

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Průkaz energetické náročnosti budov – PENB**

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

**2012**

**autor: Petr Jakubec**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr JAKUBEC**  
Osobní číslo: **E10N0089P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Průkaz energetické náročnosti budovy - PENB**  
Zadávající 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. Objasněte obsah "energetické náročnosti budovy".
2. Popište PENB a uveďte jeho význam.
3. Určete výpočtem energetickou náročnost zvoleného domu.
4. Ze získaných výsledků zařaďte dům do odpovídající energetické kategorie.
5. Vypracujte návrh opatření ke snížení energetické náročnosti a stanovte závěry pro praxi.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

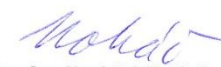
Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

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

Datum zadání diplomové práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2012**

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



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

V Plzni dne 17. října 2011

## **Anotace**

Tato diplomová práce je zaměřena na vysvětlení rozdílné energetické náročnosti budov a stanovení průkazu energetické náročnosti budovy. Úvod je zaměřen na důvod rozdílů v energetické náročnosti různých budov. Jsou to především rozdíly v konstrukci obálky a účinnosti technického vybavení budovy. V této práci je popsán průkaz energetické náročnosti budovy a je uvedeno, co vše průkaz obsahuje. Druhá část práce je zaměřena na ukázkou určení průkazu pro rodinný dům a navržený zlepšení na snížení energetické náročnosti rodinného domu.

## **Klíčová slova**

Tepelná ztráta, energetická náročnost budovy, průkaz energetické náročnosti budovy

**Abstract**

This diploma thesis is focused on explaining the differences in energy performance of buildings and determine Energy performance certificate of building. The introduction is focused on the reason for the differences in energy intensity of different buildings. They are mainly differences in envelope structure and effectiveness of technical equipment of the building. In this work is described the Energy performance certificate of building and here is stated what all certificate contains. The second part focuses on the determination of certificate for house and proposing improvements to reduce energy consumption of the house.

**Key words**

Heat loss, energy performance of buildings, Energy performance certificate of building

## 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 9.5.2012

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

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

Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi pomohli svými radami nebo poskytnutými informacemi.

Také děkuji rodině a přátelům za jejich podporu.

## Obsah

Obsah .....	8
Seznam použitých symbolů a zkratk .....	10
Seznam obrázků .....	11
1. Úvod .....	12
2. Důvod použití PENB .....	12
2.1. Druhy energie .....	13
2.1.1. Fosilní paliva .....	13
2.1.2. Elektrická energie .....	13
2.1.3. Centrální zásobování teplem .....	14
2.1.4. Obnovitelné zdroje energie .....	14
2.1.4.1. Biomasa .....	14
2.1.4.2. Geotermální energie – energie prostředí .....	14
2.1.4.3. Solární energie .....	15
2.1.4.4. Větrná energie .....	16
2.1.4.5. Vodní energie .....	16
2.2. Výhřevnost a cena jednotlivých druhů paliv .....	17
3. Tepelná ztráta vytápěného prostoru (ČSN EN 12831) .....	19
3.1. Tepelná ztráta prostupem .....	19
3.2. Tepelná ztráta větráním .....	21
3.3. Tepelné zisky .....	22
4. Spotřeba energie .....	23
4.1. Spotřeba tepla pro vytápění .....	23
4.2. Spotřeba tepla k přípravě teplé vody .....	23
4.3. Spotřeba energie na větrání .....	23



4.4.	Spotřeba energie na klimatizaci .....	25
4.5.	Spotřeba energie na umělé osvětlení .....	25
5.	Terminologie .....	26
6.	Struktura PENB.....	27
6.1.	Protokol prokazující energetickou náročnost budovy .....	27
6.2.	Klasifikace .....	28
6.3.	Grafické znázornění.....	29
7.	Určení PENB .....	30
8.	Zvolený objekt.....	31
8.1.	Půdorys a pohledy na objekt.....	32
8.2.	Popis budovy .....	34
8.3.	Obálka budovy - zdivo .....	34
8.4.	Obálka budovy – okna a dveře .....	35
8.5.	Vytápění a příprava teplé vody .....	36
8.6.	Souhrn hodnot zadaných do NKN .....	37
8.7.	PENB zvoleného objektu .....	38
9.	Návrhy na zlepšení.....	39
9.1.	Předem vyloučené možnosti.....	40
9.2.	Varianta 1 - Výměna kotle za účinnější .....	40
9.2.1.	Výpočet ekonomické návratnosti varianty 1:.....	41
9.3.	Varianta 2 - Výměna kotle za tepelné čerpadlo .....	42
9.3.1.	Výpočet ekonomické návratnosti varianty 2:.....	43
9.4.	Varianta 3 – Výměna plynového kotle za elektrický .....	44
9.4.1.	Porovnání cen za energii .....	45
10.	Závěr .....	45
11.	Zdroje a literatura .....	47

## Seznam použitých symbolů a zkratek

CO <sub>2</sub> – oxid uhličitý	EP – roční dodaná energie
ČR – česká republika	EP <sub>A</sub> – roční měrná spotřeba energie
ČSN – česká technická norma	HT - měrná ztráta prostupem tepla
ELTO – extra lehký topný olej	NKN – národní kalkulační nástroj
EN – evropská norma	U – součinitel prostu tepla
HDO - hromadné dálkové ovládání	°C – stupeň celsia
ISO - Mezinárodní organizace pro normalizaci	r - rok
J - joule	
K – kelvin	
kg – kilogram	
kW - kilowatt	
kWh – kilowatthodina	
l –litr	
m - metr	
m <sup>2</sup> – plošný metr	
m <sup>3</sup> –prostorový metr	
min –minuta	
MJ – megajoule	
MVE – malá vodní elektrárna	
MWh – megawatthodina	
NO <sub>x</sub> – oxidy dusíku	
O <sub>3</sub> - ozón	
P – výkon	
PENB – průkaz energetické náročnosti budovy	
Q – tepelná ztráta	
Sb – sbírka	
SO <sub>2</sub> – oxid siřičitý	
TČ – tepelné čerpadlo	
W - watt	

**Seznam obrázků**

Obrázek 2.1 – Princip tepelného čerpadla.....	15
Obrázek 2.2 – Elektrárny zásobující českou polární stanici v Antarktidě .....	16
Obrázek 2.3 – Graf ceny jednotlivých druhů energie k 1. 10. 2011 .....	18
Obrázek 4.1 – Princip rekuperace při řízeném větrání .....	24
Obrázek 6.1 – Grafické znázornění PENB .....	29
Obrázek 8.1 – Půdorys přízemí .....	32
Obrázek 8.2 – Půdorys podkroví.....	33
Obrázek 8.3 – Fotografie hodnoceného domu.....	36
Obrázek 8.4 – PENB hodnoceného domu.....	39
Obrázek 9.1 – PENB při doporučení 1.....	41
Obrázek 9.2 – PENB při doporučení 2.....	43

## 1. Úvod

V této práci bude vysvětlen pojem **průkaz energetické náročnosti budovy** (dále jen PENB). Úvod bude zaměřen na důvody zavedení průkazu energetické náročnosti budovy. Bude zde zmíněno, proč jsou různé budovy různě náročné na spotřebu energie, dále budou vyjmenovány druhy energie a orientační ceny energie. Také se zde podíváme na tepelné ztráty budov a na spotřebiče energie v budově, které jsou důležité pro stanovení PENB.

V následující části bude podrobné vysvětlení a popis PENB. Budou zde rozepsány všechny části průkazu, vysvětleny jednotlivé symboly a čísla, a to co znamenají. Po vysvětlení průkazu bude popsán postup určení PENB, postup výpočtů a následně postup k udělení průkazu.

V poslední části práce bude zpracován projekt, určení energetické náročnosti budovy, zařazení do odpovídající energetické kategorie a vytvořeny návrhy na snížení energetické náročnosti. Na závěr budou zhodnocena navrhovaná vylepšení a proveden výběr nejhodnějšího.

## 2. Důvod použití PENB

Zavedení PENB je dán legislativně zákonem č. 406/2000 sb., o hospodaření energií, ten je dále upraven vyhláškou č. 148/2007 Sb. Zde je ustanovena povinnost, že nedílnou součástí dokumentace všech budov s podlahovou plochou větší než 1000 m<sup>2</sup> bude právě PENB. Tato povinnost se vztahuje na novostavby, na rozsáhlé rekonstrukce, PENB je také nutno zpracovat při prodeji nebo pronájmu již výše zmíněných budov. Průkaz PENB nesmí být starší deseti let. Důvodem zavedení tohoto průkazu je určitá certifikace budov, aby bylo okamžitě patrné, kolik energie která budova spotřebuje na jeden metr čtvereční. V PENB je také napsáno doporučení na zlepšení, to se ovšem netýká novostaveb. Tato fakta jsou důležitá a výhodná z několika hledisek- zavedení průkazu by mělo snížit emise CO<sub>2</sub> a to tak, že je stanovena určitá nejvyšší hodnota spotřeby energie a tím je zajištěno, že budova splňuje parametry a vyhovuje normě. Zavedení PENB je také výhodné při prodeji nebo pronájmu budovy nebo její části, ať už pro prodejce tak i pro kupujícího. Jako zákazník vím, kolik bude stát energie na provoz objektu a mám k dispozici další kritérium, podle kterého vybírám budovu ke koupi nebo pronájmu. Pokud bude mít budova dobré hodnocení v energetické náročnosti, tak mohu jako prodejce zvýšit cenu prodeje nebo pronájmu. Také majitel

nemovitosti dostane informaci o tom, jak je na tom nemovitost po energetické stránce a kde je možné ušetřit a co je možné zlepšit. Po zavedení PENB jsou také developerské firmy tlačeny k tomu, aby stavěli budovy a byty nejen pro jejich zisk, ale také pro to aby i zákazník ušetřil za energii.

## **2.1.Druhy energie**

Energii lze dělit podle různých hledisek. Pro naše potřeby je nejvhodnější dělení podle toho, v jaké formě se energie nachází na hranici objektu. Nás tedy nezajímá například, jak je vyrobena elektrická energie, pro nás je důležité to, že otopná soustava je ohřívána elektrickou energií. Kde je tato elektrická energie vyrobena, zda je z vodní či tepelné elektrárny, je úplně jedno.

### **2.1.1. Fosilní paliva**

Fosilní paliva jsou nerostné suroviny, které vznikly přeměnou odumřelých rostlinných těl bez přístupu vzduchu. Pro účely vytápění se nejčastěji používají hnědé a černé uhlí, koks, extra lehký topný olej (ELTO) a zemní plyn. Tato paliva jsou vesměs spalována v kotlích, kde se ohřívá voda. Ta je následně využita pro vytápění a přípravu teplé vody. Většinou jsou kotle vícepalivové, což znamená, že můžeme v jednom kotli spalovat více druhů paliv včetně biomasy. Kotle jsou s manuálním i automatickým příkládáním. Především dřevěné a rostlinné pelety jsou vhodné pro automatické příkládání. Dále je možno například v uhelných kotlích spalovat dřevo společně s více druhy uhlí nebo koksem. Kotle na zemní plyn jsou někdy schopné spalovat také bioplyn nebo ELTO, případně pelety.

### **2.1.2. Elektrická energie**

Elektrická energie se nejčastěji používá pro vytápění formou akumulace energie. V době, kdy je v síti podle denního zátěžového diagramu nízký tarif, který je přes noc a kolem oběda, je elektrická energie levnější, protože je malý odběr ze sítě, právě tehdy odebíráme energii na vytápění. Vše je ovládáno pomocí hromadného dálkového ovládání (HDO). U tohoto druhu vytápění se médium přes noc nahřeje (naakumuluje energii) a přes den se touto energií vytápí místnost nebo dům. Další variantou vytápění je formou přímotopů nebo topných panelů. Tato možnost nevyužívá nízkého tarifu, proto je finančně náročnější než akumulace. Odpadá ale nutnost pořizování akumulčních nádrží. Poslední druh elektrického vytápění

jsou tepelná čerpadla, která lze zařadit i do obnovitelných zdrojů, kde jsou také uvedena. Protože ke své funkci ale potřebují elektrickou energii, tak jsem je zmínil i zde.

### **2.1.3. Centrální zásobování teplem**

Při tomto způsobu vytápění se využívá centrální výtopny nebo odpadního tepla z jaderných elektráren nebo z tepláren. Teplo je pomocí média, kterým je nejčastěji voda, rozvedeno po zástavbě pomocí trubek a výměníků do jednotlivých budov. Tím odpadá starost s revizí kotelny či komína, skladování a pořizování paliva.

### **2.1.4. Obnovitelné zdroje energie**

Lze je rozdělit do několika skupin.

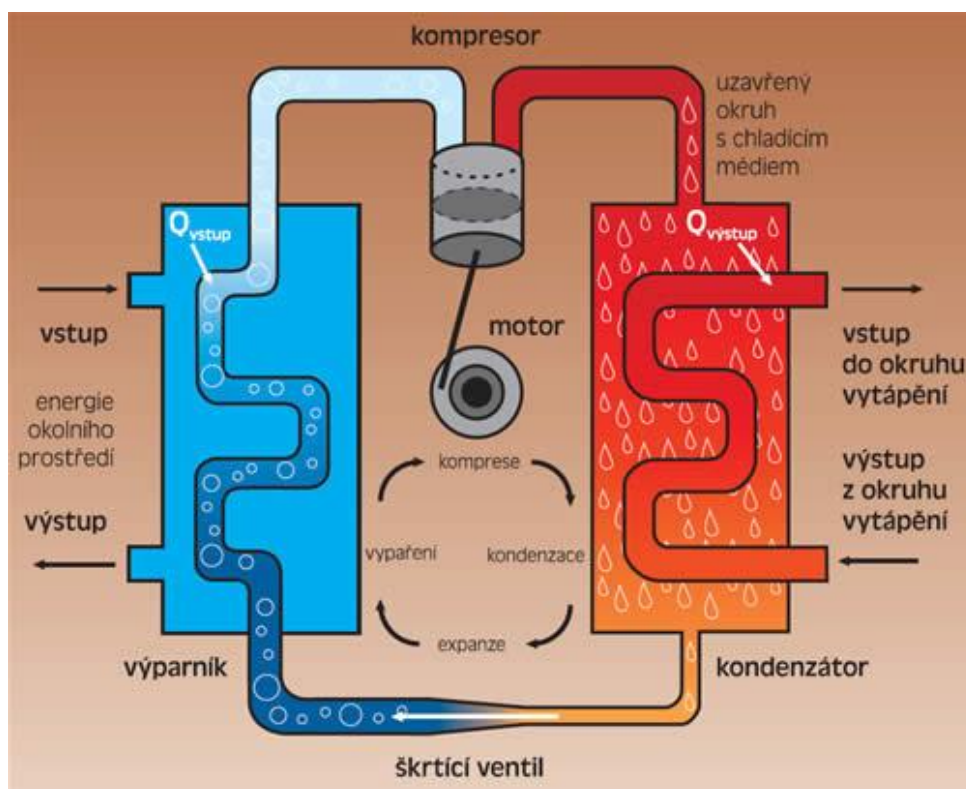
#### **2.1.4.1. Biomasa**

Biomasa je soubor všech produktů tvořený těly všech organismů. Biomasy lze využít jako zdroj energie, a to buď cíleným pěstováním energetických rostlin, nebo využitím odpadů z rostlinných i živočišných provozů. Takto získanou energii v podobě biomasy lze rovnou využít jako palivo, nebo nejprve chemicky upravit a pak využít. Biopaliva lze rozdělit na tuhá, kapalná a plynná. Mezi pevná paliva patří zejména dřevo a dřevěné produkty, jako je dřevěná štěpka a brikety. Dále obilí a rostlinné pelety, což je rostlinná sušina slisovaná do pelet. Tekutá biopaliva jsou bioetanol, který vzniká kvašením biomasy, a upravené rostlinné oleje, které se používají hlavně v automobilovém průmyslu jako náhražky benzínu a nafty. Plynné biopalivo je metan, který vzniká také tlením biomasy. Ten se využívá nejen v automobilovém průmyslu, ale také pro vytápění.

#### **2.1.4.2. Geotermální energie – energie prostředí**

Základním principem geotermální energie je získat teplo z okolí a použít jej na vytápění. Využívá se takzvané nízkopotenciální teplo, které se musí převést na vyšší teplotní hladinu. To se provádí pomocí tepelného čerpadla. Existuje několik možností, jak získat nízkopotenciální teplo. Nejrozšířenější způsobem je získávání tepla z podloží, kdy se využívá hlubinných vrtů, které jsou od sebe vzdálené minimálně 10 metrů a hluboké přibližně 12 až 18 metrů na výkon 1kW. Druhou nejrozšířenější metodou získávání geotermální energie je využití tepla z půdy. Do nezamrzlé hloubky se položí kolektor, který ochlazuje okolní půdu. Pro 1kW výkonu TČ je potřeba vyhloubit 5 až 8 m výkopu. Dalším typem získávání geotermální energie je systém vzduch/voda. Tento typ má nižší topný faktor v době největší

potřeby tepla, to je v době mrazů. Jinak je celoroční topný faktor celkem dobrý. Další možnost je ochlazování odpadního vzduchu, který je odváděn větracím systémem. Poslední dvě varianty mají jako zdroj tepla vodu, a to jak povrchovou tak i podzemní. U podzemní vody potřebujeme dvě studny, z jedné vodu čerpáme a do druhé vypouštíme. Pro 1kW výkonu TČ je potřeba 4 až 5 l.min<sup>-1</sup>. Proto musí mít vrty dostatečnou vydatnost. U povrchové vody se výměník umísťuje přímo do vody, nebo je zabudován v břehu tak, aby nedocházelo k zamrznutí. Jako poslední je využívání odpadního tepla z technologických procesů. Získávání energie tímto způsobem se využívá především v průmyslových objektech a objektech s klimatizací, kde se odpadní teplo dá využít na přípravu teplé vody.



**Obrázek 2.1 – Princip tepelného čerpadla**

### 2.1.4.3. Solární energie

Třetí skupinou, jak získat energii, je využití energie slunce. Existují dva základní principy získání energie ze slunce. První možností je přímá přeměna solární energie na elektrickou pomocí fotovoltaických článků. Druhou možností je získání energie pomocí kolektorů. Přes kolektor je ohříváno medium, které následně ohřívá vodu v zásobníku. Jsou dva základní druhy kolektorů, ploché a trubicové. Tyto systémy se ale musí kombinovat s jinými druhy ohřevu, protože slunce nesvítí stále a instalovaný výkon nemusí pokrývat celodenní

spotřebu. Používají se v kombinaci s kotli na fosilní paliva a plynovými hořáky, nebo s elektrickým dohřevem.

#### 2.1.4.4. Větrná energie

Jedná se o druh solární energie. Slunce ohřívá povrch Země nerovnoměrně. Různě zahřáté části atmosféry mají jiný tlak, vyrovnání tohoto tlaku vytváří vítr. Tato energie se pomocí větrných elektráren přeměňuje na elektrickou buď ve velkých větrných elektrárnách, které jsou přímo připojeny do sítě, nebo se staví malé větrné elektrárny, které jsou využívány pro zásobování elektrickou energií odlehlých objektů (horské chaty, lodě, polární stanice,...). Nutností pro výstavbu větrných elektráren – velkých i malých – jsou dobré podmínky pro stavbu.



**Obrázek 2.2 – Elektrárny zásobující českou polární stanici v Antarktidě**

#### 2.1.4.5. Vodní energie

Využívá se potenciální a kinetické energie vodního toku. Tohoto lze nejlépe využít v objektech bývalých mlýnů, hamrů a pil, tam kde jsou většinou stará vodní díla nebo jejich zbytky. Využitím těchto výhod lze snížit náklady na výstavbu malé vodní elektrárny (MVE). V dnešní době také lze použít takzvané mikroturbíny, kterým stačí relativně malé průtoky i spády.



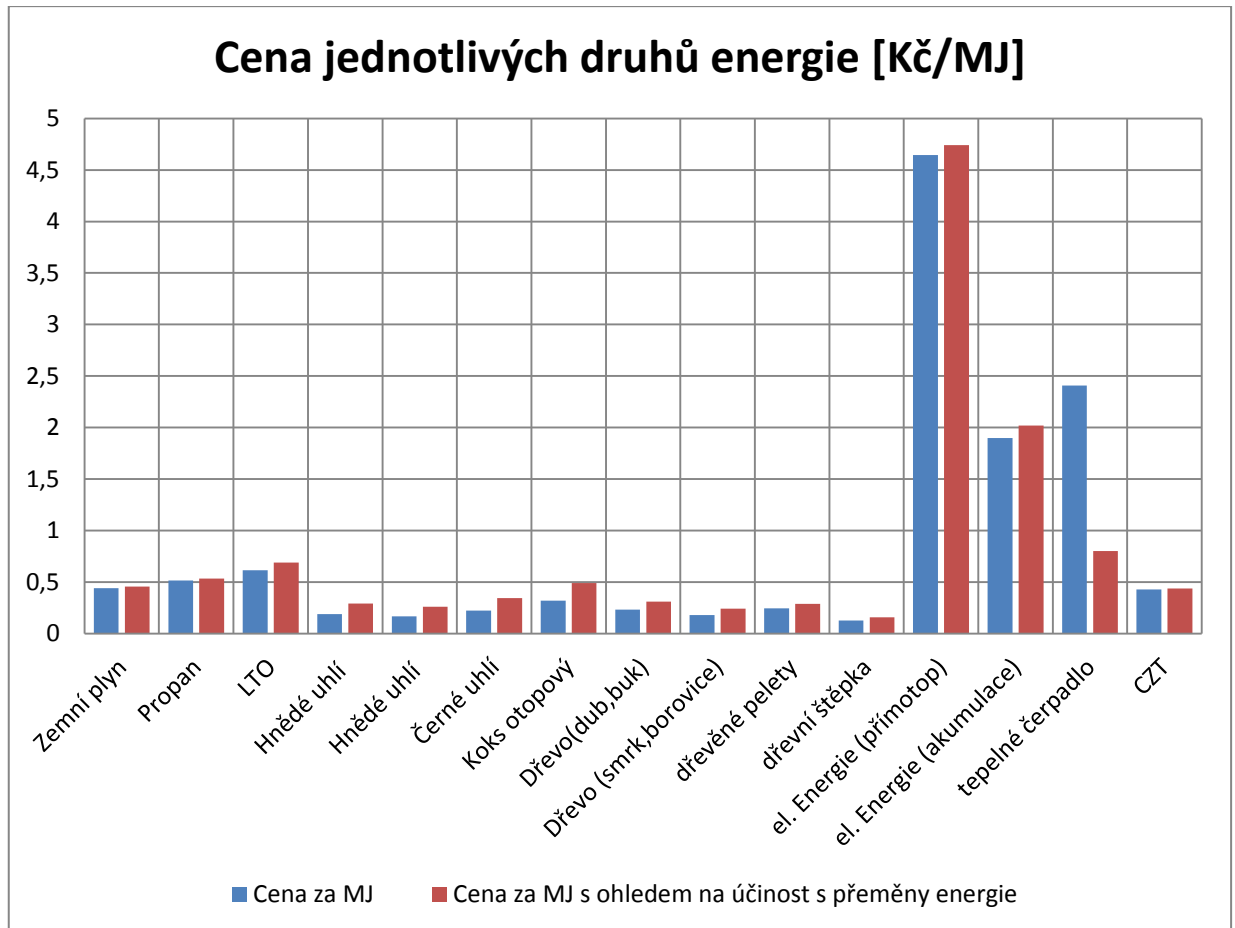
## 2.2. Výhřevnost a cena jednotlivých druhů paliv

Na číselnou hodnotu výhřevnosti musíme nahlížet jako na orientační, protože záleží na mnoha faktorech, které ovlivňují skutečnou výhřevnost daného paliva. (vlhkost, místo zdroje, atd.) Udává se v MJ/kg u pevných a kapalných paliv a v MJ/m<sup>3</sup> u paliv plyných. Cena paliv je také orientační, mění se podle prodejce i místa v republice. Také zde není započítána cena za dopravu u paliv. Cena zemního plynu je také závislá na roční spotřebě. Čím je spotřeba vyšší, tím je cena za MJ nižší. Cena plynu se skládá ze dvou částí, z odebraného plynu a pravidelné měsíční platby. Pro tabulku je uvažována spotřeba 17MWh/rok = 61 GJ/rok.

Palivo/energie	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena za kg [Kč]	Cena za MJ [Kč]	účinnost přeměny energie [-]	Cena za MJ s ohledem na účinnost s přeměny energie [Kč]
Zemní plyn	48,52	21,44584	0,442	0,97	0,4556701
Propan	46,4	24	0,51724138	0,97	0,53323854
LTO	42,3	26	0,61465721	0,89	0,69062608
Hnědé uhlí	14,17	2,7	0,1905434	0,65	0,29314369
Hnědé uhlí	19,5	3,3	0,16923077	0,65	0,26035503
Černé uhlí	23,1	5,2	0,22510823	0,65	0,34632035
Koks otopový	27,49	8,8	0,32011641	0,65	0,49248678
Dřevo (dub, buk)	14,62	3,4	0,23255814	0,75	0,31007752
Dřevo (smrk, borovice)	15,45	2,8	0,18122977	0,75	0,2416397
dřevěné pelety	17,5	4,3	0,24571429	0,85	0,28907563
dřevní štěpka	14,9	1,9	0,12751678	0,8	0,15939597
el. Energie (přímotop)	-	-	4,645	0,98	4,73979592
el. Energie (akumulace)	-	-	1,898	0,94	2,01914894
tepelné čerpadlo	-	-	2,407	3*	0,80233333
CZT	-	-	0,43	0,98	0,43877551

**Tabulka 2.1 – Výhřevnost a cena jednotlivých paliv k 1. 10. 2011**

\* u tepelného čerpadla se jedná o topný faktor



**Obrázek 2.3 – Graf ceny jednotlivých druhů energie k 1. 10. 2011**

Jak je již zmíněno výše, jsou ceny a výhřevnosti orientační. Výhřevnosti jsou ve velkém rozpětí především u hnědého uhlí, kde se pohybují mezi 13 až 22 MJ/kg podle místa těžby. Také výhřevnost dřeva je velice ovlivněna druhem stromu a také vnitřní vlhkostí dřeva. Velký rozptyl ceny paliva je především u pevných paliv. Zde se ceny liší až čtvrtinou, to je dáno tím, zda je prodej paliva v místě těžby nebo výroby, nebo zda se musí do skladů ještě dovážet, což také zvyšuje finanční náklady. To platí především u uhlí, které se těží jen na určitých místech. U dřeva tento problém není tak výrazný, ale cena je ovlivněna tím, zda si koupíme dřevo již nařezané a naštípané, nebo v celých kládách. Také je možné koupit dřevo jako odpad z dřevovýroby. Proto jsou v tabulce a grafu hodnoty zprůměrovány.

Z grafu je jednoznačně vidět, že topení el. energií je jednoznačně nejdražší, vyjma tepelné čerpadlo. V úvahu však musíme brát mnohdy nemalé pořizovací náklady na jednotlivá zařízení a také finanční prostředky, které budeme muset v průběhu užívání vložit do těchto

zařízení. Ty budou nejnižší právě u elektrické energie. Naopak u tuhých paliv to bude jednak vyšší pořizovací cena kotle oproti elektrickému, tak i údržba těchto zařízení není úplně levná záležitost. Například jen údržba kouřovodu, která je povinná ze zákona. U propanu a LTO je také pořizovací cena zvýšena o instalaci zásobníku paliva, která také není zanedbatelná.

### 3. Tepelná ztráta vytápěného prostoru (ČSN EN 12831)

V této kapitole je náznak výpočtu tepelných ztrát budovy podle normy ČSN EN 12831. Pro přesnější výpočty by bylo potřeba použít všechny vzorce, postupy a konstanty uvedené v této normě. Zde jsou pouze základní vzorce pro výpočet teplených ztrát vytápěného prostoru, aby bylo znázorněno, na čem závisí tepelná ztráta budovy a jak se zhruba počítá.

$$Q_c = Q_p + Q_v$$

$Q_c$  – celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru (W)

$Q_p$  – tepelné ztráty prostupem (W)

$Q_v$  – tepelné ztráty větráním (W)

#### 3.1. Tepelná ztráta prostupem

Tepelné ztráty místnosti jsou charakterizovány tepelnou ztrátou prostupem stěnami do okolních místností nebo obvodovou zdí do venkovních prostor. Ztrátu prostupem lze vypočítat pomocí vzorce:

$$Q_p = (H_{T,e} + H_{T,ue} + H_{T,g} + H_{T,j}) \times (t_i - t_e) \quad [W]$$

Kde:

$H_{T,e}$  – Součinitel prostupu tepla do venkovního prostředí pláštěm budovy (W/K)

$H_{T,ue}$  – Součinitel prostupu tepla do venkovního prostředí nevytápěným prostorem (W/K)

$H_{T,ig}$  – Součinitel prostupu tepla do zeminy v ustáleném stavu (W/K)

$H_{T,ij}$  – Součinitel prostupu tepla do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu (W/K)

$t_i$  – vnitřní výpočtová teplota vzduchu v místnosti (°C)

$t_e$  – výpočtová teplota prostředí na vnější straně stěny (°C)

**a) Součinitel prostupu tepla do venkovního prostředí pláštěm budovy**

$$H_{T.e} = \sum_k A_k \times U_k \times e_k + \sum_l \Psi_l \times l_l \times e_l \quad [W/K]$$

Kde:

 $A_k$  – plocha stavební části  $k$  ( $m^2$ ) $U_k$  – součinitel prostupu tepla stavební části  $k$  ( $W/m^2.K$ ) $l_l$  – délka lineárních tepelných mostů  $l$  $\Psi_l$  – činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu  $l$  ( $W/m.K$ ) $e_{k,l}$  – korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům**b) Součinitel prostupu tepla do venkovního prostředí nevytápěným prostorem**

$$H_{T.ue} = \sum_k A_k \times U_k \times b_u + \sum_l \Psi_l \times l_l \times b_u \quad [W/K]$$

Kde:

 $b_u$  – teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty**c) Součinitel prostupu tepla do zeminy v ustáleném stavu**

$$H_{T.ig} = f_{g1} \times f_{g2} \times \left( \sum_k A_k \times U_{equiv} \right) \times G_w \quad [W/K]$$

Kde:

 $f_{g1}$  – korekční činitel zohledňující vliv ročních změn na venkovní teploty $f_{g2}$  – teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi průměrnou roční teplotou a výpočtovou venkovní teplotou $A_k$  – plocha stavebních částí dotýkajících se zeminy ( $m^2$ ) $U_{equiv}$  – ekvivalentní součinitel prostupu stanovený podle typologie podlahy ( $W/m^2.K$ ) $G_w$  – korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

**d) Součinitel prostupu tepla do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu**

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \times A_k \times U_k \quad [W/K]$$

Kde:

$f_{ij}$  – redukční teplotní činitel korigující rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty

$A_k$  – plocha stavebních části k (m<sup>2</sup>)

$U_k$  – součinitel prostupu stavební části k (W/m<sup>2</sup>.K)

### 3.2. Tepelná ztráta větráním

Druhá tepelná ztráta je ztráta větráním místnosti (infiltrace). Jde o teplo, které uniká netěsnostmi místnosti, jako je netěsnost oken a venkovních dveří. Velikost ztrát je opět závislá na rozdílu teplot ( $t_i - t_e$ ), na objemovém toku větracího vzduchu a na objemové tepelné kapacitě vzduchu, která je 1300 J/(m<sup>3</sup>. K). Postup pro výpočet tepelných ztrát větráním tedy je:

$$Q_v = H_{v,i} \times (t_i - t_e) \quad [W]$$

Kde:

$H_{v,i}$  – Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním (W/K)

$t_i$  – vnitřní výpočtová teplota vzduchu v místnosti (°C)

$t_e$  – výpočtová teplota prostředí na vnější straně stěny (°C)

$$H_{v,i} = V_i \times \rho \times c_p \quad [W/K]$$

Kde:

$V_i$  – Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (m<sup>3</sup>/h)

$\rho$  – hustota vzduchu (kg/m<sup>3</sup>)

$c_p$  – měrná tepelná kapacita vzduchu (kJ/kg.K)

Výměna vzduchu pro větrání je dána určitými normativními a hygienickými požadavky. Pokud je v budově přirozené větrání, předpokládá se, že teplota čerstvého vzduchu je shodná s teplotou vzduchu venkovního. Jestliže je, ale použito nějaké nucené větrání je možné, že bude situace stejná, ale zde je výhodné použít rekuperaci energie z odpadního vzduchu, která je schopná tepelné ztráty větráním velice snížit. Všechny tyto informace jsou uvedeny v normě ČSN EN 12831.

### 3.3. Tepelné zisky

Naproti těmto dvěma ztrátám je i teplotní zisk, který je označován  $Q_z$ . Rozdělují se na vnitřní a vnější.

Vnější zisky jsou v zásadě tři. Jednak je to tepelná zátěž okny, a to jak konvekcí, tak sluneční radiací. Konvekci ovlivníme konstrukcí oken, jejich součinitelem prostupu tepla  $U$ . Ten snížíme například zdvojením oken nebo dvojitým či trojitým sklem. Sluneční radiaci můžeme zabránit reflexním sklem, které sníží prostup radiace přibližně na třetinu, nebo můžeme použít různé druhy žaluzií a stínících prostředků.

Jako další jsou tepelné zisky stěnami. S těmito zisky lze počítat u staveb bez oken a staveb přízemních a horizontálně rozlehlých. Při prosklených fasádách jsou tepelné zisky stěnami zanedbatelné. Při výpočtu zisku se počítá jak s teplotou uvnitř místnosti tak i vně. U vnější teploty se dále musí zohlednit, zda je stěna osluněna. Pak se nepočítá s teplotou vzduchu, ale s rovnocennou sluneční teplotou vzduchu, která závisí na intenzitě sluneční radiace a na součiniteli poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci.

Poslední jsou tepelné zisky infiltrací. V letních měsících není uvažováno o vnikání vzduchu náporu větru. Uvažuje se pouze vnikání teplého vzduchu do podtlakových klimatizací, dále také větráním a otevíráním oken. Množství tepla závisí na objemu vzduchu, hustotě, tepelné kapacitě a rozdílu teplot.

Jako druhé jsou tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla. Zde se jedná o teplo produkované lidmi, svítilny, stroji, prostup z okolních místností a produkce související s technologiemi. Teplo produkované lidmi je 62W u dospělého muže, u žen je to 85% a u dětí 75% z produkce muže. U světel, elektromotorů, elektrických pecí a ostatních elektrických zařízení se počítá, že jejich ztrátové teplo přispívá k celkové tepelné pohodě.

## 4. Spotřeba energie

### 4.1. Spotřeba tepla pro vytápění

Spotřeba tepla pro vytápění je dána následující vztahem:

$$Q_{r,vyt} = 24 \times 3600 \times \varepsilon \times Q_{max} \times \frac{t_i - t_{e,pr}}{t_i - t_e} \times d \quad (J \cdot r^{-1}) \quad \text{kde:}$$

$\varepsilon$  – opravný součinitel na nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací (0,8 – 0,9) a při přerušovaném vytápění (0,65 – 0,8).

$Q_{max}$  – maximální ztráta místnosti podle ČSN 12831 (W)

$t_i$  – požadovaná výpočtová vnitřní teplota (°C)

$t_e$  – výpočtová (nejnižší) venkovní teplota (°C)

$t_{e,pr}$  – průměrná teplota venkovního vzduchu v otopném období (°C)

$d$  – počet dní otopného období (-)

### 4.2. Spotřeba tepla k přípravě teplé vody

Teplá voda se používá na umývání osob, mytí nádobí a úklid. Teplota vody by neměla přesáhnout 60°C s ohledem na vznik koroze. V místě odběru by podle vyhlášky měla mít teplotu 45-60°C s výjimkou krátkodobých poklesů vlivem špiček. Množství energie pro přípravu teplé vody je závislé na tepelné kapacitě vody, objemu spotřebované vody a rozdílu teplot studené a teplé vody. Také se musejí započítat ztráty vzniklé při přípravě a distribuci teplé vody. Potřeba teplé vody na jednu osobu je uvedena v následující tabulce.

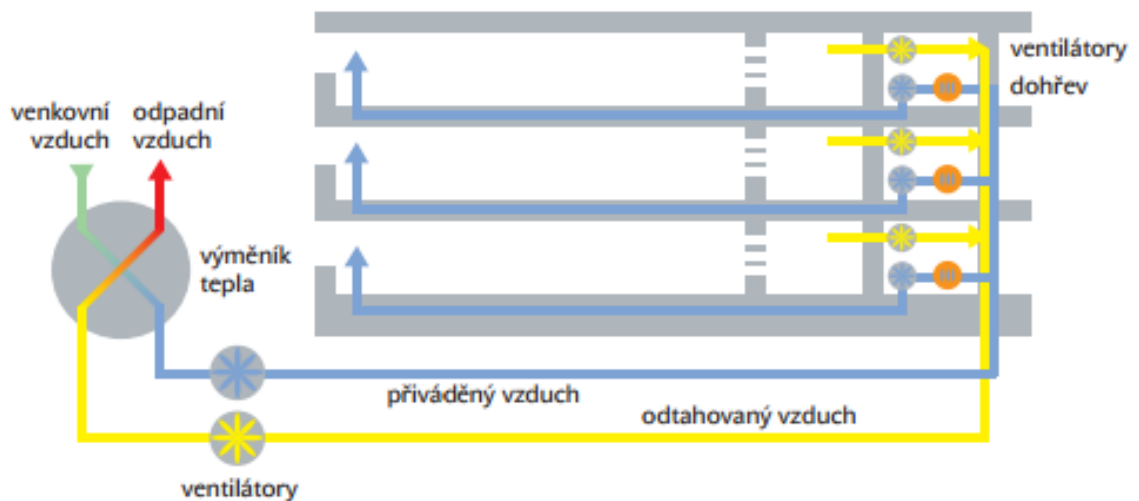
Parametr	značka	jednotka	Baterie			
			umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Počet dávek	$n_d$	-	3	0,8	1	0,3
Objem dávek	$V_d$	$m^3$	0,03	0,002	0,025	0,025
Teplo v dávkách	$E_d$	kWh	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet objemu dávek	$V_{2p}$	$m^3$	0,082			
Součet objemu v dávkách	$E_{2t}$	kWh	4,3			

**Tabulka 4. 1 – Spotřeba tepla na přípravu teplé vody**

### 4.3. Spotřeba energie na větrání

Potřeba větrání vychází z hygienických požadavků. Ty poslední dobou začaly nabývat na významu, zejména proto, že se začaly využívat hermeticky uzavřené budovy. Zde je důležité

kvalitní větrání, jinak je možnost zvýšení výskytu plísní a začínají vzrůstat zdravotní problémy, hlavně bolest hlavy. Proto se měří koncentrace škodlivin, zejména CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> atd. Nucené větrání se také velice často spojuje s rekuperací tepla. Těto technologie je potřeba použít u nízkoenergetických a pasivních domů, aby bylo možno splnit podmínky těchto staveb. Princip rekuperace s nuceným větráním je vidět na následujícím obrázku:



**Obrázek 4.1 – Princip rekuperace při řízeném větrání**

Teplý vzduch z místností je odsáván ventilátory k výměníku tepla (rekuperační jednotce), kde předá teplo studenému venkovnímu vzduchu. Venkovní vzduch je ohřát přibližně na teplotu odpadního vzduch z místnosti, následně dohřát pokud je to potřeba a ventilátorem veden do místnosti. Účinnost výměníků se pohybuje kolem 85%. Tímto způsobem je možno ušetřit velké množství energie na vytápění a zároveň udržovat kvalitu vzduch v místnosti na dobré úrovni. Na druhou stranu je potřeba dodávat energii ventilátorům nuceného větrání, což je však zdaleka méně, než co by bylo potřeba na ohřev vzduchu. Také je potřeba, aby ventilátory pracovaly bezvadně, protože v mnoha případech není v budově alternativa, jak zařídit výměnu vzduchu v případě poruchy ventilátorů. Roční spotřebu tepla na větrání budovy  $Q_{va}$  lze určit:

$$Q_{va} \cong 3,6 \times [Q_v \times n_v \times z + Q_v^{stř} \times z \times (n - n_z)] \times 10^{-6} \text{ (GJ} \cdot \text{r}^{-1}\text{)}$$

$$Q_v = V_v \times \rho_a \times c_a \times (t_i - t_{ch}) \text{ (W)}$$

$$Q_v^{stř} = Q_v \times \frac{t_{is} - t_{ch}^{stř}}{t_{is} - t_{ch}} \text{ (W)}$$



$Q_v$  – tepelný výkon pro větrání (W)

$V_v$  – množství vzduchu při teplotě  $t_{ch}$  ( $m^3$ )

$c_a$  – měrná tepelná kapacita vzduchu ( $J.kg^{-1}.K^{-1}$ )

$t_{ch}$  – teplota nasávaného vzduchu, při recirkulaci se počítá s teplotou  $-5^{\circ}C$  ( $^{\circ}C$ )

$Q_v^{stř}$  – průměrný tepelný výkon pro větrání v období s venkovními teplotami vyššími než uvažovaná teplota při projektování zařízení (W)

$t_{ch}^{stř}$  – střední teplota venkovního vzduchu v období s venkovními teplotami vyššími než uvažovaná teplota při projektování zařízení ( $^{\circ}C$ )

$z$  – počet pracovních hodin větracího zařízení za den (hod)

$n$  – počet dní, kdy je zařízení v činnosti (den)

$n_v$  – počet dní v otopném období s teplotou venkovního vzduchu nižší než  $t_{ch}$  pro větrání (den)

#### **4.4. Spotřeba energie na klimatizaci**

Opačný problém oproti vytápění je potřeba chlazení místností. A to buď obytné místnosti v letních měsících, kdy je teplota v místnosti vyšší než požadujeme. Tento problém řešíme zbudováním klimatizace. Spotřeba energie na klimatizaci je podobná, jako je u vytápění tepelným čerpadlem, neboť z principu pracují obě zařízení stejně.

#### **4.5. Spotřeba energie na umělé osvětlení**

Náklady na umělé osvětlení nejsou zanedbatelné. Na celkové spotřebě se podílejí asi 10%. Ukazatelem racionality osvětlení je instalovaný výkon  $P$  na jeden metr čtvereční. Proto se snažíme, aby byl tento ukazatel při zachování předepsaných kvalitativních i kvantitativních parametrů co nejnižší. Spotřeba elektrické energie je přímo úměrná součinu instalovaného výkonu a doby svícení. Tudíž jediné úspory jsou snížit příkon, nebo dobu svícení. Dobu svícení můžeme zkrátit tím, že budeme svítit, jen když je to nutné. Například na chodbách svítit, jen když někdo prochází. Snižovat příkon lze několika způsoby. Použití úsporných svítidel a svítidel, která směřují většinu světelného výkonu tam, kde je to požadováno. Například kompaktní zářivky mají pětikrát nižší příkon při stejném světelném výkonu proti klasickým zdrojům (žárovkám). Lze také vypínat části osvětlovací soustavy. To se výhodně použije na chodbách v nočních hodinách, kdy je malý pohyb osob. K dosažení úspor je možné také využít stmívání, čili světelné zdroje nesvítí na plný výkon, když například jde část světla okny.

## 5. Terminologie

**Energetický systém** je soubor zařízení sloužících k vytápění, přípravě teplé vody, větrání, chlazení a osvětlení budovy. Vstupem do tohoto systému je dodaná energie.

**Systémová hranice** je vnější povrch všech ploch a konstrukcí ohraničujících celou budovu nebo zónu.

**Dodaná energie** je veškerá energie dodaná do energetických systémů v objektu přes systémovou hranici. Tato energie slouží pro vytápění, přípravu teplé vody, větrání, klimatizaci a osvětlení.

**Užitečná energie** je energie přeměněná energetickými systémy na teplo světlo nebo chlad. Tato energie je využita k zabezpečení požadovaných služeb, jako je předepsaná teplota, vlhkost, teplá voda či osvětlenost.

**Pomocná energie** je energie používaná v energetických systémech k zajištění provozu těchto zařízení například na řízení nebo kontrolu. Proto není tato energie využita k přímé výrobě tepla, světla nebo chladu.

**Klasifikační třída** je grafické a slovní vyjádření energetické náročnosti budovy, která se užívá v protokolu a grafickém znázornění PENB

**Obálka budovy** jsou veškeré konstrukce na systémové hranici budovy, které jsou vystaveny venkovnímu prostředí. Mezi hlavní prvky patří podlahová plocha, zdi, stropy a střešní plocha. Přes tuto hranici uniká většina tepelné energie z budovy.

**Zóna** je skupina prostorů s podobným režimem užívání a hlavně s podobnými vlastnostmi, kterými je vnitřní teplota, vlhkost a osvětlenost. K zóně přiléhá venkovní prostředí nebo jiné zóny

**Venkovní prostředí** je venkovní vzduch, vzduch v okolních nevytápěných prostorách, okolní zemina nebo sousední budova.

**Vnitřní prostředí** je prostředí uvnitř budovy s parametry teploty, vlhkosti průtoku vzduchu a osvětlenosti, které jsou předepsány technickými a hygienickými normami a předpisy.

**Normativní využívání** je využití budovy podle platných technických norem a jiných předpisů. V těch jsou stanoveny vnitřní i venkovní prostředí i parametry energetických systémů budovy.

## 6. Struktura PENB

Celý průkaz se skládá ze dvou základních částí. Jedna je písemná, takzvaný protokol prokazující energetickou náročnost budovy. Tato část je několikastránkový protokol, kde jsou uvedeny všechny informace o budově, data k určení energetické náročnosti a výsledný výpočet energetické náročnosti. Druhá část je grafické znázornění energetické náročnosti budovy. Zde je přehledně graficky znázorněno to, co vychází z první části.

### 6.1. Protokol prokazující energetickou náročnost budovy

Jak je již zmíněno výše, tak protokol obsahuje velké množství informací o budově. Je to přibližně desetistránkový dokument. Protokol obsahuje vždy tyto části:

- 1) Identifikační údaje budovy, kterými jsou
  - a) Údaje o budově, adresa, kód katastrálního území a číslo parcely
  - b) Údaje o provozovateli, vlastníku či stavebníku
- 2) Typ budovy
- 3) Užití energie v domě
- 4) Technické údaje budovy, kterými jsou:
  - a) Popis objemů a ploch budovy
  - b) Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a obálky budovy
  - c) Základní vlastnosti energetických systémů budovy
  - d) Dílčí energetická náročnost prvků technických zařízení budovy
  - e) Celková energetická náročnost hodnocené budovy
  - f) Referenční hodnoty
  - g) Vyjádření ke splnění požadavků na energetickou náročnost budovy
  - h) Celková měrná roční spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu hodnocené budovy a měrné spotřeby energie na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení vztahované vždy na celkovou plochu.
  - i) Klasifikační třída energetické náročnosti hodnocené budovy

- 5) Energetickou bilanci budovy pro standardizované užívání a bilance energie dodané, popřípadě vyrobené budovou nebo z budovy odvedené
- 6) Výsledky posouzení proveditelnosti alternativních systémů u nových budov nad 1000m<sup>2</sup> celkové podlahové plochy
- 7) Doporučená opatření pro techniky a ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy
  - a) Modernizační opatření ve stavební části a v technickém zařízení budovy
  - b) Opatření ke zdokonalení obsluhy a provozu budovy a technických zařízení budovy
  - c) Klasifikační třídu energetické náročnosti hodnocené budovy po provedení doporučených opatření
- 8) Doba platnosti průkazu, jméno a identifikační číslo osvědčení osoby oprávněné vypracovat průkaz

## 6.2. Klasifikace

Budovy jsou klasifikovány do sedmi tříd podle jejich energetické náročnosti. Třída A je pro budovy nejúspornější, patří sem nízkoenergetické a pasivní domy. Ve třídě G jsou naopak domy s velkou spotřebou energie. V následující tabulce jsou uvedeny hranice pro zařazení objektu do příslušné třídy. Ve třídě C jsou hodnoty odpovídající budovám referenčním, to znamená, že novostavba, nebo zrekonstruovaná budova nesmí mít hodnotu vyšší. Hodnoty v tabulce jsou v kWh/m<sup>2</sup> za rok.

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98-142	143-191	192-240	241-286	>286
Bytový dům	<43	43 - 82	83-120	121-162	163-205	206-245	>245
Hotel a restaurace	<102	102-200	201-294	295-398	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 6. 1 – Klasifikace různých druhů objektů**

Pro ostatní budovy, které zde nejsou uvedeny a tudíž je nelze přiřadit podle tabulky, se energetická třída určí podle norem, které vychází ze zavádějící evropské normy ČSN EN 15217.

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 6. 2 – Slovní vyjádření energetické náročnosti**

### 6.3. Grafické znázornění

V grafickém znázornění jsou vytaženy všechny nejdůležitější informace, které jsou uvedeny v protokolu. Nejprve je vhodné si ukázat, jak takový průkaz vypadá. Nevyplněný průkaz můžeme vidět na následujícím obrázku.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení		Hodnocení budovy		
Adresa budovy		stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha:				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok		XY	XY	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		XY	XY	
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu		DD.MM.RRRR		
Průkaz vypracoval		Jméno a příjmení Osvědčení č. XY		

**Obrázek 6.1 – Grafické znázornění PENB**

Jak je vidět z obrázku výše, musí nám být grafické znázornění velice povědomé. Je tomu tak, proto, že podobné průkazy jsou na elektrospotřebičích, které ukazují na jejich energetickou náročnost. Není to divné, jelikož PENB také hodnotí energetickou náročnost. Nehodnotí ale pouze jeden spotřebič, ale celý dům či objekt.

Grafické znázornění je možno rozdělit do čtyř základních skupin. Jako první jsou základní informace o hodnoceném objektu. Jako je typ, adresa a celková plocha hodnoceného objektu. Tyto informace jsou hned na začátku průkazu. Druhá, a asi nejdůležitější a nejnápadnější, je část zařazení objektu do příslušné skupiny. Zde je sedm různobarevných skupin, které znázorňují energetickou náročnost budovy. Je to zde značeno intuitivně, zeleně A je třída nejméně energeticky náročná skupina. Naproti tomu červené G je objekt energeticky velmi náročný. Zařazení budovy je zde v aktuálním stavu a po provedení doporučených opatření.

Třetí část grafického znázornění jsou údaje o dodané energii. Je zde uvedena měrná dodaná energie na plochu za rok a celková dodaná energie do objektu. Také je uvedeno procentuální rozdělení dodané energie na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení. Na konci grafického znázornění je uvedena doba platnosti průkazu a informace o tom, kdo průkaz vypracoval.

## 7. Určení PENB

Pro výpočet průkazu energetické náročnosti budovy potřebujeme znát celkovou dodanou energii do budovy v GJ za celý kalendářní rok. Aby bylo hodnocení objektivní, musíme určit dvě základní podmínky. První je, že uvažujeme energii, která je budovou spotřebována při takzvaném normativním používání. Za druhé vztáhneme tuto energii na celkovou podlahovou plochu podle následující rovnice:

$$EP_A = 277,8 \times \frac{EP}{A_C} \quad [kWh/(rok.m^2)]$$

$EP_A$  - Měrná spotřeba energie ( $kWh/(rok.m^2)$ )

$EP$  - Vypočtená dodaná energie za rok (GJ)

$A_C$  - Celková podlahová plocha ( $m^2$ )

Z rovnice je vidět, že větší budova bude mít ve stejné energetické třídě vyšší spotřebu energie, což je i logické. Jinak by malé domy vždy splňovaly energetické požadavky lépe. Dodaná energie je použita na udržování požadovaného prostředí v budově a přípravu teplé vody. Udržováním prostředí rozumíme teplotu, vlhkost a osvětlenost. Pro udržení teploty se energie dodává do topného systému a na klimatizaci místností. Také u některých budov je potřeba nuceného větrání. Hlavně u budov hermeticky uzavřených a také u nízkoenergetických budov, kde je nutné při použití rekuperace tepla při větrání.

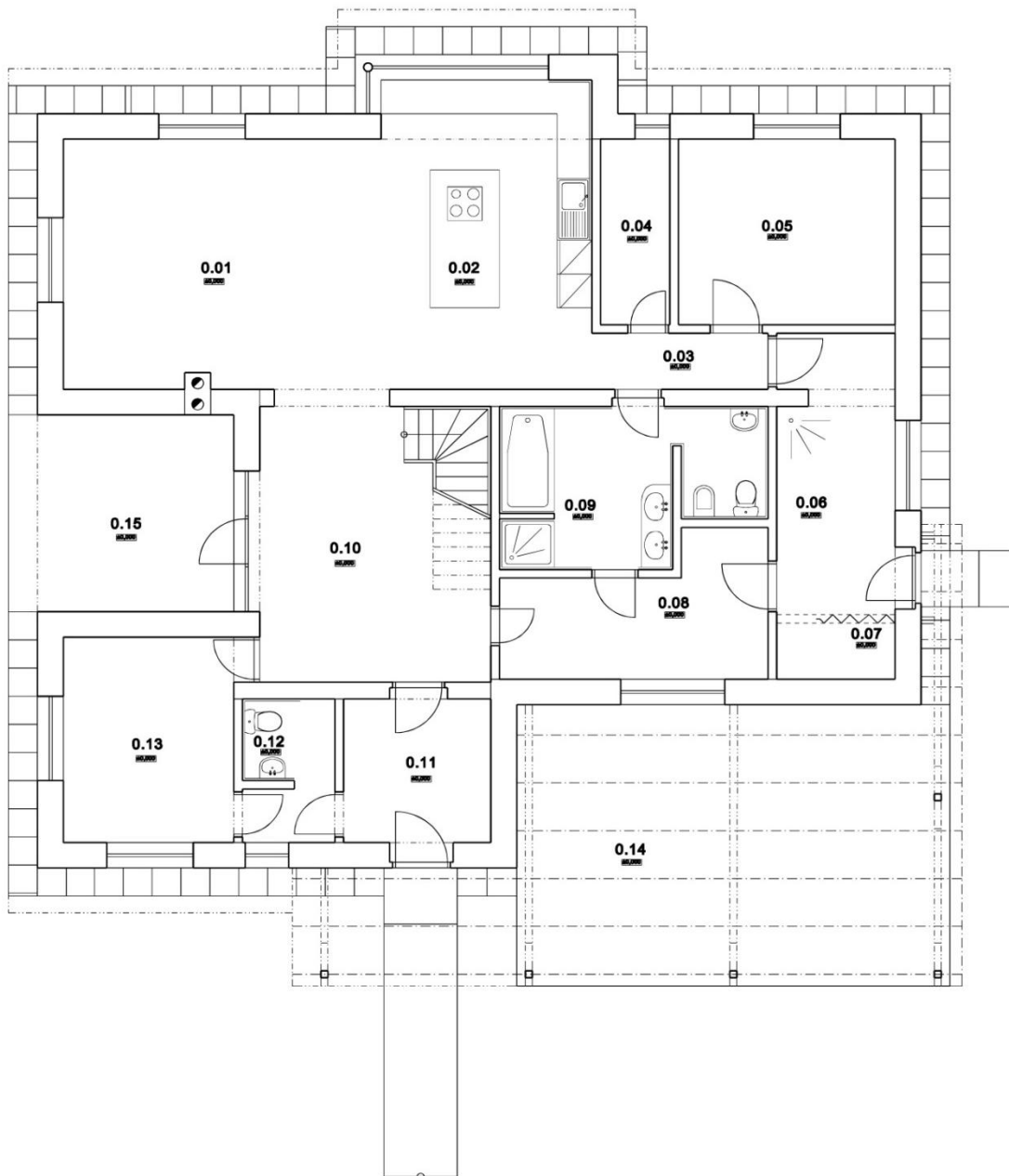
Pro určení těchto dílčích druhů energie je potřeba znát nejrůznější technická data o objektu. Pro energii na vytápění potřebujeme znát součinitele prostu jednotlivými plochami a rozměry jednotlivých ploch. Důležité jsou také informace o zdrojích tepla. Podobné je to u všech ostatních spotřebičů energie. Důležité je znát příkony jednotlivých zařízení, jako jsou oběhová čerpadla, větráky atd., a dobu jejich provozu za den, či za rok. Spotřeba teplé vody je dána buďto normou nebo měřením.

Pro výpočet PENB je vhodné v dnešní době použít nějaký výpočetní software, který velice usnadní práci, pokud je správně použit. Samozřejmě lze určit PENB i klasickým výpočtem. Národní kalkulační nástroj – NKN je program, který je zdarma, proto bude použit pro výpočet v této práci. Také existuje několik programů placených jako například program Energie.

## **8. Zvolený objekt**

Cílovým objektem je rodinný dům na parcele čp. 326/36 v katastrálním území Ptice. Obec je ve Středočeském kraji, přibližně 12 km západně, od hlavního města Prahy. Nadmořská výška je 408 metrů nad mořem.

## 8.1. Půdorys a pohledy na objekt



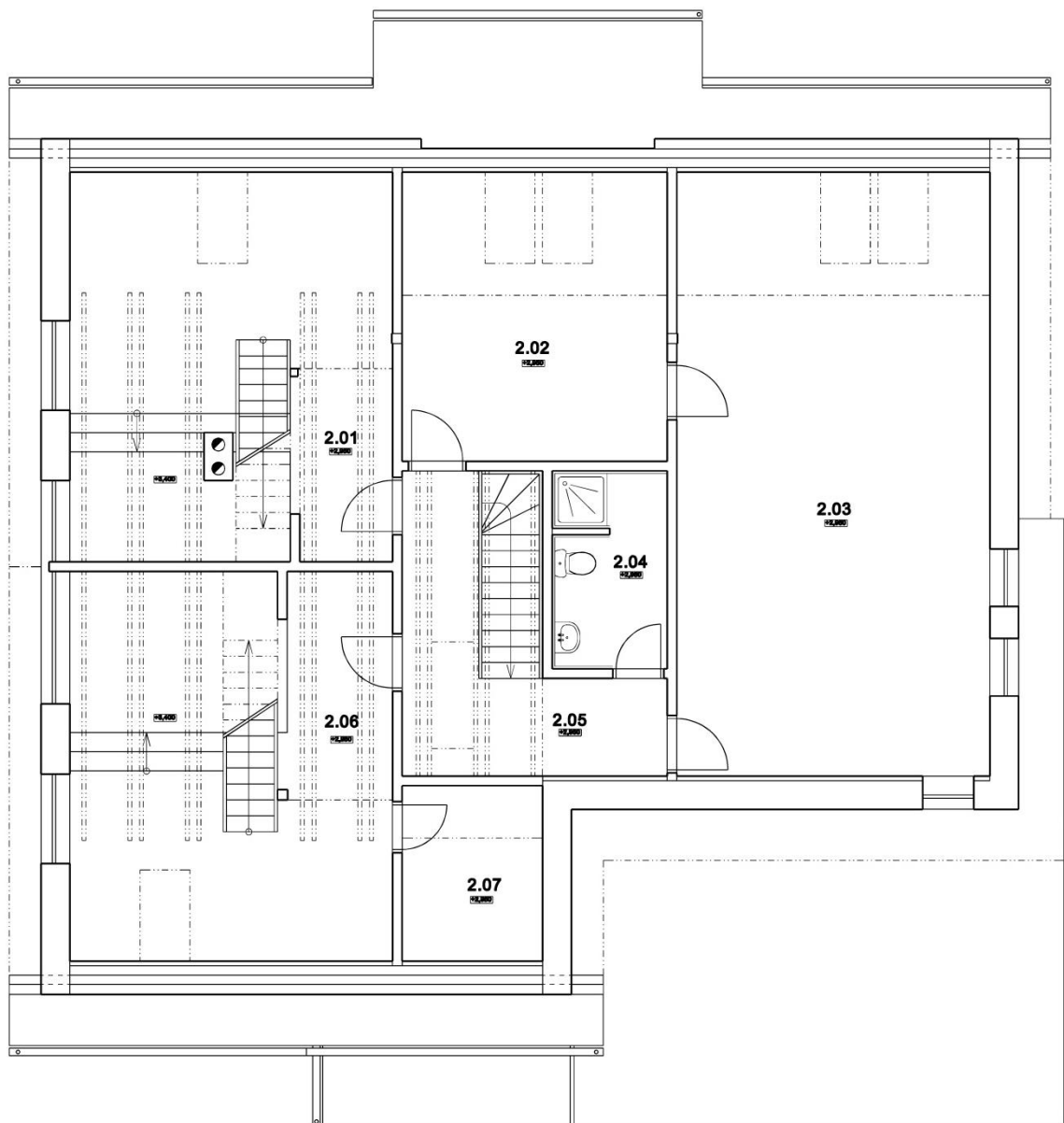
**Obrázek 8.1 – Půdorys přízemí**

0.01	Obývací pokoj	0.08	Šatna
0.02	Kuchyň	0.09	Koupelna
0.03	Chodba	0.10	Hala
0.04	Spíž	0.11	Zádveří
0.05	Ložnice	0.12	WC
0.06	Sušárna	0.13	Pokoj



0.07	Kotelna	0.14	Parkovací stání
0.15	Terasa		

**Tabulka 8. 1 – Popis místností v přízemí**



**Obrázek 8.2 – Půdorys podkroví**

2.01	Pokoj	2.05	Chodba
2.02	Pokoj	2.06	Pokoj
2.03	Pokoj	2.07	Šatna
2.04	Koupelna		

**Tabulka 8. 1 – Popis místností v podkroví**

## 8.2. Popis budovy

Rodinný dům je přízemní, nepodsklepený, s obytným podkrovím. Objekt domu je umístěn na okraji obce, vstup do domu je umístěn na východní straně. Před domkem je situován také dřevěný přístřešek pro dva osobní automobily. V přízemí se nachází zádveří, z kterého se vchází do vstupní haly. Ze vstupní haly je přístup na venkovní terasu, která je orientována na sever, dále je vstup z této haly do pracovny, WC pro hosty, šatny a obývacího pokoje s kuchyní, jídelním koutem a na schodiště vedoucí do obytného podkroví. Ze šatny je přístup do koupelny, do kotelny a do sušárny. Z kuchyně je přístup do spíže a ložnice. Po schodišti je přístup do podkroví, kde se nacházejí tři pokoje sociální zařízení a pokoj pro hosty se šatnou. Všechny místnosti mají stejné nebo velice podobné nároky na vnitřní teplotu a vlhkost, můžeme celou budovu uvažovat jako jednu zónu. Zóna přiléhá přes obálku budovy k venkovnímu prostředí celou plochou. Vytápění je řešeno jako ústřední vytápění plynovým kotlem.

## 8.3. Obálka budovy - zdivo

Obálka budovy je tvořena podlahovou plochou, obvodovými zdmi a střechou. Podlahová plocha má jako základ betonovou základní desku, která je celá nad úrovní terénu. Budova není podsklepená. Tepelná izolace je řešena stabilizovaným polystyrenem o tloušťce 60mm. Součinitel tepelné vodivosti polystyrenu je  $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 60mm  $U = 0,63 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Pod tepelnou izolací je podkladní povrchová vrstva o tloušťce 150mm. Součinitel tepelné vodivosti potěru je  $\lambda = 1,2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 150mm  $U = 8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Celkový součinitel prostupu tepla obvodovou zdí je počítán podle následujícího vzorce:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2}} = \frac{1}{\frac{1}{0,63} + \frac{1}{8}} = 0,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Ve dvou místnostech o celkové ploše  $39\text{m}^2$  je navíc palubková podlaha. Tato podlaha má součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 25mm  $U = 1,56 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Na ostatních plochách je uvažována podlaha bez palubkové podlahy a to i pod vnitřními stěnami.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2}} = \frac{1}{\frac{1}{0,58} + \frac{1}{1,56}} = 0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Obvodové zdivo je tvořeno ze zdících kvádrů POROTHERM 44. Tloušťka zdiva je 440mm. Součinitel tepelné vodivosti zdiva je  $\lambda = 0,14 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 440mm  $U = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Jako tepelná izolace jsou přidány minerální desky FASROCK o tloušťce 100mm. Štítové a boční stěny vikýřů jsou ze dřeva s tepelnou izolací rovněž FASROCK o tloušťce 100mm. Součinitel tepelné vodivosti minerálních desek je  $\lambda = 0,039 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 100mm  $U = 0,39 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2}} = \frac{1}{\frac{1}{0,32} + \frac{1}{0,39}} = 0,176 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Z výpočtu je vidět, že celkový součinitel prostupu tepla obvodovou zdí se zateplením minerální deskou je  $U = 0,176 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Střecha je tvořena střešními taškami. Ve střeše jsou čtyři vikýře. Izolace nad půdními prostory je tvořena minerálními deskami ORSIL M o tloušťce 140mm. Součinitel tepelné vodivosti minerálních desek je  $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , což odpovídá součiniteli prostupu tepla při tloušťce 140mm  $U = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Pro přesnější určení součinitelů prostupu tepla je vhodné také započítat také ostatní materiály, jako jsou omítky a obklady na stěnách, podlahové krytiny a podobné materiály. Tyto materiály ale naše výpočty ovlivní pouze minimálně, proto budou ve výpočtu zanedbány.

#### **8.4. Obálka budovy – okna a dveře**

Okna a dveře mají jiné hodnoty než zbytek obálky budovy, proto je nutné jejich plochu z obálky vyjmout a počítat je zvlášť s jinými parametry. Rodinný dům má tři vchody, tedy troje venkovní dveře. Všechna dveře jsou dřevěná dýhovaná, částečně prosklená izolačním dvojsklem. Teplotní koeficient dveří je  $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Výška je u všech 2,4metru. Jsou zde dvoje dveře jednokřídlé o roztečích 0,8 a 0,9 metru otevírané na pravou stranu a jedny dveře dvoukřídlové o šířce 1,5metru.

Na obálce budovy se také nachází dvacet jedna oken. Jsou to okna plastová zdvojená s plastovým rámem a izolačním dvojsklem. Teplotní koeficient oken je stejný jako u vchodových dveří  $U=1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Nachází se zde 8 oken o rozměru 1,2 x 1,5 metru, 3 okna 0,6 x 0,9 metru, 2 okna 0,8 x 1,5 metru, 2 okna 2,3 x 1,5 metru, 2 okna 0,6 x 1,5 metru a 4 okna ve vikýřích o rozměru 0,8 x 1 metr.

Jiná okna ani dveře se na rodinném domu nenachází. Jejich přesný výpis celé obálky včetně koeficientů prostupu tepla, celkových i dílčích ploch a zeměpisné orientace se nachází v kapitole 8.6.

### **8.5.Vytápění a příprava teplé vody**

Primárním zdrojem energie na vytápění a přípravu teplé vody je zemní plyn. Plynový kotel má jmenovitý výkon 18kW a účinnost 90%. Regulace kotle je automatická. Cirkulační čerpadlo s proměnnými otáčkami má jmenovitý příkon 150W. Celá zóna je vytápěna pouze tímto zdrojem tepla. Tento kotel je také zdrojem tepla pro přípravu teplé vody s účinností 85%. Účinnost sdílení energie v koncových prvcích je 95%. Spotřeba vody je 600 litrů za den. Uvažujeme-li že na teplou vodu přijde 30% z celkového množství vody, vyjde nám  $73\text{m}^3$  teplé vody za rok. Teplota vody v zásobníku je podle normy nastavena na 55°C. Instalovaný výkon oběhového tříotáčkového čerpadla je 200W.



**Obrázek 8.3 – Fotografie hodnoceného domu**

**8.6.Souhrn hodnot zadaných do NKN**

Druh obálky	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> . K)]	Zeměpisná orientace	Plocha [m <sup>2</sup> ]	celkový součinitel prostupu tepla [W/K]
Podlaha keram. dlažba	0,58	-	159	92,22
Podlaha palubková popodlaha	0,43	-	39	16,77
Obvodové zdivo	0,176	Jih	67,3	11,8448
		Západ	80,21	14,11696
		Sever	72,31	12,72656
		východ	98,66	17,36416
Stěny vikýřů	0,39	Jih	5,04	1,9656
		Západ	3,36	1,3104
		Sever	5,04	1,9656
		Východ	1,12	0,4368
Okna	1,1	Jih	9	9,9
		Západ	13,29	14,619
		Sever	3,99	4,389
		východ	4,04	4,444
Dveře	1,1	Jih	3,6	3,96
		Sever	1,92	2,112
		Východ	2,4	2,64
Strop nad půdními prostory	0,27	-	139,3	37,611
		Západ 30°	70,9	19,143
		Východ 30°	30,6	8,262

**Tabulka 8. 3 – Hodnoty obálky budovy pro určení PENB**

Typ zdroje tepla	-		Plynový kotel
Jmenovitý tepelný výkon zdroje tepla	$kW$		18
Účinnost výroby tepla zdrojem tepla	-	$\eta_{gen,H,sys}$	97%
Účinnost regulace zdroje tepla	-	$\eta_{gen,H,ctl,sys}$	automatická 97%
Přiřazení zdroje tepla k vytápěné zóně			
Zóna 1 - vnitřní prostor		100% - OK	Je zóna 1 vytápěna zdrojem?
Procento pokrytí potřeby tepla na vytápění zóny příslušným zdrojem tepla (součet řádku musí být 100%)			ANO <b>100,00%</b>

Tabulka 8. 4 – Hodnoty vytápěcí soustavy pro určení PENB

Příprava teplé vody			
Zdroj tepla pro přípravu TV	-	-	Plynový kotel
Účinnost příslušného systému distribuce teplé vody	%	$\eta_{W,dis,sys}$	85%
Účinnost sdílení energie v koncových prvcích systému přípravy teplé vody	%	$\eta_{W,em,sys}$	95%
Roční potřeba teplé vody	$m^3/rok$	$V_{W,j}$	73
Teplota teplé vody (ve zdroji přípravy)	$^{\circ}C$	$\theta_{H,h,sys}$	55
Instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel	$W$	$P_{W,p,sys}$	200
Typ čerpadla (podle přílohy vyhlášky 148/2007 Sb.)			tříotáčkové

Tabulka 8. 5 – Hodnoty soustavy přípravy teplé vody pro určení PENB








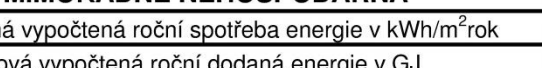
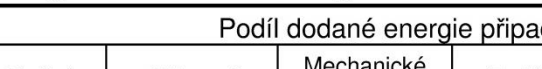
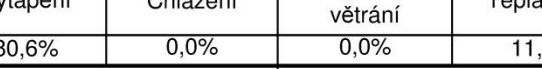
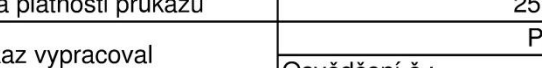
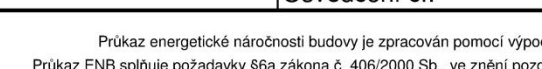

### 8.7.PENB zvoleného objektu

Po zadání hodnot a následném výpočtu v NKN vyšly následující hodnoty:

Roční dodané energie	EP=166,9GJ
Měrná roční spotřeba energie	EP <sub>A</sub> = 118,9kWh/m <sup>2</sup> .rok
Třída energetické náročnosti hodnocené budovy	C - vyhovující

Tabulka 8. 6 – Hodnoty hodnoceného domu

Budova spadá do třídy C – vyhovující. Podle zákona vyhovuje, ale v další kapitole bude názorně ukázáno, že lze s ekonomickou návratností několik let snížit energetickou náročnost.

<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>						
Rodinný dům			Hodnocení budovy			
Ptice, 326/36, 25218			stávající stav	po realizaci doporučení		
Celková podlahová plocha: 390 m <sup>2</sup>						
<b>VELMI ÚSPORNÁ</b> 0  A 50  B 51  C 97  D 98  E 142  F 143  G 191  H 192  I 240  J 241  K 286  L >286  M <b>MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ</b>			kWh/m <sup>2</sup>	třída EN	kWh/m <sup>2</sup>	třída EN
			118,9	C		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			118,9	-		
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			166,9	-		
Podíl dodané energie připadající na:						
Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	<b>Celkem</b>	
80,6%	0,0%	0,0%	11,3%	8,2%	<b>100%</b>	
Doba platnosti průkazu		25. duben 2022				
Průkaz vypracoval		Petr Jakubec				
		Osvědčení č.:				

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066  
 Průkaz ENB splňuje požadavky §6a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Obrázek 8.4 – PENB hodnoceného domu

## 9. Návrhy na zlepšení

Tato kapitola se zabývá návržením několika možností na zlepšení energetické náročnosti hodnocené budovy. Některé možnosti vyloučíme ihned vzhledem k jejich nízké ekonomické návratnosti, a to jednak kvůli vysoké pořizovací ceně, a jednak kvůli nízkému vlivu na celkovou spotřebu energie.

### 9.1. Předem vyloučené možnosti

Všechny stavební úpravy jsou považovány za nerealizovatelné, jelikož se jedná o relativně novou stavbu, větší zásahy do konstrukce se jeví jako neekonomické. Výměna izolací by byla nákladná a nepřinesla by velké zlepšení tepelných ztrát. To znamená, že ekonomická návratnost by byla velice malá, zvláště když uvažujeme také stávající izolaci, která bude při rekonstrukci znehodnocena, a tudíž se musí také započítat do nákladů. Jediné, co by mohlo připadat v úvahu, je výměna oken a dveří za energeticky úspornější. Stávající okna jsou kvalitní, tak by i zde byla doba ekonomické návratnosti vysoká i za podmínky, že by se stávající okna podařilo dále využít.

Střecha rodinného domu je orientována sever-jih proto je problematické umístit na střechu solární kolektory na ohřev vody na vytápění. Řešení, která připadají v úvahu, jsou buď neestetická, nebo neefektivní. I když se touto cestou dá velice jednoduše snížit energetická náročnost budovy, je od tohoto řešení rovněž ustoupeno, protože nevýhody převažují.

### 9.2. Varianta 1 - Výměna kotle za účinnější

Snížit energetickou náročnost rodinného domu lze použitím účinnějšího plynového kotle. Stávající kotel má účinnost 90%. To je relativně málo na plynový kotel. Pokud bude použit kotel rovněž plynový, ale kondenzační, u kterého se lze dostat na účinnost nad 100%, protože je využito také spalné teplo uvolněné při kondenzaci vodní páry vznikající při spalování. Nový kotel také dosahuje lepší tepelné účinnosti pro přípravu teplé vody. Navrhovaný kotel je Junkers ZBS 22/75S-3 MA CerapurModulSmart. Jeho pořizovací cena i s instalací je 52116,-

	Stávající kotel	Navrhovaný kotel
Účinnost spalování	90%	108%
Účinnost přípravy TV	85%	92%

**Tabulka 9. 1 – Porovnání kotlů**



<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>					
Rodinný dům			Hodnocení budovy		
Ptice, 326/36, 25218			stávající stav	po realizaci doporučení	
Celková podlahová plocha: 390 m <sup>2</sup>					
<p><b>VELMI ÚSPORNÁ</b></p> <p><b>MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ</b></p>			kWh/m <sup>2</sup>	třída EN	kWh/m <sup>2</sup> třída EN
			118,9	<b>C</b>	102,0 <b>C</b>
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			118,9		102,04
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			166,9		143,27
Podíl dodané energie připadající na:					
Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	<b>Celkem</b>
80,6%	0,0%	0,0%	11,3%	8,2%	<b>100%</b>
Doba platnosti průkazu			25. duben 2022		
Průkaz vypracoval			Petr Jakubec		
			Osvědčení č.:		

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066  
Průkaz ENB splňuje požadavky §6a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

**Obrázek 9.1 – PENB při doporučení 1**

### 9.2.1. Výpočet ekonomické návratnosti varianty 1:

Na vytápění a přípravu teplé vody připadá 91,8% dodané energie. Zbýlých 8,2% připadá na svícení, na které nemá instalace nového kotle žádný vliv. Tento fakt je nutno zahrnout ve

výpočtech, proto je v následujících rovnicích uveden koeficient 0,918, kterým je vynásobena dodaná energie.

$$\Delta EP = 166,9 \times 0,918 - 143,3 \times 0,918 = 21,66GJ$$

$$\text{roční úspory} = 21,66 \times 430 = 9315,9kč/\text{rok}$$

$$\text{Ekonomická návratnost} = \frac{52116}{9315,9} = 5,6 \text{ let}$$

Výpočtem vyšla ekonomická návratnost varianty 1 na **5,6 let**.










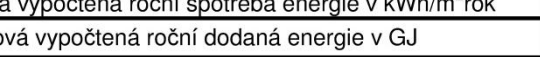
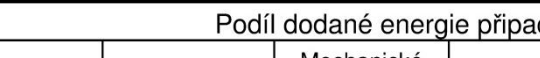
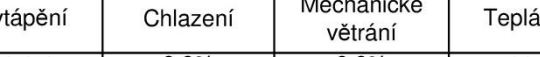
Pokud budeme uvažovat životnost nového kotle 15 let, inflaci a postupné zvyšování cen plynu tak vyjde, že kotel bude zaplacen přibližně za 6 let. To znamená, že kotel bude po dobu 9-ti let ziskový částkou kolem 9 000 Kč za rok. Současně ale musíme počítat s případnými nutnými opravami, ty se pak následně mohou promítnout do snížení nákladů negativně.

### 9.3.Varianta 2 - Výměna kotle za tepelné čerpadlo

Jsou tři možnosti, jaké tepelné čerpadlo využít: vzduch-voda nebo voda-voda případně země-voda. Návrh budeme realizovat s tepelným čerpadlem systému vzduch-voda. Tento systém byl vybrán proto, že potřebuje minimální zásah do konstrukce domu a pozemku na rozdíl od ostatních systémů. Nevýhodou tohoto tepelného čerpadla je problém s menším otopným faktorem při nižších teplotách, na druhou stranu jsou nižší pořizovací náklady. Vybráno bylo tepelné čerpadlo ATW54 od společnosti NEOTA. Parametry TČ jsou uvedeny v následující tabulce:

Tepelné čerpadlo	<b>ATW54</b>
Cena s DPH a instalací:	213680,-
výkon při 7/35°C (kW)	18,5
výkon při 2/35°C (kW)	15,5
výkon při -7/35°C (kW)	12,4
topný faktor COP při 7/35°C (EN14511)	4
maximální výstupní teplota topné vody	55°C

**Tabulka 9. 2 – Parametry zvoleného čerpadla**

<b>PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY</b>						
Rodinný dům			Hodnocení budovy			
Ptice, 326/36, 25218			stávající stav	po realizaci doporučení		
Celková podlahová plocha: 390 m <sup>2</sup>						
<b>VELMI ÚSPORNÁ</b> 0  A 50  B 51  C 97  D 98  E 142  F 143  G 191  G 192  G 240  G 241  G 286  G >286 <b>MIMOŘÁDNĚ NEHOSPODÁRNÁ</b>			kWh/m <sup>2</sup>	třída EN	kWh/m <sup>2</sup>	třída EN
			118,9	C	54,7	B
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok			118,9		54,75	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			166,9		76,87	
Podíl dodané energie připadající na:						
Vytápění	Chlazení	Mechanické větrání	Teplá voda	Osvětlení a el. spotřebiče	<b>Celkem</b>	
80,6%	0,0%	0,0%	11,3%	8,2%	<b>100%</b>	
Doba platnosti průkazu			25. duben 2022			
Průkaz vypracoval			Petr Jakubec			
			Osvědčení č.:			

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován pomocí výpočetního nástroje NKN verze 2.066  
 Průkaz ENB splňuje požadavky §6a zákona č. 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 148/2007 Sb.

## Obrázek 9.2 – PENB při doporučení 2

### 9.3.1. Výpočet ekonomické návratnosti varianty 2:

$$\text{současné náklady} = 166,9 \times 0,918 \times 430 = 65882,1$$

$$\text{náklady po realizaci doporučení} = 76,87 \times 0,918 \times 752 = 53066,1$$

$$\text{roční úspory} = 65882,1 - 53066,1 = 12816 \text{ Kč/rok}$$

$$\text{Ekonomická návratnost} = \frac{213680}{12816} = 16,67 \text{ let}$$

Výpočtem vyšla ekonomická návratnost varianty 2 na **16,67 let**.

Stejně jako u varianty 1 i zde uvažujeme, že na vytápění a přípravu teplé vody přijde 91,8% z celkové dodané energie. Ekonomická návratnost je zde složitější. Protože vyměníme energii z plynu na elektrickou energii, která je dražší na MJ než plyn, je návratnost horší než u výměny kotle. Delší návratnost investic je také dána tím, že pořízení tepelného čerpadla je finančně náročnější. Při započítání inflace a rostoucích cen energie je možné uvažovat ekonomickou návratnost 17 až 18 let. Pokud je uvažovaná životnost tepelného čerpadla 20 let, tak doba, po kterou bude čerpadlo výdělečné jsou 2 až 3 roky. Po uvedených 20 letech je ale možné pouze investovat do generální opravy, která bude o mnoho levnější než pořízení nového čerpadla.

#### **9.4. Varianta 3 – Výměna plynového kotle za elektrický**

Další z možností změny je nahrazení plynového kotle elektrickým. Jsou dva základní druhy vytápění domu elektrickou energií. Na pořizovací náklady výhodnějším řešením je využít kotel jako přímotop. Elektrokotel má nízké pořizovací náklady, například kotel PROTHERM RAY 18KB60ZB, který má i zásobník na teplou vodu je za 24752,- Kč včetně DPH. Výhodou tohoto řešení je, že máme teplo a teplou vodu k dispozici v jakoukoliv denní dobu. Naproti tomu značnou nevýhodou jsou provozní náklady za elektrickou energii. Ty lze snížit druhým principem elektrokotlů. Jsou to elektrokotle akumulární. Tyto kotle využívají nízkého tarifu, princip elektrokotlů je více popsán v kapitole 2.1.2. Pořizovací cena těchto kotlů je navýšena nutností pořídit akumulární nádrže, do kterých se akumuluje teplo v době nízkého tarifu, aby bylo následně využito pro vytápění v době tarifu vysokého. Další výhodou těchto kotlů je, že je možno připojit k akumulární nádrži i jiné zdroje tepla jako například solární kolektory nebo krbovou vložku. Pro naši aplikaci použijeme elektrokotel KOMEXTHERM EKO 3, jeho cena je 85109,-Kč včetně DPH. Účinnost těchto kotlů je vyšší než u stávajícího plynového a to 98%, Z toho důvodu klesla spotřeba energie na vytápění a přípravu teplé vody na 142GJ = 39,5MWh.

Kotel	PROTHERM RAY 18KB60ZB	KOMEXTHERM EKO 3
Požizovací cena	24752,-	85109,-
Roční cena za el. energii	133 547,26,-	102 503,51,-
Rozdíl v pořizovací ceně		60357,-
Rozdíl v roční ceně za el. energii		31043,75

**Tabulka 9. 3 – Parametry elektrokotlů a ceny za energii****9.4.1. Porovnání cen za energii**

Primární zdroj	Cena za rok	Rozdíl od současného stavu
Plyn – současný stav	65882,1,-	0,-
Plyn – kondenzační kotel	56566,2,-	-9315,9,-
Tepelné čerpadlo	53066,1,-	-12816,-
Přímotop	133 547,26,-	67665,16
Akumulační elektrokotel	102 503,51,-	36621,41

**Tabulka 9. 4 – Porovnání nákladů na vytápění**

V tabulce je přehledně vidět, jak je vytápění elektrickou energií v dnešní době velice nevýhodné. I když budeme kalkulovat se skutečností, že elektrokotel nepotřebuje kouřovod (jeho údržba a povinná revize kominíkem jedenkrát ročně je povinná dle zákona č. 91/2010sb. a finančně zatíží majitele na cca 300 – 700 Kč ročně), jsou náklady na revizi kouřovodu zanedbatelné v porovnání s tím, že současná varianta vytápění zkoumaného rodinného domu je ekonomicky nenávratná

**10. Závěr**

Tato práce se zabývá energetickou náročností budov a průkazem energetické náročnosti budovy (PENB). Úvod je zaměřen na důvody používání PENB. Těmito důvody jsou jednak zvyšující se ceny energie, tak i snaha EVROPSKÉ UNIE snížit emise CO<sub>2</sub> do ovzduší. Proto byl PENB zaveden do české legislativy zákonem 406/2000 sb. a novelizován vyhláškou 148/2007 sb. V úvodu je rozdělení zdrojů energie z hlediska technického zařízení budov. To znamená, že zdroje elektrické energie děleny podle toho, v jakém stavu jsou, když přicházejí na systémovou hranici objektu. Nebylo tedy důležité, jak byla el. energie vyrobena, zda v jaderné nebo větrné elektrárně. Úvodní část práce obsahuje i výčet toho, na co se elektrická energie v objektu využívá. Jsou zde uvedeny tepelné ztráty, jejich výpočet a to vše

podle normy ČSN EN 12831. Je zde také uvedena spotřeba energie na přípravu teplé vody, větrání, klimatizaci a umělé osvětlení.

V další části je názvosloví týkající se PENB, jsou zde všechny důležité pojmy používané kolem určování a výpočtu PENB. Popis a struktura PENB je hned další kapitolou, v níž je uvedeno, co vše obsahuje grafická i písemná část protokolu. Hodnotící kritérium v PENB je spotřeba energie na jeden metr čtvereční za rok objektu. Z tohoto důvodu je důležité jako první zjistit spotřebu energie objektu za rok, ta se pak následně vztáhne na celkovou podlahovou plochu. Podle tohoto kritéria se budově přiřadí energetická třída od A do G, kde A je nejúspornější. Každá novostavba či rekonstruovaná budova musí podle platného zákona splňovat třídu C a úspornější. Existují také výjimky, jako například historické objekty, kde by zateplování fasády nebylo proveditelné.

Hodnocený objekt je rodinný dům, nepodsklepený s obytným podkrovím, proto bylo možné hodnotit dům jako jedno-zónový. Jako výpočetní nástroj byl použit národní kalkulační nástroj (NKN). Po zadání hodnot vyčtených z technické zprávy a hodnot ze spotřebičů, vyšla energetická třída C – vyhovující. Po zvážení možných úprav byly vybrány dvě varianty. První variantou byla výměna plynového kotle účinnějším. Zde vyšla ekonomická doba návratnosti 6 let, tudíž je toto doporučení proveditelné. Druhé doporučení, jak snížit energetickou náročnost je použít jako zdroj tepla tepelné čerpadlo. Při tomto doporučení je ekonomická návratnost horší, necelých 16 let, doporučení je tudíž pořád proveditelné. Naproti tomu třetí doporučení, vytápění elektrickou energií, je ekonomicky velice nevýhodné a proto jej uvažujeme jako neproveditelné.

Na výše provedené revizi efektivnosti a kvalitnosti vytápění u standartního rodinného domu bylo demonstrováno, že PENB je nástroj, umožňující kontrolu spotřeby energie budov. To by mělo současně vést i ke snižování emisí skleníkových plynů a nižší spotřebě energie. Také by mělo dojít k tomu, že se v budoucnosti developeři budou snažit stavět budovy s nižší energetickou náročností. PENB je také osvědčení o tom, kolik nás bude stát provoz budovy, pokud si ji budeme chtít koupit či pronajmout, PENB je další možné hodnotící kritérium, které může pomoci při rozhodování.

## 11. Zdroje a literatura

- [1] [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: [Http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/15/4679-08-2009-vetrani-5web.pdf](http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/15/4679-08-2009-vetrani-5web.pdf)
- [2] **Levné stavebniny, online prodej stavebnin** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.levnestavebniny.cz>
- [3] **Wienerberger cihlářský průmysl** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.wienerberger.cz>
- [4] **Topení voda plyn** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.topenivodaplyn.cz>
- [5] **Neota, Tepelná čerpadla** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: [http://www.neore.cz/tepelna\\_cerpadla](http://www.neore.cz/tepelna_cerpadla)
- [6] **NKN: Hodnocení energetické náročnosti budov** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/>
- [7] **TZB - info** [online]. [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [8] Zákon 406/2000 sb.
- [9] Vyhláška 148/2007 sb.
- [10] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 1. 3. 2005.