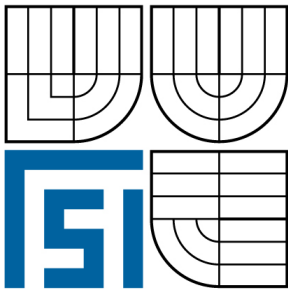


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VĚTRÁNÍ NÍZKOENERGETICKÝCH RODINNÝCH DOMŮ

VENTILATION OF LOW-ENERGY HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL KUBISZ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL CHARVÁT, Ph.D.

BRNO 2008

Abstrakt

Práce je zaměřena na rozdělení a vysvětlení současných trendů větrání nízkoenergetických domů. Jelikož má větrání nemalý podíl na celkové tepelné ztrátě, je zde uveden také praktický příklad výpočtu, jak závisí celková tepelná ztráta na tepelné ztrátě větráním a prostupem konstrukcí. V závěru je ukázáno v jakých případech je vhodné, či nevhodné, použít větrání se zpětným získáváním tepla.

Klíčová slova: větrání, mikroklima, rekuperace, tepelné ztráty

Abstract:

Dissertation deals with division and description progressive trends of ventilation of low-energy houses. Forasmuch as ventilation is participant in total heat consumption, It is here practical example how total heat consumption depend on ventilation heat consumption and heat consumption by construction. At the close is showed when is good, or bad, to use ventilation with recuperation.

Keywords: ventilation, microclimate, recuperation, heat consumption

Bibliografická citace

KUBISZ, P. Větrání nízkoenergetických rodinných domů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma "Větrání nízkoenergetických rodinných domů" jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Charváta, Ph.D. a v seznamu použité literatury uvedl všechny zdroje a podklady, ze kterých jsem čerpal.

V Brně dne : 20.05.2008

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D za odborné vedení mé práce, podnětné připomínky a cenné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce



OBSAH:

1. CO JE TO VĚTRÁNÍ.....	12
2. VÝZNAM VĚTRÁNÍ.....	13
2.1 TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA	13
2.2 MIKROBIÁLNÍ MIKROKLIMA	13
2.3 ODĚROVÉ MIKROKLIMA	14
2.4 TOXICKÉ MIKROKLIMA	15
3. ZPŮSOBY VÝMĚNY VZDUCHU.....	16
3.1 ROZDĚLENÍ PODLE ČASOVÉHO PRŮBĚHU.....	16
3.2 ROZDĚLENÍ PODLE REALIZACE	17
3.2.1 <i>Přirozené větrání</i>	18
3.2.2 <i>Větrání nucené</i>	19
3.2.3 <i>Větrání hybridní</i>	22
4. ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA.....	23
5. ENERGETICKÉ ZTRÁTY PŘI VĚTRÁNÍ.....	24
5.1 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM KONSTRUKCÍ	24
5.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM.....	25
5.3 UKÁZKA VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT.....	26
5.4 UVAŽOVANÉ VARIANTY RODINNÉHO DOMU.....	27
5.4.1 <i>Rodinný dům v první variantě</i>	27
5.4.2 <i>Rodinný dům ve druhé variantě</i>	28
5.4.3 <i>Rodinný dům ve třetí variantě</i>	29
5.4.4 <i>Rodinný dům ve čtvrté variantě</i>	30
5.5 VYHODNOCENÍ CELKOVÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT	31
6. ZÁVĚR	32
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	33
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A FYZIKÁLNÍCH VELIČIN	34
9. SEZNAM OBRÁZKŮ	35
10. SEZNAM TABULEK.....	36
11. SEZNAM PŘÍLOH.....	37



1. CO JE TO VĚTRÁNÍ

Všichni si asi dokážeme představit větrání obytných místností např. v 19. století, kdy v rohu místnosti stála malá kamínka, okenními spárami do místností foukal vítr a dveřmi s netěsným prahem táhlo. Odvod vzduchu byl zde realizován při hoření a odcházel komínem. Náhradou byl nasáván vzduch zmíněnými netěsnostmi v konstrukcích.

V dnešní době je však situace jiná. Ceny energií neustále rostou a proto nabývají na významu otázky: „Jak snížit spotřebu energie? Lze dosáhnout úspor?“. Jelikož v našich klimatických podmínkách většinu energie spotřebujeme na vytápění, je rozumné hledat řešení právě v této oblasti. U velkého množství domů dochází k výrazným únikům tepla z důvodu jejich nedostatečné tepelné izolace a neekonomickému větrání. Stavební firmy a projektanti mají velké možnosti v používání materiálu a vznikají tak stavby stále kvalitnější - jak po stránce tepelného odporu, tak i po stránce dokonalé vzduchotěsnosti.

Tímto jsme sice vyřešili problém velkých tepelných ztrát prostupem a infiltrací netěsnostmi v konstrukci, ale vzápětí se objevil jiný problém. Začalo docházet ke kondenzaci vlhkosti, vzniku plísní a zvýšení koncentrace škodlivin (např. CO₂, CO). Do popředí se tak dostává význam větrání, jehož hlavní úlohou je odvádět pro nás znečištěný vzduch a nahradit ho čerstvým.

Při řešení problému s větráním je vždy nutné najít optimální způsob řešení, protože jeho nevhodné řešení může napáchat více škody než užitku. Nemluvě o zdravotních problémech, které mohou vzniknout. Proto se zateplovací a hlavně ventilační práce přenechávají kvalifikovaným odborníkům, kteří se vyznají v této problematice a jsou schopni navrhnout nejvýhodnější řešení.[1]



2. VÝZNAM VĚTRÁNÍ

Jeden ze základních úkolů projektantů je zajištění dostatečné výměny vzduchu v budovách. Zejména při požadavku na snížení spotřeby energie na vytápění je tato okolnost opomíjena. Budovy se utěšňují a přirozená výměna vzduchu klesá až na hodnoty $n = 0,05 - 0,15 /h^{-1}$. Přitom hygienický požadavek na větrání v jiných státech EU bývá až 15 násobně vyšší tj. $n = 0,8$ až $1,0 /h^{-1}$. [3]

Kvalitu vnitřního prostředí můžeme rozdělit do následujících hlavních interních mikroklimatů:

- tepelně-vlhkostní,
- mikrobiální,
- odérové,
- toxické.

2.1 TEPELNĚ-VLHKOSTNÍ MIKROKLIMA

Je jeden z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují tepelnou pohodu interiéru. Mnohdy si ani neuvědomuje, kolik vyprodukuje během dne vodní páry. Taková průměrná domácnost vyprodukuje během dne 10 až 15 kg vodní páry. Je proto nasnadě se ptát, kde se tato vodní para ztratí.

Existuje mnoho starších obytných budov, u kterých se provedlo zateplení a výměna oken. Úspora energie byla tímto zásahem znatelná, ale po čase se v objektu objevily plísně. Vysvětlením je nedostatečné větrání. Výměnou starých oken za nová se prakticky přerušila přirozená výměna vzduchu skrze okenní spáry a vznikla vodní pára, která se držela v objektu tak dlouho, dokud nezačala kondenzovat. Kondenzovala zejména na chladných místech převážně na obvodovém zdivu a v místech, které byly ovlivněny působením tepelných mostů konstrukce. Díky tomu se začaly tvořit zmíněné plísně a navlhat zdivo, čímž se snížily jeho izolační vlastnosti a celá situace se ještě zhoršila. Takové životní prostředí má na lidský organismus velmi negativní vliv. Je proto nezbytně nutné zajistit, aby vzniklá vodní pára, která všechno způsobila, byla dostatečně odvětrávána. Běžně se setkáme s intenzitou výměny vzduchu $n = 0,4$ až $0,9 /h^{-1}$. [3], [2]

2.2 MIKROBIÁLNÍ MIKROKLIMA

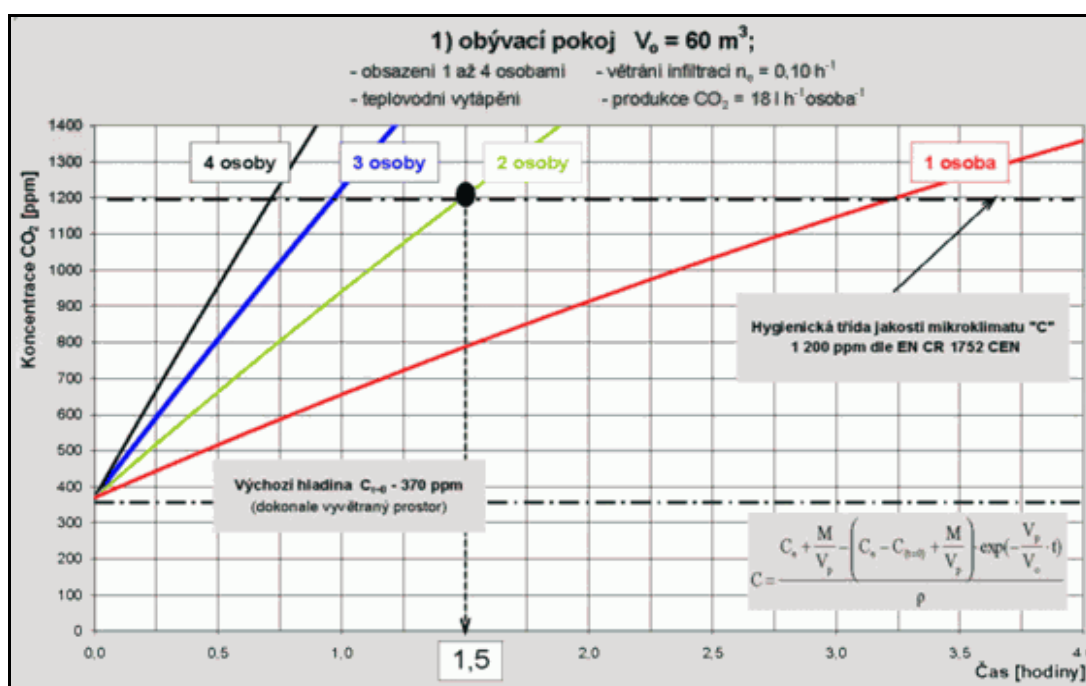
Je charakterizováno množstvím mikroorganismů obsažených ve vzduchu. Tyto mikroorganismy mohou představovat např. pyly, bakterie, viry, plísně a jejich spory. Prostředí znečištěné těmito mikroorganismy může způsobit člověku vážné zdravotní problémy např. astma a různé druhy alergií. Kvalita obytného prostředí z mikrobiálního hlediska se posuzuje podle koncentrace těchto mikrobů obsažených ve vzduchu. V obytných prostorách by se tato koncentrace měla pohybovat kolem 200 až 500 mikrobů / m^3 . V objektech s náročnějšími hygienickými požadavky jako jsou operační sály by neměla požadovaná koncentrace mikroorganismů přesahovat 70 mikrobů / m^3 . Ve venkovním prostředí měst jsou koncentrace až 1500 mikrobů/ m^3 . Dosud nejúčinnějším způsobem, jak snížit mikrobiální koncentrace v budovách, je dokonalé větrání s přívodem kvalitního venkovního vzduchu. [3], [2]



2.3 ODÉROVÉ MIKROKLIMA

Mimo běžné odéry (kouření, příprava jídel) se v interiéru dnes vyskytují i styreny, formaldehydy a odpary z nátěrů, tedy látky dříve neznámé. Z venkovního ovzduší se do budov infiltruje především CO_2 a mnoho dalších odérů. Ve vnitřním prostředí vzniká při pobytu lidí hlavně CO_2 (až 18 l / hod / os) a tělesné pachy – antropotoxiny, které jsou obecně indikátorem kvality vnitřního vzduchu. Jako kritériální a exaktně měřitelná hodnota se všeobecně udává koncentrace 0,10 % CO_2 , pro odstranění pocitu vydýchaného vzduchu z produkce tělesných odérů pak 0,07 % CO_2 . [3] ,[2]

Zde je uveden příklad (obr.1), jak se mění závislost množství CO_2 na množství osob v 60m^3 zcela nevětrané místnosti. Můžeme si všimnout, že například při pobytu dvou osob v této místnosti již za 1,5 hodiny dochází k překračování limitní hranice koncentrace CO_2 . [3]



Obr. 1 Závislost množství CO_2 na množství osob v 60m^3 zcela nevětrané místnosti [1]

Zásadním způsobem lze kvalitu odérového mikroklimatu v budovách ovlivnit pouze dostatečným přívodem čerstvého vzduchu. Ve světě uznávaná hodnota intenzity větrání se udává $25 \text{ m}^3/\text{hod}$ čerstvého venkovního vzduchu na jednu osobu pro odvedení běžných tělesných odérů. Toto platí ale jen pro běžný pobyt v místnosti. Pro velmi těžkou práci v uzavřené místnosti připadá až $60 \text{ m}^3 / \text{hod} / \text{os}$. [3] [2]



2.4 TOXICKÉ MIKROKLIMA

Je vytvářeno toxickými plyny s patologickými účinky. Charakteristickými jsou zejména oxidy síry (SO_x), oxidy dusíku (NO_x), oxid uhelnatý (CO), ozón (O₃), smog, formaldehyd atd.

V interiéru budov je zdravotně nejzávažnějším plynem CO, vznikající hlavně nedokonalým spalováním fosilních paliv při nevyhovujícím přívodu vzduchu, nebo špatném odtahu, únikem svítiplynu a kouřením. Při dlouhodobé expozici může dojít až k chronické otravě s poruchami paměti a psychiky. Obdobně vzniká ve špatně nebo cirkulačně větraných kuchyních s neodvětranými plynovými sporáky koncentrace oxidu dusíku NO_x až 50 mikrogramů / m³, zatímco v jiných místnostech max. 20 mikrogramů / m³. Oxid dusičitý má přitom prokazatelně karcinogenní účinky. Formaldehyd způsobuje ve vyšších koncentracích dráždění očí a sliznic, současně je i alergenem a potenciálním karcinogenem. Zarážející je skutečnost, že i po 15 letech ještě převyšují koncentrace formaldehydu v objektech typu OKAL několikanásobně přípustné limitní hodnoty 0,035 mg / m³. Ekonomicky i technicky nejvhodnějším řešením pro odstranění toxických plynů zůstává stále větrání, případně obtížná filtrace aktivním uhlím, nebo ionizace vzduchu.[3]



3. ZPŮSOBY VÝMĚNY VZDUCHU

V této kapitole jsou uvedeny a principiálně vysvětleny způsoby výměny vzduchu v rodinných domech. Obecně větrání můžeme rozdělit do několika kategorií podle způsobu provedení.

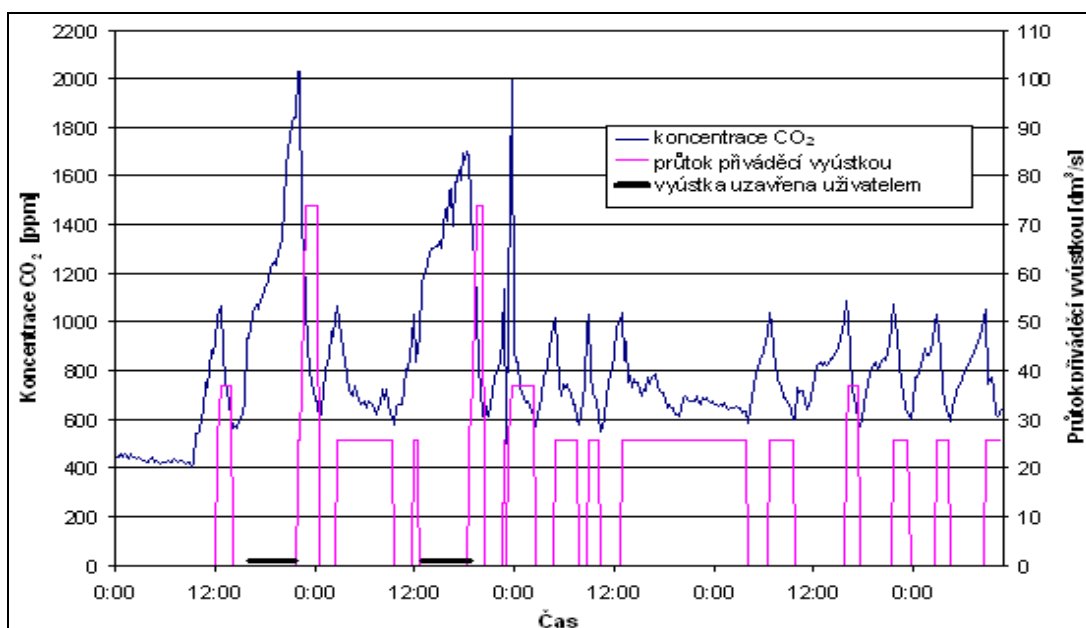
3.1 ROZDĚLENÍ PODLE ČASOVÉHO PRŮBĚHU

Výměnu vzduchu v obytných prostorech můžeme zajistit průběžným nebo přerušovaným větráním. Z časového hlediska proto větrání rozdělujeme na:

- větrání průběžné,
- větrání přerušované.

U průběžného větrání dochází ke kontinuální výměně vzduchu ve větraných místnostech, a proto je hladina koncentrace CO_2 a dalšího znečištění téměř konstantní. Existuje několik způsobů, jak zajistit v obytných objektech kontinuální přísun vzduchu. Tento děj může nastat např. při infiltraci (viz níže), nebo v letních měsících pootevřeným oknem. Pokud jde o větrání okny i v zimním období, kterým chceme zajistit průběžné větrání, dojde ke značným tepelným ztrátám a v takových případech je výhodnější větrat přerušovaně. U přerušovaného větrání dojde k rychlé výměně vzduchu a vnitřní konstrukce neztratí naakumulovanou tepelnou energii.

Na principu přerušovaného větrání dnes pracuje celá řada větracích systémů. Tyto systémy mohou mít předem nastavené časové režimy větrání, na jejichž základě se spouští samotné větrání, nebo mohou mít vlastní vyhodnocovací jednotku, určující kvalitu vnitřního klimatu na jejichž základě opět spustí samotné větrání. Tyto systémy jsou efektivnější, ale také dražší. Na rozdíl od průběžného je u přerušovaného větrání hladina koncentrace CO_2 a dalšího znečištění skokově měnící se. Obr. 2. znázorňuje klasický příklad řízeného přerušovaného větrání, z něhož můžeme vyčíst jakým způsobem závisí koncentrace CO_2 na přerušovaném přívodu čerstvého vzduchu. Simulace a měření proběhlo v experimentálním domě Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně.[8]



Obr. 2 Koncentrace CO_2 a průtok výtoku v obývacím pokoji [8]

3.2 ROZDĚLENÍ PODLE REALIZACE

Větrání v obytných prostorech můžeme rozdělit do dvou hlavních kategorií:

- přirozené větrání,
- nucené větrání.

Do přirozeného větrání můžeme zahrnout nám všem známý způsob *větrání okny*, nebo sofistikovanější způsob *větrání šachtové*. Větrání *infiltrací* je také bráno jako druh přirozeného větrání, ale mnohdy je infiltrace brána jako negativní jev, při kterém dochází ke značným tepelným ztrátám.[4]

Při nuceném větrání je celá výměna vzduchu v objektu řízena mechanicky pomocí široké škály ventilátorů, klapek, vzduchovodů, vyústek, atd. Z hlediska pořizovacích nákladů je ovšem tento systém nákladnější. Tyto náklady jsou ale většinou několikanásobně vráceny díky úsporám energie. Nucené větrání se ještě dělí do kategorií podle součinitele větrací rovnováhy ε na:

- větrání podtlakové,
- větrání rovnotlaké,
- větrání přetlakové.

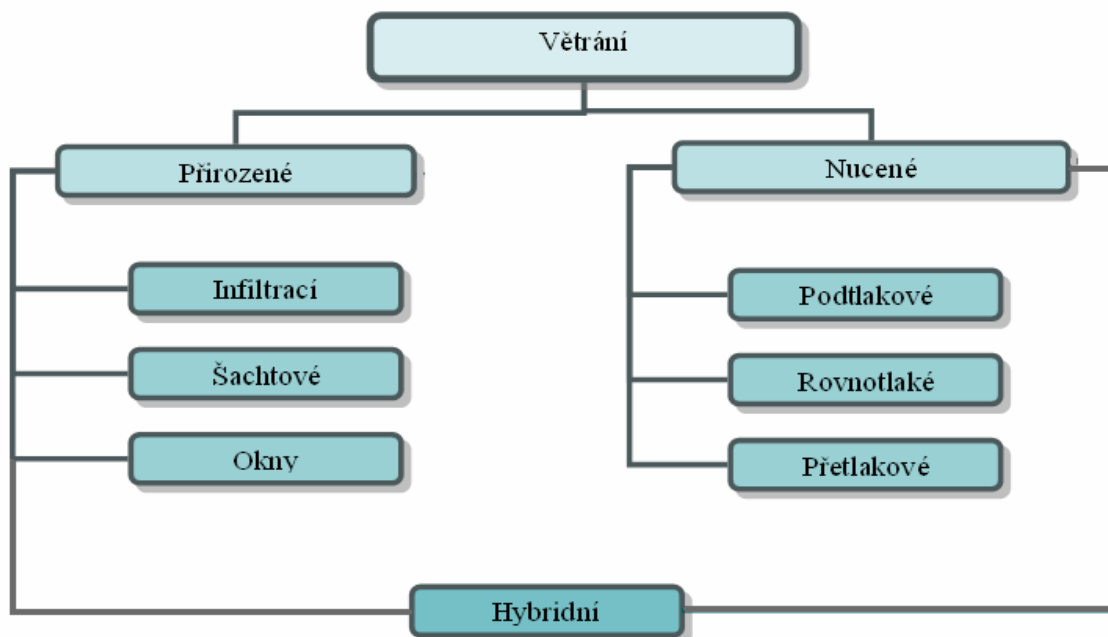
Větrací součinitel ε se určí z rovnice (1),

$$\varepsilon = \frac{\dot{V}_P}{\dot{V}_O} \quad (1)$$

kde \dot{V}_P je objemový průtok přiváděného vzduchu a \dot{V}_O je objemový průtok odváděného vzduchu. [4]

Současným použitím přirozeného a nuceného větrání vzniká větrání *hybridní*.

Přehled všech těchto větracích systémů rozdělených podle realizace je znázorněn v následujícím schématu.[4]





3.2.1 Přirozené větrání

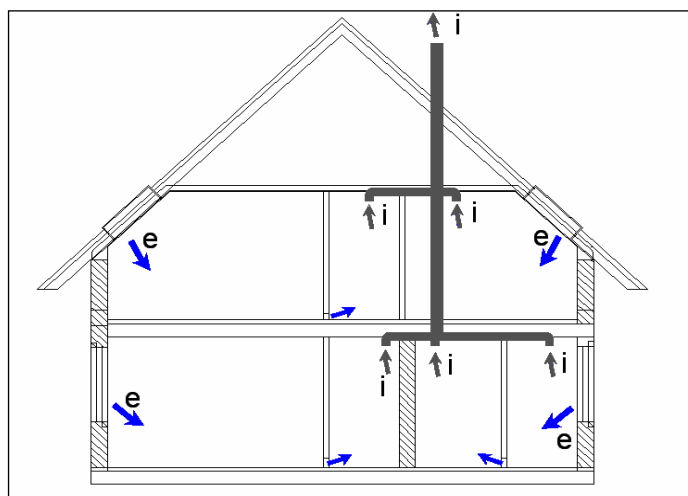
3.2.1.1 Větrání infiltrací

Jak již bylo naznačeno infiltrace je nežádoucí jev, kdy se do obytných prostor dostává neřízeným způsobem venkovní vzduch prostřednictvím okenních a dveřních netěsností. Tento vzduch s sebou přináší také prach, vlhkost a jiné nežádoucí příměsi, které znatelně ovlivňují vnitřní prostředí. V mrazivých dnech navíc dochází díky infiltraci ke značným tepelným ztrátám. [4]

Naopak nám infiltrace zaručí kontinuální výměnu vzduchu, při které se např. předejde kondenzaci vodních par a tím i tvorbám plísni viz kap. 2.

3.2.1.2 Větrání šachtové

Šachtové větrání je založeno na principu využití rozdílů měrných hmotností vnitřního a vnějšího vzduchu. Ohřátý vzduch stoupá výše do vyústek zabudovaných například ve stropních konstrukcích a odtud je odveden do větrací šachty. Tím vznikne v objektu podtlak a do místností vniká vzduch venkovní. Odsávací vyústky se umísťují do místností s největším znečištěním jako jsou kuchyně, WC a koupelny. Z těchto místností nechceme, aby se vzduch šířil do dalších místností. viz. obr.1. [4],[5]



Legenda:

- e - přívod čerstvého vzduchu
- i - odvod znečištěného vzduchu

Obr. 3 Schéma šachtového větrání

Pro zajištění daného množství přiváděného vzduchu jsou mnohdy použité tzv. automatické vyústky. Tyto vyústky jsou dnes mnohdy součástí okenních rámců, ale často se můžeme setkat s i případy, kdy jsou tyto vyústky zabudovány v obvodovém zdivu.

Problém u šachtového větrání nastává v horkých letních dnech, kdy jsou měrné hmotnosti vzduchu vnějšího a vnitřního téměř stejné. Proto se z těchto důvodů používá různých druhů nástavců a turbín, které zvyšují účinný tah šachty využitím účinků větru.

Šachtové větrání je považováno za elegantní řešení výměny vzduchu při rekonstrukci starších staveb.

3.2.1.3 Větrání okny

Větrání pomocí otevírání oken je dnes stále nejrozšířenější způsob větrání, ale přesto se u nízkoenergetických domů nedoporučuje. Pokud lidé už investovali do tepelné izolace, je větrání okny značně neekonomické. Větrání okny je mimo jiné závislé na lidském činiteli, který není schopen zaznamenat zvýšený podíl vlhkosti, CO₂ a dalšího znečištění. Takže buď větráme nedostatečně nebo větráme příliš a vzniklé tepelné ztráty jsou zbytečně velké. Větrání okny není tedy dostatečně spolehlivé. [4]

3.2.2 Větrání nucené

3.2.2.1 Rozdělení nuceného větrání

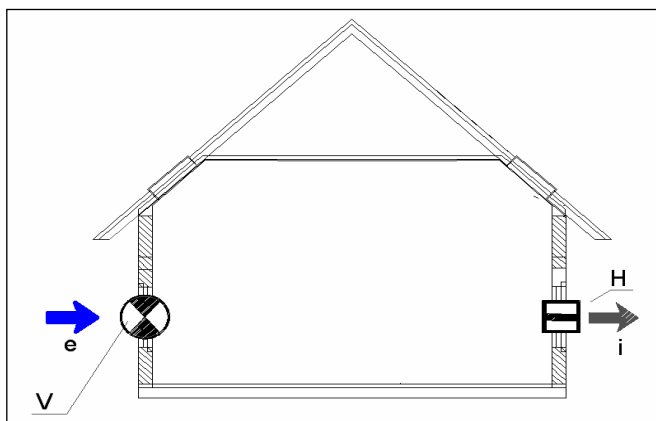
Jednoduchými větracími systémy se vzduch nuceně pouze odvádí, nebo jen přivádí. Zvláštním typem je potom větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu nazývané také rovnotlaké. Větrání se proto rozděluje:

- větrání s nuceným přívodem vzduchu,
- větrání s nuceným odvodem vzduchu,
- větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu.

Schéma větrání s nuceným přívodem vzduchu je zobrazeno na obr. 4. Vzduch se v tomto případě do objektu přivádí prostřednictvím ventilátorů a odváděn je přirozeným způsobem provětráním skrze nastavitelné vyústky. Výhodou tohoto typu větrání je možnost vzduch předem upravovat, např. filtrovat, nebo ohřívat. Na druhou stranu nelze využít zpětného získávání tepla z odvětrávaného vzduchu.

Legenda:

- e - přívod čerstvého vzduchu
- i - odvod znečištěného vzduchu
- V - ventilátor
- H - vyústka



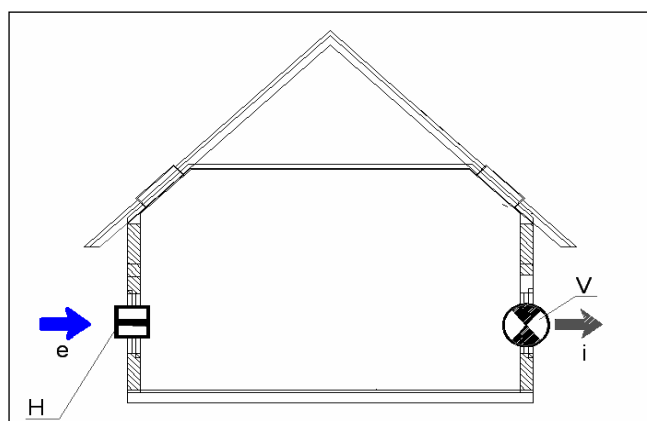
Obr. 4 Princip větrání s nuceným přívodem vzduchu



Větrání s nuceným odvodem vzduchu je dnes daleko častější než větrání v předchozím případě. V tomto případě lze použít např. kuchyňské digestoře k nucenému odtahu vzduchu. Tento proces by ale probíhal jen za předpokladu neutěsněných okenních spár, což u dnešních nových vzduchotěsných oken neplatí. Výrobci oken tento problém řeší tzv. mikroventilací, ale tím se zcela znehodnocuje deklarovaná úspora tepelné energie těsnými okny. Dalším způsobem jak lze do objektu přivést požadované množství vzduchu je skrze automaticky říditelnými vyústkami. Výhody a nevýhody jsou podstatě inverzní jak v předchozím případě. Díky nucenému odtahu vzduchu lze využít rekuperace, ale přirozený přívod nám znemožní vzduch předem upravovat. Schéma větrání je zobrazeno na obr. 5.

Legenda:

- e - přívod čerstvého vzduchu
- i - odvod znečištěného vzduchu
- V - ventilátor
- H- vyústka

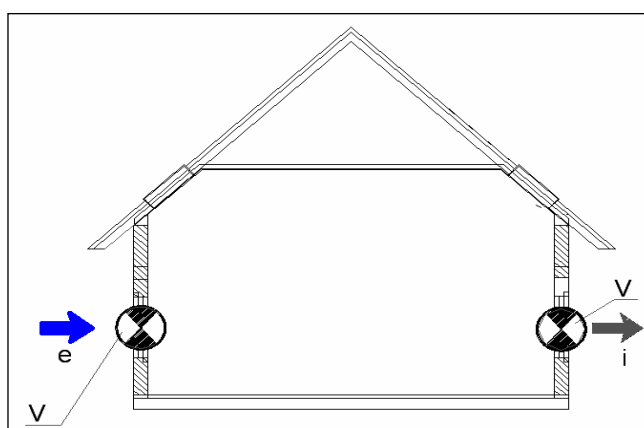


Obr. 5 Princip větrání s nuceným přívodem vzduchu

Třetí systém větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu, nazývaný také jako rovnotlaký, je dnes používán již univerzálně. Z obr. 6 je patrné že přívod i odvod vzduchu je zajištěn pomocí mechanických strojních zařízení a ventilátorů. U tohoto systému lze efektivně získávat teplo z odváděného vzduchu s účinností až 90 %. Pokud se větrávaný objekt nachází ve znečištěném venkovním prostředí můžeme jednoduchým způsobem aplikovat vzduchové filtry, které přiváděný vzduch upraví na požadovanou hodnotu. Nespornou předností tohoto systému je také snadná automatická regulace.

Legenda:

- e - přívod čerstvého vzduchu
- i - odvod znečištěného vzduchu
- V - ventilátor
- H- vyústka



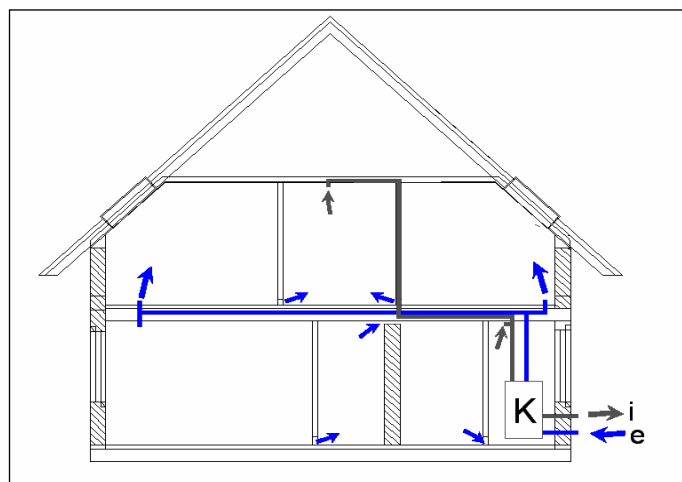
Obr. 6 Princip větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu

3.2.2.2 Větrání podtlakové

U podtlakového větrání musí platit podmínka ($\epsilon < 1$) podle rovnice (1). Toto lze realizovat několika způsoby.

Prvním způsobem můžeme vzduch odsát odstředivým, nebo osovým ventilátorem umístěným ve větrací šachtě nebo v otvorech v obvodovém zdivu. Tímto odsáním se v místnosti vytvoří podtlak, který na místo odvětraného vzduchu nasaje vzduch venkovní různými nastavitelnými otvory a vyústkami zabudovanými v konstrukci. U tohoto způsobu realizace podtlakového větrání, ale není možné použít tzv. rekuperačního zařízení, které pracuje na principu tepelného výměníku (viz níže Rekuperační zařízení).[7],[6]

Druhý způsob realizace je použití centrální klimatizační jednotky, která již dokáže využít rekuperačního zařízení. Schéma použití centrální větrací jednotky je znázorněno na obr. 7. Čerstvý vzduch „e“ je nasáván z venkovního prostředí klimatizační jednotkou „K“, kde se ohřívá odváděným vzduchem „i“ a je rozváděn větracím potrubím (v obr. znázorněno modrou barvou) do celého objektu. V objektu je proudění vzduchu zajištěno např. díky mezerám pod dveřními křídly. Nucený odtah vzduchu bývá navržen systémem s trvalým odsáváním vzduchu z WC, koupelny a kuchyně (v obr. znázorněno šedou barvou) a nasáván zpět do větrací jednotky „K“, kde proběhne tepelná výměna a vzduch je vyfukován do venkovního prostředí. Spouštění samotného větrání je většinou řízeno automaticky na základě vyhodnocení kvality vnitřního klimatu. [7],[9]



Legenda:

- e - přívod čerstvého vzduchu
- i - odvod znečištěného vzduchu
- K – klimatizační jednotka

Obr. 7 Schéma příkladu nuceného větrání s centrálním větracím systémem

U domu, který se nachází ve znečištěném a prašném prostředí se podtlakové větrání nedoporučuje, protože vzniklý podtlak v objektu může skrze spáry v konstrukci nasávat znečištěný vzduch z venkovního prostředí. V takových případech se volí větrání rovnotlaké nebo přetlakové.

3.2.2.3 Větrání rovnotlaké

Realizuje se podstatě stejným způsobem jako větrání podtlakové, ale s tím rozdílem, že $\epsilon = 1$. Tohoto stavu dosáhneme jen s nuceným přívodem i odvodem vzduchu. Systém větrání opět může pracovat podle schématu v obr. 7, kde lze efektivně využít rekuperačního a filtračního zařízení. [4]



3.2.2.4 Větrání přetlakové

Přetlakové větrání vzniká přebytkem přiváděného vzduchu nad odváděným. Přiváděný vzduch vytváří přetlak vůči okolí a uniká spárami v oknech a dveřích. Rekuperační zařízení zde proto nemá velký význam, protože část vzduchu je díky přetlaku v objektu odvětrána netěsnostmi do venkovního prostředí. [4]

Přetlakové větrání je výhodné realizovat v oblastech, kde je značně znečištěné venkovní ovzduší a přívod vzduchu je filtry v klimatizační jednotce upraven na požadovanou kvalitu.

3.2.3 Větrání hybridní

Tento druh větrání spočívá v řízené kombinaci nuceného a přirozeného větrání a je považováno za neekonomičtější větrání rodinných domů.

Celý objekt je větrán přirozeným způsobem, který využívá přirozených zdrojů energie. Většinou se jedná o energii větrnou nebo sluneční. U větrání nízko energetických domů můžeme např. použít ventilační turbíny VIV (viz obr.8), která využívá energii větrnou. [10]



Obr. 8 Ventilační turbínka VIV. [10]

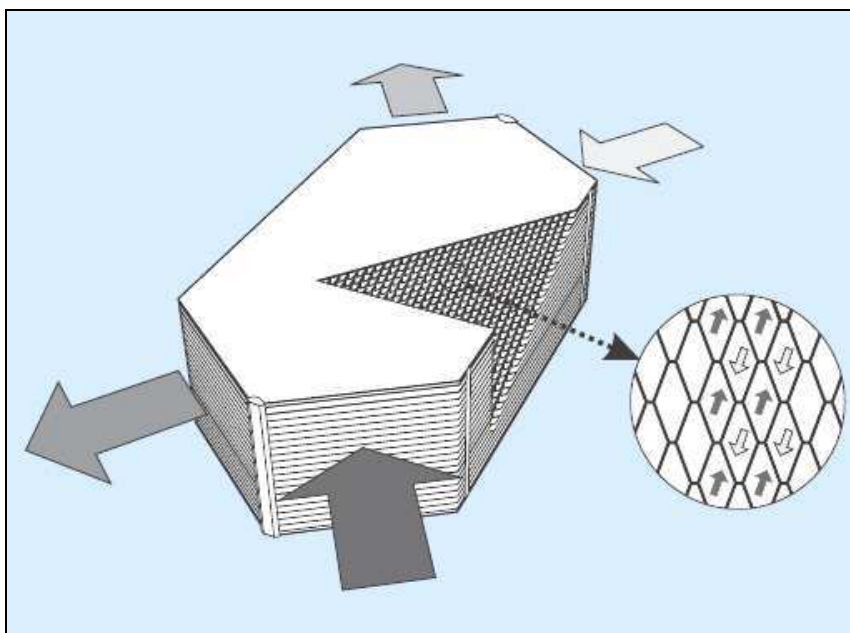
V turbince se díky větru vytváří podtlak (v ČR až 50 Pa), který nasává z objektu znečištěný vzduch a odvádí ho do venkovního prostředí. Pokud by nebyl vítr dostatečně silný, nevzniknul by ani dostatečný podtlak a výměna vzduchu by nedosahovala požadovaných hodnot. V takových případech jsou v obytných prostorech rozmístěné senzory určující koncentraci CO₂ a pokud by operační jednotka vyhodnotila kvalitu vnitřního prostředí jako nevyhovující, spustí se nucené větrání. Vyústky pro přívod vzduchu jsou také řízeny centrálním systémem který na základě vyhodnocení vnitřního klimatu buď vyústky zavírá nebo otevírá. Veškeré vyústky, rozvody a vzduchovody musí být navrženy tak aby tlaková ztráta vzduchu byla co nejmenší. V opačném případě by tlaková ztráta mohla být větší než podtlak vyvolaný ventilační turbínkou a přirozené větrání by neprobíhalo. Pro snížení tepelných ztráty se u těchto systémů používá rekuperačních zařízení. [10], [8]

Systémy hybridního větrání jsou v dnešní době realizovány pouze ve vývojových projektech. Pro hromadné využití v rodinných domech jsou tyto systémy příliš nákladné.

4. ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA

Zpětné získávání tepla neboli rekuperace je děj, při kterém se přiváděný vzduch do budovy ohřívá teplým odpadním vzduchem. Cely tento systém pracuje na principu tepelného výměníku. Tyto tepelné výměníky jsou popsány svojí účinností a platí, čím větší účinnost rekuperační zařízení má, tím efektivněji dokáže získávat teplo z odváděného odpadního vzduchu. Dnes se běžně vyskytují tepelné výměníky s účinností okolo 70-90 %. [11]

Mezi nejznámější rekuperační výměníky patří deskový rekuperační výměník viz obr 9.



Obr. 9 Deskový rekuperační výměník [12]

Tento deskový rekuperační výměník zobrazený na obr. 9 je vyroben z plastického materiálu a je tudíž schopen odolávat agresivnějším plynům a případná kondenzace vodní páry nezpůsobí korozi. Dalšími přednostmi plynoucí z materiálu jsou malá hmotnost a nízké pořizovací náklady. Jednoduchá lamelová konstrukce nám zaručí snadné čištění horkou vodou, vysokou účinnost rekuperace při nízkých tlakových ztrátách a odolnost proti zanášení.[12]



5. ENERGETICKÉ ZTRÁTY PŘI VĚTRÁNÍ

V této kapitole je na názorném příkladu popsán energetický dopad větrání, počítaný z hlediska tepelných ztrát. Pro názornost budeme tepelné ztráty větráním dávat do poměru s tepelnými ztrátami prostupem konstrukcí a na základě zjištěných hodnot vyvodíme závěry.

Celá problematika je demonstrována na dvougeneračním domě, který si v daných případech modifikujeme na rodinný dům izolovaný a neizolovaný a pro každý případ, si zvolíme základní hodnotu výměny vzduchu. Toto množství čerstvého vzduchu můžeme stanovit dle normy ČSN 06 0210, nebo výpočtem za předpokladu, že si určíme počet osob v místnosti a množství čerstvého vzduchu vztaženého na osobu (viz kap.2). Pro náš výpočet postačí počítat s hodnotou $n=0,5 \text{ h}^{-1}$. Výpočtové teploty a velikost otopného období stanovíme dle normy ČSN 06 0210. Vnitřní výpočtové teploty místností jsou v tab. 2 a 3. Vnější výpočtová teplota je -21°C a průměrná venkovní teplota v otopném období je $2,3^{\circ}\text{C}$. Otopné období je 222 dní. Z důvodu rozsáhlosti výpočtu jsem použil program Microsoft Excel. Provedený výpočet je v elektronické příloze č. 1. [13]

Výsledné hodnoty se mohou s realitou částečně rozcházet, protože ve výpočtu nejsou započítány tepelné zisky. Nicméně pro názorný příklad, z kterého vyvodíme závěry o vhodnosti (popřípadě nevhodnosti) použití rekuperačního zařízení, nám toto zanedbaní tepelných zisku nevadí.

5.1 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT PROSTUPEM KONSTRUKCÍ

Pro spočítání tepelných ztrát prostupem konstrukcí je nutné znát nejen všechny konstrukce, které vytápěný prostor obklopují, ale především teplotu okolního prostředí a kolik dnů v roce působí. [13]

Postup výpočtu:

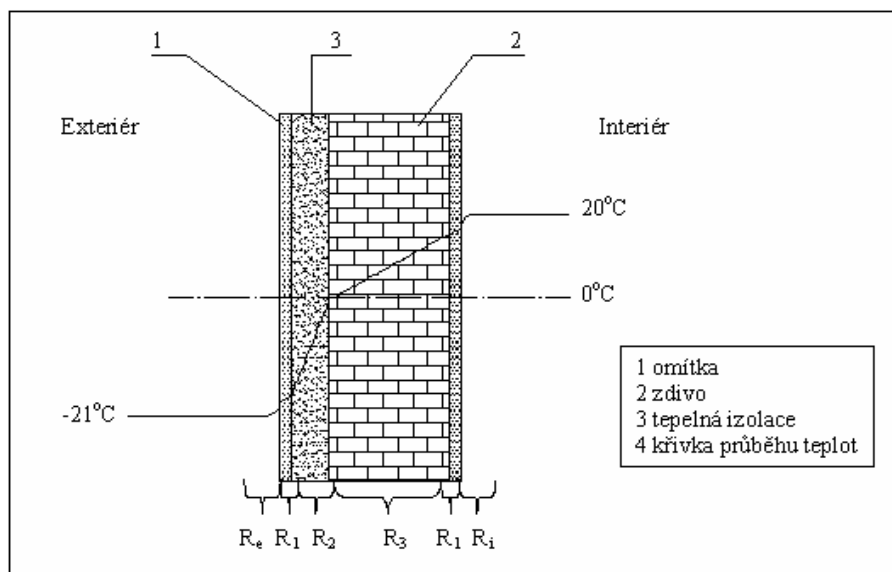
- 1) Vypočítání obsahu ploch stěn, stropů, podlah a objektů.
- 2) Určení tloušťky a součinitele tepelné vodivosti u stěn, podlah a stropů, aby bylo možné vypočítat tepelný odpor konstrukce podle rovnice (2). Pokud se jedná o více vrstvý materiál tepelné odpory vrstev se sčítají.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (2)$$

- 3) Při výpočtu tepelného odporu konstrukce musíme také připočítat tepelný odpor při přestupu tepla z prostředí na konstrukci (R_i , R_e) viz obr.10. a rovnice (3),(4).

$$R_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad (3)$$

$$R_e = \frac{1}{\alpha_e} \quad (4)$$



Obr. 10 Znárodnění průběhu teplot v konstrukci

- 4) Sečtením hodnot R_i , R_e a ΣR získáme odpor konstrukce při prostupu tepla R_T viz rovnice (5).

$$R_T = R_i + R_e + \Sigma R \quad (5)$$

- 5) Nyní je možné vypočítat součinitel prostupu tepla konstrukcí podle rovnice (6).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (6)$$

- 6) Pomocí normy zjistíme pro přilehlou oblast maximální a střední denní teploty vnějšího a vnitřního vzduchu.
 7) Po dosazení zjištěných hodnot do rovnice (7). vypočítáme nutný příkon energie na vytápění.

$$\dot{Q} = \Sigma S \cdot U \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (7)$$

5.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM

Výpočet tepelných ztrát větráním je na rozdíl od předchozího případu jednodušší. K jeho realizaci potřebujeme znát výpočtovou vnitřní a vnější teplotu a množství větracího vzduchu. [13]

Postup výpočtu:

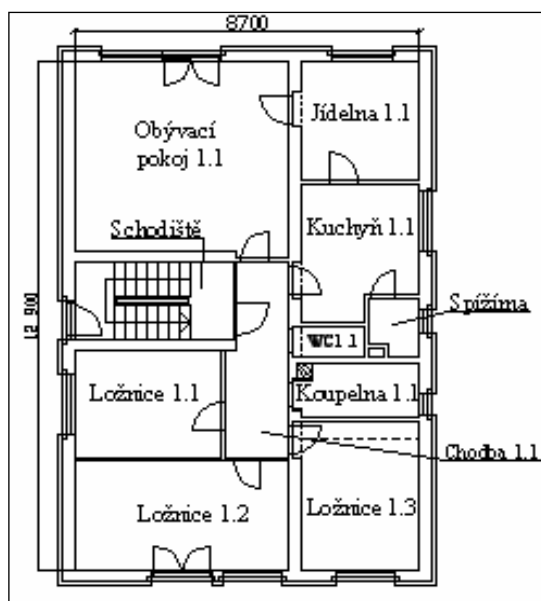
- 1) Výpočet objemu jednotlivých místností.
- 2) Zjištění výpočtových vnitřních a vnějších teplot.
- 3) Dosazení známých hodnot do rovnice 8. a tím vypočítání tepelné ztráty větráním.

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e) \quad (8)$$



5.3 UKÁZKA VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT

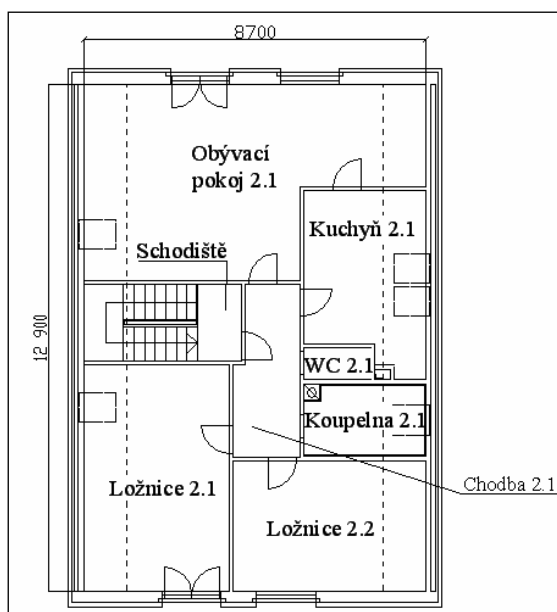
Jedná se o dvougenerační rodinný dům nacházející se v podnebí Nízkého Jeseníku. Z toho vyplývají externí výpočtové teploty (t_e). Dům se skládá ze suterénu a dvou obytných pater. V příloze číslo 2. a 3. je rodinný dům podrobně rozkreslen a jednotlivé prvky vstupující do výpočtu jsou zde patřičně označeny. V suterénu se nachází kotelna, dílny a skladiště. Pro zjednodušení a zobecnění příkladu, nebudeme suterén v příkladu zahrnovat, protože energetické náklady se v této části domu projeví minimálně a větrání v některých místnostech (např. kotelna) se řeší jinými způsoby. Přízemí se skládá z 9 místností, chodby a schodiště viz. obr. 11.



Obr. 11 Půdorys přízemí

Místnost	Objem místnosti [m ³]
Ložnice 1.1	25,9
Ložnice 1.2	38,5
Ložnice 1.3	29,1
Obývací pokoj 1.1	67,1
Kuchyň 1.1	24,7
Koupelna 1.1	10,9
WC 1.1	3,9
Jídelna 1.1	23,3
Spížírna 1.1	5,1
Chodba 1.1	18,8

Podkroví je řešeno podobným způsobem. Nachází se zde 6 místností, chodba a schodiště, které je společné s přízemím viz. obr. 12.



Obr. 12 Půdorys podkroví

Místnost	Objem místnosti [m ³]
Ložnice 2.1	50,6
Ložnice 2.2	39,1
Obývací pokoj 2.1	86,5
Kuchyň 2.1	30,7
Koupelna 2.1	13,1
WC 2.1	3,5
Chodba 2.1	17,5
Schodiště	62,4



5.4 UVAŽOVANÉ VARIANTY RODINNÉHO DOMU

Rodinný dům modifikujeme z hlediska druhu větrání, kvality izolace a množství vyměňovaného vzduchu. Přehled všech případů je v tab.1., kde U_z je součinitel prostupu tepla obvodového zdiva a U_o součinitel prostupu tepla u oken a venkovních dveří.

Tab. 1 Případy variant rodinného domu

Varianta	Druh větrání	Součinitel prostupu tepla		Intenzita výměny vzduchu [h^{-1}]
1	Větrání okny	$U_z=1,74 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$U_o=2,7 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$n=0,5$
2		$U_z=0,26 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$U_o=1,1 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$n=0,5$
3	Nucené větrání	$U_z=1,74 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$U_o=2,7 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$n=0,5$
4		$U_z=0,26 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$U_o=1,1 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$	$n=0,5$

5.4.1 Rodinný dům v první variantě

V prvním příkladě bereme rodinný dům jako neizolovaný. Součinitel prostupu tepla obvodového zdiva je $U_z = 0,63 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$ a součinitel prostupu tepla u oken a venkovních dveří je $U_o = 2,7 \text{ W.m}^{-2}\text{K}^{-1}$. Výměnu vzduchu realizujeme větráním okny tzn. že zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu je nulové. Podrobnější souhrn informací, zejména množství odvětraného vzduchu, je v tab. 2.

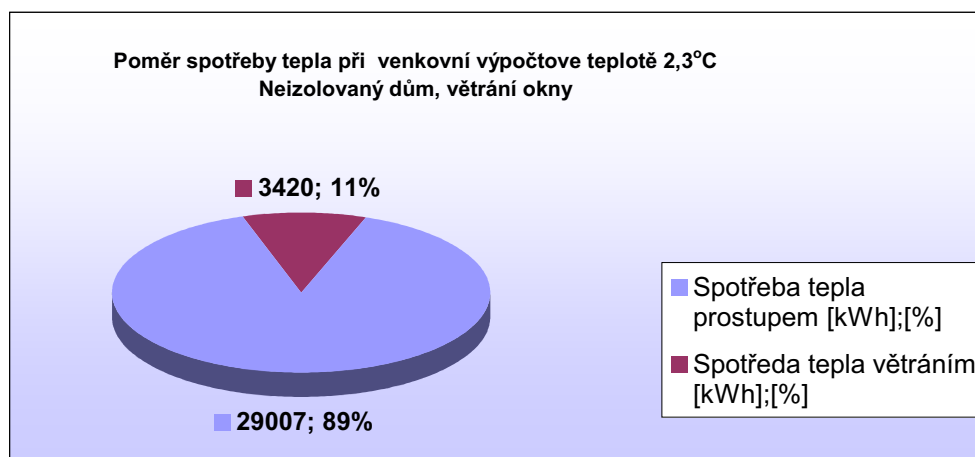
Tab. 2 Podrobnější informace o místnostech v domě.

Charakteristika místností v domě				
Místnost	$n \text{ [h}^{-1}\text{]}$	Objem místnosti [m^3]	Množství vyměněného vzduchu m^3/h	Vnitřní teplota- $t_{is} \text{ [}^\circ\text{C]}$
Přízemí				
Ložnice 1.1	0,5	25,9	12,9	20
Ložnice 1.2	0,5	38,5	19,2	20
Ložnice 1.3	0,5	29,1	14,6	20
Obývací pokoj 1.1	0,5	67,1	33,6	20
Kuchyň 1.1	0,5	24,7	12,3	20
Koupelna 1.1	0,5	10,9	5,4	24
WC 1.1	0	3,9	0,0	20
Jídelna 1.1	0,5	23,3	11,7	20
Spižárna 1.1	0,5	5,1	2,5	15
Chodba 1.1	0	18,8	0,0	15
Podkroví				
Ložnice 2.1	0,5	50,6	25,3	20
Ložnice 2.2	0,5	39,1	19,6	20
Obývací pokoj 2.1	0,5	86,5	43,2	20
Kuchyň 2.1	0,5	30,7	15,4	20
Koupelna 2.1	0,5	13,1	6,5	24
WC 2.1	0	3,5	0,0	20
Chodba 2.1	0	17,5	0,0	15
Schodiště				
Schodiště	0,3	62,4	18,7	15



Pozn.: Při pohledu na tab. 2. by se mohlo zdát, že některé místnosti jako je např. „WC 1.1“ nebo „Chodba 1.1“ jsou nevětrané. Při tomto druhu přirozeného větrání se vzduch do takových místností dostává přirozenou cirkulací.

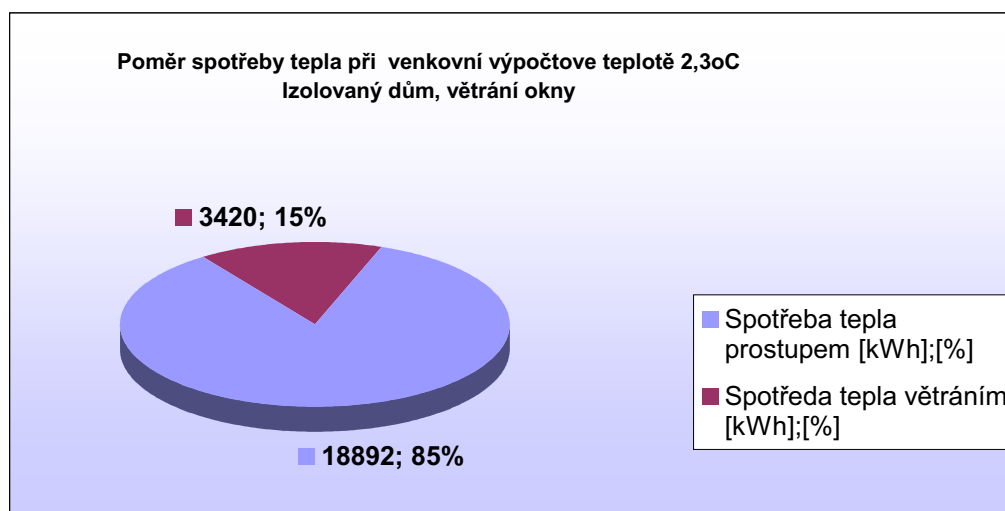
V takovém rodinném domě je poměr spotřeby tepla prostupem konstrukcí a větráním znázorněn v obr. 13.



Obr. 13 Poměr spotřeby tepla prostupem a větráním v první variantě

5.4.2 Rodinný dům ve druhé variantě

Ve druhém případě dům izolujeme. U obvodového zdiva je součinitel prostupu tepla $U_z=0,21 \text{ m}^{-2}\text{W K}^{-1}$ a součinitel prostupu tepla u oken a venkovních dveří je $U_o=1,1\text{m}^{-2}\text{W K}^{-1}$. Množství vyměněného vzduchu necháváme stejné $n = 0,5$ viz tab.2. Výměnu vzduchu opět realizujeme větráním okny. Poměr spotřeby tepla prostupem konstrukcí a větráním je znázorněn v obr.14.



Obr. 14 Poměr spotřeby tepla prostupem a větráním ve druhé variantě



5.4.3 Rodinný dům ve třetí variantě

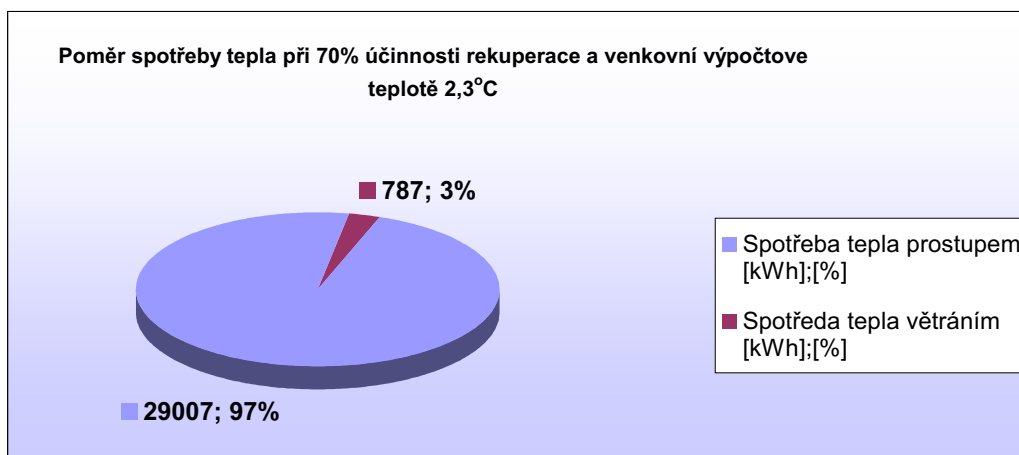
Třetí případ rodinného domu je obdobný s prvním - neizolovaným, kde je $U_z=0,63 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ a $U_o=2,7\text{m}^{-2}\text{WK}^{-1}$. Větrání je zde řešeno přes klimatizační jednotku s účinností zpětného získávání tepla 70%. Množství odvětraného vzduchu se zde liší, protože se využívá tzv. kaskádového větrání. To znamená, že pro výměnu vzduchu v jedné místnosti použijeme odvětraného vzduchu z místnosti druhé. Proto je u některých místnosti $n=0$. To ovšem neznamená, že by tyto místnosti nebyly větrány. Hodnoty odvětraného vzduchu jsou v tab.3.

Tab. 3 Podrobnější informace o místnostech v domě

Charakteristika místností v domě				
Místnost	$n \text{ [h}^{-1}\text{]}$	Objem místnosti $[\text{m}^3]$	Množství vyměněného vzduchu m^3/h	Vnitřní teplota- $t_{is} \text{ [}^\circ\text{C]}$
Přízemí				
Ložnice 1.1	0,5	25,9	12,9	20
Ložnice 1.2	0,5	38,5	19,2	20
Ložnice 1.3	0,5	29,1	14,6	20
Obývací pokoj 1.1	0,5	67,1	33,6	20
Kuchyň 1.1	0	24,7	77,7	20
Koupelna 1.1	0	10,9	31,8	24
WC 1.1	0	3,9	31,8	20
Jídelna 1.1	0,5	23,3	11,7	20
Spižárna 1.1	0,5	5,1	2,5	15
Chodba 1.1	0	18,8	63,5	15
Podkroví				
Ložnice 2.1	0,5	50,6	25,3	20
Ložnice 2.2	0,5	39,1	19,6	20
Obývací pokoj 2.1	0,5	86,5	43,2	20
Kuchyň 2.1	0	30,7	21,6	20
Koupelna 2.1	0	13,1	55,7	24
WC 2.1	0	3,5	55,7	20
Chodba 2.1	0	17,5	111,3	15
Schodiště				
Schodiště	0,3	62,4	18,7	15



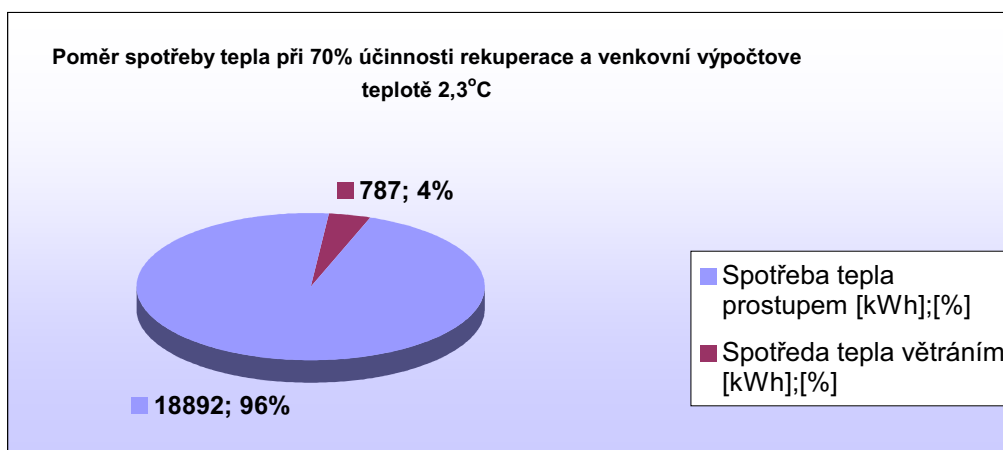
Obr. 15. znázorňuje poměr spotřeby tepla prostupem konstrukcí a větráním. Je zřejmé, že se poměr spotřeby tepla na rozdíl od předchozích dvou variant zřetelně liší. Tří procentní spotřeba tepla připadající na větrání je v porovnání se spotřebou tepla prostupem konstrukcí neizolovaného domu, podstatně zanedbatelná.



Obr. 15 Poměr tepelných ztrát prostupem a větráním ve třetí variantě

5.4.4 Rodinný dům ve čtvrté variantě

Ve čtvrtém případě je dům izolovaný tzn. $U_z=0,26 \text{ m}^{-2}\text{WK}^{-1}$, $U_o=1,1 \text{ m}^{-2}\text{WK}^{-1}$. Množství odvětraného vzduchu je zase $n=0,5$. Využívá se kaskádového větrání s účinností 70%. Množství odvětraného vzduchu je v tab.3. a poměr tepelných ztrát je znázorněn v obr. 16.



Obr. 16 Poměr tepelných ztrát prostupem a větráním ve čtvrté variantě

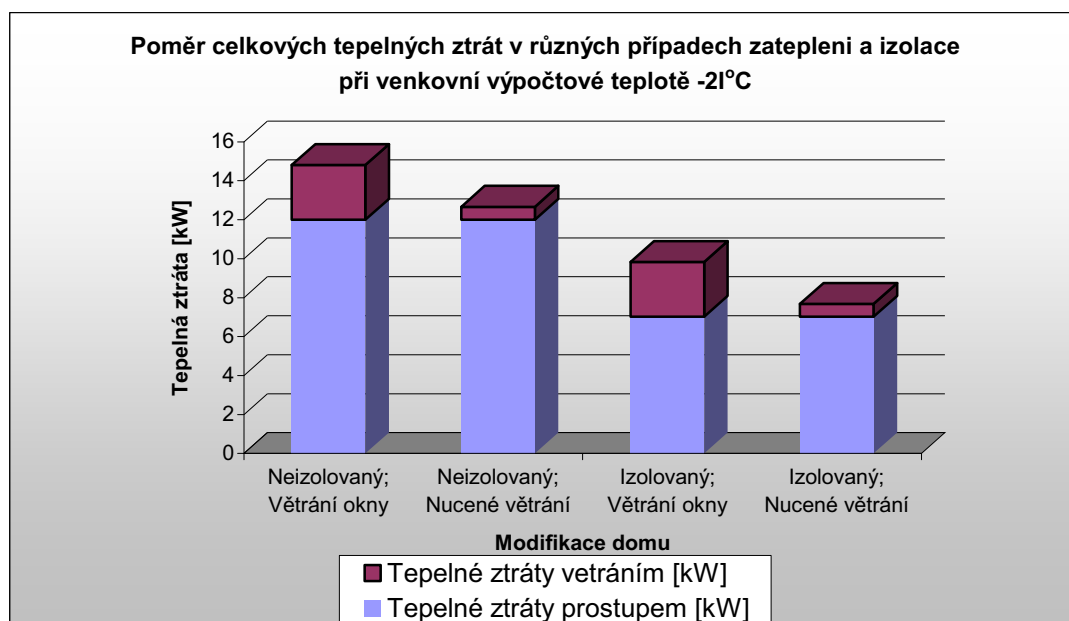
5.5 VYHODNOCENÍ CELKOVÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT

V této části se budeme zabývat významem jednotlivých zateplovacích kroků, vedoucí k úspoře energie, na celkovou tepelnou ztrátu rodinného domu. V následující tab. 4. jsou uvedeny číselné hodnoty tepelných ztrát v daných variantách rodinného domu.

Tab. 4 Souhrn tepelných ztrát v daných variantách rodinného domu

	Modifikace domu	Intenzita výměny vzduchu n [h^{-1}]	Tepelné ztráty prostupem [W]	Tepelné ztráty větráním [W]	Celkové tepelné ztráty [kW]
1	Neizolovaný; Větrání okny	$n=0,5$	12007	2806	14,813
2	Izolovaný; Větrání okny	$n=0,5$	7025	2806	9,831
3	Neizolovaný; Nucené větrání	$n=0,5$	12007	660	12,667
4	Izolovaný; Nucené větrání	$n=0,5$	7025	660	7,685

Přehlednější názornější zobrazení tepelných ztrát je uvedeno v obr 17. V prvním sloupci tohoto grafu jsou uvedené tepelné ztráty, kde je rodinný dům brán jako neizolovaný a větrání bylo realizováno prostřednictvím oken. Je patrné, že tepelné ztráty větráním zde neměly velký podíl. Další variantou byl rodinný dům izolovaný a větrání bylo opět přirozené, realizované okny. Tepelné ztráty takového domu jsou charakterizovány třetím sloupcem „*Izolovaný; Větrání okny*“. Je vidět, že konstrukční zásah zateplením obvodového zdiva, měl na celkové tepelné ztrátě velký význam. Naproti tomu pokud použijeme větrání se zpětným získáváním tepla u rodinného domu, který je neizolovaný, viz druhý sloupec „*Neizolovaný; Nucené větrání*“, nebude to mít na celkovou tepelnou ztrátu velký vliv. Poslední sloupec „*Izolovaný; Nucené větrání*“ charakterizuje rodinný dům izolovaný s větráním u něhož probíhá zpětné získávání tepla. Je zřejmé, že úspora energie při použití větrání s rekuperací, se u izolovaných domů projeví více, než u neizolovaných.



Obr. 17 Souhrn tepelných ztrát při venkovní výpočtové -21°C



6. ZÁVĚR

Výměně vzduchu v obytných prostorech se do nedávné doby nepřikládala příliš velký význam, protože spáry a netěsnosti v konstrukci zajistily dostatečný přívod vzduchu, jenž splňoval příslušné limity na zdravotně nezávadný pobyt. S rostoucími cenami energií byla snaha obytné prostory co nejlépe tepelně izolovat. Začaly se používat moderní konstrukční prvky, které obytný prostor izolovaly nejen po stránce tepelné, ale i po stránce vzduchotěsné. Tím se několikanásobně zhoršilo vnitřní mikroklima až na hodnoty $n=0,05 \text{ h}^{-1}$ intenzity výměny vzduchu. Přitom doporučená standardní hodnota množství čerstvého vzduchu na osobu činí $25 \text{ m}^3/\text{hod}$, což přibližně odpovídá hodnotě $n=0,5 \text{ h}^{-1}$ intenzity výměny vzduchu. Abychom zajistili v těchto prostorech dostatečnou výměnu vzduchu za cenu minimálních tepelných ztrát, je třeba použít některých z větracích systémů. Jako nejdokonalejší větrání nízkoenergetických domů se považuje větrání hybridní, ale z důvodů vysokých pořizovacích nákladů není tento systém příliš rozšířen, proto se běžně používá větrání přirozené šachtové, nebo nucené, s využitím rekuperace, rovnotlakové a podtlakové. Přetlakové větrání se nedoporučuje, protože vzniklý přetlak v objektu zapříčiní unikání vzduchu a tím i tepelné energie do venkovního prostředí. U nízkoenergetických domů lze také nucené větrání kombinovat s přirozeným. Nejtypičtější příklad takového větrání je v letním období, kdy se vypne systém nuceného větrání a přívod čerstvého vzduchu je realizován otevřenými okny. Tím se ušetří energie na pohon nuceného větracího systému.

Poslední část této práce je zaměřena na tepelné ztráty vzniklé větráním. Z uvedených poznatků v závěru páté kapitoly vyplývá, že rekuperace se sotva vyplatí u starších objektů, které nejsou dobře tepelně izolované a větrání probíhá přirozenou cestou. Návratnost investice do větrání s rekuperační jednotkou by pak byla v nedohlednu. Využívat rekuperačního zařízení se naopak vyplatí u nízkoenergetických domů, kde se topí nejdražšími energiemi, objekt je dokonale zateplen a utěsněn tak, že pro přívod čerstvého vzduchu je infiltrace nedostatečná.

Z obr. 17. v páté kapitole je zřejmé, jakým směrem by se měla ubírat snaha snižovat tepelné ztráty. Nejprve by se měly provést tepelně izolační práce a teprve poté investovat do větracího zařízení s rekuperační jednotkou.



7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] TZB-info. *Větrací systémy s rekuperací odpadního tepla pro bytovou výstavbu - teorie, návrh a použití (I)* [online]. 27.6.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2579&h=250&pl=47>>.
- [2] TZB-info. *Bytové větrání ve vztahu k produkci CO₂, vlhkosti a škodlivin (I)* [online]. 30.1.2006, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://voda.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=3029>>.
- [3] ATREA s. r. o. *Úvod – význam větrání* [online]. 2007 [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.atrea.cz/?download=cz/jednotky/uvod_1_cz_2007_03.pdf>.
- [4] CHYSKÝ, J.;HEMZAL, K a kol. *Větrání a klimatizace. 3., zcela přeprac. vyd.* Brno : Nakladatelství a vydavatelství BOLIT, 1993. 560 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [5] TZB-info. *Experimentální dům pro výzkum větrání* [online]. 29.10.2004, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2215&h=204&pl=49>>.
- [6] CIHELKA, J A kol. *Vytápění a větrání. 1.* Praha 1: Nakladatelství technické literatury, 1969. 612 s. L12-EI-IV-41/22091/IV.
- [7] TZB-info. *ZZT - známé principy v nových aplikacích* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2453&h=245&pl=47>>.
- [8] TZB-info. *Experimentální dům pro výzkum větrání* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2215>>.
- [9] e-ARCHITEKT. *Význam větrání budov* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.e-architekt.cz/index.php?Pid=1140&KatId=78>>.
- [10] RAUL *Větrací systémy s.r.o. Ventilací turbíny VIV* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.ventilacniturbina.cz/ventilacni_turbiny_viv.php>.
- [11] HAREX *alternativní zdroje energie Princip rekuperace* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.harex-energie.cz/vetrani-a-rekuperace/princip-rekuperace/>>.
- [12] Atrea *Větrací jednotky s rekuperací tepla* [online]. 11.4.2005, [cit. 2008-05-05]. Dostupný z WWW: <http://www.atrea.cz/?download=cz/jednotky/_uvod_6_cz_2007_03.pdf>.
- [13] ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.* Praha : Český normalizační institut, 1993. 24 s.



8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A FYZIKÁLNÍCH VELIČIN

Značka nebo symbol	název fyzikální veličiny	jednotka
\dot{Q}	tepelný tok konstrukcí	W
\dot{Q}_v	tepelný tok větráním	W
U_z	součinitel prostupu tepla obvodového zdiva	$W m^{-2}K^{-1}$
U_o	součinitel prostupu tepla oken a venkovních dveří	$W m^{-2}K^{-1}$
S	plocha počítaného materiálu	m^2
d'	počet dnů v roce po které se vytápí	-
τ_v	počet hodin po které se denně vytápí	-
λ	součinitel tepelné vodivosti	$W m^{-1}K^{-1}$
R	tepelný odpor konstrukce	m^2KW^{-1}
R_i	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	m^2KW^{-1}
R_e	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	m^2KW^{-1}
α_i	součinitel prostupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$m^{-2}KW^{-1}$
α_e	součinitel prostupu tepla na vnější straně konstrukce	$m^{-2}KW^{-1}$
R_T	odpor konstrukce při přestupu tepla	m^2KW^{-1}
t_{is}	střední denní teplota vnitřního vzduchu	K
t_{es}	střední denní teplota vnějšího vzduchu	K
n	intenzita výměny vzduchu	h^{-1}
\dot{V}_v	objemový průtok vzduchu	m^3



9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Závislost množství CO ₂ na množství osob v 60m ³ zcela nevětrané místnosti [1]	14
Obr. 2 Koncentrace CO ₂ a průtok vyústkou v obývacím pokoji [8]	16
Obr. 3 Schéma šachtového větrání	18
Obr. 4 Princip větrání s nuceným přívodem vzduchu	19
Obr. 5 Princip větrání s nuceným přívodem vzduchu	20
Obr. 6 Princip větrání s nuceným přívodem i odvodem vzduchu	20
Obr. 7 Schéma příkladu nuceného větrání s	21
Obr. 8 Ventilací turbínka VIV. [10]	22
Obr. 9 Deskový rekuperační výměník [12]	23
Obr. 10 Znárodnění průběhu teplot v konstrukci.....	25
Obr. 11 Půdorys přízemí.....	26
Obr. 12 Půdorys podkroví.....	26
Obr. 13 Poměr spotřeby tepla prostupem a větráním v první variantě.....	28
Obr. 14 Poměr spotřeby tepla prostupem a větráním ve druhé variantě	28
Obr. 15 Poměr tepelných ztrát prostupem a větráním ve třetí variantě	30
Obr. 16 Poměr tepelných ztrát prostupem a větráním ve čtvrté variantě	30
Obr. 17 Souhrn tepelných ztrát při venkovní výpočtové -21°C	31



10. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Případy variant rodinného domu	27
Tab. 2 Podrobnější informace o místnostech v domu.....	27
Tab. 3 Podrobnější informace o místnostech v domu.....	29
Tab. 4 Souhrn tepelných ztrát v daných modifikacích rodinného domu	31

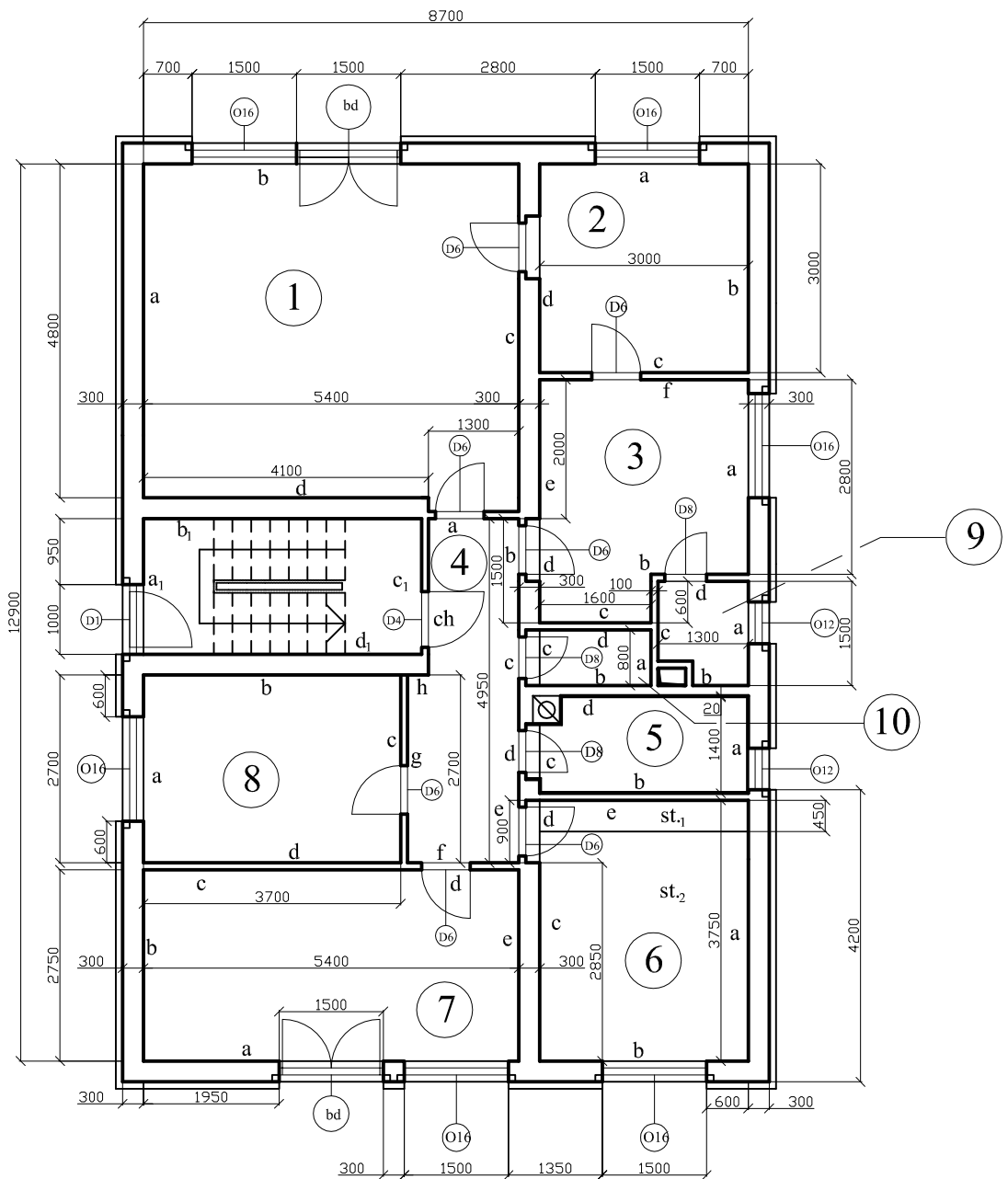


11. SEZNAM PŘÍLOH

Elektronická příloha č. 1 na přiloženém CD.

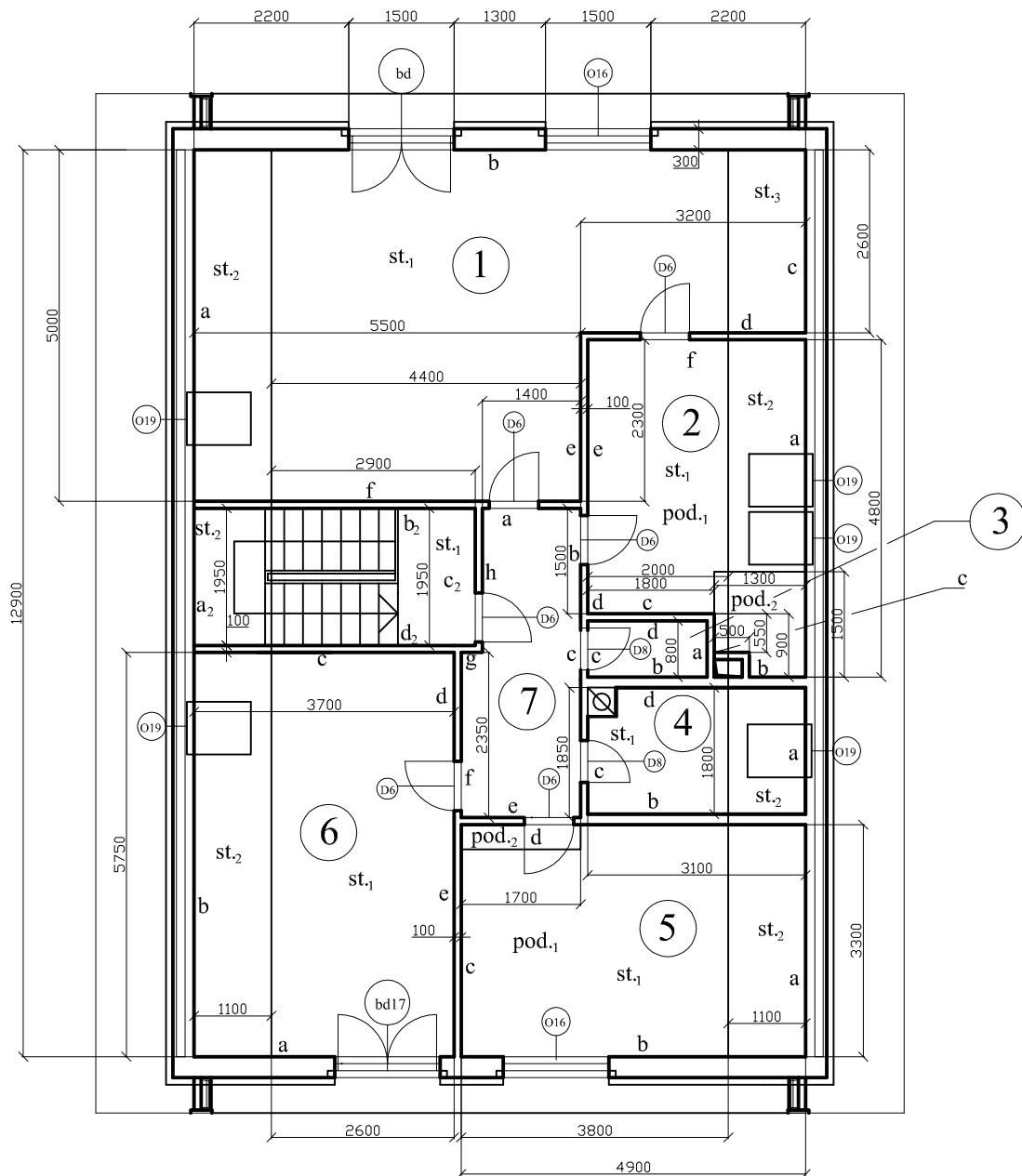
Příloha č. 2 - 3.

Příloha číslo 2.



Název celku Bakalářská práce	Formát	Číslo výkresu 2
	A4	
Název výkresu PŘÍZEMÍ	Měřítko M 1 : 100	

Příloha číslo 3.



Název celku Bakalářská práce	Formát	Číslo výkresu 3
	A4	
Název výkresu PODKROVÍ	Měřítko M 1 : 100	