Jihočeská univerzita
Pedagogická fakulta

Katedra fyziky

MOŽNOSTI ÚSPOR PŘI VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

Autor: Radim Mazanec
Vedoucí práce: RNDr. Pavel Kříž, Ph.D.

Knihovna JU - PF
3115172522

České Budějovice 2006

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vytápění a zateplení rodinného domu. Je zde uveden přehled a porovnání parametrů různých typů vytápění a zateplovacích systémů s výpočtem jejich návratnosti. Součástí práce je i výpočet a porovnání několika typů vytápění s různými zatepleními na modelovém rodinném domě.

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with questions of heating and insulation in the family house. It presents the list and comparison of characteristics of various types of heating and insulation materials with calculation of their investment return. The thesis includes also calculation and comparison of several types of heating with various types of insulation on the model family house.

Poděkování

Tímto bych chtěl vyjádřit poděkování vedoucímu své bakalářské práce panu RNDr. Pavlu Křížovi, Ph.D. za pomoc při shromažďování podkladů a za cenné rady a připomínky k obsahu práce.

Radim Mazanec, duben, 2006

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem všechny použité zdroje uvedl v Seznamu použité literatury na konci této práce. Zároveň povoluji Katedře fyziky PF JU v Č. Budějovicích libovolné využití této práce.

Veselí nad Lužnicí, 28.4.2006 .....

podpis

OBSAH

ÚVOD....9

1.TEORIE....10

1.1. Získávání a sdílení tepla....10
1.2. Vnitřní prostředí budov (mikroklima)....11
1.3. Tepelná pohoda....13

2. RŮZNÉ DRUHY VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ....15

2.1. Volba vhodného druhu paliva....15
2.1.1. Plynná paliva....16
2.1.2. Pevná paliva....17
2.1.3. Elektřina....18
2.1.4.Kapalná paliva....18
2.2. Lokální vytápění....19
2.2.1. Elektrické lokální vytápění....20
2.2.1.1. Systém přímotopného vytápění....21
2.2.1.2. Systém elektrického akumulačního vytápění....24
2.2.1.3. Smíšené (hybridní) elektrické vytápění....26
2.2.2. Lokální topidla na tuhá paliva....27
2.2.3. Lokální topidla na kapalná paliva....28
2.2.4. Lokální topidla na plynná paliva....28
2.3. Centrální vytápění....31
2.3.1. Ústřední vytápění....31
2.3.1.1. Teplovzdušné vytápění....31
2.3.1.2. Teplovodní vytápění....34
2.3.1.3. Podlahové vytápění....38
2.4. Etážové vytápění....40

2.5. Otopná tělesa....41
2.5.1. Článková tělesa....42
2.5.2. Desková tělesa....42
2.5.3. Trubková tělesa....43
2.6. Kotle....43
2.6.1. Kotle na tuhá paliva....44
2.6.2. Kotle na plyn....46
2.6.3. Kotle na kapalná paliva....48
2.6.4. Elektrokotle....49
2.7. Alternativní druhy vytápění....50
2.7.1. Biomasa....50
2.7.2. Solární energie....52
2.7.3. Energie větru a vody....54
2.7.4. Tepelná čerpadla....54
2.7.4.1. Druhy tepelných čerpadel....58

3. Srovnání různých druhů vytápění....62

4. Různé druhy zateplení....65

4.1. Proč zateplovat?....66
4.2. Základní podmínky pro úspěšnou realizaci zateplení....66
4.3. Rozdělení zateplení....67
4.3.1. Vnitřní zateplení....68
4.3.2. Vnější zateplení....69
4.3.3. Nezateplený objekt....70
4.4. Tepelně izolační materiály....70
4.4.1. Nejúčinnější tepelné izolace....72
4.4.2. Ostatní tepelné izolace....76

5. Různé druhy staveb....79

5.1. Rozdělení staveb....79
5.2. Jaký zdící materiál je nejlepší?....83

6. Výpočet a porovnání několika typů vytápění s různými zatepleními.....86

6.1. Potřebné hodnoty pro výpočet.....87

6.2. Výpočet spotřeby energie na vytápění.....88

6.3. Modelový dům.....89

6.4. Úspora energie na vytápění.....93

6.5. Ekonomická návratnost zateplení.....96

Závěr.....99

Použitá literatura.....100

Úvod

Každý člověk, který přemýšlí o stavbě rodinného domu, by měl o stavebnictví alespoň něco málo vědět. V dnešní době je u většiny lidí na prvním místě finanční otázka. Proto je jejich snahou investovat do stavby domu co možná nejméně finančních prostředků. Na samotném stavebním materiálu nelze příliš ušetřit, ale vhodnou kombinací vytápění a zateplení lze snížit finanční náklady na provoz objektu. Každý objekt má svou tepelnou ztrátu. A jak se říká: „Teplo je nevděčná potvůrka. Dá-li se jí trošku prostoru, tak uteče". Z toho důvodu je důležité myslet při stavbě rodinného domu na jeho vhodné zateplení.

Tato bakalářská práce je zaměřena na různé možnosti vytápění a zateplení rodinného domu. Jsou zde uvedeny nejpoužívanější způsoby vytápění a zateplení. Snahou této práce je utvořit ucelený pohled na problematiku vytápění rodinných domů a různých možností jeho zateplení. Čtenář by měl být také schopen přibližně si vypočítat výhodnost či nevýhodnost vybraného typu vytápění a zateplení.

Tato práce je rozdělena do tří velkých oddílů. První se zabývá různými druhy vytápění rodinného domu a porovnáním jejich parametrů. Druhá část vyjmenovává různé druhy zateplení a následně je vzájemně porovnává. V poslední části je na modelovém domě ukázáno několik druhů vytápění a zateplení a je zde naznačen výpočet energetických ztrát budovy . Doufám, že se tato práce stane dobrým základem pro majitele rodinných domů, kteří přemýšlejí o možnostech úspor v jejich domě. Měla by sloužit především k přibližnému výpočtu tepelných ztrát objektu a základní orientaci v problematice vytápění a zateplení domu.

1. TEORIE

1.1. Získávání a sdílení tepla

Teplo je fyzikální veličina, která je částí vnitřní energie, kterou těleso přijme, nebo odevzdá při tepelné výměně druhému tělesu. Tepelná výměna je termodynamický děj, při kterém dochází k výměně tepla mezi dvěma tělesy s různou teplotou.Tepelná výměna vždy probíhá tak, že teplejší těleso (s vyšším teplotním potenciálem) předává část své vnitřní energie chladnějšímu tělesu (s nižším teplotním potenciálem).

Sdílení tepla je pro vytápěcí a větrací techniku velmi důležitý fyzikální jev. Sdílením tepla z povrchu lidského těla do okolí je zajišťována tepelná rovnováha člověka, z vytápěných místností prostupuje teplo stěnami do venkovního prostředí a naopak. Snahou je sdílení tepla otopných těles co nejvíce zvýšit, a to plochou otopných těles. Naopak u obvodových stěn a potrubí se vhodnou izolací sdílení tepla snižuje. Je důležité rozlišovat tři základní způsoby sdílení tepla, vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) a sáláním (radiací).

Sdílení tepla vedením (kondukcí)

Sdílení tepla vedením je způsob šíření tepla v nestejnoměrně ohřátém tělese předáváním tepelné energie mezi přímo se stýkajícími částmi tělesa (nezávisí na pohybu tělesa jako celku). Přenos tepla se děje prostřednictvím pohybu molekul ve vláknech nebo mezi vlákny, které jsou ve fyzickém kontaktu. Podmínkou pro vedení tepla je existence spojitého látkového prostředí (ve vakuu vedení tepla nenastane).

Sdílení tepla prouděním (konvekcí)

Přenos tepla prouděním se děje prostřednictvím pohybu lehčího, ohřátého vzduchu, který je samovolně nahrazován chladnějším, těžším vzduchem. Podmínkou pro přenos tepla prouděním je existence spojitého látkového prostředí. Tento děj probíhá jen v plynech a kapalinách. Tohoto způsobu sdílení tepla se využívá v otopných tělesech prostřednictvím teplosměnné látky.

Sdílení tepla sáláním (radiací)

Každé těleso vyzařuje energii je-li jeho teplota vyšší, než teplota absolutní nuly (T = 0K, t = -273,15 °C). Energie vyzařovaná tělesem se přenáší pomocí elektromagnetických vln. Elektromagnetické vlny se šíří ve vakuu rychlostí 3.10^8 $m.s^{-1}$ (viz. [10]). Tento přenos tepla je zprostředkován pomocí fotonů, což jsou částice, které přenášejí energii elektromagnetických vln, procházejících vzduchem, nebo vakuem. Změnou teploty se mění nejen intenzita záření vyzařovaného tělesem, ale také složení spektra. Na principu sdílení tepla sáláním pracují prakticky všechna otopná tělesa.

1.2. Vnitřní prostředí budov (mikroklima)

Vzhledem k době, kterou člověk stráví v interiérech budov, má jejich vnitřní prostředí významný vliv na lidské zdraví i psychickou pohodu. S kvalitou prostředí v budovách je spojován výskyt alergií a jiných obtíží dýchacích cest. Je známo, že pokud se v budovách nevyskytuje vlhkost a je dostatečně větráno, tzn. je zajištěn přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu, je riziko vzniku problémů spojených s kvalitou prostředí nízké.

Tvorba interního mikroklimatu představuje vytvoření požadovaného stavu vnitřního prostředí budov. Základním prostředkem tvorby interního mikroklimatu je stavební konstrukce, která poskytuje prvotní ochranu před vlivy počasí. Zásadním technickým prostředkem celoroční tvorby interního mikroklimatu je však vzduchotechnika. V zimním období zajistí tepelný stav prostředí budov vytápění. Dle působících agencií (Agencie jsou látky tepelného nebo hmotnostního charakteru např. teplo, vodní pára, odéry, aerosol, apod., často mají povahu škodlivin.) lze interní mikroklima budov dělit na odérové, tepelné, tepelně vlhkostní, aerosolové, toxické, mikrobiální, iontové a akustické.

Tab.1 1.: *Základní veličiny jednotlivých složek interního mikroklimatu a typické zdroje agencií* (viz.[2])

Č.	Interní mikroklima	Základní veličiny	Forma agencií	Typické zdroje agencií
1	Odérové	koncentrace plynných látek [mg/m^3, p.p.m.]	vůně, zápach	kosmetika, cigarety
2	Tepelně vlhkostní	teploty (vzduchu, výsledná, účinná, atd.) [°C] vlhkost vzduchu (relativní, absolutní) [g/kg, %] entalpie vzduchu [J/kgK]	teplo vodní pára	lidé, technologie
3	Aerosolové	koncentrace aerosolů [mg/m^3]	rozptýlené pevné či kapalné škodliviny ve vzduchu	prach, aplikace nátěrů, zejména stříkáním
4	Toxické	koncentrace toxických látek [mg/m^3]	rozptýlené plynné škodliviny ve vzduchu	spalování, chemické látky (oxidy uhlíku, síry, atd.)
5	Mikrobiální	koncentrace mikroorganismů [1/m^3]	mikroorganismy ve vzduchu	lidé, flóra a fauna
6	Elektrostatické	elektrostatický náboj [V]	statická elektřina	dynamický styk a oddělování zejména pevných částic
7	Elektroiontové	koncentrace iontů [1/cm^3]	negativní a pozitivní ionty v ovzduší	působení zemského elektrického pole, ionizující a ultrafialové záření
8	Akustické	hladiny akustického tlaku [dB]	hluk	lidé, zařízení, technologie

Vliv větrání na zdraví člověka

Větrání zajišťuje rychlou náhradu vydýchaného vzduchu v místnosti čerstvým vzduchem venkovním. Větrání musí být na jednu stranu dostatečně intenzivní, na druhou stranu však nesmí být příliš dlouhé, aby se při něm zbytečně neochladily stěny místnosti. Intervaly mezi jednotlivým větráním se řídí konkrétními potřebami, z hygienických důvodů by se měl vzduch v místnosti větráním vyměnit zhruba jednou za dvě hodiny. Větrání obytných prostor by mělo zajistit odvedení vydýchaného vzduchu, škodlivin, vlhkosti a pachů a tím zajistit příjemné klima v místnosti. Výměně vzduchu napomáhá také přirozené větrání, ke kterému dochází netěsnostmi obyčejných oken a dveří. Problém může nastat v místnostech s dokonale utěsněnými novými typy oken a dveří, u kterých je přirozené větrání zcela nedostatečné. V tomto případě je zvlášť důležité pravidelné krátkodobé větrání. Extrémním případem přirozeného větrání je průvan, který jednak zvyšuje tepelné ztráty větráním a kromě toho zhoršuje pohodu prostředí v místnosti. Příčinou průvanu jsou neúměrně velké netěsnosti oken a dveří. Problémy lze odstranit vhodným těsněním.

1.3. Tepelná pohoda

Pojem tepelná pohoda vyjadřuje takový stav prostředí z hlediska tepla, který je pro člověka příjemný. Ten na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Stav, kdy prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik právě produkuje, je označován jako tepelná rovnováha. Je to stav, při kterém člověk může podávat dobrý pracovní výkon nebo dobře relaxovat. Teplo, které člověk vydává do okolí, závisí na teplotním spádu, tj. na rozdílu teplot mezi povrchem těla a teplotou okolí.

Teplo vzniká v tělesném jádru, zejména v játrech. Toto teplo je rozváděno po celém těle z velké části prouděním krve (podobně jako topná voda od kotle rozvádí teplo potrubím do celé budovy). V případě nedodržení optimálních podmínek je člověk před nadměrným teplem chráněn pocením. Pokud je prostředí příliš chladné a odebírá tělu více tepla, než produkuje nastává podchlazení. Organismus se tomu brání fyzikální termoregulací, tzn. omezí průtok krve do periferních částí těla (končetiny, nos, uši), které tak pomocí snížení své povrchové teploty sníží výdej tepla do okolí. Pokud to nestačí, může se aktivovat chemická termoregulace, tj. přímá výroba tepla. Takovým procesem je i svalový třes. Svalová práce má však malou účinnost a nestačí k dostatečnému zahřátí těla. Povrchová teplota kůže je tak výsledkem neustálé interakce mezi člověkem a okolím, kterému se tak snaží přizpůsobit. Vzhledem k individuálním odchylkám fyziologických funkcí lidí nelze zajistit pocit pohody v místnosti všem lidem. Vždy se vyskytuje přibližně 5 % nespokojených, kteří pociťují tepelnou nepohodu čili diskomfort.

Tepelná pohoda závisí na vzájemném vztahu mezi třemi veličinami: teplotou vzduchu, povrchovou teplotou vybavení a stěn a vlhkostí vzduchu. Svou roli pochopitelně hrají i osobní faktory jako otužilost, věk, oblečení, tělesná aktivita nebo momentální zdravotní stav člověka.

Teplota vzduchu v obytných místnostech by se měla pohybovat kolem 20°C, nemělo by docházet ani k přetápění, ani by neměla být teplota trvale příliš nízká. V prvním případě se zbytečně zvyšují náklady na vytápění. Snížením teploty o jediný °C se sníží náklady na vytápění přibližně o 5 %! Ve druhém případě se oprávněně dostavuje pocit chladu. Při delším pobytu v chladných prostorách pak člověk snadněji onemocní.

Vlhkost vzduchu závisí na množství vodních par obsažených ve vzduchu.

Nejčastěji se vyjadřuje jako tzv. relativní vlhkost a udává se v procentech. V obytných místnostech by měla být relativní vlhkost v rozmezí od 30 % do 70 %. Při nižší vlhkosti se zvyšuje odpařování z povrchu našeho těla, které se tím ochlazuje. Při vyšších hodnotách vlhkosti je naopak odpařování vody z těla znesnadněno. Ohříváním vzduchu v místnosti se relativní vlhkost snižuje, a proto je vhodné zvýšit vlhkost vypařováním vody z odpařovače. Při ochlazení vzduchu, např. vyvětráním místnosti, se naopak relativní vlhkost zvýší. Moderní automatické odpařovače dovedou udržovat relativní vlhkost v místnosti na předem zvolené hodnotě.

Povrchová teplota stavebních konstrukcí (stěn, podlah, oken, dveří atd.) a vybavení místnosti také významně ovlivňuje tepelnou pohodu v místnosti. Jako nepříjemný je pociťován jak příliš velký rozdíl mezi teplotou vzduchu a povrchovou teplotou stavebních konstrukcí, tak by neměly být obě dvě teploty současně příliš vysoké či příliš nízké. Rozdíl teplot by neměl být větší než 4°C a zároveň součet teplot by se měl pohybovat kolem hodnoty 38°C (viz. [3]).

Mimo teplotu a vlhkost je třeba zajistit také přívod čerstvého vzduchu v potřebném množství. Při výměně vzduchu by nemělo docházet k víření prachu a k průvanu. Vzduch musí být relativně čistý, nesmí obsahovat nečistoty a zapáchající látky. Výměna vzduchu by měla být efektivní, ale i ekonomická, vzhledem k vytápění. Při výměně vzduchu se mají úplně otevřít okna na cca 1 minutu, vzduch v místnosti se vymění a zároveň neochladnou stěny. Aby se tedy mohla vytvořit tepelná pohoda, musí být všechny parametry vzduchu (teplota, vlhkost a rychlost proudění) ve správných mezích.

V tabulce 2.1. jsou uvedeny doporučené teploty ve vytápěných místnostech. Pro udržení tepelné pohody v místnosti je důležité, aby se teplota pohybovala kolem uvedených průměrných hodnot.

Tab. 1.2.: *Doporučená teplota ve vytápěných místnostech* (viz. [3])

Místnosti	**Teplota (°C)**
Neobývané (chodba, předsíň)	15
Ložnice	18
Obývané (pokoje, kuchyň)	20-22
Koupelna	24

2. RŮZNÉ TYPY VYTÁPĚNÍ RODINNÝCH DOMŮ

Úkolem vytápění je zajistit tepelnou pohodu, jež je jedním z předpokladů dobré tělesné kondice člověka. V místnostech se správnou teplotou se snadněji navodí pocit pohody. Správně navržený, instalovaný a provozovaný otopný systém vytváří příznivé klima při minimální spotřebě paliva a energie. Druh vytápění se volí podle velikosti bytu (rodinného domu), paliva, nebo energie, která je k dispozici, a podle pořizovacích a provozních nákladů.

Každý způsob vytápění má své klady i zápory. Nejdůležitější je zvolit si nejvýhodnější způsob vytápění daného objektu, který bude nejlépe vyhovovat potřebám uživatele. Proto, než se přistoupí k realizaci vytápěcí soustavy objektu, je třeba zvážit k čemu má prostor sloužit, jaký bude způsob jeho obývání, jeho velikost a v neposlední řadě je nutné zvážit i finanční možnosti investora.

V současné době lidé stále zůstávají věrni tuhým palivům, mezi nimiž vévodí uhlí, které je zároveň cenově nejpřijatelnější. Poněkud komfortnějším řešením je plyn, nebo elektřina. S ohledem na stále se měnící ceny paliv začíná být aktuálnější i možnost kombinace zdrojů tepla. Například uhlí a dřeva, nebo uhlí a plynu, využívání alternativních energií, ať už jsou to tepelná čerpadla, či sluneční kolektory.

2.1. VOLBA VHODNÉHO DRUHU PALIVA

Při vybírání vhodného paliva, kterým se bude v domě vytápět, hraje roli celá řada faktorů. Jako například tepelná charakteristika domu (bytu), který se má vytápět; druhy paliva, které jsou k dispozici; pořizovací cena topného systému a jeho provozu; a samozřejmě také požadavek komfortu při obsluze systému. Použití určitého druhu paliva závisí především na jeho dostupnosti a ceně. Dále je nutné se zajímat o možnost dopravy a předpokládaný vývoj cen daného paliva v budoucnu. Ceny paliv se v našich podmínkách stále mění, což je způsobeno tím, že se stát snaží zákony udržet ceny paliv na sociálně únosné výši a zároveň každé palivo dotuje jinak, případně některá paliva již nedotuje vůbec. Tím vzniká chaos, protože nikdo neumí předpovědět, jak se budou ceny paliv vyvíjet v budoucnu.

Dalším důležitým kritériem při výběru vhodného paliva je jeho výhřevnost. Výhřevnost paliva je teoretická veličina udávající množství tepla vzniklé dokonalým spálením 1 kg tuhého paliva při stálém tlaku. Je zmenšená o teplo potřebné k vypaření vody obsažené v palivu. Z toho plyne, že výhřevnost stejného druhu se mění podle aktuálního obsahu vody.

Z cenového hlediska jsou jednoznačně nejlevnější tuhá paliva. Používají se ze všech druhů paliv nejdéle a budou se používat i nadále.

2.1.1. Plynná paliva

Zemní plyn

Zemní plyn má ze všech dostupných paliv nejlepší ekologické vlastnosti a při jeho spalování vzniká nejméně zdraví a životnímu prostředí škodlivých zplodin. Zvlášť v oblastech s významně narušeným životním prostředím a v místech s častým výskytem inverzních situací plynofikace významně přispívá ke zlepšení kvality bydlení. Významná je i skutečnost, že naprostá většina rozvodných plynárenských zařízení je vedena pod zemí a nijak nenarušuje ráz krajiny. Zemní plyn je proto často označován jako „naděje pro přírodu".

Díky snadné a okamžité regulovatelnosti plynových kotlů (topidel) lze přesně a rychle nastavit úroveň tepelného komfortu. Díky dobré regulační schopnosti je zemní plyn ideálním palivem. Důsledkem toho je, že i přes vyšší cenu plynu ve srovnání s některými jinými palivy, je možno při jeho použití docílit významné úspory.

Propan (propan-butan)

Propan (propan-butan) je směs kapalných plynů, která je pro vytápění domů dovážena nákladními auty. Skladuje se v cisternách zabudovaných u objektů. Toto palivo zatím vychází poměrně draze, protože jeho cena není dotována, což jej staví při výběru paliv až na poslední místo. Jeho výhodou je, že pokud se plánuje v dohledné budoucnosti zavedení zemního plynu, stačí pouze přetryskovat kotel a dodělat plynovodní přípojku.

Propan a propan-butan jsou těžší než vzduch, a proto se při jejich úniku hromadí při zemi. Jejich vyčerpání je složité. Je nutné s touto možností počítat a podle

toho mít upravené například i rozvody elektřiny (úprava pro výbušné prostředí). Tyto případy musí vždy posoudit projektant.

Při silných mrazech se zkapalněné plyny někdy nestačí v nádrži dostatečně odpařovat, což způsobuje pokles tlaků v soustavě a ve svém důsledku může vést ke snížení účinnosti a výkonu kotle.

2.1.2. Pevná paliva

Dřevo a organické látky

Dřeva je u nás v mnoha oblastech dostatek a za přijatelné ceny, které jsou již tržní, a proto u nich nehrozí podstatné zvyšování. Při použití moderních zplyňovacích kotlů odpadají z větší části dřívější problémy s kotli na tuhá paliva, a sice jejich časově náročná obsluha a minimální možnost regulací. Dalším možným palivem jsou dřevěné zbytky, případně vytápění slámou. Mezi dřevěné zbytky patří i štěpky, které se získávají štěpkováním slabých větví, případně drobných kmínků. Výhodou tohoto paliva je, že umožňuje automatický kontinuální přísun paliva ze zásobníku. Zároveň se spaluje dřevěný odpad, který se dříve likvidoval vyvážením na skládku nebo do lesa. Na štěpky se zpracovává také odpad z prořezů zahrad a parků. Nejmodernější způsob vytápění na bázi biomasy je vytápění dřevěnými peletami. Tento způsob umožňuje bezobslužný proces. Nejnovější peletové kotle pracují jako kondenzační a dosahují vysoké provozní účinnosti.

Uhlí

Uhlí (případně koks) je klasickým palivem využívaným pro vytápění rodinných domů. V současné době je stále ještě nejoblíbenějším palivem používaným pro vytápění rodinných domů. V dnešní době rozmachu zplyňovacích kotlů si stále drží velkou oblibu, i přes své ekologické nevýhody. Uhlí (popřípadě koks) je vhodné použít zejména tam, kde z jakýchkoliv příčin není možné zajistit jiný typ paliva.

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
ÚSTŘEDNÍ KNIHOVNA -8-
Husova 458, 370 05 České Budějovice

2.1.3. Elektřina

Elektřina patří mezi ušlechtilé energie a měla by být využívána zejména pro jiné účely než pro vytápění. Jedná se o drahou energii, které bude vždy patřit k nejdražším. Přesto její použití má své opodstatnění tam, kde je využito jejích předností. V prvé řadě je možné elektrické topení nejlépe regulovat. Dále je poměrně jednoduché elektřinu dopravit kamkoliv, přičemž při její přeměně na teplo nevznikají žádné spaliny. Elektřina nevyžaduje žádný skladovací prostor. Investiční náklady na pořízení tohoto vytápění jsou minimální. Z těchto důvodů lze toto palivo doporučit tam, kde není možnost použití jiného paliva, eventuálně tam, kde jsou velmi nízké nároky na tepelný příkon.

2.1.4. Kapalná paliva

V dnešní době nejsou kapalná paliva příliš upřednostňovaným palivem, zejména z důvodu vyšší ceny. Kapalná paliva použitelná při vytápění jsou například minerální oleje (nejpoužívanější je nafta). Jsou to fosilní paliva přírodního původu. Jako další palivo se dá uvést bionafta, což je vlastně olej, který vzniká lisováním olejnatých semen. Zvláštní kapalná paliva jsou například denaturovaný benzol, syntetické oleje a dehtové oleje.

Lehký topný olej

Toto palivo je pro svou cenu u nás v současné době používáno velmi málo, lze však předpokládat jeho postupný návrat, soudě podle cen energií v sousedním Rakousku. Jeho použití poněkud komplikuje jeho škodlivost pro životní prostředí v nespáleném stavu, kdy je nutné mimo nádrže na palivo zabudovat i havarijní záchytné nádrže, které při poruše vlastní nádrže zabrání případnému úniku ropných produktů.

Tab.2.1.: *Porovnání výhřevnosti paliv* (viz. [13])

Palivo	Měrná jednotka	Výhřevnost MJ/ jednotka
Dřevo palivové 20% vlhkost	kg	14,6
Dřevěné brikety	kg	17,5
Dřevěné pelety	kg	18,5
Dřevní štěpka	kg	12,5
Hnědé uhlí	kg	18,0
Uhelné brikety	kg	23,1
Koks	kg	27,5
Černé uhlí	kg	23,1
Zemní plyn	m^3	37,8
ELTO	kg	42,3
Propan	kg	46,4

2.2. LOKÁLNÍ VYTÁPĚNÍ

Lokální vytápění je nejjednodušším a stále ještě značně rozšířeným způsobem vytápění. Rozumí se jím vytápění místnosti zdrojem, který je v ní přímo umístěn. Výhodou tohoto způsobu vytápění je to, že každá místnost má svůj vlastní nezávislý regulovatelný zdroj tepla, a jeho pořizovací cena je podstatně nižší než instalace a zprovoznění centrálního vytápění. V případě poruchy jednoho z topidel je výkon ostatních dostatečný pro vytápění celého objektu, navíc při instalaci odpadají starosti s montáží centrálního systému. Přestože účinnost malých lokálních topidel je obvykle menší než účinnost kotlů pro ústřední vytápění, je výsledná hospodárnost posuzovaná podle celkové spotřeby tepla pro vytápění prostorové jednotky (např. jednoho bytu) při lokálním vytápění obvykle větší než při vytápění ústředním. To je způsobeno tím, že při lokálním vytápění lze velmi pohotově řídit provoz podle skutečné potřeby (vytápí se jen tehdy, když se místnost skutečně používá). Vedle této nesporné přednosti lokálního vytápění není však možno přehlédnout jeho nevýhody což je zejména u topidel na tuhá paliva náročná obsluha, nehygienický provoz a nižší stupeň komfortu. Je zřejmé, že budoucí vývoj bude směřovat k rozšiřování centrálního vytápění (viz. kap. 2.3.).

Dělení lokální vytápění:

- Elektrické lokální vytápění
- Lokální vytápění na tuhá paliva
- Lokální vytápění na kapalná paliva
- Lokální vytápění na plynná paliva

2.2.1. Elektrické lokální vytápění

Tento způsob vytápění je oblíbený hlavně z toho důvodu, že umožňuje čistý a bezpečný provoz při dobré regulovatelnosti otopného výkonu a snadný rozvod elektrické energie. Přívod elektrické energie rovněž nevyžaduje řešení odvodu spalin a je automaticky regulovatelný s minimálními nároky na obsluhu. Velkou výhodou je i vysoká účinnost tohoto druhu vytápění.

Systémy elektrického vytápění se dělí podle časových období mezi odběrem elektrické energie a jejím využitím (viz. tab. 3.2.). Dalším kritériem dělení je druh elektrického spotřebiče použitého na přeměnu elektrické energie na energii tepelnou. Převážná část spotřebičů, ve kterých se přeměna provádí, využívají principu elektrického odporového ohřevu. Ten způsobuje, že při průchodu proudu vodičem vznikají ztráty, které se mění na teplo.

Tab. 2.2.: *Rozdělení elektrického vytápění (podle časového odběru elektrické energie a její přeměny na teplo)* (viz. [4])

PŘÍMOTOPNÉ	AKUMULAČNÍ	SMÍŠENÉ (hybridní)
- infrazářiče	- kamna - statická	- akumulační kamna
- elektrické radiátory	- s klapkou	- teplovodní - centrální
- konvektory	- dynamická	- etážové
- sálavé topné plochy - panely	- teplovodní - centrální	
- fólie	- etážové	
- závěsy		
- kabely		
- teplovzdušné jednotky - lokální		
- centrální		
- teplovodní - etážové		
- centrální		

2.2.1.1. SYSTÉM PŘÍMOTOPNÉHO VYTÁPĚNÍ

Elektrické přímotopné spotřebiče přeměňují elektrickou energii na tepelnou v přímé časové závislosti s jejím využitím. Z tohoto důvodu je tento druh vytápění velmi pohotový a oblíbený. Dále je uveden stručný popis nejpoužívanějších lokálních přímotopných zařízení.

Infrazářiče

Využití tohoto druhu vytápění je v domácnostech malé, přestože to jsou spotřebiče značně energeticky úsporné. Patří z hlediska předávání tepla sáláním k nejefektivnějším způsobům vytápění. Pracují na principu infračerveného záření, přičemž vyzařují energii v oblasti elektromagnetického spektra o vlnové délce 0,76 μm až 100 μm. Nevýhodou těchto zářičů je vysoká povrchová teplota, vyšší než 250 °C, která je vyzařována pouze z jednoho směru (viz. [4]). V důsledku toho je teplo v místnosti rozloženo nerovnoměrně. V praxi to znamená, že člověk a vybavení místnosti jsou ozařovány jednostraně, ze strany, která je odstíněna, působí chladné sálání z okolních stěn. Tento způsob vytápění je proto nejvíce používaný v místnostech, ve kterých lidé pobývají jen příležitostně.

Elektrické radiátory

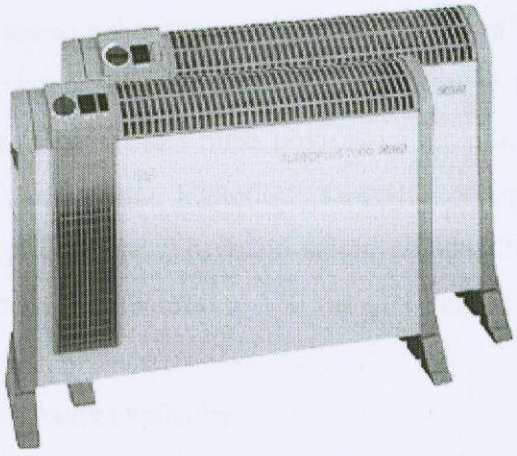
Elektrické radiátory jsou článkové nebo deskové se zabudovanými odporovými topnými tělesy. Radiátory jsou naplněny nemrznoucí směsí, nebo olejem, který zabezpečuje rovnoměrné rozložení tepla po celé otopné ploše tělesa. Zároveň zajišťuje určitou setrvačnost vytápění i po vypnutí. Výkon radiátoru je dán jeho velikostí. Radiátory se vyznačují nízkou vnitřní a povrchovou teplotou. Intenzita proudění vzduchu je způsobena samovolným prouděním, takže dochází k minimálnímu víření prachu. Radiátory se vyrábí pojízdné, nebo stabilní, které se mohou pevně připevnit na zeď. Veškeré elektrické radiátory jsou vhodné pro vytápění obytných místností.

Konvektory

Jak už nasvědčuje název, tento druh vytápění pracuje na principu přirozeného proudění vzduchu (přenos tepla konvekcí). S ohledem na osazení je dělíme na povrchové a podlahové.

Povrchové konvektory

Povrchové konvektory jsou vyráběny v typech určených pro osazení na stěnu, nebo podlahu. Skříň konvektoru je z ocelového plechu, ze spodní strany neuzavřená, z horní strany krytá mřížkou. V dolní části je umístěno odporové topné těleso (ocelový žebrový registr), nejčastěji tvořeno měděnou trubkou s hliníkovými lamelami pro zvětšení teplosměnné plochy. Některé konvektory jsou vybaveny ventilátorem pro urychlení zátopu, při přerušovaném vytápění. Výkon konvektoru je dán jeho velikostí (počtem řad registru, délkou a výškou skříně). Není-li zapnut ventilátor je intenzita proudění vzduchu nízká, takže způsobuje minimální víření prachu.



Obr. 2.1.:*Povrchové konvektory*

Podlahové konvektory

Podlahové konvektory jsou osazeny přímo do konstrukce podlahy, prostřednictvím nerezové ocelové vany. Kryt konvektorů tvoří mřížka položená na nosném rámečku. Teplosměnnou plochu tvoří registr s lamelami, nebo drátěným výměníkem. Vyrábějí se podlahové konvektory dvou typů. První typ je bez ventilátoru pro přirozenou konvekci. Tyto konvektory mají nízké výkonové parametry a jejich instalace v nízkoteplotních budovách postrádá smysl. Druhým typem jsou konvektory s ventilátory, pro konvekci nucenou. Výkony těchto konvektorů jsou zvýšeny nuceným oběhem vzduchu. Ventilátory mají několik poloh regulace otáček k řízení okamžitého výkonu. Otáčky jsou řízeny prostorovým termostatem. Uplatnění těchto konvektorů najdeme hlavně u prosklených ploch, jako jsou dveře a okna. Pro místnosti s bazény jsou určeny speciální podlahové konvektory, konstruované pro možnost zaplavení. Jejich vany jsou odolné proti chlóru, dno mají spádované s odvodněním, motor ventilátoru má ochranu elektrického krytí.

Sálavé topné plochy

Pracují stejně jako infrazářiče na principu sálavého sdílení tepla, ale při nižších povrchových teplotách. Odporové topné těleso nebo odporový vodič je umístěn buď do určitého prvku nebo přímo do stavební konstrukce. Měrný tepelný výkon je nižší, a proto potřebujeme větší otopnou plochu. Zároveň je i nižší povrchová teplota, což se projeví snížením proudění vzduchu v místnosti. Výhodou sálavého vytápění je vhodnější rozložení teploty v místnosti, přičemž je vyrovnáno sálání chladných ploch. Díky tomu mohou být místnosti vytápěny na teplotu o 1°C až 2°C nižší, což je ekonomicky výhodné (viz. [5]).

Sálavé topné plochy jsou řešeny několika způsoby:

- topné panely
- topné fólie
- topné závěsy
- topné kabely

Topné panely

Odporové topné těleso je zabudováno do desek z mramoru (přírodního nebo umělého), nebo do betonového panelu. Výkon panelu je dán jeho velikostí. Sálavé topné panely se umísťují buď na strop, nad místo nejčastějšího pobytu osob, nebo na stěny. V případě umístění sálavého panelu na stěnu se jeho účinnost zvýší tím, že část přenosu energie je prováděna konvekcí.

Topné fólie

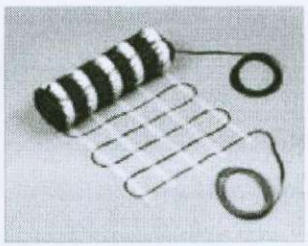
Odporový topný vodič je umístněn mezi dvě slepené fólie. Na strop, nebo stěnu se upevňují pomocí speciálních lepidel, stejně jako například tapety. Případně se mohou umístnit nad podhledy, nebo pod vrchní vrstvu podlahy. Při povrchovém použití je určitou nevýhodou to, že při úpravách v místnosti může dojít k jejich poškození.

Topné závěsy

Odporový topný vodič je vetkán do textilních závěsů. Z důvodů styku kabelu s textilií jsou topné závěsy napájeny malým napětím (např. 24V) (viz. [5]). Jejich použití je ojedinělé, proto se jejich výroba provádí pouze na zakázku.

Topné kabely

Topné kabely se využívají při podlahovém vytápění, kdy jsou umístěny těsně pod povrchem podlahy s minimální tloušťkou krycí vrstvy, aby byla minimalizována akumulační schopnost tepla v podlaze. Podlahové elektrické vytápění lze použít i jen jako doplňkové, pouze v některých částech prostorové jednotky (koupelny, místnosti s bazény, u kuchyňských linek). Výhodou je snadná regulace a přesnější výpočet vydaného tepla, protože kabel dává po celé své délce stejný tepelný výkon.



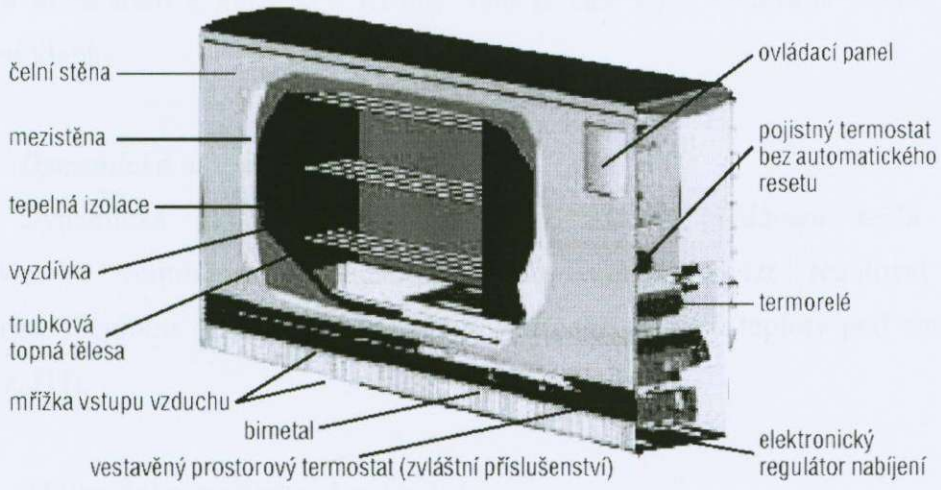
Obr. 2.2.: *Topný kabel*

Teplovzdušné jednotky

V jednotkách teplovzdušného vytápění je odporovými topnými spirálami ohříván vzduch, jehož proudění zajišťuje ventilátor. Dochází tedy k nucené konvekci. Tyto jednotky mohou být samostatné (lokální), nebo součástí vzduchotechnického zařízení (centrální). Nevýhodou je větší hlučnost a hlavně větší rychlost proudění vzduchu, která má vliv na víření prachu. Aby se dosáhlo potřebných topných výkonů, jsou topné spirály žhaveny na vyšší teplotu.

2.2.1.2. SYSTÉM ELEKTRICKÉHO AKUMULAČNÍHO VYTÁPĚNÍ

Elektrické akumulační spotřebiče mění elektrickou energii v tepelnou s podmínkou předávání tepla do tepelně izolovaného akumulačního média. Tím může být zásobník vody, podlaha (pomocí topného kabelu nebo fólie), šamot, nebo magnezit. Využití tepla je v nepřímé časové závislosti s odběrem elektrické energie. Naakumulované teplo se uvolňuje buď samovolně (staticky), nebo nuceně (pomocí ventilátoru), v době, kdy už elektrická energie na ohřev není dodávána.



Obr. 2.3.: *Schéma akumulačních kamen* [6]

Akumulační kamna

U akumulačních kamen se teplo, získané přeměnou elektrické energie na tepelnou, akumuluje v jádru složeném ze šamotových, nebo magnezitových cihel. Podle konstrukce a vnitřního regulačního systému vybíjení rozlišujeme tři základní typy, akumulačních kamen - statická, s regulační klapkou a dynamická. Nevýhodou akumulačních kamen je jejich vysoká hmotnost, způsobená hmotností akumulačního jádra a vysoká vnitřní a povrchová teplota. Vzhledem k vysoké povrchové teplotě nesmí být v blízkosti kamen žádné hořlavé předměty. Tím se zmenší obytný prostor místnosti. Vzhledem k jejich nevýhodám a obtížné regulovatelnosti se postupně přestávají používat.

Statická akumulační kamna

U těchto akumulačních kamen dochází ke statickému (samovolnému) uvolňování tepla. Zajišťují pouze krátkodobou dodávku tepla (cca 10 hodin) po jejich nabití. Jsou vhodná pro objekty s velkou tepelnou setrvačností nebo pro prostory bez přesného požadavku na vnitřní teplotu. Tato kamna dodávají nejvíce tepla po nabití, tj. ráno, a nejméně ve večerních hodinách. Jejich předností je naprosto bezhlučný provoz.

Akumulační kamna s regulační klapkou

Jedná se o statická akumulační kamna vybavená regulační klapkou umístěnou ve vnitřním vzduchovém kanálku. Touto klapkou je možno regulovat množství vzduchu pro předávání tepla. Tato kamna dodávají teplo do místnosti především povrchem

pláště, a to sáláním a konvekcí. Kromě toho je část tepla vydávána řízeně, pomocí regulační klapky.

Dynamická akumulační kamna

Dynamická akumulační kamna mají nucené předávání tepla pomocí zabudovaného ventilátoru. Ovládáním tohoto ventilátoru lze regulovat teplotu v místnosti. Teplotní čidlo sepne ventilátor v případě poklesu teploty pod nastavenou mez (viz. [1]).

Akumulační podlahové vytápění

Jedná se o sálavé podlahové vytápění s topnými kabely umístěnými v akumulační vrstvě podlahy. Tato vrstva podlahy je většinou betonová. Tloušťka akumulační vrstvy závisí na požadované době vytápění (přestávky mezi jednotlivými nabíjecími cykly). Tento systém se dá přirovnat ke statickým akumulačním kamnům. Je vhodný pro objekty s velkou tepelnou setrvačností a pro prostory bez požadavku na přesnou vnitřní teplotu. U elektrického podlahového vytápění je klasický problém, a to vysoké provozní náklady, proto se často používá jen jako doplňkové.

2.2.1.3. SMÍŠENÉ (HYBRIDNÍ) ELEKTRICKÉ VYTÁPĚNÍ

Jedná se o akumulační elektrické vytápění doplněné přímotopným vytápěním. Provoz přímotopného vytápění je řízen v závislosti na poklesu odběru elektrické energie a okolní teplotě. Smíšené vytápění umožňuje připojit více elektrických vytápěcích zařízení k dosavadní rozvodné síti.

Smíšená (hybridní) akumulační kamna

Jsou to dynamická akumulační kamna doplněná přímotopným odporovým tělesem. Proti klasickým akumulačním kamnům mají menší hmotnost a vyšší účinnost, protože jsou lépe regulovatelná v závislosti na okolní teplotě.

2.2.2. Lokální topidla na tuhá paliva

Topidla na tuhá paliva (uhlí, dřevo, koks) si stále udržují oblibu, zejména ve venkovských lokalitách. Tento druh vytápění sice neposkytuje ideální komfort, ale je cenově nejvýhodnější. Svou roli sehrává i pohotovost výrobců, kteří přišli na trh s novými typy moderních kotlů a kamen majících podstatně nižší nároky na obsluhu. Hlavním přínosem je však výrazně vyšší účinnost spalování (85 % i více) při nižším ekologickém zatížení ovzduší. Nelze přehlédnout ani to, že tímto způsobem lze využívat palivo, které splňuje nejnáročnější požadavky na ekologii a současně je nejlevnější - tedy veškeré spalitelné složky kusového dřeva, pelet, štěpek, pilin nebo dřevěných briket.

Tepelný výkon kamen pro přerušované vytápění musí být určen tak, aby i při nejnižší venkovní teplotě odpovídal potřebě tepla a kromě toho ještě poskytoval dostatečnou rezervu pro urychlení zátopu. Podle konstrukce a provedení se rozlišují topidla pro topení tuhými palivy - kachlová a kovová.

Kachlová topidla

Mezi kachlová topidla patří podle účelu použití kamna, krby a sporáky. Kachlová kamna umožňují kvalitní sáložárné vytápění. Hlavním důvodem je mohutná šamotová vyzdívka a dobrá akumulační schopnost. Zároveň jsou dobře regulovatelné, díky možnosti uzavírání teplovzdušných kanálů. Mají nízkou rovnoměrnou teplotu pláště.

Kovová kamna

Kamna na tuhá paliva mají pod pláštěm ze smaltovaného plechu jen tenkou vrstvu keramické vyzdívky. Z toho důvodu je tepelná setrvačnost těchto kamen velmi malá a z toho vyplývá krátká doba zátopu a snadná regulace výkonu. Podle způsobu hoření paliva se rozlišují kamna s horním odhořívánim a kamna se spodním odhořívánim. Kamna s horním odhořívánim mají jednoduchou násypnou šachtu uzavřenou dole roštem. Vrstva paliva v násypce odhořívá shora dolů.

Kamna se spodním odhořívánim mají spalovací prostor upraven tak, aby vrstva paliva odhořívala odspodu. Moderní kovová kamna tohoto typu se zpravidla vyrábějí s dvojitým kovovým pláštěm, který jednak zmenšuje sálání povrchu kamen, jednak podporuje sdílení tepla konvekcí.

S ohledem na velikost obytných místností se dnes vyrábějí kovová kamna na tuhá paliva nejčastěji o jmenovitém výkonu 4 kW až 12 kW. Protože keramická vrstva pod plechovým pláštěm je tenká, je povrchová teplota kovových kamen poměrně vysoká. Při sdílení tepla povrchem kamen pak převládá konvekce, a tím vzniká intenzivní proudění vzduchu v místnosti. Vertikální rozložení vzduchu v místnosti je přitom značně nerovnoměrné a tato nerovnoměrnost je ještě dále zvětšována tím, že se kamna obvykle umísťují u vnitřní stěny.

2.2.3. Lokální topidla na kapalná paliva

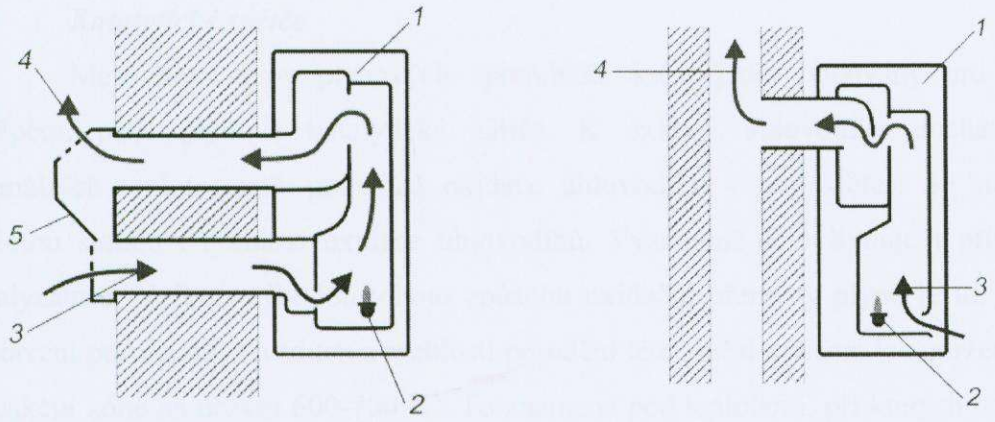
Předností lokálního vytápění kapalnými palivy (oproti vytápění palivy tuhými) je jednodušší a pohodlnější obsluha, čistý provoz a snadná regulace výkonu topidel podle skutečné potřeby tepla. Pro lokální vytápění kapalnými palivy se používá topná nafta, u některých přenosných topidel petrolej. Tato topidla se vyrábějí až do výkonu 20 kW. Používá se u nich jednoduchých odpařovacích hořáků se spádovým dávkováním paliva od nádržky. Nádržka obsahuje palivo na 10-15 hodin provozu při plném výkonu. Výkon topidla se řídí přivíráním přítoku paliva k hořáku. Účinnost těchto topidel je 70 % až 80 % (viz. [1]). Topidla na kapalná paliva sdílejí teplo stejně jako topidla na tuhá paliva sáláním a konvekcí na povrchu pláště. Spalovací komora nemá šamotovou vyzdívku, a proto topidlo brzy hřeje. Druh těchto topidel měl největší rozmach počátkem sedmdesátých let, ale v současné době je nejdražším lokálním vytápění, tudíž se již téměř nepoužívá.

2.2.4. Lokální topidla na plynná paliva

Tento druh lokálního vytápění je řazen k nejúspornějším způsobům vytápění, což je také důvod jeho značné oblíbenosti. Tato topidla umožňují rychlé vytápění a jsou vhodná jak k vytápění trvale používaných místností, tak k vytápění místností s občasným pobytem lidí. Jejich provoz je čistý a nespornou výhodou je i rychlá a dobrá regulace tepelného výkonu. Provoz není zpravidla závislý na dodávce elektrického proudu.

Plynová topidla s atmosférickým hořákem jsou vyráběna v provedení s otevřeným, nebo s uzavřeným spalovacím prostorem. Teplo vzniklé při spalování je do místnosti předáváno z části konvekcí (cca 75 %) a z části sáláním (cca 25 %). Spaliny opouštějící spalovací komoru mají teplotu cca 200 °C. Povrchová teplota topidel by pak byla vysoká, proto jsou topidla opatřena vnějším pláštěm. Vzduch z místnosti prochází prostorem mezi oběma plášti, kde se ohřívá a v horní části topidla vystupuje do místnosti.

Otevřená topidla (viz. obr. 3.4.b) připojujeme na komín a v místnosti je musíme umístit k vnitřní zdi. Uzavřená topidla (viz. obr. 3.4.a) se umísťují u vnějších zdí, přes které je kouřovodným nástavcem přiváděn vzduch a průduchem odváděny spaliny do venkovního ovzduší. Topidla se vyrábějí o výkonech 3-5 kW s regulací a eventuálním programováním provozu (viz. [1]).



2.4.a **2.4.b**

Obr. 2.4.: *Podokenní plynové lokální topidlo a plynové lokální topidlo s vyústěním do komína* (viz. [8])

Legenda k obrázku 3.4.: 1 - topné těleso, 2 – hořák, 3 - přívod vzduchu, 4 - odtah spalin, 5 - ochrana před větrem

Klasická plynová topidla předávají teplo do okolí bez přestupu přes přenosové médium. Na trhu jsou i lokální topidla, kde není přímo vyhříván vzduch, ale nejprve topná voda, která pak samotížně cirkuluje v uzavřeném topném okruhu. Topná jednotka je umístěna mezi dvěma radiátory - v případě potřeby lze tedy jedno topidlo využít pro vytápění dvou místností současně. Další variantou je kombinace topidla a teplovodního

okruhu - plynové topidlo s vestavěným výměníkem tepla. Místnost, ve které je takovýto agregát nainstalován, je vytápěna teplovzdušně topidlem (výkon kolem 2 kW je pro vytápění jedné místnosti dostatečný). Výměník tepla je součástí teplovodního okruhu, kterým je možné vytápět ostatní místnosti. Pro teplovzdušné vytápění místností jsou určena i plynová kachlová kamna. Jejich princip spočívá v ohřevu vzduchu proudícího kolem spalovací komory. Spalovací komora je povětšinou litinová a je obestavěna kachlovým obložením. Mezerou mezi komorou a obložením proudí vzhůru vzduch, který se ohřívá přestupem tepla stěnou spalovací komory a vystupuje v horní části do místnosti. V porovnání s topidly je podíl sálání na vytápění minimální. Kachlová kamna mohou být využívána nejen pro vytápění jedné místnosti, ale mohou sloužit jako centrální zdroj pro dvě i více místností. To závisí pouze na vnitřním uspořádání objektu a požadavcích uživatele.

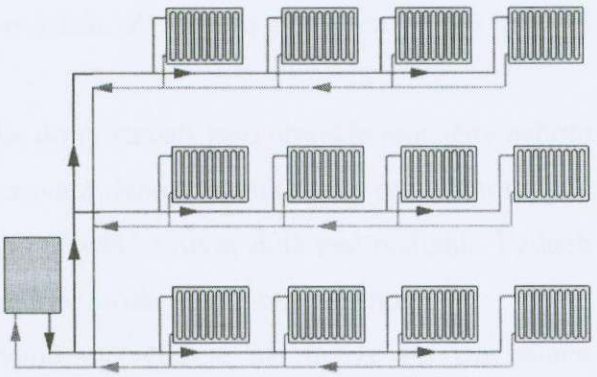
Katalytické zářiče

Mezi nové typy plynových spotřebičů, které jsou využívány pro lokální vytápění, patří plynové katalytické zářiče. K oxidaci uhlovodíků dochází i za normálních teplot (např. pozvolná oxidace uhlovodíků v atmosféře). Se stoupající teplotou stoupá i rychlost oxidace uhlovodíků. Významně ji ovlivňuje i přítomnost katalyzátoru. Velkou výhodou tohoto způsobu oxidační přeměny plynu je to, že díky nastavení poměru plyn:vzduch a rychlosti proudění této směsi zářičem lze udržet teploty v reakční zóně na úrovni 600-700 °C. To znamená pod teplotami, při kterých dochází k oxidaci vzdušného dusíku na oxidy dusíku (viz. [7]). Pomocí katalyzátoru nedochází při těchto nízkých teplotách ke vzniku oxidu uhelnatého, takže tyto zářiče je možné používat i v uzavřených prostorách. Před zapálením katalytického zářiče je nejprve nutné zahřát katalytickou vrstvu na provozní teplotu. K tomuto účelu má zářič vestavěnou odporovou spirálu. Určitou překážkou omezující rozšíření těchto spotřebičů je katalyzátor. Nejlepší výsledky byly dosaženy s platinou, jako vhodné se jeví i další platinové kovy. Určité parametry musí splňovat i nosič katalyzátoru – musí mít co největší povrch a při vysokých teplotách nesmí docházet ke spékání částic.

2.3. CENTRÁLNÍ VYTÁPĚNÍ

2.3.1. Ústřední vytápění

Ústřední vytápění bytů a domů lze charakterizovat výrobou tepla v jednom místě (v kotli) a rozvodem tepla v teplonosné látce do jednotlivých místností. Proti lokálnímu vytápění má ústřední vytápění řadu předností. Především je centrální výroba tepla ekonomičtější, protože účinnost velkých kotlů je větší než účinnost malých lokálních topidel. Dále jsou zejména lepší technické podmínky pro výrobu tepla, projevující se vyšší provozní účinností a snazší obsluhou (jednoho kotle), lepší předpoklady pro regulaci vytápění, čistotou provozu, menší dispoziční požadavky v obytných místnostech a rovnoměrnější rozložení vnitřní teploty v místnosti. Další výhodou je možnost vytápění příslušenství (jako je koupelna, záchod, schodiště, či garáž). Teplonosnou látkou je buď ohřátá voda, pára, nebo ohřátý vzduch, nacházející se v uzavřeném okruhu. Při poruše okruhu (tělesa) se stává nefunkční celá otopná soustava, což je podstatnou nevýhodou ústředního vytápění. Podle druhu teplosměnné látky se rozlišují teplovodní, parní, nebo teplovzdušná vytápění.



Obr. 2.5.: *Schematické znázornění principu ústředního vytápění* (viz. [8])

2.3.1.1. TEPLOVZDUŠNÉ VYTÁPĚNÍ

V každé místnosti vzduch přirozeně cirkuluje. Pomocí teplovzdušného vytápění je možné tuto cirkulaci podpořit a nechat ho cirkulovat v celém domě. Pro teplovzdušné vytápění rodinných domů se nejčastěji používá vytápěcí souprava s přímým spalováním paliva. Umístění této soupravy je nutné volit tak, aby vzdálenost k jednotlivým vytápěným místnostem byla co nejkratší. Nejčastěji se používají

soupravy na plyn, kapalná paliva nebo na elektřinu. Výhodou je čistý provoz a snadná a pohodlná obsluha.

Při teplovzdušném vytápění bytu se teplý vzduch přivádí pouze do místností, které se právě používají, do ostatních místností je přívod vzduchu uzavřen regulační klapkou ve výústce. Této regulace se využívá také při nutnosti rychlého zvýšení teploty. Z obytných místností se vzduch obvykle vrací zpět k novému ohřátí, ale z kuchyně a příslušenství se vypouští do venkovního ovzduší. Zvláštním potrubím se pak přivádí čerstvý vzduch.

Otvory pro přívod teplého vzduchu do místnosti jsou obvykle umístěny nahoře u stropu, aby porubí bylo co nejkratší. Nerovnoměrnost vertikálního rozložení teploty lze do jisté míry odstranit tím, že se umístní přiváděcí otvor dole nad podlahu. Vzduch se v tomto případě rozvádí kanály v podlaze k otvorům na obvodě místnosti.

Tento systém nabízí několik výhod, největší je asi ta, že ho lze sloučit s větráním. Tím se získá dostatek čerstvého vzduchu bez ohledu na to, jak často se okna otevírají. V potrubí jsou také obsaženy filtry, které zaručují vzduch s minimem prachu. Při tomto vytápění se dá instalovat rekuperační jednotka, díky které je možno ušetřit velké množství energie. Rychlejší proudění vzduchu mohou někteří lidé vnímat negativně, proto je důležité správně dimenzovat velikost a umístění výústek. Dobře dimenzovat je nutné i potrubí a strojovnu, z důvodu šíření hluku z ventilátorů. V letním období je možné použít tento systém k chlazení, takže pak jde o částečnou klimatizaci.

Kromě teplovzušných souprav s přímým spalováním paliva se pro vytápění bytů nebo celých obytných domů používají teplovzdušné soupravy s teplovodním, nebo parním ohřívákem vzduchu. Toto zařízení má velmi malou stavební výšku, takže je možné umístnit ho pod stropem. Pro vytápění menších místností je také možné použít podokení vytápěcí soupravy s vodním, nebo parním ohřívákem a s ventilátorem.

Podle způsobu ohřívání vzduchu a podle ohřívací tekutiny se rozlišují teplovzdušné vytápěcí soustavy s přímým spalováním paliva a teplovzdušné soustavy vodní (teplovodní nebo horkovodní) a parní. Při ústředním teplovzdušném vytápění se používají převážně jen vodní, nebo parní ohříváky vzduchu.

Oběh vzduchu při teplovzdušném vytápění je obvykle nucený. Jen výjimečně se při vytápění soupravami s přímým spalováním paliva používá přirozený oběh vzduchu, vyvozený rozdílem hustot.

Předností teplovzušného vytápění je velká provozní pohotovost a také to, že vytápění je možné kombinovat s větráním a také odpadá nutnost použití otopných těles.

Nevýhodou tohoto vytápění je to, že prouděním vzduchu se víří prach v místnosti a že zcela chybí složka sálání při sdílení tepla. Důležité je také nerovnoměrné rozložení vertikální teploty v místnosti.

Teplovzdušné systémy se dělí z hlediska provozu na:

- ventilační
- cirkulační
- kombinované

Cirkulační provoz

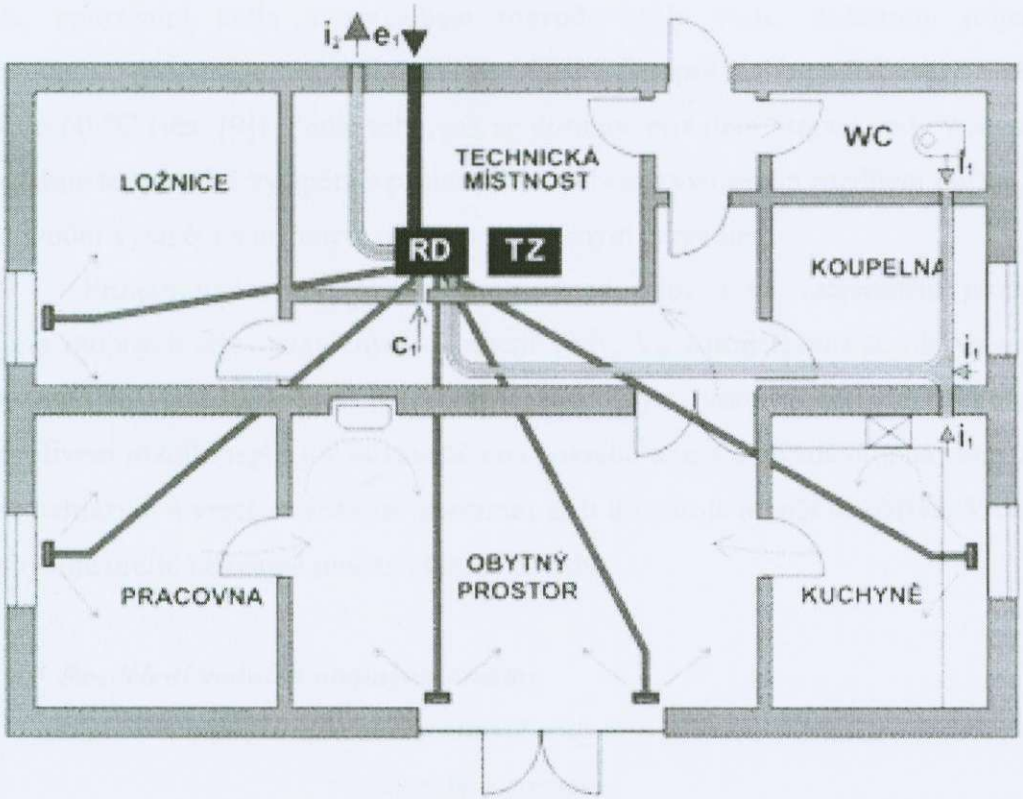
Tento způsob je málo používaný. Vzduch odváděný z místnosti se pro další použití dohřívá a čistí. Energeticky není náročný. Vytápění pouze cirkulačním vzduchem je velmi hospodárné, nevýhodou ovšem je nedostatečná výměna vzduchu v místnosti. Proto se tohoto způsobu užívá jen krátkodobě při zátopu, nebo při velmi nízkých venkovních teplotách.

Provoz ventilační

Prakticky se všechen přiváděný vzduch ohřívá a odvádí. Při využití jen čerstvého venkovního vzduchu je velká spotřeba tepla, a proto se tohoto způsobu využívá jen tam, kde je to z hygienických důvodu nezbytné, nebo tam, kde je občasný a krátkodobý pobyt lidí. Tento provoz je energeticky velice náročný.

Provoz kombinovaný

V ohříváčích se ohřívá směs čerstvého venkovního vzduchu a cirkulačního vzduchu. Tento systém se může použít pouze tam, kde nedochází k velkému znečištění vzduchu. Tepelný výkon se dá snadno regulovat. Energeticky je tento systém úspornější.



Obr.2.6.: *Rozvod teplovzdušného vytápění*

Legenda k obrázku 3.6.

e_1 - přiváděný venkovní vzduch
i_1 - odpadní vzduch z WC, koupelny, kuchyně
c_1 - cirkulační vzduch z místností do ZT jednotky
i_2 - výfuk odpadního vzduchu
RD - vytápěcí a větrací jednotka
ZT - zásobník tepla

2.3.1.2. TEPLOVODNÍ VYTÁPĚNÍ

Neobvyklejší a nejrozšířenější způsob vytápění je teplovodní vytápění s teplotou vody do 95 °C, kterého se používá pro obytné budovy. Základním předpokladem teplovodní soustavy je doprava tepla ze zdroje do jednotlivých otopných těles, tj. zajištění oběhu vody v soustavě. Druhy teplovodního vytápění se liší druhem

paliva, umístěním kotle a způsobem rozvodu teplé vody. Zvláštním případem teplovodního vytápění je tzv. velkoplošné vytápění (stropní, nebo podlahové) s teplotou vody do 60 °C (viz. [9]). Podle toho, jak se dosáhne proudění otopné vody v soustavě, se rozlišuje teplovodní vytápění s přirozeným oběhem vyvozeným rozdílem hustot vody a teplovodní vytápění s nuceným oběhem vyvozeným čerpadlem.

Princip teplovodní otopné soustavy je založen na vzájemném propojení zdroje a otopných těles uzavřeným okruhem vody. Ve zdroji (kotli) se ohřívá otopná voda, která se vede přívodním potrubím k jednotlivým otopným tělesům. V otopném tělese vlivem rozdílu teploty v místnosti a na povrchu tělesa odevzdá otopná voda teplo, tím se ochlazuje a vrací se vratným potrubím zpět do zdroje a opět se ohřívá. V okruhu se pohybuje určité neměnné množství otopné vody.

Rozdělení vodních otopných soustav

- *Podle oběhu otopné vody*
  - s přirozeným oběhem
  - s nuceným oběhem
- *Podle konstrukce expanzní nádoby*
  - otevřené soustavy
  - uzavřené soustavy
- *Podle nejvyšší pracovní teploty otopné vody*
  - teplovodní nízkoteplotní do 65 °C
  - teplovodní do 110 °C
  - horkovodní nad 110 °C
- *Podle geometrie propojení otopné soustavy a těles*
  - jednotrubkové soustavy
  - dvoutrubkové soustavy
  - horizontální soustavy
  - vertikální soustavy

Teplovodní vytápění s přirozeným oběhem vody

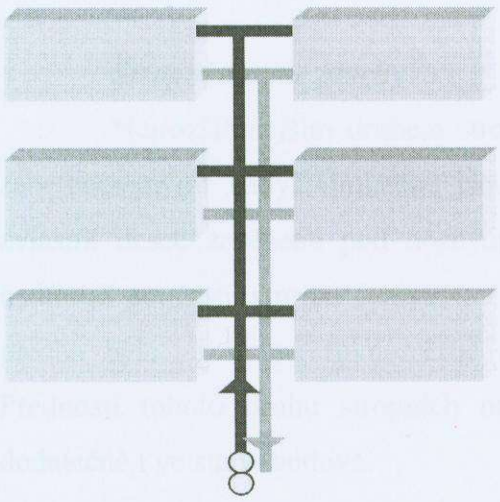
Dříve se používalo zejména pro menší budovy, nepříliš rozlehlé. Dnes se používá jen zcela výjimečně. Potrubní síť pro rozvod otopné vody je většinou dvoutrubková. Podle umístění hlavního vodorovného přívodního potrubí se rozlišuje souprava se spodním rozvodem a souprava s horním rozvodem (viz. [1]).

U přirozeného oběhu vzniká tlak rozdílem hydrostatických tlaků daných hmotností otopné vody v přívodním a vratném potrubí. Tento rozdíl je dán změnou měrné hmotnosti vody v závislosti na teplotě a výšce vodního sloupce v potrubí mezi zdrojem a otopným tělesem.

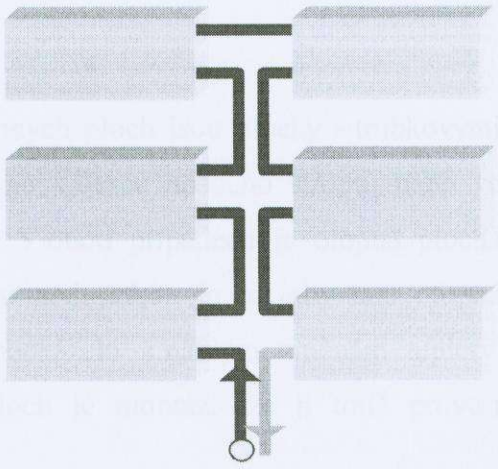
Teplovodní vytápění s nuceným oběhem vody

Oproti vytápění s přirozeným oběhem vody má tento způsob několik výhod. Při větší průtočné rychlosti vody vycházejí menší průměry trubek, a potrubní síť je proto levnější. Potrubí nemusí být vedeno se stálým stoupáním k expanzní nádobě. Je možné připojit i otopná tělesa, která jsou níže než zdroj tepla. Tepelná setrvačnost soustavy je menší, takže lze vytápění snadněji regulovat. Jedinou nevýhodou vytápění s nuceným oběhem vody je závislost na dodávce elektrické energie pro pohon oběhových čerpadel.

Tato soustava může být dvoutrubková nebo jednotrubková, se spodním, nebo s horním rozvodem. Oběhové čerpadlo je zařazeno buď do přívodního, nebo do vratného potrubí.



Obr. 2.7.: *Dvoutrubková soustava*



Obr. 2.8.: *Jednotrubková soustava*

Velkoplošné vytápění (sálavé)

Velkoplošné vytápění je zvláštním druhem teplovodního vytápění, u kterého je otopnou plochou některá ze stěn ohraničujících obytnou místnost. Nejčastěji je to strop, podlaha a jen výjimečně svislá stěna. Podle toho se pak rozlišuje stropní, podlahové a stěnové vytápění.

Otopné plochy jsou obvykle velmi hmotné, a proto je tepelná setrvačnost velkoplošného vytápění značně velká. Velká tepelná setrvačnost způsobuje, že při tomto druhu vytápění není možné rychlejší změny otopného příkonu, a proto se regulační zásahy projevují ve vytápění jen velmi pozvolna a také doba zátopu a chladnutí je velmi dlouhá. Velkoplošné sálavé vytápění se používá zejména v menších místnostech s přirozenou výměnou vzduchu.

Velkoplošné vytápění je poněkud dražší než klasické teplovodní vytápění s otopnými tělesy, a proto se ho nepoužívá hromadně. Využívá se hlavně pro různé reprezentační budovy a místnosti, kde se požaduje, aby vytápěcí zařízení nerušilo vzhled interiéru. Důležité jsou hygienické vlastnosti velkoplošného vytápění, z toho důvodu se používají tam, kde hygienické podmínky jiný způsob vytápění nedovolují.

Při velkoplošném sálavém vytápění s otopnými plochami zahřívanými trubkovými hady, nebo registry, se používá téměř vždy nuceného oběhu vody.

Stropní otopné plochy

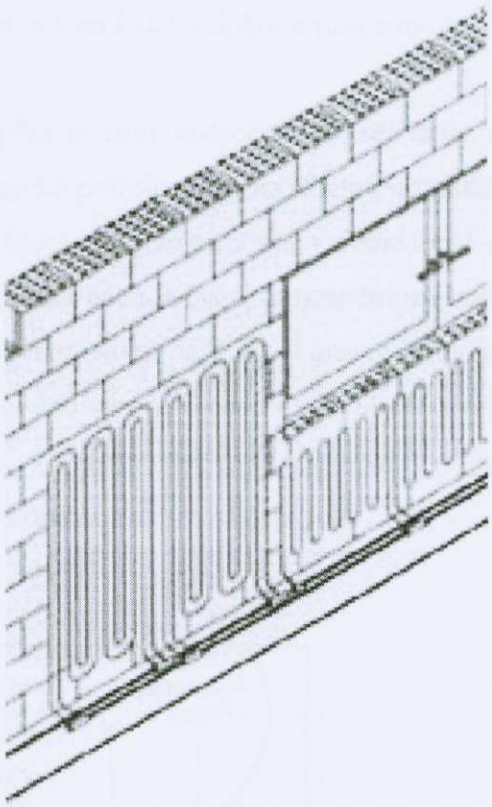
Nejrozšířenějším druhem stropních otopných ploch jsou plochy s trubkovými zabetonovanými hady. Umístěné jsou buď přímo v desce nosného stropu, nebo ve zvláštní desce zavěšené pod nosným stropem. V obou případech je otopná plocha nedílnou součástí stropní konstrukce. Důležitou podmínkou je to, aby tato otopná plocha byla zahřívána rovnoměrně a aby nedocházelo k náhlým změnám teploty. Předností tohoto druhu stropních otopných ploch je montáž, lze ji totiž provést dodatečně i ve starší budově.

Podlahové otopné plochy

Podlahové otopné plochy jsou obvykle vytvořeny stejně jako plochy stropní. To znamená, že se trubkové hady vloží do vrstvy betonu. Povrchová teplota je obvykle 25-30 °C. Pod betonovou desku s trubkami se vkládá vrstva tepelné izolace, aby se zmenšilo sdílení tepla směrem dolů. Tento systém má tepelnou setrvačnost podle síly betonu.

Stěnové otopné plochy

Stěnové otopné plochy se nejčastěji umísťují na venkovní stěnu pod okno a jen výjimečně na vnitřní stěnu. Konstrukční řešení je podobné jako u stropních a podlahových ploch. Střední povrchová teplota je 55 °C až 60 °C při střední teplotě otopné vody 80 °C. Ke stěnovým otopným plochám patří také betonové otopné desky s trubkovým hadem, které jsou již hotové. Zavěšují se na venkovní stěnu, nebo se vkládají na vnitřní příčky mezi dvěma sousedními místnostmi.



Obr. 2.9.: *Příklad umístění stěnového vytápění*

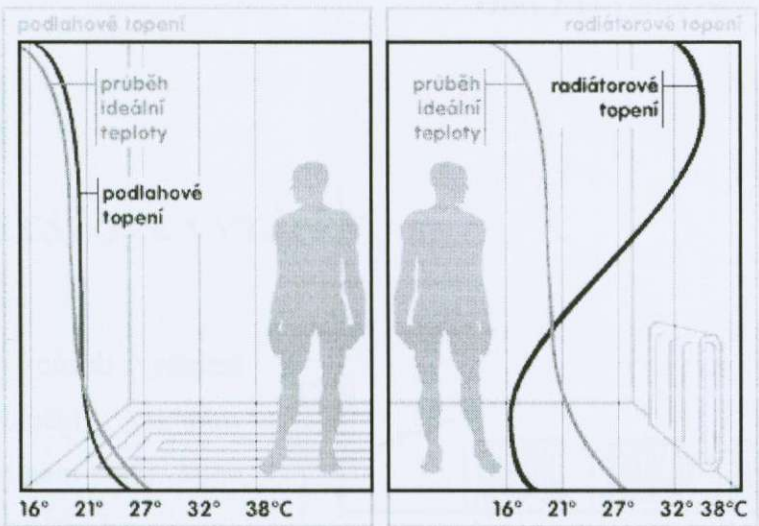
2.3.1.3. PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

Jedná se o vytápěcí systém, který je umístněn pod povrchem podlahy. Existují dva hlavní typy ohřevu - elektrický a teplovodní. U teplovodního podlahového vytápění se do podlahy instalují měděné či plastové trubky, kterými obíhá teplá voda. Elektrické vytápění se dále rozděluje na vytápění přímotopné, poloakumulační nebo akumulační. Tyto systémy se při budování zalévají různě silnou vrstvou betonu, přímotopná tělesa jsou umístněna přímo pod podlahu nebo pod tenkou vrstvu betonové stěrky. Poloakumulační systém se zalévá asi pěticentimetrovou vrstvou betonu a akumulační systém dokonce dvanácti centimetry betonu. Hřevným prvkem elektrického vytápěcího systému jsou buď topné kabely s odporovým drátem a izolací, nebo topné rohože ze skelných vláken, v nichž jsou kabely uloženy.

Jistou nevýhodou může být doba ohřevu na požadovanou teplotu. U teplovodních a přímotopných systémů je tato doba srovnatelná s ohřevem klasických radiátorů (teplo do třiceti minut). U poloakumulačních systémů je to už asi sto dvacet

minut a u akumulačních systémů je doba ohřevu nejdelší, až pět hodin. Navíc jsou tyto vytápěcí systémy plně automatizované; termostat si sám řídí vytápění a nastavuje ho na požadovanou teplotu.

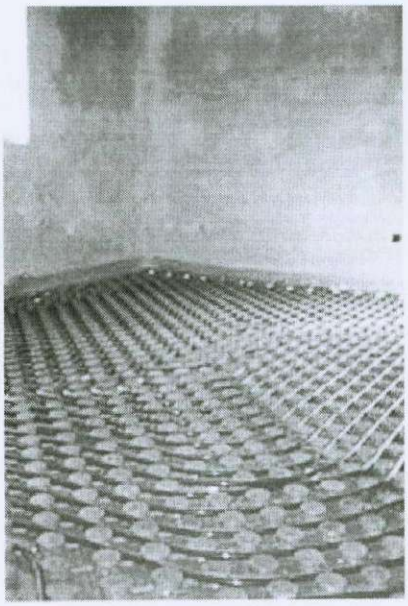
Největší výhodou podlahového vytápění je rovnoměrné rozložení tepla ve vertikálních vrstvách, které zcela kopíruje biologické potřeby člověka. Přímo u podlahy je teplota nejvyšší a postupně (směrem nahoru) klesá. Jestliže totiž pociťujeme teplo od nohou, sneseme relativně nižší teplotu ve vyšších polohách. Klasické vytápění má zcela odlišný princip. Studená podlaha v kombinaci s přetopeným pásmem v úrovni hrudníku a hlavy. Energetická úspora bude činit u podlahového vytápění cca 2-3°C, čímž se také vyhneme nezdravému přetápění místnosti a v místnostech s vysokými stropy zbytečnému ohřívání vzduchu v nevyužitých prostorech.



Obr.2.10.:*Porovnání průběhu teplot při podlahovém vytápění*

Jak elektrické, tak i teplovodní vytápěcí systémy disponují velmi dlouhou životností, která odpovídá základní životnosti každé stavby 30-50 let. Elektrické systémy jsou méně ekonomicky náročné než klasické radiátory i teplovodní systémy. Nevýhodou je to, že prvotní pořizovací cena je vyšší. Na kabelovém vytápění také nesmí stát přímo nábytek dotýkající se celou svou plochou podlahy, to by totiž způsobilo přehřívání topných kabelů a rapidní zkrácení jejich životnosti. Proto je již před instalací nutné dobře si rozvrhnout rozmístnění každého kusu nábytku v místnosti. Systém podlahových topení je ekonomicky výhodný, ale s vyšší pořizovací cenou.

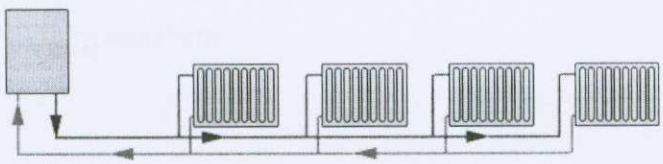
Nejvhodnější podlahovou krytinou u těchto způsobů vytápění je keramická dlažba, kámen nebo mramor. Nevhodné jsou těžké koberce, zcela nevhodné jsou koberce s podložkou z PVC nebo z pryže. Ekonomicky nejvýhodnější variantu odběru elektrické energie pro podlahové vytápění představuje levnější noční energie.



Obr. 2.11.: *Had podlahového topení*

2.4. ETÁŽOVÉ VYTÁPĚNÍ

Tento způsob vytápění slouží k vytápění skupiny místností ve stejném patře. Jejím charakteristickým znakem je to, že zdroj tepla (kotel) je umístěn v některé z vytápěných místností ve stejné výšce jako otopná tělesa.



Obr.2.12.: *Schematické znázorněn í principu etážového vytápění* (viz. [8])

Výhodou je to, že otopný režim lze uspořádat a tepelný výkon regulovat podle individuální potřeby (vnitřní teploty v místnostech), podobně jako při lokálním vytápění.

Etážové vytápění se dělí podle oběhu otopné vody na:

- přirozený oběh
- nucený oběh

Etážové vytápění s přirozeným oběhem vody

Jelikož je kotel ve stejné výšce jako otopná tělesa, může být účinný vztlak vyvozen především jen jistým ochlazením otopné vody v horizontálním přívodním potrubí vedeném pod stropem místnosti. Aby toto ochlazení (a tím i účinný vztlak) byl co největší, nesmí být horizontální přívodní potrubí izolováno. U některých soustav etážového vytápění se izoluje pouze hlavní svislé přívodní potrubí a horizontální vratné, vedené dole těsně nad podlahou. Protože účinný vztlak je poměrně malý, nesmí být otopná tělesa příliš vzdálena od kotle. Aby se usnadnilo odvzdušnění soustavy, jsou horizontální potrubí a přípojky k otopným tělesům vedena v určitém sklonu a k nejvyššímu místu rozvodu je pak připojena expanzní nádoba. V nejnižším místě je pak umístěn vypouštěcí kohout.

Etážové vytápění s nuceným oběhem

Tento způsob vytápění se užívá v rozlehlých bytech. Nuceného oběhu vody se dosáhne malým oběhovým čerpadlem buď na straně přívodní, nebo na straně vratné.

Pro etážové vytápění lze s výhodou použít také malých kotlů na plyn, nebo na kapalná paliva. Výhodou je snadná obsluha, čistý provoz a jednoduchá regulovatelnost podle momentální vnitřní teploty v místnosti. Aby se plně využilo velké provozní pohotovosti zdroje tepla, volí se při vytápění plynem, nebo kapalnými palivy soustava s otopnými tělesy s malým vodním obsahem.

2.4. OTOPNÁ TĚLESA

Úkolem otopných těles je předávat přivedené teplo ze zdroje teplonosnou látkou do místnosti. Podle konstrukčního provedení se rozlišují otopná tělesa článková, desková a trubková. Výběr těles se řídí druhem vytápěné budovy, vzhledem tělesa, hygienou provozu a konstrukcí tělesa s ohledem na tlakovou odolnost a životnost tělesa.

Otopná tělesa se v místnosti umísťují tak, aby jejich vytápěcí účinek byl co největší. Otopné těleso je nejčastěji u venkovní stěny pod oknem, kde svým sáláním eliminuje nepříznivý účinek chladných ploch a kromě toho také zabraňuje proudění chladného vzduchu v místnosti. Rovněž přispívá k rovnoměrnému rozložení teploty vzduchu v místnosti.

2.4.1. Článková tělesa

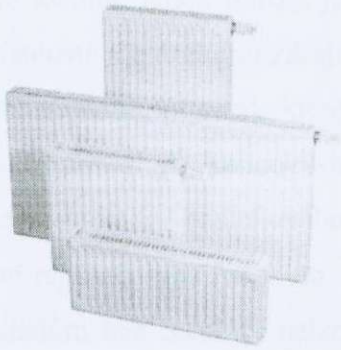
Tato tělesa jsou nejrozšířenějším druhem otopných těles. Články, ze kterých jsou článková tělesa složena, se vyrábějí buď odléváním ze šedé litiny, nebo lisováním a svařováním z ocelového plechu. Při sestavování těchto článků v otopné těleso se navzájem spojují vsuvkami s oboustranným závitem. Ocelová článková tělesa mají podstatně menší hmotnost, ale vodní obsah je přibližně stejný jako u litinových. Hmotnost litinových těles je velká, stejně tak hmotnost vody v nich obsažená. To způsobuje, že litinová tělesa mají velkou tepelnou setrvačnost. Střední povrchová teplota článkových otopných těles se prakticky rovná střední teplotě teplonosné látky. Otopná voda se do tělesa přivádí drobnými tryskami a mísí se s ostatní vodou v tělese.

2.4.2. Desková tělesa

Desková otopná tělesa mají hladký, nebo mírně zvlněný povrch. Výhodou těchto těles je to, že nezaujímají velký prostor v místnosti. Dále se snadněji čistí a mají velký podíl sálání při sdílení tepla z přední strany. Nevýhodou je jejich poměrně malý tepelný výkon, takže je obvykle nutno používat dlouhých těles podél venkovní stěny.

Tato tělesa se svařují z ocelového plechu o tloušťce 1,0 mm až 1,5 mm, jejich dostatečnou pevnost zajišťuje mělké podélné, nebo příčné profilování. Pro vyšší provozní tlaky jsou vhodná desková tělesa lamelového typu, která se skládají z trubkového hadu, nebo registru, k němuž je připojena kovová lamela.

Mezi desková tělesa patří také beztlaková tělesa, která mají vnitřní výměník tepla. Teplonosná látka proudí trubkovou smyčkou umístěnou uvnitř pláště z tenkého plechu, naplněného vodou, nebo jinou kapalinou (viz. [1]).

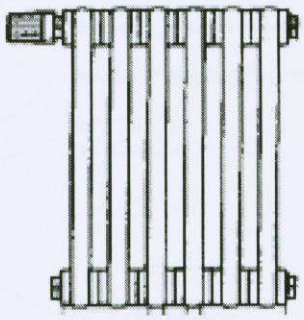


Obr. 2.13.: *Desková otopná tělesa*

2.4.3. Trubková tělesa

Hady nebo registry z hladkých trubek jsou nejjednoduššími otopnými tělesy. Teplonosnou látkou může být teplá voda nebo pára.

K tomuto typu také patří vysokotlaká otopná tělesa, vytvořená jako registr se svislými trubkami, ke kterým jsou připojena podélná žebra. Tato žebra zvyšují měrný tepelný výkon, zmenšují sálání a zabraňují přímému kontaktu s trubkami.



Obr. 2.14.: *Trubková otopná tělesa*

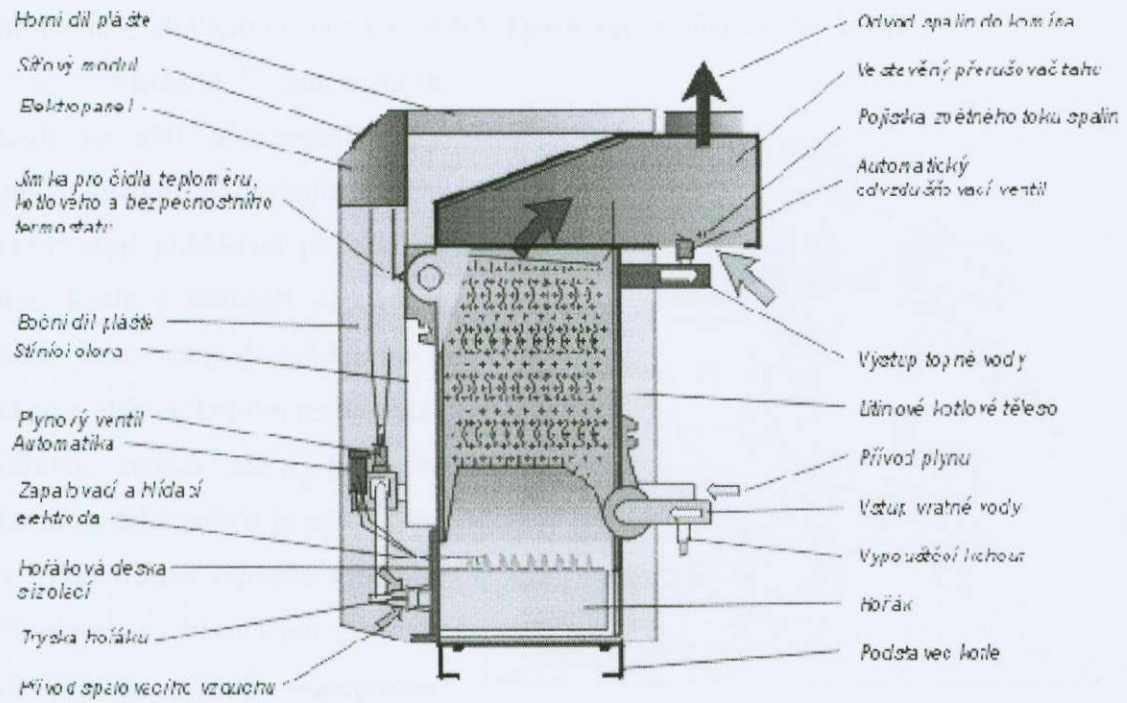
Konvektory (trubková tělesa se zákrytem)

Vodorovné žebrové trubky jsou obklopeny zvláštním zákrytem, který jako šachta podporuje přirozené proudění vzduchu. Tato tělesa sdílí teplo převážně jen konvekcí. Tepelný výkon konvektorů lze regulovat jak průtokem teplonosné látky, tak i regulační klapkou, která mění průtok vzduchu šachtou.

2.5. KOTLE

Zdroje tepla lze rozdělit do dvou základních skupin. První je centrální vytápění, které z jednoho místa zásobuje celý dům, druhé je lokální, jehož funkce je omezena pouze na určitou část domu, tedy na jednu či více místností. Centrálními zdroji tepla jsou nejčastěji kotle. Spaluje se v nich médium (tuhé, kapalné, plynné), které ohřívá teplonosnou látku (vodu) v otopném systému a distribuuje ji do koncových zařízení, tedy radiátorů, podlahových konvektorů třeba teplovodního podlahového topení. Zatímco starší typy kotlů umožňovaly pouze primitivní regulaci typu "zapnuto - vypnuto", v současné době se kvůli stále se zvyšujícím nákladům bez regulace nelze obejít. Snad jen u kotlů na dřevo či uhlí, jejichž ceny nejsou tak vysoké, je možno vystačit s regulací mechanickou.

Většina kotlů se vyrábí jak v nástěnném (závěsném) provedení, tak ve stacionární podobě, tedy určené k postavení na podlahu (viz. obr. 3.14.). Nástěnné kotle jsou velmi lehké, naopak kotle stacionární dosahují díky litinovým článkům vyšší hmotnosti.



Obr. 2.15.: *Schéma stacionárního kotle*

Kromě vytápění mohou kotle připravovat také teplou užitkovou vodu a shromažďovat ji v zásobníku umístěném nejčastěji vedle kotle nebo pod ním. Tyto kombinované kotle mají ve srovnání s běžnými kotli vyšší výkon.

Volba vhodného kotle je jednou z nejdříve řešených otázek při volbě vytápění. Kotle se rozdělují podle druhu paliva na:

- Kotle na tuhá paliva
- Kotle na kapalná paliva
- Kotle na plynná paliva
- Elektrokotle

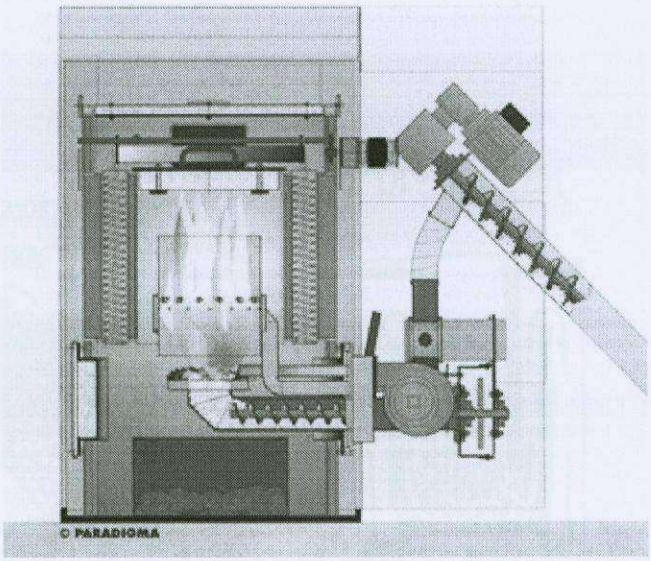
2.5.1. Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva jsou určeny pro spalování koksu, antracitu, černého uhlí, hnědého uhlí a dřeva či pelet.

Kotlové těleso může být svařeno z ocelového plechu, nebo složeno z litinových článků. Kromě klasického spalování dřeva odhořívánim či prohoříváním existují i kotle

s pyrolytickým spalováním suchého dřeva , kde dochází nejprve ke zplynování paliva a následně k jeho hoření (viz. kap. 3.6.). Tyto kotle dosahují vyšší účinnosti.

Moderní automatické kotle na uhlí se zásobníkem a automatickým podáváním paliva nevyžadují přikládání po několik dní. Kotle s nutností přikládání dnes spíše ustupují moderním a ekologičtějším kotlům na biomasu (dřevo, štěpka atd.). Výhodou kotlů na tuhá paliva je jejich cena a jednoduchost topného systému. Nevýhodou klasických kotlů je obtížná a prašná manipulace, skladování paliva, nízká účinnost klasických kotlů a obtížná regulace výkonu. Klasických kotle jsou řešeny s vrchním ožehem, nebo se spodním ožehem.



Obr. 2.16.: *Automatický kotel*

Kotle s vrchním ožehem

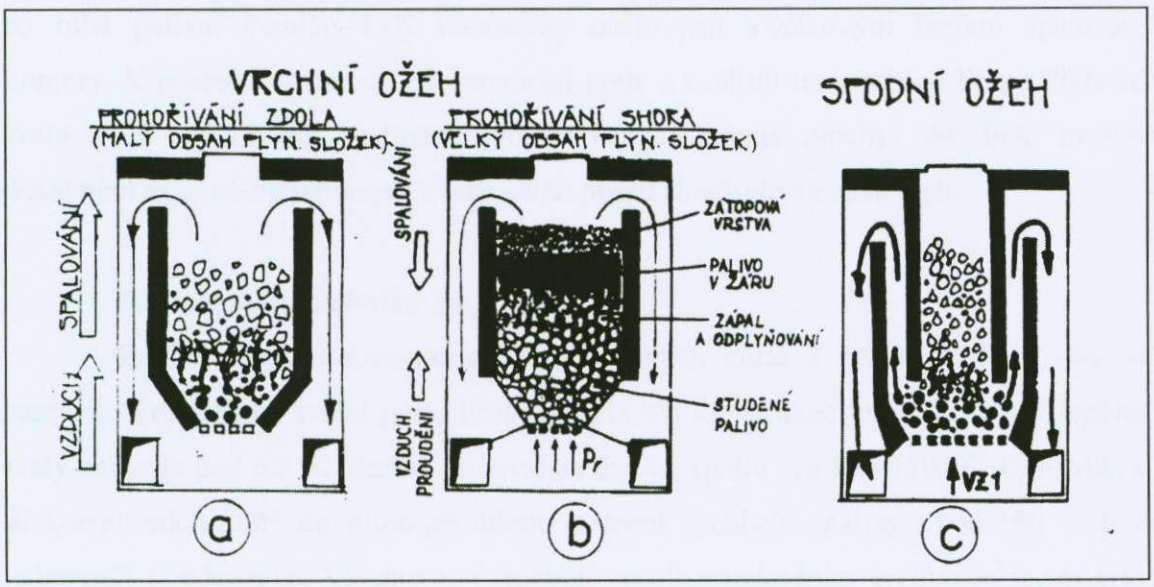
Při vrchním ožehu jsou spaliny hoření odváděny od topeniště v horní části kotle. Oheň se zakládá na roštu a palivo zvolna prohořívá celým násypem paliva, tím dochází k postupnému rozhoření celého objemu paliva v kotli. Tento způsob se vyznačuje rychlým zátopem. Veškerý vzduch pro spalování je přiváděn jako primární od roštu. Tyto kotle jsou vhodné pro spalování antracitu, koksu nebo kvalitního černého uhlí z důvodu nízkého obsahu plynných složek. Při spalování hnědého uhlí dochází k zadehtování kotle a tím nebezpečnému provozu.

Kotle se spodním ožehem

Tyto druhy kotlů mají odvod spalin od roštu tam, kde je palivo spalováno nad roštem v boční části násypné šachty. Palivo pozvolna odhořívá a při doplňování do šachty má kotel rovnoměrný výkon a provoz není přerušovaný. V těchto kotlích se mohou spalovat všechny druhy paliv.

Podle použitého materiálu se rozdělují kotle na ocelové a litinové. Klasické litinové kotle jsou sestaveny z článků tak, že s počtem článků se úměrně zvyšuje

teplosměnná plocha a výkon kotle. Ocelové kotle jsou konstruované jako monoblok. Kotle mají paralelně nebo sériově uspořádané kotlové tahy, nejčastěji v zadní části kotle. Primární vzduch na spalování je přiváděn pod rošt a sekundární do spalovacího místa.



Obr. 3.17.: *Schéma spalování v kotlích na tuhá paliva, a – vrchní ožeh (prohořívání zdola), b – vrchní ožeh (prohořívání zhora), c – spodní ožeh*

2.5.2. Kotle na plyn

Vytápění zemním plynem je stále populárnější jak z hlediska ekologického, tak i kvůli poměrně nízkým investičním nákladům, možnosti dokonalé regulace a vysokému komfortu obsluhy. Klasické plynové kotle dosahují účinnosti až 90%, moderní kotle kondenzační využívají dokonce až 97% energie paliva. Typy kotlů pokrývají nejrůznější požadavky uživatelů z hlediska výkonu, ceny, možností regulace a dalších parametrů. Je možné volit mezi kotli stacionárními nebo závěsnými. Plynové topení klade vyšší nároky na konstrukci komína, ale výrobci nabízejí také závěsné kotle s přímým odvodem spalin přes zeď nebo střechu. Provozní náklady na plynové topení nejsou malé, ale jsou na druhé straně vykompenzovány mnohými výhodami. Kotle na plyn patří v současné době ke stále zdokonalovaným výrobkům. Již běžně jsou k dispozici plynové turbokotle, které ke svému výkonu nepotřebují komín a dokáží tak ušetřit finanční prostředky na jejich zavedení. Spaliny jsou totiž odváděny přes stěnu

pomocí ventilátoru, takže kotel může být umístěn prakticky kdekoli v domě. Nejvyšší účinností vynikají kotle kondenzační, které využívají při provozu teplo spalin.

Konstrukce a materiál

Dříve byly plynové kotle navrhovány jako litinové článkové, úpravou z kotlů na tuhá paliva. Později byly nahrazeny ocelovými s válcovým tvarem spalovací komory. V poslední době se opět navracejí kotle z kvalitní tenkostěnné litiny. Plynové kotle mají upravovaný spalovací prostor i teplosměnné plochy, aby bylo možno dosáhnout maximální účinnosti a také snížit obsah škodlivin ve spalinách.

Nízkoteplotní technika

Základní podmínkou konstrukce plynových kotlů v minulosti bylo, aby se zamezilo kondenzaci vodní páry. Proto musela být konstrukce řešena tak, aby teplota vody neklesla pod 65 °C, čemuž odpovídala teplota spalin cca 150-170 °C. Konstrukce nízkoteplotních kotlů dovoluje při dílčím zatížení vychladit spaliny i pod 100 °C bez nebezpečí kondenzace. Významnou změnou oproti standardním kotlům je to, že tyto kotle nepracují s konstantní teplotou vody. Ihned po zapálení proudí voda do systému. Zejména při dílčím zatížení tak dochází k lepšímu vychlazení spalin, což má za následek snížení jak komínové ztráty, tak ztráty sáláním (viz. [1]).

Kondenzační technika

Při spalování zemního plynu vzniká vedle oxidu uhličitého také určité množství vody, která odchází ve formě vodní páry s ostatními složkami spalin do okolní atmosféry. Vodní pára ve spalinách s sebou odnáší i určité množství energie. Vodík, ze kterého vzniká při spalování voda, je obsažen nejen v uhlovodíkových plynech využívaných pro vytápění (zemní plyn, propan apod.), ale také v kapalných a tuhých palivech. Přesto se u těchto paliv kondenzační technika neuplatňuje. Kromě lepšího využití citelného a kondenzačního tepla spalin vykazují kondenzační kotle i menší ztráty vlivem ochlazování tělesa kotle při provozních přestávkách. I to se projevuje na celkově lepším ročním využití.

Podle přívodu vzduchu k hořáku se rozdělují plynové kotle:

- s atmosférickým hořákem
- s řízeným přívodem vzduchu s ventilátorem

Atmosférické kotle

Tyto kotle mají většinou menší výkony. Ve spodní části spalovacího prostoru je plynový hořák, kam je přiveden plyn a s injekčním nasáváním je promícháván se vzduchem. Charakteristickým znakem těchto kotlů je přerušovač tahu v kouřovém hrdle kotle, který vylučuje vliv komínového tahu na spalovací prostor. Atmosférické hořáky jsou méně hlučné než monoblokové hořáky s ventilátorem. Ve spalovací komoře předávají spaliny konvekcí teplo na teplosměnné ploše otopné vodě.

Kotle s monoblokovým hořákem (s nuceným přívodem vzduchu ventilátorem)

Ventilátor promíchává plyn se vzduchem a tato směs je přivedena k hořákovému ústí. Stěny teplosměnné plochy komory jsou hladké, bývají ještě upraveny, aby byla vytvořena turbulence a zvětšena plocha na straně spalin. Komora válcového tvaru je buď horizontální, nebo v případě vertikálního řešení je odvod spalin u podlahy.

2.5.3. Kotle na kapalná paliva

Tyto kotle jsou tvarově i funkčně podobné kotlům s monoblokovým hořákem. Mají válcovou spalovací komoru. Vzduch je vháněn do spalovací komory ventilátorem a přívod oleje je regulován čerpadlem. Výhodou těchto kotlů je opět čistota provozu, jednoduchá obsluha, snadná regulace a rychlá provozní pohotovost. Na druhou stranu je zde vyšší pořizovací cena a závislost na dovozu topných olejů. Vyrábějí se upravené kotle pro spalování kapalných paliv. Jsou to ocelové kotle s žárovými trubkami ve válcovém plášti.

Hořáky na kapalná paliva

Hořák má za úkol topný olej jemně rozptýlit a popřípadě i zplyňovat, dokonale promísit se vzduchem a spálit. Podle splnění těchto podmínek se hořáky rozdělují na:

- hořáky odpařovací
- hořáky rozprašovací
- hořáky rotační

Hořáky odpařovací

Princip těchto hořáků spočívá v tom, že je olej přiváděn na misku, kde se díky teplu plamene odpařuje a potom hoří. Otvory po stranách přivádí vzduch potřebný k hoření. Olej je přiváděn samospádem ze zásobní nádrže do regulátoru, odkud je pak ručně ventilkem přiváděn na misku. Díky této regulaci je řízen výkon hořáku.

Maximální výkon těchto hořáků je 35 kW, při účinnosti 70-75%. Odpařovací hořáky se využívají zejména pro lokální topidla a malé kotle.

Hořáky rozprašovací

Rozprašovacích hořáků je několik typů. Vysokotlaký hořák, nízkotlaký hořák, injektorový hořák a další. Vyrábějí se jako celek obsahují filtr, čerpadlo, regulační ventil, rozprašovací trysku ventilátor s elektromotorem a zapalovací zařízení.

Nejrozšířenějším typem je hořák vysokotlaký. Topný olej je k rozprašovací trubici dopravován tlakem 7-30 at. Topný olej je rozptýlen rozprašovací trubicí na jemnou mlhu, která se při vysokých teplotách vypaří. Ke spalování je potřebný vzduch, který je nasáván ventilátorem a potrubím je hnán k rozprašovací trubici. Tato směs se zapaluje elektrickou jiskrou. Těchto hořáků lze použít pro řídké topné oleje, hustší oleje je nutno předehřívat ve speciálních ohřívačích.

Hořáky rotační

U tohoto typu olej protéká dutým rychle se otáčejícím hřídelem a na jeho konci se využívá odstředivá sila, která rovnoměrně tento olej rozstřikuje na vnitřním povrchu do spalovacího prostoru. Vzduch pro spalování je dmychán ventilátorem. Regulačním ventilem lze regulovat přívod topného oleje a tím i výkon hořáku. Tento druh hořáků je vhodný pro různé druhy topných olejů a při předehřívání i pro oleje husté.

2.5.4. Elektrokotle

Hlavní výhodou elektrického přímotopného vytápění je jednoduchost kotle, který je tvořen pouze elektrickými topnými spirálami a regulací. Z ekologického hlediska je sice elektrokotel čistým zdrojem v místě vytápění, ale při globálním pohledu se jedná o vysoce neefektivní využívání ušlechtilé energie - elektřiny. Elektrické

akumulační vytápění využívá nízkého tarifu elektrické energie (8 nebo 16 hod/den). V tuto dobu je tepelná energie ukládána do nádrží s vodou a následně z nich používána na vytápění.

Výhodou je tichý a bezobslužný chod, dokonalá regulace a také to,že není potřeba komín. Nevýhodou je nutnost dostatečně velké přípojky a hlavního jističe, vyšší měsíční platba za elektřinu a nároky na prostor pro zásobníky (u akumulačního vytápění).

2.6. ALTERNATIVNÍ DRUHY VYTÁPĚNÍ

Využití alternativních zdrojů vytápění

Vzhledem k zaměření této bakalářské práce zde budou zmíněny pouze alternativní zdroje k výrobě tepelné energie. Jedná se o přírodní energetické zdroje, které jsou v podstatě nevyčerpatelné a stále se obnovující, jako je slunce, voda, vítr a biomasa.

2.6.1. Biomasa

Biomasa je definována jako hmota organického nebo živočišného původu. Je získávána jako odpad ze zemědělské, či průmyslové činnosti, jako komunální odpad. Biomasa může být i výsledkem záměrné výrobní činnosti v zemědělství nebo lesnictví. V souvislosti s energetikou jde nejčastěji o dřevo a dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky včetně exkrementů užitkových zvířat. Efektivní a ekologické využití biomasy má minimální negativní vliv na životní prostředí.

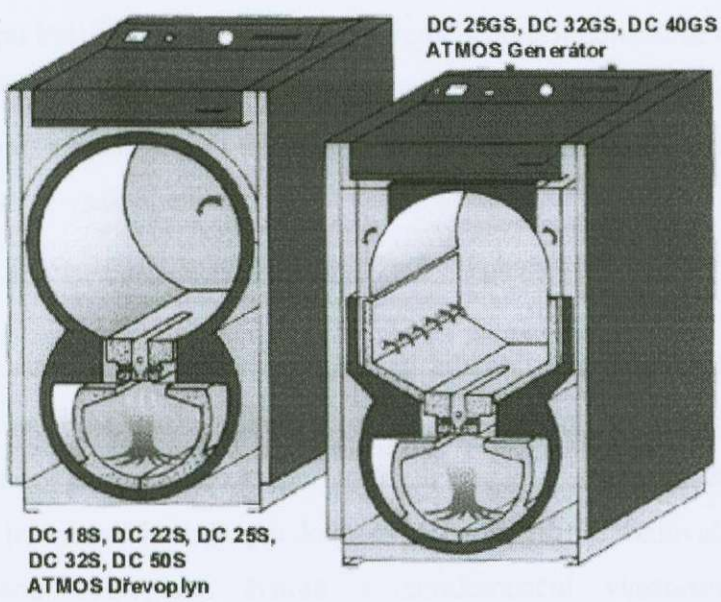
Biomasa se rozděluje na "suchou" (např. dřevo) a "mokrou" (například kejda - tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat promísené s vodou). Základní technologie zpracování se dělí na suché procesy (termochemická přeměna) jako je spalování, zplyňování a pyrolýza a procesy mokré (biochemická přeměna), které zahrnují anaerobní vyhnívání (metanové kvašení), lihové kvašení a výrobu biovodíku. Zvláštní podskupinu potom tvoří lisování olejů a jejich následná úprava, což je v podstatě mechanicko-chemická přeměna (např. výroba bionafty a přírodních maziv).

Spalování a zplyňování biomasy

Ze suché biomasy se působením vysokých teplot uvolňují hořlavé plynné složky, tzv. dřevoplyn. Jestliže je přítomen vzduch, dojde k hoření, tj. jde o prosté spalování. Pokud jde o zahřívání bez přístupu vzduchu, odvádí se vzniklý dřevoplyn do spalovacího prostoru, kde se spaluje obdobně jako jiná plynná paliva. Část vzniklého tepla je použita na zplyňování další biomasy. Výhodou je snadná regulace výkonu, nižší emise a vyšší účinnost. Zařízení se zplyňováním biomasy se používají stále častěji. Na první pohled se neliší od běžných spalovacích zařízení.

Biomasa je velmi složité palivo, protože podíl částí zplyňovaných při spalování je velmi vysoký (u dřeva je 70 %, u slámy 80 %). Vzniklé plyny mají různé spalovací teploty. Proto se také stává, že ve skutečnosti hoří jenom část paliva. Podmínkou dokonalého spalování je vysoká teplota, účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru pro to, aby všechny plyny dobře shořely a nestávalo se, že budou hořet až v komíně.

Výhřevnost dřeva a dalších rostlinných paliv kolísá nejen podle druhu dřeva či rostliny, ale navíc i s vlhkostí, na kterou jsou tato paliva citlivější. Dřevní hmota při přirozeném provětrávání pod střechou sníží svůj obsah vody na 20 % za jeden rok, řepková sláma za stejných podmínek na 13 %.



Obr.2.18.: *Kotle na zplyňování biomasy*

Obsah energie v 1 kg dřeva s nulovým obsahem vody je asi 5,2 kWh. V praxi však nelze dřevo vysušit úplně, zbytkový obsah vody je asi 20 % hmotnosti suchého dřeva. Protože se při spalovacím procesu část energie spotřebuje na vypaření této vody, je nutné počítat s energetickým obsahem 4,3-4,5 kWh na 1 kg dřeva. [11]

Kotle pro rodinné domky pracují obvykle tak, že se palivo nejprve zplyňuje a teprve potom se plyn spaluje. Takový systém umožňuje velmi dobrou regulaci srovnatelnou s plynovými kotli. Kotle spalují nejčastěji polenové dříví či pilinové brikety, někdy v kombinaci se dřevní štěpkou nebo dřevním odpadem. Oblibu si získávají lisované pilinové pelety, které umožňují bezobslužný provoz kotle, komfortní dopravu a skladování.

Obr. 2.19.: *Pilinové pelety*

Bioplyn

Při rozkladu organických látek (hnůj, zelené rostliny, kal z čističek) v uzavřených nádržích bez přístupu kyslíku vzniká bioplyn. Ze zemědělských odpadů se v největší míře energeticky využívá kejda, případně i slamnatý hnůj, sláma, zbytky travin, stonky kukuřice, bramborová nať a další. Tímto způsobem je možné zpracovávat také slámu, piliny a jiný odpad, proces je však pomalejší.

Fermentace biomasy

Fermentací roztoků cukrů je možné vyprodukovat ethanol (ethylalkohol). Vhodnými materiály jsou cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Cukry mohou být vyrobeny i ze zeleniny nebo celulózy. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého ethanolu, který je vysoce hodnotným kapalným palivem pro spalovací motory. Jeho přednostmi jsou ekologická čistota a antidetonační vlastnosti. Nedostatkem je jeho schopnost vázat vodu a působit korozi.

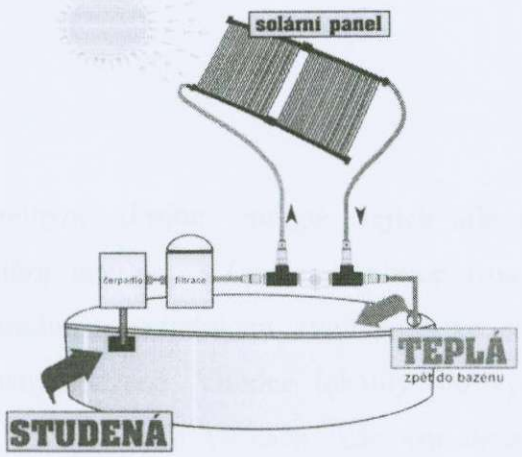
2.6.2. Solární energie

Solární energie patří mezi nevyčerpatelné zdroje energie. Její využití nemá žádné negativní dopady na životní prostředí. Množství využitelné energie závisí na klimatických podmínkách jednotlivých částí zemského povrchu. Lze ji dobře využívat

nejen v oblastech s dlouhým slunečním svitem, ale i s vyšší nadmořskou výškou. V České republice jsou poměrně dobré podmínky pro využití slunečního záření, přestože množství sluneční energie v průběhu roku kolísá a největší množství sluneční energie dopadá v období, kdy je spotřeba tepla nejnižší.

Solární energie se využívá k výrobě tepla, tzn. pro ohřev vody, k ohřevu vody v bazénech, k dotápění, či vytápění objektů. Při využití sluneční energie jsou nízké provozní náklady (sluneční energie je zdarma). Kromě vcelku vysoké životnosti (15-20let) a jeho nenáročné obsluze je významné i ekologické hledisko (úspora fosilních paliv).

Avšak sluneční energii nelze využít jako samostatný zdroj tepla, je pouze jako doplňkový zdroj energie. Návratnost vložených finančních prostředků je závislá na cenové úrovni používaného paliva před instalací solárních kolektorů, na velikosti soustavy a způsobu využití.



Obr. 2.20.: *Využití solárního kolektoru na ohřev vody v bazénu*

Pasivní solární soustavy

Sluneční záření se mění na teplo prostřednictvím stavebního řešení budovy, které vychází z podobných principů jako skleník. Množství získané energie závisí na poloze, druhu, architektonickém řešení budovy a použitých materiálech. Doporučuje se používat skla s reflexní folií, která zabraňuje zpětnému vyzařování tepla ven z místnosti a v létě zabraňuje přehřívání. Pasivní systémy lze výborně využít u nově budovaných objektů (dekorativní a současně energeticky úsporné prvky). U starších objektů je možné dostavět prosklenou verandu, skleník.

Aktivní solární soustavy

Sluneční záření se přeměňuje na teplo pomocí tzv. solárních kolektorů. Teplo získané v kolektorech se využívá přímo k přitápění, k ohřevu vody nebo se může

ukládat v akumulačních nádržích a využívat později (v noci, ve dnech se slabým slunečním svitem).

Vzhledem k českým klimatickým podmínkám je ale nutno kombinovat solární kolektory s dalším stálým zdrojem tepla. Solární kolektory vyrábí nejvíce tepla v letních měsících, kdy je potřeba tepla nejnižší, a tak je vhodné zvážit, jak teplo využijeme. Pokud bychom chtěli sluneční energii využít i v chladnějších měsících pro topení či předehřev teplé vody, pak je nutná soustava s větším počtem kolektorů. V letních měsících pak přebytečné teplo využijeme na ohřev vody v bazénu.

2.6.3. Energie větru a vody

Vítr a voda patří k nevyčerpatelným zdrojům energie. Jejich síla patří k historicky nejstarším využívaným zdrojům energie. V České republice jsou ale možnosti jejich využití, vzhledem k přírodním podmínkám (vnitrozemské klima s nepravidelným prouděním vzduchu), dosti omezené. Vhodné lokality pro využití větrné energie jsou většinou ve vyšších nadmořských výškách, kde vítr dosahuje vyšších rychlostí (nad 5m/s).

Síla větru a vody se využívá zejména k výrobě elektrické energie. Ta může být použita k vlastní spotřebě výrobce (k osvětlení, vytápění objektů, k ohřevu vody) nebo může být využívána lokálně více odběrateli.

2.6.4. Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla slouží především jako tepelný zdroj pro vytápění rodinných domů, ohřev užitkové vody a vody v bazénu. Stávají se velmi oblíbeným alternativním způsobem vytápění a to nejen pro své výborné ekonomické vlastnosti (ušetří až 80% nákladů na energii), ale i díky krátké době návratnosti investice (v průměru 3-7 let) a ekologickému provozu.

Podle konkrétních podmínek uživatele je možno využít tepelná čerpadla typu:

- voda (země) x voda
- vzduch x voda
- voda x vzduch (nejméně častá varianta)
- vzduch x vzduch.

Tepelné čerpadlo pracuje na principu běžné kompresorové chladničky. Zatímco v případě chladničky se teplo odebírá z jejího vnitřku, u tepelného čerpadla se teplo získává ze vzduchu, vody, země apod. U chladničky se ohřívá zadní stěna, u tepelného čerpadla se teplo účelově předává do ohřevu topné vody ústředního vytápění, teplé vody užitkové, ohřevu bazénu apod.

Tepelné čerpadlo je zařízení, které dokáže odebírat teplo z chladnějšího tělesa (ze země, vody či vzduchu) a přenášet jej na těleso teplejší (topná voda, vzduch v domě). K takovému přenosu tepla je pochopitelně nutné dodat nějakou energii (zpravidla elektrická energie pro pohon kompresoru), ale existují i tepelná čerpadla na absorpčním principu (jsou poháněna pouze teplem). Rovněž existuje tepelné čerpadlo poháněné zemním plynem, které je však nákladné a jeho provoz je ve srovnání s elektrickými dražší. Na každou spotřebovanou kilowatthodinu umí získat dalších 3–4 kWh tepla (což je podstata jeho úspornosti).

Tab. 2.3.: *Porovnání účinnosti tepelného čerpadla s kotli*

Účinnost kotle na tuhá paliva	0,5 až 0,8
Účinnost plynového kotle	0,7 až 0,9
Účinnost tepelného čerpadla	vždy větší než jedna

Standardní tepelná čerpadla pracují s teplotou výstupní vody do otopného systému 50°C, max. 55°C. To je třeba zohlednit zejména při návrhu radiátorové otopné soustavy.

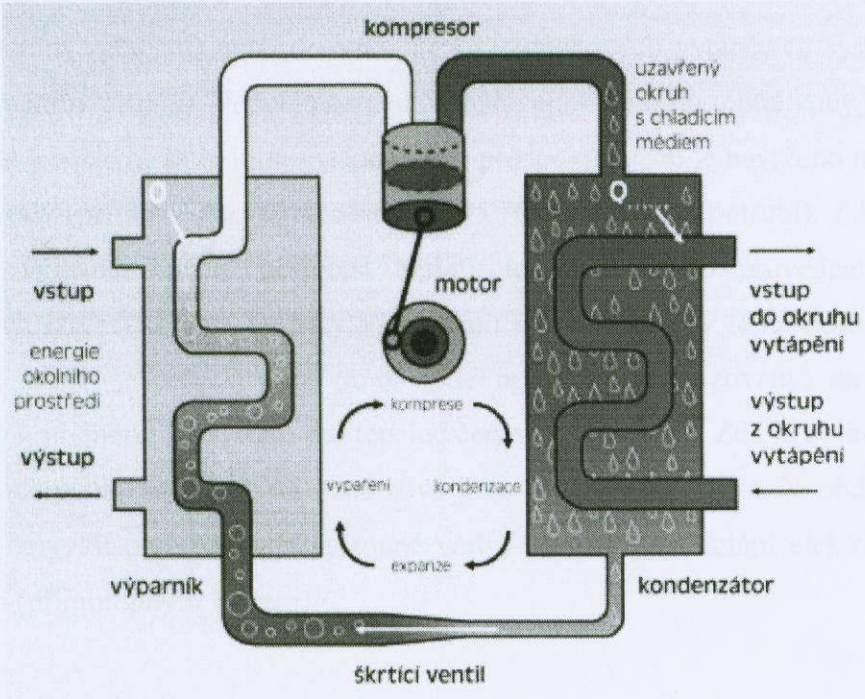
Používání ekologických chladiv a nízká energetická náročnost tepelných čerpadel znamenají minimální zátěž životního prostředí. Svými nízkými provozními náklady přináší tepelné čerpadlo uživateli velké úspory a tím zajišťuje rychlou návratnost jeho investice. Moderní technologie a regulace poskytuje všem zákazníkům komfortní a bezobslužný provoz, který zajistí tepelnou pohodu v daném objektu.

Instalace tepelného čerpadla daleko více zhodnocuje danou nemovitost oproti jiným druhům vytápění (utratím mnohem méně peněz za provozní náklady než při spalování neobnovitelných paliv). Možnost získání dotace z fondu pro životní prostředí (výše podpory pro fyzické osoby, rodinné domy, je maximálně 30 % z investičních nákladů na instalaci tepelného čerpadla formou nevratné dotace).

Praktické provedení tepelných čerpadel

V praxi se vyskytují téměř výlučně tepelná čerpadla s kompresorem poháněným elektrickým motorem. V zásadě jde o mírně upravený chladicí stroj. Dříve se také amatérská tepelná čerpadla stavěla ze starých chladicích zařízení, i když jejich kompresory nejsou pro tepelná čerpadla vždy vhodné. Základní části tepelného čerpadla jsou:

- kompresor - stlačuje chladivo a zvyšuje jeho teplotu
- kondenzátor - tepelný výměník, kde chladivo kondenzuje a odevzdává teplo do topného systému
- výparník - zde se chladivo odpařuje a odebírá teplo z okolí



Obr.2.21.: *Schéma energetických toků v tepelném čerpadle* (viz. [12])

Na tepelné čerpadlo se tedy lze dívat jako na chladničku, která ochlazuje vnější prostředí v okolí domu a dodává teplo dovnitř.

Účinnost tohoto procesu se posuzuje pomocí takzvaného topného faktoru - ten udává kolik kWh tepla je vneseno do topného systému na každou kWh spotřebované elektrické energie. Topný faktor pochopitelně závisí jednak na vlastní tepelné a mechanické účinnosti daného kompresoru, ale také, a to velmi významně, na rozdílu teplot mezi místem odkud teplo bereme a místem, kam je dodáváme. Pokud je cílem dosáhnout velký topný faktor, je nutné teplo brát z co nejteplejšího zdroje (např. odpadní teplo z větracího vzduchu nebo teplo z podzemní vody) a používat topný systém s co nejnižší teplotou (např. podlahové nebo teplovzdušné vytápění).

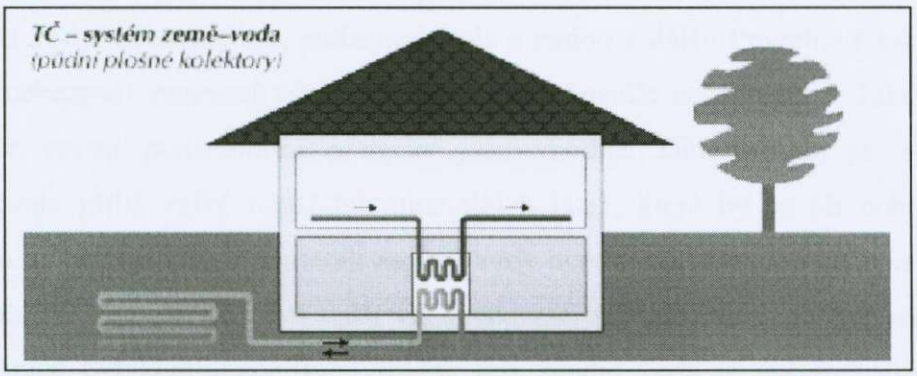
Obvykle se topný faktor pohybuje mezi 2 až 4. Tepelné čerpadlo sice spotřebovává cennou formu energie (elektřinu), ale za to nám každou spotřebovanou kWh rozmnoží na dvoj - až čtyřnásobek. Levný provoz (0,50-0,25 Kč/kWh tepla) je ovšem vyvážen poměrně vysokými investičními náklady (200 000-300 000 Kč na rodinný dům). Výkony tepelných čerpadel pro běžné rodinné domy se většinou pohybují v rozsahu 4-16 kW.

Teplo lze brát ze země, z vody nebo ze vzduchu. Předává se buď do vody (při teplovodním vytápění) nebo do vzduchu (u vzduchových vytápěcích systémů nebo při rekuperačním větrání). Tepelné čerpadlo předávající teplo do topné vody je tedy možno používat s běžným ústředním vytápěním za předpokladu, že je navrženo na nižší teplotu topné vody (přibližně 55 °C na vstupu a 45 °C na zpětném potrubí). Zde se pozitivně uplatní výrazné snížení potřebné teploty topné vody po provedení dodatečných tepelných izolací domu. Ty díky výraznému snížení potřeby tepla dokáží starý topný systém, který je projektovaný (a obvykle mírně předimenzovaný) na teplotní spád 90/70 °C, přeměnit na systém pro tepelné čerpadlo přijatelný. Zde je dobré zdůraznit, že tepelné čerpadlo se zpravidla nepoužívá jako jediný zdroj tepla. V období nejnižších teplot (nejvyšší potřebné teploty topné vody) se zpravidla dotápí elektrickým topným tělesem (přímotopným kotlem).

2.6.4.1. DRUHY TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelné čerpadlo: země (zemní kolektor) - voda

Zdrojem tepla je zemina v hloubce 1,5-2 m, z níž je teplo odebíráno pomocí plastových trubek, kterými protéká vhodný nemrznoucí roztok. Vzhledem k malé tepelné vodivosti zeminy je pro vytápění běžného rodinného domu potřebná plocha pozemku cca přes 200 m^2. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 10-30 m^2 plochy pozemku podle typu zeminy. Výhodou tohoto tepelného zdroje je jeho univerzálnost, nižší cena a poměrně příznivý chod teplot a tím i dobrý topný faktor. Nevýhodou je nutnost kopání na poměrně velké ploše pozemku; to lze tolerovat při stavbě domu, dodatečně to již bývá obtížnější.



Obr. 2.22.: *Tepelné čerpadlo země (zemní kolektor) - voda*

Tepelné čerpadlo: země (zemní vrt) - voda

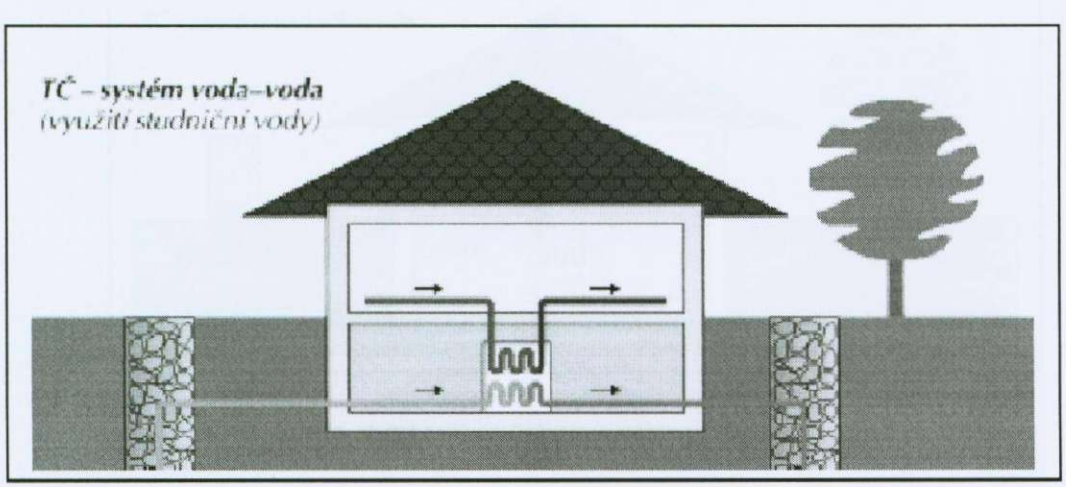
Tam, kde není možné položit zemní kolektor, se svazek trubek uloží do hlubokého vrtu. Výhodou je vyšší a rovnoměrnější teplota, než v případě zemního kolektoru pod povrchem (v hloubce pod asi 10 m je už prakticky neměnná teplota rovna průměrné roční teplotě, což je v našich podmínkách přibližně 8 °C). Významný je i minimální požadavek na plochu pozemku. Podle tepelné vodivosti podloží je hloubka vrtu pro běžný rodinný dům 50-120 m. Používá se i několik vrtů paralelně spojených. Na 1 kW výkonu tepelného čerpadla je potřeba 12-18 m hloubky vrtu podle geologických podmínek. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a složitější stavební řízení, neboť je třeba získat i souhlas k vrtným pracím.

Tepelné čerpadlo: země (rybník) - voda

Pokud máme k dispozici nějakou mělkou vodní nádrž (rybník nebo potok) je výhodné umístit svazek trubek na jeho dno. Bereme vlastně teplo z vody a do ní se kontinuálně teplo doplňuje ze země. Díky dobrému konvekčnímu přenosu tepla ve vodě stačí menší plocha trubek a také instalace je jednodušší než u zemního kolektoru nebo vrtu, což ji zlevňuje. Nevýhodou je zvýšené riziko poškození trubek při povodni, výlovu rybníka, či při jeho údržbě (čištění od nánosů).

Tepelné čerpadlo: voda - voda

Ideální situace nastane, když můžeme teplo odebírat z vody. Pak je totiž možno předávat ve výměníku teplo z čerpané vody přímo do chladiva (bez vřazeného okruhu s nemrznoucím roztokem) a součinitel přestupu tepla je vysoký. Jde to v případech, kdy je dům v blízkosti vhodného vodního zdroje. Může to být studna s dostatečnou vydatností vody, zvodnělý vrt, podzemní štola s vodou a další. Povrchové toky nejsou vhodné (nebezpečí zanesení výměníku tepelného čerpadla nečistotami). Také krasové oblasti se svými podzemními prameny jsou vhodné. Důležité ale je, aby voda neobsahovala příliš velké množství minerálních látek, které by se při ochlazení ve výměníku mohly vyloučit a výměník zanést. Vždy je nutné ochlazenou vodu vracet zpět do podloží. K tomu se používá další vrt (vsakovací studna). Samotná studna nestačí, vždy to musí být kombinace dvou studní, kdy spodní voda je vyčerpávána z jedné studny, v tepelném čerpadle je ochlazena a pak zavedena do druhé, vsakovací studny. Zemina (podloží) mezi studnami, která je vlastně tepelným výměníkem, v němž se vsakovaná voda ohřívá, musí být dostatečně propustná; ideální je vrstva štěrkopísku.



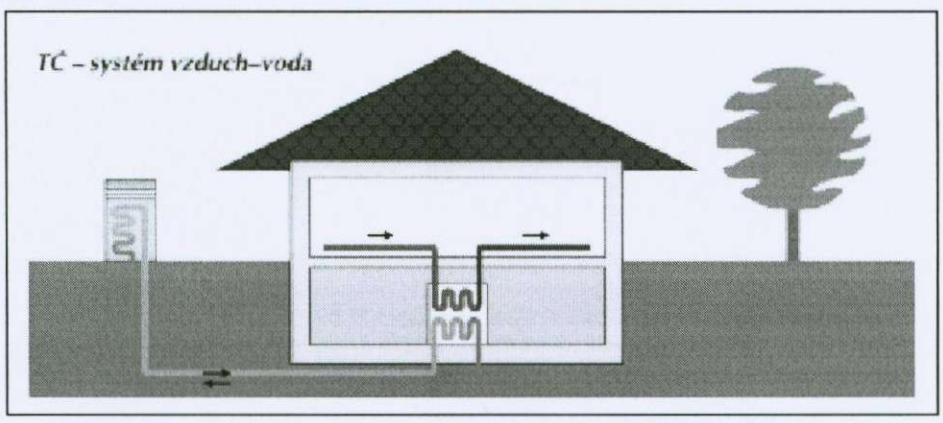
Obr. 2.23.: *Tepelné čerpadlo: voda – voda*

Výhodou tohoto řešení je nižší pořizovací cena v porovnání s vrty nebo zemním kolektorem a velmi vysoký topný faktor (udává se, že v některých místech dosahuje teplota spodní vody až 14 °C). Pro běžný rodinný dům musí mít zdroj vody (pramen, studna) stálou vydatnost přibližně 40-50 l/min pro desetikilowattové tepelné čerpadlo (to je 80 m^3 za den!). Proto je důležité vracet vodu zpět do podloží. Místa, kde jsou k dispozici takovéto vydatné zdroje, jsou poměrně vzácná.

Tepelné čerpadlo: vzduch - voda

Vzduch je velmi univerzální zdroj tepla, který má ovšem několik zásadních nevýhod. Jednak je teplota venkovního vzduchu v období, kdy potřebujeme nejvíce tepla na vytápění velmi nízká a dále se značně mění jeho teplota a vlhkost během roku.

Výhodou je nižší pořizovací cena (ovšem záleží na značce), snadná a rychlá instalace. Nevýhodou je nižší topný faktor v oblastech s nižšími průměrnými venkovními teplotami, určitá hlučnost (venkovní jednotka má pomaloběžný ventilátor) a pokles výkonu při nízkých venkovních teplotách. Topný faktor při venkovní teplotě – 7 °C a teplotě topné vody 35 °C je menší než 3. Na druhé straně je nutné zdůraznit, že mrazových dnů je v mnoha lokalitách (Praha) velmi málo. Při teplotách kolem 0 °C a při plusových teplotách (převážná většina topného období) se tento typ vyrovná ostatním a nebo je dokonce lepší (má vyšší topný faktor). Další nevýhodou je jistý hluk od masivního venkovního ventilátoru. I když jde o poměrně tichý zvuk, může být vnímán jako obtěžující, zejména v husté městské zástavbě.



Obr. 2.24.: *Tepelné čerpadlo: vzduch – voda*

Tepelné čerpadlo odebírá teplo z vypouštěného vnitřního vzduchu z budovy (v rámci rekuperační větrací jednotky) a předává ho do topné vody. Proto má podstatně vyšší topný faktor (tento vzduch je podstatně teplejší než venkovní vzduch). Pokud

tímto tepelným čerpadlem ohříváme nasávaný větrací vzduch nebo předehříváme TUV (nejchladnější média v domě), pak jsou podmínky ještě lepší. Pro tyto účely se používají malá tepelná čerpadla s topným výkonem 1,7-2 kW.

Volba výkonu tepelného čerpadla a kombinace s dalším zdrojem tepla

Potřebný výkon pro vytápění objektu je dán vypočtenou tepelnou ztrátou: ta udává potřebný výkon pro vytápění pro tzv. venkovní výpočtovou teplotu (podle ČSN je pro různé oblasti -12, -15 nebo –18 °C). Výkon takto vypočtený je tedy třeba pro vytápění dodávat pouze při takto nízkých venkovních teplotách. To je situace, která nastává jen málo dní v roce. Aby se nemuselo instalovat tepelné čerpadlo dimenzované na krytí této špičkové potřeby tepla, používá se kombinace s druhým zdrojem tepla (takzvané bivalentní zapojení). Tím se podstatně zlepší využití tepelného čerpadla a sníží jeho cena. Nejčastěji se jako druhý zdroj používá elektrokotel (mnoho moderních tepelných čerpadel má v sobě elektrokotel přímo vestavěný). Tepelné čerpadlo se zpravidla navrhuje na krytí přibližně 60% tepelných ztrát. Jeho výkon potom postačuje do venkovní teploty přibližně -2°C (tzv. teplota bivalence). Při nižších teplotách dochází k automatickému zapnutí elektrokotle, případně jiného zdroje tepla. U domu s tepelnou ztrátou např. 12 kW tedy stačí instalovat tepelné čerpadlo s výkonem 7 kW. Zbylých 5 kW, které jsou potřeba pouze při nízkých venkovních teplotách, může dodávat elektrokotel. To se projeví mírným zvýšením nákladů na vytápění (10-20%), což lze akceptovat. Nevýhodou je to, že kvůli elektrokotli je nutný silnější jistič a tím celoročně vyšší stálé platby.

3. SROVNÁNÍ RŮZNÝCH DRUHŮ VYTÁPĚNÍ

Vytápění bytů a rodinných domů je možno řešit pomocí celé řady vytápěcích soustav. Pro vytápění rodinných domů se nejvíce používají ústřední a etážové teplovodní soustavy se zdroji tepla na pevná, kapalná nebo plynná paliva a elektřinu. Méně často je vytápění bytů a rodinných domů zajišťováno lokálními spotřebiči.

Pro větší názornost a přehlednost porovnání několika druhů vytápění poslouží následující tabulka 3.1., která je vztažená k modelovému domu. Potřeba na vytápění a přípravu teplé užitkové vody je 90 GJ ročně. Tato potřeba odpovídá běžné hodnotě 3,6 kWh na osobu na den. Potřeba elektrické energie pro jiné účely je 3,5 MWh ročně.

Pro přehled pořizovacích nákladů na vybrané druhy vytápění bude uvedená tabulka 3.2..

Tab. 3.1.: *Náklady na vytápění a přípravu teplé užitkové vody jsou 90 GJ ročně.*

Druh paliva (výhřevnost MJ/kg)	**Cena paliva v Kč/kg**	**Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)**	**Cena tepla Kč/kWh**	**Spotřeba paliva /rok (kg)**	**Náklady na vytápění Kč/rok**
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	1,90	Klasický kotel na uhlí (55%)	0,69	9091	**17273**
	1,90	Klasický kotel na koks (62%)	0,61	8065	**15323**
	1,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,48	6250	**11875**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	3,90	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,11	7084	**27627**
	3,90	Klasický kotel na koks (62%)	0,98	6284	**24508**
	3,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,76	4870	**18994**
Koks (27,5 MJ/kg)	6,50	Klasický kotel na uhlí (55%)	1,55	5950	**38678**
	6,50	Klasický kotel na koks (62%)	1,37	4891	**31795**
	6,50	Automatický kotel na uhlí (80%)	1,06	4091	**26591**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	0,93	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,31	8219	**7644**
	0,93	Kotel na štěpku (80%)	0,29	7705	**7166**
	0,93	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,27	7252	**6745**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	3,50	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,96	6857	**24000**
	3,50	Kotel na štěpku (80%)	0,90	6429	**22500**
	3,50	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,85	6050	**21176**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	3,25	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,84	6486	**21081**
	3,25	Kotel na štěpku (80%)	0,79	6081	**19764**
	3,25	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,74	5723	**18601**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,80	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	1,08	9600	**26880**
	2,80	Kotel na štěpku (80%)	1,01	9000	**25200**
	2,80	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,95	8471	**23718**
Zemní plyn (37,82 MJ/m3)	1,05/kWh 11,03 Kč/m3 +170 Kč/měsíc	Kotel běžný (89%)	1,39	31186kWh 2970 m3	**34785**
		Kotel nízkoteplotní (95%)	1,31	29217 kWh 2782 m3	**32717**
		Kotel kondenzační (102%)	1,22	27212 kWh 2591 m3	**30612**
Propan (46,4 MJ/kg)	21,00	Kotel běžný (89%)	1,83	2179	**45767**
	21,00	Kotel nízkoteplotní (95%)	1,72	2042	**42877**
	21,00	Kotel kondenzační (102%)	1,6	1902	**39934**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	13,80	Kotel na lehký topný olej	1,33	2408	**33226**
Elektřina akumulace (D26d jistič nad 3x20 A do 3x25 A)	1,25 /kWh + 340 Kč/měsíc	S akumulační nádrží (93%)	1,51	26882 kWh	**37688**
		Akumulační kamna	1,48	26316 kWh	**36980**
		Přímotopné panely (98%)	1,74	25510 kWh	**43621**
Elektřina přímotop (D45d jistič nad 3x20 A do 3x25 A)	1,58 /kWh + 264 Kč/měsíc	Elektrokotel	1,8	26316 kWh	**44899**

Tab.3.2.: *Orientační pořizovací náklady vybraných druhů vytápění*

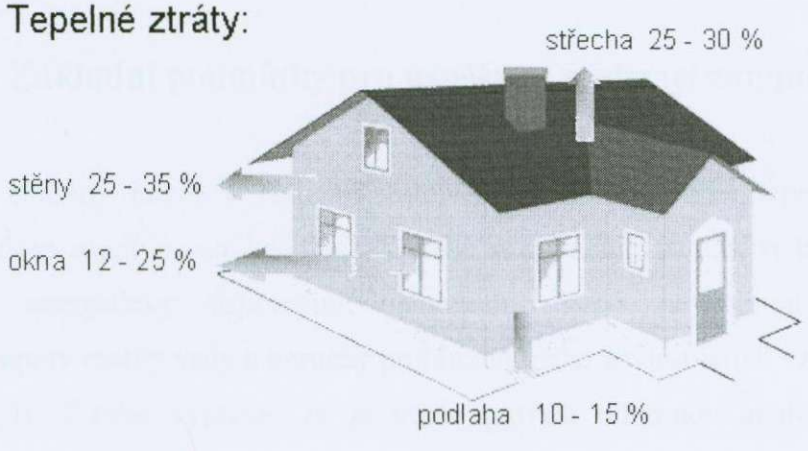
Orientační pořizovací náklady		
Zdroj		**Kč**
Přímotopné konvektory		20000
Kotel na uhlí	klasický ocelový	15000
	litinový	22000
	automatický	50000
Kotle na biomasu	klasický kotel na dřevo	23000
	Zplyňovací kotel na dřevo	30000
	kotel na štěpku, pelety, obilí	50000
Elektrokotle	přímotopné	13000
	kotel a akumulační nádrže	60000
Kotle na kapalná paliva	klasický	22000
	kondenzační	42000
Krbová kamna		10000
Krby		15000
Kotle na zemní plyn	klasický	20000
	kondenzační	40000
Solární systémy	pro ohřev teplé vody	80000
Tepelná čerpadla	vzduch - voda	150000
	země - voda	300000

4. RŮZNÉ DRUHY ZATEPLENÍ

Spotřeba tepla či energetická náročnost je dána celkovou tepelnou ztrátou budovy. Teplo z domu neustále uniká, jednak prostupuje stěnami a okny a jednak uniká se vzduchem prostřednictvím větrání. Stručný přehled těchto úniků je v tabulce 5.1. Průniku tepla obvodovým pláštěm budovy nelze nikdy zcela zabránit, ale lze ho značně snížit, a to tepelnou izolací. V dnešní době výrazného zvyšování cen energií je zateplování budov velmi aktuální, jelikož je zdrojem výrazných finančních úspor při vytápění. Je to efektivnější, než nepřetržitě topit. Při každém zateplení budovy by mělo platit několik zásad. Každé zateplení by mělo tvořit souvislý a izolačně vyvážený obal budovy. Zateplení by mělo být provedeno správně a hlavně kvalitně, včetně veškerých detailů, na kterých je závislý výsledný účinek celého systému. Zateplení by se mělo provádět v době, kdy je zdivo suché a samotná izolace samozřejmě také, jelikož účinek tepelné izolace se snižuje s její rostoucí vlhkostí.

Tab. 4.1.: *Tepelné ztráty v různých částech obvodové konstrukce v různých typech domů* (viz. [2])

Konstrukce domu	Izolovaný	Dvojdům	Nezateplený
Obvodové stěny	15 – 30%	15 – 25%	25 – 35%
Vnitřní stěny	5 – 15%	10 – 20%	10 – 15%
Střecha nebo strop pod půdou	5 – 15%	8 – 15%	25 – 30%
Strop nad sklepem nebo podlaha na terénu	5 – 8%	7 – 10%	10 – 15%
Okna a vstupní dveře (včetně infiltrace)	48 – 55%	40 – 45%	40 – 45%



Obr 4.1.: *Tepelné ztráty v rodinném domě*

4.1. Proč zateplovat?

Hlavním důvodem zateplování objektů je úspora investic na vytápění. Při komplexním zateplení lze obvykle ušetřit 40% až 50% celkového množství energie na vytápění domu, (viz. [1]) což je každoročně téměř polovina financí vydávaná na vytápění. V důsledku takové snížení spotřeby energie na vytápění je možné instalovat menší, a tím obvykle i levnější, zdroj tepla a také zmenšit otopná tělesa, nebo jiné teplosměnné plochy. Výhodou je také to, že topnou sezónu lze zahájit později a je možné ji také dříve ukončit.

Kromě vlastních úspor spotřeby energie na vytápění, které s sebou zateplení nese, se může současně zajistit i vyloučení dalších vad a poruch konstrukcí. Vlhké tmavé skvrny na stěnách a podlahách, které jsou způsobovány kondenzací vody, stejně tak i velmi časté orosování oken je možné odstranit zateplením. Následkem těchto neduhů kondenzace by byl výskyt plísní a jím odpovídající charakteristický zápach v místnosti. Velký teplotní rozdíl mezi povrchovou teplotou stěn a vzduchem v místnosti způsobuje narušení tepelné pohody (diskomfort), díky tepelné izolaci se tento rozdíl sníží a tím se snadněji navodí pocit tepelné pohody (viz. Kap. 1.3.). V důsledku zvýšení povrchové teploty zateplených obvodových stěn je možné lepší využití obytných místností bytu. Je možné setrvávat blíže u obvodových stěn, aniž by byl pociťován nepříjemný pocit chladu. Tepelná obvodová izolace má ovšem i jiné kladné vlastnosti, než tepelnou ochranu, jejím využitím je možno zlepšit estetický vzhled budovy, například zakrytí různých prasklin a obnaženého stavebního materiálu způsobené povětrnostními podmínkami.

4.2. Základní podmínky pro úspěšnou realizaci zateplení

Pro správný návrh a realizaci zateplení je důležité znát tepelně izolační vlastnosti budovy a její konstrukce. Bez dobrého seznámení s parametry budovy by se nevhodnými energeticky úspornými opatřeními, nebo nevhodnou kombinací jednotlivých úprav mohly vady a poruchy prohloubit, nebo zavinit jejich vznik tam, kde předtím nebyly. Z toho vyplývá, že je nutné provést odbornou analýzu stavebně technického stavu budovy a jednotlivých konstrukcí. Stejně důležité je i zjištění

hlavních příčin tepelných ztrát, energetické bilance tepelných ztrát a zisků před provedením a po provedení jednotlivých úprav a spolu s ekonomickým hodnocením vypočítat návratnost vložených finančních prostředků. Je nutné vyvarovat se předimenzování u zateplení z vnitřní strany, které vede k narušení teplotního a vlhkostního režimu v konstrukci, k promrzání vnější konstrukce či k povrchové kondenzaci a vzniku plísní.

Při realizaci odbornou firmou je důležité uzavřít řádnou písemnou smlouvu, která by měla obsahovat předmět díla (rozsah prací), termín provedení, podmínky převzetí dokončeného díla, záruční a servisní podmínky (záruční doba ze zákona je minimálně 3 roky), včetně pozáručního servisu, řešení provozu objektu v době stavby, cenu i způsob financování a smluvní pokutu pro případ neplnění povinností. Rozsah prací je nejlépe vázat na projektovou dokumentaci, kvalitativní podmínky díla se vyplatí určit podmínkou.

Nemělo by být opomíjeno ani potrubí, kterým se rozvádí teplonosná látka. Toto potrubí, které prochází nevytápěnými místnostmi (sklep), je zbytečně ohřívá. I zde je možno ušetřit část vyrobeného tepla. Izolovat lze buď obalením rohoží minerální plsti, nebo pomocí plastových pěnových hadic. Pracuje se s nimi velmi příjemně a i laik dokáže odvést funkční a vzhledné dílo. Trubice z pěnového polyetylénu se podélně nasazují na trubky rozvodu topení. Podobně je možno izolovat rozvod teplé vody užitkové.

4.3. Rozdělení zateplení

Každý člověk chce mít v domě příjemné teplo, což znamená provést dostatečnou izolaci. Při stavbě, nebo přestavbě jakéhokoliv objektu, je nutné zohlednit několik základních faktorů tepelně izolačních požadavků jako jsou tepelná pohoda, energetická náročnost a ekonomické náklady.

Při volbě zateplení je třeba promyslet zásadní koncepci z hlediska umístění tepelné izolace. Tepelnou izolaci lze provést z vnitřní, nebo z venkovní strany. Každá z těchto variant má své výhody i nevýhody. Obvykle se však upřednostňuje zateplení ze strany venkovní.

4.3.1. VNITŘNÍ ZATEPLENÍ

Vnitřní zateplení spočívá v tom, že zateplovací materiál je umístněn uvnitř objektu (místnosti). Tento způsob zateplení má velkou řadu nevýhod, a proto před ním odborníci spíše varují, než aby ho doporučovali. Hlavním důvodem je výrazně chladnější původní vnitřní povrch konstrukce pod tepelnou izolací, teplota povrchu této konstrukce se blíží teplotě vnějšího vzduchu. Například nulová teplota, která je u konstrukce bez zateplení v nejchladnějších zimních dnech zhruba uprostřed konstrukce, se při vnitřním zateplení přesouvá až na rozhraní mezi původní konstrukci a vnitřní zateplení (viz. Obr. 4.2.). Následkem tohoto posunu teploty se konstrukce výrazně podchlazuje. V letním období dochází naopak k nadměrnému přehřívání celé původní konstrukce. Tyto extrémní teploty se pak mohou velmi snadno prostřednictvím vodivějších materiálů procházejících tepelnou izolací (tzv. tepelných mostů) přenášet na vnitřní povrch podél obvodu zateplení. Důsledkem snížení povrchových teplot v těchto místech pod teplotu rosného bodu v zimním období je kondenzace vodní páry ze vzduchu na vnitřním povrchu konstrukce. Dalším důsledkem je vznik a bujení plísní na tomto povrchu a následně postupné rozšiřování nejrůznějších trhlin ve zdivu. S výše uvedenými fakty souvisí změny v namáhání původní konstrukce v důsledku teplotní roztažnosti materiálu. Při vnitřním zateplení jsou tyto pohyby vyšší v důsledku již zmíněných větších změn teplot v původní konstrukci v průběhu roku. Původní konstrukce se tady více rozpíná a smršťuje, což samozřejmě více namáhá jak tuto konstrukci, tak všechna její napojení na další konstrukce. Tento fakt je nebezpečný z hlediska trvanlivosti konstrukce a vzniku jejich poruch.

Vnitřním zateplením se také snižuje tepelná akumulace obvodové konstrukce, takže je zapotřebí delší otopné období. Zároveň při přerušení vytápění stěny místnosti rychleji prochladnou. Neméně výrazné je i to, že díky tomuto zateplení se snižuje užitná plocha místnosti. Samozřejmě, že je i nepříjemný průběh vnitřního zateplování, který zasahuje do užívání stavby. A i po zateplení zůstává beze změny nutnost údržby vnější fasády a náklady s tím spojené.

Tento způsob zateplení je vhodný v krajních případech, kdy okolnosti nedovolují zateplení vnější. Například je-li nutné zachovat členění vnější fasády, nebo není-li možná výstavba lešení. Lákavou výhodou realizace vnitřního zateplení je možnost provádět zateplení kdykoliv, nezávisle na počasí a roční období a také to, že je možné zateplovat třeba jen jednu místnost. Význam má u příležitostně vytápěných

místností. Na realizaci tohoto zateplení není nutné používat lešení, jelikož je ke všem stěnám snadný přístup. Pokud se počítá skutečně celý rozsah nákladu, pak jsou vnitřní tepelné izolace téměř stejně drahé (a v některých případech i dražší), než vnější zateplení. Dlouhodobé investiční náklady u vnitřního zateplení v důsledku zvýšeného rizika vad a poruch, v důsledku zanedbané sanace původní obvodové konstrukce a v důsledku kratší životnosti budovy mohou výrazně převýšit případnou úsporu na počátku. Provozní náklady jsou u vnitřního zateplení za obvyklých podmínek provozování vždy vyšší než u zateplení vnějšího, v důsledku nevyužívané akumulace tepla. Součet investičních a provozních nákladů tedy vyznívá při vnitřním zateplování pro majitele a uživatele budovy spíše nepříznivě. Vnitřním zateplením se odstraní pouze část problému nezateplené konstrukce, a to zvýšený únik energie její plochou. Ostatní problémy spíše narůstají.

4.3.2. VNĚJŠÍ ZATEPLENÍ

Tento způsob zateplení znamená umístnění zateplovacího systému z venkovní strany objektu. Může vyřešit tepelné vady konstrukce – tepelné mosty, což jsou místa, kde je tepelný odpor konstrukce podstatně nižší než okolní plochy (např. výklenky pro radiátory, nedostatečně izolované betonové překlady nad okny a dveřmi, kouty místností). Tepelné mosty způsobují snížení povrchové teploty konstrukce pod teplotu rosného bodu, a proto v těchto místech může kondenzovat vodní pára a vznikat plísně.

Pro většinu budov je vhodnější použít venkovní zateplení. Zateplení chrání v zimě před mrazem a v létě před slunečním žárem, takže klesne namáhání pláště budovy tepelnou roztažností.

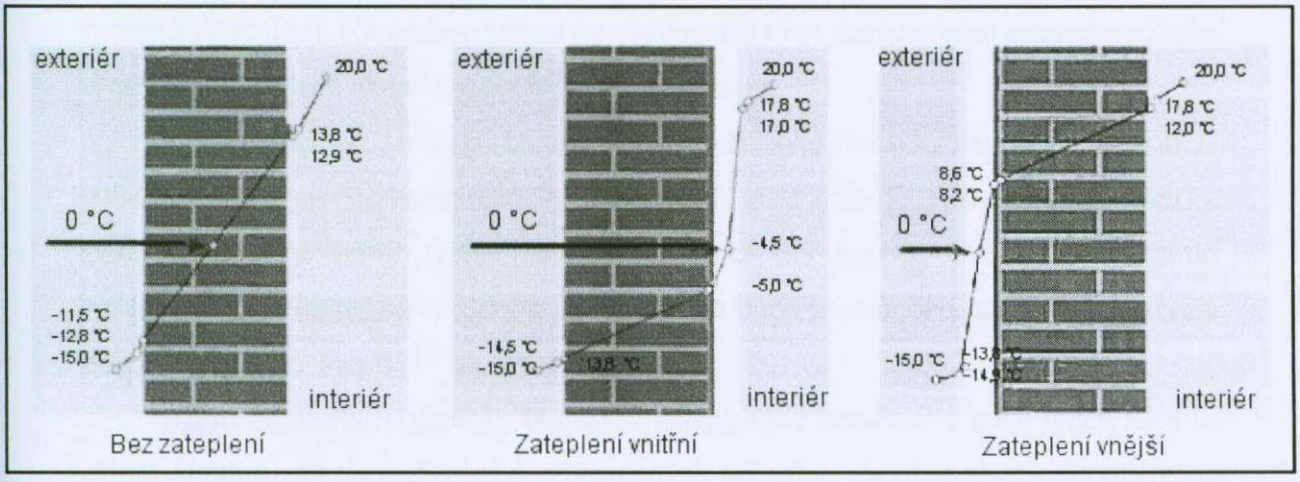
Plášť kolem celého domu, který dokonale obaluje všechny díly stavby, je pro dodatečnou izolaci technicky nejlepším řešením. Původní zdivo zvenku chráněné izolací působí jako akumulátor tepla s vyrovnávacím účinkem proti kolísání venkovní teploty, což má vliv na mikroklima v místnostech. V zimě jsou déle teplé, v létě naopak déle chladné. Při dobře odvedené práci nevznikají tepelné mosty. Nelze ovšem opomenout také nevýhody s tímto zateplením spojené, a to vysoké náklady. Zateplovaní vnějších stěn je neporovnatelně obtížnější a nákladnější, než zateplení vnitřní.

Vnějším zateplením získají obvodové konstrukce také zvýšenou odolnost proti nepříznivým klimatickým vlivům (dešti, sněhu, vlhkosti, nízké i vysoké teplotě).

Nevýhodou je jejich omezená použitelnost u objektů s bohatě členěnou fasádou, zdobenou dekorativními prvky.

4.3.3. NEZATEPLENÝ OBJEKT

Nezateplená konstrukce znamená pouze samotný zdící a omítkový materiál. U takovéto konstrukce vzniká velký problém tepelných mostů, které poškozují vlastní fasádu i vnitřní části objektu. V létě, ani v zimě není konstrukce chráněna proti výkyvům teploty. Tyto rozdíly teplot spolu s vlhkostí nejen nepříznivě ovlivňují vnitřní mikroklima, ale výrazně znehodnocují obvodovou konstrukci a snižují její životnost.



Obr.4.2.: *Průběh teplot při zateplení obvodové konstrukce*

4.4. Tepelně izolační materiály

Obecně je známo, že čím lépe a rychleji určitá látka předává teplo do svého okolí, tím horší jsou její izolační vlastnosti. Opačně to tedy bude znamenat, že čím menší je schopnost materiálu vést teplo, tím lepší tepelnou izolací a ochranou daný materiál disponuje. Jako specifická vlastnost je přitom udáván takzvaný součinitel tepelné vodivosti materiálu. Součinitel tepelné vodivosti materiálu (někdy tepelná vodivost) λ udává, kolik tepla by prostoupilo výsekem o ploše 1 m^2 v rovinné vrstvě materiálu o tloušťce 1 m při teplotním spádu mezi povrchy této vrstvy 1 K. Popisuje

souhrnně šíření tepla materiálem, které se děje převažujícím vedením tepla, u pórovitých materiálů v sobě zahrnuje i proudění tepla a sálání tepla v pórech. Součinitel tepelné vodivosti λ má jednotku W/(mK) a jeho hodnota klesá se snížením objemové hmotnosti, s rostoucím obsahem pórů a s ubývající vlhkostí.

Tepelné izolace pro zateplovací systém jsou vysoce účinné materiály se součinitelem tepelné vodivosti λ, nižším než 0,05 W/(m.K) (viz. [1]).

V současné době vycházejí pro tyto tepelné izolace v zateplovacím systému optimální tloušťky 80 až 120 mm. Důležité je uvědomit si, že zvýšením tloušťky izolantu se cena celého díla prodraží právě jen o ten izolant, který nabývá nejdražší částí. Další investice jako je nákup lepidla, výztužové tkaniny, omítky a zaplacení práce či pronájem lešení mají stále stejnou cenu. Pokud se tedy například použije izolant o síle 80 mm, což je považováno za rozumné minimum, dostane se zateplení s prakticky dvojnásobnou účinností, ovšem za cenu vyšší maximálně o 5-10% (podle toho, jaký systém byl zvolen). Na druhou stranu by však neměla být zanedbávána estetická stránka věci. Příliš „utopená okna" nepůsobí dobrým dojmem.

S nárůstem cen energií bude ovšem vhodné tyto tloušťky navrhovat v rozmezí 100-160 mm a pro nízkoenergetické domy ještě větší (viz. [3]). Zvětšování tloušťky tepelné izolace je velmi rychle návratná investice, má prostou dobu návratnosti do 4-6 let. Nehledě na to, že výhodnost této investice bude s rostoucí cenou tepelné energie stále stoupat.

Pro konkrétní podmínky budovy a zateplované konstrukce nebo jejich částí se vybírá vhodný zateplovací systém z dostupných tak, aby výsledné vlastnosti zateplené konstrukce byly co nejpříznivější. Jedná se tedy o výběr systému, jehož typ tepelné izolace v předpokládané tloušťce spolu s příslušných vnějším souvrstvým nejlépe zajistí s původní konstrukcí požadovaný výsledek. U tepelné izolace se přitom zvažuje její vlhkostní odolnost, tuhost, paropropustnost, požární odolnost, samozřejmě tepelná vodivost, ale i technologická jednoduchost a cena.

Nejznámějšími materiály užívanými k tepelné izolaci jsou minerální vlna a desky z tvrzené pěnové hmoty, na trhu jsou v obou případech pod různými obchodními názvy. Jejich funkce a parametry jsou už dávno ověřeny. Pokud jde o rozhodnutí, zda použít polystyren či minerální vlnu, záleží většinou spíše na názoru investora. Na většinu domů lze polystyren použít, minerální vlna je na druhé straně prodyšnější materiál. Kromě uvedených hmot však bývají užívány i alternativní materiály - například perlit, keramzit, celulóza, korek i jiné.

4.4.1. NEJÚČINNĚJŠÍ TEPELNÉ IZOLACE

Mezi nejúčinnější (efektivní) tepelné izolace se počítají materiály se součinitelem tepelné vodivosti pod 0,05 W/(m.K) (viz. [1]) Tyto materiály ve velmi malých tloušťkách zajišťují výrazné zvýšení tepelného odporu konstrukce, proto obvykle tvoří tepelně izolační podstatu zateplovacích systémů. Nejběžnější z nich jsou popsány níže.

Pěnový (expandovaný) polystyren

Pěnový (expandovaný) polystyren je jednou z nejdostupnějších tepelných izolací, je velmi lehký (s pěnovou strukturou, která obsahuje 98 % vzduchu uzavřeného v drobných buňkách hmoty), což umožňuje snadnou manipulaci a montáž. Objemová hmotnost pěnového polystyrenu je dána 20 kg/m^3, popřípadě 30 kg/m^3. Je tvarově stálý, není citlivý na vlhkost, odolává hnilobě i stárnutí a nabízí výborný poměr mezi cenou a užitnou hodnotou. Pěnový polystyren je biologicky neutrální, nepoškozuje zdraví ani životní prostředí (není vypěňován pomocí freonů) a jako tepelně izolační materiál je používán téměř 50 let. Dodává se také jako takzvaný stabilizovaný polystyren, což je nehořlavá, samozhášivá úprava běžného polystyrenu. Při aplikacích je nutné vyloučit jeho zatížení vyššími provozními teplotami (dlouhodobá teplotní odolnost je u starších typů 70°C, u současné nabídky od 85°C do 95°C) (viz. [14]).

Polystyren je díky svým vlastnostem ideální pro lehké výplně, izolace, střešní a stěnové konstrukce. Je nenasákavý, ale má relativně vysoký difúzní odpor, takže omezeně propouští vodní páry. Použití polystyrenových desek jako izolantu má z důvodů požární ochrany omezené využití, a to do maximální výšky konstrukce 22,5 m. Ve formách se vyrábějí desky se sníženou navlhavostí, určené k tepelné izolaci v přímém kontaktu se zemní vlhkostí terénu.

Vytlačovaný (extrudovaný) polystyren

Vytlačovaný, neboli extrudovaný polystyren je hutnější než pěnový (expandovaný) polystyren. Extrudovaný polystyrén je ze všech polystyrénů nejkvalitnější, protože má uzavřenou buněčnou strukturu. Tím je nenasákavý, odolává i dlouhodobému působení vody a má lepší tepelně izolační vlastnosti. V porovnání s pěnovým polystyrenem je pevnější, vyniká velmi nízkou tepelnou vodivostí a vysokou

pevností v tlaku, takže lépe tepelně izoluje a nemá tendenci se smršťovat. Výhody jsou vyváženy vyšší cenou výrobku.

Uplatňuje se při tepelné izolaci míst zatížených vlhkostí, jako konstrukce pod terénem, sokly budov v pásmu s odstřikem dešťové vody, okenní ostění, podlahy a sokly teras, balkonů a lodžií. Díky lepším tepelně izolačním vlastnostem je možné provádět aplikace zateplení v menších tloušťkách oproti pěnovému polystyrenu.

Vyrábí se v deskách různé tloušťky, jejichž okraje jsou obyčejně tvarované do polodrážky nebo drážky. Tím se eliminuje možnost vzniku tepelných mostů ve spárách. Omezení použití extrudovaného polystyrenu je obdobné jako u pěnového.

Minerální vlna

Jako minerální vlna jsou označovány izolační materiály vyrobené z hornin pojených organickou pryskyřicí. Mohou být potaženy z jedné strany speciální vrstvou, která vytváří parozábranu nebo jednu z krycích (hydroizolačních) vrstev. Velkou předností těchto materiálů je jejich dlouhodobá tvarová stálost a značná odolnost proti požáru (na rozdíl od některých izolací z plastů, které šíření ohně spíše podporují).

Používají se ve formě desek, nebo rohoží a patří mezi nejpoužívanější nejen pro svoji cenu, ale i dobré tepelně izolační vlastnosti, trvanlivost, požární odolnost a dobrou zpracovatelnost. Pro kontaktní zateplovací systémy se používají tužší typy desek z minerální vlny, které se významně liší od běžných výrobků a nelze je tedy zaměňovat. Výrobci pro kontaktní zateplovací systémy dodávají speciální fasádní desky, které jsou těžší než polystyrenové tepelné izolace. Izolanty z minerálních vláken se dodávají v rolích i deskách.

Kromě desek z minerální vlny s podélnými vlákny se užívají také lamelové desky z minerální vlny s vlákny kolmými na povrch, které jsou odolnější v tlaku, mají menší rozlupčivost a snadněji se tvarují podél zakřivených fasádních ploch.

Vyrábějí se roztavením vhodných hornin (čedič, sklářský písek atd.) s následným rozvlákněním. Tato vlákna se posléze lisují, tuží a hydrofobizují. Hydrofobizace se provádí proto, aby materiál odpuzoval vodu (vodní kapky sklouzávají po vláknech, aniž by izolační hmotu smáčely a rychle odchází ven). K podkladu se upevňují lepením, pomocí terčových hmoždinek, vkládáním do rámů, nebo vkládáním mezi krokve atd.

Při používání těchto izolačních materiálů se musí dodržovat technologické předpisy, jak je uvádí výrobci. Zejména se musí dbát na to, aby nedošlo ke stlačení

vrstvy měkkého izolantu. Jejich povrch se musí chránit proti nadměrnému "profukování" větrem aby se nesnižoval jejich tepelně izolační účinek. Musí být chráněny proti vodě, která na ně může skapávat jako zkondenzovaná voda z rubu krytiny.

Pěnový polyuretan

Ve stavebnictví se užívá zejména tvrdá polyuretanová pěna. Jednosložková polyuretanová pěna o objemové hmotnosti cca 20 kg/m^3 má polootevřenou až otevřenou strukturu. Vypění se působením vlhkého vzduchu. Dodává se v malých kartuších. Užívá se pro vyplňování spár v tepelné izolaci a zejména spár mezi konstrukcemi.

Dvousložkový pěnový polyuretan o objemové hmotnosti 35 kg/m^3 až 120 kg/m^3, který vypění při vzájemném kontaktu složek, je pevnější, má polouzavřenou až uzavřenou strukturu a užívá se pro průběžné nanášení tepelné izolace ve větším rozsahu, například na střechy, do rozsáhlých dutin v konstrukcích a v lehkých vrstvených dílcích. Má výborné tepelně izolační vlastnosti při nízkých vlhkostech. Při uzavřené struktuře je pěnový polyuretan málo nasákavý. Je odolnější vůči vyšším teplotám (do 130°C). Výhodou je také to, že odolává působení běžných chemikálií. Hořlavost tohoto materiálu je obdobná jako u pěnového polystyrenu, avšak při hoření neodkapává.

Aplikační výhodou je možnost provádění kopírování libovolných tvarů, vysoká přilnavost k běžným podkladům (povrch nesmí být vlhký a mastný). Při tomto druhu nanášení je technologicky daná proměnlivost tloušťky tepelné izolace a hrbolatost jejího povrchu.

Sypané a foukané izolace

Používají se především při zateplování půdních vestaveb se skrytými krokvemi. Izolační komponent se nasype nebo pod tlakem nafouká do vytvořené dutiny. Při foukání izolantu dochází k určitému zhutnění, takže drží pohromadě, případně lze jeho tvar stabilizovat přidáním vody nebo lepidla. Pak jej můžeme stříkat i na šikmé a svislé plochy, aniž by došlo k jeho sesednutí.

Nejznámějším představitelem tohoto izolačního materiálu u nás je Climatizer Plus, který vzniká z odpadního papíru jeho rozvlákněním a obohacením kyselinou boritou a boraxem. Tím se dosáhne potřebné požární odolnosti, odolnosti proti vlhkosti, trvanlivosti a hygienické nezávadnosti (viz. [4]).

Při zpracování izolačního materiálu se musí dodržovat technologická pravidla stanovená výrobcem. Při používání pojících hmot (vody, lepidla atp.) se musí přesně dodržet jejich množství, protože zvýšenou dávkou se snižují tepelné vlastnosti materiálů. Rovněž tlak vzduchu při stříkání a vzdálenost stříkací pistole jsou důležitými podmínkami pro správné zhutnění. Při malém zhutnění a nedostatečném zkomponování materiálu by mohlo docházet na šikmých nebo svislých plochách k jeho sesunutí a tím porušení izolační vrstvy v horních partiích. Při přílišném zhutnění může dojít ke zhoršení tepelné charakteristiky izolantu. Především u sypaných izolačních materiálů je nutné mít zajištěné oboustranně pevné opláštění mezery, do které je izolant vsypáván, aby byla docílena stejnoměrná tloušťka vrstvy. V opačném případě může dojít k vyboulení do volného prostoru - především do provětrávané vzduchové dutiny. I tento materiál je nutno chránit proti odkapávající vodě.

Pěnové sklo

Pěnové sklo je nejpevnější vysoce účinná tepelná izolace, nehořlavá a téměř nepropustná pro vodní páru, je pevné, ale křehké. S ohledem na cenu se užívá jen ve speciálních případech. Výhodné je použití do střech a pojízdných teras s vyššími požadavky, pod ledové plochy a pro izolaci střech nad bazény a nádržemi.

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti λ (W/m.K)
Pěnový polystyren	**0,040 – 0,045**
Extrudovaný polystyren	**0,030 – 0,035**
Skelná a čedičová vlna a výrobky z ní	**0,035 – 0,076**
Pěnový polyuretan	**0,018 - 0,035**
Pěnové sklo	**0,040 – 0,050**

Tab.4.2.: *Součinitel tepelné vodivosti* [4]

4.4.2. OSTATNÍ TEPELNÉ IZOLACE

Mezi tepelné izolace se obecně počítají materiály se součinitelem tepelné vodivosti pod 0,17 W/m.K. S ohledem na rozsah zde budou okrajově zmíněny pouze některé.

- **Masivní dřevo** bylo vynikající, po staletí nepřekonanou nosnou tepelnou izolací bez tepelných mostů. Postupně bylo vytlačeno trvanlivějším, biologickým a požárně odolnějším kamenem a cihelným zdivem s podstatně horší tepelně izolační kvalitou. V současné době se domy z masivního dřeva vrací jako ekologické dřevostavby. Ovšem izolační vlastnosti těchto domů omezuje tloušťka dřevěných konstrukcí.

- **Dřevocementové desky** tvoří dřevěná vlna mineralizovaná cementovým tmelem. Jsou univerzálním konstrukčním deskovým materiálem s vlastnostmi blízkými masivnímu dřevu. Často se kombinují s účinnějšími tepelnými izolacemi. Jsou oblíbené jako ztracené bednění pro stěny i stropy.

- Lehký pískový a popílkový **pórobeton** má své uplatnění ve vlhkostně nenamáhaném tepelně izolačním zdivu a v tvarovkách pro vložkové stropy. Méně vhodné je jeho užití ve střechách. Výhodou je snadné opracování, nevýhodou jsou značné vlhkostní objemové změny.

- **Korek** má původ v kůře korkového dubu a aplikován bývá ve formě drti nebo desek zejména firmami zdůrazňujícími sepjetí svých produktů s přírodou. Kůra korkového dubu obsahuje nepatrné buňky obsahující plyn podobný kyslíku, který tvoří asi polovinu celkového objemu hmoty. Udávaná tepelná vodivost je 0,060 W/mK.

- **Expandovaný perlit** je jedním z produktů pocházejících z tzv. přírodního skla (stejně jako skelná vata a pěnové sklo). Proto je pochopitelně odolný proti hmyzu, hlodavcům, plísním a nepodléhá biologickému rozkladu. Díky velmi poréznímu povrchu dokáže regulovat vlhkost a je hypoalergenní. Tvoří izolační plnivo do lehčených betonů. Perlit se užívá do tepelně izolačních omítek s vysokou požární bezpečností. Tepelná vodivost činí kolem 0,11 W/mK.

- **Papírová vláknina** je velmi lehká, ekologicky šetrná a účinná tepelná izolace získaná recyklací starého papíru, impregnovaná proti hoření a biologickým škůdcům. Je vhodná pouze do trvale suchého prostředí. Ukládá se obvykle do dutin konstrukcí vlným sypáním nebo foukáním.

- **Keramzit** je podobně jako perlit zrnitá sypaná izolace, získávaná z čisté hlíny. Má střední tepelnou vodivost cca 0,12 - 0,13 W/mK. Doporučován je nejen pro tepelnou izolaci, ale i pro mírnění kročejového hluku.

- Křehká tvrzená **křemelina** byla vyráběna z přírodní křemeliny, pojené vápnem či cementem. Užívali se duté tvárnice a tepelně izolační desky do podlah a střech.

- **Skelná vata** se vyrábí z přírodního skla a fenolformaldehydu, který funguje jako pojivo. Její výroba je, zejména ve fázi tavby, velmi energeticky náročná. Je to materiál odolný proti hlodavcům a hmyzu a nepodléhá biologickému rozkladu, nicméně není vhodná do míst s vysokou vlhkostí. Manipulace se skelnou vatou vyžaduje velkou opatrnost, protože ostrá a tenká vlákna snadno pronikají do kůže a způsobují bolestivé záněty. Fenolformaldehyd může u alergiků a citlivých osob vyvolat záněty spojivek a jiné alergické reakce.

- **Ovčí vlna** je izolační materiále ověřený přírodou, a proto se pro izolaci domů dobře hodí. Kromě teploty reguluje vlhkost a omezuje hluk.

- **Rákos** je tradičním stavebním materiálem s průměrnými izolačními vlastnostmi, používaným na střechy i do zdí. Narozdíl od slámy je výrazně tvrdší, nepodléhá biologickému rozkladu a díky vysokému obsahu kyseliny křemičité je značně snížené riziko samovznícení.

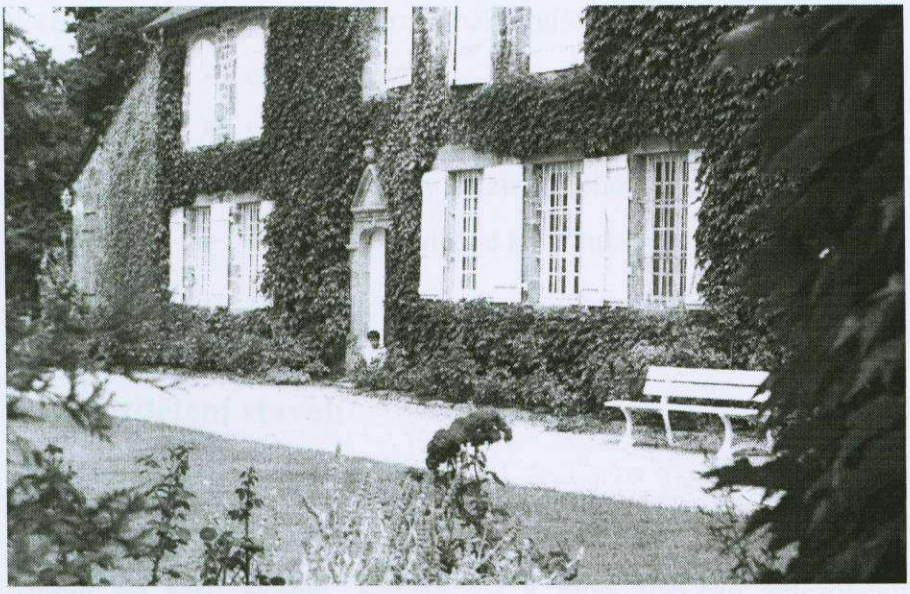
- Pro izolaci domu **slámou** hovoří zejména malá energetická náročnost ve všech fázích stavby a fungování domu až po jeho demolici. Je velmi snadno dostupná a jednoduše likvidovatelná. Proti stavění ze slaměných panelů nebo slámy balené do balíků je možné namítnout především vysokou hořlavost. Slámu také napadají škůdci a

není odolná proti vlhkosti. Slámu je možné chemicky ošetřit tak, aby téměř nepřijímala vodu a byla odolná vůči škůdcům. Pak je řeč o „slámě hydrofobizované".

- **Seno** má v mnoha směrech velmi podobné vlastnosti a využití jako sláma. Je dostupnější, ale snadněji podléhá přirozené biologické skáze.

- **Len**, jako stoprocentně přírodní a hlavně v našem klimatickém pásu pěstovaná surovina, představuje výhodný alternativní materiál s dobrými izolačními vlastnostmi. Na trhu je k dostání v několika formách - volně sypaný, jako plsť, případně v deskách. Lněná vlákna však mají své nevýhody. Jsou hořlavá a snadno se lámou, i když jsou v tahu velmi odolná. Právě kvůli lámavosti se do lněných produktů přidávají polyesterová vlákna, která přírodní podstatu materiálu poněkud omezují.

- Hlavní předností popínavých **rostlin** na fasádě je bezesporu jejich estetický přínos. Působí však také jako izolační materiál, protože brání únikům tepla z budovy, vytvářejí stín v letních měsících a regulují vzdušné proudění kolem zdiva. Při použití rostlinné izolace je třeba vzít v úvahu orientaci budovy a opadavost rostlin.



Obr. 4.3.: *Ukázka rostlinné izolace*

5. RŮZNÉ DRUHY STAVEB

Stavební materiál, ze kterého je stavba postavena ovlivňuje nejen stabilitu objektu, ale i klimatickou pohodu, životnost a hodnotu celého domu. Při této volbě stavebního materiálu pro daný typ konstrukce je nutné uplatnit následující hlediska:

- tepelný odpor konstrukce (jeho tepelně izolační vlastnosti)
- únosnost konstrukce
- náklady na pořízení konstrukce
- pracnost při realizaci
- variabilita a ucelený sortiment celého systému
- možnost následných stavebních úprav
- akumulace tepla
- prostup vodních par
- akustické vlastnosti

Při výběru je nutné brát v úvahu několik hledisek s ohledem na velikost, umístění, způsob a rychlost provedení stavby. Některé materiály mají při zabudování v sobě značné množství vody z výrobního procesu a při dokončovacích pracích je nutno toto zohlednit.

V zásadě máme možnost vybírat z následujících materiálů:

- cihelné zdivo
- porobetonové tvárnice
- betonové stěny do ztraceného bednění
- dřevěné sendvičové konstrukce

5.1. Rozdělení staveb

Stavební technologie, které jsou dnes dostupné pro stavbu bytového domu, je možné rozdělit do šesti skupin. Konstrukce z monolitického železobetonu; různé technologie pro stavby zděné; stavby používající „ztracené bednění", které je zmonolitněno zalitím tekutou betonovou směsí; stavby montované z a stavby dřevěné, prováděné tesařskou konstrukcí. Šestou skupinou pak mohou být atypické konstrukce

například dřevěné, vyplněné slámou místo tepelné izolace a podobné experimentálně ekologické stavby. Vzhledem k současným požadavkům na tepelný odpor obvodových konstrukcí musí dnešní stavebník počítat s tím, že minimálně u prvních dvou skupin je potřeba obvodové nosné zdivo ještě zateplovat další vrstvou tepelné izolace pod povrchovou úpravu fasády. Monolitický železobeton i většina dnes užívaných zdících materiálů má dostatečné nosné schopnosti při mnohem menší tloušťce, než by bylo potřebné k dosažení normového tepelného odporu. Proto u většiny technologií pro zhotovení nosné konstrukce domu přistupuje ještě další ke zhotovení tepelně izolačního pláště budovy.

Monolitické stavby

Monolitické stavby u nás dnes přicházejí v úvahu spíše u domů výjimečných, buď celým exteriérem, nebo například půdorysem. Monolit umožňuje tvarování stavby téměř libovolným způsobem, umí bez větších problémů vytvořit zaoblené půdorysné tvary i oblouky ve fasádách, pomocí monolitického železobetonu můžeme dosáhnout největší dispoziční volnosti stavby. Vhodný je například pro vytvoření velkých prosklených fasád, kde nosná konstrukce je buď redukována na podpůrný skelet, nebo je dokonce zasunuta dovnitř interiéru a prosklení probíhá před ní. Nevýhodou je pracná a mnohdy složitá příprava bednění a zdlouhavost celého technologického procesu.

Přednosti konstrukce vyváží vyšší pořizovací cena a složitější projektová dokumentace. Proto není určitě v zásadě vhodná kombinace takovéto stavby s klasickým dřevěným krovem zastřešení, protože tím by byly rázem popřeny všechny přednosti železobetonu. Naopak velmi vhodná je tato technologie pro výstavbu domů s plochými střechami, terasami a možná pro vytvoření zatravněných střech a teras, případně pro stavbu takzvaného jeskynního domu. Již od počátků používání monolitu je různými způsoby řešeno zateplení konstrukce a eliminování nežádoucích účinků tepelných mostů. Proto jsou tyto systémy dobře propracovány. Nemění to ale nic na tom, že zateplení konstrukce je nutné a tepelné mosty v železobetonové konstrukci jsou velkým problémem.

"Ztracené bednění"

Stavby prováděné formou ztraceného bednění naopak tepelnou izolaci obvodových stěn řeší většinou již v samotných tvarovkách bednění. Jeden z těchto systémů je dokonce prováděn z tvárnic z pěnového polystyrénu. Systémy spojují

výhody a nevýhody technologií monolitických a zděných. Při provádění je nutné ohlídat jednak instalaci bednění, jednak jeho fixaci před zalitím betonem. Z hlediska zdravého bydlení jedna malá námitka může být stejně jako u staveb monolitických v souvislosti se sice řídkou, nicméně nutnou, ocelovou výztuží, která může vytvářet efekt diskutované "Faradayovy klece".

Zděné stavby

Zděné stavby mohou být vytvořeny několika v současné době dostupnými materiály pro zděné svislé nosné konstrukce. Dostatečný tepelný odpor pro obvodové zdivo nemá téměř žádný z nich bez přídavných opatření. Minimálně je třeba použít speciální tepelně izolační maltu a zateplovací omítku. Vhodnější je použití zděné konstrukce jako nosného jádra pro sendvičovou konstrukci obvodového pláště. Systémů k zateplení fasády je pak na výběr více. Většina zdících materiálů je vyráběna i s doplňkovými tvarovkami pro překlady a věnce. Pro vodorovné konstrukce v kombinaci se zděnými nosnými svislými konstrukcemi je opět k dispozici více možností. Je lépe použít systém kompatibilní s materiálem zdiva.

Montované stavby

Stavby montované se v poslední době plně omezují na systémy stavebnic sestavovaných z dílů s nosnou konstrukcí dřevěnou. Většinou díly obsahují již veškerou tepelnou izolaci a parotěsnou zábranu. Někdy i povrchové konstrukce domu. Jsou vyrobeny podle přesných pokynů ve výrobní hale, dopraveny na místo stavby a zde sestaveny, připevněny k připravené základové desce, případně spodní stavbě a spojeny mezi sebou systémem, který současně splňuje požadavky zavětrování celého objektu. Kritickým místem mohou být nedostatečně tepelně izolované styky jednotlivých panelů, zejména v rozích. Tyto detaily závisí na kvalitě projektové dokumentace a preciznosti provedení. Vnější fasáda může přiznávat jednotlivá konstrukční pole, nebo může být řešena dodatečným dřevěným obkladem. Velmi častým povrchem takových domů je však paradoxně v současné době tenkovrstvá omítka natažená přes pružnou výztužnou síť. Při dobře odvedené řemeslné práci při výrobě není tato konstrukce nijak více náchylná k poruchám, než konstrukce klasické. Přesto bych se raději přimlouvala za kombinaci montované nosné konstrukce s jinou technologií provedení fasády než té, která obsahuje mokrý proces. Vhodné jsou například i fasády vytvořené ze skládaných zavěšených prvků, například na bázi plastu, umělého kamene, betonu a podobně.

Velkou výhodou montovaných staveb je veliké urychlení vlastní montáže na místě stavby a tím omezení rizik patřících ke stavbě nedokončené (povětrnostní vlivy, krádeže). Velká část procesu výroby stavby je přesunuta pod střechu a může být tím přesnější a preciznější.

Dřevostavby

Stavby dřevěné, prováděné klasickou tesařskou metodou, spojují některé z výhod předchozí skupiny s menší náročností na provedení detailu a v podstatě s menší náročností na kvalitu použitého řeziva. To v žádném případě neznamená, že by nebylo nutné dávat pozor na provedení detailů. Naopak, veškeré spoje je nutno provést přesně podle projektové dokumentace. Musí být pochopitelně dodrženy i počty a umístění hřebíků ve sbíjených spojích a tak dále. Nevýhodou dřevostavby může být velmi nízká schopnost tepelné akumulace konstrukce, která je však vyvážena vysokým tepelným odporem.

Technologie atypické

Poslední skupina technologií není vhodná pro běžné využití v dnešních obvyklých lokalitách s minimálními pozemky, protože většinou použité experimentální materiály nejen zvyšují požární riziko a vyžadují větší odstupy, ale i vnější výraz takové stavby není vhodné konfrontovat s obvyklou zástavbou zblízka. Pokud je ovšem cílem experimentu jen zmenšení tepelných ztrát a využití všech dostupných prostředků pro zlepšení ekonomiky provozu stavby, stavebně-technických parametrů a vnitřního mikroklimatu, není nutné používat žádné nezvyklé a netradiční materiály.

Stejně tak pro vytvoření stavby ekologické, neobsahující potenciální alergeny a výrobky z umělých hmot, není třeba sahat k neobvyklým řešením. Pro vytvoření pohody ve vnitřním prostředí stavby je například velmi vhodná kombinace části jádra domu vyzděného z masivního těžkého materiálu pro tepelnou akumulaci, a lehkého dřevěného obvodového pláště s velkou schopností tepelné izolace. Další netradiční možností je použití dřevěné střešní konstrukce s krytinou z asfaltových pásů ve tvaru přímkové zborcené plochy, která se uplatní na stavbě v exteriéru i interiéru. Netradiční řešení tohoto druhu přitom může být i levné a při dobrém řešení detailů může velmi dobře fungovat. To ostatně lze říci o všech technologiích komplexně. Dobré založení stavby již od fáze projektu dává největší předpoklady pro budoucí

užívání domu. Je nutné dopředu počítat se specifiky jednotlivých konstrukcí a materiálů a nežádat od konstrukcí splnění vlastností, které nejsou pro ně typické.

5.2. Jaký zdící materiál je nejlepší?

Budoucí stavitelé domů často přemýšlí, jaká technologie výstavby či jaký materiál je nejvhodnější, jaký materiál se vyznačuje nejpříznivějšími vlastnostmi. Stavebních materiálů a technologií vhodných pro zdění však existuje celá řada. V následujícím výčtu jsou okrajově uvedeny používané zdící materiály.

Cihelné zdivo

Tento materiál je osvědčený dlouholetou praxí, pálené cihly zůstávají dodnes jedním z nejvíce oblíbených stavebních materiálů, který se vyznačuje velkou akumulací tepla (v případě přerušeného vytápění zajišťuje déle tepelnou pohodu v místnosti). Příznivé tepelně-izolační vlastnosti získávají cihly odlehčením. Čím více pórů cihly obsahují, tím lepší jsou pak jeho izolační vlastnosti, ovšem za cenu částečné ztráty únosnosti. Má dobré akustické vlastnosti a menší náchylnost na změny dotvarování konstrukce (drobné trhlinky). Ovšem práce s cihlami je více pracná z důvodu malých rozměrů. Zvýšením počtu použitých cihel se samozřejmě navyšuje i pořizovací cena celé konstrukce. Při použití cihly je dobré kombinovat obvodové zdivo s tepelnou izolací (tzv. sendvičové zdivo), které se přidává na vnější stranu obvodové stěny.

Cihlu však stále upřednostňuje mnoho stavitelů, má vynikající pevnost a trvanlivost a dovoluje pozdější zásahy do konstrukce.

Tepelně izolační cihelné bloky

Tepelně izolační cihelné bloky se využívají jako obvodové zdivo v tloušťkách už kolem 40 cm. Představují jednu z nejlevnějších forem výstavby zděného domu. Zachovávají si téměř všechny výhody klasických cihelných domů a přitom splňují nároky na tepelnou izolaci bez dodatečných izolačních vrstev.

Cihelné bloky jsou však poměrně křehké a při řezání na stavbě se snadno znehodnocují. Také je třeba předvídat obtížnou opracovatelnost poměrně velkých kvádrů. Nehodí se rozhodně na stěny nepravidelných tvarů (např. oblouky), už v

projektu by se měly přizpůsobit rozměry okenních parapetů či dveřních otvorů tak, aby se pak nemusely na stavbě přiřezávat. U všech keramických materiálů také platí to, že čerstvé cihly mohou nasávat vlhkost ze vzduchu a tím částečně zvětšit svůj objem. Hrubá stavba by tedy měla nějaký čas zrát, nejlépe vymrznout přes zimu, aby se usadila a nahozené omítky nepopraskaly.

Porobetonové tvárnice

Stejné tepelněizolační vlastnosti jako vylehčené keramické tvárnice mají také tvárnice z porobetonu. Vyrábějí se nejčastěji z přírodních materiálů – písek, vápno, cement, voda), jsou lehké, snadno se opracovávají a dají se řezat i pilkou. Tento materiál se vyrábí ve větším provedení oproti cihlám, tudíž i díky tomu je výstavba snadnější a to také z důvodu používání lepidla místo malty. Jsou proto vhodné i pro stavby s náročnějšími stěnami. Systémy bývají navíc doplněny rozměrově navazujícími překlady nebo stropními prvky jako stavebnice. Porobetonové tvárnice se vyznačují větším tepelným odporem oproti stejné síle zdiva z cihel. Výhodná je i velká variabilita při výstavbě - snadné opracování materiálu (oblé stěny, šikminy, klenby apod.). Jako vše mají i porobetonové tvárnice určité nevýhody jako jsou například poruchy dotvarování (trhlinky), menší pevnost v tlaku, menší akumulace tepla, nebo horší akustické vlastnosti.

Hrubá stavba z porobetonových tvárnic je sice o něco dražší než z keramických, ale celkovou cenu vyrovnají pak omítky. Hladký povrch pórobetonu dovoluje přímo na tvárnice provádět omítání bez předchozích hrubých pokusů.

Stejně jako u keramiky je u těchto obkladů důležité dbát na vlhkost vzduchu, v jehož důsledku může dojít k objemovým změnám a následnému trhání omítek. Tvárnice by proto měly po určitou dobu zrát, aby se jejich objem ustálil.

Betonové stěny do „ztraceného bednění"

Tato varianta výstavby má velkou únosnost v tlaku při menší nutné tloušťce zdiva. I pořizovací cena je nižší než například u cihelného zdiva. Ovšem prostup vodních par je omezený. Nehledě na pracnost která je s tímto způsobem spojena což zahrnuje dopravu betonové směsi a také pracné dodatečné úpravy konstrukce.

Ostatní zdící materiály

V současné době se také používají nové materiály, např. z dutinových tvárnic na bázi dřevocementu nebo dřeva a betonu. Tvárnice mívají přesné opracování ložných ploch a na styčných spárách bývá zazubení, které dovoluje snadné stavebnicové zdění bez malty, nasucho. Dutina bývá opatřena tepelnou izolací, do některých dutin se pak pro vyztužení stěny kladou ocelové výztuže nebo lije beton na výšku celého podlaží. Výhodou těchto systémů bývá rychlá montáž, ale nevýhodou je velmi podrobné zpracování projektové dokumentace, která musí vyřešit všechny návaznosti a rozvody instalací a přesně dodržet modulaci prvků.

Jinou formou tvárnic je expandovaná hlína spojená s cementem. Tvárnice dosahují potřebného tepelného odporu už při tloušťce stěny 30 cm, mají pevnost stejnou jako pálené cihly a přitom se snadno opracovávají.

Každý ze zdících materiálů, ať už klasických nebo méně známých má své přednosti i neduhy. Vždy je dobré poradit se s projektantem, protože každý dům potřebuje individuální přístup.

6. POROVNÁNÍ TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

Výpočet tepelných ztrát objektu je zhodnocení jeho tepelně izolačních vlastností. Energetická náročnost či spotřeba tepla na vytápění v budově je dána celkovou tepelnou ztrátou budovy. Skutečná, okamžitá tepelná ztráta je pochopitelně závislá na okamžité venkovní teplotě. K tepelným ztrátám dochází jednak prostupem tepla obvodovými i vnitřními konstrukcemi (stěnami, okny a dveřmi, stropy, střechou a podlahami), jednak výměnou vzduchu v místnostech (netěsnostmi oken a dveří a větráním).

Při stanovení spotřeby energií se obvykle vychází z tzv. tepelné ztráty budovy. Postup výpočtu tepelných ztrát je předepsán normou ČSN 06 0210, která je určena pro dimenzování vytápěcího systému (velikost těles, výkon kotle). Je-li však záměrem stanovit co možná nejpřesněji spotřebu tepla na vytápění (a z toho vyplývající náklady), je lépe vypočítat tepelnou ztrátu podle skutečných vlastností budovy. To by mělo vždy proběhnout před přípravou a realizací úprav otopné soustavy. Proto je nutné, aby se tepelné ztráty počítaly pro nejnepříznivější klimatické podmínky, které mohou za normálních okolností nastat v daném místě v zimním období. Jinak by se mohlo stát, že by otopná soustava nebyla schopna zajistit podmínky tepelné pohody ve vytápěných místnostech. Vlastním zateplením dojde ke snížení spotřeby energie na vytápění, a tak je možné využít výkonově menší zdroj tepla, zefektivní se topný systém, což se projeví jak v provozních nákladech, tak u nově budovaných systémů v pořizovacích investičních nákladech. Pro zhodnocení objektu je nutné znát parametry potřebné k výpočtu samotné energetické bilance.

6.1. Potřebné parametry pro výpočet tepelných ztrát

Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla konstrukce vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu R a používá se k výpočtům tepelných ztrát provozovaných budov. Součinitel je dán vztahem

$$k = \frac{1}{R_T} \tag{6.1.}$$

Tepelný odpor

Tepelný odpor materiálu je veličina vyjadřující tepelné izolační vlastnosti materiálu a je dána vztahem

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2.k.W^{-1}] \tag{6.2.}$$

kde d je tloušťka vrstvy materiálu a λ je součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu (viz. [14]).

Tepelný odpor konstrukce R vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti celé konstrukce složené z více vrstev a je dán součtem tepelných odporů jednotlivých vrstev.

Jak již z výše uvedené definice vyplývá, je tepelný odpor tím větší, čím je tloušťka konstrukce větší a λ menší. Pokud se jedná o více vrstev konstrukce, pak se jednotlivé tepelné odpory R sčítají. Při výpočtu tepelného odporu konstrukce se musí také připočítat tepelný odpor při přechodu energie z prostředí na konstrukci a zpět. Na vnitřní straně je tepelný odpor při přechodu energie z prostředí do konstrukce R_i a na vnější straně, kde energie přechází k konstrukce do exteriéru, se tento přechodový tepelný odpor značí R_e. Oba tepelné odpory jsou složeny ze sálavé části a z části vzniklé prouděním, což je důvod, proč nemají stejnou hodnotu. Předpokládá se totiž, že rychlost vzduchu proudícího okolo konstrukce je na vnitřním a vnějším povrchu rozdílná

V praxi se jedná o hodnoty pro zimní období:

$$R_i = 1/8 \quad [m^2.k.W^{-1}] \tag{6.3.}$$

$$R_e = 1/23 \quad [m^2.k.W^{-1}] \tag{6.4.}$$

Výsledný tepelný odpor se značí R_T a vypočte se

$$R_T = R_i + R_e + \Sigma R_x \quad [m^2.k.W^{-1}] \tag{6.5.}$$

kde x je v intervalu 1 až n, n je počet jednotlivých vrstev konstrukce

Součinitel tepelné vodivosti

Každý materiál je schopen šířit (vést) teplo. Tato schopnost se u homogenních materiálů vyjadřuje pomocí součinitele tepelné vodivosti λ [$W.m^{-1}K^{-1}$]. Hodnota součinitele udává množství tepla vztaženého na jednotku plochy, které projde vrstvou materiálu tloušťky 1 m při konstantním teplotním rozdílu 1 K mezi oběma povrchy této vrstvy. Součinitel tepelné vodivosti je tabulková hodnota.

Denostupně

Pro upřesnění výpočtu potřeby tepla na objekt za topné období je použita metoda denostupňů (gradenů). Délka topného období je vyjádřena počtem dnů **d**. Střední denní teplota vnějšího vzduchu t_e je průměrem denních teplot topného období, odpovídající střední denní teplota vnitřního vzduchu je t_i. Počet denostupňů se pak vypočte podle vztahu (viz. [14]).

$$D = d(t_i - t_e) \tag{6.6.}$$

Tab.6.1.: *Potřebné hodnoty k výpočtům*

d' - počet dnů v roce, po které se vytápí	232
t_i - střední denní teploty vnitřního vzduchu během topného období	20°C
t_e - střední denní teploty vnějšího vzduchu během topného období	3,4°C
D- denostupně	3678
S - plocha počítané konstrukce	144,73 m^2
k - součinitel prostupu tepla konstrukce	
τ_v - počet hodin, po které se denně vytápí	24

6.2. Výpočet spotřeby energie na vytápění

Pro spočítání spotřeby energie na vytápění je nutné znát nejen všechny konstrukce, které vytápěný prostor obklopují, ale především teplotu okolního prostředí a kolik dnů v roce působí. Ta je každý rok jiná a liší se také podle podnebí krajiny, kde je dům umístěn. Střední teplota exteriéru a počet dnů topného období v roce jsou uvedeny v tabulce.

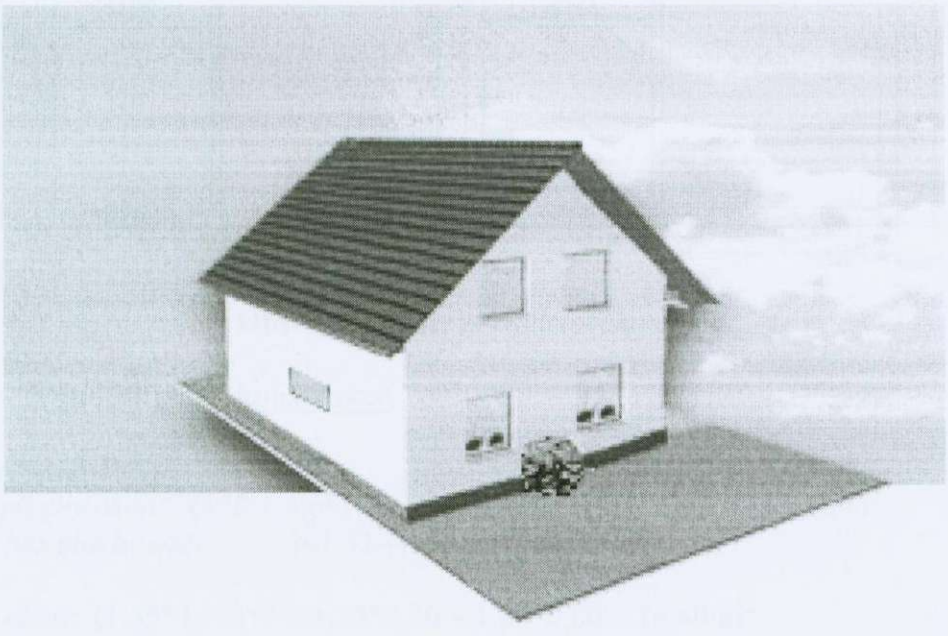
Výpočet celoroční ztráty tepla:

$$E = \Sigma S.k.\tau v.(ti - te).d' \qquad (6.7.)$$

V této práci bude použita obálková metoda, kde při vytápění celého domu budou spočítány pouze jeho obvodové stěny. Tento výpočet je pro celek jednodušší a přesnější, ale neudá kolik tepla se ztrácí v jednotlivých místnostech. Z tohoto důvodu se hodí pouze na porovnání ztrát různých druhů domů, případně stejných domů s různou konstrukcí (což bude případ této práce) (viz. [14]).

Pro názornost je v této práci uveden modelový rodinný dům z lokality Českých Budějovic. Je to klasický rodinný dům. Postupně budou na modelovém domě vystřídány různé zdící materiály v kombinaci s různým zateplením. S pomocí uvedených vzorců budou vypočítány tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí modelového domu. V závěru bude uvedeno srovnání.

6.3. Modelový dům



Obr.6.1.: *Modelový dům* (viz. [12])

Popis modelového domu:

Typ objektu..... rodinný dům z 80.let 20. století

Lokalita..... České Budějovice

Zastavěná plocha..... 76 m^2

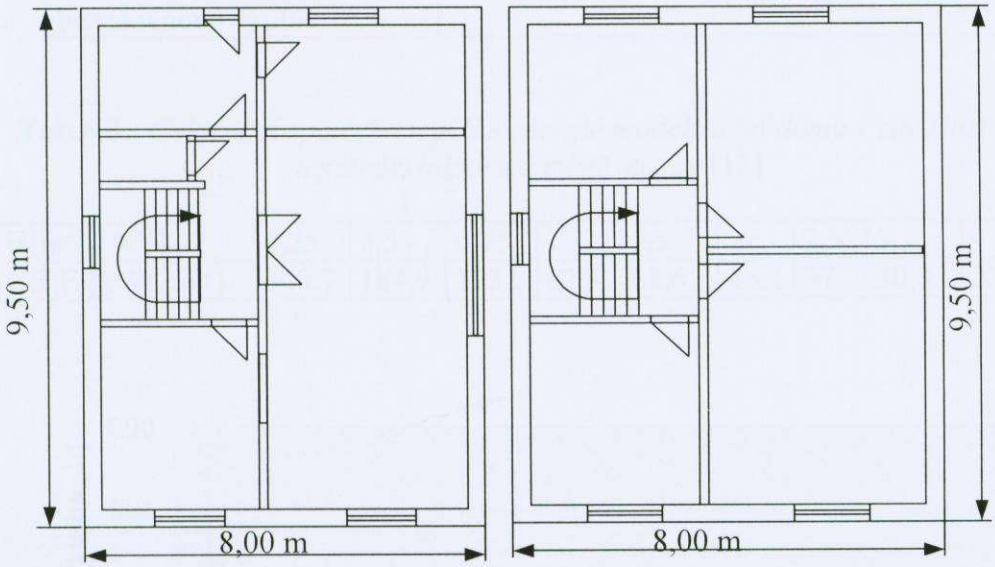
Užitná plocha..... 142 m^2

Výška hřebene střechy..... 8 m

Objem budovy V..... 405 m^3

Plocha obvodových konstrukcí ..... 326 m^2

Půdorys rodinného domu



Obr. 6.2.: *Půdorys modelového domu*

Výpočet ploch konstrukce

Plocha vyzděného pláště:
včetně plochy oken: (4*8 + 4,6*1,7 + 1,7*1,7)*2 + (9,5*4)*2 = **161,42 m^2**
bez plochy oken: 161,42 – 16,69 = **144,73 m^2**

Plocha oken: (1,35*1,35)*7 + 1,35*2,20 + 1,20*0,80 = **16,69 m^2**

Plocha dveří: 2,1*0,8 = **1,68 m^2**

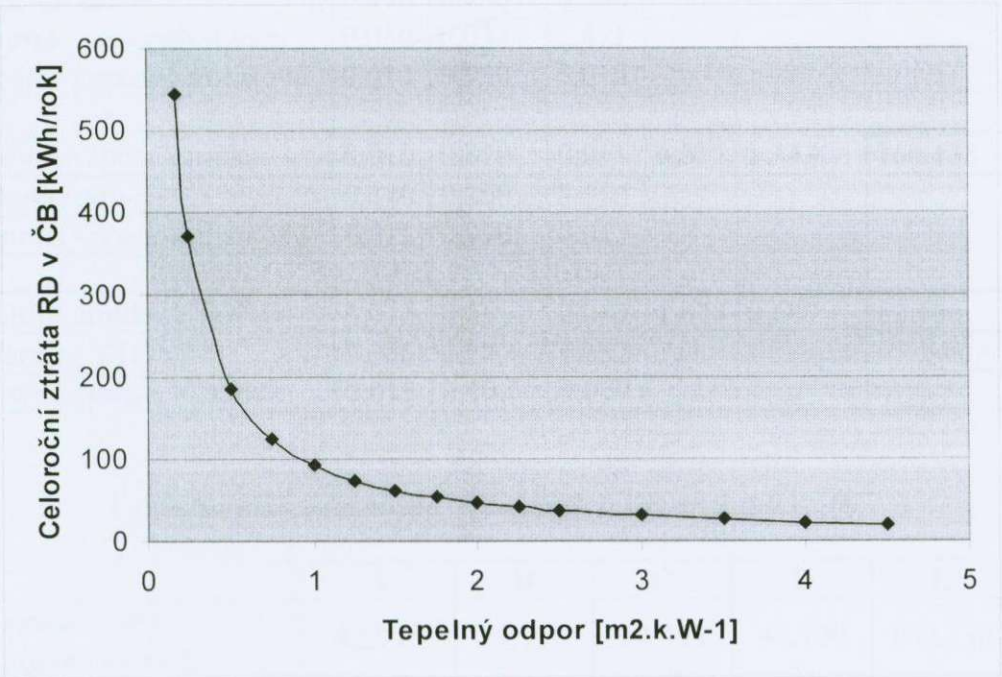
Plocha odizolovaného stropu:
vodorovný strop sousedící s nevytápěnou půdou: 4,6*9,5 = **43,7 m^2**
šikmý strop sousedící s exteriérem: (2,4*9,5)*2 = ***45,6 m^2***

Tab.6.2.: *Neměnné hodnoty vypočtu*

Stavební konstrukce	Plocha stavební konstrukce m^2	Součinitel prostupu tepla $W/(m^2.K)$	Tepelná ztráta kW
Plastové okno s izolačním dvojsklem	16,7	1,10	0,68
Dřevěný trámový strop s betonovou mazaninou s izolací 16 cm	43,2	0,24	0,28
Šikmý strop v podkroví s izolací 16 cm	43,7	0,23	0,32
Betonová podlaha na terénu o tloušťce 15 cm s izolací 8 cm, 6 cm betonu a s dubovou deskou 1 cm	76,0	0,41	0,40
Dveře vchodové dřevěné, bez skleněné výplně	1,7	1,40	0,09

Tab.6.3.: *Celoroční spotřeba tepelné energie modelového domu v závislosti na tepelném odporu a místě stavby* [13]

$R(m^2.k.W^{-1})$	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	4
ČB E $[kWh.m^{-2}]$	369,7	184,9	123,2	92,4	61,6	46,2	37	30,8	23,1



Graf 6.1.: *celoroční ztráty modelového domu pro různé tepelné odpory v Českých Budějovicích*

Výpočet tepelných ztrát

Tab.6.4.: *Přehled vlastnosti zdících a tepelných materiálů* (viz. [12])

		tloušťka d [m]	součinitel tepelné vodivosti λ [$Wm^{-1}K^{-1}$]	tepelný odpor R [$m^2.k.W^{-1}$]	celkový tepelný odpor R [$m^2.k.W^{-1}$]	součinitel prostupu tepla konstrukce k [$W.m^{-2}.K^{-1}$]	celoroční ztráta tepla E [$kWh.m^{-2}$] (jednoho m^2)
A	vnitřní omítka YTONG	0,015	0,350	0,043	**2,155**	**0,430**	**42,976**
	tvárnice YTONG	0,365	0,270	1,352			
	pěnový polystyrén	0,030	0,044	0,682			
	Vnější omítka YTONG	0,015	0,190	0,079			
B	omítka vápená	0,010	0,870	0,011	**4,247**	**0,226**	**21,756**
	porotherm 44	0,440	0,190	2,316			
	Desky z minerální vlny	0,080	0,042	1,905			
	omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015			
C	omítka vápená	0,010	0,870	0,011	**2,342**	**0,398**	**39,453**
	porotherm 44	0,440	0,190	2,316			
	omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015			
D	omítka vápená	0,010	0,870	0,011	**2,047**	**0,451**	**45,139**
	cihelné zdivo	0,440	0,800	0,550			
	extrudovany polystyrén	0,050	0,034	1,471			
	omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015			
E	vnitřní vápená omítka	0,010	0,870	0,011	**0,577**	**1,343**	**160,138**
	cihelné zdivo	0,440	0,800	0,550			
	omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015			
F	vnitřní omítka YTONG	0,015	0,35	0,043	**1,474**	**0,609**	**62,686**
	tvárnice YTONG	0,365	0,27	1,352			
	Vnější omítka YTONG	0,015	0,19	0,079			

Tab.6.5.: *celoroční ztráta tepla daných konstrukcí* (viz. (6.7.))

	A	B	C	D	E	F
celoroční ztráta tepla E [kWh/rok] (jednoho m^2)	42,976	21,756	39,453	45,139	160,138	62,686
celoroční ztráta tepla E [kWh/rok] (celé uvažované zdi)	6219,916	3148,746	5710,033	6532,967	23176,77	9072,545

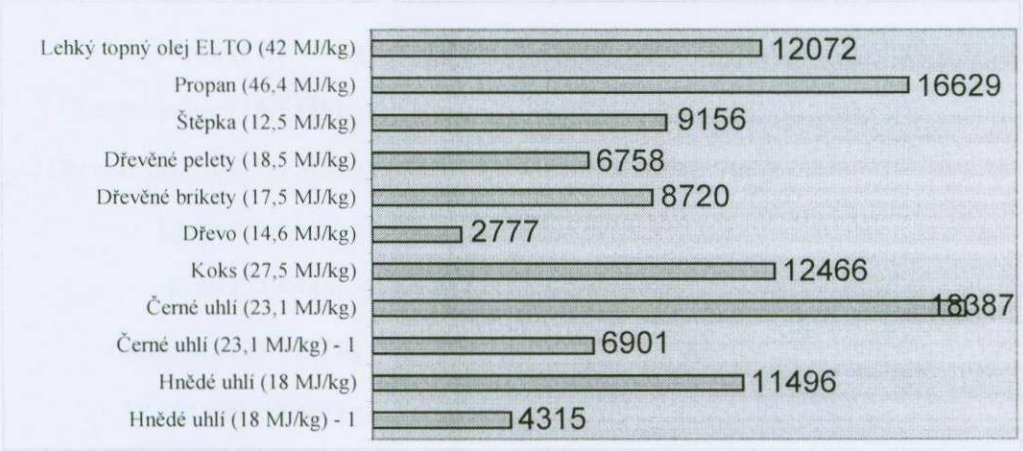
6.4. Úspora energie na vytápění

Příklad 1.

Původní zeď bez zateplení z plných cihel se zmíněnými omítkami (E) má tepelný 0,577 $m^2.k.W^{-1}$ po zateplení a přidání extrudovaného polystyrénu (D) se tepelný odpor zvýší na 2,047 $m^2.k.W^{-1}$. Celoroční tepelná ztráta této konstrukce se změní z 23176,77 kWh/rok na 6532,96 kWh/rok. Úspora energie na by činila 16643,81 kWh/rok což je rovno 59,92 GJ za rok (16643,81/277,78).

Tab. 6.6.: *Přehled úspor při vytápění (59,9GJ)*

Úspora při vytápění 59,9 GJ					
Druh paliva (výhřevnost)	***Cena paliva v Kč/kg***	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/kWh***	***Úspora paliva /rok (kg)***	***Úspora na vytápění Kč/rok***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	1,9	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,48	2271	**4315**
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	1,9	Klasický kotel na uhlí (55%)	0,69	6051	**11496**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	3,9	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,76	1769	**6901**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	3,9	Automatický kotel na uhlí (80%)	1,11	4715	**18387**
Koks (27,5 MJ/kg)	6,5	Klasický kotel na koks (62%)	1,37	1918	**12466**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	0,93	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,31	2986	**2777**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	3,5	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,96	2491	**8720**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	3,25	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,74	2079	**6758**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,8	Kotel na štěpku (80%)	1,01	3270	**9156**
Propan (46,4 MJ/kg)	21	Kotel běžný (89%)	1,83	792	**16629**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	13,8	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,33	875	**12072**



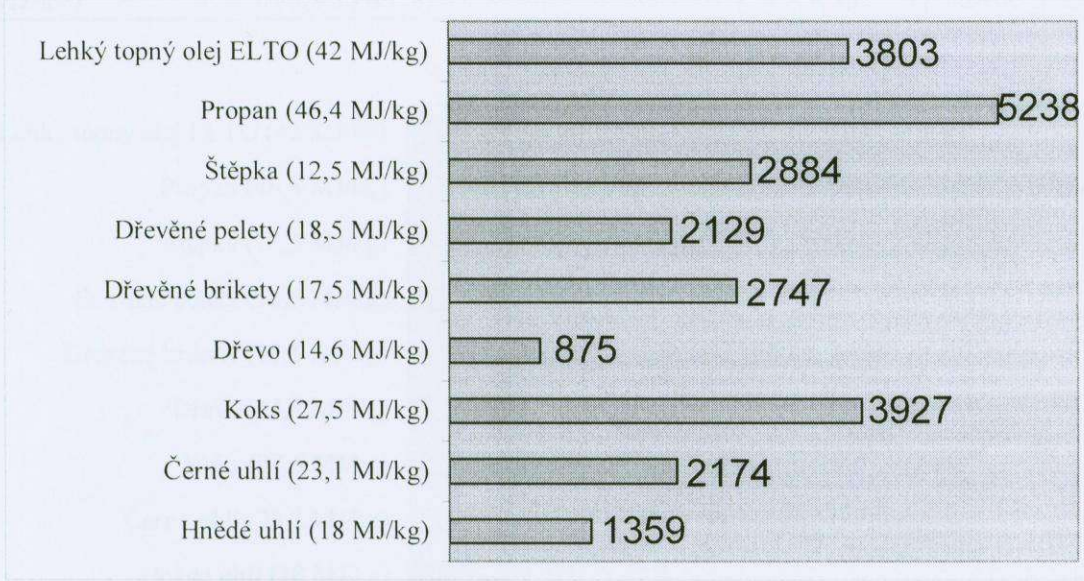
Graf 6.2.: *Roční úspora na vytápění pro daný druh paliva* [Kč/rok]

Příklad 2.

Původní zeď bez zateplení z tvárnic YTONG se zmíněnými omítkami (F) má tepelný 1,474 $m^2.k.W^{-1}$ po zateplení a přidání pěnového polystyrénu (A) se tepelný odpor zvýší na 2,155 $m^2.k.W^{-1}$. Celoroční tepelná ztráta této konstrukce se změní z 9072,54 kWh/rok na 6219,92 kWh/rok. Úspora energie na by činila 2852,63 kWh/rok což je rovno 10,26 GJ za rok.

Tab. 6..7.: *Přehled úspor při vytápění (10,3GJ)*

Úspora při vytápění 10,3 GJ					
Druh paliva (výhřevnost – MJ/kg)	***Cena paliva Kč/kg***	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/kWh***	***Úspora paliva /rok (kg)***	***Úspora na vytápění Kč/rok***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	1,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,47	715	**1359**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	3,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,76	557	**2174**
Koks (27,5 MJ/kg)	6,50	Klasický kotel na koks (62%)	1,37	604	**3927**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	0,93	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,31	941	**875**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	3,50	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,96	785	**2747**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	3,25	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,74	655	**2129**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,80	Kotel na štěpku (80%)	1,01	1030	**2884**
Propan (46,4 MJ/kg)	21,00	Kotel běžný (89%)	1,83	249	**5238**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	13,80	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,33	276	**3803**



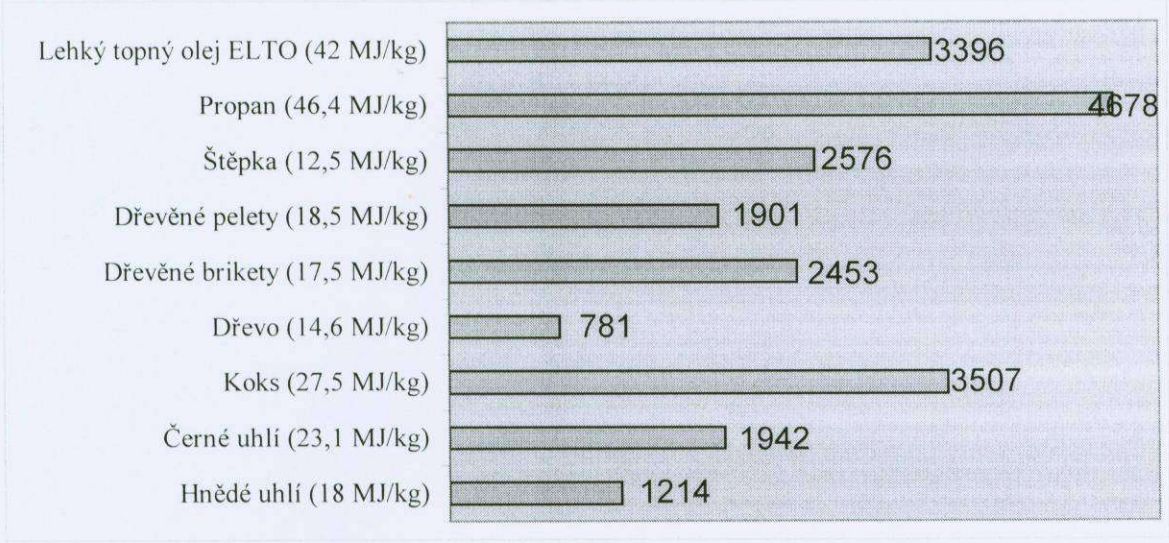
Graf 6.3.: *Roční úspora na vytápění pro daný druh paliva* [Kč/rok]

Příklad 3.

Původní zeď bez zateplení z porothermu se zmíněnými omítkami (C) má tepelný 2,342 $m^2.k.W^{-1}$ po zateplení a přidání desek z minerální vlny (B) se tepelný odpor zvýší na 4,247 $m^2.k.W^{-1}$. Celoroční tepelná ztráta této konstrukce se změní z 5710,03 kWh/rok na 3148,75 kWh/rok. Úspora energie na by činila 2561,29 kWh/rok což je rovno 9,2 GJ za rok.

Tab. 6.8.: *Přehled úspor při vytápění (9,2 GJ)*

Úspora při vytápění 9,2 GJ					
Druh paliva (výhřevnost – MJ/kg)	***Cena paliva Kč/kg***	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/kWh***	***Úspora paliva /rok (kg)***	***Úspora na vytápění Kč/rok***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	1,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,48	639	**1214**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	3,90	Automatický kotel na uhlí (80%)	0,76	498	**1942**
Koks (27,5 MJ/kg)	6,50	Klasický kotel na koks (62%)	1,37	540	**3507**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	0,93	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,31	840	**781**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	3,50	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	0,96	701	**2453**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	3,25	Kotel na dřevěné pelety (85%)	0,74	585	**1901**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,80	Kotel na štěpku (80%)	1,01	920	**2576**
Propan (46,4 MJ/kg)	21,00	Kotel běžný (89%)	1,83	223	**4678**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	13,80	Kotel na lehký topný olej (89%)	1,33	246	**3396**



Graf 6.4.: *Roční úspora na vytápění pro daný druh paliva* [Kč/rok]

6.5. Ekonomická návratnost zateplení

Každého ekonomicky uvažujícího investora by měla zajímat návratnost vložených investic. Vypočítat si ekonomickou návratnost zateplení není úplně jednoduché a mnoho investorů proto osloví energetické auditory. Auditor podle přesně vypracované metodiky stanoví i dobu návratnosti realizované či uvažované investice. Tento audit provádějí zkušení odborníci, proškolení pro tuto činnost, a jejich úkolem je stanovit optimální technicko - ekonomické řešení hospodaření s energií v objektu jako celku, s ohledem na minimální náklady a maximální energetické úspory.

Vzorec k vypočtení návratnosti investice

Drobní stavebníci si zatím energetické audity ale ve větší míře zpracovávat nenechávají. Hledají jiné, levnější cesty, jak si návratnost s rozumnou mírou pravděpodobnosti mohou spočítat sami. K tomu mohou použít některý z dostupných vzorců, například níže uvedený, velice jednoduchý a srozumitelný model výpočtu:

$$\Delta E_R = \frac{(U1 - U2)}{3{,}25} \qquad (6.8.)$$

U1 ..... součinitel prostupu tepla původní konstrukce (W/m^2.K)

U2 ..... součinitel prostupu tepla zateplené konstrukce (W/m^2.K)

Pokud do tohoto vzorce dosadí aktuální ceny energií a technologií, lze velice jednoduše a rychle orientačně spočítat ekonomickou návratnost realizované investice. V níže uvedených tabulkách je orientačně spočítána návratnost investice k předchozím příkladům1-3 (viz. [14]).

Tab. 6.9.: *Ekonomická návratnost příkladu 1.*

Ekonomická návratnost příkladu 1.				
Druh paliva (výhřevnost)	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/GJ***	***Částka KČ/m²***	***Návratnost (roky)***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	132	117,74	**1,74**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	211	188,21	**1,09**
Koks (27,5 MJ/kg)	Klasický kotel na koks (62%)	381	339,85	**0,60**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	85	75,82	**2,71**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	267	238,16	**0,86**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	Kotel na dřevěné pelety (85%)	207	184,64	**1,11**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	Kotel na štěpku (80%)	280	249,76	**0,82**
Propan (46,4 MJ/kg)	Kotel běžný (89%)	509	454,03	**0,45**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	Kotel na lehký topný olej (89%)	369	329,15	**0,62**

Tab. 6.10.: *Ekonomická návratnost příkladu 2.*

Ekonomická návratnost příkladu 2.				
Druh paliva (výhřevnost)	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/GJ***	***Částka KČ/m²***	***Návratnost (roky)***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	132	7,26	**5,66**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	211	11,61	**3,54**
Koks (27,5 MJ/kg)	Klasický kotel na koks (62%)	381	20,96	**1,96**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	85	4,68	**8,79**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	267	14,69	**2,80**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	Kotel na dřevěné pelety (85%)	207	11,39	**3,61**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	Kotel na štěpku (80%)	280	15,40	**2,67**
Propan (46,4 MJ/kg)	Kotel běžný (89%)	509	28,00	**1,47**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	Kotel na lehký topný olej (89%)	369	20,30	**2,03**

Tab. 6.11.: *Ekonomická návratnost příkladu 3.*

Ekonomická návratnost příkladu 3.				
Druh paliva (výhřevnost)	***Spalovací zařízení (průměrná účinnost v %)***	***Cena tepla Kč/GJ***	***Částka KČ/m²***	***Návratnost (roky)***
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	132	6,86	**15,95**
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	Automatický kotel na uhlí (80%)	211	10,97	**9,98**
Koks (27,5 MJ/kg)	Klasický kotel na koks (62%)	381	19,81	**5,53**
Dřevo (14,6 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	85	4,42	**24,77**
Dřevěné brikety (17,5 MJ/kg)	Kotel na zplyňování dřeva (75%)	267	13,88	**7,89**
Dřevěné pelety (18,5 MJ/kg)	Kotel na dřevěné pelety (85%)	207	10,76	**10,17**
Štěpka (12,5 MJ/kg)	Kotel na štěpku (80%)	280	14,56	**7,52**
Propan (46,4 MJ/kg)	Kotel běžný (89%)	509	26,47	**4,14**
Lehký topný olej ELTO (42 MJ/kg)	Kotel na lehký topný olej (89%)	369	19,19	**5,71**

ZÁVĚR

Při psaní této bakalářské práce jsem dospěl k závěru, že otázka zateplení a vytápění rodinného domu je dnes velice aktuálním tématem a její řešení by mělo být neodmyslitelnou součástí každého projektu rodinného domu.

Volbou vhodného vytápění a zateplení je možné ušetřit nemalé finanční částky. V dnešní době je dobrá informovanost v oblasti cen různých stavebních a izolačních materiálů, takže pro investora není velký problém spočítat si investiční náklady na pořízení stavby. Větší problém je pro laika výpočet energetické bilance objektu. Ta závisí na mnoha faktorech, jako je např. umístnění domu, povětrnostní podmínky, vytápění, zateplení a samozřejmě i na samotné konstrukci stavby. Výpočet energetické bilance pomocí obálkové metody na modelovém domu tak může posloužit spíše pro představu energetické náročnosti daného typu konstrukce.

Neexistuje tedy jediná možná kombinace zateplení a vytápění, která by zcela odstranila tepelné ztráty objektu. Proto je nutné pro každou konstrukci rodinného domu vypracovat individuální projekt a přihlédnout i k finančním možnostem investora.

SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

[1] Cihelka J. a kol.: *Vytápění, větrání a klimatizace*, Praha SNTL, 1985

[2] www.energ.cz : *Vnitřní prostředí budov,* http://www.energ.cz/index.phtml?polozka=29, [cit.27-3-2006]

[3] Srdečný K., Macholda F.: *Úspory energie v domě*, Grada Publishing, a.s., Praha, 2004, ISNB 80-247-0224-X

[4] Cihelka J.: *Vytápění I*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1979

[5] Brož K.: *Vytápění*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2002

[6] Pražská energetika, a.s.. *Akumulační kamna. PREfórum Speciál* 2004/2

[7] Musil L.: *Plyn ve vytápění* , http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1163, [20-3-2006]

[8] www.ainon.cz : *Lokální topení* , http://www.ainon.cz/lokalni-topeni.php [10-4-2006]

[9] Jelínek V.: *Technická zařízení budov II*: vytápění: přednášky, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996

[10] Svoboda E. a kol.: *Přehled středoškolské fyziky*, Prometheus, Praha, 1998

[11] Verner V.: *Využití biomasy pro lokální a centrální vytápění* http://biom.cz/index.shtml?x=91345 [21-3-2006]

[12] www.tzb.info.cz [21-3-2006]

[13] Počinková M., Čuprová D. a kol.: *Úsporný dům*, ERA, Brno, 2004

[14] Šubrt R.: *Tepelné izolace domů a bytů*, Grada Publishing, a.s., Praha, 1998

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Bašus K.: *Úhrada za dodávku tepla,* Linde, Praha, 1996

Tobolka Z.: *Nové izolační materiály ve stavebnictví*, ÚSI, Praha, 1991

Bloudek K.: *Stavební tepelná technika, akustika a denní osvětlení, díl I.*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1989

Kulhánek F., Tywoniak J.. *Stavební fyzika 20 – stavební tepelná technika, pomůcka pro cvičení*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1997

Dufka J.: *Vytápění domů a bytů*, Grada Publishing, a.s., Praha, 2004

Kollmorgen U.: *Zateplování domu: Nová úspora energie*, Ikar, Praha, 1998

Halahaja M., Chmúrny I., Sternová Z.: *Stavebná tepelná technika*, Jaga Bratislava, 1998

Feist W., Klein J.: *Nízkoenergetický dům*, HEL, Ostrava, 1994

Humm O.: *Nízkoenergetické domy*, Grada Publishing, a.s., Praha, 1999

Šála J.: *Zateplování budov*, Grada Publishing, a.s., Praha, 2000

Šála J., Machatka M.: *Zateplování v praxi*, Grada Publishing, a.s., Praha, 2002

Pehle T.: Správné izolace, Rebo, productions cz, Čestlice, 2002

Novák J.: *Úspory energie v rodinných domech a bytech*, Grada Publishing, a.s., Praha, 1999

Vlček M.: *Zateplování staveb*, Cerm, Brno, 2000

Tobolka Z., Svoboda L.: *Materiály pro stavební izolace*, ČVUT, Praha, 1993

Prokop J.: *Tepelné izolace*, ČVUT, Praha, 1972

Prokop J.: *Tepelné izolace v tepelné technice*, ČVUT, Praha, 1992

Brož K.: *Vytápění*, ČVUT, Praha, 2002

Jelínek V. a kol.: *Technická zařízení budov II.*, ČVUT, Praha, 1996

Odborný měsíčník: *Střechy fasády a izolace I-XII*, Mise, Ostava, 2004