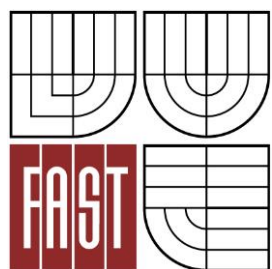




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

**ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY PRO**  
**OBČANSKOU VYBAVENOST OBCE**  
ENERGY EVALUATION OF BUILDING FOR PUBLIC FACILITIES

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. ADÉLA PROCHÁZKOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. JIŘÍ HIRŠ, CSc.**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Adéla Procházková
<b>Název</b>	Energetické hodnocení budovy pro občanskou vybavenost obce
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

1. Technická dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR a EU
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## **Zásady pro vypracování**

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro energetické hodnocení budov

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) licenční smlouva podepsaná autorem VŠKP,
- d) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- e) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- f) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- g) poděkování (nepovinné),
- h) obsah,
- i) úvod,
- j) vlastní text práce

### **A. Analýza tématu, cíle a metody řešení**

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Experimentální řešení (popis metody a přístrojové techniky)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

### **B. Aplikace tématu na zadané budově**

Zhodnocení stávajícího stavu stavby a jejích systémů, zhodnocení stavu vnitřního prostředí, analýza opatření vedoucích k energetickým úsporám a zajištění kvality vnitřního prostředí budovy, analýza užití energie z obnovitelných zdrojů, zhodnocení energetické, ekonomické a ekologické.

Hodnocení variant řešení se zaměřením na dosažení tzv. budovy s téměř nulovou spotřebou energie a možnosti uplatnění energie v regionu.

### **C1. Modelování a simulace**

Modelové dílčí řešení s využitím softwaru postihující zadanou problematiku

- k) závěr,
- l) seznam použitých zdrojů,
- m) seznam použitých zkratk a symbolů,
- n) seznam příloh,
- o) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na předních deskách, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

### **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce je zpracování energetického hodnocení budovy pro občanskou vybavenost obce – mateřské školy. Úvodem se práce zabývá analýzou zadaného tématu, normovými a legislativními předpisy s tématem spojenými. Tyto znalosti jsou dále aplikovány na konkrétní budovu. Následuje zhodnocení stávajícího stavu budovy, jejích systémů, vnitřního prostředí a analýza opatření vedoucích k energetickým úsporám a zajištění kvality vnitřního prostředí budovy. Práce se zabývá také experimentálním měřením vybraných parametrů vnitřního prostředí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Energetické hodnocení budov, úspora energie, tepelně vlhkostní bilance

## **ABSTRACT**

The aim of thesis is the energy evaluation of building for public facilities - kindergarten. From the beginning work deals with the analysis of a given topic, standard and legal regulations associated with the topic. This knowledge is further applied to a specific building. It follows by evaluation of the current state of the building, its systems, internal environment and analysis of measures leading to energy savings and ensuring the quality of the indoor environment of building. Work also deals with experimental measurements of selected parameters of the internal environment.

## **KEYWORDS**

Energy evaluation of buildings, energy saving, heat and humidity balance

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Adéla Procházková *Energetické hodnocení budovy pro občanskou vybavenost obce*. Brno, 2016. 148 s., 16 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2016

.....

podpis autora  
Bc. Adéla Procházková





## Poděkování

Ráda bych poděkovala panu doc. Ing. Jiřímu Hiršovi, CSc. za vstřícnost a rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat svému dědečkovi za pomoc při získávání údajů k experimentálnímu měření a své rodině za zázemí a podporu při studiu.



# OBSAH

ÚVOD .....	13
<b>1 ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ .....</b>	<b>14</b>
1.1 ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY .....	14
1.1.1 BUDOVA A ENERGIE V EVROPSKÉ UNII.....	14
1.1.1.1 LEGISLATIVA V EU.....	14
1.1.1.2 ENERGETICKÁ CERTIFIKACE BUDOV VE VYBRANÝCH STÁTECH EU .....	17
1.1.2 NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY V ČESKÉ REPUBLICE.....	18
1.1.2.1 ZÁKON Č. 406/2000 SB. O HOSPODAŘENÍ ENERGÍÍ.....	18
1.1.2.2 VYHLÁŠKA Č. 480/2012 SB. O ENERGETICKÉM AUDITU A EN. POSUDKU .....	22
1.1.2.3 VYHLÁŠKA Č. 78/2013 SB. O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....	22
1.1.2.4 VYHLÁŠKA Č. 118/2013 SB. O ENERGETICKÝCH SPECIALISTECH .....	24
1.1.2.5 DALŠÍ ZÁKONY A VYHLÁŠKY .....	24
1.1.2.6 DALŠÍ NORMY A PŘEDPISY.....	24
1.2 CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ .....	25
1.3 AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI .....	26
1.3.1 V PRAXI UŽÍVANÉ DOKUMENTY PRO HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV .....	26
1.3.2 VÝSTAVBA NOVÝCH BUDOV S POŽADOVANOU NÍZKOU ENB.....	27
1.3.3 PROJEKTOVÁNÍ BUDOV S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU, KTERÉ ZVLÁDNOU PROVOZOVAT BĚŽNÍ LIDÉ.....	28
1.3.4 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ PRO STÁVAJÍCÍ BUDOVY, KTERÝMI LZE SNÍŽIT CELKOVOU ENERGETICKOU NÁROČNOST OBJEKTU.....	28
1.3.4.1 ÚPRAVY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ .....	29
1.3.4.2 ÚPRAVY A VÝMĚNA SYSTÉMŮ TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV.....	35
1.3.4.3 POUŽITÍ OBNOVITELNÝCH A ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ENERGIE.....	37
1.4 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ TEPLOTNÍCH POLÍ PŘI ZATEPLENÍ OKENNÍHO RÁMU .....	40
1.5 EXPERIMENTÁLNÍ ŘEŠENÍ .....	43
1.5.1 KVALITA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ.....	43
1.5.1.1 TEPLOTA A VLHKOST .....	43
1.5.1.2 KONCENTRACE CO <sub>2</sub> .....	45
1.5.1.3 OSVĚTLENÍ .....	46
1.5.2 TERMOGRAFICKÉ MĚŘENÍ .....	46
1.6 ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU A MODELOVÁNÍ .....	48
1.6.1 VÝPOČETNÍ PROGRAM NKN II.....	48
1.6.2 VÝPOČETNÍ PROGRAMY FIRMY SVOBODA SOFTWARE .....	48
1.6.3 VÝPOČETNÍ PROGRAMY FIRMY DEK A.S. ....	52
1.6.4 VÝPOČETNÍ PROGRAMY SPOLEČNOSTI PROTECH .....	54
<b>2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ .....</b>	<b>55</b>
2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE .....	56
2.1.1 VLASTNÍK A PROVOZOVATEL OBJEKTU .....	56
2.1.2 ZPRACOVATEL ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ .....	56
2.1.3 PŘEDMĚT ENERGETICKÉHO HODNOCENÍ .....	56
2.2 POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU OBJEKTU.....	57

2.2.1	CHARAKTERISTIKA HLAVNÍCH ČINNOSTÍ HODNOCENÉ BUDOVY .....	57
2.2.2	MÍSTNOSTI V OBJEKTU A POPIS JEJICH PROVOZU .....	58
2.2.3	POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU OBJEKTU A JEHO SYSTÉMŮ .....	59
2.2.3.1	STAVEBNÍ ŘEŠENÍ .....	59
2.2.3.2	TECHNICKÉ ZAŘÍZENÍ BUDOVY .....	60
2.2.3.3	ENERGETICKÉ VSTUPY ZA PŘEDCHÁZEJÍCÍ ROKY ZÍSKANÉ Z ÚČETNÍCH DOKLADŮ .....	65
2.2.3.4	TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY .....	72
2.2.3.5	ZHODNOCENÍ OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ BUDOVY .....	75
2.2.3.6	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	78
2.2.4	ZHODNOCENÍ STAVU VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOVY .....	80
2.2.5	ANALÝZA OPATŘENÍ VEDOUCÍCH K ENERGETICKÝM ÚSPORÁM A ZAJIŠTĚNÍ KVALITY VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ BUDOVY .....	89
2.2.5.1	NÍZKONÁKLADOVÁ OPATŘENÍ .....	90
2.2.5.2	VYSOKONÁKLADOVÁ OPATŘENÍ .....	91
2.2.5.3	NÁVRHY KOMBINACÍ RŮZNÝCH OPATŘENÍ .....	103
2.2.6	ANALÝZA UŽITÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ (OZE) .....	107
2.2.7	ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉ, EKONOMICKÉ A EKOLOGICKÉ .....	119
2.2.7.1	ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉ .....	119
2.2.7.2	ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉ .....	120
2.2.7.3	ZHODNOCENÍ EKOLOGICKÉ .....	121
2.3	HODNOCENÍ VARIANT ŘEŠENÍ SE ZAMĚŘENÍM NA DOSAŽENÍ TZV. BUDOVY S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE A MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ ENERGIE V REGIONU .....	123
2.3.1	BUDOVA S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE .....	123
2.3.2	ZHODNOCENÍ REKONSTRUKCE .....	125
2.3.3	MOŽNOSTI UPLATNĚNÍ ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V REGIONU .....	126
<b>3</b>	<b>VÝPOČTOVÝ MODEL .....</b>	<b>128</b>
3.1	PRÁCE V PROGRAMU TEPLA TEPLA 2015 .....	128
3.1.1	OKRAJOVÉ PODMÍNKY VÝPOČTU .....	128
3.1.2	VARIANTY ŘEŠENÍ .....	128
3.1.3	GRAFICKÉ POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ JEDNOTLIVÝCH VARIANT .....	131
<b>4</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>138</b>
<b>5</b>	<b>POUŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>139</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ .....</b>	<b>140</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ .....</b>	<b>142</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>147</b>

# ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá energetickým hodnocením budovy občanské vybavenosti – mateřské školy. Budova se nachází v katastru obce Vedrovice. Obec leží asi v polovině vzdálenosti mezi Znojmem a Brnem.

První část práce je zaměřena teoreticky. Rozebírá normové a legislativní podklady v oblasti energetického hodnocení budov. Popisuje zákony a předpisy týkající se energetického hodnocení budov platné v Evropské unii a následně jejich implementaci do právních předpisů České republiky. Dále popisuje aktuální změny těchto předpisů, které přichází s neustále zpřísňujícími se požadavky na hospodaření s energiemi. Jsou zde uvedeny pravidla při stavbě nových budov s nízkou spotřebou energie, jakým způsobem můžeme dojít k úsporám při rekonstrukcích stávajících budov, popisuje možnosti užití obnovitelných zdrojů energie. Dále odůvodňuje používání experimentálních metod měření a popisuje parametry vnitřního prostředí.

Druhá část se věnuje energetickému hodnocení vybrané budovy občanské vybavenosti - mateřské školy ve Vedrovicích. Nejprve je uvedena základní charakteristika objektu, popsán stávající stav budovy, její stavební řešení a technické zařízení budovy. Je uvedena stávající úroveň využívání energie v budově. Informace jsou dále vyhodnoceny a na základě tohoto vyhodnocení jsou navržena opatření na zvýšení úspor energie. Energeticky úsporná opatření se týkají stavebního řešení objektu, jeho technických zařízení a možného využití obnovitelných zdrojů energie. Opatření jsou mezi sebou a stávajícím stavem porovnávána nejen z hlediska energetického, ale i ekonomického a environmentálního. V navržených variantách, skládajících se z jednotlivých opatření je dále zhodnoceno, zda je možné dosáhnout budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Součástí této části je i zhodnocení experimentu provedeného v dané budově. Jako experiment bylo provedeno měření tepelně vlhkostního stavu vnitřního prostředí. Měření teploty a vlhkosti bylo realizováno pomocí dataloggeru, který byl umístěn po dobu čtrnácti dnů v prvním nadzemním podlaží ve třídě mateřské školy. Na základě výsledků měření je vyhodnocena kvalita vnitřního prostředí.

Třetí část práce se zabývá modelováním, posuzuje zejména tepelně technické vlastnosti skladby stavební konstrukce – obvodové stěny z hlediska prostupu tepla a vodní páry.

# 1 ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

Energetické hodnocení budov je v současné době aktuálním tématem, a to nejen mezi odborníky, ale také mezi laickou veřejností. Odborníci musí tento problém řešit, protože zdroje energie docházejí, nesmíme ignorovat limity našeho prostředí a s energií se musíme naučit hospodařit. Stále větším problémem je zvyšování emisí oxidu uhličitého. Zhoršené vnější prostředí se projevuje znečištěním například zvýšenou koncentrací CO<sub>2</sub> z 330 ppm na 460 ppm, lokálně až 750 ppm. Prodlužuje se doba pobytu v budovách, kde trávíme většinu času, ale nejsme v nich schopni zajistit zdravé životní prostředí. Koncentrace CO<sub>2</sub> v nich často mnohonásobně překračuje povolené hodnoty. Budovy spotřebují až 40 % celkové spotřeby energie a produkují 36 % emisí CO<sub>2</sub>. Je třeba se v oblasti úspor energií na budovy zaměřit. Veřejnost se začala zabývat tímto tématem zejména kvůli zvyšujícím se cenám energií a snaze za energie ušetřit. Stále více lidí vyhledává pomoc odborníků. Lidé chtějí šetřit a motivace pro ně mohou být různé dotační programy. Nyní nejvyhledávanější dotací je program Nová zelená úsporám, který nabízí za určitých podmínek zájemcům příspěvek na realizaci jejich energeticky úsporného opatření. Dotace se týkají zejména snižování energetické náročnosti stávajících domů, výstavby nových domů s velmi nízkou energetickou náročností a efektivního využití zdrojů energie.

## 1.1 Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

### 1.1.1 Budova a energie v Evropské unii

Jednou z oblastí zájmu EU jsou budovy s velmi nízkou spotřebou energie. Tyto budovy jsou důležitou součástí strategie na snížení spotřeby energie v budovách.

#### 1.1.1.1 Legislativa v EU

19. května roku 2010 byla schválena směrnice s označením 2010/31/EU. Tato nová směrnice ruší a nahrazuje směrnicí 91/2002/ES v plném rozsahu a upřesňuje a v některých bodech zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Mottem nové směrnice je cíl 20-20-20. Tato čísla mají jasný význam, a to, že v roce 2020 chceme v porovnání s rokem 1990 v Evropě:

- dosáhnout snížení spotřeby energie o 20%,
- snížení emisí skleníkových plynů o 20%
- zvýšení podílu obnovitelných zdrojů na 20% celkové výroby energie.

Mezi další evropské směrnice patří směrnice 2006/32/ES o energetické účinnosti u konečného uživatele a o energetických službách a směrnice 2012/27/EU o energetické účinnosti.

## ***Budova s téměř nulovou spotřebou energie***

Pro účely směrnice 2010/31/EU se rozumí budovou s téměř nulovou spotřebou energie budova, jejíž energetická náročnost určená podle metody, dané touto směrnicí, je velmi nízká. Téměř nulová či nízká spotřeba požadované energie by měla být pokryta z obnovitelných zdrojů, včetně energie z obnovitelných zdrojů vyráběné v místě či v jeho okolí.

- od 31. prosince 2020 budou všechny nové budovy stavěny s téměř nulovou spotřebou energie
- od 31. prosince 2018 budou v tomto standardu všechny nové budovy vlastněné, nebo provozované státem

## ***CO<sub>2</sub> neutrální budovy***

Zda je možné a jakým způsobem stavět CO<sub>2</sub> neutrální budovy řeší projekt Model Home 2020. Ukazuje možný způsob vývoje udržitelné výstavby budov. Víze a principy domu v projektu Model Home 2020 musí být specifikovány a testovány. Proto je postaveno šest experimentálních domů, jako ukázkové objekty.

Příkladem je uveden Sunlighthouse z Rakouska. Pozemek, který byl vybrán pro stavbu domu je velmi atraktivní, neumožňuje ovšem přesnou orientaci k jihu. Tento experiment má být důkazem, že je možné stavět CO<sub>2</sub> neutrálně, i když jsou ideální podmínky pro umístění domu splněny jen částečně.



**Obrázek 1.1** Sunlighthouse, Vídeň; zdroj: <http://inhabitat.com/>

Důraz byl kladen na zdravé vnitřní prostředí pečlivým výběrem stavebních materiálů, správnou volbu rozmístění okenních otvorů, které mají zajistit cílené výhledy a maximalizovat pasivní solární zisky. Jasně stanoveným cílem Slunečního domu bylo udržet celkovou spotřebu energie a obzvláště spotřebu primární energie na co nejnižší možné úrovni. Pokrytí energetických nároků se uskutečňuje výhradně pomocí obnovitelných zdrojů energie. Dosavadní rozbor tohoto projektu ukázal, že konečný výsledek nezávisí až tak na specifických vlastnostech jednotlivých výrobků a prvků, ale hlavně na jejich dokonalém sladění.

## ***Energeticky pasivní dům***

Je často nesprávně používaný termín v oblasti energetického hodnocení budov. Toto označení můžeme použít pouze v případě, že se jedná o budovu navrženou dle metodiky PHPP (Passivhaus Projektierungspaket). Zmíněná metodika byla vytvořena předním světovým centrem zabývajícím se energetickou náročností budov - Passiv House Institut v německém Darmstadtu. Jde tedy o metodiku užívanou převážně v Německu a pojmem „pasivní dům“ můžeme označit pouze stavby podle této metodiky navržené.

V České republice je pasivní dům zmíněn v normě ČSN 73 0540-2 a TNI 73 0329. V těchto předpisech je stanoven postup hodnocení budov s velmi nízkou energetickou náročností. Pro pasivní domy je zde jedním z kritérií potřeba tepla na vytápění daná hodnotou 20 kWh/m<sup>2</sup>rok a doporučenou hodnotou 15 kWh/m<sup>2</sup>rok, která odpovídá i předepsané hodnotě z PHPP. Na metodice TNI je v ČR postaveno i posuzování staveb pro program Nová zelená úsporám, proto se využívá více než PHPP. Obě metodiky používají pro výpočet rozdílná klimatická data a jinou vztažnou podlahovou plochu. Certifikace PHPP je využívána v Evropě, je přesnější a tedy i vhodnější pro přísnější hodnocení pasivních domů.

## ***Domy nulové a plusové***

Domy nulové a plusové využívají již ve velké míře obnovitelné zdroje a jejich energetická roční bilance je vyrovnaná nebo v přebytku. Tyto domy často využívají fotovoltaických panelů, kterými si vyrábí elektrickou energii pro vlastní užití. Musíme však řešit nerovnoměrné rozložení získané energie během roku. Od měsíců března do listopadu většinou nebývá problém s pokrytím potřeby energie fotovoltaickými panely nebo jiným energeticky obnovitelným zdrojem. Často je množství získané energie větší než skutečná spotřeba daného objektu, proto ji můžeme buď prodávat do sítě nebo akumulovat pro vlastní potřebu. Problém nastává přes zimu, kdy množství získané energie z těchto zdrojů není dostačující a je nutné pokrytí energie ještě jiným zdrojem. Výhodou je užití ostrovních systémů.

Stavební konstrukce a technologie jsou obdobné jako u domů s téměř nulovou spotřebou energie.

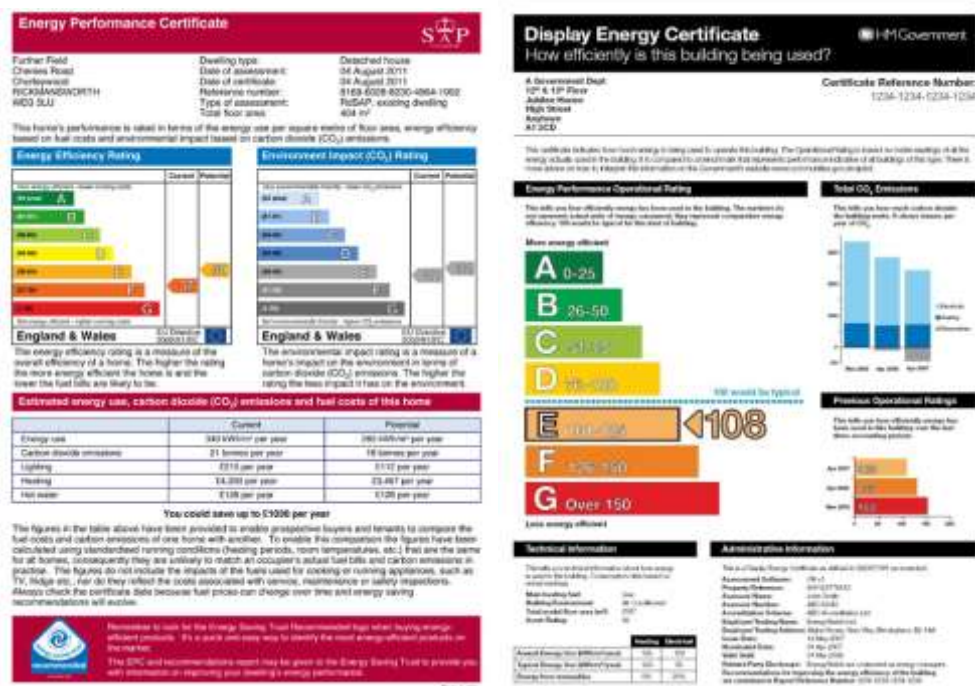


## 1.1.1.2 Energetická certifikace budov ve vybraných státech EU

Implementace směrnice EU o energetické náročnosti budov se netýká jen ČR, ale všech členských států EU. Každý z těchto států směrnici realizuje jiným způsobem. Nyní uvedu přehled některých z nich a zaměřím hlavně na průkazy energetické náročnosti budov.

### Velká Británie

System hodnocení budov je zde rozdílný pro každou samostatnou část Spojeného království. Jiný je pro Skotsko, pro Severní Irsko, pro Anglii s Walesem. Hlavním rozdílem od PENB, tak jak ho máme zavedený v ČR je, že jsou v zásadě 2 typy průkazů – pro bytové domy a pro ty ostatní (nebytové). Tímto rozdělením se řídí i obsah PENB a cena za vyhotovení průkazu. PENB pro bytové domy obsahuje hodnocení energetické náročnosti (třídy A až G), ale také hodnocení environmentální, tj. kolik daná budova produkuje CO<sub>2</sub>. Poslední údaj jsou doporučená opatření, která se dělí na nízkonákladová (do 15 000 Kč) a vysokonákladová. Zajímavostí je, že nová výstavba a velké rekonstrukce BD musí splňovat nejhůře třídu „B“ energetické náročnosti. To je velká výzva, protože většina domů se v současnosti nachází ve třídě „E“.



**Obrázek 1.2** Ukázka PENB pro bytový dům a ukázka PENB pro veřejnou budovu v Anglii a Walesu; zdroj: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9674-prehled-energeticke-certifikace-budov-ve-vybranych-statech-eu>

Speciálním typem PENB jsou průkazy určené pro veřejné budovy, které mají viset na budovách větších než 1 000 m<sup>2</sup> podlahové plochy. Tyto průkazy zobrazují skutečnou ENB zjištěnou podle aktuální spotřeby za poslední rok a její porovnání s předchozími 3 roky.

Všechny PENB jsou centrálně uloženy v elektronických registrech. Udávaná cena PENB pro bytový objekt je v přepočtu od 1 500 do 3 000 Kč bez DPH.

## Portugalsko

V Portugalsku je také zaveden centrální registr PENB, který spravuje státní energetická agentura ADENE. Jsou zde zaregistrovány všechny průkazy a je prováděna jejich automatická kontrola. PENB jsou zde platné 10 let, u budov veřejné správy pouze 6 let. Cena PENB pro bytový objekt se zde pohybuje od 4 000 do 7 000 Kč bez DPH a k ní ještě nutno připočíst poplatek cca 1250 Kč za zpracování a kontrolu SEA ADENE.

The image shows a sample of a Portuguese Energy Performance Certificate (PENB) form. At the top, it features the logo of 'Certificação Energética e do Ambiente EDIFICIOS' and the title 'CERTIFICADO DE DESEMPENHO ENERGETICO E DA QUALIDADE DO AR INTERIOR'. Below the title, there are several sections: 'TIPO DE EDIFICIO', 'LOCALIZAÇÃO', 'CARACTERÍSTICAS', 'NOME DO CERTIFICADOR', 'NOME DO CLIENTE', 'NOME DO PROJETO', 'NOME DO PROJETO', 'NOME DO PROJETO', 'NOME DO PROJETO'. A central part of the form displays a performance scale from A to F, with A being the most efficient (green) and F being the least efficient (red). Below the scale, there is a table with three columns: 'REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA', 'REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA', and 'REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA'. The table contains rows for 'Edifício', 'Sistema de aquecimento', 'Sistema de arrefecimento', and 'Sistema de ventilação'. At the bottom of the form, there are logos for 'Associação Portuguesa de Engenharia e Arquitetura' and 'Associação Portuguesa de Engenharia e Arquitetura'.

**Obrázek 1.3** Ukázka PENB pro budovy v Portugalsku; zdroj: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9674-prehled-energeticke-certifikace-budov-ve-vybranych-statech-eu>

## 1.1.2 Normové a legislativní podklady v České republice

### 1.1.2.1 Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií

Jedná se o stěžejní předpis v oblasti energetického hodnocení budov. Zákon prošel mnoha změnami, zejména po implementaci směrnice Evropské unie 2010/31/EU do tohoto zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Nový zákon č. 318/2012 Sb., o hospodaření energií, výrazně změnil a upřesnil stávající pohled na problematiku hospodaření s energií. I tento zákon se neustále mění a upravuje, zejména v důsledku snahy začlenit do něj stále zpřísňující se požadavky kladené Evropskou unií.

Zákon řeší především následující oblasti a stanovuje:

- některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií,
- pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie,
- požadavky na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie,
- požadavky na uvádění spotřeby energie a jiných hlavních zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie,
- požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů,
- některá pravidla pro poskytování energetických služeb.

### ***Plnění požadované úrovně nízké ENB u nových budov***

Při podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby je stavebník povinen doložit od 1. 1. 2013 u všech nových budov kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu o splnění požadavků na ENB na nákladově optimální úrovni. Pro získání kladného stanoviska musím doložit průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) s posouzením technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie. Dotčený orgán se k danému PENB vyjadřuje. Požadavky jsou splněny, pokud neobnovitelná primární energie za rok, celková dodaná energie za rok a průměrný součinitel prostupu tepla nejsou vyšší než požadované hodnoty ukazatelů energetické náročnosti referenční budovy (ENRB).

Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu o splnění požadavků na ENB s téměř nulovou spotřebou energie je nutné doložit:

- od 1. 1. 2016 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci nebo subjekt řízený orgánem veřejné moci a jejichž celková energeticky vztažná plocha (EVP) bude větší než 1500 m<sup>2</sup>
- od 1. 1. 2017 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci a jejichž EVP bude větší než 350 m<sup>2</sup>
- od 1. 1. 2018 u nových budov, jejichž vlastníkem a uživatelem bude orgán veřejné moci a jejichž EVP bude menší než 350 m<sup>2</sup> a všech ostatních nových budov s EVP větší než 1500 m<sup>2</sup>
- od 1. 1. 2019 u všech nových budov, jejichž EVP bude větší než 350 m<sup>2</sup>
- od 1. 1. 2020 u všech nových budov

## ***Plnění požadované úrovně nízké ENB u změn dokončených budov***

### *Větší změny dokončených budov (nad 25 % obálky budovy)*

Před zahájením větší změny dokončené budovy, která nepodléhá stavebnímu povolení či ohlášení, jsou stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek povinni doložit prostřednictvím PENB od 1. 1. 2013 splnění požadavků na ENB na nákladově optimální úrovni pro budovu. Požadavky musí být splněny na rozdíl od nových budov, alespoň jedním z ukazatelů ENB, a to buď neobnovitelné primární energie za rok a průměrného součinitele prostupu tepla, nebo celkové dodané energie za rok a průměrného součinitele prostupu tepla, nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy plněním referenční hodnoty součinitele prostupu tepla měněného stavebního prvku obálky budovy, nebo pro měněné technické systémy plněním referenční hodnoty účinnosti měněného technického systému. Dále posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.

### *Jiné než větší změny dokončených budov a větší změny dokládání požadavky na jednotlivé měněné prvky*

Platí povinnost stavebníka, vlastníka budovy nebo společenství vlastníků jednotek plnit požadavky na ENB na měněné stavební prvky obálky budovy a technické systémy podle vyhlášky.

## ***Výjimky z požadovaného plnění nízké úrovně ENB***

Požadavky na ENB nemusí být splněny:

- u budov s energeticky vztažnou plochou (EVP) menší než 50 m<sup>2</sup>,
- u budov, které jsou kulturní památkou, nebo se nacházejí v památkové rezervaci nebo památkové zóně, pokud by splnění některých požadavků na ENB změnilo jejich charakter nebo vzhled nepřipustně vzhledem k zájmům státní památkové péče
- u budov navrhovaných a obvykle užívaných jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely,
- u staveb pro rodinnou rekreaci,
- u průmyslových a výrobních provozů, dílenských provozoven a zemědělských budov se spotřebou energie do 700 GJ za rok,
- při větší změně dokončené budovy v případě, že stavebník, vlastník budovy, společenství vlastníků jednotek prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely.

## **Požadavek na zpracování PENB**

Zpracování PENB je povinen zajistit vlastník nebo stavebník budovy při výstavbě nové budovy nebo při větší změně dokončené budovy. PENB se užívají k dokladování plnění požadavků na ENB a kromě toho se jejich zpracování (již bez nutnosti plnit předepsanou úroveň ENB) vyžaduje pro tyto tři oblasti:

budovy užívané orgánem veřejné moci

- u budov s EVP větší než 500 m<sup>2</sup> od 1. 7. 2013,
- u budov s EVP větší než 250 m<sup>2</sup> od 1. 7. 2015,

užívané bytové domy a administrativní budovy

- u budov s EVP větší než 1 500 m<sup>2</sup> od 1. 1. 2015,
- u budov s EVP větší než 1 000 m<sup>2</sup> od 1. 1. 2017,
- u budov s EVP menší než 1 000 m<sup>2</sup> od 1. 1. 2019,

prodávané budovy a jejich ucelené části nebo pronajímané budovy a od 1. 1. 2016 jejich pronajímané ucelené části.

Pro všechny tři uvedené oblasti povinného zpracování průkazu ENB platí výše uvedené výjimky.

## **Nejaktuálnější novela zákona**

Dne 1. července 2015 vstoupila v účinnost další novela zákona o hospodaření energií, která reaguje na Evropské směrnice, snaží se nově zimplementovat směrnici 2012/27/EU o energetické účinnosti a dodatečně již částečně implementovanou směrnicí 2010/31/EU o energetické náročnosti budov a směrnicí 2006/32/ES o energetické účinnosti u konečného uživatele a o energetických službách.

Novela se dotkne především velkých podnikatelů a energetických specialistů, ale rovněž široké veřejnosti. Dále je uvedeno několik zásadních změn.

### *Změny pro podnikatele*

Mezi hlavní navrhované změny patří povinnost pro podnikatele, kteří nejsou malými a středními zpracovat energetický audit a to opakovaně každé 4 roky.

### *Změny pro širokou veřejnost*

Nově nebudou muset ti, kdo chtějí stavět dům, žádat Státní energetickou inspekci o závazné stanovisko, že navržená budova plní požadavky na energetickou náročnost, ale doloží toto

plnění pouze průkazem energetické náročnosti budovy přímo stavebnímu úřadu. Tímto se zjednoduší administrativní záležitosti hlavně u rodinných domů.

#### *Změny u průkazů energetické náročnosti budovy při prodeji či pronájmu nemovitosti*

Již více jak dva roky platí povinnost zajistit zpracování průkazu při prodeji či pronájmu nemovitosti. Tato povinnost byla v některých případech zbytečná, proto zákon přináší tato zjednodušení:

- úleva od povinnosti mít zpracovaný průkaz v případě prodeje či pronájmu budovy postavené před rokem 1947, pokud od té doby neprodělala větší rekonstrukci,
- úleva je poskytnuta také kulturním památkám a budovám nacházejících se v památkové rezervaci, které rovněž od 1. července 2015 nemusí mít zpracovaný průkaz,
- realitní kanceláře budou zodpovědné za uveřejnění údajů z průkazu, v případě, že zprostředkovatel prodeje nebo pronájmu neobdrží údaje z průkazu daného objektu, je povinen zveřejnit nejvyšší energetickou náročnost – tj. klasifikační třídu G.

Platnost průkazu je omezena nejen 10 lety a provedením větší změny dokončené budovy, ale nově i provedením změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody v této budově.

Další změny se týkají četnosti vydávání dokumentů Státní energetické koncepce a Územně energetické koncepce. Nově jsou zpracovávány na 25 let. Došlo k upřesnění odstavců týkajících se přístrojů registrujících a regulujících dodávku tepelné energie. Nově je upravena smlouva o energetických službách.

#### **1.1.2.2 Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a en. posudku**

Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku stanovuje:

- rozsah energetického auditu a energetického posudku,
- obsah energetického auditu a způsob jeho zpracování,
- obsah energetického posudku a způsob jeho zpracování.

#### **1.1.2.3 Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov**

V souvislosti s implementací evropské směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov se také mění vyhláška č. 148/2007 Sb., nahrazená vyhláškou č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Dále je k ní vydána technická normalizační informace TNI 73 0331 Energetická náročnost budov – typické hodnoty pro výpočet z dubna roku 2013.

Vyhláška řeší především následující oblasti a stanovuje:

- nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,

- metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,
- vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,
- vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování,
- umístění průkazu v budově.

Mezi ukazatele ENB patří:

- a) celková primární energie za rok (součet neobnovitelné a obnovitelné energie)
- b) neobnovitelná primární energie za rok (množství dodané energie po jednotlivých energonositelích násobené faktorem neobnovitelné primární energie)
- c) celková dodaná energie za rok (součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie)
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy
- e) průměrný součinitel prostupu tepla
- f) součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- g) účinnost technických systémů

Pojmem nákladově optimální úroveň se rozumí stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, které vedou k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.

Požadavky na ENB na nákladově optimální úrovni jsou splněny:

- pro budovy nové a s téměř nulovou spotřebou energie, pokud splňují b), c) a e)
- při změně dokončené budovy pokud b) a e) jsou menší než u referenční budovy (RB)
- při změně dokončené budovy pokud c) a e) jsou menší než u RB
- při změně dokončené budovy pokud f) jsou menší než u RB a g) jsou vyšší než u RB

### ***Nejaktuálnější novela vyhlášky č. 78/2013 (nově vyhláška č. 230/2015)***

Dne 1. prosince 2015 vstoupila v účinnost novela vyhlášky, kterou se mění vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov.

Největší změnou, kterou novela přináší, je, že součástí každého průkazu energetické náročnosti bude stanovení doporučených technicky, funkčně a ekonomicky vhodných opatření pro snížení energetické náročnosti hodnocené budovy. Ekonomická vhodnost znamená, že je dosaženo doby návratnosti investice kratší, než je doba životnosti. Ekologická proveditelnost znamená, že při instalaci nového alternativního zdroje dodávky energie nedojde ke zvýšení množství neobnovitelné primární energie oproti stávajícímu stavu.

#### **1.1.2.4 Vyhláška č. 118/2013 Sb. o energetických specialistech**

Vyhláška č. 118/2013 Sb. o energetických specialistech stanoví:

- obsah a rozsah odborné zkoušky, obsah a rozsah průběžného vzdělávání a přezkušování energetických specialistů oprávněných k zpracování energetického auditu a energetického posudku, zpracování průkazu, provádění kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie, nebo provádění kontroly klimatizačních systémů,
- pravidla a jednání zkušební komise a organizace pořádající průběžné vzdělávání energetických specialistů. Současně se stanoví vzor žádosti o udělení oprávnění a vzor žádosti o absolvování průběžného vzdělávání,
- náležitosti vedení evidence energetického specialisty o prováděných činnostech.

#### **1.1.2.5 Další zákony a vyhlášky**

Novela vyhlášky o kontrole kotlů a rozvodů tepelné energie (nahradí vyhlášku č. 276/2007 Sb.)

Novela vyhlášky o kontrole klimatizačních systémů (nahradí vyhlášku č. 277/2007 Sb.)

Vyhláška 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

Vyhláška č. 194/2007 Sb. kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie

Vyhláška č. 441/2012 Sb. o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie

#### **1.1.2.6 Další normy a předpisy**

Klíčovou normou na tepelnou ochranu budov v České republice je norma ČSN 73 0540.

ČSN 73 0540-1 (2005) Tepelná ochrana budov, část 1: Terminologie,

ČSN 73 0540-2 (2011) Tepelná ochrana budov, část 2: Požadavky (2011)

ČSN 73 0540-3 (2005) Tepelná ochrana budov, část 3: Návrhové hodnoty veličin

ČSN 73 0540-4 (2005) Tepelná ochrana budov, část 4: Výpočtové metody

Byla nutná revize 2. části z důvodu starého značení, neužívaných hodnot, zastaralých hodnot, absence nových materiálů.

ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Vypočet potřeby energie na vytápění

ČSN EN 15 217 Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov



## 1.2 Cíl práce, zvolené metody řešení

Hlavním cílem mé diplomové práce je zpracování energetického hodnocení zadané budovy. Jako objekt pro hodnocení energetické náročnosti jsem si zvolila budovu mateřské školy ve Vedrovicích v okrese Brno - venkov. Jedná se o dvoupatrový objekt, nepodsklepený, uvedený do provozu v roce 1986. Objekt si žádá po několika letech užívání rozsáhlou rekonstrukci.

Dle zákona č. 318/2012 Sb., O hospodaření energií je nutné splnit povinnosti na snižování energetické náročnosti. Pro větší změnu dokončené budovy platí:

- splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni pro budovu nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy a měněné technické systémy podle prováděcího právního předpisu,
- posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie podle prováděcího právního předpisu,
- stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy podle prováděcího právního předpisu.

Větší změna dokončené budovy dle zákona č. 318/2012 je taková změna dokončené budovy, která probíhá více než 25 % celkové plochy obálky budovy nebo taková změna technických zařízení budovy s energetickými účinky, kde výchozí součet ovlivněných spotřeb energií je vyšší než 25 % celkové spotřeby energie.

Dále musí být dle zákona č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií splněny povinnosti související s provozem budovy:

- vybavit vnitřní tepelná zařízení budov přístroji regulující a registrující dodávku tepla
- v případě instalace zařízení vyrábějících energií z obnovitelných zdrojů zajistit, aby instalaci provedly pouze osoby podle §10d
- nepřekročit měrné ukazatele spotřeby tepla pro vytápění, chlazení a přípravu teplé vody
- řídit se pravidly pro vytápění, chlazení a dodávku TV dle prováděcího předpisu

Výsledkem práce tedy bude energetické hodnocení zadané budovy. Nejdříve bude provedeno zhodnocení stávajícího stavu objektu. K dispozici mám projektovou dokumentaci daného objektu a po prohlídce fotodokumentaci stávajícího stavu konstrukcí a technických systémů budovy. Pro vyhodnocení energetické náročnosti budovy využiji program Energie 2015. Následně bude navrženo několik variant úsporných opatření, které budou vyhodnoceny z hlediska ekonomického, ekologického a z hlediska dopadu na životní prostředí. V navržených variantách bude zhodnocena možnost dosažení budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

V budově bylo také provedeno měření teploty a vlhkosti, na základě kterého bude zhodnocen stav vnitřního prostředí budovy.

## 1.3 Aktuální technická řešení v praxi

### 1.3.1 V praxi užívané dokumenty pro hodnocení energetické náročnosti budov

Pokud se rozhodneme stavět novou budovu, koupit ji, pronajímat nebo dělat rozsáhlejší rekonstrukci objektu, musíme mít na paměti plnění požadované úrovně energetické náročnosti budovy (ENB). S tím souvisí dokumenty, které ENB hodnotí. Řadíme mezi ně Energetický audit, Energetický posudek, Průkaz energetické náročnosti budovy. Dále dokument, který hodnotí pouze energii procházející obálkou budovy – Energetický štítek.

- Energetický audit - energetický audit je písemná zpráva, která obsahuje informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, tato zpráva obsahuje mimo jiné popis opatření na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci. Opatření musí být technicky, ekologicky a ekonomicky efektivní.
- Energetický posudek - energetický posudek je písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení. Je primárně určen jako dokument prokazující např. splnění dotačních podmínek.
- Průkaz energetické náročnosti budovy - průkazem energetické náročnosti se rozumí dokument, který obsahuje informace o energetické náročnosti budovy nebo její ucelené části. Je zřizován zejména za účelem prokázání splnění podmínek platné legislativy pro nové budovy, větší rekonstrukce, využívá se pro hodnocení stávajících budov v majetku státu či budov určených pro prodej či pronájem.

Energetický audit, energetický posudek a PENB musí být zpracovány pouze příslušným energetickým specialistou podle § 10 nebo osobou usazenou v jiném členském státu Unie. Musí být zpracovány objektivně, pravdivě a úplně. Seznam energetických specialistů je k dispozici na internetových stránkách ministerstva průmyslu a obchodu.



Obrázek 1.4 Grafický výstup průkazu energetické náročnosti budovy v České republice

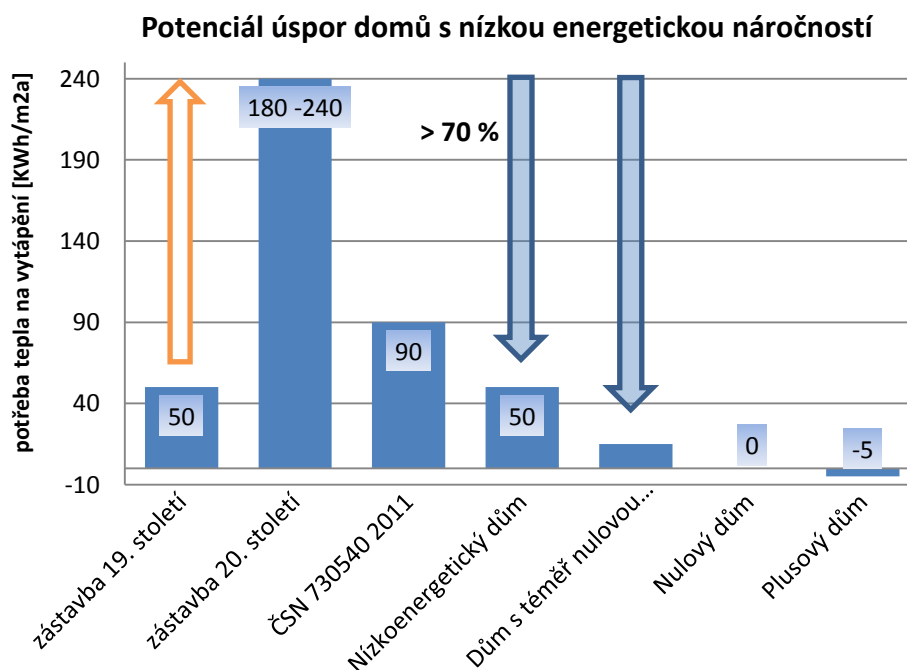
- Energetický štítek - energetický štítek obálky budovy, je dokument hodnotící pouze prostup tepla obálkou budovy, nikoli celkovou energetickou náročnost budovy.

### 1.3.2 Výstavba nových budov s požadovanou nízkou ENB

V rámci výstavby nových budov se neustále zvyšují požadavky na jejich energetickou náročnost. Také chceme stavět stavby na nákladově optimální úrovni v životním cyklu budovy. Proto je důležité již v prvotní fázi návrhu získat promyšlené koncepční řešení budovy. To obnáší zvýšení nároků na znalosti projektanta, který musí být schopen vybrat nejvhodnější materiály, skladby, řešit dokonalejší detaily styků konstrukcí obálky budovy, protože mají nemalý vliv na snížení ENB. V této fázi projektování se určitě vyplatí připlatit, protože cena dokumentace je pouze zlomek z celkových investičních nákladů.

Další věci jsou technické systémy budovy. Jejich správná funkce je podmíněna kvalitním stavebním řešením budovy a provázanou koncepcí. Energie na provoz budovy a těchto systémů by měla být u budov s nízkou ENB a budov nulových pokryta z obnovitelných zdrojů.

Musíme myslet na to, že za méně než 4 roky, tj. od 1. ledna 2020, by se měly podle předpisů EU již všechny nové budovy stavět jako budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Energetická náročnost se také bude muset snížit u budov stávajících. Nejsou však na ně zatím vyžadovány tak přísné požadavky, protože to zatím není reálné.



**Graf 1.5** Potenciál úspor na vytápění u domů s nízkou EN

### **1.3.3 Projektování budov s téměř nulovou spotřebou, které zvládnou provozovat běžní lidé**

Hned na úvod si musíme uvědomit, že je důležité, aby byl provoz domů uživatelsky jednoduchý. Když se začali stavět RD, BD na počátku 20. století, bylo v nich mnoho zdrojů vytápění a topilo se zrovna tím, co bylo nevhodnější, celý systém vytápění byl velmi komplikovaný. Proto prvním důležitým krokem je, aby projektanti nenavrhovali velmi komplikované stavby se složitými systémy větrání a chlazení. Při návrhu často předpokládají určité chování uživatele při otevírání a zavírání oken a dveří. Pokud se tak neděje, dochází k nesprávné obsluze a následnému plýtvání energií. Uživatelům připadají domy s téměř nulovou spotřebou energie velmi složité na provozování. Proto přístup k řešení budov s téměř nulovou spotřebou energie je velmi důležitý. Je třeba navrhovat jednoduché, ale vysoce účinné komponenty a systémy.

Nyní se zkusím zamyslet, jak uvažuje společnost nad budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Lidé mají z těchto domů strach. Mají obavu z technologií, kvůli jejich obsluze a údržbě. Nedovedou si představit potenciál úspor. Pochybují nad znalostmi projektantů. Pokud už projektant projekt správně navrhne, dalším problémem může být realizace jeho návrhu. Je málo firem, které dokážou udělat kvalitní práci a splnit tak nároky na kvalitu provedení, které jsou při stavbě domů s téměř nulovou spotřebou energie velmi vysoké. Mnoho lidí odradí také spoustu papírování a zařizování, protože si mohou stavbu dovolit jen při dotaci a získat dotaci není příliš jednoduché. Lidé si také musí uvědomit, že ne každý pozemek je pro tuto stavbu vhodný, díky zastavěnosti v okolí, popřípadě okolním terénu, který výrazně dokáže ovlivnit výslednou bilanci potřeby tepla na vytápění. Další často zmiňovanou obavou ze strany veřejnosti je problém s až příliš sterilním prostředím domu.

### **1.3.4 Úsporná opatření pro stávající budovy, kterými lze snížit celkovou energetickou náročnost objektu**

Směrnice EU sice vyžaduje, aby všechny nové budovy od roku 2020 byly budovami s téměř nulovou spotřebou energie, ale nové budovy tvoří pouze část potenciálu úspor, je třeba zaměřit se i na rekonstrukce stávajících budov.

Existuje mnoho úsporných opatření, které vedou ke snížení spotřeby energie. Je velmi důležité uvažovat o souvislostech mezi jednotlivými provedenými opatřeními, ať už týkajícími se změny stavebních konstrukcí, nebo změny v systémech technického zařízení budov. Řešení pouze jednoho problému bez návaznosti na celkový systém často náš problém řeší jen částečně a výsledky poté nejsou takové, jaké očekáváme.

V praxi se setkáváme s lidmi, kteří si představí, že vymění starý plynový kotel za nízkoteplotní a velice ušetří. Se změnou kotle však musí většinou přijít i změna otopné soustavy, jinak tato investice není tak efektivní, jak bychom si přáli. Dalším příkladem mohou být lidé, kteří sice

chtějí stavět pasivní dům nebo dům s téměř nulovou spotřebou energie, ale odjakživa si přáli mít kachlová kamna. Neuvědomí si, že tento zdroj tepla má příliš velký výkon a do energeticky úsporného domu není vhodný. Jejich sen si zatopit v kachlových kamnech a nemít z celého pasivního domu saunu není uskutečnitelný. Lidé jsou zvyklí topit, větrat naplno. Aby navržené nízkoenergetické stavby měly smysl, plnily požadovaný uživatelský komfort a minimalizoval se jejich vliv na životní prostředí, je třeba naučit i uživatele těchto domů k jejich správnému přístupu.

Jako opatření se nejčastěji navrhuje výměna otvorových výplní spojená se zateplením budovy. Dalšími opatřeními jsou výměna nebo částečná oprava technických systémů budovy, nejčastěji výměna zdroje tepla. Aktuálním tématem pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie je zavádění zdrojů energie využívajících energii z obnovitelných zdrojů.

### 1.3.4.1 Úpravy stavebních konstrukcí

#### *Výměna otvorových výplní*

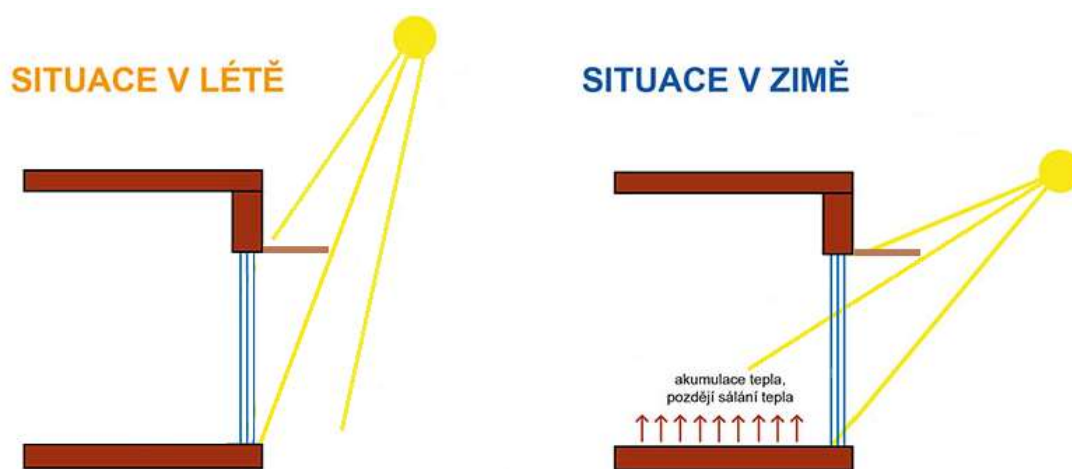
Nejvhodnější je výměnu otvorových výplní realizovat současně se zateplením obvodových stěn z důvodu správného osazení okna, kterým minimalizujeme ztrátu tepelnými mosty. Okna je nejvýhodnější osazovat do vrstvy tepelné izolace. Rám okna musí být chráněn minimálně 40 mm tepelné izolace.

Důležitá je správná volba okenních výplní. Běžně se již využívají izolační dvojskla a trojskla. Izolační trojskla dosahují parametrů součinitele prostupu tepla  $U_g = 0,5 - 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Dutina mezi skly je vyplněna inertním plynem, jako je argon nebo krypton. Inertní plyn je zde oproti vzduchu výhodně využit, protože má menší tepelnou vodivost. Vlastnosti jednotlivých plynů jsou závislé na tloušťce mezery. V současnosti někteří výrobci zkoušely nabízet i čtyřskla, problémem je však jejich vysoká hmotnost a následná cena za kování. Proto od toho výrobci spíše ustupují. Pokud chceme mít velká otvíravá okna s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi, musíme volit trojsklo. Problémem se pak stává hmotnost okna. Tento problém můžeme vyřešit nahrazením prostředního skla Heat Mirror folií. V Polsku se zkoušely výzkumy aplikace několika Heat Mirror folií za sebou, problém pak ovšem nastal kvůli menší propustnosti světla a zmenšení pasivních solárních zisků.

Nejslabším místem okna je část, kde se stýkají skleněné tabule s rámem - distanční rámeček, který zajišťuje přesnou vzdálenost mezi nimi. Hodnota součinitele prostupu tepla  $U_g$  se většinou udává uprostřed okenní tabule. Ve skutečnosti je však na okrajích skla silně ovlivněna materiálem použitého distančního rámečku. Pro výrobu rámečků se standardně používá hliník, který je velmi tepelně vodivý a proto naprosto nevhodný. Často v zimním období způsobuje orosování oken v oblasti rámu. Lépe jsou na tom rámečky z nerezové oceli, kterými se začaly nahrazovat hliníkové.

Pro zvýšení uživatelského komfortu je vhodné volit skla s povrchovou úpravou - selektivní vrstvou, která zajišťuje standartní propustnost světla a výhodně eliminuje propustnost tepelného záření. V zimě teplo vrací zpět do interiéru a v létě sluneční energii nepustí do budovy. Selektivní vrstvu postačuje umístit pouze do oken umístěných na západ, kde hrozí riziko přehřívání interiéru. Naopak u oken, která mají být umístěna na jižní a východní straně, je vhodné volit okna bez selektivní vrstvy. Využíváme tak vhodně energii slunce (pasivní solární zisky) a tím můžeme ušetřit za vytápění.

Současně s úpravou oken se doporučuje zvážit aplikace vnějších stínících prvků. Je důležité zvolit správně stínící prvky dle orientace oken. Pro okna umístěná na jih, jihovýchod je ideální volit slunolamy, které zabrání pasivním solárním ziskům v létě, kdy je slunce vysoko na obloze a přitom nebrání solárním ziskům v zimě, kdy je slunce nízko. U oken na západ by docházelo k pasivním solárním ziskům i v létě, proto je zde vhodnější volit venkovní žaluzie.



Obrázek 1.6 Využití slunolamů a jejich funkce v zimě a v létě

Výměnu původních netěsných oken za nová těsná je vhodné doplnit opatřením, zajišťujícím trvalou výměnu vzduchu v objektu nebo alespoň to do budoucna neznemožnit. Dostatečnou výměnou vzduchu se předejde vzniku plísní a škodlivin v interiéru. Jedním z nejefektivnějších způsobů větrání je tzv. řízené větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperací), které nejen zaručí kvalitní vnitřní prostředí, ale i úspory tepla.

### **Zateplení budovy**

Provedením zateplení konstrukcí, které ohraničují vytápěnou zónu objektu, je možné dosáhnout výrazných úspor na spotřebě energie pro vytápění. Mezi nejčastější řešení patří vnější zateplení obvodového pláště budovy. Pokud je to technicky možné a chceme dosáhnout větších úspor, zatepluje se také střecha k nevytápěné půdě, plochá střecha, podlaha k suterénu nebo podlaha na zemině. Dodatečnou izolaci podlahy na zemině často nelze provést bez zásadní úpravy interiéru, alternativou proto bývá izolace základů. Návrh a provedení systémů

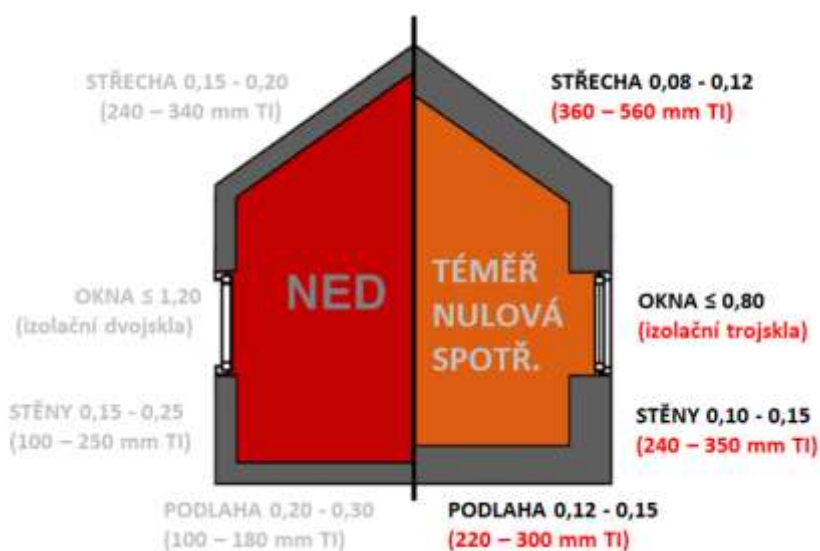
dodatečného zateplení musí být vždy v souladu s normovými a legislativními požadavky. U návrhu tepelné izolace nesmíme zapomenout na požadavky požární ochrany budov.

Zateplením podlahy, která je ve styku se zeminou a doposud není zateplena, je možné dosáhnout výrazných úspor vzhledem k původnímu stavu. Dobré odizolování podlah objektu zamezí ochlazování vnitřních prostor objektu včetně ochrany proti kondenzování par v přiléhajících stěnách, do nichž chlad z podlahy bez izolantu prostupuje.

Většinou nejvýraznější vliv při snižování energetické náročnosti má zateplení fasády nezateplených stávajících objektů, protože je to největší plocha, nejvíce vystavovaná vnějším klimatickým podmínkám. Druh a tloušťka zvolené izolace závisí na vlastnostech konstrukce, na kterou je izolace realizována.

Zateplení střechy nebo stropu k nevytápěné půdě má na celkové zateplení objektu taktéž velmi důležitý vliv, jelikož teplo v objektu jde nahoru. Musíme dát pozor na správné pořadí vrstev materiálů, jinak může dojít ke kondenzaci vodních par mezi parozábranou a vytápěným prostorem a tepelně izolační vlastnosti vlhké izolace se pak výrazně zhoršují. Proto je nutné parozábranu umísťovat co nejbližší k vytápěnému prostoru buď do podhledu pod budoucím zatepleným stropem, nebo přímo pod minerální izolaci kladenou na strop.







Následující obrázek ukazuje tloušťky tepelné izolace (TI), které většinou musíme použít, abychom dosáhli standardu nízkoenergetického nebo domu s téměř nulovou spotřebou energie.







**Obrázek 1.7** Typické parametry konstrukcí NED domů a domů s téměř nulovou spotřebou energie

Současný stavební trh nabízí již velký výběr TI materiálů. Velký tlak na zlepšování parametrů izolačních materiálů je zapříčiněn právě stavbou pasivních a nízkoenergetických domů. V následujících tabulkách jsou uvedeny některé vlastnosti TI materiálů.

**Tabulka 1.1** Přehled polystyrenových izolací a jejich základních fyzikálních vlastností



Polystyrenové izolace			
Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Ilustrační obrázek
Expandovaný polystyren (bílý) – desky	0,040	15 - 40	
Expandovaný polystyren (grafitový) – desky	0,030 - 0,033	15 - 40	
Expandovaný polystyren – rozvolněný	0,040 - 0,045	12 - 17	
Expandovaný polystyren vyráběný do forem (perimetr)	0,034	20 - 40	
Extrudovaný polystyren – XPS	0,030 - 0,038	30 - 150	
Vysokopevnostní polystyren (kompaktní)	0,035 - 0,060	100 - 400	

**Tabulka 1.2** Přehled minerálních izolací a jejich základních fyzikálních vlastností





Minerální izolace			
Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Ilustrační obrázek
Kamenná vlna (desky nebo role)	0,035 - 0,045	30 - 100	
Skelná vlna (desky nebo role)	0,030–0,045	15 - 35	
Kamenná vlna (rozvlákněná)	0,040–0,050	30 - 100	
Skelná vlna (rozvlákněná)	0,035 - 0,045	35	






**Tabulka 1.3** Přehled vlastností izolací z pěnového skla, PUR, PIR pěny

Pěnové sklo			
Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/mK]	Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Ilustrační obrázek
Bloky z pěnového skla	0,040 - 0,060	120 - 190	
Štěrk z pěnového skla	0,075	150 - 180	
Izolace PUR, PIR a fenolická pěna			
PUR a PIR (desky)	0,022 - 0,075	30 - 100	
Fenolická pěna (desky)	0,021 - 0,024	35	
Polyuretanová pěna – PUR (stříkaná, litá)	0,033 - 0,045	30 - 100	
Polyisokyanurátová pěna PIR (stříkaná, litá)	0,021 - 0,023	30 - 100	

**Tabulka 1.4** Přehled vlastností izolací z obnovitelných surovin

Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma)			
Dřevovláknité izolace (desky)	0,039 - 0,045	50	
Dřevovláknité izolace (desky)	0,040 - 0,055	250 - 300	
Dřevovláknitá foukaná izolace	0,045 - 0,055	30 - 45	
Izolace z technického konopí (role, rohože, měkké desky)	0,045	30 - 100	

Celulózová izolace (suchá aplikace)	0,040 - 0,050	30 - 60	
Celulózová izolace (mokrú aplikace)	0,045 - 0,055	40 - 50	
Izolace z ovčí vlny	0,045	13 - 30	

Hodnoty součinitelů prostupu tepla a objemové hmotnosti jsou pouze orientační pro účely porovnání jednotlivých materiálů. Pro návrh konstrukce je nutné respektovat pokyny jednotlivých výrobců.

V České republice se zpracuje za rok asi 250 tisíc tun izolačních materiálů. Na trhu se nabízí velké množství z nich. Každý vyniká určitou vlastností, mezi ty nejdůležitější patří:

- tepelně izolační,
- chování ve vlhku,
- požární odolnost,
- zvukově izolační schopnost,
- schopnost tepelné akumulace.

Mezi nejvíce používané typy tepelné izolace patří bezpochyby expandovaný polystyren. Používá se do stavebních konstrukcí bez zvláštních požárních požadavků. Nelze ho dlouhodobě vystavit vlhku, ani účinkům UV záření a omezená je i jeho pevnost. Tam, kde to požární předpisy vyžadují, se obvykle nahrazuje deskami z minerálních vláken. Hlavní předností minerální izolace je tedy nehořlavost. Pro izolaci z pěnového skla platí absolutní difuzní uzavřenost, takže se výhodně využívá do konstrukcí oddělujících prostory s vysokou vlhkostí a také má relativně vysokou únosnost v tlaku. Štěrk z pěnového skla se používá pro tepelně izolační podsypy pro založení objektu. Izolace z PUR a PIR pěny vyniká výbornou hodnotou součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/mK]. Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma) mají společnou vlastnost, a to vysokou akumulaci tepla při současném zachování nízkého součinitele prostupu tepla. Pro porovnání: kamenná vlna  $c = \text{cca } 850 \text{ J/(kgK)}$ , dřevitá izolace  $c = 2 \text{ } 100 \text{ J/(kgK)}$  při stejné objemové hmotnosti i součiniteli tepelné vodivosti. Další výhodou je nízká ekologická stopa. Při jejich pořízení je ale nutno počítat s vyšší cenou.

Závěrem je nutno říci, že stavební trh nabízí spoustu materiálů pro zateplování budov. Důležitý pro správný výsledek opatření je odborný návrh skladby konstrukcí, tloušťky tepelné izolace, řešení detailů se snahou eliminovat tepelné mosty a vyloučit kondenzaci vodní páry v konstrukci. Neméně důležité je samotné provedení tohoto návrhu.

### 1.3.4.2 Úpravy a výměna systémů technických zařízení budov

Budovy jsou se spotřebou energie přes 40 % největším spotřebitelem energie v České republice. U starých, nerekonstruovaných objektů mívá největší podíl na spotřebě energie potřeba energie na vytápění. Zbytek připadá na ostatní technické systémy budovy. Velikost zastoupení potřeb energie pro jednotlivé systémy se odvíjí dle typu budovy a způsobu jejího užívání.

#### *Vytápění*

V budovách, postavených ve 20. století, které doposud neprošly rekonstrukcí, jsou často staré zdroje tepla od doby postavení budovy, staré rozvody, tepelně neizolované, stará otopná tělesa bez termoregulačních ventilů s hlavicemi. Je třeba jejich rekonstrukce, která se řeší většinou pouze výměnou otopných těles. Toto řešení nemusí být energeticky příliš úsporné. Dříve byly často soustavy předimenzované a díky levné energii nebylo třeba to řešit. K rekonstrukci, kdy skutečně chceme dosáhnout úspor energie, musíme přistupovat zodpovědněji. Měli bychom nejdříve získat informace o skutečných tepelných ztrátách objektu. Nejvhodnějším postupem je většinou celková rekonstrukce kotelny, výměna starého zdroje tepla za nový, popř. výměna otopné soustavy, izolace rozvodů energie, osazení otopných těles s regulačními prvky. Většinou měníme starý buď plynový kotel, nebo kotel na tuhá paliva za kotel nový – na tuhá paliva (např. pelety nebo kusové dřevo) nebo plynový kotel ve spojení se zásobníkem tepla. Zároveň lze zařízení kombinovat i se solárními nebo fotovoltaickými panely na přípravu teplé vody, což sebou nese další úspory. Vhodnost použití zdroje tepla určí hlavně místní podmínky dodávky energie.

Společně s výměnou zdroje tepla je vhodné nejprve dům zateplit. Tím se výrazně sníží požadavek na potřebný výkon nového zdroje tepla. K určení výkonu zdroje tepla se používá podrobný výpočet tepelných ztrát a výpočet celkové potřeby tepla. Nesmíme zapomenout na teplo, které bychom mohli využít například ke kombinovanému ohřevu teplé vody. Výrazný vliv na celkovou spotřebu energie mají vnitřní zdroje tepla a obsazenost budovy. Dále chování jednotlivých uživatelů budovy, určení na jakou teplotu budou budovu vytápět.

S výměnou zdroje tepla se většinou musí upravit celá otopná soustava, její řídicí a regulační prvky. Velmi důležitým prvkem v rámci energetických úspor jsou otopná tělesa. Musí mít optimální velikost a být správně umístěny v místnosti, aby bylo zajištěno správné proudění vzduchu a ohřev na příslušnou teplotu. Pokud je těleso správně navrženo a je používán regulační ventil s termostatickou hlavicí, který reguluje průtok teplé vody topným tělesem lze dosáhnout výrazných úspor energetické náročnosti na vytápění objektu.

Výměnou starého kotle také přispějí ke snížení emisní zátěže životního prostředí.

## ***Větrání***

Při zateplení domu nebo výměně otvorových výplní je nutné myslet na správné větrání. Po zateplení vlhkost z budovy nemá kam unikát, její hodnoty jsou často vysoké a může docházet až ke vzniku plísní.

Dalším velkým problémem po zateplení je zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> v budovách, která často mnohonásobně překračuje povolené limity. Zateplení by se mělo řešit v návaznosti na systém větrání, pokud je to technicky možné. Nejjednodušším a nejzažitéjším řešením je otevřít okna. Otevřenými okny nám však uniká hodně tepla a nelze trvale zajistit ideální výměnu vzduchu, aby koncentrace CO<sub>2</sub> byla v požadovaných mezích. Pokud ji chceme v mezích udržet, musíme větrat pravidelně, intenzivně a v krátkém časovém rozmezí. To například nemůžeme zajistit přes noc, kdy třeba v ložnici často dochází dvojnásobně až trojnásobně k překročení hodnot koncentrace CO<sub>2</sub> a výsledkem je, že se probudíme neodpočatí nebo s bolestí hlavy.

Ideálním a uživatelsky nejkomfortnějším je pořízení nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (ZZT), které zajistí neustále čistý a čerstvý vzduch bez překračování koncentrace CO<sub>2</sub> v budovách. Dále nedochází ke zbytečným tepelným ztrátám větráním. Navíc díky ZZT v rekuperačním výměníku odváděný vzduch předává teplo vzduchu přiváděnému a tím dojde k dalším úsporám energie. Jako rekuperační výměníky se používají křížové deskové nebo protiproudé výměníky. Výhodně se v místnostech, kde v zimě dochází k nadměrnému vysoušení vzduchu, využívají systémy se zpětným získáním vlhkosti. Dalšími výhodami může být filtrace vzduchu, kterou ocení zejména alergici a automatický provoz. Když nemusíme otevírat okna, zabráníme tak například nechtěnému hluku z ulice a přitom máme v místnosti stále čerstvý vzduch. Toto oceníme zejména ve městech v nočních hodinách v létě.

Větrací jednotka může být umístěna v technické místnosti, v podhledu u stropu, ve sklepě, v podkroví nebo přímo v místnostech. Rozvody pro přívod a odvod vzduchu jsou pak vedeny v podlaze nebo v podhledu pod stropem. Další možností jsou přiznané rozvody viditelné v interiéru.

## ***Příprava teplé vody***

Další úspory můžeme získat při přípravě teplé vody. Na ohřevu vody se mohou podílet solární kolektory, jako energeticky obnovitelný zdroj s nulovou emisivitou nebo fotovoltaické panely. Je otázkou, zda se investice do solárních kolektorů vyplatí z hlediska doby návratnosti. Je třeba vybírat kvalitní solární panely s vysokou účinností, výhodou je možnost zapojení akumulací nádrže. Solární kolektory mohou využít k přípravě teplé vody, ale i vody pro přitápění a vytápění objektu.

Dále nesmíme zapomenout na izolaci rozvodů vody. Neizolované rozvody vedou k tepelným ztrátám a můžou vést ke zhoršení hygienické kvality vody. Důležité je i umístění zdroje tepla s ohledem na co nejkratší délky vedení (kvůli velké spotřebě energie na cirkulaci vody).

Stejně jako regulujeme UT pomocí regulačních ventilů, můžeme regulovat množství protékající vody armaturou nebo její teplotu, pomocí speciálních ventilů. Tím mohu ušetřit energii potřebnou na přípravu vody. U rekonstrukcí starých domů už jen výměna starých kohoutkových baterií za pákové směšovací baterie přináší úspory.

### ***Chlazení***

V budovách je často problém s letním přehříváním. Než navrhne systém chlazení, musíme se pokusit snížit potřebu na výkon chladícího zařízení. Největší mírou působí zejména v letních měsících solární zisky. Ty je možné zmírnit instalací stínících prvků. Nejúčinnější jsou venkovní stínící prvky (např. žaluzie, rolety, okenice). Vhodnost jejich umístování vůči světovým stranám byla rozebrána v kapitole 1.3.4.1 úpravy stavebních konstrukcí – výměna otvorových výplní. Mezi vnitřní tepelné zisky patří zejména v administrativních budovách jejich spotřebiče. Zmenšit je můžeme použitím úsporného osvětlení, LCD monitorů a dalšího vybavení.

### ***Osvětlení, šetrné spotřebiče***

Kuchyňské spotřebiče a bílá technika tvoří asi 40 až 60 % spotřeby elektrické energie v domácnostech. Proto je třeba vybírat spotřebiče s nejlepšími energetickými parametry. Velkou úsporu v domácnostech může tvořit i připojení přívodu teplé vody na pračku a myčku, které si vodu jinak musí drazě ohřívat. Pro osvětlení platí, že místo klasických žárovek, které spotřebují 95 % své energie na teplo a pouze asi 5 % energie přemění na světlo a spíše pak topí, než svítí, je vhodné pořídit úsporné zářivky nebo LED osvětlení. Navíc klasické žárovky mají poměrně malou životnost. Lineární a kompaktní zářivky, které je možné instalovat i do klasických svítidel, jsou schopny uspořit oproti klasické žárovce až 80 % energie. Mají sice vyšší pořizovací cenu, ale 15x delší životnost. Alternativou použití je i LED osvětlení, s extrémně dlouhou životností a ještě nižší spotřebou než úsporné žárovky. Je však velmi drahé a ne příliš zdravé pro člověka.

### **1.3.4.3 Použití obnovitelných a alternativních zdrojů energie**

Nízká spotřeba energie, která se předpokládá v budoucnosti u nově stavěných budov, které by měly být téměř nulové, by měla být pokryta z obnovitelných nebo alternativní zdroje energie.

Mezi obnovitelné zdroje energie řadíme:

- energii větru (větrné elektrárny)
- energii vody (vodní elektrárny, tepelná čerpadla (TČ))

- energii Slunce (pasivní využití, aktivní – fotovoltaické systémy, solární systémy)
- geotermální energii (elektrárny, TČ)
- energii z biomasy a bioplynu
- slapovou energii moří (přílivové elektrárny)
- energii prostředí (TČ)

Důležitým parametrem pro energetické hodnocení je faktor primární energie. U neobnovitelného zdroje, jako je elektřina, je například faktor primární energie velmi vysoký, protože pro výrobu 1 kWh elektrické energie jsou při výrobě spotřebovány 3 kWh z neobnovitelných zdrojů. Faktor primární energie je tedy roven číslu 3. U elektrického vytápění sice dosáhnou nejnižších pořizovacích nákladů a vysokého komfortu, ale provozní náklady jsou vysoké a vývoj cen elektřiny nejistý. Výhodně se dá elektřina použít spíše pro pohon tepelného čerpadla. Proto se snažíme více orientovat na obnovitelné a alternativní zdroje energie. Faktor primární energie je u nich výrazně nižší.

### ***Alternativní systém dodávky energie***

Alternativní systém dodávek energie je:

- místní systém dodávky energie využívající energii z obnovitelných zdrojů,
- kombinovaná výroba elektřina a tepla (kogenerace),
- soustava zásobování teplem nebo chladem zejména využívající z části nebo zcela energii z obnovitelných zdrojů,
- tepelné čerpadlo.

Při posuzování hodnotíme technickou, ekonomickou a ekologickou proveditelnost dodávky energie pomocí alternativních zdrojů. Technickou proveditelností se rozumí, zda je vůbec technicky možné provést instalaci alternativního systému dodávky energie. Ekonomická proveditelnost vyjadřuje, zda je doba návratnosti kratší než doba životnosti alternativního systému dodávky energie. Ekologickou proveditelností se rozumí instalace nebo připojení alternativního systému dodávky energie bez zvýšení množství neobnovitelné primární energie oproti stavu bez tohoto systému. Pokud je alternativní systém dodávek energie technicky, ekonomicky i ekologicky proveditelný je v rámci posouzení proveditelnosti vydáno doporučení pro jeho provedení.

### ***Obnovitelné zdroje energie (OZE)***

V České republice mezi nejvíce užívané zdroje obnovitelné energie můžeme zařadit biomasu. Jedná se o hmotu organického původu, tedy kusové dřevo, dřevní odpad jako je kůra, štěpka, piliny, který je slisovaný do briket, či pelet nebo sláma. Velkou výhodou biomasy je, že má minimální negativní účinky na životní prostředí. Při využívání biomasy je však třeba počítat

s většími prostorovými nároky na uložení paliva, potřebu komína a akumulární nádrže, což zvyšuje investiční náklady. Výhodou je, že jsme částečně nezávislí na vnějších dodávkách energie. Při použití pelet je předností kromě nižší ceny hlavně možnost automatického provozu, dobrá regulovatelnost a vysoká účinnost. Kotel na kusové dřevo je ještě levnější, vyžaduje však větší pracnost při zpracování dřeva a obsluhu. Zdroje na biomasu je vhodné kvůli efektivnímu chodu spojovat s akumulárními nádržemi. Dimenzují se nejen na vytápění, ale také ohřev teplé vody. Často se kombinují se solárními kolektory. U akumulárních nádrží se nesmí zapomenout na jejich izolaci o tloušťce minimálně 100 mm, aby nedocházelo ke zbytečnému úniku tepla a s ním spojené přehřívání místnosti.

Dalším již hodně využívaným způsobem získávání energie z obnovitelných zdrojů jsou solární kolektory. Využívají energii Slunce. Sluneční záření je v kolektoru přeměněno na tepelnou energii, která je předávána teplonosné látce, ve většině případů se jedná o kapalinu. Kolektory používáme hlavně pro přípravu teplé vody, v kombinaci s jiným dodatkovým zdrojem tepla, druhým nejčastějším způsobem užití je ohřev bazénové vody. Dodatkový zdroj tepla doplňujeme pro případ, kdy produkovaná energie solárními kolektory nestačí pokrýt potřebu tepla. Pro vytápění nejsou kolektory příliš vhodné, protože v zimě, kdy potřebujeme nejvíce tepla, není tolik slunečných dnů a délka slunečního svitu je krátká. Navíc je problém, kam s přebytečným teplem v létě. Jednou z možností je využít ho k ohřevu bazénové vody. Velikost solárních zisků závisí na několika faktorech. Nejvýznamnější jsou orientace ke světovým stranám a sklon kolektorů. Nejvýhodnější je jižní orientace a sklon mezi 35 ° až 45 °. Dalším faktorem je volba solárního kolektoru a správný návrh plochy solárních kolektorů, vzhledem k potřebě tepla. Využití solárních zisků je výrazně ovlivněno i správným návrhem kvalitního zásobníku tepla. Výhodné je pořízení stratifikačního zásobníku, ve kterém se ukládá voda do vrstev dle její teploty. Snahou je zajistit v horní části zásobníku teplotu vhodnou pro odběr tepla bez nutnosti dodatečného ohřevu a v dolní části, v místě výměníku udržet nízkou teplotu pro vyšší účinnost celé soustavy. Ze solární energie můžeme získávat nejen tepelnou energii, ale pomocí fotovoltaických článků i energii elektrickou. Výhody a nevýhody použití solárních kolektorů a fotovoltaických panelů jsou rozebrány v kapitole 2.2.6 Analýza užití energie z obnovitelných zdrojů.

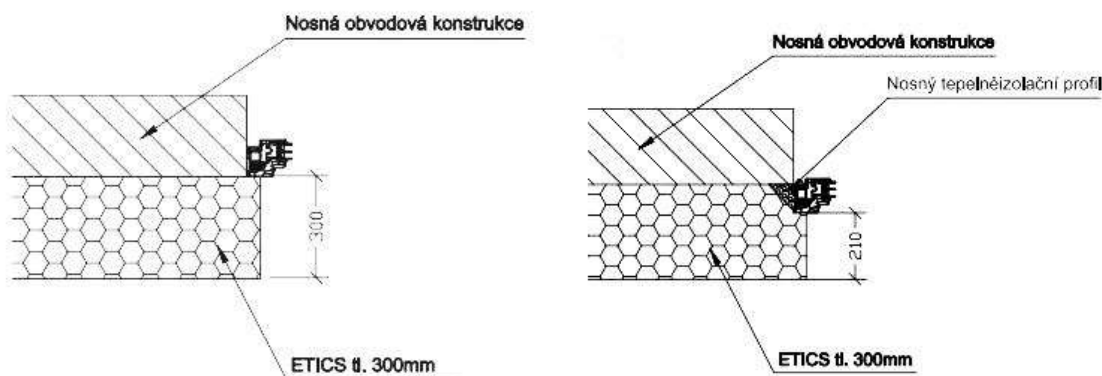
V poslední době se stále více cenově dostupnými stávají tepelná čerpadla (TČ), zejména kvůli dotacím a dalším výhodám plynoucích z jejich užívání. Jejich výhodou je levný a bezobslužný provoz. TČ potřebují pouze energii na pohon kompresoru. Nejčastěji používaným kompresorem je spirálový (SCROLL) kompresor, který také dosahuje dobrých hodnot topného faktoru. TČ jsou nejvýhodnější pro nízkoteplotní systémy, například teplovodní podlahové vytápění s teplotami okolo 35 °C, kdy mají nejvyšší topný faktor. Při požadavku na vyšší teplotu se topný faktor snižuje a účinnost TČ není už tak vysoká. Je třeba posoudit, zda se čerpadlo například při rekonstrukcích, kdy bývá často otopný systém s velkým teplotním spádem a vysoké požadavky na výstupní teplotu vyplatí.

## 1.4 Teoretické řešení teplotních polí při zateplení okenního rámu

V rámci teoretického řešení se zaměřím na problematiku, která souvisí s energetickou náročností budov, konkrétně umístění výplň otvorů v konstrukcích obvodových stěn. Toto téma lze uvést do souvislosti se snižováním energetické náročnosti u novostaveb, ale i stávajících objektů. V současnosti se rekonstruované objekty zateplují poměrně velkými tloušťkami tepelné izolace, běžně i v hodnotách větších než 200 mm. Tepelná izolace plní zejména funkci tepelné izolační, ale ovlivňuje i další vlastnosti obálky budovy. Zároveň ovlivňuje architektonický výraz stavby. Proto je důležité řešit správnou polohu výplně ve stavebním otvoru.

Při volbě osazení výplně otvoru mám na výběr následující varianty. Buď osadíme okno na vnější líc obvodového zdiva, nebo do tepelné izolace (do nosného tepelně izolačního profilu).

Pro ukázkou budu řešit skladbu obvodové stěny, zdivo z vápenopískových cihel tl. 240 mm zateplené šedým fasádním polystyrenem tl. 300 mm. Předsazení izolace u rámu – min. 40 mm.



**Obrázek 1.8** Varianty řešení, vlevo okno usazené na líci obvodového zdiva, vpravo do nosného izolačního profilu; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015

Osazení výplně otvoru má vliv na energetickou náročnost objektu, a to na výpočet součinitele prostupu tepla výplně otvoru.

Do výpočtu výsledného součinitele prostupu tepla otvorové výplně  $U_w$  uvažujeme typ zasklení a typ rámu použitého výrobku, ale zároveň bychom měli započítat způsob osazení okna do obvodové konstrukce.

$$U_{w,eff} = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g + l_{osazení} \cdot \psi_{osazení}}{A_g + A_f} [W/m^2K]$$



Pokud uvažují následující vlastnosti okna:

součinitel prostupu tepla skla  $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

součinitel prostupu tepla rámu  $U_f = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

lineární činitel prostupu tepla pro okraj zasklení  $\psi_g = 0,06 \text{ W}/(\text{mK})$

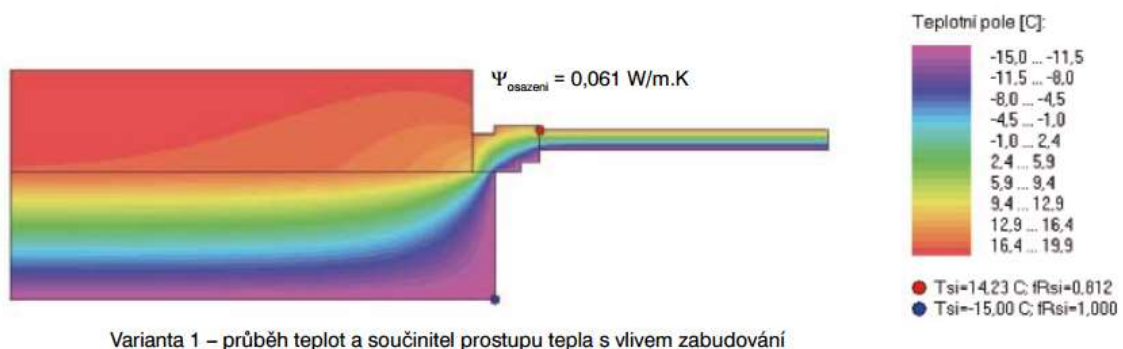
šířka rámu je 90 mm, rozměr okna 1230 x 1480 mm

Kdybychom počítali součinitel prostupu bez vlivu osazení, jeho hodnota by byla  $U_w = 0,81 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

Při dosažení všech hodnot do výše uvedené rovnice, vychází pro první variantu součinitel prostupu tepla s vlivem osazení s uvažováním lineárního činitele prostupu tepla pro osazení:

$\psi_{\text{osazení}} = 0,061 \text{ W}/(\text{mK})$

$U_{w,\text{eff}} = 0,98 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

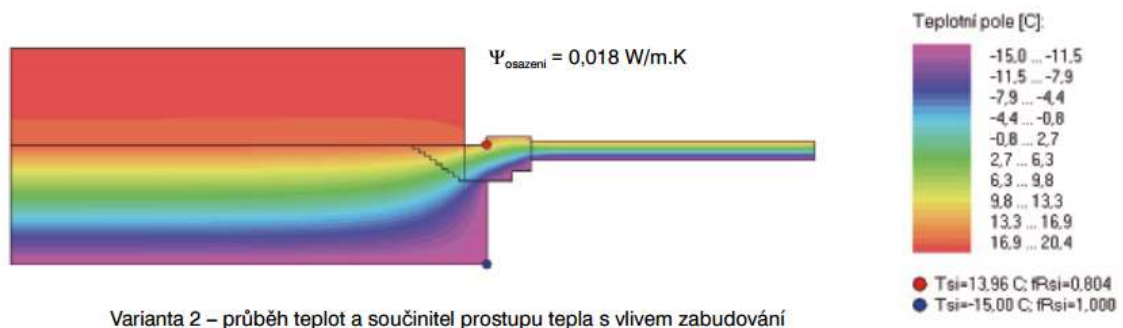


**Obrázek 1.9** Varianta 1. okno usazené na líci obvodového zdiva, lineární činitel prostupu tepla osazení; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015

Pro druhou variantu osazení s uvažováním lineárního činitele prostupu tepla pro osazení:

$\psi_{\text{osazení}} = 0,018 \text{ W}/(\text{mK})$

$U_{w,\text{eff}} = 0,86 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



**Obrázek 1.10** Varianta 2. okno usazené do nosného izolačního profilu, lineární činitel prostupu tepla osazení; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015

Součinitel prostupu tepla s vlivem zabudování je pro druhou variantu – předsazenou montáž asi o 15 % lepší.

Pokud započítám do výsledné hodnoty součinitele prostupu tepla i vliv osazení, výsledná hodnota součinitele se zhorší. To má vliv na celkovou měrnou potřebu tepla na vytápění objektu. Rozdíl v měrné potřebě tepla na vytápění může být potom řádově klidně kolem 10 % i více.

Pozice výplně otvoru má vliv také na solární zisky, tedy proslunění interiéru a tím pádem vyšší (nižší) solární zisky v zimním období. Při zabudování okna v rovině nosné konstrukce (varianta 1.), tvoří ostění výrazná tloušťka tepelné izolace a solární zisky v tomto případě budou nižší. Tento rozdíl se viditelněji projeví u menších okenních otvorů.



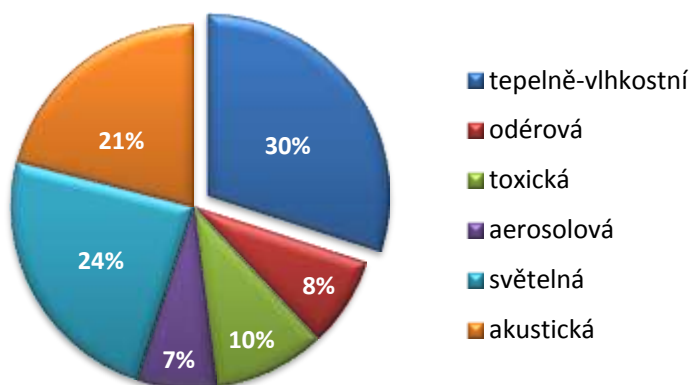
**Obrázek 1.31** Optické porovnání velikosti okenních otvorů na vliv solárních zisků; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015

## 1.5 Experimentální řešení

Experimentální řešení se využívá ve stávajících budovách pro zjištění parametrů vnitřního prostředí těchto budov. Dále se používá v nových budovách pro ověření předpokládaného chování navrhovaného objektu. Sledovat můžeme různé parametry vnitřního prostředí. Tyto parametry jsou popsány vybranými fyzikálními a chemickými veličinami. Abychom vytvořili zdravé prostředí pro člověka, je nutné je udržovat v daných mezích. Mezi nejčastěji měřenými a sledovanými parametry v objektu jsou tepelně vlhkostní podmínky, proudění vzduchu, koncentrace chemických látek v ovzduší, zejména CO<sub>2</sub>, prašnost, osvětlení, hluk a vibrace.

### 1.5.1 Kvalita vnitřního prostředí

Vnitřní prostředí je prostředí, kde trávíme většinu svého času, proto velmi záleží na jeho kvalitě. Je to prostředí, kde bychom se měli cítit příjemně nebo bychom vlivy tohoto prostředí alespoň neměli vnímat. Někdy však může vytvářet velmi rušivé podněty, například kvůli vydýchanému vzduchu, pachům nebo nevyhovující teplotě. Na obrázku je zobrazeno zastoupení jednotlivých složek vnitřního prostředí a jejich míra vlivu na člověka. Mezi nejvýznamnější patří teplo, vlhkost a osvětlení.



Graf 1.12 Složky vnitřního prostředí

#### 1.5.1.1 Teplota a vlhkost

Dle grafu vidíme, že teplota a vlhkost patří k nejvýrazněji vnímaným složkám kvality vnitřního prostředí z hlediska zdraví a spokojenosti lidí, ale i ve vztahu k životnosti materiálů a budovy samotné. Způsob vnímání tepla je velmi subjektivní a závisí na mnoha faktorech, jako jsou například pohyb vzduchu, oblečení a prováděná činnost.

Na úvod uvedu několik zajímavých informací. Dle starých Pokynů a zásad pro větrání škol, najdeme požadavek: „místnost, ve které je prováděna výuka dětí, musí být vytápěna nejlépe na 17–19 °C“. Nyní vyžadujeme vyšší teploty interiérů, než na které byli zvyklí naši předkové. Další zajímavou informací, která stojí za zmínku, jsou zahraniční studie. Studie dokazují, že například při lehké práci dochází ke stoprocentnímu výkonu člověka při teplotě 22 °C, při teplotě 27 °C klesá schopnost podávat plný výkon o 25 %, při 30 °C se dosahujeme pouze 50 % soustředěnosti.

S teplotou vzduchu souvisí i jeho vlhkost, která má velký vliv i na zdravotní stav člověka a na kvalitu konstrukce budovy. Zajistit vyhovující relativní vlhkost je poměrně složité. V nevětraném prostoru může dosahovat až hodnot 80 % i více, což může vést až ke vzniku nebezpečných plísní, které mohou vyvolat dráždění dýchacích cest člověka a jsou problémové zejména pro lidi s alergií. Výrazně suchý vzduch s relativní vlhkostí pod 30 % má za následek vysoušení sliznic dýchacích cest. Příliš suchý vzduch bývá hlavně v zimě. Mezi nejdůležitější faktory ovlivňující vlhkost vzduchu patří vnitřní produkce vodních par a množství vzduchu, který vniká do místnosti větráním. Ideálním řešením pro zajištění příjemného stavu vnitřního prostředí je větrání s rekuperací. Toto řešení eliminuje teplotní rozdíly vznikající při větrání okny, dodává do místnosti čerstvý a čistý vzduch bez pachů a škodlivin a díky filtrům výrazně snižuje prašnost. Systém odvádí přebytečnou vlhkost z problematických míst (kuchyně, koupelny).

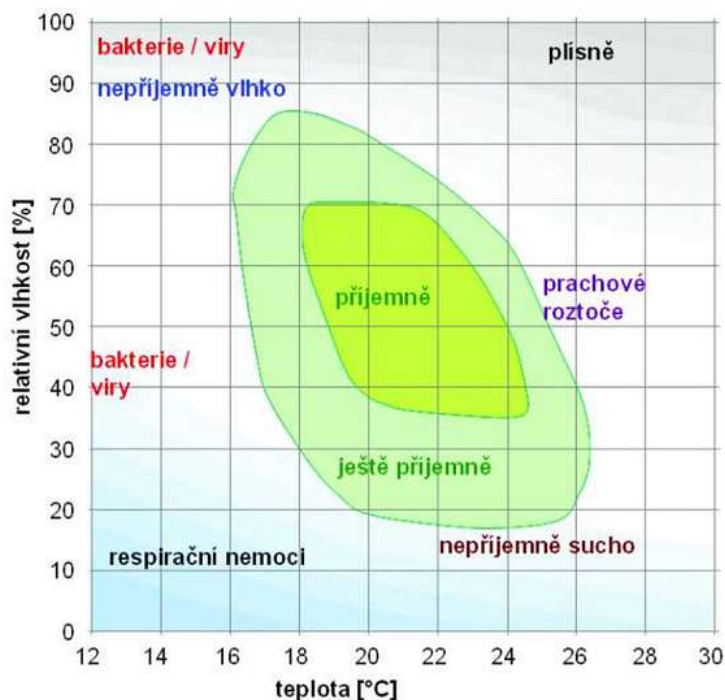
Pro měření teploty a relativní vlhkosti se používají datalogery. Při měření v budově školky ve Vedrovicích byl použit Datalogger S3120 firmy COMET System, který je schopen měřit v rozsahu teploty -10 °C až +70 °C s přesností  $\pm 0,4$  °C a vlhkosti s přesností  $\pm 2,5$  % RH od 5% do 95 % při 23 °C. Interval záznamu je nastavitelný od 10 s do 24 hod.



**Obrázek 1.13** Datalogger S3120 firmy COMET System

Detailní postup měření s dataloggerem je popsán ve druhé části diplomové práce v kapitole 2.2.4 Zhodnocení stavu vnitřního prostředí budovy.

Na následujícím obrázku je ve světle zelené oblasti zobrazen stav, ve kterém je člověku příjemně, v širší oblasti jsou zobrazeny neideální, ale stále relativně komfortní podmínky prostředí a za hranicí vyznačeného pole případná rizika zhoršení kvality vnitřního prostředí.



Obrázek 1.14 Diagram vlivu teploty a relativní vlhkosti na komfort vnitřního prostředí

### 1.5.1.2 Koncentrace CO<sub>2</sub>

Jako ukazatel kvality vnitřního se nejčastěji používá oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, protože je jednoduše měřitelný. Jeho koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí dle vyhlášky 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby překročit hodnotu 1500 ppm. Jeho doporučená mez je 1000 ppm (Pettenkoferovo kritérium). Při běžné produkci 16 až 20 l CO<sub>2</sub>/h/os a venkovní koncentraci 0,03 % CO<sub>2</sub> (300ppm) vychází nutné množství čerstvého vzduchu na osobu 23 až 28 m<sup>3</sup>/h. Vysoká koncentrace, způsobená nedostatečnou výměnou vzduchu, může způsobovat bolesti hlavy, únavu, zhoršený spánek.

Zásadním způsobem lze kvalitu vnitřního prostředí ovlivnit dostatečným větráním. Normy udávají hodnotu potřebné výměny vzduchu 25 m<sup>3</sup>/hod čerstvého vzduchu na osobu. Většina budov je pouze přirozeně větraných. Přirozené větrání infiltrací u budov je po rekonstrukcích vlivem těsných oken a utěsněných konstrukcí velmi eliminováno a větrá se nedostatečně. Je paradoxní, že kvalita vnitřního prostředí je například po výměně oken horší, než v původním stavu. Zejména u objektů s vyšší obsazeností, jako jsou školy a školy, pak výrazně stoupá koncentrace CO<sub>2</sub>. Proto nejen u novostaveb, ale i u rekonstrukcí je po zateplení objektu a výměně oken žádoucí provedení systému nuceného větrání s rekuperací tepla.

Pro měření koncentrace CO<sub>2</sub> ve vzduchu se využívá několik principů. Nejrozšířenější jsou čidla pracující na základě absorpce infračerveného záření.

### 1.5.1.3 Osvětlení

Dobré osvětlení a denní světlo potřebujeme, protože až 90 % informací vnímáme zrakem. Kvalitní osvětlení zvyšuje produktivitu práce, u obytných prostor přispívá k dokonalejší psychické a fyzické regeneraci organismu a duševní pohodě člověka. Nesprávně osvětlené prostory při práci naopak způsobují zrakovou i celkovou únavu, kterou může následovat pálení očí a bolesti hlavy. Optimální návrh osvětlení se snaží co nejvíce využít přirozené osvětlení a současně musíme dát pozor na přehřívání interiéru a při využití velkých prosklených ploch myslet i na kvalitní stínění.

### 1.5.2 Termografické měření

V současnosti se velmi výhodně využívá termografického měření, které pomocí termografické kamery pomáhá odhalit problémová místa v konstrukci, kde může unikat teplo, vznikat problém s vlhkostí, který může být následován vznikem plísní. Výhodou tohoto měření je, že neporuším zkoumanou konstrukci. Kontroly termovizní kamerou nám tedy pomáhají zjišťovat zejména místa s tepelnými mosty, u novostaveb kvalitu provedených stavebních prací, například správnost provedení zateplení, odhalí chybějící izolace, u stávajících staveb může pomoci s lokalizací vedení topení nebo podlahového vytápění.

Před samotným měřením nejprve musíme zvolit vhodnou termokameru. Termokamera, stejně jako ostatní přístroje, má řadu parametrů. Mezi ty základní patří teplotní rozsah, přesnost stanovení teploty, teplotní citlivost a optické rozlišení. Teplotní rozsah udává, jakou nejnižší a nejvyšší teplotu je termokamera schopna změřit. Přesnost stanovení teploty je u termokamer téměř výhradně  $\pm 2$  °C nebo  $\pm 2$  % ze změřeného údaje. Teplotní citlivost můžeme chápat tak, že rozdíl teplot na povrchu objektu musí být dostatečný, aby vytvořil rozdílový signál, který je větší, než vlastní šum termokamery. Tato hodnota se udává ve stupních Celsia a vyjadřuje, jaké nejmenší teplotní rozdíly je na povrchu černého tělesa termokamera schopna zaznamenat. Optické rozlišení je kvalita výsledného snímku vyjádřena počtem pixelů.

Termografické kamery jsou kamery pracující s infračerveným zářením. Toto záření je pro lidské oko neviditelné, proto se infračervené snímky vizualizují pomocí viditelných palet, které přiřazují barvu různým teplotám neboli různému množství tepelného toku. energii ve formě tepelného záření vyzařují všechna tělesa s teplotou větší než absolutní nula, tj.  $-273,15$  °C.

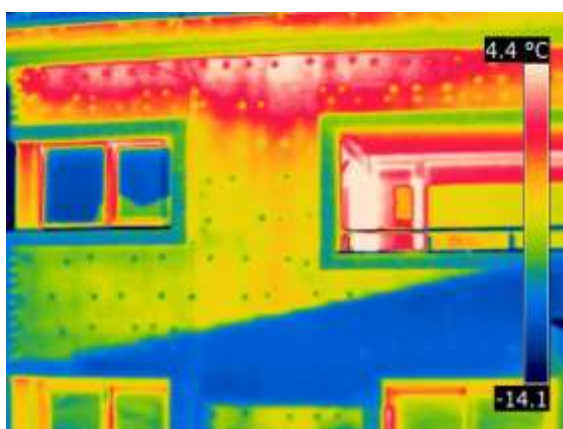
Když hovoříme o tepelném záření, musíme se zmínit o emisivitě. Emisivitu lze chápat jako efektivitu vyzařování. Nejvyšší emisivitu má tzv. černé těleso, což je těleso, které pohlcuje veškeré na něj dopadající záření. U reálného tělesa je emisivita vždy menší než jedna. V praxi to znamená, že takové těleso při stejné povrchové teplotě jako má černé těleso, vyzaří méně tepelného záření. Velikost emisivity povrchu může hodně ovlivnit výsledek měření termografickou kamerou. Je-li nastavena nesprávně, mohou být výsledky měření zavádějící. Na přiloženém obrázku je stěna, jejíž povrchová teplota je konstantní, ale vlivem odlišné emisivity nasprejovaného nápisu je jeho povrch zdánlivě chladnější. Proto je nutno správně nastavit hodnotu emisivity v termokameře. Pokud je v termokameře nastavena vyšší hodnota emisivity, než je sku-

tečná, potom termokamera při dané povrchové teplotě měřeného objektu bude očekávat více tepelného záření, ale protože naměří méně záření, stanoví, že povrchová teplota je ve skutečnosti nižší.



**Obrázek 1.15** Snímek z nesprávně nastavené termografické kamery (vliv emisivity); zdroj: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/>

Další věcí, kterou můžeme ovlivnit, jsou podmínky, při kterých měříme danou budovu. Jednou ze základních podmínek termografické diagnostiky budov je, že měření má probíhat bez vlivu slunečního záření. Na přiloženém obrázku je snímek, který byl pořízen brzo ráno v březnu, několik minut po východu Slunce. Sluneční (tepelné) záření bylo natolik silné, že došlo k prohřátí fasády i za krátký čas. To způsobilo, že pod střechou je na snímku červená barva (4 °C), dále je povrch žlutý (-3 °C), neboť z tohoto místa před několika okamžiky ustoupil stín a povrch se začal již ohřívat. Na modrém povrchu je teplota okolo -10 °C, tato část povrchu se zatím nezačala prohřívat, protože je ještě ve stínu. Přímý vliv slunečního záření zabraňuje termokameře zaznamenat případný výskyt tepelných mostů.



**Obrázek 1.16** Snímek při působení přímého slunečního záření na povrch budovy; zdroj: <http://www.termokamera.cz/princip-a-funkce/tepelne-zareni/>

## 1.6 Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

K výpočtu energetické náročnosti budovy se v České republice využívá národní kalkulační nástroj NKN, který vychází z metodiky dané příslušnou vyhláškou a doplňuje ji o hodnoty z platných evropských a národních technických norem. NKN je možné stáhnout z internetových stránek a bezplatně užívat. Z tohoto softwaru vychází i řada komerčních programů. Výsledek výpočtu ENB se může výrazně lišit od skutečné ENB. Její hodnota závisí zejména na způsobu jejího užívání. Výpočtové programy počítají se standardizovaným užíváním budovy.

Do programů zadávám parametry popisující hodnocenou budovu. Parametry potřebné pro vytvoření modelu budovy a výpočet můžeme nalézt například v technické normalizační informaci TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet. Tato TNI obsahuje v přílohách informace pro:

- typické hodnoty účinností a další parametry technických systémů budov (vytápění – účinnosti zdrojů tepla, akumulace tepla, distribuce energie, sdílení energie do prostoru, pomocné energie; chlazení; příprava teplé vody; nucené větrání; osvětlení; zvlhčování a odvlhčování; solární systémy; fotovoltaické systémy; kogenerace)
- typické profily užívání různých typů budov a provozů (provozní doba, větrání, osvětlení, příprava TV, vnitřní tepelné zátěže od vybavení,
- výpočtová klimatická data – měsíční data pro jednotlivé měsíce.

### 1.6.1 Výpočetní program NKN II

NKN II je volně šiřitelný výpočetní program, který je určený ke zpracování ENB a stanovení dílčích dodaných energií na vytápění, chlazení, nucené větrání, přípravu teplé vody a osvětlení. NKN II využívá TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet. Pro stažení programu je nutná registrace na internetových stránkách vyplněním registračního formuláře, na základě kterého je nám zaslán email s přístupovými údaji a odkazem ke stažení programu NKN II. Z metodiky NKN vychází ostatní komerční softwary.

### 1.6.2 Výpočetní programy firmy Svoboda Software

#### *Energie 2015*

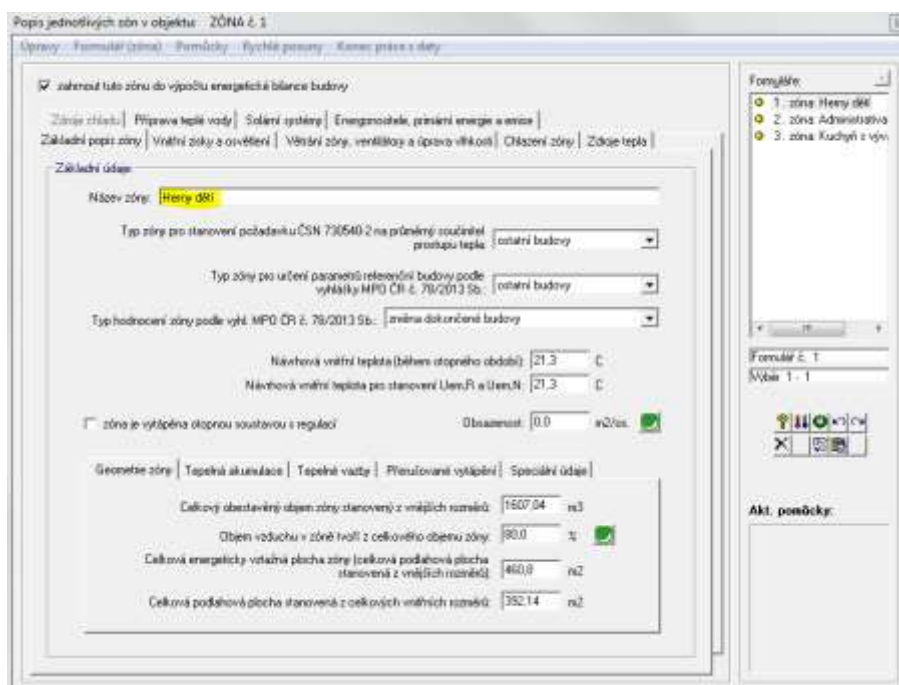
Jeden z nejpoužívanějších programů pro hodnocení energetické náročnosti budov. Využila jsem ho i ve své práci. Jedná se o komerční software firmy Svoboda Software a při jeho pořízení je nutné počítat s cenou 15 900,- Kč. Jeho nejnovější verzí je Energie 2015. Tento program je určen pro hodnocení ENB. Umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy,



měrných tepelných toků postupem a větráním, potřeby tepla na vytápění, dílčích dodaných energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení), produkcí energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie (celkové i neobnovitelné) a emisí CO<sub>2</sub>.

Při výpočtu se zohledňují hlavně postupy a požadavky ČSN 730540, TNI 730329, TNI 730330, STN 730540 a dalších evropských norem. Program zpracovává energetický průkaz podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb. Výhodou programu jsou rozsáhlé možnosti nápovědy s nabídkou doporučených hodnot.

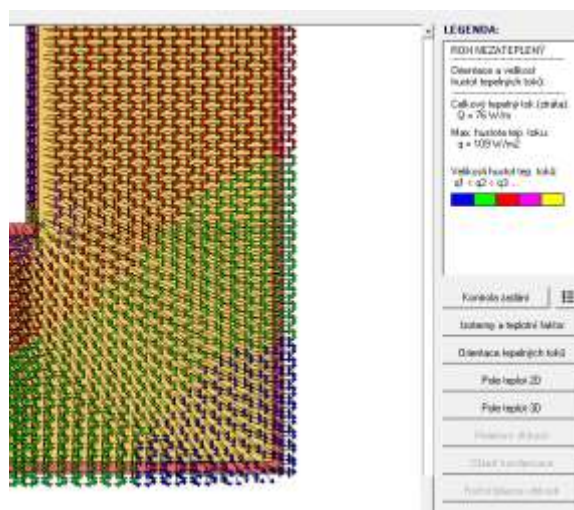
Mezi další programy firmy Svoboda Software spadající do oboru tepelné techniky jsou například Area, Teplo, Simulace, Ztráty, Tepelné mosty a Stabilita. Práci ve většině z nich jsem měla možnost vyzkoušet, jsou přehledné a jednoduché.



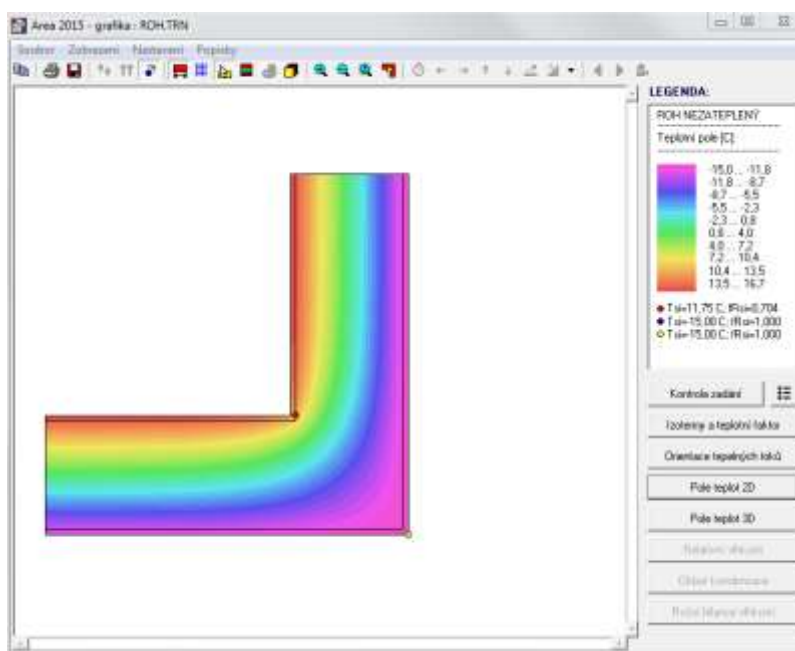
**Obrázek 1.17** Ukázka pracovního prostředí programu Energie 2015, charakteristiky jednotlivých zón

## Area 2015

Tento program je určen pro hodnocení stavebních detailů (tepelných mostů) u hlediska dvou- rozměrného stacionárního vedení tepla a vodní páry. Umožňuje výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty, teplotního faktoru vnitřního povrchu, tepelných toků detailem, lineárního činitele prostupu tepla. Tvorbou detailu v grafickém editoru je velmi zdouhavá a složitá. Výhodou, která výrazně urychlí práci v programu je možnost vkládání CAD dat a jejich následná úprava.



Obrázek 1.18 Ukázka grafického výstupu z programu Area 2015

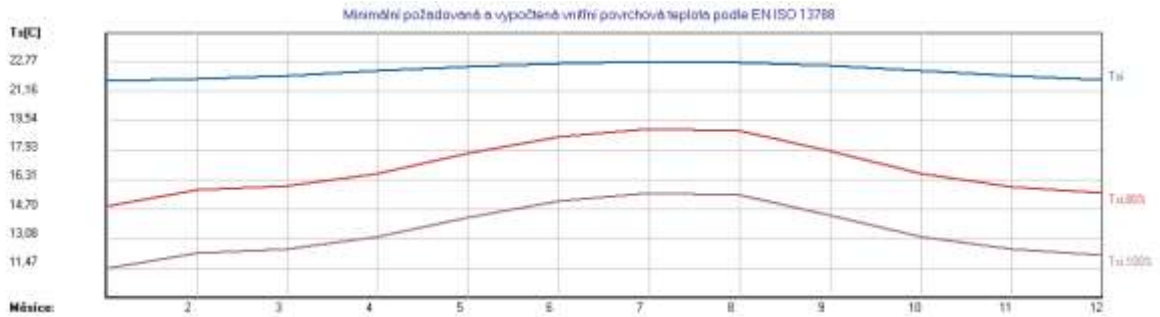


Obrázek 1.19 Ukázka pracovního prostředí programu Area 2015, vykreslení 2D teplotního pole

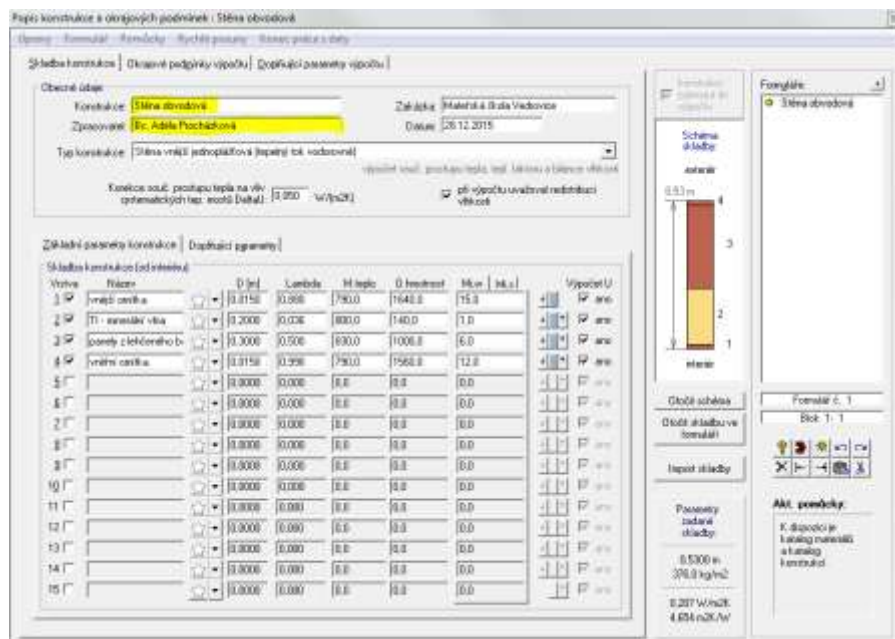
## Teplo 2015

Program Teplo 2015 je určen pro základní tepelně technické posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska prostupu tepla a vodní páry. Umožňuje detailní výpočet tepelného odporu a součinitele prostupu tepla, vnitřní povrchové teploty, poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce, rozložení teplot a tlaků vodní páry v konstrukci a oblasti kondenzace a roční bilance zkondenzované vodní páry. Využívá se zejména pro návrhy potřebné tloušťky tepelné izola-

ce. Obsahuje rozsáhlé katalogy stavebních konstrukcí a materiálů, které usnadní práci při zadávání dat. Program teplo byl také využit při zpracování poslední části diplomové práce.



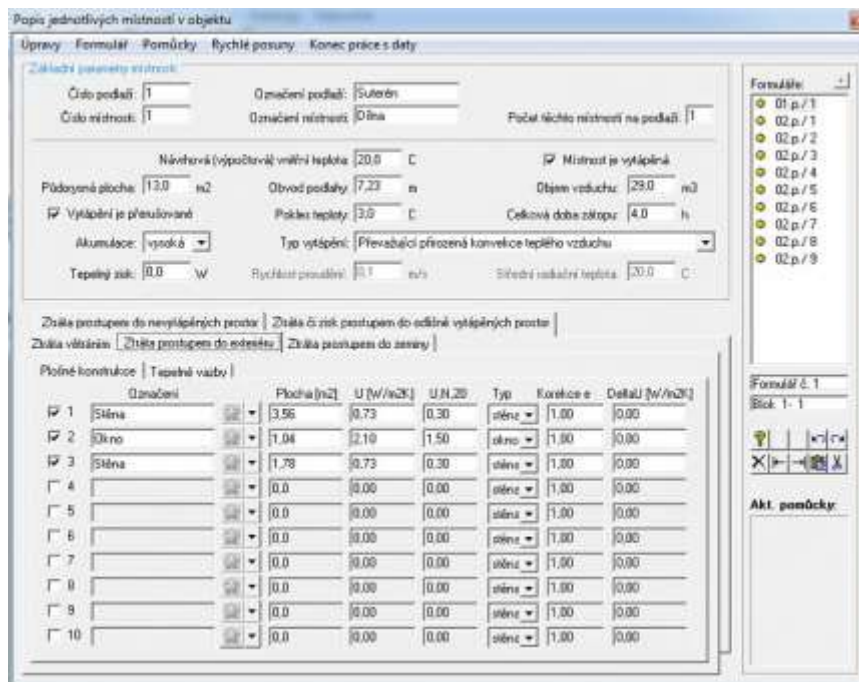
Obrázek 1.20 Ukázka výstupu z programu Teplo 2015, minimální požadované vnitřní povrchové teploty



Obrázek 1.41 Ukázka zadávání konstrukce do programu Teplo 2015

### Ztráty 2015

Program Ztráty 2015 je určen pro výpočet tepelných ztrát a průměrného součinitele prostupu tepla budovy podle ČSN 730540. Umožňuje také provést návrh různých druhů otopných těles, vypracovat energetický štítek obálky budovy. Opět obsahuje katalog stavebních materiálů pro usnadnění naší práce.



Obrázek 1.52 Ukázka pracovního prostředí programu Ztráty 2015

### 1.6.3 Výpočetní programy firmy DEK a.s.

#### ENERGETIKA

Výpočetní program ENERGETIKA patří k balíčku programů firmy DEK a.s.. Tyto programy jsou provozované na internetových stránkách [www.stavebni-fyzika.cz](http://www.stavebni-fyzika.cz). Některé z nich jsou licencované, některé přístupné pro studenty nebo volně pro všechny uživatele. Program energetika je určen primárně pro výpočty energetické náročnosti budov. Umožňuje vytvořit PENB dle zákona č. 406/2000 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 78/2013 Sb; výpočet tepelných ztrát dle ČSN EN 12831; energetický štítek obálky budovy dle ČSN 73 0540-2. Program také obsahuje modul pro výpočty pro dotační program Nová zelená úsporám, který nám může usnadnit práci a přípravu dokumentů pro dotace. Program ENERGETIKA je přístupný po registraci a následném přihlášení na internetových stránkách DEKPARTNER.

Aplikace ENERGETIKA je provázána s dalšími výpočtovými aplikacemi této firmy, například s aplikací TEPELNÁ TECHNIKA 1D, kde si například můžeme vymodelovat skladby konstrukcí a výsledné hodnoty součinitelů můžeme přenést do aplikace ENERGETIKA.

#### Aplikace Tepelná technika 1D

Tento software nám umožňuje vypočítat tepelně technické posouzení skladeb konstrukcí a výplní otvorů nebo například vytvořit protokol výpočtů součinitelů prostupu tepla konstrukcí



Tento software je obdobou programu Teplo od firmy Svoboda software.

Zadáání údajů do programů energetika a tepelná technika 1D je přehledné, bezproblémové a jednoduché. Krok po kroku navedou uživatele programu například k vytvoření PENB. Program však vyžaduje však odborné znalosti v oboru tepelné techniky budov. Tyto systémy nejsou komerční, jsou tedy po přihlášení přístupné všem uživatelům.

Další zajímavou aplikací ze softwarů pro stavební fyziku DEKSOFT je aplikace VARIANTY. Umožňuje porovnání různých návrhů budovy, nebo různých úsporných opatření. Sledované jsou nejenom parametry energetické úspory, ale také ekonomické parametry, jako je třeba doba návratnosti a ekologické parametry. Všechny tyto parametry pro jednotlivé varianty vidíte na jednom místě. Do této aplikace musíme vložit pro každé opatření již předem provedené výpočty v aplikaci ENERGETIKA.

Výhodou aplikace je, že je zdarma přístupná pro všechny uživatele. Navíc ke každé aplikaci firmy DEK je možné stáhnout přehledný manuál postupu řešení.

## **1.6.4 Výpočetní programy společnosti Protech**

### ***Tepelná ochrana budov, Tepelný výkon***

Tyto programy jsou vytvořeny společností Protech. Program Tepelná ochrana budov slouží k posuzování stavebních konstrukcí, program Tepelný výkon k výpočtu návrhového tepelného výkonu. Firma nabízí ještě spoustu dalších modulů, například pro vytvoření obálky budovy, výpočtu ENB, vytvoření PENB hodnocení nízkoenergetických a pasivních domů, atd.

## 2 APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

# ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY MATEŘSKÉ ŠKOLY VE VEDROVICÍCH



**Obrázek 2.1** Budova mateřské školy ve Vedrovicích

Zpracovatel hodnocení: Bc. Adéla Procházková

Datum zpracování: 7. 1. 2016

## **2.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

### **2.1.1 Vlastník a provozovatel objektu**

Název: Obecní úřad Vedrovice  
Adresa: Vedrovice 326, Vedrovice, 671 75 Vedrovice  
Telefon: +420 725 008 802  
Email: obecvedrovice@iol.cz  
IČO: 002 937 41  
Odpovědný zástupce: PaedDr. Božena Procházková, ředitelka ZŠ

### **2.1.2 Zpracovatel energetického hodnocení**

Jméno: Bc. Adéla Procházková  
Číslo oprávnění: -  
Adresa: Vedrovice 135, Vedrovice, 671 75 Vedrovice  
IČO: -

### **2.1.3 Předmět energetického hodnocení**

Název: Mateřská škola ve Vedrovicích  
Adresa: Vedrovice č. p. 290, Vedrovice, 671 75 Vedrovice  
Telefon: +420 515 337 426  
Email: ZSVedrovice@seznam.cz  
IČO: 709 981 59



## 2.2 POPIS A ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU OBJEKTU

### 2.2.1 Charakteristika hlavních činností hodnocené budovy

Budova, kterou jsem si zvolila pro energetické hodnocení, je objekt mateřské školy ve Vedrovicích – okrese Brno venkov. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepenou budovu, která byla uvedena do provozu v roce 1986.

Objekt je určen pro výchovu dětí v předškolním věku, jsou zde dvě herny. Maximální kapacita mateřské školy je 50 dětí. V prvním nadzemním podlaží je herna pro mladší děti, ve druhém nadzemním podlaží pro starší děti. Dále se v objektu nachází vývařovna s kuchyní, ve které je připravováno jídlo pro děti ze základní a mateřské školy ve Vedrovicích, sklady, místnosti pro administrativu a technická místnost.

Objekt je využíváný po dobu školního roku, tedy od září do června. Jeho provozní doba je od 6:45 do 16:00 ve všední dny. Po dobu letních prázdnin objekt není využíván, jsou zde většinou prováděny pouze úklidové práce. V roce 2014 prošla velmi zdařilou rekonstrukcí interiéru her-na dětí ve druhém nadzemním podlaží.



**Obrázek 2.2** Mateřská škola v leteckém pohledu s popisem částí objektu

## 2.2.2 Místnosti v objektu a popis jejich provozu

Hlavní budovu je možno rozdělit na čtyři celky s různým provozem. Nyní uvedu jejich stručný přehled.

Při vstupu do hlavní budovy mateřské školy označené na předchozím obrázku jako Herny dětí, vcházíme do vytápěného zádveří se schodištěm do druhého nadzemního podlaží. Při příchodu vstupují děti s rodiči do šaten, jedna je určena pro mladší děti, které rovnou ze šatny vcházejí do herny v prvním nadzemním podlaží. Starší děti se po převlečení vrací již bez svrchního oděvu opět přes zádveří do herny ve druhém nadzemním podlaží. Proto je v těchto prostorech uvažována přibližně stejná teplota jako v hernách školky, tj. 21 - 22 °C. Součástí provozu herny jsou v každém nadzemním podlaží místnosti umývárna, WC, sklady lehátek a kuchyň, určená pro výdej jídel. V prvním nadzemním podlaží jsou navíc místnosti koupelny s WC, sloužící jako zázemí pro uklízečku.

Ve druhé budově, propojené s budovou herny a označené jako provozní část se nachází kuchyň a místnosti pro administrativu. Dále místnosti pro skladování potravin, sociální zázemí a samotná místnost, kde probíhá příprava jídel pro žáky mateřské a základní školy Vedrovice. Provoz je celodenní, připravují se zde snídaně, svačiny a obědy.

Dále jsou zde místnosti pro administrativu - místnost vedoucí kuchyně a ředitelna, sklad kuchyně, sklady dětských hraček, sklad nábytku. Součástí je opět sociální zázemí. Tyto místnosti jsou přes den téměř nevyužívané. K administrativní části přiléhá nevytápěná technická místnost a garáž se skladem venkovního nábytku a hraček.



**Obrázek 2.3** Umístění objektu mateřské školy v obci Vedrovice

## 2.2.3 Popis a zhodnocení stávajícího stavu objektu a jeho systémů

### 2.2.3.1 Stavební řešení

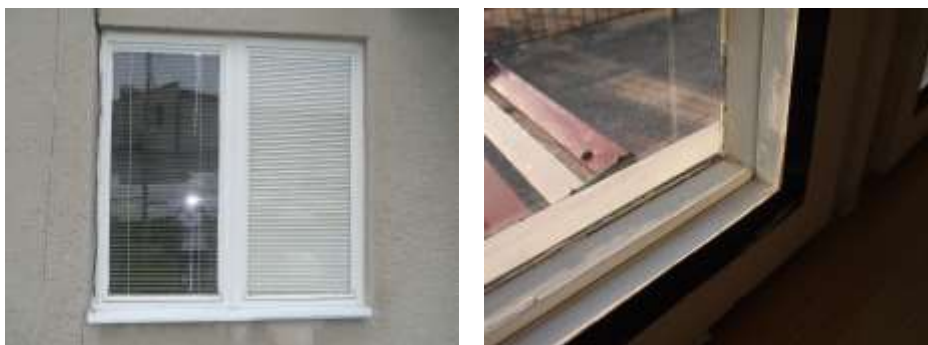
Objekt mateřské školy je dvoupodlažní, nepodsklepený. Byl uveden do provozu v roce 1986. Jedná se o zděnou budovu s obvodovým pláštěm z plynobetonových panelů. Jako povrchová úprava je užitá břizolitová omítka. Vodorovné konstrukce jsou z železobetonových desek nebo z vylehčených stropních panelů, střecha objektu je plochá, krytá asfaltovými pásy. Všechny konstrukce jsou původní a nezateplené. Objekt je hodně členitý, přiléhají k němu venkovní schodiště, visuté konstrukce nade dveřmi, sloužící jako ochrana proti dešti, nebo kryté lodžie předsazenými stropními konstrukcemi. Jako otvorové výplně oken jsou použity luxfery a zdvojená okna. Do dětské herny vedou velká zdvojená okna, která zajišťují výborné denní osvětlení a v zimě hluboké proslunění, díky své orientaci na jihovýchod a jihozápad. Proti nadměrnému přehřívání místností v létě jsou okna opatřena vnitřními bílými žaluziemi. Vstupní dveře do objektu jsou kovové s jedním sklem. Dveře do provozních částí jsou dřevěné s jedním sklem, do technické místnosti, která je nevytápěná, vedou plechová vrata.



**Obrázek 2.4** Luxfery prosvětlující šatnu pro mladší děti a dveře dřevěné s jedním sklem



**Obrázek 2.5** Vchodové dveře – dveře kovové s jedním sklem



**Obrázek 2.6** Okna zdvojená

### 2.2.3.2 Technické zařízení budovy

#### *Vytápění*

V provozní části objektu mateřské školy se nachází technická místnost. Tato místnost je nevytápěná.

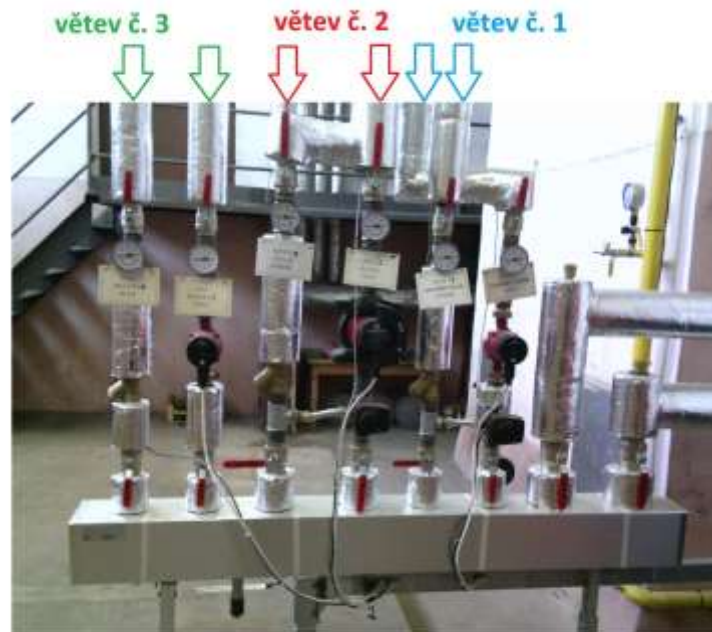
Původní kotelna prošla v roce 2014 rekonstrukcí. Dříve v ní byly umístěny tři plynové kotle Hoterm 50 o výkonech 50 kW. Celkový výkon kotelny tedy činil 150 kW. Kotle sloužily pro vytápění i pro ohřev teplé vody. Ohřívaly dvě zásobníkové nádoby Drukov 400 o objemu 400 l. Po rekonstrukci byly staré kotle s nízkou účinností výroby tepelné energie nahrazeny novými nástěnnými kondenzačními kotli De Dietrich Innovens MCA 45 o výkonu 2 x 43 kW. Celkový výkon nové technické místnosti je tedy daleko nižší než původní a činí 86 kW. Při návrhu těchto kotlů se uvažovalo s potřebou tepla pro nezateplený objekt s původními okny a dveřmi. Díky výměně kotlů došlo k úspoře nákladů na vytápění a také k výrazné úspoře emisí.



**Obrázek 2.7** Kondenzační plynové kotle De Dietrich Innovens MCA 45

Topný okruh se skládá ze tří větví:

- větev č. 1 – slouží k vytápění hospodářské části budovy s kuchyní
- větev č. 2 – slouží k vytápění tříd mateřské školy a sociálních místností
- větev č. 3 – s výkonem 54kW slouží pro nepřímý ohřev zásobníku vody



**Obrázek 2.8** Rozdělovač a sběrač a 3 větve otopné soustavy

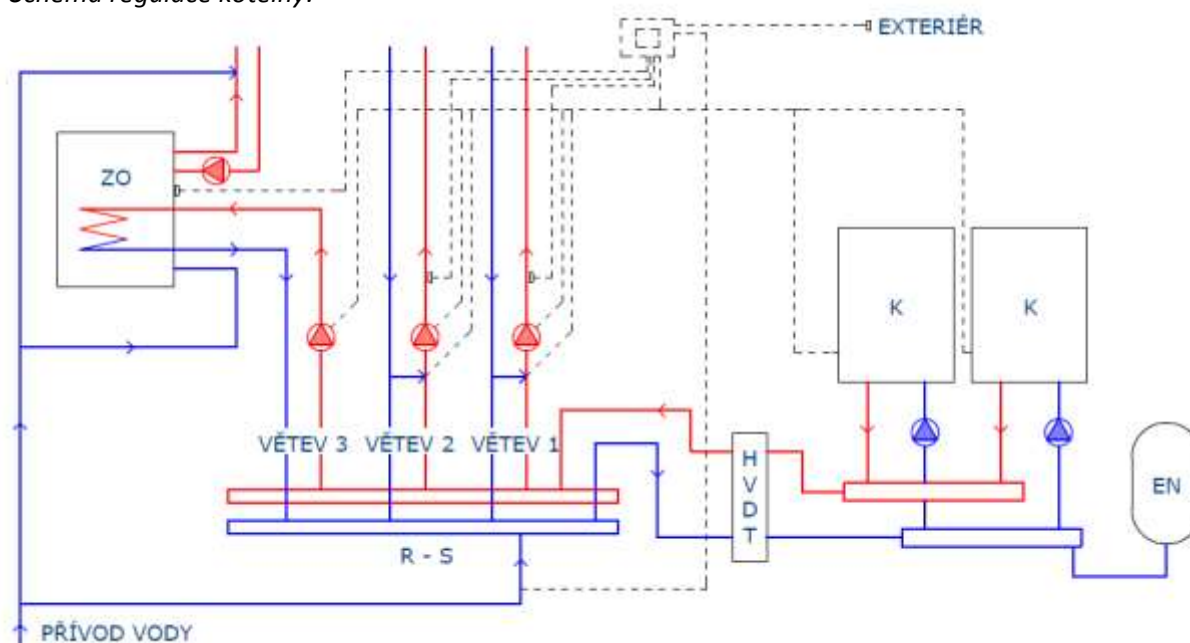
Otopná soustava je teplovodní, s nuceným oběhem otopné vody. Na všech větvích jsou osazena oběhová čerpadla Grundfos. Součástí otopné soustavy jsou hydraulický vyrovnavač dynamických tlaků, rozdělovač a sběrač, expanzní nádoba Reflex o objemu 180 litrů, pojišťovací zařízení a změkčovací filtr na úpravu vody. Potrubí v technické místnosti je provedeno nově z ocelových trubek a je opatřeno tepelnou izolací. Chybí však izolace armatur, kde dochází k tepelným ztrátám. Dále je potrubí napojeno na původní dvoutrubkovou soustavu. Materiál stávajících rozvodů je také ocel. Rozvody v budově jsou tepelně izolovány.

Technická místnost je nyní navržena na plně automatický provoz. Součástí je řídicí systém, který obsahuje čidla pro směšovací okruh u topné větve 1, směšovací okruh u topné větve 2, čidlo v kotli a čidlo venkovní teploty. Další čidlo je v zásobníkovém ohřívači teplé vody. Čidlo u kotle zajišťuje, aby maximální výstupní teplota z kotlového okruhu byla 90 °C. Čidla u směšovacích okruhů využívají ekvitermní regulaci. Jedná se o regulaci množství nebo teploty topné vody, která je do otopné soustavy vpouštěna podle aktuální venkovní teploty. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti, při vyšší venkovní teplotě naopak. Regulovat teplotu můžeme kvalitativně, nebo kvantitativně. Pokud by se jednalo o kvalitativní změnu, zvýšila by se teplota dodávané vody. Pokud jde o změnu kvantitativní, zvýšili bychom množství teplé vody vpouštěné do okruhu pomocí změny otáček oběhového čerpadla. Pokud chceme naopak snížit teplotu v topném okruhu, můžeme buď otevřít směšovací ventil a vpustit zpět do

okruhu chladnější vodu z vratu, nebo snížit protékající množství topné vody v okruhu. Čidlo, které se nachází v zásobníkovém ohřivači, reguluje teplotu, na kterou je ohřívána cirkulační voda v rozdělovači a sběrači. Jakmile zásobníkový ohřivač dosáhne požadované teploty, sníží se výkon kotle, aby fungoval co nejlépe v kondenzačním režimu.

Čidla dále zajišťují automatické vypnutí kotelny v případech, kdy dojde k překročení výstupní teploty z kotlů nad 95 °C, zaplavení kotelny, výskytu koncentrace zemního plynu nebo zvýšení koncentrace CO v kotelně. V těchto případech je v místnosti vedle kotelny umístěn bezpečnostní rychlouzávěr plynu. Dále systém regulace zajišťuje otevřením kohoutu na přívodu doplňování topné vody.

*Schéma regulace kotelny:*



**Obrázek 2.9** Schéma systému regulace kotelny

Otopná tělesa v objektu jsou převážně článková. V místnostech, kde se pohybují děti, jsou zakrytá. V provozní části se vyskytují tělesa článková i trubková. U většiny otopných těles chybí termoregulační ventily s hlavicemi.



**Obrázek 2.10** Otopné těleso článkové v dětské herně a regulace otopných těles

## ***Příprava teplé vody***

Pro přípravu teplé vody slouží nepřímotopný ohřívač De Ditrich BPB 300 o objemu 300 litrů. Dále se k přípravě teplé vody používá přímotopný elektrický zásobníkový ohřívač vody Dražice OKCE 125 o objemu 125 litrů, který se nachází v místnosti kuchyně. Rozvody teplé vody jsou velmi dlouhé a jsou buď vedeny ve stěnách, nebo jsou tepelně izolovány. Potřebnou teplotu teplé vody u koncových armatur zajišťuje cirkulace s cirkulačními čerpadly.



**Obrázek 2.11** Nepřímotopný ohřívač vody De Ditrich BPB 300, přímotopný ohřívač Dražice OKCE 125

## ***Větrání, osvětlení, chlazení***

Větrání objektu je pouze přirozené, okny. V části kuchyně je umístěný odsavač par, který se výrazněji podílí na spotřebě elektrické energie a tepelných ztrátách větráním. Osvětlení v objektu je z velké části původní – neúspěšné klasické žárovky, v hernách pro děti jsou lineární zářivky. Objekt, ani jeho dílčí části nejsou chlazeny.



**Obrázek 2.12** Osvětlení – klasické žárovky, lineární zářivky

## **Technické parametry zdrojů energie**

### *Plynový kotel De Dietrich Innovens MCA 45*

Typ:	kondenzační
Výrobce:	De Dietrich
Rozpětí výkonu (kW)	8,0 až 40,0 při 80/60 °C 8,9 až 43,0 při 50/30 °C
Hořák:	modulovaný
Palivo:	zemní plyn, dispoziční tlak na straně spalín 1,5 kPa
Množství spalín:	14 až 69 kg/h

### *Ohřívač vody De Dietrich BPB 300*

Typ ohřevu:	nepřímý, pomocí topné vody z plynového kotle
Objem vody:	300 l
Objem tep. výměníku:	8,1 l
Teplosměnná plocha:	1,2 m <sup>2</sup>
Max. přípustný provozní přetlak:	6 bar
Max. přípustná provozní teplota ve výměníku:	110 °C
Max. přípustná provozní teplota ohřáté pitné vody:	95 °C
Tloušťka TI:	75 mm
Tepelný příkon P:	39 kW

### *Ohřívač vody Dražice OKCE 125*

Typ ohřevu:	přímý, elektrický
Objem vody:	125 l
Příkon:	2 kW
Max. přípustný provozní přetlak:	6 bar

## *Pomocné energie*

V kotelně je osazeno několik čerpadel, jedná se o čerpadla na topných větvích, pod kotli, dále čerpadlo k zajištění cirkulace TV. V následující tabulce je uveden výpis jejich parametrů, který byl dále využit pro zadávání příkonů čerpadel v programu Energie.

**Tabulka 2.1** Údaje o čerpadlech v systému vytápění a TV

Funkce	Výrobce	Regulace	Počet	Příkon [W]
cirkulace TV	Wilo	bez	2	48
cirkulace kotle	Grundfos	skoková	2	45/65/90
cirkulace top. větve	Grundfos	plynulá	3	10/85



### 2.2.3.3 Energetické vstupy za předcházející roky získané z účetních dokladů

Do objektu mateřské školy je dodávána elektřina a zemní plyn. Ve snaze uspořit za energie se zde vystřídal mnoho dodavatelů zemního plynu a elektřiny. Každý z nich vydával faktury za různě dlouhá období.

#### **Zemní plyn**

*Dodavatel zemního plynu pro období 8. 3. 2011 - 30. 4. 2012*

RWE Jihomoravská plynárenská, a.s.

Plynárenská 499/1

657 02 Brno

*Dodavatel zemního plynu pro období 1. 5. 2012- 31. 12. 2013*

ARMEX ENERGY, a.s.

Folknářská 1246/21

405 02 Děčín II

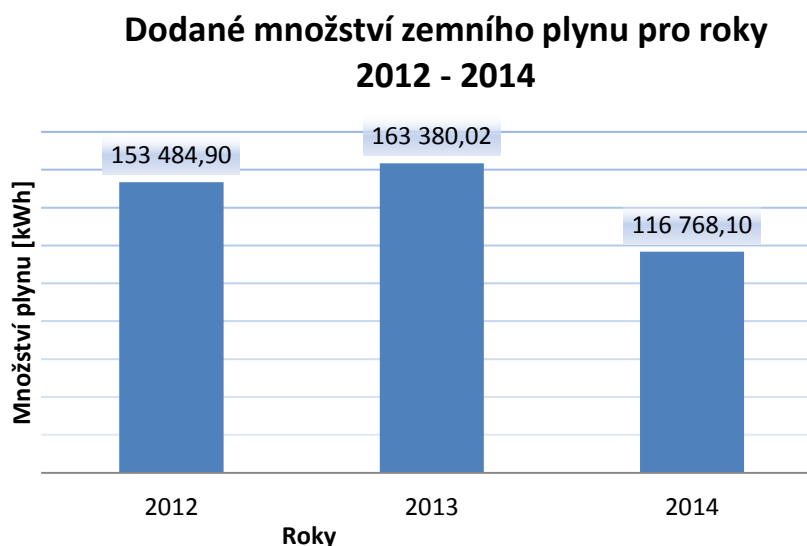
*Dodavatel zemního plynu pro období 1. 1. 2014 do současnosti*

ENERGIE POD KONTROLOU, obecně prospěšná společnost

Brněnská 3883/48

695 01 Hodonín

V následujícím grafu je uveden přehled spotřeby zemního plynu v letech 2012 - 2014.

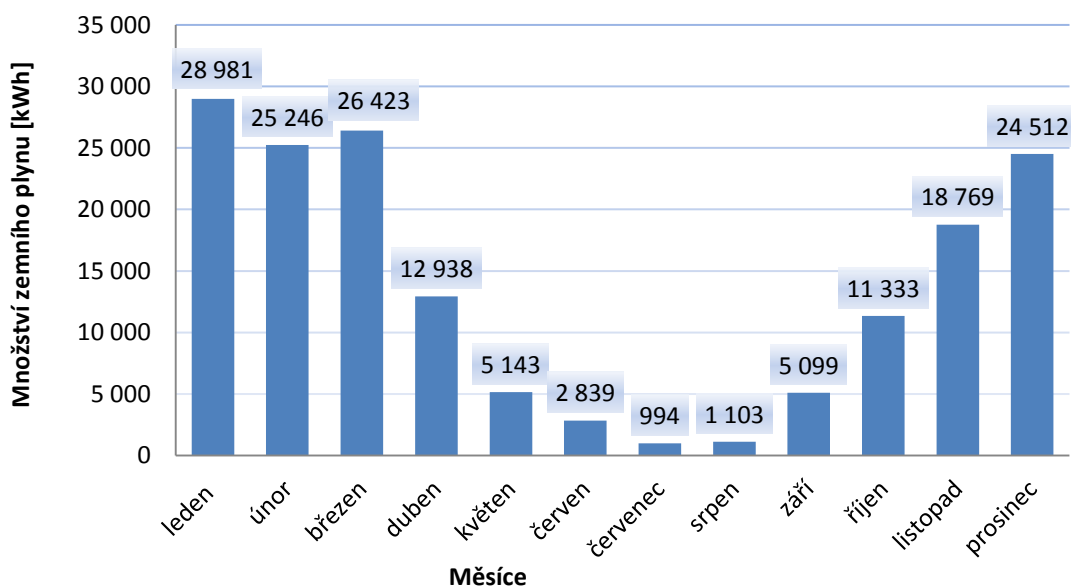


**Graf 2.13** Rozložení spotřeby zemního v letech 2012 - 2014

Pokles dodávky plynu v roce 2014 může být ovlivněn výměnou starých plynových kotlů za nové kondenzační, která proběhla v průběhu tohoto roku a vlivem velmi teplého počasí.

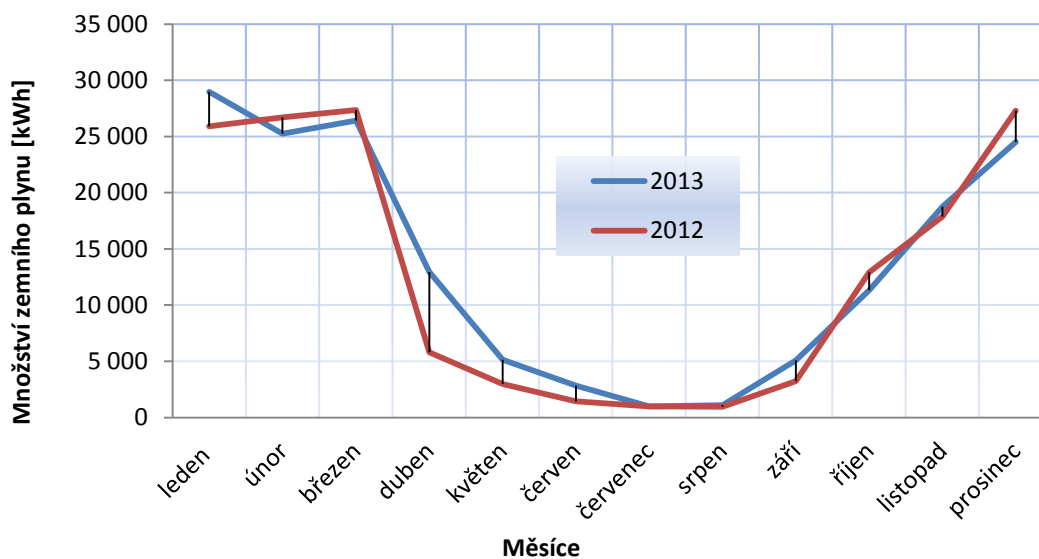
Dále uvádím detailnější rozložení spotřeby zemního plynu po jednotlivých měsících v roce 2013, které bylo možné odečíst z faktur. A následně v grafu srovnání spotřeb plynu po jednotlivých měsících pro roky 2012 a 2013.

### Rozložení spotřeby plynu v kWh pro rok 2013



Graf 2.14 Rozložení spotřeby zemního plynu v roce 2013

### Srovnání spotřeby plynu po měsících pro roky 2012 a 2013



Graf 2.15 Srovnání spotřeby zemního plynu pro roky 2012 a 2013

Nyní uvedu srovnání fakturované spotřeby plynu s výpočtem denostupňovou metodou. Denostupňová metoda a fakturované spotřeby plynu jsou využity i pro zkontrolování správnosti vytvořeného modelu objektu v programu Energie.

Pro výpočet pomocí denostupňové metody byly využity tyto hodnoty (lokalita Brno):

$t_{es} = 4 \text{ °C}$        $d = 232$

$t_{is} = 20 \text{ °C}$        $t_{em} = 13 \text{ °C}$

$t_{es}$  [°C]      střední venkovní teplota za otopné období

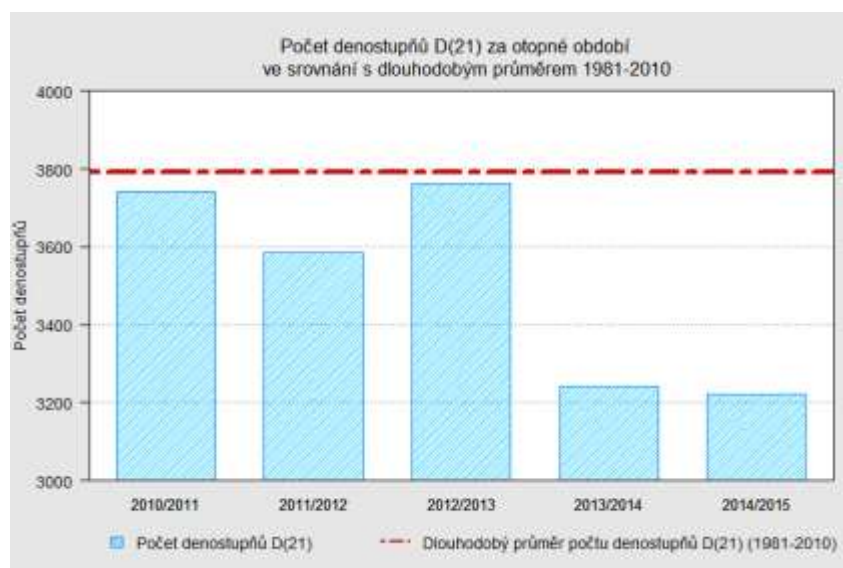
$t_{is}$  [°C]      průměrná vnitřní teplota stanovená jako vážený průměr vnitřních výpočtových teplot (podle objemů místností)

$d$  [dny]      počet dnů otopného období

$t_{em}$  [°C]      střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období

Otopné období je čas, kdy jsou zdroje tepla uvedeny do stavu pohotovosti k dodávce tepla, začíná 1. září a končí 31. května. Dodávka tepla se zahájí, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu poklesne pod  $+13 \text{ °C}$  ve dvou dnech následujících po sobě. Průměrnou denní teplotou venkovního vzduchu je čtvrtina součtu venkovních teplot v 7, 14 a ve 21 hodin, přičemž teplota měřená ve 21 hodin se počítá dvakrát. Vytápění se přeruší tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu vystoupí nad  $+13 \text{ °C}$  ve dvou dnech po sobě následujících a neočekáváme její pokles.

Pokud stanovíme rozdíl mezi průměrnou vnitřní teplotou  $t_{is}$  v domě a venkovní  $t_{es}$  a vynásobíme jej počtem dnů otopného období, dostaneme hodnotu označovanou počet denostupňů  $D$ , tedy  $D = 3712$ .



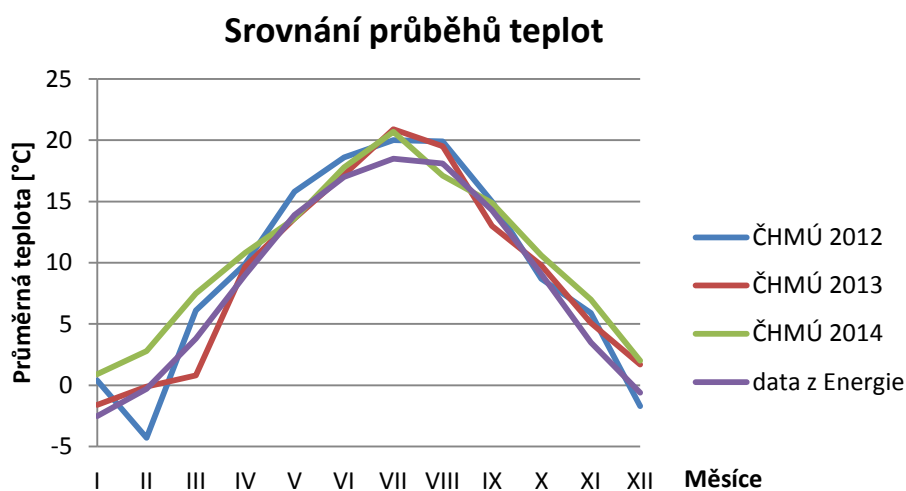
**Graf 2.16** Počet denostupňů v letech 2010 – 2015 a srovnání s dlouhodobým průměrem

Hodnoty teplot pro výpočet denostupňů jsou získané z internetových stránek Českého hydro-meteorologického ústavu pro oblast Brno – Tuřany. Z grafu je patrné, že průměrné venkovní teploty neustále jsou vyšší a délka otopného období se v posledních letech zkracuje.

**Tabulka 2.2** Tabulka pro srovnání fakturované spotřeby s denostupni

			Rok 2012	Rok 2013	Rok 2014
1	Fakturovaná spotřeba tepla na vytápění $E_F$	(GJ.rok <sup>-1</sup> )	<b>501,41</b>	<b>537,03</b>	<b>369,23</b>
2	Roční spotřeba tepla na vytápění stanovená denostupňovou metodou pro normové klimatické podmínky $E_N$	(GJ.rok <sup>-1</sup> )	<b>505,66</b>	<b>505,66</b>	<b>505,66</b>
3	Fakturovaná roční potřeba tepla na vytápění přepočtená na normový stav (normové denostupně) $E_P$	(GJ.rok <sup>-1</sup> )	<b>505,15</b>	<b>576,21</b>	<b>323,16</b>
4	Rozdíl mezi fakturovanou spotřebou přepočtenou na normový stav a potřebou tepla stanovenou denostupňovou metodou ( $E_P - E_N$ )	GJ	-0,51	70,55	-182,50
		%	-0,1	14,0	-36,1
6	Normový počet denostupňů $D_N$	d.K	3712,00	3712,00	3712,00
7	Skutečný počet denostupňů $D$	d.K	3 739,70	3 982,80	3 248,90
8	Poměr denostupňů ( $D/D_N$ )	%	101%	107%	88%
9	Průměrná vnitřní teplota $t_{is}$	°C	20,0	20,0	20,0
10	Průměrná venkovní teplota $t_{es}$	°C	3,6	4,8	5,9
11	Počet dnů vytápění $d$	-	212	242	212
12	Normový počet dnů vytápění $d_N$		232	232	232
13	Normová průměrná venkovní teplota $t_{epN}$	°C	4,00	4,00	4,00

Následující graf uvádí různé průběhy teplot v jednotlivých letech 2012 – 2014 získané z ČHMÚ pro oblast Brno, dále data, která byla využita k vytvoření výpočtového modelu v programu Energie pro oblast Brno.



**Graf 2.17** Grafické porovnání spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu pro roky 2012 – 2014

## Elektřina

*Dodavatel elektřiny pro období 8. 10. 2011 - 31. 1. 2013*

E.ON Energie, a. s.

F. A. Gerstnera 2151/6

370 49 České Budějovice

*Dodavatel elektřiny pro období 1. 2. 2011 - současnost*

ENERGIE POD KONTROLOU, obecně prospěšná společnost

Brněnská 3883/48

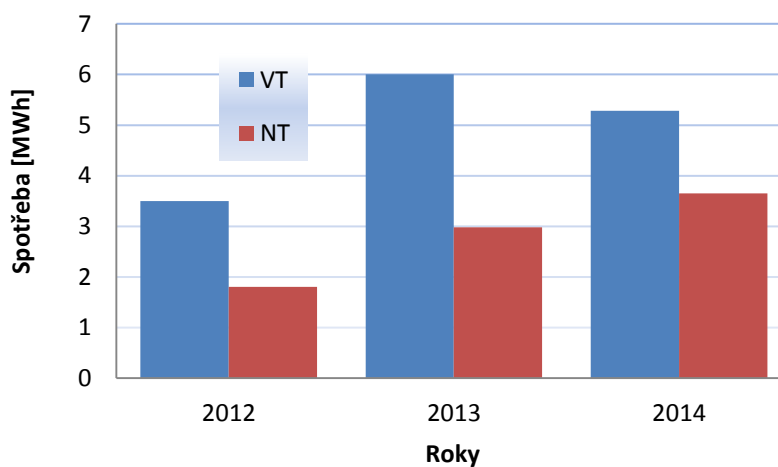
695 01 Hodonín

V následující tabulce jsou uvedeny spotřeby elektřiny v MWh v nízkém a vysokém tarifu během let 2012 – 2014. Porovnání spotřeb je lépe viditelné v níže přiloženém grafu. Vysoký tarif je v tabulce a grafu označen jako VT, nízký tarif potom jako NT.

**Tabulka 2.3** Tabulka spotřeb elektřiny za roky 2012 - 2014

Rok	2012	2013	2014
VT [MWh]	3,500	6,005	5,279
NT [MWh]	1,800	2,978	3,650
Celkem [MWh]	5,300	8,983	8,929

**Grafické srovnání spotřeby elektřiny pro roky 2012 - 2014**



**Graf 2.18** Grafické porovnání spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu pro roky 2012 – 2014

Z grafu lze vyčíst, že dochází k vyššímu využívání NT sazby, což vede k úsporám za elektřinu. Výrazně nižší spotřeba v roce 2012 byla ovlivněna otevřením pouze jedné třídy herny dětí, z důvodu nedostatku dětí pro otevření obou tříd.

Ze získaných faktur bylo zjištěno, že v budově mateřské školy je užíváno dvoutarifové sazby C25d, s dobou nízkého tarifu 8 hodin. Dále byly zjištěny ceny za nízký a vysoký tarif a jak se změny cen projeví na celkové ceně za elektřinu za celý rok.

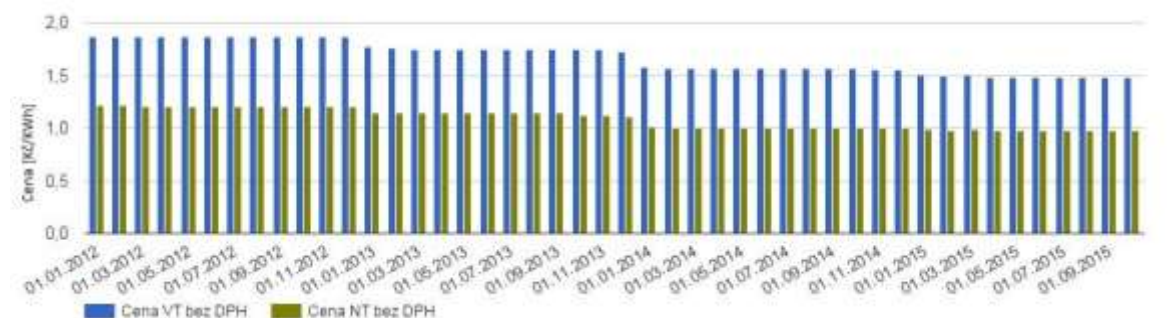
**Tabulka 2.4** Tabulka cen elektřiny za nízký a vysoký tarif

Období	Sazba	VT / NT [Kč/MWh]
1. 1. 2012 - 31. 12. 2012	C25d	1 900,25
		68,22
1. 1. 2013 - 7. 10. 2013	C25d	1 924,87
		71,03
8. 10. 2013 - 31. 12. 2013	C25d	1 537,00
		992,00
1. 1. 2014 - 31. 12. 2014	C25d	1 267,00
		796,00

**Tabulka 2.5** Tabulka celkových ročních nákladů za elektřinu

Rok	2012	2013	2014
Celkové náklady za elektřinu [Kč]	29 873,29	46 185,29	37 171,18

Vývoj cen pro dvoutarifovou sazbu C25d silové elektřiny v České republice je klesající. Počátkem roku 2012 se cena za vysoký tarif pohybovala okolo 1 867 Kč/MWh a nízký tarif 1 214 Kč. S postupem času se tato cena snižovala a například v září roku 2015 se pohybuje okolo 1 485 Kč/MWh při vysokém tarifu a 980 Kč/MWh při nízkém tarifu.



**Graf 2.19** Grafické porovnání ceny elektřiny v dvoutarifové sazbě C25d od roku 2012 do roku 2015

Následující tabulky jsou soupisem všech základních energetických vstupů do budovy a jejich ročního vyúčtování. Graf slouží k porovnání výdajů za cenu elektřiny a zemního plynu od roku 2012 do roku 2014.

**Tabulka 2.6** Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2012

Pro rok: 2012					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v Kč bez DPH
Elektřina	MWh	5,30	3,6	5,30	29 873,29
Zemní plyn	MWh	153,48	3,6	153,48	107 673,50
Celkem spotřeba paliv a energie				158,78	137 546,78

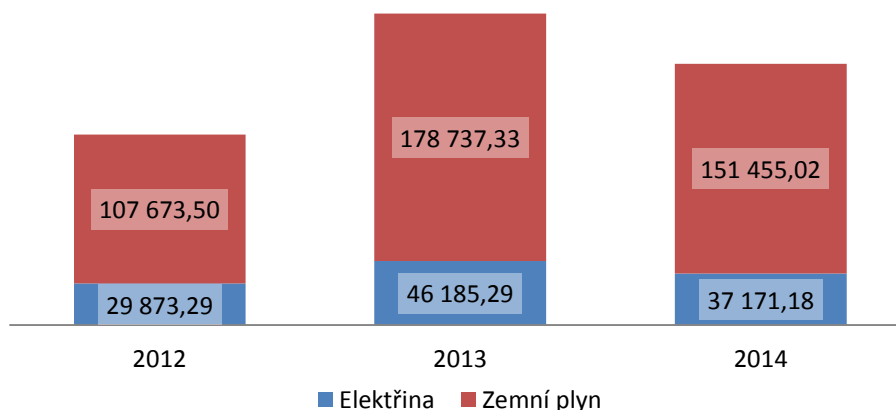
**Tabulka 2.7** Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2013

Pro rok: 2013					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v Kč bez DPH
Elektřina	MWh	8,98	3,6	8,98	46 185,29
Zemní plyn	MWh	163,38	3,6	163,38	178 737,33
Celkem spotřeba paliv a energie				172,36	224 922,62

**Tabulka 2.8** Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2014

Pro rok: 2014					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotka	Přepočet na MWh	Roční náklady v Kč bez DPH
Elektřina	MWh	8,92	3,6	8,92	37 171,18
Zemní plyn	MWh	116,77	3,6	116,77	151 455,02
Celkem spotřeba paliv a energie				125,70	188 626,20

**Srovnání výdajů za elektřinu a zemní plyn v Kč bez DPH za roky 2012 - 2014**



**Graf 2.20** Grafické porovnání výdajů za elektřinu a zemní plyn pro roky 2012 – 2014

## 2.2.3.4 Tepelně technické vlastnosti budovy

Skladby konstrukcí hodnocené budovy byly získány z původní projektové dokumentace. Na základě získaných informací byly vypočteny součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí.

**Tabulka 2.9** Konstrukce na systémové hranici budovy – stěna obvodová

<b>STĚNA OBVODOVÁ</b>			
Konstrukce	Tloušťka [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Omítka vápenná	0,015	0,880	0,017
Plynobetonové panely	0,330	0,500	0,660
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015
$R_T$			0,692
$R_{si}$			0,130
$R_{se}$			0,040
Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]			1,160

**Tabulka 2.10** Konstrukce na systémové hranici budovy – stěna k nevytápěnému prostoru

<b>STĚNA K NEVYTÁPĚNÉMU PROSTORU</b>			
Konstrukce	Tloušťka [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Omítka vápenná	0,015	0,880	0,017
Cihla plná	0,330	0,860	0,384
Omítka vápenocementová	0,015	0,990	0,015
$R_T$			0,416
$R_{si}$			0,130
$R_{si}$			0,130
Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]			1,479

**Tabulka 2.11** Konstrukce na systémové hranici budovy – střecha plochá

<b>STŘECHA PLOCHÁ</b>			
Konstrukce	Tloušťka [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Sklobit	0,002	0,200	0,010
Perbitagit	0,030	0,200	0,150
Calofrigové desky do plechových profilů	0,065	0,400	0,163
Vzduchová mezera + dřevěné hranoly	0,150	0,680	0,221
TI - perlitové polštáře	0,100	0,180	0,556
Železobetonový žebírkový strop	0,200	1,430	0,140
$R_T$			1,239
$R_{si}$			0,100
$R_{se}$			0,040
Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]			0,725



**Tabulka 2.12** Konstrukce na systémové hranici budovy – podlaha na zemině

<b>PODLAHA NA ZEMINĚ</b>			
Konstrukce	Tloušťka [m]	$\lambda$ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]
Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010
Cementová malta	0,020	1,160	0,017
Betonová mazanina	0,040	1,230	0,033
Lepenka A500H	0,002	0,200	0,010
Pěnový polystyren	0,030	0,056	0,536
HI	0,003	0,200	0,015
$R_T$			0,620
$R_{si}$			0,170
$R_{se}$			0,000
Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]			1,265

**Tabulka 2.13** Konstrukce na systémové hranici budovy – otvorové výplně

<b>OTVOROVÉ VÝPLNĚ</b>	
Typ	Součinitel prostupu tepla U [W/m <sup>2</sup> K]
Okna zdvojená	2,400
Luxfery	3,400
Dveře k nevytápěnému prostoru	2,000
Dveře kovové s jedním sklem	5,650
Dveře dřevěné s jedním sklem	4,000
Dveře balkonové	2,400

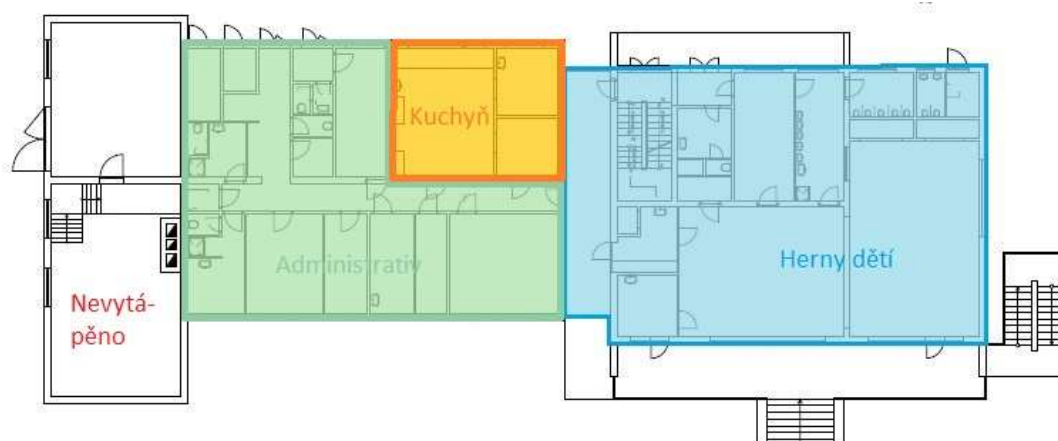
Pro výpočet v programu Energie byla budova rozdělena na 3 zóny s podobným režimem užívání, jejich přehled je uveden v následující tabulce. Je zde také uvedena převažující teplota v dané zóně.

**Tabulka 2.14** Rozdělení budovy na zóny

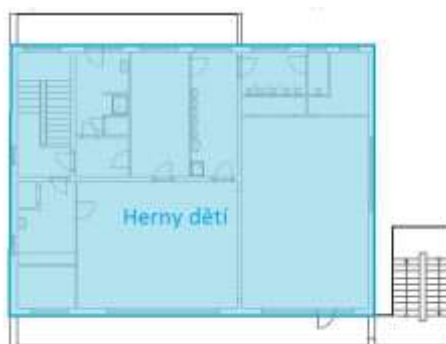
Zóna	Průměrná teplota v zóně [°C]
Herny dětí	21
Administrativa	18
Kuchyň s vývařovnou	20

Rozdělení částí budovy do zón je vyznačeno také graficky v následujících obrázcích. Na prvním obrázku je znázorněno první nadzemní podlaží hodnocené budovy, na dalším obrázku druhé nadzemní podlaží budovy, kde už je pouze zóna Herny dětí. Po rozdělení na zóny byly spočteny plochy konstrukcí, které ohraničují obálku budovy, určena celková energeticky vztažná plocha.

**Obrázek 2.21** Rozdělení prvního nadzemního podlaží budovy na zóny.



**Obrázek 2.22** Rozdělení druhého nadzemního podlaží budovy na zóny.



**Zóna Herny dětí:**

Objem z vnějších rozměrů:	1607,04 m <sup>3</sup>
Podlahová plocha:	392,14 m <sup>2</sup>
Celková energeticky vztažná plocha:	460,8 m <sup>2</sup>

**Zóna Administrativa:**

Objem z vnějších rozměrů:	657,56 m <sup>3</sup>
Podlahová plocha:	147,26 m <sup>2</sup>
Celková energeticky vztažná plocha:	173,04 m <sup>2</sup>

**Zóna Kuchyň s vývařovnou:**

Objem z vnějších rozměrů:	199,11 m <sup>3</sup>
Podlahová plocha:	44,59 m <sup>2</sup>
Celková energeticky vztažná plocha:	52,4 m <sup>2</sup>

**Výsledky pro celou budovu:**

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	2463,7 m <sup>3</sup>
Plocha obalových konstrukcí budovy:	1538,4 m <sup>2</sup>
Celková energeticky vztažná podlahová plocha budovy:	686,2 m <sup>2</sup>

### 2.2.3.5 Zhodnocení obalových konstrukcí budovy

Požadavky normy na vyhodnocení stavebních konstrukcí se neustále mění a zpřísňují, zde uvádím přehled změn pro vyhodnocování součinitele prostupu tepla  $U_{N,20}$  stavební konstrukce:

- ČSN 73 0540-2:2002, která vstoupila v platnost 1. 4. 2005, udávala doporučené a požadované hodnoty na  $U_N$
- ČSN 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky uváděla hodnoty požadované a doporučené pro standartní domy, nízkoenergetické domy a pasivní domy
- Nynější ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky

**Tabulka 2.15** Ukázka části tabulky z normy ČSN 73 0540-2:2011 pro hodnoty normového součinitele prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 - 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 - 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami	1,05	0,7	0,5
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7

Revizí normy ČSN 73 0540-2 byla zavedena nová kategorie doporučených hodnot součinitele prostupu tepla. V dalším sloupci jsou nově doporučené hodnoty pro pasivní budovy. Není zde uvedena konkrétní hodnota, ale rozmezí hodnot s tím, že ty nižší mají sloužit jako vodítko pro návrh menších pasivních budov, zpravidla rodinných domů, ty vyšší pak pro návrh větších a kompaktních budov.

Stávající konstrukce objektu byly posouzeny podle požadavků normy ČSN 73 0540 – 2:2011 na hodnoty součinitele prostupu tepla  $U$  [ $W/m^2K$ ]. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulkách.

**Tabulka 2.156** Porovnání obalových konstrukcí s požadavky normy

Konstrukce	$U$ [ $W/m^2K$ ]	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [ $W/m^2K$ ]	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ [ $W/m^2K$ ]	Kce splňuje požadovanou hodnotu	Kce splňuje doporučenou hodnotu
Stěna obvodová	1,16	0,30	0,25 - těžká	ne	ne
Stěna k nevyt. prostoru	1,48	0,60	0,40	ne	ne
Střecha plochá	0,73	0,24	0,16	ne	ne
Podlaha na zemině	1,27	0,45	0,30	ne	ne

**Tabulka 2.167** Porovnání otvorových výplní s požadavky normy

Konstrukce	$U$ [ $W/m^2K$ ]	$U_{N20,req}$ [ $W/m^2K$ ]	$U_{N20,rec}$ [ $W/m^2K$ ]	Kce splňuje požadovanou hodnotu	Kce splňuje doporučenou hodnotu
Okna zdvojená	2,4	1,5	1,2	ne	ne
Luxfery	3,4	1,5	1,2	ne	ne
Dveře k nevyt. prostoru	2,0	1,7	1,2	ne	ne
Dveře kovové s jedním sklem	5,7	1,7	1,2	ne	ne
Dveře dřev. s jedním sklem	4,0	1,7	1,2	ne	ne
Dveře balkonové	2,4	1,7	1,2	ne	ne

Obalové konstrukce budovy a otvorové výplně **nesplňují** požadavky normy ČSN 73 0540-2:2011 na požadované hodnoty součinitele prostupu tepla.

Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N} = 0,41 W/m^2K$

Maximální průměrný součinitel prostupu tepla pro referenční budovu  $U_{em,N,max} = 0,54 W/m^2K$

Průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy  $U_{em} = 1,04 W/m^2K$

$$U_{em} > U_{em,N}$$

$$1,04 > 0,41$$

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla dle normy **není splněn**.

Obálka budovy normě vyhoví v případě, je-li výsledkem hodnocení zařazení alespoň do klasifikační třídy C. Pokud je výsledkem zařazení klasifikační třída A nebo B, jedná se o budovu nízkoenergetickou.

Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy (pro energetický štítek obálky budovy):

$$U_{em} / U_{em,N} = 1,04 / 0,41 = 2,512 = CI$$

$$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N} \quad 1,04 > 1,025$$

$$\text{Poměr } A/V = 1538,4/2463,7 = 0,6244$$

**Budova ve stávajícím stavu spadá do klasifikační třídy G (Mimořádně nevhodná).**

Vztah pro určení klasifikační třídy:

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N,20}}$$

**Tabulka 2.178** Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540-2:2011

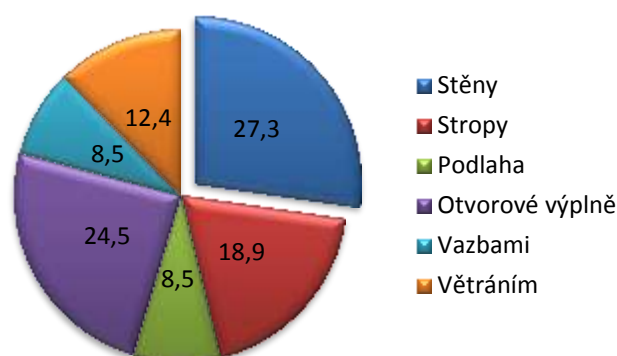
Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	Slovní vyjádření klasifikační třídy
	$U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 1,0 \cdot U_{em,N}$	Vyhovující
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nevhodná
<b>G</b>	<b><math>U_{em} &gt; 2,5 \cdot U_{em,N}</math></b>	<b>Mimořádně nevhodná</b>

### **Tepelné ztráty budovy**

Tepelné ztráty byly vypočteny v softwaru Energie 2015. Jejich vzájemný poměr je znázorněn v následujícím grafu, ze kterého vyplývá, že nejvíce tepelných ztrát prostupem projde obvodovými stěnami, přes otvorové výplně a střechu.

Původní výplně otvorů, hlavně zdvojená okna jsou ve většině případů v horším technickém stavu a neplní plně svoji funkci. Jsou příčinou velkých tepelných ztrát a to jak prostupem tepla, tak i větráním. Proto se na tyto konstrukce musíme zaměřit při navrhování opatření k energetickým úsporám. Z grafu lze dále vyčíst, že dochází k výrazným tepelným ztrátám větráním. Výrazně se na nich podílí i odsavač par v kuchyni v zóně 3, který běží pouze v krátkém časovém horizontu dne, ale způsobuje velké tepelné ztráty.

**Graf 2.233** Procentuální zastoupení tepelných ztrát objektu



Následující tabulka ještě blíže specifikuje tepelné ztráty objektu v jednotlivých zónách.

**Tabulka 2.189** Rozložení tepelných ztrát pro jednotlivé zóny

Rozdělení tepelných ztrát pro stávající stav	H [W/K] herny dětí	H [W/K] administrativa	H [W/K] kuchyň	H [W/K] celkem	Podíl [%]
Stěny	330,23	125,79	35,94	491,95	27,3
Stropy	176,80	126,32	38,25	341,37	18,9
Podlaha	85,78	50,02	16,75	152,54	8,5
Otvorové výplně	340,34	78,38	22,61	441,33	24,5
Vazbami	89,04	50,27	14,52	153,84	8,5
Tepelná ztráta prostupem tepla obálkou budovy:	1022,19	430,77	128,06	1581,02	-
Větráním	127,28	52,08	43,93	223,29	12,4
<b>Celková tepelná ztráta objektu:</b>	<b>1149,47</b>	<b>482,85</b>	<b>171,99</b>	<b>1804,31</b>	<b>100,0</b>

### 2.2.3.6 Průkaz energetické náročnosti budovy

Energetické hodnocení budovy znamená zařazení budovy do klasifikační třídy z hlediska její energetické náročnosti. Při hodnocení je budova srovnávána s parametry referenční budovy. Pokud se této budově vyrovná, je zařazena do klasifikační třídy C, tedy vyhovující současné legislativě. Nejlepší budovy se řadí do klasifikační třídy A, nejhorší do třídy G. Hodnocení je zaznamenáno právě v průkazu energetické náročnosti budovy. Snížení energetické náročnosti

budovy je většinou spojeno se snížením produkce emisí oxidu uhličitého. Informaci o této hodnotě však průkaz neudává.

Při výpočtu PENB uvažujeme u všech budov stejné klimatické podmínky pro celou Českou republiku, nezohledňuje tedy lokalitu, nadmořskou výšku. PENB slouží primárně ke srovnání budov z hlediska energetické náročnosti vzájemně mezi sebou, nemusí odpovídat skutečným spotřebám energií v daném objektu, ty jsou ovlivněny zejména způsobem jeho užívání. Pro vypracování průkazu pracujeme se standardizovanými hodnotami uvedenými normou.

K vytvoření PENB jsem využila program Energie 2015 - Svoboda software. Průkaz je vytvořený 21. 12. 2015, proto jeho součástí nejsou doporučená technicky, funkčně a ekonomicky vhodná opatření pro snížení energetické náročnosti hodnocené budovy, které musí být nově dle vyhlášky 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov součástí každého průkazu energetické náročnosti.

Průkaz energetické náročnosti je součástí příloh k diplomové práci.

V celkovém hodnocení PENB je prvním důležitým ukazatelem celková energie dodaná do budovy. Její hodnota je pro stávající stav 269 kWh/(m<sup>2</sup>rok).

Druhým ukazatelem je neobnovitelná primární energie, která je získána z jednotlivých energií energonositelů, přenesených faktorem neobnovitelné primární energie. Její hodnota je pro stávající stav 317 kWh/(m<sup>2</sup>rok). Tato energie nám dává informaci o vlivu provozu budovy na životní prostředí.

Dále je zde možné vyčíst podíl jednotlivých energonositelů na dodané energii. V případě mateřské školy je nejvíce energie získáno ze zemního plynu.

V poslední grafické části průkazu můžeme vidět zhodnocení obálky budovy pomocí hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em}$  a dílčí hodnocení jednotlivých technických systémů budovy.

## 2.2.4 Zhodnocení stavu vnitřního prostředí budovy

Hodnocení vnitřního prostředí budovy bude možné provést díky experimentálnímu měření, které jsem v budově provedla. Měřenými veličinami byly teplota a vlhkost. Měření bylo uskutečněno v zimních měsících, po dobu 14 dnů od soboty 21. února do soboty 7. března. V průběhu měření byl prováděn několikrát denně i zápis venkovní teploty, která byla odečítána z digitálního teploměru s přesností na desetiny stupně a popis povětrnostních podmínek a počasí.

K měření v budově školky ve Vedrovicích byl použit Datalogger S3120 firmy COMET System, ke kterému uvádím základní technické parametry:

- měřené veličiny - relativní vlhkost a teplota vzduchu
- typ konstrukce - prostorový
- LCD displej - ano
- rozsah teploty -10 °C až +70 °C
- přesnost měření teploty  $\pm 0,4$  °C
- přesnost měření vlhkosti  $\pm 2,5$  % RH
- rozsah měření vlhkosti od 5% do 95 % při 23 °C
- interval záznamu je nastavitelný od 10 s do 24 hod
- celková kapacita paměti 32 000 hodnot teploty v necyklickém záznamu – to znamená, že po zaplnění paměti se záznam zastaví, v případě cyklického záznamu se po zaplnění nejstarší hodnoty nahrazují novými)

Datalogger je přístroj pro měření a záznam okolní teploty a vlhkosti vzduchu. Měřicí senzory teploty a vlhkosti jsou součástí přístroje. Naměřené hodnoty včetně vypočtené teploty rosného bodu se zobrazují na dvouřádkovém LCD displeji a jsou ukládány v nastavitelném časovém intervalu do vnitřní paměti přístroje.

### ***Popis práce s dataloggerem***

1. seznámení se s fungováním dataloggeru (součástí sady je datalogger, komunikační USB adaptér a magnet)
2. instalace programu Program pro datalogger 4.0.13.3 do počítače (program je zdarma k dispozici na internetové adrese [www.cometsystem.cz](http://www.cometsystem.cz))
3. propojení dataloggeru Comet pomocí datového kabelu s počítačem a jeho nastavení pomocí instalovaného programu, nastavujeme zejména tyto parametry:
  - reálný čas v záznamníku
  - vhodný interval záznamu (volíme v závislosti na velikosti paměti a očekávané délce doby zapisování)
  - režim záznamu (cyklický nebo necyklický)
  - způsob zapnutí/vypnutí záznamníku (automatické nebo magnetem)
  - možnost nulování paměti

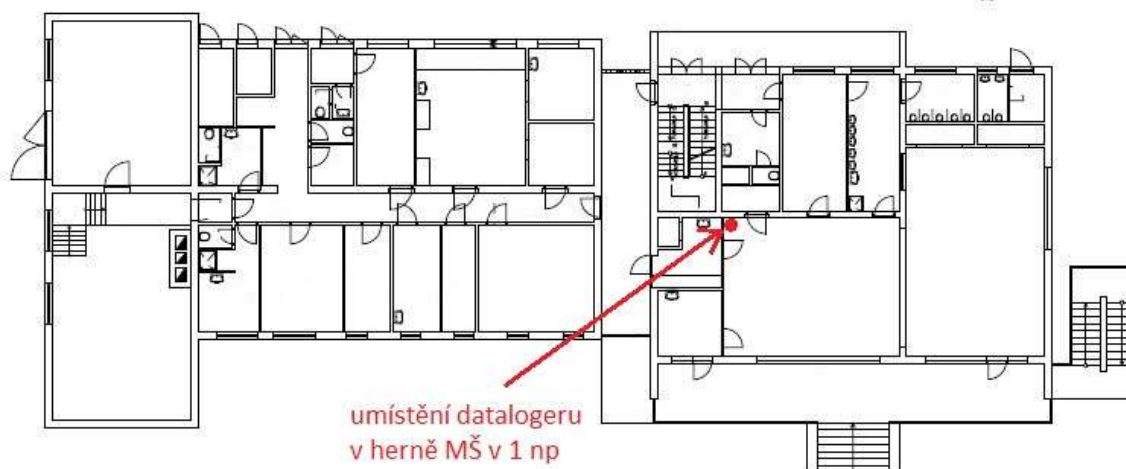


4. instalace dataloggeru na vhodné místo do místnosti, poloha uložení je libovolná, přístroj byl uložen vodorovně na skříň do výšky cca 1,7 m umístěnou v rohu místnosti herny v prvním nadzemním podlaží a upevněn samolepícími štítky (viz příložený obrázek)
5. aktivace dataloggeru pomocí magnetu, po vložení magnetu do vypnutého záznamníku počkáme cca 1s na rozsvícení desetinné tečky, poté je nutno ihned magnet vysunout a záznamník se zapne
6. po uplynutí 14 dnů vypnutí záznamníku pomocí magnetu – stejný postup jako při zapínání
7. propojení dataloggeru s PC pomocí USB adaptéru, stažení naměřených hodnot pomocí programu, export dat do Excelu, možnost tvorby grafů

Práce s dataloggerem byla jednoduchá, uživatelské manuály pro práci s dataloggerem pochopitelné. Program pro nastavení dataloggeru a následné stažení hodnot byl přehledný a jednoduchý. Na příloženém obrázku je ukázka pracovního prostředí programu.

INDEX	Datum	Období	Temp °C	Hum %RH	DP (Teplota ros)
1	21.2.2015	13:20:00	25,2	42,7	11,6
2	21.2.2015	13:30:00	26,5	36,8	10,5
3	21.2.2015	13:40:00	26,7	37,7	11,1

Obrázek 2.244 Ukázka pracovního prostředí Programu pro datalogery 4.0.13.3



Obrázek 2.255 Umístění dataloggeru v budově mateřské školy v prvním nadzemním podlaží

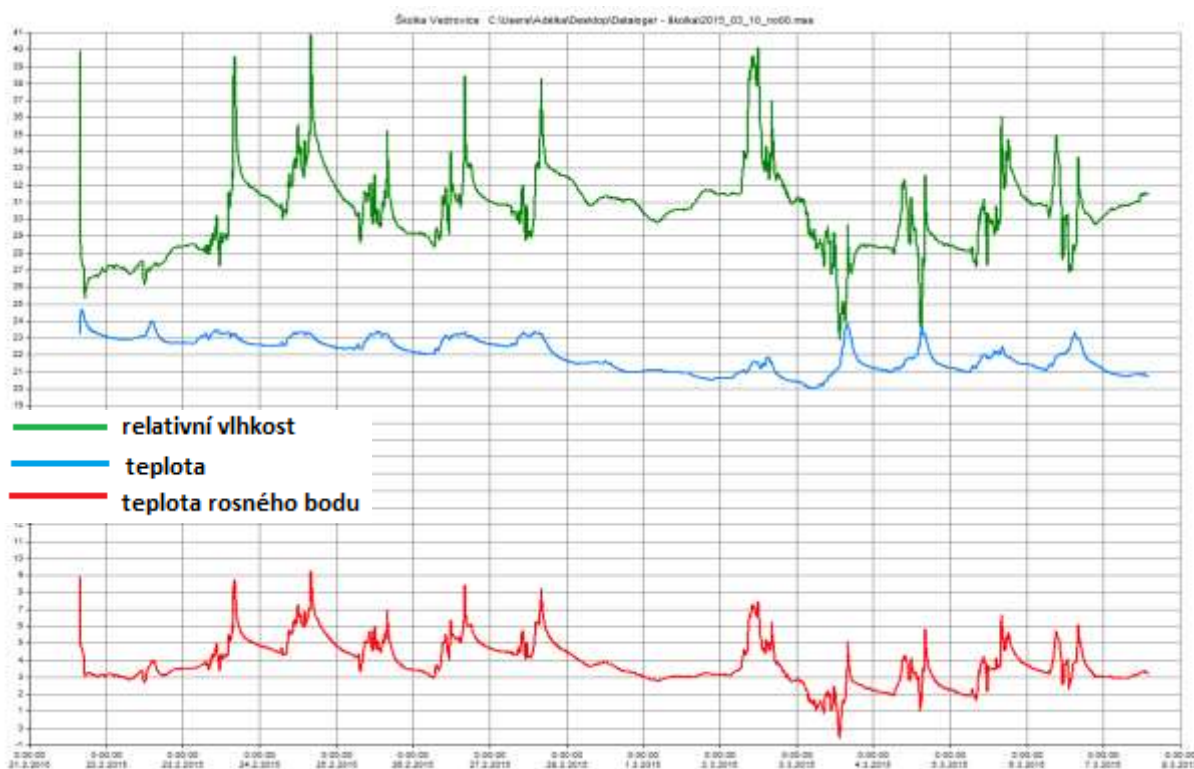


**Obrázek 2.266** Upevnění dataloggeru a umístění v místnosti herny mateřské školy

Důležité pro umístění dataloggeru s čidlem bylo, aby nedocházelo k přímému oslunění čidla. Hodnoty teplot by byly poté velmi zkreslené.

### ***Vyhodnocení naměřených hodnot***

Měřením pomocí dataloggeru jsem získala hodnoty relativních vlhkostí, teplot vzduchu a do-počtené teploty rosného bodu. Tyto hodnoty jsou následně zpracovány do tabulek a grafů. Příložený obrázek je ukázkou grafického výstupu, který je možné získat z programu Program pro datalogger. Je na něm zeleně vyobrazen průběh relativních vlhkostí, modře průběhy teplot a červeně průběh teploty rosného bodu během čtrnácti dnů, kdy bylo uskutečněno měření.



**Graf 2.27** Grafický výstup z programu Program pro datalogger 4.0.13.3

## Hodnocené veličiny

**Teplota rosného bodu** je teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami, tedy v tu chvíli, kdy relativní vlhkost dosáhne 100%. Znalost této teploty můžeme využít pro určení, zda například na povrchu konstrukce nebude docházet ke kondenzaci. Pokud teplota klesne pod tento bod, nastává kondenzace. Teplota rosného bodu je různá pro různé absolutní vlhkosti vzduchu. Nyní uvádím vzorec pro výpočet teploty rosného bodu.

$$T_r = \frac{243,5 \cdot \ln\left(\frac{V}{100} \cdot e^{\frac{17,67 \cdot T}{243,5+T}}\right)}{17,67 - \ln\left(\frac{V}{100} \cdot e^{\frac{17,67 \cdot T}{243,5+T}}\right)}$$

Z hlediska zdravotního může být kondenzace provázána vznikem škodlivých plísní. Nyní uvedu příklad vlivu různé teploty a přitom stejné relativní vlhkosti vzduchu v interiéru na teplotu rosného bodu.

**Tabulka 2.19** Vliv teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu na teplotu rosného bodu

Teplota vzduchu	Relativní vlhkost vzduchu	Teplota rosného bodu
20 °C	40 %	6,03 °C
25 °C	40 %	10,49 °C
20 °C	50 %	9,29 °C
25 °C	50 %	13,87 °C

**Relativní vlhkost vzduchu** udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Hodnota se udává v procentech.

**Absolutní vlhkost vzduchu** vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu. Jednotkou je proto g/m<sup>3</sup>.

**Teplota vzduchu** změřená pomocí dataloggeru je teplotou, která zohledňuje pouze teplotu vzduchu, nikoli vliv sálání okolních povrchů.

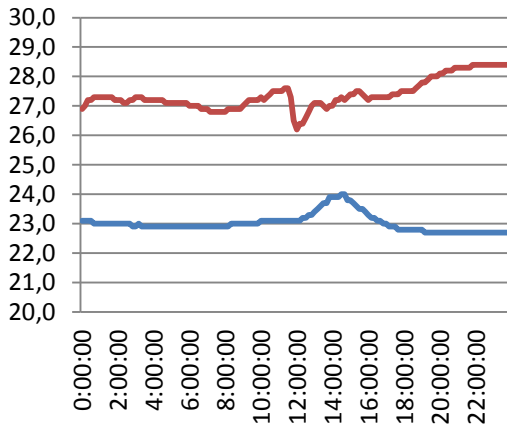
Dále ještě můžeme rozlišit:

- teplotu výslednou, kterou měříme kulovým teploměrem a zahrnuje jak vliv teploty vzduchu, tak vliv sálání obklopujících ploch,
- střední radiační teplotu, která je vázána na daný bod v prostoru a zohledňuje vzdálenost posuzovaného bodu od jednotlivých povrchů a jejich poměrnou velikost, například bude výrazně jiná u okna a jiná například u stěnového vytápění
- operativní teplotu, která je vypočtená z teploty radiační a výsledné, zahrnuje i vliv rychlosti proudění vzduchu

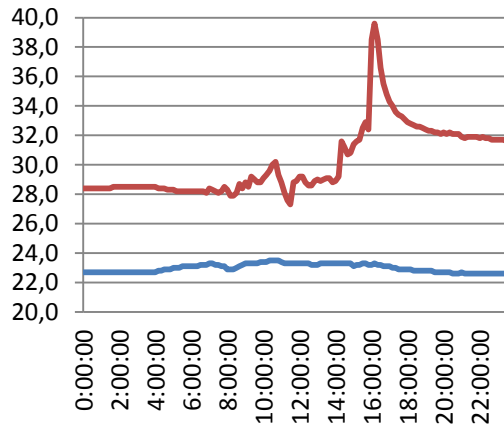
## Grafické řešení

V následujících grafech je detailněji znázorněn průběh teploty vzduchu (modře) a průběh relativní vlhkosti vzduchu (červeně) během jednotlivých dnů. Na vodorovné ose je vždy znázorněn časový úsek, na svislé ose hodnoty teploty vzduchu ve °C a relativní vlhkosti v %.

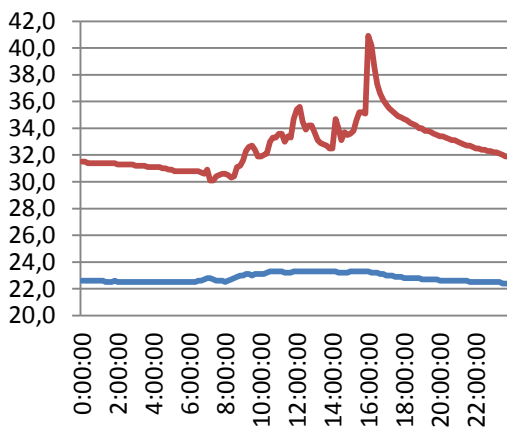
Neděle 22. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



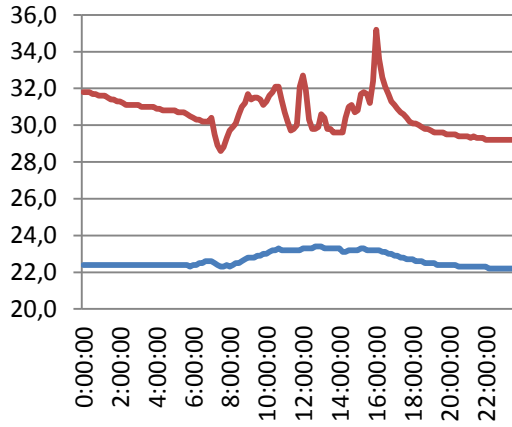
Pondělí 23. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



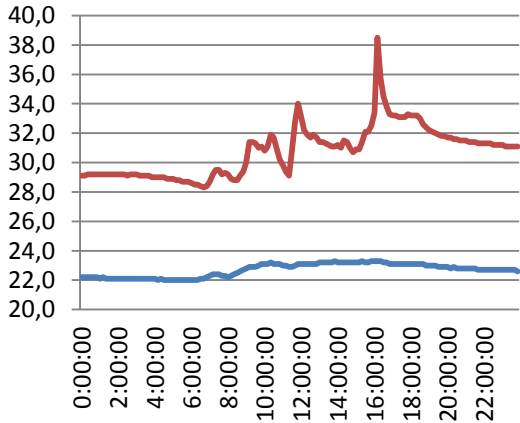
Úterý 24. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



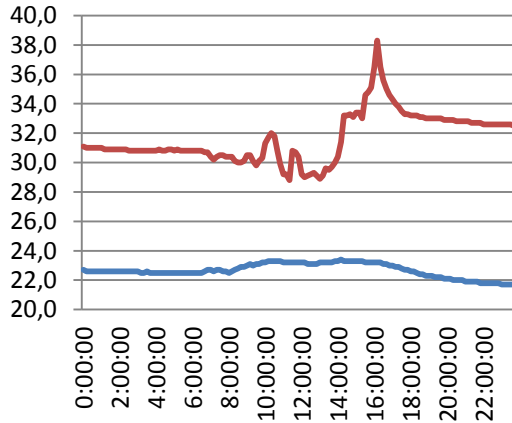
Středa 25. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



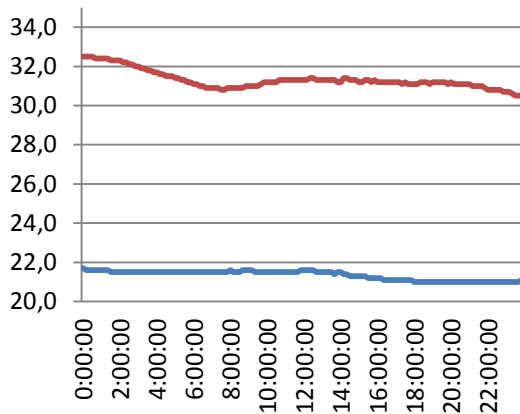
Čtvrtek 26. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



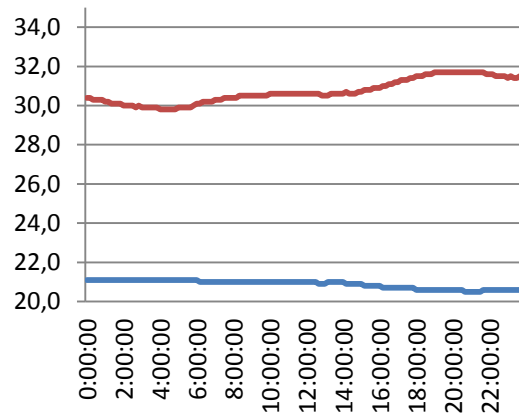
Pátek 27. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



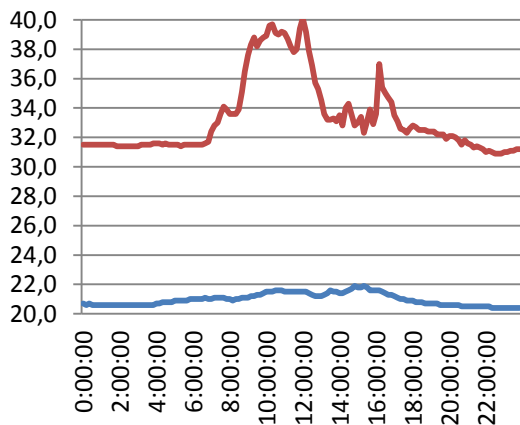
Sobota 28. února 2015 (bezvětrí, slunečno)



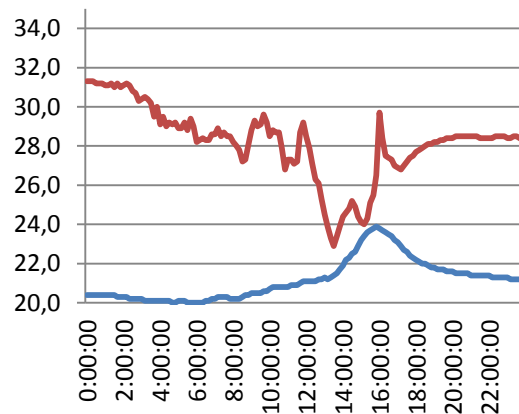
Neděle 1. března 2015 (bezvětrí, slunečno)



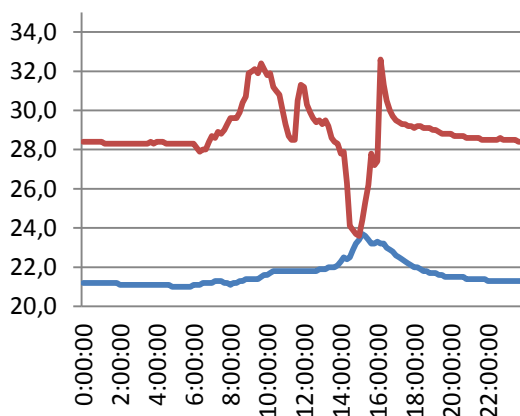
Pondělí 2. března 2015  
(silný vítr 14:00 – 16:00hod., slabý déšť)



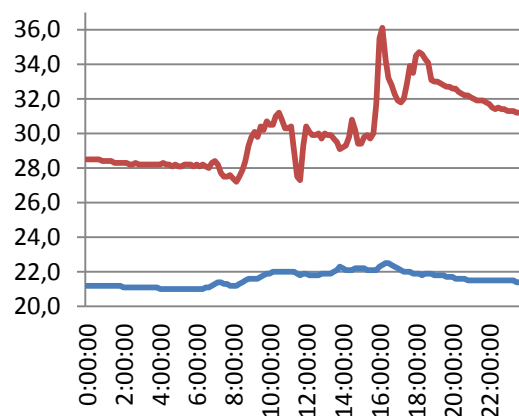
Úterý 3. března 2015  
(vítr, zataženo)



Středa 4. března 2015 (vítr, zataženo)



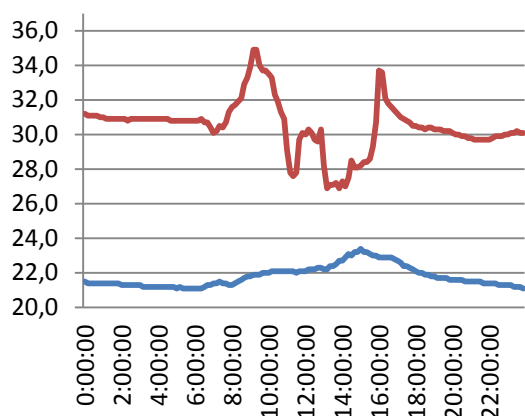
Čtvrtek 5. března 2015 (vítr, slunečno)



Z grafů vyplývá, že teplota v místnosti je poměrně stabilní, mírně se zvyšuje v odpoledních hodinách vlivem větších solárních zisků okny, která jsou orientovaná hlavně na jihovýchod a jihozápad. V době provozu, tj. od 6:45 hod. do 16:00 hod. je její maximální hodnota 24,0 °C a minimální 20,1 °C. Dlouhodobý průměr po dobu 14 dnů, kdy byla teplota měřena je 22 °C.

Tato hodnota splňuje požadovaný hygienický požadavek na teplotu pro hernu dětí mateřské školy. Maximálních hodnot teplota dosahuje vždy mezi 15:00 a 16:00 hod.

Pátek 6. března 2015 (bezvětrí, slunečno)



Dále můžeme z grafů zhodnotit průběhy vlhkostí, lze jasně rozeznat víkendy, kdy je školka zavřená a vlhkosti se mění pouze minimálně a běžný den provozu, kdy se vlhkosti začínají výrazněji měnit od 6:45 v závislosti na činnostech, které jsou v herně dětí provozovány. Provoz mateřské školky je uveden v následující tabulce. Vlhkost v místnosti herny dětí může výrazněji ovlivnit zvýšená pohybová aktivita dětí, přestávky na jídlo nebo větrání místnosti.

Hodnoty vlhkosti se pohybují v rozmezí od 40,9 % do 22,9 %.

Relativní vlhkost v místnosti by se měla pohybovat v rozmezí od 30 do 70%. Tato hodnota není během některých dnů splněna. V zimním období bývá v místnosti vzduch suchý vlivem vytápění spojeným a větráním místnosti. Suchý vzduch s relativní vlhkostí pod 30 % není příjemný a má vliv i na zdravotní stav člověka, obzvláště malých dětí. Studie ukazují, že vlhkost vzduchu má vliv na nemocnost školních dětí. Je prokázáno, že ve třídách, kde byl během topné sezóny zvlhčován vzduch, byl počet onemocnění z nachlazení poloviční než u dětí ve třídách, v nichž se vlhkost nezvyšovala. Následkem suchého vzduchu je, že se velmi dobře daří mikroorganismům způsobujícím nemoci z nachlazení a naopak nejméně jich přežívá při vlhkosti 60 %. Typickými problémy, které suchý vzduch způsobuje je suchý dráždivý kašel, ranní škrábání v krku, záněty nosohltanu, pálení očí a mnoho dalších. Nejpříznivější vlhkost vzduchu v uzavřené místnosti při teplotě cca 20 °C je 45 – 65 %.

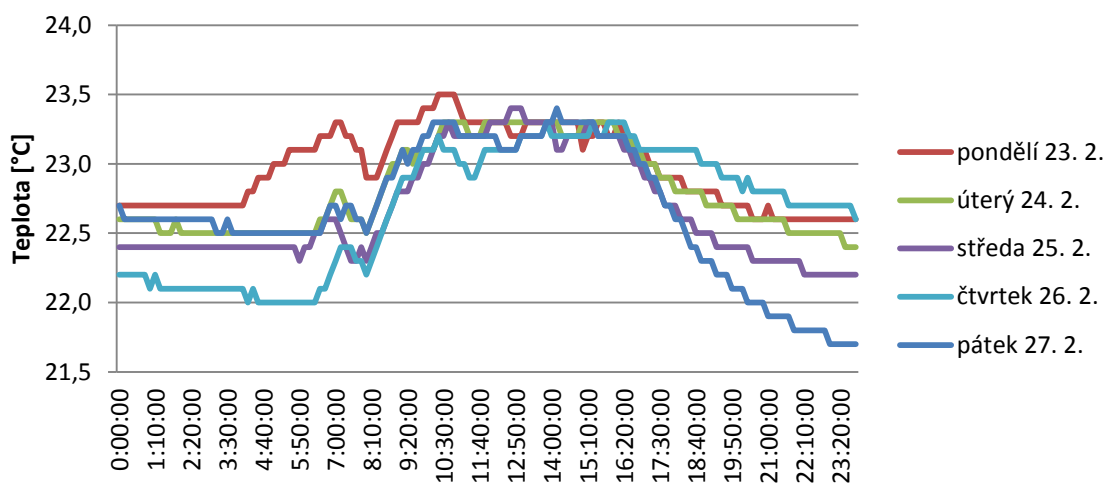
Tabulka 2.201 Provoz mateřské školy

Provoz v herně mateřské školy	
6:45 – 8:30	scházení dětí
8:45 – 9:15	hygiena, svačina
9:15 – 9:45	výchovně vzdělávací činnost
9:45 – 11:45	pobyt venku
11:45 – 12:15	hygiena, oběd
12:15 – 14:00	hygiena, odpočinek, náhradní aktivity
14:00 – 14:45	pohybová, relaxační, motivační hra
14:45 – 15:00	hygiena, svačina
15:00 – 16:00	odpolední zájmové činnosti dětí, hry
16:00 – dále	příchod rodičů a vyzvedávání dětí

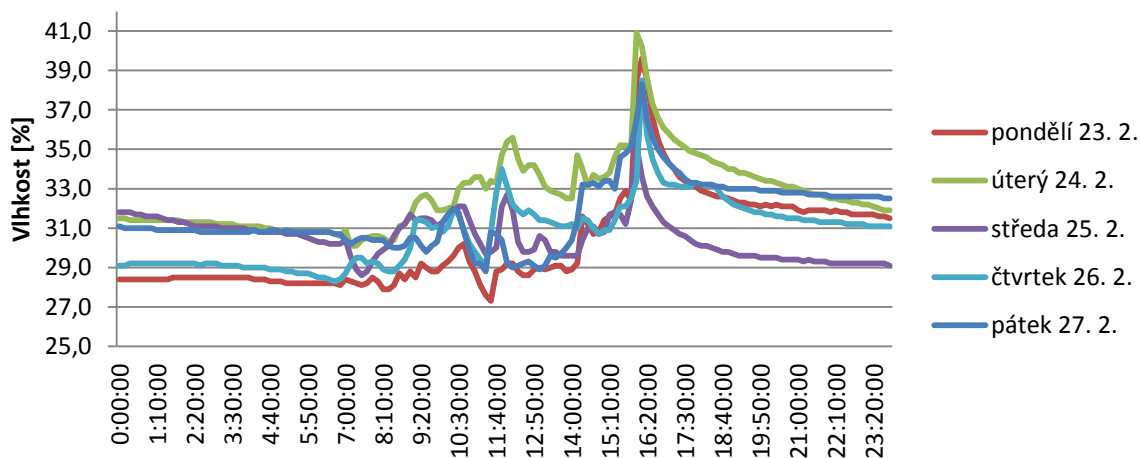
Následující tabulka uvádí hodnoty maximálních a minimálních teplot a vlhkostí, kterých bylo dosaženo během provozu mateřské školy, tj. od 6:45 do 16:00 hodin.

**Tabulka 2.212** Maximální a minimální hodnoty teplot a vlhkostí v průběhu jednotlivých dní

den	datum	maximální teplota [°C]	minimální teplota [°C]	max RH [%]	min RH [%]
neděle	22. 2.	24,0	22,9	27,6	26,2
pondělí	23. 2.	23,5	22,9	38,5	27,3
úterý	24. 2.	23,3	22,5	40,9	30,1
středa	25. 2.	23,4	22,3	35,2	28,6
čtvrtek	26. 2.	23,3	22,1	34,0	28,3
pátek	27. 2.	23,4	22,5	36,5	28,8
sobota	28. 2.	21,7	21,2	31,4	30,8
neděle	1. 3.	21,1	20,8	30,9	30,2
pondělí	2. 3.	21,9	20,9	40,1	31,6
úterý	3. 3.	23,9	20,1	29,7	22,9
středa	4. 3.	23,7	21,1	32,4	23,6
čtvrtek	5. 3.	22,5	21,1	35,5	27,2
pátek	6. 3.	23,4	21,3	34,9	26,9



**Graf 2.28** Srovnání průběhu teplot během dne od 23. 2. do 27. 2. 2015 v herně MŠ



**Graf 2.279** Srovnání průběhu vlhkostí během dne od 23. 2. do 27. 2. 2015 v herně MŠ

**Tabulka 2.223** Venkovní teploty v období od 21. února 2015 do 7. března 2015

Den	So	Ne	Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne	Po	Út	St	Čt	Pá	So
Datum	21. 2.	22. 2.	23. 2.	24. 2.	25. 2.	26. 2.	27. 2.	28. 2.	1. 3.	2. 3.	3. 3.	4. 3.	5. 3.	6. 3.	7. 3.
Čas[h]	t <sub>e</sub> [°C]														
8	x	1,5	5,5	7,5	5,3	5,4	6,9	4,1	4,2	7,6	2,5	5,8	3	3	5,1
10	x	x	x	7,9	6,8	7,2	7,8	8,6	5,9	8,5	4	7,3	5	5,2	10,9
12	x	x	x	10,6	9,9	9,8	9,7	11,2	6,8	10	7,5	8,6	5,5	7	11,9
14	7	9	8,1	12	10,1	8,5	10,6	10	8,1	8,5	10	9,2	6,5	9,5	x
16	x	x	x	11	10,2	8,3	9,6	9,1	7,5	8,5	8,7	9,6	6,2	8,6	x
18	x	x	x	9	8	7,7	7,9	7,6	6,9	10	8,5	7,8	6	6,6	x
20	3	6	6	7,9	7,3	7,7	7,6	6,1	6,6	5,3	4,3	5	4,8	4,4	x

silný vítr, slabý déšť  
vítr

Během měření byly zapisovány a sledovány i údaje venkovní teploty a informace počasí. Když bylo započato měření, bylo slunečno a bezvětrí. Výrazná změna počasí nastala až ve druhém týdnu, kdy v pondělí 2. března foukal silný vítr a bylo deštivo, následující dny potom zataženo a nadále foukal slabší vítr. Koncem týdne bylo opět slunečno a bezvětrí.



## 2.2.5 Analýza opatření vedoucích k energetickým úsporám a zajištění kvality vnitřního prostředí budovy

Na základě zhodnocení stávajícího stavu budovy, které bylo provedeno v předchozím textu, je možné navrhnout opatření ke snížení energetické náročnosti budovy. Úsporu lze dosáhnout několika způsoby. Uspořit můžeme z hlediska samotného užívání budovy, dále zlepšením tepelně izolačních vlastností obálky budovy – zateplením obalových konstrukcí budovy, čímž se zmenší celková potřeba tepla na vytápění nebo v oblasti technických zařízení budov – vytápění, příprava vody, osvětlení, pomocné energie, větrání. Jednotlivá opatření jsou podrobněji popsány v následujícím textu.

Jako výchozí předpoklady k vytvoření výpočtového modelu v programu Energie 2015 – Svoboda software a k následnému zhodnocení úspor energií byly použity faktury spotřeb energií. K dispozici byly faktury za odběr plynu, který se v budově užívá na vytápění, přípravu teplé vody a k vaření. Dále faktury za elektřinu, která se v objektu užívá zejména k osvětlení, částečně k ohřevu vody, na pomocné energie a na ostatní spotřebiče. Není jasné, jaká část této energie je spotřebována na ohřev vody, spotřebiče, atd. Proto byl tento poměr přibližně určen na základě znalosti užívání a provozu této budovy. Byla zadána lokalita výpočtu Brno, k získání přesnějších klimatických údajů pro danou lokalitu a zvýšení přesnosti výpočtu. V budově není letní provoz, z toho důvodu byly z výpočtu vyloučeny měsíce červenec a srpen.

Tabulka 2.23 Výchozí stav spotřeb energií bez opatření ve výpočtovém modelu

Průměrné hodnoty	Použitý energonositel	
	elektřina [MWh]	zemní plyn [MWh]
Vytápění	-	140,461
Teplá voda	1,876	14,205
Osvětlení	3,258	-
Pom. energie	1,977	-
Nuc. větrání	0,152	-
<b>celkem</b>	<b>7,263</b>	<b>154,666</b>

Měrná celková primární energie  $E_{p,C,A} = 284 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$

Měrná neobnovitelná primární energie  $E_{p,N,A} = 281 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$

Průměrná reálná spotřeba za elektřinu z faktur vychází 8,95 MWh za rok. Při výčtu elektrické energie uvažují, že rozdíl mezi fakturovanou spotřebou 8,95 MWh a spotřebou pro výpočtový model 7,267 MWh je energie spotřebovaná elektrickými spotřebiči v budově. Tento rozdíl činí 20 % celkové spotřeby za elektřinu. Přebytek energie ze zemního plynu je spotřebován v kuchyni na vaření.

Opatření můžeme rozdělit na nízkonákladová s krátkou dobou návratnosti a na vysoko nákladová s delší dobou návratnosti.

## 2.2.5.1 Nízkonákladová opatření

### *Poučení uživatelů o správném užívání budovy*

Úsporu mohou dosáhnout tím, že poučím uživatele budovy o jejím správném užívání. Mezi základní zásady užívání budovy patří:

- svítit pouze tehdy, je-li to potřebné (pokud není dodržováno, pořídit fotobuňky)
- zbytečně nepřítápět, mít správně nastavené regulační ventily na otopných tělesech
- větrat pouze krátce, ale intenzivně
- otevírat dveře pouze na dobu nezbytně nutnou
- nastavit odpovídající časové režimy pro vytápění a cirkulaci teplé vody
- kontrolovat funkčnost uzavíracích armatur a splachovadel záchodů, aby nedocházelo k protékání vody
- sledovat a vyhodnocovat spotřeby energie, v případě zvýšení spotřeby hledat možné příčiny

Osvojením si těchto zásad se dá částečně snížit energetická náročnost objektu. Toto opatření je beznákladové.

### *Opatření č. 1 - pořízení termoregulačních ventilů (TRV) s hlavicemi*

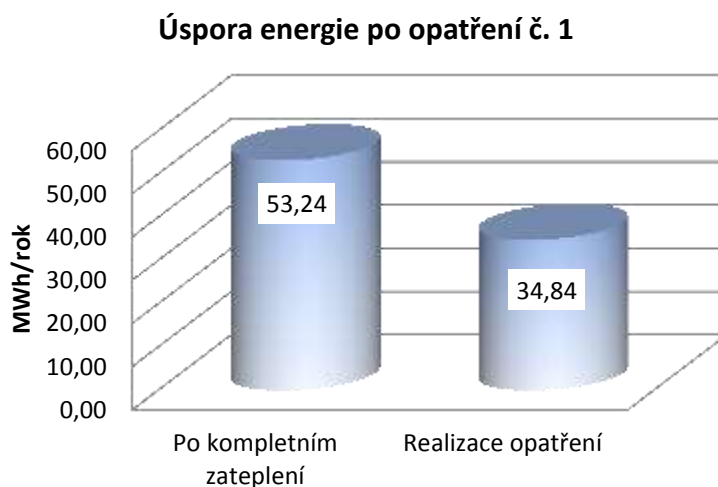
Stávající otopná tělesa jsou původní, jsou na nich osazeny termoregulační ventily, chybí však termostatické hlavice. Při navrhovaném opatření se TRV s hlavicemi osadí na všechna otopná tělesa. Budou poté udržovat požadovanou optimální teplotu v místnosti. TRV jsou schopny reagovat na tepelné zisky. Pracují tak, že při působení tepelných zisků (vnějších nebo vnitřních) na termoregulační hlavici reaguje uzavíráním ventilu za pomoci teplotního čidla. Tím se sníží průtok otopným tělesem, tedy dodávka tepla a dojde k úspoře tepla na vytápění. TRV regulují teplotu lokálně, pokud chceme teplo spotřebovávat hospodárněji, je nutné celkové nastavení a vyregulování soustavy pomocí centrální regulace v kotelně.

Bude nutné pořídit 45 ks termoregulačních ventilů s hlavicemi, pořizovací cena ventilu se pohybuje kolem 300,- Kč, za montáž ventilů uvažuji cenu 4 050,- Kč. Celková cena za toto opatření bude 17 550,- Kč. Dojde k úspoře tepla na vytápění 97,96 GJ/rok.

**Tabulka 2.2524** Opatření č. 1 – pořízení TRV

Opatření č. 1	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Po zateplení	191,67	53,24	-	-	-	-
Realizace opatření	125,42	34,84	66,25	18,4	22 084	17 550

Toto opatření je vyhodnoceno po zateplení budovy. Díky pořízení TRV se dá uspořit výrazné množství tepelné energie za minimum nákladů. V grafu je zobrazen poměr spotřeby energie na vytápění před a po opatření.



**Graf 2.30** Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření

## 2.2.5.2 Vysokonákladová opatření

### *Opatření č. 2 - výměna osvětlení*

V současnosti jsou k osvětlení objektu užívány klasické žárovky a lineární zářivky. V následujících tabulkách je spočítán příkon osvětlení pro jednotlivé zóny a upraven, aby přibližně odpovídal běžnému provozu zóny.

Klasické žárovky mají velmi malou účinnost osvětlení a poměrně malou životnost. Je vhodné je nahradit úspornými kompaktními zářivkami, které je možné instalovat i do patič klasických žárovek. Jejich pořizovací cena je sice vyšší, ale životnost 6 – 10 x delší. Alternativou použití je i led osvětlení, s extrémně dlouhou životností a ještě nižší spotřebou než úsporné žárovky, ale s vysokou pořizovací cenou. V případě objektu mateřské školy budou nahrazeny všechny klasické žárovky úspornými kompaktními žárovkami s odpovídající účinností. Například 100 W klasickou žárovku nahradíme úspornou žárovkou v příkonu cca 20 W.

Většina klasických žárovek, které se v objektu nachází, má příkon 100 W. Příkon lineárních zářivek je 38 W na jednu trubici. Zářivky jsou ze dvou trubic, takže celkový příkon jedné zářivky se pohybuje okolo 76 W.

### Zóna 1 – HERNY DĚTÍ

stávající svítidlo	ks	příkon [W]	celkový příkon [W]	náhrada	příkon [W]	celkový příkon [W]
žárovky klasické	28	100	2800	kompaktní žárovka	20	560
zářivky lineární	30	76	2280	zůstává	76	2280
celkem			5080			2840

celkový příkon	5,08 kW	podlahová plocha	392,14 m <sup>2</sup>
hodin provozu	2070 h	měrný příkon	7,2403 kWh/m <sup>2</sup>
současnost užívání	0,6	spotřeba za rok	2839,21 KWh
svícení během dne	0,45	po opatření	1587,28 KWh
součin	0,27		

### Zóna 2 – Administrativa

stávající svítidlo	ks	příkon [W]	celkový příkon [W]	náhrada	příkon [W]	celkový příkon [W]
žárovky klasické	22	100	2200	kompaktní žárovka	20	440
zářivky lineární	0	76	0	zůstává	76	0
celkem			2200			440

příkon	2,2 kW	podlahová plocha	147,26 m <sup>2</sup>
hodin provozu	434 h	měrný příkon	0,6484 kWh/m <sup>2</sup>
současnost užívání	0,2	spotřeba za rok	95,48 KWh
svícení během dne	0,5	po opatření	19,10 KWh
součin	0,1		

### Zóna 3 – Kuchyně s vývařovnou

stávající svítidlo	ks	příkon [W]	celkový příkon [W]	náhrada	příkon [W]	celkový příkon [W]
žárovky klasické	2	100	200	kompaktní žárovka	20	40
zářivky lineární	3	76	228	zůstává	76	228
celkem			428			268

příkon	0,428 kW	podlahová plocha	44,59 m <sup>2</sup>
hodin provozu	1736 h	měrný příkon	7,3318 kWh/m <sup>2</sup>
svícení během dne	0,8	spotřeba za rok	326,92 KWh
současnost užívání	0,55	po opatření	204,71 KWh
součin	0,44		

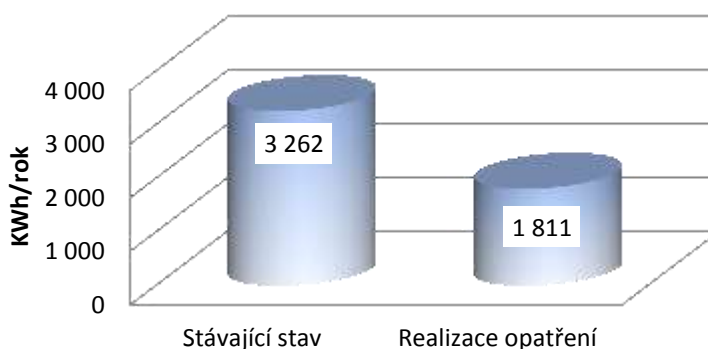
Celková současná potřeba elektrické energie pro všechny zóny je **3 262 KWh**. Po provedení opatření je možné ji snížit na hodnotu **1 811 KWh**.

Bude nutné pořídit 52 ks úsporných kompaktních žárovek, které nahradí staré klasické žárovky. Pořizovací cena kompaktní žárovky se pohybuje kolem 180,- Kč, cena za kompletní montáž žárovek je odhadována na 2 600,- Kč. Celková cena za toto opatření bude 11 960,- Kč. Dojde k úspoře elektrické energie na osvětlení cca 1 729 kWh/rok.

**Tabulka 2.25** Opatření č. 2 – Výměna osvětlení

Opatření č. 2	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [kWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [kWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	11,74	3 262	-	-	-	-
Realizace opatření	6,52	1 811	5,22	1 451	1 633	11 960

**Úspora energie po opatření č. 2**



**Graf 2.28** Srovnání spotřeby elektrické energie na osvětlení před a po opatření

Největší úspory energie mohou dosáhnout, pokud se zaměříme na zmenšení tepelných ztrát objektu. Jelikož obalové konstrukce objektu nesplňují požadavky normy ČSN 73 0540 – 2: 2011, provedeme na místech, kde je to technicky možné zateplení budovy a výměnu starých otvorových výplní.

### ***Opatření č. 3 - výměna otvorových výplní***

U stávajícího objektu mateřské školy je většina otvorových výplní tvořena zdvojenými okny ve dřevěném rámu. Tato okna zabírají velkou plochu z celkové obálky konstrukce a dochází u nich k výrazným tepelným ztrátám. Proto jejich výměnou mohou dojít k výraznému zmenšení tepelných ztrát a to nejen prostupem, ale i infilrací.

Otvorové výplně hodnotíme pomocí hodnoty součinitele prostupu tepla. Následující tabulka uvádí přehled stávajících otvorových konstrukcí a doporučené normové požadavky na tyto konstrukce. Dále uvádí hodnoty součinitelů prostupu tepla nových otvorových výplní.

**Tabulka 2.267** Součinitelé prostupu tepla otvorových výplní

Konstrukce	Stávající konstrukce U [W/m <sup>2</sup> K]	Doporučené hodnoty U <sub>rec,20</sub>	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy U <sub>pas,20</sub>	Měněné konstrukce U [W/m <sup>2</sup> K]
Okna zdvojená	2,4	1,2	0,6 - 0,8	0,8
Luxfery	3,4	1,2	0,6 - 0,8	0,8
Dveře k nevyt. prostoru	2,0	bez požadavku	bez požadavku	2
Dveře kovové s jedním sklem	5,7	1,2	0,9	0,8
Dveře dřev. s jedním sklem	4,0	1,2	0,9	0,8
Dveře balkonové	2,4	1,2	0,9	0,8

Stávající výplně nesplňují požadovanou U<sub>req,20</sub>, tedy ani doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla U<sub>rec,20</sub> dle ČSN 73 0540 – 2. Nové výplně budou splňovat doporučené hodnoty pro pasivní budovy U<sub>pas,20</sub>. Počítáme s osazením nových plastových oken a dveří s izolačním troj-sklem o celkové hodnotě součinitele prostupu tepla U = 0,8 W/m<sup>2</sup>K.

Celková současná potřeba tepelné energie pro všechny zóny je **140,46 MWh**. Po provedení opatření výměny otvorových výplní je možné ji snížit na hodnotu **122,09 MWh**.

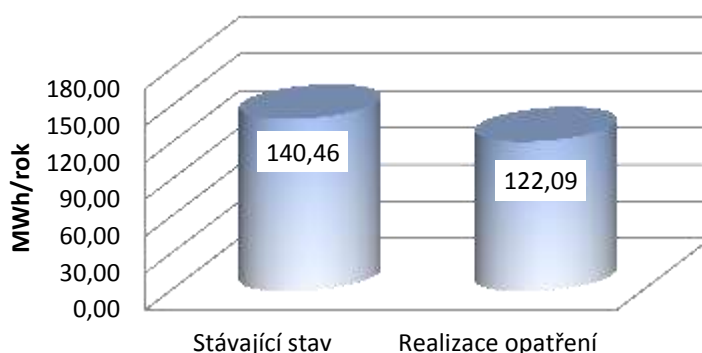
Do nákladů za toto opatření je nutno započítat cenu za okna samotná, demontáž původních oken a parapetů, montáž nových oken a osazení parapetů. Jedná se o rozměrné otvorové výplně.

**Tabulka 2.2827** Opatření č. 3 – výměna otvorových výplní

Opatření č. 3	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	505,66	140,46	-	-	-	-
Realizace opatření	439,51	122,09	66,15	18,38	22 050	597 600

Výměnu původních netěsných oken za nová těsná je vhodné doplnit opatřením, zajišťujícím trvalou výměnu vzduchu v objektu. Dostatečnou výměnou vzduchu se předejde vzniku plísní a nadměrné koncentraci škodlivin v interiéru. Jedním z nejefektivnějších způsobů větrání je tzv. řízené větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperací), které nejen zaručí kvalitní vnitřní prostředí, ale i významné úspory tepla. Toto opatření bude rozebráno v dalším textu.

### Úspora energie po opatření č. 3



**Graf 2.29** Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření

### Opatření č. 4 - zateplení obvodového zdiva

Stávající obvodové stěny nejsou zatepleny, jsou tvořeny plynobetonovými panely. Jako povrchová úprava je užitá břizolitová omítka. Součinitel prostupu tepla stávajících obvodových stěn je  $U = 1,160 \text{ W/m}^2\text{K}$ , nespĺňuje tedy normový požadavek  $U_{N,20}$ .

**Tabulka 2.28** Součinitel prostupu tepla obvodové stěny

Konstrukce	$U$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
Stěna obvodová	1,16	0,30	0,25 - těžká	0,18 - 0,12

Pokud bychom chtěli splnit dané hodnoty součinitelů prostupu tepla, bylo by třeba navrhnout tloušťky izolace dle následující tabulky:

**Tabulka 2.290** Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy

Konstrukce	Současná hodnota $U$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]
Stávající stěna obvodová	1,16	0,30	0,25 - těžká	0,18 - 0,12
Po zaizolování	1,16	0,29 (0,041)	0,24 (0,036)	0,18 (0,036)
Tloušťka izolace [mm]	0	120	140	200

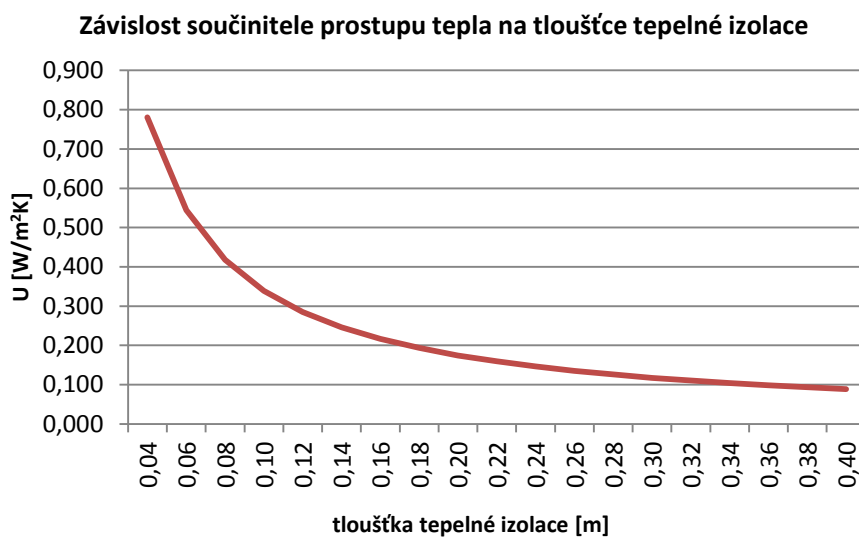
Hodnoty uvedené v závorkách jsou deklarované hodnoty součinitelů tepelné vodivosti  $\lambda_D$ .

Deklarované hodnoty jsou zjištěny při laboratorních podmínkách, do výpočtu uvažují jejich reálnou výpočtovou hodnotu přenásobením deklarovaného součinitele  $\lambda_D$  hodnotou 1,15.

**Tabulka 2.301** Deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti izolace a jejich přepoččet na výpočtovou hodnotu

součinitel tepelné vodivosti [W/mK]	
deklarovaná hodnota	hodnota výpočtová
0,036	0,0414
0,041	0,0472

V následujícím grafu pro zajímavost uvádím závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce tepelné izolace u svislé stěny.



**Graf 2.303** Závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce TI

Z grafu vyplívá, že závislost je nelineární a zvyšování tloušťky tepelné izolace je smysluplné jen do určité míry. Větší tloušťky jsou již neefektivní z hlediska větších investičních nákladů, které nepřináší už tak výrazné zlepšení součinitele prostupu tepla konstrukce. Navíc u větších tloušťkách tepelné izolace rostou náklady na kotvení.

Bude navrženo zateplení tloušťky 200 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_D = 0,036$  W/mK. K zateplení může být použit polystyren i minerální vlna. Hodnota výsledného součinitele prostupu tepla bude splňovat normou doporučenou hodnotu pro pasivní budovy  $U_{pas,20} = 0,18$  W/m<sup>2</sup>K (navrženo 0,176 W/m<sup>2</sup>K). Zateplení bude provedeno z vnější strany konstrukce. Při zateplení je nutné dbát na detaily, zejména při osazování otvorových výplní. Důležité je jejich správné umístění, aby nedocházelo k tepelným mostům. Pokud je izolace kotvena pomocí talířových hmoždinek, je třeba, aby byly zapaštěny a následně překryty zátkou z tepelné izolace. V případě zateplení soklů uvažujeme použití nenasákové tepelné izolace. Zateplení stěn je vhodné provádět současně s výměnou otvorových výplní. Dodatečně musí být zatepleny i všechny vyčnívající konstrukce, balkony a lodžie, které by byly původci tepelných mostů. Konstrukci, kterou nelze dokonale zateplit a zamezit vzniku tepelných mostů je železobetonové schodiště na jižní straně objektu, proto by bylo vhodné tuto konstrukci nahradit za samonosnou konstrukci kotvenou k fasádě pouze bodově.



**Tabulka 2.312** Opatření č. 4 – zateplení obvodových stěn a na ně navazujících konstrukcí

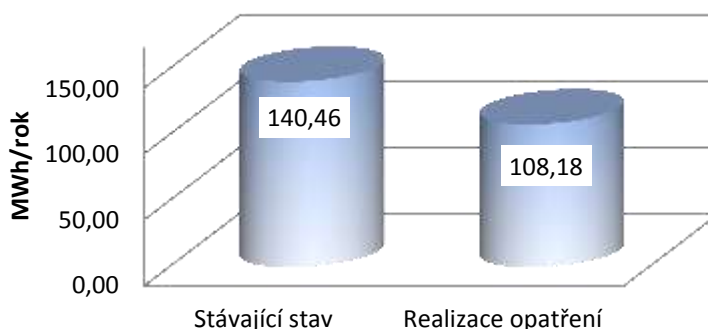
Opatření č. 4	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	505,66	140,46	-	-	-	-
Realizace opatření	389,44	108,18	116,22	32,28	38 738	786 560

Celková spotřeba tepelné energie je pro stávající stav **140,46 MWh**. Po provedení opatření zateplení obvodových stěn je možné ji snížit na hodnotu **108,18 MWh**.

Zateplení bude provedeno na stávající konstrukci, její povrch je soudržný a rovný. Do nákladů za toto opatření je nutno započítat cenu za materiál, práci, dovoz lešení.

V následujícím grafu je graficky zobrazena možná úspora po provedení zateplení obvodových konstrukcí.

**Úspora energie po opatření č. 4**



**Graf 2.34** Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření

### ***Opatření č. 5 - zateplení ploché střechy***

Stávající střešní konstrukce je dvouplášťová s hodnotou součinitele prostupu tepla  $U = 0,725 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tato hodnota přibližně odpovídá normovým požadavkům na plochou střechu z doby, kdy byla budova postavena, nespĺňuje ale současný požadavek na součinitel prostupu tepla z normy. Proto konstrukci střechy zateplíme. Před provedením jejího zateplení uvažuji s odstraněním stávajících vrstev střechy až na nosnou železobetonovou konstrukci. Při zateplování je opět třeba dbát na správné provedení detailů, zejména u atiky. Vhodné je použití atikových klínů, kvůli mírnějšímu přechodu hydroizolace ze svislého do vodorovného směru. U vpustí je důležité dodržení minimální tloušťky tepelné izolace a v celé ploše střechy kvalitní provedení hydroizolace.

Bude provedena tepelná izolace z polystyrenu nebo minerální vlny s minimální tloušťkou 280 mm. Vyspádování střechy bude provedeno pomocí tepelněizolačních klínů. Desky budou uloženy ve dvou vrstvách se vzájemným odsazením spár. Desky v horní vrstvě budou se zvýšeným požadavkem na pevnost. Bude použit tepelný izolant s deklarovaným součinitelem prostupu tepla  $\lambda_D = 0,037 \text{ W/mK}$ .

Při tloušťce TI 280 mm bude konstrukce splňovat normou doporučenou hodnotu pro pasivní budovy  $U_{pas,20} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  (navrženo  $0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

**Tabulka 2.323** Deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti izolace a jejich přepočít na výpočtovou hodnotu

součinitel tepelné vodivosti [W/mK]	
deklarovaná hodnota	hodnota výpočtová
0,037	0,0426

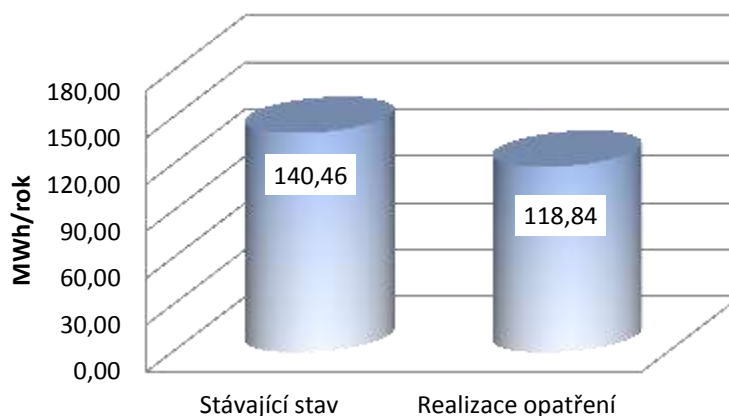
**Tabulka 2.334** Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy

Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]	Současná hodnota U[W/m <sup>2</sup> K]	Požadované hodnoty $U_{N,20}$ [W/m <sup>2</sup> K]	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$ [W/m <sup>2</sup> K]	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$ [W/m <sup>2</sup> K]
Stávající střecha plochá	0,73	0,24	0,16	0,15 - 0,10
Po zaizolování	0,73	0,22 (0,037)	0,156 (0,037)	0,145 (0,037)
Tloušťka izolace [mm]	0	180	250	280

**Tabulka 2.34** Opatření č. 5 – zateplení ploché střechy

Opatření č. 5	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	505,66	140,46	-	-	-	-
Realizace opatření	427,82	118,84	77,8428	21,62	25 948	791 940

**Úspora energie po opatření č. 5**



**Graf 2.315** Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření

### Opatření č. 6 - zateplení stěny k nevytápěnému prostoru

Stávající stěna k nevytápěnému prostoru není zateplena, stěna je postavena z cihel plných, součinitel prostupu tepla této stěny je  $U = 1,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ , nespĺňuje tedy normový požadavek  $U_{N,20} = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Pokud bychom chtěli splnit dané hodnoty součinitelů prostupu tepla, bylo by třeba navrhnout tloušťky izolace dle následující tabulky:

**Tabulka 2.36** Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy

Součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> K]	Současná hodnota U[W/m <sup>2</sup> K]	Požadované hodnoty U <sub>N,20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Doporučené hodnoty U <sub>rec,20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	Doporučená hodnota pro pasivní budovy U <sub>pas,20</sub> [W/m <sup>2</sup> K]
Stávající stěna	1,48	0,60	0,40	0,30 - 0,20
Po zaizolování	1,48	0,53 (0,036)	0,38 (0,036)	0,28 (0,036)
Tloušťka izolace [mm]	0	50	80	120

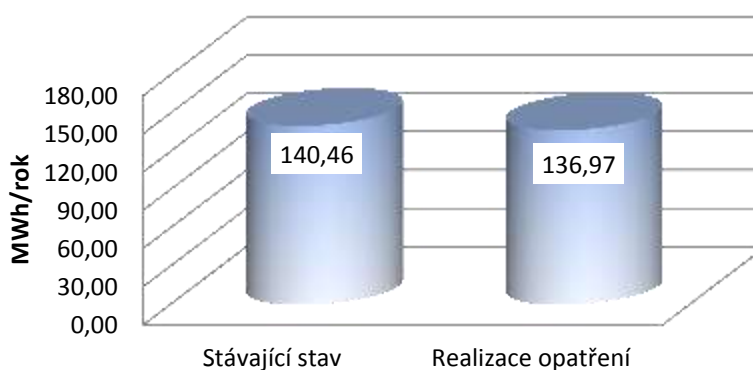
Bude navrženo zateplení tloušťky 120 mm, se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_D = 0,036 \text{ W/mK}$ . Hodnota výsledného součinitele prostupu tepla bude splňovat normou doporučenou hodnotu pro pasivní budovy  $U_{pas,20} = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (navrženo  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Zateplení bude provedeno ze strany nevytápěného prostoru.

**Tabulka 2.35** Opatření č. 6 – zateplení stěny k nevytápěnému prostoru

Opatření č. 4	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	505,66	140,46	-	-	-	-
Realizace opatření	493,09	136,97	12,57	3,49	4 189	41 850

Celková spotřeba tepelné energie je pro stávající stav **140,46 MWh**. Po provedení opatření zateplení stěny k nevytápěnému prostoru je možné ji snížit na hodnotu **136,97 MWh**. Zateplení bude provedeno na stávající konstrukci, její povrch je soudržný a rovný.

#### Úspora energie po opatření č. 6



**Graf 2.32** Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření

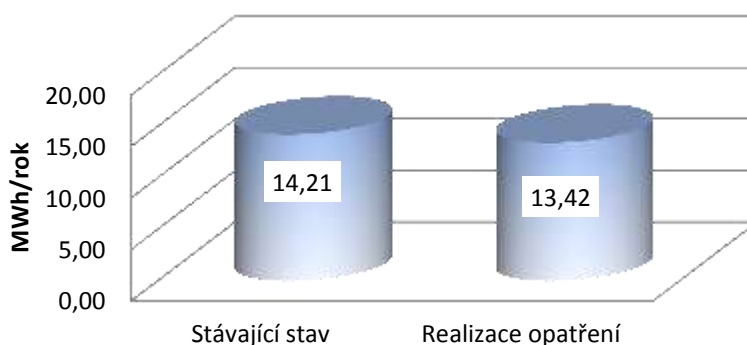
## Opatření č. 7 – výměna kohoutkových baterií

V objektu jsou téměř všude jako výtokové armatury použity kohoutkové baterie. Díky nim dochází ke zbytečnému plýtvání teplé i studené vody, kvůli pomalé regulaci na optimální teplotu. Navrhují výměnu těchto baterií za pákové baterie nebo termostatické s možností nastavení teploty teplé vody a bezpečnostní pojistkou. Díky tomu by nemohlo dojít k opaření horkou vodou. Pákové baterie se nachází pouze v zóně Kuchyně s vývařovnou. V administrativní části a hernách jsou baterie kohoutkové. Bude nutné pořídit 19 ks pákových baterií, pořizovací cena baterie se pohybuje kolem 650,- Kč, za jejich montáž uvažují cenu 3 700,- Kč. Celková cena za toto opatření bude 16 050,- Kč. Dojde k úspoře energie na ohřev TV GJ/rok.

Tabulka 2.368 Opatření č. 7 – Výměna kohoutkových baterií za pákové baterie

Opatření č. 7	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Stávající stav	51,138	14,21	-	-	-	-
Realizace opatření	48,31	13,42	2,826	0,79	942	16 050

### Úspora energie na ohřev TUV po opatření č. 7



Graf 2.337 Srovnání spotřeby energie na přípravu TV

Celková úspora za přípravu teplé vody není tak výrazná. Pořízením pákových baterií sice ušetříme poměrně velké množství vody, uvažují asi čtvrtinu z celkové původní spotřeby, ale rozvody vody jsou velmi dlouhé, vedou přes celý objekt a při její cirkulaci dochází k velkým tepelným ztrátám potrubí, proto se úspora výrazně neprojeví. Ideální by bylo umístit zdroj přípravy teplé vody blíže k místu spotřeby.

Další opatření souvisí spíše s úsporou vody, než s úsporou energie, ale jsou neméně důležité. Vodu můžeme ušetřit také při splachování. Na všech záchodech jsou osazeny horní splachovací nádržky, které spotřebují na jedno spláchnutí 10 – 15 litrů vody. Je vhodné je vyměnit za jiný splachovací systém, který uvolní při spláchnutí méně vody, popřípadě nastavitelné množství

vody na splachování (většinou 2 litry menším tlačítkem a 9 litrů větším tlačítkem). Při jejich správném používání dojde k velké úspoře vody.

### ***Opatření č. 8 - nucené větrání se ZZT pro zajištění kvality vnitřního prostředí budovy***

Důležitým parametrem objektů s nízkou spotřebou energie je neprůvzdušnost, souvisí s tepelnými ztrátami budovy. Hodnota neprůvzdušnosti je udávána koeficientem  $n_{50}$  a vyjadřuje výměnu vzduchu. Výměna vzduchu probíhá neustále, protože se vyrovnávají tlaky mezi vnějším a vnitřním prostředím. Problém nastává, pokud se do konstrukce dostane vlhkost, která může zkondenzovat nebo zmrznout a konstrukci poškodit. Neprůvzdušnost se zajišťuje vzduchotěsnou rovinou a prokazuje se měřením, tzv. Blowerdoor testem, kdy se v domě vytvoří podtlak a přetlak 50 Pa a sadou čidel se zjišťuje pokles této hodnoty. Pokud chceme zjistit, kudy vzduch uniká, nejefektivnějším způsobem je kouřová zkouška. Povolena hodnota vzduchové průvzdušnosti pro nové budovy s téměř nulovou spotřebou energie je  $n_{50}$  je 0,6/h. Vyjadřuje, že pro budovy, ve kterých je navržena vzduchotechnika se zpětným získáváním tepla, se nesmí za hodinu vyměnit více než 60 % celkového objemu vzduchu v budově. Hodnoty vzduchotěsnosti musí být splněny i pro rekonstrukce objektů například při žádosti na dotace bývá limitní výměna  $n_{50}$  2,5/h. Tuto hodnotu bývá v praxi obtížné splnit, i při pořízení a správném zatěsnění oken s izolačním trojsklem vzduch často uniká otvory pro infiltraci, problém bývá se zatěsněním komína, vzduch proniká spárami po podřezání objektu.

Pokud zajistíme, aby nedocházelo k výměně vzduchu, musíme zajistit jiné způsoby výměny vzduchu v objektu. Jinak se v budově hromadí vlhkost a rychle stoupá koncentrace  $\text{CO}_2$ . Ideálním řešením je nucené větrání se zpětným získáváním tepla. Výhodou oproti běžnému větrání je, že dochází k předání tepla mezi odcházejícím a přivodním vzduchem. Tuto výměnu zajišťují výměníky tepla, dají se rozdělit na regenerační (deskový výměník) a rekuperační, kdy je teplo předáváno pomocí akumulační hmoty (rotační výměník). Chceme výměníky s co nejvyšší účinností. Aby nedocházelo k jejímu snižování, je třeba pravidelně kontrolovat, případně vyměňovat filtry. Navíc zanesené filtry způsobují i větší tlakovou ztrátu a tím vyšší spotřebu energie ventilátorů. Důležité je zajistit uzavření všech konců potrubí již při montáži, kdy může docházet k velké prašnosti.

Pro objekt mateřské školy bude navržen systém nuceného větrání se ZZT. Větrání místnosti herny a administrativní části bude zajištěno pomocí deskového výměníku. Deskové výměníky se zdokonalují, změnilo tvar na šestiúhelníkové, díky tvaru kanálků umožňujícímu turbulentní proudění s velmi vysokou účinností předávání tepla. V kuchyni bude ponechán stávající ventilátor, větrání kuchyně je podtlakové. Čistý vzduch je nasáván do kuchyně z administrativní části a je tak zabráněno šíření zápachu z kuchyně do budovy.

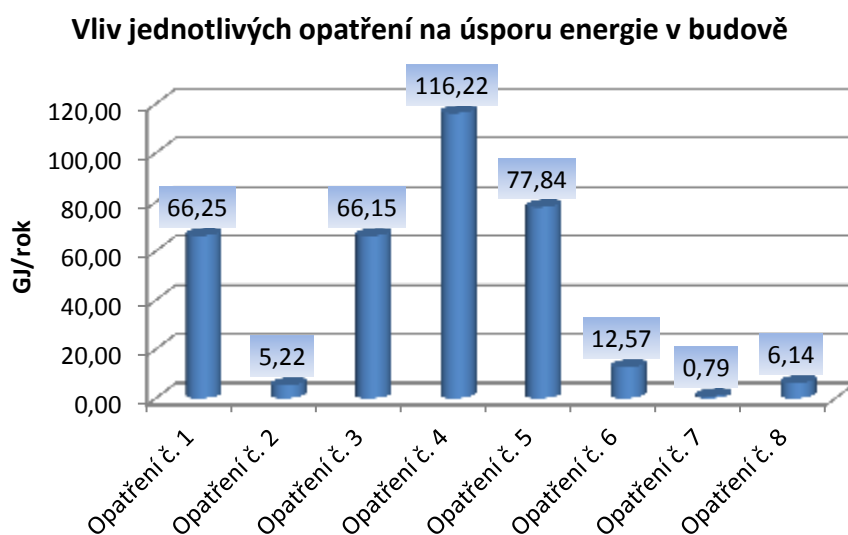
K posouzení tohoto opatření byl použit stav objektu po provedení varianty č. 1., tedy po zateplení objektu.

**Tabulka 2.37** Opatření č. 8 – Nucené větrání se ZZT

Opatření č. 8	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
<b>Spotřeba plynu na vytápění</b>						
Po provedení varianty č. 1	125,424	34,84	-	-	-	-
Realizace opatření	118,548	32,93	6,876	1,91	2 292	-
<b>Spotřeba elektřiny na provoz nuceného větrání</b>						
Po provedení varianty č. 1	0,547	0,152	-	-	zdražení	-
Realizace opatření	1,285	0,357	-0,738	-0,21	-133	-
<b>Součet</b>					<b>2 159</b>	<b>750 000</b>

Celková investice do provedení tohoto opatření je uvažována částkou 750 000,- Kč. Návratnost tohoto opatření je delší než doba životnosti této budovy. Provedení opatření je však nezbytné pro zajištění zdravého vnitřního prostředí budovy u budov s téměř nulovou spotřebou energie a přitom plnění její správné funkce dodržením nízké spotřeby energie na vytápění. Roční úspora po provedení opatření je odhadována na 2 159,- Kč.

Nyní uvádím graf srovnání možných opatření z hlediska ušetřené energie. Následuje tabulka srovnání vložených investic do opatření v porovnání s roční úsporou nákladů a přibližnou dobou návratnosti.



**Graf 2.38** Vliv jednotlivých opatření na úsporu energie v budově

Nejvýraznější vliv na úsporu energie má opatření č. 4 – zateplení obvodových stěn, nejmenší vliv má opatření č. 7 – výměna kohoutkových baterií za pákové.

**Tabulka 2.38** Přehled jednotlivých opatření s přibližnou dobou návratnosti, jejich ekonomické zhodnocení

Přehled opatření		Úspora energie [GJ/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]	Návratnost [rok]
Op. č. 1	Pořízení TRV s hlavicemi	66,25	22 084	17 550	0,8
Op. č. 2	Výměna osvětlení	5,22	1 633	11 960	7,3
Op. č. 3	Výměna oken	66,15	22 050	597 600	27,1
Op. č. 4	Zateplení obvodových stěn	116,22	38 738	786 560	20,3
Op. č. 5	Zateplení ploché střechy	77,84	25 948	791 940	30,5
Op. č. 6	Stěna k nevytápěnému prostoru	12,57	4 189	41 859	10,0
Op. č. 7	Výměna kohoutkových baterií	0,79	942	16 050	17,0
Op. č. 8	Systém nuceného větrání se ZZT	6,14	2 159	750 000	347

### 2.2.5.3 Návrhy kombinací různých opatření

Byly navrženy dvě varianty opatření ke snížení energetické náročnosti objektu. Později budou navrženy ještě další dvě varianty využívající obnovitelné zdroje energie.

**Tabulka 2.391** Přehled použití jednotlivých opatření v navrhovaných variantách

Přehled opatření	Opatř. 1	Opatř. 2	Opatř. 3	Opatř. 4	Opatř. 5	Opatř. 6	Opatř. 7	Opatř. 8
	TRV s hlavicemi	Osvětlení	Otvorové výplně	Obvodové zdivo	Střecha plochá	Stěna k nevyt. p.	Výtokové armatury	Nucené větrání se ZZT
Var. č. 1	ANO	NE	ANO	ANO	ANO	ANO	NE	NE
Var. č. 2	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO

#### **Varianta č. 1 – zateplení objektu a osazení TRV s hlavicemi**

Předpokladem energeticky úsporné budovy je kvalitní obálka budovy. V případě objektu mateřské školy se nejvíce energie dá ušetřit zateplením objektu. Kvalitním provedením zateplení dojde ke zlepšení vlivu tepelných vazeb z hodnoty 0,1 na 0,05 W/m<sup>2</sup>K. Následně budou v budově osazeny termoregulační ventily s hlavicemi.

**Tabulka 2.40** Energetické zhodnocení - varianta č. 1

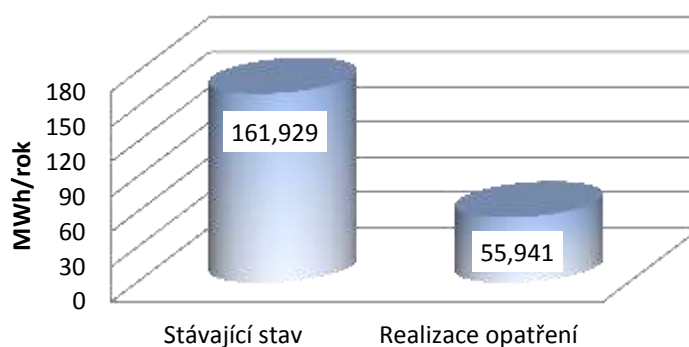
Varianta č. 1	před a po provedení		před a po provedení	
	elektřina [MWh]	elektřina [MWh]	zemní plyn [MWh]	zemní plyn [MWh]
Vytápění	-	-	140,461	34,840
Teplá voda	1,876	1,876	14,205	14,205
Osvětlení	3,258	3,258	-	-
Pomocné energie	1,977	1,610	-	-
Nucené větrání	0,152	0,152	-	-
<b>celkem</b>	<b>7,263</b>	<b>6,896</b>	<b>154,666</b>	<b>49,045</b>

**Tabulka 2.41** Ekonomické zhodnocení - varianta č. 1

Přehled opatření varianty č. 1		Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]	Návratnost [rok]
Op. č. 1	Pořízení TRV s hlavicemi	66,25	18,40	22 084	17 550	0,8
Op. č. 3	Výměna oken	66,15	18,38	22 050	597 600	27,1
Op. č. 4	Zateplení obvodových stěn	116,22	32,28	38 738	786 560	20,3
Op. č. 5	Zateplení střechy ploché	77,84	21,62	25 948	791 940	30,5
Op. č. 6	Zateplení stěna k nevyt. pr.	12,57	3,49	4 189	41 859	10,0
Zmenšení vlivu tep. vazeb (0,05 w/m <sup>2</sup> k)		42,53	11,81	14 177	-	-
<b>Celkem</b>		<b>381,56</b>	<b>105,99</b>	<b>127 186</b>	<b>2 235 509</b>	<b>17,6</b>

Celková investice do navrhované varianty č. 1 je 2 235 509,- Kč. Roční úspora nákladů se předpokládá cca 127 186,- Kč. Návratnost je odhadována na 17,6 let.

**Úspora energie po provedení varianty č. 1**



**Graf 2.349** Grafické zhodnocení celkové úspory za energii po provedení varianty č. 1

### **Varianta č. 2 – výměna kohoutkových baterií a výměna osvětlení, ZZT**

Do další varianty bude navíc uvažována výměna osvětlení a kohoutkových baterií za pákové a instalace systému ZZT.

**Tabulka 2.424** Energetické zhodnocení - varianta č. 2

Varianta č. 2	před a po provedení		před a po provedení	
	elektřina [MWh]	elektřina [MWh]	zemní plyn [MWh]	zemní plyn [MWh]
Vytápění	-	-	140,461	32,930
Teplá voda	1,876	1,876	14,205	13,420
Osvětlení	3,258	1,811	-	-
Pomocné energie	1,977	1,610	-	-
Nucené větrání	0,152	0,357	-	-
<b>celkem</b>	<b>7,263</b>	<b>5,654</b>	<b>154,666</b>	<b>46,350</b>

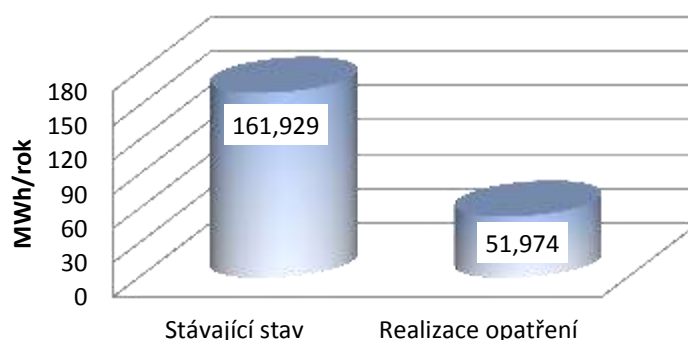


**Tabulka 2.443** Ekonomické zhodnocení - varianta č. 2

Přehled opatření varianty č. 2		Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]	Návratnost [rok]
Op. č. 1	TRV	66,24	18,40	22 084	17 550	0,8
Op. č. 2	Osvětlení	5,22	1,45	1 633	11 960	7,3
Op. č. 3	Výměna oken	66,17	18,38	22 050	597 600	27,1
Op. č. 4	Obvod. stěny	116,21	32,28	38 738	786 560	20,3
Op. č. 5	Střecha plochá	77,83	21,62	25 948	791 940	30,5
Op. č. 6	Stěna k nevytáp. pr.	12,56	3,49	4 189	41 859	10,0
Op. č. 7	Pákové baterie	2,82	0,79	942	16 050	17,0
Op. č. 8	ZZT	6,14	1,70	2 159	750 000	347
Zmenšení vlivu tep. vazeb (0,05 W/m <sup>2</sup> K)		42,53	11,81	14 177	-	-
<b>Celkem</b>		<b>395,72</b>	<b>109,93</b>	<b>131 920</b>	<b>3 013 519</b>	<b>22,8</b>

Celková investice do navrhované varianty č. 2 je 3 013 519,- Kč. Roční úspora nákladů se předpokládá cca 131 920,- Kč. Návratnost je odhadována na 22,8 let.

**Úspora energie po provedení varianty č. 2**



**Graf 2.40** Grafické zhodnocení celkové úspory za energii po provedení varianty č. 2

Varianty budou vzájemně porovnány a zhodnoceny v kapitole 2.2.8 Hodnocení variant řešení se zaměřením na dosažení tzv. budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

### ***Další možná opatření ke snížení energetické náročnosti***

Po provedení zateplení objektu a tím snížením potřebné energie zejména na vytápění po provedení varianty č. 1 z hodnoty 140,461 MWh na hodnotu 34,84 MWh za rok můžeme navrhnout další opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti budovy.

## Přesun technické místnosti

V technické místnosti jsou nově od konce roku 2014 umístěny dva kondenzační kotle. Tyto kotle slouží k vytápění a ohřevu TV, byly dimenzovány na původní nezateplený stav, takže je jejich výkon po zateplení zbytečně velký. Do budoucna se připravuje přístavba víceúčelového sálu namísto nevytápěné části budovy, takže kotle mohou být později účelněji využity i na vytápění tohoto sálu. Rozvody vody pro ÚT i TV ze stávající kotelny do hlavní provozní části budovy jsou příliš dlouhé, trubky s velkým průměrem, v soustavě cirkuluje velké množství vody, kterou je nutné ohřívat, dochází ke značným tepelným ztrátám rozvody, soustava není příliš pružná na regulaci, kvůli velkému množství vody, má velké nároky na příkon cirkulačních čerpadel.

Proto další alternativou ke zvážení, která by do budoucna přinesla významné energetické úspory, je přesun technické místnosti a kompletní výměna otopné soustavy i otopných těles.

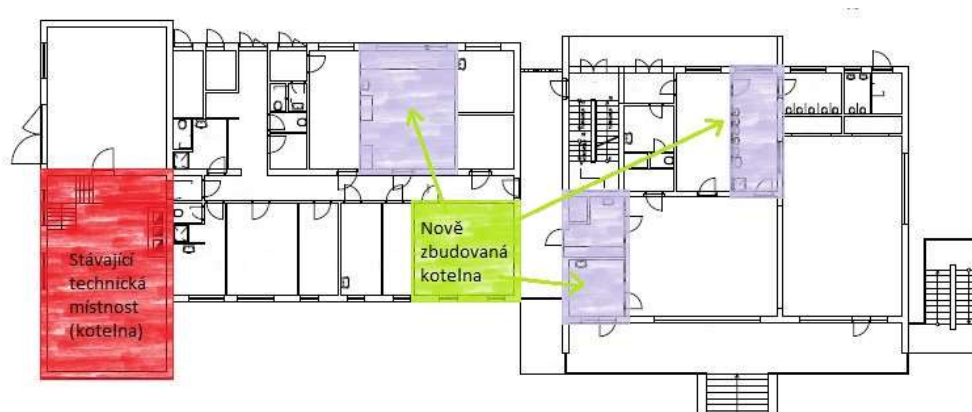
### Výhody

- menší průměry rozvodů trubek, méně vody pro ohřev
- výrazně kratší délky rozvodů, nebude se ztrácet tolik tepla při cirkulaci
- kvalitnější termoregulace, pružnější reakce systému na změnu
- dokonalejší zateplení rozvodů
- výrazná úspora ohřevu teplé vody, díky kratším rozvodům
- kratší délky pro cirkulaci, čerpadla nepotřebují tak vysoký příkon

### Nevýhody

- vysoká cena za výměnu celé soustavy
- nutné bourací práce

Následující schéma zobrazuje červenou barvou umístění stávající kotelny, zelenou barvou je vyznačeno plánované umístění kotelny, blíže k hlavním místům odběru vody. Nad vzdálenější umyvadlo v administrativní části bude osazen elektrický průtokový ohříváč. Nyní se v prostorách, kam je plánován přesun technické místnosti nachází sklad hraček a starého nábytku.



Obrázek 2.41 Schéma přesunu technické místnosti

Hodnocení úspory energie je provedeno pro stav po zateplení objektu s osazenými TRV s hlavicemi (variantu č. 1). Přesunem kotelny dojde ke zkrácení rozvodů teplé vody, navíc budou lépe tepelně izolovány. Dojde také ke zlepšení regulovatelnosti otopné soustavy, takže i k úsporám za vytápění. V následující tabulce jsou vypočteny možné úspory při přípravě teplé vody.

**Tabulka 2.44** Opatření č. 9 – přesun technické místnosti, úspora energie za přípravu TV

Opatření č. 9	Spotřeba en. plyn [MWh/rok]	Spotřeba elektr. en. [MWh/rok]	Úspora en. plyn [MWh/rok]	Úspora elektr. en. [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [mil.]
Po variantě č. 1	14,21	1,9	-	-	-	-
Realizace opatření	8,50	0,21	5,71	1,69	8 752	cca 1

Návratnost po realizaci tohoto opatření i při využití stávajících nových kondenzačních kotlů a akumulární nádoby pro přípravu TV je delší, než je předpokládaná doba životnosti zařízení. Toto opatření bude ale nutné bez ohledu na dobu návratnosti v průběhu několika let provést, protože rozvody jsou již staré a může docházet k poruchám.

## 2.2.6 Analýza užití energie z obnovitelných zdrojů (OZE)

Nejvíce energie v České republice získáváme spalováním (uhlí, zemní plyn) a atomovou energií štěpením uranu. Nevýhodou první varianty je produkce velkého množství produkce CO<sub>2</sub>, následný skleníkový efekt a devastace krajiny. Nevýhodou výroby atomové energie jsou velké náklady na výrobu, nutné zabezpečení likvidace paliva a problémy s bezpečností, rizikem teroristických útoků. Výhodou mohou být nulové emise CO<sub>2</sub>. Do budoucna bychom se měli zaměřit na zvýšení množství získané energie z OZE. Nejvíce je získávání energie z OZE rozvinuto v Norsku, které OZE využívá z více jak 50 %.

Jedním z hodnotících prvků energetického hodnocení budovy je celková primární energii za rok a neobnovitelná primární energii za rok. Jejich velikost závisí na použitém zdroji pro výrobu energie a příslušných faktorech energetické přeměny. V tabulce uvádím přehled nejčastějších z nich.

**Tabulka 2.47** Faktory celkové primární energie a neobnovitelné primární energie

Faktory	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie
zemní plyn	1,1	1,1
hnědé a černé uhlí	1,1	1,1
elektřina	3,2	3,0
dřevěné peletky	1,2	0,2

Faktory	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie
kusové dřevo a štěpka	1,1	0,1
energie okolního prostředí	1,0	0,0
Elektrina z fotovoltaiky mimo objekt	-3,2	-3,0
CZT využívající z 80 % OZE	1,1	0,1
CZT využívající 50 - 80 % OZE	1,1	0,3
CZT využívající OZE < 50 %	1,1	1,0

Využití energie z OZE je velmi výhodné z hlediska celkového dopadu na životní prostředí, dochází ke snižování emisí CO<sub>2</sub>. Mezi běžně využívané obnovitelné zdroje v České republice řadíme energii větru, vody, slunce a biomasu, z nichž nejvíce používaná je biomasa. Sluneční záření můžeme využít dvěma způsoby. Buď získáváme teplo ze solárních kolektorů, nebo elektřinu z fotovoltaických panelů.

Nyní rozeberu obě tyto varianty a zaměřím se na jejich klady a zápory, budu uvažovat, že tyto systémy chci primárně využít pro ohřev vody. Snažím se posoudit, která varianta je výhodnější.

Nejdůležitějšími parametry jsou závislost výkonu těchto systémů na klimatických podmínkách (teplota a intenzita slunečního záření) během určité doby na daném místě.

## ***Solární panely***

### Výhody

- vyšší účinnosti výroby v létě, vhodné provozy budov zatížené zejména v létě
- možnost ohřevu bazénové vody v létě (nutnost dalších rozvodů)

### Nevýhody

- vysoká cena solárních systémů (od 4 500 do 6 000 Kč/m<sup>2</sup>, v případě vakuových trubkových kolektorů i daleko vyšší)
- nízká účinnost výroby v zimě nebo při zatažené obloze (systém je závislý na rozdílu teploty okolí a teploty kapaliny, při teplotách vzduchu kolem 0 °C nejsou schopny kolektory ohřát teplotou kapaliny na vyšší teplotu)
- velké množství komponentů systému, větší prostorové nároky
- nemožnost použít systém v objektech, kde je místo pro umístění panelů ve velké vzdálenosti od zásobníku, jinak máme velké náklady za instalaci potrubí, izolace, rostou tlakové i tepelné ztráty, nutnost většího oběhového čerpadla, většího množství teplotně kapaliny
- pokud je systém určený pouze k ohřevu teplé vody a voda v akumulčních zásobnících je již nahřátá, cirkulace teplotně kapaliny se zastaví. Teplotně kapalina se však v kolektorech

ru při slunečním svitu vaří a odpařuje, tím dochází k její degradaci. Po určité době ji musíme vyměnit a zvyšují se tím náklady na provoz systému.

Bez simulace můžeme získat pouze velmi přibližný výpočet, proto je třeba pro návrh využít simulační software. V softwaru je navržen optimální počet solárních panelů, jejich velikost a počet akumulčních nádrží.



**Obrázek 2.42** Komponenty systému pro termický ohřev solárními kolektory; zdroj: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/11368-vyhody-fotovoltaickeho-ohrevu-tv-v-zasobnicich-dz-drazice-proti-fototermickemu-ohrevu-tv>

### **Fotovoltaické panely (FV)**

#### Výhody

- možnost získání vyšší dotace oproti solárním panelům
- absence teplonosné kapaliny a jednodušší přenos vyrobené energie do místa užití
- bez oběhového čerpadla (šetříme za elektřinu)
- není třeba řešit problém s přehřátím v létě nebo zamrznutím kolektorů v zimě
- nižší cena za fotovoltaické panely, mohou nahrazovat střešní krytinu
- pokud fotovoltaika slouží pouze k ohřevu vody, odpadá nutnost pořízení měniče napětí (v případě objektu školky měnič napětí může stát cca 100 000,- Kč)
- FV pracuje i při nízké intenzitě slunečního záření, nízkých venkovních teplotách, při vyšší teplotě zásobníku
- všestrannější využití elektřiny oproti teplu
- vyšší účinnost výroby v zimním období a stálá účinnost i v případě zatažené oblohy
- orientace a sklon panelů není z hlediska roční výroby elektřiny tak zásadní
- možnost použít FV systém v objektech, kde je místo pro umístění panelů ve velké vzdálenosti od zásobníku
- menší prostorové nároky systému
- nulové emise při výrobě elektrické energie

## Nevýhody

- nižší účinnost výroby v létě, ale je stálá
- potřeba větší plochy panelů pro dosažení stejného výkonu systému
- potřeba správného návrhu a odborné montáže, při poruše hrozí úraz elektrickým proudem nebo požár
- nutnost ochránit bojler před přehřátím

Pro posouzení je opět nutné použití simulačního softwaru. Nejvýhodnější je spotřebovat vyrobenou elektrickou energii přímo v objektu. V případě, že energie není spotřebována, je dodána do distribuční soustavy nebo může být ukládána (akumulována) pro pozdější použití. Akumulace elektrické energie je velmi výhodná. Energie je dočasně uložena do akumulčních baterií a je možno ji využít například ve večerních hodinách, kdy se elektrický proud nevyrábí. Pokud se plánuje napojení objektu do distribuční sítě, je třeba vyjádření místní distribuční společnosti (ČEZ, EON, PRE). Od 1. ledna 2016 platí, že výrobní pod 10 kWp nepotřebují licenci ERÚ, ani když jsou připojené k distribuční síti, postačí dohoda s distributorem. Provozovatel takové elektrárny již není podnikatelem. Přebytečná elektřina může být dodána do sítě, ale předpokládá se, že je většinou spotřebována v místě spotřeby.

Celý systém se skládá z fotovoltaických panelů, které tvoří cca polovinu celé investice, elektroměru, z nosné konstrukce panelů, jističů, přepětových ochran, řídicí jednotky, dále může být přítomen měnič napětí (ze stejnosměrného na střídavé), atd.



**Obrázek 2.43** Komponenty systému pro ohřev vody fotovoltaickými panely; zdroj: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/11368-vyhody-fotovoltaickeho-ohrevu-tv-v-zasobnicich-dz-drazice-proti-fototerickemu-ohrevu-tv>

Celková plošná hmotnost a životnost jsou v současné době srovnatelné u termických solárních kolektorů i fotovoltaických panelů. Největší výhodou fotovoltaiky je absence teplotně odolné kapaliny a jednodušší přenos energie do místa využití, tedy menší poruchovost a provozní jednoduchost. Navíc má elektřina více možností využití než teplo.

Je výhodné udělat vždy projekty a srovnání obou variant řešení a kompletních nákladů na ohřev teplé vody. Do analýzy je třeba brát v úvahu nejen pořizovací náklady, ale i náklady provozní. U solárních termických panelů je třeba řešit výměnu teplotně odolné kapaliny, přesně je di-

menzovat, v letních měsících bývá problém kam s přebytečným teplem, v zimě téměř nefungují, navíc spotřebovávají energii na provoz tepelného čerpadla. Oproti tomu fotovoltaika při vyhřátí bojleru dodává přebytečnou energii do sítě nebo ji využívá v domě.

Díky programu NZÚ lze získat pro vlastníky RD na fotovoltaický systém určený primárně pro ohřev vody až 35 000,- Kč. Sluneční energie se mění pomocí fotovoltaických článků na stejnosměrný proud, který ohřívá vodu v zásobníku. Fotovoltaický systém musí ještě vybavit systémem pro účinnou optimalizaci pro splnění dotace. Dále mohou získat dotaci na fotovoltaický systém v hodnotě až 100 000,- Kč, který ohřeje vodu a využívá i další energii v domácnosti, kterou je potřeba pomocí měniče na střídavý proud upravit a dále je možné ji využívat ve vnitřní síti domu.

### ***Varianta č. 3 – fotovoltaické panely pro přípravu TV***

Varianta č. 3 navazuje na provedená opatření ve variantě č. 2.

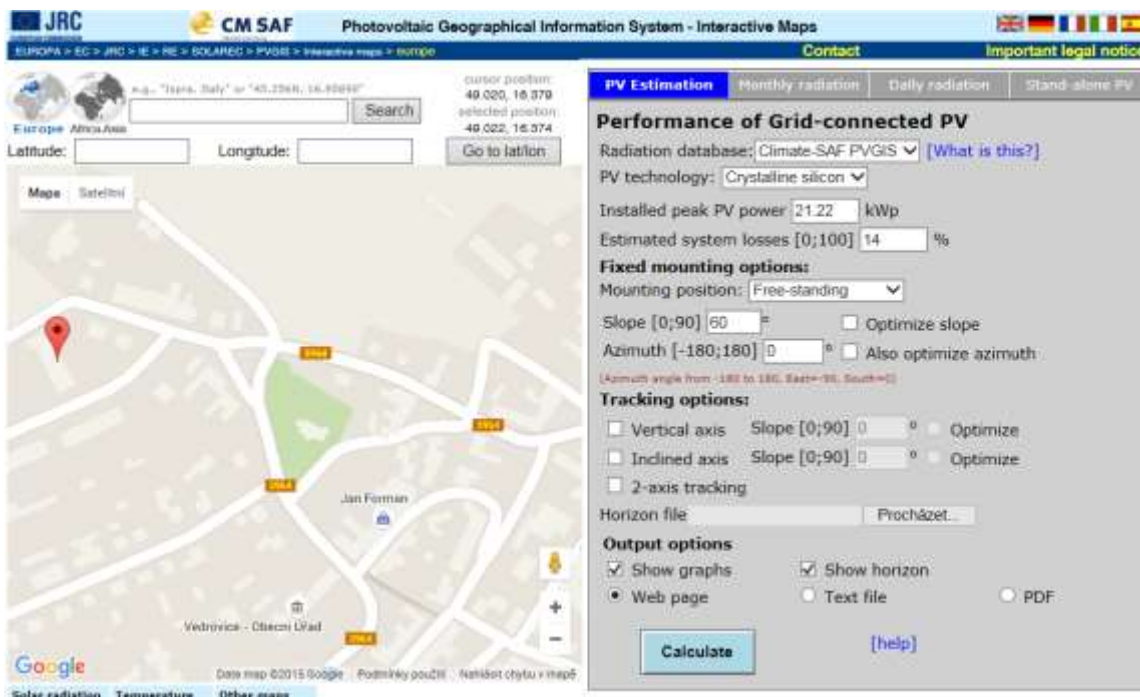
U objektu mateřské školy uvažujeme s využitím fotovoltaického systému k přípravě teplé vody, s využitím nové akumulární nádrže (místo stávajícího bojleru na elektrickou energii a akumulární nádoby s nepřímým ohřevem – plyn) a současným zapojením sekundárního zdroje tepla – stávajících kondenzačních kotlů. Pro ohřev TV v administrativní části budou určeny dva průtokové ohříváče, spotřeba vody je zde minimální a zbytečně jsou zde vedeny rozvody s cirkulující vodou a dochází k velkým ztrátám.

Uvažuji, že navržené FV panely budou určeny k přípravě teplé vody. Spotřeba teplé vody po variantě č. 2 je cca 15,32 MWh za rok. FV má nejvyšší účinnost v měsících březen až říjen, z těchto nejslabším měsícem je říjen. Z toho důvodu budu dimenzovat FV panely na tento měsíc. V měsících listopad – únor je účinnost panelů poloviční – třetinová. Zahrnout je do celkového výpočtu pro potřebný výkon by bylo nevýhodné, ekonomičtější je v těchto měsících uvažovat s přídatným zdrojem tepla na přípravu TV, kondenzačními kotli, které jsou v zimních měsících vždy v provozu. Z výpočtu jsou vyloučeny měsíce červenec a srpen.

K výpočtu potřebného výkonu FV panelů byla použita aplikace PVGIS, která je volně přístupná na internetových stránkách. Je velmi přesná, proto je také běžně užívaná firmami, které budují FV elektrárny. Umožňuje zadat přesnou lokaci objektu kdekoli v Evropě, Asii nebo Africe. V mém případě je vyhledán přímo objekt školky, což umožní přesný výpočet dopadajícího slunečního záření. Obrázek na následující straně je ukázkou prostředí aplikace PVGIS.

Zadané údaje:

- Technologie: krystalický křemík (Crystalline silicon)
- Installed peak PV power (instalovaný maximální výkon): 21,22 kWp
- Estimated system losses (odhadované ztráty systému): 14 %
- Mounting position (montážní pozice): free standing (volně stojící)
- Slope (úhel): 60°, azimuth (azimut): 0° (jih)



Obrázek 2.354 Ukázka prostředí aplikace PVGIS

Ideální sklon panelů pro největší průměrné roční zisky z FV panelů je cca 35° s natočením na jih. Při těchto parametrech dosahujeme v měsících březen – říjen největších solárních zisků. Objekt MŠ není přes měsíce červenec – srpen využíván, proto chceme získat spíše větší zisky pro zimní měsíce. Největší zisky jsou, pokud sluneční záření dopadá na panely kolmo. V zimních měsících je slunce položeno níže na obloze, proto optimální sklon pro získání největších zisků je určen pomocí aplikace PVGIS 60°, azimut zůstává stejný, tedy jih. Tento sklon je výhodný nejen z hlediska zisků, ale i z hlediska čistitelnosti panelů. Pokud jsou panely zanesené, zasněžené, zisky jsou samozřejmě menší. Při sklonu 60° jsou nečistoty deštěm splavovány a účinnost vlivem znečištění panelů se snižuje.

Výstupy z aplikace PVGIS:

Fixed system: inclination=60°, orientation=0°				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	23.70	733	1.32	40.9
Feb	41.60	1170	2.36	66.1
Mar	65.50	2030	3.86	120
Apr	81.40	2440	4.99	150
May	74.00	2290	4.65	144
Jun	72.10	2160	4.60	138
Jul	72.20	2240	4.65	144
Aug	73.70	2290	4.71	146
Sep	66.10	1980	4.10	123
Oct	49.40	1530	2.95	91.5
Nov	28.50	856	1.64	49.3
Dec	19.00	591	1.07	33.0
<b>Yearly average</b>	<b>55.7</b>	<b>1690</b>	<b>3.41</b>	<b>104</b>
<b>Total for year</b>		<b>20300</b>		<b>1250</b>

$E_d$ : Average daily electricity production from the given system (kWh)

$E_m$ : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

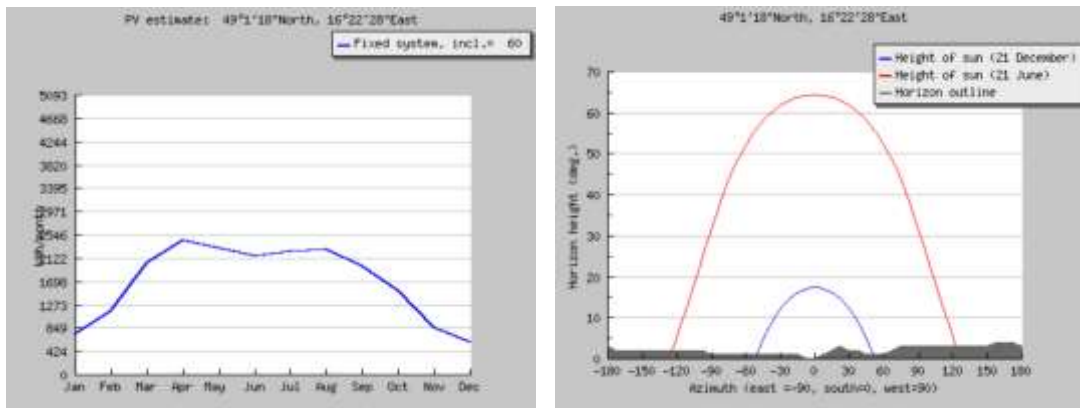
$H_d$ : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

$H_m$ : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

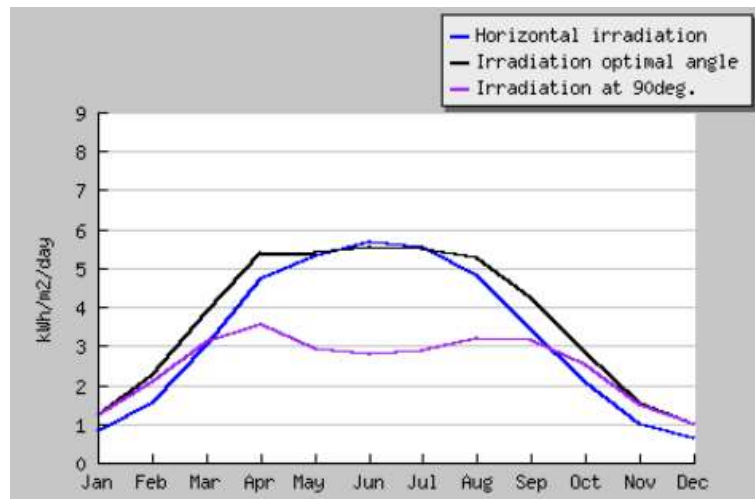
Obrázek 2.365 Produkce elektrické energie za jednotlivé měsíce



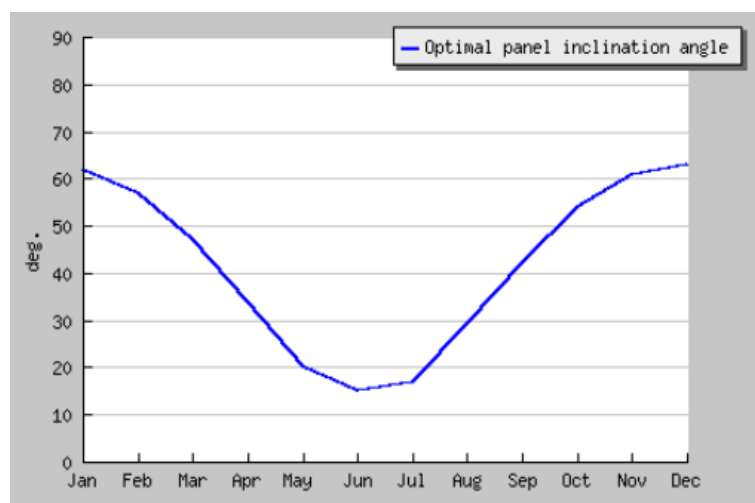
V následujících grafech je vyobrazeno nejvýhodnější rozložení zisků během roku pro objekt mateřské školy, která potřebuje co nejvyšší zisky i přes zimu.



**Graf 2.376** Grafické zobrazení průměrných zisků v kWh během jednotlivých měsíců a zobrazení úhlu odklonu slunce od horizontu a azimutu slunce



**Graf 2.387** Porovnání solárních zisků v závislosti na sklonu fotovoltaického panelu



**Graf 2.398** Porovnání solárních zisků v závislosti na sklonu fotovoltaického panelu

Pro posouzení tohoto opatření je uvažován stav objektu po provedení varianty č. 2. Ve variantě č. 2 bylo uvažováno s ohřevem vody pro herny a administrativu nepřímo pomocí plynového kotle, ohřev vody v kuchyni byl zajišťován přímo elektrickým bojlerem. V opatření č. 3 je uvažováno s nahrazením stávajících zásobníkových ohřivačů novými, které budou napojeny na fotovoltaické panely a budou využívat stejnosměrný proud, větší zásobník pro hernu bude v zimním období, kdy výkon fotovoltaických panelů není dostatečný dohříván nepřímo pomocí plynového kotle. V části administrativy dojde k osazení průtokových ohřivačů. Spotřeba vody je zde minimální a ve stávajících rozvodech dochází zbytečně k tepelným ztrátám cirkulací.

**Tabulka 2.45** Opatření č. 10 – FV systém pro přípravu TV a osvětlení

Opatření č. 10	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
<b>Spotřeba plynu na TV</b>						
Po provedení varianty č. 2	48,312	13,42	-	-	-	-
Realizace opatření	8,28	2,3	40,032	11,12	13 344	-
<b>Spotřeba elektřiny na TV</b>						
Po provedení varianty č. 2	6,7536	1,876	-	-	-	-
Realizace opatření	10,08	2,8	-3,326	-0,924	-1 040	-
<b>Spotřeba elektřiny na osvětlení</b>						
Po provedení varianty č. 2	6,5196	1,811	-	-	-	-
Realizace opatření	2,9124	0,809	3,607	1,002	1 128	-
<b>celkem</b>			<b>40,313</b>	<b>11,198</b>	<b>13 432</b>	<b>890 000</b>

Získaná energie z instalovaného výkonu fotovoltaických panelů přes měsíce březen – říjen, kdy je dostatek slunečního záření byla větší než potřeba energie na ohřev teplé vody v těchto měsících. Proto můžeme zvážit ještě variantu pořízení měniče napětí a využívat navíc získanou energii v budově, která není využita na přípravu TV. Cenu za pořízení měniče napětí uvažuji cca 100 000,- Kč, úspora za elektřinu, kterou bychom spotřebovali na osvětlení je cca 1 128,- Kč za rok. Pořízení měniče napětí se v tomto případě ekonomicky nevyplatí. Návratnost by se pohybovala cca 66,5 let.

Pokud uvažuji variantu, že získaná elektřina z FV panelů je využita pouze pro ohřev TV, celková úspora potom činí 12 304,- Kč, návratnost tohoto opatření se pohybuje okolo 64,2 let.

Přes léto v měsících červenec a srpen a také v měsících, kdy bude největší přebytek energie z fotovoltaiky je možné energii využít do akumulátorů nebo ji prodat do sítě. Přebytek energie, který přeteče do sítě je asi 1,221 MWh/rok v období školního roku. V průběhu letních prázdnin jsou taky výrazné přetoky do sítě. Výkupní cena za elektřinu se pohybuje od 0,3 do 0,6,- Kč/kWh, mohli bychom tak získat 1500 – 2000,- Kč za rok. Do úspor lze tedy započítat i elektřinu, která bude prodaná do sítě.

Cena za fotovoltaický systém byla odhadnuta pomocí reálných nabídek na realizaci FV zařízení podobného výkonu, které byly taktéž instalovány na plochu střechu.

**Tabulka 2.46** Opatření č. 10 – FV systém pro přípravu TV

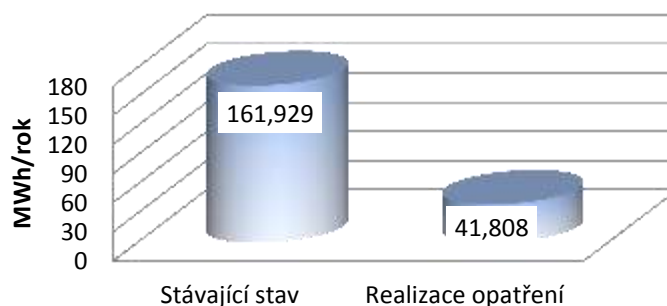
Opatření č. 10	Spotřeba energie [GJ/rok]	Spotřeba energie [MWh/rok]	Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]
Spotřeba plynu na TV						
Po provedení varianty č. 2	48,312	13,42	-	-	-	-
Realizace opatření	8,28	2,3	40,032	11,12	13 344	-
Spotřeba elektřiny na TV						
Po provedení varianty č. 2	6,7536	1,876	-	-	-	-
Realizace opatření	10,08	2,8	-3,3264	-0,924	-1 040	-
Přetoky do sítě					1 500	
Součet					13 804	790 000

Pořízením FV panelů pro ohřev vody bez měniče napětí se dá ušetřit ročně asi 13 804,- Kč. Celková cena na pořízení FV panelů, příslušenství a montáže je odhadována na 790 000,- Kč. Návratnost tohoto opatření se očekává v horizontu cca 60 let. Tato hodnota převyšuje předpokládanou dobu životnosti fotovoltaických panelů. Variantu proto nelze doporučit.

**Tabulka 2.5047** Energetické zhodnocení - varianta č. 3

Varianta č. 3	před a po provedení		před a po provedení	
	elektřina [MWh]	elektřina [MWh]	zemní plyn [MWh]	zemní plyn [MWh]
Vytápění	-	-	140,461	32,93
Teplá voda	1,876	2,8	14,205	2,3
Osvětlení	3,258	1,811	-	-
Pomocné energie	1,977	1,61	-	-
Nucené větrání	0,152	0,357	-	-
<b>celkem</b>	<b>7,263</b>	<b>6,578</b>	<b>154,666</b>	<b>35,23</b>

**Úspora energie po provedení varianty č. 3**



**Graf 2.409** Úspora energie po provedení varianty č. 3

**Tabulka 2.481** Ekonomické zhodnocení - varianta č. 3

Přehled opatření varianty č. 3		Úspora energie [GJ/rok]	Úspora energie [MWh/rok]	Úspora nákladů [Kč/rok]	Odhad investic [Kč]	Návratnost [rok]
Op. č. 1	TRV	66,24	18,4	22 084	17 550	0,8
Op. č. 2	Osvětlení	5,22	1,45	1 633	11 960	7,3
Op. č. 3	Výměna oken	66,17	18,38	22 050	597 600	27,1
Op. č. 4	Obvod. stěny	116,21	32,28	38 738	786 560	20,3
Op. č. 5	Střecha plochá	77,83	21,62	25 948	791 940	30,5
Op. č. 6	Stěna k nevytáp. pr.	12,56	3,49	4 189	41 859	10
Op. č. 7	Pákové baterie	0,79	0,22	942	16 050	17
Op. č. 8	ZZT	6,12	1,7	2 159	750 000	347
Op. č. 10	Fotovoltaické panely	36,71	10,196	13 304	790 000	59,4
Zmenšení vlivu tep. vazeb (0,05 W/m <sup>2</sup> K)		42,52	11,81	14 177	-	-
<b>Celkem</b>		<b>430,37</b>	<b>119,546</b>	<b>145 224</b>	<b>3 803 519</b>	<b>26,2</b>

Celková investice do navrhované varianty č. 3 je 3 803 519,- Kč. Roční úspora nákladů se předpokládá cca 145 224,- Kč. Návratnost je odhadována na 26,2 let.

#### *Životnost a recyklace*

Životnost fotovoltaických panelů je předepisována výrobcí na 25 let se snížením účinnosti o cca 20 %, v praxi je toto snížení téměř poloviční, takže se odhaduje životnost daleko větší, klidně 40 let, za cenu výroby s nižší účinností. Po ukončení životnosti dochází k recyklaci FV panelů, snaha je o maximální využití odpadu z panelů, kterými jsou z většiny hliník a sklo, které jsou snadno recyklovatelné. Dále zpět získáváme křemík a měď, plasty jsou většinou spalovány. Pro recyklaci bylo navrženo několik metod, nejpokročilejší je zatím termická recyklace. Díky recyklaci můžeme výrazně snížit spotřebu energie na výrobu nových panelů. V následujících letech bude množství panelů k recyklaci nízké, velké množství lze očekávat až kolem roku 2040, kdy bude končit životnost většiny panelů. Většina států EU je zapojena do systému PV Cycle, což je aktivita výrobců a dodavatelů FV panelů související se zodpovědností za výrobek po celou dobu jeho životního cyklu.

#### ***Varianta č. 4 – tepelné čerpadlo (TČ) na vytápění***

Varianta č. 4 je rozšířením varianty č. 2. Snahou je zavést opatření využívající obnovitelné zdroje energie, a to právě tepelná čerpadla jsou.

Tepelná čerpadla využívají tepla okolního prostředí, umožňují převádět ho díky skupenským změnám na vyšší teplotní hladinu a následně ho využít pro ohřev jiné látky. Můžeme je rozdělit

podle toho, ze kterého prostředí odebírají teplo. Uvádím jejich stručný popis a vhodnost pro využití v objektu MŠ.

#### *TČ země/voda (vrt)*

V hloubce 100 m je teplota cca 10 °C, vrty se provádí do hloubky 50 - 150 m s odstupem minimálně 10 m. Na 1 kW výkonu je třeba 12 – 18 m hloubky, dle tepelné vodivosti zeminy, tedy TČ 10 kW vyžaduje asi 140 m (nebo 2 x 70 m). Průměr vrtu se pohybuje 130 – 220 mm, vyplňují ho LDPE hadice s nemrznoucí směsí zalité cementovou směsí. Výhodou je téměř neměnný a vysoký topný faktor (COP). Tato možnost je pro použití v budově mateřské školy technicky proveditelná. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena.

#### *TČ země/voda (půdní kolektor)*

Výhodou tohoto typu jsou nižší pořizovací náklady, ale horší COP. Půdní kolektor s chladivem ochlazuje půdu, dle druhu půdy mohou získat 10 – 40 W/m<sup>2</sup>. Trubky jsou z polyetylenu a ukládají se 1,5 – 2 m pod povrchem ve vzdálenosti minimálně 0,6 m, ideálně 1 m od sebe. Délka kolektoru je maximálně 200 m. Nevýhodou tohoto řešení je ochlazovaná půda nevhodná pro umístění bazénu, skleníku, pěstování. Tato varianta je pro objekt nevhodná, protože v jeho blízkosti se nevyskytují tak velké plochy pro pokrytí potřebného výkonu na vytápění, případně přípravu TV.

#### *TČ voda/voda (podzemní voda)*

Tento typ vyžaduje vydatnou studnu a studnu vsakovací. Je nutné udělat rozbor vody, potřebujeme vodu s malým obsahem minerálů, aby se nezanášel výměník TČ. Dále je nutné povolení vodoprávního úřadu. Tato varianta je pro zvolený objekt neproveditelná, protože v blízkosti se nevyskytuje vydatný zdroj podzemní vody.

#### *TČ voda/voda (povrchová voda)*

Tato varianta se vyskytuje výjimečně, povrchová voda je často znečištěná. V blízkosti se nenachází tekoucí potok, ani rybník

#### *TČ vzduch/voda(vzduch)*

Varianta s jednodušší instalací za dobrou pořizovací cenu. Pro nejchladnější dny je nutné vyba-vit TČ bivalentním zdrojem, například elektrokotlem. Obsah energie ve vzduchu závisí na jeho vlhkosti, v zimě je malá. V době nejnižších venkovních teplot, kdy je potřeba na vytápění nejvyšší je COP nízký, proto také využíváme bivalentní zdroj. Problémem může být zvýšená hladina hluku, zamrzání výparníku.

#### *Návrh výkonu TČ*

Venkovní teplota pod 15 °C během roku klesá velmi málo, abychom zbytečně nepředimenzova-

li a neprodražovali TČ, navrhujeme je pouze na 50 – 80 % maximálního potřebného výkonu, v případě objektu mateřské školy je počítáno s pokrytím 70 % pomocí TČ. Zbytek pokrývá v kritickém období bivalentní zdroj. V návrhu pro poslední uvažovanou variantu č. 4 bylo uvažováno s osazením TČ vzduch/voda, které má sloužit k vytápění. Jako bivalentní zdroj byl navržen stávající plynový kotel, který bude dohřívat vodu v případě nepokrytí potřeby TČ. Pro výpočet je uvažováno pokrytí potřeby TČ ze 70 %. Dále bylo uvažováno s pořízením akumulární nádrže pro ÚT (cca 50 l na 1 Mwh potřebného výkonu TČ).

### *Výběr typu TČ*

Čím více energie dům spotřebovává, tím dražší jsou i nároky na TČ a zdroj tepla a roční náklady za vytápění. Zateplením objektu jsme snížili tepelné ztráty, nyní můžeme navrhnout vhodnou TČ. Aby TČ pracovalo co nejefektivněji, musí být teplota výstupní vody co nejnižší. Většinou se pohybuje maximálně na teplotě 55 °C. Čím nižší tato teplota je, tím je TČ efektivnější. To může být problém, chceme-li TČ umístit do starší budovy, jako je například objekt mateřské školy, která pracovala s vyšším teplotním spádem. Pokud je tento spád nahrazen soustavou se spádem 55/45 °C, je třeba téměř zdvojnásobit plochu radiátorů. Ve většině případů jsou ale soustavy ve starších domech předimenzované a po zateplení objektu je i tato soustava postačující pro fungování s nižším teplotním spádem. Teoretické tvrzení je nutné ověřit výpočtem. Pokud je vyšší teplota potřeba, na trhu existují i TČ schopné dodávat vodu s teplotou 65 °C i více, ovšem za cenu nízkého COP. Další zásadní otázkou při výběru TČ je, zda je v místě dostatečná kapacita elektrické přípojky.

### *TČ pro přípravu TV*

TČ pro přípravu teplé vody je technicky realizovatelné, z hlediska ekonomického se spíše nevyplatí. Je třeba do systému zařadit další armatury, regulační prvky, zásobník, což vyžaduje další náklady. Pokud nám TČ pokrývá více jak 60 % potřeby tepla na vytápění, můžeme získat výhody nízkého tarifu, kdy lze po většinu dne využívat pouze nízký tarif pro všechny spotřebiče v domácnosti. Tím výrazně klesnou náklady za elektřinu v domácnosti.

### *Zhodnocení*

Bylo provedeno posouzení a varianta se ukázala jako velmi nevýhodná. Hodnoty neobnovitelné primární energie a celkové primární energie oproti stávajícímu stavu poklesly, ale v porovnání s ostatními variantami nebyly výhodnější. Opatření tedy nepřináší výrazné úspory, navíc investice do TČ, které díky napojení na stávající otopnou soustavu může dosahovat pouze nižších hodnot topného faktoru a celková úprava a zapojení do systému je velmi finančně náročná, s dobou návratnosti delší než předpokládaná doba životnosti zařízení.

Toto opatření opět nelze doporučit.

## 2.2.7 Zhodnocení energetické, ekonomické a ekologické

### 2.2.7.1 Zhodnocení ekonomické

Ekonomické zhodnocení je provedeno pro každé opatření v příložených tabulkách, obsahuje vždy hodnotu nákladů, které je třeba do opatření vložit. Tyto náklady mohou být i nižší, v případě, že by vlastník budovy získal dotaci na dané opatření. Uvažované ceny jsou odhadnuty pomocí položkových rozpočtů rekonstrukcí podobných objektů, dle aktuálních cen u výrobců a montážních firem a informací získaných z katalogů, popřípadě z internetu.

V každém opatření i variantách kombinací opatření je také posouzena prostá doba návratnosti provedených opatření, tato návratnost nezahrnuje odhad růstu cen, zvyšování cen energií, které mohou výrazně změnit celkové ekonomické zhodnocení. Je určena pouze jako poměr investic a ročních úspor.

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

- $T_s$  prostá doba návratnosti
- IN investiční náklady na realizaci úspor
- CF cash flow – peněžní tok – v případě objektu MŠ roční přínos opatření

Pokud bychom chtěli mít přesnější informaci o době návratnosti, počítali bychom s diskontovanou dobou návratnosti investice.

$$T_{DS} = \frac{IN}{DCF}$$

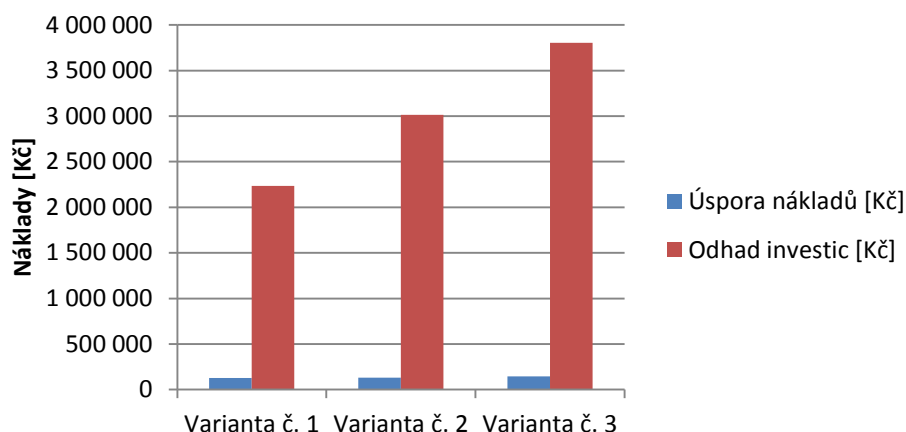
$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

- $T_{DS}$  diskontovaná doba návratnosti
- IN investiční náklady
- r diskontní míra
- t rok, ke kterému se DCF počítá

**Tabulka 2.49** Přehled ekonomického zhodnocení všech variant

Varianty	Úspora nákladů [Kč]	Odhad investic [Kč]	Prostá doba návratnosti [let]
Varianta č. 1	127 186	2 235 509	17,6
Varianta č. 2	131 920	3 013 519	22,8
Varianta č. 3	145 224	3 803 519	26,2

## Poměr investic do jednotlivých opatření a ušopených nákladů za energie



**Graf 2.50** Poměr investic a úspory nákladů

Z grafu vyplývá, že při vyšších investicích do varianty č. 3 nedojde k očekávané úspoře nákladů a návratnost posledních dvou variant je dlouhá. Při výpočtu není uvažováno s možností získání dotace. V případě, že by byly získány dotace například na fotovoltaický systém ve variantě č. 3 nebo na systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla, i tyto varianty by se mohly dostat dobou návratnosti pod 20 let. Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější variantou varianta č. 1.

### 2.2.7.2 Zhodnocení energetické

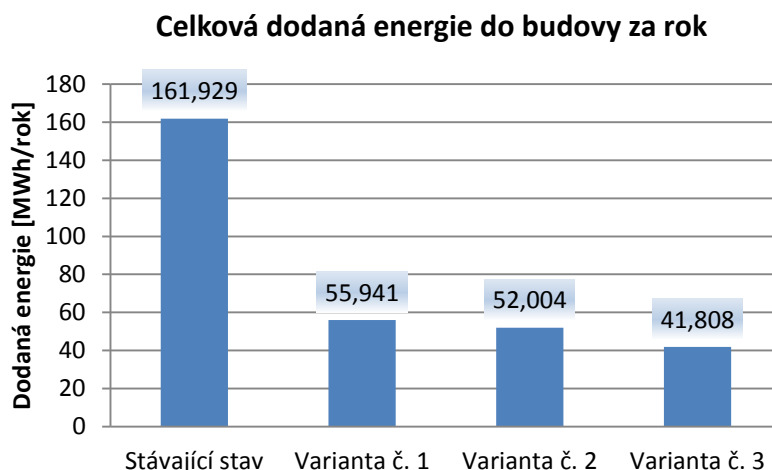
Zhodnocení je provedeno také přímo u jednotlivých opatření. Vyjadřuje v příslušných jednotkách, jaké množství energie je možné ušetřit provedením jednotlivých opatření. Pro zpřehlednění uvádím ještě energetické zhodnocení jednotlivých variant.

**Tabulka 2.5350** Přehled energetického zhodnocení všech variant

Stav budovy	Spotřeba energie elektřina/plyn před opatřením [MWh]	Spotřeba energie elektřina/plyn po opatření [MWh]	Úspora energie celkem [MWh]	Úspora nákladů celkem [Kč]
Stávající stav	7,263	-	-	-
	154,666	-		
Varianta č. 1	7,263	6,896	105,988	127 186
	154,666	49,045		
Varianta č. 2	7,263	5,654	109,925	131 920
	154,666	46,35		
Varianta č. 3	7,263	6,578	120,121	145 224
	154,666	35,23		

Nejvíce energie mohou ušetřit provedením varianty č. 3.





**Graf 2.51** Celková dodaná energie do budovy pro jednotlivé varianty ve srovnání se stávajícím stavem

### 2.2.7.3 Zhodnocení ekologické

Ekologické zhodnocení jednotlivých variant řešení je provedeno metodou globálního hodnocení, do výpočtu jsou zahrnuty emisní faktory vycházející z průměrných údajů o produkovaných znečišťujících látkách. Uvádím ukázkou výpočtu množství emisních látek pro stávající stav. Například emisní faktory CO<sub>2</sub> uvádí množství oxidu uhličitého, připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu.

Elektrická energie (přepočít: 1,17 tun CO<sub>2</sub> je obsaženo v 1 MWh elektřiny)

druh škodliviny	značka	obsah škodliviny [t/rok]
tuhé znečišťující látky	TZL	0,0353
oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>	0,0117
oxidy dusíku	NO <sub>x</sub>	0,0027
oxid uhelnatý	CO	0,0009
těkavé uhlovodíky	VOC	0,0004
amoniak	NH <sub>3</sub>	0,0000
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	8,4977

Zemní plyn (přepočít: 0,2 tun CO<sub>2</sub> je obsaženo v 1 MWh výhřevnosti paliva)

druh škodliviny	značka	přepočít	jednotka	obsah škodliviny [t/rok]
tuhé znečišťující látky	TZL	0,02	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0003
oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>	0,01	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0002
oxidy dusíku	NO <sub>x</sub>	1,30	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0218
oxid uhelnatý	CO	0,32	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0054
těkavé uhlovodíky	VOC	0,06	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0011
amoniak	NH <sub>3</sub>	0,00	kg/tis.m <sup>3</sup>	0,0000
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	0,20	t/MWh	31,1504

Roční spotřeba zem. plynu je 155,75 MWh, výhřevnost 33,48 GJ/tis.m<sup>3</sup>, množství 16 748 m<sup>3</sup>.

**Tabulka 2.51** Celkové množství emisí všech energonositelů pro stávající stav

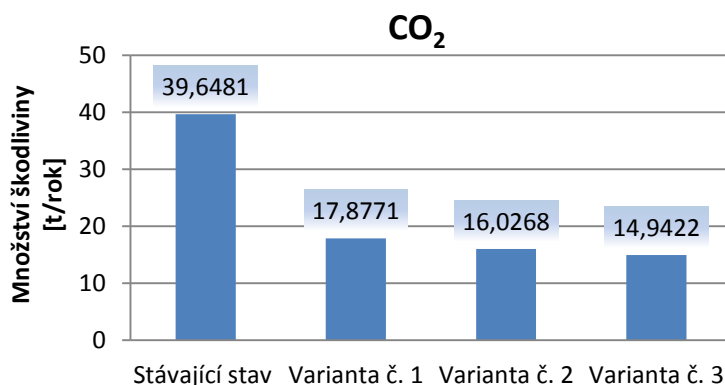
druh škodliviny	značka	obsah škodliviny [t/rok]
tuhé znečišťující látky	TZL	0,0356
oxid siřičitý	SO <sub>2</sub>	0,0119
oxidy dusíku	NO <sub>x</sub>	0,0245
oxid uhelnatý	CO	0,0063
těkavé uhlovodíky	VOC	0,0015
amoniak	NH <sub>3</sub>	0,0000
oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	39,6481

Metodika výpočtu emisí CO<sub>2</sub> je uvedena ve vyhlášce 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku. Lze je počítat pomocí globálního nebo lokálního hodnocení. V případě objektu MŠ bylo využito globálního hodnocení. Ostatní emise znečišťujících látek se určí buď jako údaj z naměřených hodnot (tam kde je instalováno měření), nebo jako hodnota emisních faktorů dle Zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. Totéž je provedeno i pro ostatní varianty řešení výpočtu a shrnuto do následující tabulky.

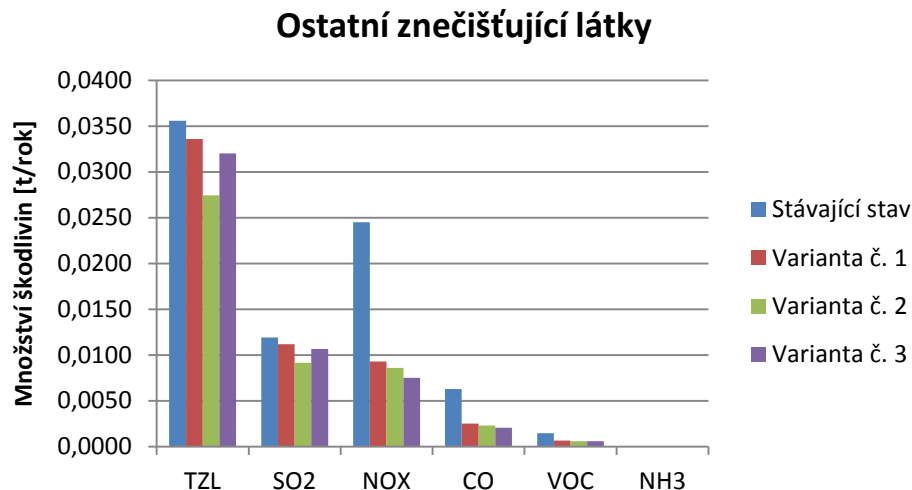
**Tabulka 2.52** Srovnání množství emisí se stávajícím stavem

Stav budovy	Stávající stav	Varianta č. 1	Varianta č. 2	Varianta č. 3
druh škodliviny	obsah [t/rok]	obsah [t/rok]	obsah [t/rok]	obsah [t/rok]
TZL	0,0356	0,0336	0,0274	0,0320
SO <sub>2</sub>	0,0119	0,0112	0,0091	0,0107
NO <sub>x</sub>	0,0245	0,0093	0,0086	0,0075
CO	0,0063	0,0025	0,0023	0,0021
VOC	0,0015	0,0007	0,0006	0,0006
NH <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
CO <sub>2</sub>	39,6481	17,8771	16,0268	14,9422

Z tabulky vyplývá, že provedením jakékoli varianty řešení se výrazně sníží množství CO<sub>2</sub> a tím zátěž provozu objektu na životní prostředí. Nejvýhodnější varianta s nejmenším počtem emisí je varianta č. 3.



**Graf 2.52** Grafické porovnání emisí CO<sub>2</sub> pro stávající stav a navrhované varianty



**Graf 2.53** Grafické porovnání emisí ostatních látek pro stávající stav a navrhované varianty

## 2.3 Hodnocení variant řešení se zaměřením na dosažení tzv. budovy s téměř nulovou spotřebou energie a možnosti uplatnění energie v regionu

### 2.3.1 Budova s téměř nulovou spotřebou energie

Budova s téměř nulovou spotřebou energie je budova, jejíž energetická náročnost je velmi nízká a potřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů.

Požadavky na energetickou náročnost budovy s téměř nulovou spotřebou energie jsou splněny, pokud jsou splněny hodnoty ukazatelů ENB dle vyhlášky 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budovy. Jedná se o ukazatele:

- neobnovitelná energie za rok
- celková dodaná energie za rok
- průměrný součinitel prostupu tepla.

V předchozím textu byly detailně rozebrány tři varianty řešení, v těchto variantách vždy došlo k zateplení objektu na hodnoty doporučené pro pasivní budovy dle normy ČSN 73 0540 – 2 a následně k některým dalším úpravám. Z hlediska obálky budovy a hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla je možné se po navrhované rekonstrukci téměř vyrovnat budově s téměř nulovou spotřebou energie. Výsledný součinitel prostupu tepla po provedení opatření snižujících tepelné ztráty má hodnotu 0,33 W/(m<sup>2</sup>K). Nesplňuje tedy požadavek pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Tuto hodnotu můžeme zlepšit provedením dalších opatření, a to zateplením podlahy na zemině. Tato varianta je již technicky poměrně náročná a vyža-

duje výrazné bourací práce, kterými se prodraží celková investice do opatření. Po zateplení podlahy však dojde k optimalizaci vlivu tepelných vazeb na hodnotu  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  a snížení hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla na hodnotu splňující požadavek pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

Je třeba zvážit tloušťky použitých TI materiálů a přínos úspor za zateplení. Použití velkých tloušťek tepelné izolace může být neekonomické.

Následující tabulka zobrazuje zmíněné hodnotící parametry a pro jednotlivé varianty je srovnává s budovou s téměř nulovou spotřebou energie. Zeleně a červeně je v tabulce označeno plnění požadavku na budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Zeleně je řádek vyznačen, pokud je požadavek splněn.

**Tabulka 2.5853** Přehled hodnotících ukazatelů energetické náročnosti

Stav budovy	Neobnovitelná primární energie za rok [KWh/(m <sup>2</sup> rok)]	Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Potřeba tepla na vytápění $E_A$ [KWh/(m <sup>2</sup> rok)]	Celková dodaná energie [KWh/(m <sup>2</sup> rok)]
Stávající stav	281 (tř. E)	1,04 (tř. G)	147	238 (tř. E)
Varianta 1	109 (tř. C)	0,33 (tř. C)	36	82 (tř. C)
Varianta 2	100 (tř. C)	0,33 (tř. C)	35	77 (tř. B)
Varianta 3	87 (tř. B)	0,33 (tř. C)	35	75 (tř. B)

Celková dodaná energie je součtem vypočtené spotřeby energie a pomocné energie, nezapočítává se do ní energie, která je dodávána mimo budovu. Součástí dodané energie je i využitá energie ze slunečního záření. Neobnovitelná primární energie se vypočítá jako součet součinů dodané energie po jednotlivých energonositelích a příslušných faktorů primární energie.

Potřeba tepla na vytápění je zde uvedena pouze pro srovnání se stávajícím stavem, po navrženém zateplení objektu dojde až ke čtyřnásobné úspoře potřeby tepla na vytápění. Rozdíl mezi variantami č. 1 a č. 2 je způsoben instalací systému nuceného větrání se ZZT.

Varianty č. 2 a č. 3 splňují požadavek na budovu s téměř nulovou spotřebou energie z hlediska neobnovitelné primární energie a celkové dodané energie, nespĺňují však požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla. Ve variantě č. 3 je příznivá i hodnota neobnovitelné primární energie díky zavedení opatření využívající energii z obnovitelných zdrojů – fotovoltaických panelů.

Varianta č. 3 s nejmenší hodnotou neobnovitelné primární energie je sice nejšetrnější k životnímu prostředí, ale bez získání dotace na pořízení fotovoltaických panelů ekonomicky nevýhodná. Ceny za tyto systémy se ale snižují a tím se stávají přístupnějšími, pokud bude později docházet k recyklaci použitých panelů, mohla by se výrobní cena nových panelů do budoucna ještě více snížit.

## 2.3.2 Zhodnocení rekonstrukce

Pokud bychom hodnotili budovu z hlediska rekonstrukce, při změně dokončené budovy musí dle vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budovy splňovat jednu z variant ukazatelů energetické náročnosti:

- současně požadavek na neobnovitelnou primární energii za rok a součinitel prostupu tepla obálkou budovy
- celkovou dodanou energii za rok a součinitel prostupu tepla obálkou budovy
- pro měněné prvky obálky budovy nebo technické systémy splnit pouze požadavky týkající se měněných prvků.

Nyní uvádím zhodnocení plnění ukazatelů pro změnu dokončené budovy pro variantu č. 1, kde zásadní bylo zateplení objektu a výměna oken.

### VYHODNOCENÍ PRO ZMĚNU DOKONČENÉ BUDOVY DLE VYHLÁŠKY MPO ČR č. 78/2013 Sb.

#### Rekapitulace vstupních dat:

Celková roční dodaná energie: 55,94 MWh, neobnovitelná primární energie: 74,635 MWh

Celková energeticky vztažná plocha: 686,2 m<sup>2</sup>

#### Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§6)

##### Požadavek:

ref. prům. souč. prostupu tepla  $U_{em,R}$  = 0,44 W/m<sup>2</sup>K  
pro zatřídění do klasif. třídy se použije 0,35 W/m<sup>2</sup>K

##### Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$ : 0,33 W/m<sup>2</sup>K

$U_{em} < U_{em,R}$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída: C (úsporná)

#### Požadavek na celkovou dodanou energii (§6)

##### Požadavek:

ref. měrná dodaná energie  $EP,A,R$ : 129 kWh/(m<sup>2</sup>.a)  
pro zatřídění do klasif. třídy se použije 108 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

##### Výsledky výpočtu:

měrná dodaná energie  $EP,A$ : 82 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

$EP,A < EP,A,R$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída: C (úsporná)

#### Požadavek na neobnovitelnou primární energii (§6)

##### Požadavek:

ref. měrná neob. prim. energie  $E_{pN,A,R}$ : 145 kWh/(m<sup>2</sup>.a)  
pro zatřídění do klasif. třídy se použije 127 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

##### Výsledky výpočtu:

měrná neob. prim. energie  $E_{pN,A}$ : 109 kWh/(m<sup>2</sup>.a)

$E_{pN,A} < E_{pN,A,R}$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Klasifikační třída: C (úsporná)

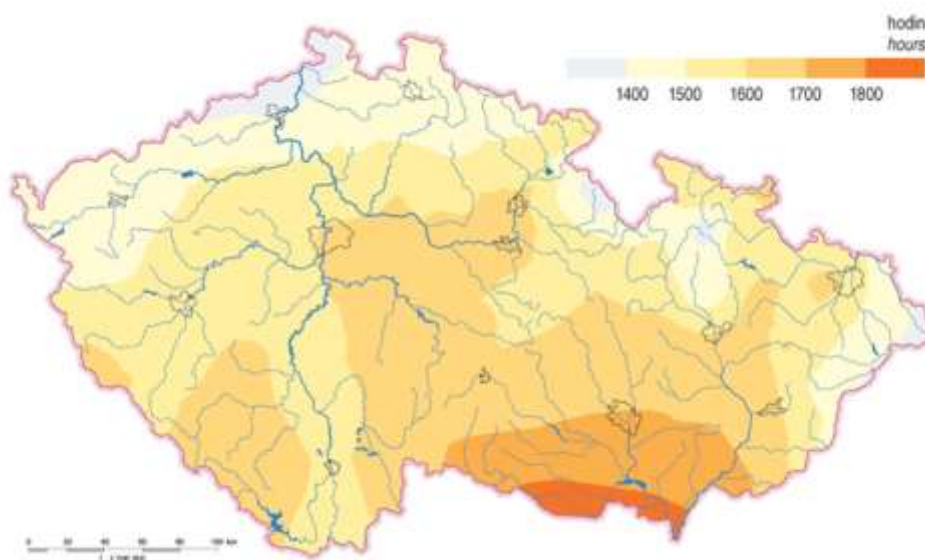
Z hlediska rekonstrukce objekt splňuje všechny předchozí požadavky.

V přílohách v závěru práce je uvedeno detailnější vyhodnocení jednotlivých variant z hlediska plnění požadavků dané vyhláškou č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov na budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

### 2.3.3 Možnosti uplatnění energie z obnovitelných zdrojů v regionu

Jako nejvýhodnější variantou užití energie z obnovitelných zdrojů se jeví biomasa. Jako zdroj energie se používá po staletí, proto k užívání tohoto zdroje má veřejnost nejbližší. Pořízení zdroje na biomasu je ekologicky, energeticky i ekonomicky výhodné. Výhodou je jeho nízká zátěž k životnímu prostředí a nižší doba návratnosti oproti pořízení jiných zdrojů využívajících obnovitelnou energii. Jedná se také o nejvíce využívaný obnovitelný zdroj energie v celé České republice.

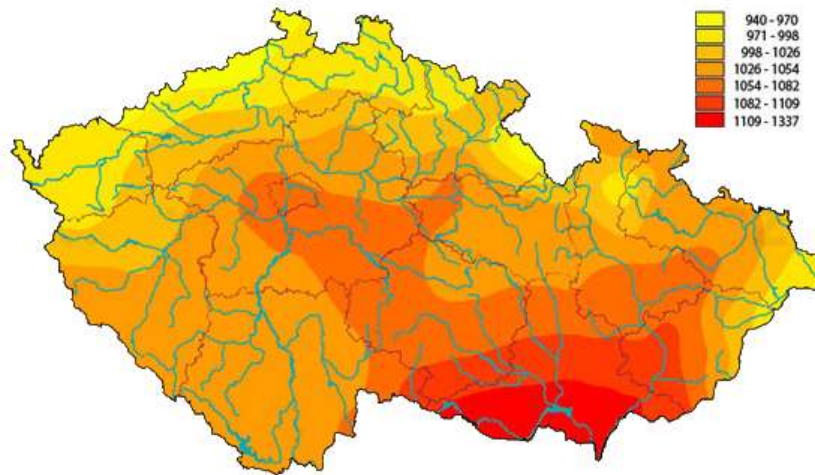
Další možností uplatnění energie z obnovitelných zdrojů v regionu je využití energie prostředí, výhodněji než kdekoli jinde v České republice se dá využít energie slunečního záření.



**Graf 2.54** Mapa trvání slunečního svitu v České republice;  
zdroj: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

Podmínky pro využití sluneční energie na území jihomoravského kraje jsou v porovnání s ostatními kraji v České republice velmi výhodné. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) se pohybuje kolem 1 800 hodin za rok.

Více vypovídající o celkových možných ziscích energie ze slunečního záření je následující mapa. Na území regionu, kde je postavena budova MŠ můžeme získat cca 1 200 W/m<sup>2</sup> za rok. Musíme však myslet na to, že energie ze slunečního záření získáváme zejména v létě, kdy je nejdelší doba slunečního svitu a intenzita záření největší. Při uvažované účinnosti fotovoltaických panelů cca 14 % můžeme získat pro tuto oblast cca 300 kWh/m<sup>2</sup> za rok.



**Graf 2.55** Mapa dopadajícího slunečního záření ve  $W/m^2$  za rok;  
zdroj: <http://www.isofenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

## 3 VÝPOČTOVÝ MODEL

Pro modelování jsem využila zapůjčeného licenčního klíče firmy Swoboda software, díky kterému jsem měla možnost vyzkoušet práci s programy Energii 2015, Teplo 2015 a Area 2015.

### 3.1 Práce v programu teplo Teplo 2015

V programu teplo je možné získat tepelně technické posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska prostupu tepla a vodní páry. Pro posouzení jsem si vybrala obvodovou stěnu mateřské školy ve stávajícím stavu před zateplením. Následně srovnání vlastností konstrukce po zateplení minerální vlnou a polystyrenem.

Pro výpočet všech variant byly zvoleny následující okrajové podmínky:

#### 3.1.1 Okrajové podmínky výpočtu

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru $R_{si}$ :	0,13 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{si}$ :	0,25 m <sup>2</sup> K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru $R_{se}$ :	0,04 m <sup>2</sup> K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty $R_{se}$ :	0,04 m <sup>2</sup> K/W
Návrhová venkovní teplota $T_e$ :	-15,0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai}$ :	22,0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu $R_{He}$ :	84,0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu $R_{Hi}$ :	55,0 %

#### 3.1.2 Varianty řešení

##### VARIANTA 1 – STÁVAJÍCÍ STĚNA

Korekce součinitele prostupu  $dU$  : 0,050 W/m<sup>2</sup>K

##### Skladba konstrukce (od exteriéru):

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m <sup>3</sup> ]	Mi [-]	Ma [kg/m <sup>2</sup> ]
1	vnější omítka	0,0150	0,8800	790,0	1640,0	15,0	0.0000
2	panely z l. b.	0,3000	0,5000	830,0	1000,0	6,0	0.0000
3	vnitřní omítka	0,0150	0,9900	790,0	1560,0	12,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

##### VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

##### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:



Tepelný odpor konstrukce R : 0.601 m<sup>2</sup>K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 1.297 W/m<sup>2</sup>K

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor jsou počítány podle ČSN 730540 a EN ISO 13788. Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540.

#### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,754$   
 Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,719$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

**$f_{Rsi,m} < f_{Rsi,N}$  ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Pozn.: Povrchové teploty a teplotní faktory v místě tepelných mostů ve skladbě je nutné stanovit řešením teplotního pole.

#### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{,N} = 0,30$  W/m<sup>2</sup>K  
 Vypočtená hodnota:  $U = 1,297$  W/m<sup>2</sup>K

**$U > U_{,N}$  ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

#### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
- Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  - Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  - Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 9,000 kg/m<sup>2</sup>.rok  
(materiál: panely z lehčeného betonu).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,100 kg/m<sup>2</sup>.rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.  
 Roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a} = 0,0602$  kg/m<sup>2</sup>.rok  
 Roční množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a} = 5,5846$  kg/m<sup>2</sup>.rok

**Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.**

**$M_{c,a} < M_{ev,a}$  ... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

**$M_{c,a} < M_{c,N}$  ... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

## VARIANTA 2 – ZATEPLENÍ MINERÁLNÍ VLNOU

Korekce součinitele prostupu dU : 0,050 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od exteriéru):

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	vnější omítka	0,0150	0,8800	790,0	1640,0	15,0	0.0000
2	TI - minerální	0,2000	0,0360	800,0	140,0	1,0	0.0000
3	panely z l. b.	0,3000	0,5000	830,0	1000,0	6,0	0.0000
4	vnitřní omítka	0,0150	0,9900	790,0	1560,0	12,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

#### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4,654 m<sup>2</sup>K/W  
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0,207 W/m<sup>2</sup>K

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,754$   
Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,949$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{,N} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Vypočtená hodnota:  $U = 0,207 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_{,N} \dots$  **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než  $0,1 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$ ,  
nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí:  $0,738 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$   
(materiál: TI - minerální vlna).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu:  $0,100 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

- Vypočtené hodnoty:
- V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.
  - Roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a} = 0,1690 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$
  - Roční množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a} = 8,0606 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

**Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.**

$M_{c,a} < M_{ev,a} \dots$  **2. POŽADAVEK JE SPLNĚN**

$M_{c,a} > M_{c,N} \dots$  **3. POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

## VARIANTA 3 - POLYSTYREN

Korekce součinitele prostupu  $dU$  :  $0,050 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Skladba konstrukce (od exteriéru):

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m3]	Mi [-]	Ma [kg/m2]
1	vnější omítka	0,0150	0,8800	790,0	1640,0	15,0	0.0000
2	TI - polystyren	0,2000	0,0360	1270,0	21,0	50,0	0.0000
3	panely z l. b.	0,3000	0,5000	830,0	1000,0	6,0	0.0000
4	vnitřní omítka	0,0150	0,9900	790,0	1560,0	12,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

## VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R :  $4,654 \text{ m}^2\text{K/W}$   
Součinitel prostupu tepla konstrukce U :  **$0,207 \text{ W/m}^2\text{K}$**

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} = 0,754$   
Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,949$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

#### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_N = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota:  $U = 0,207 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U < U_N$  ... **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

#### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

Požadavky:

1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než  $0,1 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$ , nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí:  $0,252 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$   
(materiál: TI - polystyren).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu:  $0,100 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a} = 0,0060 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

Roční množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a} = 1,2839 \text{ kg/m}^2\text{,rok}$

**Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.**

$M_{c,a} < M_{ev,a}$  ... **2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

$M_{c,a} < M_{c,N}$  ... **3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

### 3.1.3 Grafické porovnání výsledků jednotlivých variant

V následujících grafech jsou porovnány všechny varianty výpočtu. Jako první je vždy uveden graf pro nezateplenou stávající konstrukci, dále graf pro konstrukci zateplenou minerální vlnou a konstrukci zateplenou polystyrenem. V hodnocení je zobrazeno rozložení tlaků vodní páry v konstrukci s vyznačením kondenzační oblasti, rozložení relativní vlhkosti, rozložení teplot a průběh povrchových teplot.

**Tabulka 3.1** Vypočtené parametry pro jednotlivé konstrukce získané v programu Teplo 2015

Stav konstrukce	Teplotní útlum kce	Fázový posun teplotního kmitu [h]	Vnitřní povrchová teplota $T_{si,p}$ [°C]	Teplotní faktor $f_{Rsi,p}$
Bez zateplení	15,6	8,5	11,62	0,719
Po zateplení minerální vlnou	602,4	16,1	20,13	0,949
Po zateplení polystyrenem	413,4	12,2	20,13	0,949

Teplotní útlum je poměr kolísání (rozdílu) vnější teploty vůči kolísání vnitřní teploty. Dle údajů z tabulky je zřejmé, že po zateplení konstrukce je teplota vnitřního prostředí stálejší, není tak závislá na rozdílech teplot v exteriéru.

Pokud bychom měli srovnat rozdíl v teplotním útlumu a fázovém posunu u minerální vlny a polystyrenu, hodnoty pro minerální vlnu jsou v obou případech vyšší, souvisí to s její vyšší objemovou hmotností.

**Tabulka 3.2** Vlastnosti hodnocených tepelných izolantů

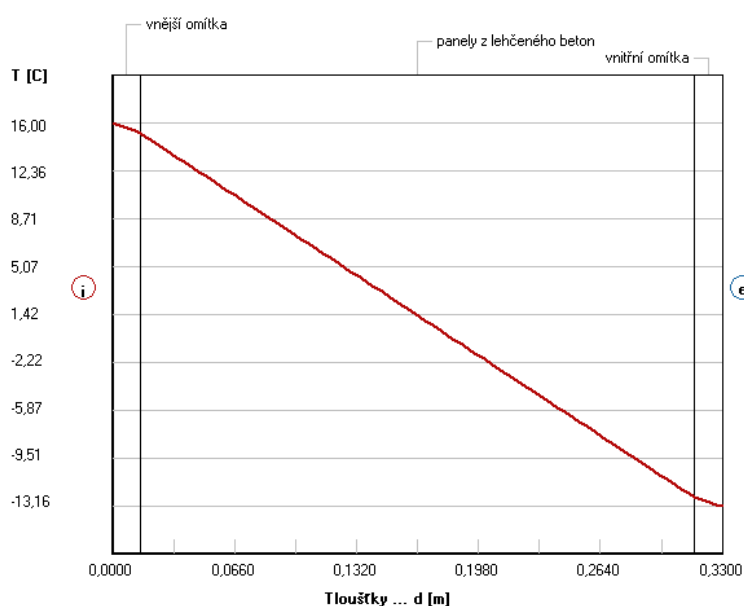
Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W/(mK)]	Měrná tepelná kapacita [J/(kgK)]	Objemová hmotnost [kg/m <sup>3</sup> ]	Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]
minerální vlna	0,036	800	140	1
polystyren	0,036	1270	21	50

Faktor difuzního odporu vyjadřuje, kolikrát více propouští vodní páru nehybná vrstva vzduchu o stejné tloušťce, než materiál samotný. Potom ekvivalentní difuzní tloušťka vyjadřuje, kolik metrů vzduchové vrstvy by svými difúzními vlastnostmi nahradilo danou vrstvu ( $s_d = \mu \cdot d$  [m]).

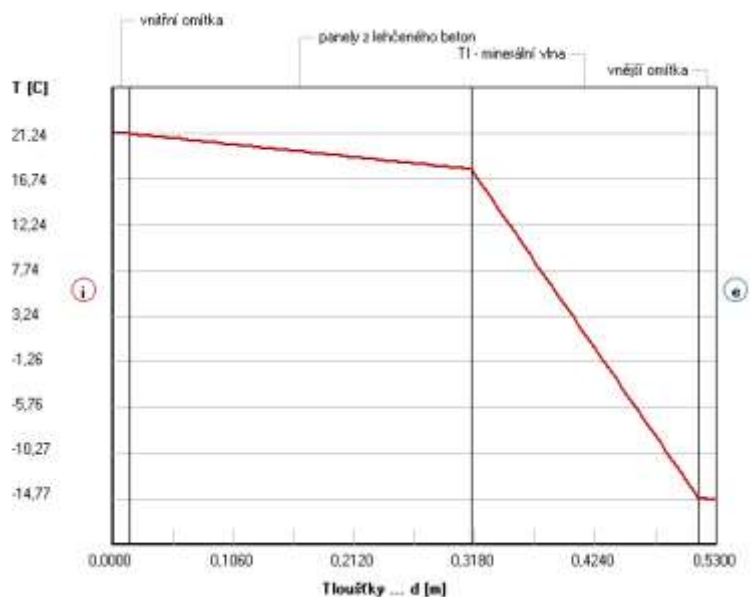
Další parametr z první tabulky - fázový posun udává rozdíl mezi dobou, kdy je na vnějším povrchu nejvyšší teplota a kdy se tato nejvyšší teplota projeví na vnitřní straně konstrukce. Tento parametr je pro nás rozhodující zejména pro letní dny, kdy chceme, aby se nejvyšší teplota dostala do vnitřního prostoru až ve chvíli, kdy je venku již chladno a můžeme ji účinně odvětrat. Poslední je teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$ , který je závislý na návrhové vnitřní teplotě, teplotě exteriéru a teplotě vnitřního povrchu. Používá se k posouzení vyloučení vzniku plísní a vzniku kondenzace vodní páry.

Tloušťkou a typem tepelné izolace můžeme výrazně ovlivnit vnitřní povrchové teploty na konstrukci.

### Rozložení teplot v konstrukci

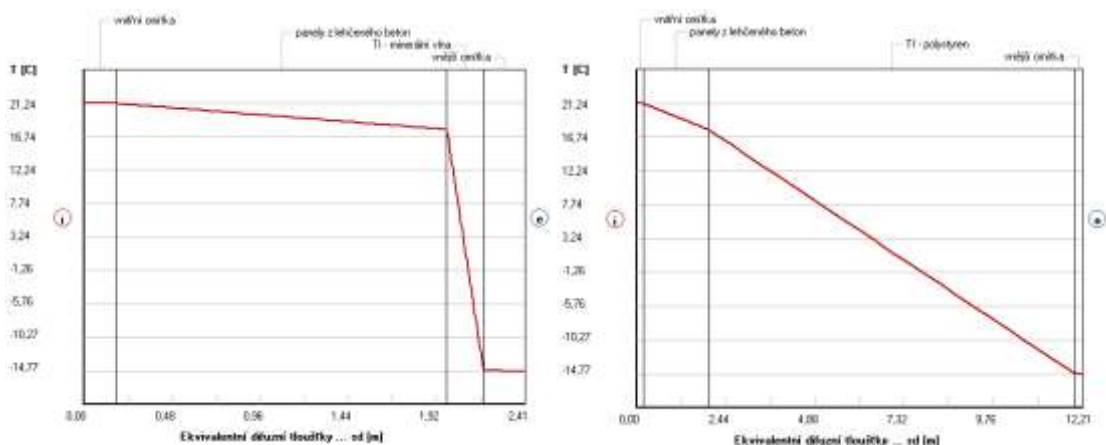


**Graf 3.1** Průběh teploty v závislosti na tloušťce materiálů u nezateplené konstrukce (varianta 1)



**Graf 3.2** Průběh teploty v závislosti na tloušťce materiálů u zateplené konstrukce (varianta 2,3)

U minerální vlny a polystyrenu je průběh teploty na rozhraní vrstev (pokud mají stejný součinitel tepelné vodivosti) stejný.

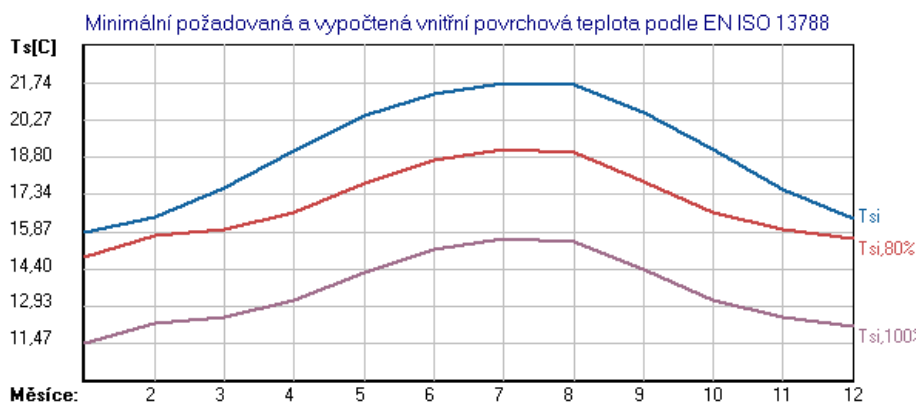


**Graf 3.3** Grafy průběhu teplot v závislosti na ekvivalentní difúzní tloušťce

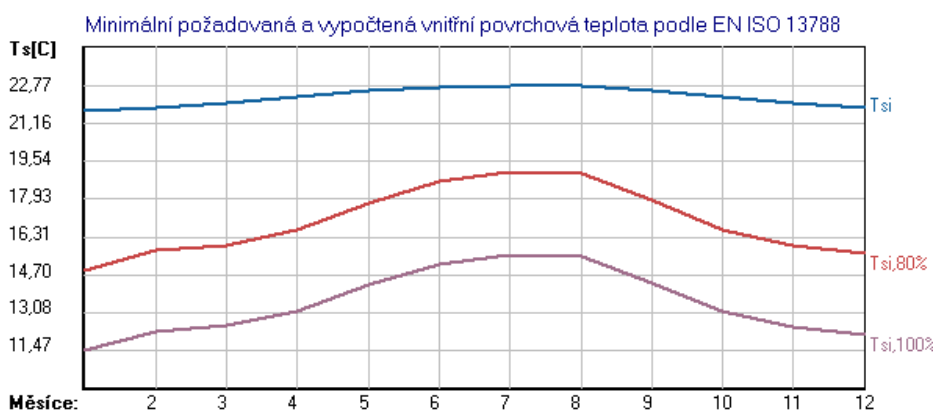
### Povrchové teploty

V následujících grafech je jasně vidět, že u nezateplené konstrukce s malou hodnotou teplotního útlumu je vliv exteriérových teplot výrazně vyšší. Malý teplotní útlum konstrukce se projevuje nestálostí vnitřního prostředí.

Modrou barvou je zobrazen průběh povrchových teplot při vypočtených hodnotách relativní vlhkosti, červeně hraniční hodnota povrchových teplot při relativní vlhkosti 80 %, kdy může docházet ke vzniku plísní a fialově hraniční povrchové teploty při 100% vlhkosti, kdy dochází k orosování konstrukce.



Graf 3.4 Vnitřní povrchové teploty u nezateplené konstrukce (varianta 1)



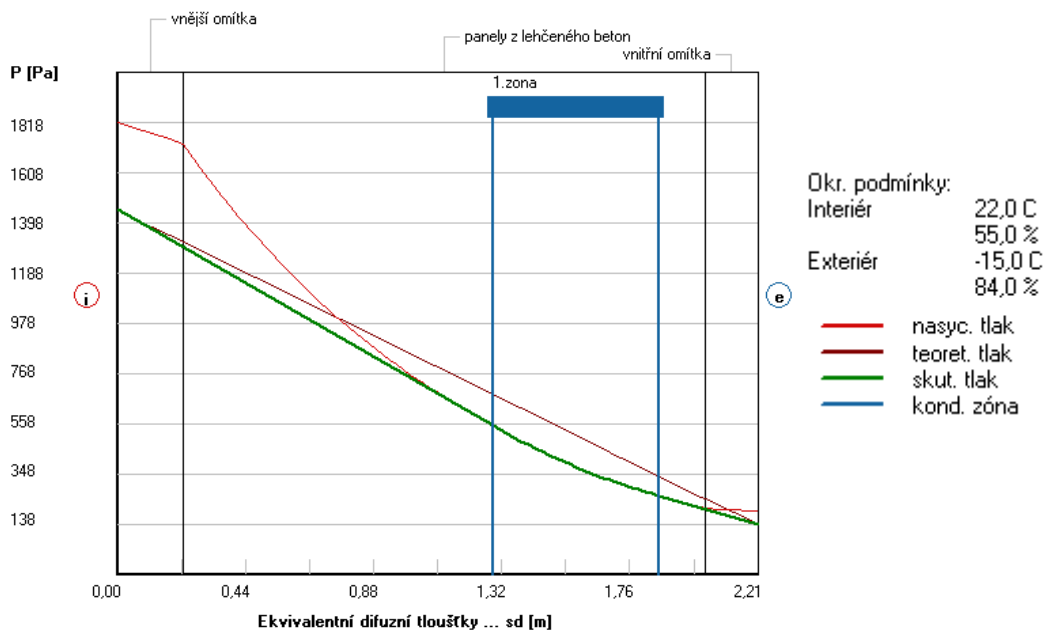
Graf 3.5 Vnitřní povrchové teploty u zateplené konstrukce (varianta 2,3)

Vnitřní povrchovou teplotu vypočítám dle vztahu  $T_{si,min} = T_{ai} - U * R_{si} * (T_{ai} - T_e)$ , kde  $T_{ai}$  je návrhová vnitřní teplota,  $R_{si}$  odpor při přestupu tepla na vnitřní straně a  $T_e$  teplota v exteriéru.

### Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci

Pára se do konstrukce může dostat společně s proudícím vzduchem netěsnými místy nebo difúzí. Šíří se z míst větší koncentrace (z míst s větším parciálním tlakem) vodní páry do míst s menší koncentrací. Hodnota parciálního tlaku nasycené vodní páry závisí na teplotě. Čím je teplota vyšší, tím je i vyšší parciální tlak nasycených vodních par. Problém může nastat, pokud pára v konstrukci zkondenzuje. V následujících obrázcích je modře naznačena oblast, kde může docházet ke kondenzaci vodní páry.

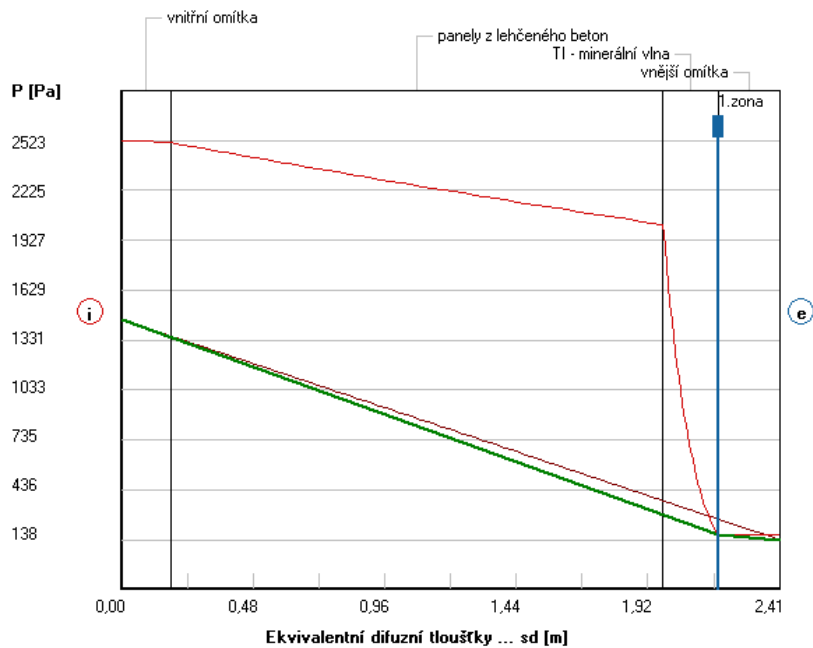
Vodní pára postupuje do konstrukce tím více, čím vyšší je její součinitel difuze vodní páry  $\delta$  ( $s = \text{kg}/(\text{s}\cdot\text{m}\cdot\text{Pa})$ ). Prostupuje tím méně, čím větší je difuzní odpor, který je poměrem tloušťky materiálu a součinitelem difuze vodní páry. Faktor difuzního odporu  $\mu$  je bezrozměrná velična, která vyjadřuje kolikrát lépe propouští vodní páru nehybná vrstva vzduhu než materiál stejné tloušťky.



**Graf 3.6** Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace nezateplené stěny

Určení oblasti kondenzace:

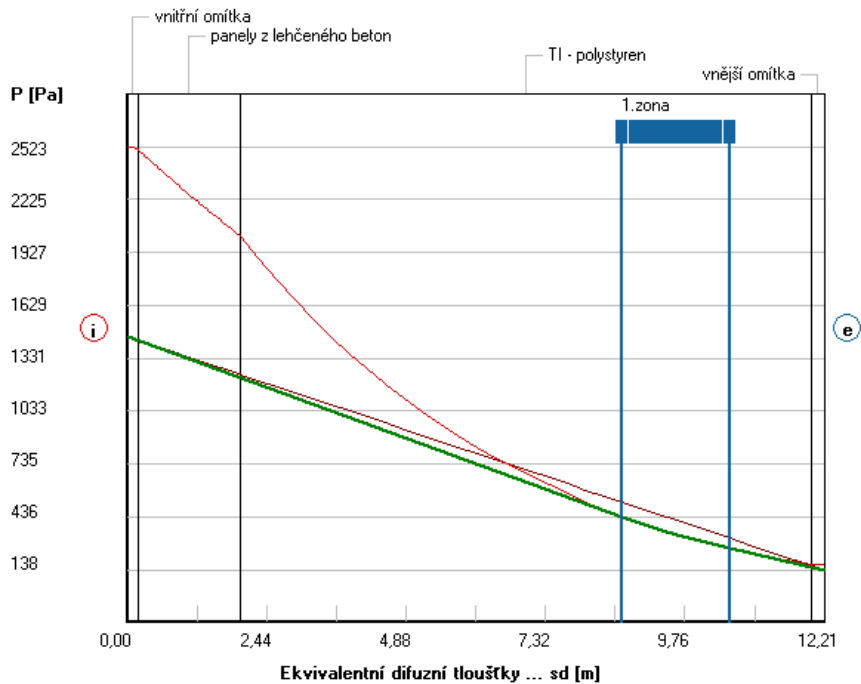
- stanovení průběhu teplot v kci
- určení difuzního odporu  $k_{ce} z_p = d/\delta = s_d/\delta_o$
- vynesení grafu s měřítkem tlaků a difuzních odporů (ekvivalentních dif. tlouštěk)
- vynesení  $p_{v,sat}$  částečného tlaku nasycené vodní páry (dle průběhu teplot) - červeně
- vynesení  $p_v$  částečného tlaku vodní páry (z  $p_{vi}$  a  $p_{ve}$ ) - hnědě
- určení oblasti kondenzace (pomocí tečen z  $p_{vi}$  a  $p_{ve}$ ) - modře - modře



**Graf 3.7** Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené minerální vlnou

Pokud uděláme v předchozím grafu tečny z bodů  $p_{vi}$  a  $p_{ve}$  k  $p_{v,sat}$ , zjistíme, že ke kondenzaci dochází na rozhraní vrstev materiálů, v tzv. kondenzační rovině.

Následující obrázek zobrazuje rozložení vodní páry v konstrukci zateplené polystyrenem.



**Graf 3.8** Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené polystyrenem

Ve všech variantách konstrukcí dochází ke kondenzaci vodní páry. Množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry vyčísluje následující tabulka.

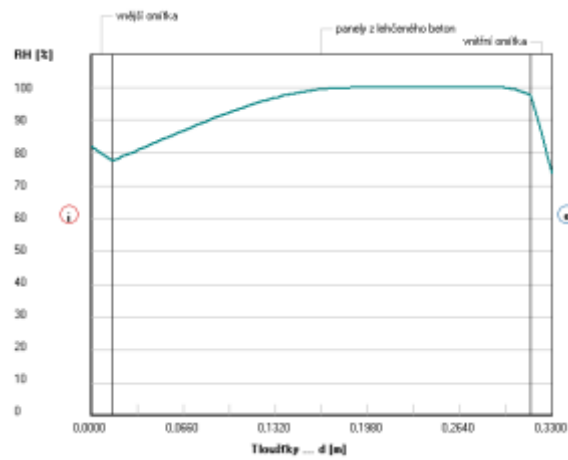
**Tabulka 3.3** Množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry v konstrukci

Stav konstrukce	Množství zkondenzované vodní páry za rok $M_{c,a}$ [kg/(m <sup>2</sup> rok)]	Množství vypařitelné vodní páry za rok $M_{ev,a}$ [kg/(m <sup>2</sup> rok)]	Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než [°C]
Bez zateplení	0,0602	5,5846	-5
po zateplení minerální vlnou	0,1690	8,0606	0
po zateplení polystyrenem	0,0060	1,2839	0

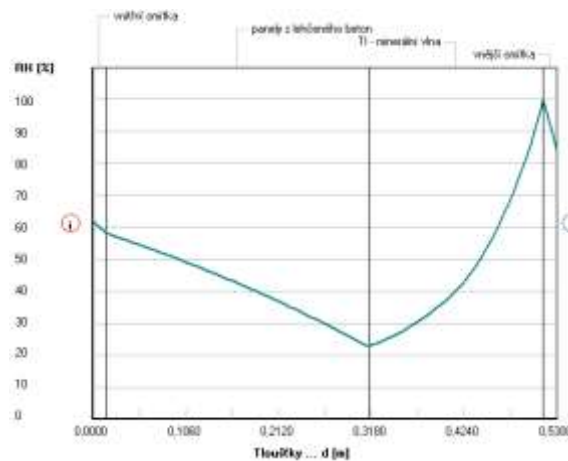
U všech variant dochází ke kondenzaci vodní páry, tato vodní pára se však v průběhu roku odpaří.



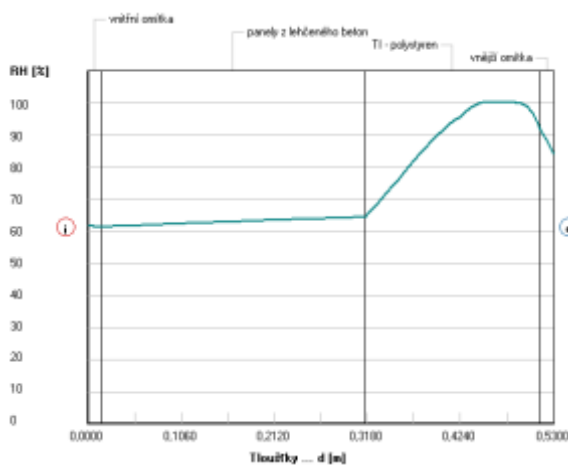
## Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci



Graf 3.9 Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci nezateplené stěny



Graf 3.10 Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené minerální vatou



Graf 3.11 Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené polystyrenem

## 4 ZÁVĚR

Energetické hodnocení budov je téma, kterému je v poslední době věnována velká pozornost. Jedním z důvodů může být problém s globálním oteplováním planety a fakt, že na celkové spotřebě energie se z více jak 40 % podílí právě budovy. Na tento problém se snaží zareagovat evropská unie vytvořením směrnice o energetické náročnosti budov, kterou si jednotlivé členské státy postupně implementují do svých vyhlášek a norem.

Energetickou náročnost budovy můžeme ovlivnit nejvíce již v prvních fázích návrhu, v těchto fázích můžeme snadno na základě předběžného výpočtu určit ENB a návrh budovy a jejích technických systémů snadno a bez vyšších finančních nákladů optimalizovat. S dalšími stupni projektové dokumentace se snižuje možnost účinného zásahu k ovlivnění energetické náročnosti budovy. Může se stát, že po vypracování průkazu energetické náročnosti budovy na hotovou projektovou dokumentaci objekt nevyhoví požadavkům a za cenu vysokých finančních nákladů musí být přepracován.

Nové budovy však tvoří pouze část, která se podílí na celkové spotřebě energie. Je třeba se zaměřit na rekonstrukce stávajících budov. I při rekonstrukcích musím plnit požadavky na energetickou náročnost budovy. Je třeba navrhovat ekonomicky, energeticky a ekologicky vhodná opatření pro snížení energetické náročnosti budovy. Ukázkou rekonstrukce budovy se snahou snížit její energetickou náročnost na úroveň budovy s téměř nulovou spotřebou energie je objekt mateřské školy ve Vedrovicích, jehož energetickým zhodnocením jsem se zabývala v této diplomové práci a na základě kterého jsem mohla vyvodit následující závěry. Zateplením objektu a výměnou otvorových výplní mohu zvýšit kvalitu obálky budovy a tím výrazně snížit celkovou energetickou náročnost budovy, zejména potřebu tepla na vytápění. Po zateplení objektu je vyžadováno provedení dalších opatření k optimalizaci provozu v budově, zejména vyregulování otopného systému většinou spojené s pořízením nového zdroje tepla. Po potřebě tepla na vytápění je většinou další nejvýraznější položkou spotřeby energie v objektu potřeba energie na přípravu teplé vody, případně energie na osvětlení a provoz spotřebičů. Při snižování energetické náročnosti budovy bychom se měli zaměřit na využívání energeticky obnovitelných zdrojů. Problémem ke zvýšení využívání energie z těchto zdrojů je většinou vysoká počáteční investice a dlouhá doba návratnosti opatření. Nemůžeme zapomenout ani na zajištění kvality vnitřního prostředí, kterého dosáhneme při udržení nízké úrovně energetické náročnosti většinou pouze instalací systému nuceného větrání se ZZT. Uvedené opatření je opět velmi finančně náročné.

Česká republika si stejně jako ostatní státy EU stanovila velký cíl, a to od roku 2020 stavět všechny nové budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Tedy budovy, které budou mít kvalitnější obálku budovy, dobře navržené a regulovatelné technické systémy, které budou z velké míry využívat energii z obnovitelných zdrojů a vhodné parametry vnitřní prostředí. Jakým způsobem se k tomuto požadavku dokáží postavit projektanti budov a technických zařízení, zda je opravdu reálné snížit spotřebu energie v českých budovách, ukáže čas.

## 5 POUŽITÉ ZDROJE

### *Zákony, vyhlášky, normy*

ZÁKON Č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií

VYHLÁŠKA Č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti (nejaktuálnější novel č. 230/2015)

VYHLÁŠKA Č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku

NORMA ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov

### *Elektronické zdroje a použitá literatura*

#### *Elektronické zdroje*

<http://stavba.tzb-info.cz/>

<http://www.mpo.cz/>

<http://www.moje-uspora.cz/>

<http://www.sanceprobudovy.cz/>

<http://www.pasivnidomy.cz/>

<http://atelier-dek.cz/>

<http://stavebni-fyzika.cz/>

<http://www.casopisstavebnictvi.cz/>

<http://www.isover.cz/>

<http://www.nizkoenergetickedomyonline.cz/>

<http://www.szu.cz/>

#### *Literatura*

podklady ze semináře Centra pasivního domu Úvod do navrhování pasivních a nulových domů

DEK/TIME časopis společnosti DEK pro projektanty a architekty

### *Obrazové zdroje*

Pokud došlo k využití obrázku z internetových stránek, zdroj je vždy uveden přímo u daného obrázku.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A OZNAČENÍ

### *Zkratky*

- PHPP – Passivhaus projektierungspaket  
PENB – průkaz energetické náročnosti budovy  
BD – bytový dům  
RD – rodinný dům  
ENB – energetická náročnost budovy  
ENRB – energetická náročnost referenční budovy  
EVP – energeticky vztažná plocha  
EU – Evropská unie  
TI – tepelná izolace  
ZZT – zpětné získávání tepla  
LED – light-emitting diode  
TČ – tepelné čerpadlo  
OZE – obnovitelné zdroje energie  
KCE – konstrukce  
TRV – termoregulační ventil  
TV – teplá voda  
ÚT – ústřední topení  
COP – coefficient of performance, topná faktor  
FV – fotovoltaika  
TZL – tuhé znečišťující látky  
VOC – volatile organic compounds, těkavé uhlovodíky

### *Fyzikální veličiny*

- U – součinitel prostupu tepla [ $W/(m^2K)$ ]  
c – koncentrace [ppm]  
 $\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti [ $W/(mK)$ ]  
c – měrná tepelná kapacita [ $J/(kgK)$ ]  
 $\psi$  – lineární činitel prostupu tepla [ $W/(mK)$ ]  
n – násobnost výměny vzduchu [ $h^{-1}$ ]  
S – plocha [ $m^2$ ]  
t – čas [s], teplota [ $^{\circ}C$ ]  
V – objemový průtok [ $m^3/h$ ]  
 $\rho$  – hustota [ $kg/m^3$ ]  
 $\varphi$  – relativní vlhkost [%]

H – měrná tepelná ztráta [W/K]  
T – termodynamická teplota [K]  
P – příkon [W]  
Q – výkon fotovoltaických článků [kWp]

### ***Indexy***

m – střední  
i – interiér  
e – exteriér

## 7 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

### *Obrázky a grafy*

<b>Obrázek 1.1</b> Sunlighthouse, Vídeň .....	15
<b>Obrázek 1.2</b> Ukázka PENB pro bytový dům a ukázka PENB pro veřejnou budovu v Anglii a Walesu.....	17
<b>Obrázek 1.3</b> Ukázka PENB pro budovy v Portugalsku .....	18
<b>Obrázek 1.4</b> Grafický výstup průkazu energetické náročnosti budovy v České republice .....	26
<b>Graf 1.5</b> Potenciál úspor na vytápění u domů s nízkou EN .....	27
<b>Obrázek 1.6</b> Využití slunolamů a jejich funkce v zimě a v létě .....	30
<b>Obrázek 1.7</b> Typické parametry konstrukcí NED domů a domů s téměř nulovou spotřebou energie .....	31
<b>Obrázek 1.8</b> Varianty řešení, vlevo okno usazené na líci obvodového zdiva, vpravo do nosného izolačního profilu .....	40
<b>Obrázek 1.9</b> Varianta 1. okno usazené na líci obvodového zdiva, lineární činitel prostupu tepla osazení; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015 .....	41
<b>Obrázek 1.10</b> Varianta 2. okno usazené do nosného izolačního profilu, lineární činitel prostupu tepla osazení; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015.....	41
<b>Obrázek 1.11</b> Optické porovnání velikosti okenních otvorů na vliv solárních zisků; zdroj časopis DEKTIME, ročník 2015.....	42
<b>Graf 1.12</b> Složky vnitřního prostředí .....	42
<b>Obrázek 1.13</b> Datalogger S3120 firmy Comet.....	44
<b>Obrázek 1.14</b> Diagram vlivu teploty a relativní vlhkosti na komfort vnitřního prostředí .....	45
<b>Obrázek 1.15</b> Snímek z nesprávně nastavené termovizní kamery (vliv emisivity) .....	47
<b>Obrázek 1.16</b> Snímek při působení přímého slunečního záření na povrch budovy .....	47
<b>Obrázek 1.17</b> Ukázka pracovního prostředí programu Energie 2015, zadávání energonositelů .....	49
<b>Obrázek 1.18</b> Ukázka grafického výstupu z programu Area 2015 .....	50
<b>Obrázek 1.19</b> Ukázka pracovního prostředí programu Area 2015, vykreslení 2D teplotního pole .....	50
<b>Obrázek 1.20</b> Ukázka výstupu z programu Teplo 2015, minimální požadované vnitřní povrchové teploty .....	51
<b>Obrázek 1.21</b> Ukázka zadávání konstrukce do programu Teplo 2015.....	51
<b>Obrázek 1.22</b> Ukázka pracovního prostředí programu Ztráty 2015 .....	522
<b>Obrázek 1.23</b> Ukázka pracovního prostředí programu Energetika 2015, identifikace budovy ..	53
<b>Obrázek 1.24</b> Ukázka pracovního prostředí programu Tepelná technika 1D, zadávání obvodové stěny.....	53
<b>Obrázek 2.1</b> Budova mateřské školy ve Vedrovicích .....	55
<b>Obrázek 2.2</b> Mateřská škola v leteckém pohledu s popisem částí objektu .....	57
<b>Obrázek 2.3</b> Umístění objektu mateřské školy v obci Vedrovice.....	58
<b>Obrázek 2.4</b> Luxfery prosvětlující šatnu pro mladší děti a dveře dřevěné s jedním sklem .....	59

<b>Obrázek 2.5</b> Vchodové dveře – dveře kovové s jedním sklem .....	59
<b>Obrázek 2.6</b> Okna zdvojená .....	60
<b>Obrázek 2.7</b> Kondenzační plynové kotle De Dietrich Innovens MCA 45 .....	60
<b>Obrázek 2.8</b> Rozdělovač a sběrač a 3 větve otopné soustavy .....	61
<b>Obrázek 2.9</b> Schéma systému regulace kotelny .....	62
<b>Obrázek 2.10</b> Otopné těleso článkové v dětské herně a regulace otopných těles .....	62
<b>Obrázek 2.11</b> Nepřímotopný ohřívač vody De Dietrich BPB 300, přímotopný ohřívač Dražice OKCE 125 .....	63
<b>Obrázek 2.12</b> Osvětlení – klasické žárovky, lineární zářivky.....	63
<b>Graf 2.13</b> Rozložení spotřeby zemního v letech 2012 - 2014 .....	65
<b>Graf 2.14</b> Rozložení spotřeby zemního plynu v roce 2013 .....	66
<b>Graf 2.15</b> Srovnání spotřeby zemního plynu pro roky 2012 a 2013 .....	66
<b>Graf 2.16</b> Počet denostupňů v letech 2010 – 2015 a srovnání s dlouhodobým průměrem.....	67
<b>Graf 2.17</b> Grafické porovnání spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu pro roky 2012 – 2014 .....	68
<b>Graf 2.18</b> Grafické porovnání spotřeby elektřiny v nízkém a vysokém tarifu pro roky 2012 – 2014 .....	69
<b>Obrázek 2.19</b> Grafické porovnání ceny elektřiny v dvoutarifové sazbě C25d od roku 2012 do roku 2015.....	70
<b>Graf 2.20</b> Grafické porovnání výdajů za elektřinu a zemní plyn pro roky 2012 – 2014.....	71
<b>Obrázek 2.21</b> Rozdělení prvního nadzemního podlaží budovy na zóny.....	74
<b>Obrázek 2.22</b> Rozdělení druhého nadzemního podlaží budovy na zóny.....	74
<b>Graf 2.23</b> Procentuální zastoupení tepelných ztrát objektu.....	78
<b>Obrázek 2.24</b> Ukázka pracovního prostředí Programu pro datalogery 4.0.13.3 .....	81
<b>Obrázek 2.25</b> Umístění dataloggeru v budově mateřské školy v prvním nadzemním podlaží....	81
<b>Obrázek 2.26</b> Upevnění dataloggeru a umístění v místnosti herny mateřské školy .....	82
<b>Graf 2.27</b> Grafický výstup z programu Program pro datalogery 4.0.13.3.....	82
<b>Graf 2.28</b> Srovnání průběhu teplot během dne od 23. 2. do 27. 2. 2015 v herně MŠ .....	87
<b>Graf 2.29</b> Srovnání průběhu vlhkostí během dne od 23. 2. do 27. 2. 2015 v herně MŠ.....	87
<b>Graf 2.30</b> Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření .....	91
<b>Graf 2.31</b> Srovnání spotřeby elektrické energie na osvětlení před a po opatření.....	93
<b>Graf 2.32</b> Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření .....	95
<b>Graf 2.33</b> Závislost součinitele prostupu tepla na tloušťce TI.....	96
<b>Graf 2.34</b> Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření .....	97
<b>Graf 2.35</b> Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření .....	98
<b>Graf 2.36</b> Srovnání spotřeby energie na vytápění před a po opatření .....	99
<b>Graf 2.37</b> Srovnání spotřeby energie na přípravu TV .....	100
<b>Graf 2.38</b> Vliv jednotlivých opatření na úsporu energie v budově .....	102
<b>Graf 2.39</b> Grafické zhodnocení celkové úspory za energii po provedení varianty č. 1 .....	104
<b>Graf 2.40</b> Grafické zhodnocení celkové úspory za energii po provedení varianty č. 2.....	105
<b>Obrázek 2.41</b> Schéma přesunu místnosti kotelny .....	106
<b>Obrázek 2.42</b> Komponenty systému pro termický ohřev solárními kolektory .....	109
<b>Obrázek 2.43</b> Komponenty systému pro ohřev vody fotovoltaickými panely .....	110

<b>Obrázek 2.44</b> Ukázka prostředí aplikace PVGIS .....	112
<b>Obrázek 2.45</b> Produkce elektrické energie za jednotlivé měsíce .....	112
<b>Graf 2.46</b> Grafické zobrazení průměrných zisků v kWh během jednotlivých měsíců a zobrazení úhlu odklonu slunce od horizontu a azimutu slunce .....	113
<b>Graf 2.47</b> Porovnání solárních zisků v závislosti na sklonu fotovoltaického panelu .....	113
<b>Graf 2.48</b> Porovnání solárních zisků v závislosti na sklonu fotovoltaického panelu .....	113
<b>Graf 2.49</b> Úspora energie po provedení varianty č. 3 .....	115
<b>Graf 2.50</b> Poměr investic a úspory nákladů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 2.51</b> Celková dodaná energie do budovy pro jednotlivé varianty ve srovnání se stávajícím stavem.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 2.52</b> Grafické porovnání emisí CO <sub>2</sub> pro stávající stav a navrhované varianty	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 2.53</b> Grafické porovnání emisí ostatních látek pro stávající stav a navrhované varianty	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 2.54</b> Mapa trvání slunečního svitu v České republice .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 2.55</b> Mapa dopadajícího slunečního záření ve W/m <sup>2</sup> za rok	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Graf 3.1</b> Průběh teploty v závislosti na tloušťce materiálů u nezateplené konstrukce .....	132
<b>Graf 3.2</b> Průběh teploty v závislosti na tloušťce materiálů u zateplené konstrukce .....	1333
<b>Graf 3.3</b> Grafy průběhu teplot v závislosti na ekvivalentní difuzní tloušťce .....	1333
<b>Graf 3.4</b> Vnitřní povrchové teploty u nezateplené konstrukce (varianta 1) .....	1344
<b>Graf 3.5</b> Vnitřní povrchové teploty u zateplené konstrukce (varianta 2,3) .....	1344
<b>Graf 3.6</b> Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace nezateplené stěny....	1355
<b>Graf 3.7</b> Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené minerální vlnou .....	1355
<b>Graf 3.8</b> Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené polystyrenem .....	1366
<b>Graf 3.9</b> Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci nezateplené stěny.....	1377
<b>Graf 3.10</b> Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené minerální vatou .....	1377
<b>Graf 3.11</b> Rozložení relativní vlhkosti v konstrukci a oblast kondenzace stěny zateplené polystyrenem .....	1377

## **Tabulky**

<b>Tabulka 1.1</b> Přehled polystyrenových izolací a jejich základních fyzikálních vlastností .....	322
<b>Tabulka 1.2</b> Přehled minerálních izolací a jejich základních fyzikálních vlastností.....	322
<b>Tabulka 1.3</b> Přehled vlastností izolací z pěnového skla, PUR, PIR pěny.....	32
<b>Tabulka 1.4</b> Přehled vlastností izolací z obnovitelných surovin.....	323
<b>Tabulka 2.1</b> Údaje o čerpadlech v systému vytápění a TV.....	644
<b>Tabulka 2.2</b> Tabulka pro srovnání fakturované spotřeby s denostupni .....	68
<b>Tabulka 2.3</b> Tabulka spotřeb elektřiny za roky 2012 - 2014 .....	69
<b>Tabulka 2.4</b> Tabulka cen elektřiny za nízký a vysoký tarif.....	70
<b>Tabulka 2.5</b> Tabulka celkových ročních nákladů za elektřinu .....	70
<b>Tabulka 2.6</b> Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2012.....	71



<b>Tabulka 2.7</b> Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2013 .....	71
<b>Tabulka 2.8</b> Přehled základních údajů o energetických vstupech pro rok 2014 .....	71
<b>Tabulka 2.9</b> Konstrukce na systémové hranici budovy – stěna obvodová .....	72
<b>Tabulka 2.10</b> Konstrukce na systémové hranici budovy – stěna k nevytápěnému prostoru .....	72
<b>Tabulka 2.11</b> Konstrukce na systémové hranici budovy – střecha plochá .....	72
<b>Tabulka 2.12</b> Konstrukce na systémové hranici budovy – podlaha na zemině .....	73
<b>Tabulka 2.13</b> Konstrukce na systémové hranici budovy – otvorové výplně .....	73
<b>Tabulka 2.14</b> Rozdělení budovy na zóny .....	73
<b>Tabulka 2.15</b> Ukázka části tabulky z normy ČSN 73 0540-2:2011 pro hodnoty normového součinitele prostupu tepla .....	75
<b>Tabulka 2.16</b> Porovnání obalových konstrukcí s požadavky normy .....	76
<b>Tabulka 2.17</b> Porovnání otvorových výplní s požadavky normy .....	76
<b>Tabulka 2.18</b> Klasifikace prostupu tepla obálkou budovy dle ČSN 73 0540-2:2011 .....	77
<b>Tabulka 2.19</b> Rozložení tepelných ztrát pro jednotlivé zóny .....	78
<b>Tabulka 2.20</b> Vliv teploty vzduchu a relativní vlhkosti vzduchu na teplotu rosného bodu .....	83
<b>Tabulka 2.21</b> Provoz mateřské školy .....	86
<b>Tabulka 2.22</b> Maximální a minimální hodnoty teplot a vlhkostí v průběhu jednotlivých dní .....	87
<b>Tabulka 2.23</b> Venkovní teploty v období od 21. února 2015 do 7. března 2015 .....	88
<b>Tabulka 2.24</b> Výchozí stav spotřeb energií bez opatření ve výpočtovém modelu .....	89
<b>Tabulka 2.25</b> Opatření č. 1 – pořízení TRV .....	900
<b>Tabulka 2.26</b> Opatření č. 2 – Výměna osvětlení .....	93
<b>Tabulka 2.27</b> Součinitel prostupu tepla otvorových výplní .....	94
<b>Tabulka 2.28</b> Opatření č. 3 – výměna otvorových výplní .....	94
<b>Tabulka 2.29</b> Součinitel prostupu tepla obvodové stěny .....	95
<b>Tabulka 2.30</b> Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy .....	95
<b>Tabulka 2.31</b> Deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti izolace a jejich přepočet na výpočtovou hodnotu .....	96
<b>Tabulka 2.32</b> Opatření č. 4 – zateplení obvodových stěn a na ně navazujících konstrukcí .....	97
<b>Tabulka 2.33</b> Deklarované hodnoty součinitele tepelné vodivosti izolace a jejich přepočet na výpočtovou hodnotu .....	98
<b>Tabulka 2.34</b> Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy .....	98
<b>Tabulka 2.35</b> Opatření č. 5 – zateplení ploché střechy .....	98
<b>Tabulka 2.36</b> Nutné tloušťky izolace při plnění podmínek normy .....	999
<b>Tabulka 2.37</b> Opatření č. 6 – zateplení obvodových stěn a na ně navazujících konstrukcí .....	99
<b>Tabulka 2.38</b> Opatření č. 7 – Výměna kohoutkových baterií za pákové baterie .....	100
<b>Tabulka 2.39</b> Opatření č. 8 – Nucené větrání se ZZT .....	102
<b>Tabulka 2.40</b> Přehled jednotlivých opatření s přibližnou dobou návratnosti, jejich ekonomické zhodnocení .....	103
<b>Tabulka 2.41</b> Přehled použití jednotlivých opatření v navrhovaných variantách .....	103
<b>Tabulka 2.42</b> Energetické zhodnocení - varianta č. 1 .....	10303
<b>Tabulka 2.43</b> Ekonomické zhodnocení - varianta č. 1 .....	104
<b>Tabulka 2.44</b> Energetické zhodnocení - varianta č. 2 .....	1044
<b>Tabulka 2.45</b> Ekonomické zhodnocení - varianta č. 2 .....	105

<b>Tabulka 2.46</b>	Opatření č. 9 – přesun technické místnosti, úspora energie za přípravu TV .....	107
<b>Tabulka 2.47</b>	Faktory celkové primární energie a neobnovitelné primární energie .....	107
<b>Tabulka 2.48</b>	Opatření č. 10 – FV systém pro přípravu TV a osvětlení .....	114
<b>Tabulka 2.49</b>	Opatření č. 10 – FV systém pro přípravu TV.....	114
<b>Tabulka 2.50</b>	Energetické zhodnocení - varianta č. 3 .....	115
<b>Tabulka 2.50</b>	Ekonomické zhodnocení - varianta č. 3.....	1156
<b>Tabulka 2.51</b>	Opatření č. 11 – TČ pro systém vytápění a TV.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Tabulka 2.52</b>	Přehled ekonomického zhodnocení všech variant.....	119
<b>Tabulka 2.53</b>	Přehled energetického zhodnocení všech variant .....	12020
<b>Tabulka 2.54</b>	Emise elektrické energie .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Tabulka 2.55</b>	Emise zemního plynu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.1</b>
<b>Tabulka 2.56</b>	Celkové množství emisí všech energonositelů pro stávající stav .....	122
<b>Tabulka 2.57</b>	Srovnání množství emisí s původním stavem .....	122
<b>Tabulka 2.58</b>	Přehled hodnotících ukazatelů energetické náročnosti	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
<b>Tabulka 3.1</b>	Vypočtené parametry pro jednotlivé kce získané v programu Teplo 2015 .....	131
<b>Tabulka 3.2</b>	Vlastnosti hodnocených tepelných izolantů .....	1322
<b>Tabulka 3.3</b>	Množství zkondenzované a vypařitelné vodní páry v konstrukci.....	1366

## PŘÍLOHY

Detailnější vyhodnocení jednotlivých variant z hlediska plnění požadavků dané vyhláškou č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov na budovu s téměř nulovou spotřebou energie, rozšiřuje hodnocení ze strany č. 123 (kapitola 2.3.1 Budova s téměř nulovou spotřebou energie).

### Pro variantu č. 1

#### VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE KRITÉRIÍ PRO BUDOVU S TĚMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE DLE VYHLÁŠKY MPO ČR č. 78/2013 Sb.

##### Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. prům. souč. prostupu tepla $U_{em,R}$ =	0,30 W/m <sup>2</sup> K
pro zařídění do klasif. třídy se použije	0,35 W/m <sup>2</sup> K

<b>Výsledky výpočtu:</b>	
průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ :	0,33 W/m <sup>2</sup> K

**$U_{em} > U_{em,R}$  ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Klasifikační třída: **C (úsporná)**

Tento požadavek by bylo možné splnit, pokud bychom alespoň v části objektu zateplili podlahu na zemině a tím zmírnili vliv tepelných vazeb.

##### Požadavek na celkovou dodanou energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná dodaná energie $EP,A,R$ :	98 kWh/(m <sup>2</sup> .a)
pro zařídění do klasif. třídy se použije	108 kWh/(m <sup>2</sup> .a)

<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná dodaná energie $EP,A$ :	82 kWh/(m <sup>2</sup> .a)

**$EP,A < EP,A,R$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Klasifikační třída: **C (úsporná)**

##### Požadavek na neobnovitelnou primární energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná neob. prim. energie $E_{pN,A,R}$ :	104 kWh/(m <sup>2</sup> .a)
pro zařídění do klasif. třídy se použije	127 kWh/(m <sup>2</sup> .a)

<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná neob. prim. energie $E_{pN,A}$ :	109 kWh/(m <sup>2</sup> .a)

**$E_{pN,A} > E_{pN,A,R}$  ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Klasifikační třída: **C (úsporná)**

Tento požadavek by mohl být splněn, pokud bychom zavedli ještě některá opatření, například z varianty č. 2. Při níž se dostáváme k následujícím hodnotám:

### Pro variantu č. 2

##### Požadavek na celkovou dodanou energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná dodaná energie $EP,A,R$ :	96 kWh/(m <sup>2</sup> .a)

pro zatřídění do klasif. třídy se použije	107 kWh/(m2.a)
<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná dodaná energie EP,A:	77 kWh/(m2.a)
<b>EP,A &lt; EP,A,R ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.</b>	
Klasifikační třída:	<b>B (velmi úsporná)</b>

#### Požadavek na neobnovitelnou primární energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná neob. prim. energie E,pN,A,R:	105 kWh/(m2.a)
pro zatřídění do klasif. třídy se použije	128 kWh/(m2.a)
<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná neob. prim. energie E,pN,A:	100 kWh/(m2.a)
<b>E,pN,A &lt; E,pN,A,R ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.</b>	
Klasifikační třída:	<b>C (úsporná)</b>

Hodnotu neobnovitelné primární energie můžeme ještě snížit zařazením opatření využívajících OZE. Tato opatření byla zařazena do variant č. 3 a č. 4. Ve variantě č. 3 opět došlo ke snížení hodnoty celkové dodané energie a neobnovitelné primární energie.

### Pro variantu č. 3

#### Požadavek na celkovou dodanou energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná dodaná energie EP,A,R:	95 kWh/(m2.a)
pro zatřídění do klasif. třídy se použije	105 kWh/(m2.a)
<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná dodaná energie EP,A:	75 kWh/(m2.a)
<b>EP,A &lt; EP,A,R ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.</b>	
Klasifikační třída:	<b>B (velmi úsporná)</b>

#### Požadavek na neobnovitelnou primární energii (§6)

<b>Požadavek:</b>	
ref. měrná neob. prim. energie E,pN,A,R:	104 kWh/(m2.a)
pro zatřídění do klasif. třídy se použije	126 kWh/(m2.a)
<b>Výsledky výpočtu:</b>	
měrná neob. prim. energie E,pN,A:	87 kWh/(m2.a)
<b>E,pN,A &lt; E,pN,A,R ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.</b>	
Klasifikační třída:	<b>B (velmi úsporná)</b>

Ve variantě č. 3 se počítá s pořízením fotovoltaických panelů pro přípravu teplé vody. Instalace těchto systémů je technicky možná, z hlediska ekologického dojde instalací systému ke snížení množství neobnovitelné primární energie oproti původnímu stavu. Z hlediska ekonomického je však nelze doporučit, protože doba návratnosti této investice je delší než doba životnosti systému.

Následující příloha je doplněním kapitoly 2.2.3.6 Průkaz energetické náročnosti budovy ze strany 77.

## Protokol k průkazu energetické náročnosti budovy

### Účel zpracování průkazu

<input type="checkbox"/> Nová budova	<input type="checkbox"/> Budova užívaná orgánem veřejné moci
<input type="checkbox"/> Prodej budovy nebo její části	<input type="checkbox"/> Pronájem budovy nebo její části
<input type="checkbox"/> Větší změna dokončené budovy	
<input checked="" type="checkbox"/> Jiný účel zpracování:	

### Základní informace o hodnocené budově

Identifikační údaje budovy	
Adresa budovy (místo, ulice, popisné číslo, PSČ):	Vedrovice 290 Vedrovice 671 75
Katastrální území:	Zábrdovice u Vedrovic [798754]
Parcelní číslo:	p. č. st. 209
Datum uvedení budovy do provozu (nebo předpokládané datum uvedení do provozu):	1986
Vlastník nebo stavebník:	Obecní úřad Vedrovice
Adresa:	Vedrovice 326 Vedrovice 671 75
IČ:	002 937 41
Tel./e-mail:	+420 725 008 802 / obecvedrovice@iol.cz

Typ budovy		
<input type="checkbox"/> Rodinný dům	<input type="checkbox"/> Bytový dům	<input type="checkbox"/> Budova pro ubytování a stravování
<input type="checkbox"/> Administrativní budova	<input type="checkbox"/> Budova pro zdravotnictví	<input checked="" type="checkbox"/> Budova pro vzdělávání
<input type="checkbox"/> Budova pro sport	<input type="checkbox"/> Budova pro obchodní účely	<input type="checkbox"/> Budova pro kulturu
<input type="checkbox"/> Jiné druhy budovy:		

Geometrické charakteristiky budovy		
Parametr	jednotky	hodnota
Objem budovy V (objem částí budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	[m <sup>3</sup> ]	2 463,7
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	[m <sup>2</sup> ]	1 538,4
Objemový faktor tvaru budovy A/V	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,62
Celková energeticky vztažná plocha budovy A <sub>c</sub>	[m <sup>2</sup> ]	686,2

Druhy energie (energonositele) užívané v budově	
<input type="checkbox"/> Hnědé uhlí	<input type="checkbox"/> Černé uhlí
<input type="checkbox"/> Topný olej	<input type="checkbox"/> Propan-butan/LPG
<input type="checkbox"/> Kusové dřevo, dřevní štěpka	<input type="checkbox"/> Dřevěné peletky
<input checked="" type="checkbox"/> Zemní plyn	<input checked="" type="checkbox"/> Elektřina
<input type="checkbox"/> Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): <u>podíl OZE:</u> <input type="checkbox"/> do 50 % včetně, <input type="checkbox"/> nad 50 do 80 %, <input type="checkbox"/> nad 80 %	
<input type="checkbox"/> Energie okolního prostředí (např. sluneční energie): <u>účel:</u> <input type="checkbox"/> na vytápění, <input type="checkbox"/> pro přípravu teplé vody, <input type="checkbox"/> na výrobu elektrické energie	
<input type="checkbox"/> Jiná paliva nebo jiný typ zásobování:	

Druhy energie dodávané mimo budovu		
<input type="checkbox"/> Elektřina	<input type="checkbox"/> Teplo	<input checked="" type="checkbox"/> Žádné

## Informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech

### A) stavební prvky a konstrukce

#### a.1) požadavky na součinitel prostupu tepla

Konstrukce obálky budovy	Plocha $A_j$	Součinitel prostupu tepla			Činitel tepl. redukce $b_j$	Měrná ztráta prostupem tepla $H_{T,j}$
		Vypočtená hodnota $U_j$	Referenční hodnota $U_{N,rc,j}$	Splněno		
	[m <sup>2</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[ano/ne]	[-]	[W/K]
Podlaha	52,4	1,27			0,25	16,6
Podlaha na zemině	415,2	1,27			0,26	137,1
Stěna obvodová	398,9	1,16			1,00	462,7
Střecha plochá	467,6	0,73			1,00	341,3
Okna zdvojená	107,0	2,40			1,00	256,8
Luxfery	9,8	3,30			1,00	32,3
Dveře kovové s jední	10,9	5,65			1,00	61,6
Dveře dřevěné	2,9	4,00			1,00	11,6
Dveře balkonové	10,1	2,40			1,00	24,2
Stěna k nevyt. prost	48,7	1,48			0,57	41,1
Dveře k nevyt. prost	1,9	2,00			1,00	3,8
Dveře dřevěné s jedn	12,5	4,00			1,00	50,0
Tepelné vazby						153,8
<b>Celkem</b>	1 538,4	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	1 592,9

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

#### a.2) požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla

Zóna	Převažující návrhová vnitřní teplota	Objem zóny	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla zóny	Součin
	$\theta_{im,j}$	$V_j$	$U_{em,R,j}$	$V_j \cdot U_{em,R,j}$
	[°C]	[m <sup>3</sup> ]	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[W.m/K]
Herní děti	21,3	1 607,0	0,45	723,15
Administrativa	20,0	657,6	0,34	223,58
Kuchyň s vývařovnou	20,0	199,1	0,34	67,69
<b>Celkem</b>	<b>x</b>	2 463,7	<b>x</b>	1 014,42

Budova	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy		
	Vypočtená hodnota $U_{em}$ ( $U_{em} = H_T/A$ )	Referenční hodnota $U_{em,R}$ ( $U_{em,R} = \sum(V_j \cdot U_{em,R,j})/V$ )	Splněno
	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[W/(m <sup>2</sup> K)]	[ano/ne]
Budova jako celek	1,04	0,41	ne

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno u nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou energie a u větší změny dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. a) a písm. b).

## B) technické systémy

### b.1.a) vytápění

Hodnocená budova/zóna	Typ zdroje	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na vytápění	Jmenovitý tepelný výkon	Účinnost výroby energie zdrojem tepla <sup>2)</sup>		Účinnost distribuce energie na vytápění $\eta_{H,dis}$	Účinnost sdílení energie na vytápění $\eta_{H,em}$
					$\eta_{H,gen}$	COP		
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[%]	[-]	[%]	[%]
Referenční budova	<b>x</b> <sup>1)</sup>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	80	--	85	80
Hodnocená budova/zóna:								
Herny dětí Administrativa Kuchyň s vývažnou	Kondenzační kotle De Dietrich	zemní plyn	100,0	2 x 43	93		87	88

Poznámka: <sup>1)</sup> symbol **x** znamená, že není nastaven požadavek na referenční hodnotu,

<sup>2)</sup> v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

### b.1.b) požadavky na účinnost technického systému k vytápění

Hodnocená budova/zóna	Typ zdroje	Účinnost výroby energie zdrojem tepla	Účinnost výroby energie referenčního zdroje tepla	Požadavek splněn
		$\eta_{H,gen}$ nebo $COP_{H,gen}$	$\eta_{H,gen,rq}$ nebo $COP_{H,gen}$	
	[-]	[%]	[%]	[ano/ne]

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).



### b.2.a) chlazení

Hodnocená budova/zóna	Typ systému chlazení	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na chlazení	Jmenovitý chladicí výkon	Chladicí faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Účinnost distribuce energie na chlazení $\eta_{C,dis}$	Účinnost sdílení energie na chlazení $\eta_{C,em}$
	[-]	[-]	[%]	[kW]	[-]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x			
Hodnocená budova/zóna:							

### b.2.b) požadavky na účinnost technického systému k chlazení

Hodnocená budova/zóna	Typ systému chlazení	Chladicí faktor zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Chladicí faktor referenčního zdroje chladu $EER_{C,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[-]	[-]	[ano/ne]

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

### b.3.) větrání

Hodnocená budova/zóna	Typ větracího systému	Energonositel	Tepelný výkon	Chladicí výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na větrání	Jmen. elektr. příkon systému větrání	Jmen. objem. průtok větracího vzduchu	Měrný příkon ventilátoru nuceného větrání $SFP_{ahu}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[m <sup>3</sup> /hod]	[W.s/m <sup>3</sup> ]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	x	1750
Hodnocená budova/zóna:								
Herny děti	přirozené větrání							
Administrativa	přirozené větrání							
Kuchyň s vývařovnou	podtlakové větrání ventilátory	elektrina ze sítě	–	–	100,0	nezjištěno	600,00	1250

### b.4.) úprava vlhkosti vzduchu

Hodnocená budova/zóna	Typ systému vlhčení	Energonositel	Jmenovitý elektrický příkon	Jmenovitý tepelný výkon	Pokrytí dílčí dodané energie na úpravu vlhkosti	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému vlhčení $\eta_{RH+,gen}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	x	
Hodnocená budova/zóna:						

Hodnocená budova/zóna	Typ systému odvlhčení	Energonositel	Jmen. elektr. příkon	Jmen. tepelný výkon	Pokrytí dílčí potřeby energie na úpravu odvlhčení	Jmen. chladicí výkon	Účinnost zdroje úpravy vlhkosti systému odvlhčení $\eta_{RH-,gen}$
	[-]	[-]	[kW]	[kW]	[%]	[kW]	[%]
Referenční budova	x	x	x	x	x	x	
Hodnocená budova/zóna:							

### b.5.a) příprava teplé vody (TV)

Hodnocená budova/zóna	Systém přípravy TV v budově	Energonositel	Pokrytí dílčí potřeby energie na přípravu teplé vody	Jmen. příkon pro ohřev TV	Objem zásobníku TV	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody <sup>1)</sup>		Měrná tepelná ztráta zásobníku teplé vody $Q_{W,st}$	Měrná tepelná ztráta rozvodů teplé vody $Q_{W,dis}$
						$\eta_{W,gen}$	COP		
						[-]	[-]		
Referenční budova	x	x	x	x	x	85	--	7,0	150,0
Hodnocená budova/zóna:									
Herny děti Administrativa	Kondenzační kotle De Dietrich	zemní plyn	100,0	39	300	93		5,6	162,0
Kuchyň s vývařovnou	Elektrický bojler	elektřina ze sítě	100,0	2	125	99		6,4	0,0

Poznámka: <sup>1)</sup> v případě soustavy zásobování tepelnou energií se nevyplňuje

### b.5.b) požadavky na účinnost technického systému k přípravě teplé vody

Hodnocená budova/zóna	Typ systému k přípravě teplé vody	Účinnost zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen}$ nebo $COP_{W,gen}$	Účinnost referenčního zdroje tepla pro přípravu teplé vody $\eta_{W,gen, rq}$ nebo $COP_{W,gen}$	Požadavek splněn
	[-]	[%]	[%]	[ano/ne]

Poznámka: Hodnocení splnění požadavku je vyžadováno jen u větší změny dokončené budovy a při jiné, než větší změně dokončené budovy v případě plnění požadavku na energetickou náročnost budovy podle § 6 odst. 2 písm. c).

### b.6.) osvětlení

Hodnocená budova/zóna	Typ osvětlovací soustavy	Pokrytí dílčí potřeby energie na osvětlení	Celkový elektrický příkon osvětlení budovy	Průměrný měrný příkon pro osvětlení vztážený k osvětlenosti zóny $P_{L,ix}$
	[-]	[%]	[kW]	[W/(m <sup>2</sup> .lx)]
Referenční budova	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	0,10
Hodnocená budova/zóna:				
Herny dětí		100,0	5,9	0,10
Administrativa		100,0	2,2	0,10
Kuchyň s vývařovnou		100,0	0,7	0,10

## Energetická náročnost hodnocené budovy

### a) seznam uvažovaných zón a dílčí dodané energie v budově

Hodnocená budova/zóna	Vytápění $EP_H$	Chlazení $EP_C$	Nucené větrání $EP_F$		Příprava teplé vody $EP_W$	Osvětlení $EP_L$	Výroba z OZE nebo kombinované výroby elektřiny a tepla	
			Bez úpravy vlhčení	S úpravou vlhčením			Pro budovu	Pro budovu i dodávku mimo budovu
Herny dětí	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administrativa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuchyň s vývařovnou	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**b) dílčí dodané energie**

ř.			Vytápění		Chlazení		Větrání		Úprava vlhkosti vzduchu		Příprava teple vody		Osvětlení	
			Ref. budova	Hod. budova	Ref. budova	Hod. budova	Ref. budova	Hod. budova	Ref. budova	Hod. budova	Ref. budova	Hod. budova	Ref. budova	Hod. budova
(1)	Potřeba energie	[MWh/rok]	54,109	116,077			x	x			6,503	6,503	x	x
(2)	Vypočtená spotřeba energie	[MWh/rok]	99,464	163,028			0,212	0,151			17,080	16,081	3,258	3,258
(3)	Pomocná energie	[MWh/rok]	0,978	1,639							0,283	0,524		
(4)	Dílčí dodaná energie (ř.4)=(ř.2)+(ř.3)	[MWh/rok]	100,442	164,667			0,212	0,151			17,363	16,605	3,258	3,258
(5)	Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztahnou plochu (ř.4) / m <sup>2</sup>	[kWh/(m <sup>2</sup> .rok)]	146	240			0	0			25	24	5	5

**c) výrobní energie umístěná v budově, na budově nebo na pomocných objektech**

Typ výroby	Využitelnost vyrobené energie	Vyrobená energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnov. primární energie	Celková primární energie	Neobnov. primární energie
jednotky		[MWh/rok]	[-]	[-]	[MWh/rok]	[MWh/rok]
Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> -teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

Kogenerační jednotka EP <sub>CHP</sub> – elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Fotovoltaické panely EP <sub>PV</sub> – elektřina	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Solární termické systémy Q <sub>H,sc.svs</sub> – teplo	Budova					
	Dodávka mimo budovu					
Jiné	Budova					
	Dodávka mimo budovu					

**d) rozdělení dílčích dodaných energií, celkové primární energie a neobnovitelné primární energie podle energonositelů**

Energonositel	Dílčí vypočtená spotřeba energie / Pomocná energie	Faktor celkové primární energie	Faktor neobnovitelné primární energie	Celková primární energie	Neobnovitelná primární energie
	[MWh/rok]	[-]	[-]	[MWh/rok]	[MWh/rok]
elektřina ze sítě	7,449	3,2	3,0	23,837	22,347
zemní plyn	177,232	1,1	1,1	194,955	194,955
<b>Celkem</b>	184,681	<b>x</b>	<b>x</b>	218,792	217,302

**e) požadavek na celkovou dodanou energii**

(6)	Referenční budova	[MWh/rok]	121,276	Splněno (ano/ne)	ne
(7)	Hodnocená budova		184,681		
(8)	Referenční budova	[kWh/m <sup>2</sup> .rok]	177		
(9)	Hodnocená budova		269		

**f) požadavek na neobnovitelnou primární energii**

(10)	Referenční budova	[MWh/rok]	138,121	Splněno (ano/ne)	ne
(11)	Hodnocená budova		217,302		
(12)	Referenční budova (ř.10 / m <sup>2</sup> )	[kWh/m <sup>2</sup> .rok]	201		
(13)	Hodnocená budova (ř.11 / m <sup>2</sup> )		317		

### g) primární energie hodnocené budovy

(14)	Celková primární energie	[MWh/rok]	218,792
(15)	Obnovitelná primární energie (ř.14 - ř.11)	[MWh/rok]	1,490
(16)	Využití obnovitelných zdrojů energie z hlediska primární energie (ř.15 / ř.14 x 100)	[%]	0,7

### h) hodnoty pro vytvoření hranic klasifikačních tříd

Horní hranice třídy C odpovídají hodnoty:	Celková dodaná energie	[MWh/rok]	103,366
	Neobnovitelná primární energie	[MWh/rok]	122,567
	Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,33
	Dílčí dodané energie: vytápění	[MWh/rok]	82,533
	chlazení	[MWh/rok]	
	větrání	[MWh/rok]	0,212
	úprava vlhkosti vzduchu	[MWh/rok]	
	příprava teplé vody	[MWh/rok]	17,363
	osvětlení	[MWh/rok]	3,258

Tabulka h) obsahuje hodnoty, které se použijí pro vytvoření hranic klasifikačních tříd podle přílohy č. 2.

### Analýza technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie u nových budov a u větší změny dokončených budov

Alternativní systémy	Posouzení proveditelnosti			
	Místní systémy dodávky energie využívající energii z OZE	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	Soustava zásobování tepelnou energii	Tepelné čerpadlo
Technická proveditelnost				
Ekonomická proveditelnost				
Ekologická proveditelnost				
Doporučení k realizaci a zdůvodnění				
Datum vypracování analýzy				
Zpracovatel analýzy				
Energetický posudek	Povinnost vypracovat energetický posudek			
	Energetický posudek je součástí analýzy			
	Datum vypracování energetického posudku			
	Zpracovatel energetického posudku			

## **Doporučená technicky a ekonomicky vhodná opatření pro snížení energetické náročnosti budovy**

Popis opatření	Předpokládaný průměrný součinitel prostupu tepla	Předpokládaná dodaná energie	Předpokládaná neobnovitelná primární energie	Předpokládaná úspora celkové dodané energie	Předpokládaná úspora neobnovitelné primární energie
	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]	[MWh/rok]
<i>Stavební prvky a konstrukce budovy:</i>					
		x	x		
<i>Technické systémy budovy:</i>					
vytápění:	x		x		
chlazení:	x		x		
větrání:	x		x		
úprava vlhkosti vzduchu:	x		x		
příprava teplé vody:	x		x		
osvětlení:	x		x		
<i>Obsluha a provoz systémů budovy:</i>					
	x	x	x		
<i>Ostatní – uveďte jaké:</i>					
	x	x	x		
<b>Celkem</b>	<b>x</b>				

Opatření	Posouzení vhodnosti opatření			
	Stavební prvky a konstrukce budovy	Technické systémy budovy	Obsluha a provoz systémů budovy	Ostatní - uveďte jaké:
Technická vhodnost				
Funkční vhodnost				
Ekonomická vhodnost				
<b>Doporučení k realizaci a zdůvodnění</b>				
<b>Datum vypracování doporučených opatření</b>				
<b>Zpracovatel analýzy</b>				
<b>Energetický posudek</b>	Energetický posudek je součástí analýzy			
	Datum vypracování energetického posudku			
	Zpracovatel energetického posudku			

## **Závěrečné hodnocení energetického specialisty**

<b>Nová budova nebo budova s téměř nulovou spotřebou energie</b>	
• Splňuje požadavek podle § 6 odst. 1	
• Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Větší změna dokončené budovy nebo jiná změna dokončené budovy</b>	
• Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. a)	
• Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. b)	
• Splňuje požadavek podle § 6 odst. 2 písm. c)	
• Plnění požadavků na energetickou náročnost budovy se nevyžaduje	
• Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Budova užívaná orgánem veřejné moci</b>	
• Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Prodej nebo pronájem budovy nebo její části</b>	
• Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	
<b>Jiný účel zpracování průkazu</b>	
• Třída energetické náročnosti budovy pro celkovou dodanou energii	E

## **Identifikační údaje energetického specialisty, který zpracoval průkaz**

Jméno a příjmení	Bc. Adéla Procházková
Číslo oprávnění MPO	-
Podpis energetického specialisty	

## **Datum vypracování průkazu**

Datum vypracování průkazu	21. 12. 2015
---------------------------	--------------



# PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

**Ulice, číslo:** Vedrovice 290  
**PSČ, místo:** 671 75 Vedrovice  
**Typ budovy:** Polyfunkční budova

**Plocha obálky budovy:** 1 538,4 m<sup>2</sup>  
**Objemový faktor tvaru A/V:** 0,62 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>  
**Energeticky vztažná plocha:** 686,2 m<sup>2</sup>

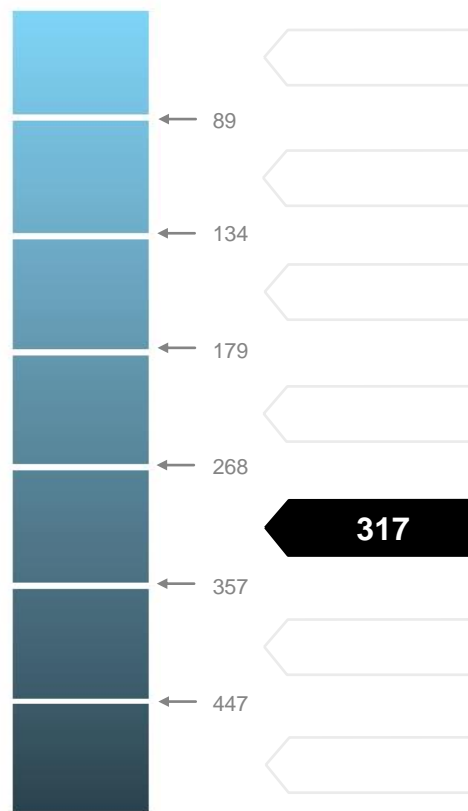


## ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

**Celková dodaná energie**  
(Energie na vstupu do budovy)

**Neobnovitelná primární energie**  
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m<sup>2</sup>·rok)



**Hodnoty pro celou budovu**  
MWh/rok

**184,681**

**217,302**

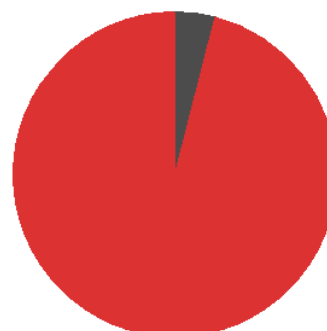
## DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou **Doporučení**

## PODÍL ENERGOZDANĚNOSTI NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



	Elektrina ze sítě: 7,4		---
	Zemní plyn: 177,2		---
	---		---
	---		---
	---		

## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	$U_{em}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	Dílní dodané energie			Měrné hodnoty	kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)	
Mimořádně úsporná							
Mimořádně neekonomická							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>164,66</b>		<b>0,15</b>		<b>16,60</b>	<b>3,25</b>

**Zpracovatel:** Bc. Adéla Procházková  
**Kontakt:** Vedrovice 135  
671 75 Vedrovice

**Osvědčení č.:** -  
**Vyhotoveno dne:** 21. 12. 2015  
**Podpis:**