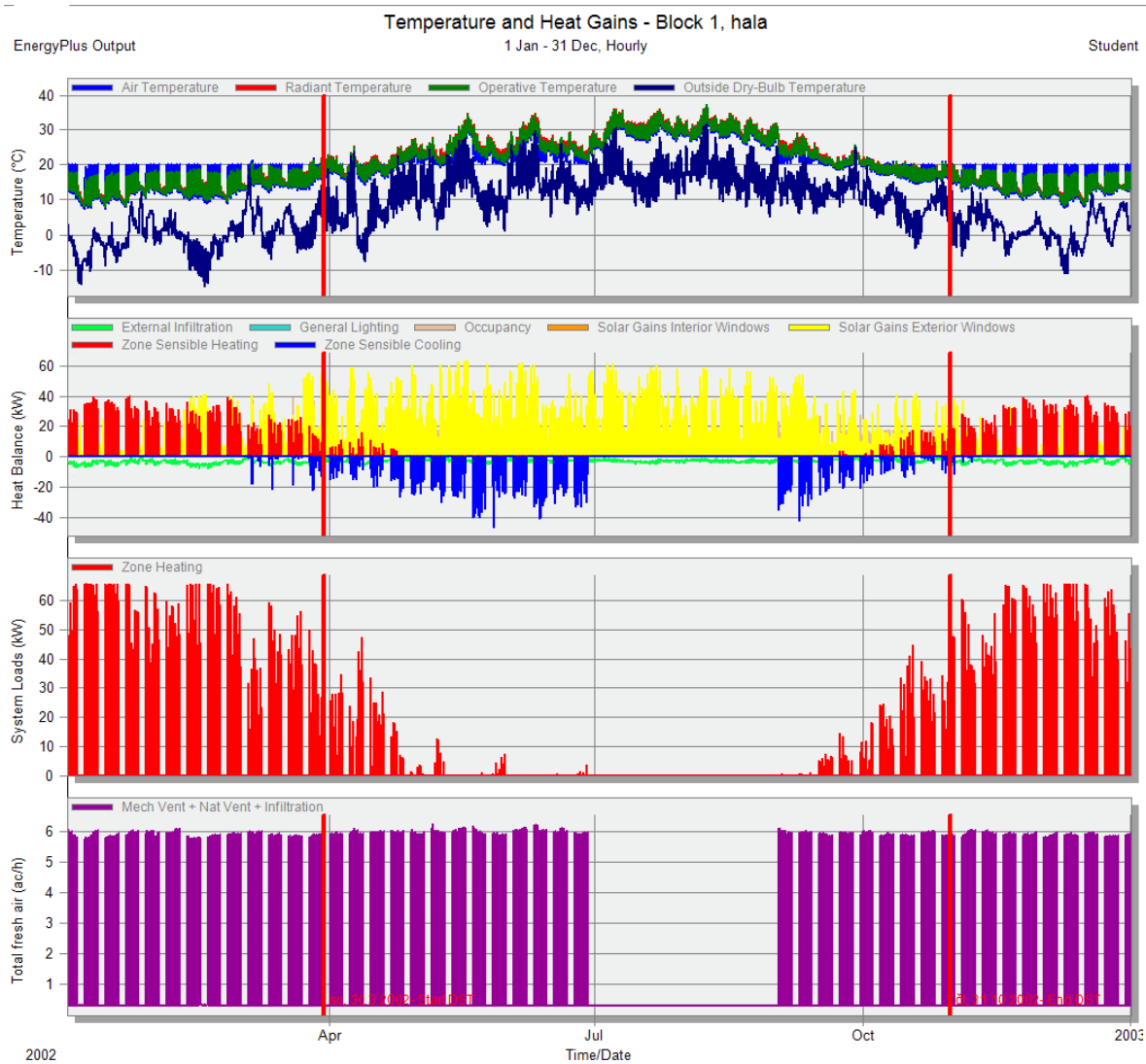
4.2.3. Ověření správnosti zadaných parametrů

Po zadání těchto parametrů jsem ověřila, zda simulace proběhla správně, podle předpokladů.

Dle výsledků je zřejmé, že úloha byla zadána úspěšně. Podle výkonu vytápění je zřejmé, že topit se začíná v 7:30 (dle rozvrhu) a v osm hodin už je v hale 20°C podle požadavku. Po 16:00 se topit přestává a objekt chlade. Další den probíhá obdobně. V teplejších dnech postupně vytápění odpadá, k udržení teploty stačí pouze tepelné zisky.

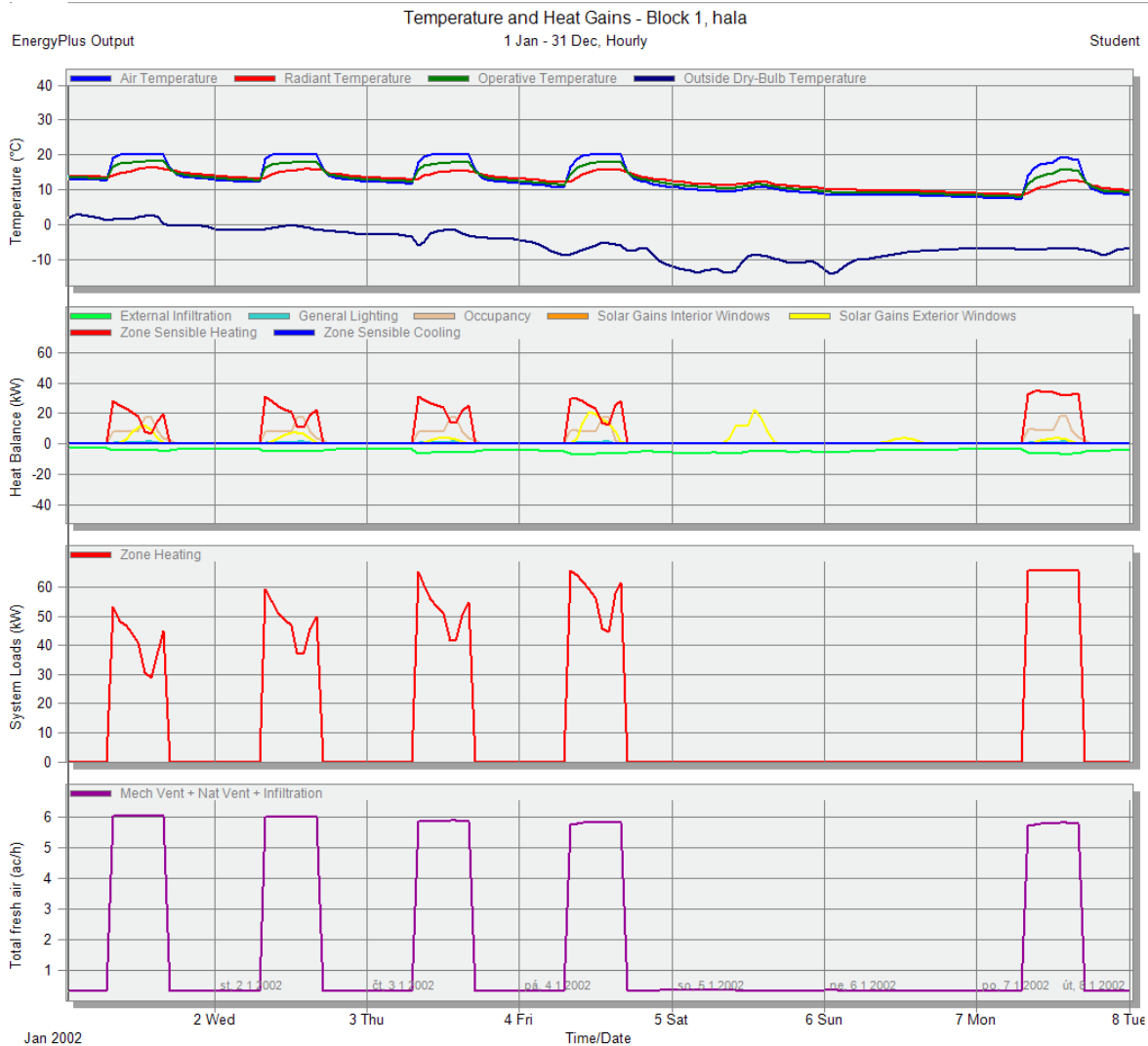
Tepelné zisky jsou velkým problémem této nejvíce prosklené části budovy. Již 5. 5. kolem dvanácté hodiny se hala přehřívá na 26 °C, což je hranice přípustné hodnoty teploty ve školách, kdy se ještě může vyučovat. 8. 8. v 16:00 se v budově zvedne teplota i na 36 °C. Toto maximum je ale v období prázdnin, kdy gymnázium není v provozu.

- **Roční simulace** dokazuje správnost úlohy. Pauzy v grafech jsou způsobeny víkendy a prázdninami, kde se v budově nikdo nevyskytuje. Teplota vzduchu v interiéru periodicky vzrůstá a klesá až do dubna, kdy se začnou projevovat tepelné zisky. Poté teploty v interiéru vzrůstají a periodicky se začnou opakovat až kolem měsíce října. [17]



OBRÁZEK 17: Roční simulace v programu DesignBuilder [17]

- Z grafu **týdenní simulace měsíce ledna** je zřejmé, že o víkendech a mimo školní výuku se ve škole nevytápí. To je viditelné i z hodnot vnitřní teploty vzduchu. Určité grafické poklesy v křivkách vytápění kolem dvanácté hodiny jsou způsobeny tím, že se v hale začínají projevovat solární zisky. [18]



OBRÁZEK 18: Týdenní simulace měsíce ledna v programu DesignBuilder [18]

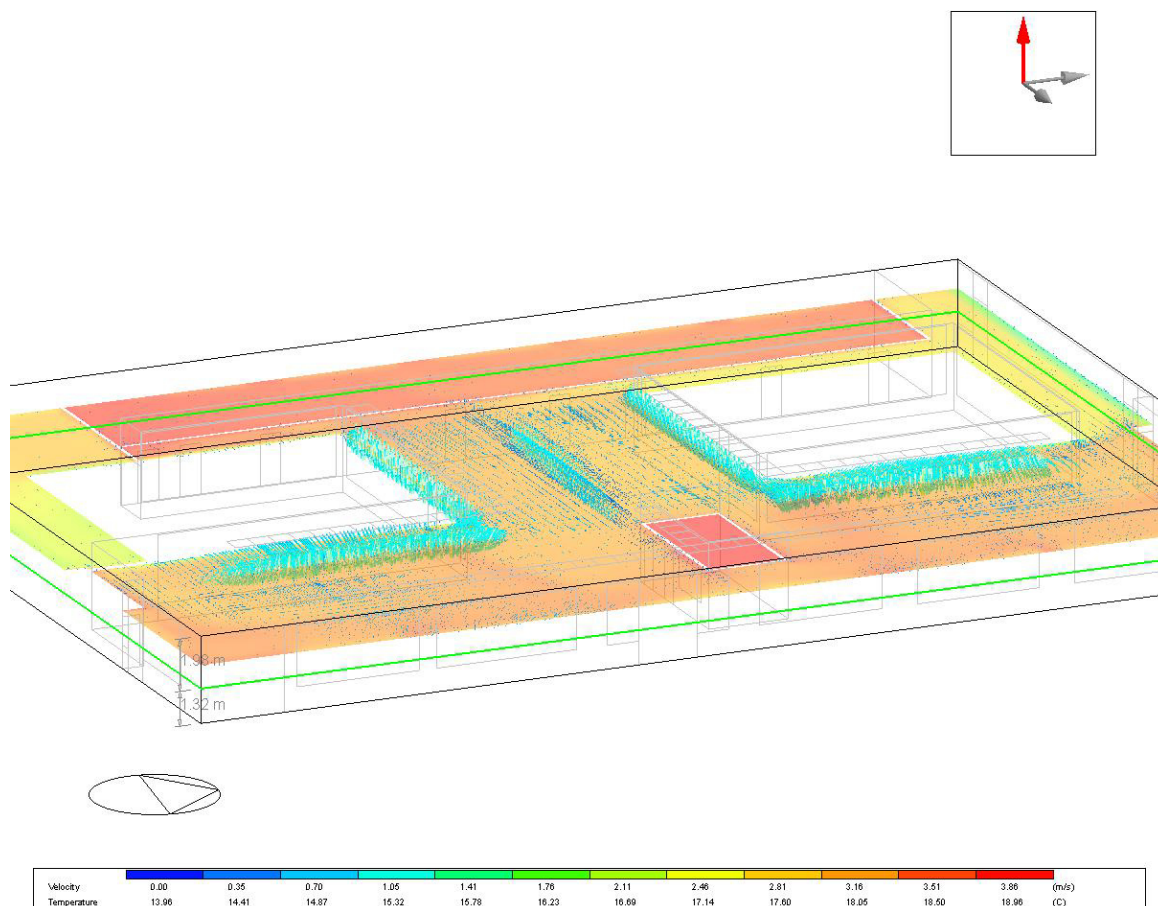
4.2.4. Parametry simulace proudění vzduchu

V CFD modelu jsem navrhla vyústky tkaninového potrubí Příhoda. Přívodní prvky vhání do interiéru objem vzduchu $172,5 \text{ m}^3/\text{h}$ o teplotě 20°C . Odpadní vzduch je odváděn v objemu $225 \text{ m}^3/\text{h}$. Jednotlivé prvky jsou vedle sebe naskládány po celé délce potrubí v místech, kde je předpoklad přívodu či odvodu vzduchu. Celkové množství čerstvého stejně tak i odpadního vzduchu činí $10350 \text{ m}^3/\text{h}$.

Simulace CFD proběhla pro běžný chladný den, kdy teplota v interiéru činí 20°C , teplota stěn je určen také na 20°C a povrchová teplota prosklených ploch má 10°C .

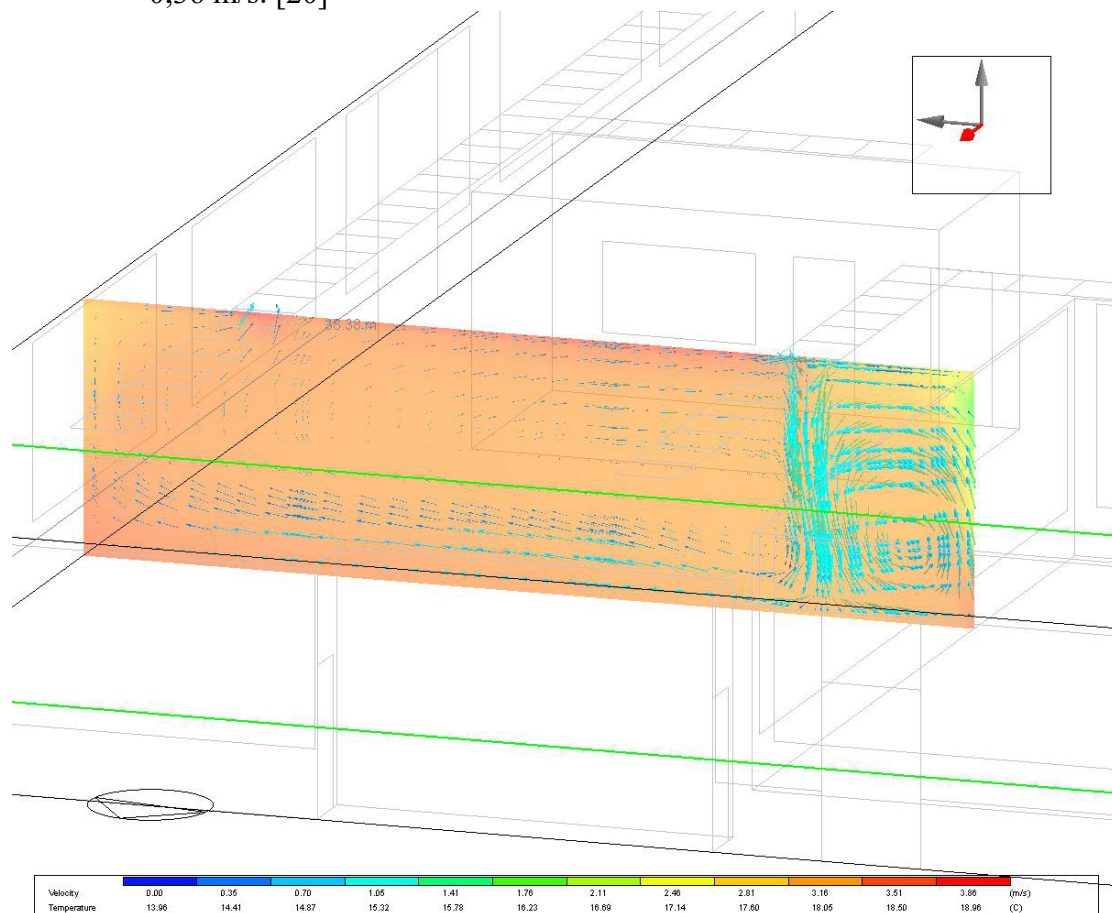
4.2.5. Výsledky simulace CFD

Z obrázku je patrný přívod vzduchu v podobě modrých šipek kolem atrií. Tato barva znázorňuje rychlost proudění vzduchu 1,34 m/s. Modrý proud šipek uvnitř haly je způsoben střetem protilehlých proudů vzduchu. Zároveň jsou viditelné žluté plochy po stranách haly, které určují vnitřní teplotu vzduchu 17,6 °C. Tato nízká teplota je způsobena tím, že se jedná o plochy sousedící proskleným stěnám. [19]



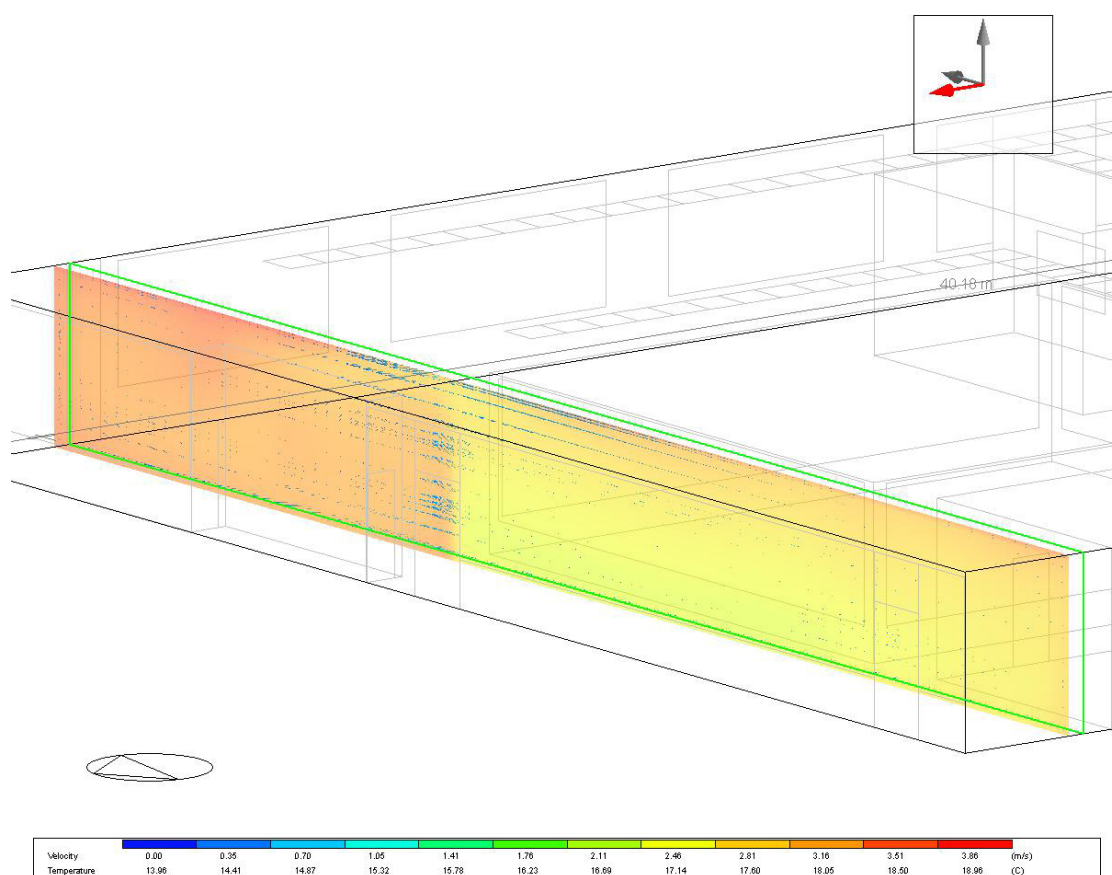
OBRÁZEK 19: Výsledek CFD modelu proudění vzduchu v celé vstupní hale [19]

Z dalšího obrázku je patrný přívod vzduchu (modrá barva vpravo) a odvod vzduchu (vlevo) v prostorách chodby a prostoru před bufetem. Je zřejmé, že čerstvý vzduch se točí v blízkosti proskleného atria a provětrává komunikaci propojující pavilony. Část vzduchu je odváděna rychlostí cca 0,36 m/s. [20]



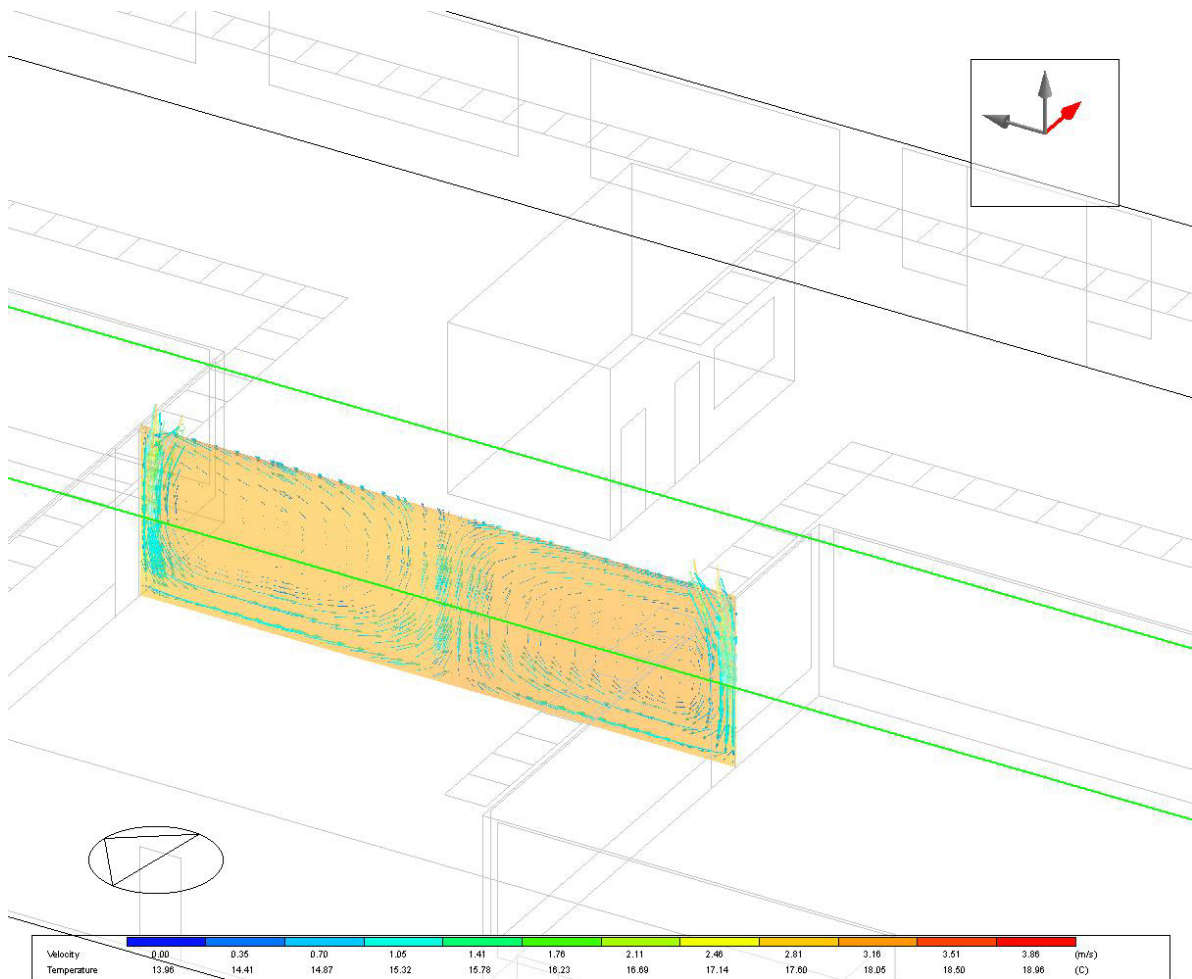
OBRÁZEK 20: Výsledek CFD modelu proudění vzduchu v prostorách před bufetem [20]

Další výstup simulace znázorňuje proudění vzduchu v komunikaci po stranách haly, která ji přímo napojuje k učebnímu pavilonu. Chodba je situována mezi dvěma prosklenými prostory, nenachází se v ní žádný přívod ani odvod vzduchu. Lehce sem dosahuje proud čerstvého vzduchu od zakončení přívodního potrubí mezi skříňkovými šatnami a atriem. [21]



OBRÁZEK 21: Výsledek CFD modelu proudění vzduchu v prostorách chodby propojující pavilony [21]

V obrázku poslední simulace se jedná o proudění vzduchu v nejširší a nejobyvanější části haly. Protilehlé proudy vzduchu se zde střetávají přímo uprostřed komunikace a vniká tak jakýsi vzdušný vír. [22]



OBRÁZEK 22: Výsledek CFD modelu proudění vzduchu v prostorách nejobyvanější části haly [22]

4.2.6. Zhodnocení správnosti prvního návrhu vzduchotechnických rozvodů

Vzduchotechnické prvky nejsou navrženy ideálně. Proudění vzduchu je příliš rychlé, pobyt lidí přímo pod vyústkou by nebyl komfortní. V některých případech se ale tyto rychlosti dají kladně využít. U vstupů do atrií by přívod čerstvého vzduchu mohl sloužit jako clona. V létě se tak zamezí vnikání horkého vzduchu z atrií do interiéru. Je možné, že tyto rychlosti vznikly nedostatečným napodobením tkaninového potrubí, které vzduch distribuují odlišným způsobem.

Dalším negativem je, že tkaninové potrubí neumožňuje nasměrování proudu vzduchu. Mikroperforace směřuje kolmo k podlaze, což způsobuje vířivý proud vzduchu a také nedostatečně provětraný prostor před bufetem, kde v podstatě proudí pouze vzduch mířící k odvodním prvkům.

Hlavní „trasy“ žáků po chodbách (prostory mezi skříňkovými šatnami a atrií) jsou velmi dobře provětrány. Čerstvý vzduch se však točí pouze mezi přívodem vzduchu a stěnou atrií, což způsobuje nedostatečné provětrání prostoru skříňkových šaten. Chodba propojující Učební pavilon 2 a Pavilon jídelna není větrána téměř vůbec. Nenachází se v ní žádné přívodní ani odvodní prvky.

Rozvody použité v tomto konkrétním případě bych nedoporučovala. Řešení není ideální, některé prostory jsou zahlceny čerstvým vzduchem, jiné naopak nejsou dostatečně provětrány. Estetika tkaninového potrubí by možná měla být vystřídána za potrubí s anemostaty.

4.3. Nový návrh vzduchotechnického potrubí ve vstupní hale

Z CFD modelu programu DesignBuilder vyplynulo, že původní návrh není ideální a nevyhovuje požadavkům na větrání prostoru vstupní haly. Zjištěné poznatky jsem tedy využila pro kvalitnější návrh tras vzduchovodů, materiálů potrubí i vyústek.

Vzduchotechnické potrubí jsem rozdělila do dvou tras, které jsou zakončeny vlastní vzduchotechnickou jednotkou. Tkaninové potrubí jsem vyměnila za potrubí z pozinkovaného plechu a použila jsem vířivé anemostaty, které neprodukují příliš velké rychlosti proudění vzduchu. Abych docílila estetičnosti celého prostoru, trubní trasu jsem zakryla akustickým závěsným podhledem Ecophon Solo, do kterého jsou anemostaty zapuštěny.

První trasa pokrývá přívod a odvod vzduchu nejprostornější plochy v hale. Abych zamezila střetu dvou protichůdných proudů vzduchu, umístila jsem do středu plochy odvodní potrubí. Přívody a odvody vzduchu jsem umístila také do chodby propojující Učební pavilon 2 a Pavilon jídelna. Žáci tudy při změně tříd mezi pavilony prochází velmi často, proto považují důkladné provětrání za vhodné.

Druhá trasa potrubí pokrývá především prostory šaten a posezení před bufetem. U skříňkových šaten jsem po celé délce prostřídala potrubí přívodu a odvodu vzduchu. Přívodní anemostaty zasahují také do chodby mezi skříňkami a atriem, tudíž prostor zůstane i nadále provětrán. Zamezím tak i silnému proudu čerstvého vzduchu, který se v původním návrhu točil u obou atrií. Před okénkem bufetu jsou osazeny odvodní anemostaty, aby zajistily odtah škodlivin při přípravě potravin pro strážníky. Naopak plocha u posezení před školním občerstvením je větrána umístěnými přívodními anemostaty.

Věřím, že druhý návrh co nejvíce splňuje požadavky na ideální vnitřní prostředí v multifunkční vstupní hale a studentům i pedagogickému sboru se prostory budou obývat příjemněji. Tento návrh je v podobě výkresu taktéž zpracován a přiložen do diplomové práce včetně návrhu vzduchotechnických jednotek.

5. ZÁVĚR

Na základě vlastních zkušeností z chodu Gymnázia, jehož jsem bývalou absolventkou, a na základě podkladů a informací platných v období ledna 2018 jsem zpracovala projektovou dokumentaci vzduchotechniky. V průběhu návrhu jsem dbala na co nejvyšší komfort všech, kdo se v budově vyskytují a především na dostatečné množství větracího vzduchu v nejužívanějších prostorech.

Zvláště jsem se zaměřila na multifunkční vstupní halu. S pomocí programu DesignBuilder jsem určila problematická místa v prvním řešeném návrhu, na základě kterých jsem vytvořila zcela nový projekt vzduchotechnických rozvodů.

Věřím, že jsem zpracovala výkresovou dokumentaci, jejíž realizací selepší vnitřní prostředí v budově, nenaruší se estetická stránka objektu a studenti, pedagogický sbor i široká veřejnost se zde budou cítit příjemně.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

KNIŽNÍ PUBLIKACE:

- GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. Praha: ERA group, 2007. ISBN 8073660918.
- PAPEŽ, Karel. *Energetické a ekologické systémy budov 2: vzduchotechnika, chlazení, elektroinstalace a osvětlení*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03622-8.
- DANIELS, Klaus. *Technika budov: Příručka pro architekty a projektanty*. 3. přeprac. vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 80-88905-63-X.

TECHNICKÉ NORMY A PRÁVNÍ PŘEDPISY:

- ČSN 12 7010 - Navrhování větracích a klimatizačních zařízení
- ČSN 73 0872 - Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- Vyhláška č. 108/2001 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení
- Vyhláška č. 410/2005 Sb. kterou se stanoví hygienické požadavky na prostory a provoz škol, předškolních zařízení a některých školských zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- Vyhláška č. 6/2003 kterou se stanoví hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb
- Vyhláška č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

FIREMNÍ MATERIÁLY, KATALOGY VÝROBCŮ:

- REMAK. *Http://www.remak.eu* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/navrh-profilu-vzduchotechnickeho-potrubi>
- REMAK. *Http://www.remak.eu* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.remak.eu/cs/vypocet-tlakove-ztraty-mistnim-odporem-ve-vzduchotechnice>

- PŘÍHODA: Vzduchové potrubí šité na míru. *Http://www.prihoda.com* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.prihoda.com/cs/vypocty>
- ATREA. *Http://www.atrea.cz* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/skoly>
- CIC: JAN HŘEBEC. *Http://www.cic.cz* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.cic.cz/ke-stazeni/>
- SYSTEMAIR. *Https://www.systemair.com* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://www.systemair.com/cz/Ceska/Products>
- LINDAB. *Http://www.lindab.com* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.lindab.com/cz/pro/about-lindab/business-areas/ventilation/Pages/default.aspx>

OSTATNÍ WEBOVÉ MATERIÁLY:

- ASB-portal.cz: odborný stavební portál. *Https://www.asb-portal.cz* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/tzb/vetrani-a-klimatizace/vetrani-akvalita-vnitriho-prostredi-vceskych-skolach>
- Tzb-info: stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov. *Http://vetrani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-skol/13662-vetrani-skol>
- GYMSTR. *Https://www.gymstr.cz* [online]. [cit. 2018-01-06]. Dostupné z: https://www.gymstr.cz/zakl_udaje

Pro vypracování diplomové práce byly použity také výukové materiály předmětu 125VKB – Větrání a klimatizace budov.

Pro vypracování výkresové části diplomové práce byly použity podklady formátu .dwg určené pro realizaci zateplení obvodového pláště.