

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Porovnání otopných systémů pro rodinný dům

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin PETRÁČEK**
Osobní číslo: **E11N0129P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektroenergetika**
Název tématu: **Porovnání otopných systémů pro rodinný dům**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Uveďte otopné systémy vhodné pro vytápění rodinného domu.
2. Stanovte výhody a nevýhody elektrických systémů.
3. Porovnejte energetickou náročnost na vytápění zvoleného rodinného domu různými otopnými systémy.
4. Na základě hodnocení kritériem 3E stanovte závěry pro praktické řešení.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


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

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2013**


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá porovnáním a popisem vlastností otopných systémů, především pak elektrických, které lze použít pro vytápění rodinných domů. Dále obsahuje výpočet tepelných ztrát, energetické náročnosti a měření termokamerou na zadaném domě.

Klíčová slova

Otopné systémy, tepelná pohoda, šíření tepla, tepelná ztráta budovy, energetická náročnost budovy, plynový kondenzační kotel, elektrický kotel, přímotopné podlahové vytápění, sálavé panely, tepelná čerpadla, solární systémy

Abstract

My thesis deals with comparing and describing the properties of heating systems, especially electrical, which can be used for houses heating. It also includes calculation of heat loss, energy demands and thermal camera imager measurements on a given house.

Key words

Heating systems, thermal comfort, heat transfer, heat loss in buildings, energy demands of buildings, gas condensing boiler, electric boiler, underfloor heating, radiant panels, heat pumps, solar systems

Prohlášení

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

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

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

V Plzni dne 2.5.2013

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli potřebné rady a informace k vypracování mé diplomové práce, především pak vedoucímu práce prof. Ing. Jiřímu Koženému, Csc. za četné konzultace k mé práci, dále pánům Otakaru Vaníčkovi (BVTOP s.r.o.) a Davidu Liškovi (Master Therm tepelná čerpadla s.r.o.) za odborné rady a cenové nabídky, které jsem ve své práci použil, a Ing. Stanislavu Jiřincovi za pomoc s měřením termokamerou. Nakonec zvláštní poděkování patří mým rodičům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

OBSAH

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
1 OTOPNÉ SYSTÉMY	11
1.1 TEPELNÁ POHODA.....	11
1.2 SDÍLENÍ TEPLA	12
1.3 KAMNA A KOTLE NA TUHÁ PALIVA	13
1.3.1 Dělení podle umístění zdroje tepla.....	13
1.3.2 Dělení podle typu paliva	15
1.4 PLYNOVÉ VYTÁPĚNÍ	16
1.4.1 Lokální plynová topidla	16
1.4.2 Plynové kotle.....	16
1.5 ELEKTRICKÉ OTOPNÉ SYSTÉMY	19
1.5.1 Elektrický kotel a teplovodní systém	19
1.5.2 Tepelné čerpadlo.....	20
1.5.3 Lokální systémy.....	22
1.6 SLUNEČNÍ KOLEKTORY	24
2 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV	26
2.1.1 Národní kalkulační nástroj	27
2.1.2 Výpočet tepelné ztráty	27
3 PRAKTICKÁ ČÁST	28
3.1 POPIS OBJEKTU	28
3.2 VÝPOČET SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA A PLOCH KONSTRUKCÍ	29
3.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT DOMU ZJEDNODUŠENOU METODOU.....	32
3.4 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY POMOCÍ NKN	34
3.4.1 Výsledek z programu NKN.....	35
3.5 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU	37
3.6 POROVNÁNÍ VARIANT VYTÁPĚNÍ	41
3.6.1 Porovnání tarifů pro odběr elektrické energie.....	41
3.6.2 Plynový kondenzační kotel – současná varianta.....	43
3.6.3 Elektrický kotel.....	43
3.6.4 Přímotopné podlahové vytápění.....	44
3.6.5 Elektrické sálavé infratopení	45
3.6.6 Tepelné čerpadlo.....	45
3.6.7 Solární systémy	47
3.6.8 Kombinace různých systémů.....	47
3.7 VYHODNOCENÍ	48
ZÁVĚR	52
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	53

ÚVOD

V dnešní době, kdy ceny energií neustále stoupají, je velmi důležité si dobře rozmyslet, jaký zdroj tepla je nejvýhodnější ve svém domě použít neboť právě na vytápění je potřeba nejvíce energie. Každý způsob provedení otopného systému rodinného domu má své klady a zápory a je na každém, aby ve svém rozhodování určil, co je důležité a co nikoliv. Dříve se nejčastěji používaly kotle na tuhá paliva, dřevo a uhlí. V dnešní době je možnost využití komfortnějšího elektrického nebo plynového vytápění. Nalezením nejvhodnějšího řešení pro daný dům a jeho porovnání s alternativami se zabývá tato práce.

V jednotlivých kapitolách lze nalézt informace o rozdělení jednotlivých otopných systémů, jejich kladech a záporech, je zde naznačen způsob výpočtu tepelných ztrát obytného domu, určení jeho energetické náročnosti a záznam z měření termokamerou.

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

A_k [m^2]	plocha prvku konstrukce
b_i [-]	činitel teplotní redukce
d [m]	tloušťka prvku konstrukce
$f_{\Delta\theta,i}$	činitel pro zohlednění ztrát místností vytápěných na vyšší teplotu
f_k [-]	zohledňuje teplotní rozdíl vnitřního a vnějšího prostředí
n_{min} [1/h]	minimální intenzita výměny
R_{si} [$m^2.K/W$]	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
R_{se} [$m^2.K/W$]	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_i [$m^2.K/W$]	tepelné odpory při přestupu tepla jednotlivých prvků konstrukce
R_T [$m^2.K/W$]	celkový tepelný odpor konstrukce při přestupu tepla
U_k [$W/(m^2.K)$]	součinitel prostupu tepla konstrukce
V_i [m^3]	objem vytápěného prostoru
Φ_i [W]	návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i)
$\Phi_{T,i}$ [W]	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i)
$\Phi_{V,i}$ [W]	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)
λ [$W/(m.K)$]	součinitel tepelné vodivosti daného prvku
$\Theta_{int,i}$ [$^{\circ}C$]	výpočtová vnitřní teplota
Θ_e [$^{\circ}C$]	výpočtová venkovní teplota
Θ_u [$^{\circ}C$]	teplota prostoru vytápěného na jinou teplotu
NKN	Národní kalkulační nástroj
TUV	teplá užitková voda

1 OTOPNÉ SYSTÉMY

Existuje celá řada možností, jak svůj dům vytápět. Tato kapitola pojednává o tepelné pohodě, způsobech přenosu tepla a samozřejmě také o různých typech otopných systémů, jejich výhodách a nevýhodách.

1.1 TEPELNÁ POHODA

Hlavním úkolem otopného systému je zajistit pro obyvatele domu tepelnou pohodu, která je ovlivňována několika faktory, z nichž nejdůležitější je teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu, dále pak teplota okolních ploch. Další vlivy mají potom izolační schopnosti oděvu a metabolické vlastnosti konkrétního člověka. Z toho vyplývá, že tepelnou pohodu zajišťuje nejen topný systém, ale i klimatizace a větrání. Teplota lidského těla se pohybuje kolem 36,5°C a množství vyprodukovaného tepla závisí na prováděné činnosti, při odpočinku je minimální a se stoupající pohybovou náročností roste. Pro navození příjemného pocitu je ideální, aby okolí odebíralo přesně množství tepla, které je produkováno, v tomto okamžiku nám není ani horko, ani zima a nedochází k pocení.

Optimální teplota vzduchu se nachází v rozsahu 18 až 22°C a zároveň platí, že součet teploty vzduchu a průměrné teploty okolních ploch musí být roven alespoň 38°C. Důležité je také vertikální rozložení teplot, které by mělo být pokud možno rovnoměrné s tím, že u nohou je teplota vyšší a u hlavy o 1,5 až 2°C nižší. Tomuto požadavku dobře vyhovuje podlahové vytápění.

Pokud teplota různých konstrukcí v domě klesne pod tzv. rosný bod, dojde při dané vlhkosti a teplotě vzduchu ke kondenzaci vodních par v tomto místě a může zde vznikat plíseň. V obytných místnostech by měla být relativní vlhkost kolem 60%, v koupelnách se počítá s 90%.

Vysoká míra proudění vzduchu je nežádoucí, neboť může člověka nadměrně ochlazovat nebo při vyšších hodnotách dokonce působit mechanicky.

Při použití velkoplošného vytápění, je teplota okolních ploch větší než teplota vzduchu. U konvekčního je tomu naopak. Velkoplošné systémy dokážou navodit pocit tepelné pohody již při nižších teplotách vzduchu.

[2][3]

1.2 SDÍLENÍ TEPLA

Tepelná energie přechází z míst s vyššími teplotami směrem k místům chladnějším. Uplatňují se tři základní způsoby přenosů tepla, je to vedení, proudění a sálání.

Přenos tepla vedením (kondukcí) je založen na principu předání energie okolním částicím. Význam má především u pevných látek.

Proudění (konvekce) se uplatňuje především u kapalin a plynů. Částice s různou teplotou se vůči sobě pohybují a předávají si teplo. Změna teploty látky má vliv na její hustotu, proto plyn nebo kapalina s vyšší teplotou stoupá nahoru a s nižší klesá dolů, takto vzniká přirozená konvekce. Proudění se v našem případě uplatňuje především u konvekčních otopných ploch a ve výměnících kotlů.

Posledním způsob přenosu tepla je sálání, které využívají především sálavé panely. Teplo se šíří infračerveným zářením, přičemž neohřívá téměř okolní vzduch, ale především tělesa jako jsou například zdi nebo nábytek, vzduch je ohříván až sekundárně od těchto těles.

[3]

1.3 KAMNA A KOTLE NA TUHÁ PALIVA

Jedním z nejstarších způsobů, jak zásobit své obydlí teplem, je zatopit v kotli nebo v kamnech. Oproti ostatním variantám přináší tento způsob větší nároky na obsluhu a údržbu. Kotel a komín je nutné čas od času čistit, s přípravou paliva může být velmi mnoho práce a konečně, pokud není k dispozici automatický kotel s velkým zásobníkem, není možné se vyhnout častému přikládání. Jednoduché rozdělení je na ústřední, lokální či kombinované systémy a podle typu paliva.

1.3.1 Dělení podle umístění zdroje tepla

1.3.1.1 Lokální vytápění

Zdroj tepla je umístěn přímo v místě spotřeby, tedy ve vytápěné místnosti. Výhodou je rychlý zisk tepla, jednoduchost a nenákladnost tohoto řešení. Hlavní nevýhodou je potom možné znečištění bytu při čištění. Tento způsob najde uplatnění především v malých bytech, ve větších by bylo nutné instalovat více lokálních topidel.

Krbová kamna

Velké oblibě se těší krbová kamna. Existují dvě základní varianty, a to bez výměníku, kdy je teplo předáváno pouze kamny, a s teplovzdušným nebo teplovodním výměníkem, který umožňuje rozvádět teplo dále do jiných místností.



Obrázek 1.1: Krbová kamna

Krby

V dnešní době lze v domech často nalézt krby. Je nutné zmínit, že pokud krb není vybaven krbovou vložkou, jeho účinnost je velmi nízká (kolem dvaceti procent) neboť značná část tepla odchází nevyužitá komínem, a takový krb bývá použit spíše jako estetický doplněk. Při použití krbové vložky stoupá účinnost a klesá spotřeba tohoto zařízení, dále zde vzniká možnost rozvést teplo i do jiných částí objektu. Alternativou ke klasickému krbu je plynový, případně elektrický krb s imitací ohně.



Obrázek 1.2: Krb [20]

1.3.1.2 Ústřední vytápění

Základní součástí kotle je výměník, který je napojený na teplovodní systém. Kotel bývá umístěn většinou v kotelně, proto zde nehrozí znečištění bytu. Problémem je setrvačnost otopné soustavy, déle trvá, než se ohřeje voda v radiátorech.



Obrázek 1.3: Kotel na tuhá paliva

1.3.1.3 Kombinované vytápění

Krb nebo kamna jsou umístěné v bytě a obsahují výměník, proto se teplo předává, jak přímo přes těleso zdroje tepla, tak nepřímo přes radiátory.

1.3.2 Dělení podle typu paliva

Je možné topit různými palivy, nicméně je důležité, aby daný zdroj byl na používané palivo uzpůsoben, v opačném případě vznikají problémy, oheň špatně hoří, dochází k velkému vývinu kouře, získané teplo je nedostačující a mnohé další.

1.3.2.1 Dřevo

Nejstarším používaným palivem je dřevo. Při spalování dřeva se uvolní jen tolik oxidu uhličitého, kolik daný strom vstřebal z atmosféry za dobu své existence, životní prostředí není tedy tolik znečišťováno. Pokud není k dispozici již dřevo připravené a naštípané, vyžaduje příprava značné úsilí. Dalším problémem je častější přikládání a nutnost topit dostatečně vyschlým dřevem. Toto palivo lze doporučit pro ty, kteří mají možnost levného získání dřeva. Výhřevnost se pohybuje mezi 12 a 18 MJ/kg v závislosti na druhu a kvalitě dřeva.

1.3.2.2 Uhlí

Menší náročnost na přípravu a obsluhu je možné získat použitím uhlí. Existuje několik uhelných produktů (antracit, koks, černé uhlí, hnědé uhlí, brikety), obecně lze říci, že uhlí má vyšší výhřevnost než dřevo. Problémem je jeho nízká ekologičnost a především při špatném spalování dochází k velkému vývinu kouře, čímž dochází ke značnému znečištění atmosféry a snižuje se také účinnost. Dalším záporem je skutečnost, že i cena uhlí postupně roste, takže toto palivo už nemusí být vždy výhodné. Výhřevnost dosahuje až 30 MJ/kg u nejkvalitnějších paliv.

1.3.2.3 Biomasa

Kromě dřeva se jedná o štěpku, peletky ze slámy či dřeva, piliny a jiné druhy. Výhodou stejně jako u dřeva je nízká produkce oxidu uhličitého. Platí zde ale více než u předchozích případů, že kotel musí být na spalování tohoto paliva daleko více přizpůsoben. Výhřevnost biomasy se pohybuje v rozmezí 10 až 18 MJ/kg v závislosti na jejím druhu.

Některé informace v této kapitole byly použity z [1].

1.4 PLYNOVÉ VYTÁPĚNÍ

Časté, nenáročné na manipulaci a ekologicky šetrnější na rozdíl od kotlů na tuhá paliva je plynové vytápění. Jako palivo se používá zemní plyn z plynové přípojky nebo propan-butan v tlakových nádobách, které je nutno doplňovat, navíc použití propan-butanu je oproti zemnímu plynu dražší. Výhřevnost zemního plynu je přibližně 33 MJ/m^3 , propan-butanu 110 MJ/m^3 .

Značnou nevýhodou tohoto způsobu vytápění je nemožnost předpovědět budoucí cenu plynu, která je navíc ovlivněna politickou situací ve státech, které plyn dodávají. Také zde lze provést dělení na lokální topidla a ústřední kotle.

1.4.1 Lokální plynová topidla

Stejně jako kamna na tuhá paliva se i lokální plynová topidla umísťují přímo do vytápěné místnosti, nejčastěji pod okno, kde zároveň musí být zajištěn odtah spalin. Lokální plynová topidla jsou vhodná pro vytápění malých bytů nebo chat.

1.4.2 Plynové kotle

Vývoj plynových kotlů jde neustále kupředu, je snaha zde dosáhnout co nejvyšší účinnosti. Plynové kotle jsou kompaktní, spolupracují se soustavou teplovodního vytápění a je zde možnost přípravy teplé vody.



Obrázek 1.4: Plynový kotel [21]

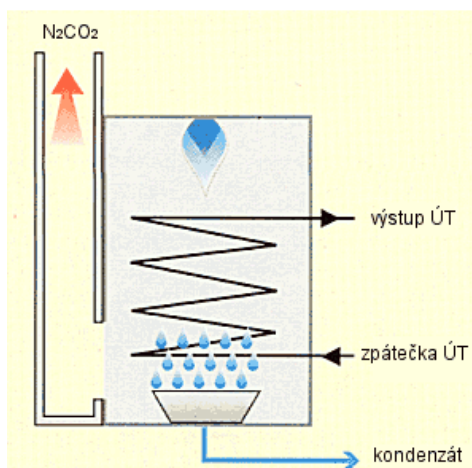
Konvenční kotle

V České republice, na rozdíl od ostatních vyspělých evropských států, se hojně využívají konvenční plynové kotle, které mají sice nižší pořizovací cenu, ale také nižší účinnost maximálně 93 procent. Vzhledem k této skutečnosti je vhodné při výběru kotle zohlednit i možnost pořízení kondenzačního kotle s účinností vyšší.

Kondenzační kotle

Účinnost udávaná především prodejci těchto kotlů dosahuje až 109 procent, neboť se lépe využívá teplo spalin, které je vázáno ve vodních parách. Takto vysoká účinnost je ovšem nereálná, neboť dosáhnout účinnosti vyšší než 100 procent je nemožné. Tato hodnota je vztažena k výhřevnosti paliva a neuvažuje dodatečné teplo vznikající při kondenzaci spalin. Fyzikálně správným výpočtem se dojde k účinnosti maximálně 97 procent. Princip činnosti je následující, při nízkoenergetickém teplotním spádu 60/40°C dochází ke kondenzaci par za vzniku kondenzátu a předání kondenzačního tepla ohřívání vodě, což má za následek zvýšení účinnosti zařízení. Čím více je v systému vody, tím více je voda ochlazená na zpátečce, kondenzace je pak výraznější a účinnost vyšší. Do komína jdou spaliny ochlazené až na teplotu 40°C, a proto takový komín musí být tomuto kotli přizpůsoben a vyvložkován, neboť v komíně dochází také ke kondenzaci spalin a vzniku chemických látek, které by klasický komín narušovaly. Samotný kotel musí být také z odolných materiálů odolávajících nízkoteplotní korozi. Dále zde musí být přítomen ventilátor pro bezpečný odtah spalin, protože při nízkých teplotách samotný komín dostatečný tah nezajistí. Pokud není k dispozici vyvložkovaný komín, je nutné použít kotel v dražší variantě TURBO, který využívá speciální dvojitě či trojitě potrubí pro sání spalovacího vzduchu a odvod spalin (použitelné do vzdálenosti 4 metrů kotle od vyústění), případně systém dvojitého odkouření, využívající dvou samostatných trubek (pro větší vzdálenosti). Odtok kondenzátu může být i do kanalizace.

Cena bývá přibližně o 30 procent vyšší než u konvenčních kotlů. Vyšší pořizovací náklady jsou ale vykoupeny vyšší účinností a tím nižší spotřebou, takže tato varianta vychází konečně výhodněji než konvenční kotle.



Obrázek 1.5: Princip plynového kondenzačního kotle [16]

Čerpáno z [1][4][16]

1.5 ELEKTRICKÉ OTOPNÉ SYSTÉMY

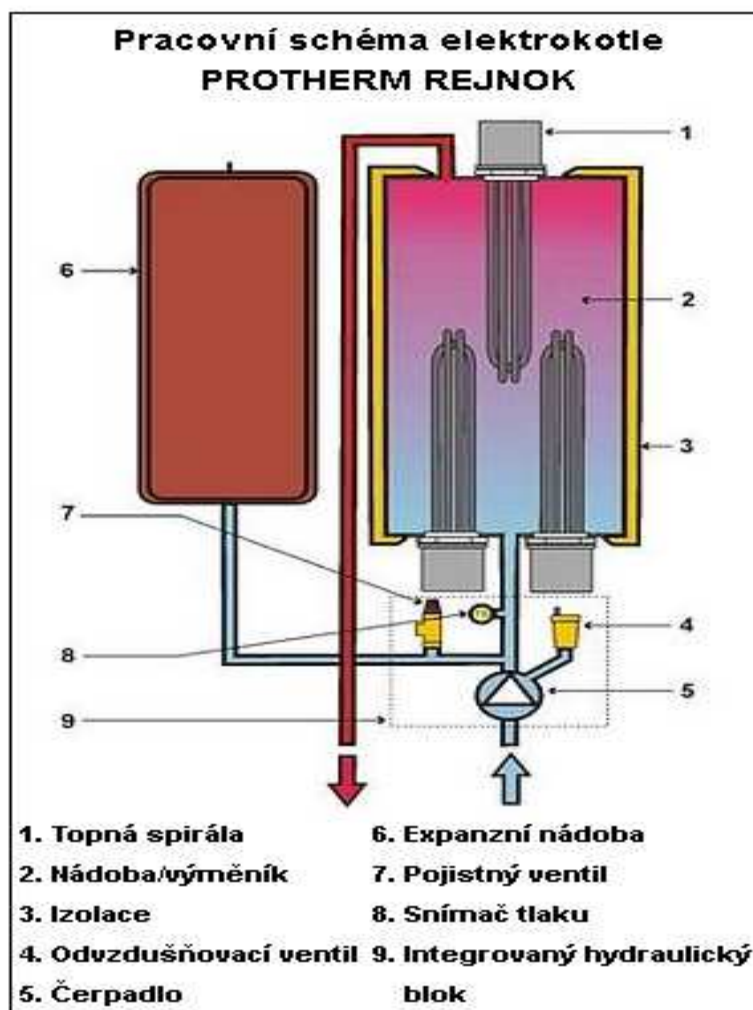
Hlavním tématem této práce jsou elektrické otopné systémy. Mezi výhody elektrického vytápění patří získání zvýhodněného tarifu pro cenu elektrické energie, nižší cena elektřiny poté platí pro celou elektroinstalaci v domě, čímž lze dosáhnout značných úspor. Dalším kladem jsou poměrně nízké pořizovací náklady. V místě využití elektrických otopných systémů sice nevzniká žádné znečištění životního prostředí, nicméně tento problém přebírá elektrárna. Podobně jako u plynového vytápění, není možné dobře předpovědět budoucí cenový vývoj. Pro použití elektrického vytápění je nutný souhlas poskytovatele elektrické energie, elektrická síť musí být v dané lokalitě dostatečně dimenzována, v opačném případě by vznikaly nežádoucí poklesy napětí.

Základní způsob dělení je na akumulární a přímotopné systémy. Akumulární pracují na principu ohřátí akumulárního jádra, které může poté uvolňovat teplo i bez dodávky elektrické energie, k elektrické síti jsou připojeny jen několik hodin denně a jejich spínání je realizováno signálem HDO.

Přímotopné systémy jsou připojeny k elektrické síti po většinu dne. Jejich spínání také zajišťuje signál HDO.

1.5.1 Elektrický kotel a teplovodní systém

První možností, jak zásobit dům teplem je kombinace elektrického kotle a teplovodního systému. Velkou nevýhodou je skutečnost, že zde vznikají ztráty při předávání tepelné energie vodě, která následně proudí teplovodním systémem přes radiátory nebo podlahové vytápění. Další nevýhodou je setrvačnost otopné soustavy déle trvá, než se radiátory ohřejí, případně vychladnou. Pořizovací cena je vyšší, než je tomu u přímého systému.

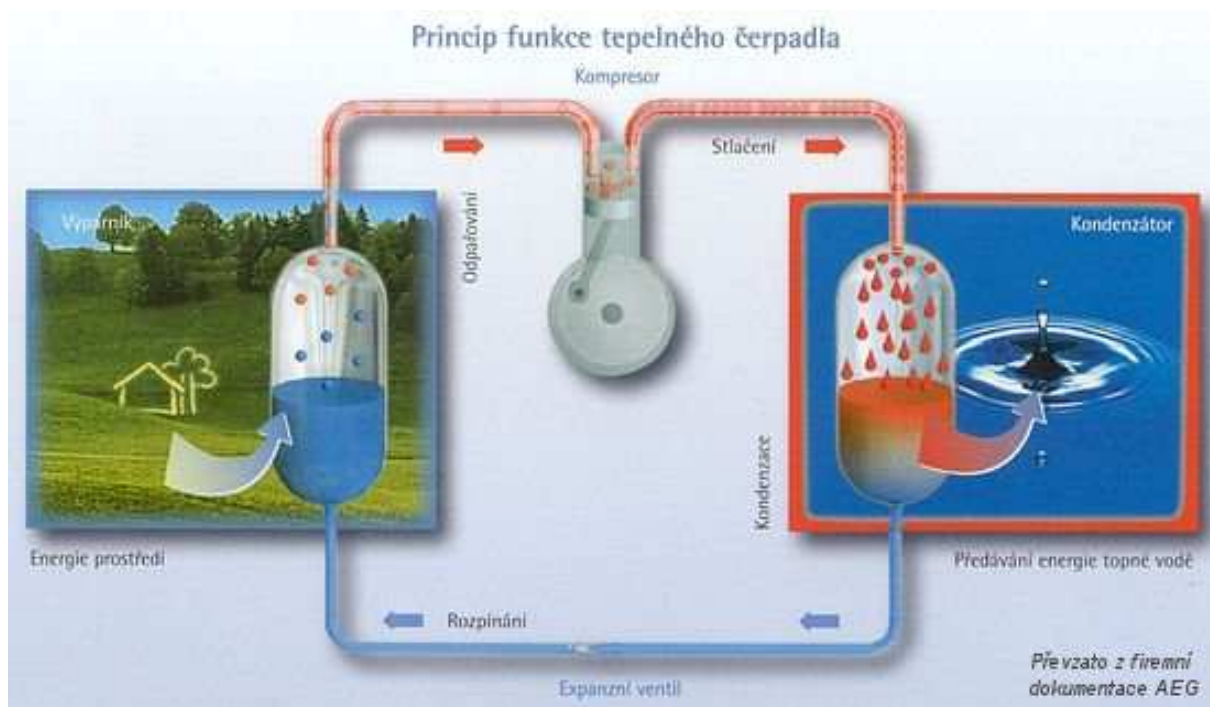


Obrázek 1.6: Princip elektrického kotle [17]

1.5.2 Tepelné čerpadlo

Na zemi, ve vodě i ve vzduchu je velké množství nízkopotenciálového tepla, které lze jistým způsobem převést na vysokopotenciálové a poté takto získané teplo cíleně využít. Pro tento proces se využívá tepelné čerpadlo. Mezi jeho základní součásti patří kompresor, expanzní ventil, výparník, kondenzátor a chladivo.

Funkce je založena na obráceném Carnotově cyklu. Chladivo o vysokém tlaku je pomocí expanzního ventilu přepuštěno z kondenzátoru do výparníku, kde se při nízkém tlaku odpaří, ochladí na nízkou teplotu a může tak přijímat teplo z okolí, čímž se ohřeje. Ohřáté chladivo stlačí kompresor, dojde ke zkapalnění a zvýšení teploty. Takto získané teplo se v kondenzátoru odevzdá topné vodě.



Obrázek 1.7: Princip tepelného čerpadla [19]

Efektivitu tepelného čerpadla popisuje topný faktor, vyjádřený poměrem získaného tepelného výkonu a příkonu čerpadla. Hodnota topného faktoru je závislá na rozdílu venkovní a získané teploty, obvykle se pohybuje kolem 3 nebo 4. Výhodná je spolupráce s podlahovým vytápěním, neboť voda nemusí být ohřátá na tak vysokou teplotu, jako je tomu u radiátorů.

Podle zdroje nízkopotenciálového tepla lze rozlišit několik druhů tepelných čerpadel.

První z nich je **země-voda**, který lze realizovat plošným výměníkem uloženým přibližně 1m v zemi nebo finančně a technicky náročnějším hlubinným vrtem. Plošný výměník s sebou nese riziko možného vymrzání půdy, kdy dojde ke snížení účinnosti zařízení, dále potřebu většího pozemku a problém s možnou výstavbou dalších staveb. Hlubinný vrt naopak nabízí využití stabilních teplot a vyšší tepelné zisky, záporům je nutnost vyřízení stavebního povolení. U obou variant je spotřeba elektřiny asi o 30 procent nižší, než u čerpadla vzduch-voda.

Dalším druhem těchto zařízení je **voda-voda**. Zde je potřeba mít vydatnou zásobárnu vody z vrtu nebo studny. Zpravidla jsou potřeba dva vrty, jeden pro přívod vody, druhý pro její navrácení do země. Speciálním případem je umístění kolektoru v nějaké vodní ploše, která ovšem musí být k dispozici.

Nejpoužívanější variantou je **vzduch-voda**, kde mohou nastat různé situace, je-li příznivé počasí a venkovní teploty jsou vyšší, tak i čerpadlo bude pracovat efektivněji než ostatní typy, v opačném případě bohužel jeho výtěžnost klesá. Výhodou je skutečnost, že není třeba provádět vrty nebo jiné zemní práce, jako je tomu u ostatních variant.

1.5.3 Lokální systémy

Na rozdíl od elektrického kotle je zdroj tepla umístěn přímo v místě spotřeby, nevznikají zde ztráty při transportu tepla od zdroje ke spotřebě a je tak možné dosáhnout vyšší účinnosti. Elektrická energie je tedy převedena na teplo, které je rovnou vyzářeno v daném místě. U některých způsobů je teplo poměrně rychle k dispozici, u jiných je přítomen vliv akumulace.

1.5.3.1 Elektrické podlahové vytápění

Jedním z nejkomfortnějších způsobů řešení pro zajištění tepelné pohody je podlahové vytápění, které s sebou přináší mnoho kladů. Lepší výškové rozložení teplot v místnosti, u podlahy je teplo a u stropu chladněji, tím lze dosáhnout příjemné tepelné pohody již při nižších teplotách, výhodnější prostorové rozložení teploty, které omezí víření prachu, díky teplé a suché podlaze se také snižuje výskyt roztočů. Technicky se jedná o uložení topných rohoží nebo kabelů do podlahy.

Teplota podlahy by z hygienických důvodů neměla přesáhnout 28°C, pokud není možné takto zajistit dostatečné teplo v místnosti, je nutné použít další přídatné topidlo. Vytápění lze provést dvěma základními způsoby, a to s větší akumulací (pomalý náběh a pomalé ochlazování) nebo s menší akumulací (lepší regulace), případně kombinací. Velikost akumulace se určí množstvím materiálu kolem aktivního prvku a izolací. Přesný potřebný výkon se určí z tepelných ztrát a typu místnosti, například v koupelně je potřeba dosáhnout vyšší teploty. Obecně lze říci, že akumulární systémy pracují s výkonem až 300 W/m², přímotopné a poloakumulární s výkonem do 150 W/m².



Obrázek 1.8: Elektrické podlahové topení [18]

1.5.3.2 Akumulační kamna

Další možností vytápění domu jsou akumulární kamna. Odporové topné těleso ohřívá akumulární jádro, ze kterého se i po přerušení dodávky proudu uvolňuje teplo. Zapínání a

vypínání kamen je zajištěno HDO signálem. Dělení lze jednoduše provést podle způsobu oběhu vzduchu.

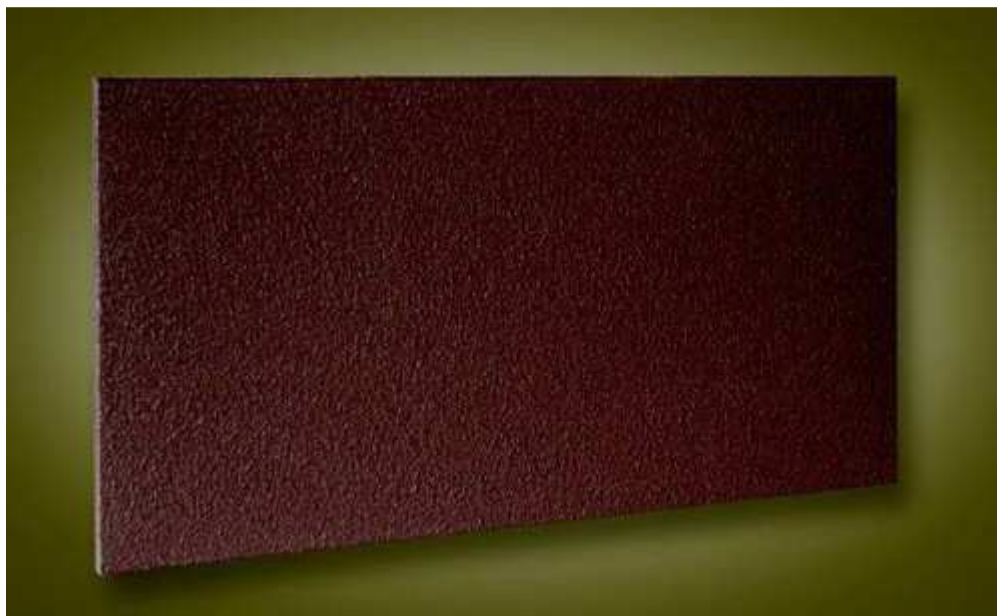
Základní variantou jsou statická kamna, pracující s přirozeným oběhem vzduchu, který je nasáván spodní částí a po ohřátí vypouštěn horem, množství potřebného tepla lze nastavit pomocí klapky.

Dynamická kamna jsou navíc vybavena ventilátorem, který ve spolupráci s termostatem může řídit dodávku tepla.

Hybridní kamna mají dva otvory pro nasávání studeného vzduchu, jeden vede vzduch přes akumulační jádro a druhý přes topné těleso.

1.5.3.3 Sálavé panely

Úspornou a dobře regulovatelnou možností vytápění je pomocí sálání, kdy se teplo šíří infračerveným zářením, které ohřívá zdi a vybavení místnosti, od kterého se následně ohřívá vzduch. Tento způsob umožňuje vytvořit v místnosti příjemné klima, s vyšší vlhkostí a nižší teplotou, je zde ale omezení v intenzitě, neboť člověk dobře snáší sálavý tok jen po určité hranici. Kladem je jednoduchost, vysoká životnost a snadná instalace zařízení. Problém nastává při umístění panelu v místnosti „překážkami“ jako je například nábytek, neboť teplo z tohoto zdroje se šíří jako světlo a za překážkou je stín.



Obrázek 1.9: Sálavý panel [22]

1.5.3.4 Konvektory

Dalším způsobem vytápění jsou konvektory. Tato zařízení, nejčastěji umístěná pod oknem, pracují s přirozenou cirkulací vzduchu. Studený vzduch je nasáván spodní částí, prochází kolem odporového topného tělesa a horní částí je vypouštěn ven.

1.5.3.5 Teplomety

Pro rychlé ohřátí místnosti, lze jako lokální zdroj tepla použít teplomety, které vhánějí teplo do místnosti pomocí ventilátoru

1.5.3.6 Olejové radiátory

Jedná se o mobilní zařízení s pohyblivým přívodem elektrické energie. Jsou vhodné pro občasnou využití, například na chatách. Pro ohřátí na provozní teplotu je potřeba menší množství energie, než je tomu u vodních radiátorů, což je dáno nižší tepelnou kapacitou oleje proti vodě.

1.6 SLUNEČNÍ KOLEKTORY

Jako doplňkový zdroj pro podporu přípravy TUV či podporu vytápění, lze použít sluneční kolektory. Využitím sluneční energie je možné výrazně snížit náklady na vytápění a přípravu teplé užitkové vody. Zařízení umožňující sluneční záření využít pro dané účely se nazývá sluneční kolektor. Jedná se o poměrně jednoduché zařízení, jehož hlavní součástí je absorbér, který pohlcuje tepelné záření ze slunce a předává jej ohříváné látce, například vodě. Ohřátá voda se shromažďuje v solárním zásobníku a je dále využívána pro podporu vytápění a ohřevu užitkové vody.

Nejčastěji jsou využívány tak zvané ploché kolektory, které se sestávají z již zmíněného absorbéru, trubek, přes které prochází ohříváná voda, průhledného krytu, který musí odolat náročným povětrnostním podmínkám, tepelné izolace a nosného rámu.

Lepší využití především přímého záření lze zajistit pomocí koncentrujících kolektorů, jejichž plocha je parabolická a paprsky jsou usměrněny do ohniska, kde je poté vyšší teplota.

Nejvýkonnější jsou vakuové trubicové kolektory, kde parabolická zrcadla usměrnují paprsek na vakuovou trubici, která se nachází v ohnisku. Každá trubice obsahuje v sobě jednu menší pokrytou absorbérem a vakuum, které propustí záření dovnitř, ale neumožňuje snadné úniky tepla.

Je zřejmé, že nejvyšších výkonů dosahuje tento systém v létě, kdy je potřeba tepla minimální, běžná spotřeba je tedy zcela pokryta a často se využívá možnost přehřívání vody v bazénu, pokud je k dispozici. Naopak v zimním období je třeba solární systém podpořit

nějakým jiným zdrojem tepla, jako je například elektrický nebo plynový kotel, zůstává zde ale možnost predehřevu.

V závislosti na místních podmínkách, použitém systému a kvalitě je realizace mohou být náklady na vytápění sníženy až o 35 procent a nároky na ohřev užitkové vody dokonce o 75 procent. Kvalitní kolektor dokáže přijímat nejen přímé sluneční záření, ale i rozptýlené při zatažené obloze. Pokud je to možné, je výhodné orientovat plochy kolektorů na jih. Optimální by bylo sledovat dráhu slunce a panely natáčet, nicméně realizace tohoto způsobu je nákladná.



Obrázek 1.10: Trubicový solární kolektor

Použité prameny pro kapitoly „Elektrické otopné systémy“ a „Sluneční kolektory“

[1][5][6][9][10]

2 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

V dnešní době je snaha dosáhnout maximálních úspor ve všech možných odvětvích lidské činnosti. Významnou roli v tomto snažení hraje snižování energetické náročnosti budov - ENB, případně zvyšování jejich energetické účinnosti. Na ENB se podílí energie potřebná na vytápění, klimatizaci, chlazení, větrání a osvětlení budovy. Její velikost ovlivňují také klimatické podmínky či samotný způsob realizace stavby. Touto problematikou se zabývá směrnice 2002/91/EC, o energetické náročnosti budov, která se zabývá snižováním ENB určuje požadavky na jednotné stanovení hodnoty ENB. Při stavbě nových či úpravách starších budov je nutné nařízení této směrnice dodržovat.

Stanovení energetické náročnosti budov je nutné provádět jasným, jednotným a komplexním způsobem, proto je třeba do výpočtů zahrnout především následující vlivy:

- klimatické podmínky v lokalitě budovy;
- požadavky na vlastnosti a parametry vnitřního prostředí budovy podle druhu normového užití celé budovy nebo jejích částí;
- tepelně technické a světelně technické vlastností budovy a jejích prvků;
- rozdělení budovy do zón s rozdílnými nároky na vnitřní prostředí (vytápění nebo větrání, chlazení, klimatizace) a jejich vzájemné ovlivňování;
- ztráty energie v jednotlivých energetických systémech budovy a jejich částečné zpětné využití ve stejném nebo jiném energetickém systému;
- spotřebu pomocné energie;
- vnitřní tepelné zisky;
- tepelné zisky z vnějšího prostředí (solární tepelné zisky);
- rozdílnost vnějších i vnitřních podmínek budovy v různých hodnocených obdobích (např. v průběhu kalendářního roku);

Postup výpočtu určují na národní úrovni právní a technické normy. V České republice je směrnice zapracována do § 6a „Energetická náročnost budov“ novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. V roce 2006 byl tento zákon novelizován zákonem č. 177/2006 Sb.

Ve sbírce zákonů pod č. 406/2006 Sb. lze nalézt plné znění novelizovaného zákona. Prováděcím právním předpisem k zákonu č. 406/2006 Sb. je vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.

Výsledkem výpočtů je množství energie, kterou budova spotřebuje za rok, na vytápění, klimatizaci, větrání, chlazení a osvětlení.

[11]

2.1.1 Národní kalkulační nástroj

Energetickou náročnost budovy je možno stanovit za použití aplikace Národního kalkulačního nástroje, která provádí výpočet v souladu s vyhláškou č. 148/2007 Sb. a směrnicí 2002/91/EC. Tato aplikace umožňuje jednotným výpočtem, za použití jednotných okrajových podmínek, zařadit budovu do příslušné třídy energetické náročnosti.

2.1.2 Výpočet tepelné ztráty

Před realizací jakéhokoliv topného systému, je potřeba znát tepelné ztráty domu, od kterých se odvíjí výše potřebného tepelného výkonu. Postup výpočtu těchto ztrát stanovuje norma ČSN EN 12831.

Obecně se tepelná ztráta stanoví dle následujícího vzorce:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (2-1)$$

$\Phi_{T,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (i)

$\Phi_{V,i}$ [W] návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)

K výpočtu ztrát prostupem tepla a větráním lze použít podrobnou nebo zjednodušenou metodu, přičemž obě jsou popsány ve výše zmíněné normě. Pro tento případ bude použita zjednodušená metoda.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 POPIS OBJEKTU

Pro výpočet byl určen samostatně stojící, přízemní a nepodsklepený rodinný dům postavený roku 2011 v Malesicích u Plzně. Tato lokalita je bez výskytu intenzivních větrů. Součástí domu je garáž vytápěná malým radiátorem na přibližně 16°C. V domě bydlí tři lidé (dva dospělí a jedno dítě).

V domě je instalováno teplovodní podlahové vytápění doplněné několika radiátory. Zdrojem tepla je plynový kondenzační kotel Vaillant VU 246/3-5 o výkonu 26kW s plynule nastavitelnou regulací v rozsahu 9,4 až 26kW. Tento kotel je využíván i k přípravě teplé užitkové vody pro zásobník Vaillant VIH R 150, teplota vody v zásobníku je nastavená na 55°C. Rozvod topné vody zajišťují dvě třístupňová čerpadla značky Grundfos, na obou čerpadlech je nastaven první stupeň (50W pro podlahové topení a 25W pro radiátory). Teplota v domě je nastavená na 23°C.

Větrání je realizováno manuálně otevřením oken. Osvětlení v domě zajišťují úsporné žárovky.

Nosné obvodové zdivo je sestaveno z tvárnic POROTHERM P+D tloušťky 365mm, izolaci tvoří fasádní polystyren Bachl 120mm EPS 70 F a na povrchu je omítka Maxit IP color plus K.

Stropní konstrukce je složená ze sádkartonového podhledu (12,5mm), tepelné izolace z minerální vaty (250mm) a parozábrany. Podkroví je nevyužívané a nevytápěné. Střechu pokrývá betonová střešní krytina Bramac – Alpská taška Classic.

Hlavní prvky tvořící konstrukci podlahy jsou systémová deska, stabilizovaný polystyren (10cm) a betonový potěr.

Okna s izolačním trojsklem jsou plněná argonem a součinitel prostupu tepla včetně rámů je roven 1,2 W.K⁻¹.m⁻². Součinitel prostupu tepla dveří je také 1,2 W.K⁻¹.m⁻². Garážová vrata jsou sestavená z garážových hladkých panelů doplněných zateplením, součinitel prostupu tepla udávaný výrobcem činí 1,3 W.K⁻¹.m⁻².

Pro výpočty bude dům dělen na dvě zóny. První zóna bude obsahovat obytné části domu, druhá temperovanou garáž.



Obrázek 3.1: Zadaný dům

Technický výkres domu s popisem místností je obsažen v příloze.

3.2 VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA A PLOCH KONSTRUKCÍ

Nejprve je nutné pro veškeré konstrukce spočítat součinitel prostupu tepla. Postup výpočtu je naznačen níže. Plochy konstrukcí byly určeny ze stavební dokumentace.

Tepelný odpor prvku konstrukce při prostupu tepla:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (3-1)$$

d [m] tloušťka prvku konstrukce

λ [W/(m.K)] součinitel tepelné vodivosti daného prvku

Celkový tepelný odpor konstrukce při přestupu tepla:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}] \quad (3-2)$$

R_{si} [m².K/W] tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_{se} [m².K/W] tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

R_i [m².K/W] tepelné odpory při přestupu tepla jednotlivých prvků konstrukce

Součinitel při prostupu tepla konstrukce:

$$U_k = \frac{1}{R_T} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})] \quad (3-3)$$

Obvodové zdivo

Součást	Tepelný odpor [m ² K/W]	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]
Vnitřní tepelný odpor	0,13		
Porotherm P+D	2,52	0,365	0,145
Fasádní polystyren	3,08	0,120	0,039
Vnější tepelný odpor	0,04		
Celkový tepelný odpor konstrukce [m²K/W]	5,764		
Součinitel prostupu tepla konstrukce [W/m²K]	0,173		
Celková plocha obvodového zdiva v zóně 1 [m ²]	Sever	19,907	
	Jih	28,782	
	Západ	29,947	
	Východ	26,907	
Celková plocha obvodového zdiva v zóně 2 [m ²]	Sever	14,904	
	Jih	0	
	Západ	0	
	Východ	5,145	

Vnitřní zdivo

Součást	Tepelný odpor [m ² K/W]	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]
Vnitřní tepelný odpor	0,13		
Porotherm P+D	1,04	0,365	0,350
Polystyren	1,28	0,050	0,039
Vnější tepelný odpor	0,04		
Celkový tepelný odpor konstrukce [m²K/W]	2,495		
Součinitel prostupu tepla konstrukce [W/m²K]	0,401		
Celková plocha nosného zdiva mezi zónou 1 a 2 [m ²]	Sever	15,436	
	Jih	0	
	Západ	11,528	
	Východ	0	

Stropní konstrukce

Součást	Tepelný odpor [m ² K/W]	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]
Vnitřní tepelný odpor	0,10		
Sádkartonový podhled	0,06	0,0125	0,220
Minerální vata	5,95	0,2500	0,042
Vnější tepelný odpor	0,04		
Podstřešní prostor	0,06		
Celkový tepelný odpor konstrukce [m ² K/W]	6,210		
Součinitel prostupu tepla konstrukce [W/m ² K]	0,161		
celková plocha stropní konstrukce (zóna 1) [m ²]	202,799		
celková plocha stropní konstrukce (zóna 2) [m ²]	25,338		

Podlahová konstrukce

Součást	Tepelný odpor [m ² K/W]	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]
Vnitřní tepelný odpor	0,17		
Systémová deska	0,57	0,02	0,035
Stabilizovaný polystyren	1,25	0,10	0,040
Betonový potěr	0,04	0,05	1,200
Vnější tepelný odpor	0,00		
Celkový tepelný odpor konstrukce [m ² K/W]	3,28		
Součinitel prostupu tepla konstrukce [W/m ² K]	0,30		
celková plocha podlahové konstrukce (zóna 1) [m ²]	202,799		
celková plocha podlahové konstrukce (zóna 2) [m ²]	25,339		

Okna (zóna 1)				
Orientace	Sever	Jih	Východ	Západ
Celková plocha oken [m²]	1,031	10,650	4,725	17,700
Součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]	1,2			
Dveře (zóna 1)				
Orientace	Sever	Jih	Východ	Západ
Celková plocha dveří [m²]	2,090	0	3,520	0
Součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]	1,2			
Okna (zóna 2)				
Orientace	Sever	Jih	Východ	Západ
Celková plocha oken [m²]	1,500	0	0	0
Součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]	1,2			
Vrata (zóna 2)				
Orientace	Sever	Jih	Východ	Západ
Celková plocha vrat [m²]	0	0	7,350	0
Součinitel prostupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]	1,3			

Tabulka 3.1: Součinitelé prostupu tepla a velikosti ploch objektu

3.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT DOMU ZJEDNODUŠENOU METODOU

Ztráty se z důvodu rozdílných teplot budou zvlášť počítat pro dvě zóny, obytná část a garáž.

Výchozí vzorec pro výpočet tepelných ztrát:

$$\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \cdot f_{\Delta\theta,i} \text{ [W]} \quad (3-4)$$

$f_{\Delta\theta,i}$ [-] činitel pro zohlednění přídatných ztrát místností vytápěných na vyšší teplotu (údaj z tabulky v normě)

Tepelná ztráta prostupem tepla:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \cdot A_k \cdot U_k (\Theta_{int,i} - \Theta_e) \text{ [W]} \quad (3-5)$$

f_k [-] zohledňuje teplotní rozdíl vnitřního a vnějšího prostředí (údaje z tabulky v normě)

A_k [m²] plocha prvku konstrukce (určeno v předchozí kapitole)

U_k [W/(m².K)] součinitel prostupu tepla konstrukce (určeno v předchozí kapitole)

$\Theta_{int,i}$ [°C] výpočtová vnitřní teplota, pro tento případ je rovna 23°C pro obytné části a 16°C pro garáž

Θ_e [°C] výpočtová venkovní teplota, z normy bylo odečteno -12°C

Tepelná větráním:

$$\Phi_{V,i}=0,34 \cdot n_{\min} \cdot V_i \cdot (\Theta_{\text{int},i} - \Theta_e) \text{ [W]} \quad (3-6)$$

n_{\min} [1/h] minimální intenzita výměny vzduchu (dle normy pro obytné místnosti
 $n_{\min} = 0,5$ 1/h)

V_i [m³] objem vytápěného prostoru

Ztráta prostupem tepla

	Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]	Plocha [m ²]	Teplotní korekční činitel [-]	Teplota vnitřní [°C]	Teplota venkovní [°C]	Tepelná ztráta [W]
Obytné prostory	Obvodové zdivo	0,17	105,54	1	23	-12	640,86
	Vnitřní zdivo	0,40	26,96	0,3	23	-12	113,48
	Stropní konstrukce	0,16	202,80	1	23	-12	1143,14
	Podlahová konstrukce	0,30	202,80	0,3	23	-12	648,61
	Okna	1,20	34,11	1	23	-12	1432,46
	Dveře	1,20	5,61	1	23	-12	235,62
Garáž	Obvodové zdivo	0,17	20,05	1	16	-12	97,39
	Stropní konstrukce	0,16	25,34	1	16	-12	114,26
	Podlahová konstrukce	0,30	25,34	0,3	16	-12	64,83
	Okna	1,20	1,50	1	16	-12	50,40
	Vrata	1,30	7,35	1	16	-12	267,54
Celková ztráta prostupem tepla							4808,60

Tabulka 3.2: Ztráta prostupem tepla

Ztráta větráním

	Objem vyrápěného prostoru [m ³]	Intenzita výměny vzduchu [1/h]	Teplota vnitřní [°C]	Teplota venkovní [°C]	Tepelná ztráta [W]
Obytné prostory	436,01	0,4	23	-12	2075,41
Garáž	67,16	0,1	16	-12	63,93
Celková tepelná ztráta větráním					2139,34

Tabulka 3.3: Ztráta větráním

Dosazením obou dílčích ztrát do výchozího vzorce získáme orientační tepelnou ztrátu budovy o velikosti 7kW. Při přesném výpočtu je třeba zohlednit i tepelné zisky, které nároky na otopnou soustavu sníží.

3.4 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY POMOCÍ NKN

Národní kalkulační nástroj vyžaduje pro zadání dalších parametrů. Tyto parametry budou určeny v této kapitole.

Činitel teplotní redukce

Pro zohlednění tepelných ztrát přes nevytápěné místnosti, vytápěné na jinou teplotu a do zeminy se zavádí činitel teplotní redukce, jedná se o poměr rozdílu teplot mezi vytápěným prostředím a prostředím s jinou teplotou k rozdílu teplot mezi vytápěným prostředím a exteriérem.

$$b_i = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3-7)$$

$\theta_{int,i}$ teplota vnitřního vytápěného prostoru

θ_u teplota prostoru vytápěného na jinou teplotu

θ_e teplota exteriéru

Jinou možností je použít hodnoty z ČSN 73 0540-3.

Prvek stavby	b_i [-]
Podlaha přilehlá k zemině	0,49
Stěna mezi obytným prostorem a garáží	0,18
Okna a dveře	1,15

Tabulka 3.4: Redukční součinitel

Celková plocha zóna 1 [m ²]	195,44
Celková plocha zóna 2 [m ²]	25,34
Vnější objem zóny 1 [m ³]	527,22
Vnější objem zóny 2 [m ³]	77,19
Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny 1 [%]	17,30
Podíl vnitřních a obvodových konstrukcí ze zadaného vnějšího objemu zóny 2 [%]	13,00
Typ osvětlovací soustavy	úsporná v celém domě
Účinnost výroby zdrojem tepla	96,4%
Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění	Zóna 1 - 92% Zóna 2 - 88%
Účinnost rozvodů tepla pro vytápění	pro obě zóny 95%
Účinnost příslušného systému distribuce teplé vody	95%

Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy teplé vody	95%
Roční potřeba teplé vody [m³]	45
Propustnost solární radiace průsvitné konstrukce pro kolmý dopad solární radiace	0,7 údaj výrobce oken
Korekční činitel rámu průsvitné konstrukce	0,75 doporučená hodnota NKN

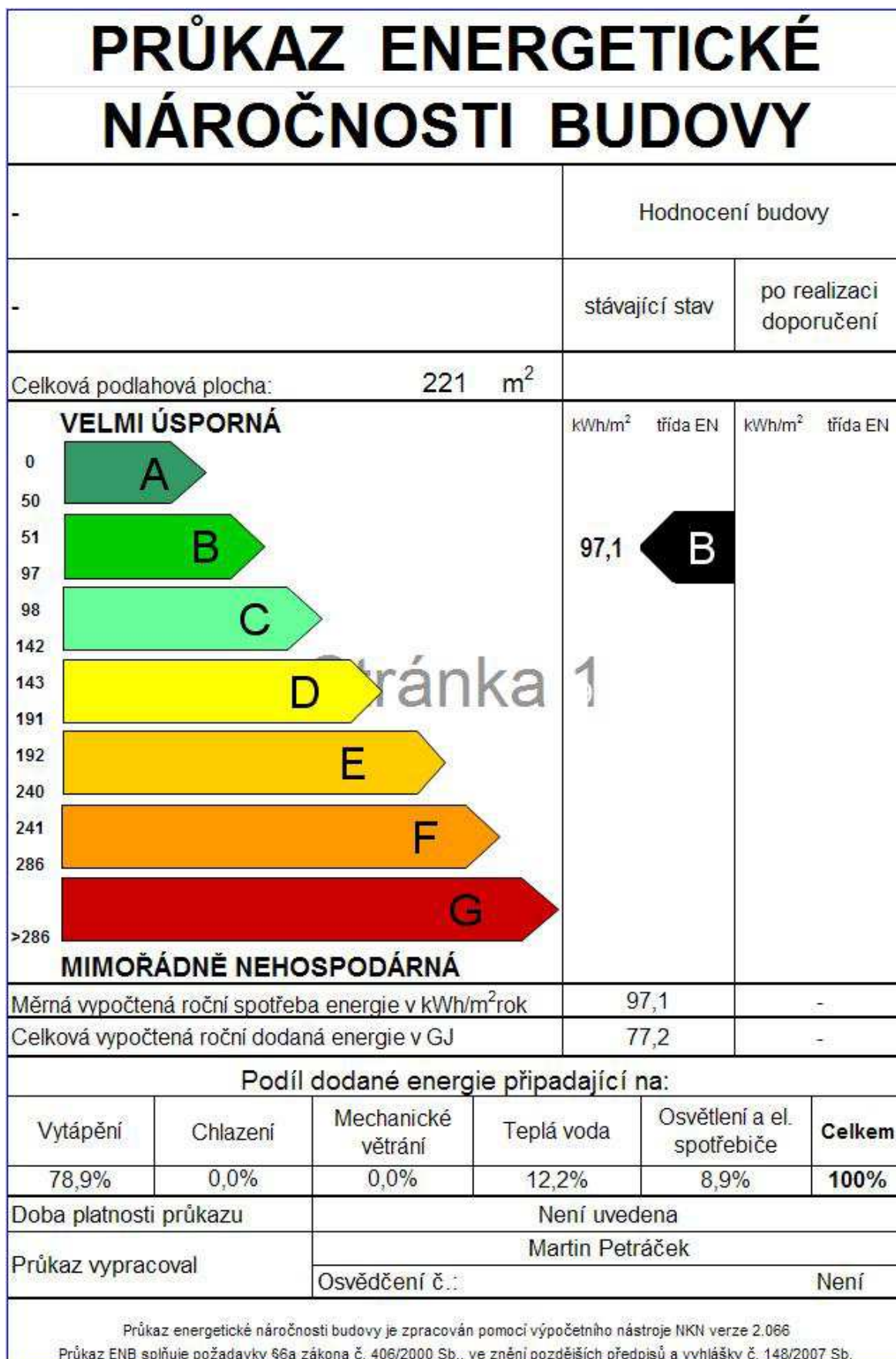
Tabulka 3.5: Ostatní údaje do NKN

Hodnoty ploch a objemů byly odečteny ze stavební dokumentace, spotřeba teplé vody a účinnosti byly určeny přibližně pomocí souboru norem ČSN EN 15 316. Další hodnoty, které bylo potřeba do NKN dosadit, jsou uvedeny v kapitole „Popis objektu“.

3.4.1 Výsledek z programu NKN

Po zadání všech hodnot byl výsledek hodnocení energetické náročnosti následující. Měrná roční spotřeba energie odpovídá 97,1 kWh/(m².rok), což řadí dům do energetické třídy „B“ - úsporná budova.

Celková roční dodaná energie činí 77GJ (21,4MWh). Z toho 16,8MWh je třeba pro zajištění tepelné pohody a 2,6MWh pro přípravu TUV (zbytek připadá na osvětlení). Srovnáme-li součet těchto dvou hodnot (19,4MWh) se skutečnou energií, která byla dodána za jeden rok (22,4MWh), zjistíme, že se údaje poněkud liší. Na rozdíl se podílí mnoho vlivů. Jde především o skutečnost, že NKN využívá pro normový byt výpočtovou vnitřní teplotu 21°C, přičemž ve skutečnosti bylo vytápěno na 23°C. Při zadání skutečné teploty do NKN se změní energetická náročnost výroby tepla pro vytápění a přípravu TUV (bez osvětlení) na 21MWh. Rozdíl oproti skutečné spotřebě se tedy podstatně zmenší. Stejně hodnoty nelze dosáhnout, neboť v domě se topilo teprve prvním rokem, každá topná sezóna je jiná a výpočet NKN je nedokonalý.



Obrázek 3.2: Energetický štítek budovy

3.5 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU

Termokamera umožňuje snímání objektů vyzařující záření o vlnových délkách větších než 770 nm v takzvané infra oblasti spektra, jinými slovy snímá rozložení teplot na povrchu daného tělesa.

Své využití nalézá mimo jiné v elektrotechnice, při měření teplot kontaktů nebo kontrolování fotovoltaických panelů. Další možnost uplatnění termokamer je ve stavebnictví, kde umožňují zkoumat budovy především při hledání tepelných mostů, chyb izolací, detekování vlhkosti, zatékání, plísňe a pronikání vzduchu mezi okolním prostředím a budovou.

Základním prvkem, který umožňuje snímání v infra oblasti, je maticový detektor. Tento detektor obsahuje tepelné senzory. Mohou to být mikrobolometry, reagující na infrazáření změnou teploty a tím změnou svého odporu, nebo foteodpory a fotodiody měnící svou vodivost, u druhého typu je nutné používat chlazení.

Pro správné měření je nutné určit emisivitu měřeného povrchu, což je poměr vyzářené energie měřeného povrchu a vyzářené energie absolutně černého tělesa při stejné teplotě. Tato veličina lze určit několika způsoby. Jedním z nich je odečtením z tabulky, zde je ale požadavek na dobrou znalost materiálů. Nejpřesnější určení je ze známé teploty měřeného povrchu, kdy se emisivita na termokameře nastavuje tak, aby teplota zobrazovaná termokamerou odpovídala skutečnosti.

[7][8]

Na zadaném objektu bylo dne 25. ledna 2013 provedeno orientační měření termokamerou FLIR T335. Měřilo se při zatažené obloze a venkovní teplotě -6°C .

Vzhledem k tomu, že objekt je dobře izolován, bylo nalezeno jen málo míst s tepelnými mosty. Nejslabším místem jsou samozřejmě okna a dveře, což je vidět i na jejich vysokém součiniteli prostupu tepla ve srovnání s jinými konstrukcemi. V okolí těchto prvků jsou patrné tepelné mosty, což je dáno nestejnorodostí materiálů v těchto místech. Zkoumaný dům je nový, dveře a okna, byly tedy instalovány při stavbě. Při pozdějších výměnách během rekonstrukce staršího domu jsou tepelné mosty kolem oken a dveří ještě výraznější. Níže je několik snímků z měření.



Obrázek 3.3: Snímek z měření termokamerou 1



Obrázek 3.4: Snímek z měření termokamerou 2



Obrázek 3.5: Snímek z měření termokamerou 3



Obrázek 3.6: Snímek z měření termokamerou 4



Obrázek 3.7: Snímek z měření termokamerou 5



Obrázek 3.8: Snímek z měření termokamerou 6

3.6 POROVNÁNÍ VARIANT VYTÁPĚNÍ

Pro porovnání různých alternativ systémů vytápění je nutné znát množství energie potřebné pro výrobu tepla, teplé vody a spotřebu elektrické energie. Nabízejí se dvě možnosti k určení tohoto údaje. Jedna z nich je použití výsledků z programu NKN, druhá odečtení hodnot z faktur od dodavatelů plynu a elektřiny u daného domu. Pro výpočet budou použity údaje z NKN (upravené pro skutečnou vnitřní teplotu 23°C), neboť údaje z faktur jsou dostupné pouze pro jeden rok.

Druh energie	Množství [MWh]	Dodavatel	Cena [Kč/rok]
Elektřina	3,928	ČEZ	20 772
Plyn (vytápění)	18,360	RWE	31 331
Plyn (teplá voda)	2,618	RWE	4 468
Celkem (plyn)	20,978	RWE	35 799
Celkem (všechny druhy energie)	24,906		56 571

Tabulka 3.6: Energie spotřebovaná v zadaném objektu

Cena elektřiny určená z ceníku ČEZ 2012, platná pro tarif D02d a jistič v kategorii nad 3x20A do 3x25A včetně, činí 4830,01Kč za 1MWh, pevná měsíční částka je 150Kč.

Přibližný převod spotřeby plynu z m³ na kWh se provádí dle předpisu 1m³ = 10,55kWh. Cena plynu dle ceníku RWE 2012 odpovídá 1,540Kč/kWh, stálá měsíční platba je 292,56Kč.

Uvážíme-li účinnost stávajícího kondenzačního kotle 96,4 procent, můžeme přibližně určit potřebu tepla na vytápění se stávajícím teplovodním systémem a přípravu teplé vody vynásobením spotřeby plynu v MWh s danou účinností.

Množství potřebné energie alternativního zařízení pro vytápění a přípravu teplé vody, spolupracujícího se stávajícím teplovodním systémem, lze poté určit vydělením potřebného tepla účinností tohoto zařízení.

Teplo pro vytápění [MWh]	17,699
Teplo pro ohřev vody [MWh]	2,524
Celkové teplo [MWh]	20,223

Tabulka 3.7: Množství tepla pro vytápění a přípravu TUV se stávajícím teplovodním systémem

3.6.1 Porovnání tarifů pro odběr elektrické energie

V této části je porovnáván tarif Standart D02d, který je využíván pro většinu obytných domů v případě, že nejsou instalovány elektrické přímotopy, boiler, akumulární vytápění nebo tepelné čerpadlo, s dalšími tarify, které mají dvojí tarifní sazbu. Je zde spočítána maximální úspora pro ideální případ, kdy všechny spotřebiče pracují pouze v době nízkého tarifu. Velikost spotřeby pro porovnání je určena ze skutečné spotřeby elektrické energie zkoumaného objektu bez uvažování vytápění a ohřevu teplé užitkové vody.

	Standart D02d	Přímotop D45d	Tepelné čerpadlo D56d
Cena za 1MWh nízkého tarifu [Kč]	4830	2607	2608
Cena elektřiny závislá na spotřebě [Kč]	18972	10239	10243
Pevná částka za 12 měsíců [Kč]	1800	5040	5040
Spotřeba elektrické energie [MWh]	3,928	3,928	3,928
Období [měsíce]	12	12	12
Celková cena [Kč]	20772	15279	15283
Počet hodin nízkého tarifu [hod]	0	20	22
Maximální možná úspora ve srovnání s tarifem Standart D02d [Kč]		5494	5489

Tabulka 3.8: Porovnání různých tarifů pro odběr elektřiny

Ve skutečnosti bude však úspora menší, neboť přístroje nebudou využívány pouze v době nízkého tarifu, ale i v době vysokého s vyšší sazbou, navýší se tak proměnná částka. Následující tabulka ukazuje situaci, kdy je spotřeba rozdělena mezi vysoký a nízký tarif, přičemž nízký tarif je poněkud znevýhodněn, neboť v době špiček spotřeby elektrické energie bývá často aktivní právě vysoký tarif.

	Standart D02d	Přímotop D45d	Tepelné čerpadlo D56d
Cena za 1MWh vysoký tarif [Kč]	4830	3183	2947
Cena za 1MWh nízký tarif [Kč]		2607	2608
Proměnná částka závislá na spotřebě [Kč]	18972	10815	10515
Pevná částka za 12 měsíců [Kč]	1800	5040	5040
Spotřeba elektrické energie VT [MWh]	3,928	1,000	0,800
Spotřeba elektrické energie NT [MWh]		2,928	3,128
Období [měsíce]	12	12	12
Celková cena [Kč]	20772	15855	15555
Počet hodin nízkého tarifu [hod]	0	20	22
Úspora ve srovnání s tarifem Standart D02d [Kč]		4918	5217

Tabulka 3.9: Porovnání různých tarifů pro odběr elektřiny s ohledem na vysoký a nízký tarif

Při vytápění stávajícím plynovým kotlem je elektřina účtována dle tarifu Standart D02d, varianta s tepelným čerpadlem dle Tepelné čerpadlo D56d a pro ostatní alternativy je platný Přímotop D45d.

Srovnání bylo provedeno pro jistič v kategorii nad 3x20A do 3x25A včetně.

3.6.2 Plynový kondenzační kotel – současná varianta

Ve zkoumaném objektu je, jak již bylo zmíněno, nainstalován plynový kondenzační kotel se zásobníkem TUV, zajišťující vytápění i přípravu teplé vody.

Pořizovací cena

Vaillant VU 246/3-5 + VIH R 150 [Kč]	48 711
Orientační cena realizace teplovodní soustavy [Kč]	120 000
Montáž kotle [Kč]	5 000
Komín [Kč]	17 000
Plynová přípojka [Kč]	20 000
Celkem [Kč]	210 711

Další roční náklady

Údržba a kominík [Kč]	1 800
-----------------------	-------

Dle údajů odečtených z tabulky 3.6, roční platby za vytápění jsou 31 331Kč. Náklady na celkový provoz domu 58 371Kč (topení, TUV, elektřina a údržba). Pořízení kotle se zásobníkem teplé vody včetně montáže, komína a realizace teplovodní soustavy, vyjde na 210 711Kč.

3.6.3 Elektrický kotel

První alternativou, která se nabízí, je nahrazení stávajícího plynového kotle elektrickým (při zachování stávajícího teplovodního systému), který bude vytápět dům a zároveň připravovat teplou užitkovou vodu do externího zásobníku. Výkon vhodného elektrického kotle je 12kW a při uvážení účinnosti 98 procent bude pro vytápění spotřebováno 18 060kWh a pro ohřev vody v zásobníku 2 576kWh.

Pořizovací cena

PROTHERM Ray AK 12 K + B120S Elektrokotel + zásobník teplé vody	23 500
Orientační cena realizace teplovodní soustavy [Kč]	120 000
Montáž kotle [Kč]	5 000
Celkem [Kč]	148 500

Náklady na provoz topení

Orientační roční provozní náklady [Kč]	47 082
--	--------

Ostatní náklady

Cena elektřiny na ohřev vody v zásobníku [Kč]	6 714
Cena elektřiny ostatních spotřebičů a roční poplatky za elektřinu [Kč]	15 855
Údržba [Kč]	1 000
Celkem [Kč]	23 569

Provoz topné soustavy s elektrickým kotlem vyjde ročně na 47 082. Při započítání ostatních nákladů je celková roční částka potřebná na provoz domu 70 651Kč. Na pořízení kotle se zásobníkem, teplovodní soustavy a montáž kotelny je třeba vynaložit 148 500Kč.

3.6.4 Přímotopné podlahové vytápění

Tento druh vytápění má velmi podobné vlastnosti, co se týče tepelné pohody, jako stávající teplovodní podlahový systém. Rozdíl je v účinnosti, neboť při teplovodním vytápění vznikají jisté ztráty v rozvodech a v kotli. Temperování garáže bude zajištěno elektrickým konvektorem o příkonu 2000W. Oproti předchozím variantám, je tento systém v podstatě bezúdržbový, díky čemuž odpadají právě náklady na údržbu. Orientační pořizovací cena byla určena pomocí výpočtové pomůcky na webu společnosti Danfoss s.r.o.

Pořizovací cena

Topné kabely, termostaty, montážní materiál [Kč]	76 562
Topení do garáže [Kč]	1 500
Elektrický boiler [Kč]	6 000
Montáž [Kč]	39 000
Celkem [Kč]	123 062

Výše uvedená tabulka 3.7., zobrazuje potřebu tepla pro vytápění a přípravu TUV, za použití stávajícího teplovodního, protože tento způsob je přímotopný a rozvody nebudou využity, bude potřebné množství tepla pro vytápění ještě o 5% nižší z důvodů respektování ztrát v teplovodních rozvodech. Roční potřeba tepla pro vytápění bude tedy 16 814KWh, ohřev TUV je přibližně stejně energeticky náročný jako v předchozím případě. Navržený celkový příkon topných kabelů a konvektoru pro vytápění garáže je 16,06kW.

Náklady na provoz topení

Orientační roční provozní náklady [Kč]	43 834
---	--------

Tato varianta vytápění bude vyžadovat výkonnější hlavní jistič 3x32A, s tím se i zvýší roční poplatky o 1200Kč.

Ostatní náklady

Cena elektřiny na ohřev vody v zásobníku [Kč]	6 714
Cena elektřiny ostatních spotřebičů a roční poplatky za elektřinu [Kč]	17 055
Celkové ostatní náklady [Kč]	23 769

Cena za vybudování topení včetně zásobníku teplé vody činí 123 062Kč, roční náklady na topení 43 834Kč a celkové náklady na provoz domu dosahují až 67 603Kč.

3.6.5 Elektrické sálavé infratopení

Další možností vytápění je použití elektrického sálavého infratopení. Pro zajištění tepelné pohody v zadaném objektu je třeba v domě nainstalovat 12 sálavých panelů o celkovém příkonu 9,93 kW. Zde posloužil pro výpočet pořizovacích a provozních nákladů návrh od společnosti BV TOP s.r.o.

Pořizovací cena

Infratopení [Kč]	118 300
Regulace [Kč]	6 376
Elektrický boiler [Kč]	6 000
Celkem [Kč]	130 676

Náklady na provoz topení

Orientační roční provozní náklady [Kč]	43 422
--	--------

Ostatní náklady

Cena elektřiny na ohřev teplé vody [Kč]	6 714
Cena elektřiny ostatních spotřebičů a měsíční poplatky za elektřinu [Kč]	15 855
Celkové ostatní náklady [Kč]	22 569

Náklady na roční provoz topení jsou 43 422Kč Celkové náklady na provoz domu při vytápění pomocí infratopení činí 65 991Kč. Celková pořizovací cena včetně zásobníku teplé vody je 130 676Kč.

Pokud by byl dům postaven z jiných materiálů, které mají lepší akumulaci schopnosti, například z Izobloku, klesla by tak potřeba topného výkonu z přibližně 52W/m² na 40W/m².

3.6.6 Tepelné čerpadlo

Poslední zkoumanou variantou pro vytápění a ohřev užitkové vody je tepelné čerpadlo. Lze použít čerpadlo země-voda (se zemním kolektorem či vrtem) nebo vzduch-voda. Obě tyto varianty jsou zde zhodnoceny.

V případě nepříznivého počasí, především u čerpadel vzduch-voda, je třeba doplnit tepelné čerpadlo jiným zdrojem, v našem případě to bude elektrokotel. Podíl elektrického kotle bude přibližně 5 procent. Následující tabulka zobrazuje množství potřebné energie pro provoz TČ a elektrokotle, vypočítané hodnoty vychází z tabulky 3.7. V tomto případě bude použit pro odběr elektřiny tarif D56d Tepelné čerpadlo. Pro srovnání byla použita cenová nabídka od společnosti MasterTherm s.r.o.

	Tepelné čerpadlo (podíl 95%)	Elektrokotel (podíl 5%)
Teplo pro vytápění [MWh]	16,814	0,885
Teplo pro ohřev vody [MWh]	2,398	0,126
Celkové teplo [MWh]	19,212	1,011

Tabulka 3.10: Tepelná energie dodaná tepelným čerpadlem a elektrokotlem

3.6.6.1 Vzduch-voda

V systému vzduch-voda může pracovat čerpadlo BoxAir-22I-2012. Topný výkon čerpadla dosahuje 8kW. V případě nízkých venkovních teplot se chybějící topný výkon doplní vestavěným elektrickým kotlem 9kW. Energie potřebná pro provoz TČ se určí vydělením hodnot z tabulky 8 topným faktorem 3 a uvážením účinnosti elektrokotle 98 procent.

	Tepelné čerpadlo (podíl 95%)	Elektrokotel (podíl 5%)	TČ + elektrokotel
Teplo pro vytápění [MWh]	5,605	0,903	6,508
Teplo pro ohřev vody [MWh]	0,800	0,129	0,929
Celkové teplo [MWh]	6,405	1,032	7,437

Tabulka 3.11: Energie potřebná pro provoz tepelného čerpadla vzduch-voda a elektrokotle

Pořizovací cena

Tepelné čerpadlo a zásobník TUV [Kč]	154 100
Montáž včetně dalšího potřebného materiálu [Kč]	41 800
Orientační cena realizace teplovodní soustavy [Kč]	120 000
Celkem [Kč]	315 900

Náklady na provoz topení

Orientační roční provozní náklady [Kč]	16 966
--	--------

Ostatní náklady

Cena elektřiny na ohřev vody v zásobníku [Kč]	2 422
Cena elektřiny ostatních spotřebičů a měsíční poplatky za elektřinu [Kč]	15 555
Celkové ostatní náklady [Kč]	17 977

Pořízení varianty vzduch-voda vyjde na 315 900Kč. Na topení je nutné vynaložit 16 966Kč, na celkový provoz domu potom 34 943Kč za jeden rok.

3.6.6.2 Země-voda

Pro aplikaci země voda lze použít čerpadlo AquaMaster-17Z-2012 s topným výkonem 6,6kW jako zdroj tepla poslouží zemní kolektor. Stejně jako v předchozím případě se i zde čerpadlo při nepříznivých podmínkách doplní elektrickým kotlem. Napájecí energie pro tento systém se určí stejně jako v předchozím případě s tím, že zde je vyšší topný faktor 4.

	Tepelné čerpadlo (podíl 95%)	Elektrokotel (podíl 5%)	TČ + elektrokotel
Teplo pro vytápění [MWh]	4,204	0,903	5,107
Teplo pro ohřev vody [MWh]	0,600	0,129	0,729
Celkové teplo [MWh]	4,804	1,032	5,836

Tabulka 3.12: Energie potřebná pro provoz tepelného čerpadla země-voda a elektrokotle

Požizovací cena

Tepelné čerpadlo a zásobník TUV [Kč]	143 900
Montáž [Kč]	40 800
Práce a materiál zemního kolektoru	52 000
Orientační cena realizace teplovodní soustavy [Kč]	120 000
Celkem [Kč]	356 700

Náklady na provoz topení

Orientační roční provozní náklady [Kč]	13 314
--	--------

Ostatní náklady

Cena elektřiny na ohřev vody v zásobníku [Kč]	1 901
Cena elektřiny ostatních spotřebičů a měsíční poplatky za elektřinu [Kč]	15 555
Celkové ostatní náklady [Kč]	17 456

Díky vyššímu topnému faktoru, jsou náklady na provoz nižší, na topení 13 314Kč a na celkový provoz domu 30 770 Kč za rok. Naopak pořizovací náklady jsou vyšší a to 356 700Kč.

3.6.7 Solární systémy

Jako ekologická podpora systému vytápění či přípravy TUV se nabízí využití solárních systémů. Již výše bylo zmíněno, že využití sluneční energie může snížit náklady na vytápění o 35 procent a náklady na ohřev užitkové vody dokonce o 75 procent. Bohužel vzhledem k tomu, že program dotací Zelená úsporám skončil a současně ceny pořízení a vybudování tohoto systému jsou poměrně vysoké, zde není výhodná návratnost. V blízké budoucnosti bude otevřen program Nová zelená úsporám, který umožní snížit pořizovací náklady.

3.6.8 Kombinace různých systémů

Není nutné pro vytápění používat pouze jeden zdroj tepla. Často je využívána například kombinace elektrického, či plynového kotle s doplňkovým kotlem na tuhá paliva. Spolupráci těchto dvou systémů lze dosáhnout značných úspor především v případě, že je k dispozici levné palivo pro kotel na tuhá paliva. Úspora je však vykoupena často náročnou přípravou paliva a složitější obsluhou kotle.

Pro stanovení pořizovacích nákladů byly mimo jiné použity ceníky a výpočtové pomůcky uvedené v seznamu literatury a informačních zdrojů.

3.7 VYHODNOCENÍ

V předchozí kapitole byly u každého systému řešeny tři hlediska (pořizovací cena, náklady na vytápění a náklady na provoz domu), pomocí kterých budou nyní jednotlivé varianty porovnány.

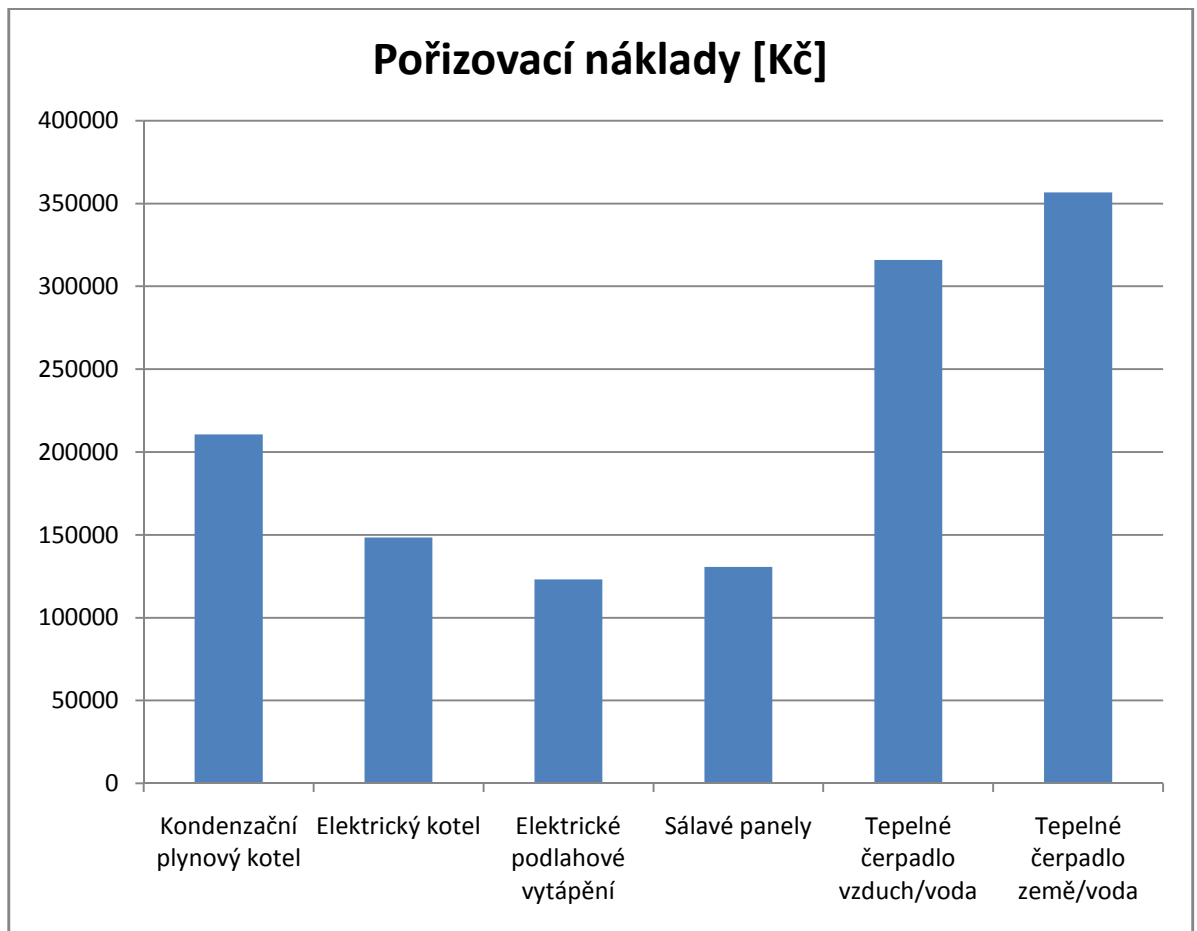
Způsob vytápění	Pořizovací náklady [Kč]	Náklady na vytápění [Kč]	Náklady na provoz domu [Kč]
Kondenzační plynový kotel	210 711	31 331	58 371
Elektrický kotel	148 500	47 082	70 651
Elektrické podlahové vytápění	123 062	43 834	67 603
Sálavé panely	130 676	43 422	65 991
Tepelné čerpadlo vzduch/voda	315 900	16 966	34 943
Tepelné čerpadlo země/voda	356 700	13 314	30 770

Tabulka 3.13: Porovnání systémů vytápění

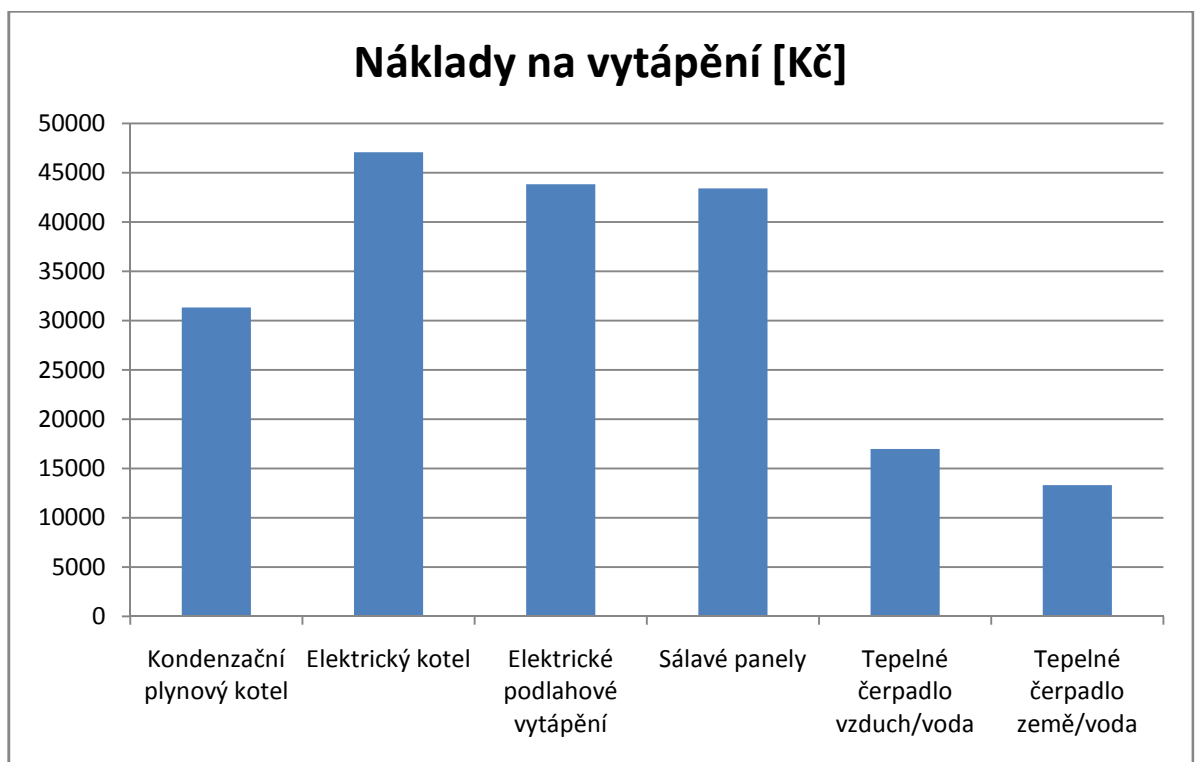
Při porovnání pořizovacích nákladů bylo zjištěno, že nejlevněji lze realizovat přímotopné varianty (elektrické podlahové vytápění a sálavé panely) naopak nejdražší je pořízení tepelného čerpadla.

Z pohledu nákladů na vytápění je situace téměř opačná, kdy je nejnákladnější provoz všech elektrických systémů, kromě tepelného čerpadla, které vychází nejlevněji.

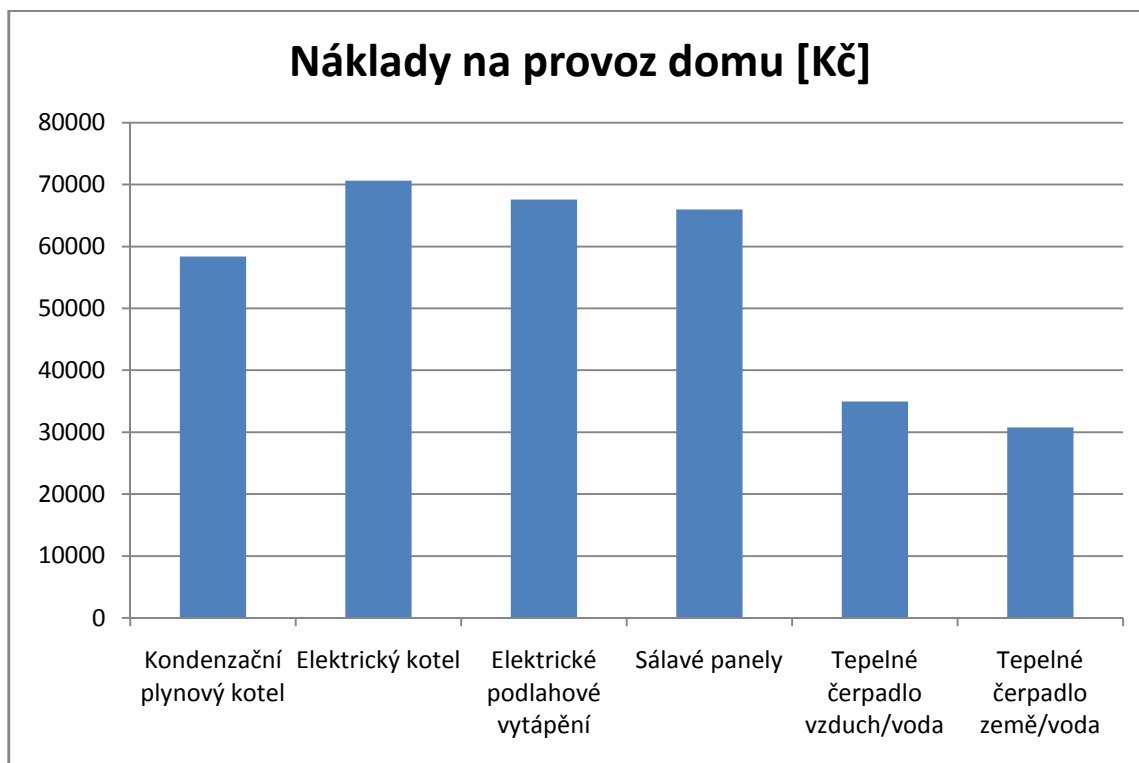
Nejvhodnější je řešit se náklady na celkový provoz domu. Díky výhodnějším elektrickým tarifům není rozdíl mezi plynovým kondenzačním kotlem a elektrickými systémy veliký, nicméně stávající kondenzační kotel je pořád výhodnější. Pokud by byla tepelná ztráta domu ještě nižší, dojde k tomu, že se situace obrátí ve prospěch elektrických systémů. Nejnižší provozní náklady má však pořád varianta s tepelným čerpadlem



Obrázek 3.9: Pořizovací náklady

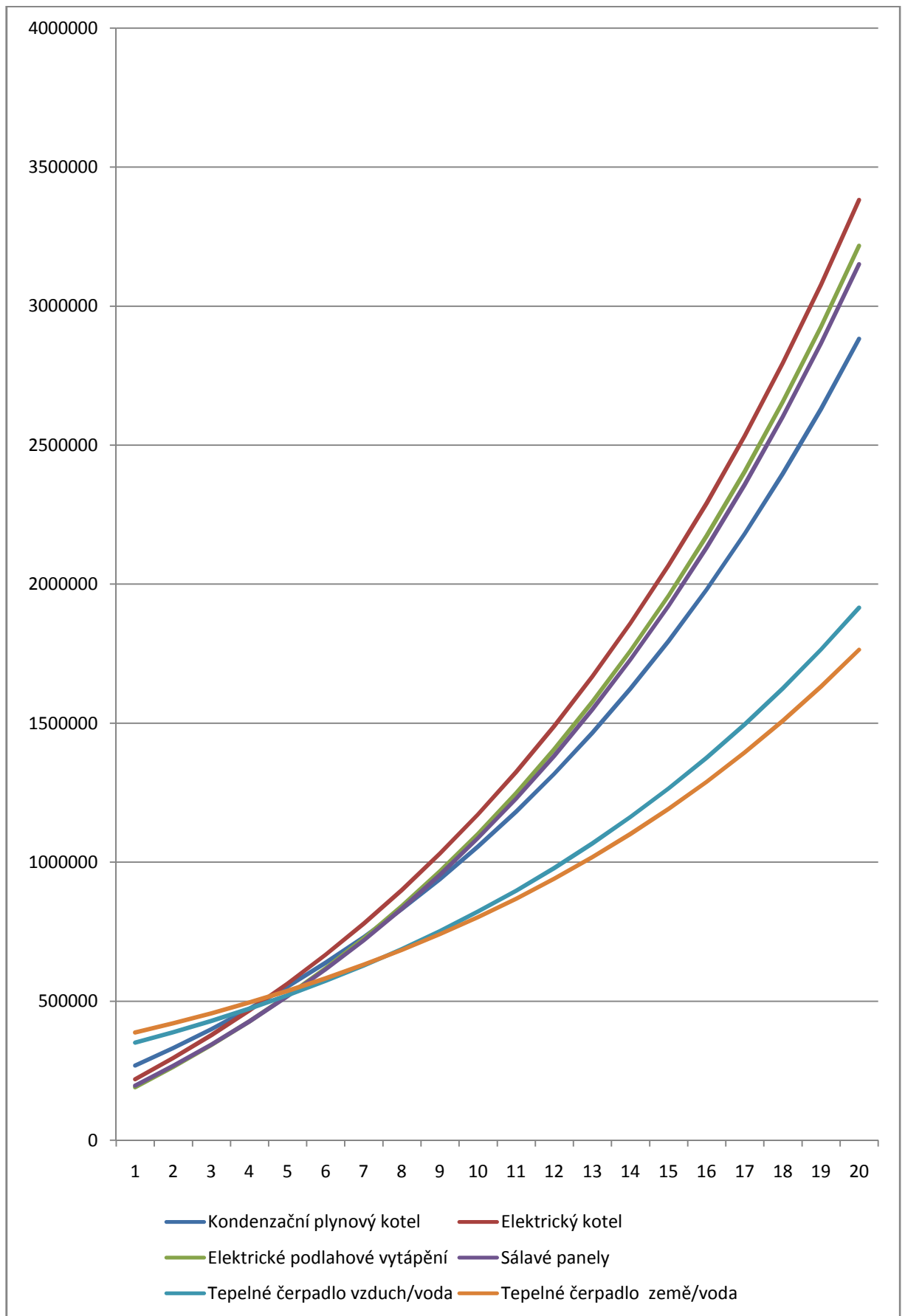


Obrázek 3.10: Náklady na vytápění



Obrázek 3.11: Náklady na provoz domu

Náklady na provoz tepelného čerpadla jsou sice oproti ostatním systémům výrazně nižší, problémem ale může být počáteční vysoká investice. Který systém je potom nejvýhodnější? Na tuto otázku odpoví následující graf, který zobrazuje každoroční přírůstek nákladů na provoz domu s jednotlivými uvažovanými systémy, s uvažováním počátečních investic a meziročním zvýšením cen energií o 8 procent.



Obrázek 3.12: Graf návratnosti investic

ZÁVĚR

Vývoj cen plynu a elektřiny nelze snadno předpovídat, také ceny různých zařízení se mohou měnit, proto porovnání různých systémů v této práci je platné k prosinci 2012.

Všechny varianty, elektrického vytápění s sebou přináší výhodu ve formě získání nízkého cenového tarifu pro odběr elektrické energie, dosáhne se zde tedy úspor v nákladech za provoz ostatních elektrických spotřebičů v domácnosti.

Zkoumané systémy jsou velice efektivní, co se týče účinnosti přeměny energie, nejlépe je na tom tepelné čerpadlo, které dokáže dodat i několikanásobně více tepelné energie, než je dodáno ve formě elektřiny. Přímotopné systémy vynikají v tom, že nedochází ke ztrátám v rozvodech. K menším ztrátám dochází u elektrického a plynového kotle.

Z ekonomického hlediska je nejlepší i přes velké investiční náklady použít tepelné čerpadlo, a to z důvodu již zmíněného nízkého příkonu. Platí zde, že systém s nejvyššími investičními náklady nemusí být nutně celkově nejdražší. Druhou nejlepší variantou je stávající plynový kondenzační kotel, neboť účinnost přeměny energie je srovnatelná s ostatními systémy, cena plynu je nižší než cena elektřiny. Pokud by ale tepelná ztráta domu byla nižší než v případě domu zkoumaného v této práci, bylo by výhodnější použít místo stávajícího plynového některý elektrický systém, protože úspora při provozu ostatních spotřebičů vyváží dražší náklady na topení.

Po ekologické stránce není žádný zkoumaný systém úplně špatný. Elektrické systémy navíc v místě spotřeby neprodukují žádné emise. Menší problém může způsobovat jen případná hlučnost tepelného čerpadla.

Tato diplomová práce nastínila problematiku výběru topného systému pro rodinný dům, nyní je již na zvážení dotyčného investora, který systém je právě pro něj nejlepší.

SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

Knihy:

[1] Velfel, Petr a kol. Energie pro rodinný dům. 1. vydání. Hradec Králové : Paradise Studio, 2010. 173 stran. ISBN 978-80-254-7679-6

[2] Petráš, Dušan a kol. Vytápění rodinných a bytových domů. Bratislava : Vydavatelství Jaga group, s.r.o, 2005. 246 stran. ISBN 80-8076-020-9

[3] Počinková, Marcela a Treuová, Lea. Vytápění. 4. Vydání. Brno : ERA group spol. s.r.o., 2008. 144 stran. ISBN 978-80-7366-116-8

Zdroje na webu:

[4] Vytápění plynem - princip a využití. *Infobydleni.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-11-02]. Dostupné z: <http://www.infobydleni.cz/news/vytapeni-plynem-princip-a-vyuziti/>

[5] Infratopení. *Infratopení REDWAVE.CZ* [online]. 2010. [cit. 2012-11-02]. Dostupné z: <http://www.redwave.cz/>

[6] Elektrické vytápění. [online]. 2013 [cit. 2012-10-09]. Dostupné z: http://www.elektricke-topeni.cz/11,0,Elektricke-vytapeni.html#elektricke_vytapeni

[7] Termokamery. [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z http://web.vscht.cz/kadleck/aktual/mrt_fpbt/laboratore/BMT-priprava_lab_v4.pdf

[8] Stanovení emisivity. *Zobrazování v IR spektru* [online]. [cit. 2013-01-10]. Dostupné z: http://www.infrazareni.wz.cz/92_bezdotykovy/emivity.htm

[9] Typy tepelných čerpadel. *IVT tepelná čerpadla* [online]. 2013 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>

[10] Nejpoužívanější typy tepelných čerpadel. *Vytápění.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-01-15]. Dostupné z: <http://www.vytapeni.cz/odborne-clanky/tepelna-cerpadla-typy>

[11] Úvod. *Hodnocení energetické náročnosti budov, Národní kalkulační nástroj* [online]. 2007 [cit. 2012-12-03]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?page=uvod>

Ceníky:

[12] PROTHERM Ray AK 12K. *Gas.cz* [online]. [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <http://www.gas.cz/product/protherm-ray-ak-12k-kotel-ext-zasobnik-tuv-na-120-l:5566/>

[13] Vaillant VU 246/3-5 + VIH R 150. *Topeni-prodej.cz* [online]. [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <http://www.topeni-prodej.cz/obchod-tzb/eshop/1-1-Plynové-kotle-plynova-topidla/0/5/853-Vaillant-VU-246-3-5-VIH-R-150>

[14] Cena vytápění. *de-vi.cz*: [online]. [cit. 2012-12-29]. Dostupné z: <http://www.de-vi.cz/template.asp?pageindex=119>

[15] Komín pro kondenzační kotel. *Moderní komínové systémy* [online]. [cit. 2012-12-22]. Dostupné z: <http://www.kominy1.cz/komin-keramicky-pro-kondenzacni-kotel-c-392.html>

Obrázky:

[16] Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů. *tzbinfo* [online]. 2004 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>

[17] Inovovaná řada elektrokotlů PROTHERM. *tzbinfo* [online]. 2002 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/961-inovovana-rada-elektrokotlu-protherm>

[18] Podlahové vytápění je nenápadné ale efektivní. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/176907-podlahove-vytapeni-je-nenapadne-ale-efektivni.html>

[19] Tepelná čerpadla pro každého. *tzbinfo* [online]. 2002 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>

[20] Krby rustikální. *Krby Kozák* [online]. 2007 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.krby-kozak.cz/produkty/krby/krby-rustikalni>

[21] Jak vybrat nejúspornější plynový kotel. *Novinky.cz* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/bydleni/tipy-a-trendy/203197-jak-vybrat-nejuspornejsi-plynovy-kotel.html>

[22] Objevujeme přímotopy a sálavé panely do koupelny. *Moderní panelák* [online]. 2012 [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://m.modernipanelak.cz/panelovy-byt/inspirace-a-styl/objevujeme-primotopy-a-salave-panely-do-koupelny>

Normy:

[23] ČSN EN 15 316. *Tepelné soustavy v budovách*. 2010.

[24] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 2005.

[25] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 2005.