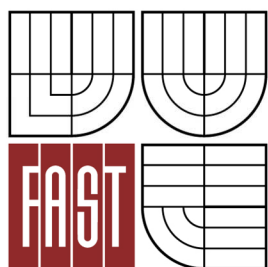




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ODSÁVACÍ VZDUCHOTECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PAVLA WERNEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ONDŘEJ ŠIKULA, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. PAVLA WERNEROVÁ
Název	Odsávací vzduchotechnická zařízení
Vedoucí diplomové práce	doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	11. 1. 2013
V Brně dne 31. 3. 2012	

.....
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

Zásady pro vypracování

A. Analýza tématu, cíle a metody řešení

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení

Návrh technického řešení ve 2 až 3 variantách v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

C2. Aplikace výpočetní techniky, experiment

Teoretické řešení úlohy, aplikace software pro modelování fyzikálních dějů, nebo aplikace experimentálního řešení

Předepsané přílohy

.....

doc. Ing. Ondřej Šikula, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

**LICENČNÍ SMLOUVA
POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO**

uzavře rá mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení:

Bytem:

Narozen/a (datum a místo):

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta

se sídlem

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty.

.....

(dále jen „nabyvatel“)

**Čl 1
Specifikace školního díla**

1. Předněm této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
 - diplomová práce
 - bakalářská práce
 - jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
- (dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: _____

Vedoucí školitel VŠKP: _____

Ústav: _____

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v¹:

- tištěné formě - počet exemplářů
- elektronické formě - počet exemplářů

¹ hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užit, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnožení.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy
 (z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VSKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....
Nabyvatel

.....
Autor

Abstrakt v českém jazyce

Diplomová práce se zabývá prouděním vzduchu v prostoru kuchyně rodinného domu. Cílem práce je srovnání a vyhodnocení výsledků získaných experimentálně na reálném objektu a simulací v odpovídajícím softwaru.

Klíčová slova v české jazyce

- mechanika tekutin, kuchyň, odsávací vzduchotechnická zařízení, GAMBIT, simulace proudění, CFD, FLUENT, experiment

Abstract

The Master's Thesis is dwelling on air flowing in kitchen space of a family house. The work points at the comparison and the evaluation of the results, which were obtained from an experiment in a real object and a simulation in right software.

Keywords

- fluid mechanics, kitchen, suction air conditioning equipment, GAMBIT, flux simulation, CFD, FLUENT, experiment

Bibliografická citace VŠKP

WERNEROVÁ, Pavla. *Odsávací vzduchotechnická zařízení*. Brno, 2013. 102 s., 54 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických
zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Ondřej Šíkula, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 3.1.2013

.....

podpis autora

Pavla Wernerová

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 3.1.2013

.....
podpis autora

Bc. PAVLA WERNEROVÁ

Obsah:

Úvod:	13
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....	14
1. Analýza zadaného tématu.....	15
2. Platná legislativa pro návrh větrání kuchyní	15
3. Cíl práce, zvolené metody řešení	19
4. Aktuální technická řešení v praxi.....	19
5. TEORETICKÉ řešení.....	22
6. Experimentální řešení.....	23
6.1 Návrh.....	23
6.2 Realizace	27
6.3 Zhodnocení	32
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....	34
7. Návrh technického řešení pro zadanou specializaci.....	35
8. Analýza objektu.....	35
9. Vstupní veličiny pro návrh zařízení	36
10. Výpočet potřebného tepelného výkonu dle čsn en 12831	37
11. Návrh JEDNOTLIVÝCH VARIANT	40
I. VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ BEZ ZVÝŠENÝCH NÁROKŮ NA ÚSPORU ENERGIE	42
12. Analýza problému.....	43
13. Návrh řešení.....	43
14. Závěr.....	45
II. VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ A OSTATNÍCH MÍSTNOSTÍ V DOMĚ ROVNOTLAKOU VĚTRACÍ JEDNOTKOU	46
15. Koncepce	47
16. Celkové množství distribuovaného vzduchu a návrh distribučních prvků.....	49
17. Dimenzování přívodních a odvodních větví, určení externí tlakové ztráty....	50
18. Návrh větrací jednotky	51
19. Posouzení hluku.....	52
III. VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ KUCHYNĚ A OSTATNÍCH MÍSTNOSTÍ V DOMĚ TEPLOVZDUŠNOU VYTÁPĚCÍ JEDNOTKOU	54
20. Koncepce	55
21. Návrh distribučních prvků	57
22. Dimenzování přívodních a odvodních větví, určení externí tlakové ztráty....	58
23. Návrh větrací jednotky	59

24.	Posouzení hluku.....	60
25.	Závěr – zhodnocení navržených variant.....	61
IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB.....		63
26.	Před rekonstrukcí.....	64
26.1	Zdravotechnika	64
26.2	Ústřední vytápění	64
27.	Stávající stav.....	64
27.1	Zdravotechnika	64
27.2	Ústřední vytápění	65
C. APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY		66
28.	Úvod	67
29.	Úvod do numerického modelování softwaru fluent	67
29.1	Interpolační schéma	69
29.2	Konvergence	69
29.3	Základní typy simulací.....	69
30.	Úvod do proudění tekutin	71
30.1	Fyzikální vlastnosti tekutin	71
30.2	Kinematická hlediska proudění.....	72
31.	Základní fyzikální zákony popisující proudění	73
31.1	Parciální diferenciální rovnice	74
31.2	Okrajové podmínky	75
32.	Tvorba výpočetní sítě	76
32.1	Kritéria pro posouzení kvality sítě.....	78
33.	Matematické modely proudění	79
34.	Aplikace problematiky na dané téma	81
35.	Model pro simulaci v softwaru fluent.....	81
36.	Výpočtové modely použité při řešení.....	82
37.	Okrajové podmínky modelu	82
38.	Řešené varianty.....	83
38.1	První varianta: Porovnání simulace s provedeným experimentem.....	84
38.2	Druhá varianta: Simulace proudění se zaměřením na průběh teplot v místě prostupu potrubí obvodovým zdívkem	89
38.3	Třetí varianta: Simulace proudění z hlediska přerozdělení vzduchu na přívodních otvorech.....	91
39.	Závěr.....	93
Seznam použité literatury		94

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	95
Seznam obrázků.....	97
Seznam tabulek.....	99
Seznam příloh.....	101
Použitý software.....	102
Použité webové stránky.....	103

ÚVOD:

Ústředním tématem zadané diplomové práce jsou odsávací vzduchotechnická zařízení. Toto téma je velice rozsáhlá oblast, ale pro účely mé práce byla zúžena pouze na odsávací zařízení použitá v rodinném domě, který slouží jako podklad pro řešení zadané problematiky.

Konkrétní řešení se vztahuje na návrh vhodného odsávacího zařízení, které zajistí komfort v prostoru kuchyně a zamezí degradaci materiálu způsobené kondenzací vodních par.

Návrhové varianty byly uvažovány pro původní nezateplenou budovu (varianta I)) a pro novou zateplenou (varianty II) a III)).

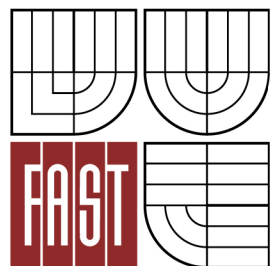
Hlavní požadavky na větrání objektu rodinného domu jsou následující:

- a) zamezit kondenzaci vodních par a tím možnosti vzniku plísní v rizikových prostorech,
- b) zamezit šíření oděru,
- c) odvedení znehodnoceného vzduchu,
- d) využití odpadního tepla na předehřev exteriérového vzduchu ve VZT jednotce z důvodu snížení energetické náročnosti budovy.

Přínosem pro zpracování tématu bylo i využití metod numerického modelování a technického experimentu. Experiment provedený na reálném experimentálním objektu umožnil verifikovat výsledky získané numerickou modelací na výpočtovém modelu. Se znalostí předchozích poznatků bylo v rámci zadání navrženo několik variant pro větrání prostoru kuchyně.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

1. ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU

Návrh větrání kuchyně v bytových stavbách je zjednodušen vlivem menšího množství technologie, která je ve velkokapacitních kuchyních podstatným zdrojem nežádoucích produktů, jako jsou pára, citelné teplo a oděry. Navzdory tomu i kuchyně v bytové výstavbě přináší některé zajímavé problémy k řešení.

Podstatou je jako u jiných prostorů řešení tepelných ztrát a tepelné zátěže. Větrání v kuchyni by mělo zajišťovat vhodnou teplotu v interiéru jak v zimním tak v letním období. Kuchyň i prostory WC a koupelny se obvykle větrají systémem podtlakovým nebo rovnotlakým, aby nedocházelo k šíření pachů a vlhkosti v interiéru. Větrací vzduch je přísáván z okolních pokojů, kam je dopravován vzduch čerstvý upravený ve VZT zařízení.

Aby bylo dosaženo vhodného stavu mikroklimatu, je také nutné navrhnout účinný systém odvodu znehodnoceného vzduchu. Nejpoužívanějším prvkem jsou digestoře. Digestoře je vhodné umísťovat nad varné centrum. Při návrhu odsávacího zařízení je nutné myslet i na rozmístění jednotlivých spotřebičů. Je vhodné tato zařízení seskupovat do celků, a následně odvádět nežádoucí produkty vznikající při vaření společným odtahem. Výhodné je tedy pod varnou desku umístit i troubu, jenž je také zdrojem nežádoucích produktů. Tak budou zajištěny nejpříznivější podmínky pro odvod vzduchu.

Další požadavky na kvalitu vnitřního prostředí jsou estetické hledisko, hlučnost digestoře a ekonomické aspekty. Hlučnost provozu digestoře výrazně ovlivňuje pohodu a je nutné na ni myslet už při návrhu VZT jednotky. Z hlediska ekonomiky je vhodné využití odpadního vzduchu z kuchyně.

Návrh podléhá normativním a legislativním požadavkům. Související požadavky jsou uvedeny v kapitole A.2.

Řešení této práce vycházelo ze zvýše zmíněných požadavků na interní mikroklima a z požadavků normativních a legislativních.

2. PLATNÁ LEGISLATIVA PRO NÁVRH VĚTRÁNÍ KUCHYNÍ

Požadavky pro nutnost větrání kuchyní uváděla vyhláška č. 137/1998 Sb. o obecných technických požadavcích na výstavbu, která byla nahrazena vyhláškou č. 268/2009 Sb. Daná vyhláška udává požadavky na větrání a denní osvětlení obytných místností. Konkrétně se vyhláška zmiňuje, že prostory pro vaření, spíže, komory na uskladnění potravin musí být

účinně odvětrávány (část třetí, § 11). Zařízení VZT musí být instalována tak, aby byl omezen přenos hluku a vibrací a stejně musí být provedeno vzduchotechnické instalační potrubí (část třetí, § 14). U větších objektů, které tvoří více požárních úseků, musí být VZT potrubí procházející těmito úseky opatřeno požárními klapkami s danou normovou požární odolností. Konkrétně u kuchyňských provozů je nutné toto opatření provést, protože při odvádění interiérového vzduchu z kuchyně dochází k ulpívání aerosolů tuků na stěnách odvodního potrubí, které tímto zvyšují požární riziko. Z hlediska vzduchotechnického zařízení v budovách hovoří vyhláška následovně: „Vzduchotechnické zařízení musí zajistit takové parametry vnitřního ovzduší větraných prostorů, aby vyhovělo hygienickým a technologickým požadavkům. Jeho provoz musí být bezpečný hospodárný, nesmí ohrožovat životní prostředí a zdraví osob nebo zvířat. Vzduchotechnické zařízení musí umožnit požadované pravidelné čištění a údržbu. Nastává-li při dopravě vzduchu s vysokým obsahem vodních par nebezpečí kondenzace, musí být vzduchovod vodotěsný, provedený ve spádu a opatřen odvodněním. VZT zařízení v provozech s velkou intenzitou výměny vzduchu musí mít zajištěno zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu s ověřenou dostatečnou účinností. Výfuk odpadního vzduchu musí být proveden tak, aby neobtěžoval a neohrožoval okolí. Výdechy odpadního vzduchu musí být vzdáleny nejméně 1,5 m od nasávacích otvorů venkovního vzduchu, východů z chráněných únikových cest, otvorů pro přirozené větrání chráněných, popřípadě částečně chráněných únikových cest a 3 m od nasávacích a výfukových otvorů sloužících nucenému větrání chráněných únikových cest. U budov s klimatizačním systémem se musí doložit jejich dostatečná tepelná stabilita v letním období a využití jiných ekonomicky vhodných technických, možností chlazení budovy. Tepelná stabilita klimatizovaných místností je dána normovými hodnotami.“ (část pátá, § 37)

Následně uvedené zákony se zabývají hodnocením kvality vnitřního prostředí – větráním vnitřních prostor, limity fyzikálních, chemických a biologických faktorů:

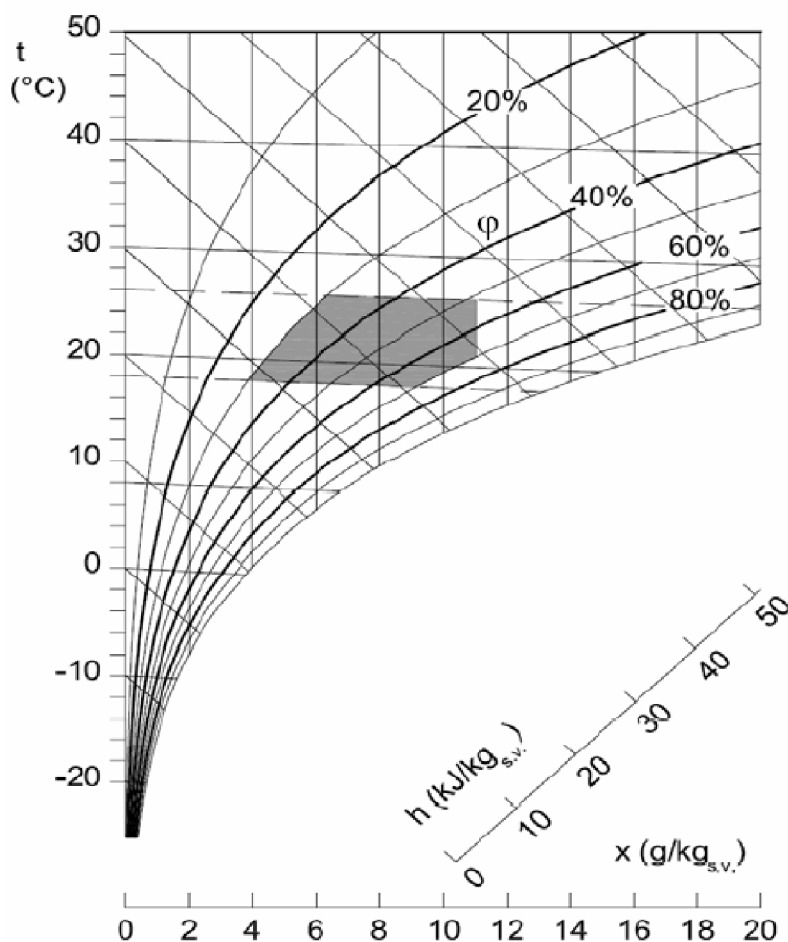
- Stavební zákon (č. 183/2006 Sb.) a jeho prováděcí vyhláška č. 137/1998 Sb. stanovují obecné technické požadavky na výstavbu.
- Zákon č. 20/1966 Sb. o zdraví lidu v novelizovaném znění zákona č. 86/1992 Sb.
- Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví.
- Zákon č. 262/2006 Sb. (zákoník práce).
- Zákon č. 309/2007 Sb. – úpravy dalších požadavků na bezpečnost a ochranu zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnostech nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy.

Obecně dané zákony dále upravují příslušné prováděcí předpisy:

- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. o podmínkách ochrany zdraví při práci.
- Vyhláška MZ č. 137/2004 Sb. o hygienických požadavcích na stravovací služby a o zásadách osobní a provozní hygieny při činnostech epidemiologicky závažných ve znění vyhlášky č. 602/2006 Sb.

Teplota vzduchu v kuchyni by neměla klesnout pod 18 °C a v rámci provozních možností by neměla překročit 26 °C. Výjimku překročení teploty nad 26 °C lze tolerovat v případě krátkodobého sezónního překročení teploty. Přípustné rozmezí teplot je dané typem kuchyňského prostoru:

Jako optimální relativní vlhkost je uvažováno rozmezí 55 – 80 %, která odpovídá teplotnímu rozpětí (20 – 26 °C).



Obr. 1 Doporučená oblast stavu vzduchu v kuchyni (zdroj: www.fsid.cvut.cz)

Teplota vzduchu (°C)	Relativní vlhkost (%)
20	80
22	70
24	62
26	55

Tab. 1 Maximální relativní vlhkost vzduchu v oblasti pobytu (zdroj: www.fsid.cvut.cz)

Konečné stanovení množství větracího vzduchu se odvíjí od množství odváděných škodlivin – aerosoly, plyny, páry. Kromě aerosolů tuků a páry je další škodlivinou vznikající v kuchyni oxid uhličitý CO₂. CO₂ může v malých koncentracích způsobit nevolnosti, ve vyšších, ztrátu vědomí. Hlavním producentem karbidu jsou kromě lidí varná plynová centra, která spadají do třídy plynových spotřebičů A, které vzduch na spalování zemního plynu (CH₄) odebírají z místnosti a zároveň spaliny (CO₂, H₂O) uvolňované hořením odvádí také do místnosti případně plynový spotřebič typu B, jehož spaliny se odvádí kouřovodem. Dále by měl přírodní vzduch eliminovat tepelnou zátěž (produkce latentního a citelného tepla) vznikající provozem varných zařízení. Pokud jsou v kuchyni instalována plynová zařízení typu A, je nutné větrání řešit jako přetlakové tak, aby měla tato zařízení dostatek spalovacího vzduchu.

Typ prostředí	Předpis	Množství přiváděného vzduchu
Stravování	vyhláška č. 137/2004 Sb.	min 50/60/70/100/150 m ³ /h na zaměstnance i konzumenta
	č. 602/2006 Sb.	ruší požadavky na větrání bez náhrady
Bytové stavby, byty	není předpis ČSN 73 0540 ČSN 73 4301	požadavky nejsou 0,3 – 0,6 h ⁻¹

Tab. 2 Předpisy a požadavky na množství přiváděného vzduchu

Následující tabulka uvádí požadavky na větrání kuchyní, koupelen a WC v nízkoenergetických domech platné v zahraničí v porovnání s našimi předpisy.

Předpis	Kuchyně		Koupelny		WC	
	[m ³ /h]	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[h ⁻¹]	[m ³ /h]	[h ⁻¹]
DIN 18017/3	-	-	40 - 60	-	20 - 30	-
DIN 1946/6	40 - 60	-	40 - 60	-	20 - 30	-
ECE Compendium	36 - 180	-	36 - 180	-	-	-
BSF 199838	36 - 54	-	36 - 108	-	36	-
ČR	100 - 150	≥ 3	60	3 - 5	25	3

Tab. 3 Požadavky na množství přiváděného vzduchu do kuchyní, koupelen a WC (zdroj: <http://www.atrea.cz/sk/vyznam-vetrani-budov>)

Kuchyně jsou největším producentem vlhkosti v domě. Informační hodnoty vývinu vlhkosti v prostorách rodinných domů uvádí tabulka č.5.

Zdroj vodní páry	Produkce vodní páry [g/h]
koupele ve vaně	700
koupele se sprchou	2 600
vaření - teplá jídla	600 - 1 500
vaření - denní průměr	100
sušení prádla - odstředěné pračkou	50 - 200
sušení prádla - mokré, kapající	100 - 500
pračka	300
žehlení prádla	200

Tab. 4 Produkce vodní páry (zdroj: <http://www.atrea.cz/sk/vyznam-vetrani-budov>)

3. CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ

Cílem práce bylo navrhnout hospodárné a funkční řešení. Navržené řešení má zaručit tvorbu vhodného mikroklimatu tak, aby byla zaručena vhodná vnitřní teplota, kvalita vzduchu a odvod znehodnoceného vzduchu. Při tvorbě řešení byly využity metody numerického modelování s využitím diskretizace a experiment ověřující reálnost výsledků získaných zmíněnou numerickou modelací. Řešení se také opírá o běžně užívané empirické vztahy a znalosti a o doporučení výrobců použitých zařízení.

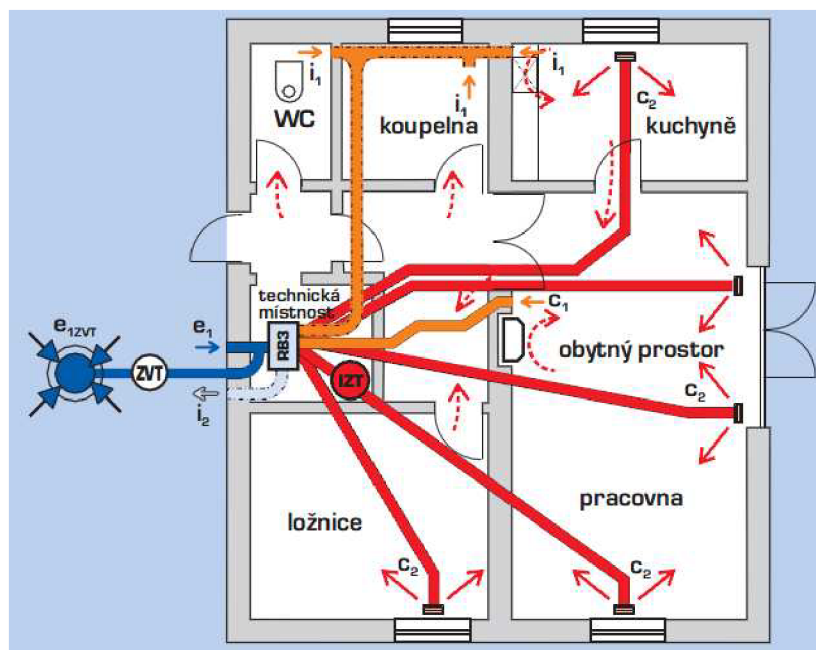
4. AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI

Při návrhu vhodného řešení pro nízkoenergetické domy (NED) se vychází z funkčnosti a ekonomiky provozu. Protože se pro tvorbu vnitřního mikroklimatu navrhuje zařízení nákladná, je nutné pro udržitelnou návratnost využívat odpadní teplo, které je možné

zúžitkovat v zařízení zpětného získávání tepla. Jakékoli tepelné ztráty např. větráním jsou totiž pro NED výrazné.

Systém větrání je obvykle centrální s jednotkou s rekuperací pro celý objekt. Mezi možnosti jaký systém volit patří teplovzdušné vytápění nebo nucené větrání. Teplovzdušné vytápění, které lze využívat bez cirkulačního vzduchu nebo s cirkulačním vzduchem, zajišťuje pokrytí tepelných ztrát obálkou budovy i větráním bez dalšího zdroje např. sálavého vytápění. Nucené větrání zajišťuje úpravu vzduchu pouze pro větrání, nepokrývá tepelné ztráty obálkou budovy. Tyto tepelné ztráty jsou pokryty zdrojem vytápění, obvykle se volí sálavé panely, otopná tělesa. Aby se předešlo námraze na zařízení ZZT přivádí se čerstvý exteriérový vzduch přes zemní výměník.

Z jednotky je větrací vzduch dopravován do požadovaných místností i do kuchyně. Pokud se v kuchyni nevaří, probíhá standardní výměna vzduchu. Při přípravě jídel se spustí nárazové větrání, odváděný vzduch proudí přes cirkulační digestoř vybavenou filtry. Takto upravený vzduch se přes odsávací mřížku umístěnou v kuchyni přivádí do větrací jednotky, kde prochází přes rekuperační jednotku viz obr.3.

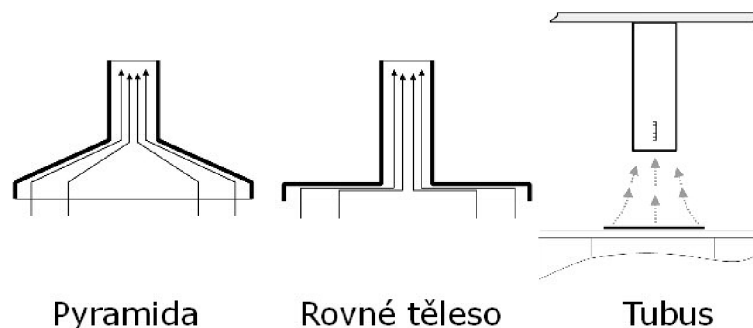


Obr. 2 Systém větrání s cirkulačním vzduchem a cirkulační kuchyňskou digestoří (zdroj: www.atrea.cz)

Při návrhu je vhodné vycházet z projekčních standardů, které vychází ze zkušeností provozování vzduchotechnických zařízení a ekonomie provozu. Podstatným bodem návrhu je volba dostatečného množství větracího vzduchu. Naše norma ČSN 060210 udává intenzitu

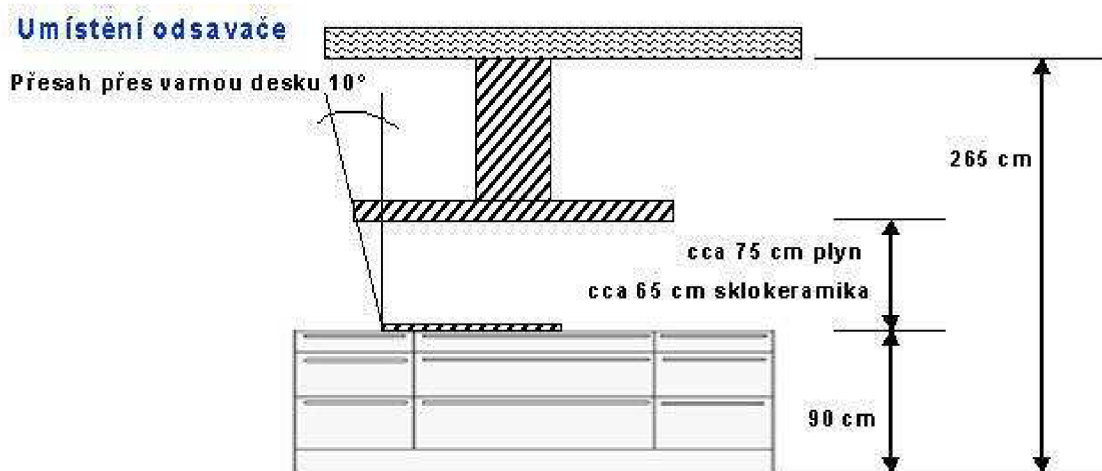
výměny vzduchu $0,5 \text{ h}^{-1}$ pro obytné místnosti a konkrétně pro kuchyně se udává intenzita výměny $\geq 3 \text{ h}^{-1}$. Toto jsou hodnoty vhodné pro byt, ale pro větší rodinné domy s obsazeností obvykle max. 4 osobami je množství vzduchu neekonomické. Při základním větrání je vhodné vycházet z hodnoty $19 \text{ m}^3/\text{h}$, která odpovídá 1200 až 1500 ppm (tj. 10-15% nespokojených). Dále je vhodné dodržovat příčný obraz proudění vzduchu v místnosti s respektováním gradace koncentrací škodlivin. Při instalaci plynových sporáků v kuchyních je nutný pro odvod CO_2 větrací objem až $350 \text{ m}^3/\text{h}$, to objem vzduchu, který nejsou jednotky schopné zajistit. Proto je vhodnější do kuchyní instalovat elektrospotřebiče s úspornými technologiemi pro ohřev. Pro návrh cirkulačních digestoří je nutné vycházet z aspoň 6-ti násobné intenzity výměny vzduchu, to znamená v běžných podmínkách $350\text{-}500 \text{ m}^3/\text{h}$ objemu vzduchu. Cirkulační digestoře je nutné volit s tukovými filtry a uhlíkovými filtry pro zachycování odérových složek. [7]

Při výběru digestoře je nutné dbát na výběr tvaru. Na trhu existuje poměrně široká nabídka tvarů. Ne všechny jsou ale vyhovující. Vhodnou variantou je volba digestoře ve tvaru pyramidy. U jiných typů mohou být zmenšené sací otvory, což zvyšuje rychlost proudění a následně zvýšit hlučnost digestoře.



Obr. 3 Typy tvarů kuchyňských odsavačů par do kuchyní v domácnostech

Při návrhu odsavače par se také zohledňuje jeho poloha vůči technologii pro vaření. Digestoř by měla přesahovat přes hranu varného centra a její výška by měla být zvolena dle typu sporáku (plyn, sklokeramika). Konkrétní dispozici znázorňuje obrázek 4.



Obr. 4 Umístění digestoře z hlediska typu a polohy technologie pro vaření

5. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ

Tato kapitola se bude zabývat popisem základních fyzikálních dějů probíhajících v prostoru kuchyně při vzniku nežádoucích produktů vařením a při odvětrání.

Všechny fyzikální děje závisí na fyzikálních vlastnostech látek, které se zkoumaných dějů zúčastňují. Mezi nejvýznamnější děj patří vznik vodní páry, oděrů a tukových aerosolů a také proudění. V této kapitole bude zjednodušeně vysvětlen var a v rámci tohoto děje uvolňování vzniklé páry.

Var probíhá při zahřívání kapaliny nad teplotu varu. Nejvýhodnější typ varu je var bublinkový. Dochází k němu vlivem lokálních nerovností na dnu nádoby. V těchto místech dochází ke zvýšení tepelného toku, kapalina se vypaří a vznikne bublina syté vodní páry, která se odtrhne ode dna a vlivem vztlakové síly uniká na povrch. K tomuto stavu dochází, pokud se tlak syté páry v bublině rovná tlaku vnějšímu. Bublina se postupně zvětšuje z důvodu klesající hodnoty hydrostatického tlaku. K odparu kapaliny dochází i na hladině. Protože kapalinu opouští nejrychlejší molekuly, klesá střední kinetická energie kapaliny. Toto snížení střední rychlosti má za následek pokles teploty kapaliny. Uvolněná pára postupně difunduje do okolí. Pokud není vodní pára odsávaná, dochází ke zpomalení varu. Při vaření vznikají i heterogenní směsi tuků a plynu-aerosoly. Aerosoly tuků ulpívají na kuchyňském zařízení a ve velkých kuchyních zvyšují riziko úrazu. Nepříznivé je i jejich ulpívání ve vzduchovodech a na výměnících VZT jednotek, čímž snižují jejich účinnost. Aerosoly se odstraňují filtrací.

Větrání souvisí i s pohybem tekutin. Pokud není vzduch odsáván, pohybují se tekutiny volným prouděním pouze vlivem vztakových sil s malým přestupem tepla. Pro popis tohoto děje se uplatní následující podobnostní kritéria. Grashofovo kritérium popisuje volné proudění vlivem rozdílu teplot. Prandtlovo kritérium vychází z fyzikálních vlastností tekutiny. Reynoldsovo kritérium popisuje vliv proudění na přestup tepla [5]. Při řešení proudění se vychází z diferenciálních nebo integrálních rovnic vyjádření zákona o zachování hmotnosti, druhého Newtonova pohybového zákona a pohybové rovnice. Zákon zachování hmotnosti vyjadřuje rovnice kontinuity (platí pro pevný kontrolní objem). Druhý Newtonův zákon zase postihuje zákon zachování energie Rovnice kontinuity pro 3D:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = - \left[\frac{\partial(\rho w_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho w_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w_z)}{\partial z} \right]$$

Rovnici pohybovou charakterizuje Navie-Stokesova rovnice pro nestlačitelné a neustálené proudění (složkový zápis):

$$\frac{\partial u_i}{\partial \tau} + \frac{\partial(u_i u_j)}{\partial x_j} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + f_i$$

[10].

Výše uvedené rovnice jsou běžným výpočtem neřešitelné. Vhodným řešením jsou numerické metody.

6. EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ

Experiment byl proveden pro simulaci proudění par v prostoru kuchyně. Jedná se o informační experiment, jehož výsledkem jsou potřebné informace pro následné řešení výpočtovým modelováním a konečné řešení problému v prostoru kuchyně. Experiment byl proveden ve čtyřech na sebe navazujících krocích:

6.1 Návrh

Cílem experimentu je provést simulaci proudění vodních par v prostoru kuchyně. Experimentální objekt je varné centrum. Dalším krokem je výběr záznamové techniky a techniky k realizaci pokusu.

Záznamová technika:

- Fotoaparát Canon EOS 1000D EF 18-55 mm (fotografická dokumentace pokusu)

- Fotoaparát Canon Ixus 80 IS (videozáznam pokusu)
- Fotoaparát Canon PowerShot A 800 (videozáznam pokusu)
- Stativ Velbon CX 200

Technika použitá k realizaci pokusu:

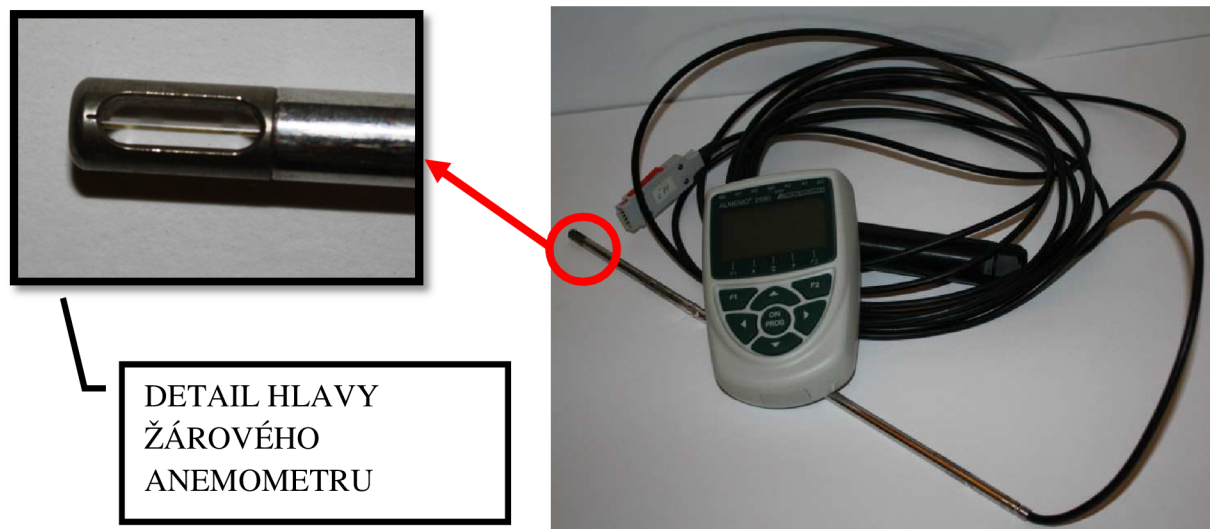
- Odsavač par Best K39S S9 (230-240 V~50 Hz; výkon motoru 130 W, manuální regulace otáček)

Technika použitá k simulaci vývinu páry:

- Generátor kouře

Technika použitá k měření rychlosti v potrubí odvádějící vzduch z kuchyně:

- Žárový anemometr AHLBORN SYSTÉM ALMEO FV A935-TH5K2
- Datová stanice AHLBORN ALMEMO 2590-2/-3S/43



Obr. 5 Žárový anemometr

Postup sestavení generátoru kouře:

Zařízení bylo sestaveno pro účely experimentu tak, aby co nejvíce odpovídalo reálné situaci. Hlavním důvodem volby tohoto zařízení byly nízké náklady a snadná regulovatelnost produkce kouře. K sestrojení generátoru jsou potřebné následující komponenty:



Obr. 6 Komponenty nutné k výrobě generátoru kouře

1. akumulátor gelový CB12AL-A2 (12 V, 12 Ah, 165 A),
2. bavlněný knot do petrolejových lamp,
3. odporový drátek z vysoušeče vlasů (slitina kanthal),
4. dětský olej,
5. elektrický vodič,
6. nádoba, do které se vloží odporový drát s knotem,
7. hrnec, do kterého byl generátor kouře umístěn.

Postup:

a) Komponenty 2 + 3 + 5

Odporový drát se obtočí kolem kousku bavlněného knotu, poté se drát spojí s elektrickým vodičem.



Obr. 7 Krok 1

b) Komponenty 2 + 3 + 4 + 5 + 6

Do sklenice nalijeme takové množství oleje, aby jej knot, který do ní vložíme i s odporovým drátkem, nasál v dostatečném množství.



Obr. 8 Krok 2

c) Komponenty 1+2+3+4+5+6+7

Generátor vložíme do hrnce, aby byla modelová situace co nejbližší reálu. Jeden z konců elektrického vodiče připevníme k pólu na akumulátoru. Druhý z konců ponecháme volně.



Obr. 9 Krok 3

d) Kouř vytváříme přerušovaným kontaktem vodiče s pólem akumulátoru.



Obr. 10 Tvorba vývinu kouře

6.2 Realizace

Pokus byl proveden na experimentálním objektu EO (reálném objektu), tzn. na varném centru posuzované kuchyně. Předpokladem pro měření byl standardní průběh proudění, který odpovídá reálným podmínkám při provozu kuchyně.



Obr. 11 Vývin páry bez sepnutého odsávání - čelní pohled



Obr. 12 Vývin páry se sepnutým odsáváním na nejvyšší otáčce- čelní pohled

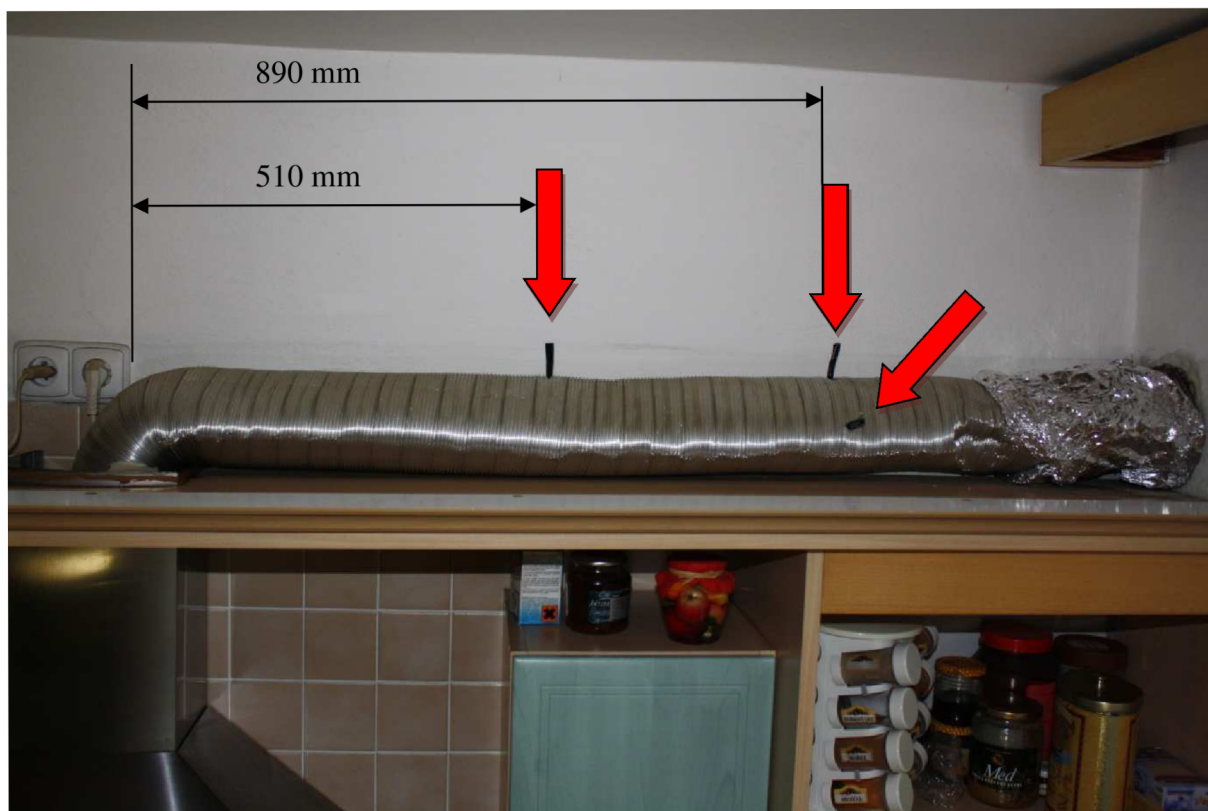


Obr. 13 Vývin páry bez sepnutého odsávání



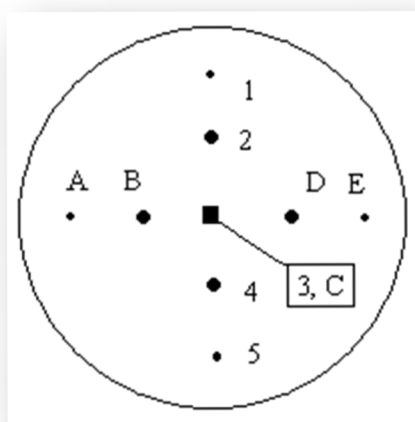
Obr. 14 Vývin páry se sepnutým odsáváním

Pro potřeby simulace bylo nutné provést měření rychlosti vzduchu v potrubí. Z výsledných hodnot rychlosti byl pomocí ekvivalentních průřezů stanoven objemový průtok vzduchu, který digestoř odsává. Hodnoty rychlosti byly naměřeny v těchto bodech po délce potrubí (viz Obr. 13):



Obr. 15 Rozmístění měřících bodů po délce potrubí

Rozmístění měřících bodů v průřezu potrubí:



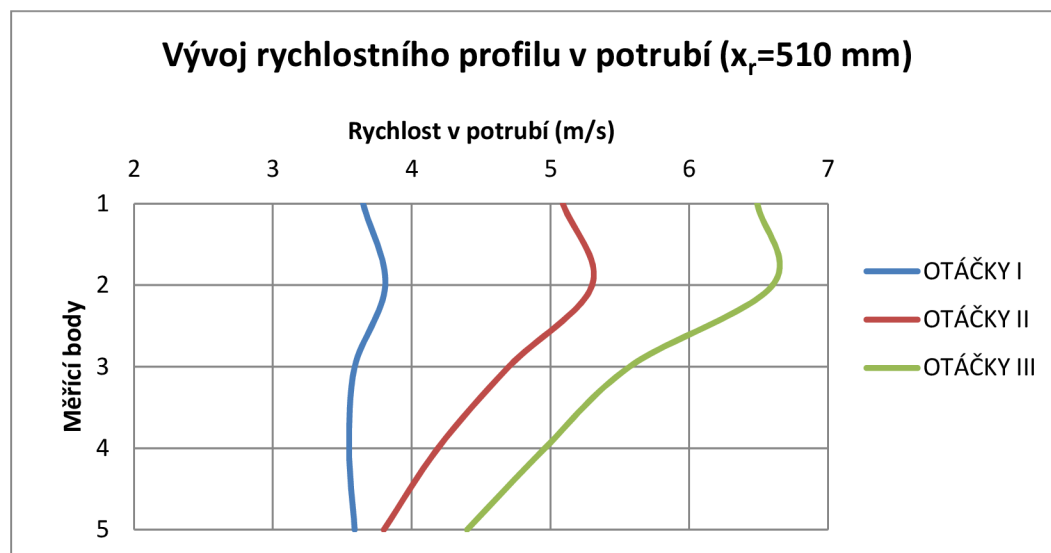
Obr. 16 Rozložení měřících bodů v průřezu potrubí

Získané naměřené hodnoty a jejich grafické vyjádření znázorňující vývin rychlostního profilu v potrubí:

SVISLÝ SMĚR

POZICE/RYCHLOST ODSÁVÁNÍ	OTÁČKY I	OTÁČKY II	OTÁČKY III
1	3,65	5,09	6,49
2	3,81	5,3	6,6
3	3,59	4,7	5,57
4	3,55	4,19	4,96
5	3,59	3,8	4,4

Tab. 5 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 510 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 – svislý směr

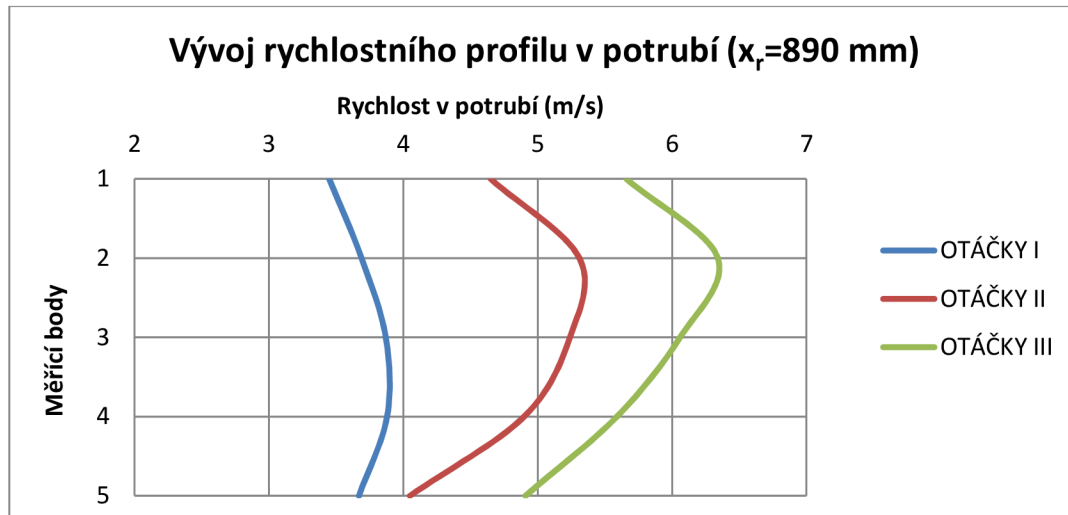


Obr. 17 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve svislém směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 510 mm

Měření ve vzdálenosti 890 mm

POZICE/RYCHLOST ODSÁVÁNÍ	OTÁČKY I	OTÁČKY II	OTÁČKY III
1	3,45	4,65	5,66
2	3,69	5,31	6,34
3	3,87	5,24	6,06
4	3,88	4,9	5,59
5	3,67	4,05	4,91

Tab. 6 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 890 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 – svislý směr



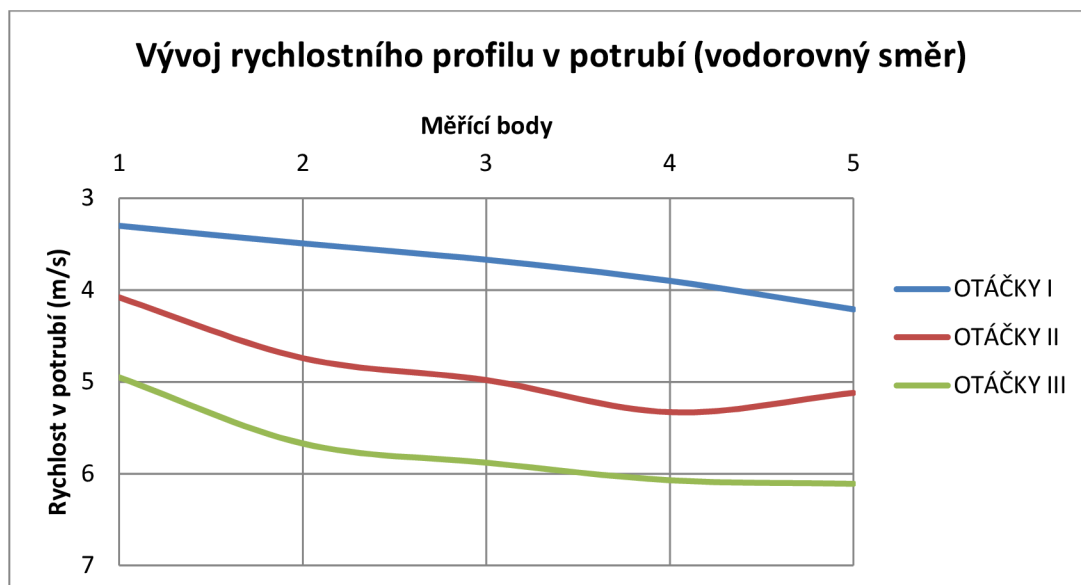
Obr. 18 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve svislém směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 890 mm

VODOROVNÝ SMĚR

Měření ve vzdálenosti 890 mm

POZICE/RYCHLOST ODSÁVÁNÍ	OTÁČKY I	OTÁČKY II	OTÁČKY III
A	3,3	4,08	4,95
B	3,49	4,74	5,67
C	3,67	4,98	5,88
D	3,9	5,33	6,07
E	4,21	5,12	6,11

Tab. 7 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 890 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 - vodorovný směr



Obr. 19 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve vodorovném směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 890 mm

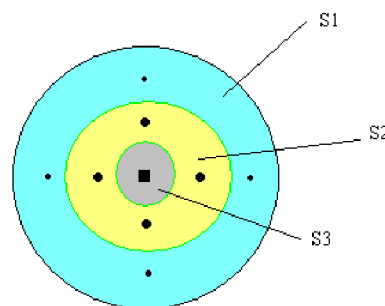
Z grafů je patrné, že ani ve vzdálenosti 890 mm od změny směru proudění nedošlo k ustálení rychlostního profilu. Je to způsobeno deformacemi potrubí při montáži, kdy vznikly na povrchu prohlubně, které ovlivňují proudění.

Stanovení objemového průtoku pomocí ekvivalentního průřezu:

	OTÁČKY I	OTÁČKY II	OTÁČKY III
v_1 (m/s)	3,56	4,35	5,285
v_2 (m/s)	3,785	5,105	5,965
v_3 (m/s)	3,87	4,7	5,57
S_1 (m ²)	0,0079		
S_2 (m ²)	0,0039		
S_3 (m ²)	0,0005		
Q_1 (m ³ /s)	0,028	0,034	0,042
Q_2 (m ³ /s)	0,015	0,020	0,023
Q_3 (m ³ /s)	0,002	0,002	0,003
Q (m ³ /h)	161,007	203,472	243,604

Vychází z rovnice kontinuity:

$$Q=S*v, \Sigma Q=S_i*v_i$$



Obr. 20 Ekvivalentní plochy

Výsledný objemový průtok vzduchu potrubím získaný součtem objemových průtoků jednotlivých ekvivalentních ploch

Tab. 8 Přehled celkových rychlostí a průtoků pro zvolené otáčky v jednotlivých ekvivalentních plochách

Objemový průtok vzduchu proudící potrubím na nejvyšší stupeň otáček je 243,604 m³/h.

6.3 Zhodnocení

Z provedeného experimentu vyplývá, jak se chová proudění kouře v závislosti na užití nuceného odsávání. Bez odsávání kouř vlivem vztlakových sil stoupá směrem ke stropu. Z bočního pohledu lze vidět akumulaci kouře pod dolní částí digestoře a její následné přelévání přes hranu směrem ke stropu. Dále jsou z obrázku 11 patrné lokální turbulence, které jsou ovlivněny rychlostí proudícího kouře, vnitřním třením a smykovým napětím. Na obrázku 12 je znázorněno odsávání na nejvyšší stupeň otáček. Dle tohoto obrázku je patrné,

že veškerý kouř je nasáván digestoří. Lze tedy říci, že daná digestoř je pro daný prostor odpovídající a zajišťuje dostatečný odvod znehodnoceného vzduchu.

Z další části experimentu, měření rychlosti, bylo zjištěno, že na nejvyšší stupeň otáček odsává digestoř z místnosti $243,6 \text{ m}^3/\text{h}$ znehodnoceného vzduchu. Tato hodnota byla dále využita při simulaci v softwaru Fluent.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

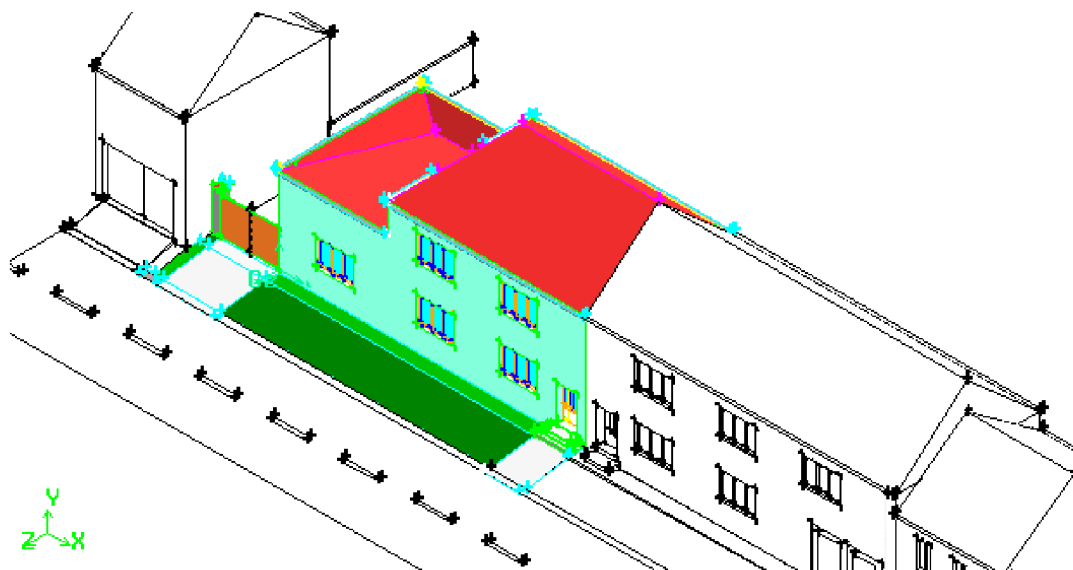


FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

7. NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ PRO ZADANOU SPECIALIZACI



Obr. 21 Pohled na řešený rodinný dům (modelace v softwaru GAMBIT)

8. ANALÝZA OBJEKTU

Zadané téma bylo aplikováno na dvoupatrový rodinný dům v uliční zástavbě. Jde o budovu energeticky náročnou s tepelnou ztrátou 10,5 kW. Dům je vytápěn pomocí litinových otopných těles. Zdrojem tepla je peletkový kotel umístěný v kotelně, který přiléhá k budově. Větrání objektu se provádí nárazově otevřenými okny. Kuchyň je odvětrávaná digestoří s vývodem na fasádu objektu.

Tématem diplomové práce jsou odsávací vzduchotechnická zařízení. Jak bylo uvedeno v úvodu, práce cílí konkrétně na odsávací zařízení v kuchyni. V požadavcích na řešení diplomové práce je návrh 2-3 variant technického řešení. Protože řešení prostoru kuchyně v rodinném domě je užší téma, vypracovala jsem dvě varianty, které zahrnují i návrh zařízení pro celý rodinný dům. Dle výše uvedeného textu byly navrženy tři varianty technického řešení.

První varianta se vztahuje na původní stav budovy, kde je problematický odtah vzduchu z kuchyně do exteriéru. Zbylé varianty se vztahují na nový (navrhovaný) stav domu, kdy je dům po zateplení obvodových konstrukcí a spadá do nízkoenergetického standardu. Pro nízkoenergetický standard byly proto navrženy odpovídající zařízení pro větrání domu.

Z hlediska stínění budovou přes ulici a stínění stromy před objektem byla zanedbána tepelná zátěž objektu.

9. VSTUPNÍ VELIČINY PRO NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Výpočtové hodnoty klimatických veličin:

- Nadmořská výška: $H=226\text{ m}$,
- Tlak vzduchu: $p=98,7\text{ kPa}$,
- Teplota vzduchu (zima): $\theta_{ez}=-15\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Roční průměrná venkovní teplota: $\theta_{np,e}=12\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Průměrná venkovní teplota: $\theta_{m,e}=3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Teplota vzduchu (léto): $\theta_{el}=29\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- Počet topných dnů: $d=220$,
- Entalpie v letním období: $h_{el}=56,2\text{ kJ/kg}$.

Požadavky na vnitřní mikroklima :

místnost	podlaží	vnitřní výp. teplota	plocha	objem	relativní vlhkost	množství větracího vzduchu V (m^3/h)
		$\theta_{\text{int},i}$ ($^{\circ}\text{C}$)	S (m^2)	V (m^3)	φ (%)	
obývací pokoj 1	1.NP	20	22,4	60,5	50,0	75
obývací pokoj 2		20	19,2	51,8	50,0	75
kuchyň		20	15,4	41,6	55,0	60
úklidová místnost		20	15,7	42,3	-	40
spíž		18	2,3	6,1	-	25
koupelna		24	4,8	13,0	-	60
WC		20	1,8	4,9	-	25
chodba		20	24,4	65,9	-	15
ložnice	2.NP	20	18,6	50,22	50	50
dětský pokoj		20	16,0	43,2	50,0	50
koupelna		24	4,4	11,9	-	60
WC		20	1,8	4,86	-	25
chodba		20	25,2	68,1	-	15
šatna		20	5,4	14,6	-	15

Tab. 9 Přehled požadavků na vnitřní mikroklima místností a jejich plochy, objemy

10. VÝPOČET POTŘEBNÉHO TEPELNÉHO VÝKONU DLE ČSN EN 12831

Skladby obvodových konstrukcí tvořících obálku budovy po zateplení a jejich hodnoty součinitele prostupu tepla:

OBVODOVÉ ZDIVO

skladba	d (mm)	λ (W/(m*K))	R (m ² *K/W)
vápennocementová om.	20	0,99	0,02
zdivo-CPP	450	0,8	0,56
tep.izolace (ETICS)	140	0,04	3,59
U_{celk.} (W/(m²*K))			0,23

Tab. 10 Skladba obvodového zdiva s uvedenými materiálovými vlastnostmi

PODLAHA NA ZEMINĚ

skladba	d (mm)	λ (W/(m*K))	R (m ² *K/W)
keramická dlažba	15	1,23	0,01
litý samonivelační potěr	40	0,21	0,19
tepečná iz. EPS 200	50	0,037	1,35
separační vrstva		0,35	0,00
tepečná iz. EPS 100	100	0,037	2,70
hydroiz. Bitagit 40 AL	4	1,2	0,00
podkladní beton	150	1,01	0,15
U_{celk.} (W/(m²*K))			0,33

Tab. 11 Skladba podlahy na zemině s uvedenými materiálovými charakteristikami

STROP

skladba	d (mm)	λ (W/(m*K))	R (m ² *K/W)
sádkarton	12,5	0,22	0,06
instalační prostor+TI (Airock LD)	40	0,04	0,98
parotěsná folie (Jutafol N AL 170)		0,39	0,00
trám 160/240+TI (airock LD)	240	0,04	5,85
záklop	26	0,18	0,14
násyp (škvára)	50	0,27	0,19
beton	30	1,23	0,02
U_{celk.} (W/(m²*K))			0,19

Tab. 12 Skladba stropní konstrukce s uvedenými materiálovými charakteristikami

Přehled tepelných ztrát prostupem:

	místnost	$H_{T,ie}$	$H_{T,ig}$	$H_{T,ij}$	$H_{T,iue}$	$\theta_{int,i}$	θ_e	$\Phi_{T,i}$
1.NP	ob. pokoj 1	9,00	5,39	0,00	0,00	20,00	-	503,60
	ob. pokoj 2	6,44	5,39	0,00	0,00	20,00		414,09
	kuchyně	5,83	5,39	0,00	0,00	20,00		392,92
	úklid. místnost	8,34	5,39	-1,24	0,00	20,00		437,10
	koupelna	1,90	6,00	2,29	0,00	24,00		397,45
	WC	0,88	5,39	-1,24	0,00	20,00		176,07
	spíž	1,04	5,03	-1,79	0,00	18,00		141,23
	chodba	7,14	5,39	1,22	0,00	20,00		15,00
2.NP	ložnice	6,27	0,00	0,00	2,58	20,00	309,91	
	dětský pokoj	5,92	0,00	0,16	1,37	20,00	260,70	
	šatna	0,80	0,00	-1,22	0,46	20,00	1,50	
	koupelna	1,79	0,00	2,31	0,99	24,00	198,41	
	WC	0,78	0,00	0,00	0,15	20,00	32,70	
	chodba	7,62	0,00	-1,34	2,46	20,00	305,77	

Tab. 13 Přehled tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti

$H_{T,ie}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy (W/K)

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy (W/K)

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu (W/K)

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem (W/K)

$\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem tepla (W)

Přehled tepelných ztrát větráním:

	V_i (m ³)	n_{50}	e_i	ϵ_i	V_{inf} (m ³ /h)	$V_{i,pož.}$ (m ³ /h)	f_{vi}	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{mech,inf,i}$ (m ³ /h)	V_i (m ³ /h)	$H_{V,i}$ (W/K)	$\Phi_{V,i}$
obývací pokoj 1	60,48	7	0	1	16,93	60	0,00	75,00	0,00	16,93	5,76	201,52
obývací pokoj 2	51,84				14,52	60	0,00	75,00	0,00	14,52	4,94	172,73
kuchyň	41,58				11,64	60	0,00	60,00	0,00	11,64	3,96	138,54
úklidová místnost	42,34				11,85	20	0,00	40,00	0,00	11,85	4,03	141,06
spiž	6,08				1,70	20	-0,06	20,00	0,00	0,49	0,17	5,49
koupelna	12,96				3,63	75	0,10	60,00	0,00	9,78	3,33	129,72
WC	4,86				1,36	25	0,00	25,00	0,00	1,36	0,46	16,19
chodba	65,92				18,46	60	0,00	40,00	0,00	18,46	6,28	219,66
ložnice	50,22				14,06	30	0,00	50,00	0,00	14,06	4,78	167,33
dětský pokoj	43,20				12,10	30	0,00	50,00	0,00	12,10	4,11	143,94
koupelna	11,88				3,33	75	0,10	60,00	0,00	9,48	3,22	125,71
WC	4,86				1,36	25	0,00	25,00	0,00	1,36	0,46	16,19
chodba	68,06				19,06	60	0,00	40,00	0,00	19,06	6,48	226,79
šatna	14,58				4,08	15	0,00	15,00	0,00	4,08	1,39	48,58

Tab. 14 Přehled tepelných ztrát objektu větráním

Požadovaný tepelný výkon objektu po zateplení:

	$\Phi_{V,i}$ (W)	$\Phi_{T,i}$ (W)	Φ (W)
obývací pokoj 1	201,52	503,60	705,12
obývací pokoj 2	172,73	414,09	586,82
kuchyň	138,54	392,92	531,46
úklidová místnost	141,06	437,10	578,17
spíž	5,49	141,23	146,71
koupelna	129,72	397,45	527,17
WC	16,19	176,07	192,27
chodba	219,66	481,10	700,75
ložnice	167,33	309,91	477,24
dětský pokoj	143,94	260,70	404,64
koupelna	125,71	198,41	324,12
WC	16,19	32,70	48,89
chodba	226,79	305,77	532,56
šatna	48,58	1,50	50,08
			5806,01 W

Tab. 15 Požadovaný tepelný výkon objektu po zateplení

11. NÁVRH JEDNOTLIVÝCH VARIANT

I) VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ BEZ ZVÝŠENÝCH NÁROKŮ NA ÚSPORU ENERGIE

Tato varianta se vztahuje na původní stav bez zateplení, kde je problematický odvod znehodnoceného vzduchu na fasádu objektu. Konkrétně se jedná o návrh tepelné izolace a zpětné klapky do potrubí, aby nedocházelo k prochlazení povrchu obvodové stěny v interiéru.

II) VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ A OSTATNÍCH MÍSTNOSTÍ V DOMĚ ROVNOTLAKOU VĚTRACÍ JEDNOTKOU

Návrh se vztahuje na nový stav budovy po provedení zateplení. Kuchyň je v této variantě vybavena cirkulační digestoří s uhlíkovým filtrem a lapači tuku. Větrací vzduch je do kuchyně dopravován z větrací jednotky talířovými ventily. Odvod vzduchu pomocí talířových ventilů. Celý objekt je vytápěn peletkovým kotlem, který pokrývá tepelnou ztrátu prostupem a infilrací. Jednotka pokrývá pouze tepelnou ztrátu větráním. Ohřev větracího vzduchu zajišťuje protiproudý rekuperační výměník s účinností 96,8 %. Dohřev vzduchu na požadovanou teplotu zajistí elektrický ohřívač vzduchu integrovaný v jednotce.

III) VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ KUCHYNĚ TEPLOVZDUŠNOU VYTÁPĚCÍ JEDNOTKOU

Návrh se vztahuje na nový stav budovy po provedení zateplení. V kuchyni je osazena cirkulační digestoř s uhlíkovým filtrem a lapači tuku. Podlahové mřížky distribuují větrací a topný vzduch. Stěnové mřížky odvádí cirkulační vzduch, talířové ventily v ostatních místnostech odvádí odpadní vzduch. Jednotka pokrývá většinu požadovaného topného výkonu. Jako doplňkový zdroj tepla slouží peletkový kotel, který dodává topnou vodu do ohřívače vzduchu v jednotce. V jednotce je osazen protiproudý rekuperační výměník vzduchu s účinností 83,5 %.

I. VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ BEZ ZVÝŠENÝCH NÁROKŮ NA ÚSPORU ENERGIE

12. ANALÝZA PROBLÉMU

První varianta se zabývá řešením odsávání znehodnoceného vzduchu z kuchyně digestoří s výfukem na fasádu objektu. Řešení vychází z původního technického stavu rodinného domu, tedy bez zateplení obvodových konstrukcí a s vyšší hodnotou potřebného topného výkonu.

Řešení spočívá v návrhu zpětné klapky a zateplení prostupu obvodovým zdívem. Původní provedení je bez těchto prvků, a proto dochází k prochládání vnitřního povrchu zdi v zimních měsících. Na stěně dochází ke kondenzaci vzdušné vlhkosti a při teplotách pod bodem mrazu může vznikat na povrchu zdi i námraza.



Obr. 22 Původní stav prostupu potrubí

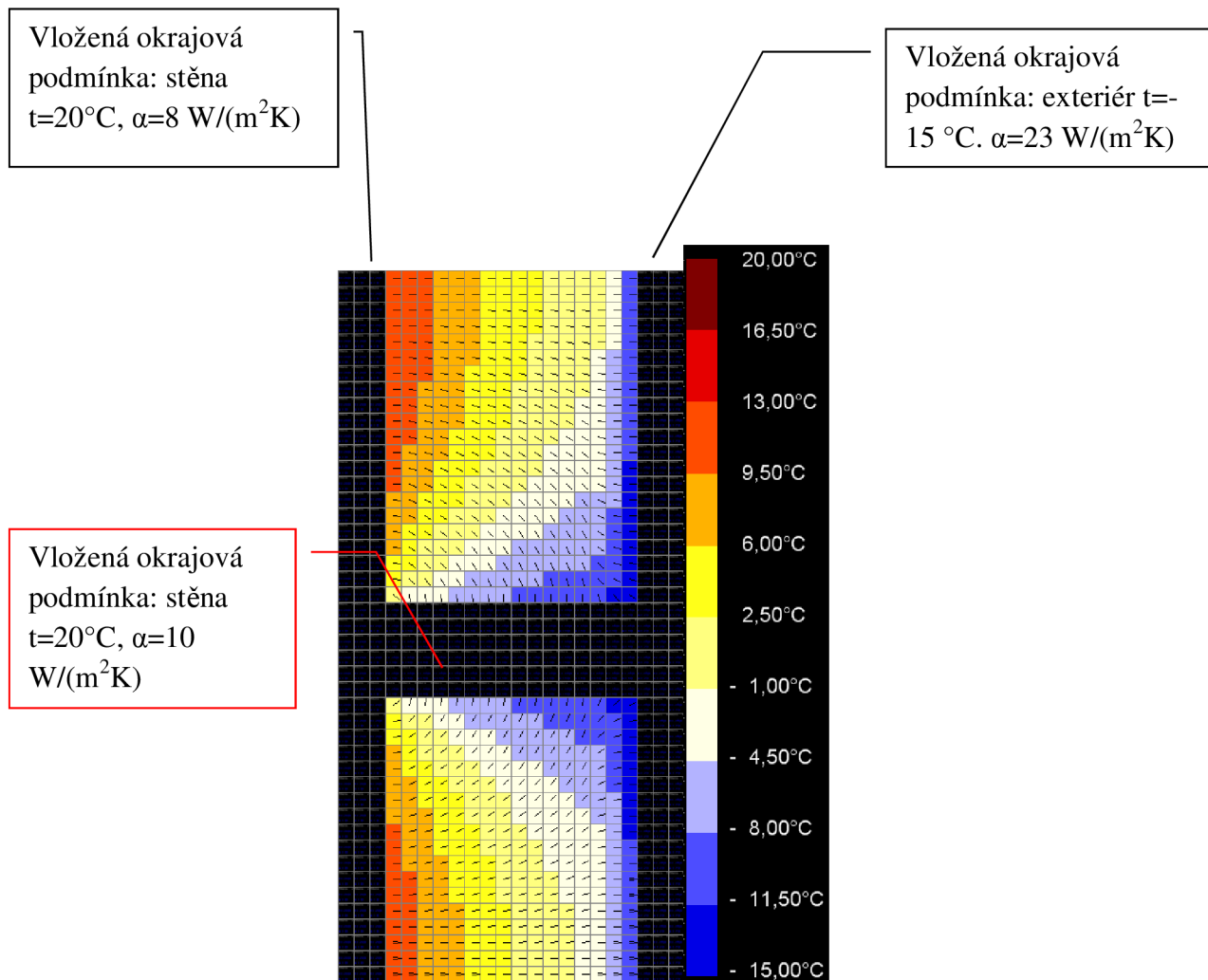
Původní návrh prostupu potrubí je nedostačující, protože je potrubí pouze zasunuté do otvoru a přitmelené.

13. NÁVRH ŘEŠENÍ

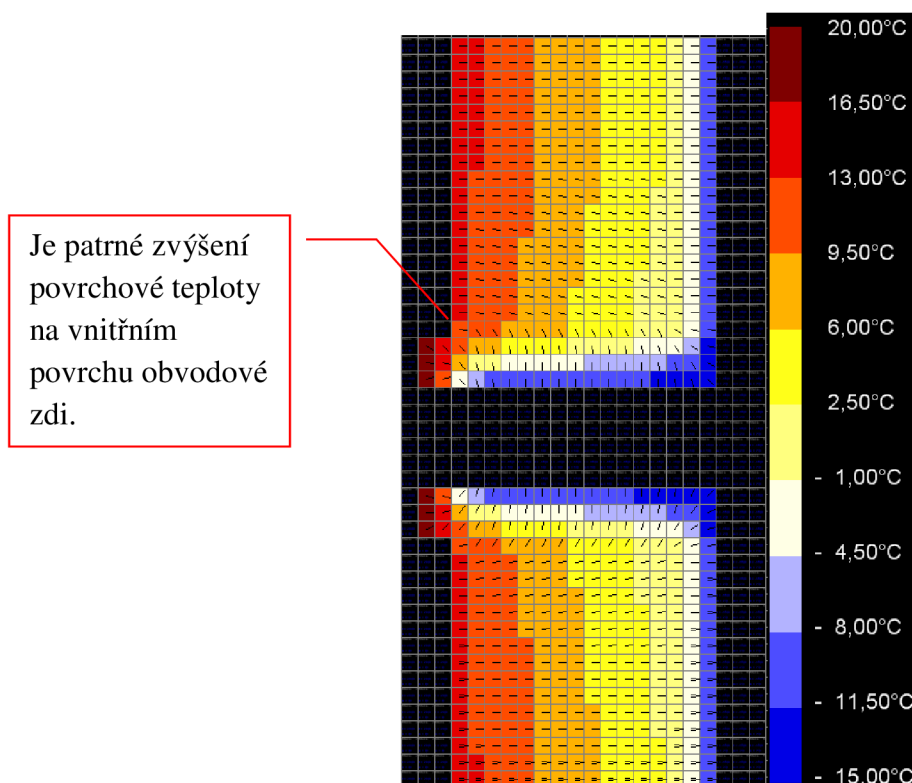
V rámci návrhu je nutné navrhnout izolaci v místě prostupu potrubí zdívem a zpětnou klapku, aby nedocházelo ke zpětnému nasávání exteriérového vzduchu do potrubí.

Vzduch je nasáván digestoří do potrubí o průměru 125 mm. Digestoř odsává na nejvyšší stupeň objemový průtok $244 \text{ m}^3/\text{h}$.

Návrh tloušťky izolace byl proveden dle výsledků získaných v softwaru CalA.



Obr. 23 Rozložení teplot v místě prostupu bez izolace



Obr. 24 Rozložení teplot v místě prostupu s navrženou tloušťkou izolace 6 mm

14. ZÁVĚR

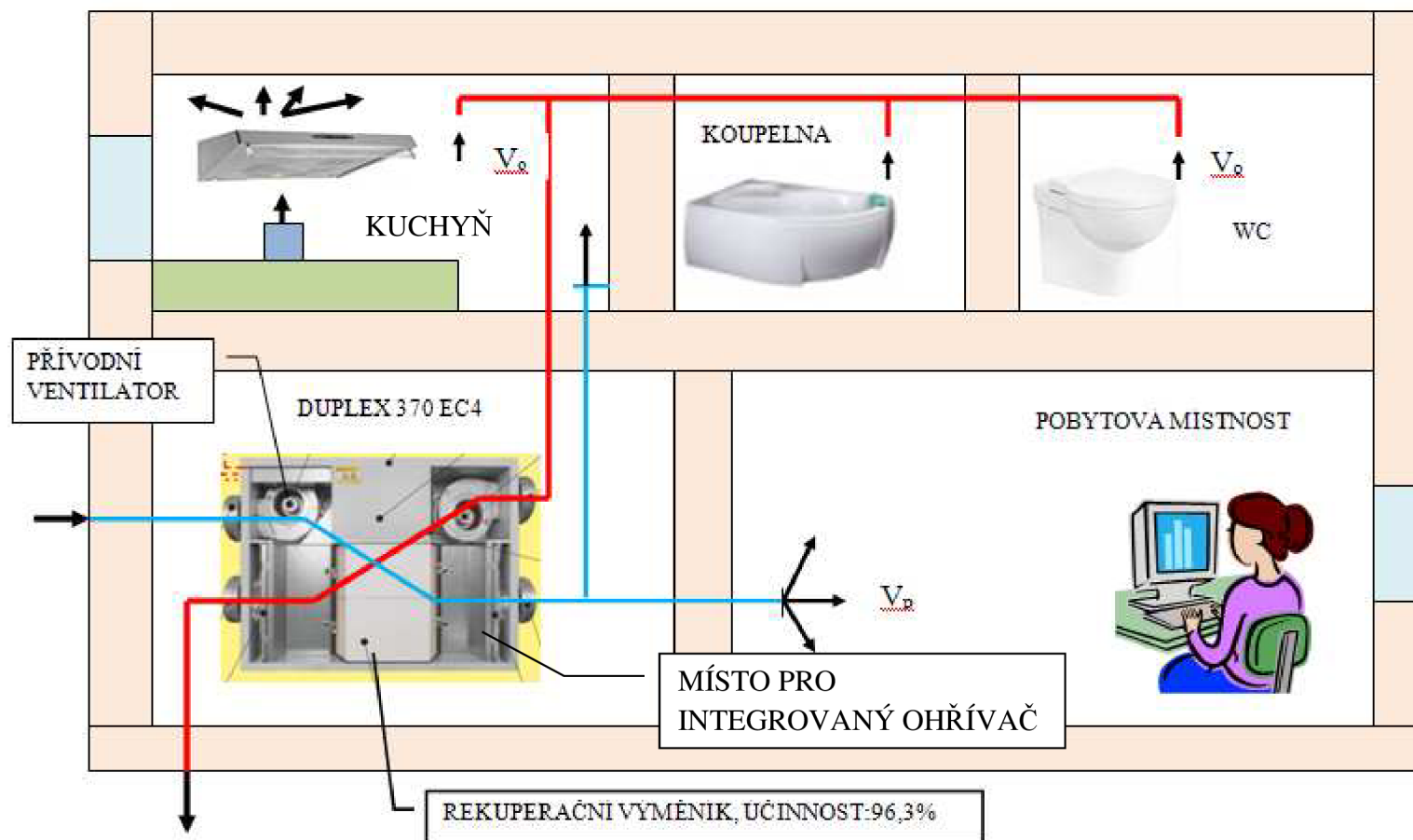
Byla navržena tepelná izolace z kamenné vlny tloušťky 60 mm. Dále byla v místě vstupu potrubí do zdiva navržena zpětná klapka $\varnothing 125$ mm. Na potrubí byl také osazen kus pro odvod kondenzátu. Kus je napojen přes zápachovou uzávěrku na kanalizaci.

II. VĚTRÁNÍ KUCHYNĚ A OSTATNÍCH MÍSTNOSTÍ V DOMĚ ROVNOTLAKOU VĚTRACÍ JEDNOTKOU

15. KONCEPCE

Jednotka je koncipována jako rovnotlaká větrací. Větrací exteriérový vzduch bude nasáván přes protidešťovou žaluzii do jednotky, kde bude procházet přes protiproudý rekuperační výměník tepla. Dle potřeby bude vzduch dohříván elektrickým ohřívačem vzduchu integrovaným v jednotce. Vzduch bude do místností dopravován kruhovým zaizolovaným potrubím vedeným v podhledu. Při dodávce vzduchu bude zároveň vzduch odsáván z místností, kde budou osazeny odtahové talířové ventily. Vzduch do těchto místností bude přisáván přes mezeru pode dveřmi. Vzduch se bude odvádět kruhovým zaizolovaným potrubím k jednotce, kde odváděný vzduch předá v rekuperačním výměníku teplo vzduchu přiváděnému.

Základní koncepci znázorňuje obrázek 25.



Obr. 25 Grafické znázornění koncepce rovnotlakého větrání

16. CELKOVÉ MNOŽSTVÍ DISTRIBUOVANÉHO VZDUCHU A NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ

Množství přiváděného vzduchu je součet vzduchu cirkulačního a legislativně stanovených dávek vzduchu.

	V_p (m ³ /h)
ob. pokoj 1	75
ob. pokoj 2	75
kuchyň	60
ložnice	50
dětský pokoj	50
suma	310

Tab. 16 Přehled dopravovaného množství vzduchu do jednotlivých místností

Distribuci vzduchu zajišťují talířové ventily.

1.NP

místnost	V_p (m ³ /h)		Δp (Pa)
ob. pokoj 1	75	3xtalířový ventil KKE 080	13
ob. pokoj 1	75	3xtalířový ventil KKE 080	12
kuchyň	60	2xtalířový ventil KKE 080	13

Tab. 17 Přehled distribučních prvků v 1.NP

2.NP

místnost	V_p (m ³ /h)		Δp (Pa)
ložnice	50	2xtalířový ventil KKE 080	12
dětský pokoj	50	2xtalířový ventil KKE 080	12

Tab. 18 Přehled distribučních prvků v 2.NP

Odvod vzduchu:

1.NP

místnost	V_o (m ³ /h)		Δp (Pa)
WC	25	talířový ventil KK 80	13
koupelna	60	talířový ventil KK 125	13
kuchyň	60	talířový ventil KK 125	13
spíž	25	talířový ventil KK 80	13
úklid. místnost	40	talířový ventil KK 80	17

Tab. 19 Přehled prvků pro odvod vzduchu v 1.NP

2.NP

místnost	V_o (m^3/h)		Δp (Pa)
WC	25	talířový ventil KK 80	13
koupelna	60	talířový ventil KK 125	13
šatna	15	talířový ventil KK 80	13

Tab. 20 Přehled prvků pro odvod vzduchu z 2.NP

Součet distribuovaného vzduchu v celém objektu je 310 m^3/h . To odpovídá množství odváděného vzduchu. Systém je rovnotlaký.

17. DIMENZOVÁNÍ PŘÍVODNÍCH A ODVODNÍCH VĚTVÍ, URČENÍ EXTERNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY

Distribuci vzduchu k talířovým ventilům zajišťuje kruhové potrubí Termoflex vedené ve stropní konstrukci.

Dimenzování přívodní větve

	V (m^3/h)	l (m)	d (mm)	v (m/s)	R (Pa/m)	$R \cdot l$ (Pa)	ξ (-)	Δp_z (Pa)	
1	30	1,76	102	0,884	0,195	0,3432	0,34	0,50	
2	60	3,3	127	1,13	0,212	0,6996	1,8	2,02	
3	85	0,78	152	1,15	0,17	0,1326	2	1,65	
4	110	0,85	160	1,38	0,227	0,19295	1,9	2,27	
5	135	3,2	180	1,47	0,222	0,7104	1,8	2,95	
6	160	1	180	1,75	0,307	0,307	2,1	4,00	
7	185	1	180	2,02	0,366	0,366	1,9	4,82	
8	210	1	180	2,29	0,461	0,461	2,14	6,91	
9	310	1,7	203	2,66	0,517	0,8789	2,1	9,42	
								Δp_z (Pa)	34,56

Tab. 21 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování potrubí přívodní větve

Tlakové ztráty od dalších vřazených prvků (Pa):

1.talířový ventil KE 080 **13**

2.rozdělovací komora s protideštovou žaluzií **4,1**

3.tlumič hluku VKV THR Ø200 mm, délka 500 mm **25**

Celková tlaková ztráta na přívodní větvi: $\Delta p_z=76,66$ Pa.

Odtah vzduchu od talířových ventilů zajišťuje kruhové potrubí Termoflex vedené ve stropní konstrukci.

Dimenzování odvodní větve

	V (m ³ /h)	l (m)	d (mm)	v (m/s)	R (Pa/m)	R*I (Pa)	ξ (-)	Δp _z (Pa)	
1	60	10,85	125	1,32	0,276	2,9946	1,02	4,02	
2	85	1,1	152	1,33	0,236	0,2596	1,8	2,09	
3	110	1,1	152	1,68	0,352	0,3872	2	3,63	
4	170	1	160	2,35	0,564	0,564	1,9	6,60	
5	270	3	180	2,95	0,73	2,19	1,8	11,20	
6	310	0,5	180	3,38	0,939	0,4695	1,9	12,95	
								Δp_z (Pa)	40,48

Tab. 22 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování potrubí odvodní větve

Tlakové ztráty od dalších vřazených prvků (Pa):

1.talířový ventil KK 125 **13**

2.rozdělovací komora s protideštovou žaluzií **38**

Celková tlaková ztráta na odvodní větvi: Δp_z=91,48 Pa.

18. NÁVRH VĚTRACÍ JEDNOTKY

Dle vstupních hodnot byla navržena rovnotlaká větrací jednotka ATREA DUPLEX 370 EC4 v podstropním provedení s integrovaným elektrickým ohřívačem vzduchu pro dohřev větracího vzduchu. Jednotka byla navržena v softwaru firmy ATREA.

Vstupní hodnoty:

- objemový průtok upravovaného vzduchu: Q=310 m³/h,
- externí statický tlak na přívodu: Δp= 76,66 Pa,
- externí statický tlak na odtahu: Δp= 91,48 Pa.

Větrací jednotka využívá pro ohřev větracího vzduchu protiproudý rekuperační výměník s účinností 96,3 %. Výsledná teplota vzduchu za výměníkem je 18,8 °C. Požadovaná teplota vzduchu dopravovaného do místností je 20 °C, proto je vzduch v jednotce dohříván elektrickým ohřívačem.

Další podrobnosti o jednotce jsou uvedeny v technickém listu, který je součástí příloh.

19. POSOUZENÍ HLUKU

Posouzení hluku v nejbližším exponovaném místě v interiéru:

Veličiny	Hladina akustického výkonu, tlaku a útlumy v oktávových pásmech (Hz)						Součet
	125	250	500	1000	2000	4000	
Hlad. akust. výkonu ventilátoru	66	74	71	69	63	60	77,2
Útlum v kolenech	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	
Útlum v odbočkách	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	4,93	
Útlum koncovým odrazem	17,0	11,0	6,0	2,0	0,0	0,0	
Útlum v ohebném potrubí	16,0	21,0	17,5	13,5	10,0	12,5	
Celk. přirozený útlum	45,8	45,8	38,3	31,3	26,8	30,3	
Hlad. akust tlaku-talířový ventil	20,2	28,2	32,7	37,7	36,2	29,7	
Útlum vzdáleností Lr	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	-7,2	
Hladina akust. tlaku v poli přímých vln	12,9	20,9	25,4	30,4	28,9	22,4	
Hodnota L_{α}	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	
Korekce na počet zdrojů hluku	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	
Hladina akust. tlaku odražených vln	22,4	30,4	34,9	39,9	38,4	31,9	
Hladina akustického tlaku v místě posluchače	22,8	30,8	35,3	40,3	38,8	32,3	44,0
Základní ekvivalentní hladina akust. tlaku	40	40	40	40	40	40	
Korekce 22:00-06:00	-10						
Korekce 06:00-22:00	0						
Max. přípustná hladina akust. tlaku	30						
Max.přípustné č. tř. hluku	25						
Max. přípustné hladiny akust. tlaku	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5	
Nutný doplňkový útlum	-20,9	-4,4	6,1	15,3	16,9	12,8	
Útlum tlumiče	3	7	19	28	30	19	

Tab. 23 Výpočet pro posouzení hluku v nejbližší exponované místnosti určené k pobytu osob

Bylo nutné navrhnout tlumič hluku VKV THR Ø200 mm, délka 500 mm, který bude nainstalován na přívodní větví větracího vzduchu.

Posouzení pro venkovní prostředí:

Veličiny	Hladina akustického výkonu, tlaku a útlumy v oktávových pásmech (Hz)						Součet
	125	250	500	1000	2000	4000	
Hlad. akust. výkonu ventilátoru	67	75	72	70	64	61	78,2
Útlum v potrubí	16,0	21,0	17,5	13,5	10,0	12,5	
Útlum v kolenech	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	
Hladina hluku v místě A L _A	78,2						
Útlum hluku vzdáleností	-39,6						
Hladina hluku v místě B L _B	38,6						
Přípustná hladina hluku	40,0						

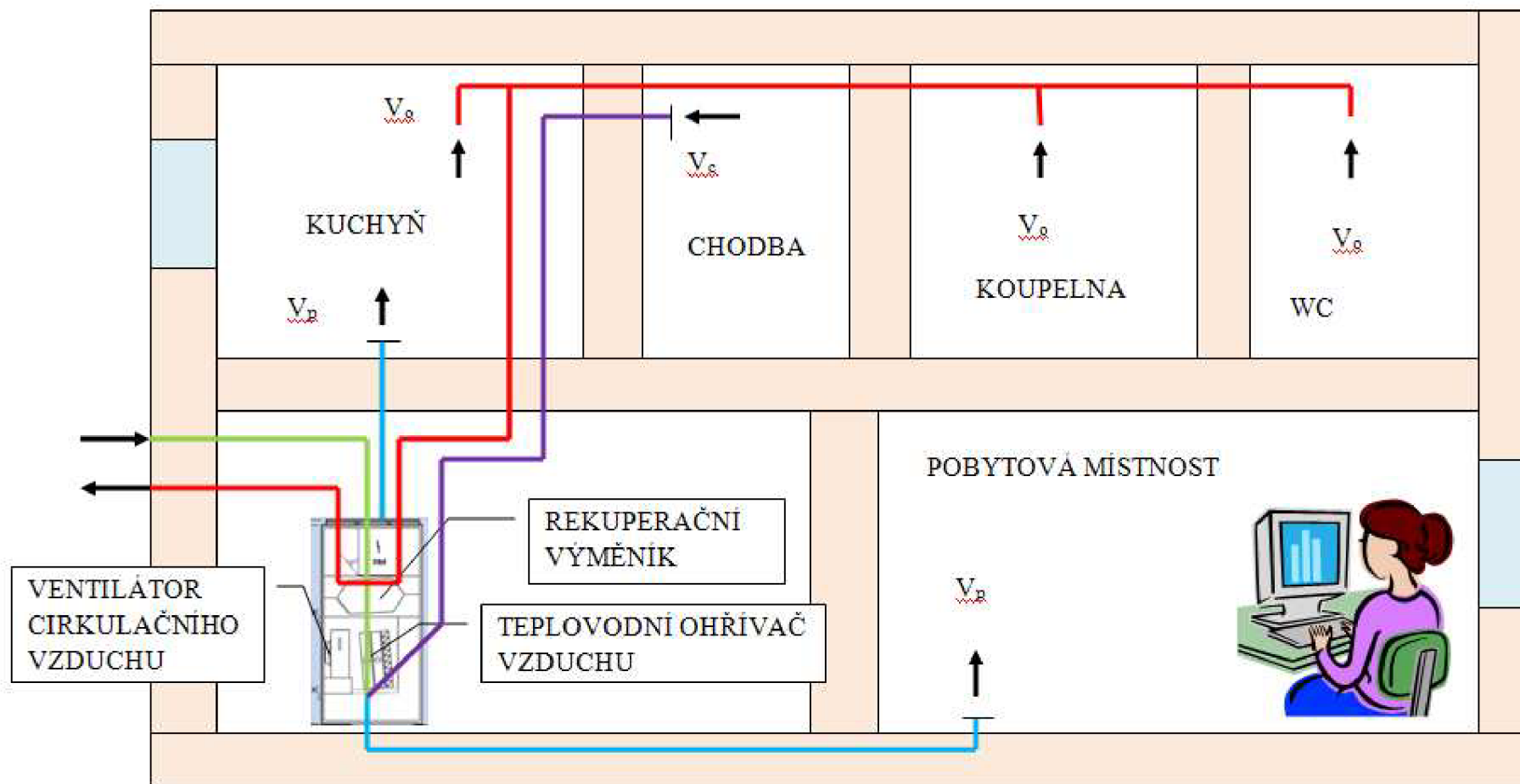
Tab. 24 Výpočet pro posouzení hluku do exteriéru budovy

Není nutné navrhnout tlumič hluku.

III. VĚTRÁNÍ A VYTÁPĚNÍ KUCHYNĚ A OSTATNÍCH MÍSTNOSTÍ V DOMĚ TEPLOVZDUŠNOU VYTÁPĚCÍ JEDNOTKOU

20. KONCEPCE

Jednotka je koncipována jako teplovzdušná větrací. Čerstvý exteriérový vzduch je nasáván přes protidešťovou žaluzii do jednotky, kde prochází přes protiproudý rekuperační výměník tepla. Dále se vzduch mísí s cirkulačním (vytápěcím vzduchem) a prochází společně přes teplovodní výměník. Dále je vzduch horním případně spodním hrdlem přiváděn do větrání místnosti. Teplý topný vzduch je do místností přiváděn plochými rozvody 200x50. Cirkulační vzduch je odsáván přes stěnovou mřížku a veden zaizolovaným kruhovým potrubím do jednotky. Do jednotky je také přiváděn odpadní vzduch, který je po průchodu rekuperačním výměníkem odveden do exteriéru. Toto schéma odpovídá vytápěcímu a větracímu režimu jednotky. Grafické schéma je znázorněno na obrázku 28.



Obr. 26 Grafické znázornění koncepce teplovzdušného vytápění a větrání

Návrh větrací jednotky byl proveden v softwaru firmy ATREA. Do programu byly zadány hodnoty tepelných ztrát prostupem a infiltrací, objem místnosti a požadovaná interiérová teplota. Výpočet celkové tepelné ztráty objektu provedl program. Celková tepelná ztráta a množství přiváděného vzduchu do jednotlivých místností jsou uvedeny v technickém listě k teplovzdušné jednotce.

21. NÁVRH DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ

Přívod vzduchu:

1.NP

místnost	V_p (m ³ /h)	
ob. pokoj 1	75	2xpodlahová mřížka
ob. pokoj 2	75	2xpodlahová mřížka
kuchyň	60	1xpodlahová mřížka
chodba	41	1x podlahová mřížka

Tab. 25 Přehled distribučních prvků v 1.NP

2.NP

místnost	V_p (m ³ /h)	
ložnice	88	2xpodlahová mřížka
dětský pokoj	74	2xpodlahová mřížka

Tab. 26 Přehled distribučních prvků 2.NP

Odtah cirkulačního vzduchu:

1.NP

místnost	V_p (m ³ /h)	
ob. pokoj 1	98	1xstěnová mřížka
ob. pokoj 2	98	1xstěnová mřížka
chodba	98	1x stěnová mřížka

Tab. 27 Přehled prvků pro odvod cirkulačního vzduchu z 1.NP

2. NP

místnost	V_p (m ³ /h)	
chodba	294	2xstěnová mřížka

Tab. 28 Přehled prvků pro odvod cirkulačního vzduchu ve 2. NP

Odtah odpadního vzduchu:

1.NP

místnost	V_o (m^3/h)		Δp (Pa)
WC	25	talířový ventil KK 80	13
koupelna	60	talířový ventil KK 125	13
kuchyň	60	talířový ventil KK 125	13
spíž	25	talířový ventil KK 80	13
úklid. místnost	40	talířový ventil KK 80	17

Tab. 29 Přehled prvků pro odvod odpadního vzduchu v 1.NP

2.NP

místnost	V_o (m^3/h)		Δp (Pa)
WC	25	talířový ventil KK 80	13
koupelna	60	talířový ventil KK 125	13
šatna	15	talířový ventil KK 80	13

Tab. 30 Přehled prvků pro odvod odpadního vzduchu ve 2.NP

22. DIMENZOVÁNÍ PŘÍVODNÍCH A ODVODNÍCH VĚTVÍ, URČENÍ EXTERNÍ TLAKOVÉ ZTRÁTY

Přívodní vzduch je do místností přiváděn plochými podlahovými rozvody 200x50 mm s tloušťkou víka 0,6 mm a následně distribuován podlahovými mřížkami do prostoru.

Odvodní vzduch je z místností odváděn talířovými ventily osazenými v podhledu. Dále je z místností odváděn cirkulační vzduch, který zajišťuje vytápění objektu. Cirkulační vzduch je nasáván stěnovými mřížkami a v kruhovém zaizolovaném potrubí veden do jednotky.

Dimenzování cirkulační větve:

	V (m^3/h)	l (m)	d (mm)	v (m/s)	R (Pa/m)	$R \cdot l$ (Pa)	ξ (-)	Δp_z (Pa)	
1	147	1,84	180	1,6	0,261	0,48	0	0,48	
2	294	8,37	203	2,51	0,466	3,90	3,276	15,77	
3	489	1	229	3,3	0,662	0,66	1,512	10,13	
4	587	2,5	254	3,3	0,56	1,40	1,81	12,73	
								Δp_z (Pa)	39,11

Tab. 31 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování cirkulační větve

Tlakové ztráty od dalších vřazených prvků (Pa):

1.stěnová mřížka, stěnový přechod **2**

2.rozdělovací komora, protidešťová žaluzie **4,1**

Celková tlaková ztráta na cirkulační větvi: $\Delta p_z=44,1$ Pa.

Dimenzování přívodní větve:

	V (m ³ /h)	l (m)	d (mm)	v (m/s)	R (Pa/m)	R*I (Pa)	ξ (-)	Δp_z (Pa)
1	37	16,455	200x50	1,02	0,342	5,63	0	5,63
2	162	1,4	229	1,09	0,0942	0,13	0	0,13
							Δp_z (Pa)	5,76

Tab. 32 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování přívodní větve

Tlakové ztráty od dalších vřazených prvků (Pa):

1.podlahová mřížka s přechodem **1**

2.rozdělovací komora s dolním přívodem **2**

3. rozdělovací komora, protidešťová žaluzie **4,1**

Celková tlaková ztráta na cirkulační větvi: $\Delta p_z=12,86$ Pa.

Při výpočtu externí tlakové ztráty na cirkulačním okruhu se použije méně příznivá větev. Hodnoty tlakových ztrát cirkulační větve jsou vyšší než u přívodní, proto se použijí pro výpočet jednotky.

Dimenzování odvodní větve je totožné s odvodní větví u nuceného větrání.

Celková tlaková ztráta na odvodní větvi: $\Delta p_z=91,48$ Pa

23. NÁVRH VĚTRACÍ JEDNOTKY

Dle externích tlakových ztrát byla navržena jednotka ATREA DUPLEX RK 4 v provedení 10/0. Rekuperační výměník má účinnost 83,6%. Teplotní spád vody výměníku 42/37 °C. Objemový průtok topné vody 620 l/h. Teplota topného vzduchu je 37 °C.

24. POSOUZENÍ HLUKU

Posouzení bylo provedeno pro interiér a exteriér.

Posouzení hluku v nejbližším exponovaném místě v interiéru:

Veličiny	Hladina akustického výkonu, tlaku a útlumy v oktákových pásmech (Hz)						Součet
	125	250	500	1000	2000	4000	
Hlad. akust. výkonu ventilátoru	25	25	25	25	25	25	32,8
Útlum v potrubí	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	
Útlum v kolenech	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	
Útlum v odbočkách	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Útlum koncovým odrazem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Korekce na počet zdrojů hluku	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
Celk. přirozený útlum	9,7	10,6	11,6	12,6	13,5	14,5	
Hlad. akust tlaku	15,3	14,4	13,4	12,4	11,5	10,5	
Hodnota	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	-2,6	
Hladina akust. tlaku odražených vln	15,8	14,8	13,8	12,9	11,9	10,9	
Hladina akustického tlaku v místě posluchače	15,8	14,8	13,8	12,9	11,9	10,9	21,4
Základní ekvivalentní hladina akust. tlaku	40	40	40	40	40	40	
Korekce 22:00-06:00	-10						
Korekce 06:00-22:00	0						
Max. přípustná hladina akust. tlaku	30						
Max.přípustné č. tř. hluku	25						
Max. přípustné hladiny akust. tlaku	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5	
Nutný doplňkový útlum	-27,9	-20,4	-15,4	-12,1	-10,0	-8,6	

Tab. 33 Výpočet pro posouzení hluku v nejbližší exponované místnosti určené k pobytu osob

Není nutné navrhnout tlumič hluku.

Posouzení pro venkovní prostředí:

Veličiny	Hladina akustického výkonu, tlaku a útlumy v oktávových pásmech (Hz)						Součet
	125	250	500	1000	2000	4000	
Hlad. akust. výkonu ventilátoru	76	71	67	66	62	57	78,0
Útlum v potrubí	16,0	21,0	17,5	13,5	10,0	12,5	
Útlum v kolenech	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Hladina akust. tlaku A	60,0	50,0	49,5	52,5	52,0	44,5	61,9
Hladina hluku v místě A L _A	61,9						
Útlum hluku vzdáleností	-36,6						
Hladina hluku v místě B L _B	25,3						
Přípustná hladina hluku	40,0						
Nutný útlum hluku D _U	-14,7						

Tab. 34 Výpočet pro posouzení hluku do exteriéru budovy

Není nutné navrhnout tlumič hluku.

25. ZÁVĚR – ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT

Teplovzdušná jednotka

Při teplovzdušném vytápění je plně nebo alespoň z velké části potlačena klasická otopná soustava. Teplo dodávané ve vzduchu slouží k pokrytí tepelných ztrát. Pokud je vhodně sloučeno větrání s teplovzdušným vytápěním je možné ušetřit náklady na vytápění. Teplovzdušné vytápění je ale především výhodné pro domy s velmi nízkou tepelnou ztrátou, takže jeho klady se projeví především u staveb pasivního standardu. Daným omezením je především nízká tepelná vodivost vzduchu, která znemožňuje přenášet větší množství tepla. Vhodnější je pro regulovatelnost teploty osadit dohříváče vzduchu na jednotlivé rozvodné potrubí. Při centrálním dohřevu lze totiž regulovat teplotu pouze množstvím přiváděného vzduchu na distribučním prvku. Tato možnost ale zhoršuje kvalitu interního mikroklimatu, protože je do místnosti přiváděno menší množství větracího vzduchu. Hlavní výhodou teplovzdušného vytápění je rychlá možnost změny teploty přívodního vzduchu oproti klasickým sálavým zdrojům tepla. Tato možnost zvyšuje úsporu na vytápění. Teplovzdušné vytápění a větrání vykazuje nejlepší podmínky provozu a ekonomie hlavně pro pasivní domy.

Nucené větrání

Nucené větrání pokrývá pouze ztrátu větráním. Ztráty prostupem a infiltrací hradí centrální otopná soustava. Tato varianta je při nízkoenergetickém standardu ekonomicky náročnější než teplovzdušné vytápění. Jak bylo řečeno výše má otopná soustava delší reakční dobu při změně teploty, proto je více energeticky náročná.

Celkově obě varianty přináší výhody stálého kontrolovaného větrání vzduchu. Pravidelné větrání pouze okny je totiž mnohdy opomínáno a dochází tak ke zhoršování vnitřního mikroklimatu. Další výhodou je možnost větrat aniž bychom byli obtěžováni hlukem z exteriéru. S využitím rekuperace docílíme snížení nákladů za teplo.

IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB

26. PŘED REKONSTRUKCÍ

26.1 Zdravotechnika

Vodovod: Objekt je napojen na stávající vodovodní přípojku z polyethylenu, která je napojena na vodovodní řad v obci Otaslavice (materiál: PVC DN 150). Vodoměrná sestava je umístěna v technické místnosti (kotelně) v hospodářské budově přiléhající k řešenému objektu. Do kotelny je přivedena i studená voda pro doplňování vody do systému ústředního vytápění. Rozvody teplé a studené vody jsou vedeny v drážkách ve zdivu. Rozvody jsou provedeny v oceli, protože se jedná o starší rodinný dům. Teplá voda se připravuje centrálně v zásobníkovém ohřívači teplé vody o objemu 125 litrů.

Plynovod: Objekt není napojen na obecní plynovod.

Kanalizace: V obci Otaslavice je zřízená splašková kanalizace. Dům se napojuje na obecní splaškovou kanalizaci (materiál: PVC DN 300) stávající kanalizační přípojkou. Dešťová voda je ze střechy sváděna dvěma svody vedenými na fasádě. Tyto svody jsou zaústěny do potrubí, které odvádí dešťovou vodu do vodního toku procházejícího obcí. Potrubí vnitřní kanalizace (PVC) je vedeno v drážkách ve zdivu.

V prostoru kotelny je zřízena podlahová vpust' k odvodu vody od pojistných ventilů a dalších zařízení, které je nutné v případě potřeby vypustit.

26.2 Ústřední vytápění

Rodinný dům je vytápěn peletkovým kotlem o výkonu 15 kW. Jednotlivé místnosti jsou vybaveny litinovými žebrovými otopnými tělesy. Koupelny jsou vytápěny koupelnovými otopnými tělesy v kombinaci s elektrickým podlahovým vytápěním. WC jsou vytápěna deskovými otopnými tělesy.

27. STÁVAJÍCÍ STAV

Provedeny následující změny pro teplovzdušné vytápění:

27.1 Zdravotechnika

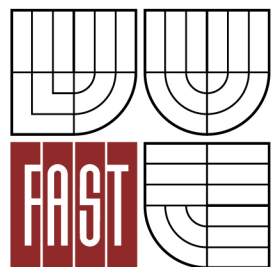
Kanalizace: V technické místnosti, kde je umístěna teplovzdušná jednotka, bude provedena podlahová vpust', do které bude zaústěno potrubí pro odvod kondenzátu z jednotky.

27.2 Ústřední vytápění

Změna provedena ve výkonu topného zdroje. Jako primární topný zdroj slouží teplovzdušná jednotka. Doplnkový topný výkon zajišťuje peletkový kotel. Doplnkové vytápění zajišťuje podlahové vytápění. Dále kotel slouží jako zdroj pro ohřev topné vody pro výměník osazený v jednotce.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C. APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY

28. ÚVOD

Tato část diplomové práce se zabývá numerickým modelováním proudění v softwaru Fluent. Výpočtový model byl sestaven v preprocesingovém a modelářském programu Gambit. Metoda numerické modelace ve Fluentu byla využita k volbě vhodného řešení. Kapitola je rozdělena na více částí. První část se zabývá úvodem do numerické modelace, fyzikálními rovnicemi, okrajovými podmínkami atp. Druhá část se zabývá řešením konkrétního zadání – prostoru kuchyně, stanovením okrajových podmínek a výpočtového modelu. Poslední část obsahuje grafické výstupy z programu Fluent, jejich zhodnocení a výběr nejvhodnější varianty.

29. ÚVOD DO NUMERICKÉHO MODELOVÁNÍ SOFTWARE FLUENT

Numerické modelování se využívá pro popis jevů, které by byly pro běžný výpočet náročné. Vychází z rovnic přenosu hybnosti, tepla a hmoty a zabývá se jejich řešením. Pro tyto rovnice se stanovují příslušná pole a to pole rychlostní, teplotní nebo koncentrační. Abychom mohli řešit zadaný problém, je nutné sestavit matematický model. Tento model je systém, který určuje přesnost výpočtu a také jeho náročnost, pokud je matematický model příliš jednoduchý, nedostatečně popisuje chování reálného systému.

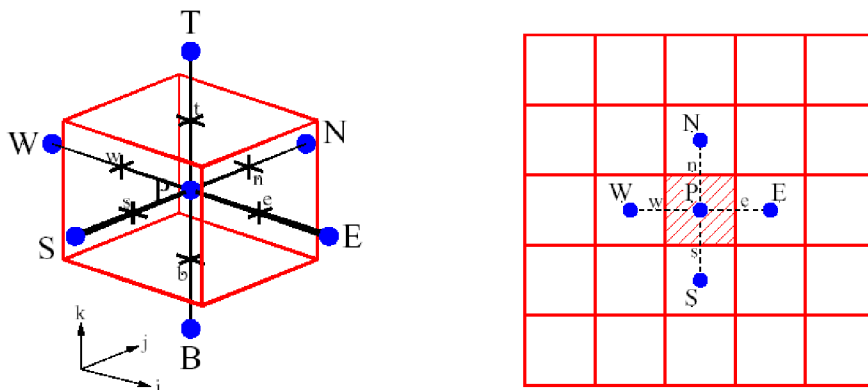
Numerická modelace má tři fáze, v jejich průběhu dojde od sestavení matematického modelu až k ověřování výsledků modelování. Tyto fáze jsou následující:

- A) preprocessing,
- B) processing,
- C) postprocessing.

V rámci preprocessingu se provádí modelace matematického modelu v programu Gambit. Vytvořenému modelu se přiděluje výpočtová síť a okrajové podmínky. Processing zahrnuje výběr materiálových charakteristik, nastavení vhodného matematického modelu a samotný proces simulace. Postprocessing je fáze ověřování a vyhodnocování výsledků získaných simulací.

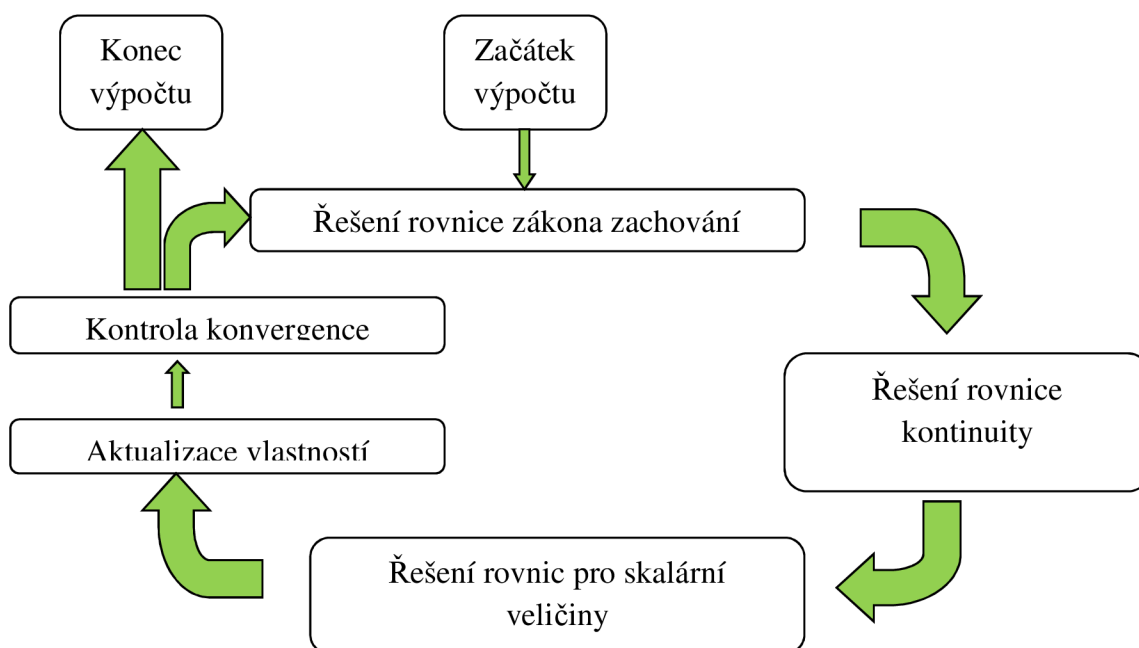
Program Fluent řeší tzv. CFD simulace. Computational Fluid Dynamics lze volně přeložit jako „výpočty v mechanice tekutin“. Lze řešit úlohy ve 2D i ve 3D a to v oblasti řešení proudění, přenosu tepla nebo spalovacích procesů. Parciální diferenciální rovnice jsou řešeny

metodou konečných objemů, kdy se zkoumaná oblast rozdělí na jednotlivé objemy. Pro individuální objemy se provádí diskretizace časová a prostorová, dle charakteru zkoumaného děje. Každý jednotlivý objem obklopuje uzlový bod, pro který se provádí řešení diferenciální rovnice.



Obr. 27 Schéma lokální diskretizace

Pro kontrolní objem se sestaví soubor parciálních diferenciálních rovnic, pro který se provede požadovaná diskretizace (prostorová, časová, časová +prostorová dle charakteru děje). Integrací získaných rovnic získáme rovnice algebraické, které usnadňují výpočet. Následně se provádí iterace. Iterace se ukončí, pokud je hodnota rezidua co nejmenší, řádově nabývá hodnot do 10^{-3} . Reziduum je jakýsi zbytek, který vznikl dosazením přibližného řešení do původní diferenciální rovnice.



Obr. 28 Schéma průběhu výpočtu [6]

Platí, že čím větší je hodnota rezidua, tím více přibližné je řešení. Reziduum v podstatě udává míru konvergence řešení. Výsledkem výpočtu jsou hodnoty získané pro uzly v daném kontrolním objemu. Potřebujeme ale znát hodnoty na okrajových plochách kontrolních objemů, ty získáme provedením interpolace mezi jednotlivými uzly kontrolních objemů.

29.1 Interpolační schéma

Software Fluent ukládá získané hodnoty do středů konečných objemů definovaných sítí. Protože je nutné znát v rámci výpočtu hodnoty na hranicích těchto objemů, je možné využít interpolačních schémat. Mezi tato schémata patří mocinná interpolace, kvadratická upwind interpolace, interpolace 2. řádu nebo Quick. Tato schémata se liší svou přesností. Při velkých změnách veličin (tlaku, průtoku) se volí interpolační schéma s nižším řádem přesnosti a po několika provedených iteracích přistoupit ke schématu s vyšším řádem přesnosti.

29.2 Konvergence

Cílem řešení ve Fluentu je dosáhnout konvergentních výsledků. Míru konvergence představují reziduály zmíněné výše. Reziduály jsou hodnoceny v každém iteračním kroku pro všechny počítané veličiny. Po diskretizaci je pro 1D odvozena rovnice s obecnou proměnnou:

$$A_P \zeta_P = A_E \zeta_E + A_W \zeta_W + S_C.$$

Reziduál je pak součet všech P: $R = \sum_P |A_E \zeta_E + A_W \zeta_W + S_C - A_P \zeta_P|$. Protože má tento reziduál fyzikální rozměr odpovídající rozměru každého členu rovnice a číselně se reziduály mohou lišit pro tlak a rychlost, nazývá se nenormalizovaný reziduál. Obvykle se používá reziduál normalizovaný, který vychází z následujícího vztahu:

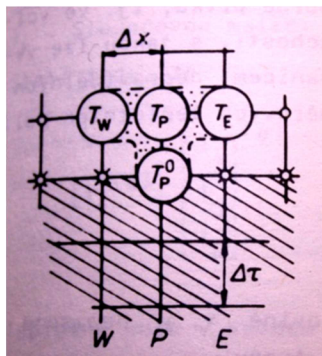
$$\bar{R} = \frac{\sum_P |A_E \zeta_E + A_W \zeta_W + S_C - A_P \zeta_P|}{\sum_P |A_P \zeta_P|}.$$

S klesající hodnotou reziduálu konverguje řešení.

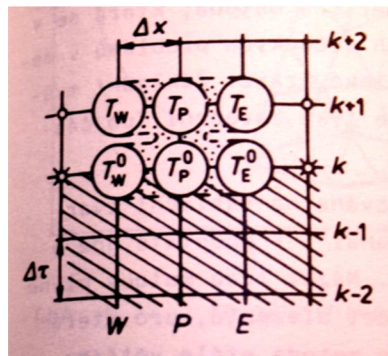
29.3 Základní typy simulací

Základní typy simulací v CFD lze rozdělit dle následujících závislostí:

- závislost na čase
 - a) stacionární - předpokládáme, že jev je v čase neměnný a zjišťujeme jeho parametry, známe pouze okrajové a inicializační podmínky
 - b) nestacionární – tento model užíváme v případě, že chceme znát parametry jevu v průběhu času; provádí se časová diskretizace a počítá se každý časový krok



Obr. 31 Implicitní metoda [10])



Obr. 32 Crank-Nicholsonova metoda [10]

Crank-Nicholsonovo schéma pracuje s lineárním poklesem teploty mezi dvěma uzly, což je při zkoumání reálného jevu značně nepřesná metoda a je kombinací explicitního a implicitního řešení. Implicitní metoda zaručuje reálné fyzikální podmínky a takovou hodnotu koeficientu ovlivňující, že bude teplota v řešeném uzlu nabývat kladných hodnot. Naproti tomu explicitní metoda nemusí zaručovat kladnou hodnotu teploty v uzlu, proto se musí dodržet pro zvolený časový krok daná podmínka

$$\Delta\tau < \frac{\rho c (\Delta x)^2}{2\lambda}.$$

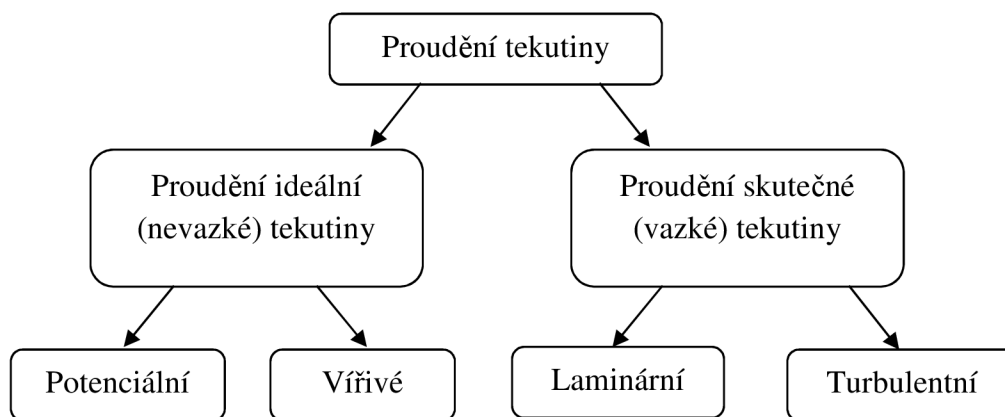
Pokud jako výsledek získáme hodnotu zápornou, jedná se o fyzikálně nereálné řešení, tedy při růstu teploty T_P^0 bude teplota T_P klesat. Nevýhodou výše uvedené podmínky je, že pokud budeme chtít zmenšovat hodnotu Δx tak, abychom zlepšili prostorovou přesnost, budeme zároveň s druhou mocninou Δx snižovat časový krok $\Delta\tau$.

30. ÚVOD DO PROUDĚNÍ TEKUTIN

Následující text bude věnován oblasti fyzikálních vlastností tekutin a jejich kinematice. Dále budou zmíněny základní fyzikální zákony popisující proudění.

30.1 Fyzikální vlastnosti tekutin

Rozdělení tekutin a jejich charakteristický způsob proudění uvádí následující diagram.



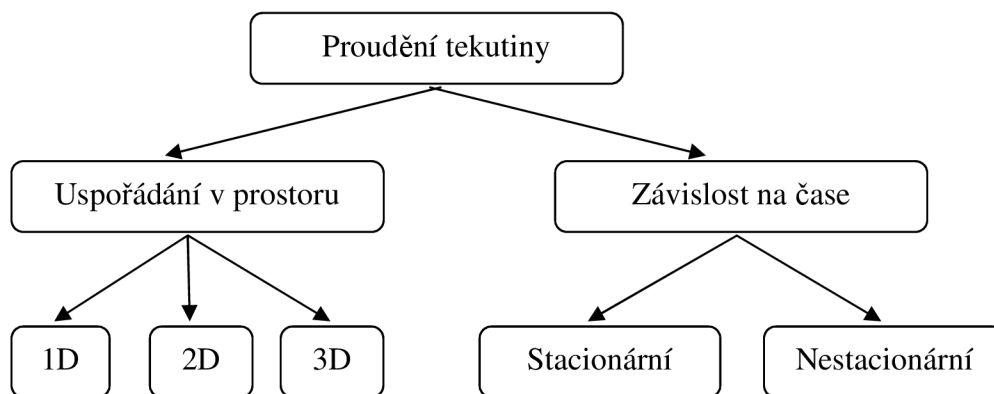
Obr. 33 Schéma rozdělení tekutin [6]

Ze schématu je zřejmé, že ideální tekutina může proudit potenciálně nebo vířivě. Při potenciálním proudění se částice tekutiny pohybují po svých drahách křivočáře nebo přímočáře. Z pozice pozorovatele se ale neotáčejí kolem vlastní osy. Z hlediska křivočářeho pohybu se částice natočí ve stejném úhlu, jako se natočí dráha ale v opačném smyslu. Vířivé proudění se naopak vůči pozorovateli projevuje otáčením částic tekutiny kolem vlastních os.

Proudění skutečné tekutiny naopak můžeme rozlišovat jako proudění laminární nebo proudění turbulentní. Laminární proudění není v reálných podmínkách časté. Jedná se o proudění, kdy se tekutina pohybuje v tenkých vrstvách tzv. laminách, aniž by se tyto vrstvy přemísťovaly po průřezu. Laminární proudění můžeme pozorovat např. v systémech samotížného vytápění, kde se tekutina pohybuje malou rychlostí. Turbulentní proudění se vyznačuje nestabilitou, protože kromě podélné rychlosti má i rychlost turbulentní tzv. flukтуаční. Turbulentní proudění lze řešit pouze numericky, protože se vyznačuje charakteristickými 3D pulzacemi všech veličin (v , p , T , ρ). Při výpočtu se uplatňují střední rychlosti. Pro turbulentní proudění je typické intenzivní promíchání proudící tekutiny a vysoké rychlosti. Bez vnitřního zdroje se původně turbulentní proudění utlumí vazkou disipací.

30.2 Kinematická hlediska proudění

Proudění z hlediska kinematiky zohledňuje závislost na čase a uspořádání v prostoru. Zmíněné závislosti zobrazuje následující diagram.



Obr. 34 Schéma závislosti proudění na čase a prostoru [6]

Závislost proudění na prostoru můžeme předvést na rychlosti. Pro trojrozměrné řešení se výsledná rychlost skládá ze tří složek reprezentujících jednotlivé směry. Platí, že $v=v(x,y,z)$. Dvourozměrné řešení závisí na poloze v rovině a pro rychlost platí: $v=v(x,y)$. Jednorozměrné proudění předpokládá závislost hledané veličiny na poloze na křivce, platí $v=v(s)$.

Proudění můžeme uvažovat jako nezávislé na čase tedy stacionární nebo závislé na čase tedy nestacionární. Pro proudění stacionární platí diferenciální rovnice:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0.$$

U proudění nestacionárního jsou veličiny závislé na čase. Pro jednotlivá uspořádání v prostoru platí: $v=v(x,y,z,t)$, $v=v(s,t)$, $v=v(t)$.

31. ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNÍ ZÁKONY POPISUJÍCÍ PROUDĚNÍ

Mezi tyto zákony patří zákon zachování hmotnosti, zákon zachování hybnosti a zákon zachování energie případně dalších skalárních veličin. Jako základní formuli pro popis proudění používáme Navier-Stokesovu rovnici. Jedná se o přímé numerické řešení s využitím srovnání modelů turbulence, které je zároveň prostorově náročné. Navier-Stokesova rovnice popisuje rovnováhu sil při proudění, konkrétně sil objemových, tlakových, třecích a setrvačných. N-S rovnice se skládá z několika členů:

$$\underbrace{\frac{\partial u_i}{\partial t}}_{\text{nestacionární člen}} + \underbrace{\frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j}}_{\text{konvektivní mechanismus}} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \underbrace{\nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2}}_{\text{difúzní mechanismus přenosu hybnosti}} + \underbrace{f_i}_{\text{obecný člen}}$$

zrychlení vlivem tlakových sil

Pro neustálené a nestlačitelné proudění platí následující vztahy:

Navier-Stokesova rovnice:

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(au)}{\partial x} + \frac{\partial(av)}{\partial y} + \frac{\partial(aw)}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + f_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial(vu)}{\partial x} + \frac{\partial(vv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + f_y \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial(wu)}{\partial x} + \frac{\partial(wv)}{\partial y} + \frac{\partial(ww)}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + f_z.\end{aligned}$$

Členy u , v , w jsou složky rychlosti, p je tlak, ρ je hustota, ν je kinematická viskozita, $f_{x,y,z}$ označuje složky vnější odstředivé síly.

Rovnice kontinuity vyjadřuje obecný zákon zachování hmotnosti. Rovnice má tento tvar:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

Rovnice vyjadřující zákon zachování energie, tj. rovnice pro přenos tepla:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial(uT)}{\partial x} + \frac{\partial(vT)}{\partial y} + \frac{\partial(wT)}{\partial z} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \alpha \Phi.$$

α někdy také označované jako a je součinitel teplotní vodivosti, $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p}$, λ je součinitel tepelné vodivosti, c_p je měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku.

31.1 Parciální diferenciální rovnice

Parciální diferenciální rovnice se také někdy označuje jako konvekčně-difúzní rovnice. Tato rovnice je vyjádřením všech výše zmíněných rovnic uplatňovaných při řešení proudění. Rovnici lze vyjádřit následovně:

$$\frac{\partial(\rho\zeta)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \zeta) + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\alpha_\zeta \frac{\partial \zeta}{\partial x_j} \right] + S_\zeta$$

akumulace konvekce difúze zdroj

Člen ζ je proměnná, pokud je tato proměnná uvažovaná, jako teplota jedná se o lineární rovnici druhého řádu, pokud ζ představuje rychlost, lze rovnici považovat za nelineární rovnici druhého řádu.

31.2 Okrajové podmínky

Okrajové podmínky pro výpočet proudění nemusí být pouze konstantní veličiny. Mohou nabývat dalších hodnot definovaných funkcí např. polynomické funkce, derivace, po částech lineární funkce nebo kombinace polynom. a po částech lin.funkce. Při definování okrajových podmínek je vhodné nezadávat kombinaci vstupní a výstupní rychlosti, protože výstupní rychlost se počítá dle rovnice kontinuity a ta by v tomto případě nemusela být splněna.

Program Gambit nabízí několik variant okrajových podmínek, které se importují na model před transportem do programu Fluent. Okrajové podmínky rozlišujeme jako vstupní, výstupní a ostatní. Mezi vstupní podmínky patří:

- intake-fan,
- inlet-vent,
- velocity-inlet,
- pressure-inlet,
- mass-flow-inlet.

Výstupní podmínky jsou následující:

- outlet-vent,
- outflow,
- pressure-outlet,
- exhaust-fan.

Ostatní typy podmínek:

- pressure-far-field,
- symmetry,
- wall,
- axis.

Proudění se zadává tlakem, rychlostí nebo jejich kombinací případně drsností stěny. Přenos tepla charakterizují okrajové podmínky jako teplota, tepelný tok či jejich kombinace. Turbulentní proudění lze určit následujícími podmínkami:

- intenzita turbulence + charakteristický rozměr,
- turbulentní kinetická energie k + rychlost disipace turbulentní kinetické energie ε ,
- turbulentní kinetická energie k + měrná disipace turbulentní kinetické energie ω ,

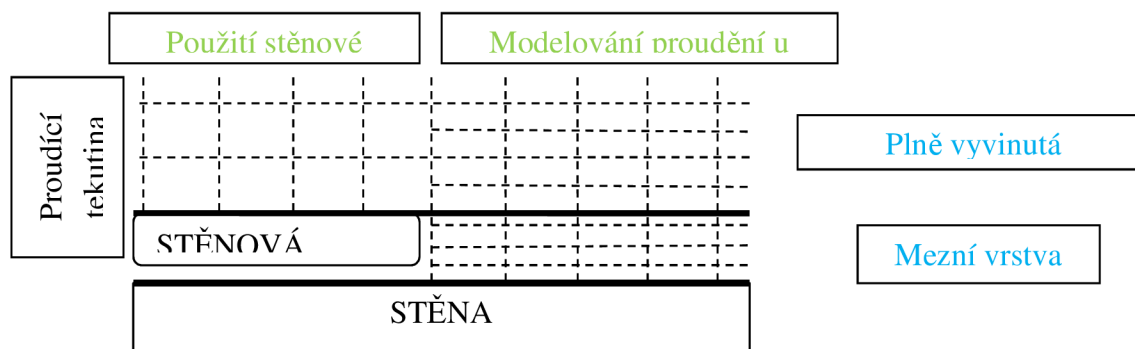
- intenzita turbulence + charakteristický rozměr velikosti vírů.

Možné kombinace vstupních a výstupních okrajových podmínek na průtočných hranicích:

Okrajová vstupní podmínka	Okrajová výstupní podmínka
Pressure-inlet	Pressure-outlet
Velocity-inlet	Outflow
Mass-flow-inlet	Outflow

Tab. 35 Podmínky na průtočných hranicích

Podmínky na stěně udávají, zda je stěna pohyblivá nebo nepohyblivá, se třením bez tření, hladká nebo drsná. Modelování proudění v blízkosti stěny je nutné provést, protože tato část dále ovlivňuje celou oblast. V blízkosti stěny je potlačena turbulence, protože se řešené veličiny rychle mění vlivem přenosu hybnosti a skalárních veličin. U stěny se nachází tzv. mezní vrstva, která se dále dělí na tři podvrstvy.



Obr. 35 Použití stěnové funkce

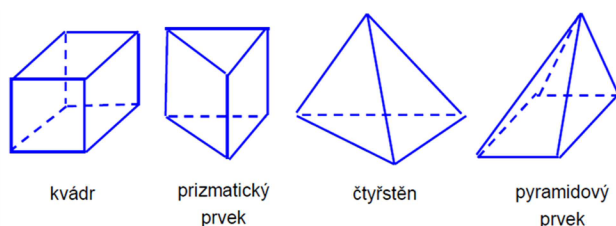
Vlivem molekulární viskozity se nachází přímo u stěny laminární (viskózní) podvrstva. Nad laminární vrstvou se nachází vrstva přechodová, kde se stále uplatňují vlivy molekulární viskozity a turbulence a nad ní vrstva turbulentní. Tuto problémovou oblast lze ve Fluentu nahradit stěnovou funkcí. Funkce nahradí laminární a přechodovou vrstvu plně vyvinutým turbulentním prouděním.

32. TVORBA VÝPOČETNÍ SÍTĚ

Výpočtová síť je soubor na sebe navzájem navazujících a nepřekrývajících se buněk, která je základem pro matematické modelování. Pro výpočet je výhodné vytvořit kvalitní síť,

zároveň však bude výpočet náročnější. S ohledem na dobu výpočtu je nutné počet buněk eliminovat na únosné minimum, aby nebyla omezena kvalita výpočtu. Velký nárůst buněk vzniká například při tvorbě mezních vrstev. V tomto místě se záměrně modeluje zhuštění buněk, aby bylo dosaženo přesných výsledků modelování v této problematice oblasti. Na druhou stranu je možné v místech, které nemají přílišný vliv na výpočet, provést tvorbu řidší sítě. Těmito postupy získáme dostatečně hustou síť pro výpočet a zároveň nebude řešení tak náročné, protože počet buněk bude minimální. Při zhušťování buněk se musí postupovat plynule. Náhlý skok by se projevil ve výpočtu i v konečném výsledku.

Z hlediska tvarů jednotlivých buněk byly dříve používány tvary obdélníků a křivočarých čtyřúhelníků ve 2D, kvádrů a obecných šestiúhelníků ve 3D. Takto vytvořená síť se nazývala strukturovaná a hranice prvků musely sousedit s hranicí sousedního elementu. Z tohoto důvodu nebylo možné zhušťovat síť, proto se začalo s tvorbou nového typu sítě tzv. nestrukturované. Tato síť umožnila vytvořit jako konečný prvek ve 3D čtyřstěn, kvádr, pyramidový nebo prizmatický prvek. Tyto prvky lze volně kombinovat tak, abychom dosáhli co nejkvalitnější sítě.



Obr. 36 Tvar konečného objemu [6]

Rozdělení výpočetní sítě dle kritérií:

1. dle pravidelnosti
 - strukturované
 - nestrukturované
2. dle rovnoběžnosti
 - pravoúhlé
 - obecné
3. dle rovnoměrnosti
 - ekvidistantní
 - nerovnoměrné

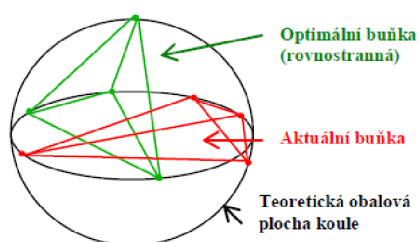
32.1 Kritéria pro posouzení kvality sítě

Aby byl výpočet co nejpřesnější, je nutné vymodelovat co nejkvalitnější síť. Vlivem kombinace několika druhů konečných objemů se výsledné tvary určitých buněk mohou deformovat. Kvalitu buněk posuzujeme dle tří kritérií.

Kritéria pro posouzení kvality sítě:

- velikost buněk,
- kvalita buněk,
- vhodnost uspořádání buněk dle typu úlohy.

Kvalita buněk se posuzuje s ohledem na nesouměrnost a poměr hran (ploch) prvků. Nesouměrnost (anglicky skewness) je míra zkosení buňky neboli deformace. Pokud je buňka jakkoliv deformovaná klesá její kvalita, kterou lze vyjádřit bezrozměrným číslem od 0 do 1. 0 označuje kvalitní buňku, 1 buňku nekvalitní. Buňka by neměla dosáhnout hodnoty 0,85 pro 2D a 0,9 pro 3D případ, tato hodnota značí zhoršení kvality výpočtu. Pro 2D síť se míra deformace buňky (skewness measure) vyjadřuje podílem ploch, pro 3D případ se vyjadřuje poměrem objemů.



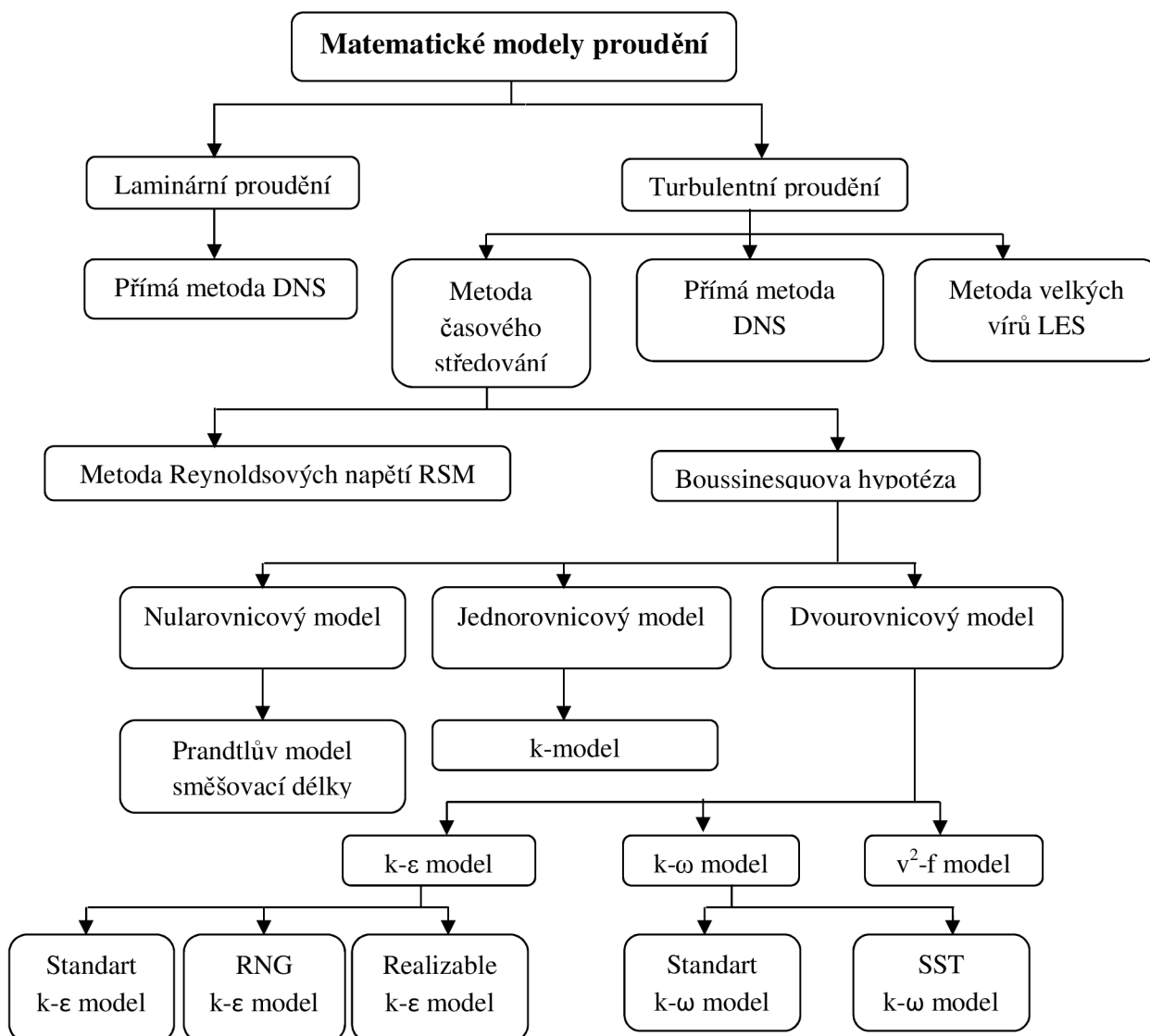
Vztah pro určení kvality 3D buňky pro sítě tvořené čtyřstěny:

$$\text{Skweness measure (TET)} = \frac{V_{\text{optimal}} - V_{\text{real}}}{V_{\text{optimal}}}$$

Obr. 37 Princip posuzování kvality 3D buňky [6]

V softwaru Gambit lze provést příkazem „Testuj síť“ („examine mesh“) kontrolu buněk, jehož výsledkem je zbarvení buněk do odstínu který odpovídá barevné orientační škále stupni kvality buňky.

33. MATEMATICKÉ MODELY PROUDĚNÍ



Obr. 38 Schéma matematických modelů proudění [6]

Proudění skutečných tekutin rozlišujeme na tři základní druhy. Mezi méně obvyklé patří laminární proudění, které se vyznačuje malou rychlostí a prouděním ve vrstvách, proudnice jsou rovnoběžné a nemísí se. Turbulentní proudění je neuspořádané s výskytem lokálních vírů, má plně vyvinutý rychlostí profil a proto nedochází k vymizení turbulentních víru vlivem disipace. Proudnice se navzájem mísí. Mezičlánkem laminárního a turbulentního proudění je proudění přechodové. Režim proudění udává Reynoldsovo číslo:

$$Re = \frac{wd}{\nu},$$

kde w značí rychlost, d charakteristický rozměr, ν kinematickou viskozitu. Reynoldsovo číslo vyjadřuje vliv setrvačných sil a viskozity. Čím vyšší je Reynoldsovo číslo, tím menší vliv má viskozita na celkový odpor. Pro kruhové potrubí platí:

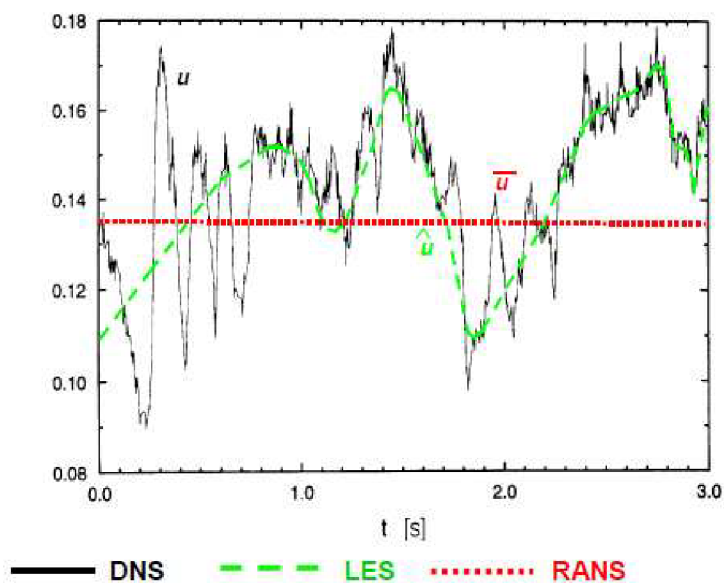
- laminární proudění $Re < 2320$,
- přechodové proudění $2320 < Re < 4000$,
- turbulentní proudění $Re > 4000$.

Pro modelování turbulentních proudění se využívá tří základních metod, které se liší teoretickými přístupy a vychází ze zjednodušených rovnic popisujících proudění.

Metoda DNS („Direct Numerical Simulation“) – tato metoda je velmi náročná na výpočetní techniku z důvodu jemné výpočetní sítě. Náročnost vychází z Reynoldsova čísla, s jeho narůstající hodnotou rapidně narůstá počet uzlových bodů sítě.

Metoda velkých vírů („Large Eddy Simulation“) – tato metoda modeluje velké víry v závislosti na čase. Malé turbulentní víry se téměř nepodílí na přenosových jevech. Vlivem disipace dochází k přeměně kinetické energie na tepelnou. Tuto oblast malých vírů můžeme parametrizovat tzv. subgridními modely a odstranit je pomocí filtru turbulentního pole. Filtrací získáme takový rozměr výpočetní sítě, který už lze řešit.

Metoda středování („Reynolds Averaged Navier-Stokes equations) – jedná se o model vycházející ze statistických modelů turbulence. Provádí se středování turbulentních veličin a časového středování bilančních rovnic.[6]



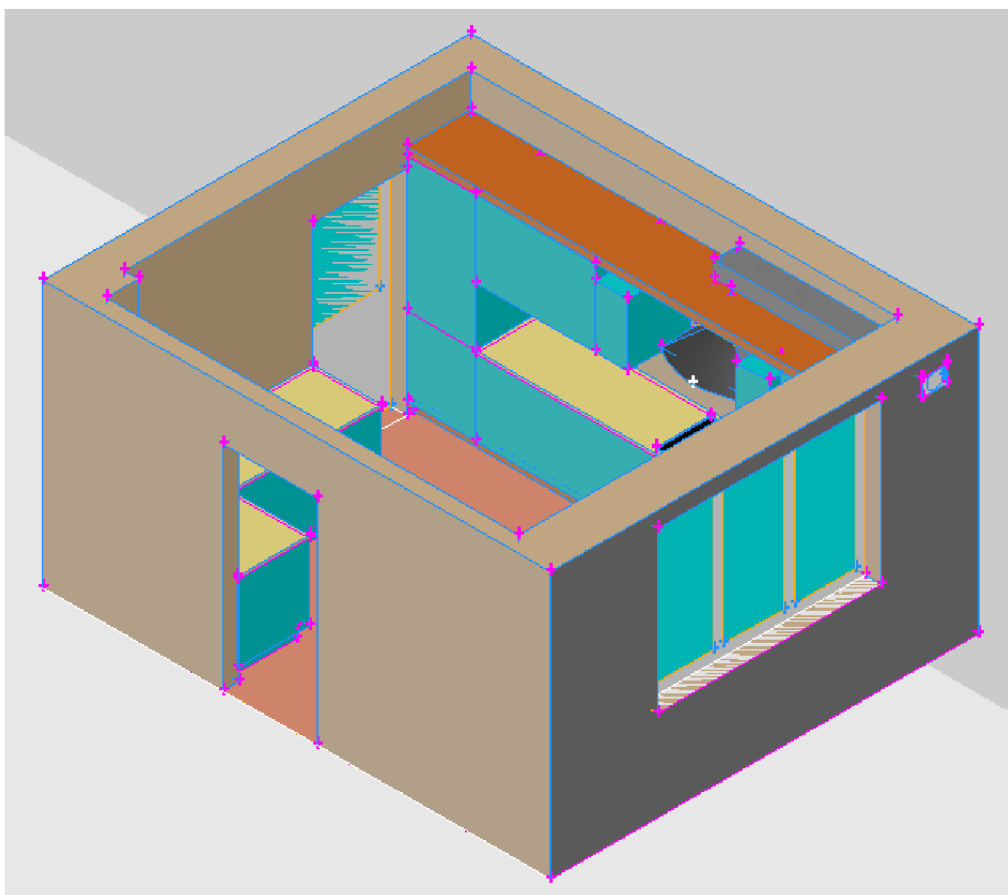
Obr. 39 Metody modelování turbulence [6]

34. APLIKACE PROBLEMATIKY NA DANÉ TÉMA

Hlavním cílem bylo srovnat výsledky získané experimentem na reálném objektu s výsledky simulace. Další varianty sloužily k objasnění dějů probíhajících v prostoru kuchyně.

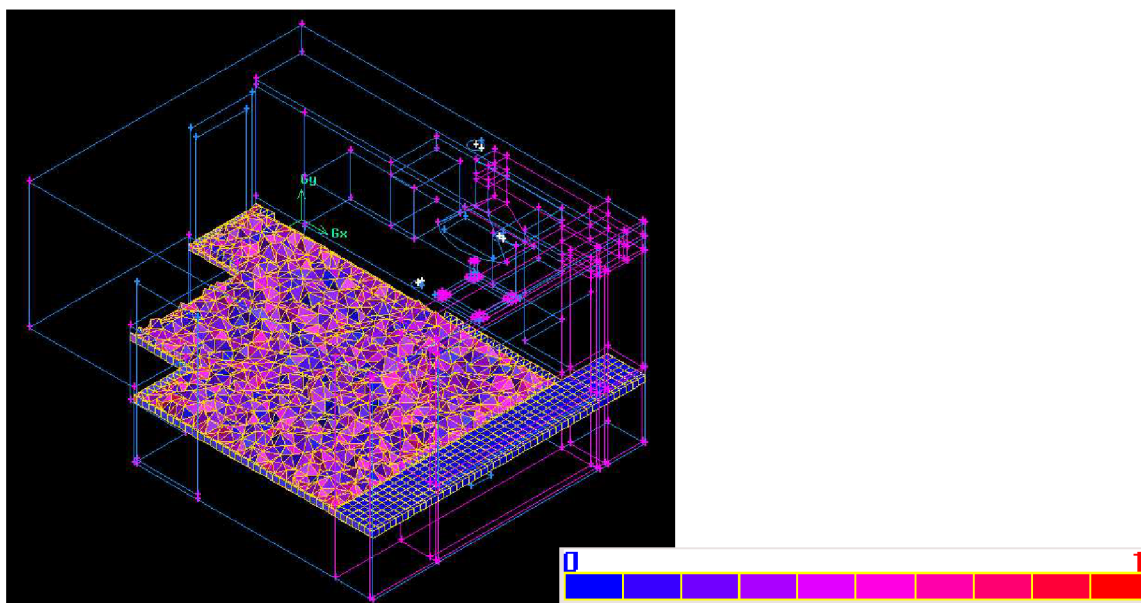
35. MODEL PRO SIMULACI V SOFTWARE FLUENT

Model kuchyně byl vytvořen v modelačním programu GAMBIT 2.4.6. Jde o model komplikovanější z hlediska členitosti prostoru kuchyně vlivem kuchyňského zařízení jako jsou skříňky a komplikovanější tvar digestoře. Kruhové potrubí pro odvod vzduchu od digestoře bylo znázorněno jako potrubí čtyřhranné ekvivalentního průřezu. Tento krok byl podstoupen z hlediska složitého modelování kolene kruhového průřezu.



Obr. 40 Axonometrie kuchyně vytvořená v programu GAMBIT

Pro provedení simulace ve FLUENTU je nutné vytvořit povrchové a objemové síť. Nejprve se vytvoří povrchová síť a poté se načte síť prostorová. Při tvorbě sítě je nutné provést kvalitu kontroly sítě, a zda síť v některých částech nechybí.



Obr. 41 Znárodnění kvality sítě se stupnicí

36. VÝPOČTOVÉ MODEL Y POUŽITÉ PŘI ŘEŠENÍ

Řešení bylo provedeno ve 3D pro stacionární případ. Pro výpočet byl použit model turbulence k- ϵ , který projevuje v těchto případech řešení vyšší stabilitu. Při návrhu se vycházelo ze zimního extrému, takže nebyl uvažován vliv přímé sluneční radiace.

37. OKRAJOVÉ PODMÍNKY MODELU

Protože se jedná o simulaci proudění vzduchu v místnosti je proudící tekutinou vzduch s následujícími vlastnostmi:

- měrná tepelná kapacita: $c_p=1006,43 \text{ J/(kgK)}$,
- tepelná vodivost: $\lambda=0,0242 \text{ W/(mK)}$,
- dynamická viskozita: $\eta=1,7894 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(ms)}$.

Teplota přírodního vzduchu je $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Při režimu odsávání (spuštěná digestoř) je vzduch do místnosti přisáván mezerou pode dveřmi. Této mezeře je přidělena podmínka mass-flow-inlet. Množství vzduchu odváděné digestoří se tedy na přívodu přerozděluje na tyto mezery.

V místech prostupu vzduchu do prostoru zákrytu digestoře a prostupu potrubím je definována podmínka interior. Na výfuku potrubí na fasádě je definovaná podmínka outflow. Tyto udané podmínky jsou ale proměnné dle typu úlohy. Ostatní plochy v prostoru kuchyně je nedefinovaná podmínka wall. Protože je sledován průběh teplot v obvodové konstrukci v místě prostupu konstrukcí, je tato konstrukce definována jako objem s podmínkou solid. Zed' se skládá z plných pálených cihel tloušťky 400 mm a tepelně izolační omítky tloušťky 40 mm. Oba materiály byly samostatně definovány v podmínce solid.

	ρ (kg/m ³)	c_p (J/(kgK))	λ (W/(mK))
cihla	1700	900	0,8
izolace	500	800	0,18

Tab. 36 Přehled materiálů a jejich fyzikálních vlastností (obvodová zed')

Na přívodních otvorech je definována intenzita turbulence 10%.

38. ŘEŠENÉ VARIANTY

Dle přístupu k řešenému tématu lze rozlišit simulace do tří variant. Jako stěžejní je uvažováno srovnání simulací s provedeným experimentem, takže jako hlavní variantu sledujeme vývin proudění vzduchu pod digestoří. Dalším zajímavým faktorem k řešení je přerozdělení přiváděného vzduchu do místnosti, když je sepnutá digestoř. Posledním faktorem je sledování průběhu teplot v místě prostupu potrubí obvodovou konstrukcí a jak se mění toto rozložení v případě, že digestoř odsává a v případě, že je vypnutá.

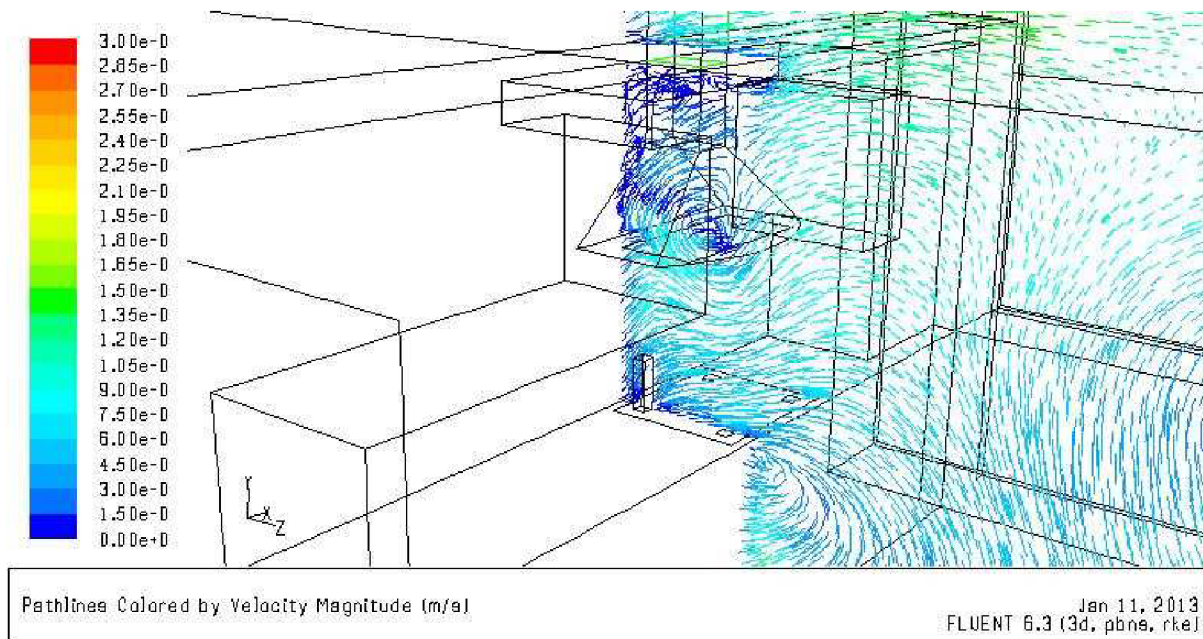
Dle zmíněných požadavků je řešení rozděleno na následující varianty:

1. Porovnání simulace s provedeným experimentem
 - 1a) proudění v místnosti bez odsávání vzduchu digestoří
 - 1b) proudění v místnosti s digestoří odsávající vzduch na nejvyšší otáčky
2. Simulace proudění se zaměřením na průběh teplot v místě prostupu potrubí obvodovým zdívkem
 - 2a) vliv na průběh teplot v místě prostupu bez odsávání vzduchu digestoří
 - 2b) vliv na průběh teplot s digestoří odsávající vzduch na nejvyšší otáčky

3. Simulace proudění z hlediska přerozdělení vzduchu na přírodních otvorech
 - 3a) přerozdělení objemu vzduchu mezi mřížky ve dveřích
 - 3b) nasávání vzduchu otevřeným oknem

38.1 První varianta: Porovnání simulace s provedeným experimentem

V následujícím textu budou porovnány výsledky experimentu a simulace. Jedná se o variantu, kdy v kuchyni není instalován žádný zdroj přírodního vzduchu. Na varném centru je zdroj volného konvektivního proudu. Výstupy z FLUENTU jsou v podobě průběhu teplot a rychlosti. Srovnáváme dvě varianty: s odsáváním vzduchu a bez odsávání vzduchu digestoří.

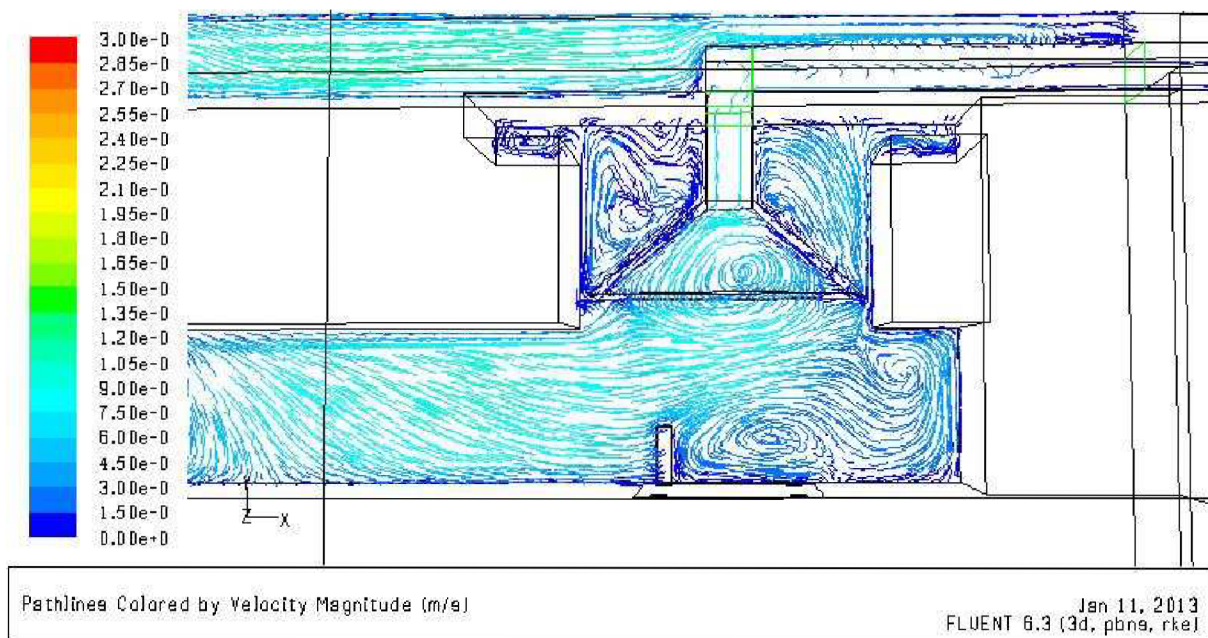
1a) Bez odsávání vzduchu digestoří

Obr. 42 Rychlostní pole v řezu digestoří – bez odsávání, boční pohled



Obr. 43 Proudění kouře bez odsávání – boční pohled

Zhodnocení: Na výstupu z FLUENTU je patrné, že zdroj na varném centru způsobuje volnou konvekci, kdy vzduch vlivem setrvačných sil stoupá ke stropu s vyšší rychlostí. Určité množství vzduchu vniká i do zákrytu digestoře, ale to je způsobeno opačným směrem proudění vlivem extrémně nízké teploty (stanovené okrajové podmínky, kdy exteriérový vzduch proniká potrubím do interiéru). Výsledek simulace a experimentu lze srovnat, protože u obou případů můžeme sledovat kumulaci vzduchu pod zákrytem a jeho následné přelévání přes hranu digestoře směrem do prostoru a ke stropu.

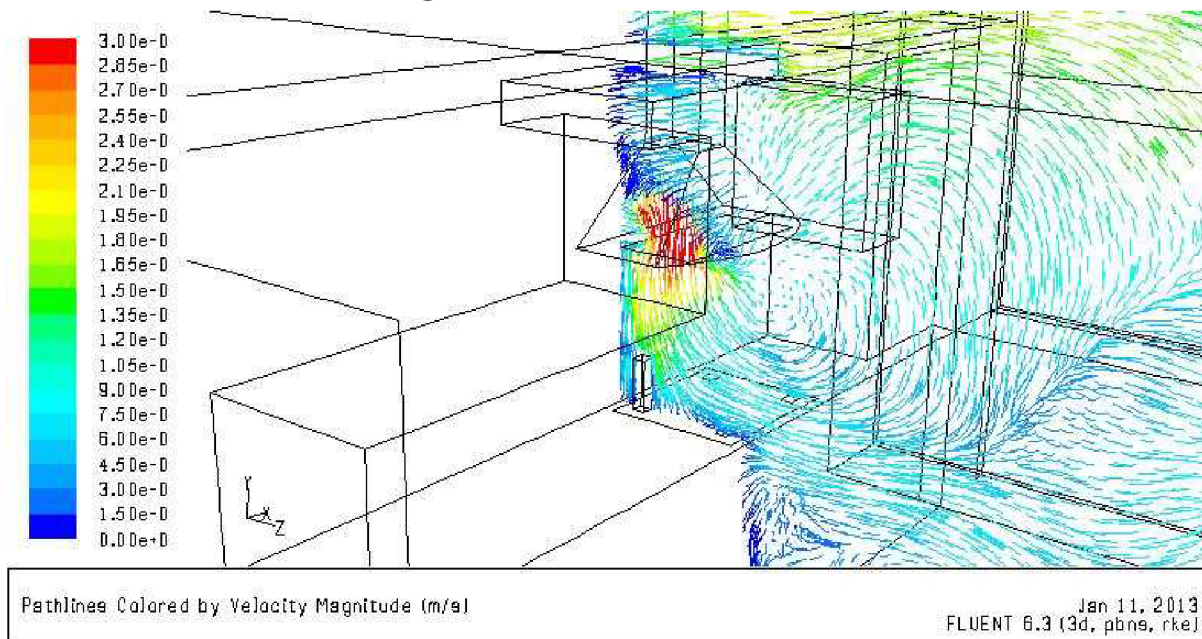


Obr. 44 Rychlostní pole v řezu odvodním potrubím – bez odsávání, čelní pohled

Obr. 45 Proudění kouře bez odsávání – čelní pohled

Zhodnocení: V případě čelního pohledu lze také srovnat výsledky simulace a experimentu. Opět je viditelná kumulace vzduchu pod digestoří a jeho přelévání přes hranu digestoře směrem ke stropu.

1b) S odsáváním vzduchu digestoří

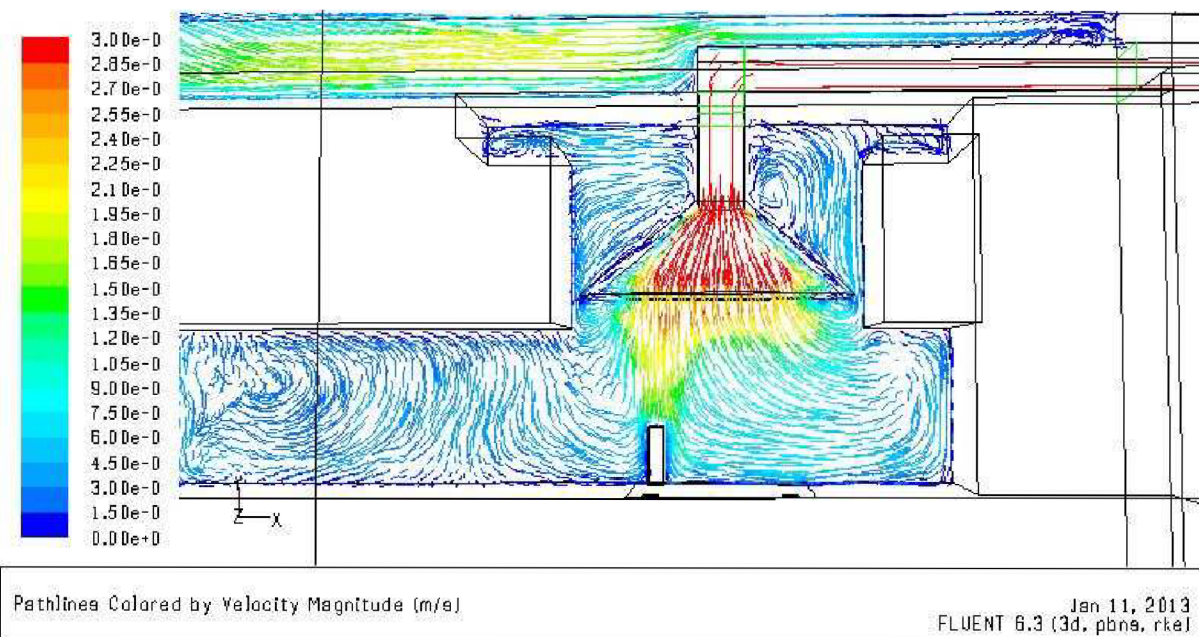


Obr. 46 Rychlostní pole v řezu digestoří – s odsáváním, boční pohled



Obr. 47 Proudění kouře s odsáváním

Zhodnocení: I v případě odsávání vzduchu z místnosti lze pozorovat shodu obou výsledků. V rychlostním poli na obrázku 84 můžeme pozorovat zvýšení rychlosti a změnu směru proudění ve směru k digestoří, kdy se zvyšují rychlosti proudění a vytváří se sloup odsávaného vzduchu. I na obrázku 85 lze pozorovat stejnou situaci.



Obr. 48 Rychlostní pole v řezu odvodním potrubím – s odsáváním, čelní pohled



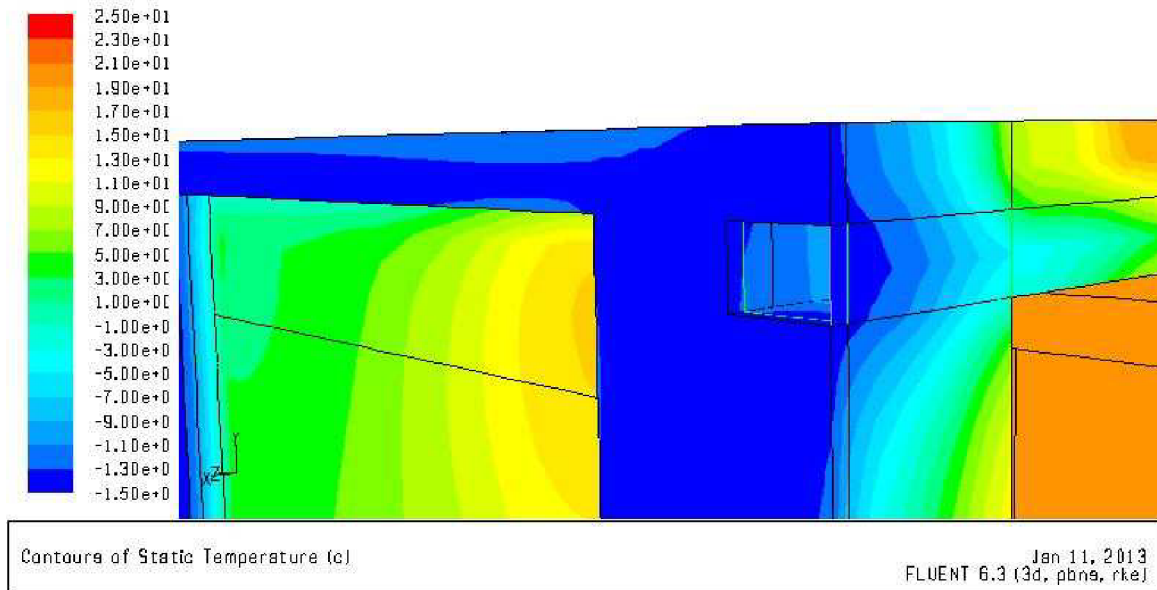
Obr. 49 Proudění kouře s odsáváním – čelní pohled

Zhodnocení: Čelní pohled také zobrazuje tvorbu souvislého kouře odsávaného digestoří. Simulace vykazuje podobnost s experimentem.

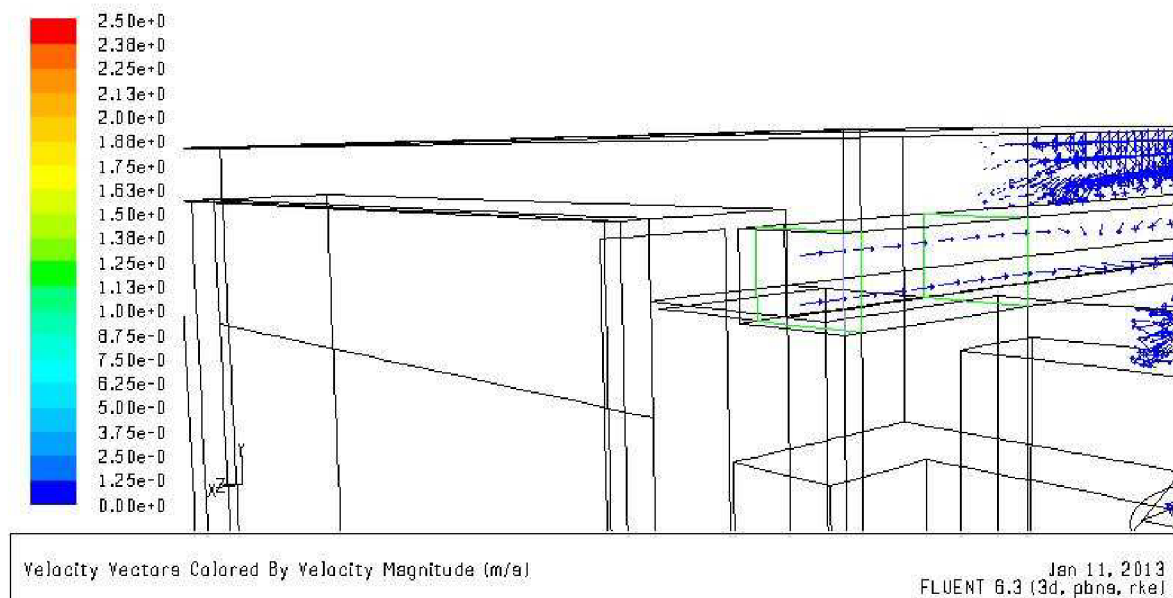
38.2 Druhá varianta: Simulace proudění se zaměřením na průběh teplot v místě prostupu potrubí obvodovým zdivem

Tato varianta se zaměřuje na problematiku prostupů obvodovými konstrukcemi. Pokud není vstup zateplený a otvor uzavíratelný například zpětnou klapkou, dochází k prochlazení vnitřního povrchu obvodové zdi.

IIa) Bez odsávání vzduchu digestoří



Obr. 50 Pohled na vstup potrubí – průběh teplot, bez spuštěného odsávání

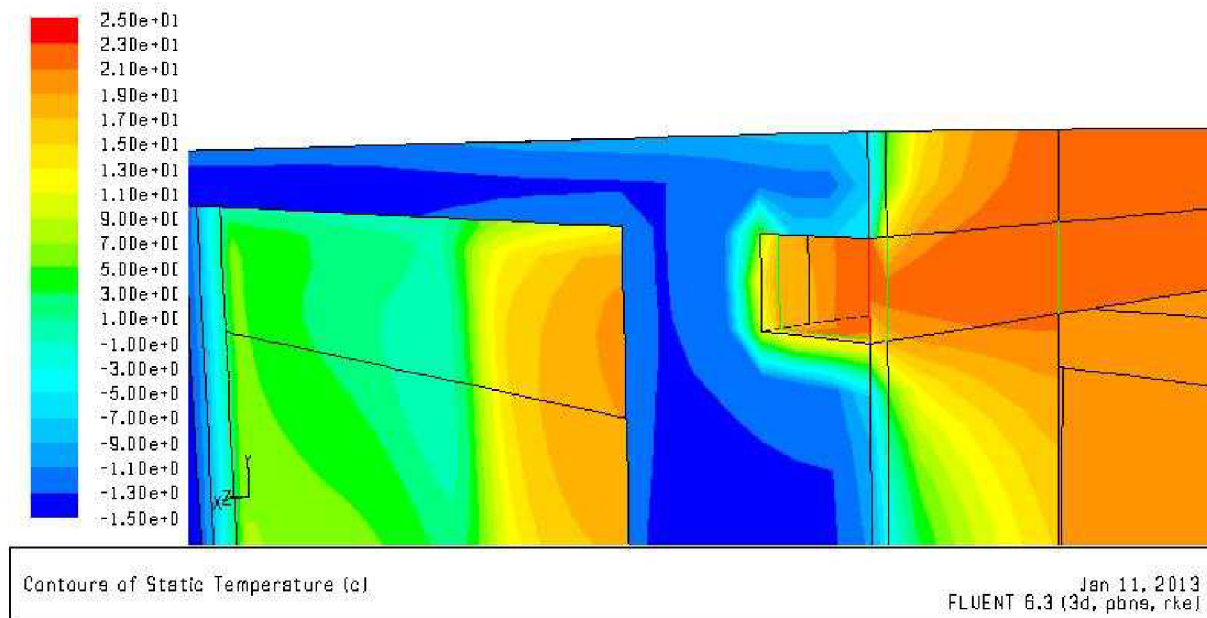


Obr. 51 Pohled na vstup potrubí – vektory rychlosti, bez spuštěného odsávání

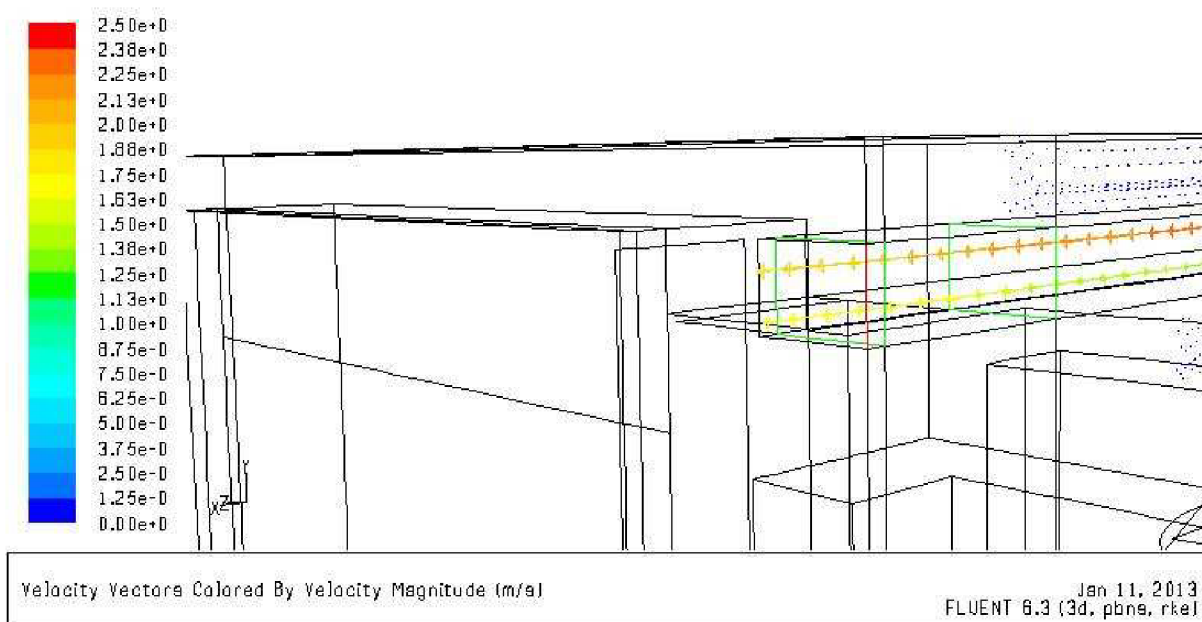
Zhodnocení: V místě prostupu můžeme pozorovat velmi nízkou povrchovou teplotu zdiva. Tato teplota může dosahovat až hodnoty kolem 1 °C. Z této simulace vyplývá, že je

nevhodné provádět stavební prostupy obvodovými konstrukcemi bez izolace. Obrázek 89 znázorňuje vstup exteriérového vzduchu po potrubí směrem do interiéru, tomuto pronikání vzduchu by se mělo zabránit montáží zpětné klapky.

IIb) S odsáváním vzduchu digestoří



Obr. 52 Pohled na vstup potrubí – průběh teplot, se spuštěným odsáváním



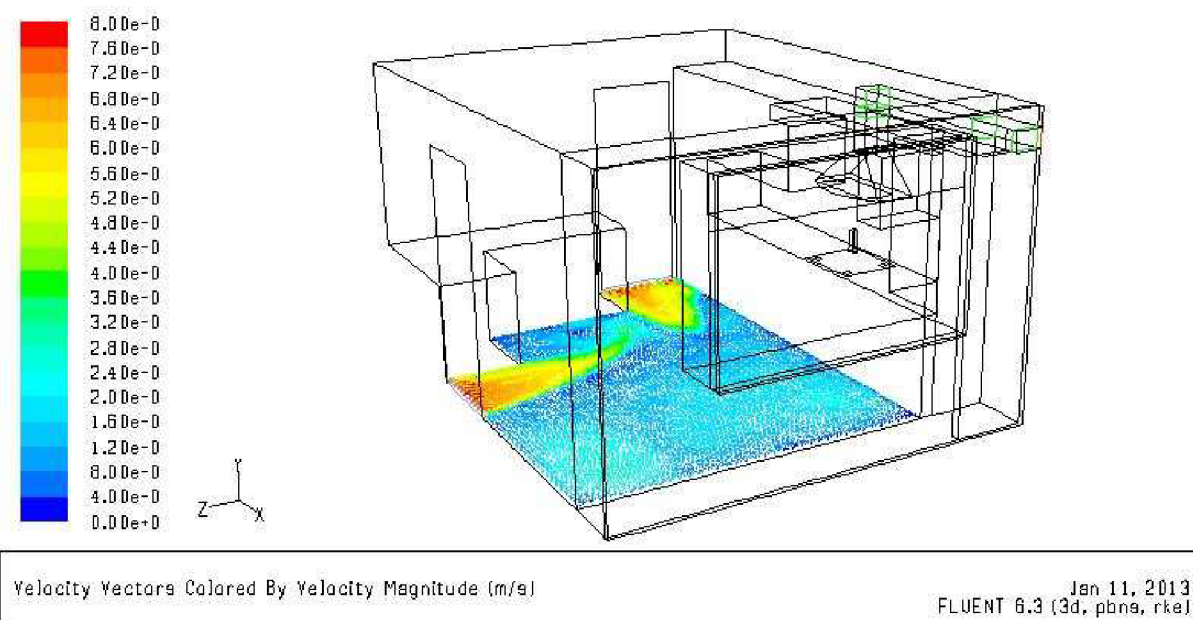
Obr. 53 Pohled na vstup potrubí – vektory rychlosti, se spuštěným odsáváním

Zhodnocení: Na výsledcích simulace je zřejmé, že pokud odsáváme vzduch z místnosti, dochází k prohřívání povrchu obvodové zdi. Vektory rychlosti znázorňují průtok vzduchu potrubím směrem do exteriéru.

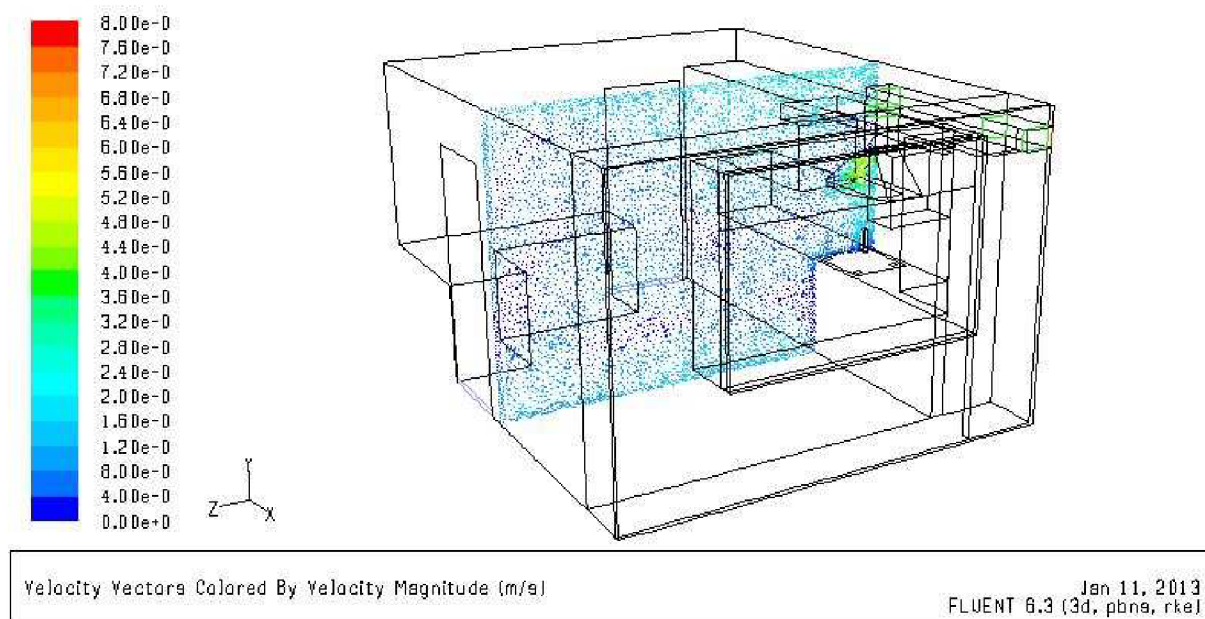
38.3 Třetí varianta: Simulace proudění z hlediska přerozdělení vzduchu na přívodních otvorech

Principem této varianty je simulace přerozdělení vzduchu na přívodních prvcích. Digestoř je sepnutá a proudění v místnosti ovlivňuje umístění přívodních prvků, které zásobují vzduchem místnost.

III a) Přerozdělení vzduchu mezi mřížky ve dveřích



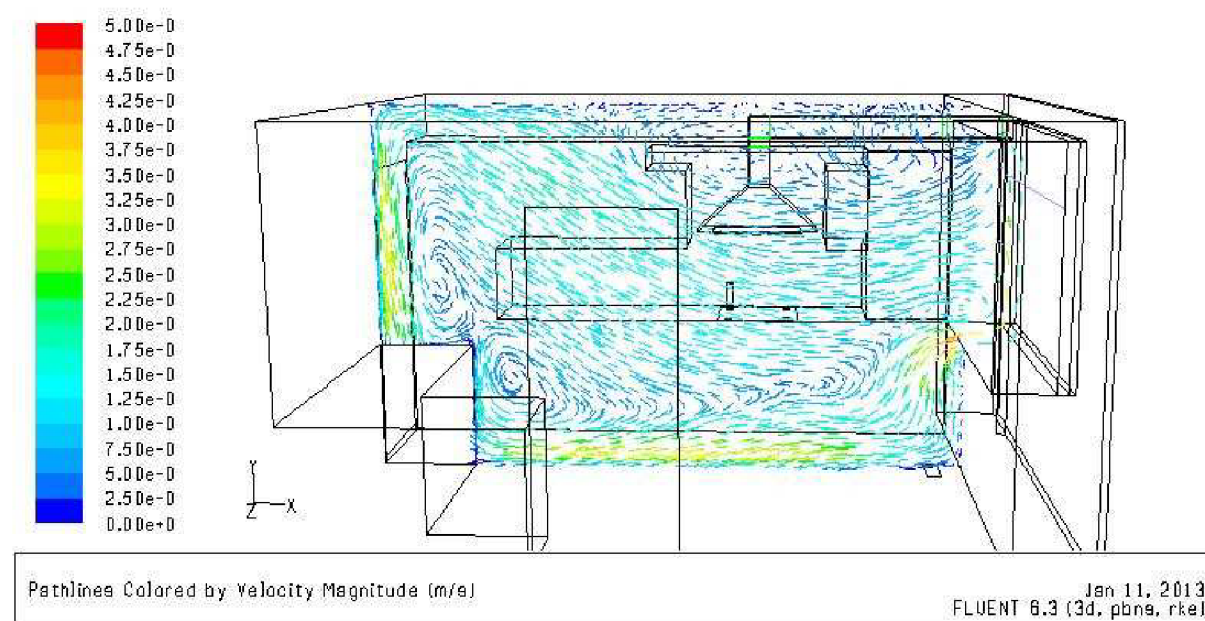
Obr. 54 Přerozdělení potřebného přiváděného objemu vzduchu do místnosti se sepnutou digestoří



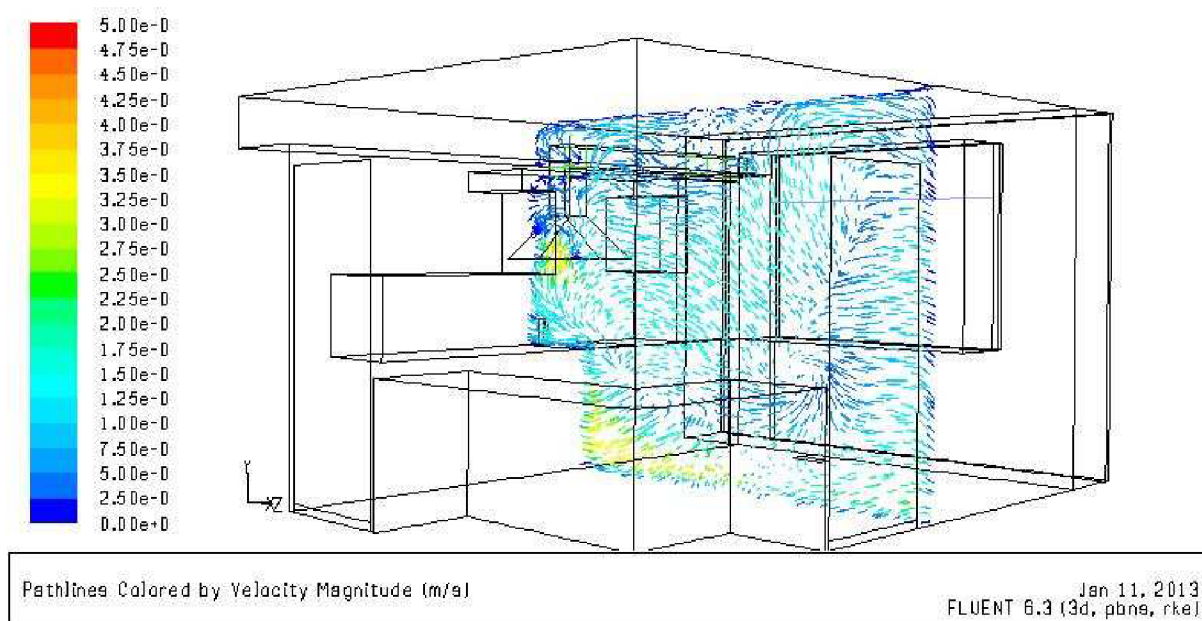
Obr. 55 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného mřížkami ve dveřích

Zhodnocení: Na přívodu vzduchu do místnosti mřížkami ve dveřích můžeme sledovat zvýšenou rychlost proudění. Je tedy zřejmé, že vzduch, který digestoř odsává je uhrázován vzduchem přísávaným do místnosti přes tyto otvory. Na obrázku 93 už můžeme pozorovat nižší rychlosti proudění, ke zvýšení rychlosti dochází pouze v místě zákrytu digestoře, kde vzduch odsáván do exteriéru.

III b) Nasávání vzduchu otevřeným oknem



Obr. 56 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného otevřeným oknem



Obr. 57 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného otevřeným oknem

Obrázky znázorňují, že v případě možnosti se nasává vzduch do místnosti i přes otevřené okno. V obou znázorněních lze pozorovat výrazně jině proudění než v předešlé variantě.

39. ZÁVĚR

Z výsledků simulace vyplývá, že se příliš neliší od výsledků získaných experimentálně. Pokud digestoř odsává vzduch z místnosti, snaží se uhradit tento objem otvory, kterými přisává vzduch dovnitř. Dále z výsledků prostupu potrubí obvodovou konstrukcí plyne nutnost takového prostupu zateplit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BOJKO, Marian. *3D Proudění - ANSYS FLUENT*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2010.
- [2] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. 2. vyd. Brno: ERA, 2007, xx, 262 s. ISBN 978-80-7366-091-8.
- [3] HIRŠ, Jiří. *Vzduchotechnika v příkladech*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 230 s. ISBN 80-720-4486-9.
- [4] HORÁKOVÁ, ING., Kateřina, Ing. Vít HONZEJK a Ing. František LEMFELD. *Manuál pro výuku numerických metod*. 1. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010.
- [5] CHYSKÝ, Jaroslav a K. HEMZAL. A KOL. *Větrání a klimatizace: Technický průvodce*. Vyd. 3., zcela přeprac. Praha: Česká Matica technická, 1993, 490 s. ISBN 80-901-5740-8.
- [6] KOZUBKOVÁ, DOC. RNDR., CSC., Milada. VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA. *Modelování proudění tekutin, FLUENT, CFX*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2008.
- [7] MORÁVEK, ING., CSC., Petr. *www.tzb-info.cz* [online]. 7.3. 2011. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/7210-vetrani-a-vytapeni-nizkoenergetickych-a-pasivnich-obytnych-staveb-iv-ca>
- [8] SAZIMA, Miroslav, Jiří SCHNELLER a Vladimír KMONÍČEK. *Teplota*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 588 s. Česká matice techn. ISBN 80-030-0043-2.
- [9] SZÉKYOVÁ, Marta. *Větrání a klimatizace*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2006, 359 s. ISBN 80-807-6037-3.
- [10] VACEK, Václav a Vojtěch HLAVAČKA. *Přenos tepla a hmoty*. 1. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1990.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

VZT	vzduchotechnika
NED	nízkoenergetický dům
ZZT	zpětné získávání tepla
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy (W/K)
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy (W/K)
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu (W/K)
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem (W/K)
$\Phi_{T,i}$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla (W)
H_{vi}	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním (W/K)
$\Phi_{V,i}$	návrhová tepelná ztráta větráním (W)
Φ	návrhová tepelná ztráta (W)
φ	relativní vlhkost (%)
Q	objemový průtok vzduchu (m ³ /h)
θ	teplota (°C)
λ	součinitel tepelné vodivosti (W/(m ² K))
R	tepelný odpor (m ² K/W)
A	součinitel přestupu tepla (W/(m ² K))
Δp	tlaková ztráta (Pa)
ξ	součinitel vřazených odporů (-)
R	tlaková ztráta třením (Pa/m)

v rychlost (m/s)

Re Reynoldsovo podobnostní číslo (-)

η kinematická viskozita (m^2/s)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Doporučená oblast stavu vzduchu v kuchyni (zdroj: www.fsid.cvut.cz).....	17
Obr. 2 Systém větrání s cirkulačním vzduchem a cirkulační kuchyňskou digestoří (zdroj: www.atrea.cz).....	20
Obr. 3 Typy tvarů kuchyňských odsavačů par do kuchyní v domácnostech	21
Obr. 4 Umístění digestoře z hlediska typu a polohy technologie pro vaření	22
Obr. 5 Žárový anemometr	24
Obr. 6 Komponenty nutné k výrobě generátoru kouře.....	25
Obr. 7 Krok 1	26
Obr. 8 Krok 2	26
Obr. 9 Krok 3	26
Obr. 10 Tvorba vývinu kouře.....	27
Obr. 11 Vývin páry bez sepnutého odsávání - čelní pohled.....	27
Obr. 12 Vývin páry se sepnutým odsáváním na nejvyšší otáčky- čelní pohled.....	28
Obr. 13 Vývin páry bez sepnutého odsávání.....	28
Obr. 14 Vývin páry se sepnutým odsáváním	28
Obr. 15 Rozmístění měřících bodů po délce potrubí	29
Obr. 16 Rozložení měřících bodů v průřezu potrubí.....	29
Obr. 17 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve svislém směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 510 mm	30
Obr. 18 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve svislém směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 890 mm	31
Obr. 19 Grafické znázornění průběhu rychlosti v potrubí ve vodorovném směru při různých otáčkách ve vzdálenosti 890 mm	31
Obr. 20 Ekvivalentní plochy	32
Obr. 21 Pohled na řešený rodinný dům (modelace v softwaru GAMBIT).....	35
Obr. 22 Původní stav prostupu potrubí	43
Obr. 23 Rozložení teplot v místě prostupu bez izolace.....	44
Obr. 24 Rozložení teplot v místě prostupu s navrženou tloušťkou izolace 6 mm	45
Obr. 25 Grafické znázornění koncepce rovnotlakého větrání.....	48
Obr. 26 Grafické znázornění koncepce teplovzdušného vytápění a větrání	56
Obr. 27 Schéma lokální diskretizace.....	68
Obr. 28 Schéma průběhu výpočtu [6]	68
Obr. 29 Význam váhového součinitele [10].....	70
Obr. 30 Explicitní metoda [10]	70
Obr. 31 Implicitní metoda [10]).....	71
Obr. 32 Crank-Nicholsonova metoda [10].....	71
Obr. 33 Schéma rozdělení tekutin [6]	72
Obr. 34 Schéma závislosti proudění na čase a prostoru [6]	73
Obr. 35 Použití stěnové funkce	76
Obr. 36 Tvar konečného objemu [6]	77
Obr. 37 <i>Princip posuzování</i>	78

Obr. 38 Schéma matematických modelů proudění [6].....	79
Obr. 39 Metody modelování turbulence [6].....	80
Obr. 40 Axonometrie kuchyně vytvořená v programu GAMBIT.....	81
Obr. 41 Znázornění kvality sítě se stupnicí.....	82
Obr. 42 Rychlostní pole v řezu digestoří – bez odsávání, boční pohled	85
Obr. 43 Proudění kouře bez odsávání – boční pohled.....	85
Obr. 44 Rychlostní pole v řezu odvodním potrubím – bez odsávání, čelní pohled	86
Obr. 45 Proudění kouře bez odsávání – čelní pohled.....	86
Obr. 46 Rychlostní pole v řezu digestoří – s odsáváním, boční pohled	87
Obr. 47 Proudění kouře s odsáváním	87
Obr. 48 Rychlostní pole v řezu odvodním potrubím – s odsáváním, čelní pohled	88
Obr. 49 Proudění kouře s odsáváním – čelní pohled.....	88
Obr. 50 Pohled na prostup potrubí – průběh teplot, bez spuštěného odsávání	89
Obr. 51 Pohled na prostup potrubí – vektory rychlosti, bez spuštěného odsávání	89
Obr. 52 Pohled na prostup potrubí – průběh teplot, se spuštěným odsáváním	90
Obr. 53 Pohled na prostup potrubí – vektory rychlosti, se spuštěným odsáváním	90
Obr. 54 Přerozdělení potřebného přiváděného objemu vzduchu do místnosti se sepnutou digestoří.....	91
Obr. 55 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného mřížkami ve dveřích	92
Obr. 56 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného otevřeným oknem	92
Obr. 57 Proudění vzduchu v místnosti přiváděného otevřeným oknem	93

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Maximální relativní vlhkost vzduchu v oblasti pobytu (zdroj: www.fsid.cvut.cz).....	18
Tab. 2 Předpisy a požadavky na množství přiváděného vzduchu.....	18
Tab. 3 Požadavky na množství přiváděného vzduchu do kuchyní, koupelen a WC (zdroj: http://www.atrea.cz/sk/vyznam-vetrani-budov).....	19
Tab. 4 Produkce vodní páry (zdroj: http://www.atrea.cz/sk/vyznam-vetrani-budov).....	19
Tab. 5 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 510 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 – svislý směr	30
Tab. 6 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 890 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 – svislý směr	30
Tab. 7 Naměřené hodnoty rychlostí (m/s) ve vzdálenosti 890 mm od změny směru proudění v měřících bodech dle obrázku 14 - vodorovný směr	31
Tab. 8 Přehled celkových rychlostí a průtoků pro zvolené otáčky v jednotlivých ekvivalentních plochách.....	32
Tab. 9 Přehled požadavků na vnitřní mikroklima místností a jejich plochy, objemy.....	36
Tab. 10 Skladba obvodového zdiva s uvedenými materiálovými vlastnostmi	37
Tab. 11 Skladba podlahy na zemině s uvedenými materiálovými charakteristikami	37
Tab. 12 Skladba stropní konstrukce s uvedenými materiálovými charakteristikami.....	37
Tab. 13 Přehled tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti.....	38
Tab. 14 Přehled tepelných ztrát objektu větráním.....	39
Tab. 15 Požadovaný tepelný výkon objektu po zateplení.....	40
Tab. 16 Přehled dopravovaného množství vzduchu do jednotlivých místností.....	49
Tab. 17 Přehled distribučních prvků v 1.NP	49
Tab. 18 Přehled distribučních prvků v 2.NP	49
Tab. 19 Přehled prvků pro odvod vzduchu v 1.NP	49
Tab. 20 Přehled prvků pro odvod vzduchu z 2.NP	50
Tab. 21 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování potrubí přívodní větve.....	50
Tab. 22 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování potrubí odvodní větve	51
Tab. 23 Výpočet pro posouzení hluku v nejbližší exponované místnosti určené k pobytu osob	52
Tab. 24 Výpočet pro posouzení hluku do exteriéru budovy	53
Tab. 25 Přehled distribučních prvků v 1.NP	57
Tab. 26 Přehled distribučních prvků 2.NP	57
Tab. 27 Přehled prvků pro odvod cirkulačního vzduchu z 1.NP	57
Tab. 28 Přehled prvků pro odvod cirkulačního vzduchu ve 2. NP	57
Tab. 29 Přehled prvků pro odvod odpadního vzduchu v 1.NP	58
Tab. 30 Přehled prvků pro odvod odpadního vzduchu ve 2.NP	58
Tab. 31 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování cirkulační větve.....	58
Tab. 32 Tabulka výpočtu tlakových ztrát a dimenzování přívodní větve	59
Tab. 33 Výpočet pro posouzení hluku v nejbližší exponované místnosti určené k pobytu osob	60
Tab. 34 Výpočet pro posouzení hluku do exteriéru budovy	61

Tab. 35 Podmínky na průtočných hranicích.....	76
Tab. 36 Přehled materiálů a jejich fyzikálních vlastností (obvodová zeď).....	83

SEZNAM PŘÍLOH

- 1 Přehled zařízení
- 2 Výkres č.11 – Detail prostupu
- 3 Technické listy – nucené větrání
- 4 Výpis prvků – nucené větrání
- 5 Technická zpráva – nucené větrání
- 6 Výkres č.06 – Nucené větrání – Půdorys 1.NP (přívod)
- 7 Výkres č.07 – Nucené větrání – Půdorys 2.NP(přívod)
- 8 Výkres č.08 – Nucené větrání – Půdorys 1.NP (odtah)
- 9 Výkres č.09 – Nucené větrání – Půdorys 2.NP(odtah)
- 10 Řez – nucené větrání
- 11 Technické listy – teplovzdušné vytápění
- 12 Výpis prvků
- 13 Technická zpráva
- 14 Výkres č.01 – Teplovzdušné vytápění – Půdorys 1.NP (přívod)
- 15 Výkres č.02 – Teplovzdušné vytápění – Půdorys 2.NP(přívod)
- 16 Výkres č.03 – Teplovzdušné vytápění – Půdorys 1.NP (odtah)
- 17 Výkres č.04 – Teplovzdušné vytápění – Půdorys 2.NP(odtah)
- 18 Řez – teplovzdušné vytápění

POUŽITÝ SOFTWARE

GAMBIT

FLUENT

MICROSOFT EXCEL

MICROSOFT WORD

AUTOCAD

NÁVRHOVÝ SOFTWARE FIRMY ATREA

CalA

POUŽITÉ WEBOVÉ STRÁNKY

www.tzb-info.cz

http://www.qpro.cz/60_1_1_1#OdkazNaZacatekVypoctu

<http://www.atrea.cz/>

<http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=24>

<http://www.converter.cz/tabulky/vzduch.htm>

<http://www.pasivnidomy.cz>