

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Možnosti využití obnovitelných zdrojů energie ve vytápění
rodinných domů**

**vedoucí práce: Ing. Vlastimil Šantín
autor: Jiří Kubát**

2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří KUBÁT**
Osobní číslo: **E11B0048P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Možnosti využití obnovitelných zdrojů energie ve vytápění rodinných domů**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Analyzujte problematiku vytápění rodinných domů.
2. Uveďte tradiční způsoby používané pro vytápění.
3. Popište způsoby využití obnovitelných zdrojů tepla.
4. Porovnejte jednotlivé technologie z různých hledisek.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

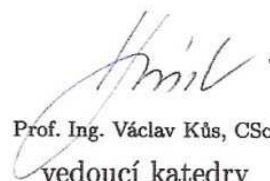
Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vlastimil Šantín**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi vytápění rodinného domu. Definiuje tepelnou pohodu člověka a obecně popisuje problematiku tepelných ztrát. Dále jsou popsány klasické a alternativní zdroje tepla pro vytápění. Nakonec je uvedeno porovnání uvedených zdrojů tepla z ekologického a ekonomického hlediska.

Klíčová slova

Teplo, tepelné ztráty, palivo, alternativní zdroje vytápění

Annotation

The bachelor work deals with the possibilities of heating systems a house. Defines thermal comfort of humans and generally describes the problem of heat loss. Following is a description classical and alternative energy sources for heating. Finally, a comparison these sources of heat from the ecological and economic terms.

Keywords

Heat, heat loss, fuel, alternative heating sources

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 8.6.2012

Jiří Kubát

.....

Poděkování

Zde bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Jiřímu Skálovi, Ph.D, vedoucímu této práce, za mnoho cenných rad a ochotu řešit problémy vzniklé při tvoření této bakalářské práce. Zároveň bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich obrovskou podporu nejen v průběhu studia, ale i v celém životě.

Obsah

Obsah.....	- 7 -
1 Úvod.....	- 8 -
Seznam použitých symbolů a zkratk	- 9 -
2 Problematika vytápění rodinných domů	- 10 -
2.1 Tepelná pohoda	- 10 -
2.2 Vzduchová propustnost	- 12 -
2.3 Činitelé tepelných ztrát a spotřeba energie na vytápění	- 13 -
2.4 Tepelný stav vnitřního prostředí	- 15 -
2.5 Tepelný stav vnějšího prostředí.....	- 16 -
2.6 Rychlost a směr větru	- 17 -
2.7 Vlhkost vzduchu a atmosférické srážky.....	- 17 -
3 Tradiční způsoby vytápění	- 18 -
3.1 Paliva.....	- 18 -
3.2 Spalování paliv	- 18 -
3.3 Zdroje tepla	- 19 -
3.4 Kotle pro vytápění	- 19 -
3.4.1 Vytápění tuhými palivy	- 20 -
3.4.2 Vytápění zemním plynem.....	- 21 -
3.4.3 Vytápění dřevem.....	- 22 -
3.4.4 Vytápění na propan-butan a lehké topné oleje (LTO).....	- 23 -
3.5 Vytápění elektřinou	- 24 -
4 Alternativní způsoby vytápění	- 26 -
4.1 Využití netradičních zdrojů tepla	- 26 -
4.2 Sluneční energie	- 26 -
4.3 Rekuperace tepla	- 28 -
4.4 Tepelné čerpadlo	- 29 -
4.5 Biomasa	- 30 -
5.1 Ekologické hodnocení	- 31 -
5.2 Ekonomičnost vytápění	- 33 -
6 Závěr	- 35 -
Seznam použité literatury	- 36 -
Seznam použitých tabulek.....	- 37 -
Seznam použitých obrázků.....	- 37 -

1 Úvod

Vážným globálním problémem současnosti je zabezpečení dostatečného množství ekologicky a ekonomicky výhodných zdrojů energie. Jedním ze způsobů je i šetření energií. Mnoho energie se spotřebuje na vytápění průmyslových staveb a bytů.

Efektivní a co nejlacinější vytápění bytů a rodinných domů představuje celospolečenský fenomén charakterizovaný energetickou náročností a ekonomickou efektivností.

Vytápění rodinných domů a bytů je odborná problematika, kde jedním z jeho aspektů je zabezpečení tepelné pohody pro uživatele rodinných domů a bytů.

Doma strávíme alespoň polovinu svého života, proto je pochopitelné, že je požadován určitý komfort a pohoda. Stále častěji se používají namísto fosilních paliv tepelné čerpadla, kotle na zemní plyn a biomasu. V rámci úspor se hledají stále nové varianty vytápění např. použití odpadního tepla (tzv. rekuperace).

Seznam použitých symbolů a zkratk

TUV teplá užitková voda

LTO lehké topné oleje

q tepelná charakteristika budovy [$\text{W}/\text{m}^3\text{K}$]

V zastavěná plocha budovy [m^3]

S zastavěná plocha budovy [m^2]

h výška budovy [m]

t_i teplota vnitřního vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

t_e teplota vnějšího vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

š šířka budovy [m]

d délka budovy

S_0 plocha oken v obvodovém plášti [m^2]

S_d plocha dveří v obvodovém plášti [m^2]

k, k_0, k_d, k_s, k_p součinitelé prostupu tepla vnějších stěnových konstrukcí, oken, dveří, střechy a podlahy prvního podlaží nad vytápěným suterénem [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

ck součinitel respektující vliv vnitřních konstrukcí na zastavěnou plochu budov

m součinitel respektující rozdíl teploty vnějšího vzduchu a nevytápěného suterénu

n součinitel respektující podíl tepelných ztrát vnitřními konstrukcemi

l^l délka spar připadajících na 1m^2 plochy okna

B charakteristické číslo budovy ($\text{Pa}^{0,67}$)

M charakteristické číslo místností, určuje se podle poměru vzduchové propustnosti oken a vnitřních dveří

z zvětšení tepelných ztrát (%)

t_{i1} požadovaná teplota vnitřního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)

t_{i2} skutečná teplota vnitřního vzduchu ($^{\circ}\text{C}$)

$t_{e,pr}$ průměrná teplota vnějšího vzduchu za otopné období ($^{\circ}\text{C}$)

2 Problematika vytápění rodinných domů

2.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda člověka závisí na okolních vlivech působících na lidský organismus. Patří sem zejména fyziologické a psychické vlivy, ale také fyzikální podmínky okolního prostředí. Na výměnu tepla mezi lidským tělem a okolním prostředím mají také vliv tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a budov.

Aby mohlo lidské tělo fungovat, potřebuje energii. Tuto energii získává spalováním potravin. Většina energie vyrobená člověkem se přemění na teplo, to je podmíněno činností a hmotností lidského těla. Vyrobené teplo se musí odvést z těla do okolního prostředí. Když se vyrobené teplo rovná teplu odvedenému do okolního prostředí, pak se tento jev nazývá: stav tepelné rovnováhy lidského těla. Teplo se z lidského těla odvádí vedením, sáláním, prouděním, odpařováním vody v plicích, vydechováním vzduchu teplejšího než je vdechovaný a odpařováním potu z povrchu těla.

Z pohledu tepelné rovnováhy jsou nejdůležitější ztráty prouděním, sáláním a odpařováním potu. Tepelné ztráty prouděním závisí na rychlosti proudění vzduchu a na teplotě okolního vzduchu. Ztráty sáláním jsou ovlivněny teplotou povrchu tělesa a jeho okolí. Odpařování potu závisí na částečném tlaku vodní páry.

Tepelnou rovnováhu člověka a tedy i tepelnou pohodu můžeme zajistit následujícími způsoby:

- Teplotou vnitřního vzduchu
- Teplotou na povrchu stavebních konstrukcí
- Relativní vlhkostí vnitřního vzduchu
- Rychlostí proudění vnitřního vzduchu

Tabulka 1 ukazuje hodnoty výše zmíněných způsobů pro zachování tepelné pohody člověka z hlediska náročnosti fyzické práce. Součtová teplota místnosti je součet teploty vzduchu a průměrné teploty ploch okolních konstrukcí.

Druh budovy		Teplota vzduchu t_i [°C]	Součtová teplota t_M [°C]	Relativní vlhkost vzduchu ϕ [%]	Rychlost proudění vzduchu v [m.s ⁻¹]
Obytné a občanské		20	38	40 až 60	< 0,1
Výrobní druh práce	velmi lehká	18 až 20	36	50 až 60	< 0,15 (< 0,2)
	lehká	16 až 18	32 až 36	50 až 60	
	středně těžká	14 až 16	26 až 32	50	
	těžká	12 až 14	20 až 26	45	

Tab. 1 - Hodnoty veličin k zabezpečení tepelné rovnováhy člověka[1]

Pro vytvoření tepelné pohody člověka nesmí být lidské tělo podchlazeno ani přehřáto. Dále se člověk nesmí potit a tepelná ztráta těla nesmí být snižována omezením cirkulace krve mezi vnitřními a periferními orgány. Tepelné ztráty těla prouděním a sáláním mají být v příznivém poměru, aby se při určité činnosti neměnila střední teplota pokožky a hmotnost vylučovaného potu.

Podlahový materiál	Optimální povrchová teplota podlahy		Doporučené rozmezí povrchové teploty podlahy t_p (°C)
	1. min	10. min	
Textilie	21	24,5	21,0 až 28,0
Korek	24	26	23,0 až 28,0
Dřevo - borovice	25	26	22,5 až 28,0
Dřevo - dub	26	26	24,5 až 28,0
PVC na betonu	28	27	25,5 až 28,0
Linoleum na dřevě	28	26	24,0 až 28,0
Plynobeton	29	27	26,0 až 28,5
Betonová mazanina	28,5	27	26,0 až 28,5

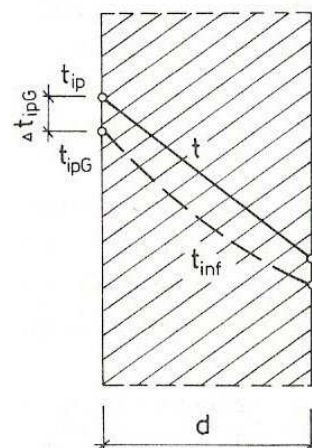
Tab. 2 - Optimální povrchová teplota podlahy užívané bez obutí [3]

Při dotyku nohou s podlahovou konstrukcí dochází k tepelným ztrátám a tudíž k narušení tepelné pohody, za určitých okolností může nastat citelné ochlazení nohou. Tomuto nepříznivému stavu můžeme předejít jednak přiměřenou tepelnou jímavostí podlahy nebo zajištěním povrchové teploty podlahy na požadovanou výši. Pro neobuté lidi je rozhodující skladba podlahy. Optimální povrchovou teplotu pro různé druhy podlah je možné stanovit na základě teorie tepla. Tabulka 2 znázorňuje optimální povrchovou teplotu podlahy pro

jednotlivé materiály. Pokud je člověk obutý, materiál podlahové krytiny neovlivňuje tepelnou pohodu. Průměrná teplota podlahy by neměla překročit 29°C.

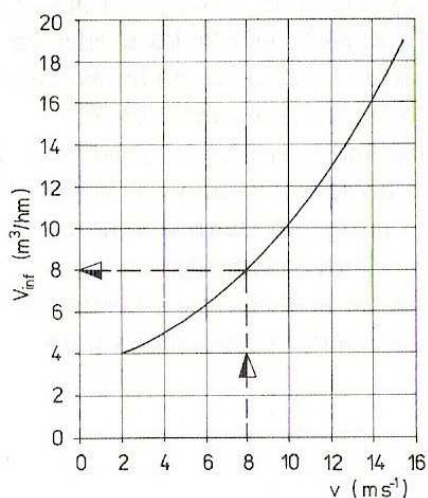
2.2 Vzduchová propustnost

Za předpokladu, že existuje rozdíl tlaku mezi vnitřním a vnějším vzduchem a stavební konstrukce nebo spáry nejsou vzduchotěsné, proudí jimi vzduch. Působením gravitačních sil nebo přeměnou kinetické energie větru v tlakovou energii vzniká rozdíl vnitřního a vnějšího tlaku vzduchu. Těmto jevům se říká infiltrace a exfiltrace. Infiltrace je jev, kdy vnější vzduch proudí do budovy. O exfiltraci se mluví, když proudí vzduch z budovy do vnějšího prostředí. V zimním období snižuje infiltrace teplotu uvnitř budovy a také na jejím vnitřním povrchu (chladný vzduch se ohřívá při průtoku budovou a odebírá jí teplo a tím ji ochlazuje). Nemá-li nastat zhoršení tepelného stavu vnitřního prostředí, musí se, buď zvětšit tloušťka stěny domu, nebo zvýšit teplota vzduchu, aby se vyrovnal pokles teploty na vnitřním povrchu domu z hodnoty t_{ip} (bez infiltrace) na hodnotu t_{ipG} (s infiltrací). Zvětšením tloušťky stěny domu, se zvětší pořizovací náklady na konstrukci, a pokud se zvýší teplota vnitřního prostředí, zvětší se tepelné ztráty a spotřeba energie na vytápění.



Obr. 2.1 - Průběh teploty konstrukcí bez infiltrace t a s infiltrací t_{inf} [2]

Infiltrace vzduchu okenními a dveřními spárami podstatně zhoršuje tepelný stav vnitřního prostředí. Tím se zvětšují tepelné ztráty a spotřeba energie na vytápění. Čím větší je netěsnost spár a rychlost větru, tím větší je množství infiltrovaného vzduchu do budovy (viz obr. 2.2).



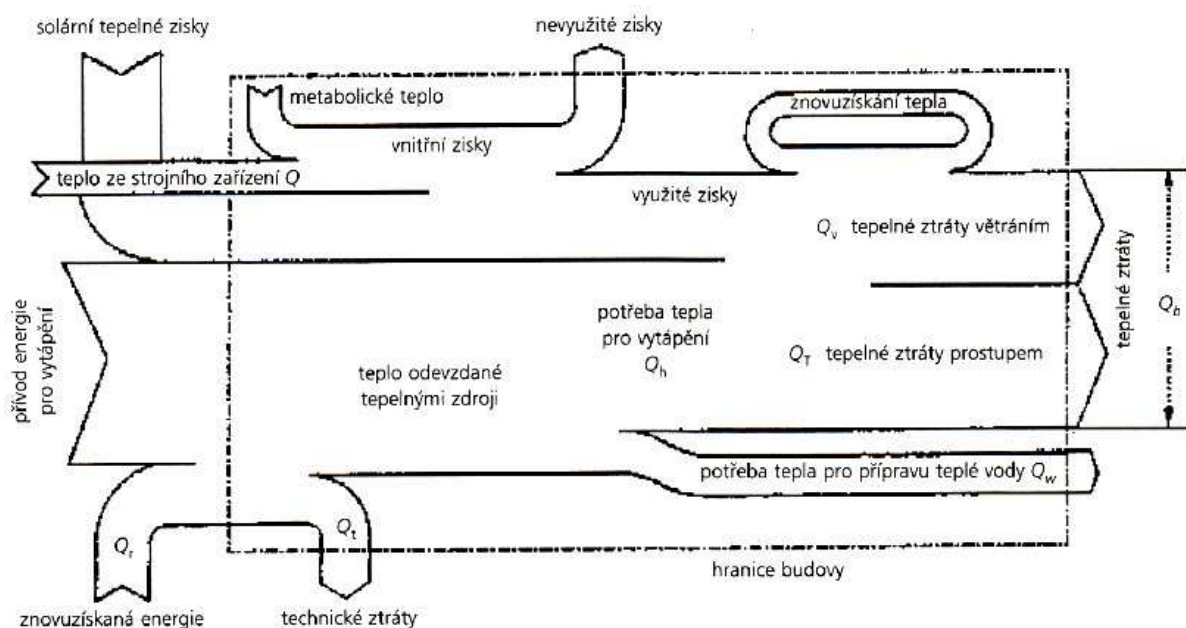
Obr. 2.2 - Závislost infiltrovaného vzduchu V_{inf} do budovy a rychlosti větru v na 1m spáry okna [2]

Exfiltrace vzduchu budovy může být způsobena zvýšenou kondenzací vodní páry v budově. Množství vodní páry proudící do konstrukce budovy při exfiltraci vzduchu je větší než při samotné difúzi vodní páry. Z hlediska tepelné techniky je infiltrace a exfiltrace vzduchu rodinného domu nežádoucí, ale výměna vzduchu v domě je z hygienických důvodů nutná. Výměna vzduchu spárami oken a dveří v rodinném domu může být dovolená, pokud není zajištěna jiným způsobem než infiltrací, nemá však překračovat požadovanou hodnotu.

2.3 Činitelé tepelných ztrát a spotřeba energie na vytápění

K pokrytí tepelných ztrát, se musí přivádět do budov tepelná energie, ať už z důvodu zajišťování tepelné pohody lidí, hygienických podmínek nebo dalších požadavků.

Zmenšování tepelných ztrát na co nejmenší možnou míru, je ve všech oblastech našeho života základním požadavkem racionálního hospodaření s palivy a energií. Obrázek 2.3 ukazuje energetickou bilanci budovy a možné tepelné vstupy a ztráty.



Obr. 2.3 - Roční bilance energie budovy[2]

Tepelnou ztrátu budovy Q [W] určíme ze vztahu:

$$Q = qV(t_i - t_e) \quad (1)$$

qtepelná charakteristika budovy [W/m^3K]

Vzastavěná plocha budovy [m^3]

$$V = S \cdot h \quad (2)$$

S.....zastavěná plocha budovy [m²]

h.....výška budovy [m]

t_i.....teplota vnitřního vzduchu [°C]

t_e.....teplota vnějšího vzduchu [°C]

určení vztahu pro tepelnou charakteristiku:

$$q = \left[\frac{2(1+p)}{\sqrt{pS}} k + \frac{a(k_0 - k) + b(k_d - k)}{h} + \frac{c_k(k_s + k_p)m}{h} \right] n + \frac{cl^l \sum iS_0BM}{V} \quad (3)$$

p = š / d

š.....šířka budovy [m]

d.....délka budovy [m]

a=S₀/S

b=S_d/S

S₀.....plocha oken v obvodovém plášti [m²]

S_d.....plocha dveří v obvodovém plášti [m²]

k,k₀,k_d,k_s,k_p.....součinitelé prostupu tepla vnějších stěnových konstrukcí, oken, dveří, střechy a podlahy prvního podlaží nad vytápěným suterénem [W/m²K]

ck.....součinitel respektující vliv vnitřních konstrukcí na zastavěnou plochu budov

m.....součinitel respektující rozdíl teploty vnějšího vzduchu a nevytápěného suterénu

n.....součinitel respektující podíl tepelných ztrát vnitřními konstrukcemi

l^l.....délka spar připadajících na 1m² plochy okna

B.....charakteristické číslo budovy (Pa^{0,67}), závisí na rychlosti větru, která se volí podle polohy budovy v krajině a druhu budovy

M.....charakteristické číslo místností, určuje se podle poměru vzduchové propustnosti oken a vnitřních dveří

Z uvedených vztahů (1) a (2) plyne, že tepelná ztráta budovy je ovlivněna geometrickými rozměry. Dále závisí na tepelně technických vlastnostech stavebních konstrukcí a na teplotě vnitřního a vnějšího vzduchu, měrném teple vzduchu, vzduchové propustnosti spár a na délce otvíratelných částí oken a vnějších dveří.

Ze vztahu (1) se dá usoudit, že tepelná ztráta závisí jen na teplotě vnitřního vzduchu. Na ostatních veličinách charakterizujících tepelný stav vnitřního prostředí nezávisí, to ale neodpovídá skutečnosti. Součiniteli přestupu tepla odpovídá součinitel prostupu tepla

stavebních konstrukcí. Ten je funkcí rozdílu teploty vzduchu a teploty na vnitřním povrchu stavební konstrukce nebo rychlosti proudění vnitřního vzduchu. Vlhkost vzduchu má vliv na měrné teplo vzduchu. Z výše uvedeného výčtu vyplývá, že veličiny, které charakterizují tepelný stav vnitřního prostředí, působí na tepelné ztráty. Kromě teploty vnějšího vzduchu působí jako činitel na tepelné ztráty vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu, dále se k tomu připojují meteorologické prvky a sluneční záření. Teplota na vnitřním povrchu konstrukcí závisí na tepelně technických veličinách, ty je nutno sledovat při návrhu stavebních konstrukcí a budov, také je důležité brát zřetel na požadovaný tepelný stav vnitřního prostředí. Čím jsou tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí lepší, tím jsou menší tepelné ztráty a je příjemnější tepelný stav vnitřního prostředí. Účinnost tepelných zdrojů má vliv na spotřebu tepelné energie. Na spotřebu mají vliv i ztráty rozvodů tepelné energie a účinnost regulace přiváděné tepelné energie do budovy či místnosti.

Sledováním zmenšení spotřeby tradičních (vyčerpateľných) druhů paliv: uhlí, plynu a ropy, se v současné době intenzivně pracuje na problémech spojených s využitím tzv. druhotných nebo netradičních zdrojů energie. K netradičním zdrojům energie, které se používají pro vytápění budov, patří například odpadní teplo z použité teplé užitkové vody, využití slunečního záření a větracího vzduchu v budovách. Na spotřebu energie na vytápění a na tepelné ztráty mohou podstatně působit také uživatelé budov.

2.4 Tepelný stav vnitřního prostředí

Pro tepelnou pohodu je hodnocení teploty na vnitřním povrchu konstrukcí neoddelitelně spjata s teplotou vnitřního vzduchu. Součtovou teplotu místnosti tvoří teplota vnitřního vzduchu s povrchovou teplotou, která vyjadřuje průměrnou teplotu vnitřních ploch v místnosti.

Průměrná teplota vnitřních ploch místnosti je 18°C a teplota vzduchu činní 20°C z toho vyplývá, že součtová teplota místnosti má být v obytných a občanských budovách 38°C. Součtová teplota místnosti může být zajištěna jinou kombinací teploty vzduchu a průměrné teploty vnitřních ploch v místnosti. Z hlediska tepelných ztrát je otázka, jaká je nejvýhodnější relace teploty vnitřního vzduchu a průměrné teploty vnitřních ploch místnosti. Stoupá-li teplota vnitřního vzduchu, pak se zvětšují i tepelné ztráty, což je zřejmé ze vztahu (1). Relace uvedených veličin je nejvýhodnější, pokud je teplota vnitřního vzduchu co nejnižší. Z následujícího vztahu (4) je možné orientačně stanovit zvýšení teploty vnitřního vzduchu a jeho vliv na zvětšení tepelných ztrát.

$$z = \frac{t_{i2} - t_{i1}}{t_{i1} - t_{ie,pr}} \cdot 100 \quad (4)$$

z... zvětšení tepelných ztrát (%)

t_{i1} ...požadovaná teplota vnitřního vzduchu (°C)

t_{i2} ...skutečná teplota vnitřního vzduchu (°C)

$t_{e,pr}$...průměrná teplota vnějšího vzduchu za otopné období (°C)

Ze vzorce (4) plyne, že zvýšením teploty vzduchu o 1°C nad požadovanou úroveň, se zvětší tepelné ztráty o 6% a naopak sníží-li se teplota vzduchu o 1°C, tak se sníží tepelné ztráty o 6%. Dodáváním většího množství tepla do budovy, než je potřeba k zajištění požadovaného tepelného stavu vnitřního prostředí, dochází k tzv. přetápění.

Přetápění můžeme předcházet, je však nutno:

- a) Velmi pečlivě určit tepelné ztráty místností a budov a na jejich základě správně dimenzovat otopnou soustavu
- b) Otopnou soustavu po montáži správně optimalizovat
- c) Připojovat na společnou síť budovy se shodnými tepelně technickými vlastnostmi obvodových plášťů a se stejnými vytápěcím režimem (např.: bytové domy mají jiný vytápěcí režim než školy apod.)
- d) Regulovat přívod energie v daném čase tak, aby ji v daném místě nebylo více, než je zapotřebí

Tepelná ztráta se zmenší, jakmile se sníží teplota vnitřního vzduchu pod požadovanou hodnotu, tato možnost se někdy doporučuje jako prostředek ke zmenšení spotřeby paliva a energie. Trvalé snížení teploty vnitřního vzduchu obytného a pracovního prostředí pod požadovanou hodnotu vede k pocitům tepelné nepohody, která vyvolává nespokojenost lidí.

2.5 Tepelný stav vnějšího prostředí

Ze vztahu (1) můžeme říct, čím bude vnější vzduch chladnější, tím budou větší tepelné ztráty. Kdyby se podařilo nějakým řešením zvýšit teplotu vnějšího vzduchu o 1°C, pak by se snížily tepelné ztráty asi o 3%. S rostoucí nadmořskou výškou se snižuje teplota vnějšího vzduchu, která se pohybuje od 0,34 až 0,71°C na 100m. Ztráty se mohou snížit několika způsoby. Jednak se můžou stavět budovy na jižních svazích, tedy na vrcholech, na nichž působí intenzivní větry, je obecně známo, že na jižních svazích jsou vyšší teploty než na severních. Také se nedoporučuje stavět budovy v údolích, v nichž se v noci soustřeďuje

chladný vzduch. Nebo se staví budovy ve větším seskupení nikoli jednotlivě, z toho plyne, že se liší teplota ve volném prostoru a ve městech, může docházet k rozdílu 0,5 až 2°C mezi teplotou v zabydlené oblasti a teplotou mimo zabydlenou oblast.

2.6 Rychlost a směr větru

Rychlost větru také ovlivňuje tepelné ztráty. Čím větší je rychlost větru a čím menší je objekt, tím jsou větší tepelné ztráty. Má-li budova nějaké netěsnosti, dochází při náporu větru k výraznější infiltraci a ta může vyvolávat u lidí nepříjemné tepelné pocity. Ty se často odstraňují zvýšením teploty vzduchu v místnosti. Pro zmenšení vlivu větru na tepelné ztráty budov se navrhuje ochranné clony (větrolamy). Clona působí v obou směrech, jak ve směru větru, tak i proti němu. Pásmo, ve kterém je snižená rychlost větru, se rozprostírá před clonou, a to ve vzdálenosti 5x až 8x násobku výšky clony, a ve vzdálenosti rovnající se 25x až 35x násobku výšky clony za clonou.

Pro zmenšení tepelných ztrát budov vlivem rychlosti a směru větru je nutno umisťovat budovy mimo údolí a vrcholy kopců, ve směru převládajících větrů zřizovat clony. Otopnou soustavu je vhodné členit na samostatné regulovatelné sekce se zřetelem na směr převládajících větrů a zmenšit na co nejmenší možnou míru netěsnost obvodového pláště, zejména spár oken a dveří.

2.7 Vlhkost vzduchu a atmosférické srážky

Na území našeho státu kolísá vydatnost vodních srážek od 450 do 1500 mm ročně, ty zvyšují obsah vlhkosti v konstrukcích a tím působí na zvětšení tepelných ztrát.

K nejzávažnějším úkolům při navrhování, provádění a udržování budov patří ochrana obvodového pláště proti vlhkosti a atmosférickým srážkám, jejichž důsledky se za normálních okolností nijak zvlášť neprojevují. Při poškození hydroizolační vrstvy, styku nebo spáry, vznikají následně vážné problémy, při nichž narůstá velmi rychle a podstatně obsah vlhkosti v konstrukcích, což se negativně promítne do tepelných ztrát. Proto se musí vyjmenované závady co nejrychleji opravit.

3 Tradiční způsoby vytápění

3.1 Paliva

Paliva jsou látky přírodního či umělého charakteru, které hoří (spalují se) po zahřátí na zápalnou teplotu při dostatečném přívodu vzduchu. Aby bylo možno palivo technicky využít ve spalovacích zařízeních, musí být v dostatečném množství a kvalitě.

Jednotlivé druhy paliv (viz Tab. 3) se navzájem liší svými charakteristickými vlastnostmi a rozhodují o volbě druhu a konstrukci spalovacího zařízení. Výhřevnost a spalné teplo patří mezi nejdůležitější veličiny popisující paliva. Obě určují množství tepla, které vznikne dokonalým spálením jednotkového množství paliva (1kg, nebo 1m³) při atmosférickém tlaku 101 325 Pa. Rozdíl je pouze v tom, že u výhřevnosti zůstane vodní pára plynem a u spalného tepla zkondenzuje. Důležitým faktorem jednotlivých druhů paliv z energetického hlediska jsou pořizovací náklady.

Ty zahrnující cenu paliva, dopravu a skladování a navíc se zohledňuje i doprava daného paliva do místa potřeby, nebo vybudování plynové přípojky. Při návrhu zdroje tepla ovlivňují výrazně tyto okolnosti energetickou účinnost, efektivnost zdroje tepla a ekonomickou návratnost dané investice.

Skupenství paliva	Původ	
	přírodní	umělá
tuhá	antracit černé uhlí hnědé uhlí lignit rašelina dřevo	koks polokoks brikety uhelný prášek
kapalná	ropa	nafta benzin petrolej topné oleje dehtové oleje syntetické oleje
plynná	zemní plyn	svítiplyn karbonizovaný plyn generátorový plyn reformovaný plyn vodní plyn propan-butan bioplyn

Tab. 3 - Druhy paliv podle skupenství a původu[2]

3.2 Spalování paliv

Spalováním paliv je děj, kde současně probíhají při vysoké teplotě chemické reakce jednotlivých hořlavých složek paliva s kyslíkem, přičemž energie chemicky vázána v palivu se mění v teplo a ve vedlejší produkty. Aby vůbec došlo ke spalování, musí být přítomno palivo a oxidační činidlo (kyslík). Palivo a spalovací vzduch se musí zahřát na určitou teplotu, při níž probíhá spalování bez přívodu energie z prostředí. Výsledkem složitých chemických reakcí spalovacího procesu jsou plynné a tuhé látky, tedy spaliny a popeloviny.

Proces, při němž se všechny hořlavé složky spalují na oxid uhličitý CO₂ a vodní páru H₂O, přičemž se uvolní maximální množství tepla, jakého lze spálením daného paliva

dosáhnout, se nazývá dokonalé spalování. Množství tepla uvolněné dokonalým spalováním je závislé na podílu hořlaviny v palivu a jejím chemickém složení. Dokonalé spalování je podmíněno dostatečným přístupem vzduchu k hořlavým složkám paliva.[2]

Nedostatečné oksyločení hořlaviny paliva je charakteristické pro nedokonalé spalování, při němž se přivádí méně vzduchu a palivo se dostatečně nepromísí s kyslíkem. Kvůli výskytu oxidu uhelnatého CO ve spalinách je toto spalování nežádoucí a současně zhoršuje tepelnou účinnost spalovacího zařízení, neboť vzniká tepelná ztráta chemickým nespálením zbytku.

3.3 Zdroje tepla

Vytápění má za úkol vytvořit pro člověka takové vnitřní životní prostředí, které bude nejvíc vyhovovat jeho organismu. Pro rodinný dům se používají dva druhy vytápění.

- a) **místní-lokální vytápění**, v provozu je zpravidla občasně. Je charakteristické tím, že přímo do vytápěné místnosti se umísťuje zdroj tepla a je určen pro objekty ke krátkodobému využívání.
- b) **ústřední-centrální vytápění**, zdroj tepla vyrábí teplo pro celou budovu nebo skupinu místností. Vytápění je charakteristické tím, že zdroj tepla (kotel) spaluje ušlechtilá paliva (zemní plyn, propan-butan, elektrickou energii, topný olej). Umísťuje se do samostatné místnosti, která je vyhrazená pouze k tomuto účelu.

3.4 Kotle pro vytápění

Zdrojem tepla je zařízení, kde se z paliva nebo jiné energie vyrábí teplo předávané teponosné látce, kterou je nejčastěji voda. K zabezpečení tepelné pohody v rodinných domech či bytových objektech se používají různé druhy kotlů, které spalují tuhá, kapalná nebo plynná paliva s tepelnou účinností až 90%. Tepelná energie, která je vyrobena v kotlích, se předává prostřednictvím teponosné látky topné vodě s maximální provozní teplotou 95°C nebo nízkotlaké páře s nejvyšším přetlakem 0,15 MPa.

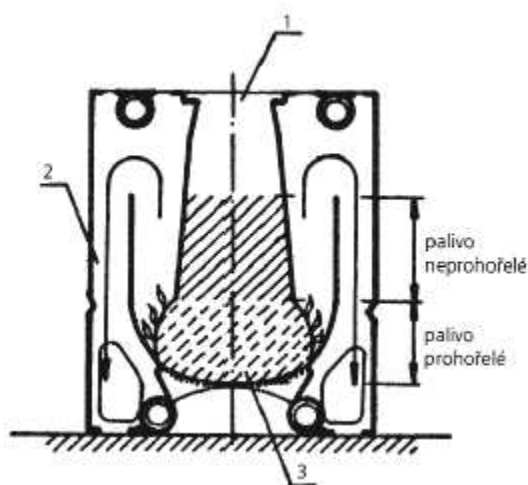
Vysoké požadavky zákazníků zohledňují nové konstrukce kotlů, které při standardních tepelně izolačních vlastnostech rodinných domů vytápí prostory s plochou od 50m² do 240m². Jednoduchou obsluhu a vysoký komfort zaručuje elektronická regulace spalovacího procesu a teploty topné vody, ale i kontroly teploty a odvodu spalin. Snížení provozních nákladů, úspory paliva, bezpečný a ekonomický provoz přináší zvýšená technická úroveň kotlů, automatické řízení provozu, spolehlivost a komfortní služba.

3.4.1 Vytápění tuhými palivy

Kotle na tuhá paliva se rozdělují z několika hledisek:

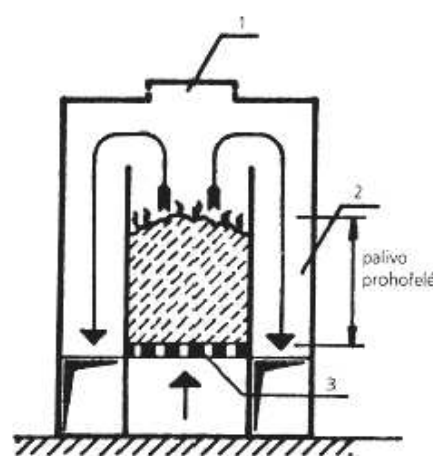
a) podle způsobu spalování paliva:

- **S horním spalováním** - nasypané palivo na rošt přes násypník nebo zásobník se ohřívá zdola nahoru. Hořlavé plyny a spaliny procházejí celou vrstvou paliva a dostávají se přes tahy kotle do sopouchu a pokračují do komínového průduchu. Během hoření se neustále zmenšuje rozžhavená vrstva paliva, na které je závislý výkon kotle, jenž je nerovnoměrný. Kotle s horním spalováním mají malý tepelný výkon a připojují se na nízké komínové těleso s malým tahem.



Obr. 3.2 - Kotel se spodním spalováním [2]

1- násypná šachta, 2- kotlové tahy, 3- rošt



Obr. 3.1 - Kotel s horním spalováním[2]

1- násypná šachta, 2- kotlové tahy, 3- rošt

- **Se spodním spalováním** – palivo odhořívá jen ve spodní části kotle a v násypné šachtě nebo zásobníku neprocházejí plyny a spaliny celou vrstvou paliva, která je trvale rozžhavená a přibližně stejná, a lze ji v určitých mezích regulovat, čímž se dosahuje rovnoměrnějšího výkonu kotle. Spodním spalováním vybavené kotle jsou určeny ke spalování všech druhů tuhých paliv a mají velké tepelné výkony. Palivo je na rošt přiváděno pomocí násypníku nebo většího zásobníku, kde se palivo sesouvá na rošt vlastní hmotnosti.

b) podle přísunu paliva:

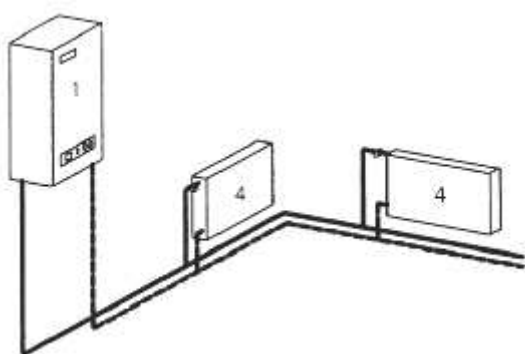
- **Ruční** – jsou náročné na obsluhu, palivo se mechanicky ukládá do násypné šachty kotle a výška paliva se nedá kontrolovat.
- **Poloautomatické** – zásobník s palivem je umístěn mimo kotel, z něhož se palivo sesouvá na rošt vlastní hmotností a výšku vrstvy lze regulovat, vhodné pro kotle s malými a středními výkony
- **Automatické** – palivo je dopravováno automatickým pásovým dopravníkem na pohyblivý pásový rošt s automatickým řízením, vhodné pro kotle velkých výkonů nebo teplárny

3.4.2 Vytápění zemním plynem

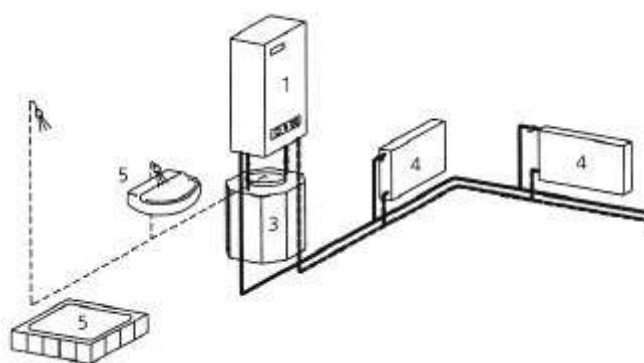
Dělí se na nástěnné, stacionární a kombinované kotle

Nástěnné kotle - Jsou definovány jako plynové spotřebiče určené pro výrobu tepla jen na vytápění. Kotle jsou připojovány výhradně na vodní otopné soustavy, které jsou teplovodní s teplotním spádem topné vody 90/70°C, 80/60°C nebo nízkoteplotní s podlahovou vytápěcí plochou, kde se nižšího teplotního spádu dosáhne zařazením regulační armatury v okruhu topné soustavy.

Nástěnné kotle spalují zemní plyn případně propan-butan. Plynné palivo se ve spotřebičích spaluje prostřednictvím nízkotlakého atmosférického hořáku, který předává



Obr. 3.3 - Nástěnný kotel určený jen k vytápění [2]



Obr. 3.4 - Kombinovaný kotel s vnějším ohřevem teplé vody a se zásobníkem umístěným pod kotlem [2]

1 – závěsný kotel, 4 – otopné těleso

uvolněné teplo z paliva přes konvekční

plochu výměníku tepla do teplotnosné látky. Škodliviny vzniklé spalováním se z kotle odvádějí do komínového tělesa.

1 – závěsný kotel, 3 – zásobník teplé vody, 5 –
zařizovací předmět

Pro nástěnný kotel je charakteristickým znakem, že přívod vzduchu potřebného ke spalování se nasává buď z místnosti, kde je umístěn, nebo z průchodu, šachty. Otvorem, průchodem nebo netěsností okenních spár se zabezpečuje přívod vzduchu ke spalování, z toho plyne, že spalování paliva je závislé na dostatečném množství čerstvého vzduchu v místnosti a přivádí se buď přirozeně, nebo nuceně pomocí ventilátoru.

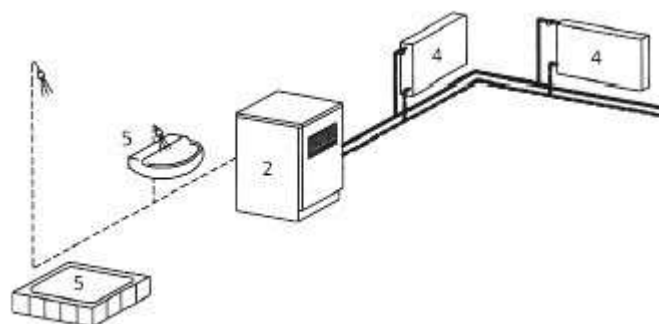
Kombinované kotle – jsou určeny k výrobě tepla pro otopnou soustavu a zároveň i přípravě teplé vody. Při dodávce tepla pro topný okruh připravují kombinované přítokové spotřebiče, které mají společný výměník tepla, teplou vodu snížením tepelného výkonu spotřebiče, přičemž výkon potřebný pro ohřev teplé vody zůstává původní.

Při požadavku teplé vody odstává sekundární deskový výměník tepla cirkulaci topné vody a kotel potom pracuje jako ohřívač vody. Na maximální výkon kotle je dimenzován potřebný výkon pro ohřev teplé vody. Regulace dodávky množství vody je spojitá podle nastavené teploty.

Kombinované kotle se navrhují s integrovaným zásobníkovým ohřevem zabudovaným ve spotřebiči nebo se samostatným zásobníkem.

Stacionární kotle – jedná se o kotle umístěné na podlaze, které se odlišují od nástěnných kotlů konstrukcí spalovací komory, vyšší účinností spalování a možností volby optimálního tepelného výkonu v závislosti na použitém hořáku.

V obytných budovách se navrhují zásadně teplovodní kotle, ale z hlediska teplotnosné látky mohou být i nízkotlaké parní. Instalují se téměř vždy se zásobníkem teplé vody a umísťují se ve vyhrazeném prostoru, kde je nutné zohlednit požadavky na přívod spalovacího vzduchu a větrání prostoru.



Obr. 3.5 - Stacionární kotel určený k vytápění se zásobníkovým ohřevem teplé vody[2]

2 – stacionární kotel, 4 – otopné těleso, 5 – zařízovací předmět

3.4.3 Vytápění dřevem

Cena moderních energií, zejména elektřiny a zemního plynu, se neustále zvyšuje, proto se mnoho lidí poohlíží po úspornějším systému vytápění. Nejlevnějším palivem je dnes dřevo a existuje několik způsobů, jak toto vytápění realizovat. Klasické a moderní kotle pro ústřední

vytápění patří mezi nejoblíbenější varianty, avšak velkou oblibu v dnešní době získávají krbové vložky a krbová kamna, která mohou sloužit jako lokální zdroje tepla nebo doplněné o horkovzdušné rozvody zastanou funkci centrálního vytápění.

Topení dřevem s sebou přináší výhody i nevýhody. Důležitým faktorem ovlivňující i náklady na topení, je dostupnost dřeva v dané lokalitě, neboť nákladná doprava může tento způsob vytápění výrazně prodražit. Další nevýhodou je nutnost skladovacích prostor, neboť pokud kupujeme dřevo v syrovém stavu, je nutné ho nechat dostatečně vyschnout, protože vlhkost dřeva výrazně snižuje účinnost při vytápění. Pokud máme málo prostor ke skladování, nepřichází tato varianta vytápění v úvahu.

V moderních kotlích je možné dosáhnout účinnosti až kolem 90%, pokud máme dřevo dostatečně vysušené. Udává se, že půl tuny koksu nebo 350 kg butanu poskytne stejné množství energie jako tuna dřeva, vzhledem k nižší ceně dřeva je tak vážným konkurentem na poli paliv.

Na trhu existuje několik různých forem dřevěných paliv

- **Klasické palivové dřevo** – syrovému a vlhkému dřevu bychom se měli vyhnout při spalování, protože spotřeba takového dřeva je mnohem vyšší a poskytuje nižší výhřevnost. Nevysušené dřevo zapříčiňuje vznik vyššího množství odpadních splodin a snižuje životnost kotle, proto by dřevo mělo schnout nejméně po dobu jednoho roku ve formě našťípaných polen.
- **Dřevěné brikety** – v současné době představují oblíbenou alternativu ke klasickému dřevu, jsou lisovány z pilin a lze je spalovat v kamnech i krbech. Jejich nevýhodou je vyšší cena oproti dřevu, ta je ale vyvážená množstvím výhod. Brikety jsou dodávány suché, takže není potřeba prostor pro sušení a vytápění je méně pracné.
- **Pelety** – představují nejnovější druh dřevěných paliv, jedná se o válcové granule vzniklé lisováním pilin, jejichž průměr je menší než 2 cm. Pro spalování pelet se vyrábí kamna opatřená speciálním hořákem. Výhodou těchto kamen je možnost automatizace vytápění.

3.4.4 Vytápění na propan-butan a lehké topné oleje (LTO)

Zkapalněného propanu nebo směsi s butanem je možné využít pro vytápění v místech, kde není k dispozici rozvod zemního plynu. Pro přenosné a malé zdroje tepla se používá propan-butan v přenosných lahvích. V průběhu roku se mění využití těchto plynů, během

zimy se u venku umístěných zásobníků používá převážně propan, důvodem je rozdílná teplota varu obou plynů. Bod varu u butanu je přibližně 0°C, což je více než u propanu. Propan se v zimě přednostně odpařuje a dochází tak k poklesu tlaku v zásobníku.

Dělení podle uložení zásobníku:

- **Nadzemní zásobníky** – tyto zásobníky musí být uzamčeny, k jejich instalaci je potřeba dostatek prostoru, mají obvykle válcovitý tvar a instalují se na betonové základy.
- **Podzemní zásobníky** – jsou vizuálně i ekologicky šetrnější k životnímu prostředí, k jejich instalaci je potřeba méně prostoru, zásobníky jsou chráněné speciální antikorozií povrchovou úpravou, která je odolná proti vlivům tlaku a tepla a poskytuje ochranu proti spodní vodě.
- **Polozapuštěné zásobníky** – nejsou umístěny zcela pod povrchem, ale jenom z části, jejich vlastnosti jsou totožné s podzemními zásobníky

Pro tento způsob vytápění jsou topné systémy stejné jako u zemního plynu, rozdíl je v použití jiného druhu hořáku a také se liší výkony jednotlivých spotřebičů. Vysoké ceny propanu a placení nájmu za zásobník plynu dělají tento způsob vytápění extrémně nákladný.

V Rakousku využívá způsob vytápění lehkými topnými oleji až 40% domácností. U nás tento způsob vytápění nemá příliš velkou tradici, důvodem jsou nižší ceny elektrické energie a plynu než v Rakousku. V ČR se tento způsob vytápění využívá tam, kde není dostupný rozvod zemního plynu. LTO patří mezi dražší paliva.

Výhodou LTO je nízké množství vznikajících škodlivin a vysoká výhřevnost. S LTO se velice jednoduše pracuje a nejsou náročné na manipulaci. Snadno se transportují s minimálními ztrátami a účinnost kotlů je až 95%. Topení na LTO dokáže rychle reagovat na aktuální požadavky na teplo v domácnosti a velmi lehce se reguluje. Jednou z nevýhod topení na LTO je vysoká cena a jeho přímá závislost na ceně ropy.

Zásobníky jsou v případě tohoto paliva menší než u plynu, a tak mohou být umístěny i uvnitř rodinného domu.

3.5 Vytápění elektřinou

Elektrické vytápění tvoří spotřebiče, které využívají elektrickou energii ke vzniku tepla. Dělí se na tři skupiny:

- a) Odporový ohřev: vzduch se ohřívá přímo průchodem kolem rozžhavených topných těles
- **Přímotopy (konvektory) bez ventilátoru** – topná plocha se umísťuje napevno na nejchladnější místo v místnosti. Pláštěm topného tělesa je usměrněna cirkulace vzduchu
 - **Topné ventilátory** – topná tělesa obsahují topný článek i ventilátor, který žene vzduch do prostoru. Snadno se přemísťují a mají mechanickou pojistku, která při převrácení topidlo vypne
- b) Odporovým topným elementem se ohřívá minerální materiál, který sáláním ohřívá okolní vzduch
- **Podlahové topení – topný kabel** – odporový kabel je připevněn na podlahu před zalitím vrstvou betonu. Kabel se pokládá přesně tam, kde je třeba topit, proto se nepokládá tam, kde se předpokládá umístění nábytku
 - **Podlahové topení – topné rohože** – od výrobce je odporový topný kabel vlepen do pruhu síťoviny, montáž je snazší, protože síťovina drží kabel ve správných rozestupech. Umísťuje se na podlahu a zalévá betonem.
 - **Podlahové topení – topná fólie** – na plastové fólii je natištěna odporová vrstva, fólie může být nalepena pod podlahou, ale také pod deskami plovoucí podlahy.
- c) **Sálavé panely** – v topidle je odporový topný prvek, který se vlivem průchodu elektrického proudu zahřívá a zároveň nahřívá přední plochu panelu. Materiálovými vlastnostmi emitujícího (topného) povrchu je dána velikost tepelného toku přenosu sáláním, ale i vzájemná vazba mezi spektrem přenášeného radiačního toku a spektrální pohltivostí absorpčního povrchu. Přes tento povrch se tvoří požadovaná vlnová délka infračervené energie tzv. infračervené záření. Při dopadu na pevná tělesa se tato energie mění v teplo a tím ohřívá předměty, které jsou této energii vystavené. Materiály, ze kterých jsou postaveny stěny, podlahy a stropy, mají schopnost akumulovat energii, tyto stavební konstrukce si dokážou nahromadit teplo a sekundárně jej vracet do vytápěného prostoru a určovat svou tepelnou pohodu ve vytápěném prostoru. Princip nízkoteplotního infračerveného vytápění sálavými panely právě spočívá ve schopnosti stavebních materiálů akumulovat energii. Největší vliv na úsporu energie při vytápění má optimální projekční uspořádání a vhodná konstrukce topných ploch, které zvyšují sálavou složku přestupu tepla.

4 Alternativní způsoby vytápění

4.1 Využití netradičních zdrojů tepla

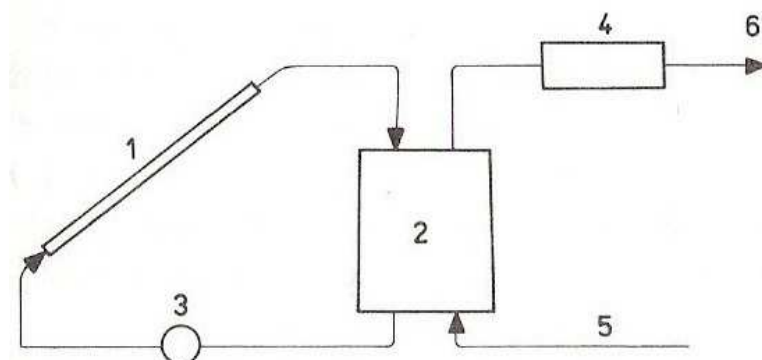
Fosilní paliva, tj. uhlí, ropa, zemní plyn jsou neobnovitelná, avšak v současné době je jimi kryta asi 90% spotřeba celosvětové energie. Jejich těžba je neustále složitější, proto rostou i náklady na výrobu energie, navíc je doprovázena emisí nečistot a látek škodlivých zdraví.

Intenzivní zájem o využití netradičních zdrojů tepla pramení z energetických problémů světového hospodářství, které jsou sice známé již delší dobu, ale nebyly zatím z různých důvodů natolik preferovány, aby mohly významnějším způsobem nahradit fosilní paliva. Velké naděje se vkládají do využití sluneční nebo geotermální energie a druhotných zdrojů tepla například využití odpadního tepla.

4.2 Sluneční energie

V ČR je solární energie stále častěji využívána jako zdroj energie pro domácnost. Musíme počítat s tím, že solární systém velmi pravděpodobně nepokryje všechny energetické výdaje domácnosti během roku, i když podmínky pro její využití jsou u nás poměrně příznivé. Sluneční kolektory slouží v našich podmínkách převážně k ohřevu teplé užitkové vody a jsou schopny pokrýt 50-80% roční spotřeby energie potřebné k ohřevu TUV. V zimě tento systém dostatečně nepokrývá potřebu tepla, proto je většinou kombinován s dalším zdrojem.

Rozhodujícími údaji pro posouzení, zda jde využít sluneční záření, je doba slunečního svitu v daném místě a intenzita slunečního záření. Největší množství slunečního svitu na území ČR je v rozmezí od 1600 do 2200 hodin ročně. Nejmenší doba je na západě a směrem k východu se zvětšuje.



Obr. 4.1 – základní schéma slunečního záření[1]

1 – kolektor, 2 – zásobník TUV, 3 – čerpadlo, 4 – doplňkový zdroj tepla, 5 – přívod chladné vody, 6 - spotřebič

Na obrázku 4.1 je znázorněn princip solárního ohřevu. Základním prvkem tohoto schématu je sluneční kolektor - sběrač, k ohřevu teplé užitkové vody TUV a k vytápění se nejčastěji používají ploché kolektory. Jako teplonosná látka se nejčastěji používá pro přenos tepla voda, jestliže se počítá s využitím slunečního záření i v zimě, pak je nutno, aby voda nezmrzla. To lze vyřešit instalováním dvou okruhů. V uzavřeném primárním okruhu proudí nemrznoucí kapalina, z něho se předává teplo sekundárnímu vodnímu okruhu.

Na vzhled budov mají vliv i soustavy slunečního záření, proto se musí řešit jejich instalace s odpovídající architektonickou úrovní. Je vhodné zabudovat kolektory do stavebních konstrukcí, kvůli snížení pořizovacích nákladů. K tomu je však zapotřebí vyhovující sklon střechy, nejlépe s jižní orientací. Samostatné umístění kolektorů je nákladnější, ale jejich výhodou je snadná přístupnost a nezávislost na budově.

V rodinných domech jsou v současné době nejvýhodnější podmínky pro využití sluneční energie, protože mají dostatečnou plochu střechy pro umístění potřebného počtu kolektorů.

Měsíc	Šikmý kolektor se sklonem 30°, $Q_{s,rok} = 1\,031 \text{ kWh m}^{-2}$				Šikmý kolektor se sklonem 60°, $Q_{s,rok} = 975,6 \text{ kWh m}^{-2}$			
	Střední intenzita slunečního záření	Měrný tepelný tok zachycený kolektorem	Účinnost kolektoru	Energie zachycená za měsíc	Střední intenzita slunečního záření	Měrný tepelný tok zachycený kolektorem	Účinnost kolektoru	Energie zachycená za měsíc
	$J_{stř} (\text{W m}^{-2})$	$q_k (\text{W m}^{-2})$	$u_k = q_k / J_{stř}$	$q_{k, měs} (\text{kWh m}^{-2})$	$J_{stř} (\text{W m}^{-2})$	$e_k (\text{W m}^{-2})$	$u_k = q_k / J_{stř}$	$q_{k, měs} (\text{kWh m}^{-2})$
I	379	124	0,33	6,0	476	211	0,45	10,2
II	475	235	0,50	19,8	559	310	0,55	26,1
III	536	304	0,57	47,5	582	345	0,60	53,9
IV	586	375	0,64	68,8	545	337	0,61	61,8
V	635	443	0,70	107,0	539	356	0,66	86,0
VI	648	473	0,73	118,0	551	384	0,69	95,9
VII	635	468	0,74	117,5	539	381	0,70	95,3
VIII	586	422	0,72	96,0	545	384	0,70	89,9
IX	536	360	0,67	67,4	582	401	0,69	75,1
X	475	280	0,59	29,3	559	355	0,63	37,2
XI	379	164	0,44	7,6	476	251	0,53	11,6
XII	321	83	0,26	2,7	238	158	0,39	5,0
rok				$Q_{k,rok} = 687,6$				$Q_{k,rok} = 649$

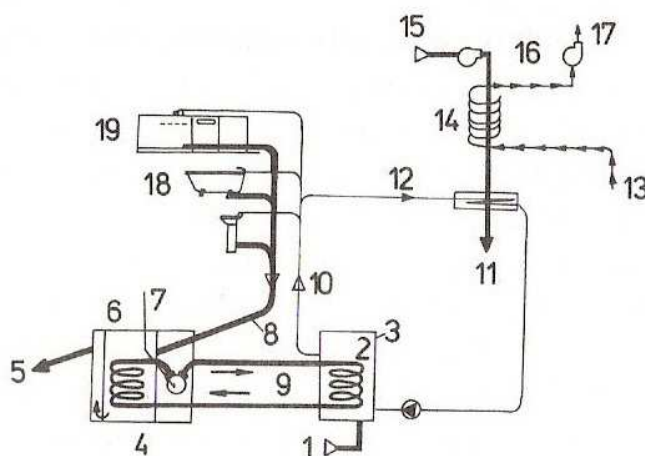
Tab. 4 – zisky tepelné energie ze slunečního záření [1]

Efektivnost využití sluneční energie je však nutno chápat jako otevřený problém. Vývoj přináší neustálé zdokonalování zařízení, vytvářejí se podmínky k hromadnější výrobě prvků a tím i ke snižování jejich pořizovací ceny. Náklady na získávání nebo nákup paliv a energie se trvale zvyšují, tím se rozšiřují možnosti pro uplatnění soustav slunečního záření.

Další možností využití solární energie je použití fotovoltaických článků, které přemění sluneční energii na energii elektrickou, tu je pak možno využít k vytápění nebo další spotřebě v domácnosti, také se dá prodat do veřejné sítě a ze zisku financovat vlastní spotřebu energií.

4.3 Rekuperace tepla

Využití odpadního tepla užitkové vody a větracího vzduchu se nazývá rekuperace, jedná se o proces, při kterém se přiváděný vzduch do budovy předehřívá teplým odpadním vzduchem. Při rekuperaci lze dosáhnout úspory paliv a energie při ohřevu teplé užitkové vody.



Obr 4.2 – Znárodnění způsobu využití odpadního tepla užitkové vody
a větracího vzduchu [1]

1 – vodovodní voda, 2 – ohříváč TUV, 3 – zásobník, 4 – rekuperátor, 5 – k hlavnímu sběrači vody, 6 – odpadní voda po rekuperaci, 7 – kompresor pracující jako tepelné čerpadlo, 8 – vložná odpadní voda, 9 – přenos tepla, 10 – čerpání horké užitkové vody, 11 – předehřátý vnější vzduch, 12 – předehříváč vnějšího vzduchu, 13 – vzduch odsávaný z místnosti, 14 – rekuperátor, 15 – vnější vzduchu, 16 – ventilátor, 17 – odvod vzduchu, 18 – koupelna, 19 – kuchyně

Výměníky jsou zařízení pro získávání odpadního tepla, montují se do vzduchovodů, kde odevzdá odváděný vzduch většinu svého tepla přiváděnému vzduchu, tím můžeme zmenšit ztrátu tepla až o 60%. Nejčastěji se rekuperační výměníky osazují do větracích jednotek a dají se využít prakticky ve všech typech objektů při hygienicky nutném větrání.

Čerstvý vzduch se nejčastěji předehřívá v zemním výměníku, země totiž výborně funguje jako zásobník sluneční energie. Potrubí tvořící zemní výměník je uloženo do země, vzduch se nasává prostřednictvím ventilátoru rekuperační jednotky. V nádrži se shromažďují odpadní vody, z nich pak čerpadlo čerpá teplo a ohřívá znovu užitkovou vodu na 45°C a zároveň

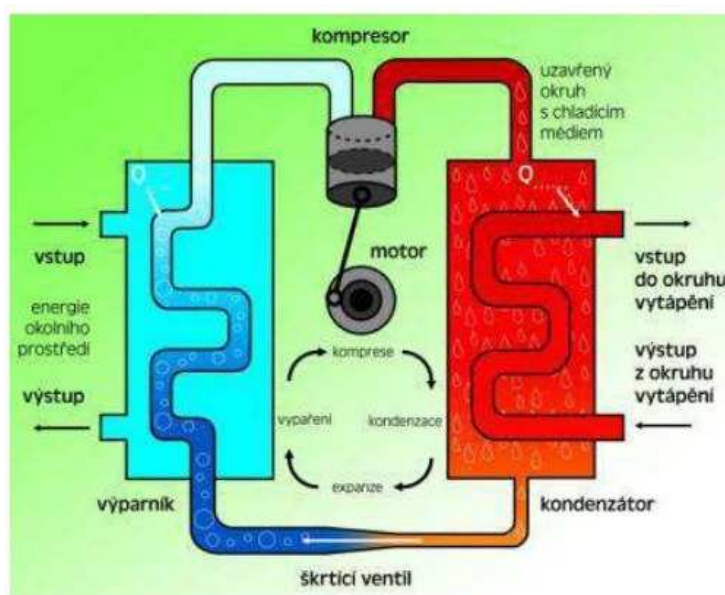
předehřívá vstupující větrací vzduch asi o 6°C, viz obr 4.2. Důležité je zabudovat k zemnímu výměníku filtr pro čištění nasávaného vzduchu, aby zabránil usazování prachu a pylu na stěnách trubek a zamezil tvorbě bakterií a mikroorganismů. Filtr není zrovna nejlevnější a mění se podle potřeby.

Účinnost rekuperace je ovlivněna její konstrukcí a přestupní plochou, kde probíhá teplotní výměna mezi odváděným a přiváděným vzduchem. Účinnost běžného rekuperátoru s křížovým deskovým výměníkem je mezi 60 – 70 %. Při maximálním objemovém průtoku vzduchu ale klesá účinnost pod hranici 50%.

4.4 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo je zařízení, které odebírá teplo z chladnějšího tělesa (prostředí) a odebrané teplo přenáší na těleso teplejší (topná voda). Předpoklad pro využití tepelného čerpadla je nízkoenergetický dům. Pokud by byly tepelné ztráty domu vysoké, nebyl by provoz ekonomicky výhodný, pro provoz čerpadla je

potřeba určité množství elektrické energie.



Obr 4.3 - Schéma tepelného čerpadla s kompresorem

- **Zisk tepla z velké plochy v malé hloubce** – dům musí mít k dispozici velkou zahradu, která dosud není upravená. Teplo přenáší plastové trubky s médiem uvnitř, umísťují se do hloubky nejméně jednoho metru pod povrch, ve vzdálenosti jeden metr od sebe a celkově pokrývají plochu od 250 do 400 m². K realizaci tohoto vytápění, které je nejlevnější, je potřeba mít k dispozici velký pozemek a celý systém správně navrhnut. Při nesprávném návrhu umístění trubek a jejich celkové plochy může dojít ke snížení výkonu nebo po několika letech provozu k úplné nefunkčnosti systému.
- **Zisk tepla z velké hloubky** – tento systém vytápění se používá, pokud není k dispozici vhodný pozemek pro plošné umístění trubek, potom přichází na řadu varianta hlubinného vrtu. Podle požadavků na výkon čerpadla má vrt průměr 14 cm a

hloubku od 60 do 120 m, do vrtu je umístěná sonda, kterou protéká nemrznoucí směs. Několik metrů pod povrchem země je celý rok konstantní teplota, tato skutečnost se patřičně využívá, a proto může systém fungovat jako klimatizace v létě.

- **Zisk tepla z vody** – tento systém využívá spodní vody ze studny nebo povrchovou vodu z rybníka. Vodu ze studny lze využít, pokud je její vydatnost alespoň 1800 l/hod, voda se ze studny odčerpává a odebere se z ní teplo, potom ochlazená voda se vrací do druhé studny. Tepelná čerpadla, která využívají tepelné zisky z vody, mají nejvyšší účinnost.
- **Zisk tepla z venkovního vzduchu** – pokud nelze využít ani jednu z předchozích variant, následuje právě tento model. Instalace čerpadla je poměrně jednoduchá, nejsou zapotřebí žádné zemní práce, umísťuje se na zahradu, terasu nebo na střechu. Velkou nevýhodou tohoto vytápění je, že s klesající venkovní teplotou klesá i účinnost systému a zvyšuje se spotřeba elektrické energie.

4.5 Biomasa

Jedná se o souhrn látek, které tvoří těla všech organismů, jak rostlin, bakterií, sinic a hub, tak i živočichů. Pro energetické účely často označujeme tímto pojmem rostlinou biomasu. Z biomasy vzniká cílenou výrobou či přípravou biopalivo, tu lze jinak použít jako surovinu pro výstavbu, balení, výrobu papíru atd.

Získávání energie z biomasy je bezesporu perspektivním směrem vývoje otopných systémů, jelikož energie obsažená v biomase má svůj prapůvod ve slunečním záření a fotosyntéze, považuje se z tohoto důvodu za obnovitelný zdroj energie.

Existuje velké množství kotlů spalujících biomasu, mezi sebou se mohou lišit v ceně, výkonem, náročností na údržbu, provozem i druhem paliva. Lepší poměr výkonu a množství tepla, ale i jednodušší obsluhu mají peletové kotle, které jsou vybaveny automatickým dávkovačem, kde stačí nastavit termostat a kotel sám přikládá podle potřeby. Dalším typem je zplynovací kotel, který nechá dřevo pouze zuhelnatět a následně sublimovat, při celém procesu hoření se uvolňuje zanedbatelné množství škodlivin. Kotle na biomasu jsou pokračovateli všech kotlů na tuhá paliva a z hlediska ekologie nelze nic proti těmto kotlům namítat.

5 Porovnání jednotlivých technologií vytápění

5.1 Ekologické hodnocení

Vytápění obytných prostor s sebou přináší problematiku, jednak ve smyslu ekonomickém, kde je předmětem zájmu co nejméně utratit za vytápění, tak ekologickém, kdy se posuzují dopady vytápění na životní prostředí, zejména na stav ovzduší.

Vytápění rodinných domů či bytů existuje v dnešní době velké množství způsobů. Pro vytápění těchto objektů lze použít jako zdroj energie především tuhá fosilní paliva (černé, hnědé uhlí, koks aj.), zemní plyn (alternativně propan či lehký topný olej), elektřinu (přímotopy, akumulární topení, tepelná čerpadla aj.) a samozřejmě také obnovitelné zdroje energie jako biomasu (kusové dřevo, štěpka, pelety aj.), energii solární, geotermální, nebo lze uvedené zdroje různě kombinovat.

Vytápění **pevnými fosilními palivy** - černé uhlí, hnědé uhlí či koks zaznamenává v posledních letech svůj návrat díky zvyšujícím se cenám elektřiny a zemního plynu. Používání těchto paliv je výhodné pro svoji vysokou koncentraci energie v jednotce objemu, propracovanost a dlouhodobé ověření technologií jejich využití pro vytápění, snadná dostupnost a přijatelné ekonomické náklady. Nevýhodou těchto paliv je spalování, to představuje pro ovzduší výraznou ekologickou zátěž. Ze spalování fosilních paliv pochází právě největší množství plyných emisí exhalovaných do atmosféry, kdy vzniklé spaliny, obsahující oxidy síry, dusíku, uhlíku, tuhé částice včetně stopových prvků jako jsou těžké kovy, organické látky (uhlovodíky) a řadu dalších, nejenže bezprostředně znečišťují ovzduší, ale mají mnohé další negativní konsekvence, kupříkladu na lidské zdraví. Mezi šetrné způsoby vytápění se nedá rozhodně zařadit využívání pevných fosilních paliv jako zdrojů energie, i když s rozvojem moderních technologií spalovacích kotlů se zefektivňuje jejich spalování a do určité míry se reguluje i množství látek vypouštěných do ovzduší.

Mezi další zdroje neobnovitelné, fosilní energie pro vytápění se řadí **zemní plyn**, který se dá zařadit mezi relativně ekologická paliva z hlediska tvorby škodlivých látek při spalování a jejich následného vypouštění do ovzduší. Lokálnímu znečištění ovzduší může významnou měrou ulevit využívání zemního plynu pro vytápění, v případě nahrazení uhlí zemním plynem dojde například k viditelné eliminaci smogu. Hlavní ekologickou výhodou spalování zemního plynu je, že ve srovnání s pevnými či kapalnými palivy vzniká daleko méně - prach a oxid siřičitý jsou ve spalinách obsaženy v zanedbatelných množstvích, také emise oxidu uhelnatého a uhlovodíků jsou výrazně nižší a díky technologickým úpravám se podařilo podstatně snížit i emise oxidů dusíku. Ve srovnání s tuhými palivy vzniká spalováním

zemního plynu také o 40 až 50 % méně oxidu uhličitého, tedy látky, která patří mezi skleníkové plyny.

Další plynné fosilní palivo, kterým je možno vytápět, je **propan a jeho různé směsi**, z hlediska zátěže pro ovzduší jsou relativně příznivým zdrojem energie pro vytápění také nízkosírné topné oleje, jejichž výhodou je vysoká výhřevnost a nízké množství vznikajících škodlivin (emise jsou srovnatelné se zemním plynem). Nevýhodou topení lehkými topnými oleji je poměrně vysoká investiční a provozní náročnost, proto zůstávají spíše variantou v místech, kde rozvod zemního plynu není dostupný.

Elektrické zdroje vytápění se poměrně často používají k vytápění obytných prostor, když z ekologického a ekonomického hlediska převažují spíše nevýhody. Charakteristické pro tyto zdroje je vysoká účinnost přenosu, navíc nevyžadují pracnou či špinavou manipulaci a je zde u samotného odběratele eliminován problém s likvidací odpadů, avšak patří mezi značně nejdražší a neekologické zdroje energie. Sice nepřispívají emisemi ke znečišťování ovzduší v místě odběru, ale k vypouštění škodlivých látek při výrobě elektrické energie (ta se navíc vyrábí z velké části spalováním fosilních paliv v uhelných elektrárnách) samozřejmě dochází, jen se tento efekt neprojevuje přímo u odběratele.

Elektřina se dá přeměnit na teplo nejrůznějšími způsoby a prostředky (například přímotopy, akumulacím topením či tepelnými čerpadly). **Tepelná čerpadla** představují mezi elektrickými zdroji vytápění světlou výjimku, jelikož jsou současně zařaditelná také mezi alternativní energetické zdroje a v podstatě je lze označit z pohledu ochrany ovzduší za zařízení relativně ekologicky příznivá. Principem čerpadel je odebrání energie z okolního prostředí (z půdy, vody, vzduchu, odpadního tepla apod.). Jako obnovitelnou energii lze chápat, tu část vyrobené energie, která odpovídá využití energii okolního prostředí. Tepelná čerpadla využívají elektrickou energii ze sítě mnohem efektivněji než jiná zařízení a stávají se tak významnými nástroji snižování energetické náročnosti a zároveň i jakousi ekologičtější alternativou běžných elektrických zdrojů vytápění, protože jsou schopna využít 60 - 70 % přírodní energie.

Obnovitelné zdroje energie se mohou samovolně obnovit přírodními procesy a z hlediska člověka jsou nevyčerpatelné, proto lze zvolit různé technologie využívající k produkci tepla energii biomasy, přímého slunečního záření, geotermální energii či nízkopotencionální energii okolního prostředí. Výhodou a důvodem postupného rozšiřování všech obnovitelných zdrojů na poli vytápění domácností je jejich ekologický potenciál, nevyčerpatelnost, nízké relativní provozní náklady, nevýhodou může být naopak nestejněmerna intenzita (dostupnost) během

roku, vysoké investiční náklady, které se však v delším časovém horizontu uživateli zpravidla navrátí v podobě energetických úspor.

Nejstarší možnost vytápění, které dnes zůstává velmi dobře uplatnitelným a v mnoha ohledech výhodným způsobem vytápění objektů představuje **spalování biomasy**. Biomasa patří mezi obnovitelné zdroje energie a její spalování lze považovat za dlouhodobě udržitelný způsob vytápění. Tato udržitelnost je navíc podporována tím, že pro výrobu biomasového paliva jako pelet či briket se užívá zbytková dřevní hmota z různých dřevozpracujících provozů, čímž je zde vznikající „odpad“ dále smysluplně zužitkován. Z pohledu ochrany ovzduší je ekologickou výhodou vytápění biomasou, že při spalování dřevní hmoty nevznikají emise oxidu siřičitého a síra není vázána ani na vznikající nepatrné množství popela (na rozdíl od fosilních paliv), který je dále využitelný jako palivo, a nižší je rovněž tvorba oxidů dusíku. K tvorbě a prohlubování skleníkového efektu je energie z biomasy neutrální, jelikož oxid uhličitý z biomasy při výrobě energie, má v atmosféře prodlevu několik let, zatímco z fosilních paliv několik milionů let. Dřevní hmota patří mezi hodnotná ekologická paliva pro vysoký podíl spalitelných látek, které jsou předpokladem uvolnění velkého množství tepla při spalování, pro svůj nízký obsah popela a neobsahují síru. Výhodou dřeva je také to, že za předpokladu jeho dostatečného vysušení, lze v moderních kotlích dosáhnout účinnosti až kolem 90 procent.

Solární energie se stále častěji stává využívaným zdrojem energie pro domácnost, pomocí speciálních zařízení - solárních kolektorů - ji lze využívat v rodinných domech pro přitápění. Sluneční energetický systém na vytápění přitom kryje asi 25 - 30 % z celoroční spotřeby tepla. V zimě by tento systém nepokryl celou spotřebu tepla, proto je kombinován s dalším zdrojem vytápění.

5.2 Ekonomičnost vytápění

V posledních letech se používá nových ekologických zdrojů pro vytápění, elektřiny a zemního plynu, přínos těchto technologií je nezpochybnitelný, ale s růstem cen obou energií, roste obliba nových ekonomických alternativ vytápění budov. Zájem o ekologické a levné vytápění je značný, rozdíl v cenách jednotlivých zdrojů může být velmi výrazný.

V rodinném domě žijící česká domácnost spotřebuje ročně od 50 do 70 GJ tepla, s vyššími náklady se počítá, pokud se používá stejný zdroj na ohřev teplé užitkové vody.

Z hlediska výdajů je vytápění elektřinou nejdražší, v porovnání cen moderních energií, zejména elektřiny a zemního plynu, které se neustále zvyšují, je dřevo naopak nejlevnějším palivem, z tabulky 5 je znázorněno kolik se zaplatí za jednotlivá paliva.

Druh paliva	Reálná cena paliva	Zdroj tepla (účinnost)	Spotřeba za rok	Nákl. za rok
dřevo	0,93 Kč/kg	kotel na zplynování dřeva (75 %)	9 132 kg	8 493 Kč
rostlinné pelety	1,5 Kč/kg	kotel na rostlinné pelety (90%)	6 944 kg	10 417 Kč
hnědé uhlí	1,90 Kč/kg	klasický kotel na uhlí (55 %)	10 101 kg	9 192 Kč
tepelné čerpadlo*)	1,59 Kč/kWh	průměrný roční topný faktor 3	9 259 kWh	17 311 Kč
černé uhlí	3,90 Kč/kg	klasický kotel na uhlí (55 %)	7 871 kg	30 697 Kč
dřevěné pelety	3,25 Kč/kg	kotel na dřevěné pelety (83 %)	6 386kg	20 668 Kč
koks	6,50 Kč/kg	klasický kotel na koks (62 %)	5 865 kg	38 123 Kč
dřevěné brikety	3,5 Kč/kg	kotel na zplynování dřeva (75 %)	7 619 kg	26 667 Kč
dřevní štěpka	2,8 Kč/kg	kotel na spalování štěpky (80 %)	1 000 kg	28 000 Kč
elektřina - akumulární	1,25 Kč/kWh	kotel s akumulární nádrží (93 %)	29 869 kWh	42 418 Kč
zemní plyn	1,00 Kč/kWh	běžný plynový kotel (89 %)	34 652 kWh	35 985 Kč
teplo z teplárny	350 Kč/GJ	běžná technologie (98 %)	102 GJ	35 714 Kč
lehký topný olej	13,8 Kč/kg	kotel na LTO (89 %)	2 675 kg	36 918 Kč
elektřina - přímotop	1,59 Kč/kWh	přímotopové panely (89 %)	28 345 kWh	48 116 Kč
propan	21 Kč/kg	běžný plynový kotel (89 %)	2 422 kg	50 852 Kč

Tab. 5 - Orientační náklady na vytápění běžného rodinného domu s roční spotřebou tepla 100 GJ (27,8 MWh)

Z tohoto stručného nástinu možností vytápění domácností vyplývá, že mnohé způsoby vytápění, ačkoli třeba výhodné finančně, mohou být poněkud „krátkozraké“ či z dlouhodobějšího hlediska neudržitelné ve vztahu k životnímu prostředí. Přejdeme-li od vytápění pevnými fosilními palivy k ekologičtějším způsobům - zemnímu plynu, tepelným čerpadlům, ještě lépe k biomase či částečně k solární energii, napomůžeme v první řadě lepšímu stavu ovzduší v místě, kde žijeme a v širších souvislostech také celému životnímu prostředí.

6 Závěr

Spotřeba energie pro ohřev teplé užitkové vody a pro vytápění se může zmenšit na minimum, jsou-li domy výborně tepelně izolovány a vybaveny zařízením pro využití slunečního záření, odpadního tepla z užitkové vody a větracího vzduchu a tepelným čerpadlem.

Ekologické dani podléhají některé zdroje tepla (hnědé a černé uhlí, koks, dřevo atd.), vzhledem k očekávanému růstu cen paliv vychází nejlevněji vytápění kotlem na hnědé uhlí a dřevo z hlediska pořizovacích a provozních nákladů.

Tepelná čerpadla mají jednoznačně nejvyšší pořizovací náklady, výhodný je však jejich ekonomicky úsporný provoz, kumulované náklady jsou již po několika letech nižší než náklady za vytápění.

Obliba vytápění hnědým uhlím a dřevem je díky velké efektivitě moderních kotlů levné a poměrně ekologické. Dřevo je u nás jedním z nejoblíbenějších zdrojů, je lehce dostupné a jeho pořizovací cena je nejnižší ve srovnání s ostatními palivy.

Výběr otopného zařízení se volí dle určitých priorit, velkou roli může pro některé sehrát otázka ekologie a ohleduplnosti k životnímu prostředí, ačkoli náklady na koupi jsou vyšší než u jiných zařízení, přesto volí tepelné čerpadlo. Počáteční investice a náklady můžou být pro jiné zásadní na provoz, proto volí vytápění kotlem na tuhá paliva. Jestli je hlavní prioritou snadná obsluha a bezpracný provoz, bude nejlepší volit kotel na zemní plyn.

Seznam použité literatury

- [1] ŘEHÁNEK, J.; JANOUŠ, A.: *Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování*, SNTL, Praha 1986.
- [2] LULKOVIČOVÁ, O.: *Zdroje tepla a domovní kotelny*, Jaga group, s. r. o., Bratislava 2004.
- [3] BAŠTA, J.: *Velkoplošné sálavé vytápění - podlahové, stěnové, stropní vytápění a chlazení*. Grada publishing, a. s., Praha 2010.

Internet

- [4] Viessmann: http://www.viessmann.cz/etc/medialib/internet-cz/pdf/odborne_rady.Par.15446.File.File.tmp/OR_Modernizace.pdf
- [5] Separaeko: <http://www.separaeko.cz/kotle-na-biomasu/vytapeni-biomasou/>
- [6] Amika: <http://arnika.org/moznosti-vytapeni>
- [7] Bydleni: <http://www.bydleni.cz/clanek/Naklady-na-vytapeni-II>

Seznam použitých tabulek

TAB. 1 - HODNOTY VELIČIN K ZABEZPEČENÍ TEPELNÉ ROVNOVÁHY ČLOVĚKA[1].....	- 11 -
TAB. 2 - OPTIMÁLNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA PODLAHY UŽÍVANÉ BEZ OBUTÍ [3].....	- 11 -
TAB. 3 - DRUHY PALIV PODLE SKUPENSTVÍ A PŮVODU[2].....	- 18 -
TAB. 4 – ZISKY TEPELNÉ ENERGIE ZE SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ.....	- 27 -
TAB. 5 - ORIENTAČNÍ NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ BĚŽNÉHO RODINNÉHO DOMU S ROČNÍ SPOTŘEBOU TEPLA 100 GJ (27,8 MWH).....	- 34 -

Seznam použitých obrázků

Obr. 2.1 - Průběh teploty konstrukcí bez infiltrace t a s infiltrací t_{inf} [1].....	-12-
Obr. 2.2 - Závislost infiltrovaného vzduchu V_{inf} do budovy a rychlosti větru v na 1m spáry okna [1].....	-12-
Obr. 2.3 - Roční bilance energie budovy [2].....	-13-
Obr. 3.1 - Kotel s horním spalováním [2].....	-20-
Obr. 3.2 - Kotel se spodním spalováním [2].....	-20-
Obr. 3.3 - Nástěnný kotel určený jen k vytápění [2].....	-21-
Obr. 3.4 - Kombinovaný kotel s vnějším ohřevem teplé vody a se zásobníkem umístěným pod kotlem [2].....	-21-
Obr. 3.5 - Stacionární kotel určený k vytápění se zásobníkovým ohřevem teplé vody [2].....	-22-
Obr. 4.1 – Základní schéma slunečního záření[1].....	-26-
Obr. 4.2 – Znárodnění způsobu využití odpadního tepla užitkové vody [1] a větracího vzduchu [2].....	-28-
Obr. 4.3 - Schéma tepelného čerpadla s kompresorem.....	-29-

