

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Rekonstrukce budovy s cílem snížení energetické náročnosti
Building Reconstruction due to Energy Consumption Reduction

Student:

Robin Popiolek

Vedoucí práce:

Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Robin Popiolek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí
Téma: **Rekonstrukce budovy s cílem snížení energetické náročnosti**
Building Reconstruction due to Energy Consumption Reduction

Zásady pro vypracování:

1. Popište plán rekonstrukce objektu.
2. Popište průběh realizace rekonstrukce vč. uvedení jednotlivých investičních nákladů.
3. Srovnajte náklady na energie před a po zateplení daného objektu.
4. Zhodnoťte rekonstruovanou budovu prostřednictvím energetického štítku.

Seznam doporučené odborné literatury:

BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. 2. vydání. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2000. 110 s. ISBN 80-902001-1-7.
LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T. *Výpočtové tabulky pro vytápění 9*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2001.
SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. 1. vydání. Praha: SNTL –Nakladatelství technické literatury, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.
VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Praha: Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Praha: Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
ČSN 730540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2012.

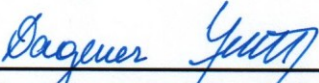
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo na nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užit (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvou s oprávněním užití dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Robin Popiolek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Klempířská 743, 735 32 Rychvald

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Popiolek, R. *Rekonstrukce budovy s cílem snížení energetické náročnosti: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2013, 42 s. Vedoucí práce: Honus, S.

Tato práce se zabývá rekonstrukcí rodinného domu za účelem hospodárnějšího využití energií a snížení finanční náročnosti. Úvodní část je zaměřena na problematiku tepelných ztrát, teorie výpočtu a úsporná opatření. Dále tato práce zahrnuje popis a charakteristiku tepelných izolací. Následuje výpočet tepelných ztrát celého objektu a měrné spotřeby tepla pro udržení konstantní teploty. Druhá polovina práce je věnovaná možným návrhům energetických úsporných opatření včetně zavedení ohřevu užitkové vody za pomoci solárního systému. Poté je je opět vypočtena tepelná ztráta s již zavedenou izolací. Závěr práce je věnován ekonomickému zhodnocení celého projektu a vystavení energetického štítku budovy.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

Popiolek, R. *Building Reconstruction due to Energy Consumption Reduction* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Energy Engineering, 2013, 42 p. Thesis head: Honus, S.

This bachelor work deals with the reconstruction of the family house for economical use of energy and reduction of the financial cost. The first part is focused on the problems of heat loss, theory of computation and austerity measures. Further the bachelor work includes a description of the characteristics of heat insulation. The following is the calculation of the heat loss of the building and the specific consumption of heat to maintain a constant temperature. The second half is devoted to the possible proposals for energy saving measures including the introduction of domestic hot water using solar system. Then the heat loss is again calculated with already established insulation. The conclusion is devoted to the economic assessment of the project and exposure of the label buildings.

Tato bakalářská práce byla vypracována v rámci projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Poděkování

Děkuji panu Ing. Stanislavu Honusovi, Ph.D. a Ing. Jiřímu Nezhodovi, Ph.D za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce.

OBSAH

1	Úvod	9
2	Důvod zatepelní objektu	10
3	Tepelné ztráty	10
4	Problematika výpočtů tepelných ztrát budov	11
5	Tepelná ztráta	12
6	Rozbor tepelných ztrát	14
7	Výpočet spotřeby tepla na vytápění	14
8	Možnosti snížení energetické náročnosti	15
9	Využití alternativních zdrojů energie	16
10	Program zelená úsporám	18
11	Izolační materiály	19
12	Termoizolační fólie	22
13	Energetický štítek budovy	23
14	Charakteristika objektu	25
15	Výpočet tepelných ztrát rodinného domu	27
16	Přehled tepelných ztrát v domě	30
17	Spotřeba tepla na vytápění	32
18	Měrná tepelná spotřeba na vytápění na m ²	32
19	Řešení snížení tepelných ztrát	32
20	Výpočet solárního kolektoru pro ohřev teplé vody	33
21	Konečný plán realizace	39
22	Harmonogram rekonstrukce	41
23	Investiční náklady	43
24	Stav po rekonstrukci	44
25	Energetický štítek	47
26	Ekonomické zhodnocení	47
27	Závěr	49
28	Seznam použité literatury	
29	Přílohy	51

Seznam použitých značek a symbolů

Označení	Název veličiny	Jednotky
λ	Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
α	Součinitel přestupu tepla	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
V_m	Objem větráného prostoru	$[\text{m}^3]$
t_{teor}	Teoretická doba slunečního svitu	$[\text{h}]$
T_S	Měrná doba slunečního svitu	$[\%]$
t_k	Střední teplota kolektoru	$[\text{°C}]$
t_i	Výpočtová vnitřní teplota	$[\text{°C}]$
t_i	Výpočtová venkovní teplota	$[\text{°C}]$
t_e	Střední teplota slunečního svitu	$[\text{°C}]$
t_2	Výstupní teplota kapaliny	$[\text{°C}]$
t_1	Vstupní teplota kapaliny	$[\text{°C}]$
$S_{c,a}$	Potřebná aperturní plocha	$[\text{m}^2]$
S_A	Plocha apertury	$[\text{m}^2]$
S	Plocha ochlazované konstrukce	$[\text{m}^2]$
$Q_{S \text{ den}}$	Množství záření dopadající na plochu	$[\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}]$
$Q_{r,\text{vyt}}$	Množství tepla na vytápění	$[\text{J}]$
Q_{max}	Maximální tepelná ztráta budovy	$[\text{W}]$
Q_k	Měrný tepelný zisk	$[\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}]$
Q_i	Měsíční potřeba tepla	$[\text{kWh}\cdot\text{měs}^{-1}]$
Q_D	Množství dopadající energie	$[\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}]$
n_h	Intenzita výměny vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}]$
n	Počet kolektoru	$[1]$
m	Množství kapaliny	$[\text{kg}]$
l	Tloušťka vrstvy	$[\text{m}]$
k	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}]$
I	Střední denní sluneční ozáření	$[\text{kW}\cdot\text{m}^{-2}]$
ε	Opravný součinitel	$[1]$
d	Počet dnů topného období	$[1]$
c	Měrná tepelná kapacita	$[\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$
A	Redukovaná teplota	$[\text{K}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{W}^{-1}]$
μ_0	Okamžitá účinnost kolektoru	$[\%]$
μ	Účinnost kolektoru za měsíc	$[\%]$
\dot{V}_v	Objemový tok větracího vzduchu	$[\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}]$
\dot{Q}_Z	Trvalý tepelný zisk	$[\text{W}]$
\dot{Q}_V	Tepelná ztráta větráním	$[\text{W}]$
\dot{Q}_P	Tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
\dot{Q}_C	Celková tepelná ztráta místnosti	$[\text{W}]$

1 Úvod

Díky neustálemu zvyšování cen energií, narůstá zájem veřejnosti o úspory nákladů na vytápění. Starší rodinné domy často nevyhovují dnešním moderním požadavkům na spotřebu paliva, na uživatelský komfort i na obsluhu vytápění. Tato úsporná opatření se nejčastěji týká spotřeby tepla na vytápění, neboť je zde největší potenciál. Vážně zanedbatelné nejsou ani úspory elektřiny, jelikož cena této energie není malá, ale i její výroba silně zatěžuje životní prostředí, převážně v uhelných elektrárnách. Šetření energií přitom nemusí být pouze o snížení pohodlí a komfortu, ale naopak tím můžeme významně zlepšit kvalitu svého bydlení. Jedna z možných cest pro nejužitečnější snížení spotřeby energie, je zateplení objektu.

Snížení výdajů za energii je dnes velká priorita pro domácí rozpočet rodiny a jejich dalším generacím, které budou sdílet vaší domácnost. Z těchto důvodů jsem se rozhodl si vybrat téma, které by charakterizovalo řešení tohoto problému, tedy snížení vydaných energií a tím i financí v domě, v kterém žijeme. Jelikož žiji v domě, na kterém proběhla značná rekonstrukce pro snížení tepelných ztrát, naskytla se mi příležitost toho využít a napsat na toto téma bakalářskou práci.

2 Důvod zatepelní objektu

- Snížení každoročních nákladů na vytápění.
- Zabránění tepelným ztrátám a odstranění tzv. tepelných mostů (místa, kde teplo uniká z nezatepleného domu nejvíc)
- Chrání zdivo proti mrazu, prodlužuje životnost stavby.
- Zlepšení akustických vlastností budovy
- Zvýšení vnitřní teploty stěn a tím i tepelnou pohodu místností.
- Lepší vliv na životní prostředí (snížení emisí při výrobě energie)
- Snížení přehřívání pokojů v létě.

3 Tepelné ztráty

Teplo patří mezi nejvíce spotřebované energie v domácnostech. Spotřeba tepla je dána množstvím tepla, které je potřeba na vytápění a tepelnou ztrátou budovy. Největší podíl tepelných ztrát tvoří prostup (stěny, okna, střechy, podlahy). Dalším důležitým faktorem je větrání, které může tvořit až 25% celkových tepelných ztrát objektu. Tepelnému průniku tepla přes obvodový plášť budovy nelze nikdy zcela zabránit. Jedinou možností jak snížit tepelnou ztrátu objektu je opatření vhodné a účinné izolace stěn, stropu, podlah ale i volba výplní otvorů (okna, dveře). Celkové množství spotřebované energie se vyjadřuje v GJ/rok.

3.1 Tepelné mosty

Mezi závažné poruchy stavebních konstrukcí patří tzv. tepelné mosty. Jedná se o taková místa konstrukce, kde v důsledku nesprávného provedení nebo v důsledku použití nevhodného materiálu je umožněn výrazně větší prostup tepelné energie než v okolních konstrukcích. Tato skutečnost způsobuje jednak tepelné ztráty vnitřního prostředí, ale také zhoršení užitných vlastností vnitřního prostoru. Jelikož přímým důsledkem zvýšeného úniku tepelné energie z interiéru je významný pokles vnitřní povrchové teploty konstrukce v tomto místě, může zde docházet k poklesu vnitřní povrchové teploty pod teplotu rosného bodu a následné kondenzaci vodních par a vzniku plísní. Množství tepelné energie, které unikne tepelným mostem, je úměrné závažnosti pochybení při realizaci a je tím větší, čím je větší rozdíl teplot na vnitřní a vnější straně konstrukce. [1]

3.2 Difuze vodní páry

Jedná se o jev, kdy za rozdílných teplot a vlhkosti vzduchu pronikají konstrukcí vodní páry. Průnik vodní páry konstrukcí má za následek výskyt plísní v interiéru nebo snížení izolačních vlastností konstrukce. Těmto problémům lze předejít u teplejšího povrchu konstrukce za použití izolačního materiálu s větším difuzním odporem a nižší tepelně izolační schopnosti. [2]

4 Problematika výpočtů tepelných ztrát budov

4.1 Výpočet tepelné ztráty budovy při ústředním vytápění

Určení tepelného výkonu vytápěcích zařízení se provádí tak, aby ve vytápěcích místnostech byla zaručena tepelná pohoda, při které člověk nepocítuje ani chlad, ani nadměrné teplo. Tepelná pohoda musí být zaručena i při nejnepříznivějších venkovních podmínkách, které mohou nastat v dané lokalitě během extrémních teplot v zimním, nebo naopak v letním období. Tento výkon je obvykle určen dle tepelných ztrát dané budovy. Postup výpočtu je stanoven normou ČSN 06 0210, která byla uznána v České republice v roce 1994. Po vstupu České republiky do EU byla tato norma sjednocena s normou EN 12831 a byla jí daná stálou platnost. Proto je možné dále provádět výpočet tepelných ztrát dle této normy.

4.2 Podklady pro výpočet

Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou dle [3] potřebné tyto podklady:

- situační - polohopisný plán, z něhož je zřejmá poloha budovy vzhledem ke světovým stranám, výška a vzdálenost okolních budov, terenních překážek apod., nadmořská výška místa stavby a převládající směr a intenzita větrů,
- půdorysy jednotlivých podlaží budovy se všemi hlavními rozměry včetně rozměrů oken a dveří (v měřítku nejméně 1:100)
- řezy budovou s udáním všech hlavních výšek
- údaje o materiálu a konstrukci stěn, podlah, stropů a střech
- údaje o materiálu a konstrukci oken a dveří potřebné pro výpočet tepelné ztráty prostupem i tepelné ztráty infiltrací
- údaje o druhu (účelu) místnosti
- údaje o teplotách

5 Tepelná ztráta

Jedná-li se o tepelnou ztrátu vytápěného prostoru, pak se celková tepelná ztráta místnosti Q_c rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi Q_p a tepelné ztráty větráním Q_v sníženému o trvalé tepelné zisky Q_z . [3] Je dána vztahem:

$$\dot{Q}_C = \dot{Q}_P + \dot{Q}_V - \dot{Q}_Z \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

kde:

\dot{Q}_C celková tepelná ztráta místnosti [W]

\dot{Q}_P tepelná ztráta prostupem tepla konstrukcí [W]

\dot{Q}_V tepelná ztráta větráním [W]

\dot{Q}_Z tepelné zisky [W]

5.1 Součinitel prostupu tepla

Udává nám míru tepelné ztráty stavební konstrukce, jejíž vlastnosti definuje. Čím je jeho hodnota nižší, tím je konstrukce z tepelného hlediska kvalitnější. Závisí na tepelné vodivosti materialu λ a jeho tloušťce d , z kterých se stěna skládá. [4]

Výpočet součinitele je dán rovnicí:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (1.2)$$

kde:

α_1, α_2 součinitele přestupu tepla (vnitřní, vnější) [W.m⁻².K⁻¹]

l_i tloušťka i-té vrstvy [m]

λ_i součinitel tepelné vodivosti i-té vrstvy [W.m⁻¹.K⁻¹]

k součinitel přestupu tepla [W.m⁻².K⁻¹]

Hodnoty součinitelů přestupu tepla volíme dle ČSN 73 0540-3, tj. počítáme s:

$\alpha_1 = 8 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

$\alpha_2 = 23 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

5.2 Tepelná ztráta prostupem stěnou

Je dána součtem tepelných toků prostupu jednotlivými stěnami ochraňujícími vytápěnou místnost. Závisí na okolních teplotách, ploše stěny tepelné vodivosti konstrukce a součinitelích přestupu tepla (1.2). [4]

$$\dot{Q}_P = k \cdot S \cdot (t_i - t_e), \quad [\text{W}] \quad (1.3)$$

kde:

k	součinitel přestupu tepla	[W.m ⁻² .K ⁻¹]
S	plocha stěny	[m ²]
t _i , t _e	vnitřní, vnější teplota	[°C]

5.3 Tepelná ztráta větráním

Tepelnou ztrátu větráním lze stanovit z rovnice:

$$\dot{Q}_V = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad (1.4)$$

kde:

V _v	objemový tok větracího vzduchu	[m ³ .s ⁻¹]
t _i , t _e	vnitřní, vnější teplota	[°C]

Objemový tok větracího vzduchu prostoru (místnosti) V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (odvlhčování, odvod škodlivin). Hygienické a technologické požadavky určují potřebnou intenzitu výměny vzduchu n_h. [3]

Potřebný průtok V_{vH} se stanoví ze vztahu:

$$\dot{V}_v = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1.5)$$

kde:

V _m	vnitřní objem prostoru	[m ³]
n _h	intenzita výměny vzduchu	[m ³ .h ⁻¹]

$$V_m = \check{s} \cdot d \cdot v \quad [\text{m}^3] \quad (1.6)$$

kde:

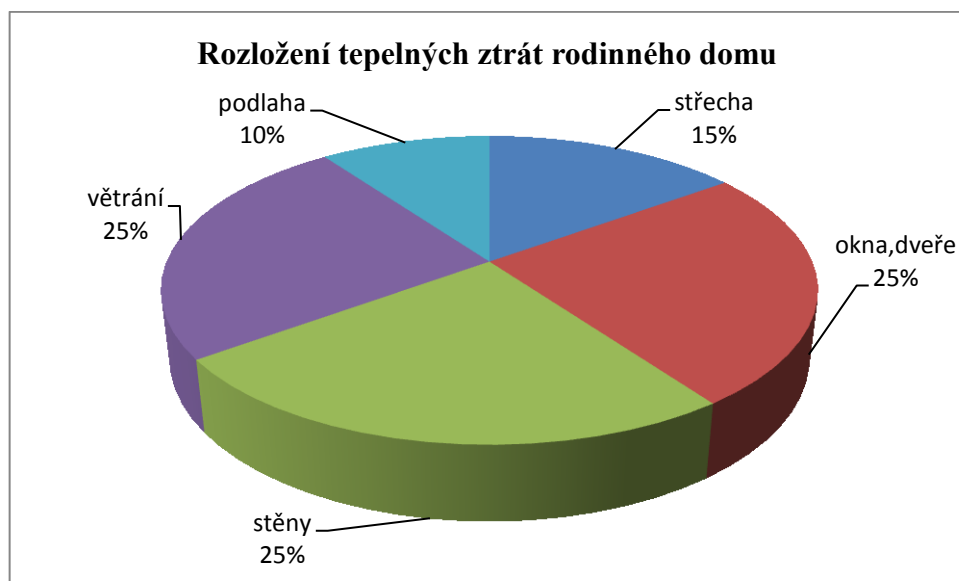
\check{s} šířka místnosti [m]

d délka místnosti [m]

v výška místnosti [m]

6 Rozbor tepelných ztrát

V grafu jsou schematicky znázorněny podíly tepelných ztrát u staršího rodinného domu. Nejvíce problematická jsou okna, kde každým čtverečním metrem uniká 4x až 10x více tepla než stěnou. Okna je proto dobré zabývat se nejdříve. Největší únik tepla jsou skrz obvodové stěny. Tyto stěny jsou nejčastěji tvořeny pálenými cihlami, které mají vysokou tepelnou vodivost, z toho důvodu zapříčiňují velké tepelné ztráty.



Obr. 1.1. Průměrné tepelné ztráty domu

7 Výpočet spotřeby tepla na vytápění

Vytápěná budova je charakterizována především svojí spotřebovanou energií a potřebnou energií. Spotřebovaná energie je skutečné množství energie spotřebované technickými zařízeními budovy a potřebná energie je energie, která je objektivně potřebná pro funkci daného objektu. [3]

Přesný výpočet roční spotřeby tepla za topné období vychází z teoretické spotřeby tepla, která se při nepřerušovaném vytápění vypočítá podle denostupňové metody ze vztahu:

$$Q_{r,vyt} = 24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot Q_{max} \cdot \frac{(t_i - t_{e,pr})}{(t_i - t_e)} \cdot d, \quad [J] \quad (1.7)$$

kde:

ε	opravný součinitel (0,8-0,9)	[1]
Q_{max}	maximální tepelná ztráta budovy	[W]
t_i	požadovaná výpočtová vnitřní teplota	[°C]
t_e	výpočtová (nejnižší) venkovní teplota	[°C]
$t_{i,pr}$	průměrná teplota venkovního vzduchu v topném období	[°C]
d	počet dní topného období	[1]

7.1 Spotřeba tepla na m² vytápěné plochy za rok

$$Q_v = \frac{Q_{r,vyt}}{\dot{V}_V} \quad [kWh \cdot m^{-2}] \quad (1.8)$$

kde:

Q_v	množství tepla na vytápění na m ³	[J.m ⁻³]
$Q_{r,vyt}$	celkové množství tepla na vytápění	[kWh]
S	celková plocha vytápěného prostoru	[m ²]

8 Možnosti snížení energetické náročnosti

8.1 Snížení tepelných ztrát

Tepelné ztráty lze redukovat pomocí izolačních materiálů, které se aplikují do všech oblastí tepelných ztrát domu. Minimalizací energetických ztrát v domě můžeme ročně ušetřit až několik tisíc korun. Mezi základní kroky k omezení energetických ztrát patří především:

- Izolace vnějšího pláště domu (stěny, střecha)
- Výměna oken a dveří (popřípadě použití termoizolačních fólií)
- Zateplení podlahy

Ostatní:

- Instalace termostatických ventilů u radiátoru
- Použití rekuperační jednotky pro zajištění větrání

9 Využití alternativních zdrojů energie

9.1 Solární ohřev vody

Solární ohřev vody využívá sluneční energii za pomoci solárních kolektorů, teplotnosného média a tepelného zásobníku. Díky tomuto systému lze zásobit jakýkoli objekt zdarma teplou vodou pro spotřebu a topení. Účinnost solárního ohřevu závisí na mnoha faktorech. [5]

a) Intenzita záření

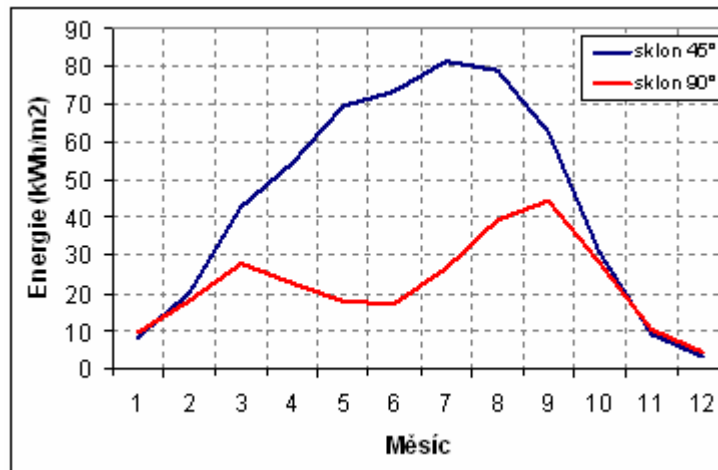
Jedná se o výkon na danou plochu v jednotkách $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Intenzita záření je velmi proměnlivá. Při zatažené obloze nabývá hodnot přibližně $50\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, ale její hodnoty mohou dosáhnout až $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ a za optimálních podmínek dokonce i $1200\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

b) Denní a roční průběh

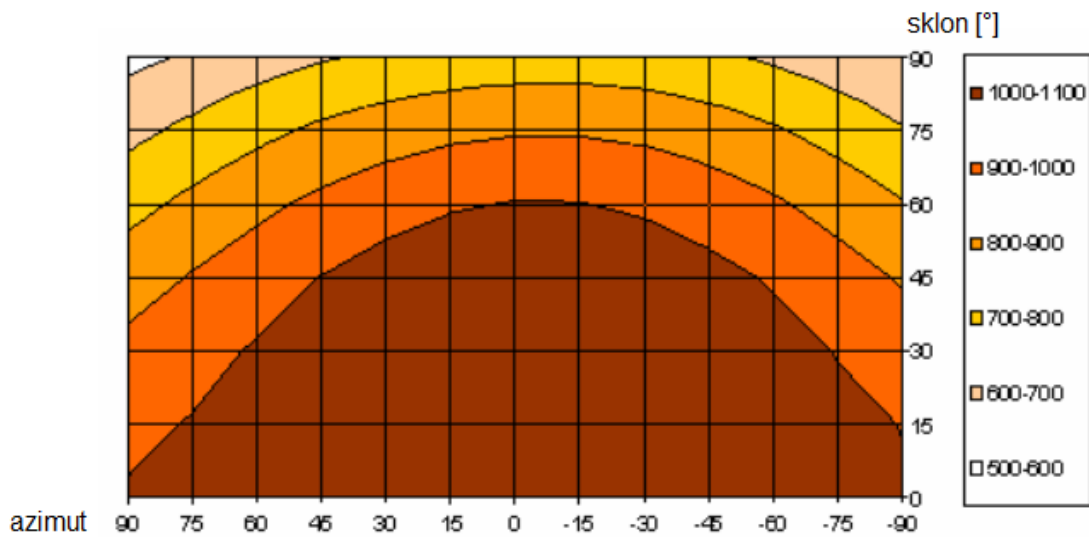
Sluneční energie dopadající na Zemi se mění v závislosti na zeměpisné poloze, šířce, ročním období a také denní době. Díky naklonění zemské osy, jsou u nás dny v létě podstatně delší než v zimě a Slunce dosahuje vyšších poloh v letním období než v zimním. Podle toho, jak se mění intenzita záření v průběhu dne, kolísá i výkon kolektorů. [5]

c) Orientace a sklon kolektoru

Energetický zisk solárního systému je závislý na sklonu plochy (obr. 2.1), která zachycuje sluneční paprsky. Dále na orientované světové straně (obr. 2.2) a ročním období. Nejpříznivější účinnosti solárního kolektoru dosáhneme při dopadajícím slunečním zářením pod pravým úhlem. Protože slunce během dne a v průběhu roku neustále mění svoji polohu, je třeba stanovit optimální průměrný úhel sklonu. Sklon plochy kolektoru by měl být zvolen tak, aby se v hlavním využitelném čase získalo optimální množství energie. Pro naši oblast (střední Evropy) se největšího zisku solární energie dosáhne při sklonu kolektorové plochy mezi 30° a 60° . [5]

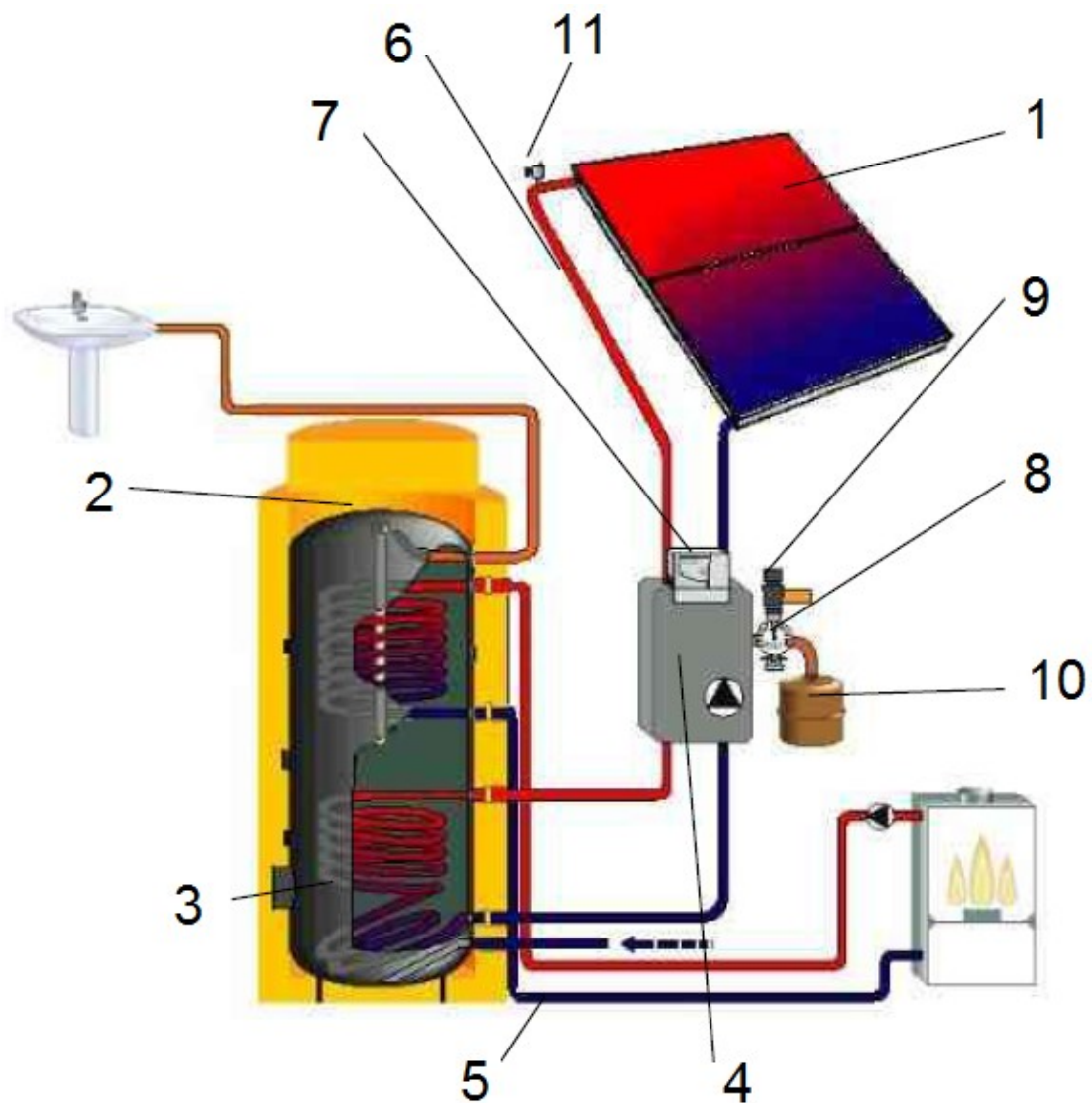


Obr. 2.1 Porovnání energetických zisků při různém sklonu kolektorové plochy [6]



Obr. 2.2 Zobrazení množství intenzity slunečního záření na závislosti orientace a sklonu kolektorové plochy [6]

Následující schéma (Obr. 2.3) představuje vzorové zařízení a jeho komponenty. Jedna se o zařízení k ohřevu pitné vody s dotapěním prostřednictvím kotle.



Obr. 2.3 Schéma solárního systému k ohřevu teplé vody [5]

Popis obrázku:

1-kolektory, 2-zásobník, 3-výměník, 4-čerpadlová sestava, 5-potrubí, 6-teplonosné médium, 7-regulace, 8-měřicí a kontrolní zařízení, 9-pojistný ventil, 10-expanzní nádoba, 11-odvzdušňovací zařízení

10 Program zelená úsporám

Tento program je zaměřen na podporu instalaci zdrojů na vytápění s využitím obnovitelných zdrojů energie, ale také do investic energetických úspor při rekonstrukcích i v novostavbách.

Dotační program podporuje kvalitní zateplování rodinných a bytových domů, náhradu neekologického vytápění za nízkou emisní zdroj na biomasu a účinná tepelná čerpadla, instalace těchto zdrojů do nízkoenergetických staveb a také výstavbu v pasivním energetickém standardu. [7]

10.1 Kdo může žádat o dotaci

Oprávněnými žadateli o podporu jsou vlastníci a stavebníci rodinných a bytových domů, které podléhají daňové povinnosti podle zákona č. 338/1992 Sb.1 tedy:

- fyzické osoby (podporované opatření je určeno pouze pro domácnosti)
- společenství vlastníků bytových jednotek
- bytová družstva
- města a obce (včetně městských částí)
- podnikatelské subjekty
- případně další právnické osoby

10.2 Výše podpory pro rodinné domy

55 000 Kč Solárně-termické kolektory, pouze příprava teplé vody

80 000 Kč Solárně-termické kolektory, příprava teplé vody i přitápění

11 Izolační materiály

Tepelně izolační materiály slouží ke zvýšení tepelného odporu vnějšího pláště v zimním období proti úniku tepla a současně také proti pronikání mrazu z venku. V létě pak tepelná izolace účinkuje proti přehřívání vnitřních prostor, tedy jako ochrana proti teplu. Tepelně izolační materiály mají mít z pravidla co nejmenší tepelnou vodivost, aby přídavná vrstva nevycházela příliš silná. Značí se tak materiály, které v teplotním rozmezí 50-100 °C mají součinitel tepelné vodivosti menší než $0,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Materiálově lze tepelné izolace rozdělit na pěnové materiály, minerální vláknité materiály a rostlinné materiály.

Mezi nejlepší tepelné izolanty patří lehké pórovité hmoty, protože vzduch má malou tepelnou vodivost a dutinách izolace nemůže vzduch proudit. S rostoucí teplotou izolace se zvyšuje tepelná vodivost, neboť vzrůstá také tepelná vodivost vzduchu a tím současně dochází v dutinách k intenzivnímu přenosu tepla zářením.

Základní parametr izolace je tepelná vodivost, která nám udává množství tepla, které projde vrstvou materiálu tloušťky 1m při konstantním teplotním rozdílu 1K mezi oběma povrchy této vrstvy. Dalším důležitým parametrem je látková veličina, nebo-li

faktor vyjadřující relativní schopnost materiálu propouštět vodní páry difúzí. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty parametrů pro různé izolační materiály. [8]

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti	Faktor difúzního odporu μ	Objemová hmotnost	Měrná tepelná kapacita
	λ [(W/m.K)]		[(kg/m ³)]	[(J/kg.K)]
Extrudovaný polystyren (XPS)	0,032 - 0,035	100 - 200	25 - 30	2060
Pěnový polystyren (EPS)	0,039 - 0,043	40 - 67	25 - 30	1270
Pěnový polyuretan (měkký)	0,048	2,5	35	800
Minerální vlna, lisovaná	0,054 - 0,095	5,12	150 - 350	1150
Skleněná plst'	0,046 - 0,05	2,5	15 - 35	940

Tab. 1.1 Základní přehled tepelných izolací

11.1 Pěnový polystyren (EPS)

Tato izolace patří mezi nepoužívanější materiály k zateplování objektů. Vyrábí se způsobem vypěňováním do forem a následným řezáním na příslušné a použitelné rozměry. Pěnová izolace má i řadu nevýhod. Mezi ně patří smršťování do původního nenapěněného stavu. Tyto tvarové změny jsou závislé na teplotě a čase.

Problémovým parametrem jsou vysoké teploty (+70°C). Při vyšší teplotě se materiál více stahuje. Z tohoto důvodu se tento materiál nedoporučuje používat na zateplování tmavých fasád orientovaných ke slunci. [8]

Z tabulek (1.2) a (1.3) jsou uvedeny tepelné parametry v závislosti na šířce a její výhody nebo naopak nevýhody.

tloušťka materiálu [mm]	tepelný odpor [m²K/W]	součinitel prostupu tepla [W/m².K]	cena s DPH [m²/kč]
70	1,35	0,740	95
150	2,65	0,375	190
180	5,30	0,189	220
200	7,95	0,124	260

Tab.1.2 Technické parametry a ceny izolace [13]

Výhody	Nevýhody
Snadná opracovatelnost	Citlivost na teplotu (+70°C)
Nízká hmotnost	Stárnutí materiálu
Cena	Objemové změny
	Citlivý na vlhkost
	Malá odolnost v tlaku
	Hořlavý
	Neekologický materiál

Tab. 1.3 Výhody a nevýhody EPS [8]

11.2 Minerální čedičová vlna

Tepelná izolace je označována nejčastěji jako kamenná nebo čedičová vlna, která se vyrábí roztavením čediče a následným natáhnutím do vláken za přidáním pojiva. Čedič je známý jako sopečná vyvřelina a má tedy po úpravě jistý přírodní původ. Tento izolační materiál je nehořlavý a zamezuje pronikání hluku z vnějšího prostředí do vnitřního. Kamenná vlna je difúzně otevřená a má schopnost odpuzovat vodu. Je zdravotně nezávadná a její výroba je šetrná k životnímu prostředí. [9]

tloušťka materiálu [mm]	tepelný odpor [m²K/W]	součinitel prostupu tepla [W/m².K]	cena s DPH [m²/kč]
100	2,55	0,39	310
140	3,55	0,28	430
180	4,60	0,22	550
200	5,10	0,19	610

Tab. 1.4 Technické parametry a ceny izolace [13]

Výhody	Nevýhody
Dobré zvukově izolační vlastnosti	Náročné na kvalitu proveden
Nízký difúzní odpor	Nasákavost
(dobrý prostup vodních par)	Horší komfort při zabudování
Malá tepelná roztažnost	Respirabilní
Tvarovatelnost	Cena
Nehořlavé	
Odolnost vůči hmyzu a hlodavcům	
Široká oblast použití	
Nízká hmotnost	

Tab. 1.5 Výhody a nevýhody izolace z minerální čedičové vaty [8]

12 Termoizolační fólie

Hlavní funkcí termoizolační fólie je zamezení prostupu tepelné energie do interiéru v letních měsících a současně omezit tepelné ztráty z interiéru v zimě. Tyto fólie jsou instalovány pouze na vnitřní strany skel. Svoji nízkou emisivitou dokážou snížit prostup tepla přes okno až o 35%. Další její příjemná vlastnost je mírná vnější reflexe, která vytváří jisté soukromí uvnitř interiéru.

Pro rodinné domy je vhodná zejména tam, kde je požadavek na celoroční využití a úsporu tepla v zimních měsících. Termoizolační fólie lze vhodně kombinovat i s externí protisluneční fólií, která se používá na nejvíce sluncem zatížená místa (okna na jih,

jihovýchod, balkóny a obzvláště střešní okna. Zde je externí fólie nenahraditelná a vhodně zvolená kombinace fólií výrazně zlepší jak nežádoucí přehřívání, tak i úniky tepla v zimním období. [10]



Obr. 2.4 Znáornění průniku světla a odrazu vnitřního tepla fólií

Typ	montáž	materiál
HS-50 Cold Steel	140 Kč	420 Kč

Tab. 1.6 Cena montáže a materiálu 1m² termoizolační fólie

13 Energetický štítek budovy

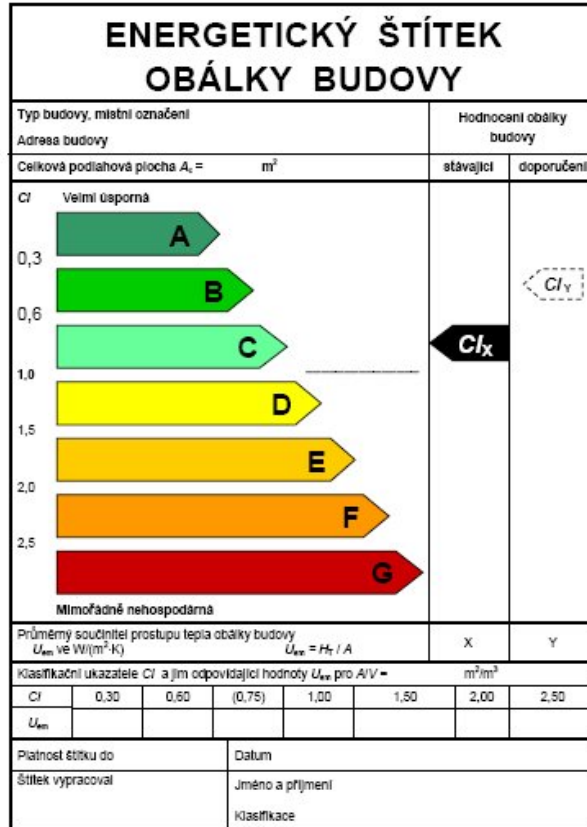
Energetický štítek je dokument s protokolem zavedený normou ČSN 730540-2/2002 (Tepelná ochrana budov – Část 2 : Požadavky). Jedná se o obdobný dokument jako energetický průkaz budovy. Rozdíl v těchto dokumentech je ten, že energetický průkaz hodnotí budovu s ohledem na spotřebu energie, kdežto energetický štítek hodnotí budovu s ohledem na její tepelně izolační a technické vlastnosti, které jsou definovány pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Energetický štítek budovy (obr. 2.5) je určité analogií energetických štítků elektrospotřebičů s rozdílem, že je stanoven dle výše jmenované normy. [11]

Proč se zpracovává energetický štítek obálky budovy?

Energetický štítek budovy s jeho protokolem je společně nedílnou součástí projektu o dokumentaci stavby, která se předkládá ke stavebnímu řízení. V případě žádání o finanční dotaci v rámci zelených úspor, bývá povinnou přílohou k této žádosti právě energetický štítek obálky budovy. [12]

Výhody:

- Hodnotí pouze obálku budovy
- Nedochází ke zkreslování výsledku vlivem jiných veličin
- Srozumitelný grafický přístup zhodnocení objektu



Obr. 2.5. Energetický štítek budovy [12]

Klasifikační třída	Slovní vyjádření klasifikace	Klasifikační ukazatel CI
A	Velmi úsporná	$\leq 0,3$
B	Úsporná	$\leq 0,6$
C	Vyhovující	$\leq 1,0$
D	Nevyhovující	$\leq 1,5$
E	Nehospodárná	$\leq 2,0$
F	Velmi ne hospodárná	$\leq 2,5$
G	Mimořádně ne hospodárná	$> 2,5$

Tab. 1.7 Klasifikace budov podle ČSN 73 0540-2:2007

14 Charakteristika objektu

Jedná se o dvoupodlažní dům z roku 1923, který se nachází v obci Rychvald v nadmořské výšce cca 230m, kde roční teplota pro tuto oblast je 4°C. Objekt je proti větru chráněn ze západní strany hospodářskou budovou, z ostatních stran vysokou vegetací a sousedními domy ve vzdálenosti 40-80m. Celková vytápěná plocha tvoří 137m² a vytápěný prostor činí 378m³. Dům je podsklepený kromě přístavby z roku 1982, která činí 30m². Obvodové stěny v přízemí jsou stavěny z pálených cihel s celkovou šíří 450mm a v prvním patře 300mm. Výplně otvorů tvoří dvojskelná okna s dřevěným rámem, která byla instalována v roce 2005. Střecha se skládá z původních trámů a dřevěného bednění, které vykazuje znaky stáří a na několika místech v půdním prostoru lze pozorovat poškození způsobena škůdci. Hlavní krytinu tvoří starší a mírně poškozené eternitové tašky. Stropy pod nevytápěnou půdou v patře jsou z většiny izolovány sklenou vatou o tloušťce 120mm.

Dům je pravidelně větrán a je celoročně vytápěn plynem na teplotu 20°C pomocí topné soustavy starších litinových radiátorů bez termoregulátorů. V domě se vyskytuje vlhkost z důvodu chybějící hydroizolace obvodových stěn od základů. Na obr. 3.1 a 3.2 lze vidět průčeli a pohled na přístavbu.

Výkresová dokumentace celého objektu se nachází v příloze.



Obr. 3.1. Východní strana domu



Obr. 3.2. Pohled na jižní (vpravo) stranu domu

14.1 Roční náklady na provoz budovy před rekonstrukcí (r. 2010)

Budova byl vytápěná zemním plynem od společnosti RWE

Cena energie 1115 Kč/MWh + 340Kč/měs (poplatek)

	množství		cena
Vytápění	35 MWh	3333 m ³	39025 Kč
Ohřev vody	6 MWh	571 m ³	6690 Kč
Poplatky			4080 Kč
Celkem			49795 Kč

14.2 Struktura konstrukce

Obvodové zdivo (přízemí)

<u>Materiál</u>	<u>délka [m]</u>	<u>λ [W.m⁻¹.K⁻¹]</u>
Vnitřní jemná omítka	0,002	0,88
Vnitřní hrubá omítka	0,015	0,8
Pálená cihla	0,45	0,8
Vnější omítka	0,03	0,8

Podlaha (podsklepená)

<u>Materiál</u>	<u>délka [m]</u>	<u>λ [W.m⁻¹.K⁻¹]</u>
-----------------	------------------	---

Koberec	0,005	0,065
Beton hutný	0,05	1,3
Škvára	0,065	0,27
Beton hutný	0,25	1,3

Obvodové zdivo (1.NP)

Materiál	délka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Vnitřní jemná omítka	0,002	0,88
Vnitřní hrubá omítka	0,015	0,8
Pálená cihla	0,3	0,8
Vnější omítka	0,03	0,8

Strop pod nevytápěnou půdou

Materiál	délka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Omítka	0,01	0,88
Dřevěné desky	0,05	0,22
Izolace skleněná plst'	0,1	0,05

Šikmý strop v podkroví

Materiál	délka [m]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Dřevotřískové desky	0,005	0,11
Izolace skleněná plst'	0,1	0,046
Dřevěné desky	0,02	0,18
IPA	0,004	0,2
Azbestocementové desky	0,005	0,45

15 Výpočet tepelných ztrát rodinného domu

Pro příklad výpočtu je uvedena modelová místnost (obr. 2.3), jejíž vnitřní rozměry a podklady k výpočtu lze vyčíst z půdorysu místnosti. Tyto základní rozměry jsou pro lepší přehlednost výpočtů přeneseny do tabulky 2.1. Nadále z těchto rozměrů určíme celkové plochy stěn (bez otvorů), stropu, podlahy a samotné otvory v konstrukci.

15.1 Součinitel prostupu tepla

Podle rovnice 1.2 jsou určeny hodnoty součinitelů tepla vícevrstevných konstrukcí, které se nalézají v objektu. V tomto případě se jedná o ostěny, dvojskelná okna, dveře, stropy a podlahu. Tabulka s tepelnými parametry materiálu, které byly použity u výpočtu, se nachází v příloze. V tabulce 1.6 jsou uvedeny výsledné hodnoty.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,002}{0,88} + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,45}{0,8} + \frac{0,02}{0,8} + \frac{1}{23}} = 1,64 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}\text{]}$$

Konstrukce	Stěna (450mm)	Stěna (300mm)	Okna	Dveře	Podlaha	Strop I.	Strop II.
Součinitel prostupu tepla [W.m ⁻² .K ⁻¹]	1,64	2,38	1,50	1,20	1,81	0,35	0,45

Tab. 2.1 Součinitelé prostupu tepla ostatních konstrukcí

Při výpočtech tepelných ztrát vytápěných místností je nutno znát jejich výpočtovou teplotu, která je daná normou ČSN 06 0210

Druh vytápěné místnosti	Vnitřní teplota t _i (°C)
• obývací pokoje, ložnice, dětské pokoje	20
• kuchyně	20
• koupelny	24
• záchody	20
• vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodba)	15
• vytápěná schodiště	10

Tab.2.2 Výpočtová vnitřní teplota ve vytápěných místnostech

15.2 Výpočet tepelné ztráty prostupem

Základní tepelná ztráta prostupem tepla v modelové místnosti je rovna součtu všech ztrát jednotlivých konstrukcí, oken či dveří, které místnost obklopují. Pro modelovou místnost pod označením pokoj č.1 vychází celková tepelná ztráta prostupem tepla 2113W

$$Q_p = k \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 2,38 \cdot 25,37 \cdot (20 - (-15)) = 2113 \text{ W}$$

15.3 Výpočet tepelné ztráty větráním

Pro výpočet tepelné ztráty prostoru větráním byly nejdříve určeny objemy místností podle rovnice 1.6.. Intenzita výměny vzduchu n_h byla zvolena $0,5 \text{ h}^{-1}$ (dle ČSN 73 0540-2). Pomocí této hodnoty a rovnice 1.4 byl určen objemový průtok větracího vzduchu V_{vH} . Následně podle rovnice 1.5 byla vypočtena ztráta místnosti větráním pro modelovou místnost a její hodnota činí 408W.

$$Q_v = 1300 \cdot V_{vH} \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,009 \cdot (20 - (-15)) = 408 \text{ W}$$

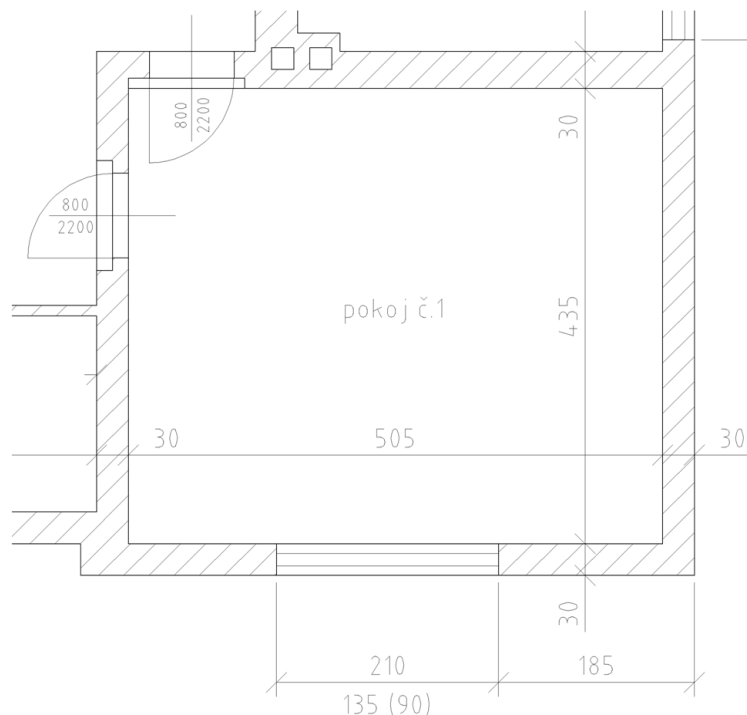
$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m = \frac{0,5}{3600} \cdot 64,5 = 0,009 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V_m = \check{s} \cdot d \cdot v = 4,3 \cdot 5 \cdot 3 = 64,5 \text{ m}^3$$

15.4 Tepelné zisky

V místnosti se nejsou žádné trvalé zdroje tepla a proto tato hodnota je zanedbána. Sečtením tepelných ztrát prostupem tepla a větráním získáme celkovou tepelnou ztrátu místnosti. Tento postup výpočtu je aplikován ve všech vytápěných místnostech.

$$\dot{Q}_C = Q_p + Q_v - Q_z = 2601 + 408 - 0 = 3009 \text{ W}$$



Obr. 4.1 Půdorys modelové místnosti

Označení místnosti						Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]				
Pokoj č.1						-15		20				
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA					
		DÉLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLOT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA	
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C			W/m ²
SO	300	9,4	2,6	28,20	0	2,84	25,37	2,38	35	83,30	1800	
DO	-	0,8	2,20	1,76	2	3,52	0,00	0,00	35	0,00	0	
OZ	-	2,1	1,35	2,84	1	2,84	2,84	1,50	35	52,50	149	
Pdl	300	4,3	5,00	21,50	0	0,00	21,50	0,00	0	0,00	0	
Str	350	4,3	5,00	21,50	0	0,00	21,50	0,45	35	15,75	338	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											353	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											2640	

Tab.3.1 Tepelné ztráty místnosti pokoj č.1

16 Přehled tepelných ztrát v domě

Výpočtem všech ostatních tepelných ztrát v domě získáme také celkový obraz o tepelných ztrátách prostupem tepla přes jednotlivé konstrukce. Z těchto hodnot lze vyčíst, že největší tepelnou ztrátu způsobují venkovní stěny (tab.5.1).

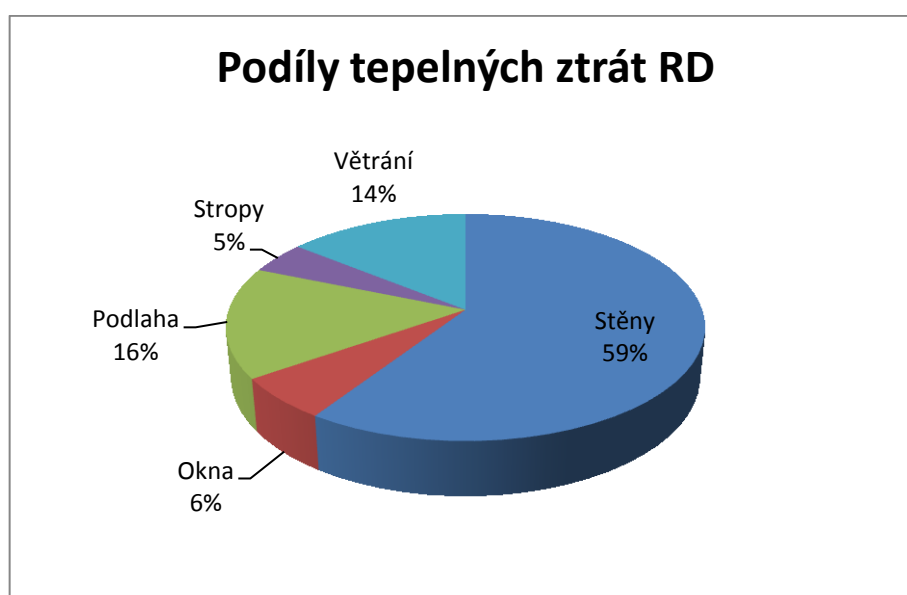
V tab. 3.3 jsou uvedeny hodnoty ztrát všech místností, které jsou poté graficky vyjádřeny na obr. 5.2.

Konstrukce	Stěny	Okna	Podlaha	Stropy	Větrání	Celkem
Ztráty [W]	9768	993	2613	752	2344	16672

Tab. 3.2 Výsledky tepelných ztrát

MÍSTNOST	KUCHYŇ	OBÝVACÍ POKOJ	LOŽNICE	KOUPELNA	WC	PŘEDSÍŇ	CHODBA Č.1	CHODBA Č.2	POKOJ Č.1	POKOJ Č.2
Tepelná ztráta [W]	1710	4546	1033	1556	246	1835	537	614	2640	2215

Tab.3.3 Tepelné ztráty jednotlivých místností



Obr. 5.1 Procentuální vyjádření tepelných ztrát RD



Obr. 5.2 Tepelné ztráty místnosti

17 Spotřeba tepla na vytápění

Pro výpočet celkové spotřeby tepla na vytápění použijeme rovnici 1.6, kde hodnota Q_{\max} je naše vypočtená celková tepelná ztráta.

$$Q_{r,vyt} = 24 \cdot 3600 \cdot \varepsilon \cdot Q_{\max} \cdot \frac{(t_i - t_{e,pr})}{(t_i - t_e)} \cdot d,$$

$$Q_{r,vyt} = 24 \cdot 3600 \cdot 0,9 \cdot 16662 \cdot \frac{(20 - 4)}{(20 - (-15))} \cdot 230$$

$$Q_{r,vyt} = 1,23 \cdot 10^{11} = 123 \text{ [GJ]}$$

Převod na MWh:

$$Q_{r,vyt} = \frac{123}{3,6} = 34,16 \text{ [MWh]}$$

18 Měrná tepelná spotřeba na vytápění na m²

Pomocí množství tepla na vytápění celkové vytápěcí plochy určíme roční měrnou spotřebu tepla, která charakterizuje celkovou energetickou náročnost budovy.

$$Q_{rs} = \frac{Q_{r,vyt}}{S} = \frac{34160}{174} = 196 \text{ [kWh} \cdot \text{m}^{-2}\text{]}$$

19 Řešení snížení tepelných ztrát

Vzhledem k největšímu podílu ztrát přes obvodové stěny, které činí téměř 60% (obr.5.1), je zapotřebí jejich zaizolování z vnější strany vhodným materiálem. Celková plocha venkovních stěn k zateplení činí 220m². V tab. 4.1 jsou propočty jednotlivých variant zvolených izolací a zhodnocení z finančního a energetického hlediska.

Dalším problémem jsou podlahy, které tvoří 16% podíl ztrát. Této oblasti se nelze věnovat, neboť zateplení podlahy by mělo za následek zvýšení prahu, celkové vnitřní rekonstrukce domu a tím také nemalé finanční náklady.

Stropy pod nevytápěnou půdou jsou z většiny zaizolovány 120 mm vrstvou skelné vaty a prostup tepla tímto profilem byl minimální. Z důvodu stáří této izolace, na které je také podepsaná vlhkost a poškození vlivem minulých střešních prací, je doporučeno vyměnění.

Kompletní střešní krytina domu včetně bednění díky stáří a klimatickým vlivům žádá výměnu. Tato rekonstrukce spočívá v kompletní výměně střešního systému (krytina, hydroizolace, palubky, okapy, plechování, svody atd).

Dvojskelná okna s dřevěným rámem a dveře lze ponechat původní. Pro snížení prostupu tepla přes skla je doporučeno nalepení termoizolačních fólií, které jsou schopny snížit únik tepla přes daný profil o 30% viz kap. 12.

Izolace	Tloušťka [mm]	Cena celkové izolace [Kč]	Snížení ztrát [%]
Pěnový polystyrén EPS 70F	150	48 450	86
	180	56 100	88
	200	66 300	89
Minerální čedičová vlna	140	109 650	87
	180	140 250	89
	200	155 500	91

Tab.4.1 Jednotlivé varianty izolací s cenou a účinností na snížení ztrát

20 Výpočet solárního kolektoru pro ohřev teplé vody

20.1 Výpočet měsíčních potřeb tepla na osobu pro přípravu TU (duben)

Pro stanovení měsíční potřeby tepla je nutno znát množství vody por ohřátí m (60kg), měrnou tepelnou kapacitu vody c ($4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), vstupní teplotu t_1 (8°C), výstupní teplotu t_2 (60°C), počet dnů v měsíci d (30) a ztráty ε (15%).

Následně tento výpočet je aplikován i pro ostatní měsíce (tab. 5.1)

$$Q_{duben} = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1) \cdot d \cdot \varepsilon \quad [\text{kWh/měs}] \quad (2.1)$$

$$Q_{duben} = 60 \cdot 4,2 \cdot (60 - 8) \cdot 30 \cdot 1,15 = 452088 \text{ kJ/měsíc} \cong \underline{\underline{126 \text{ kWh/měsíc}}}$$

Pro 4 osoby

$$Q_{duben} = 125,58 \cdot 4 = \underline{\underline{502 \text{ kWh/měsíc}}}$$

kde:

m	množství vody	[kg]
c	měrná tepelná kapacita vody	[$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
t_1	vstupní teplota vody	[$^\circ\text{C}$]
t_2	výstupní teplota vody	[$^\circ\text{C}$]
d	počet dnů v roce	[1]
ε	ztráty	[1]

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
kWh/měs	519	469	519	502	519	502	519	519	502	519	502	519

Tab. 5.1 Hodnoty potřeb tepla pro všechny měsíce

20.2 Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadající na plochu dané orientace

$$Q_{S\ den} = Q_D \cdot T_s \quad [\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{den}^{-1}] \quad (2.2)$$

$$Q_{S\ den} = 8,06 \cdot 0,37 = 2,98 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{den}$$

kde:

Q_D množství dopadající energie [kWh.m⁻²]

T_s měrná doba slunečního svitu [%]

Za měsíc duben:

$$Q_{duben} = Q_{s\ den} \cdot 30$$

$$Q_{duben} = 2,98 \cdot 30 = 89,46 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{měsíc}$$

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_D [kWh.m ⁻²]	3,4	5,0	6,7	8,1	9,4	9,6	9,4	8,1	6,7	5,0	3,4	2,7
T_s [%]	0,27	0,3	0,3	0,37	0,47	0,45	0,55	0,55	0,43	0,38	0,19	0,18
Q [kWh.m ⁻²]	28	42	62	89	137	130	161	137	86	58	19	15

Tab. 5.2 Skutečné množství slunečního záření pro všechny měsíce

20.3 Volba kolektoru

Sluneční kolektor KPW1-C20

Technický list se nachází v příloze

20.3.1 Potřebné parametry:

Účinnost: $\mu=0,853$

Plocha apertury:

$$S_A=2,373 \quad \text{m}^2$$

$$a_1=3,37 \quad \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}$$

$$a_2=0,01 \quad \text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}$$

20.4 Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících

20.4.1 Výpočet střední teploty kolektoru

$$t_K = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.3)$$

$$t_K = \frac{60 + 8}{2} = \underline{34^{\circ}\text{C}}$$

kde:

t_K střední teplota kolektoru $[^{\circ}\text{C}]$

t_1 vstupní teplota vody $[^{\circ}\text{C}]$

t_2 výstupní teplota vody $[^{\circ}\text{C}]$

20.4.2 Výpočet střední denní sluneční ozáření

$$I = \frac{Q_{St}}{t_{teor.}} \quad [\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (2.4)$$

$$I = \frac{8,06}{13,9} = \underline{0,58 \text{kW} \cdot \text{m}^{-2}}$$

kde:

I střední denní sluneční ozáření $[\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}]$

Q_{St} množství energie dopadající na plochu $[\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$

$t_{teor.}$ teoretická doba slunečního svitu $[\text{h}]$

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{St} [kWh.m ²]	3,4	4,96	6,7	8,06	9,42	9,64	9,42	8,06	6,7	4,96	3,4	2,7
t_{teor} [h]	8,26	10,12	12	13,9	15,7	16,34	15,7	13,9	12	10,12	8,26	7,85
I [kW.h.m ²]	0,41	0,49	0,55	0,57	0,6	0,59	0,6	0,57	0,55	0,49	0,41	0,34

Tab. 5.3 Hodnoty denního ozáření pro všechny měsíce

20.4.3 Výpočet redukované teploty

$$A = \frac{t_K - t_e}{I \cdot 1000} \quad [\text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}] \quad (2.5)$$

$$A = \frac{34 - 7,4}{0,58 \cdot 1000} = \underline{0,0458 \text{K} \cdot \text{m}^2 / \text{W}}$$

kde:

A..... redukovaná teplota [K.m⁻².W⁻¹]

I..... střední denní sluneční ozáření [kW.m⁻²]

t_k..... střední teplota kolektoru [°C]

t_e..... střední teplota slunečního svitu [°C]

20.4.4 Účinnost za měsíc duben

$$\mu = \mu_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot I \quad [\%] \quad (2.6)$$

$$\mu = 0,853 - 3,37 \cdot 0,0458 - 0,01 \cdot 0,0458^2 \cdot 0,58 = 0,7 = 70\%$$

kde:

A..... redukovaná teplota [K.m⁻².W⁻¹]

I..... střední denní sluneční ozáření [kW.m⁻²]

μ₀..... okamžitá účinnost kolektoru [1]

a₁..... okamžitá účinnost na plochu apertury [W.m⁻².K⁻¹]

a₂..... okamžitá účinnost na plochu apertury [W.m⁻².K⁻¹]

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
μ [%]	58	59	68	70	72	75	77	76	74	67	61	50

Tab. 5.4 Hodnoty účinností kolektoru pro jednotlivé měsíce

20.5 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

$$Q_k = Q_{sv.duben} \cdot \mu \quad [\text{kWh.m}^{-2}] \quad (2.7)$$

$$Q_k = 89,46 \cdot 0,7 = \underline{\underline{62,48 \text{ kWh.m}^{-2}}}$$

kde:

Q_{sv.duben}..... množství slunečního svitu [kWh.m⁻²]

Q_k..... měrný tepelný zisk [kWh.m⁻²]

μ..... účinnost za měsíc [1]

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q _k kWh/(m ²)	16	25	43	62	99	97	124	104	64	39	12	8

Tab. 5.5 Hodnoty měrného tepelného zisku pro všechny měsíce

20.6 Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí

Pro rovnovážnou bilanci volím měsíc duben

Návrh počtu m² kolektorové plochy

Plocha apertury $S_A = 2,373m^2$

Aperturní plocha:

$$S_{C.a} = \frac{Q_{duben}}{Q_K} \quad [m^2] \quad (2.8)$$

$$S_{C.a} = \frac{502,3}{62,5} \cong \underline{8m^2}$$

kde:

Q_{duben} množství potřebného tepla [kWh]

Q_k měrný tepelný zisk [kWh.m⁻²]

Počet kolektorů

$$n = \frac{S_{C.a}}{S_A} \quad [1] \quad (2.9)$$

$$n = \frac{8,04}{2,373} = 3,4 \cong 3$$

kde:

$S_{c.a}$ celková potřebná aperturní plocha [m²]

S_A plocha apertury kolektoru [m²]

20.7 Určení energetické bilance (přebytky/nedostatky)

Plocha apertury $S_A = 2,373m^2$

Celková plocha apertury

$$S_c = S_A \cdot n \quad [m^2] \quad (3.0)$$

$$S_c = 2,373 \cdot 3 = 7,12m^2$$

Energie zachycená 4 kolektory

$$Q_C = S_c \cdot Q_K \quad [kWh/duben] \quad (3.1)$$

$$Q_C = 7,12 \cdot 62,5 = 444 kWh/duben$$

měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_c [kWh/měs]	117	175	303	445	704	693	882	743	452	279	84	54

Tab. 5.6 Množství energie zachycené kolektory v jednotlivých měsících

Stanovení maximálního celoročního zisku sol. systému

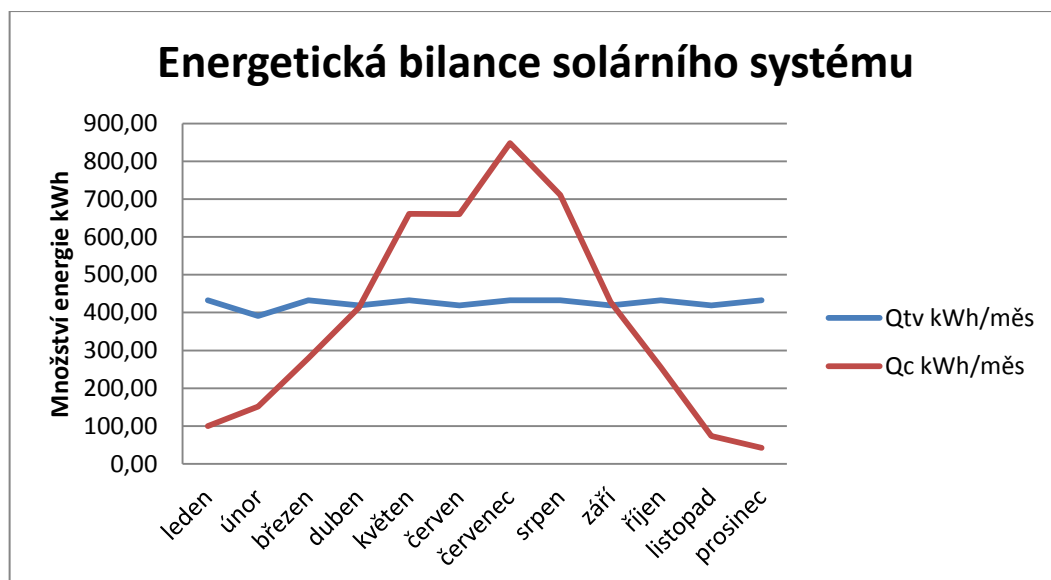
$$\sum Q_{c.max} = \sum Q_{m\acute{e}s.} = \underline{4930kWh/ro\acute{c}n\acute{e}}$$

20.8 Stanovení skutečného celoročního zisku sol. systému

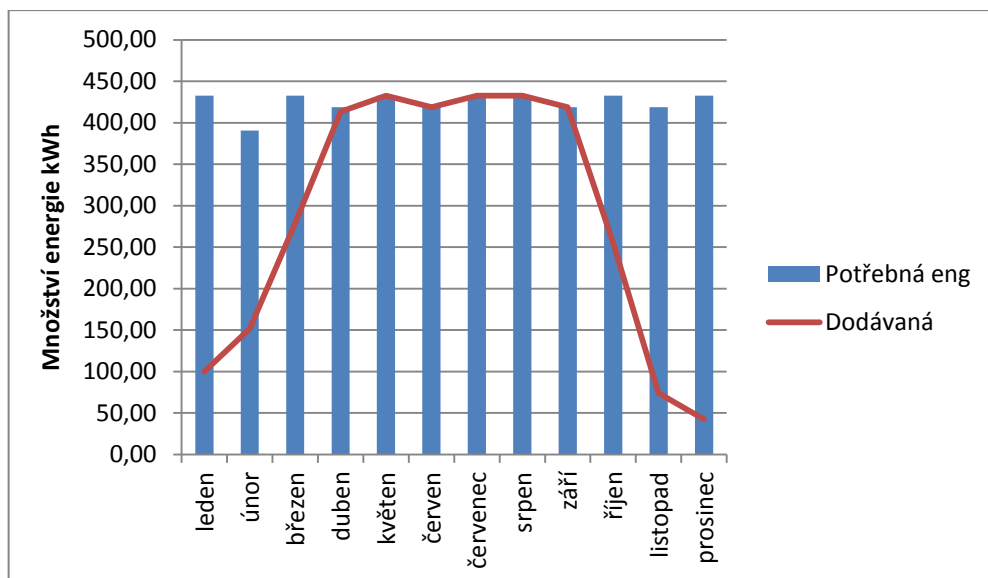
$$\sum Q_{c.skut.} = Q_{c.max} - \sum Q_p = 4930 - 962 = \underline{3967kWh/ro\acute{c}n\acute{e}}$$

Za pomoci energetické bilance solárního systému (Obr. 6.1) si lze uvědomit, které měsíce v roce budou mít pokrytí potřeby tepla pro ohřev vody a naopak, v kterých měsících budou nedostatky. Dle předchozích výpočtů bylo zjištěno, že získaná energie ze solárního kolektoru pokryje téměř dvě třetiny potřebné energie pro ohřev teplé vody.

Pro tento případ bude plné pokrytí dodávky tepla v měsících duben až září (Obr 6.2). V zimních měsících, díky malé sluneční intenzitě, je nutno dodávat teplo jiným zdrojem.



Obr. 6.1 Energetická bilance solárního systému



Obr. 6.2 Pokrytí spotřeby energií solárním systémem

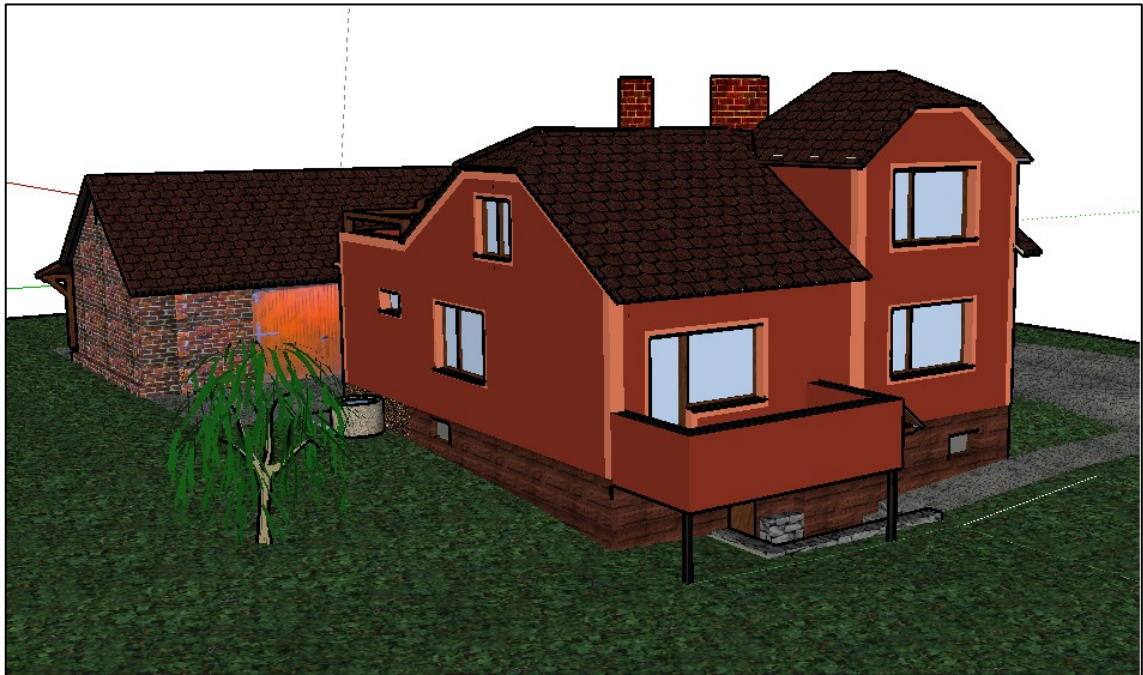
21 Konečný plán rekonstrukce

Po uvážení a zohlednění výchozího stavu budovy a předešlých výpočtů s nabízenými variantami bylo po schválení majitele objektu vybráno následné řešení.

- Izolace vnějších stěn minerální čedičovou vatou Rockwool MULTIROCK 180 600x1000
- Kompletní renokonstrukce střechy (bednění, palubky, krytina, plechování, okapový systém)
Střešní krytina SKANTAK-Arcelormital
- Výměna původní tepelné střešní izolace Rockwooll SUPERROCK 180mm
- Použití termoizolačních fólií do oken HS-50 Cold Steel
- Snížení stropů a zateplení v 1.NP o 25cm pro zmenšení vytápěcí plochy a zároveň odstranění neestetických křivostí stropu
- Vyvložkování komínu a výměna kouřovodu
- Postavení přístřešku k hospodářské budově a před hlavní vchod do RD

21.1 Model domu po rekonstrukci

Konečná podoba designu domu s barevnými odstíny a doplněnou dřevěnou konstrukcí (obr.3.2) byla vymodelována v programu SketchUp.



Obr. 7.1 Model domu po rekonstrukci



Obr. 7.2 Model domu po rekonstrukci – pohled na dřevěné přístavby

22 Harmonogram rekonstrukce

Převzetí staveniště proběhlo dne 15.7.2011 a poslední opravy byly dokončeny 19.9.2011. Během těchto dvou měsíců byla na objektu provedena celková rekonstrukce vnější fasády, střechy a také i vnitřních prostor. Při rekonstrukci se musely uskutečnit neplánované práce jako byly například (nová elektroinstalace v patře, omítky a betonáž komínů, vymalování vnitřních místností, izolace coklu terasy, konstrukce dřevěné terasy, atd). Instalace solárního systému se z důvodů řešení zelených úspor plánuje na léto roku 2013. Celkový postup práce v jednotlivých týdnech je popsán v následujících odstavcích.

15-22.7.2011

Převzetí staveniště, dodání kontejneru na nebezpečný odpad (azbest, IPA), demontáž stávající střešní krytiny, impregnace a oprava původního bednění, montáž pojistné hydroizolační fólie, úklid staveniště a odvezení nebezpečného odpadu, Kotvení základních lišt na zateplení fasády. Změření délky komínové vložky, plochy střechy, montáž žlabových háků.

23-31.7.2011

Renovace kouřovodu a komínové vložky, vyměření základu pro konstrukci krytého stání Vyměření základu pro konstrukci krytého stání verandy a přístřešku, výkop a betonáž. Montáž stavebního lešení v rozsahu 230 m², montáž podkladového roštu obkladu stropu podkrovní místnosti a chodby, dodávka tepelné izolace na stavbu, dodávka lepidla, nátěr obvodových stěn penetrací, montáž lepení izolačních desek na plochu stěn (přední a boční stěna).

1-7.8.2011

Montáž roštu obkladu – pokoj podkroví, nátěr stávajícího krovu v části podkrovního pokoje (Bochemik). Dodávka řeziva na stavbu tesařských konstrukcí, demontáž stávajících parapetů oken, montáž tepelné izolace v podkrovním pokoji, montáž tesařské konstrukce přístřešku, kotvení tepelné izolace desek na RD, klempířské práce na hospodářské budově, dokončení tesařské konstrukce krytého stání. Lepení + kotvení tepelné fasády RD, podbetonování ploch pod parapety.

8-15.8.2011

Montáž tepelné izolace s parozábrany, montáž obkladových palubek na střeše krytého stání + pojistná hydroizolační fólie, lepení okenních parapetů, montáž tepelné izolace v podkroví s palubkami, lepení tepelné izolace fasády u RD, montáž zateplení stropu chodby. Dokončení tesařských konstrukcí verandy garáže, montáž tesařské konstrukce střech vikýře nad terasou. Dokončení montáže palubek obkladů a krycích lišt stropů chodby.

16-23.8.2011

Montáž perlínky na venkovní stěny tepelné izolace a parapetů. Tažení stěrky a perlínky, zateplení detailu, bednění stříšky nad terasou, klempířské práce, broušení fasády. Montáž střešní krytiny RD, tažení finální vrstvy fasády čelní a boční stěny. Vyrovnání stěn terasy + lepení tepelné izolace na stěny terasy, vyrovnávací římsy, stěrkování + kotvení tepelné izolace stěny terasy, penetrace zádní část RD, dokončení práci na spodním balkóně, dokončení tesařské konstrukce přístřešku nad vstupem. Montáž hřebenáčů RD.

24-31.8.2011

Natažení druhé vrstvy lepidla na boční stěnu RD, montáž izolace na zadní část, dokončení detailu kolem oken, zateplení stropu v pokoji č.1 v rozsahu 20m². Montáž okapních svodů a oplechování balkonu, natažení lepidla a perlínky na vnitřní část balkonu. Nátěr konstrukce balkónu.

1-8.9.2011

Dokončování fasády stěny a detaily kolem oken, lepení tepelné izolace coklu (polystyren XPS 80mm), tmelování u plechu na balkonech, rozebrání a odvoz lešení, zaplnění otvoru po kotvách lešení. Dokončení prací na coklu terasy.

9-18.9.2011

Montáž termoizolačních fólií na vnitřní stranu oken, čistící a dokončovací práce, odstranění závad a nedostatků, předání objektu.

23 Investiční náklady

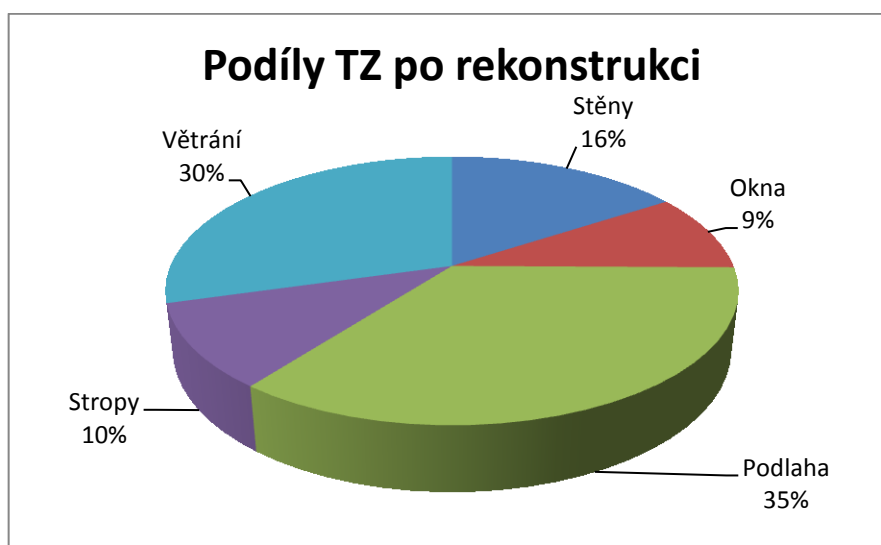
Označení dodávky	Počet M.J.	Ozn. M.J.	Celkem s DPH [Kč]
STŘECHA RD			
<i>Demontážní práce</i> (střešní krytina, IPA, klempířské konstrukce)	170,0	m ²	11 800
<i>Materiál</i>			
řezivo krovu impregnované	1,9	m ³	10 579
střešní latě 40/50 impregnované	2,4	m ³	12 960
pojistná hydroizolační folie 135g	225,0	m ²	8 217
spojovací materiál	1,0	cel	1 210
okapový systém Arcelormital	1,0	cel	29 631
střešní krytina Arcelormital PE mat 35	225,0	m ²	83 041
<i>Dodávka a montáž materiálu</i>			
D+M oplechování okapu RŠ 250	23,2	m	4 886
D+M závětrná lišta RŠ 400	22,5	m	4 991
D+M úžlabí RŠ 500	5,0	m	2 070
D+M lemování na zed' RŠ 330	10,0	m	2 115
D+M oplechování komína	1,0	cel	1 504
D+M oplechování atiky balkónu RŠ 600	14,5	m	4 034
D+M střešní výlez	1,0	ks	2 680
výměna krokve - štít	1,0	ks	1 100
montáž krovu prodlouž. verandy a terasy	41,5	m ²	11 039
montáž laťování	170,0	m ²	6 409
montáž pojistné hydroizolační folie	170,0	m ²	2 975
montáž střešní krytiny	170,0	m ²	38 760
montáž okapového systému	1,0	cel	12 450
vyvločkování komína	8,0	m	13 376
sanace komín. Tělesa vč.beton. Hlavice	2,4	m ²	6 045
doprava a manipulace	1,0	cel	5 960
ZATEPLENÍ PODKROVÍ			
<i>Demontážní práce</i>	16,7	m ²	1 200
<i>Materiál</i>			
latě roštu impregnované	0,6	m ³	3 480
parozábrana	61,0	m ²	1 700

tepelná izolace 180 mm minerální vlna	61,0	m ²	14 205
obkladové palubky	61,0	m ²	17 366
lem. Lišta koutová	58,0	m	1 850
Montážní práce			
rošty, tep.izolace, parozábrany, obkladu	61,0	m ²	14 314
FASÁDA RD			
celkový materiál (izolace, lepidlo, omítky)	255,0	m ²	232 741
montáž (izolace včetně omítky)	255,0		114 750
manipulace	1,0	cel	2 000
D+M parapety RŠ 480	30,0	m	9 960
CELKEM			691 397 Kč

Tab. 6.1 investiční náklady rekonstrukce

24 Stav po rekonstrukci

Po značné rekonstrukci budovy došlo k velkým změnám na podílu tepelných ztrát (obr. 8.1). Celková tepelná ztráta po rekonstrukci činí 7,5kW. Po srovnání podílu tepelných ztrát s hodnotami před rekonstrukcí (obr. 5.1) si lze povšimnout největší změny u procentuálního podílu tepelných ztrát u stěn, kdy z téměř 60% klesly na pouhých 16%. Z důvodů žádných rekonstrukčních činností u podlahy domu se tento podíl více než zdvojnásobil.



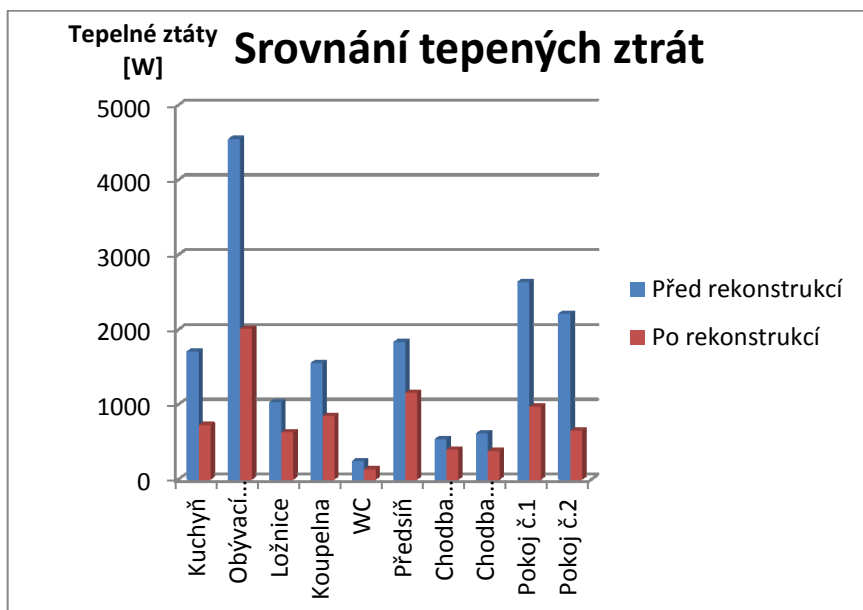
Obr. 8.1 Podíly tepelných ztrát po rekonstrukci RD

V tabulce 6.2 jsou srovnány hodnoty tepelných ztrát jednotlivých místností před a po rekonstrukci následně na obr. 8.2 je grafické vyjádření těchto hodnot.

U místností s větším podílem venkovních zdí se podařilo srazit tepelnou ztrátu pod polovinu původních hodnot.

Místnost	Kuchyň	Obývací pokoj	Ložnice	Koupelna	WC	Předsíň	Chodba č.1	Chodba č.2	Pokoj č.1	Pokoj č.2
Před rekonstrukcí [W]	1710	4546	1033	1556	246	1835	537	614	2640	2215
Po rekonstrukcí [W]	728	2015	630	850	137	1160	400	380	972	655

Tab 6.2 Porovnání hodnot tepelných ztrát u jednotlivých místností



Obr. 8.2 Grafické srovnání tepelných ztrát před a po rek. u jednotlivých místností

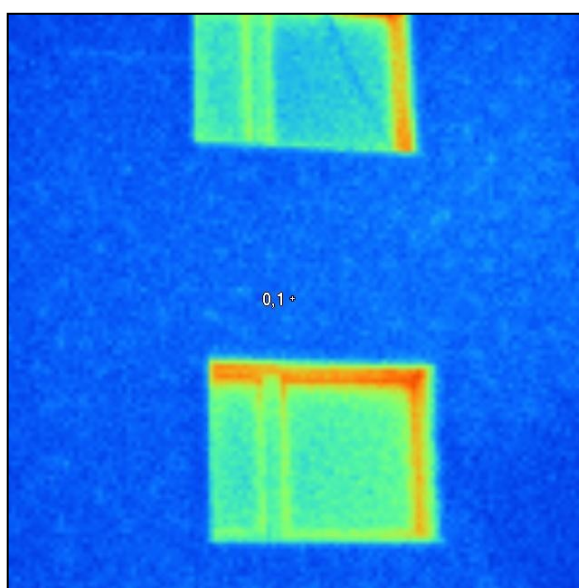
Novou podobu objektu po rekonstrukci lze shlédnout na obr 8.3 a na ostatních fotografiích v příloze.



Obr. 8.3 Nová podoba rodinného domu po rekonstrukci

Následující zimu po rekonstrukci byly vedoucím stavby zhotoveny i termosnímký (obr.8.4), další jsou dostupné také v příloze.

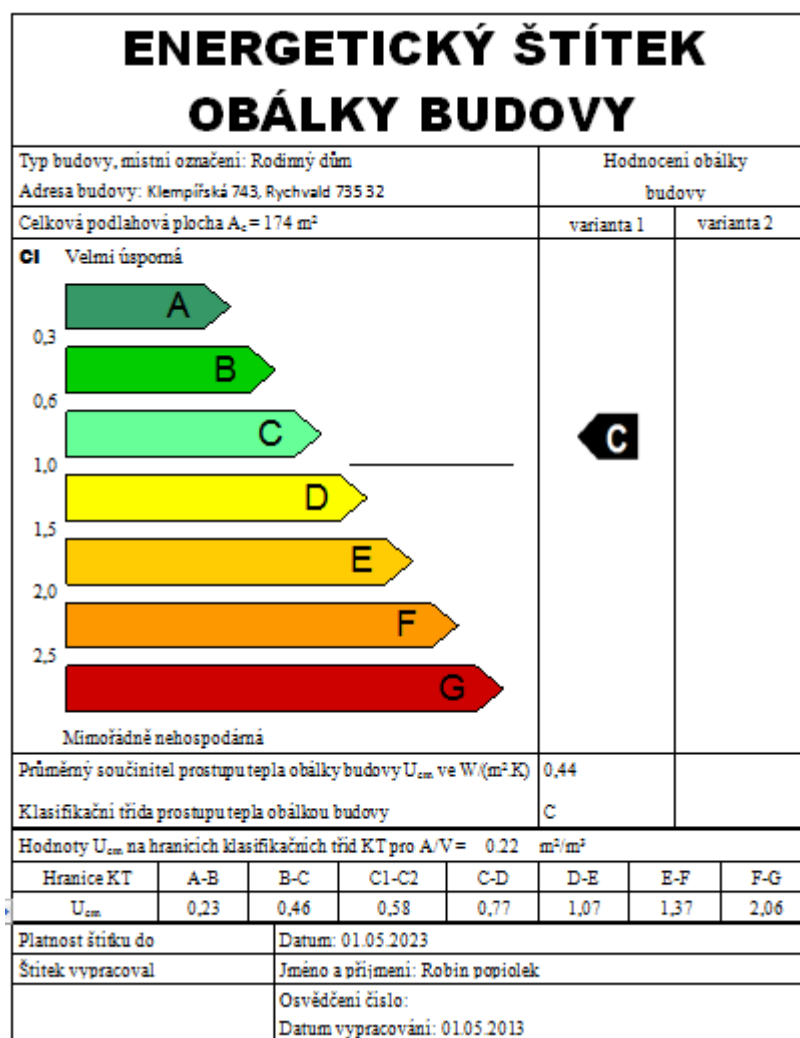
Termosnímký byly pořizovány při venkovní teplotě -3°C a vnitřní pokojová teplota činila 20°C . Na obrázku si lze všimnout rozdílu teplot mezi stěnou, okenním rámem a sklem. Největší teplotu v tomto případě má okenní rám z důvodu největšího prostupu tepla. Díky termoizolačním fóliím je teplota povrchu skla daleko menší než okenního rámu. To je zapříčiněné dokonalou nepropustností tepla přes fólii. Na snímku lze zpozorovat nepatrné tepelné mosty, způsobené kotvícími prvky izolace.



Obr. 8.4 Termosnímký z východní strany domu

25 Energetický štítek

Na základě vypočtených hodnot prostupu tepla jednotlivých konstrukcí a velikostí vytápěné plochy byl podle programu STAVEBNÍ FYZIKA 2010 vygenerován energetický štítek budovy, který se řídí normou ČSN 730540.



Obr.8.5 Energetický štítek budovy

26 Ekonomické zhodnocení

Celková investice do celého projektu rekonstrukce domu byla vyčíslena na bezmála 700 000 Kč. V ceně není započítána instalace solárního systému na ohřev užitkové vody, která se plánuje na léto 2013 a odhaduje se na částku 100 000 Kč.

V rámci programu zelených úspor (ZÚ) je státní příspěvek na solární systém pro ohřev teplé vody 55 000 Kč (viz. kap. 10).

Od poloviny roku 2012 klient změnil dodavatele energií z RWE na ČEZ, čímž se také změnila cena energie.

Ekonomický rozbor zateplení RD:

Cena energie u RWE v r. 2011	1 115 Kč/MWh	
Cena energie u ČEZ v r. 2013	1 410 Kč/MWh	
Investice do zateplení	700 000 Kč	
Spotřeba plynu před rekonstrukcí	41 MWh/rok	3904 m ³ /rok
<u>Spotřeba plynu po rekonstrukci</u>	<u>28 MWh/rok</u>	<u>2666 m³/rok</u>
Úspora plynu	13 MWh/rok	1238 m ³ /rok
Finanční úspora	18 200 Kč/rok	

Návratnost

$$\frac{\text{investice}}{\text{roční úspora}} = \frac{700000}{18200} \cong \underline{39 \text{ let}}$$

Návratnost SS pro ohřev vody:

Cena SS:	100 000 Kč
<u>ZÚ:</u>	<u>55 000 Kč</u>
Skutečná investice:	45 000 Kč

Potřebná roční energie pro ohřev TUV: 6 MWh

Dodávaná energie za rok pro ohřev TUV: 4 MWh

Cena energie (ČEZ): 1400 Kč/MWh

Roční úspora:

$$\text{dodávaná energie} \cdot \text{cena energie} = 4 \cdot 1400 = \underline{5600 \text{ Kč/rok}}$$

Návratnost solárního systému

$$\frac{\text{skutečná investice}}{\text{roční úspora}} = \frac{45000}{5600} \cong \underline{8 \text{ let}}$$

27 Závěr

Zateplením objektu se dosáhlo značného snížení spotřeby zemního plynu za rok a to z původních 41 MWh na 28 MWh. Jedná se tedy o snížení vydaných energií téměř o 30%. Největší podíl těchto úspor sehrálo zateplení vnějších stěn minerální čedičovou izolací o tloušťce 180 mm, kdy součinitel prostupu tepla u stěn se snížil na $0,22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ z původních $2,38 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Další velkou roli hrála minimalizace tepelných ztrát přes okenní plochy, kterou jsme dosáhli instalací termoizolačních fólií. Tyto fólie snižují prostup tepla až o 30% ,mají také funkci zabránění průniku škodlivého UV záření a částečně zadržují tepelné paprsky slunce zčeho vyplývá, že nedochází v létě k přehřívání místností a je tím zajištěna lepší tepelná pohoda.

Původní eternitová krytina nesla známky poškození a hydroizolace byla značně poškozená, což mělo zapříčinění výskyt vlhkosti, která se přenášela do interiéru v podkrovních místnostech. Z těchto důvodů byla výměna střešní krytiny a izolace stropů v podkroví samozřejmostí. Díky tomuto zákroku došlo k odstranění nadměrné vlhkosti v podkrovních místnostech a také snížení prostupu tepla na hodnotu $0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Nejchladnější konstrukcí v domě nadále zůstává podlaha, neboť zateplení podlahy by mělo za následek zvýšení prahu, celkové vnitřní rekonstrukce domu a tím také nemalé finanční náklady. Celková investice do rekonstrukce domu činila necelých 700 000 Kč. Při úspoře 13 MWh tedy 18 000 Kč ročně, je plánovaná návratnost 40let, ovšem při stávající ceně plynu. Jestliže se cena plynu bude nadále zvyšovat, bude tím návratnost kratší.

Součástí projektu byl i návrh solárního systému pro ohřev teplé užitkové vody. Při výpočtech bylo uvažováno s čtyřmi uživateli a dospěl jsem k potřebě téměř 6 MWh ročně zemního plynu pro ohřev teplé vody. Dále dle statistických meteorologických hodnot pro danou oblast a parametrů kolektoru jsem zjistil jejich potřebný počet a celkovou získanou energii ze slunce. Poté jsem došel k potřebnému počtu 3 kolektorů a získaných 4 MWh ročně. Díky programu zelených úspor je stanovena návratnost tohoto solárního systému na 8 let.

Na závěr byl za pomoci programu vygenerován energetický štítek budovy. Z čehož vyplynulo, že po rekonstrukci domu, jsou jeho tepelně technické vlastnosti hodnoceny třídou C, tedy jako vyhovující.

28 Seznam použité literatury

- [1] JŮN, Petr a Miroslav BROUČEK. Stavařina. [online]. [cit. 2013-05-15].
Dostupné z: <http://www.stavarina.cz/index.htm>
- [2] LINHART, Ladislav. Zateplování budov. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 112 s.
Profi. ISBN 978-80-247-3361-6.
- [3] DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. Energetický audit budov. 1.
vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 295 s. ISBN 80-889-0586-9.
- [4] KADLEC, Zdeněk. Průvodce sdílením tepla pro požární specialisty. 1. vyd. V
Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009, 100 s.
Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-
7385-061-6.
- [5] Calla: Solární energie. [online]. 2006 [cit. 2013-05-15].
Dostupné z: <http://www.calla.cz/data/energetika/cer2/SolarSkript-CER2.pdf>
- [6] MATUŠKA, Tomáš. Dimenzování solárních soustav. [online]. 2007 [cit. 2013-
05-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4214-dimenzovani-solarnich-soustav-i>
- [7] Zelená úsporám: Oficiální web programu Zelená úsporám. [online]. 2009 [cit.
2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.zelenausporam.cz/sekce/470/popis-programu/>
- [8] Istavitel: stavba, rekonstrukce, bydlení. [online]. [cit. 2013-05-15]. Dostupné z:
<http://istavitel.cz/clanek/izolace/tepelne-izolace>
- [9] Izolace-info: informace o izolacích a zateplování. [online]. [cit. 2013-05-15].
Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/vlaknite-izolace/mineralni-vata/rockwool/>
- [10] BENDA, Petr. Benda-folie. [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z:
<http://www.benda-folie.cz/termoizolacni-folie>
- [11] Energo plan. [online]. 2009 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z:
<http://www.energoplan.cz/>
- [12] ISOVER: Saint-Gobain Construction Products CZ a.s. Praha 10, 2013. Dostupné
z: <http://www.isover.cz/katalog>

29 Přílohy

29.1 Tepelné ztráty jednotlivých místností

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]			
Kuchyň							-15,00		20,00			
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA					
		DÉLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLOT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA	
												m ²
SO	450	7,2	3,00	21,60	0	2,84	18,77	1,64	35	57,40	1077	
DO	-	0,8	2,20	1,76	1	1,76	1,76	0,00	35	0,00	0	
OZ	-	2,1	1,35	2,84	1	2,84	2,84	1,50	35	52,50	149	
Pdl	300	3,9	3,35	13,07	0	0,00	13,07	1,81	10	25,50	333	
Str	450	3,9	3,35	13,07	0	0,00	13,07	0	0	0,00	0	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											248	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											1809	

Tab. 7.1 Tepelné ztráty kuchyně

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]			
Obývací pokoj							-15,00		20,00			
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA					
		DÉLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLOT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA	
												m ²
SO	450	17,9	3,00	53,70	0,00	2,03	49,92	1,64	35	57,40	2865	
DO	-	0,8	2,20	1,76	1,00	1,76	1,76	1,50	35	52,50	92	
OZ	-	1,5	1,35	2,03	2,00	4,05	2,03	1,50	35	52,50	106	
Pdl	300	10,0	4,00	40,00	0,00	0,00	40,00	1,81	10	25,50	1020	
Str	450	10,0	4,00	40,00	0,00	0,00	40,00	2,55	0	0,00	0	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											748	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											4842	

Tab. 7.2 Tepelné ztráty obývacího pokoje

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]	Vnitřní teplota [°C]				
Ložnice							-15,00	20,00				
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA					
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLIT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA	
		mm	m	m		m ²	m ²	m ²	W/(m ² .K)			°C
SO	450	3,9	3,00	11,70	0,00	2,84	7,11	1,64	35	57,40	408	
DO	-	0,8	2,20	1,76	1,00	1,76	1,76	1,50	0	0,00	0	
OZ	-	2,1	1,35	2,84	1,00	2,84	2,84	1,50	35	52,50	149	
Pdl	300	3,3	3,90	12,87	0,00	0,00	12,87	1,81	10	25,50	328	
Str	450	3,3	3,90	12,87	0,00	0,00	12,87	2,55	0	0,00	0	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											244	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											1129	

Tab. 7.3 Tepelné ztráty ložnice

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]	Vnitřní teplota [°C]				
Koupelna							-15,00	24,00				
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA					
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLIT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA	
		mm	m	m		m ²	m ²	m ²	W/(m ² .K)			°C
SO	450	5,0	2,70	13,50	0,00	0,45	12,60	1,64	39	63,96	806	
DO	-	0,8	2,20	1,76	1,00	1,76	1,76	1,50	0	0,00	0	
OZ	-	0,9	0,50	0,45	2,00	0,90	0,45	1,50	39	58,50	26	
Pdl	300	2,8	2,00	5,60	0,00	0,00	5,60	1,81	29	98,60	552	
Str	350	2,8	2,00	5,60	0,00	0,00	5,60	0,30	39	11,70	66	
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											106	
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											1556	

Tab. 7.4 Tepelné ztráty koupelny

Označení místnosti						Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]			
Předsíň						-15,00		15,00			
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA				
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLOT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C		
SO	450	7,3	2,70	19,71	0,00	2,84	14,90	1,64	30	49,20	733
DO	-	0,9	2,20	1,98	1,00	1,98	1,98	1,20	30	36,00	71
OZ	-	2,1	1,35	2,84	1,00	2,84	2,84	1,50	30	45,00	128
Pdl	200	3,4	2,90	9,86	0,00	0,00	9,86	1,81	20	68,00	670
Str	350	3,4	2,90	9,86	0,00	0,00	9,86	0,30	30	9,00	89
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											144
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											1835

Tab.7.5 Tepelné ztráty předsíně

Označení místnosti						Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]			
Chodba č.1						-15,00		15,00			
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA				
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITELEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLOT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C		
SO	450	2,8	3,00	8,40	0,00	-	3,20	1,64	30	49,20	157
DO	-	1,3	2,00	2,60	2,00	5,20	2,60	1,20	30	36,00	94
OZ	-	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-	0
Pdl	300	1,4	3,90	5,46	0,00	0,00	5,46	1,81	20	68,00	371
Str	450	1,4	3,90	5,46	0,00	0,00	5,46	0,00	0	0,00	0
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											88
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											710

Tab. 7.6 Tepelné ztráty chodby č.1

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]		
WC							-15,00		20,00		
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA				
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLIT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C		
SO	450	0,9	2,70	2,43	0,00	0,40	2,03	1,64	35	57,40	117
DO	-	0,8	2,20	1,76	1,00	1,76	1,76	1,50	0	0,00	0
OZ	-	0,8	0,50	0,40	1,00	0,40	0,40	1,50	35	52,50	21
Pdl	300	0,9	1,60	1,44	0,00	0,00	1,44	1,81	14	47,60	69
Str	350	0,9	1,60	1,44	0,00	0,00	1,44	0,30	35	10,50	15
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											25
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											246

Tab. 7.7 Tepelné ztráty WC

Označení místnosti							Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]		
Pokoj č.2							-15,00		20,00		
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA				
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLIT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C		
SO	300	4,0	2,60	10,40	0,00	3,64	6,76	2,38	35	83,30	563
SO	300	3,2	0,90	2,88	0,00	13,60	13,60	2,38	35	83,30	1133
DO	-	0,8	2,20	1,76	2,00	3,52	0,00	0,00	35	0,00	0
OZ	-	1,5	1,35	1,96	1,00	1,96	1,96	1,50	35	52,50	103
OZ	-	1,1	1,50	1,68	1,00	1,68	1,68	1,50	35	52,50	88
Pdl	300	4,0	3,40	13,60	0,00	0,00	13,60	0,00	0	0,00	0
Str	4	4,0	4,40	17,60	0,00	0,00	17,60	0,35	35	12,25	216
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											112
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											2215

Tab. 7.8 Tepelné ztráty pokoje č.2

Označení místnosti						Venkovní teplota [°C]		Vnitřní teplota [°C]			
Chodba č.2						-15,00		15,00			
OZNAČENÍ STĚNY	TLOUŠŤKA STĚNY	PLOCHA STĚNY					ZÁKLADNÍ TEPELNÁ ZTRÁTA				
		DĚLKA	ŠÍŘKA VÝŠKA	PLOCHA	POČET OTVORŮ	PLOCHA OTVORŮ	PLOCHA BEZ OTVORŮ	SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	ROZDÍL TEPLŮT	U.(t ₁ -t ₂)	TEPELNÁ ZTRÁTA
	mm	m	m	m ²		m ²	m ²	W/(m ² .K)	°C		
SO	300	2,0	2,60	5,20	0,00	2,03	3,18	2,38	30	71,40	227
DO	-	0,9	2,20	1,87	1,00	1,87	1,87	1,50	30	45,00	84
OZ	-	1,5	1,35	2,03	1,00	2,03	2,03	1,50	30	45,00	91
Pdl	300	2,8	5,50	15,40	0,00	0,00	15,40	0,00	0	0,00	0
Str	350	2,8	3,00	8,40	0,00	0,00	8,40	0,45	30	13,50	113
Str	350	2,8	2,50	7,00	0,00	0,00	7,00	0,40	30	12,00	84
ZTRÁTA VĚTRÁNÍM											99
CELKOVÁ TEPELNÁ ZTRÁTA											614

Tab. 7.9 Tepelné ztráty pokoje č.2

29.2 Snímky z rekonstrukce

KPW1-C20AR – TECHNICKÝ LIST	
Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	2140x1215x110 mm
stavební výška	2151 mm
celková plocha	2,609 m ²
plocha apertury	2,373 m ²
plocha absorberu	2,373 m ²
hmotnost bez kapaliny	49,5 kg
Zasklení	
materiál	solární sklo s antireflexní vrstvou
tloušťka	4 mm
propustnost	96%
Absorbér	
materiál	měď, tl. 0,2 mm
povrchová úprava	Sunselect
konstrukční typ	dvojlyrový, ultrazvukově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	2 x G1/2" vnější závit
materiál trubek absorberu	měď
rozměr trubek absorberu	2 x 5 x Ø 8 mm × 0,5 mm
pohltivost slunečního záření	95%
emisivita	5%
maximální pracovní tlak	10 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	232 °C
teplonosná kapalina (složení; objem)	vodní roztok monopropylenglykolu 1:1; 1,24 l
doporučený průtok	60 – 120 l/h
Tepelná izolace	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	60 mm
Rám	
materiál rámu	hliníková slitina
barva rámu	stříbrná
zadní plech	hliníková slitina, tl. 0,5 mm
Koeficienty účinnosti na plochu apertury / absorberu	
η_{0a}	0,854 / 0,854
a_{1a}	3,37 / 3,37 W/m ² K
a_{2a}	0,010 / 0,010 W/(m ² K ²)

Obr. 9.0 Technický list kolektoru

29.3 Snímky z rekonstrukce



Obr. 9.1 Instalace latí na střešní krytinu, nátěr pentrací a lepení izolace



Obr. 9.2 Lepení a kotvení izolace na přístavbě RD



Obr. 9.4 Lepení a kotvení izolace na jižní straně RD



Obr. 9.5 Nanášení vrstvy na perlinku stěny



Obr. 9.6 Pokládání střešní krytiny



Obr. 9.7 Nanášení finální vrstvy omítky a stavba přístřešku nad hlavní vchod

29.4 Snímky dokončené rekonstrukce

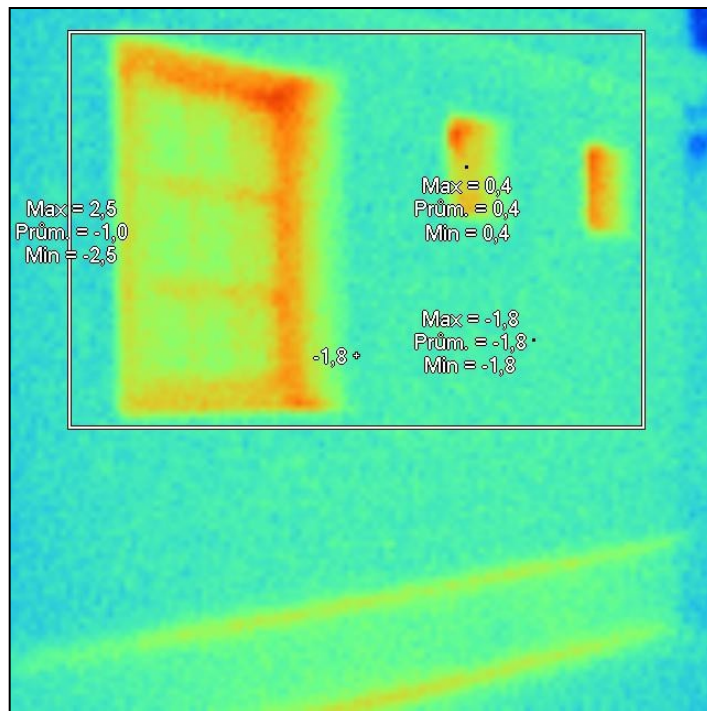


Obr. 9.9 Pohled z východní strany

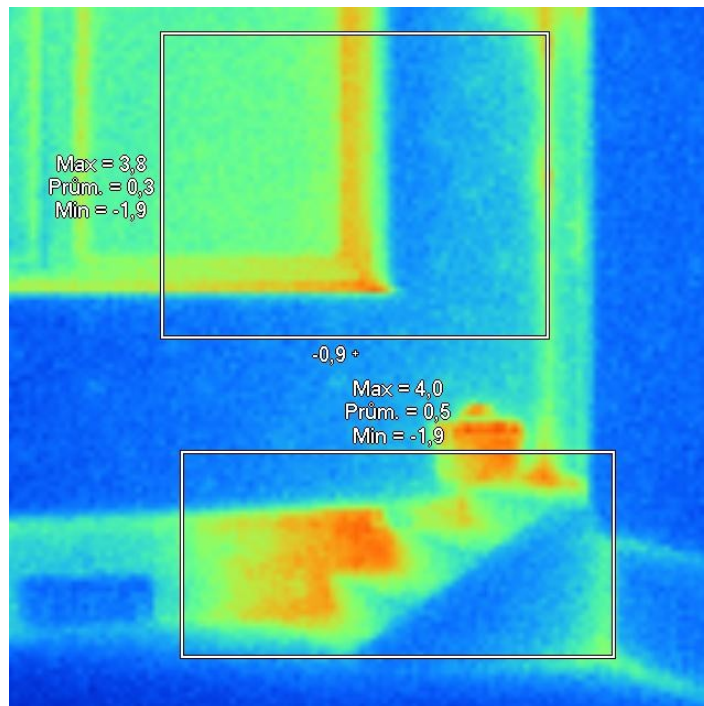


Obr. 9.9 Pohled na přístavbu a jižní stranu

29.5 Termosnímký



Obr. 10.1 Termosnímek přístavby



Obr. 10.2 Termosnímek zaměřený na nezaizolovanou část sklepní místnosti – vznik tepelnou mostu