



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

VYTÁPĚNÍ, VĚTRÁNÍ A KLIMATIZACE V
ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOVÁCH
HEATING, VENTILATING AND AIR-CONDITIONING IN ENERGY-EFFICIENT
BUILDINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN VOGEL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. PAVEL CHARVÁT, PH.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Vogel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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

Vytápění, větrání a klimatizace v energeticky úsporných budovách

v anglickém jazyce:

Heating, ventilating and air-conditioning in energy-efficient buildings

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provoz budov se výraznou měrou podílí na spotřebě primární energie, přičemž většina energie vynaložené na provoz budov je spojena s větráním, vytápěním a klimatizací. Snížení spotřeby energie v budovách lze dosáhnout nejenom zlepšením tepelně-technických vlastností stavebních konstrukcí budov, ale také použitím účinných a úsporných zařízení pro větrání, vytápění a klimatizaci. Cílem bakalářské práce je provést rešerši vhodných způsobů větrání, vytápění a klimatizace pro energeticky úsporné budovy.

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je provést rešerši vhodných způsobů vytápění, větrání a klimatizace pro energeticky úsporné budovy. Dále provést jejich hodnocení z hlediska použitelnosti pro jednotlivé typy budov a také aplikovatelnosti při energetických rekonstrukcích existujících budov.

Seznam odborné literatury:

Články v odborných časopisech

Székyová M. Ferstl K. Nový R. Větrání a klimatizace, JAGA Group, 2006.

Topenářská příručka, 2001, vydavatel: GAS s.r.o.

Martin W Liddament, A Guide to Energy Efficient Ventilation, The Air Infiltration and Ventilation Center, 1996

McQuiston F.C., Parker J.D., Spitler J.D. Heating, Ventilating, and Air-conditioning, Analyses and Design, sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., 2005.

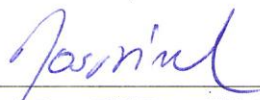
ASHRAE Handbooks

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Charvát, Ph.D.

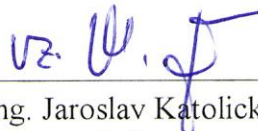
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 20.11.2014





doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

Abstrakt

Jan Vogel : Vytápění, větrání a klimatizace v energeticky úsporných budovách

Tato bakalářská práce se zabývá vytápěním, větráním a klimatizací energeticky úsporných budov. První část je věnována rešerši vhodných způsobů vytápění, větrání a klimatizace pro energeticky úsporné budovy. Druhá část práce je věnována zhodnocení vhodnosti těchto způsobů u rodinných a bytových domů a využití při jejich rekonstrukci.

Klíčová slova

Vytápění, větrání, klimatizace, energeticky úsporná budova

Abstract

Jan Vogel : Heating, ventilating and air-conditioning in energy-efficient buildings

The bachelor's thesis deals with heating, ventilating and air-conditioning in energy-efficient buildings. The first part of the thesis provides an overview of suitable methods of heating, ventilating and air-conditioning for energy-efficient buildings. The second part contains the evaluation of suitability of these methods in newly built family houses and apartment buildings and also in building energy retrofits.

Keywords

Heating, ventilating, air-conditioning, energy-efficient building, HVAC

Bibliografická citace :

VOGEL, J. *Vytápění, větrání a klimatizace v energeticky úsporných budovách*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Charvát, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Vytápění, větrání a klimatizace v energeticky úsporných budovách vypracoval samostatně pod vedením Ing. Pavla Charváta, Ph.D. a uvedl v seznamu literatury všechny použité literární zdroje a prameny.

V Brně dne 29.5.2015

Jan Vogel

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Pavlovi Charvátovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětné připomínky a cenné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 TEPELNÉ ZTRÁTY	12
2 ENERGETICKY ÚSPORNÁ BUDOVA	13
3 VYTÁPĚNÍ	14
3.1 ZDROJE TEPLA	14
3.1.1 Plyn.....	14
3.1.2 Biomasa	15
3.1.3 Elektrická energie	15
3.1.4 Tepelná čerpadla.....	16
3.1.5 Solární energie.....	17
3.1.6 Uhlí.....	17
3.2 SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ.....	18
3.3 Akumulační nádrž.....	22
4 VĚTRÁNÍ.....	23
4.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ.....	23
5.1.1 INFILTRACE.....	24
5.1.2 PROVĚTRÁVÁNÍ	24
5.1.3 ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ	24
4.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ.....	25
5.2.1 Nucené podtlakové větrání	25
5.2.2 Nucené přetlakové větrání	25
5.2.3 Nucené rovnotlakové větrání.....	26
5.2.4 Hybridní větrání.....	26
4.3 VHODNOST ZAŘAZENÍ REKUPERAČNÍ JEDNOTKY DO SYSTÉMU VĚTRÁNÍ.....	27
5 KLIMATIZACE.....	30
5.1 PASIVNÍ CHLAZENÍ.....	30
5.2 STROJNÍ CHLAZENÍ.....	32
6 VHODNOST PRO JEDNOTLIVÉ TYPY BUDOV	34
6.1 ZDROJE TEPLA A TOPNÉ PLOCHY PRO NOVOSTAVBY	34
6.2 ZDROJE TEPLA A TOPNÉ PLOCHY PRO REKONSTRUOVANÉ BUDOVY	36
6.3 VĚTRÁNÍ V NOVOSTAVBÁCH A REKONSTRUOVANÝCH BUDOVÁCH.....	37
6.4 KLIMATIZACE V NOVOSTAVBÁCH	39
A REKONSTRUOVANÝCH BUDOVÁCH.....	39
ZÁVĚR.....	11

ÚVOD

Vytápění, větrání a klimatizace jsou hlavními body provozu budov. Jejich úkolem je zajistit příjemné vnitřní klima a přijatelnou kvalitu vzduchu. Tvorbou a navrhováním těchto systémů se zabývá stavební a strojní inženýrství, kombinace principů termodynamiky a fluidní mechaniky. Vytápění, větrání a klimatizace jsou důležité ve všech typech budov, ať už se jedná o rodinný dům či mrakodrap. [1]

Cílem bakalářské práce je provést rešerši vhodných způsobů vytápění, větrání a klimatizace pro energeticky úsporné budovy. Dále provést jejich hodnocení z hlediska použitelnosti pro jednotlivé typy budov a také aplikovatelnosti při energetických rekonstrukcích existujících budov.

1 TEPELNÉ ZTRÁTY

„Tepelná ztráta budovy je okamžitá hodnota tepelné energie (přesněji tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla, zářením skrz průsvitné konstrukce a větráním.“ Tato hodnota se vždy počítá na extrémní podmínky, v České republice se venkovní výpočtová teplota pohybuje od $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Díky tomuto výpočtu se poté dimenzuje otopná soustava a zdroj tepla na vytápění. Při extrémnějších podmínkách se využívá akumulačních schopností domu pro překlenutí těchto krátkodobých teplotních výchylek. Tepelné ztráty vznikají prostupem tepla stavebními prvky a konstrukcemi, infiltrací a větráním. Jejich podíl na ztrátě tepla je závislý na tepelně technických vlastnostech ochlazovaných konstrukcí a těsnosti otvorových výplní. [2]

Prostup tepla stavebními prvky a konstrukcemi (strop, střecha, zdi, podlaha) se snažíme co nejvíce minimalizovat izolačními materiály.

Infiltrace probíhá netěsnými spárami okenních a dveřních otvorů, porézností stavebních materiálů a stykem prvků obvodového pláště. Ztráta tepla infiltrací nezáleží jen na hodnotě součinitele spárové průvzdušnosti, ale i na orientaci oken budovy ke směru převládajících větrů, těsnosti vnitřních dveří, výšce budovy apod. [3]

Tepelně technické vlastnosti a těsnost otvorových výplní jsou v energeticky úsporných budovách na vysoké úrovni a tak těžiště problému spadá do oblasti větrání. Nejvhodnější je instalovat větrací systémy se zpětným získáváním tepla. [4]



Obrázek 1 Procentuální podíl tepelné ztráty prostupem a větráním [2]

Tepelné ztráty lze snížit i správnou regulací otopného systému. Lze uspořit až 30 % tepla. [2]

2 ENERGETICKY ÚSPORNÁ BUDOVA

Energeticky úspornou budovou můžeme nazvat budovu, která má spotřebu energie na vytápění výrazně nižší než je obvyklé v daném místě (regionu, státu). Názory na absolutní hodnotu spotřeby energie na provoz budovy se tedy v průběhu času vyvíjejí. V poslední době je to budova, která vykazuje nižší spotřebu tepla než standardní dům. Označení energeticky úsporný dům připadá budovám, které mají spotřebu nižší než $75\text{kWh/m}^2\text{rok}$. Vztažnou plochou je podlahová plocha vytápěné části budovy. [5]

Energeticky úsporné domy můžeme dále rozdělit na nízkoenergetický dům (hodnota spotřeby nižší než 50kWh/m^2 za rok), dále na energeticky pasivní dům (hodnota spotřeby nižší než 15kWh/m^2 za rok), energeticky nulový dům (hodnota nižší než 5kWh/m^2 za rok) a dům s energetickým přebytkem (energeticky nezávislý dům). [5]

Hodnocení energetické náročnosti budov závisí nejen na vytápění, ale i na chlazení, větrání, osvětlení a na ohřevu vody. Spotřeba energie na vytápění, chlazení, větrání, umělé osvětlení, ohřev vody apod. se výrazně liší podle účelu budovy (např. obytný dům, kancelářská budova, nemocnice, nákupní středisko).[6]

3 VYTÁPĚNÍ

V energeticky úsporné budově lze vytápět mnoha způsoby. V dnešní době se kladou vyšší požadavky na tepelný odpor stavebních konstrukcí, tím se snižuje spotřeba tepla pro vytápění. Měrný příkon u nových staveb se pohybuje v rozmezí 30 až 60 W/m² vytápěné plochy. To má za dopad instalování vytápěcích zařízení o podstatně nižších výkonech a dodávkách tepla, než tomu bylo dříve, a klade se větší důraz na jejich regulaci. Špatná regulace topné soustavy může způsobit, že spotřeba tepla na vytápění bude vyšší než potřeba a tím se investice do vytápěcího zařízení znehodnotí. V ideálním případě je vytápěcí zařízení schopné rychle reagovat na změnu potřeby energie. Reakce zařízení jsou většinou způsobené změnami klimatických podmínek (venkovní teplota, sluneční záření) a vzniku tepla od vnitřních zdrojů (teplo od osob, spotřebičů, osvětlení).

Se zdroji o nižších výkonech roste význam pomocných energií (příkon regulačního systému, pohon servomotorů a čerpadel), které se zahrnují do celkové energetické náročnosti vytápěcího zařízení.

Rozvoj technických provedení se zaměřuje na konstrukci nových zdrojů na využití biomasy, zvyšování topného faktoru tepelných čerpadel a účinnosti solárních panelů. [7][8]

3.1 ZDROJE TEPLA

Vhodné zdroje tepla se vybírají podle předem výpočtem stanovené tepelné ztráty budovy. V některých případech se vybírají i poddimenzované zdroje a v období nejnižších teplot se přitápí nějakým doplňkovým zdrojem. Výběr také závisí na místních podmínkách a dostupnosti jednotlivých energetických médií. V nových, dobře zateplených budovách často dochází k případům, kdy zdroje tepla plně pokryjí spotřebu tepla, a vytápěcí zařízení není v nějaké určité době potřebné. Proto se požaduje pružná regulace vytápěcího zařízení od 0 až do 100 %.

V oblasti zdrojů tepla je významný tlak na využití obnovitelných zdrojů energie, jako je energie solární, energie prostředí a biomasa. [7][9]

Jednotlivé zdroje tepla:

- plyn
- biomasa (dřevo, pelety)
- elektrická energie (patří sem i tepelná čerpadla)
- solární energie
- fosilní paliva (pevná, kapalná)

3.1.1 Plyn

Pro vytápění energeticky úsporné budovy není tak výhodný. Představuje ale dostupný zdroj energie a velice dobře se reguluje výkon topidel. Může se používat jako hlavní zdroj energie pro vytápění nebo jako doplňkový zdroj k poddimenzovanému hlavnímu zdroji energie pro větší energeticky úsporné budovy. U plynových kotlů je potřeba odvádět spaliny, přivádět spalovací vzduch a zajistit bezpečnost při zhasnutí plamene, což bereme jako nevýhody. Pořízení plynové kotle není drahou záležitostí oproti

např. tepelnému čerpadlu, ale provoz je několikanásobně dražší. Výkony tradičních plynových kotlů se pohybují okolo 12 kW.

Problém nastává u objektů, kde potřebný výkon pro vytápění klesá pod 5 kW. Zde je většina kotlů předimenzována a snižuje se tak jejich účinnost. Na trhu jsou i kotle s výkonem do 10kW s plynulou modulací výkonu od 10 do 100 % při zachování účinnosti. Plyn se také používá v aktivních rekuperačních jednotkách při přehřívání vzduchu. [10][32]

3.1.2 Biomasa

Stává se stále zajímavějším a podporovaným způsobem primárního zdroje energie pro vytápění. Patří mezi obnovitelné zdroje energie. Dá se použít jako hlavní zdroj energie pro vytápění nebo jako přídatný zdroj. Je stále dostupná a spalováním biomasy nezvyšujeme obsah CO₂ v atmosféře. Z ekologického hlediska má tedy velice pozitivní hodnocení. Čerstvá biomasa má vysoký obsah vody, která snižuje výhřevnost. Je tedy nutné ji sušit a to nejméně pod 30 % vlhkost.

Mezi biomasu patří kusové dřevo. Je dostupné a levné, nicméně topidla na spalování kusového dřeva jsou náročná na obsluhu a obtížně se regulují. Aby topidla na kusové dřevo mohla pracovat v optimálním režimu, využívá se akumulacních nádrží, které uloží přebytečné teplo na pozdější dobu. Z technického hlediska není příliš vhodné pro malé nízkoenergetické objekty, neboť topidla mají větší výkony.

Dalším typem biomasy jsou pelety, které se vyrábějí lisováním. Musí se ale více sušit. Oproti kusovému dřevu mají velkou výhodu, mají velice malé rozměry. Tím se zjednodušuje manipulace a obsluha topidla. Používají se automatické dávkovače, které reagují na potřebu tepla. Další výhodou je vysoká výhřevnost a malé rozměry hořáků. Díky tomu se mohou vyrábět topidla od výkonu přibližně 2 kW. Dají se tedy použít pro vytápění nízkoenergetických rodinných domů, pro málo náročné administrativní či průmyslové objekty nebo pro etážové vytápění jednotlivých bytů. [10][11][12][13]

3.1.3 Elektrická energie

Představuje velice pohodlný zdroj energie pro vytápění z hlediska obsluhy. Je možné ji použít jako přímotop a elektrické podlahové vytápění, akumulacní vytápění či vytápění prostřednictvím tepelného čerpadla. [10][11][12]

Přímotopy a elektrické podlahové vytápění

Výkon topidel se velice snadno reguluje, topidla neprodukují spaliny a jejich pořizovací cena je nízká. Naproti tomu je elektřina nejdražším zdrojem energie. V energeticky úsporných budovách ale není potřeba tolik energie na vytápění, proto vysoká cena za elektřinu není v situaci velmi nízkých spotřeb tak důležitá. Vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům např. tepelného čerpadla, kde se vratnost investice prodlužuje až na několik desítek let, je vytápění pomocí elektřiny výhodnější. Toto tvrdí jedna strana analytiků. Druhá strana zastává však jiný názor. Rozvoj tepelných čerpadel jde stále dopředu, pořizovací náklady budou klesat, stanou se dostupnějšími a návratnost investice se tedy zkrátí. [14] [13] [15]

Elektrokotle

Nové elektrokotle se vyrábí od minimálního výkonu 0,5 kW. Disponují velice snadnou obsluhou. Používají se i na ohřev teplé vody. Nové elektrokotle jsou uzpůsobeny i pro provoz podlahového vytápění. Jsou tedy velice vhodné pro objekty s velmi nízkou tepelnou ztrátou. [13] [15]

Elektrické akumulční vytápění

Je nejčastěji zastoupeno kamny, která hromadí tepelnou energii a předávají ji do okolí. Hromadění tepelné energie probíhá díky speciálním akumulčním cihlám, izolaci, topným tělesům a regulačnímu materiálu. Produkování tepla a předávání vyrobeného tepla jsou časově oddělena. Nejčastěji se využívá levnějšího „nočního“ tarifu za elektřinu pro nahřívání topných těles a akumulaci tepla. Toto teplo se pak během dne předává do prostoru objektu. Provoz akumulčního vytápění vyjde o něco levněji než u konvenčních přímotopných panelů, ale zase jsou o něco vyšší náklady za investici a údržbu. Velkou nevýhodou je obtížná regulace a tedy i nesplnění tohoto požadavku energeticky úsporných domů. [16]

Akumulční vytápění je vhodné pro rodinné domy, kanceláře a pro temperování bytů nebo chat.

Druhy – dynamická akumulční kamna, plochá dynamická akumulční kamna, statická akumulční kamna [16]

3.1.4 Tepelná čerpadla

Patří mezi systémy využívající obnovitelné zdroje energie. Zdrojem je voda, půda či vzduch. Používají se jako primární zdroje tepelné energie. Výhoda, v některých případech i nevýhoda, je jejich vysoký výkon a tím produkce nadměrného množství energie. Ta se může používat na ohřev vody či bazénu. Jejich velkou nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a dlouhá doba návratnosti investice.

Teoretické tepelné čerpadlo funguje na principu obráceného Carnotova cyklu. Teplo se odebere venkovnímu prostředí a ve výparníku se předá pracovní látce (chladiivo), chladiivo se vypaří a páry jsou stlačeny v kompresoru. Poté jsou páry vpuštěny do kondenzátoru, kde odevzdají své skupenské teplo do topné vody. Cyklus je uzavřen v expanzním ventilu, kde se sníží tlak na původní hodnotu ve výparníku. [17] [18] [22]

Druhy tepelných čerpadel:

- vzduch-voda
- země-voda se svislým vrtem
- země-voda s horizontálním výměníkem
- voda-voda
- vzduch-vzduch

Vzduch/voda

Čerpá teplo ze vzduchu a předává ji topné vodě. Je to nejčastější forma tepelného čerpadla v našich podmínkách.

Má vysoký topný faktor, optimální poměr ceny a výkonu a není náročné na instalaci a umístění (ideální je jižní stěna domu).

Nevýhodou je závislost topného faktoru na venkovní teplotě. Při velmi nízkých teplotách se do tepelného čerpadla instaluje malý elektrokotel pro dosažení požadované teploty vody. Další nevýhodou je poměrně hlučná venkovní jednotka. Je to vhodný zdroj pro energeticky úsporné rodinné domy. [18][19]

Země/voda

Používají se horizontální nebo vertikální kolektory. Čerpají teplo ze země a předávají ho vodě. Horizontální kolektory se umísťují do nezámrazné hloubky. Důležitým faktorem u horizontálních kolektorů je plocha. Pro výkon 1 kW tepelného čerpadla potřebujeme asi 30 m² pozemku. Vertikální kolektory jsou ve formě hlubokých vrtů. Běžná hloubka jednoho kolektoru je 100-150 m. Pro výkon 1 kW tepelného čerpadla potřebujeme asi 12 m hluboký vrt.

Výhodou tepelných čerpadel země/voda je jejich stabilně vysoký topný faktor a je zde možnost využití pasivního chlazení. Naproti tomu máme relativně vysoké investiční náklady (u horizontálního kolektoru od 300 000 Kč a u vertikálního ještě vyšší náklady). Další nevýhodou jsou rozsáhlejší pozemní práce. [19][20]

Voda/voda

Odebírá teplo povrchové vodě nebo spodní vodě. Musíme mít přístup k např. rybníku nebo ke kopané nebo vrtané studni s dobrou vydatností.

Výhodou je vysoký topný faktor a nízké investiční náklady. Tím se nám zkracuje doba návratnosti investice. Tento způsob se u nás používá vzácně, kvůli problémům s dostupností vody. [19]

Vzduch/vzduch

Tepelné čerpadlo, které získává teplo z okolního vzduchu. Okolní vzduch je nasáván do venkovní jednotky tepelného čerpadla, odebírá mu teplo a předává ho do vnitřních prostor budovy. Tato tepelná čerpadla mají jen jednu vnitřní jednotku, která může být umístěna ve vzduchotechnické jednotce a může tak vytápět celý objekt. Nemají možnost ohřevu vody. Vyznačují se snadnou a rychlou instalací a jejich cena je nízká. Jejich výkony se pohybují do 6,5 kW. V letním období klimatizují s chladícím výkonem až 4 kW. [21]

3.1.5 Solární energie

Další obnovitelný zdroj energie. Velkou výhodou je dobrá dostupnost. Značné nevýhody jsou sezónní a denní výkyvy produkce energie. V zimním období, kdy je potřeba nejvíce energie, je sluneční svit nejnižší. Naopak v létě, kdy vytápět nepotřebujeme, solární panely produkují nejvíce energie. Solární kolektory se dají v menších domech použít jako primární zdroj tepelné energie. Přebytky vyprodukovaného tepla během léta se většinou využívají k vytápění bazénů.

Ve většině případů se setkáme s teplovodním kolektorem. Existují i kolektory, kde je nosným médiem vzduch. Mají při teplovzdušném vytápění vyšší účinnost než teplovodní kolektory. [11][23]

3.1.6 Uhlí

Kotle na uhlí se v energeticky úsporných budovách nepoužívají. Jsou náročné na obsluhu a neekologické. V poslední době je na výrobce kotlů vyvinut legislativní tlak na zvyšování bezpečnosti a účinnosti kotlů a také na nižší tvorbu emisí. Díky tomu se začínají vyrábět automatické kotle s vysokou účinností a nízkou tvorbou emisí. Nicméně kotle mají vysoké výkony, a tak se nehodí pro energeticky úsporné budovy. [23]

3.2 SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ

Způsob předávání tepla do místností. Systém vytápění by měl předávat teplo do prostoru místností rovnoměrně. Nesmí docházet k tomu, že teplota u radiátorů je vysoká, zatímco dva metry od radiátoru je už teplota nízká. Právě proto se v těchto budovách nepoužívají topná tělesa s vysokou teplotou povrchu, ale pro dosažení tepelné pohody se používají nízkoteplotní systémy vytápění. U nich se teplota nosného média pohybuje zpravidla od 35 do 45 °C. [10] [13]

Podle umístění zdrojů tepla:

- lokální vytápění
- etážové vytápění
- ústřední vytápění
- dálkové vytápění

Lokální vytápění

Nejjednodušší vytápění bez rozvodů tepla. Používá se pro stavební objekty, které je potřeba vytápět jen občas, kde se vytápí pouze jedna nebo pár místností. Jediné topidlo je zdrojem tepla a zároveň je topným tělesem. Dá se použít i jako sekundární zdroj tepla z estetických důvodů (krby, kamna) nebo pro přitápění při nejnižších teplotách. Používají se elektrická lokální topidla, plynová lokální topidla nebo lokální topidla na tuhá paliva. [10] [24]

Etážové vytápění

Od jednoho zdroje tepla se rozvádí teplo do jednotlivých místností jednoho patra. Topidlo se obvykle nachází v neobývané místnosti. Mezi topidla pro etážové vytápění patří kotle na tuhá paliva, kotle na kapalná paliva, elektrické a plynové kotle. Značnou výhodou jsou malé tepelné ztráty kvůli krátkým vzdálenostem přenosu tepla a ovládnutí topidla pouze jedním spotřebitelem. Používá se pro vytápění bytové jednotky, jednoho patra nebo kanceláří. [24]

Ústřední vytápění

Otopný systém založený na jednom zdroji tepla. Od jednoho topidla se teplo rozvádí do celého domu či několika bytů. Jako zdroj pro energeticky úsporné budovy se využívají tepelná čerpadla, sluneční kolektory nebo kotle. [10] [24]

Dálkové vytápění

Systém, který je založen na jednom zdroji tepla umístěném mimo vytápěné budovy. Teplo se rozvádí trubkovými rozvody do více objektů. Rozvody jsou často velice dlouhé a vznikají vysoké tepelné ztráty. Je to drahý způsob vytápění. Dále je zde problém, že při poruše topidla je odstaveno od tepla mnoho uživatelů. Naproti tomu je velká úspora nákladů na provoz více topidel. Dálkové vytápění se nejvíce používá pro sídliště. V dnešní době se s dálkovým vytápěním můžeme setkat i v řadových domech, školách či nemocnicích. [10] [24]

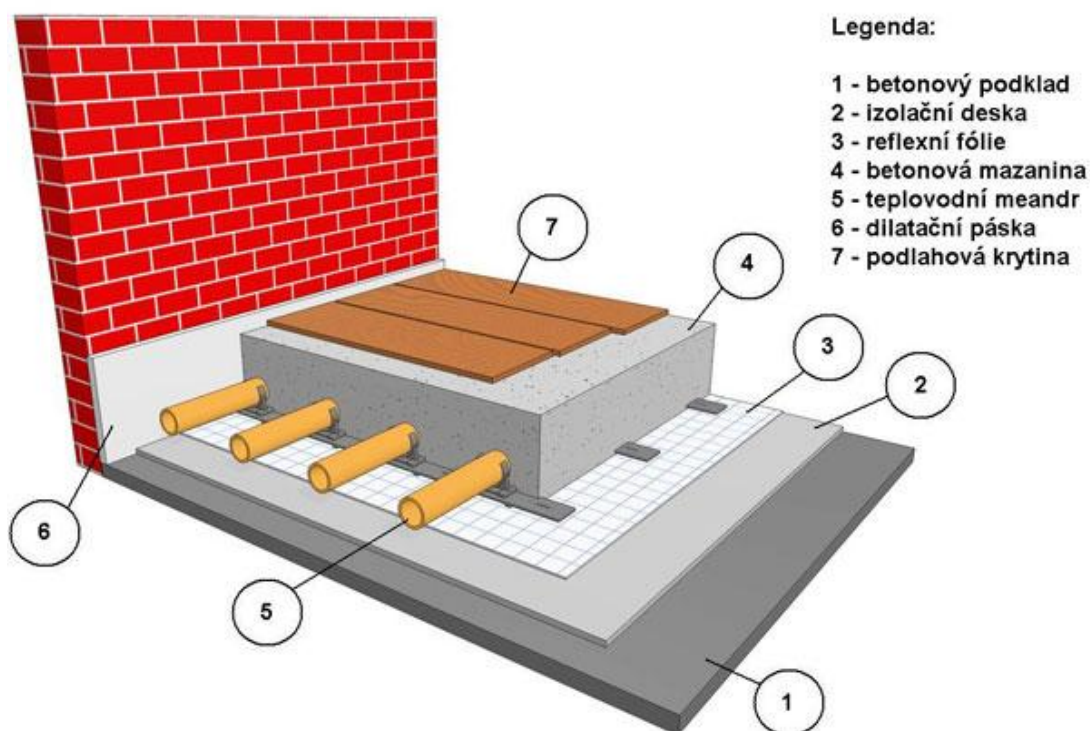
Dále je můžeme rozdělit podle přenosu tepla do místností:

- otopná tělesa
- podlahové vytápění
- stěnové vytápění
- teplovzdušné vytápění
- elektrické vytápění
- teplovodní konvektory

Podlahové vytápění

Je to druh etážového nebo ústředního vytápění. Teplo je rozváděno pomocí trubkových hadů uložených pod podlahou. Nosným médiem je teplá voda. Výhodami podlahového vytápění je nízká prašnost, prostorová nenáročnost a značná úspora energie, neboť k dosažení pocitu tepla stačí vytápět na relativně nízkou teplotu. Teplo se na obyvatele domu přenáší z velké části sáláním. Nosným médiem může být i teplý vzduch, který je veden ve vzduchových kanálcích pod podlahou. Nevýhodami podlahového vytápění je tvoření plísní v méně vytápěných vlhkých částech objektu, velká tepelná setrvačnost místností a podlahové topení nezajišťuje cirkulaci vzduchu. [25]

Existuje i elektrické podlahové vytápění. Používá se nejčastěji jako doplňkový zdroj tepla, kde je potřeba vytápět jen na krátkou chvíli (např. koupelny, toalety). Jeho výhodou je snadná instalace a rychlý náběh. Nevýhodou je vysoká cena elektřiny. [14]



Obrázek 2 Teplovodní podlahové vytápění [25]

Stěnové vytápění

Podobně jako podlahové vytápění používá k sálání tepla síť trubkových hadů s ohřátou vodou nebo elektrická topná tělesa zabudovaná ve stěnách. Využívá se i v kombinaci s podlahovým vytápěním, potom žádná plocha v objektu nezůstane chladná. Stěnové vytápění využívá akumulace tepla zední hmotou. Budovu pak můžeme vytápět v krátkých intervalech a v době mezi intervaly topení se bude uvolňovat naakumulované teplo. Elektrické stěnové vytápění je levnější na pořízení a instalaci,

ale dražší na provoz než teplovodní. Stěnové vytápění nevíří prach a slouží jako prevence proti vzniku plísní. [26]

Další možností je umístění sítě trubkových hadů do stropu pod omítku nebo do kovových podhledů. Tento způsob se využívá spíše u chlazení, kdy je do trubek přivedena chladicí voda. [27]

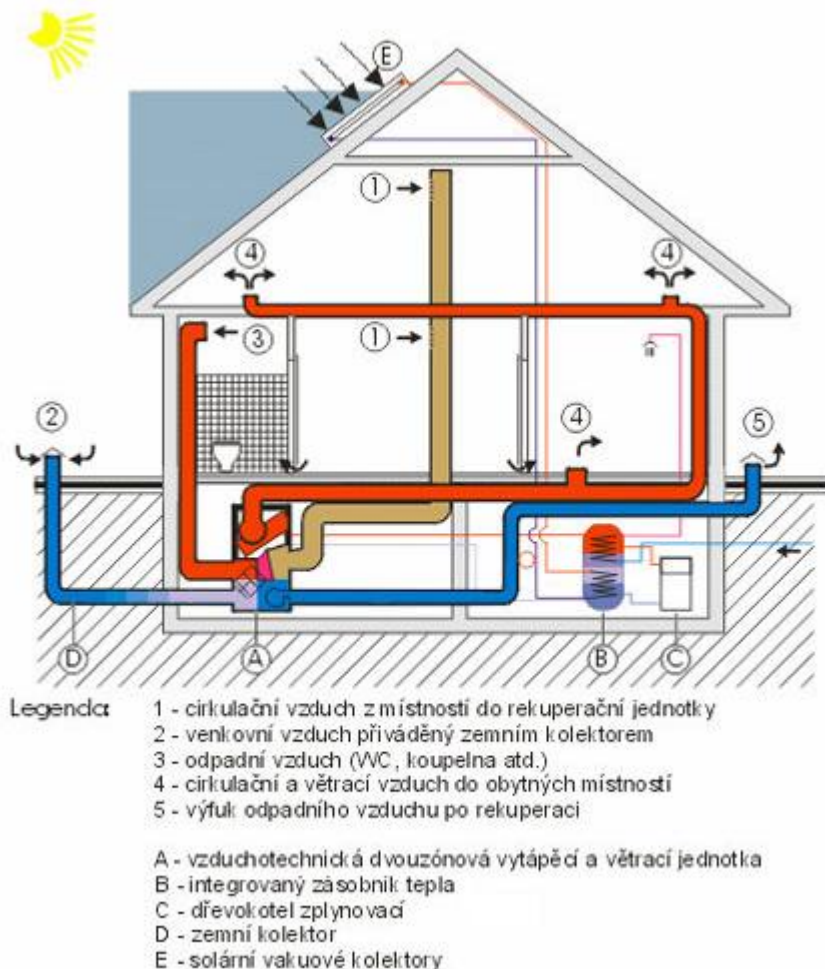
Velkoplošné radiátory

Fungují stejně jako klasické radiátory, ale mají větší rozměry. Díky větším rozměrům nepotřebují tak vysokou teplotu nosného média (vyměňují si teplo na větší ploše). Oproti klasickým radiátorům kolem nich tedy nevznikají zóny s vyšší teplotou. Jejich nevýhodou je velikost, zabírají mnoho místa v interiéru. [28]

Teplovzdušné vytápění

Tepelná energie se do vytápěné místnosti dostává výhradně ohřátým vzduchem. Rozvody vzduchu jsou umístěné ve stěnách, v podlaze nebo v podhledech. V koupelnách, kuchyních nebo záchodech jsou pak instalovány odtahové vyústky, ze kterých se odvádí znehodnocený vzduch. Kvůli nižšímu měrnému teplu je vzduch horším nosičem tepla než voda. Toto vede k větším dimenzím rozvodů vzduchu a tím i k větším zásahům do stavby. Naproti tomu teplovzdušné vytápění nepotřebuje žádné otopné plochy, ale postrádá sálavou složku vytápění. [10]

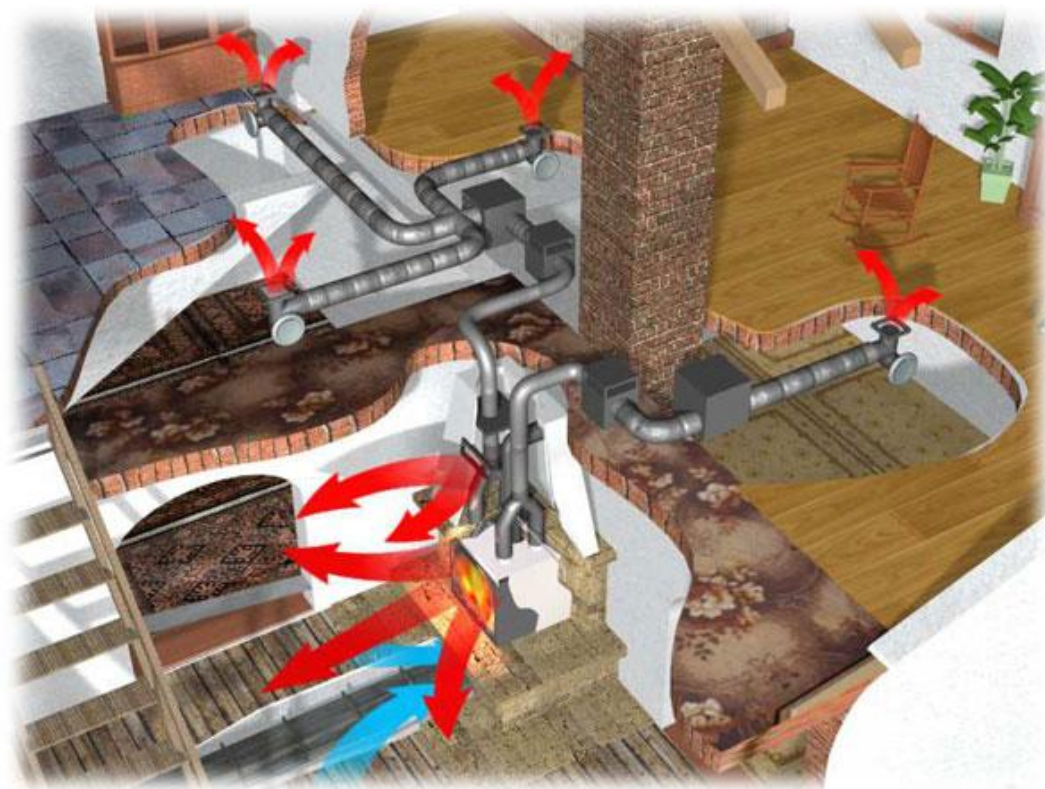
V energeticky úsporných budovách se nejčastěji instaluje teplovzdušné vytápění s rekuperací vzduchu. Zajistí tak vytápění i větrání zároveň. Při velmi nízkých teplotách pak vzduch „dohříváme“ například krbem na dřevo nebo elektrickým přímotopem.



Obrázek 3 Teplovzdušné vytápění s rekuperací vzduchu [54]

Můžeme se setkat i se systémy s plně cirkulačním provozem. Zde se na ohřívání vzduchu používají teplovzdušné kotle, které jsou plynové, olejové, elektrické nebo na pelety. Obsahují ohřívací díl s regulací a ventilační a filtrační jednotky. Vzduch je rozveden do jednotlivých místností a zpětné nasávání cirkulujícího vzduchu je většinou na chodbách. Tento systém nevětrá. [29]

Další možností je vytápění krbu a kamny s teplovzdušným výměníkem. Krby a kamna představují relativně levný zdroj tepelné energie. Ohřátý vzduch proudí z výměníku krbové vložky do jednotlivých místností. Poté je z jednotlivých místností zpětně nasáván výměníkem. Výhodou je vytápění několika místností jedním krbem nebo kamny. Oproti vytápění s rekuperací se jedná o neřízené teplovzdušné vytápění. Mezi nevýhody patří vysoká prašnost, nutnost stálé obsluhy, nerovnoměrné vytápění a nejsme schopni regulovat teplotu. [29]

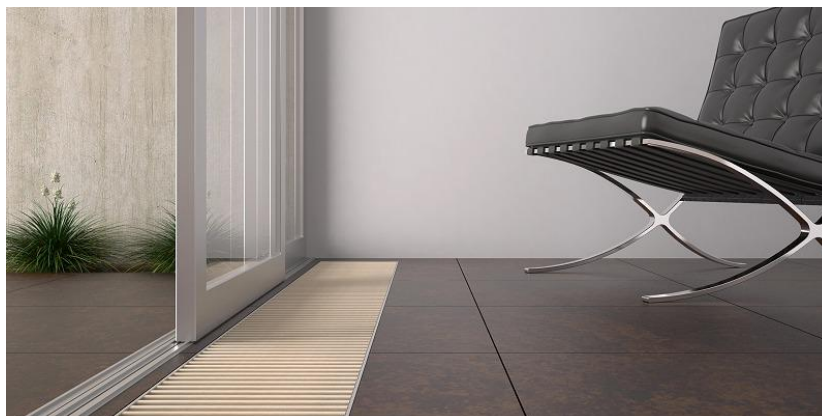


Obrázek 4 Krb s teplovzdušným výměníkem + rozvody [54]

Teplovodní konvektory

Je to otopné těleso, které je tvořeno výměníkem tepla. Nosným médiem je voda. Konvektory se vyrábí v nástěnném, podlahovém, samostojném nebo lavicovém provedení. U nízkoteplotních systémů konvektorů se několikanásobně zvyšuje účinnost použitím ventilátorů, jejichž hluchnost nepřesahuje ani 30 dB. Teplovodní konvektory jsou tedy velice efektivní, úsporné a mají dlouhou životnost. Zároveň je možné je použít ke chlazení objektu. Například v kombinaci s tepelným čerpadlem, které umožňuje reverzní chod, je možné jedním konvektorem topit i chladit.

Teplovodní konvektory mohou být hlavním systémem vytápění nebo doplňkovým systémem, např. v podkroví, kde je potřeba v zimě přitápět a v létě chladit. [28]



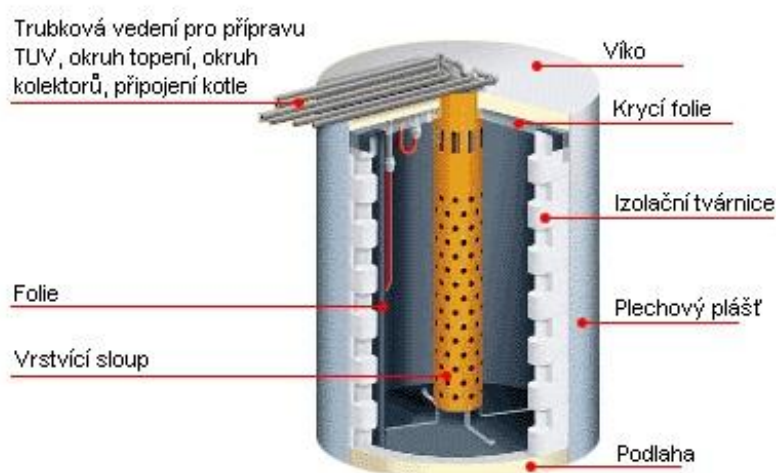
Obrázek 5 Podlahový konvektor s ventilátorem [28]

3.3 Akumulační nádrž

Slouží ke shromažďování a uchování přebytečného tepla vytvořeného různými zdroji tepla a využívání zásob tepla pro vytápění. Je to zařízení umístěné v topném okruhu. Zvyšuje účinnost jednotlivých topidel. Akumulační nádrž musí být kvalitně izolována, aby byla schopna teplo uchovávat po delší dobu. Je možné je použít ve všech topných systémech. [30]

Akumulační nádrže jsou nutné u solárních systémů. Solární zisky jsou nestabilní a většinou největší v období, kdy je nepotřebujeme. Proto musíme tuto energii akumulovat a využít až v období, kdy ji budeme potřebovat.

Další velice vhodné použití akumulací nádrže je v kombinaci s tepelným čerpadlem. Vyrovnává a zamezuje časté spínání kompresoru a tím zvyšuje jeho životnost. Další funkcí je vyrovnávání průtoků přes tepelné čerpadlo a vyrovnávání průtoku otopným systémem. Obvyklé objemy akumulací nádrží jsou od 500 do 1000 l. [31]



Obrázek 6 Velkoobjemová stavebnicová akumulací nádrž [53]

4 VĚTRÁNÍ

Nedílnou součástí provozu energeticky úsporných budov je větrání. Je to proces výměny venkovního vzduchu se vzduchem vnitřním. Příklad zateplování a instalování oken s výbornými izolačními parametry roli větrání ještě zdůrazňuje. Bez větrání dochází ke koncentraci škodlivých látek v prostorách domu, ke zvyšování relativní vlhkosti, ke stagnaci vnitřního vzduchu a někdy i k poškození konstrukce budovy nebo růstu plísní. Hlavním úkolem větrání je zmírnění či odstranění znehodnoceného vnitřního vzduchu obyvateli domu a znečištění z materiálů použitých v konstrukci domu a nábytku. Hlavní znečištěními jsou částice (organické a anorganické), zápachy, prach, vlhkost, kouř, těkavé organické látky, produkty spalování a bakterie.[34]

Důležitou roli v energetické náročnosti větracího systému hraje vzduchotěsnost objektu. Vzduchotěsný plášť představuje bariéru pro okolní znečištění. Některé větrací systémy nedokážou správně fungovat, dokud není budova vzduchotěsná. To znamená, že prostup vzduchu přes stěnu musí být menší, než přibližně $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ při 50 Pa přetlaku. [34]

Automaticky řízené systémy upravují svůj výkon podle množství znečištění vnitřního vzduchu. Funkce čidel můžeme rozdělit na snímání tepelně-vlhkostního mikroklimatu (teplota, vlhkost), mikrobiálního mikroklimatu (bakterie, viry, plísně, pyl), oděrového mikroklimatu (antropotoxiny, CO_2 , kouř, zápachy, vůně), aerosolového mikroklimatu (prachy, mlhy) a toxického mikroklimatu (oxidy síry, oxidy dusíku, ozon, smog, formaldehyd). [34] [39]

Dalším důležitým aspektem při větrání je umístění přívodů vzduchu. Nasávání venkovního vzduchu se musí umístit dále od např. komínů, sousedních budov, od silnic apod. Přívody čerstvého vzduchu se v místnostech umísťují nejlépe k podlaze. Přiváděný vzduch musí být filtrován. Filtrace je velice důležitou součástí větracích jednotek. Často se používá tzv. předfiltr a následuje ho hlavní filtr. Takové kombinace dosahují vysokých účinností a to až 97% pro částice menší než 2.5mikro m a asi 50% účinnosti pro částice menší než 0.1 mm. Součástí jsou i filtry pro pohlcování různých zápachů. [34]

Souvisejícím tématem kvality je filtrace vnitřního vzduchu. Filtrace nám pomáhá zlepšit kvalitu vzduchu v obytných prostorách. Odstraňuje škodlivé látky, pyly, prach, viry, bakterie a zápachy. Hlavními parametry vnitřních čističek vzduchu jsou vzduchový výkon (objem vzduchu, který čistička vyčistí za hodinu), hlučnost, typ filtrace a provozní náklady. [34]

Díky propracovaným větracím jednotkám můžeme v budově udržovat velice dobrou kvalitu vzduchu. Větrání vzduchu můžeme rozdělit na přirozené (větrání okny), nucené (větrací systémy) a hybridní (kombinace přirozeného a nuceného větrání). [36]

4.1 PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ

V dnešní době nejčastější způsob větrání. U přirozeného větrání dochází k velkým ztrátám tepla, není tedy vhodné pro větrání energeticky úsporných budov. V dnešní době se využívá kombinace přirozeného a nuceného větrání, které dosahuje vynikajících výsledků. U přirozeného větrání zajišťují výměnu vzduchu v budově gravitační (vztlakové) síly, způsobené rozdílem hustot vnitřního a venkovního vzduchu a tlakovými rozdíly, které vznikají při obtékání budovy větrem. Z důvodu vztlakových sil vzniká ve spodní části budovy podtlak a v horní části budovy vzniká přetlak vůči

atmosférickému tlaku. Nejběžnější využití přirozeného větrání je infiltrace okenními spárami, dále provětrávání okny, aerace a šachtové větrání. [37]

5.1.1 INFILTRACE

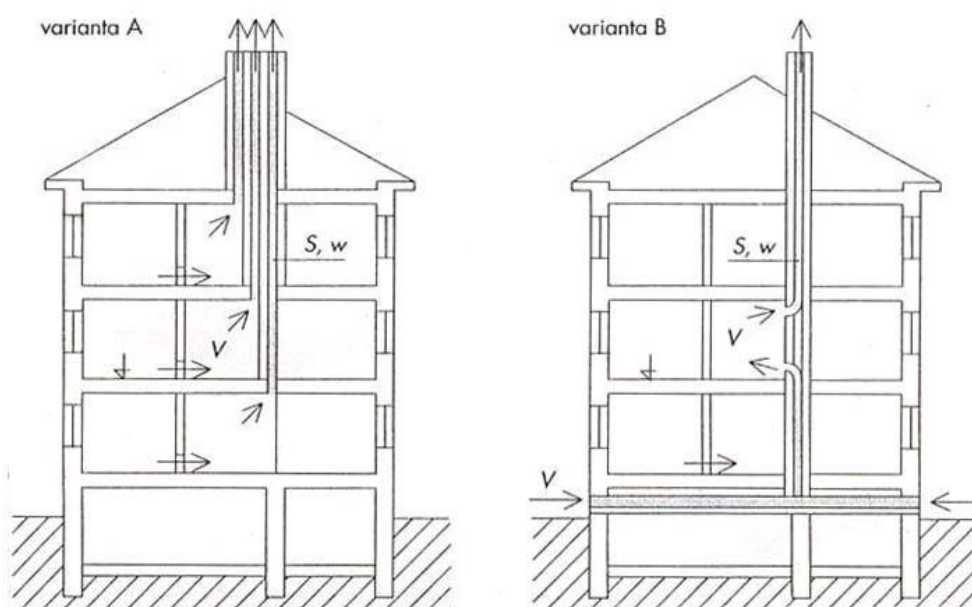
Již zmíněná infiltrace v kapitole 1 byla do dnešní doby základním prostředkem na výměnu vzduchu v budově. Nicméně s většími nároky na těsnost obálky budovy se infiltrace stává nežádoucí. Zvyšuje energetické nároky domu, zejména v zimním období.

5.1.2 PROVĚTRÁVÁNÍ

Provětrávání se provádí nejlépe pomocí občasného krátkodobého otevření okna. Výměna vzduchu je zapříčiněna tlakovým rozdílem, který vzniká účinkem větru nebo teplotním účinkem. Horní částí okna proudí ohřátý vnitřní vzduch ven a spodní částí okna proudí chladnější vzduch dovnitř místnosti. Provětrávání není vhodné pro energeticky úsporné budovy, protože při něm dochází k velkým ztrátám tepla. V energeticky úsporných budovách se provětrává, pouze když je venkovní teplota přibližně stejná, jako vnitřní teplota vzduchu, nebo v nutných případech, kdy musíme rychle vyvětrat nějaké škodliviny. [37]

5.1.3 ŠACHTOVÉ VĚTRÁNÍ

Šachtové větrání se většinou nachází v průmyslových budovách, kde jsou trvalé zdroje tepla v odvětrávaných místnostech, nebo v panelových domech. Základem je přiváděcí nebo odváděcí šachta. Výměna vzduchu je zajištěna opět účinkem větru a teploty. Šachtové větrání může řešit jen odvod vzduchu, ale i jeho přívod. S šachtovým větráním se setkáme při rekonstrukci panelových nebo bytových domů. V nových energeticky úsporných budovách se nepoužívá. [37]



Obrázek 7 Šachtové větrání [36]

Varianta A na obrázku řeší pouze odvod vzduchu (přívod je řešen většinou okny) a varianta B znázorňuje přívod i odvod vzduchu.

4.2 NUCENÉ VĚTRÁNÍ

V nových a energeticky úsporných budovách, kde jsou kladeny vysoké požadavky na těsná okna a obálky budov řešené s cílem co nejmenší infiltrace, nezajišťuje přirozené větrání potřebnou výměnu vzduchu a způsobuje nežádoucí účinky, jako jsou plísně nebo tragické případy otravy spalinami z plynových spotřebičů. Proto se využívá nuceného větrání, které je výhodnější než přirozené větrání z hlediska energetické náročnosti budovy. Nucené větrání můžeme rozdělit do následujících systémů:

- nucené podtlakové větrání
- nucené přetlakové větrání
- nucené rovnotlakové větrání
- hybridní větrání

5.2.1 Nucené podtlakové větrání

Je prováděno nuceným odvodem vzduchu z místností se zdrojem vlhkosti nebo škodlivin a přísaváním vzduchu z venkovního prostředí. Přívod vzduchu je řešen otvory zpravidla pod okny za/nad otopnými tělesy. Větrací otvory mohou být osazeny kvalitními filtry nebo tlumiči hluku a lze je opatřit regulací průtoku vzduchu. Ohřev přiváděného vzduchu zajišťuje otopná soustava domu. Nevýhodou nuceného podtlakového větrání je absence zařízení pro zpětné získávání tepla a tím vyšší provozní náklady na ohřev přiváděného vzduchu. Jejich výhodou je nízká pořizovací cena a jednoduchost. Nucené podtlakové větrání můžeme rozdělit na centrální a lokální. [36][38]

Centrální podtlakové systémy

O odsávání vzduchu se zde stará centrální ventilátor napojený na stoupací potrubí. Je umístěn zpravidla na střeše nebo v nejnvýše položené části budovy. Ventilátor hradí tlakové ztráty vzduchovodu a systému distribuce vzduchu. Ventilátory jsou velkým zdrojem hluku a tak je nutné vyřešit protihluková opatření, ať už do okolí domu nebo do stoupajícího potrubí, které vede do bytů. Ventilátory mají možnost regulace otáček a mohou tak měnit přívod vzduchu na základě aktuálních požadavků. Systémy jsou vybaveny čidly vlhkosti a CO₂ a na jejich základě dochází k otevírání a zavírání odvodních prvků. Výhodou centrálního podtlakového větrání je vysoká účinnost ventilátorů a nedochází k přenosu pachů mezi jednotlivými bytovými jednotkami. [36]

Lokální podtlakový systém

O odsávání vzduchu se zde starají ventilátory přímo napojené na stoupací potrubí. Jsou umístěny přímo v místnosti, kde je vzduch odsáván, nebo jsou opatřeny dvěma až třemi hrdly ústíci do jednotlivých místností. Nevýhodou těchto malých ventilátorů je jejich nízká účinnost a hluk, který je emitován přímo do místností. [36]

5.2.2 Nucené přetlakové větrání

Je založeno na kontinuálním přívodu filtrovaného a většinou i tepelně upraveného vzduchu z okolního prostředí. Vzduch se zpravidla přivádí do centrální místnosti objektu a odtud se šíří přetlakem do dalších místností. Odvod vzduchu probíhá přes odvodní prvky ve fasádě, přes spáry oken nebo pomocí ventilátorů z kuchyní a toalet. Proudění vzduchu do jednotlivých místností není rovnoměrné, závisí na průvzdušnosti oken, dveří a na dalších vlivech jako jsou např. otevřené dveře. Kvůli zajištění proudění vzduchu mezi místnostmi jsou důležité dveřní mřížky. Tento systém není tak

rozšířený. Používá se většinou při rekonstrukci bytových domů kvůli jeho jednoduchosti. Pořizovací náklady jsou asi třetinové oproti nákladům na centrální rovnotlakové systémy. [38]

5.2.3 Nucené rovnotlakové větrání

Používá se tam, kde klademe větší důraz na kvalitu přiváděného vzduchu nebo kde požadujeme, aby větrací jednotka obsahovala zpětné získávání tepla. Je tedy vhodnější pro použití do energeticky úsporných budov. Používá se i tam, kde není možné umístit přívody vzduchu do obvodových stěn, například kvůli příležitosti k rušným komunikacím. Systémy nuceného rovnotlakového větrání přivádějí čerstvý vzduch a současně odvádějí znehodnocený vzduch. O přívod vzduchu se většinou starají dva ventilátory, které jsou umístěny v kompaktní vzduchotechnické jednotce. V ní se nachází výměník zpětného získávání tepla, zařízení pro filtraci venkovního vzduchu, případně ohřívače. Opět mají možnost regulace otáček podle potřeby. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena, vyšší spotřeba energie pro pohon ventilátorů a je potřeba větší prostor pro toto zařízení. Nucené rovnotlaké větrání se dělí na centrální a lokální. [36]

Centrální systémy

Obsahují jen jednu centrální vzduchotechnickou jednotku. Zajišťují odvod znehodnoceného vzduchu a přívod čerstvého. Součástí je filtrace, výměník zpětného získávání tepla, v některých případech i přehřev. Zařízení automaticky vyrovnává tlaky v přívodních i odváděcích vzduchovodech. [36]

Lokální systémy

Slouží pro individuální větrání bytových jednotek. V každém bytě je umístěna malá větrací jednotka, která je vybavena ventilátory, filtrací vzduchu, popřípadě výměníkem zpětného získávání tepla. Odvod vzduchu je řešen přes společné potrubí vyústěné na střechu budovy a přívod vzduchu je řešen buď společným potrubím, nebo samostatně z každé bytové jednotky. Nevýhodou lokálního systému je nízká účinnost, hluchost a požadavky na umístění vzduchotechnické jednotky uvnitř bytové jednotky. [36]

5.2.4 Hybridní větrání

Představuje kombinaci přirozeného a nuceného větrání za účelem minimalizace spotřeby energie při požadované úrovni vnitřního prostředí. V dnešní době je to nejperspektivnější technologie v oboru větrání kvůli tomu, že ryze nucené nebo přirozené větrání už dosahuje v oblasti úspory energie svých limitů. Hybridní systémy jsou řízeny inteligentními prvky, které automaticky přepínají mezi režimy nuceného a přirozeného větrání. Tyto systémy snižují potřebu energie na transport větracího vzduchu i energii na ohřev/chlazení větracího vzduchu.

Hybridní větrání je založeno na měření pomocí senzorů a způsobu regulace. Obsahuje řídicí algoritmy, které přepínají mezi dvěma způsoby větrání. Pracují na základě vyhodnocování průtoku vzduchu. Průtok lze upravit na požadovanou hodnotu, buď časovým nastavením založeným na předpokládané přítomnosti osob, nebo čidly na detekci osob v místnostech. Přetrvávajícím problémem u hybridní ventilace je sestavení řídicího algoritmu, který vyhodnocuje kdy, proč a jak přepnout z přirozeného větrání na nucené a naopak.

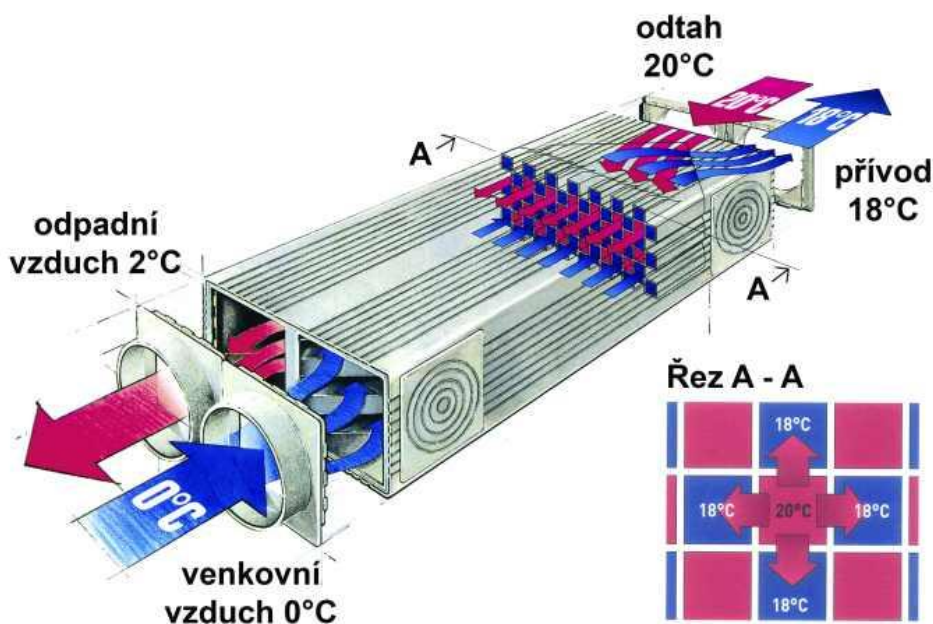
Výhodou hybridního větrání je nízká spotřeba energie. Možnost plného využití přirozeného větrání v noci v letním období, které poskytuje vyšší komfort vnitřního

prostředí a téměř žádnou spotřebu energie. Nabízí možnost uživatelského nastavení. Naopak hybridní větrání požaduje vzduchotěsnost budovy, dokonalou interakci s konstrukčním a provozním návrhem budovy a určité specifické požadavky na umístění potrubí, nasávání a výdechů. [36]

4.3 VHODNOST ZAŘAZENÍ REKUPERAČNÍ JEDNOTKY DO SYSTÉMU VĚTRÁNÍ

Ukázalo se, že k dosažení vhodných parametrů vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost, obsah CO₂) v rekonstruovaných domech nebo v novostavbách běžné větrání okny obvykle nestačí. V dobře zateplené budově by to znamenalo nárazově větrat v zimním období každé dvě hodiny. Nárazovým větráním dochází ke vzniku „průvanu“ a ztrácí se velké množství tepla. Na ochlazených místech vzniká vzdušná vlhkost a může zde růst i plíseň. I klasickým nuceným větráním se ztrácí poměrně hodně tepla, proto se pro větrání energeticky úsporných budov využívá nucené větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperace tepla). [38]

Rekuperace je zpětné předávání tepla z odváděného odpadního vzduchu do přiváděného čerstvého, šetří tedy energii na vytápění. Pak díky rekuperaci tepla budova dosahuje požadovaných parametrů pro energeticky úsporný dům. V dnešní době se u rekuperačních jednotek požaduje minimálně 75 % zpětného zisku tepla, ale některé jednotky dosahují více než 90 % účinnosti při plném rozsahu otáček ventilátoru. Jednotky v podstatě ohřívají větraný vzduch na téměř pokojovou teplotu (rozdíl teploty přiváděného vzduchu s vnitřním jsou kolem 2°C) a nevznikají teplotní rozdíly v jednotlivých místnostech. Čím dál více se klade důraz na co nejvyšší účinnost zpětného zisku tepla a na co nejnižší provozní náklady větracích jednotek. [34][40]

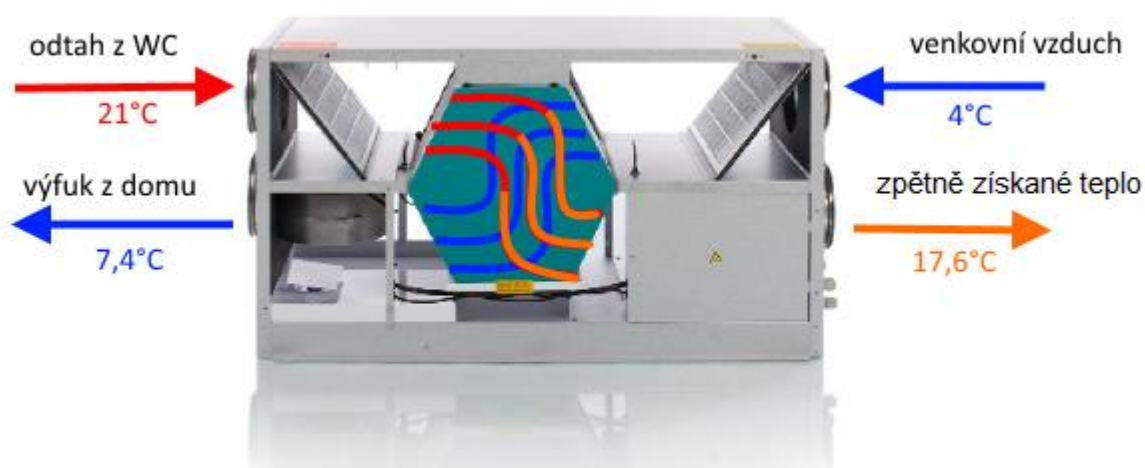


Obrázek 8 Rekuperace tepla v deskovém výměníku [55]

PRINCIP A ROZDĚLENÍ NUCENÉHO VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA

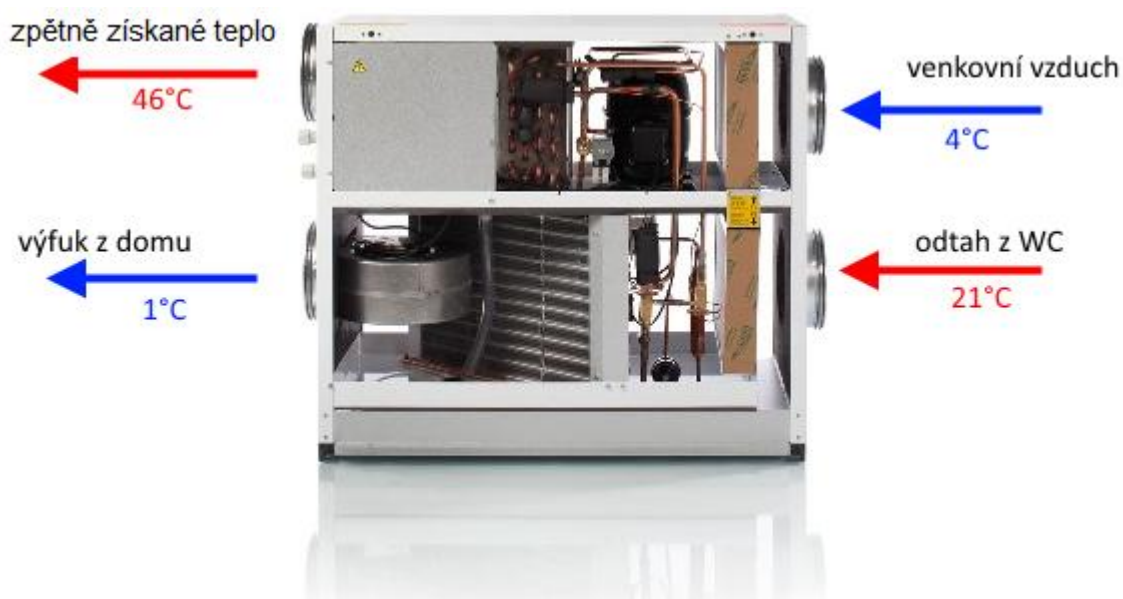
Nejběžnější je výměník, kde přiváděný venkovní (studený) vzduch, který je zbaven většiny prachu a nečistot díky integrovaným filtrům, je v jednom vzduchovodu a ve druhém vzduchovodu je nasávaný vnitřní odpadní vzduch. Vzduchovody si navzájem vyměňují teplo, vzduch se nesmíchá. Výměníky se dělí na trubkové a deskové. Nevýhodou deskových výměníků je potřeba opatření proti zamrznutí.

Tento systém se nazývá **pasivní rekuperace**. V letním období naopak chladnější vnitřní vzduch ochlazuje horký venkovní vzduch. O pohon se starají úsporné ventilátory. Ventilátory mají možnost změny otáček, které se mění podle potřeby. Řízení ventilátorů je realizováno na základě čidel kvality vnitřního vzduchu. Čidla kvality jsou nastavena uživatelem na požadované hodnoty. U některých systémů je možné uzavřít přívod vzduchu do nepoužívaných místností. Většina rekuperačních jednotek má možnost větrání bez dohřívání vzduchu díky vestavěnému by-passu (vynechání rekuperátoru). Je to účelné většinou v letním období. [41]



Obrázek 9 Pasivní rekuperace [41]

Druhým způsobem je **aktivní rekuperace**. Ta s využitím principu tepelného čerpadla funguje i jako teplovzdušné vytápění. U těchto jednotek je možné získat z 1kWh elektrické energie až 4,4 kWh tepelné energie. Novější aktivní jednotky mohou i větrané prostory klimatizovat nebo zajišťují ohřev vody. Chlazení pomocí větrací jednotky s aktivní rekuperací využívá ochlazeného vzduchu, který vzniká při ohřevu teplé vody. Je to tedy ekonomicky velice výhodné. Jednotky s aktivní rekuperací maximálně využívají energii obsaženou v odpadním vzduchu, mají širší možnosti využití a jsou úspornější než jednotky s pasivní rekuperací. Je možné je použít jako zdroj tepelné energie pro domy s nízkou spotřebou tepla, v ostatních domech se obvykle používá ještě další zdroj tepla.[41][42]



Obrázek 10 Aktivní rekuperace [41]

Výhody a nevýhody řízeného větrání s rekuperací

- Výhoda nuceného větrání s rekuperací tepla je 75 % až 90 % úspora energie oproti běžnému větrání. Neustále čerstvý vzduch bez překračování koncentrace CO₂, filtrace vzduchu, bez hlukového zatížení, kontinuální odvod vlhkosti a téměř bezobslužný provoz. Větrání bez víření a usazování prachu. Můžeme nastavit rozdílné požadavky na větrání pro jednotlivé místnosti.
- Nevýhodou je počáteční investice do pořízení systému řízeného větrání, nutnost pravidelné údržby a výměny filtrů a i kvalitní provedení.

5 KLIMATIZACE

Klimatizace slouží k úpravě vzduchu. Umožňuje chlazení a filtraci vzduchu s úpravou vlhkosti. Její funkcí je automaticky udržovat tyto stálé podmínky. Chlazení budov v dnešní době nabývá na důležitosti. Zvyšující se požadavky na minimalizaci energetické náročnosti na vytápění budov mají svůj dopad na potřebu energie na chlazení. Budovy musí být navrženy tak, aby potřeba energie na chlazení byla co nejmenší. Budovy jsou zejména v letním období vystaveny tepelným ziskům od slunce, které vedou k přehřívání. Vnější tepelné zisky je nutno eliminovat. Uplatnění zde nachází sofistikované stínění budov (žaluzie, rolety, elektrochromatická skla, slunolamy). Obecně platí, že správně navržená obytná budova v České republice by se měla obejít bez strojního chlazení. [45] [46]

Dále se zvyšuje počet zařízení, která jsou zdrojem tepla (počítače, tiskárny,..). Spolu s osvětlením vytváří další tepelné zisky. Snížení vnitřní tepelné zátěže je možné pouze v oblasti osvětlení a vybavení. Používají se energeticky úsporné zdroje. Stále ale zůstává tepelná zátěž od osob, kterou nejsme schopni eliminovat.

Pokud jsou tepelné zisky vysoké a nejsme schopni je eliminovat pasivním (alternativním) chlazením, přichází na řadu strojní chlazení. Klimatizační jednotky se vybavují odvlhčovacími nebo zvlhčovacími zařízeními.

5.1 PASIVNÍ CHLAZENÍ

Využívá řešení objektu, fyzikální principy a kombinuje technologie. Snaží se o tepelnou pohodu v budově a klade důraz na minimální zatěžování životního prostředí. Zároveň má nízkou spotřebu energie, tudíž je nejvýhodnější pro energeticky úsporné domy.

Stínění oken

Je důležité hlavně v letních měsících, aby se minimalizovaly tepelné zisky, způsobené přímou sluneční radiací. Ke stínění využíváme stínících prvků na obvodovém plášti, jako jsou balkony nebo trvalé slunolamy. V těchto případech se využívá rozdílné výšky slunce nad obzorem v zimě a v létě. Stínění může zajišťovat také okolní prostředí. Například listnaté stromy jsou velice vhodné. V letních měsících stíní a v zimních měsících je díky opadanému listí stínění zamezeno. Další možností snížení tepelné zátěže jsou venkovní, meziokenní nebo vnitřní žaluzie.[47]

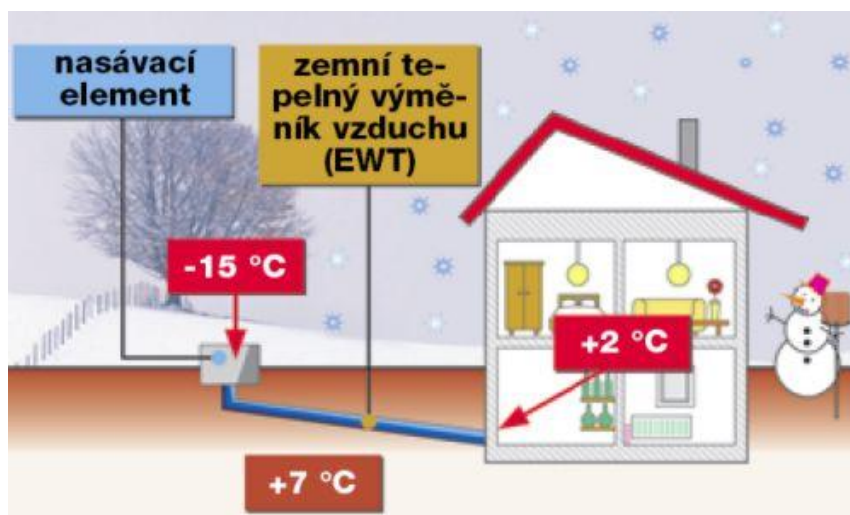
Noční větrání

Je to nejnámější metoda chlazení objektů. Provádí se intenzivnějším větráním během nočních hodin, kdy je teplota vzduchu nižší. Využívá akumulacních schopností stavební hmoty, které se v noci ochladí a přes den se pomalu ohřívají. Větrání může být přirozené nebo nucené. Při nuceném odvodu vzduchu je nutné analyzovat spotřebu energie, která v případě nevhodného provozu může být vyšší než energie na provoz strojního chlazení. Podmínkou funkce nočního chlazení je dobrá provětratelnost objektu. Další podmínkou je dostatečná akumulace tepla stavebních konstrukcí. V ČR jsou velice vhodné podmínky pro noční větrání. Pro obytné budovy v ČR je to většinou postačující způsob zajištění tepelné pohody. [47]

Využití zemského polomasivu – zemní výměník

Je nutné použít vodní nebo vzduchový systém. Vzduchový výměník je založen na alespoň 20m dlouhém potrubí, kvůli nízké měrné tepelné energii vzduchu. V letním období se tedy vzduch díky zemině chladí a v zimním období ohřívá. Snižuje tedy potřebu energie na chlazení i vytápění. Nevýhodou zemního registru je, že teplota okolního vzduchu pro přehřívání musí být nižší než 5 °C a pro chlazení vyšší než 20 °C. Doba provozu v našich klimatických podmínkách je tedy asi 3 měsíce z roku. Výkon zimního registru se pohybuje od 200 do 500 W. Nějakou energii uspoří, ale návratnost zemního registru je více než 10 let. Naopak chladicí výkon vzdušného zemního výměníku dosahuje výkonu kolem 2 kW.

Kapalinový zemní výměník je síť potrubí vedená v dostatečné hloubce pod povrchem. Trvalý výkon těchto zemních výměníků je poměrně nízký (8-10 W/m²). Krátkodobý výkon pro překlenutí letních extrémů může dosahovat až 45 W/m² zemního výměníku. Zajímavou variantou je využití zemního výměníku tepelného čerpadla země-voda pro chlazení v letních měsících. Získáme zdroj chladu a zvýšíme topný faktor tepelného čerpadla v zimním období. [47] [48]



Obrázek 11 Zemní vzduchový výměník [56]

Adiabatické chlazení

- **Přímé adiabatické chlazení**

Principem je přeměna citelného tepla na teplo vázané při odpařování vody. Když je do vzduchu rozprašována voda, odpařuje se, klesá teplota vzduchu a roste vlhkost. Děj je ovlivněn teplotou přiváděné vody. Při přímém adiabatickém chlazení dochází k přímému ochlazení přiváděného vzduchu odpařováním vody.

Výhodou přímého adiabatického chlazení je jednoduchý princip a nízká energetická náročnost. Značná nevýhoda je, že se nedá použít pro oblasti s vlhkým klimatem. Další nevýhodou je zatížení ochlazeného vzduchu vlhkostí a možné ohrožení kvality vzduchu bakteriemi. [49]

- **Nepřímé adiabatické chlazení**

Dochází k ochlazení sekundárního vzduchu nebo se adiabaticky vyrábí chladicí voda. Sekundární (odváděný) vzduch odebírá citelné teplo primárnímu (přiváděný) vzduchu pomocí výměníků tepla vzduch-vzduch. Při přípravě chladicí vody se voda používá pro chlazení vzduchu nebo pro sálavé chlazení.

Výhodou nepřímého adiabatického chlazení je, že nedochází k růstu měrné vlhkosti ochlazovaného vzduchu a nedochází ke znehodnocení vzduchu bakteriemi z vody. Je možné použití výměníku v zimě pro zpětné získávání tepla. Zároveň má nízkou spotřebu energie. Nevýhodou je, že nejsme schopni využít všechn chlad. Chlazení je závislé na vlhkosti venkovního vzduchu a má nižší výkony než strojní chlazení. [49]

5.2 STROJNÍ CHLAZENÍ

Využívá klimatizačního zařízení pro snížení teploty vnitřního prostředí pod teplotu okolí. Pracuje na základě parního oběhu s kompresorem. Slouží k lokální úpravě parametrů vzduchu (teplota, vlhkost) obývaných místností. Zpravidla nezajišťují větrání, pracují s oběhovým vzduchem.

Okenní kompaktní klimatizátory

Velmi rozšířené zařízení. Jednotky se zabudují do okna nebo do zdi budovy. Část s kondenzátorem ční do venkovního prostoru a část s výparníkem vyčnívá do místnosti, kterou chceme klimatizovat. Vše pohání jeden motor. Na trhu jsou i verze s přímým elektrickým ohříváčem vzduchu. Dodávají se i jako tepelná čerpadla.

Jedná se o jedno z nejlevnějších zařízení v ceně od 10 do 60 tisíc Kč. Vyrábějí se s chladicími výkony od 1,5 do 10kW. [50]

Klimatizační jednotky typu split

Jedná se o dělené klimatizační jednotky. Vnitřní díl obsahuje chladič a filtr vzduchu, umísťuje se na zeď, do mezistropu, pod okno apod. Jeho hlučnost se pohybuje kolem 40dB, je tedy velmi tichý. Venkovní díl obsahuje kompresor, ventilátor a kondenzátor. Umísťuje se na střechu nebo na jiné odkloněné místo, protože je venkovní díl hlučnější (kolem 55dB). Venkovní a vnitřní díl jsou spojeny dvojicí potrubí. Dodávají se i jako tepelná čerpadla, mohou být vybavena teplovodním nebo elektrickým ohříváčem.

Je to nejvýkonnější typ klimatizací. Cena se pohybuje od 40 do 100 tisíc Kč. Jejich chladicí výkon se pohybuje od 2 až do 12kW [50] [51]

Klimatizační jednotky multisplit

V podstatě se shodují s jednotkami typu split, ale zásadní rozdíl je v tom, že na jednu vnější kondenzátorovou část připadá více vnitřních výparníkových částí. Ty lze ovládat zcela nezávisle na sobě. Můžeme je libovolně rozmístit po budově. S venkovní jednotkou jsou propojeny samostatným potrubím. [50]

Split s vodou chlazeným kondenzátorem

Pořizují se, když nelze instalovat vzduchem chlazený venkovní díl. Umísťuje se k vodovodnímu kohoutku a odpadu vody. Spotřeba vody pro toto zařízení je 0,2 až 1m³/h. Je to poněkud drahý typ klimatizace. [50] [51]

Klimatizační systém VRF

Centrální klimatizační systém podobný jako multisplit. Jednotlivé vnitřní klimatizační jednotky se připojují pomocí páteřních rozvodů s odbočkami k venkovní části. [50] [51]

Mobilní klimatizátory

Můžeme je libovolně přesouvat podle potřeby. Rozdělují se na kompaktní mobilní klimatizátory a jednotky s odděleným kondenzátorem. U kompaktní jednotky je teplý vzduch odváděn hadicí mimo místnost. U jednotek s odděleným kondenzátorem je kondenzátor umístěn mimo místnost (balkon, pod oknem) a je spojen hadicí s vnitřní jednotkou.

Jednotky s odděleným kondenzátorem mají vyšší výkon, až 4,5kW, a nižší hlučnost. Nevýhodou mobilních jednotek je vyšší spotřeba elektřiny. Cena mobilních klimatizátorů se pohybuje od 16 tisíc Kč. [50] [51]

Fan-coil (konvektor)

Je to ventilátorová jednotka s vodními výměníky. Obsahuje ventilátor s filtrem, vodní ohřívač nebo chladič vzduchu. Zdrojem studené vody je např. chladicí jednotka (chiller) nebo tepelná čerpadla. Z chladicí jednotky se voda rozvádí do jednotlivých fan-coilů. Když je to potřeba tak jednotky chladí, a když se k nim přivede teplá voda tak topí. [50] [51]

Řízený vodní okruh (water loop)

Jedná se o kompaktní klimatizační jednotky s vodou chlazeným kondenzátorem. V provedení s tepelným čerpadlem se používají i pro vytápění zejména ve velkých budovách. Jednotky se napojují na jeden vodní okruh, ve kterém je suchý chladič i ohřívač vody. Jednotky jsou malé s nízkou hlučností. [50]

Roof Top

Je to nástřešní kompaktní klimatizační jednotka s integrovaným chlazením. Je v ní klasická sestava vzduchotechnických jednotek pro přívod i odvod vzduchu. Tyto jednotky mohou být vybaveny rekuperátory tepla. Chlazení je přímé se vzduchem chlazeným kondenzátorem.

Zajišťuje větrání, vytápění i chlazení budovy. Nejmenší jednotky se instalují na rodinné domy, největší pak na supermarkety a tovární haly. Výkony jednotek se pohybují od 5kW až do 150kW. [50] [51]

6 VHODNOST PRO JEDNOTLIVÉ TYPY BUDOV

V této kapitole posuzují vhodnost jednotlivých zdrojů tepla, systémů vytápění, větrání a klimatizace pro jednotlivé typy budov a využití při jejich rekonstrukci.

Způsob hodnocení : jedna hvězdička = nevhodné, pět hvězdiček = velice vhodné

6.1 ZDROJE TEPLA A TOPNÉ PLOCHY PRO NOVOSTAVBY

Energeticky úsporné objekty mají specifické požadavky na zdroje tepla. Požadují se topidla s nízkým výkonem a s plným rozsahem regulace. U rodinných domů vybíráme topidla s výkonem do 10kW pro obvyklou vytápěnou plochu 150m². U obytných domů jsou výkony zdrojů i násobně větší podle počtu bytových jednotek. V následující tabulce se zabýváme posouzením vhodnosti zdrojů tepla a vhodnosti druhů topných ploch pro rodinný dům a bytový dům.

Hodnocení zdrojů tepla u novostaveb provádím z hlediska několika kritérií - obvyklý výkon zdrojů, pořizovací cena, provozní náklady, hlučnost, náročnost na prostor pro umístění, obsluha zdroje, vhodné okolní podmínky a návratnost počáteční investice. Hodnocení druhů topných ploch provádím na základě stavebních prací, ceny instalace, vlivu na vzhled interiéru a nároků na údržbu a servis, možnosti další funkce např. chlazení nebo větrání.

Tabulka 1 Vhodnost zdrojů tepla a topných ploch pro RD a BD

		Rodinný dům	Bytový dům
Zdroje tepla	Kotel na plyn	***	****
	Kotel na pelety	****	*****
	Elektrokotel	****	***
	Akumulační kamna	*	*
	Tepelné čerpadlo vzduch voda	*****	*****
	Tepelné čerpadlo země voda	*****	*****
	Tepelné čerpadlo voda voda	**	*
	Tepelné čerpadlo vzduch vzduch	*****	****
	Solární kolektory	***	**
	Kotel na uhlí	*	*
	Aktivní rekuperace	*****	*****
Topné plochy	Podlahové vytápění teplovodní	*****	*****
	Stěnové vytápění	****	****
	Velkoplošné radiátory	***	**
	Teplovzdušné vytápění	****	****
	Podlahové vytápění elektrické	****	****
	Teplovodní konvektory	*****	*****

Zdroje tepla pro rodinný dům

Jako nejlepší zdroj hodnotím tepelné čerpadlo vzduch-voda. Představuje velmi levný provoz, značné úspory energie na vytápění, relativně nízkou cenu pořízení, velice snadnou instalaci a umožňuje ohřev teplé vody. Tepelné čerpadlo vzduch-voda může i objekt chladit, ale pro rozvod chladu je nutná vzduchotechnika, konvektory nebo chlazené stropy.

Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch umožňuje chlazení, čištění vzduchu i vytápění a jeho instalace je snadná.

Dalším výborně hodnoceným zdrojem je tepelné čerpadlo země-voda. Představuje stabilní výkon, velké úspory za vytápění a umožňuje chlazení (opět s nutností vzduchotechniky, chlazených stropů nebo konvektorů). Naopak cena za pořízení je vysoká s rozsáhlými zemními pracemi.

Poslední výborně hodnocenou možností je aktivní rekuperace. Při aktivní rekuperaci se vzduchotechnikou odpadá nutnost instalace otopných ploch. Umožňuje větrání, vytápění i chlazení s velkými úsporami energie.

Jako nejhorší možnosti považují akumulární kamna kvůli špatné regulaci a kotle na fosilní paliva kvůli vysokým teplotám nosného média, vysokým výkonům a nutností časté obsluhy. Tyto problémy lze řešit akumulací tepla ve vhodném zásobníku.

Zdroje tepla pro bytový dům

U bytových domů máme obdobné hodnocení jako u domů rodinných. Do popředí vystupuje automatický kotel na pelety. Kvůli potřebě většího prostoru pro kotel a zásobník jsem ho nezařadil do výborně hodnocených zdrojů tepla pro RD. Představuje ekologický a bezobslužný provoz a výkony kotlů jsou vyšší.

Velice vhodným zdrojem je i tepelné čerpadlo země-voda. Do popředí vystupují tepelná čerpadla s vertikálními kolektory kvůli absenci potřebné plochy u bytových domů pro umístění horizontálních kolektorů.

Snížil jsem hodnocení tepelného čerpadla vzduch-vzduch kvůli nižším výkonům a tím i nutnosti instalace většího počtu jednotek, které ovlivňují estetický vzhled budovy.

Mezi nejhůře hodnocené zdroje přibylo tepelné čerpadlo voda-voda kvůli nedostupnosti zdrojů tohoto způsobu (rybník,..)

Topné plochy pro rodinný i bytový dům

Jako výborně hodnocená varianta vychází podlahové teplovodní topení. Zajišťuje rovnoměrné sálání tepla do místnosti a příjemný pocit tepla od nohou. Nezabírá v interiéru žádné místo a nezasahuje do jeho vzhledu. Naopak pořizovací cena je vyšší. V závěsu za ním se sníženým hodnocením je elektrické podlahové topení kvůli ceně za elektrickou energii.

Druhá výborně hodnocená varianta jsou teplovodní konvektory. Umožňují vytápění i chlazení, mají vysokou účinnost a při umístění do podlahy nezasahují do vzhledu interiéru.

Nejhůře hodnocené jsou velkoplošné radiátory. Zabírají hodně místa a zasahují do vzhledu interiéru. U menších bytových jednotek je to tedy ještě důležitější. Naopak jejich pořizovací cena je nízká a instalace jednoduchá.

6.2 ZDROJE TEPLA A TOPNÉ PLOCHY PRO REKONSTRUOVANÉ BUDOVY

Dále posuzují vhodnost zdrojů tepla a topných ploch při rekonstrukci těchto objektů. U zdrojů tepla posuzují hodnocení na základě pořizovací ceny, náročnosti na výměnu se starým zdrojem nebo náročnosti stavebních prací, hlučnosti a návratnosti investice.

U druhů topných ploch posuzují vhodnost podle náročnosti výměny starého druhu za nový, ceny pořízení, rozsahu stavebních prací, vliv na vzhled interiéru a nároků na údržbu a servis topných ploch, možnosti další funkce např. chlazení nebo větrání.

Tabulka 2 Vhodnost zdrojů tepla a topných ploch pro rekonstrukce

		Rodinný dům	Bytový dům
Zdroje tepla	Kotel na plyn	****	*****
	Kotel na pelety	****	*****
	Elektrokotel	****	****
	Akumulační elektrická kamna	*	*
	Tepelné čerpadlo vzduch/voda	*****	*****
	Teplotní čerpadlo země/voda	***	***
	Tepelné čerpadlo voda/voda	*	**
	Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch	*****	*****
	Solární kolektory	*****	****
	Kotel na uhlí	*	**
Aktivní rekuperace	**	**	
Topné plochy	Podlahové vytápění teplovodní	**	**
	Stěnové vytápění	***	***
	Velkoplošné radiátory	*****	*****
	Teplovzdušné vytápění	**	***
	Podlahové vytápění elektrické	****	****
	Teplovodní konvektory	*****	*****

Při rekonstrukci rodinného domu nejlépe vychází tepelné čerpadlo vzduch/voda, vzduch/vzduch a solární kolektory, kvůli jednoduché instalaci a snadnému připojení na stávající topné plochy. Další velmi snadnou variantou je výměna starého kotle za nový plynový (pro větší rodinné domy), elektrický nebo za kotel na pelety (pokud máme dostatečné místo i na zásobník). Tepelné čerpadlo země/voda je problematické kvůli zemním pracím na často zařízené zahradě.

Nejhůře hodnocené jsou elektrická akumulční kamna, pro jejich špatnou regulovatelnost, kvůli jejich vysoké hmotnosti a tím i často nereálného dostání do domu. Kotel na uhlí kvůli vysokým výkonům a nutné obsluze. Špatné hodnocení má i aktivní rekuperace kvůli umístění rozvodů vzduchu, které se často nedá provést kvůli nízkým stropům.

Nejsnadnější výměna starých klasických radiátorů je výměna za teplovodní konvektory nebo velkoplošné radiátory, proto mají hodnocení výborné. Velmi snadná je i instalace elektrického podlahového topení.

Naopak často nerealizovatelná je instalace podlahového teplovodního vytápění nebo instalace vzduchotechniky. Obojí se dá provést jen u budov s vyššími stropy. I tak to

znamená rozsáhlé stavební práce (budování podhledů, průrazy zdí, zvýšení dveří apod.).

6.3 VĚTRÁNÍ V NOVOSTAVBÁCH A REKONSTRUOVANÝCH BUDOVÁCH

V této kapitole se zabýváme hodnocením větracích systémů pro rodinné domy a bytové domy (novostavby, rekonstrukce). U novostaveb a při rekonstrukci pláště budovy zaniká původní větrání infiltrační, a tak je nutné instalovat větrací systémy.

Hodnocení způsobu větrání u novostaveb proběhlo porovnáním ceny jednotek, ztrát tepla při větrání, hlučnosti jednotek, účinnosti systémů a možnosti připojení rekuperace.

Do kritérií vhodnosti větracích systémů u rekonstruovaných budov přibyla rozsáhlost stavebních prací a možnosti umístění rozvodů.

Tabulka 3 Vhodnost způsobu větrání pro RD, BD - novostavba, rekonstrukce

		novostavba		rekonstrukce	
		RD	BD	RD	BD
Větrání	Přirozené infiltrační a provětrávání okny	*	*	**	**
	Nucené rovnotlakové s rekuperací centrální	*****	*****	****	****
	Nucené rovnotlakové s rekuperací lokální	****	****	*****	*****
	Nucené přetlakové	**	**	****	*****
	Nucené podtlakové centrální	***	***	****	****
	Nucené podtlakové lokální	**	***	****	****

Novostavby

Nejvhodnější větrání pro energeticky úsporné domy je nucené centrální rovnotlakové větrání s rekuperací tepla. Jedna větrací jednotka umístěná mimo obývané místnosti představuje zmírnění spotřeby elektrické energie pro pohon a snížení hlučnosti v obývaných místnostech oproti lokálním jednotkám. Díky zařazené rekuperační části způsobuje minimální tepelné ztráty při větrání.



Obrázek 12 Umístění rozvodů vzduchotechniky do stropu [52]

Naprosto nevhodné větrání je provětrávání okny, kde uniká velké množství tepla. Nucené podtlakové centrální a lokální větrání nemá možnost zařazení rekuperační jednotky, ale je jednodušší a levnější. Nucené přetlakové větrání není vhodné z důvodu nerovnoměrného šíření vzduchu a absenci rekuperační jednotky.

Rekonstrukce

Instalace větracího systému při rekonstrukci budovy je náročná. Pokud v budově nejsou vysoké stropy tak nemáme kam umístit rozvody vzduchu. V přízemních rodinných domech se rozvody vzduchu dají umístit do půdních prostor a prorazit do jednotlivých místností přes stropy. U vícepodlažních domů je nutné přizdít šachty pro vedení potrubí nebo vybourat vedení v širších stěnách, to ale snižuje jejich nosnost a někdy to není ani možné. Rozvody vzduchu se instalují nejčastěji do podhledů místností, ale dají se umístit i do podlahy i po obvodu stěn. Pokud jsou vysoké stropy, umísťují se rozvody nejčastěji do podhledů.

Nejlepší variantou je nucené lokální rovnotlakové větrání s rekuperací tepla, kvůli relativně malým rozměrům jednotek.

Jednodušší variantou je instalace nuceného podtlakového centrálního nebo lokálního větrání. Obsahují méně rozvodů a tím mají i nižší požadavky na prostor pro vedení potrubí. Na druhou stranu neobsahují rekuperační jednotku, nejsou tedy tak úsporné. V bytových domech je jednodušší instalovat lokální systémy, protože jejich jednotky jsou daleko menší, ale zase méně účinné než centrální jednotky. Nejjednodušší řešení větrání u rekonstruovaného bytového domu je umístění jednotky nuceného přetlakového větrání do každého bytu.

6.4 KLIMATIZACE V NOVOSTAVBÁCH A REKONSTRUOVANÝCH BUDOVÁCH

Při klimatizování budovy se většinou snažíme vyrovnat tepelné zisky od slunečního záření a snížit teplotu uvnitř budovy při extrémních letních teplotách. U energeticky úsporných budov nepotřebujeme tak velké výkony klimatizačních zařízení. Pro chlazení běžné místnosti o rozloze 20 m² potřebujeme chladicí výkon asi 2 až 3 kW.

Hodnocení provádím na základě potřebných výkonů, podle počtu klimatizovaných místností, podle pořizovací ceny, hlučnosti, energetické náročnosti, náročnosti instalace a možnosti kombinace s dalšími funkcemi (vytápění, čištění vzduchu,..).

Při hodnocení u rekonstruované budovy přibývají další důležité faktory jako je náročnost instalace a rozsáhlost stavebních prací.

Tabulka 4 Vhodnost způsobu klimatizace pro RD, BD - novostavba, rekonstrukce

		Novostavba		Rekonstrukce	
		RD	BD	RD	BD
Klimatizace	Okenní kompaktní klimatizátory	***	****	*****	*****
	Split (multisplit)	*****	*****	*****	*****
	Split s vodou chlazeným kondenzátorem	*	*	**	**
	Mobilní klimatizátory	**	**	****	*****
	Řízený vodní okruh (water loop)	**	***	***	***
	Roof Top	*****	*****	**	**
	Tepelné čerpadlo – vertikální	****	****	**	**
	Tepelné čerpadlo – horizontální	***	**	*	*
	Tepelné čerpadlo – vzduch-voda	*****	*****	****	****
	Aktivní rekuperace	*****	*****	**	**

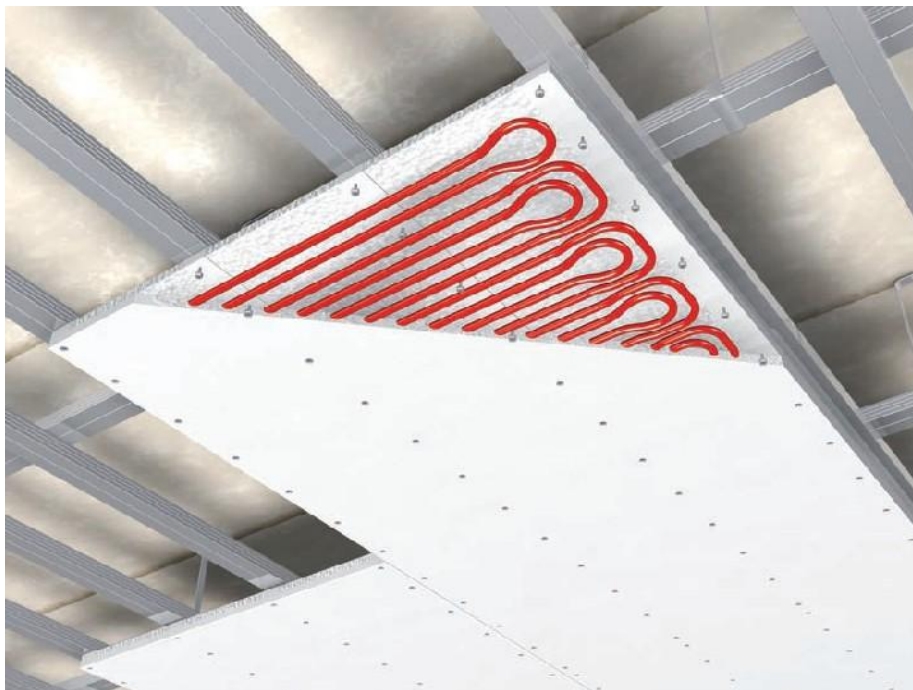
Novostavby

Jako výborně hodnocenou variantu pro chlazení novostavby uvádím TČ vzduch-voda, které umožňuje i vytápění domu, ohřev vody a jeho pořizovací cena je relativně nízko. TČ země-voda vertikální i horizontální mají horší hodnocení kvůli vysoké ceně, rozsáhlým zemním pracím a náročnosti na prostor pro umístění. Navíc použití plošného kolektoru je rozporuplné, v letním období dochází k tzv. regeneraci, prohřívá a přestává fungovat. U tepelných čerpadel s nosným médiem, kterým je voda, je nutné použít fan-coily (konvektory) nebo chlazené stropy.

Další výborně hodnocenou variantou je použití aktivní rekuperace, která zajistí větrání, filtraci vzduchu, chlazení i vytápění.

Mezi nejvhodnější strojní klimatizace pro energeticky úspornou budovu patří multisplit a roof top. Multisplit díky celkem příznivé ceně, vyšším výkonům a relativně snadné instalaci. Naproti tomu zařízení typu Roof Top umožňuje větrání, vytápění i klimatizaci a může být vybaveno i rekuperátorem. Ale je u něj nutná vzduchotechnika a tím se i zvyšuje pořizovací cena. Split s vodou chlazeným kondenzátorem má horší hodnocení kvůli nutnosti umístění u vodovodního kohoutku a kvůli spotřebě vody.

Nejhůře hodnotím split s vodou chlazeným kondenzátorem, řízený vodní okruh a mobilní klimatizátory. Split s vodou chlazeným kondenzátorem se využívá spíše v nouzových řešeních, kdy nemůžeme instalovat venkovní jednotku (např. památkově chráněné budovy). Řízený vodní okruh kvůli vysokým výkonům, vhodnost se tedy posouvá spíše do kancelářských budov a dalších velkých objektů. Mobilní klimatizátory mají nižší účinnosti a nejsou tak úsporné jako zabudované jednotky.



Obrázek 13 Chlazený strop [27]

Rekonstrukce

Při rekonstrukcích jsou nejvhodnější jednotky bez rozvodů. Nejjednodušší je pořídit si mobilní klimatizátor, který můžeme libovolně přesouvat po místnostech. Další je okenní kompaktní klimatizátor, který vyniká svou jednoduchou instalací bez rozvodů, možností větrání a nízkou cenou.

Zařízení typu split (multisplit) je také velice vhodné. Představuje přijatelné výkony pro chlazení většího počtu místností, snadnou instalaci, tenké rozvody lze jednoduše „schovat“ (zasekat do zdiva, do plastových žlabů apod.).

Nejhoršími možnostmi jsou tepelná čerpadla země-voda kvůli vysokým pořizovacím nákladům a rozsáhlým stavebním pracím. Naopak tepelné čerpadlo vzduch-voda je vhodné díky možnosti vytápění a velice jednoduché instalaci, ale je nutné pořídit i např. konvektory.

Aktivní rekuperace a systém roof top jsou také nevhodné kvůli nutnosti vzducho-techniky, která se při rekonstrukcích velice těžce řeší.

ZÁVĚR

Vytápění, větrání a klimatizace jsou témata, která spolu úzce souvisí. Správným výběrem, kombinací a nastavením těchto systémů se dosahuje velice úsporného provozu budov. Návrh vyžaduje kvalifikované odborníky v těchto oblastech technologií. Důležité faktory při výběru systémů jsou i umístění budovy, jestli jde o rodinný dům v řadové zástavbě nebo samostatně stojící dům, jak velký pozemek náleží budově, dostupnost inženýrských sítí, ceny energií, osamostatnění od dodavatelů energie apod. Nejvíce však vždy záleží na konkrétních požadavcích investora. Proto je nanejvýše žádoucí, abychom zvýšili povědomí veřejnosti o těchto úsporných zařízeních pro větrání, vytápění a klimatizaci. Podle mého názoru je nejlepší navštívit vzorové stavby, které tyto zařízení využívají, aby si i laik dokázal představit, jak zařízení fungují.

Česká republika podporuje snižování energetické náročnosti programem Zelená úsporám. Program je zaměřen na jak stávající domy, tak na výstavbu domů nových. Pořízení úsporných systémů větrání a vytápění je finančně náročné, snížení počáteční investice prostřednictvím dotace může být pro volbu energeticky úsporných systémů klíčová.

V této bakalářské práci jsem sepsal vhodné zdroje tepla, způsoby vytápění, větrání a klimatizace. Uvedl jejich principy, základní vlastnosti, jejich výhody a nevýhody. Z těchto vlastností, výhod a nevýhod jsem vycházel při sestavení tabulek vhodnosti jejich instalace do novostaveb rodinných a bytových domů a dále také při umístění těchto zařízení do rekonstruovaných budov.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HVAC. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/HVAC>
- [2] TEPELNÉ ZTRÁTY. Energetický poradce PRE [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/tepeln-ztraty/>
- [3] MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *Přirozené větrání, infiltrace a exfiltrace* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3608-prirozene-vetrani-infiltrace-a-exfiltrace>
- [4] LEDVINA, Petr. Kde nám uniká teplo [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://wiki.ekoporadna.cz/index.php?title=Kde_n%C3%A1m_unik%C3%A1_teplo%3F
- [5] TYWONIAK, Jan. Navrhování energeticky úsporných budov v širších souvislostech. [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3809-navrhovani-energeticky-uspornych-budov-v-sirsich-souvislostech>
- [6] MACHOLDA, František a Karel SRDEČNÝ. *PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY*[online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
- [7] KABELE, Karel. Technická zařízení budov s téměř nulovou spotřebou energie. *Časopis stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: EXPO DATA, 2013,7(01/2013): 26-29. ISSN 1802-2030.
- [8] *Topenářská příručka: Svazek 2. 120 let topenářství v Čechách a na Moravě*. 1. vyd. Praha: GAS, 2001, 2394 s. ISBN 80-861-7683-5.
- [9] SMEKALOVÁ, Monika. Zvítězí energetická lobby, nebo podpora obnovitelných zdrojů. *Dům a zahrada*. Praha: HomeDeco SMP, 2014, 19(6/14): 28-32. ISSN 1211-7374.
- [10] Možnosti vytápění domu + Ceny tepla. *Ceny energie* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/moznosti-vytapeni-domu-ceny-tepla/#/promo-ele>
- [11] HERČÍKOVÁ, Klára. Vytápění bez kompromisů: 2.díl. *Dům a zahrada*. Praha: HomeDeco SMP, 2014, 19.(4/14): 66-70. ISSN 1211-7374.
- [12] ĎURÍNKOVÁ, Kamila. *Úsporné vytápění pro úsporný dům* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.projektyrodinnychdomu.cz/cz/poradenstvi/uzitecneryady/topeni/usporne-vytapeni-pro-usporny-dum-9.html>

- [13] KABELE, Karel. Stavíme energeticky úsporný dům (VII) - Vytápění a větrání nízkoenergetických domů. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1737-stavime-energeticky-usporny-dum-vii-vytapeni-a-vetrani-nizkoenergeticky-ch-do>
- [14] *Elektrické podlahové topení* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.podlahove-topeni.eu/>
- [15] NOVÁK, Petr. Elektřina nebo plyn : Kdo zaplatí víc? Počítejte s námi. *Dřevostavitel* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.drevostavitel.cz/clanek/jak-nevyhodit-penize-kominem>
- [16] AKUMULAČNÍ VYTÁPĚNÍ. *Energetický poradce* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/vytapeni/akumulacni-vytapeni/>
- [17] Tepelné čerpadlo. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A9_%C4%8Derpadlo
- [18] *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [19] KOS, Michal. *Tepelná čerpadla* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.energeticky.cz/66-tepelna-cerpadla.html>
- [20] KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 109 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [21] *TEPELNÁ ČERPADLA VZDUCH/VZDUCH* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch>
- [22] POJAR, Petr. Na vytápění bytového domu uspoříte tepelným čerpadlem. *České stavby* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/na-vytapeni-bytoveho-domu-usporite-tepelnym-cerpadlem-21586.html>
- [23] MURTINGER, Karel. *Co teď frčí? Nejzajímavější trendy v oblasti větrání, vytápění a ohřevu vody*[online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/vytapeni/co-ted-frci-nejzajimavejsi-trendy-v-oblasti-vetrani-vytapeni-a-ohrevu-vody.aspx>
- [24] Vytápění. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vyt%C3%A1p%C4%9Bn%C3%AD>

- [25] *Podlahové topení - nohy v teple s chladnou hlavou* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapeni/podlahove.php>
- [26] KALÚS, Daniel. Stenové energetické systémy vhodné pro aplikáciu v pasivních domov. *Časopis stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: EXPO DATA, 2010,4(01/2010): 52-54. ISSN 1802-2030.
- [27] *Stropní chlazení* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://www.najklima.cz/cz/stropni-chlazení_21.html
- [28] *Nízkoteplotní vytápění a úsporné konvektory* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.licon.cz/nizkoteplotni-vytapeni-konvektory.html>
- [29] KABELE, Karel. Teplovzdušné vytápění obytných budov. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/620-teplovzdušne-vytapeni-obytnych-budov>
- [30] Akumulační nádrž. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Akumula%C4%8Dn%C3%AD_n%C3%A1dr%C5%BE
- [31] *Akumulační nádrže* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.viadrus.cz/akumulacni-nadrze/akumulacni-nadrze-41-cz1.html>
- [32] Úsporné vytápění bytových domů: Plynové kotelny | Odpojení od teplárny | Kondenzační kotle. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/vytapime-plynem/10884-usporne-vytapeni-bytovych-domu>
- [33] POČINKOVÁ, Marcela. Renovace vytápění v bytových domech. *Časopis Stavebnictví* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1747>
- [34] HAZUCHA, Juraj. *Pasivní domy: Speciál 2015*. Praha: PRO VOBIS, s.r.o., 2014. ISBN 978-80-905322-7-4.
- [35] LIDDAMENT, Martin W. A review of Ventilation and the Quality of Ventilation air. *Indoor Air: International Journal of Indoor Air Quality and Climate*. Copenhagen: Munksgaard International Publishers Ltd, 2000, : 193-199. ISSN 0905-6947.
- [36] ZMRHAL, Vladimír. *Systémy větrání obytných budov* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-rodinnych-domu/7937-systemy-vetrani-obytnych-budov>
- [37] *Přirozené větrání* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/vetrani/25-prirozene-vetrani>

- [38] RUBINOVÁ, Olga. *Bytové větrání trochu jinak* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2743-bytove-vetrani-trochu-jinak>
- [39] DOLEŽÍLKOVÁ, Hana. *Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [40] SMEKALOVÁ, Monika. *Rekuperace vrátí teplo zpět. Dům a zahrada*. Praha: HomeDeco SMP, 2014, 19(7/14): 32-34. ISSN 1211-7374.
- [41] *Pasivní a aktivní rekuperace* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.nilan.cz/poradna/pasivni-a-aktivni-rekuperace.htm>
- [42] KOTEK, Petr, Jiří BERANOVSKÝ, František MACHOLDA a Ivan CIFRINEC. *Zelená úsporám a projektanti XIV. Časopis stavebnictví: časopis stavebních inženýrů, techniků a podnikatelů*. Brno: EXPO DATA, 2010, 4(11-12/2010): 35-42. ISSN 1802-2030.
- [43] CIFRINEC, Ivan. *Větrání bytů při rekonstrukcích panelových a bytových domů*. *Tzbinfo* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-bytovych-domu/8803-vetrani-bytu-pri-rekonstrukcich-panelovych-a-bytovych-domu>
- [44] MORÁVEK, Petr. *Nízkoenergetické stavby a jejich mikroklima*. *Časopis stavebnictví* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=64>
- [45] *Klimatizace*. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Klimatizace>
- [46] *Alternativní chlazení budov*. *Zelené zprávy* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.zelenezpravy.cz/alternativni-chlazení-budov/>
- [47] LAIN, Miloš. *Alternativní (nízkoenergetické) chlazení budov*. *IMateriály* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: http://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/alternativni-nizkoenergeticke-chlazení-budov_101368.html
- [48] *Zemní registr*. *Regulus* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/zemni-registr>
- [49] LAIN, Miloš. *Využití adiabatického chlazení při klimatizaci budov* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2515-vyuziti-adiabatickeho-chlazení-pri-klimatizaci-budov>
- [50] *Klimatizace Pohorelec* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.pohorelec.cz/cs/klimatizace>
- [51] *Přehled klimatizačních zařízení*. *ABklimatizace* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.abklimatizace.cz/news/a5-0-prehled-klimatizacnich-zarizeni/>

- [52] *Za zlomek nákladů na teplo* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://www.chatar-chalupar.cz/za-zlomek-nakladu-na-teplo/>
- [53] *Stavebnicová velkoobjemová variabilní akumulční nádrž* [online]. [cit. 2015-05-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/111193-stavebnicova-velkoobjemova-variabilni-akumulacni-nadrz>
- [54] *Teplovzdušné topení | Vytápění objektů teplým vzduchem* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/systemy-vytapani/teplvzduzne.php>
- [55] *Úspora energií a zdravé prostředí* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.123energo.cz/rekuperace/>
- [56] *AWADUKT Thermo - zemní výměník* [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.lonicera.cz/awadukt_thermo/

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Procentuální podíl tepelné ztráty prostupem a větráním.....	12
Obrázek 2 Teplovodní podlahové vytápění.....	19
Obrázek 3 Teplovzdušné vytápění s rekuperací vzduchu.....	20
Obrázek 4 Krb s teplovzdušným výměníkem + rozvody	21
Obrázek 5 Podlahový konvektor s ventilátorem.....	22
Obrázek 6 Velkoobjemová stavebnicová akumulční nádrž.....	22
Obrázek 7 Šachtové větrání	24
Obrázek 8 Rekuperace tepla v deskovém výměníku	27
Obrázek 9 Pasivní rekuperace	28
Obrázek 10 Aktivní rekuperace	29
Obrázek 11 Zemní vzduchový výměník.....	31
Obrázek 12 Umístění rozvodů vzduchotechniky do stropu.....	37
Obrázek 13 Chlazený strop.....	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vhodnost zdrojů tepla a topných ploch pro RD a BD.....	34
Tabulka 2 Vhodnost zdrojů tepla a topných ploch pro rekonstrukce	36
Tabulka 3 Vhodnost způsobu větrání pro RD, BD - novostavba, rekonstrukce.....	37
Tabulka 4 Vhodnost způsobu klimatizace pro RD, BD - novostavba, rekonstrukce	39

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
TČ	Tepelné čerpadlo
RD	Rodinný dům
BD	Bytový dům
ČR	Česká republika
HVAC	Heating, ventilating, air-conditioning