

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Průkaz energetické náročnosti budovy**

**vedoucí práce: Prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.**

**autor: Pavel Sauer**

**datum: 6. 5. 2013**

## **Anotace**

Tato diplomová práce je zaměřena na vysvětlení rozdílné energetické náročnosti budov a vyhotovení průkazu energetické náročnosti budovy.

V první části jsou vysvětleny základní pojmy týkající se průkazu energetické náročnosti (PENB). Jsou zde také uvedeny možné způsoby vytápění objektů. Druhá část se věnuje vyhlášce č. 148/2007 o energetické náročnosti budov a normě ČSN EN 12831 pro postup výpočtu tepelných ztrát objektu. Ve třetí části je zkoumán vybraný rodinný dům a vypracován energetický průkaz zaznamenávající současný stav. Čtvrtá část je zaměřena na návrh zlepšení energetické náročnosti tohoto rodinného domu.

Celá práce je zakončena závěrem pro praktické využití.

## **Klíčová slova**

Tepelné ztráty, energetická náročnost budovy, průkaz energetické náročnosti budovy, otopný systém, uhlí, tepelné čerpadlo

## **Abstract**

This master's thesis is focused on the explanation of different energy performances of buildings and the assessment for the energy performance certificate of a building.

In the first part, there is an explanation of basic terms related to the energy performance certificate (EPC). There are also introduced possible ways to heat a building. The second part is dealing with the bill number 148/2007 about the energy performance of buildings and the ČSN EN 12831 norm for the process of determination of the heat losses of a building. In the third part, there is an assessment of a house and the determination of certificate of energy performance of the house in current state. The fourth part is a proposition for improvement of the energy performance of a building.

The entire thesis is concluded with an evaluation for practical use.

## **Keywords**

Heat losses, energy performance of a building, energy performance certificate of a building, heating system, coal, heat pump

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě 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 3.5.2013

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc., za cenné informace a pomoc při zpracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi poskytli užitečné informace a pomohli svými radami.

Také děkuji rodině a přátelům za jejich podporu.

## Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>5</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ</b> .....	<b>7</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV (PENB)</b> .....	<b>9</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY, BILANČNÍ SCHÉMA .....	9
1.2 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY ( PENB) .....	10
1.3 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY .....	13
1.4 OTOPNÝ SYSTÉM.....	14
1.4.1 Palivo otopných systémů.....	14
1.4.2 Tuhá paliva .....	15
1.4.3 Plynná paliva .....	15
1.4.4 Elektrické vytápění.....	15
1.5 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE .....	16
1.5.1 Biomasa .....	16
1.5.2 Energie prostředí, geotermální energie .....	17
1.5.3 Solární energie.....	17
1.5.4 Větrná energie.....	18
1.5.5 Vodní energie.....	18
<b>2 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV, VYHLÁŠKA Č.148/2007</b> .....	<b>18</b>
2.1 ZPŮSOB URČENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV.....	19
2.2 PODROBNOSTI SPLNĚNÍ POŽADAVKŮ NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOVY .....	24
<b>3 MODELOVÝ OBJEKT</b> .....	<b>26</b>
3.1 MĚŘENÍ TERMOKAMEROU .....	30
3.2 URČENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU.....	31
3.2.1 Obálková metoda .....	31
3.2.2 Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé zóny.....	32
3.2.3 Výpočet spotřeby tepla na vytápění.....	36
3.2.4 Stávající otopný systém .....	37
3.2.5 Spotřeba uhlí na topnou sezonu v kotli EKOEFEKT 48 .....	39
3.3 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY .....	40
3.4 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE .....	40
3.5 PENB ZVOLENÉHO OBJEKTU .....	41
<b>4 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU</b> .....	<b>43</b>
4.1 TEPELNÉ ČERPADLO .....	43
4.1.1 Možnosti jímání tepla pro tepelná čerpadla .....	44
4.2 MOŽNÉ VARIANTY ZLEPŠENÍ .....	45
4.2.1 Varianta 1 - Výměna stávajícího kotle za tepelné čerpadlo .....	45
4.2.2 Varianta 2 - Výměna stávajícího kotle za tepelné čerpadlo a dodatečné zateplení objektu.....	48
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>52</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA</b> .....	<b>54</b>
<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>1</b>



## Seznam symbolů

ČR – Česká republika

ČSN – Česká technická norma

EU – Evropská unie

EN – Evropská norma

J – joule

K – Kelvin

kg – kilogram

kW – kilowatt

kWh – kilowatthodina

m<sup>2</sup> – plošný metr

m<sup>3</sup> – prostorový metr

PPS – pěnový polystyren

PENB – průkaz energetické náročnosti budovy

q – metrický cent

Sb. – sbírka

W – watt

°C – stupeň Celsia

## Úvod

Spotřeba energie spojená s provozem budov se podílí na celkové spotřebě primárních zdrojů více než 30%. Proto se nejen u stávajících budov, ale především u nově plánovaných objektů, posuzuje spotřeba energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, provoz domácích spotřebičů atd. V roce 2007 byla přijata vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov, která stanovuje požadavky a způsob hodnocení budov z hlediska spotřeby energie během jejich provozu.

V této práci bude vysvětlen pojem průkaz energetické náročnosti budovy (PENB). Pro vybraný rodinný dům bude určena měrná roční spotřeba energie a objekt bude zařazen do energetické třídy. Při výpočtech tepelných ztrát objektu porovnáme dvě rozdílné varianty jejich zjištění.

V další části práce navrhnu varianty ke snížení energetické náročnosti rodinného domu pomocí zateplení objektu a tepelného čerpadla. Poté zařadím rodinný dům do energetické třídy a porovnáme se současným stavem.

V závěru budou zhodnoceny navrhované varianty vylepšení a stanoveny závěry pro využití v praxi.



# 1 Průkaz energetické náročnosti budov (PENB)

## 1.1 Základní pojmy, bilanční schéma

### Základní pojmy

**Potřeba tepla na vytápění** je teplo, které je třeba dodat vytápěnému prostoru pro zajištění požadované teploty vytápěného prostoru v daném období při ideální otopné soustavě. Do energetické bilance vstupují na jedné straně tepelné ztráty budovy, na straně druhé vnitřní a solární zisky.

**Tepelná ztráta budovy** představuje množství tepla odvedeného za danou dobu z vytápěného prostoru. Velikost tepelné ztráty určují dvě složky:

- 1) tepelná ztráta prostupem (konstrukcemi),
- 2) tepelná ztráta infiltrací (větráním).

**Tepelné zisky** představují teplo vznikající ve vytápěném prostoru, nebo vstupující do vytápěného prostoru z jiných zdrojů než je otopná soustava a systém ohřevu užitkové vody.

Rozlišujeme je na:

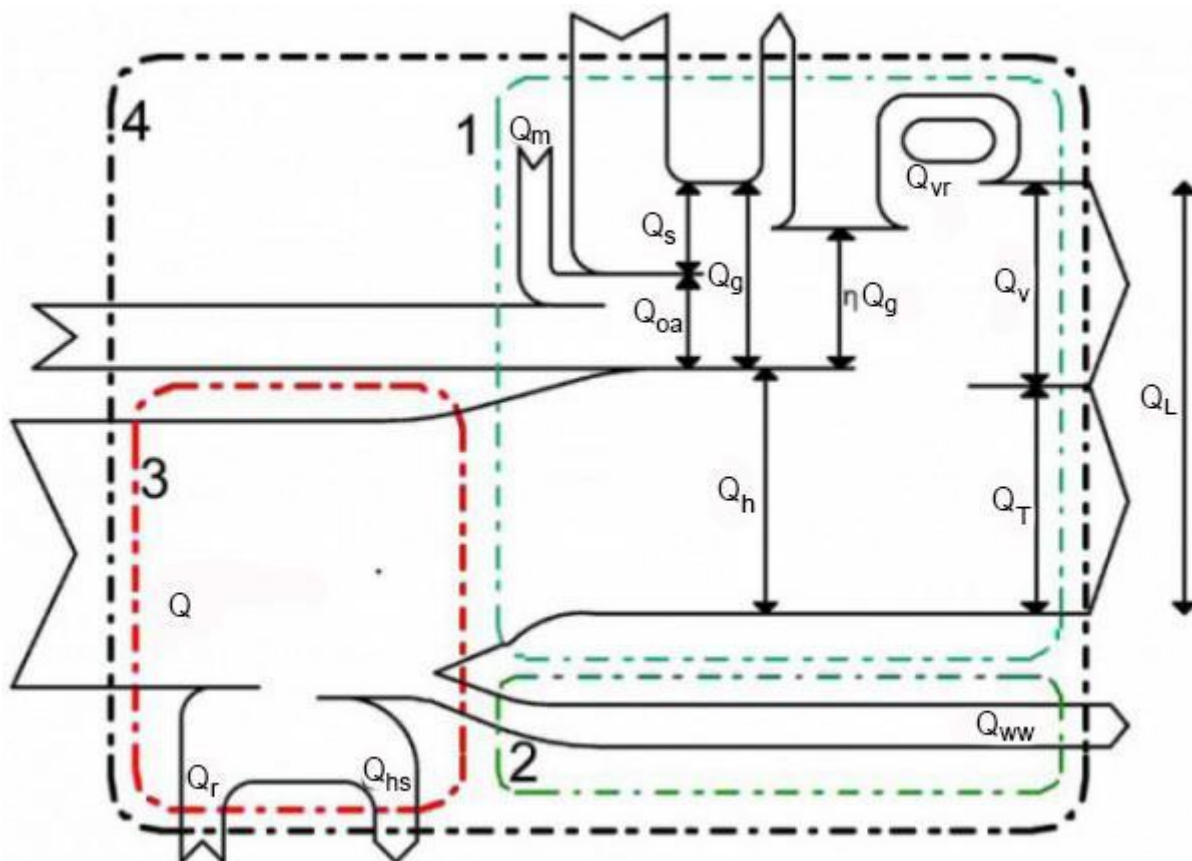
- vnitřní tepelné zisky - teplo vznikající uvnitř budov (osoby, osvětlení, domácí spotřebiče),
- solární zisky - teplo vznikající slunečním zářením, která proniká do budovy okny a pasivními solárními systémy (zimní zahrady, solární stěny).

**Rekuperace tepla** je zpětné využití tepla odváděného z budovy prostřednictvím odpadního vzduchu při větrání, popřípadě z odváděné teplé odpadní vody. V praxi se nejčastěji využívá systém nuceného větrání s rekuperací tepla pomocí rekuperačního výměníku, nebo tepelné čerpadlo, které odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch, případně vodu pro vytápěcí systém.

### Bilanční schéma

Na obrázku č. 1 je znázorněno jednoduché bilanční schéma. Ztráta prostupem tepla  $Q_T$  a výměnou vzduchu  $Q_v$  musí být kompenzována dodanou energií. Kladně se zde projeví zpětně získané teplo z větracího vzduchu  $Q_{VR}$ . Dodaná energie se z části skládá z vnitřních tepelných zisků  $Q_g$ , přesněji řečeno z jejich využitelné části  $\eta Q_g$  - od osob ( $Q_m$ ), spotřebičů ( $Q_{oa}$ ) a proměnlivých pasivních solárních zisků ( $Q_s$ ). Druhá část musí být dodána pomocí otopné soustavy ( $Q_h$ ). Otopná soustava často také řeší ohřev užitkové vody ( $Q_{ww}$ ). Na vstupu do objektu musíme dodat dostatečné množství energie ( $Q$ ) tak, abychom kromě skutečné potřeby pokryli i tepelné ztráty technického systému (únik tepla, nevhodná regulace  $Q_{hs}$ ). V některých případech můžeme využít i nějakou zpětně získanou energii z technologických procesů ( $Q_r$ ). Takovéhle bilanční schéma lze sestavit pro krátký časový úsek, pro jednotlivé měsíce i pro celý rok.

[1]



Obrázek 1.1: Schéma energetické bilance (dle ČSN EN ISO 13790). Označení: 1 - budova, 2 - ohřev, 3 - otopná soustava se zdrojem tepla, 4 - celek

## 1.2 Průkaz energetické náročnosti budovy ( PENB)

Průkaz energetické náročnosti budovy slouží k vyhodnocení energetické náročnosti budovy dle vyhlášky č. 148/2007 Sb., účinné od 1. 7. 2007. Povinnost splnění požadavků na energetickou náročnost budovy je stanovena zákonem č. 406/2006 Sb. (novelizován zákonem č. 318/2012 Sb.) o hospodaření energií a je doložena zpracováním energetického průkazu. Průkaz energetické náročnosti budovy řeší veškeré energie v budově, včetně energetické náročnosti systému ústředního vytápění, přípravy teplé vody, chlazení, klimatizování, osvětlení a případně využití obnovitelných zdrojů energie. Energetická náročnost budovy je vyjádřena množstvím dodané energie. Průkaz vychází z evropské směrnice 2002/91/ES a je zaváděn i v ostatních státech EU. Na základě jednotného postupu států EU se proto v legislativách jednotlivých států zavádějí regulační nástroje. [2]

Dne 19. 9. 2012 byl Poslaneckou sněmovnou ČR schválen zákon č. 318/2012 Sb., který novelizoval dřívější zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Paragraf č. 7a tohoto zákona stanovuje požadavky na vlastníka budovy při vyhotovení průkazu energetické náročnosti. Některé hlavní požadavky zde uvádím:

- (1) Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je povinen:
  - a) zajistit zpracování průkazu energetické náročnosti (dále jen „průkaz“) při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov,
  - b) zajistit zpracování průkazu u budovy užívané orgánem veřejné moci od 1. července 2013 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m<sup>2</sup> a od 1. července 2015 s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m<sup>2</sup>,
  - c) zajistit zpracování průkazu pro užívané bytové domy nebo administrativní budovy:
    1. s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1 500 m<sup>2</sup> do 1. ledna 2015,
    2. s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1 000 m<sup>2</sup> do 1. ledna 2017,
    3. s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 1000 m<sup>2</sup> do 1. ledna 2019.
- (2) Vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek jsou povinni:
  - a) zajistit zpracování průkazu
    1. při prodeji budovy nebo ucelené části budovy,
    2. při pronájmu budovy,
    3. od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy;
  - b) předložit průkaz nebo jeho ověřenou kopii
    1. možnému kupujícímu budovy nebo ucelené části budovy před uzavřením smluv týkajících se koupě budovy nebo ucelené části budovy,
    2. možnému nájemci budovy nebo ucelené části budovy před uzavřením smluv týkajících se nájmu budovy nebo ucelené části budovy;
  - c) předat průkaz nebo jeho ověřenou kopii:
    1. kupujícímu budovy nebo ucelené části budovy nejpozději při podpisu kupní smlouvy,
    2. nájemci budovy nebo ucelené části budovy nejpozději při podpisu nájemní smlouvy.
- (3) Průkaz platí 10 let ode dne data jeho vyhotovení nebo do provedení větší změny dokončené budovy, pro kterou byl zpracován, a musí:
  - a) být zpracován pouze:
    1. příslušným energetickým specialistou,
    2. osobou usazenou v jiném členském státě Evropské unie, pokud je oprávněna k výkonu uvedené činnosti;

- b) být součástí dokumentace při prokazování dodržení technických požadavků na stavby.

Z hlediska posuzování energetické náročnosti budov rozlišujeme osm kategorií. Tyto kategorie se stanoví podle provozu a typu činností v jednotlivých budovách. Vyhláška č. 148/2007 Sb. stanovuje následující požadavek: Požadavky na energetickou náročnost budovy jsou splněny, je-li energetická náročnost hodnocené budovy nižší než energetická náročnost referenční budovy:  $E_{PA} < E_{PA,ref}$ . Třídy energetické náročnosti budov se stanoví dle následujících tabulek pro vypočtenou měrnou spotřebu energie.

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
rodinný dům	< 51	51 – 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 292
bytový dům	< 43	43 – 82	83 -120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 251
hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
administrativní	< 62	62 -123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 -345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
vzdělávací zařízení	< 47	47 – 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
sportovní zařízení	< 53	53 -102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122 - 183	184 -241	242 - 300	301 - 362	> 362

Tabulka 1.1: Třídy energetické náročnosti dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. (v tabulce je uvedena měrná spotřeba energie v kWh/m<sup>2</sup>.rok)

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	velmi nehospodárná
G	mimořádně nehospodárná

Tabulka 1.2: Třídy energetické náročnosti dle vyhlášky č.148/2007 Sb.

### 1.3 Nízkoenergetické domy

Jako nízkoenergetické domy se dle normy ČSN 730540:02 označují budovy s roční měrnou spotřebou tepla na vytápění do 50 kWh/m<sup>2</sup>a. Oproti ostatním budovám mohou mít spotřebu tepla až několikanásobně nižší. Pasivní domy jsou budovy s roční měrnou spotřebou tepla na vytápění nižší než 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Velmi přísný požadavek je také kladen na neprůvzdušnost budovy, kde parametr n<sub>50</sub> nesmí přesáhnout hodnotu 0,6 h<sup>-1</sup> (viz následující kapitoly).

Potřebu tepla na vytápění nejvíce ovlivňuje kvalita zateplení obálky budovy (fasády, střechy, podlahy) a dále pak kvalita oken a dveří. Klíčovým parametrem je také tzv. faktor tvaru budovy, který je určen vztahem:

$$FT=A/V \text{ [m}^2/\text{m}^3\text{]}$$

kde A je plocha obálky budovy [m<sup>2</sup>]  
V je objem budovy [m<sup>3</sup>]

(1.1)

Čím vyšší je faktor tvaru budovy, tím se zvyšuje potřeba tepla při stejné zateplené obálce a stejné podlahové ploše.

Pro dosažení co nejmenší spotřeby tepla na vytápění je také správná orientace domu vůči světovým stranám či umístění budovy na pozemku. Obecně se nízkoenergetické domy orientují prosklenou plochou na jih, aby bylo možno využít solárních zisků v otopném období.

Nízkoenergetický či pasivní dům má několik základních znaků:

- dobrý architektonický návrh,
- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků,
- prosklené plochy jsou orientovány na jih,
- špičkové zasklení,
- nadstandardní tepelné izolace,
- důsledné řešení tepelných mostů,
- regulace vytápění využívající tepelné zisky,
- strojní větrání s rekuperací tepla.

Důležitým parametrem pro posuzování pasivních domů je také celkové množství primární energie. Tato hodnota nám udává potřebu primární energie na vytápění, ohřev teplé vody, větrání, elektrospotřebiče a osvětlení v kWh vztaženou na 1m<sup>2</sup> podlahové plochy budovy za rok. Pasivní dům musí mít celkovou potřebu primární energie do 120 kWh/m<sup>2</sup>a.

Dalším srovnávacím ukazatelem pasivních domů může být měrný tepelný příkon (W/m<sup>2</sup>). Tato hodnota nám udává, jaký musí být příkon topného zdroje pro vytápění, vztažený k ploše vytápěného prostoru. Jedná se o rozhodující hodnotu pro možnost teplovzdušného vytápění domu na odpovídající úrovni. Abychom mohli dům posuzovat jako pasivní, musí pro něj platit, že měrný tepelný příkon musí být maximálně 10,0 W/m<sup>2</sup>.

V praxi se také můžeme setkat s pojmem „nulový dům“. Tímto pojmem označujeme budovy, které mají potřebu tepla blízkou nule (menší než 5 kWh/m<sup>2</sup>a).

[4]

## 1.4 Otopný systém

### 1.4.1 Palivo otopných systémů

Vytápění objektu může být realizováno topidly, která jsou umístěna přímo ve vytápěných místnostech, nebo ústředním vytápěním. Při realizaci ústředním vytápěním je v celém objektu pouze jediné topidlo (kotel) a teplo je do jednotlivých místností rozváděno vhodným médiem, zpravidla vodou.

Topit v objektech lze:

- elektřinou,
- zemním plynem,
- propan-butanem,
- topným olejem,
- uhlím,
- koksem,
- dálkovým teplem,
- dřevem,
- dřevěnými peletkami,
- jinou biomasou,
- tepelným čerpadlem,
- kogenerační jednotkou.

Palivo	Výhody	Nevýhody
zemní plyn	- není potřeba sklad paliva - snadná regulace - ekologický provoz - neomezená dodávka (99 %) - vysoká účinnost	- cena silně závislá na vývoji ceny ropy a kurzu měny
propan – butan	- snadná regulace - vysoká účinnost - není nutná pravidelná obsluha kotle	- nutnost zásobníku - nutnost dovozu paliva
kapalná paliva	- vysoká účinnost - snadná regulace	- vysoká cena - nutnost zásobníku - nutnost dovozu paliva
Uhlí	- nízká cena	- dovoz a skladování paliva - možné problémy s regulací - vynášení popela
Dřevo	- nízká cena - ekologická energie	- dovoz a skladování paliva - časté přikládání paliva - možné problémy s regulací - vynášení popela
Biomasa	- ekologická energie	- dovoz a skladování paliva - vynášení popela
Elektřina	- vysoká účinnost - snadná regulace	- vysoká cena

Tabulka 1.3: Nejpoužívanější druhy paliv, jejich výhody a nevýhody

Palivo	Výhřevnost
Nafta	1kg = 42,6MJ = 11,83kWh
topný olej	1kg = 40,3MJ = 11,19kWh
zemní plyn	1m <sup>3</sup> = 34MJ = 9,44kWh
Bioplyn	1m <sup>3</sup> = 25MJ = 6,95kWh
Dřevo	1kg = 14,6MJ = 4,05kWh
Sláma	1kg = 14,2MJ = 3,9kWh
Koks	1kg = 27,5MJ = 7,6 kWh
černé uhlí	1kg = 25,1MJ = 6,97kWh
hnědé uhlí	1kg = 15,1MJ = 4,19kWh
propan-butan	1m <sup>3</sup> = 46,1MJ = 12,8kWh
Svítiplyn	1m <sup>3</sup> = 14,5MJ = 4,03kWh

Tabulka 1.4: Výhřevnost jednotlivých paliv

## 1.4.2 Tuhá paliva

K nejdůležitějším vlastnostem tuhých paliv patří výhřevnost, zrnitost a obsah vody. Výhřevnost je množství tepla, které se uvolní spálením 1kg paliva. Zrnitostí se rozumí velikost uhlí (od 10mm do 100mm). Kusové uhlí největší zrnitosti se nazývá kostka, střední velikost ořech 1 a malá velikost ořech 2.

V současné době je již odstraněn problém častého přikládání uhlí, neboť moderní kotle mají velkou násypnou šachtu a přikládání uhlí je automatické. K moderním tuhým palivům patří také biomasa.

## 1.4.3 Plynná paliva

Plynná paliva patří k nejrozšířenějším palivům. V současnosti se v domácnostech používá zemní plyn a propan-butan. S rozvojem plynofikace v ČR výrazně stoupla spotřeba zemního plynu a zvýšilo se používání plynových spotřebičů (hlavně automatických kotlů).

Nevýhodou je závislost dodávky zemního plynu ze zahraničí (99% se dováží). Mezi nevýhody propan-butanu patří i jeho potřeba skladování v dostatečně velké zásobě, aby se nemusel příliš často doplňovat.

Nejčastěji se používají zásobníky o objemu 1,2 tuny. Proto jsou pořizovací náklady na vytápění propan-butanem vyšší než při zřizování přípojky na zemní plyn. Vytápění tímto plynem se zřizuje pouze v případě, že není možno zavést přípojku na zemní plyn.

## 1.4.4 Elektrické vytápění

Elektrická energie je dostupná prakticky všude a dá se snadno rozvádět do jednotlivých místností objektu. Velkou výhodou je téměř 100% účinnost přeměny na teplo.

Vytápění elektrickou energií lze rozdělit podle několika hledisek:

- 1) podle pružnosti vytápění:
  - a) přímotopné (konvektory, ventilátory),
  - b) akumulární (elektrická akumulární kamna, podlahové vytápění);
- 2) podle možnosti přemístění zdrojů tepla:
  - a) stabilní (konvektory, kamna, podlahové vytápění, elektrokotle),
  - b) mobilní (konvektory, radiátory, zářiče);
- 3) podle umístění zdroje tepla:
  - a) lokální (topidla, podlahové vytápění),
  - b) centrální (elektrokotle).

Nevýhodou elektrického vytápění je vysoká cena elektřiny (drahé výrobní zařízení a nízká účinnost výroby z hlediska primárního paliva). Vytápění elektřinou by se mělo realizovat v objektech s nízkou tepelnou ztrátou, v nichž nelze použít výhodnější otopný systém.

[5]

## 1.5 Obnovitelné zdroje energie

### 1.5.1 Biomasa

Biomasa obecně je veškerá organická hmota na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Z energetického hlediska je významná pouze energeticky využitelná biomasa. Biomasu můžeme považovat za akumulované sluneční záření, sice s nízkou účinností, zato v podstatě s nulovými ztrátami.

Energetickou biomasu lze dělit do několika kategorií:

- fytomasa - hmota rostlin obecně,
- dendromasa - stromy,
- cíleně pěstovaná biomasa - rychle rostoucí dřeviny,
- biopaliva - pevná, kapalná, plynná,
- odpadová biomasa
  - z rostlinné výroby (sláma, plevy),
  - z živočišné výroby (hnůj, kejda),
  - z těžby a zpracování dřeva (piliny, hobliny),
- biologicky rozložitelný odpad - komunální,
  - průmyslový,
  - splašky z kanalizace.

Biomasu lze zpracovávat různými technologickými procesy:

- mechanické procesy - řezání, drcení, štěpkování, lisování pelet nebo briket, lisování oleje,
- termické procesy:
  - a) spalováním - výroba tepla s následnou možností výroby elektřiny,
  - b) zplynování - výroba generátorového plynu,
  - c) rychlá pyrolýza.



- chemické procesy - esterifikace (výroba metylesteru-bionafty u oleje)
- mikrobiologické procesy - alkoholové kvašení, anaerobní digesce, kompostování

[6]

## 1.5.2 Energie prostředí, geotermální energie

Prostředí, které nás obklopuje (vzduch, voda, půda), má obvykle příliš nízkou teplotu (výjimkou jsou geotermální prameny) a jeho teplo nelze využít přímo. Teplo z tohoto prostředí lze získat pomocí tepelného čerpadla, které převede teplo z nižší teplotní hladiny na vyšší teplotní hladinu.

Velmi důležitým parametrem tepelného čerpadla je topný faktor. Ten vyjadřuje poměr dodaného tepla k množství spotřebované energie. Topný faktor je definován vztahem:

$$\epsilon = Q/E \quad [-]$$

kde  $Q$  je teplo dodané do vytápění [kWh]

$E$  je energie pro pohon tepelného čerpadla [kWh]

(1.2)

Topný faktor se pohybuje v rozmezí od 2 do 5. Závisí na vstupní a výstupní teplotě, typu kompresoru a dalších faktorech.

Zdroje tepla pro tepelná čerpadla:

- 1) Okolní vzduch - tento typ tepelného čerpadla má široké využití. Vzduch se ochlazuje ve výměníku tepla, který je umístěn vně budovy. Jelikož okolní vzduch obsahuje poměrně málo tepla, musí výměníkem procházet velké objemy.
- 2) Odpadní vzduch - teplo je odebíráno vzduchu odváděnému větracím systémem objektu.
- 3) Povrchová voda - využívá se vody v toku nebo v rybníku, která je ochlazována tepelným výměníkem, který je umístěn přímo ve vodě.
- 4) Podpovrchová voda - voda se odebírá za sací studny a po ochlazení se vypouští do druhé studny (potoka).
- 5) Z půdy - jedná se o velmi rozšířený způsob. Půda se ochlazuje tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí. Tento výměník je umístěn ve výkopu v nezamrzající hloubce.
- 6) Hlubinné vrty - využívá se teplo hornin v podloží. Vrty jsou až 120 metrů hluboké a umísťují se v blízkosti stavby.

## 1.5.3 Solární energie

Energie slunečního záření dopadající na zemský povrch lze využít dvěma způsoby:

- a) Přeměna na teplo pohlcováním záření tmavým povrchem. Přes tzv. kolektor je ohříváno médium, které následně ohřívá vodu v zásobníku.
- b) Přímá nebo nepřímá přeměna na elektrickou energii. K přímé přeměně dochází na

fotovoltaických článcích, kdežto k nepřímé přeměně dochází soustředěním slunečních paprsků do ohniska tepelných slunečných elektráren.

### 1.5.4 Větrná energie

Větrná energie je speciální formou sluneční energie. Vzniká při nerovnoměrném ohřívání zemského povrchu, díky čemuž se vytvářejí tlakové rozdíly, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Pomocí větrných elektráren se energie větru přeměňuje na elektrickou energii. Rozlišujeme dva druhy větrných elektráren a to tzv. elektrárny grid-on dodávající energii přímo do rozvodné sítě a elektrárny nezávislé na rozvodné síti, tzv. grid-off.

### 1.5.5 Vodní energie

Vodní energie vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energie je využívána při výrobě elektřiny ve vodních elektrárnách. Zde dochází k přeměně kinetické energie (rychlost a spád vody) a potenciální energie (gravitace a výškový rozdíl) vody. Podle instalovaného výkonu rozlišujeme malé a velké vodní elektrárny. Malá vodní elektrárna je v rámci České republiky definována do instalovaného výkonu 10MW (jsou to především bývalé mlýny a jezy).

## 2 Energetická náročnost budov, vyhláška č.148/2007

Průkaz energetické náročnosti budovy tvoří protokol prokazující energetickou náročnost dané budovy a grafické znázornění tohoto protokolu. Protokol obsahuje vždy:

- a) identifikační údaje budovy (adresa, číslo parcely, údaje o vlastníkovi),
- b) informace o typu budovy,
- c) užití energie v budově,
- d) technické údaje budovy (popis objemů a ploch budovy, tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí, základní vlastnosti energetických systémů, celková energetická náročnost hodnocené budovy, referenční hodnoty atd.),
- e) energetickou bilanci budovy pro standardizované užívání a bilance energie dodané popř. vyrobené budovou nebo z budovy odvedené,
- f) výsledky posouzení proveditelnosti alternativních systémů u nových budov nad 1000 m<sup>2</sup> celkové podlahové plochy,
- g) doporučená opatření pro technicky a ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy (modernizační opatření ve stavební části a v technickém zařízení),
- h) dobu platnosti průkazu, jméno a identifikační číslo osvědčení osoby oprávněné vypracovat průkaz.

Grafické znázornění vždy obsahuje jméno osoby, která průkaz vypracovala, identifikační číslo osvědčení, adresu hodnocené budovy, její typ, barevnou stupnici klasifikačních tříd od A po G. Dále uvádí energetickou náročnost budovy a její zařazení do klasifikační třídy při bilančním hodnocení a poté, co byly navrženy doporučující opatření, měrnou vypočtenou roční spotřebu energie na celkovou podlahovou plochu budovy a měrnou roční spotřebu energie po navržených opatřeních, dodanou energii pro pokrytí jednotlivých dílčích potřeb v procentech a datum doby platnosti průkazu. Grafické vyobrazení je na obrázku 2.1.

<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>					
				Hodnocení budovy	
				stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha: 0 m <sup>2</sup>					
kWh/(m <sup>2</sup> .rok)		<b>VELMI UŠPORNÁ</b>		kWh/m <sup>2</sup>	třída EN
0	A				
42	B				
43	B				
82	C				
83	C				
120	D				
121	D				
162	E				
163	E				
205	F				
206	F				
245	G				
>245	G				
<b>MIMORÁDNĚ NEHOSPODARNÁ</b>					
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> .rok				-	-
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ				0,00	-
Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění a větrání	Chlazení	Mech. větrání	Teplá voda	Osvětlení	Celkem
0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0%
Doba platnosti průkazu				není stanoveno	
Průkaz vypracoval				Není uvedeno jméno zpracovatele EP	
				Osvědčení č.:	Není

Obrázek 2.1 - Grafické znázornění průkazu energetické náročnosti budovy [3]

## 2.1 Způsob určení tepelných ztrát budov

Způsob výpočtu tepelných ztrát budov, resp. jeho přesnost, závisí na projektovém stupni. Norma ČSN EN 12831 stanovuje postup výpočtu tepelných ztrát postupem stěnami a tepelných ztrát infiltrací u všech druhů budov jako podkladu pro dimenzování všech druhů soustav ústředního vytápění a jejich součástí.

**Podklady pro výpočet tepelných ztrát budovy:**

- 1) situační - polohopisný plán (poloha budovy ke světovým stranám, vzdálenost okolních budov, nadmořská výška místa stavby, intenzita větrů),
- 2) půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními rozměry (včetně rozměrů oken a dveří),
- 3) řezy budovy s udáním všech hlavních výšek,
- 4) údaje o materiálu a konstrukci stěn, podlah, stropů,
- 5) údaje o materiálu oken a dveří,
- 6) údaje o teplotách,
- 7) údaje o druhu místnosti.

**Číselné hodnoty pro výpočet****1. Výpočtová venkovní teplota  $\Theta_e$  (°C)**

Za výpočtovou venkovní teplotu  $\Theta_e$  je zvolena průměrná teplota 5 za sebou následujících nejchladnějších dní podle dlouhodobého meteorologického pozorování. Pro území ČR jsou zvoleny tři základní výpočtové teploty  $\Theta_e = -12, -15, -18$  °C.

**2. Teplota sousedních nevytápěných místností  $\Theta_{ie}$  (°C)**

Lze ji zvolit buď podle tabulky, viz příloha 1, nebo ji vypočítat z rovnice:

$$\Theta_{ie} = \frac{\sum(U \cdot S)_i \cdot \Theta_i + \sum(U \cdot S)_e \cdot \Theta_e + 1300 \cdot n' \cdot V \cdot \Theta_e}{\sum(U \cdot S)_i + \sum(U \cdot S)_e + 1300 \cdot n' \cdot V} \quad (^\circ\text{C}).$$

kde	$\Sigma(U \cdot S)_i$	je součet součinů (U.S) pro stěny, kterými nevytápěný prostor sousedí s vytápěnými místnostmi (W.K <sup>-1</sup> )
	$\Sigma(U \cdot S)_e$	je součet součinů (U.S) pro stěny, oddělující nevytápěný prostor od venkovního prostředí (W.K <sup>-1</sup> )
	$n' = n/3600$	je intenzita výměny vzduchu v nevytápěném prostoru (h <sup>-1</sup> )
	n	je intenzita výměny vzduchu (h <sup>-1</sup> )
	V	je objem nevytápěného prostoru (m <sup>3</sup> )
	$\Theta_i$	je vnitřní teplota okolních vytápěných místností (°C)
	$\Theta_e$	je výpočtová venkovní teplota (°C)
	U	je součinitel prostupu tepla (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )

(2.1)

Intenzitu výměny vzduchu v nevytápěných místnostech lze uvažovat:

n=0	u místností sousedících převážně s vytápěnými místnostmi
n=0,5 h <sup>-1</sup>	u místností sousedících zčásti s vytápěnými místnostmi a zčásti s venkovním prostředím bez venkovních dveří
n=1 h <sup>-1</sup>	u místností sousedících zčásti s vytápěnými místnostmi a zčásti s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi
n=1,5 h <sup>-1</sup>	u místností sousedících většinou s venkovním prostředím

**3. Výpočtová vnitřní teplota  $\Theta_i$  (°C)**

Za výpočtovou vnitřní teplotu  $\Theta_e$  je volena tzv. výsledná teplota, která je aritmetickým průměrem teploty vnitřního vzduchu a střední povrchové teploty stěn

ohraničujících vytápěnou místnost. Není-li stanoveno jinak, je výpočtová vnitřní teplota volena dle přílohy 1.

#### 4. Součinitel prostupu tepla $U$ ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ )

S ohledem na požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov by měly hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  odpovídat hodnotám uvedeným v příloze 2.

#### 5. Rozměrové údaje o místnostech

Plochy stropů, podlah, oken a svislých stěn se vypočítávají z vnitřních rozměrů místností. Plochou oken a dveří se rozumí plocha okenních a dveřních otvorů ve stěně.

#### Postup výpočtu

Celková tepelná ztráta místnosti je:

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (\text{W})$$

kde  $Q_p$  jsou tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi  
 $Q_v$  jsou tepelné ztráty větráním  
 $Q_z$  jsou trvalé tepelné zisky

(2.2)

1) Tepelná ztráta prostupem - je to tepelný tok  $Q_p$  (W) procházející v ustáleném stavu stěnou z místnosti do venkovního prostředí nebo do sousední místnosti.

Určuje se dle vztahu:

$$Q_p = Q_o (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (\text{W})$$

kde  $Q_o$  je tepelný tok procházející v ustáleném stavu všemi stěnami místnosti do venkovního prostředí nebo do sousedních místností (W)

$p_1$  je přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn (-)

$p_2$  přírážka na urychlení záhřevu (-)

$p_3$  přírážka na světovou stranu (-)

(2.3)

$Q_o$  se určí ze vztahu:

$$Q_o = U_1 \cdot S_1 \cdot (\Theta_i - \Theta_{e1}) + U_2 \cdot S_2 \cdot (\Theta_i - \Theta_{e2}) + \dots + U_n \cdot S_n \cdot (\Theta_i - \Theta_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} U_j \cdot S_j \cdot (\Theta_i - \Theta_{ej}) \quad (\text{W})$$

kde  $S_1, S_2, \dots, S_n$  je ochlazovaná plocha stěny ( $\text{m}^2$ )  
 $U_1, U_2, \dots, U_n$  je součinitel prostupu tepla ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ )  
 $\Theta_i$  je vnitřní výpočtová teplota vzduchu v místnosti  
 $\Theta_{e1}, \Theta_{e2}, \dots, \Theta_{en}$  je výpočtová teplota prostředí na vnější straně stěny

(2.4)

Přírážka na vyrovnání vlivu chladných stěn  $p_1$  se stanoví ze vztahu:  $p_1 = 0,15 \cdot U_c$  (-)

$$U_c \text{ se stanoví dle vztahu: } U_c = \frac{Q_o}{\sum S_c \cdot (\Theta_i - \Theta_e)} \quad (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1})$$

kde  $Q_0$  je tepelný tok procházející v ustáleném stavu všemi stěnami do venkovního prostředí nebo do sousedních místností (W)  
 $\Sigma S_c$  je celková plocha stěn ohraničujících vytápěnou místnost ( $m^2$ )  
 $\Theta_i$  je výpočtová vnitřní teplota  
 $\Theta_e$  je výpočtová venkovní teplota

$$(2.5)$$

S přírážkou na urychlení záhřevu  $p_2$  se počítá jen u budov, kde ani při nejnižších teplotách nelze zabezpečit nepřerušovaný provoz vytápění.

- $p_2 = 0,1$  při denním vytápění delším než 16 h
- $p_2 = 0,2$  při denním vytápění kratším než 16 h

Hodnotu přírážky  $p_3$  na světovou stranu určuje poloha nejochlazovanější stavební konstrukce v místnosti. U více ochlazovaných konstrukcí rozhoduje poloha jejich společného rohu.

světová strana	J	JZ	Z	S	S	SV	V	JV
přírážka $p_3$	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Tabulka 2.1: Přírážka  $p_3$  na světovou stranu

2) Tepelná ztráta větráním prostoru – je tepelný tok  $Q_v$  a určí se dle vztahu:

$$Q_v = C_v \cdot V_v \cdot (\Theta_i - \Theta_e) \text{ (W)}$$

kde  $C_v$  objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě  $0^\circ\text{C}$   
 $V_v$  objemový tok větracího vzduchu ( $m^3 \cdot s^{-1}$ )  
 $\Theta_i$  je výpočtová vnitřní teplota  
 $\Theta_e$  je výpočtová venkovní teplota

$$(2.6)$$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok  $V_{vP}$  stanoví dle vztahu:

$$V_{vP} = \Sigma(i_{LV} \cdot l) \cdot B \cdot M \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

kde  $\Sigma(i_{LV})$  je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří ( $m^3 \cdot s^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ )  
 $i_{LV}$  je součinitel průvzdušnosti ( $m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ )  
 $l$  je délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří (m)  
 $B$  je charakteristické číslo budovy, viz tabulka  
 $M$  je charakteristické číslo místnosti (-)

$$(2.7)$$

Charakteristické číslo budovy závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy s ohledem na krajinu.

Krajinná oblast	Poloha budovy v krajině	Rychlost větru (m.s <sup>-1</sup> )	Charakteristické číslo budovy B (Pa <sup>0,67</sup> )	
			Řadové budovy	Samostatně stojící budovy
Normální krajina	chráněná	4	3	4
	nechráněná	6	6	8
	velmi nepříznivá	8	9	12
Krajina s intenzivními větry	chráněná	6	6	8
	nechráněná	8	9	12
	velmi nepříznivá	10	12	16

Tabulka 2.2 - Charakteristické číslo budovy B

#### Chráněná poloha

- domy ve vnitřních částech města
- domy s převážně řadovou zástavbou
- domy ze všech stran a v celé výšce chráněny okolím

#### Nechráněná poloha

- domy ve vnitřních částech města značně převyšující okolí
- domy na okraji sídlišť

#### Velmi nepříznivá poloha

- domy v sídlištích s převážně řadovou zástavbou, jestliže značně převyšují okolí
- osaměle stojící domy na březích řek a jezer

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří.

- místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken ( $M = 0,4$ )
- místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken ( $M = 0,7$ )
- místnosti bez vnitřních stěn ( $M = 1$ )
- místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost oken ( $M = 0,5$ )

[7]

Tepelné ztráty, které jsou spojené s přirozeným větráním budov, jsou u novodobých konstrukcí oken a dveří snižovány zdokonalováním těsnosti spár (potlačeno větrání infiltrací pod hygienickou mez). Problematika větrání v místnostech trvale obývanými lidmi je velmi důležitá a vyžaduje pozornost konstruktérů a techniků.

Škodlivinou v bytových prostorech je nejenom vydechovaný vzduch, ale také například formaldehyd z nábytku, radon a radioaktivita ze zdiva či vlhkost v koupelně. Pro dvoupokojový byt obývaný třemi obyvateli by dle výpočtu měly mít okna a dveře průvzdušnost  $i_{LV}=0,62 \cdot 10^{-4}$  (m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>Pa<sup>-0,67</sup>). Mají-li okna a dveře zabudovaná ve stavbě

průvzdušnost menší, tak výměna vzduchu musí být zajištěna jinak, aby byly splněny hygienické požadavky. V oknech jsou například zabudovány větrací elementy nebo seřiditelné kování. [8]

	Druh okna	Součinitel prostupu tepla $k_{OK,N}$ ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )	Součinitel spárové průvzdušnosti $I_{LV,N}$ ( $m^{-3} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-N}$ )
Okna dřevěná	S izolačním sklem reflexním nebo selektivním, plyn	1,45-1,5	0,061.10 <sup>-4</sup>
	Zdvojené s izolačním sklem selektivním a třetím sklem, plyn	1,3	
	Dvojité s izolačním sklem a třetím sklem -vzduch -plyn	1,41 1,2	
Okna a dveře plastová	Okna plastová s izolačním sklem 4/12/4, 4/16/4, 4/18/4. Vzduch	2,51	0,21.10 <sup>-4</sup>
	Okna plastová-argon 4/16/4.	1,3-1,7	
	Dveře plastové-vzduch 6/16/4	2,55-2,6	0,42.10 <sup>-4</sup>

Tabulka 2.3 - Vlastnosti vybraných dřevěných a plastových oken

## 2.2 Podrobnosti splnění požadavků na energetickou náročnost budovy

Měrná spotřeba energie budovy se stanoví dle vzorce:

$$EP_A = 277,8 \cdot EP / A_c \quad (\text{kWh/m}^2 \cdot \text{rok})$$

kde  $E_p$  je vypočtená celková roční dodaná energie (GJ/rok)  
 $A_c$  je celková podlahová plocha ( $m^2$ )

(2.8)

Pro splnění požadavků podle §3 vyhlášky č.148/2007 o energetické náročnosti budov se energetická náročnost referenční budovy stanoví bilančním hodnocením. Při výpočtu se zadávají požadované vstupní údaje uvedené v technických normách zavádějící evropské normy nebo je nahrazující. Dále se pro potřeby vyhlášky stanoví:

a) výpočet potřebné energie:

1. celkový tepelný tok - pro každou zónu budovy a každé výpočtové období se stanoví tepelný tok prostupem pro vnitřní výpočtovou teplotu v budově nebo v zóně budovy. Teplota přilehlého prostoru, prostředí nebo zóny ke konstrukci a vnější teplota se stanoví podle technické normy ČSN 730540-3.

2. tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla

3. sluneční tepelné zisky

b) výpočet dodané energie:

1. dodaná energie na vytápění



2. spotřeba tepelné energie na vytápění VZT jednotkami
  3. dodaná energie na chlazení
  4. spotřeba pracovní energie na vytápění a chlazení
  5. spotřeba pomocné energie na mechanické větrání
- c) spotřeba a výroba energie z kombinované výroby elektřiny a tepla

[3]

### 3 Modelový objekt



Obrázek 3.1 - Modelový objekt

Zvolený objekt je rodinný dům na parcele čp. 203/6 v katastrálním území obce Kdyně. Obec je v Plzeňském kraji, přibližně 10 km od Domažlic. Zvolený objekt se nachází v nadmořské výšce 460 m n. m. v mírném kopci na okraji obce.

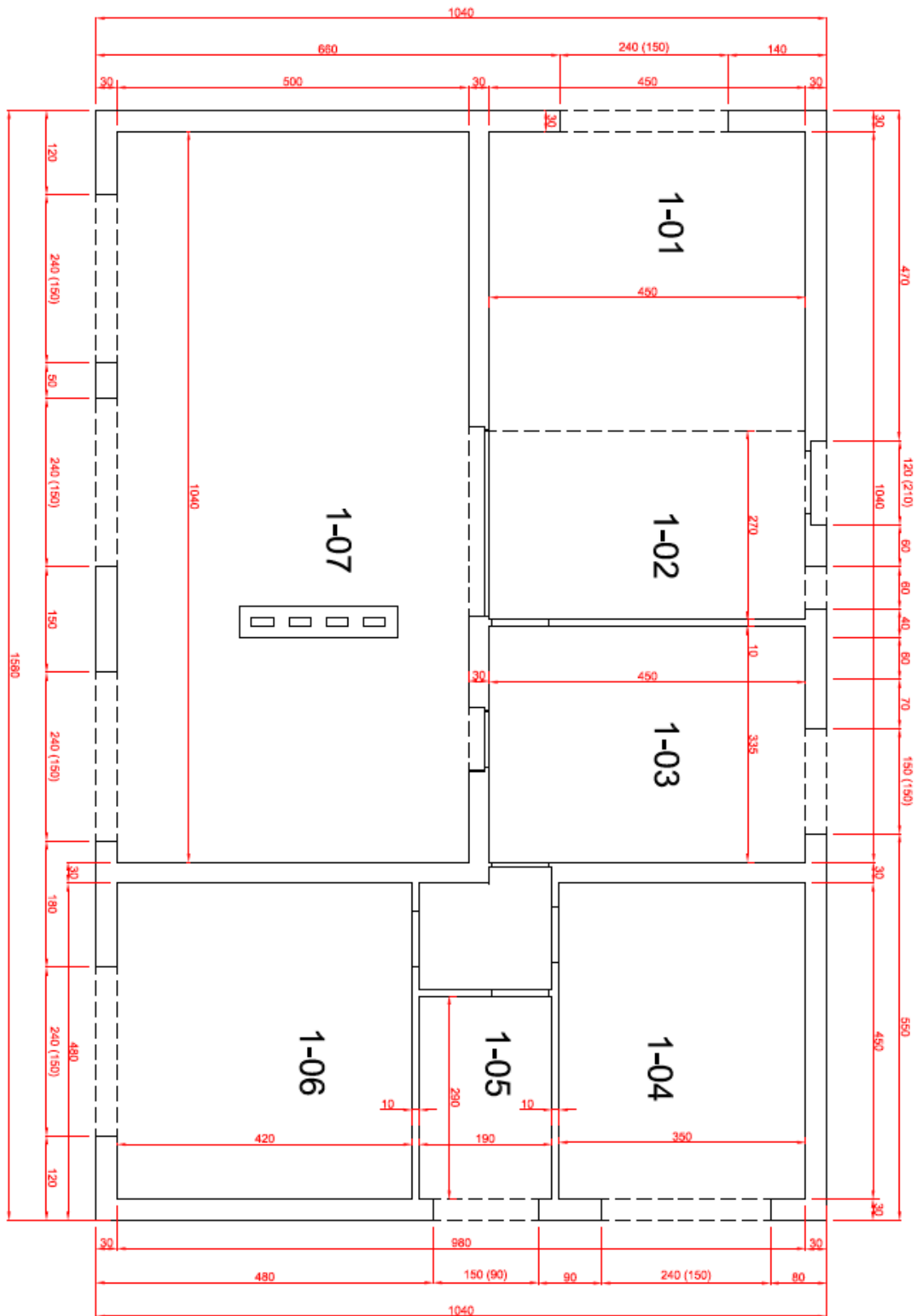
Rodinný dům je celý podsklepen (severní a východní strana je částečně pod zemí), dále má přízemí a první patro. Hlavní vchod je situován na severní stranu. V přízemí je celkem 6 vytápěných místností a velká vytápěná hala, která zasahuje i do 1. patra. V prvním patře je pak dalších 5 vytápěných místností.

Obálka budovy je tvořena podlahovou plochou, obvodovými zdmi a střechou. Obvodová zeď je zhotovena z pórobetonu o tloušťce 30cm. Podlahová plocha mezi sklepem, přízemím a 1. patrem se skládá z těchto vrstev: škvárový zásyp - 0,2m, škvárobeton - 5cm, cihlová hmota - 7cm. Střecha je tvořena z těchto vrstev: prkna - 6,5cm, vzduchová mezera - 45cm, skelná vata - 15cm, plech - 0,6mm. V prvním patře je také vybudována zimní zahrada s prosklenou stěnou na jih a západ. Strop zimní zahrady se skládá z vrstev: prkna - 3,5cm, dřevotřískové desky - 2cm, skelná vata - 16cm, šindel.

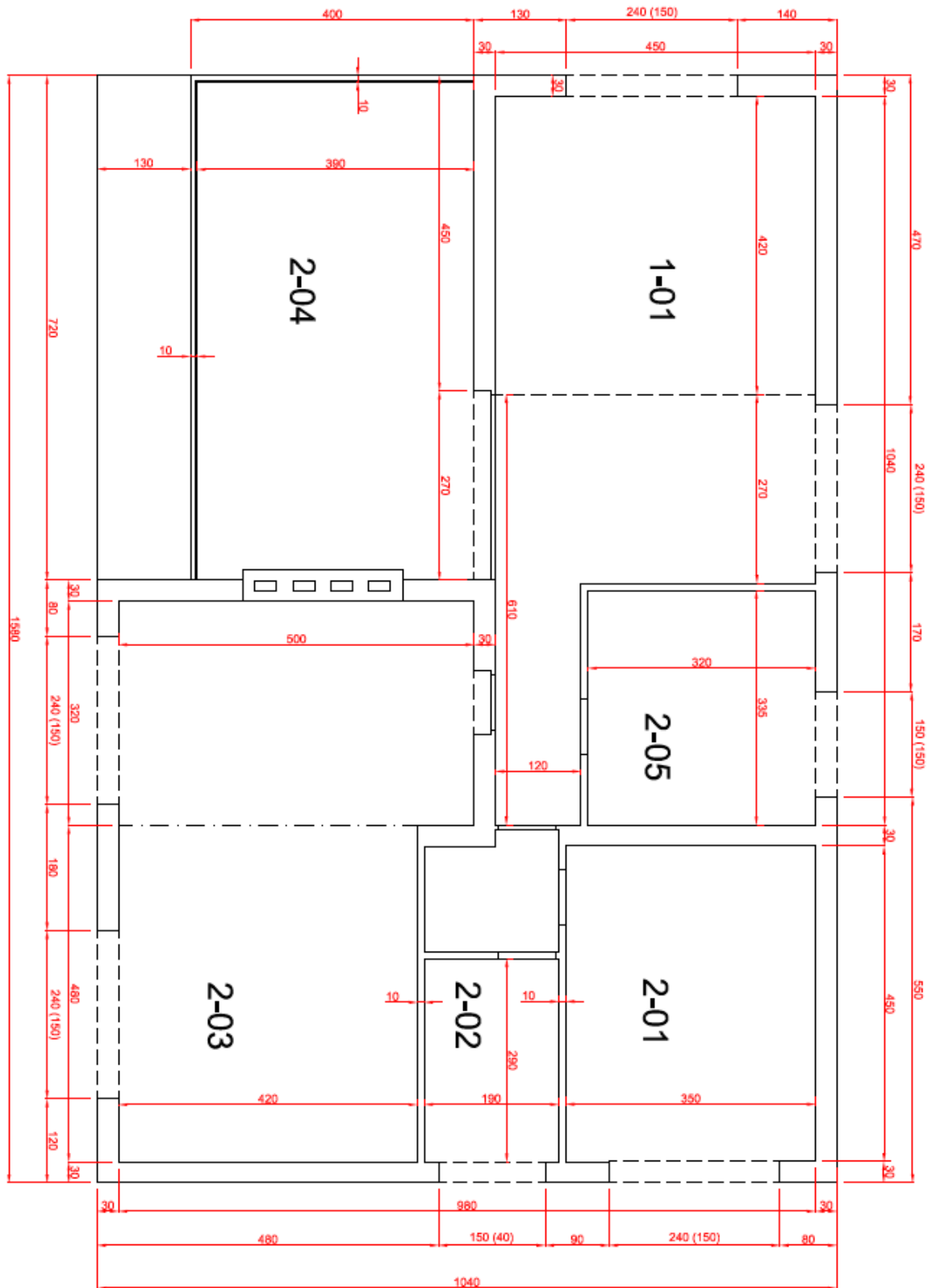
Vnitřní příčky jsou zhotoveny z pórobetonu o tloušťce 30cm. Pouze koupelnové příčky a část kuchyňských mají tloušťku 10cm. Na obálce budovy se také nachází celkem 16 oken. Jedná se okna zdvojená s plastovým rámem a izolačním dvojsklem. Na severní straně jsou také dřevěné dýhované vchodové dveře. Jednotlivé rozměry místností, včetně rozměrů oken a dveří jsou uvedeny v půdorysných nákresech.

Nadmořská výška objektu	460 m n. m.
Celková vytápěná podlahová plocha	248,945 m <sup>2</sup>
Celkový vytápěný prostor	684,328 m <sup>3</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla venkovních zdí	0,61 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla vnitřních příček	0,7/1,7 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla střechy	0,45 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla střechy nad zimní zahradou	0,44 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla podlah	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel oken	1,1 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel stěny zimní zahrady	1,2 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel vchodových dveří	1,2 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel vnitřních dveří	3,5 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>

Tabulka 3.1 - Charakteristické údaje objektu

**Půdorys objektu:**

Obrázek 3.2 - Půdorys přízemí



Obrázek 3.3 - Půdorys 1. patra

### 3.1 Měření termokamerou

Měření termokamerou bylo provedeno dne 16. 2. 2013. Na obrázcích je možno vidět problémová místa objektu v současném stavu. Jsou to především věnce a okna. Tyto místa mají největší prostup tepla.



Obrázek 3.4 - Snímek jižní strany



Obrázek 3.5 - Snímek východní strany

## 3.2 Určení tepelných ztrát objektu

### 3.2.1 Obálková metoda

Pro zvolený objekt jsem spočítal tepelné ztráty obálkovou metodou nejprve bez izolačních úprav. Poté jsem počítal tepelné ztráty pro 3 možné izolační úpravy obvodových zdí (6cm PPS, 10cm PPS, 15 cm PPS). Dále jsem počítal pro všechny 3 varianty i možnost zateplení podsklepené části PPS o tloušťce 5 cm. Střechu bych ponechal bez izolačních úprav.

Výpočtová venkovní teplota	-15°C
Krajinná oblast	krajina s intenzivními větry
Poloha budovy v krajině	Chráněná
Charakteristické číslo budovy:	8
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Výpočtová teplota podsklepené části	-3°C
Vnitřní relativní vlhkost vzduchu	60%
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla venkovních zdí - bez izolace	0,61 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla stropem podsklepené části a přízemím - bez izolace	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla stropem podsklepené části a přízemím - 5cm PPS	0,43 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla venkovních zdí - 6cm PPS	0,3 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla venkovních zdí - 10cm PPS	0,23 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla venkovních zdí - 15cm PPS	0,17 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (mezi přízemím a 1. patrem)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla střechy	0,45 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla střechy zimní zahrady	0,44 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla oken	1,1 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla stěnou zimní zahrady	1,2 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla vchodových dveří	1,2 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>

Tabulka 3.2 - Charakteristické údaje objektu pro obálkovou metodu

Celková plocha podlah	248,945 m <sup>2</sup>
Celková plocha obvodových zdí	289,535 m <sup>2</sup>
Celková plocha oken (U=1,1 W.m <sup>-2</sup> .K)	43,9 m <sup>2</sup>
Celková plocha oken (U=1,2 W.m <sup>-2</sup> .K)	25,185 m <sup>2</sup>
Celková plocha vchodových dveří	2,94 m <sup>2</sup>
Celková plocha střechy (bez zimní zahrady)	133,2 m <sup>2</sup>
Celková plocha střechy zimní zahrady	27,495 m <sup>2</sup>
<b>Celkové tepelné ztráty - bez izolace</b>	<b>23766 W</b>

<b>Celkové tepelné ztráty - 6cm PPS</b>	<b>17859 W</b>
<b>Celkové tepelné ztráty - 10cm PPS</b>	<b>17064 W</b>
<b>Celkové tepelné ztráty - 16cm PPS</b>	<b>16388 W</b>

Tabulka 3.3 - Tepelné ztráty pro různou tloušťku izolace - obálková metoda

### 3.2.2 Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé zóny

Charakteristické údaje obvodových zdí, oken a střechy jsou stejné jako u předešlé metody, viz tabulka 3.2. Jiné údaje budou pouze u vnitřních výpočtových teplot jednotlivých místností. Opět počítám s variantou zateplení podsklepené části.

Název místnosti	hala 1-01
Půdorysná plocha	34,96 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	5/2,55 m
Vytápěný objem	135,45 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	15°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	SZ
Přirážka p3	0,05
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	2
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	2805 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	2076 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	1958 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	1858 W

Tabulka 3.4 - Tepelné ztráty - hala 1-01

Název místnosti	chodba 1-02
Půdorysná plocha	11,7 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	30,42 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	15°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	S
Přirážka p3	0,1
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Počet vchodových dveří	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	494 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	323 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	312 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	303 W

Tabulka 3.5 - Tepelné ztráty - chodba 1-02



Název místnosti	kuchyně 1-03
Půdorysná plocha	15,03 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	39,78 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	S
Přirážka p3	0,1
Infiltrace vzduchu	0,7 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (lino)	1 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	1139 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	820 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	796 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	776 W

Tabulka 3.6 - tepelné ztráty - kuchyně 1-03

Název místnosti	pokoj 1-04
Půdorysná plocha	15,03 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	39,78 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	SV
Přirážka p3	0,05
Infiltrace vzduchu	0,5h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	1209 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	746 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	689 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	641 W

Tabulka 3.7 - Tepelné ztráty - pokoj 1-04

Název místnosti	koupelna 1-05
Půdorysná plocha	5,8 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	15,08 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	24°C
Relativní vlhkost vzduchu	90%
Orientace	V
Přirážka p3	0,05
Infiltrace vzduchu	1 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (ker. dlažba)	1,02 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	688 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	525 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	509 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	495 W

Tabulka 3.8 - Tepelné ztráty - koupelna 1-05

Název místnosti	pokoj 1-06
Půdorysná plocha	18,9 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	49,14 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	JV
Přirážka p3	0
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	1358 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	843 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	784 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	732 W

Tabulka 3.9 - Tepelné ztráty - pokoj 1-06

Název místnosti	obývací pokoj 1-07
Půdorysná plocha	52 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,6 m
Vytápěný objem	135,2 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	JZ
Přirážka p3	0
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	3
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	3959 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	2850 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	2757 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	2677 W

Tabulka 3.10 - Tepelné ztráty - obývací pokoj 1-07

Název místnosti	pokoj 2-01
Půdorysná plocha	15,3 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,55 m
Vytápěný objem	39,03 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	JV
Přirážka p3	0,05
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	1088 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	837W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	781 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	773 W

Tabulka 3.11 - Tepelné ztráty - pokoj 2-01

Název místnosti	koupelna 2-02
Půdorysná plocha	5,8 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,55 m
Vytápěný objem	14,79 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	24°C
Relativní vlhkost vzduchu	90%
Orientace	V
Přirážka p3	0,05
Infiltrace vzduchu	1 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (ker. dlažba)	1,02 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	618 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	551 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	537 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	524 W

Tabulka 3.12 - tepelné ztráty - koupelna 2-02

Název místnosti	obývací pokoj 2-03
Půdorysná plocha	36,16 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,55 m
Vytápěný objem	92,208 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	J
Přirážka p3	-0,05
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Počet oken	2
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (koberec)	0,95 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	2014 W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	1688 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	1615 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	1552 W

Tabulka 3.13 - Tepelné ztráty - obývací pokoj 2-03

Název místnosti	zimní zahrada 2-04
Půdorysná plocha	27,495 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,45 m
Vytápěný objem	67,36 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	15°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	JZ
Přirážka p3	0
Infiltrace vzduchu	0,5 h <sup>-1</sup>
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (ker. dlažba)	1,02 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	1523 W

Tabulka 3.14 - Tepelné ztráty - zimní zahrada 2-04

Název místnosti	kuchyně 2-05
Půdorysná plocha	10,23 m <sup>2</sup>
Výška místnosti	2,55m
Vytápěný objem	26,09 m <sup>3</sup>
Vnitřní výpočtová teplota	20°C
Relativní vlhkost vzduchu	60%
Orientace	S
Přirážka p3	0,1
Infiltrace vzduchu	0,7 h <sup>-1</sup>
Počet oken	1
Teplotní součinitel prostupu tepla podlahy (lino)	1 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
Tepelné ztráty - bez izolace	783W
Tepelné ztráty - 6 cm PPS	682 W
Tepelné ztráty - 10 cm PPS	659 W
Tepelné ztráty - 16 cm PPS	640 W

Tabulka 3.15 - Tepelné ztráty - kuchyně 2-05

Při porovnání obálkové metody a metody výpočtu pro jednotlivé zóny lze vidět veliký rozdíl získaných výsledků.

Tloušťka izolace	Tepelné ztráty - obálková metoda	Tepelné ztráty pro jednotlivé zóny
bez izolace	23766 W	17678 W
5 cm strop + 6 cm PPS	17859 W	13464 W
5 cm strop + 10 cm PPS	17064 W	12920 W
5 cm strop + 16 cm PPS	16388 W	12454 W

Tabulka 3.16 - Porovnání jednotlivých metod pro určení tepelných ztrát objektu

[9]

### 3.2.3 Výpočet spotřeby tepla na vytápění

Díky tomu, že závislost tepelné ztráty na teplotě je lineární, je možno využít pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění vzorec s tzv. denostupni  $D$ , což je vlastně součin počtu dnů, kdy je třeba vytápět, a rozdílu průměrné vnitřní teploty v domě a průměrné venkovní teploty ve vytápěcím období.

Počet denostupňů  $D$  se pak vypočte dle vzorce:

$$D = d \cdot (t_{im} - t_{em})$$

kde  $d$  je počet dnů vytápěcí sezóny  
 $t_{im}$  je průměrná vnitřní teplota (°C)  
 $t_{em}$  je střední venkovní teplota v době vytápěcí sezóny (°C)

(3.1)

U zvoleného objektu je:  $d=247$  dní,  $t_{im}=20^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{em}=3,8^{\circ}\text{C}$ .

Poté:  $D=247 \cdot (20-3,8)=4001,4$

Roční potřeba tepla se pak vypočte dle vzorce:

$$E_V = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D / (t_i - t_e) \quad (\text{Wh})$$

kde  $Q_c$  je výpočtová tepelná ztráta (W)  
 $\varepsilon$  je opravný součinitel (-)  
 $D$  je počet denostupňů (-)  
 $t_i$  je vnitřní teplota (°C)  
 $t_e$  je vnější výpočtová teplota (°C)

(3.2)

Učení součinitele  $\varepsilon$  je možno podle vztahu:

$$\varepsilon = \varepsilon_n \cdot \varepsilon_r \cdot \varepsilon_u \cdot \varepsilon_s \quad (-)$$

kde  $\varepsilon_n$  je součinitel nesoučasnosti (rodinné domy starší = 0,85)  
 $\varepsilon_r$  je součinitel regulace (termostat v referenční místnosti = 1,04)  
 $\varepsilon_u$  je součinitel útlumu teplot (rodinné domy = 0,84)  
 $\varepsilon_s$  je součinitel vlivu otopného systému (teplovodní = 1)

(3.3)

U zvoleného objektu je:  $Q_c$ =dle tabulky 3.16,  $\varepsilon=0,74256$ ,  $D=4001,4$ ,  $t_i=20^\circ\text{C}$ ,  $t_e=-15^\circ\text{C}$ .  
 Poté je roční spotřeba tepla pro zvolený objekt uvedena v následující tabulce.

Tloušťka izolace	Roční spotřeba tepla - obálková metoda	Roční spotřeba tepla - metoda pro jednotlivé zóny
bez izolace	48,422 MWh	36,018 MWh
5 cm strop + 6 cm PPS	36,386 MWh	27,432 MWh
5 cm strop + 10 PPS	34,767 MWh	26,323 MWh
5 cm strop + 16 cm PPS	33,389 MWh	25,374 MWh

Tabulka 3.17 - Roční spotřeba tepla pro jednotlivé metody

[10]

### 3.2.4 Stávající otopný systém

V objektu je nainstalován kotel EKOEFECT 48. Základ kotle tvoří poměrně malá plocha otáčivého roštu. Palivo se při hoření postupně automaticky dávkuje z násypky na rošt. Na roštu pak hoří pouze nejnútnejší množství paliva k momentální potřebě tepla v objektu. Dostatečný přívod vzduchu během spalování zaručuje dokonalé spalování všech látek obsažených v uhlí. Spalování řídí automatická regulace kotle a topný výkon je utlumován postupně. V případě, že není nutno objekt vytápět v průběhu dne, je oheň v topeništi utlumen. Popel padá automaticky do popelníku a stačí ho vybírat jednou do týdne.

Zatápění se provádí pouze na začátku topné sezóny a po 15 minutách dodává kotel do topné soustavy požadovaný výkon. Palivo se doplňuje v závislosti na výkonu kotle. V rodinných domech většinou ručně (jednou za 4 dny) ve výtopnách mechanicky. Během topné sezóny se provádí pouze občasná kontrola jednou za den při plném

výkonu. Účinnost kotle přesahuje 80%, což svědčí o dobré konstrukci a kvalitním spalovacím procesu.

Uhlí s vlastností stáložáru v kotli nevyhasne ani v případě 24 hodinového výpadku elektrické energie a bez zapálení a zásahu obsluhy se automaticky znovu spustí. Při dlouhodobém výpadku elektrické energie může být provoz kotle zajištěn náhradním zdrojem proudu (benzínová centrála do 750W).

Typ	EKOEFEKT 48
jmenovitý výkon	48 W
optimální regulovaný výkon	10-48 kW
spotřeba uhlí	2-12 kg/h
optimální vytápěný prostor	1200 m <sup>3</sup>
účinnost kotle	80-85%
obsah násypky	220 kg
max. teplota topné vody	95°C
hluk kotle	55 dB
Hmotnost	550 kg
výška kotle s násypkou	1600 mm
šířka kotle s násypkou	780 mm
teplota spalin	150 °C-230°C
elektrický příkon/napětí	280W/230V
vodní objem	140 l
doporučené palivo	hnědé uhlí – ořech 2 (zrnitost 5-25mm)
cena (bez DPH)	87 500 Kč

Tabulka 3.18 - Vlastnosti kotle EKOEFEKT 48

[11]

### 3.2.5 Spotřeba uhlí na topnou sezonu v kotli EKOEFECT 48

Průměrnou spotřebu uhlí na výrobu 1kWh určíme ze vztahu:

$$M_{u/1kWh} = 3600 / (Q_n \cdot \eta) = 3600 \text{kJ} / 17600 \text{kJkg}^{-1} \cdot 0,8 = 0,255 \text{ kg/kWh}$$

kde  $Q_n$  je výhřevnost hnědého uhlí (bílina, ořech 2)  
 $\eta$  je účinnost kotle (%)  
 1kWh=3600kJ

(3.4)

Celkovou spotřebu uhlí na topnou sezonu určíme ze vztahu:

$$M_{u/rok} = E_V \cdot M_{u/1kWh} \text{ (kg/rok)} \quad (3.5)$$

Roční spotřeba uhlí pro jednotlivé výpočetní metody a druhy zateplení je uvedena v následující tabulce. Podle poznatků z praxe se ve stávajícím objektu protopí za topnou sezonu okolo 80q hnědého uhlí. Výsledky teoretické metody pro jednotlivé zóny (bez izolačních úprav) se tedy velice shodují s poznatky z praxe.

Tloušťka izolace	Roční spotřeba uhlí - obálková metoda	Roční spotřeba uhlí - metoda pro jednotlivé zóny
bez izolace	123,47 q	91,84 q
5 cm strop + 6 cm PPS	92,78 q	69,95 q
5 cm strop + 10 cm PPS	88,65 q	67,12 q
5 cm strop + 16 cm PPS	85,14 q	64,70 q

Tabulka 3.19 - Vlastnosti kotle EKOEFECT 48



Obrázek 3.6 - Kotel EKOEFECT 48

### 3.3 Příprava teplé vody

U staveb pro bydlení norma ČSN 06 0320 počítá se spotřebou TV na osobu s 0,082 m<sup>3</sup>/den, čemuž odpovídá spotřeba tepla 4,3 kWh/osobu za den. V praxi ovšem bývá spotřeba TV menší. Pro výpočty zde budu ovšem používat údaje dané normou. Pro orientační určení množství tepla pro přípravu TV lze použít následující tabulku.

Parametr	značka	jednotka	Baterie			
			umyvadlo	dřez	sprcha	vana
počet dávek	n <sub>d</sub>	-	3	0,8	1	0,3
objem dávek	V <sub>d</sub>	m <sup>3</sup>	0,03	0,002	0,025	0,025
teplo v dávkách	E <sub>d</sub>	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
součet objemu dávek	V <sub>2p</sub>	m <sup>3</sup>	0,082			
součet tepla v dávkách	E <sub>2p</sub>	kWh	4,3			

Tabulka 3.20 - Potřeba TV pro 1 osobu a den v bytovém objektu.

[10]

Pro svůj zvolený objekt jsem vycházel z následujících hodnot. Roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody činí pro dvě osoby:

$$E_{TV} = 4,3 \cdot 2 \cdot 365 = 3139 \text{ kWh} \quad (3.6)$$

### 3.4 Spotřeba elektrické energie

Náklady na provoz spotřebičů a umělého osvětlení nejsou zanedbatelné. Na celkové spotřebě se podílejí asi 10%. Spotřeba elektrické energie je přímo úměrná součinu instalovaného výkonu a době provozu spotřebičů. Pro snížení nákladů na umělé osvětlení můžeme například vyměnit stávající žárovky za kompaktní zářivky, které mají až pětkrát menší příkon při stejném světelném výkonu. Domácí spotřebiče posuzujeme podle energetické třídy. Zařazení do energetických tříd A až G značí energetickou výhodnost spotřebičů. Energetická třída je údaj, který musí být vyznačen na energetickém štítku. Tento štítek je například na pračkách, ledničkách a podobných zařízeních.

Při výpočtu spotřeby elektrické energie na osvětlení a provoz spotřebičů jsem uvažoval přibližnou dobu průměrného ročního provozu, viz tabulka 3.21.



Zařízení	Příkon [kW]	Počet hodin provozu/rok	Spotřeba energie [kWh/rok]
osvětlení	1,942	1500	2913
mikrovlnná trouba	1,2	60,83	72,99
mrazák	-	-	365
lednice	-	-	318
varná deska	2,4	365	876
myčka	2,3	104	239,2
el. trouba	1,8	52	93,6
pračka	2,4	104	249,6
televize	0,390	1460	569,4
<b>Celková spotřeba:</b>			<b>5696,79 kWh</b>

Tabulka 3.21 - Spotřeba elektrické energie

### 3.5 PENB zvoleného objektu

Pro stávající stav hodnoceného objektu jsem vypracoval dva průkazy energetické náročnosti. První průkaz vychází z hodnot obálkové metody pro určení tepelných ztrát objektu. Jelikož u této metody vychází větší roční tepelné ztráty než u druhé metody, tak budova spadá do třídy E - nevhodná. U druhé metody jsem počítal roční tepelné ztráty metodou pro jednotlivé zóny. Podle výsledků spadá hodnocená budova do třídy D - nevyhovující.

<b>Roční tepelné ztráty</b>	$E_v = 48422 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{El} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 206,128 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 230,02 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	E – nevhodná

Tabulka 3.22 - Hodnoty hodnocené budovy - obálková metoda

<b>Roční tepelné ztráty</b>	$E_v = 36018 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{El} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 161,473 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 180,19 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	D – nevyhovující

Tabulka 3.23 - Hodnoty hodnocené budovy - metoda pro jednotlivé zóny

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Rodinný dům Herštyňská 558, 345 06. Kdyně Celková podlahová plocha: 248,945 m <sup>2</sup>			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			230,02	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			206,128	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
84,6 %	0 %	0 %	9,9%	5,5 %
Doba platnosti průkazu		do 9. 4. 2023		
Průkaz vypracoval: Pavel Sauer		Osvědčení č.		

Obrázek 3.7 - PENB - obálková metoda

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Rodinný dům Herštyňská 558, 345 06. Kdyně Celková podlahová plocha: 248,945 m <sup>2</sup>			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			180,19	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			161,473	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
80,3 %	0 %	0 %	12,7%	7 %
Doba platnosti průkazu		do 9. 4. 2023		
Průkaz vypracoval: Pavel Sauer		Osvědčení č.		

Obrázek 3.8 - PENB - metoda pro jednotlivé zóny

## 4 Návrhy na zlepšení aktuálního stavu

Tato kapitola se zabývá možnými variantami na zlepšení energetické náročnosti hodnocené budovy. Jelikož v obou variantách budu počítat s využitím tepelného čerpadla, v kapitole 4.1 uvedu další informace týkající se problematiky tepelných čerpadel.

### 4.1 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňuje odnímat teplo z okolního prostředí (voda, vzduch, půda) a převádět ho na vyšší teplotní hladinu a následně ho využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody. Pro přečerpání odebraného tepla na vyšší teplotní hladinu, tedy pro provoz tepelného čerpadla, je třeba dodat určité množství energie, která pohání kompresor. Tepelné čerpadlo spotřebovává přibližně jednu třetinu svého výkonu ve formě elektrické energie. Zbývající dvě třetiny tvoří teplo, které je odnímáno z ochlazované látky.

Pro porovnání provozu jednotlivých tepelných čerpadel slouží tzv. topný faktor. Většinou se hodnota topného faktoru pohybuje v rozsahu 2,5 - 4. Matematicky topný faktor udává poměr získané tepelné energie a spotřebované elektrické energie. Pokud tedy například bude topný faktor roven 4, tak dodáním 1 kWh elektrické energie získáme 4 kWh tepelné energie. Okamžitá hodnota topného faktoru se neustále mění podle provozních podmínek, a proto se pro celkové hodnocení používá tzv. provozní (průměrný) topný faktor za celou topnou sezonu.

Topný faktor příznivě ovlivňuje:

- co největší teplota nízkoteplotního zdroje - nejvýhodnějším primárním zdrojem je voda,
- co nejnižší teplota teplonosné látky - topné vody nebo vzduchu v topné soustavě,
- vhodné fyzikální a chemické vlastnosti chladiva,
- dobré konstrukční provedení tepelného čerpadla.

Tepelné čerpadlo je schopno ohřívat topnou vodu většinou maximálně na 50 - 55°C. S rostoucí teplotou klesá topný faktor a rostou náklady na provoz. Tepelný spád pro běžné soustavy s otopnými tělesy (radiátory) je v současné době 75/65°C (75°C je teplota ohřívání vody z kotle, 65°C je teplota ochlazované vody). Při projektování je tedy potřeba navrhnout otopná tělesa s ohledem na nízkoteplotní soustavu s tepelným čerpadlem, např. teplotní spád 55/45°C. Při snížení tepelného spádu musíme použít větší otopná tělesa, čímž se ovšem zvyšují i investiční náklady. Proto se v novostavbách, kde se počítá s využitím tepelného čerpadla, instaluje podlahové nebo stěnové vytápění, kde se teplota topné vody pohybuje okolo 40°C. Pokud se rozhodneme při montáži tepelného čerpadla i pro dodatečné zateplení objektu, tak poznatky z praxe dokazují, že pro tepelný spád tepelného čerpadla vyhovují původní otopná tělesa (např. litinové články). Tato tělesa byla totiž navržena na nezateplený objekt a jsou navíc většinou předimenzována.

Potřebný výkon tepelného čerpadla pro zvolený objekt volíme podle vypočtených tepelných ztrát. Celý výkon podle výpočtu je ovšem třeba dodávat pouze při nejnižších venkovních teplotách, které trvají jen několik dní v roce. Proto se tepelné čerpadlo navrhuje pouze asi na 60% krytí tepelných ztrát. Jedním z důvodů je, abychom

zbytečně nemuseli instalovat dražší čerpadlo o vyšším výkonu a druhým důvodem je, že předimenzováním čerpadla zkrátíme jeho životnost. Pro pokrytí celých tepelných ztrát se používá spolu s tepelným čerpadlem druhý zdroj tepla (plynový nebo elektrický kotel). Při nižších venkovních teplotách dochází k automatickému sepnutí druhého zdroje. Toto zapojení se nazývá bivalentní. [12]

#### 4.1.1 Možnosti jímání tepla pro tepelná čerpadla

- 1) **Hlubkové vrty** - teplo je odebíráno ze sondy (polyetylenový materiál), která je umístěna do předem provedeného vrtu. Délka sondy je závislá na velikosti topného výkonu stroje a na ostatních potřebách tepla v domácnosti. Důležité je také znát charakter podloží. Je-li v podloží velký výskyt spodní vody, lze vyvrtat zhruba o polovinu kratší vrt než pro tepelné čerpadlo, kde je velmi suché podlaží. Délka vrtů se pohybuje obecně v řádech desítek metrů a je-li potřeba větší délka než 120 metrů, provádí se několik vrtů vedle sebe.

##### Výhody / nevýhody:

- + stabilní teplota zdroje tepla (teplota se po celý rok prakticky nemění), tím není ovlivněna spotřeba elektrické energie venkovní teplotou
- poměrně vysoké pořizovací náklady na zhotovení vrtů
- nepořádek spojený se zhotovením vrtů
- neustálým ochlazováním vrtu dochází k jeho postupnému promrzání a tím se dlouhodobě snižuje výkon tepelného čerpadla

- 2) **Zemní kolektor** - princip je naprosto stejný jako u hlubkových vrtů, zde ovšem není proveden vrt, ale PE trubka je položena vodorovně v metrové hloubce pod úrovní terénu. Sonda tvoří uzavřený okruh, v němž koluje nemrznoucí směs. Délka sondy je závislá na velikosti topného výkonu stroje a na ostatních potřebách tepla v domácnosti. Dimenzovaná délka je v rozmezí 15 - 40W/m, záleží opět na charakteru podloží.

##### Výhody / nevýhody:

- + nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrty
- potřeba dostatečně velkého pozemku
- na ploše, kde je uložen kolektor nelze stavět žádné objekty
- neustálým ochlazováním zemního kolektoru dochází v zimních měsících k jeho promrzání a tím snižování výkonu

- 3) **Povrchová voda** - zde se používá obdoba zemního kolektoru, tedy uzavřený okruh s nemrznoucí směsí. Tento okruh je umístěn pod vodní hladinu. Dimenzování délky v tomto případě je závislé na charakteru vody (rybník, řeka).

##### Výhody / nevýhody:

- + nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrty
- omezení na lokality s dostatkem povrchové vody

- 4) Spodní voda** - tento systém pracuje na principu přečerpávání vody z jedné studny (čerpací) do druhé (vsakovací). Tyto studny musí být od sebe vzdáleny minimálně 15 metrů. Odčerpaná voda se pak vrací jako spodní voda zpět ze vsakovací studny do čerpací. Hloubka vrtů závisí na hladině spodní vody. Obvykle je mezi 5 až 15 metry. Důležitým faktorem pro návrh čerpadla je také množství vody, které lze ze studny získat.

Výhody / nevýhody:

- + nižší pořizovací náklady ve srovnání s vrty
- požadavky na kvalitu, teplotu a dostatečné množství vody
- venkovní část dále vyžaduje pravidelnou údržbu (čištění filtru) a je náchylnější na poruchy

- 5) Vzduch** - tepelné čerpadlo v tomto případě odebírá teplo ze vzduchu. Je možné odebírat teplo z venkovního vzduchu nebo z odpadního vzduchu, který má větší teplotu a účinnost tepelného čerpadla je tím větší.

Výhody / nevýhody:

- + tepelné čerpadlo lze použít prakticky ve všech případech bez omezení místními podmínkami (velikostí pozemku, nemožností zhotovení vrtů, atd.)
- + instalace nevyžaduje žádné zásahy do okolního prostředí (vrty, výkopové práce, atd.)
- +/- vyšší pořizovací cena samostatného tepelného čerpadla, ale nejsou vyžadovány žádné další náklady (výkopové práce, vrty, atd.) - podle místních podmínek tedy může být celková výše nákladů nižší než při budování vrtů
- hluk venkovní jednotky s ventilátorem může v některých případech způsobovat problémy.
- výkon tepelného čerpadla klesá s venkovní teplotou, a to mnohem výrazněji než u ostatních provedení - tím narůstá spotřeba elektrické energie a mírně se zvyšují náklady na provoz.

[13]

## 4.2 Možné varianty zlepšení

### 4.2.1 Varianta 1 - Výměna stávajícího kotle za tepelné čerpadlo

Pro vybraný objekt bych zvolil čerpadlo typu země-voda, provedením pomocí hloubkových rtů. Pro tento typ čerpadla jsem se rozhodl z následujících důvodů:

- 1) Pozemek přiléhající k domu není dostatečně veliký pro uložení zemního kolektoru.
- 2) Stávající studna by nedokázala nejspíše zajistit dostatečné množství vody pro tepelné čerpadlo typu voda-voda. Navíc voda ve studni je značně tvrdá, což by čerpadlo tohoto typu také značně zatěžovalo.
- 3) Čerpadlu vzduch-voda klesá při nižších venkovních teplotách topný faktor, kdežto u hloubkových vrtů je topný faktor prakticky konstantní po celý rok.

### 4.2.1.1 Obálková metoda

Pro stávající stav bez tepelné izolace jsou tepelné ztráty určené obálkovou metodou 23766W. Tepelné čerpadlo je navrženo přibližně na 60% pokrytí těchto ztrát. Zvolil jsem čerpadlo dle katalogu firmy Enerfinplus, a to typ IVT GREENLINE HE E14. Tento typ čerpadla má následující vlastnosti:

- výkon/příkon při 0°C/45°C: 14,1/4,1 kW
- topný faktor při 0°C/45°C: 3,4

Dále tepelná čerpadla typu IVT GREENLINE obsahují:

- kompresor Scroll Mitsubishi Electric,
- oběhová čerpadla WILO s řízenými otáčkami pro primární i sekundární okruh,
- ekvitermní regulátor IVT REGO 1000 s řízením dvou topných okruhů (s rozšiřujícími moduly až 4 topných okruhů), kaskádním řízením dvou tepelných čerpadel, dotopového kotle, ohřevu užitkové vody v zásobníku, diagnostikou poruch, časovým řízením, ovládáním signálem HDO, řízením pasivního chlazení a dalšími funkcemi,
- elektrický kotel,
- trojcestný ventil pro ohřev užitkové vody,
- pružné hadice pro tlumení chvění tepelného čerpadla a tlumící kryt kompresoru,
- expanzní nádoba a pojistný ventil primárního okruhu, filtry pro primární i sekundární okruh (filterball), plnicí sestava. [13]

Tepelné čerpadlo tedy pokryje přibližně 60% tepelných ztrát, což je 14,1 kW při příkonu 4,1 kW. Roční potřeba energie pro tepelné čerpadlo se pak vypočte dle vzorce:

$$E_V = 24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D / (t_i - t_e) \quad (\text{Wh})$$

- kde  $Q_c$  je výpočtová tepelná ztráta (W) - zde příkon tepelného čerpadla  
 $\varepsilon$  je opravný součinitel (-)  
 $D$  je počet denostupňů (-)  
 $t_i$  je vnitřní teplota (°C)  
 $t_e$  je vnější výpočtová teplota (°C)

(4.1)

a činí 8,353MWh/rok.

Zbýlých 40% procent tepelných ztrát (9666W) pokryje druhý zdroj tepla - elektrický kotel. Roční potřeba energie se vypočte dle příslušného vzorce (3.2) a činí 19,694 MWh/rok.

Celková roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát činí tedy 28,048 MWh/rok. Následující tabulka ukazuje, do jaké třídy energetické náročnosti by objekt spadl po provedení navrhované změny:

<b>Roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát</b>	$E_v = 28048 \text{ Wh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{El} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 132,781 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 148,17 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	D - nevyhovující

Tabulka 4.1 - Varianta 1 - obálková metoda

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY					
Rodinný dům Herštyňská 558, 345 06. Kdyně Celková podlahová plocha: 248,945 m <sup>2</sup>			Hodnocení budovy		
			stávající stav	po realizaci doporučení	
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			230,02	148,17	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			206,128	132,781	
Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení	
84,6 %	0 %	0 %	9,9 %	5,5 %	
Doba platnosti průkazu		do 9. 4. 2023			
Průkaz vypracoval: Pavel Sauer		Osvědčení č. ....			

Obrázek 4.1. - PENB - varianta1: obálková metoda

#### 4.2.1.2 Metoda pro jednotlivé zóny

Pro stávající stav bez tepelné izolace jsou tepelné ztráty určené metodou pro jednotlivé zóny 17678 W. Tepelné čerpadlo je opět navrženo přibližně na 60% pokrytí těchto ztrát. Zvolil jsem čerpadlo dle katalogu firmy Enerfinplus, a to typ IVT GREENLINE HE E11. Tento typ čerpadla má následující vlastnosti:

- výkon/příkon při 0°C/45°C: 9,9/2,8 kW
- topný faktor při 0°C/45°C: 3,5

Tepelné čerpadlo tedy pokryje přibližně 60% tepelných ztrát, což je 9,9 kW při příkonu 2,8 kW. Roční potřeba energie pro tepelné čerpadlo se pak vypočte dle příslušného vzorce (4.1) a činí 5,704 MWh/rok.

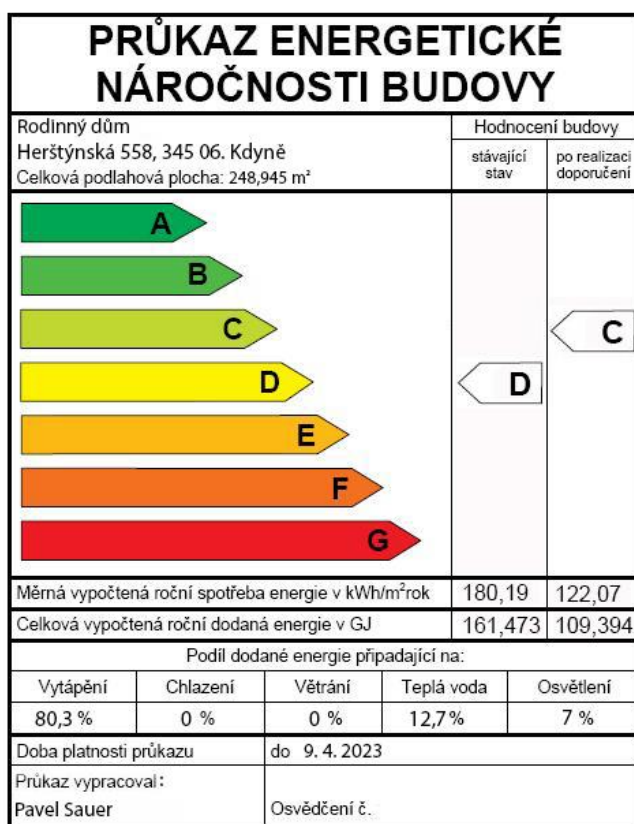
Zbýlých 40% procent tepelných ztrát (7778W) pokryje druhý zdroj tepla -

elektrický kotel. Roční potřeba energie se vypočte dle vzorce (3.2) a činí 15,846 MWh/rok.

Celková roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát činí tedy 21, 55 MWh/rok. Tabulka č. 4.2 ukazuje, do jaké třídy energetické náročnosti by objekt spadl po provedení navrhované změny.

<b>Roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát</b>	$E_v = 21550 \text{ Wh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{El} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 109,394 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 122,07 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	C - vyhovující

Tabulka 4.2 - Varianta 1 - metoda pro jednotlivé zóny



Obrázek 4.2 - PENB - varianta1: metoda pro jednotlivé zóny

#### 4.2.2 Varianta 2 - Výměna stávajícího kotle za tepelné čerpadlo a dodatečné zateplení objektu

Při dodatečném zateplení objektu bych zvolil 10 cm PPS na obvodové zdi a 5 cm PPS na zateplení podsklepené části. Silnější vrstvy izolace nemá význam pořizovat, jelikož podle tabulky 3.16 při silnější vrstvě již tepelné ztráty pro jednotlivé metody výrazně neklesají, ale naopak se zvyšují investiční náklady.



Volil bych opět tepelné čerpadlo typu země-vzduch kvůli stejným důvodům, jak jsem již uvedl v kapitole 4.2.1.

#### 4.2.2.1 Obálková metoda

Pro variantu zateplení vrstvou 10 cm PPS obvodových zdí a 5 cm PPS podsklepené části jsou tepelné ztráty určené obálkovou metodou 17064 W. Tepelné čerpadlo je opět navrženo přibližně na 60% pokrytí těchto ztrát. Zvolil jsem čerpadlo dle katalogu firmy Enerfinplus, a to typ IVT GREENLINE HE E11. Tento typ čerpadla má následující vlastnosti:

- výkon/příkon při 0°C/45°C: 9,9/2,8 kW
- topný faktor při 0°C/45°C: 3,5

Tepelné čerpadlo tedy pokryje přibližně 60% tepelných ztrát, což je 9,9 kW při příkonu 2,8 kW. Roční potřeba energie pro tepelné čerpadlo se pak vypočte dle vzorce (4.1) a činí 5,704 MWh/rok.

Zbýlých 40% procent tepelných ztrát (7164W) pokryje druhý zdroj tepla - elektrický kotel. Roční potřeba energie se vypočte dle vzorce (3.2) a činí 14,595 MWh/rok.

Celková roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát činí tedy 20,299 MWh/rok. Tabulka č. 4.3 ukazuje, do jaké třídy energetické náročnosti by objekt spadl po provedení navrhované změny.

<b>Roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát</b>	$E_v = 20299 \text{ Wh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{EI} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 104,885 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 117,04 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	C - vyhovující

Tabulka 4.3 - Varianta 2 - obálková metoda

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Rodinný dům Herštyňská 558, 345 06. Kdyně Celková podlahová plocha: 248,945 m <sup>2</sup>			Hodnocení budovy	
			stávající stav	po realizaci doporučení
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			230,02	117,04
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			206,128	104,885
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
84,6 %	0 %	0 %	9,9%	5,5%
Doba platnosti průkazu		do 9. 4. 2023		
Průkaz vypracoval: Pavel Sauer		Osvědčení č.		

Obrázek 4.3 - PENB - varianta 2: obálková metoda

#### 4.2.2.2 Metoda pro jednotlivé zóny

Pro variantu zateplení vrstvou 10 cm PPS obvodových zdí a 5 cm PPS podsklepené části jsou tepelné ztráty určené obálkovou metodou 12920 W. Tepelné čerpadlo je opět navrženo přibližně na 60% pokrytí těchto ztrát. Zvolil jsem čerpadlo dle katalogu firmy Enerfinplus, a to typ IVT GREENLINE HE E9. Tento typ čerpadla má následující vlastnosti:

- výkon/příkon při 0°C/45°C: 8,2/2,5 kW
- topný faktor při 0°C/45°C: 3,3

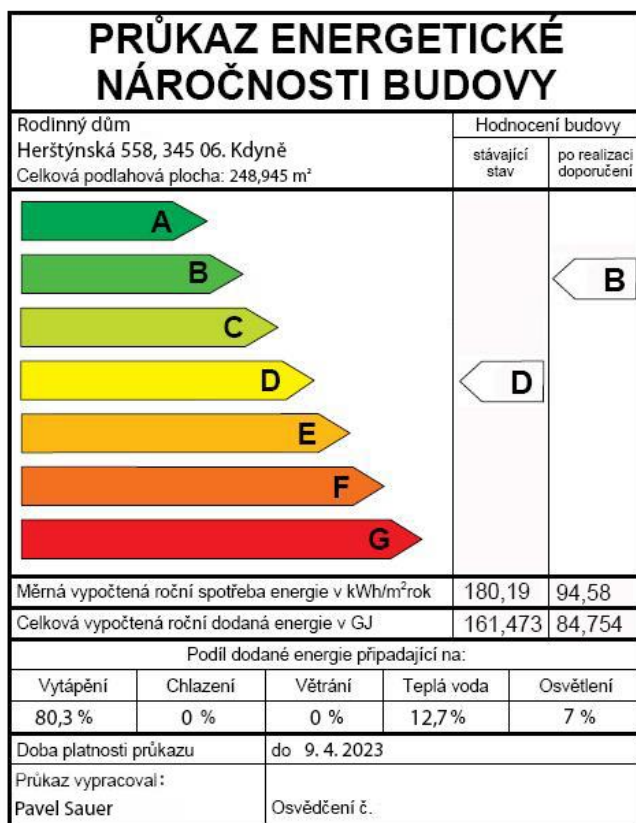
Tepelné čerpadlo tedy pokryje přibližně 60% tepelných ztrát, což je 8,2kW při příkonu 2,8 kW. Roční potřeba energie pro tepelné čerpadlo se pak vypočte dle vzorce (4.1) a činí 5,093 MWh/rok.

Zbýlých 40% procent tepelných ztrát (4720W) pokryje druhý zdroj tepla - elektrický kotel. Roční potřeba energie se vypočte dle vzorce (3.2) a činí 9,614 MWh/rok.

Celková roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát činí tedy 14,707 MWh/rok. Tabulka č. 4.4 ukazuje, do jaké třídy energetické náročnosti by objekt spadl po provedení navrhované změny.

<b>Roční spotřeba energie na pokrytí tepelných ztrát</b>	$E_v = 14707 \text{ Wh}$
<b>Roční spotřeba tepla na ohřev TV</b>	$E_{TV} = 3139 \text{ kWh}$
<b>Roční spotřeba elektrické energie</b>	$E_{El} = 5696,8 \text{ kWh}$
<b>Celková roční dodaná energie</b>	$EP = 84,754 \text{ GJ}$
<b>Měrná roční spotřeba energie</b>	$EP_a = 94,58 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
<b>Třída energetické náročnosti hodnocené budovy</b>	B - úsporné

Tabulka 4.4 - Varianta 2 - metoda pro jednotlivé zóny



Obrázek 4.4 - PENB - varianta 2: metoda pro jednotlivé zóny

## 5 Závěr

Tato práce se zabývá energetickou náročností budov a průkazem energetické náročnosti budovy (PENB). Povinnost splnění požadavků na energetickou náročnost budovy je stanovena zákonem č.406/2006 Sb., který byl novelizován zákonem č.318/2012 Sb.

V úvodu práce je vysvětlena legislativa týkající se povinnosti vlastníků budov nechat si vyhotovit průkaz energetické náročnosti a rozdělení budov do energetických tříd dle vypočtené měrné spotřeby tepla. Dále jsou zde uvedeny rovněž možné způsoby pro vytápění objektů.

Druhá část se podrobněji zabývá vyhláškou č. 148/2007, která definuje požadavky na vyhotovení PENB. Je zde také uveden postup výpočtu tepelných ztrát objektu podle normy ČSN EN 12831.

Ve třetí části práce je zkoumán vybraný rodinný dům. Pro výpočet tepelných ztrát jsem použil dvě možné varianty výpočtu. První způsob určování tepelných ztrát je obálkovou metodou, kdy se objekt bere jako jedna zóna o stejné teplotě. Tato metoda je značně zjednodušená, oproti druhé metodě, která počítá tepelné ztráty pro jednotlivé zóny. U této druhé metody se při výpočtu mění teplota jednotlivých místností. Výsledné vypočtené tepelné ztráty v aktuálním stavu objektu byly výrazně větší u obálkové metody. Při porovnání teoretických výpočtů spotřeby uhlí ve stávajícím kotli EKOEFECT 48 a poznatků z praxe se jeví jako správnější postup výpočtu metoda pro jednotlivé zóny. Podle této metody vychází roční spotřeba uhlí 91,84 q. Jelikož u výpočtu se počítá s 242 topnými dny, je tento výsledek předimenzovaný. Proto se při porovnání skutečné spotřeby uhlí na topnou sezonu, podle poznatků z praxe, kdy je spotřeba uhlí je okolo 75 q, jeví druhá metoda jako velmi přesná, oproti obálkové metodě, kde vyšla spotřeba přes 120q. Dále jsou v této kapitole spočteny tepelné ztráty také pro jednotlivé varianty zateplení obvodových zdí a podsklepené části. Při porovnání výsledků je vidět, že při silnější vrstvě tepelné izolace již tepelné ztráty výrazně neklesají, ale naopak by se zvyšovaly investiční náklady na zateplení.

Po sečtení roční spotřeby tepla na vytápění objektu, potřebné energie pro přípravu teplé vody a spotřeby elektrické energie na provoz domácích spotřebičů, vyšla měrná roční spotřeba energie u obálkové metody 230,02 kWh/m<sup>2</sup>.rok. Tento výsledek zařazuje rodinný dům do energetické třídy E - nevhodná. U metody pro jednotlivé zóny vyšla měrná roční spotřeba energie 180, 19 kWh/ m<sup>2</sup>.rok a dům je zařazen do energetické třídy D - nevyhovující.

Ve čtvrté kapitole se zabývám možnými variantami na snížení měrné roční dodané energie. V první variantě jsem uvažoval nad tím, že stávající kotel by byl nahrazen tepelným čerpadlem. Typ čerpadla bych zvolil země-voda provedením pomocí hloubkových vrtů. Pro tento typ čerpadla jsem se rozhodl proto, že pozemek přiléhající k domu není dostatečně velký pro uložení zemního kolektoru. Dále by stávající studna nedokázala zajistit dostatečné množství vody pro typ čerpadla voda-voda a čerpadlu typu vzduch-voda klesá při nízkých teplotách topný faktor, kdežto u hloubkových vrtů je topný faktor prakticky konstantní po celý rok.

Pro obálkovou metodu s čerpadlem o tepelném výkonu 14,1 kW (IVT GREENLINE HE E14) vyšla měrná roční dodaná energie 148,14 kWh/m<sup>2</sup>.rok a objekt by se posunul z energetické třídy E do třídy D - nevyhovující. U metody pro jednotlivé zóny jsem počítal s tepelným čerpadlem o tepelném výkonu 9,9 kW (IVT GREENLINE HE E11). Zde vyšla měrná roční spotřeba energie 122,07 kWh/m<sup>2</sup>.rok a objekt by se tak posunul z energetické třídy D do třídy C - vyhovující.

U druhé varianty by se objekt zateplil 10 cm vrstvou PPS u obvodových zdí a 5 cm vrstvou PPS u stropu sklepní části objektu. U obálkové metody by tepelné ztráty klesly z 23766 W na 17064 W. Při opětovném užití tepelného čerpadla typu země-voda o tepelném výkonu 9,9 kW (IVT GREENLINE HE E11) by měrná roční spotřeba energie klesla na 117,04 kWh/m<sup>2</sup>.rok a objekt by se zařadil do energetické třídy C - vyhovující. U metody pro jednotlivé zóny by tepelné ztráty po zateplení poklesly z 17678 W na 12920 W. Při užití tepelného čerpadla o tepelném výkonu 8,2 kW by se měrná roční spotřeba energie snížila na 94,58 kWh/m<sup>2</sup>.rok a objekt by byl zařazen do energetické třídy B - úsporná.

Jelikož stávající kotel je pouze dva roky starý a roční náklady na topnou sezónu jsou poměrně malé (18 000,- Kč), nedoporučil bych zatím žádnou variantu na snížení měrné roční dodané energie. Výše uvedené varianty by byly značně finančně nákladné a pro stanovení ekonomické návratnosti by obě dvě varianty měly být zpracovány zkušenými firmami zabývající se danou problematikou.

Tato práce objasňuje, že PENB je nástroj umožňující kontrolu spotřeby energie budov. Tento průkaz také ukazuje roční náklady na provoz budovy a umožňuje případným zájemcům uvažujícím o koupi či pronájem budovy zhodnotit její stav.

## Použitá literatura

- [1] Jan Tywoniak: *Nízkoenergetické domy*, nakladatelství Grada 2005
- [2] Lenka Hudcová: *Energetická náročnost budov*, Ekowatt
- [3] <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-406-2000-sb-a-souvisejici-predpisy>
- [4] <http://hestia.energetika.cz/>
- [5] Jaroslav Dufka: *Vytápění domů a bytů*, Grada Publishing 2004
- [6] <http://www.tzb-info.cz>
- [7] T. Dahlesen, D. Petráš, J.Hirš: *Energetický audit budov*, vydavatelství Jaga Group, Bratislava 2003
- [8] <http://www.tzb-info.cz/334-problematika-pruvzdusnosti-a-vzduchotesnosti-oken-ii>
- [9] <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty>
- [10] <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/12.htm>
- [11] <http://www.kotle.cz/>
- [12] <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>
- [13] <http://www.enerfinplus.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda.html>



## Přílohy

### Příloha 1 - Tabulka teplot v sousedních nevytápěných místnostech

Druh nevytápěné místnosti			Teplota v sousedních nevytápěných místnostech při venkovní teplotě $\Theta_e$ (°C)			
1	podstřešní prostory (půdy)	netěsná krytina	-6	0	-12	-9
		těsná krytina				
		- bez izolace	-3	-6	-9	-12
		- s tepelnou izolací	0	0	-3	-6
2	místnosti sousedící	převážně s vytápěnými místnostmi	+15			
		zčásti s vytápěnými místnostmi a zčásti s vnějším prostředím				
		- bez venkovních dveří	+6	+6	+3	+3
		- s venkovními dveří	0	0	-3	-3
		převážně s vnějším prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřími	-3	-6	-9	-12
3	sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti	zcela pod terénem	+5 až +10			
		částečně pod terénem				
		- nevětrané	+3	+3	0	0
		- větrané	0	0	-3	-3
4	zřídka vytápěné místnosti	v téže budově	+15			
		v sousední budově	+10			
5	kotelny, výměňkové stanice, strojovny		+15 až +20			

Tabulka 1 - Teplota v sousedních nevytápěných místnostech



**Příloha 2 - Vnitřní výpočtové teploty pro vytápěné prostory**

Druh prostoru	Teplota (°C)
Obytné domy:	
- obývací pokoje a ložnice, kuchyně, toalety	20
- koupelny	24
- chodby, vytápěné vedlejší prostory	15
- schodiště	10
Administrativní budovy:	
- všechny prostory kromě toalet a vedlejších prostor	20
- vedlejší prostory	15
Obchodní domy:	
- prodejní prostory, obchody	20
- prodej potravin, sklady	18
- sklady uzenin, masných výrobků	15
Hotely:	
hotelové pokoje, hotelové haly, sály	20
Školní budovy:	
- všeobecné prostory, tělocvičny	20
- cvičné kuchyně	18
Divadla, koncertní sály	20
Nemocnice:	
- operační sály	25
- ostatní prostory	22
Dílenské prostory:	
- minimálně	15
- při činnosti vsedě	20
Plovárny:	
- haly	28
- sprchy	24
- šatny	22
Muzea, galerie, letiště	20

*Tabulka 2 - Vnitřní výpočtové teploty pro vytápěné prostory*