

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Katedra technické a informační výchovy

Bakalářská práce

Ondřej Dudík

Vytápění, chlazení a klimatizace

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Olomouci dne 23.4.2015

.....

Ondřej Dudík

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Mgr. Martinu Havelkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení a cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto bakalářskou práci.

Obsah

| | |
|---|----|
| Úvod..... | 5 |
| 1 Historie..... | 6 |
| 2 Zdroje energie | 9 |
| 2.1 Fosilní paliva..... | 9 |
| 2.2 Obnovitelné zdroje energie | 10 |
| 2.3 Částečně obnovitelné zdroje..... | 11 |
| 3 Způsoby úpravy parametrů vnitřního prostředí..... | 12 |
| 3.1 Teplonosné látky | 12 |
| 3.1.1 Pára jako teplonosná látka..... | 12 |
| 3.1.2 Voda jako teplonosná látka | 12 |
| 3.1.3 Vzduch jako teplonosná látka..... | 13 |
| 3.2 Vytápění..... | 13 |
| 3.2.1 Klasické způsoby..... | 13 |
| 3.2.2 Způsoby založené na využití obnovitelných zdrojů energie | 15 |
| 3.3 Chlazení..... | 16 |
| 3.3.1 Pasivní chlazení..... | 16 |
| 3.3.2 Aktivní způsoby chlazení | 16 |
| 3.3.3 Distribuce chladu..... | 19 |
| 3.4 Větrání..... | 20 |
| 3.4.1 Přirozené..... | 21 |
| 3.4.2 Nucené větrání..... | 23 |
| 3.4.3 Technické řešení větrání a vytápění nízkoenergetických domů | 23 |
| 3.4.4 Rekuperátor | 24 |
| 3.4.5 Větrání a energetická náročnost budovy | 27 |
| 3.5 Klimatizace | 28 |
| 3.5.1 Proudění vzduchu..... | 29 |
| 3.5.2 Úprava teploty a vlhkosti | 30 |
| 3.5.3 Filtrace..... | 31 |
| 3.5.4 Ionizace | 31 |
| 4 Tepelné čerpadlo | 32 |
| 5 Případová studie | 46 |
| 5.1 Zkoumaný prvek: Tepelné čerpadlo..... | 46 |
| Závěr | 51 |
| Použitá literatura | 52 |
| ANOTACE..... | 56 |

Úvod

Tato práce je zaměřena na historii a současnost v oblasti vytápění, větrání a klimatizace. Téma je zvoleno s ohledem na aktuální trendy v oblasti úpravy vnitřních podmínek v obytných budovách, s využitím obnovitelných zdrojů energie, tj. s ohledem na životní prostředí, ekonomiku provozu a posouzení investice do vytápění a klimatizace.

Práce se v teoretické části zabývá obecnými principy vytápění, chlazení, větrání a klimatizace. Po přečtení této části práce by měl čtenář danou problematiku lépe chápat. Blíže se budeme zabývat tepelným čerpadlem, konkrétní případ instalace tohoto zařízení bude popsán v aplikační části práce.

V aplikační části práce bude výstupem vyhodnocení technických parametrů a provozních charakteristik konkrétní instalace tepelného čerpadla a zhodnocení ekonomiky jeho provozu.

Cílem práce je zpracovat poznatkovou bázi problematiky vytápění, chlazení a klimatizace z hlediska využitelnosti v oblasti bydlení. Tento cíl bude realizován naplněním následujících dílčích cílů:

Dílčí cíle v části teoretické:

- seznámit s historií vytápění a klimatizace,
- vymežit základní pojmy:
 - vytápění (klasické způsoby, využití obnovitelných zdrojů),
 - chlazení (pasivní a aktivní chlazení),
 - větrání (nucené a přirozené),
 - klimatizace (proudění vzduchu, úprava teploty a vlhkosti, ionizace, filtrace),
 - tepelné čerpadlo (princip činnosti, základní typy, topný faktor).

Dílčí cíle v části aplikační:

- zhodnotit způsoby vytápění,
- ekonomické vyhodnocení,
- zpracovat případovou studii využití konkrétního typu tepelného čerpadla pro vytápění a přípravu teplé vody v rodinném domě.

1 Historie

Z historických nálezů vyplývá, že počátky vytápění sahají až do 25. stol. př. n. l. Z této doby jsou datovány archeologické nálezy v údolí řeky Indus, které potvrzují, že člověk využíval kamna, která využíval jako přímé teplovzdušné vytápění v chladných obdobích.

Systém přímého teplovzdušného vytápění znali již na začátku letopočtu ve starověkých civilizacích Malé Asie, Indie a zdokonalili ho staří Římané, konkrétně Sergius Orata, který pro účely budovy Hypokaustum, vymyslel již nepřímé teplovzdušné vytápění, kdy se teplý vzduch vhněl do meziprostoru pod podlahou a dále vzduch stoupal směrem vzhůru v dutých stěnách z cihel. V římských lázních tento systém staří Římané ještě vylepšili, tak, že místo vzduchu používali pro ohřev podlah a stěn teplou vodu (1).

Nepřímé vytápění bylo zánikem Říše Římské zapomenuto a nadále se používalo jen přímé vytápění pomocí krbu, či ohniště a později rozvodem teplého vzduchu na středověkých hradech.

Roku 1592 italský astronom a fyzik Galileo Galilei vynalezl skleněný měřič tepla. Měřič tepla neuměl žádnou stupnici a byl poměrně nepřesný. Každopádně Galilei svým vynálezem podnítil další vědce, kteří po té vynalezli již uzavřené teploměry, v podobě trubic, v nichž ukazoval teplotu vinný líh a později i rtuť. V roce 1703 navrhl Guillaume Amontons měřit teplotu na základě tlaku plynu uvnitř daného v objemu. Dospěl tím k ideji absolutní nuly (11).

V roce 1682 francouzský fyzik Mariothe objevuje tepelné zařízení při pokusu, zda teplo také prochází skleněnými deskami. Teplo se může šířit trojím způsobem: vedením, konvekcí a zářením. Při vedení se teplo rozšiřuje postupně v jednom tělese. Při záření prochází, jako infračervené světelné vlny průhlednými tělesy, jako plyny, nebo sklem, které mohou být špatnými vodiči tepla. Pod konvekcí se rozumí pohyb samotného nosiče tepla, například při pohybu vzduchu, nebo tekoucí vodě. Proudění tepla je identické s pohybem nosiče (11).

Rozdíl mezi přímým a nepřímým vytápěním spočívá v tom, že u přímého zdroj tepla rozvádí konvekcí teplo do dalších prostor. U nepřímého vytápění zdroj tepla konvekcí rozvádí energii do dalších zařízení, jako jsou podlahy, stěny, nebo radiátory (12).

Kronika dějin (11) dále uvádí, že v roce 1711 byl vyvinut první ventilátor, který umožnil zahájit nucené cirkulace teplého vzduchu. Německý vědec N. Gauger rozvedl myšlenky nucené cirkulace teplého vzduchu v pojednání Mechanika ohně, kde podtrhl velký význam dobrého větrání v přetopených obydlích jako opatření proti šíření infekčních onemocnění. Tyto teoretické závěry se však realizovaly s velkými obtížemi (11).

Roku 1714 fyzik pocházející z Gdaňska, Gabriel Daniel Fahrenheit značně zdokonalil konstrukci teploměru, vyvinutém italským vědcem G. Galileem. Použil teploměr pracující na principu roztažnosti rtuti a upravil přístroj tak, že bylo možné zanedbat závislost na atmosférickém tlaku. Taktéž zavedl stupnici teplot, která nebyla do těch dob známa. Stupnice obsahovala 96 dílků. Poté v roce 1742 přišel švédský astronom Anders Celsius, který navrhl nahradit Fahrenheitovu stupnici lépe použitelnou 100 stupňovou stupnicí. Tento princip byl v té době přijímán kladně, protože odpovídal prosazující se decimální soustavě. Jeho stupnice však byla původně obrácená, bod varu vody měl 0 °C a bod tuhnutí +100 °C. Do nám známého tvaru ji obrátil Carl von Linné až rok po Celsiově smrti (11).

Penfield Steward dostal patent roku 1834 na volně stojící kuchyňská litinová kamna. Tato nová kamna se roztopila mnohem rychleji, než stará zděná (kachlová), dokázala lépe teplo akumulovat a vyzařovat. Litinové kamna, měly válcový tvar a byla velmi úspěšná, jelikož instalace byla velmi rychlá a kamna bylo možno vyrábět sériovou výrobou. Z tohoto důvodu se litinová kamna brzy rozšířily na vytápění příbytků (11).

Další milník přichází nástupem průmyslové revoluce stavbou rozsáhlých dělnických čtvrtí a výstavbou továrních hal. Tehdejší inženýři řešili, jak tyto rozsáhlé komplexy v chladných obdobích vytápět. Tlaková pára již byla známa už od počátku 19. století a začala se používat pro parní stroje. K většímu rozšíření páry k vytápění došlo až na přelomu 19. a 20. století v souvislosti s výrobou radiátorů. První radiátor vyrobil Franz Karlovič San-Galli v roce 1855 a patentován byl poté v roce 1857 (11).

Velké tovární haly i přilehlé obytné budovy se začaly vytápět párou, která byla produkována v blízké parní kotelně. Takto byly položeny základy centrálního zásobování teplem, které postupem času přešlo z parních rozvodů na teplovodní rozvody, které jsou energeticky účinnější, jelikož mají nižší tepelné ztráty při rozvodech. (Pracují na nižších teplotách). Systém centrálního zásobování párou se u nás začal rozvíjet v 30. letech minulého století převážně ve větších městech, kde byly vybudovány parní výtopny, nebo parní elektrárny. Tento systém vytápění použila firma Baťa ve svých závodech, kancelářských a ubytovacích zařízeních, například správní budova, hotel, internáty.

Parní topné rozvody byly samozřejmě vybudovány i v Praze, kde v roce 1931 se začala stavět první plně klimatizovaná budova na našem území. Jednalo se o Ústřední budovu Elektrických podniků, jejíž stavba byla dokončena v roce 1935 na oslavu 85. narozenin T. G. Masaryka. Tato budova byla navržena, jako plně klimatizovaná pomocí 45 - ti vzduchotechnických jednotek umístěných v 21 strojovnách, neboť správní rada rozhodla, že se nebude používat větrání okny, jelikož by se do budovy dostávalo množství prachu a hluku

z ulice. Čerstvý vzduch byl nasáván do vzduchotechnické jednotky, kde pomocí parního ohřívače byl v zimě dotápěn a pomocí vodního chladiče v létě ochlazován. Dále je upravována vlhkost přiváděného vzduchu pomocí rozstříkávání vody ve vzduchotechnické jednotce (2).

Chladicí vodu pro chladiče ve vzduchotechnických jednotkách vyrábí dva čpavkové pístové kompresory poháněné elektrickými motory. Parní radiátorové topení se v této budově používá pouze na sociálních zařízeních a v některých podřadných místnostech. Převážná část technologii je v budově zachována dodnes a slouží, jako technická památka.

2 Zdroje energie

2.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva jsou neobnovitelné suroviny, které v době třetihor při silné vulkanické činnosti zanechaly v podzemí velké množství rostlin a odumřelých organismů, které se bez přístupu vzduchu, za vysokých teplot a tlaků přeměnily na fosilní paliva. Patří sem především ropa, zemní plyn a uhlí (21).

Uhlí

Uhlí je hornina a dělí se především na: hnědé a černé uhlí. Černé se vyznačuje vyšší výhřevností a nižším obsahem nežádoucích příměsí (síra apod.). Těží se hlavně hlubinným způsobem. Hnědé uhlí se těží převážně povrchovým způsobem, který má za následek devastaci krajiny a při spalování se vyvíjí další nežádoucí plyny a sloučeniny. Uhlí se spaluje v kotlích a při hoření vzniká poměrně značné množství emisí, hlavně popílku, prachu, kysličníku uhelnatého a také síry. Ekologizace spalování uhlí je možné dosáhnout, buď použitím nových kotlů, nebo čištěním spalin, které je poměrně nákladné. Uhelné kotle se přes všechna zdokonalení vyznačují relativně nízkou účinností (9).

Hořením fosilního paliva se zahřívá trubkový výměník, který je umístěn v horní části spalovací komory. V trubkovém výměníku se buď ohřívá voda, nebo se voda ohřívá až do vzniku páry. Regulace těchto kotlů je velmi obtížná, jelikož proces hoření se těžko ovlivňuje (9).

Ropa

Je to nerostná surovina, která se těží v hlubinách země. Vznikla podobně, jako uhlí v době třetihor, kdy se do hlubin dostaly organické sloučeniny ze zemského povrchu. Ropa je relativně vzácná surovina, která je nutná pro výrobu plastických hmot, kde je ropa nenahraditelná. Dále se ropné produkty (benzín, nafta, petrolej) využívá pro pohon motorů vozidel a letadel. Mazut, jako další ropný produkt se používá pro vytápění, nebo spalování v mazutových elektrárnách. V dnešní době, při ceně ropy cca 50 USD za barel je prosté spalování pro vytápění velmi nákladné (9).

Zemní plyn

Zemní plyn je přírodní hořlavý plyn, který se využívá jako významné plynné, fosilní palivo. Jeho hlavní složkou je metan a vyznačuje se vysokou výhřevností. Princip spalování je podobný, jako spalování pevných fosilních paliv, avšak hoření plynu je poměrně dokonalé, takže při spalování, jako odpad vzniká pouze vodní pára a oxid uhličitý. Kotel na zemní plyn

má relativně vysokou účinnost a při správně seřízeném plynovém hořáku, není nutné provádět čištění spalin. Pro ekologii je nutné uvažovat s emisí kysličníku uhličitého do atmosféry a s tím souvisejícím procesem globálního oteplování. Plynové kotle na rozdíl od kotlů na pevná paliva se vyznačují možností dobré regulace, takže se spaluje jen takové množství plynu, které je nezbytně nutné a nedochází k lokálnímu přehřívání vytápěných prostor (9).

2.2 Obnovitelné zdroje energie

Jsou takové zdroje, které se přirozeně obnovují v průběhu jejich využívání. Jedná se o energetické toky, které se přirozeně vyskytují v blízkosti zemského povrchu, a zásoby, které se obnovují alespoň tak rychle, jak jsou spotřebovávány. U obnovitelných zdrojů se získává elektrická energie, která pak slouží buď pro přímé vytápění, nebo pro pohon tepelných čerpadel (4).

Sluneční záření

Pro získání energie na vytápění se využívá energie slunce prostřednictvím slunečního záření. Pro využití slunečního záření jsou k dispozici dva typy kolektorů.

- Fotovoltaický kolektor, který sluneční záření přímo přeměňuje na elektrickou energii. Z 1 m² fotovoltaického panelu, lze získat při plném oslunění zhruba 100 W. Účinnost současných, tenkovrstvých panelů při přeměně slunečního záření na elektrickou energii je poměrně nízká, zhruba 8 % - 9 % a v čase klesá (4).
- Solární ohřev vody, kdy se slunečním zářením ohřívá voda ve slunečních kolektorech. Tato technologie se používá především pro ohřev teplé užitkové vody (sprchy, bazén) a v našich zeměpisných šířkách ji nelze použít pro zimní vytápění objektů. Maximálně v přechodovém období lze použít, jako doplňkový systém pro vytápění (4).

Větrná energie

Větrná energie se využívá především pro přímou přeměnu na elektrickou energii ve větrných elektrárnách. Hlavní součástí větrné elektrárny je velká listová vrtule, která pohání elektrický generátor. Regulace výkonu větrné elektrárny se provádí natáčením lopatek vrtulí a vzhledem k používané velikosti lze dosáhnout relativně vysokého výkonu větrné elektrárny až 6 MW na jednu elektrárnu při plném provozu. Nevýhodou jsou však časté změny síly větru, z tohoto důvodu pro větší využití je nutné instalovat mnoho desítek větrných elektráren, které navzájem kompenzují kolísání rychlosti větru. Staví se v místech, kde převažují dlouhodobé větrné proudy (22).

Vodní energie

Vodní elektrárny využívají kinetické energie vodní masy. Lze je dělit na říční elektrárny a mořské přílivové elektrárny. Vyšší účinnosti vodních elektráren se dosahuje při vyšších rychlostech proudění vody, to znamená, že optimálně se vodní elektrárny instalují na horské řeky s prudkým spádem. V našich podmínkách takové řeky s dostatečným průtokem vody nemáme, a proto se u nás využívají vodní elektrárny především na přehradách z větší výškou hráze, kde lze dosáhnout vysokých výkonů a dobré účinnosti. Vodní elektrárny se vyznačují výbornou regulační schopností, tudíž se používají hlavně, jako špičkové zdroje s rychlým náběhem a možností rychlého odstavení. Alternativní způsob vodní elektrárny je přečerpávací elektrárna, která v době přebytku elektrického výkonu v síti, pomocí čerpadel tlačí vodu do uměle vytvořených horských jezer (Dlouhé Stráně), kde se potom při nedostatku elektřiny voda zpětně vypouští do řeky a při tom protéká vodní elektrárnou. U přečerpávacích elektráren se jedná vyloženě o špičkový zdroj, jelikož uměle vytvořená jezera jsou relativně malá (23).

2.3 Částečně obnovitelné zdroje

Biomasa a dřevo patří mezi fosilní paliva, které se dají částečně obnovit. (spotřeba nesmí převýšit možnosti obnovy). Hromadné využití fosilních paliv začalo v době průmyslové revoluce, kdy běžně používané dřevo již nestačilo pokrýt zvýšenou poptávku po energii.

Jako obnovitelná energie je chápána pouze ta část vyrobené energie, která přímo odpovídá obsahu energie v částečně obnovitelném zdroji. Proto je třeba u biomasy nutné započítat energii na svoz, drcení apod. a u tepelných čerpadel je nutné zohlednit elektrickou energii nutnou pro pohon kompresoru (9).

Biomasa

Pro energetiku se jako biomasa používají dřevní odpady a obilí. Výhodou je, že se spalují částečně obnovitelné zdroje. Spalování biomasy se používá především, jako doplňkové palivo v teplárnách a také se používá v rodinných domech. Za podpory státu bylo pořízení tohoto druhu vytápění poměrně výhodné, ale po ukončení dotací většina provozovatelů přechází na spalování dřeva a dřevního odpadu (9).

Do biomasy můžeme zařadit: piliny a štěpku, kusové dřevo, pelety, brikety, sláma a ostatní biologický odpad rostlinného původu (9).

3 Způsoby úpravy parametrů vnitřního prostředí

3.1 Teplonosné látky

Spalováním paliva ve zdroji tepla (např. v kotli) získáváme tepelnou energii. „*Teplonosná látka je látka, která slouží k přenášení a předávání tepla.*“ (4, s. 59).

Pro vytápění v primárním okruhu se jako teplonosná látka používá zejména pára, vzduch, elektrická energie nebo horká voda. Teplonosné látky musí splňovat požadavky, které vyhovují jejich účelu. Jsou to: velká tepelná kapacita, zdravotní nezávadnost, chemická stálost při působení teplot a tlaků, nesmí chemicky reagovat s materiály v otopné soustavě (4).

3.1.1 Pára jako teplonosná látka

„*Pro dálkové vytápění se v potrubí primárního okruhu (od zdroje tepla do předávací místnosti) používá pára, ale její využití je vázáno na její tlak*“ (4, s. 60).

Pro dopravu tepla na větší vzdálenosti se používá vysokotlaká pára. Nevýhodou je, že vysoká teplota páry a vysoký tlak zvyšují namáhání potrubí, dilatace potrubí, tepelné ztráty a také je zde nebezpečí vzniku koroze. Proto se stále více přechází na vodu, která slouží jako teplonosná látka (4).

Pro vytápění průmyslových objektů se pára používá i v současnosti, jelikož je potřebná menší otopná plocha radiátorů než při teplovodním vytápění. Hlavním zdrojem tepla je kondenzační teplo, které vzniká při zkapalnění páry do kondenzátu.

3.1.2 Voda jako teplonosná látka

Voda, jako teplonosná látka je v současné době prioritní tepelný nosič. Použití jako teplá voda do 90 °C (obvyklá ve vnitřních otopných soustavách), nebo horká voda nad 90 °C (dálkové vytápění). Aby mohla mít voda takovou vysokou teplotu, musí být v uzavřeném systému pod tlakem. Určujeme zde teplotní spád, což je rozdíl mezi teplotou a vratnou vodou. Velikost tlaku vody musí odpovídat její teplotě a také výšce mezi zdrojem a nejvýše umístěným spotřebičem. Tato problematika je velmi složitá při stavbě výškových budov. Výška budovy 100 m znamená minimální tlak topné vody na patě objektu 10 atmosfér, při čemž běžný konstrukční tlak radiátorů a kotlů je pouze 6 atmosfér. Řešením jsou zónové výměňkové stanice v jednotlivých podlažích budovy (4).

3.1.3 Vzduch jako teplotonosná látka

Teplý vzduch je nejstarší teplotonosnou látkou. Je využíván v souvislosti se vzduchotechnikou, klimatizací a teplotovzdušných soustav. V dnešní době se používá spíše ojediněle. Většina typů má ústřední kotel (výměník) s ventilátorem, který fouká horký vzduch do místnosti, vzduchotechnickými kanály (4).

Dnes se tento systém vytápění ve spojení s rekuperátory používá zejména pro kancelářské budovy a energeticky pasivní domy. Rekuperací se rozumí využití tepla odsávaného vzduchu k ohřevu přírodního vzduchu. O rekuperátorech se tato práce bude více zabývat v kapitole chlazení (viz kapitola 3.3.4).

3.2 Vytápění

Úkolem vytápění je zajistit tepelnou pohodu člověka, což znamená vytvořit v místnosti takový tepelný stav prostředí, ve kterém se člověk cítí příjemně – není mu teplo, ani zima (1).

Správně navržený, instalovaný a provozovaný otopný systém spoluvytváří příznivé klima pro pobyt a práci osob v uzavřených prostorech při minimální spotřebě energie a paliva. Kvalitní regulace umožňuje snížit energetickou náročnost a minimalizuje provozní náklady (náklady na údržbu a vliv na životnost zařízení) (12).

3.2.1 Klasické způsoby

Ohniště

Ohniště je prostor většinou ohraničený kameny, ve kterém se zakládá oheň, aby se zamezilo jeho volnému šíření (24).

Tento způsob vytápění je historicky nejstarší a využíval se od pravěku, kdy se lidé naučili udržovat oheň. Ohniště bylo přednostně zřizováno z důvodu přípravy pokrmů (chléb, maso) a v zimním období sloužilo také, jako zdroj tepla. Nevýhodou ohniště je jeho malá energetická účinnost. V dnešní době ho využívají jen primitivní národy v rovníkové části zeměkoule.

Krb

Krb je označení pro speciální zařízení určené k udržování ohně v domě (25). Krb byl navržen pro potřebu vytápění již ve středověku. Tento způsob zajišťuje odvod kouře a je bezpečnější, oheň zůstává v uzavřené části. Energetická účinnost není příliš vysoká. Krb potřebuje přívod čerstvého vzduchu, který je možno přivést větráním, čímž ztrácíme vyrobené teplo, nebo samostatným přívodem venkovního vzduchu pouze pro krb. Pro samostatný

přívod vzduchu je nutná stavební úprava – přívodní potrubí venkovního vzduchu. Pokud se krb využívá jako jediný zdroj vytápění, musí být doplněn o rozvod teplého vzduchu od krbu – teplovzdušné vytápění (4).

„V současné době se moderní uzavřené krby s krbovými vložkami stávají plnohodnotnou součástí koncepce otopné soustavy domu“ (8, s. 12).

Kamna

V našich podmínkách byly kamna, hojně využívána, jako jediný zdroj tepla z důvodů multifunkčnosti (vytápění a příprava jídel). Dále kamna sloužily k hygienickým potřebám pro přípravu teplé užitkové vody. Varianta kachlových kamen byla používána ve středověku a v období renesance. Jejich výhodou byla velká topná plocha a možnost zajištění provozu z jiné neobytné místnosti. Zvýšila se čistota ve vytápěných prostorech. Dnes se kamna používají hlavně v rekreačních objektech (12).

„Klíčovými prvky jejich konstrukce jsou ohniště a teplosměnné plochy, kterými je teplo ze spalín předáváno do místnosti“ (8, s. 16).

Ústřední vytápění

Ústřední vytápění je soustava vytápění, která teplo z jednoho tepelného zdroje rozvádí po celé budově nebo její části (26). Využívá teplovodního vytápění, kdy přenos tepla od teplé vody do místnosti zajišťují ve většině případů radiátory, eventuálně přenos tepla je zajištěn podlahovým, nebo stěnovým vytápěním. Je nutné mít zdroj tepla pro ohřev teplé vody, který může být buď dálkový z teplárny, nebo místní kotel (dřevo, uhlí, plyn, elektrokotel a obnovitelné zdroje). Tento způsob je nejrozšířenější a využívá se v bytových domech, rodinných domech, v kancelářských budovách a v průmyslu (9).

Kotel

„Kotel je zařízení určené k ohřevu teplotonosné látky tepelnou energií, získanou spalováním paliva“ (9, s. 9).

Kotle můžeme dělit podle tlakových poměrů na: nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké. Kotle kromě teplé vody mohou vyrábět i páru. Další dělení kotlů může být podle způsobu přikládání paliva na: kotel s ruční dodávkou paliva a kotel se samočinnou dodávkou paliva. Kotle se vyrábí převážně z oceli (těleso kotle je vyrobeno svařováním z ocelových plechů) a litiny (těleso kotle je vyrobeno sestavením z článků z litých materiálů). Norma ČSN EN 303-5 definuje základní kategorie paliv, pro které může být kotel certifikován (9).

„Nejdůležitější vlastností kotle je jeho schopnost řízení spalovacího procesu, tedy kontrola přísunu paliva a spalovacího vzduchu do ohniště“ (9, s. 37).

Dělení kotlů podle druhu paliva (12):

Kotle na tuhá paliva (např. dřevo, biomasa, uhlí, koks)

Důležitým ukazatelem pro pevná paliva je jejich výhřevnost a obsah popela. Čím nižší výhřevnost, tím větší objem paliva je nutno dodat pro stejné výstupní teplo. Čím vyšší obsah popela, tím větší je náklad na odvoz a uložení zbytků ze spalování (9).

Kotle na kapalná paliva

Jako kapalná paliva se používají různé frakce ropy – nafta, lehký topný olej, mazut. V dnešní době se tyto produkty využívají spíše jako palivo pro dopravní prostředky a tím podléhají spotřební dani. Jelikož podléhají tyto paliva daňovému zatížení, jsou pro vytápění ekonomicky velmi nevýhodná (12).

Kotle na plynná paliva (zemní plyn)

Zemní plyn je vysoce energetické palivo, které se snadno distribuuje. Jeho výhodou je, že není jedovatý a při dokonalém spalování vzniká pouze oxid uhličitý a vodní pára (12).

Kondenzační kotel

Kondenzační kotel je vysoce účinná varianta kotle na zemní plyn, kdy se využívá i tepelná energie při kondenzaci spalin. Proto tyto kotle dosahují nejvyšší účinnosti pro nízkoteplotní vytápění, kdy ohřívají topnou vodu na maximálně 55 °C. Díky využití kondenzačního tepla dosahují účinnosti až 97 % (12).

Kromě tohoto základního dělení je v dnešní době důležité i obsah škodlivých složek vznikajících při spalování (prašnost, oxid uhelnatý, oxid siřičitý apod.). Z tohoto hlediska je neekologičtější spalování zemního plynu.

3.2.2 Způsoby založené na využití obnovitelných zdrojů energie

Solární systémy

V našich klimatických podmínkách se tento způsob používá, jako doplňkový zdroj tepla, převážně jako zdroj tepla pro ohřev teplé užitkové vody a částečně i pro vytápění. Největší nevýhodou je prostorová náročnost a nejvíce energie vyrobí v létě, kdy ji příliš nevyžadujeme. Solární a fotovoltaické systémy nabudou většího významu až po vynalezení vysoko obsahové akumulátoru energie (4).

Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla jsou jedním z možných zdrojů obnovitelné energie. Odnímají teplo z okolního prostředí vytápěného objektu (země, vzduchu, vody), transformují ho na vyšší teplotní úroveň a takto vzniklé teplo využívají pro vytápění a ohřev teplé vody (7).

Tepelná čerpadla, která řadíme do kategorie částečně obnovitelných zdrojů energie, jsou v oblasti vytápění v bytové zástavbě stále více využívána, budeme se jimi v této práci (i vzhledem k zaměření případové studie uvedené v aplikační části práce) dále obšírněji věnovat v kapitole 4.

3.3 Chlazení

Chladicí systémy zajišťují chlazení vnitřního prostředí, tedy eliminují tepelnou zátěž, která přichází z venkovního okolí, nebo která vzniká ve vnitřním prostoru. Pro strojní chlazení se ve vzduchotechnice nejčastěji používá přívodní chladná voda 6 °C a vratná voda o teplotě 12 °C. Zdroj chladné vody bývá umístěn v technických prostorách a většinou využívá obrácený Carnotův cyklus (2)

V dnešní době v souvislosti s ekologizací a požadavkem na nízkoenergetické chlazení budov, kdy největších spotřeb elektrické energie se dosahuje v letním období, vznikají další nároky na technické řešení budov. Současně s rostoucím využitím elektroniky vzrůstá vnitřní tepelná zátěž v budově a v souvislosti s globálním oteplováním vzrůstá venkovní průměrná teplota. Tyto faktory ovlivňují návrhy technického řešení chlazení.

Chlazení můžeme dělit do dvou skupin na pasivní a aktivní.

3.3.1 Pasivní chlazení

Pasivní chlazení znamená uplatňování takových architektonických a urbanistických řešení, která významně snižují vnější tepelné zisky. Mezi pasivní prvky chlazení patří stínění (umělé- markýzy, žaluzie, rolety a přirozené- stromy, keře apod.). Navrhovány jsou tak, aby minimalizovaly tepelné zisky přímou sluneční radiací v letních měsících. Dalším možností pasivního chlazení je vhodná prostorová orientace budovy a umístění větracích otvorů a šachet pro přirozené větrání., úpravy fasády (19).

Pasivní chlazení neřeší eliminaci vysoké vnitřní tepelné zátěže (výkonné zdroje tepla uvnitř prostoru).

3.3.2 Aktivní způsoby chlazení

Používají se tehdy, pokud se nepodaří snížit tepelné zisky na přijatelnou úroveň z vnějšího prostředí, nebo odvést tepelné zisky s vnitřního prostředí mimo budovu. Pro aktivní chlazení se používají jako zdroje chladu samostatné chladicí jednotky, které pracují na principu obráceného Carnotova cyklu – kompresorové nebo absorpční chlazení (2).

Kompresorové chlazení

Tento proces bývá označován také jako výroba chladu a zařízení sloužící k výrobě chladné vody, jako zdroje primárního chladu. Základním principem chladicího stroje je cyklické využívání fázových změn při kondenzaci a varu kapaliny – chladiva (2).

Chladiva:

Chladivo je teplonosná látka, která cirkuluje v chladícím okruhu. Tepelné vlastnosti chladiv mají významný vliv na ekonomiku provozu chladicího zařízení a ovlivňují konstrukci chladicího zařízení. Základním parametrem chladiva jsou jeho termodynamické vlastnosti tj. velikost skupenského tepla vypařování (výparné teplo), které má být co největší, aby se zmenšil dopravovaný objem a tlaky, při kterých nastává proces vypařování a kondenzace. Významným požadavkem na chladiva je nehořlavost a nejedovatost. Tyto podmínky se stále zpřísňují s ohledem na životní prostředí, vzhledem k nepříznivému vlivu na ozónovou vrstvu. V minulosti se ve velké míře nasazoval jako chladivo čpavek, který v současné době není možné používat z důvodu jeho jedovatosti. Čpavkové chladivové okruhy byly následně nahrazeny freonovými okruhy s chladivy R12, R22 apod., ale i tato chladiva již nejsou povolena z důvodu, že obsahují fluorovodíky, které při úniku do atmosféry poškozují ozónovou vrstvu. V dnešní době se používají chladiva s označením R134a, R407c, R410a apod. Chladivo nesmí poškozovat kompresor, výparník, rozvody a expanzní ventil. Na rozvody chladiva se využívá pájených, měděných potrubí, jelikož stlačené chladivo v kapalně fázi dosahuje vysokých tlaků (13).

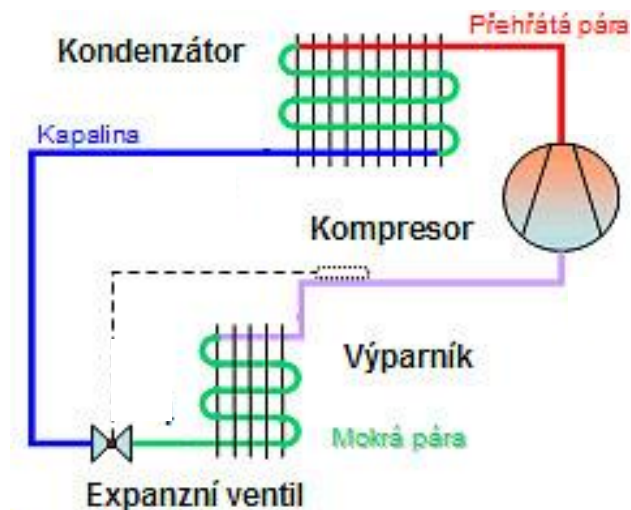
Chladicí okruh obsahuje čtyři základní části:

- Výparník
- Kondenzátor
- Kompresor
- Expanzní ventil

Princip kompresorového chlazení (viz obr. 1)

Tekuté chladivo při varu odebírá teplo z okolí, což způsobuje vlastní chladicí efekt. Výměník, ve kterém nastává tento jev, se nazývá výparník, ten zajišťuje vlastní chlazení. Aby chladivo odebíralo teplo, musí být jeho teplota nižší, než je teplota okolí, z něhož se teplo odebírá. Z tohoto důvodu se volí výparná teplota pro zařízení, které přímo ochlazuje vzduch v obytném prostoru kolem 10 °C. Při výstupu z výparníku je chladivo již v plynném stavu. Aby bylo možné přijatou energii odvést z tepelného okruhu, obvykle do atmosféry, je nutno tuto energii převést na vyšší teplotní úroveň, aby byla splněna podmínka, že teplota okolí je

nižší než teplota ve výměníku. Zvýšení teploty par chladiva dosáhneme stlačením pomocí kompresoru. Po stlačení, se páry dále dostávají do kondenzátoru. Úkol kondenzátoru je odebrání energie chladivu, nastává kondenzace. Teplo, které je třeba odvést z kondenzátoru, je součet skupenského tepla (chladicí výkon) a tepla vzniklého stlačením plynu kompresorem. Teplo z kondenzátoru se odvádí do okolního prostředí, proto se umísťuje většinou do venkovních prostor. Zkapalněné chladivo v tekutém stavu teče z kondenzátoru s vyšším tlakem do výparníku s nižším tlakem. Tlak tekutého chladiva musí být řízen a regulován, což nám zajišťuje expanzní ventil (většinou se používá tlakový redukční ventil). Tento proces představuje škrcení. Var chladiva nastává při nízké teplotě, odpovídající tlaku ve výparníku (13).



obr. 1: Princip kompresorového chlazení (28)

Absorpční chlazení

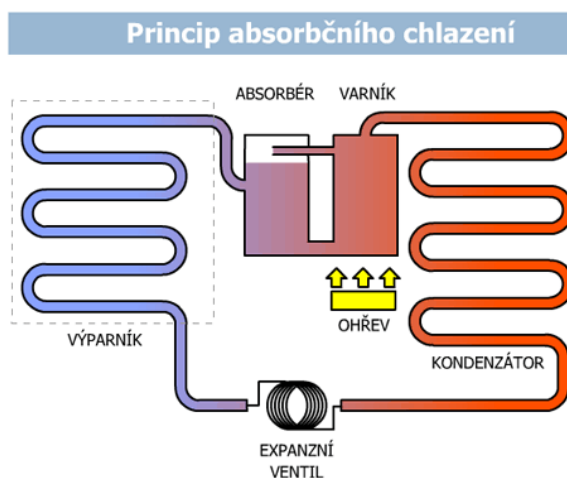
Sorbční chlazení jsou chladicí technologie, které jako primární zdroj energie mají vysokopotenciální teplo. K jejich provozu se využívá tepelná energie ze spalování fosilních paliv, nebo vysokoteplotní odpadové teplo 80 – 120 °C (18).

Absorpce je fyzikální děj, při němž se rozpouští plynná fáze v kapalině. Kapalina se nazývá absorbent a plyn se nazývá absorbát. Jako pracovní dvojice se používají nejčastěji amoniak (NH_3) – voda, voda – vodný roztok bromidu litného (LiBr). Vzhledem k tomu, že pro dvojici amoniak – voda je chladivem (absorbátem) amoniak, lze dosáhnout teplot chlazené látky, které jsou pod nulou. Zařízení s roztokem LiBr pracují při teplotách vyšších než nula (chladivem je voda), jsou proto vhodné pro klimatizační systémy. Bod varu vody je přímosemý tlaku. Při atmosférickém tlaku se voda vaří při 100 °C. Při nižším tlaku se teplota varu vody sníží. Při absolutním tlaku 6 mm rtuťového sloupce je bod varu vody pouze

3,9 °C. Chceme-li změnit vodu z kapaliny na páru, musíme dodat patřičnou energii. Požadované teplo na změnu fáze z kapaliny na páru se nazývá latentní teplo odpařování. Podobně teplo, které je odváděné během vypařování při kondenzaci, se nazývá latentní kondenzační teplo. Absorpční systémy tedy využívají tepelné energie k výrobě chladicího efektu. V těchto systémech chladivo například voda, absorbuje teplo v nižší teplotě a v nižším tlaku během odpařování a uvolňuje teplo ve vyšší teplotě a vyšším tlaku během kondenzace (18).

Princip absorpčního chlazení (viz obr. 2)

Pro princip absorpčního chlazení je nutné zajistit dobrou rozpustnost plynu v absorbentu. Pro vyloučení absorbátu se roztok absorbéru přečerpá do generátoru (varník), kde se mu dodá teplo potřebné k jeho vypaření. Z generátoru proudí chladivo do kondenzátoru, kde se kondenzuje na chladicí kapalinu a dále proudí do výparníku. Roztok absorbentu ochuzený o chladivo se po ochlazení vrátí do absorbéru. Na desorpci je třeba přivést tepelný tok s relativně vysokou teplotní úrovní 80 – 120 °C (2).



obr. 2: Princip absorpčního chlazení (29)

3.3.3 Distribuce chladu

Chlazení vlastních místností je možno provádět podle Karlíka (7):

Fan coils (viz obr. 3)

Fan coils se vyrábí v parapetním provedení (pod okny), nebo v podstropním. Jejich výhodou je vysoký výkon a příznivá cena. Nevýhodou může být hluk zabudovaného ventilátoru a větší rozměry samotného fan coilu. Pokud je teplotonosné médium voda, vyrábí se buď s jedním výměníkem vzduch/voda (dvoutrubkové provedení), nebo se dvěma výměníky

za sebou, z nichž jeden slouží pro topení a druhý pro chlazení (čtyřtrubkové provedení). Další možností je použití freonu, jako teplotnosné látky, pak se používá pouze jeden výměník – kondenzátor (7).

Podlahové fan coily

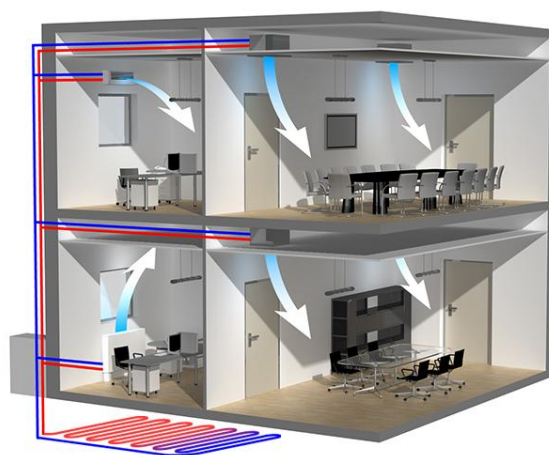
Umístění v podlaze je výhodné, protože nezabírá vnitřní využitelný prostor místnosti, ale problémy přináší s odvodem kondenzátu a nevýhodným umístěním zdrojem chladu u podlahy, kdy zaniká přirozená cirkulace teplého/chladného vzduchu. Nevýhodou je nízký výkon, vysoká cena na jednotku výkonu a hluk ventilátoru (7).

Chlazení podlahou

Výhodou tohoto typu je, že uživatel není vystaven nucenému chladnému proudu vzduchu. Další výhodou je absolutně nehlukný provoz. Z vnějšího pohledu vypadá zařízení v interiéru nenápadně. Nevýhodou je velmi nízký měrný výkon. Dále je nutná speciální regulace pro zabránění kondenzace vzdušné vlhkosti (7).

Chlazení stropy

Stropní deska se vychlazuje na poměrně nízkou teplotu pomocí rozvodů chladicí vody. Nízká povrchová teplota způsobuje trvalou kondenzaci vzdušné vlhkosti. Stropní deska musí být profilována z nerezového plechu a se sběrnými žlábkami pro odtok kondenzátu. Nejčastěji se toto řešení používá v kuchyních hromadného stravování (7).



obr. 3: Fan coil – princip chlazení (30)

3.4 Větrání

Podle Galdy „je člověk v oboru větrání a klimatizace vnímán jako jeden z hlavních subjektů, který svou činností ovlivňuje prostředí kolem něj“ (5, s. 8).

Při tomto pohledu je vnitřní prostředí zúženo na tzv. mikroklíma, tedy podmínky ve vnitřních prostorech, které člověka obklopují. Může se jednat o nejrůznější místnosti v objektech, při široké škále lidských činností. Člověk je přirozeným producentem vodní páry, tepla, oxid uhličitý (CO₂), a dalších chemických a mikrobiologických látek. Produkce tepla, vlhkosti a CO₂ člověkem závisí na jeho fyzické aktivitě a vnitřní teplotě prostředí ve kterém se pohybuje (3).

Toto tvrzení je doloženo v tabulce 1.

tab. 1: Produkce tepla, vlhkosti a CO₂ člověkem (41, s. 11)

| Fyzické zatížení | Produkce tepla a vlhkosti v závislosti na teplotě | | |
|-----------------------|---|-----|-----|
| | 15 | 25 | 35 |
| Člověk v klidu | 23 l/h CO₂ | | |
| Celkové teplo [W] | 146 | 93 | 93 |
| Vlhkost [g/h] | 40 | 50 | 115 |
| Lehká práce | 25 l/h CO₂ | | |
| Celkové teplo [W] | 157 | 146 | 146 |
| Vlhkost [g/h] | 55 | 115 | 200 |
| Středně práce | 45 l/h CO₂ | | |
| Celkové teplo [W] | 210 | 198 | 198 |
| Vlhkost [g/h] | 110 | 185 | 280 |

Větrání obecně máme dvojího typu: nucené a přirozené (5).

3.4.1 Přirozené

Přirozené větrání představuje v budově výměnu vzduchu, která je vyvolána působením větru, vlivem tlakového rozdílu uvnitř a vně budovy a vlivem rozdílu teplot. Přirozené větrání je silně závislé na atmosférických podmínkách (5).

Minimální množství větracího vzduchu na osobu stanovené na základě produkce CO₂ je 15-25 m³·h⁻¹ v závislosti na aktivitě člověka (5).

Vítr, který působí na budovu určitou rychlostí, vyvolává na straně návětrné přetlak a na straně závětrné podtlak. S rozšířením používání těsných plastových oken je třeba zvláště s ohledem na použití plynových spotřebičů (plynový sporák, karma) kontrolovat výměnu vzduchu v objektu.

Rozložení tlaku v budově: ve spodní části budovy je podtlak, ve vrchní části budovy se pak nachází přetlak. Tomuto rozložení tlaků se říká komínový efekt. Místo mezi přetlakem a podtlakem se nazývá neutrální zóna (5).

Bytové větrání musí splňovat požadavky, jako jsou: účinnost, spolehlivost, rovnoměrnost provozu, minimální přenos hluku, zabránění pronikání pachů.

Způsoby přirozeného větrání:

Provětrávání (viz obr. 4)

„Provětrávání je občasné větrání otevíráním oken. Spodní částí otevřeného okna proudí do místnosti v zimě chladnější venkovní vzduch, horní části okna se vzduch z místnosti odvádí (v létě je tomu obráceně). Z energetického hlediska se doporučuje provětrávat krátce, často s velkými průřezy“ (3, s. 124).

Tepelná ztráta je závislá na délce doby větrání, rozměrech a počtu oken v místnosti. V zimním chladném období trvalé provětrávání má za následek vznik průvanu a ochlazování stěn (4).

Šachtové (viz obr. 5)

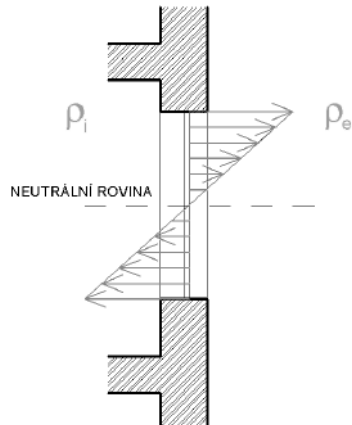
Využívá principu komínového efektu. Používá se nejvíce ve starších typech budov. Nevýhodou tohoto způsobu větrání je možný nežádoucí přenos vzdušiny mezi jednotlivými patry. Využití tohoto typu větrání se objevuje především v průmyslu (3, 4).

Infiltrace

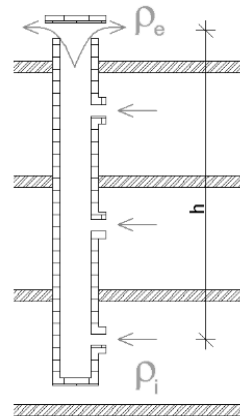
Vzniká přirozenou netěsností oken, dveří a dalších stavebních otvorů. V dnešní době je kladen důraz na snížení tepelných ztrát infilrací, což přináší potřebu nuceného větrání. Přívod venkovního vzduchu infilrací do místnosti je tak nejintenzivnější v zimě, kdy zvyšuje tepelné ztráty. Zdokonalené těsnění oken přirozené větrání infilrací omezuje, často až pod hygienické požadavky na přívod čerstvého venkovního vzduchu. Při současném technickém stavu nelze infilraci pro trvalé větrání budov prakticky použít a je nutné hledat alternativní způsoby přívodu venkovního vzduchu (3).

Solární komíny

Solární komíny využívají proudění vzduchu, které je vyvolané rozdílnými hustotami vzduchu. Jsou tvořeny svislými šachtami, kde v horní části je vzduch ohříván solární energií. Z důvodu proměnlivosti solární energie je toto větrání časově nestálé (3).



obr. 4 Větrání okny (31)



obr. 5 Šachtové větrání (31)

3.4.2 Nucené větrání

Je řízená mechanická výměna (za pomoci pohonných jednotek, ventilátorů) znehodnoceného vzduchu v daném prostoru za vzduch zpravidla venkovní. Tento typ větrání je nezávislý na atmosférických podmínkách – jeho provoz a spolehlivost zajišťuje ventilátor. Ventilátor může být umístěn centrálně, nebo lokálně. Nucené větrání zajišťuje optimální mikroklima, odvádí škodliviny vzniklé v budovách. Výhodou nuceného větrání je řízená výměna vzduchu, možnost zpětného využití tepla, filtrace a teplotní úprava přivodního vzduchu. Nevýhodou bývá zvýšená hlučnost v prostoru a rychlejší pohyb vzduchu v místnostech (průvan). Tento způsob větrání vyžaduje konstrukční úpravu budovy tak, aby bylo kam umístit vzduchotechnické rozvody. Pokud je doplněno nucené větrání o ohřev, eventuálně chlazení, může zajistit i funkci vytápění, či chlazení budovy (3, 5).

V dnešní době při zvýšených požadavcích na nízké energetické ztráty dochází často záměrně ke snižování přirozené infiltrace, což má za následek při absenci nuceného větrání zvýšení kontaminace vzduchu v místnostech cizorodými látkami, vytváření plísní a vyšší obsah oxidu uhličitého.

3.4.3 Technické řešení větrání a vytápění nízkoenergetických domů

Energetická náročnost jednotlivých domů se liší dobou, kdy byl dům postaven a použitými technologiemi. V dnešní době se zajímáme především o nízkoenergetické a eventuálně i pasivní domy. Rozdělení staveb podle energetické účinnosti je v následující tabulce:

tab. 2: Rozdělení staveb podle energetické náročnosti (42)

| domy běžné ve 70.-80. letech | současná novostavba | nízkoenergetický dům | pasivní dům | nulový dům, dům s přebytkem tepla |
|--|---|---|---|--|
| charakteristika | | | | |
| zastaralá otopné soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se | klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy | otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání | řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce | parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů |
| potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)] | | | | |
| 200 a výše | 80 - 140 | Méně než 50 | Méně než 15 | Méně než 5 |

Vzhledem k požadovaným nízkým energetickým ztrátám tzv. pasivních domů jsou tyto větrány, vytápěny a chlazeny nuceným větráním s využitím rekuperačních výměníků. Čerstvý vzduch se do pasivního domu přivádí zemní šachtou s minimální délkou 10 m, kde se v zimním období mírně ohřeje a v letním období mírně ochladí. Dále se přivádí na deskový rekuperátor, který zajišťuje přenos tepla z odsávaného vzduchu pro ohřev přívodního vzduchu. Účinnost deskového rekuperátoru bývá až 90 %. Zbývající chybějící teplo se získá většinou tepelným čerpadlem a ohřeje přívodní vzduch na požadovanou teplotu. Rekuperační jednotka v našich podmínkách obsahuje vždy ještě elektrický dohříváč, nebo tepelné čerpadlo, které zajistí současně s eventuálním dohřevem vzduchu i ohřev teplé užitkové vody do sprch, vany apod. (12).

Rizika tohoto řešení spočívají v možnosti tvorby plísní a mikroorganismů v zemním kolektoru eventuálně v deskovém rekuperátoru. Dále je nutné osadit na přívodní potrubí účinné prachové filtry, které se musí poměrně často měnit podle stupně zanešení.

3.4.4 Rekuperátor

„*Rekuperace tepla (zpětné získávání tepla) je proces, kdy se do místnosti přiváděný vzduch ohřívá teplým vzduchem odváděným z budovy (tento vzduch se nazývá také odpadní)*“ (4, s. 117).

Obvykle se teplý vzduch odvádí přirozeným způsobem - větráním, nebo za pomoci ventilátoru. V rekuperační jednotce odevzdá většinu svého tepla chladnému přiváděnému vzduchu. Tím vzniká úspora tepelné energie při jeho ohřívání. Rekuperace tepla je výhodná nejen z ekonomického hlediska, ale i z ekologického a zdravotního. Výměnu vzduchu lze dosáhnout otevřením okna, což není vždy vhodné, nebo možné. Nucené větrání je mnohdy nejvhodnějším způsobem, jak prostory vyčistit od vlhkosti, zápachu apod. (4).

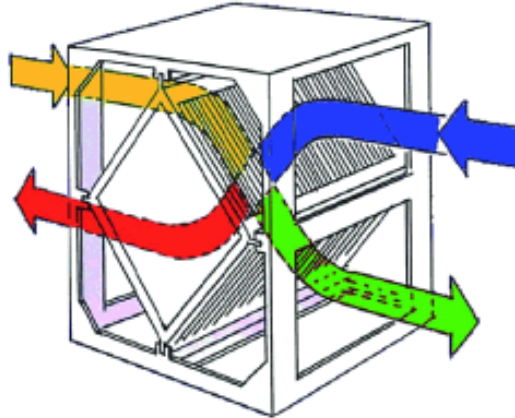
Princip činnosti:

Odváděný odpadní vzduch z místnosti prochází přes rekuperační výměník uvnitř vzduchotechnické jednotky, kde se přiváděný čerstvý vzduch předeřívá z venkovního prostředí. Přiváděný i odváděný vzduch jsou od sebe úplně izolovány, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů a nečistot. Rekuperační výměníky dosahují vysokých účinností až 90 %. Odpadní vzduch, který je zahřátý například na 20 °C, předeřije venkovní přiváděný vzduch z teploty 0 °C až na 18 °C (17).

Rekuperátory můžeme dělit podle Galdy (5) na:

Deskové (křížové, viz obr. 6)

Tento druh rekuperátorů je nejpoužívanější typ v současnosti i díky jeho vysoké účinnosti až 90 % a také jeho jednoduchosti výroby s malými náklady. Díky nízké ceně pořízení a vysoké účinnosti se tyto rekuperátory čím dál tím častěji dostávají do aplikací větracích zařízení rodinných domů a bytů, kde se tato zařízení stávají nezbytnou požadovanou součástí. Výhodou deskových rekuperátorů je, že v nich může docházet ke kondenzaci, na rozdíl od rotačních rekuperátorů. Kondenzace je výhodná a vítaná, protože zvyšuje účinnost rekuperace. Problém může nastat v případě kondenzace v zimním období, kdy se kondenzát přemění na led, což omezuje průtok vzduchu. Proto je nutné provádět odmrazování omezením průtoku venkovního chladného vzduchu, který se obchodovou klapkou (by-pass) přepouští mimo rekuperátor, čímž se samozřejmě podstatně snižuje celková účinnost rekuperace (5).



obr. 6: Deskový rekuperátor (32)

Kapalinové okruhy

„Zařízení jsou tvořena dvěma výměníky tepla, nejčastěji lamelovými, které jsou propojeny kapalinovým okruhem“ (5, s. 79).

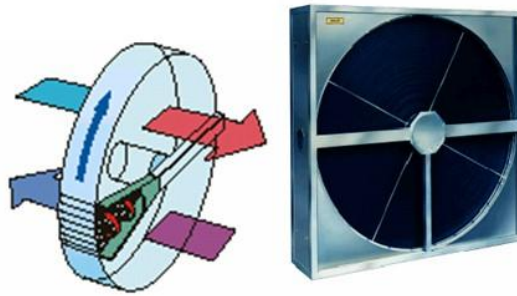
Teplo je přiváděno systémem vzduch – kapalina – vzduch. Jako teplonosná látka se používá nejčastěji nemrznoucí směs, nebo také voda. Největší výhodou tohoto systému je, že přívodní a odvodní potrubí vzduchotechniky mohou být od sebe libovolně vzdálené a také slouží k bezpečnému oddělení přívodního a odvodního vzduchu. Nevýhodou kapalinových okruhů je potřeba další nutné energie např. čerpadla. Účinnost tohoto typu rekuperátoru je cca. 70 %. Ve skutečnosti je však účinnost o něco nižší (5).

Rotační (viz obr. 7)

Výměna tepla probíhá prostřednictvím akumulční hmoty, která sice mění polohu, ale směr proudění vzduchu je konstantní. *„Akumulační hmota je reprezentovaná hliníkovými plechy jako rotor, který je usazen v kovovém rámu. Při otáčení probíhá v periodách daných rychlostí otáčení, proudy teplého a studeného vzduchu a tím předává teplo. Účinnost těchto rekuperátorů se pohybuje v rozmezí 70 %–85 % a je závislá na otáčkách rotoru a rychlostech protékajících proudů vzduchu.“ (27).*

Nevýhodou rotačního rekuperátoru je, že nejsou vhodné pro využití u vzduchu, který má na odtahu vysokou relativní vlhkost. Případná kondenzace je nechtěný stav, který může mít špatný vliv na ložiska rotoru, případně je může zničit (27).

Výhoda spočívá v předání vlhkosti odsávaného vzduchu do přívodního vzduchu, který jinak v zimním období je většinou suchý a pro zajištění fyziologické pohody se musí nákladně dovlhčovat.



obr. 7 Rotační rekuperátor (33)

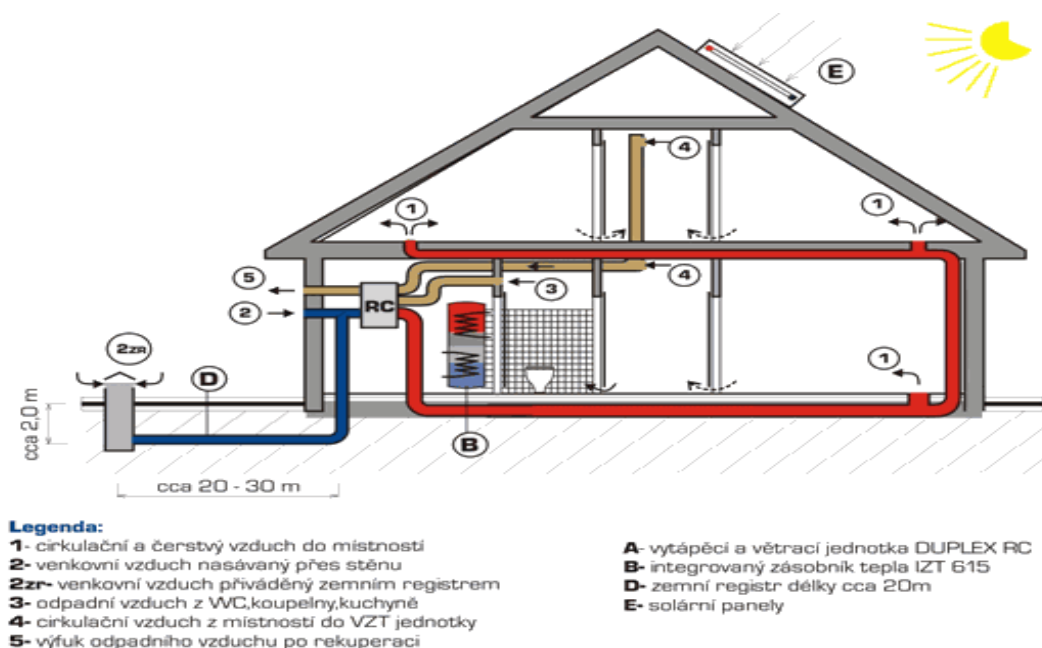
Tepelné trubice

Základním prvkem je tzv. tepelná trubice, která obsahuje náplň v uzavřeném prostoru. Jako chladivo se nejčastěji používá čpavek a freon, ale někdy se používá i voda. „Odváděný teplý vzduch proudí kolem spodní části trubky, kde dochází k varu náplně a ta v podobě par stoupá směrem vzhůru. Kolem horní části proudí studený vzduch“ (27).

Proces se stále opakuje. Teplý vzduch v spodní polovině se ochlazuje a studený vzduch v horní půli se ohřívá (27).

3.4.5 Větrání a energetická náročnost budovy

Způsob větrání má velký vliv na energetickou náročnost budovy. Pro snížení energetické náročnosti budov je třeba nejen zajistit optimální tepelné vlastnosti obvodového pláště a střechy, ale také zajistit optimální vytápění, větrání a využití odpadního tepla (3).



obr. 8: Princip pasivního domu (34)

| Druh budovy | Třída energetické náročnosti budovy | | | | | | |
|---------------------|--|-----------|------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------|
| | spotřeba energie v kWh/m ² /rok | | | | | | |
| | A | B | C | D | E | F | G |
| | Mimořádně úsporná | Úsporná | Vyhovující | Nevyhovující | Nehospodárná | Velmi nehospodárná | Mimořádně nehospodárná |
| Rodinný dům | < 51 | 51 – 97 | 98 – 142 | 143 – 191 | 192 – 240 | 241 – 286 | > 286 |
| Bytový dům | < 43 | 43 – 82 | 83 – 120 | 121 – 162 | 163 – 205 | 206 – 245 | > 245 |
| Hotel a restaurace | < 102 | 102 – 200 | 201 – 294 | 295 – 389 | 390 – 488 | 489 – 590 | > 590 |
| Administrativní | < 62 | 62 – 123 | 124 – 179 | 180 – 236 | 237 – 293 | 294 – 345 | > 345 |
| Nemocnice | < 109 | 109 – 210 | 211 – 310 | 311 – 415 | 416 – 520 | 521 – 625 | > 625 |
| Vzdělávací zařízení | < 47 | 47 – 89 | 90 – 130 | 131 – 174 | 175 – 220 | 221 – 265 | > 265 |
| Sportovní zařízení | < 53 | 53 – 102 | 103 – 145 | 146 – 194 | 195 – 245 | 246 – 297 | > 297 |
| Obchodní | < 67 | 61 – 121 | 122 – 183 | 184 – 241 | 242 – 300 | 301 – 362 | > 362 |

obr. 9: Rozdělení staveb podle tříd energetické náročnosti (35)

Samostatná kategorie jsou takzvané pasivní domy, které mají spotřebu energie pod 15 kWh/m² za rok. Využívají teplovzdušného vytápění dle obr. 8. Tímto způsobem je možné vytápět nízkoenergetické domy, které mají výpočtovou ztrátu 6 kW tepelným zdrojem s elektrickým příkonem 1 kW při venkovních teplotách až -12 °C (12).

Podle dnes platné legislativy (ČSN 730540) je nutné všechny nově stavěné domy označovat energetickými štítky, které zájemcům sdělí, v jaké třídě se dotyčná stavba nachází. Jednotlivé třídy energetické náročnosti jsou uvedeny v obrázku č. 9 (12).

3.5 Klimatizace

Klimatizace je proces, zahrnující větrání, filtraci, ionizaci, úpravu teploty a chlazení vzduchu. Klimatizaci realizují klimatizační zařízení. Ta se používají se v obytných, společenských, průmyslových budovách, ale také i v dopravních prostředcích. Klimatizované prostory jsou zatěžovány produkcí látkových škodlivin (plynů, par, pevných i kapalných částic), vlhkostí a tepelné energie ze zdrojů vnitřních (osoby, elektronická zařízení, osvětlení, technologická zařízení aj.) i ze zdrojů venkovních (venkovní ovzduší, sluneční radiace), klimatizační zařízení tuto zátěž redukuje (4).

Klimatizační zařízení

Upravuje teplotu, vlhkost a čistotu vzduchu uvnitř budov a v rodinných domech zpravidla po celoroční období s automatickou regulací. Klimatizace s chladíci plochami (chladíci

stropy, stěny) upravuje teplotu povrch stěn místností a tím i střední radiační teplotu, která je jedním z parametrů tepelného stavu prostředí. Dále klimatizace upravuje prostředí pro dodržení hygienických podmínek (pro osoby). Je vždy spojena s přívodem čerstvého venkovního vzduchu (4).

Požadavky na úpravu stavu ovzduší (4)

- Hygienické
- Technologické
- Biologické
- Bezpečnostní

Hygienické požadavky na tepelný a vlhkostní stav prostředí mohou být optimální zpravidla úplnou klimatizací. Požadavky na kvalitu ovzduší jsou vždy limitní – maximálně přípustné koncentrace znečišťujících látek nesmí být překročeny. Základní hygienické požadavky na tepelný a vlhkostní stav jsou obsaženy v normách ČSN EN 13788.

Následující kapitoly popisují jednotlivé dílčí procesy, které klimatizace zahrnuje.

3.5.1 Proudění vzduchu

O větrání se zmiňuji více v kapitole 3.4 a zde se více zaměřím na proudění vzduchu v místnosti a přenos tepla prostřednictvím větrání.

Proudění vzduchu

„Každé proudění vzduchu může být zdrojem místního diskomfortu, a to pro svoje účinky termické (např. chladné proudění vzduchu nebo mechanické (tlakové) závisující na rychlosti. V interiérech lze očekávat proudění vzduchu o rychlosti $0,1 - 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Proudění rychlostí $0,1 - 0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je nazýváno nízkým (s prakticky klidným vzduchem). Mírný průvan – termické proudění s rychlostí $0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ “ (12, s. 10).

Způsoby sdílení tepla

Sdílení neboli předávání, či přenos tepla je fyzikální jev, kdy se teplo šíří z prostředí o vyšší teplotě do prostředí o teplotě nižší. Uskutečnit se může třemi způsoby: vedením, prouděním a zářením (12).

- **Vedením (kondukce)**

„Nastává tehdy, vyměňují-li si svou kinetickou energii částice, které spolu sousedí. Probíhá ve spojitém látkovém prostředí, v látkách všech skupenství, nenastane ve vakuu“ (12, s. 10).

Pro přenos tepla se využívají především látky, které mají velkou tepelnou vodivost. Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost vrstvy materiálu vést teplo a jeho hodnota udává

množství tepla proudícího vrstvou o tloušťce 1 m, při rozdílu povrchových teplot 1 K. V praxi se pro vedení tepla většinou využívají kovy (12). V tabulce č. 3 lze vidět příklady tepelných vodivostí u vybraných látek.

tab. 3: Tepelná vodivost při 25 °C (43)

| Látka | $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ |
|--------|-------------------------------|
| Měď | 386 |
| Železo | 80,2 |
| Voda | 0,606 |

- **Prouděním (konvekce)**

Nastává, když částice ve větším měřítku mění svou polohu v prostoru a přitom s sebou unášejí svou energii. Tento děj probíhá v kapalinách a plynech. Často se objevuje v kombinaci s vedením. Proudění může být volné, nebo nucené. Nucené proudění nastává, když k zesílení přenosu tepla využíváme v technické praxi vnějších sil, např. čerpadel, ventilátorů (12).

- **Zářením (radiace)**

„Záření je přenos elektromagnetické energie ve formě vln s příčnou vibrací vzhledem ke směru jejich šíření“ (1, s. 114).

Nevyžaduje látkové prostředí, šíří se i ve vakuu. Teplo sálají a absorbují především tuhá tělesa a kapaliny. Pro klimatizaci se záření nepoužívá, a proto ho nebudu dále řešit.

3.5.2 Úprava teploty a vlhkosti

V klimatizačních systémech se používá pro úpravu prostorové teploty a vlhkosti upravený vzduch. Teplotní úprava vzduchu probíhá přes výměníky tepla, nebo chladu, které jsou vyrobeny z látek dobře vedoucí teplo (převážně z mědi) a jako topné médium pro ohřívač se používá teplá voda 90/70 °C a pro chladiče, chladící voda 6/12 °C, nebo páry freonu (5).

V zimním období, kdy je venkovní vzduch vysušený mrazem, je nutné jej dovlhčovat. Nejčastěji se dovlhčuje vstříkem vodní páry, eventuálně nástřikem malých kapek vody. V letním období, kdy naopak při dešti může být vysoká venkovní relativní vlhkost, je nutné větrací vzduch odvlhčit, což se nejčastěji provádí kondenzací vodních par na chladiči, který má povrchovou teplotu pod teplotou rosného bodu. Rosný bod je teplota, při které je vzduch nasycen vodní parou (5).

3.5.3 Filtrace

V klimatizačních jednotkách využívající venkovní vzduch je nutné nejdříve odstranit prachy a ostatní nečistoty (pily, apod.). Pro tento účel se používají převážně látkové filtry, které ty nečistoty zachycují. Filtry se dělí do tříd podle odlučivosti na syntetický prach: Hrubé filtry (G1 – G4) a jemné filtry (F5 – F9), které odlučují také aerosoly. Pro základní filtry čištění venkovního vzduchu se používají stupně filtrace G3 a následně pro lepší vyčištění se používá filtrace F5 nebo F7 (6).

3.5.4 Ionizace

Normální čistá atmosféra je mírně ionizována a člověk ji vnímá, jako svěží. Na tento stav je adaptován. Ve znečištěném prostředí klesá počet volných iontů a člověk se necítí dobře. Pro lepší komfort v prostoru je určitý počet iontů nezbytný. Podle hmotnosti se dělí ionty na lehké, střední a těžké. Pro člověka jsou nejdůležitější lehké ionty. Počet lehkých iontů v ovzduší je ukazatelem čistoty vzduchu. Pro udržení nezbytné koncentrace iontů je obzvlášť důležité větrání (20).

Neblahý vliv na přirozenou ionizaci má především cigaretový kouř, který obsahuje dehet. Ten na sebe váže lehké záporné ionty a poté způsobí jejich zánik. Dalším nepřítelem ionizace vzduchu je pobyt většího množství lidí v nevětrané místnosti. Pocit nedostávání se čerstvého vzduchu tedy způsobuje nedostatek lehkých iontů ve vzduchu. V moderní době, kdy používáme počítačové a televizní obrazovky, které stojí za úbytkem lehkých záporných iontů, musíme častěji myslet na větrání, abychom vzduch v místnosti zkvalitnili (20).

Umělá ionizace vzduchu se provádí pomocí generátorů iontů tzv. ionizátorů. Některé typy jsou konstruovány, aby produkovaly ionty dvojí polarity, a jiné typy ihned separují kladné ionty a vypustí záporné, které jsou pro člověka žádoucí. Přístroje pracují na různých principech. Mezi nejznámější můžeme řadit ionizátory s koronovým výbojem a ionizátory s uhlíkovým vláknem (20).

4 Tepelné čerpadlo

Historie tepelného čerpadla:

„Základní myšlenku principu tepelného čerpadla vyslovil již v roce 1852 Lord Kelvin ve své druhé větě termodynamické. Z několika důležitých pasáží je nejpodstatnější tvrzení, že teplo se šíří vždy ve směru od teplejšího ke studenější části, čehož princip tepelného čerpadla využívá. První tepelné čerpadlo v podstatě náhodou sestrojil americký vynálezce Robert C. Weber“ (7, s. 7).

Hlavní části tepelného čerpadla podle Žeravíka (14):

- Výměník
- Výparník
- Kondenzátor
- Expanzní ventil
- Chladivo
- Kolektor

Princip (viz obr. 10):

„Tepelné čerpadlo představuje uzavřený pracovní okruh, ve kterém cirkuluje chladicí kapalina“ (4, s. 155).

Při chlazení se využívá především energie skupenského tepla odpařování. Pro ohřívání jakékoliv kapaliny k bodu varu je potřebné dodat určité množství energie, jehož velikost záleží při stejném množství a rozdílu teplot na měrné tepelné kapacitě dané látky. Pro vodu je to např. 4,18 kJ/kg·°C. Pro změnu skupenství z kapaliny na páru téže teploty je nutné dodat skupenské teplo (teplo je možné dodat i tak, že se odebere z okolního prostředí), což u vody znamená dodat energii cca 2,4 MJ/kg. (To je podstatně vyšší hodnota, než když využíváme měrnou tepelnou kapacitu: chceme-li ohřát 1 kg vody z 0 °C na 100 °C, spotřebuje téměř 5 x méně energie, než když přeměníme 1 kg vody na páru při teplotě varu (4, 10).

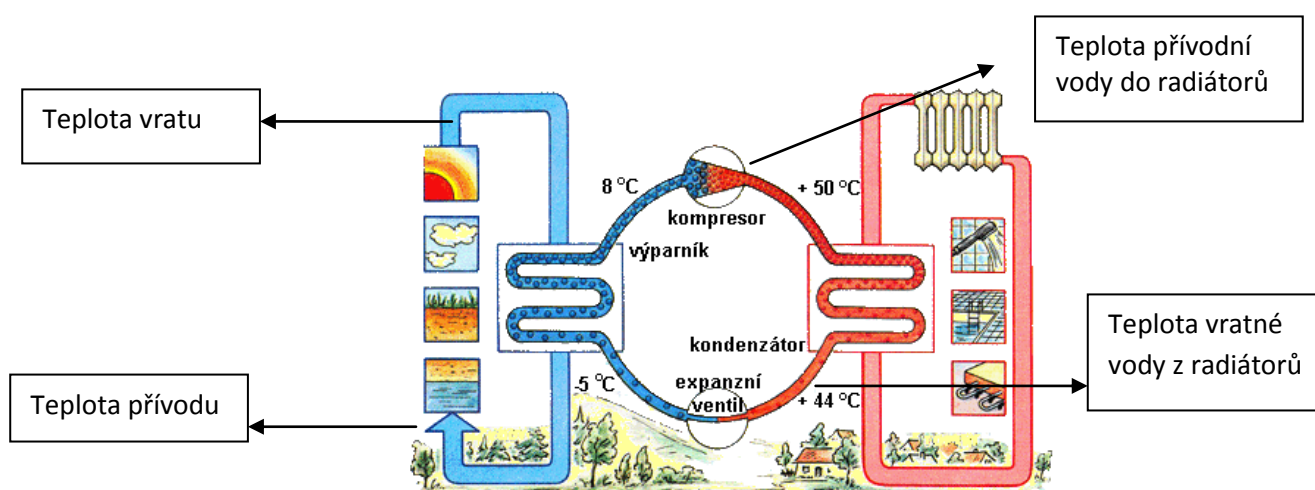
Toto platí i obráceně, pokud dochází ke kondenzaci plynných par na kapalinu, je nutné kondenzační teplo odvést do okolí (např. také parní topné systémy). Teplota varu kapaliny je závislá na tlaku. Čím je tlak nižší, tím je nižší teplota varu, čím je tlak vyšší, tím teplota varu stoupá. Např. při normálním atmosférickém tlaku (101,3 kPa) voda vře při +100 °C, při tlaku sníženém na 2,3 kPa voda vře při +20°C, při tlaku zvýšeném na 400 kPa je teplota varu vody již cca +145 °C (10).

Pro chladicí stroje se proto využívají jiné kapaliny, které mají vysokou hodnotu skupenského tepla a teplotu varu mají kolem -40 °C při normálním tlaku (101,3 kPa). Při

stlačení kompresorem se plynná pracovní látka ohřeje (termodynamické zákony – energii dodáme mechanickou prací – stlačením) a v plynné fázi za vysokého tlaku se nejprve ochladí a zkondenzuje ve výměníku - kondenzátoru (venkovním vzduchem kondenzátor – vyzáří skupenské teplo) a pak se vede k výparníku, kde pomocí expanzního ventilu (redukčního ventilu – škrcením) se sníží tlak na hodnotu, kdy dojde k varu a tím, k odebrání tepla z okolí (dodání skupenského tepla). V případě, že je kondenzační teplota/teplota varu zvolena např. na cca $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, je povrchová teplota chladiče téměř $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (při zanedbání ztrát apod.). Plynná fáze za nízkého tlaku je následně přivedena na sání kompresoru (4, 7, 10).

Pro tepelná čerpadla se režim chlazení obrátí – výparník je umístěn ve vnějším prostředí a ochlazuje např. okolní vzduch. Výparná teplota pak musí být zvolena na cca. $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ aby okolní vzduch dokázal chladivo ohřát nad teplotu varu. Pracovní látka v plynné fázi stlačená kompresorem se podle termodynamických zákonů ohřeje na cca $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a skupenské teplo předá výměníkem páry chladiva/topná voda (kondenzátor) do topné soustavy. Tím se také pracovní látka ochladí na cca $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a je vedena v kapalně fázi za vysokého tlaku do venkovního výparníku, kde přes expanzní ventil se sníží pracovní tlak a chladivo začne „vařit“ – mění se na plynnou fázi – k tomu je potřeba dodat skupenské teplo - odebírá teplo okolnímu prostředí a v plynné fázi za nízkého tlaku se vrací na sání kompresoru – při teplotě zhruba stejné jako venkovní vzduch (4, 7, 10).

Princip tepelného čerpadla lze vidět na obrázku níže.



obr. 10: Princip tepelného čerpadla (36)

Způsoby získávání primárního tepla:

- **z okolního venkovního vzduchu**

Výhoda tohoto způsobu spočívá v levnější instalaci. Nemusí se dělat žádné zemní práce. Abychom zajistili potřebný topný výkon venkovního vzduchového výměníku při jeho malých rozměrech, musíme venkovní vzduch přes výměník nuceně prohánět pomocí ventilátoru. To znamená, že do okolí se přenáší hluk ventilátoru a s klesající venkovní teplotou klesá také účinnost tepelného čerpadla, jelikož klesá diferenční teplota na venkovním výměníku. Standardní tepelné čerpadlo tohoto provedení pracují do venkovní teploty $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při nižších teplotách je nutné zapnout běžný elektrokotel pro ohřev topné vody (7).

Nevýhoda ohřevu venkovním vzduchem spočívá v namrzání venkovního výměníku (kondenzace vzdušné vlhkosti), což snižuje účinnost výměníku, který se musí opakovaně odmrazovat.

Většinou se používá splitové provedení. Splitové provedení je takové provedení, kdy je použita samostatná venkovní jednotka (výparník) a samostatná vnitřní jednotka (kondenzátor), které jsou propojeny relativně tenkým potrubím s chladičem. Potrubí lze prakticky libovolně vést s minimálními tepelnými ztrátami až do vzdálenosti 75 m od vnitřní jednotky. Splitovou venkovní jednotku lze velmi snadno umístit kdekoliv v okolí vytápěného objektu (7).

- **z odpadního vzduchu**

Princip je stejný, jak u předchozího bodu a), jelikož však odpadní vzduch je teplejší, než venkovní vzduch, tepelné čerpadlo pracuje s vyšší účinností a pokud je odpadní vzduch dostatečně teplý, není nutné se řešit odmrazování venkovního výměníku (7).

- **z půdy**

Jako venkovní výměník se používají zemní kolektory, které jsou tvořeny soustavou potrubí uloženého pod povrchem země v nezámrzné hloubce – většinou se osazují do hloubky 1,2 m. Při této instalaci v letním období slunce může ohřívat okolní zeminu tak, aby v zimě zase tato mohla být ochlazována tepelným čerpadlem. Výhodou tohoto provedení spočívá ve stálosti okolních teplot, které se nedostanou pod bod mrazu. Nevýhoda je velká prostorová náročnost na realizaci tohoto zapojení a poměrně malá hodnota Δt na chladné straně cca $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7).

- **z hlubinných vrtů**

Podobné, jako výměník v půdě, Vrtly jsou realizovány do hloubky přes 100 metrů, tudíž pro oběh chladícího média je nutné osadit poměrně výkonná čerpadla. Nevýhoda vrtů spočívá v nákladné instalaci a nebezpečí poškození vrtů při tektonických posuvech. Výhoda spočívá v malé prostorové náročnosti (7).

- **z povrchových vod**

Z povrchových vod je to v našich podmínkách vhodné jen tehdy, když je dostatečně silný zdroj povrchové vody (řeky a jezera). U nás to standardně vodohospodářské orgány nepovolují, protože průtoky v řekách jsou velmi kolísavé (7).

Topný faktor:

„Topný faktor je základním parametrem tepelných čerpadel a značí se COP (coefficient of performance). Toto bezrozměrné číslo vypovídá o „účinnosti“ tepelného čerpadla“ (7, s. 9).

Topný faktor udává poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Čím vyšší je hodnota topného faktoru, tím lepší je tepelné čerpadlo, protože je jeho provoz levnější. Nejlepší tepelná čerpadla mohou nabývat za optimálních podmínek hodnoty až 7 a nikdy se nedostane pod hodnotu 1. Nejběžnější jsou však hodnoty v rozmezí od 2,5 do 5. Hodnota se mění podle podmínek, v nichž tepelné čerpadlo pracuje (7).

Výpočet topného faktoru definuje norma EN 14 511 tak, aby výrobci stanovili tento faktor při stejných vstupních podmínkách. Nejčastěji je definován topný faktor při výstupní teplotě teplé vody 35 °C (50 °C). Vstupní teplota, ze které je teplo odebíráno, je definována nejčastěji u vzduchu + 5 °C, nebo + 7 °C. U země se používá výpočtová teplota nejčastěji 20 °C. S rostoucí teplotou vyrobené teplé vody topný faktor klesá, stejně jako s klesající primární teplotou (7).

U topného faktoru velmi záleží na okolní teplotě a potřebě výstupní teploty vody. Normativně 35 °C je poměrně nízká teplota, dostačující k ohřevu podlahového, nebo stěnového vytápění. Pro ohřívání teplé užitkové vody budeme však potřebovat minimálně 50 °C (7).

tab. 4: Parametry tepelného čerpadla Greenline C6 typu země/voda (44, s. 56)

| Parametry | Topný výkon (kW) | El. Příkon (kW) | COP (-) |
|---------------|-------------------------------|-----------------|---------|
| Při 0/35 °C | 5,9 | 1,4 | 4,2 |
| Při 0/45 °C | 5,6 | 1,7 | 3,3 |
| Při 0/50 °C | 5,4 | 1,8 | 3,0 |
| Při 0/60 °C | 5,1 | 2,2 | 2,3 |
| Rozsah teplot | Max. teplota topné vody 65 °C | | |

tab. 5: Parametry tepelného čerpadla WPL 10 typu vzduch/voda (45, s. 57)

| Parametry | Topný výkon (kW) | El. Příkon (kW) | COP (-) |
|---------------|---|-----------------|---------|
| Při 0/35 °C | 6,0 | 2,0 | 3,0 |
| Při 0/50 °C | 5,4 | 2,2 | 2,4 |
| Při 0/60 °C | 4,6 | 2,2 | 2,1 |
| Rozsah teplot | Min. teplota vzduchu – 20 °C, max. teplota topné vody 60 °C | | |

Z uvedených dat v tabulkách vyplývá, že parametry tepelného čerpadla typu země/voda má nižší elektrický příkon a vyšší topný faktor než tepelné čerpadlo typu vzduch/voda. Lepších výsledků dosahuje tepelné čerpadlo země/voda, ale je náročnější na instalaci, opravu a provoz.

Využití tepelného čerpadla:

Tepelné čerpadlo můžeme využít několika způsoby. Nejčastěji ho používáme jako elektrokotel, nebo nám slouží k ohřevu bazénové vody a vířivek, také se dá použít v kombinaci tepelného čerpadla a solárních kolektorů. V neposlední řadě je tepelné čerpadlo nedílná součást chlazení a klimatizace (7).

Ostatní provozní výhody

Velkou výhodou tepelného čerpadla pro rodinné domy je zařazení ekonomicky výhodné sazby *D56d* elektřiny nejen pro pohon tepelného čerpadla, ale i pro ostatní domácí spotřebiče. Tato výhoda platí jen pro malé odběratele (obyvatelstvo v rodinných domech). Ceny elektrické energie jsou závislé především na sjednaných sazbách, které jsou odvislé od způsobu využití el. energie (15). Všechny distribuční sazby jsou uvedené v tabulce č. 6.

Pokud elektrická energie neslouží k vytápění, používají se jednotarifní produkt *STANDARD*. Většina domácností používá elektřinu pouze pro osvětlení, vaření a napájení běžných domácích spotřebičů (TV, pračka, lednička, žehlička apod.). Odhadem 3/4 tuzemské populace mají sjednanou pouze jednotarifní sazbu (15).

Dvoutarifní sazby jsou určeny jenom a pouze pro domácnosti, ve kterých elektřina slouží pro vytápění nebo ohřev vody. Dvoutarifní sazba musí být předem sjednána a distributor elektrické energie specifikuje nutné připojovací podmínky. Mezi ně patří například blokování chodu topných zařízení v době vysokého tarifu (15).

tab. 6: Distribuční sazby (46)

| Tarify | Produkt | Popis |
|--------|----------------|---|
| D01d | Standard | 24 hodin VT, nižší spotřeba |
| D02d | Standard | 24 hodin VT, vyšší spotřeba |
| D25d | Akumulace 8 | Akumulační ohřev vody, 8 hodin NT, nižší spotřeba |
| D26d | Akumulace 8 | Akumulační ohřev vody + vytápění, 8 hodin NT, vyšší spot. |
| D35d | Akumulace 16 | Smíšené vytápění- akumulární a přímot. Vyt., 16 hodin NT |
| D45d | Akumulace 16 | Přímotop, 20 hodin NT |
| D55d | Tepelné čerp. | Tepelné čerpadlo, 22 hodin NT do 31.3.2005 |
| D56d | Tepelné čerp. | Tepelné čerpadlo, 22 hodin NT od 1.4.2005 |
| D61d | Chata, chalupa | Levnější elektřina NT od pá 12:00 - ne 22:00 |

Sazba *D01d* je určena pro menší spotřebu (nízké měsíční poplatky, ale vyšší cena za kWh), tedy spíše pro jednočlenné a dvoučlenné domácnosti. Sazba *D02d* je výhodná pro běžnou spotřebu (vyšší měsíční poplatky, nižší cena za kWh elektřiny), tedy pro standardní domy a byty. *D61d* slouží pro víkendový režim a používá se pro rekreační objekty, kdy během víkendu je cena přibližně 70 % průměrné ceny za kWh a po dobu pracovních dnů je cena zvýšená na zhruba 160 % běžné ceny. Pro „normální“ domácnosti jsou zkrátka tarify v sazbě *D61d* nevýhodné (15).

Pro tepelné čerpadlo je určena sazba *D56d*. Tepelné čerpadlo, jako nízkopotenciální zdroj má sazbu vysokého tarifu, kde je jeho provoz blokován, pouze 2 hodiny denně. Časový úsek je rozdělen na dvě části po jedné hodině. U přímotopu *D45d* je doba vysokého tarifu - doba vypnutí topného zdroje 4 hodiny denně (15).

Podmínky pro sazbu D56d (36):

- Odběratel musí příslušnému distributorovi elektřiny věrohodným způsobem prokázat (protokol o instalaci tepelného čerpadla a revizní zpráva), že pro vytápění objektu je řádně nainstalován a používán systém vytápění s tepelným čerpadlem, jehož tepelný výkon kryje minimálně 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu.
- Odběratel musí zajistit technické blokování topných elektrických spotřebičů po dobu platnosti vysokého tarifu.
- Majitel musí uvést Tepelné čerpadlo do provozu od 1. 4. 2005 a dále.

Podle ceníku elektrárenských společností vychází průměrná cena elektrické energie v sazbě tepelné čerpadlo včetně distribuce a dalších poplatků 1,8 x levněji než standardní sazba *D02d*, která je určena pro domácnosti bez elektrického vytápění. Tudíž tato levnější energie v sazbě *D56d* slouží i pro ostatní domácí spotřebiče, jako je například elektrický sporák, elektrická trouba, lednička, mraznička a další poměrně energeticky náročné spotřebiče (15).

Navržení výkonnostní řady a konstrukce tepelného čerpadla

Nejdříve musíme zvolit vhodné provedení tepelného čerpadla. Musíme zhodnotit prostorové a hlukové nároky a eventuálně zvážit okolní vhodné zdroje. Pro instalaci tepelného čerpadla je bezpodmínečně nutné mít dostatečnou kapacitu elektrické přípojky. To znamená, že pokud použijeme tepelné čerpadlo o výkonu cca 8 kW v bivalentním provozu, je nutné pro toto čerpadlo mít k dispozici přívod 400 V a 16 A, tudíž domovní přípojka musí být dimenzována minimálně na odběr 400 V, 25 A. Pro příklad zvolím samostatně stojící rodinný dům s poměrně velkým přilehlým pozemkem. V tomto případě můžeme použít dva nejběžnější typy, jako jsou vzduch/voda, země/voda. Pokud máme dostatečnou plochu přilehlého pozemku, můžeme z ekonomických důvodů vyloučit provedení čerpadla země/voda s použitím vrtů. Zůstal nám tedy typ vzduch/voda a země/voda s použitím zemních kolektorů. Při provedení země/voda s kolektory lze dosáhnout vyššího topného faktoru, avšak za cenu vyšších pořizovacích nákladů (7).

Určení velikosti tepelného čerpadla

„Ke stanovení potřebného výkonu tepelných čerpadel je nutné vycházet z normy ČSN 06 210 – výpočet tepelné ztráty“ (7, s. 53).

Tepelná čerpadla můžeme navrhnout pro monovalentní provoz. To znamená, že výkon tepelného čerpadla plně pokrývá vypočtené tepelné ztráty objektu, nebo častěji pro bivalentní provoz, kdy pro výpočtovou venkovní teplotu je nutné zajistit další zdroj tepelné energie, nejčastěji elektrokotel (7).

Tepelné čerpadlo typu země/voda obvykle dimenzujeme na výkon, který odpovídá 60 – 80 % vypočtené tepelné ztráty při bivalentním provozu a tepelné čerpadlo vzduch/voda navrhujeme pro bivalentní provoz na výkon zhruba 70 – 90 % vypočtené tepelné ztráty. „Bod bivalence se u zemních tepelných čerpadel volí v rozmezí venkovních teplot -5 až -8 °C“ (7, s. 53).

U běžných vzduchových to bývá v rozmezí teplot -3 až -5 °C, avšak u špičkových tepelných čerpadel, které využívají přímého vstřikování chladiva pod hlavu kompresoru je bod bivalence až -15 °C (7).

Jelikož potřeba výkonu pro vytápění se během roku mění v závislosti na venkovní teplotě, kdy nejnižší venkovní teplota bývá pouze několik málo dnů v roce, není ekonomické dimenzovat tepelné čerpadlo na celý maximální výkon. Podle Počinkové a Treuové je venkovní teplota -10 °C pouze 135 hodin v roce, avšak teplota $+2$ °C je 2 251 hodin za rok (12).

Proto je ideální provozovat tepelné čerpadlo co nejdelší dobu na plný výkon, tudíž dimenzovat ho na menší výkon než je vypočtená topná ztráta (7).

Volba zdroje nízkoenergetického tepla pro tepelné čerpadlo

Pro tepelné čerpadlo typu *země/voda* máme k dispozici dvě možná řešení.

- **geotermální vrt**

Při použití vrtu můžeme uvažovat s teoretickým ziskem vrtu v normální pevné hornině zhruba 50 W/m. To znamená, že například, při volbě tepelného čerpadla o výkonu 8 kW, potřebujeme vrt v celkové délce 160 metrů. Jelikož vrty hlubší než 100 m jsou technicky náročné a tím pádem nákladné, použijí se dva vrty s hloubkou 80 m. Teoretický energetický zisk vrtu je ovlivněn typem horniny, kdy suché sedimenty vykazují nejnižší energetické zisky, zhruba 20 W/m a sedimenty se spodní vodou (štěrk a písky) vykazují zisk až 80 – 100 W/m, tudíž při volbě tepelného čerpadla je nutné zohlednit tepelnou vodivost horniny. Geotermální

vrty podléhají stavebnímu řízení a před zahájením je nutné zpracovat hydrogeologický posudek a vodohospodářský projekt (7).

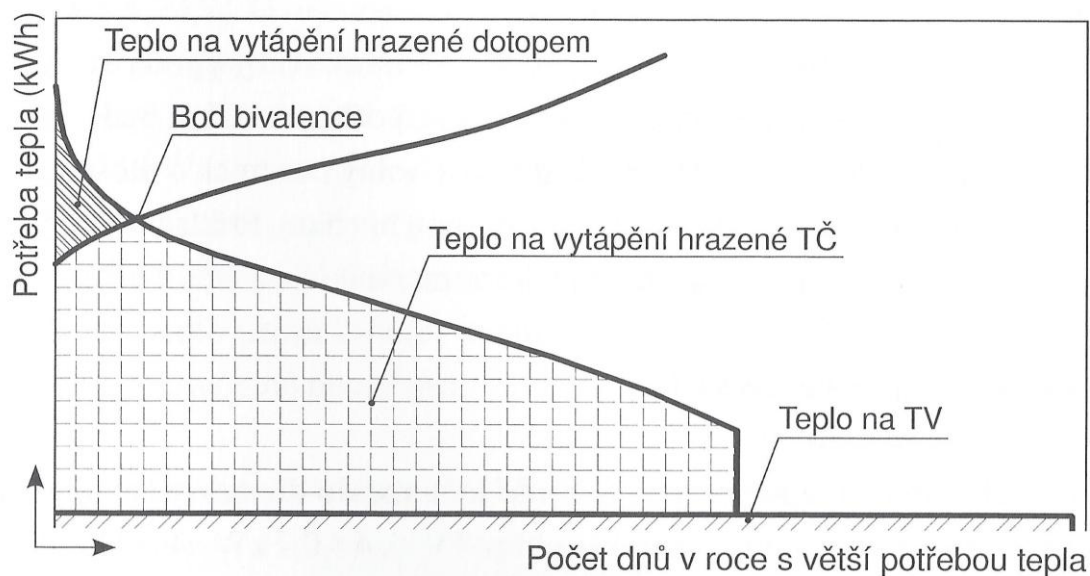
- **plošný kolektor**

Plošný zemní kolektor je podstatně méně náročný na realizaci, než geotermální vrt. Pro výstavbu není potřebný projekt, stačí pouze ohláška na stavebním úřadě. Vybraný pozemek pro umístění zemního kolektoru musí mít dostatečnou plochu, a jelikož také pracuje v létě s energií slunce, nesmí být tento pozemek zastíněn. Dále je nutné uvažovat s termickými vlastnostmi půdy v místě instalace. Kolektor bývá vyroben z polyethylenového potrubí, které se klade do výkopu, v nezámrazné hloubce. V našich geografických podmínkách se doporučuje hloubka 1,2 – 1,5 m. Vybraný pozemek nesmí být dále upravován například nestavět na něm další stavby, komunikace a nesmí v něm být položeny síťové rozvody, jako například kanalizace, vodovod, elektrické přípojky apod. Podle vlastností a druhu půdy kolísá výkon tepla získaný ze země mezi 8 – 32 W/m². Suchá hornina nám dává zhruba 8 W/m², vlhké horniny (štěrky a písky) zhruba 20 W/m² a štěrky a písky z protékající spodní vodou až 32 W/m². Z toho vyplývá, že při potřebě 8 kW zemního tepla potřebuje při vlhké zemině plochu zemního kolektoru minimálně 400 m². K této ploše je nutné započítat bezpečnostní vzdálenost kolektoru 1,5 m od základu budov, celková plocha pozemku bude ještě o něco vyšší (7).

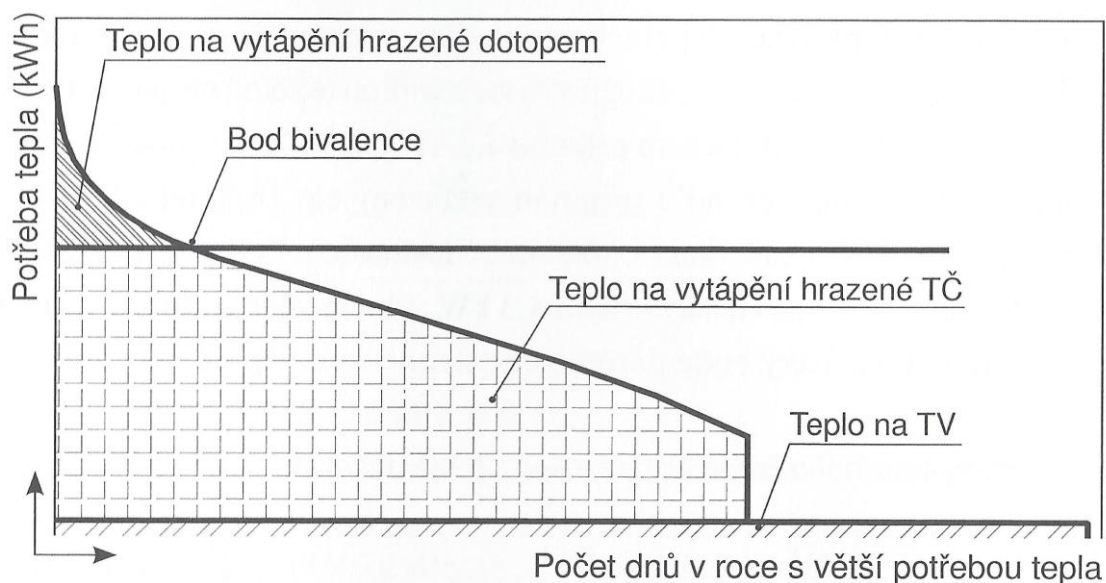
- **Tepelné čerpadlo *vzduch/voda***

Pro tento typ provedení není důležitá velikost pozemku ani typ horniny. Vhodné je však umístění kondenzátoru na jižní osluněnou stranu a je nutné zohlednit také možnost odvodu vzdušného kondenzátu do země (štěrkopískové lože). Obsah energie ve vzduchu silně závisí na jeho vlhkosti. Je-li vzduch chladný, je v něm i málo vlhkosti. Na rozdíl od ostatních látek (voda horniny), není množství energie ve vzduchu přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. Z toho vyplývá, že v době nejnižších venkovních teplot pracuje tepelné čerpadlo s nejnižším tepelným faktorem, viz obrázek č. 11. Nevýhodou odběru tepla ze vzduchu může být v některých případech hlučnost ventilátoru u výparníku. Ventilátor produkuje hluk mezi 40 – 50 dB. Vnímání hluku je individuální, že i zařízení, které vyhovuje hygienickým předpisům, bude například vadit sousedům. Z tohoto důvodu se tento typ čerpadla většinou nedá použít u řadové zástavby. Alternativou, jak eliminovat hluk je nasazení kompaktního tepelného čerpadla uvnitř budovy (nesplitové provedení). Toto nasává okolní vzduch pomocí otvoru v obvodovém zdivu. Otvory pro přívod a odvod vzduchu je třeba situovat tak, aby ochlazený (vydechovaný) vzduch, nebyl nasáván zpět do tepelného čerpadla a aby se omezilo

případné šíření hluku. Při požadavku mimořádného útlumu hluku lze s úspěchem využít i tlumičů, které tento problém řeší (7).



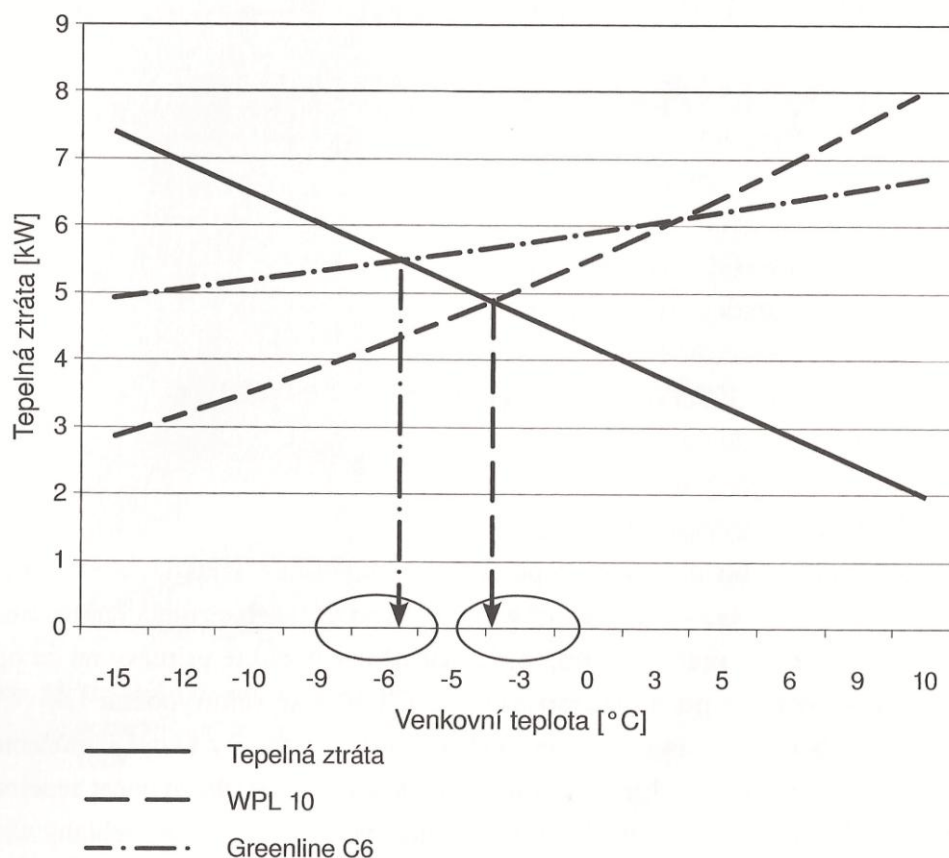
obr. 11: Pokrytí dodávky tepla, tepelné čerpadlo vzduch/voda (37)



obr. 12: Pokrytí dodávky tepla tepelným čerpadlem země/voda (37)

Obrázky výše ilustrují pokrytí dodávky tepla u tepelných čerpadel. Dále lze vidět bod bivalence, který určuje hranici, kdy je nutné přitápět externím zdrojem tepla. Dále z obrázku výše je patrná klesající účinnost tepelného čerpadla vzduch/voda v závislosti na venkovní teplotě, na rozdíl od typu země/voda, kde je konstantní účinnost (nemění se v závislosti na

venkovní teplotě). Od bodu bivalence tepelné čerpadlo vzduch/voda potřebuje větší množství externího tepla – viz šrafovaná plocha (7).



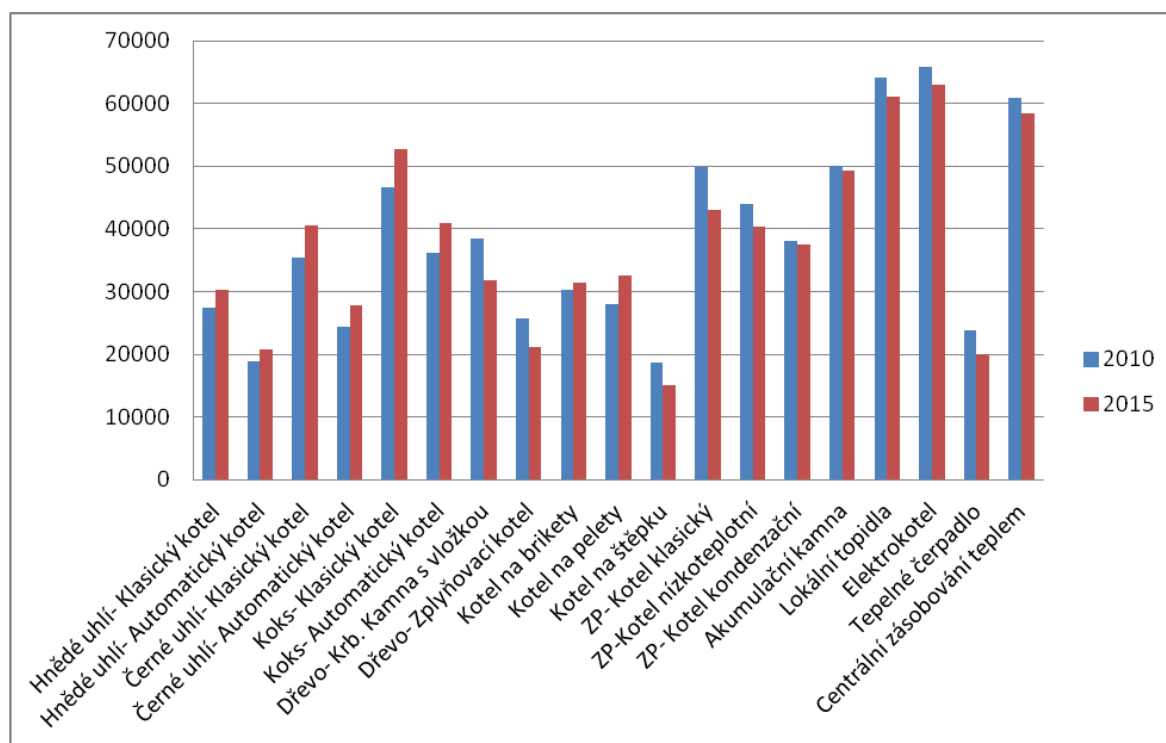
obr. 13: Průběh tepelných ztrát v závislosti na venkovní teplotě (38)

Bod kdy nepokrývá výkon tepelného čerpadla tepelné ztráty objektu je u provedení země/voda zhruba při $-5,5\text{ °C}$ a u provedení vzduch / voda je to $-3,9\text{ °C}$. Tepelné čerpadlo typu země/voda dokáže pracovat při nižších teplotách, než tepelné čerpadlo typu vzduch/voda a tím snižuje provozní náročnost a dosahuje vyššího topného faktoru. Průběh tepelných ztrát v závislosti na venkovní teplotě je uveden na obrázku č. 13.

Ekonomické zhodnocení

Ekonomické srovnání na vytápění je provedeno pro objekt s roční potřebou tepla na vytápění 26 MWh. Tato potřeba tepla odpovídá průměrně velkému rodinnému domu s odpovídajícími tepelnými odpory a tepelnou ztrátou 12 kW. Výpočtová teplota je -15 °C s délkou otopného období 230 dnů a průměrnou teplotou $3,6\text{ °C}$. Rodinný dům je situován v okolí Vsetína, který leží 346 m. n. m. (12).

Provozní náklady na vytápění



graf. 1: Porovnání nákladů na vytápění v letech 2010 a 2015 (12, 49 a vlastní zdroj)

V uvedeném grafu lze vidět porovnání nákladů na vytápění. V dnešní době většina obyvatel rodinných domů vytápí dřevem nebo plynem. Dle pramenů Českého statistického úřadu (16) bydlí v bytech zhruba 70 % obyvatelstva a většina těchto bytů je vytápěna z centrálního zásobování teplem. Centrální zásobování teplem i přes zlevnění energie je stále nejdražší způsob vytápění. Od roku 2002 do roku 2013 docházelo k meziročnímu nárůstu ceny elektrické energie cca o 6,5 %. U zemního plynu to bylo dokonce až o cca 9 %. Avšak po celosvětovém poklesu ceny ropy v roce 2014 se začaly snižovat ceny i ostatních energetických surovin pro velkoodběratele. Rozdíly jsou již patrné u zemního plynu, kde jeho náklady na vytápění klesly i přes devalvaci české koruny vůči USD. To samé platí pro centrální zásobování teplem a cenu elektřiny. Ceny všech druhů energií jsou bohužel silně ovlivňovány různými dotacemi výrobců, čímž se náklady přenáší na zákazníky a cena energie je tím zkreslená. Dotace pro fotovoltaické elektrárny zvyšují cenu elektřiny, dotace pro teplárny zvyšují cenu dřevní štěpky, briket a pelet (12).

Kromě nákladů na vytápění musíme zahrnout do provozních energetických nákladů i spotřebu elektrické energie pro osvětlení, vaření, multimediální techniku, kde lze pro posuzovaný dům uvažovat se spotřebou cca 1200 kWh os/rok (12).

Dále významná část je spotřeba energie na ohřev teplé vody, která je stanovena orientačně na 45 l os/den při teplotě 55 °C a ztrátách v rozvodech 20 %. Vyčíslení jednotlivých provozních nákladů u našeho řešeného případu je pak: Vytápění 71,2 %, teplá voda 13,7 % a ostatní odběry 15,1 % (16).

Investiční náklady

Pokud se zaměříme na segment rodinných domů, budeme hodnotit čtyři typy vytápění a jeho náklady na pořízení.

tab. 7: Investiční náklady - vytápění pomocí teplovodního systému (47, s. 8)

| Varianta | Zdroj tepla | Příprava TV | Ostatní | Celkem | Odhadovaná Životnost |
|--------------------|-------------|-------------|---------|---------|----------------------|
| Kotel na pelety | 65 000 | 6 000 | 35 000 | 106 000 | 15 let |
| Elektrokotel | 15 000 | 3 000 | 8 000 | 26 000 | 20 let |
| Plynový kotel* | 50 000 | 6 000 | 20 000 | 76 000 | 12 let |
| Tepelné čerpadlo** | 250 000 | 6 000 | 5 000 | 261 000 | 12 let |

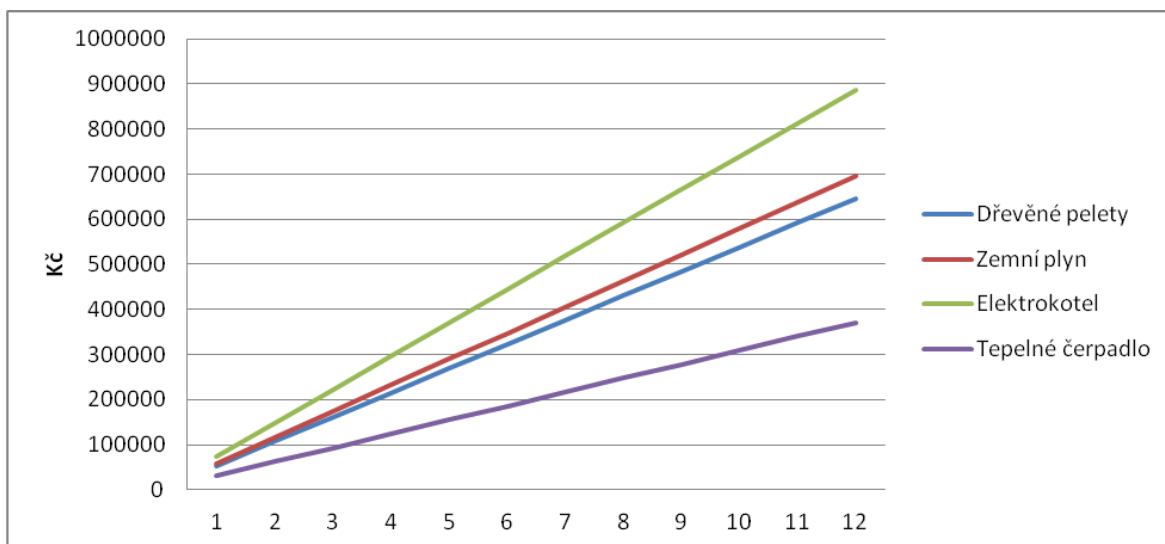
*plynový kotel kondenzační

**tepelné čerpadlo vzduch/voda

Příprava teplé vody zahrnuje pořízení nepřímo ohřívaného bojleru, u elektrokotle se jedná o elektricky ohříváný bojler. Ostatní náklady zahrnují pořízení spalinové cesty (komínu), náklady na přípojku plynu a náklady na akumulaci nádrží či regulaci teploty topné vody. Nejdražší zdroj tepla je jednoznačně tepelné čerpadlo, následované kotlem na pelety. Nejlevněji pak pořídíme elektrokotel (12).

Vyhodnocení způsobů

V této kapitole zjistíme, že efektivitu vytápění ovlivňují provozní a investiční náklady. Z následujícího grafu vidíme, že v horizontu životnosti zdroje tepla se investice do pořízení provozně nejúspornějšího tepelného čerpadla vyrovná s investicí do kotle na dřevěné pelety už za 7 let. Investice do tepelného čerpadla v porovnání s provozně nejdražším elektrokotlem se vyplatí již po 5 letech provozu, což je doloženo v grafu č. 2.



graf. 2: Vyhodnocení provozních nákladů v časovém horizontu 12 let (12 a vlastní zdroj)

Toto vyhodnocení je stanovené za předpokladu nulové inflace a konstantních cen energie, jako v roce 2015. V současné době, při nízkých úrokových sazbách bankovních institucí (hypoteční sazba cca 3,5 %) je zřejmé, že i v případě využití hypotéky pro financování je velmi výhodné pořízení tepelného čerpadla z úvěru. Investice do tepelného čerpadla se vrátí již v polovině životního cyklu.

5 Případová studie

5.1 Zkoumaný prvek: Tepelné čerpadlo

Popis situace

Zkoumaná bytová jednotka o rozloze 128 m² je rodinný dům postavený v roce 2006. Dům má výpočtovou tepelnou ztrátu 14 kW, jako obvodové zdivo je použita keramická tvárnice Porotherm o tloušťce 36,5 cm. Součinitel prostupu tepla je menší než 0,38 W/(m²·K). Zateplení je realizované polystyrénovým fasádním obkladem o tloušťce 10 cm se součinitelem prostupu tepla o hodnotě 0,33 W/(m²·K). Z těchto údajů je jasné, že nesplňuje hodnoty pro pasivní dům, ale i dnes plní minimální standardy pro obytné budovy. Bytová jednotka se nachází ve Zlínském kraji v obci Vizovice. Pozemek se nachází 324 m. n. m., a je orientován na jihozápad. Rodinný dům je velký 4+1 s podsklepenou garáží. Střešní konstrukce je zateplená minerální vatou o min. tloušťce 20 cm, okna jsou plastová tříkomorová a dvojsklem se součinitelem prostupu tepla 1,2 W/(m²·K).

Výběr řešení

Tepelné čerpadlo bylo zvoleno z důvodu očekávaného růstu cen elektrické energie. Původně bylo navrženo vytápění s použitím elektrokotle. Vzhledem k tomu, že zemní vrty jsou finančně náročné a pro zemní kolektor nemá uvažovaný pozemek dostatečnou plochu, rozhodli jsme se pro konstrukční typ vzduch/voda. Při výběru vhodného tepelného čerpadla hráli roli tyto podmínky: kompaktní provedení, rozměry, integrovaný ohřívač topné vody, který nahrazuje i akumulační nádobu. Tím bylo docíleno minimálních prostorových nároků. Dalším faktorem při výběru byla finanční náročnost a možnost udělat instalaci čerpadla svépomocí.

- **Technické parametry**

tab. 8: Základní informace tepelného čerpadla (48, s. 95)

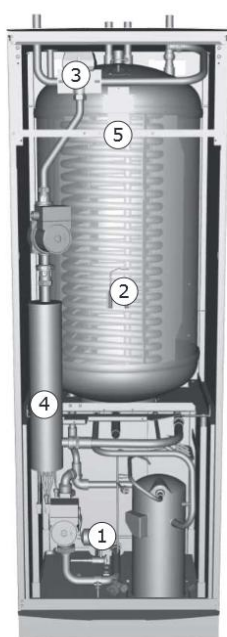
| | |
|-----------------------|------------------|
| Firma | Thermia |
| Název produktu | Atria Optimum 12 |
| Typ | vzduch/voda |

tab. 9: Základní parametry tepelného čerpadla (48, s. 95)

| | |
|---------------------------------|-----|
| Chladivo R404A (kg) | 1,6 |
| Hlavní přívod (V) | 400 |
| Topný výkon (kW) | 9,8 |
| COP | 3,6 |
| Příkon (kW) | 2,7 |
| TUV (l) | 180 |
| Hmotnost venkovní jednotky (kg) | 94 |
| Hmotnost vnitřní jednotky (kg) | 268 |

Mezi hlavní parametry, které jsme od tepelného čerpadla požadovali, byl především topný výkon, topný faktor, rozsah venkovních teplot a výstupní teplota minimálně +55 °C z důvodů použití radiátorů v domě. Athria optimum 12 pracuje až do venkovní teploty -20 °C a topný faktor má cca. 3,6. Topný výkon pak výrobce uvádí 9,8 kW. Výpočtem byl stanoven bod bivalence -9 °C, ale v reálu je bod bivalence zhruba -5 °C. Od této teploty si tepelné čerpadlo pomáhá zapnutím přímotopu.

Schéma vnitřní jednotky



1. Tepelné čerpadlo s kompresorem
2. Ohřívač vody
3. Přepínací ventil nebo směšovací ventil
4. Přídavné topení
5. Kontrolní zařízení

Obr. 14: Schéma tepelného čerpadla (39)

- **Jednotka tepelného čerpadla**

Obsahuje kompresor. Výměník tepla je vyroben z nerezové oceli. Dále v části 1. můžeme sledovat oběhová čerpadla primárního a topného systému, ventily a bezpečnostní zařízení.

- **Ohříváč vody**

Obsah nádrže je 180 litrů. Ohříváč vody má vnitřní ochranu proti korozi z mědi, nebo nerezavějící oceli.

- **Přepínací a směšovací ventil**

Ohřátá voda buď prochází do topného systému, nebo do ohříváče vody, v závislosti na tom, zda se vyžaduje vytápění, nebo ohřev teplé vody.

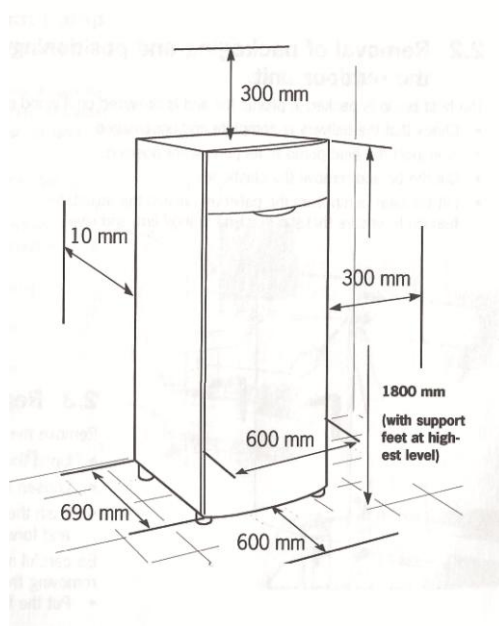
- **Přídavné topení**

Je realizováno elektrickým přímotopem (9 kW na 230 V) a je nainstalován na napájecím vedení. Pokrývá potřebu energie, kterou nedokáže tepelné čerpadlo zařídit z důvodů eventuální poruchy nebo překročení bivalentního bodu, či poklesu venkovní teploty pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Kontrolní zařízení**

Součástí kontrolního zařízení je řídicí jednotka s komunikačním rozhraním. Dále obsahuje teplotní senzor (venkovní, přívod/vrat topné vody, přívod/vrat nemrznoucí směsi primárního okruhu a teplotu TV). Dále pak obsahuje pokojový senzor, který je volitelný.

Nutný volný prostor a rozměry tepelného čerpadla



Obr. 15: Rozměry tepelného čerpadla (40)

Prostor kolem čerpadla je nutný z důvodu dobré manipulace a obsluhy, případně poté k dobrému přístupu pro servisní techniky.

Princip provozu

Provoz tepelného čerpadla v uvedené bytové jednotce můžeme zdokumentovat následujícími reálně zjištěnými hodnotami. Při venkovní teplotě +5 °C tepelné čerpadlo vyrábí topnou vodu s parametry na teplé straně: přívod +48 °C, vratná voda +34 °C, proto teplotní rozdíl Δt je 14 °C. Parametry na studené straně byly: přívodní teplota k venkovnímu vzduchovému výměníku -9 °C a vratná teplota 0 °C, Δt je 9 °C. Z těchto hodnot můžeme vypočítat, že venkovním vzduchem s teplotou +5 °C se docílí ohřevu teplotnosného média z -9 °C na 0 °C. Pokud tepelné čerpadlo má kromě funkce vytápěcí, zajistit i ohřev teplé užitkové vody (TUV), musí být schopno ohřát vodu minimálně na +55 °C, pro nízkoteplotní vytápění prostřednictvím radiátorů postačuje většinou teplota přívodu do +55 °C a teplota vratu do +40 °C, takže Δt vytápěcí vody je maximálně 15 °C. Pokud je použito nízkoteplotní vytápění prostřednictvím například podlahového topení, postačuje teplota topné vody maximálně +40 °C a teplota vratné vody pak je cca +25 °C.

Naproti tomu, aby čerpadlo odebíralo energii z okolního prostředí, mu většinou postačuje minimální rozdíl teplot +3 °C na chladné straně. Z toho vyplývá, že z teplotního rozdílu 3 °C na studené straně, dokáže tepelné čerpadlo udělat teplotní rozdíl až +15 °C na teplé straně. To znamená až pětinasobné zesílení rozdílů teplot.

Abychom dokázali ohřát chladící médium minimálně o 3 °C, musíme použít výměník, kde na jeho primární stranu přivádíme chladící médium a na sekundární straně odebíráme teplo z okolního prostředí.

Provoz tepelného čerpadla z ekonomického hlediska

Provoz tepelného čerpadla lze zdokumentovat podle ročního vyúčtování. Používáme dvoutarifní sazbu *D56d*. Jeho výhodou je, že se zde účtuje nízký tarif, který je ekonomicky výhodnější než vysoký tarif. V nízkém tarifu jsme za rok 2014 odebrali 15,516 MWh a ve vysokém pak 0,394 MWh. Za topení, ohřev teplé vody (TV) a ostatní náklady jsme zaplatili celkem 45 926 Kč. Za jistič se poté platí pevná částka, měsíčně 396 Kč. V roce 2014 byla mírná zima a náklady na vytápění byly nízké. Bod bivalence se překročil jen minimálně a nebyla potřeba dotáčet elektrickým přímotopem. Procentuální vyjádření na topení, ohřev a ostatní náklady na provoz tepelného čerpadla je uveden v následující tabulce č. 10.

tab. 10: Procentuální vyjádření nákladů na topení, ohřev TV a ostatní (vlastní zdroj)

| Spotřeba energie | Procentuální vyjádření | Částka v Kč |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Topení | 71,5 % | 32 837,- |
| Ohřev TV | 13,0 % | 5 970,- |
| Ostatní | 15,5 % | 7 118,53,- |

Do kategorie ostatní patří provoz počítačů, modemu na internet, televize apod. Z provozního hlediska tepelné čerpadlo funguje 8 let a nebylo potřeba mimo běžné údržby realizovat podstatný servisní zásah. V této době se nám již postupně formou úspory nákladů na provoz domu vrací náklady, které byly formou investice na pořízení tepelného čerpadla vloženy (viz kapitola 4, graf. 2). Při životnosti odhadované na 12 let by zařízení teoreticky mělo ještě 4 roky fungovat bez závad.

Závěr

Práce s názvem Vytápění, chlazení a klimatizace se zabývá problematikou využití obnovitelných zdrojů energie v oblasti bytové výstavby. Teoretická část práce tvoří ucelený materiál shrnující podstatné poznatky uvedené problematiky, dále byly vymezeny základní pojmy: vytápění, chlazení, větrání, a klimatizace. Téma práce je zacíleno na otázku efektivity, ekologie a ekonomiky provozu vytápěcích a klimatizačních zařízení. Popsány byly jednotlivé základní typy způsobů úpravy vnitřního prostředí, v teoretické části byly popsány principy chodu strojních zařízení, jako jsou: kompresorové a absorpční chlazení, nebo činnost rekuperátoru. Specifikovány byly základní v technické praxi používané zdroje energie pro chlazení a vytápění a používané teplotnosné látky. Větší pozornost byla zaměřena na tepelné čerpadlo z hlediska jeho použití, ekonomiky provozu a investičních nákladů, bylo provedeno porovnání s jinými způsoby vytápění.

V aplikační části je popsána reálná instalace tepelného čerpadla v rodinném domě. Zde bylo specifikováno technické řešení, analyzována byla ekonomika provozu zařízení. Z výsledků provedené analýzy vyplývá, že provoz tepelného čerpadla je úsporný a z uživatelského hlediska poskytuje vyšší standard v oblasti úpravy vnitřních podmínek v obytném prostoru.

Práce ukazuje, že tepelné čerpadlo se v dlouhodobém horizontu (přes vyšší investiční náklady) jeví jako ekonomicky nejvýhodnější způsob vytápění a současně využívá energii obnovitelných zdrojů, čímž přispívá ke zlepšení kvality životního prostředí. V následujícím období po úpravě příslušné legislativy bude možné využít střešních fotovoltaických panelů pro získání elektrické energie na pohon tepelného čerpadla a tím dále zlepšit jeho ekonomiku a snížit nároky na neobnovitelné zdroje. V budoucnu má velký potenciál rozvoj akumulčních zařízení pro dlouhodobé skladování elektrické energie.

Použitá literatura

- (1)BAŠTA, Jiří. *Velkoplošné sálavé vytápění: podlahové, stěnové a stropní vytápění a chlazení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010. 128 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3524-5.
- (2)DRKAL, František, LAIN, Miloš a ZMRHAL, Vladimír. *Klimatizace*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. 133 s. ISBN 978-80-01-05652-3.
- (3)DRKAL, František a ZMRHAL, Vladimír. *Větrání*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 157 s. ISBN 978-80-01-05181-8.
- (4)DUFKA, Jaroslav. *Vytápění: pro 3. ročník učebního oboru instalatér*. 2., přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2011. 175 s. ISBN 978-80-86817-43-9.
- (5)GALDA, Zdeněk. *Vzduchotechnika: studijní pomůcka k předmětu Klimatizace, větrání*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. 84 s. ISBN 978-80-7204-768-0.
- (6)HEMERKA, Jiří a VYBÍRAL, Pavel. *Filtrace atmosférického vzduchu*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. 110 s. ISBN 978-80-01-04902-0.
- (7)KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 109 s. Profi & hobby; 135. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (8)KOLONIČNÝ, Jan a PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ, Silvie. *Spalovací zařízení pro domácnosti do 50 kW na biomasu*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2011. 39 s. ISBN 978-80-248-2509-0.
- (9)LYČKA, Zdeněk. *Malé teplovodní kotle na pevná paliva: spalování pevných paliv po roce 2013*. 1. vyd. Krnov: LING Vydavatelství, 2012. 95 s. ISBN 978-80-904914-2-7.
- (10)MAREŠ, Radim. *Tabulky termodynamických vlastností vody a vodní páry: podle mezinárodní formulace pro průmyslové výpočty IAPWS-IF97*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008. 74 s. ISBN 978-80-7043-680-6.
- (11)PATURI, Felix R. *Kronika techniky*. 1. vyd. Praha: Fortuna Print, 1993. 651 s.
- (12)POČINKOVÁ, Marcela a TREUOVÁ, Lea. *Vytápění*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011. xvi, 151 s. Stavíme. Zařízení budov. ISBN 978-80-251-3329-3.
- (13)RUBINOVÁ, Olga a Aleš RUBINA. *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA group spol., 2004. ISBN 80-86517-30-6.
- (14)ŽERAVÍK, Antonín. *Stavíme tepelné čerpadlo: [návratnost i za jeden rok]*. Vyd. 1. Přerov: Antonín Žeravík, 2003. 311 s. ISBN 80-239-0275-X.

Elektronické zdroje

- (15) CENY ENERGIE. *Tarify a sazby elektřiny: Jak se v nich vyznat?* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/tarify-a-sazby-elekriny-jak-se-v-nich-vyznat/>
- (16) ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Sčítání lidí, domů a bytů: Základní výsledky* [online]. 2011, 26.3.2011 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/sldb/domov>
- (17) ELECTROLUX. *Rekuperace PAUL PAUL CLIMOS F 200:* [online]. 2014 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.aircomfort.cz/?p=127>
- (18) KÁZMEROVÁ, Kristína. Sorpční chladicí zařízení. *Tzbinfo* [online]. 2011 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/7712-sorpcni-chladici-zarizeni>
- (19) LAIN, Miloš. Nízkoenergetické chlazení budov. *Tzbinfo* [online]. 2003 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1702-nizkoenergeticke-chlazení-budov>
- (20) LAJČÍKOVÁ, A. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. *Elektroiontové mikroklima* [online]. 2007 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/elektroiontove-mikroklima>
- (21) WIKIPEDIE. *Fosilní palivo* [online]. 2015, 9.4.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Fosiln%C3%AD_palivo
- (22) WIKIPEDIE. *Větrná energie* [online]. 2015, 23.3.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C4%Btrn%C3%A1_energie
- (23) WIKIPEDIE. *Vodní elektrárna* [online]. 2015, 28.2.2015 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Vodn%C3%AD_elektr%C3%A1rna
- (24) WIKIPEDIE. *Ohniště* [online]. 2014, 19.2.2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ohni%C5%A1t%C4%B>
- (25) WIKIPEDIE. *Krb* [online]. 2014, 14.9.2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Krb>
- (26) WIKIPEDIE. *Ústřední topení* [online]. 2014, 6.1.2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C3%9Ast%C5%99edn%C3%AD_topen%C3%AD
- (27) ZIKÁN, Zdeněk. TZBINFO. *Zpětné získávání tepla a větrání objektů: Zpětné získávání tepla - deskový rekuperátor* [online]. 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>

Obrázky

- (28) JDK. *Refrigeration Components: Chladící okruh* [online]. 2012 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.jdk.cz/en/products/refrigeration-components>
- (29) TECHNET.CZ. *Teplárna chladí plzeňské pivo párou. Podívejte se jak* [online]. 2009 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://technet.idnes.cz/teplarna-chladi-plzenske-pivo-parou-podivejte-se-jak-pcm-/tec_reportaze.aspx?c=A090517_154022_tec_reportaze_rja
- (30) KP-KLIMA. *Vytápění/chlazení tepelnými čerpadly ZEMĚ-VODA + fancoil, radiator, podlaha* [online]. 2011 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.kpklima.cz/category/51/vytapeni-chlazení-tepelnými-čerpadly-zeme-voda---fancoil,-radiator,-podlaha>
- (31) PANELOVÉ DOMY/EKOWATT. *Přirozené větrání: Provětrávání* [online]. 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/vetrani/25-prirozene-vetrani>
- (32) ZIKÁN, Zdeněk. TZBINFO. *Zpětné získávání tepla a větrání objektů: Zpětné získávání tepla - deskový rekuperátor* [online]. 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- (33) LAIN, Miloš. TZBINFO. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II) Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/3688-zpetne-zis> Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci (II) Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>: Rotační regenerační výměníky* [online]. 2006 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3688-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-ii>
- (34) JINDRÁK, Martin. TZBINFO. *Zkušenosti s provozem pasivního domu - dřevostavby v České republice Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2503-zkusenosti-s-provozem-pasivniho-domu-drevostavby-v-ceske-republice-ii>* [online]. 2005 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2503-zkusenosti-s-provozem-pasivniho-domu-drevostavby-v-ceske-republice-ii>
- (35) ČERNÁ. COLDWELL BANKER. *Co znamená energetický štítek budov* [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://blog.coldwellbanker.cz/co-znamená-energeticky-stitek-budov/>

- (36) TECHMANIA. *Princip činnosti tepelného čerpadla* [online]. 2008 [cit. 2015-04-03].
Dostupné z:
http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4d6f6c656b756c6f76e12066797a696b61h&key=383
- (37) KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 55. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (38) KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 54. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (39) THERMIA VÄRMEPUMPAR. *Domestic heat pumps*. Švédsko, 2006.
- (40) THERMIA VÄRMEPUMPAR. *Instalační manuál*. Švédsko, 2006.

Tabulky a grafy

- (41) GALDA, Zdeněk. *Vzduchotechnika: studijní pomůcka k předmětu Klimatizace, větrání*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, s. 11. ISBN 978-80-7204-768-0.
- (42) CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. *Co je pasivní dům?: Nízkoenergetické a pasivní* [online]. 2014 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2?chapterId=>
- (43) WIKIPEDIE. *Tepelná vodivost* [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost
- (44) KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 56. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (45) KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, s. 57. ISBN 978-80-247-2720-2.
- (46) ČEZ A.S. *Ceník elektřiny skupiny ČEZ*. 2015. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/elektrina-2015/cez_cz_ele_cenikmoo_2015-01-01_comfort.pdf
- (47) VAVŘIČKA, Roman. *Bilance energetických potřeb u rodinného domu. Topenářství instalace*. 2013, č. 8, s. 43.
- (48) THERMIA. *Installation and Service instructions*. 2. vyd. Švédsko, 2006, 95 s.
- (49) SKUPINA ČEZ. *Ceník 2015* [online]. 2015 [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/ke-stazeni/ceniky/elektrina.html>

ANOTACE

| | |
|--------------------------|--|
| Jméno a příjmení: | Ondřej Dudík |
| Katedra: | Katedra technické a informační výchovy |
| Vedoucí práce: | Mgr. Martin Havelka, Ph.D |
| Rok obhajoby: | 2015 |

| | |
|------------------------------------|---|
| Název práce: | Vytápění, chlazení a klimatizace |
| Název v angličtině: | Heating, cooling and air conditioning |
| Anotace práce: | Tato práce se zabývá historií, současností a budoucími trendy v oblasti vytápění, chlazení, větrání a klimatizace bytových prostor a budov. Je koncepčně zaměřena na aspekty životního prostředí, ekonomiku provozu a investice do vytápění a klimatizace. V práci jsou uvedeny obecné principy vytápění, chlazení, větrání a klimatizace. Celkově bakalářská práce podává přehled o problematice, poznatcích a aspektech v uvedeném oboru. |
| Klíčová slova: | Vytápění, chlazení, větrání, klimatizace, tepelné čerpadlo |
| Anotace v angličtině: | This bachelor thesis deals with the history, present and future trends in the field of heating, cooling, ventilation and air conditioning of indoor spaces and buildings. The thesis is conceptually focused on aspects of the environment, economics of operation and investment in heating and air conditioning. Overall, the bachelor thesis gives an overview of the issues, findings and aspects of the given field. |
| Klíčová slova v angličtině: | Heating, cooling, ventilation, air conditioning, heat pump |
| Rozsah práce: | 45,3 normostran |
| Jazyk práce: | Český jazyk |