

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Energetický audit rodinného domu v Bílovci

Energy Audit of Family House in Bílovec

Student:

Jan Kriško

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Nezhoda Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Kriško**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R004 Provoz a řízení v energetice
Téma: **Energetický audit rodinného domu v Bílovci**
Energy Audit of Family House in Bílovec

Zásady pro vypracování:

Proveďte energetický audit rodinného domu budovaného v rámci komplexní bytové výstavby. Práce bude obsahovat:

- 1) popis stávajícího energetického hospodářství včetně budovy
- 2) zhodnocení stávajícího stavu
- 3) návrh energeticky úsporných opatření
- 4) závěrečné doporučení

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. *Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál*, Energy Performance Contracting. SEVEn, Praha, 1995.
- [2] HIRŠ, J. *Organizační postup energetického auditu*. Časopis Energie, 5, 6/97.
- [3] Kol. autorů. *Audit energetického hospodářství budov*. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [4] Kol. autorů. *Energetický audit ve zdravotnických zařízeních*. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [5] Kol. autorů. *Metodika energetického auditu v průmyslovém podniku*. ČEA, Praha, 1996.
- [6] MAROUŠEK, J., ZEMAN, J., TINTĚRA, L. *Příprava projektů a rozhodování*. Přednáška EEBW, SEVEn, Praha, 2000.
- [7] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [8] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.
- [9] ZEMAN, J. Od dotací k zisku: *Jak řešit zásobování teplem v komunální sféře*. Přednáška EEBW, SEVEn, Praha, 1995.


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


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010




prof. Ing. Pavel Kolat, DrSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

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

V Ostravě : 21.5.2010

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou (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 nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové (bakalářské) práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové (bakalářské) práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :

.....

Plné jméno diplomanta

Adresa trvalého pobytu diplomanta

Jan Kriško
U Střelnice 940
743 01 Bílovec

Anotace bakalářské práce

KRIŠKO, J. *Energetický audit rodinného domu v Bílovci*. Ostrava: Katedra Energetiky, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 30 s. Bakalářská práce, vedoucí Nezhoda, J.

Tématem bakalářské práce je energetický audit rodinného domu v Bílovci. V úvodu se zabývám popisem této práce, dále pak základnímu popisu a vysvětlení metodiky energetického auditu. Dalším krokem je popis auditovaného objektu, podrobné zhodnocení stávajícího stavu včetně zhodnocení energetického hospodaření s energiemi za uplynulé tři roky. Dále počítám tepelné ztráty budovy obálkovou metodou dle normy ČSN 06 0210. Po stanovení tepelné ztráty budovy počítám měrnou potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody pro stávající stav budovy. Poté pro navržená úsporná opatření. V dalším kroku navrhuji vhodná úsporná opatření a alternativní zdroje tepla pro vytápění. Následuje ekonomické vyhodnocení jednotlivých úsporných opatření a v závěru se věnuji celkovému zhodnocení energetického auditu a jeho výsledkům.

Baccalaureate work synopsis / Annotation

KRIŠKO, J. *Energy audit of family house in Bílovec*. Ostrava: Department of Power Engineering, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 30 p. Thesis, head: Nezhoda, J.

The theme of this dissertation is the energy audit of a family house in Bílovec. The description of this paper and basic explanation of the methodology of the energy audit are to be found at the beginning of this paper. Next, there are introduced. The description of the audit object, the detailed assessment of the current state including the assessment of energetic management during three years. Further, there are calculated heat losses of the building using the envelope method according to the norm ČSN 06 0210, specific heat requirements for the heating of the building and the heating of hot supply water, based on the current state of the building and also on the suggested economy measures. Next, there are suggested appropriate economy measures and alternative heat sources for heating followed by the economic evaluation of particular economy measures. The conclusion deals with the total assessment of energy audit and its results.

Obsah

Prohlášení studenta	3
Anotace bakalářské práce	5
Seznam použitých zkratk a značek	8
1. Úvod.....	11
2. Rešerše	12
2.1. Energetický audit	12
2.2. Předmět energetického auditu.....	13
2.3. Energetický auditor	14
3. Teoretické zázemí – popis stávajícího stavu.....	15
3.1. Základní údaje o předmětu energetického auditu	15
3.1.1. Historie rodinného domu v Bílovci	15
3.2. Charakteristika využívání objektu	17
4. Technický popis objektu	17
4.1. Dispoziční členění objektu.....	17
4.2. Struktura podlaží.....	18
4.3. Struktura obvodového zdiva	19
5. Základní údaje o energetických vstupech	19
5.1. Vytápění domu a ohřev teplé vody	19
6. Energetické hospodářství	19
7. Praktické řešení problému	21
7.1. Výpočet tepelných ztrát objektu	21
7.2. Základní vstupní údaje pro výpočet tepelných ztrát objektu	21
7.2.1. Celková tepelná ztráta rodinného domu	25
7.2.2. Tepelná ztráta prostupem.....	25
7.2.3. Tepelná ztráta větráním	26
7.2.4. Výsledky výpočtu tepelných ztrát pro stávající stav budovy	27
7.3. Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	28
7.3.1. Celková roční potřeba na vytápění	28
7.3.2. Celková roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody	29
7.3.3. Výsledky celkové roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	30
8. Návrh úsporného opatření ke snížení tepelných ztrát	31
8.1. Návrh akumulční nádrže a kotle na tuhá paliva	34
8.1.1. Výpočet doby ohřátí vody akumulčních nádrží z 20°C na 90°C	36
8.1.2. Výpočet doby vytápění otopného systému z akumulčních nádrží	36
9. Ekonomické zhodnocení úsporných opatření	37
9.1. Náklady na zateplení volných prostor	37

9.2.	Náklady na výměnu kotle na tuhá paliva a přízení akumulčních nádrží.....	38
9.3.	Celkové náklady na úsporná opatření	38
9.4.	Návrh solárních kolektorů na ohřev TV a jejich ekonomická rentabilita.....	39
10.	Celkové ekonomické zhodnocení daných úsporných opatření	39
12.	Závěr	40
13.	Použitá literatura	42
14.	Příloha č.1	43
15.	Příloha č.2	50
16.	Příloha č.3	52
17.	Příloha č.4	57
18.	Příloha č.5	60
19.	Příloha č.6	66

Seznam použitých zkratek a značek

p_1	Přípázka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[1]
p_1	Přípázka na urychlení zátoku	[1]
p_1	Přípázka na světovou stranu	[1]
\dot{Q}_p	Tepelná ztráta prostupem	[W]
\dot{Q}_v	Tepelná ztráta větráním	[W]
\dot{Q}_z	Trvalý tepelný zisk	[W]
\dot{Q}_0	Základní tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
TUO	Technická univerzita Ostrava	
OSB	Dřevěná deska slepená z jednotlivých kusů dřeva dohromady	
TV	Teplá voda	
DST	Denostupně	[K · dny]
Q_{aku}	Měrná energie akumulční nádrže	[J]
\dot{Q}_c	Celková tepelná ztráta	[W]
$\dot{Q}_{o,j}$	Prostup tepla jedné stěny	[°C]
U_j	Součinitel prostupu tepla jedné stěny	[m]
\dot{S}_j	Tloušťka jedné vrstvy	[m]
$Q_{VYT,d}$	Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	[kWh]
Q_r	Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	[MWh/rok]
$Q_{r,skut}$	Celková skutečná roční spotřeba zemního plynu	[MWh/rok]
Q_k	Výkon kotle na tuhá paliva	[W]
t_{ej}	Vnější výpočtová teplota	[°C]
t_e	nejnižší z teplot za stěnami počítané místnosti	[°C]
t_i	Vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{is}	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
t_{ev}	Venkovní výpočtová teplota	[°C]
V	Množství topné vody	[m ³]
\dot{V}_{vH}	Průtok vzduchu větráním	[m ³ · s ⁻¹]
\dot{V}_{vP}	Průtok vzduchu infiltrací	[m ³ · s ⁻¹]

V_m	Objem místnosti	$[m^3]$
\dot{V}_v	Objemový průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
i_{LV}	Součinitel spárové provzdušnosti	$[m \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$
L	Délka spár otevíratelných části oken a venkovních dveří	$[m]$
B	Charakteristické číslo budovy	$[Pa^{0.67}]$
M	Charakteristické číslo místnosti	$[1]$
n_{vyp}	Skutečná intenzita výměny vzduchu	$[h^{-1}]$
ε	Opravný součinitel	$[1]$
e_i	Součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací	$[1]$
e_t	Součinitel snížení teploty v místnosti	$[1]$
e_d	Součinitel zkrácení doby na vytápění	$[1]$
d	Počet dní otopného období	$[den]$
t_{es}	Průměrná teplota během otopného období	$[^{\circ}C]$
η_0	Účinnost obsluhy	$[\%]$
η_r	Účinnost rozvodu topení	$[\%]$
t_1	Teplota studené vody	$[^{\circ}C]$
t_2	Teplota ohřáté vody	$[^{\circ}C]$
t_{svl}	Teplota studené vody v létě	$[^{\circ}C]$
t_{svz}	Teplota studené vody v zimě	$[^{\circ}C]$
N	Počet pracovních dní soustavy v roce	$[den]$
ρ	Hustota vody	$[kg/m^3]$
c	Měrná tepelná kapacita vody	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
V_{2p}	Celková spotřeba teplé vody za 1 den	$[m^3 / den]$
$\eta_{kp,starý}$	Účinnost starého plynového kotle	$[\%]$
$\eta_{kp,nový}$	Účinnost nového plynového kotle	$[\%]$
$\eta_{ktp,starý}$	Účinnost starého kotle na tuhá paliva	$[\%]$
$\eta_{ktp,nový}$	Účinnost nového kotle na tuhá paliva	$[\%]$
DN	Prostá návratnost	$[rok]$
Tsd	Reálná doba návratnosti	$[rok]$

IRR	Vnitřní výnosové procento	[%]
r	diskont	[%]
I_0	Investiční náklady	[Kč]
CF_t	Cash flow	[Kč]

1. Úvod

Předmětem mé bakalářské práce je energetický audit zrevitalizovaného rodinného domu v Bílovci. V letech 2003 až 2006 byly provedeny stavební úpravy na domě počínaje kompletní realizací nové sedlovité střechy, výměnou oken za plastová, výměnou všech vstupních dveří a zateplení fasády za účelem snížení energetických ztrát. Během rekonstrukce došlo k opomenutí zateplení prostor, které vznikly na obvodovém zdivu vlivem realizace atypické střechy. Také výše investice neumožnila zároveň dlouhodobě plánovanou výměnu sekundárního zdroje tepla pro vytápění. Z těchto důvodů jsem se rozhodl provést energetický audit, abych zjistil, k jak velkým tepelným ztrátám dochází vlivem opomenutí zateplení prostor vzniklých při rekonstrukci a jak tyto ztráty snížit. V dalším kroku se zaměřím na výměnu sekundárního zdroje tepla na vytápění, návrh a nadimenzování nového sekundárního zdroje tepla a také se zaměřím na míru a velikost úspor, které tato opatření zapříčiní.

V prvním kroku této bakalářské práce je zhodnocení současného stavu budovy, tzn. její technický popis, dispoziční členění, využití jednotlivých částí budovy, způsoby vytápění a ohřev teplé vody a také se zaměřím na rozbor energetického hospodářství. K tomuto kroku mi poslouží projektová dokumentace a archivované fakturační údaje o spotřebách energií za poslední tři roky. V dalším kroku tohoto energetického auditu provedu výpočet tepelných ztrát domu obálkovou metodou podle normy ČSN 06 0210, přičemž tepelné ztráty budou počítány pro stávající stav budovy a následně pro navržená úsporná opatření, což představuje zateplení podmansardových mezer a zateplení půdní podlahy. Provedu také výpočet celkové roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody pro stávající stav a pro nový stav, na kterém byly realizovány úsporná opatření. Tyto hodnoty roční potřeby porovnám a zjistím, jak velké úspory jsem dosáhl realizací výše zmíněných opatření. Dalším krokem bude návrh nového sekundárního zdroje tepla, což představuje kotel na tuhá paliva s lepší účinností a instalace akumulčních nádrží, které budou plnit funkci zásobníku tepla při odstavení kotle z činnosti. V tomto kroku se zaměřím na rozdíl mezi spotřebou paliva starého a nového kotle a zhodnotím finanční úsporu tohoto opatření. Po navržení úsporných opatření provedu jejich ekonomické zhodnocení a spočítám návratnost.

Závěrem bakalářské práce je celkové zhodnocení energetického auditu, tzn. vyhodnocení navržených opatření včetně výpočtu celkové návratnosti a na základě těchto údajů bude rozhodnuto, zda navržená opatření bude vhodné doporučit či nikoliv.

2. Rešerše

2.1. Energetický audit

Dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií je přesně definován pojem energetický audit a energetický auditor dle § 9 a 10. Energetický audit je soubor činností, které provádí energetický auditor za účelem vypracování informačního dokumentu o stavu budovy, způsobu využívání energie a hospodaření s energií v budovách a energetickém hospodářství. Energetický audit současně zahrnuje návrh opatření, které je potřeba učinit k dosažení energetických úspor.

Cílem energetického auditu je zhodnocení současného stavu a definování následných variant opatření k realizaci energetických úspor, a to tak jak z hlediska energetického, tak i ekonomického a taktéž environmentálního (vliv úspor energie na životní prostředí).

Dle zákona č. 406/2000 Sb. §9 a vyhlášky č. 213/2001 Sb., která byla novelizována vyhláškou č. 425/2004 Sb., musí energetický audit obsahovat:

- 1.) zhodnocení současného stavu budovy a energetického hospodářství
 - základní údaje o předmětu energetického auditu
 - popis výchozího stavu předmětu energetického auditu
 - energetické hospodářství
- 2.) výši technicky dosažitelných energetických úspor
 - energetická bilance a technické ukazatele zdroje energie
 - výpočet tepelných ztrát budovy
 - posouzení měrné spotřeby tepla při vytápění budov
 - vyhodnocení spotřeby
- 3.) návrhy variant energetických úspor a zdůvodnění doporučení dané varianty včetně ekonomického vyhodnocení
 - druhy úsporných opatření
 - beznákladová opatření
 - nízkonákladová opatření

- vysokonákladová opatření
 - souhrn navržených opatření
 - ekonomické hodnocení variant
- 4.) posouzení využití obnovitelných zdrojů energie pro předmět energetického auditu včetně ekonomického hodnocení
- environmentální hodnocení variant
 - výběr optimální varianty včetně ekonomického zhodnocení tj. soubor opatření pro dosažení garantované úspory energie
- 5.) závěrečný posudek energetického auditora
- zdůvodnění výběru doporučených opatření

2.2.Předmět energetického auditu

Z výše uvedeného zákona č.406/2000 Sb., o hospodaření energií a zákona novelizovaného ve znění č.177/2006 Sb. má povinnost zpracovat energetický audit :

- a) každá fyzická nebo právnická osoba, která žádá o státní dotaci v rámci Programu, pokud instalovaný výkon energetického zdroje přesahuje 200 kW,
- b) organizační složky státu, kraje a obcí a příspěvkové organizace s celkovou roční spotřebou energie vyšší než 1500 GJ,
- c) fyzická a právnická osoba s výjimkou příspěvkových organizací s celkovou roční spotřebou vyšší než 35000 GJ,
- d) hodnota, od níž vzniká pro fyzické nebo právnické osoby uvedené v odstavci c), povinnost zajistit zpracování energetického auditu u budov samostatně zásobovaných energií, je stanovena ve výši 700 GJ celkové roční spotřeby,
- e) každá osoba, která žádá o státní podporu v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie.

2.3. Energetický auditor

Energetický auditor je fyzická osoba zapsaná v seznamu energetických auditorů uvedeného Ministerstvem průmyslu a obchodu. Energetický auditor má povinnost být ze zákona pojištěn, jelikož je plně odpovědný za případné škody v souvislosti s výkonem činnosti energetického auditora a to po celou dobu vykonávání této činnosti. Dále je povinen zachovat mlčenlivost o všech skutečnostech týkajících se fyzické nebo právnické osoby, také o předmětu energetického auditu, které získal v souvislosti s vykonáváním své činnosti energetického auditora. Opatřuje zprávu o energetickém auditu vlastnoručním podpisem, svým jménem a číslem, pod nímž je registrován v seznamu energetických auditorů vedeném ministerstvem.

3. Teoretické zázemí – popis stávajícího stavu

3.1. Základní údaje o předmětu energetického auditu

Rodinný dům, který je předmětem energetického auditu se nachází ve městě Bílovci a to v jeho okrajové části, v husté zástavbě na ulici U Střelnice č.p. 940. Na obrázku č. 3.1 je znázorněna mapa lokality, kde se rodinný dům nachází a jeho konkrétní poloha je znázorněna číslem 1 v červeném čtverci.



Obr. č. 3.1 Mapa umístění rodinného domu v Bílovci

3.1.1. Historie rodinného domu v Bílovci

V roce 1980 na ulici U Střelnice začala rodina Křišková na pozemku o rozloze 470 m^2 stavět jednogenerační rodinný dům s přízemím, prvním nadzemním patrem a pultovou střechou. Po třech letech v roce 1983 byla stavba dokončena a v červenci téhož roku zkolaudována. Celková zastavěná plocha činí 134 m^2 . V tomto nezměněném stavu zůstal objekt až do roku 2003. V roce 2003 byla na základě nového projektu a špatného technického stavu střešní krytiny zahájena první etapa revitalizace a to demontáž stávající

pultové střechy a realizace nové mansardové střechy. V následujícím roce 2004 pokračovala druhá etapa revitalizace výměnou vchodových dveří, taktéž garážových vrat a v neposlední řadě výměnou oken za plastová. V roce 2005/2006 proběhla poslední etapa revitalizace a to zateplení fasády minerální vatou tloušťky 20 mm v přízemí a tloušťky 50 mm v patře mezi mansardou. Nakonec byla nanesena voděodolná silikonová fasádní barva. Na obrázku č. 3.2 je zobrazen stav domu před revitalizací a na obrázku č. 3.3 je zobrazen stav domu po revitalizaci.



Obr. č. 3.2 Stav domu před revitalizací



Obr. č. 3.3 Stav domu po revitalizaci

3.2. Charakteristika využívání objektu

Rodinný dům je koncipován jako jednogenerační, v přízemí jsou nebytové technické prostory, patro tvoří čtyři pokoje, kuchyň a sociální zařízení, které obývá čtyřčlenná rodina.

4. Technický popis objektu

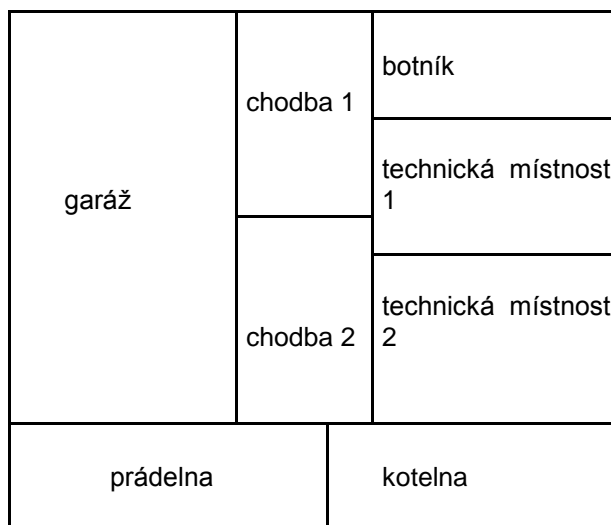
Samostatně stojící objekt čtvercového půdorysu s přízemím, patrem a mansardovou střechou se nachází na jižním svahu v mírně svažitém terénu. Vlivem urbanistické koncepce a rozmístění stavebních parcel v době výstavby je objekt situován v soustředěné zástavbě, přičemž severní a východní strana objektu je chráněná vůči povětrnostním vlivům sousedními domy.

4.1. Dispoziční členění objektu

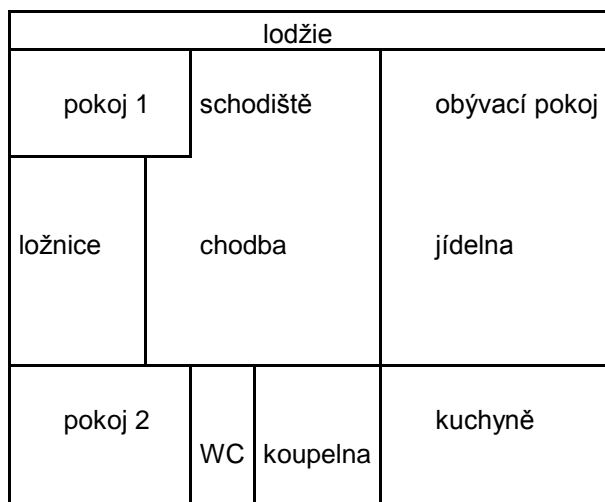
Přízemí je koncipováno jako technické prostory o sedmi místnostech, kterými jsou garáž, prádelna, kotelna, společenská místnost, šatna, vstupní hala a komora. V prvním patře se nachází obývací pokoj, jídelna, kuchyně, dva pokoje, ložnice, koupelna, WC a ložie. Při realizaci sedlové střechy o sklonu 25° vznikl rozsáhlý půdní prostor s nejnižším

bodem stropu *640 mm* a nejvyšším bodem (hřeben střešního stropu) *3120 mm*. Vyobrazení dispozičního členění rodinného domu je znázorněno v nákresu 4.1 a 4.2.

Nákres 4.1 Půdorys rodinného domu – přízemí



Nákres 4.2 Půdorys rodinného domu – první nadzemní podlaží



4.2. Struktura podlaží

Základová deska je tvořena podkladovým betonem tloušťky *60 mm*, lepenkovou izolací s dvojnásobným asfaltovým nátěrem a cementovým potěrem tloušťky *30 mm*. Strukturu stropu tvoří *20 mm* omítka, pálené cihly HURDIS tloušťky *80 mm* zasazené do I nosníků, minerální plst' tloušťky *60 mm*, nepískovaná lepenka, plynosilikátové desky tloušťky *100 mm* a betonový potěr tloušťky *50 mm*. Střecha domu je z dřevěných vazníků uložených na pozednicích, krytina je z vláknitocementových čtvercových profilů firmy

Eternit, pod krytinou je textilie parozábrany a latě o tloušťce 25 mm. Vnitřní pohledy jsou nezateplené.

4.3. Struktura obvodového zdiva

Obvodové zdivo tvoří voděodolná drásaná silikonová omítka weber-terranova, podkladní nátěr, tepelně izolační deska z kamenné vlny Rockwool Fasrock v přízemí o tloušťce 20 mm a v patře tloušťky 50 mm, sklovláknitá armovací fasádní mřížka tzv. perlínka, vápenocementová drásaná omítka tloušťky 20 mm, zdivo z plynosilikátových tvárnic tloušťky 450 mm a vnitřní vápenné omítky tloušťky 20 mm. V místech mansardy vznikl nezateplený hermeticky uzavřený prázdný prostor mezi krytinou a původní omítkou tloušťky 100 až 380 mm v nejnižším bodě. Výplně otvorů ve fasádě tvoří trojkomorová plastová okna s dvojitým vakuovým sklem různých rozměrů.

5. Základní údaje o energetických vstupech

Rodinný dům je zásobován energiemi:

- **elektrická energie – ČEZ Prodej s.r.o. Praha** (distribuční společnost)
produkt: D Standard COMFORT, hlavní jistič 24A
- **zemní plyn – Severomoravská plynárenská a.s. člen RWE Group**

5.1. Vytápění domu a ohřev teplé vody

V domě je realizováno teplovodní vytápění s nuceným oběhem vody. Pro vytápění objektu jsou použity litinové radiátory osazenými TRV typu R432TG značky Giacomini. Výroba tepla je zajištěna plynovým stacionárním kotlem značky Dakon GL 20 Eko HL o výkonu: 20/14 kW a montovaným litinovým kotlem na tuhá paliva blíže nespecifikovaných vlastností. V přízemí jsou trvale vytápěny vstupní hala, prádelna a šatna. Garáž a technická místnost jsou vytápěny nepravidelně. V prvním patře jsou vytápěny všechny pokoje vyjma vstupní schodišťové haly. Teplá voda je ohřívána stacionárním plynovým ohříváčem značky JohnWood JW302SNA o výkonu 8,5 kW a zásobníkem na teplou vodu s kapacitou 114 litrů. Jednotlivé prvky topného systému jsou vyobrazeny v příloze č.6.

6. Energetické hospodářství

Rodinný dům primárně spotřebovává zemní plyn pro ohřev teplé vody a vytápění. Elektrická energie zajišťuje chod spotřebičů a tvoří sekundární spotřebu energií v domácnosti viz. tabulka 6.1.

Tabulka 6.1 Přehled spotřeby zemního plynu a elektrické energie v letech 2007 – 2009

Roky	celková spotřeba zemní plyn MWh	celková spotřeba el.energie MWh	Celková roční spotřeba energií MWh	Celkem za energie Kč včetně DPH
2007	29,031	4,536	33,567	48003
2008	28,834	3,896	32,73	47588
2009	20,960	4,111	25,071	49057

V tabulce je zřejmé snížení spotřeby zemního plynu za topnou sezónu roku 2009. Toto snížení spotřeby zapříčinila výměna starého plynového kotle s účinností $\eta_{kp,starý} = \pm 70\%$ za nový plynový kotel s účinností $\eta_{kp,nový} = \pm 92\%$. Výměna starého kotle proběhla na začátku topné sezóny v roce 2008.

Abychom vyvrátil spekulace o tom, zda topná sezóna roku 2009 byla teplejší než roky předchozí a tudíž spotřeba plynu byla menší, zohlednil jsem vliv roční průměrné venkovní teploty na spotřebu zemního plynu pro vytápění v tabulce 6.2.

Tabulka 6.2 Vliv průměrné roční venkovní teploty na spotřebu zemního plynu pro vytápění

Roky	Průměrná roční teplota vzduchu °C	celková spotřeba zemního plynu MWh
2007	9,9	29,031
2008	9,9	28,834
2009	9,5	20,960

V tabulce 6.2 je patrné, že v letech 2007 a 2008 byla průměrná roční teplota identická, taktéž spotřeba zemního plynu je víceméně podobná. Obrat nastal v roce 2009, kdy průměrná roční teplota klesla o $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a dokonce klesla také spotřeba zemního plynu. Tento údaj poukazuje na fakt, že i když topná sezóna v roce 2009 byla chladnější, výměna kotle s vyšší účinností i přesto snížila spotřebu zemního plynu téměř o třetinu oproti létům minulým.

Celková roční spotřeba energií v domě za rok 2009 je $25,071\text{ MWh/rok}$, z této spotřeby je více než 80% energie spotřebováno na vytápění a ohřev teplé vody. Zbytek 20% energie je spotřebováno na chod elektrospotřebičů a osvětlení. Dům obývá čtyřčlenná

rodina, to znamená, že spotřeba energie na jednu osobu za rok 2009 je $6,267 \text{ MWh/rok}$ což je $12264 \text{ Kč/osobu na rok}$. Měsíční náklad na energie stojí rodinu 4088 Kč/měsíc .

7. Praktické řešení problému

7.1. Výpočet tepelných ztrát objektu

Podle normy ČSN 06 0210 stanovím postup výpočtu tepelných ztrát budovy prostupem stěnami a větráním za kvaziostacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění a pro stanovení tepelné charakteristiky budovy podle ČSN 73 0540:1994. Norma neplatí pro výpočet tepelných ztrát prostorů vytápěných sálavými plochami, v těchto případech lze pouze vycházet ze zásad obsažených v této normě. Tato norma se nevztahuje na výpočet potřeby tepla pro úpravu vzduchu při klimatizaci.

Pro výpočet tepelné ztráty budovy je použita tzv. obálková metoda. Tato metoda vychází z vyčíslení tepelných toků pro ustálený teplotní stav jednotlivými stavebními konstrukcemi oddělujícími vytápěnou část budovy od jejího okolí. Základní složky tepelných toků tvoří tepelná ztráta prostupem a tepelná ztráta větráním. Aplikace metody vyžaduje stavení dokumentaci umožňující jednoznačnou specifikaci geometrických a tepelně technických vlastností budovy, zejména obvodového pláště.

7.2. Základní vstupní údaje pro výpočet tepelných ztrát objektu

Tabulka 7.2 Struktura základové desky

Základová deska	Tloušťka l [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/m ² .K]
cementový potěr	0,03	1,16	2,76
beton hutný	0,06	1,3	

Tabulka 7.3 Struktura půdní podlahy

Půdní podlahy	Tloušťka l [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/m2.K]
Vnitřní omítka	0,02	0,9	0,54
Cihelná hmota Hurdis	0,08	1,01	
Materiál z minerální plsti	0,06	0,064	
Popílkový pórobeton	0,1	0,2	
Beton hutný	0,05	1,3	

Tabulka 7.4 Struktura obvodového zdiva – přízemí

Obvodové zdivo přízemí	Tloušťka l [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla k [W/m2.K]
vnitřní omítka	0,02	0,9	0,33
Popílkový pórobeton	0,45	0,2	
vnější omítka	0,02	0,9	
izolační deska z kamenné vlny	0,02	0,041	

Tabulka 7.5 Struktura obvodového zdiva – první nadzemní patro

Obvodové zdivo první patro	Tloušťka <i>l</i> [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla <i>k</i> [W/m ² .K]
vnitřní omítka	0,02	0,9	0,26
Popílkový pórobeton	0,45	0,2	
vnější omítka	0,02	0,9	
izolační deska z kamenné vlny	0,05	0,041	

Tabulka 7.6 Struktura obvodového zdiva – pod mansardou

Obvodové zdivo pod mansardou	Tloušťka <i>l</i> [m]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla <i>k</i> [W/m ² .K]
vnitřní omítka	0,02	0,9	0,39
Popílkový pórobeton	0,45	0,2	
vnější omítka	0,02	0,9	

Tabulka 7.7 Údaje o typech oken a dveří pro výpočet teplotních ztrát

Typ oken nebo dveří	Rozměr šířka	Rozměr výška	Počet oken	Celková plocha	Součinitel prostupu tepla U_w [W/(m ² .K)]
	d [mm]	v [mm]	n [ks]	S [m ²]	
plastová okna	800	1100	1	0,88	1,1
	600	1100	1	0,66	
	600	600	1	0,36	
	1200	1400	1	1,68	
	1200	500	7	4,2	
	2000	1400	2	5,6	
	1400	1400	1	2,8	
plastové dveře	2200	1500	2	6,6	1,2
	1400	2000	1	2,8	
	700	2000	1	1,4	
	800	2400	2	3,84	
garážová vrata	800	2000	1	1,6	1,2
	2400	2000	1	4,8	

Tabulka 7.8 Plochy jednotlivých stěn – přízemí

Plocha stěny přízemí	Celková plocha bez oken S [m ²]
Severní stěna	27,57
Jižní stěna	21,02
Východní stěna	25,97
Západní stěna	27,66

Tabulka 7.9 Plochy jednotlivých stěn – první nadzemní patro

Plocha stěny první patro	Celková plocha bez oken S [m ²]
Severní stěna	7,56
Jižní stěna	21,62
Východní stěna	10,31
Západní stěna	14,08

Tabulka 7.10 Plocha mansardy

Plocha mansardy	Celková plocha $S [m^2]$
Severní stěna	28,43
Jižní stěna	0
Východní stěna	24,28
Západní stěna	25,16

7.2.1. Celková tepelná ztráta rodinného domu

Je hodnota, určující celkové tepelné ztráty objektu $\dot{Q}_c [W]$. Celková tepelná ztráta je dána součtem tepelné ztráty prostupem $\dot{Q}_p [W]$ a tepelné ztráty větráním $\dot{Q}_v [W]$ a odečtením trvalých tepelných zisků $\dot{Q}_z [W]$.

$$\dot{Q}_c = \dot{Q}_p + \dot{Q}_v - \dot{Q}_z \quad [W] \quad (7.1)$$

Kde:

\dot{Q}_c ... celková tepelná ztráta [W]

\dot{Q}_p ... tepelná ztráta prostupem [W]

\dot{Q}_v ... tepelná ztráta větráním [W]

\dot{Q}_z ... trvalé tepelné zisky [W]

7.2.2. Tepelná ztráta prostupem

Jedná se o hodnotu $\dot{Q}_p [W]$, která nám určuje velikost tepelných ztrát konstrukce.

$$\dot{Q}_p = \dot{Q}_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (7.2)$$

Kde:

\dot{Q}_o ... součet ztrát prostupem tepla přes všechny stěny [W]

p_1 ... přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [1]

p_2 ... přírážka na urychlení zátoku [1]

p_3 ... přírážka na světovou stranu [1]

Součet ztrát prostupem tepla přes všechny stěny \dot{Q}_o [W] je dán vztahem.

$$\dot{Q}_o = \sum_j \dot{Q}_{o,j} \quad [W] \quad (7.3)$$

kde $\dot{Q}_{o,j}$

$$\dot{Q}_{o,j} = \dot{U}_j \cdot \dot{S}_j \cdot (t_i - t_{e,j}) \quad [W] \quad (7.4)$$

Kde:

$$\dot{Q}_{o,j} \quad \dots \quad \text{prostup tepla jedné stěny} \quad [W]$$

$$\dot{U}_j \quad \dots \quad \text{součinitel prostupu tepla jedné stěny} \quad [1]$$

$$\dot{S}_j \quad \dots \quad \text{tloušťka jedné vrstvy} \quad [m]$$

$$t_i \quad \dots \quad \text{teplota vnějších nevytápěných prostor} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$t_{e,j} \quad \dots \quad \text{teplota vnitřních vytápěných prostor} \quad [^\circ\text{C}]$$

7.2.3. Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním \dot{Q}_v [W] je dána vztahem:

$$\dot{Q}_v = 1300 \cdot \dot{V}_v \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (7.5)$$

Kde:

$$\dot{V}_v \quad \dots \quad \text{objemový tok větracího vzduchu v prostoru} \quad [m^3 \cdot s^{-1}]$$

$$t_i \quad \dots \quad \text{teplota vnějších nevytápěných prostor} \quad [^\circ\text{C}]$$

$$t_e \quad \dots \quad \text{nejnižší z teplot za stěnami počítané místnosti} \quad [^\circ\text{C}]$$

Objemový tok větracího vzduchu v prostoru \dot{V}_v [$m^3 \cdot s^{-1}$] musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (např. při řešení odvlhčování nebo odvodu škodlivin). Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h [h^{-1}]. Objemový průtok \dot{V}_v [$m^3 \cdot s^{-1}$] se pak stanoví tak, že se dosadí větší z hodnot \dot{V}_{vH} a \dot{V}_{vP} , přičemž potřebný průtok \dot{V}_{vH} [$m^3 \cdot s^{-1}$] je dán vztahem:

$$\dot{V}_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (7.6)$$

Kde:

$$n_h \quad \dots \quad \text{intenzita výměny vzduchu} \quad [h^{-1}]$$

$$V_m \quad \dots \quad \text{objem místnosti} \quad [m^3]$$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový průtok větracího vzduchu \dot{V}_{vp} [$m^3 \cdot s^{-1}$] je dán vztahem:

$$\dot{V}_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (7.7)$$

Kde:

i_{LV}	...	součinitel spárové provzdušnosti	$[m \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0.67}]$
L	...	délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	$[m]$
B	...	charakteristické číslo budovy	$[Pa^{0.67}]$
M	...	charakteristické číslo místnosti	$[1]$

Skutečná intenzita výměny vzduchu n_{vyp} [h^{-1}] je dána vztahem:

$$n_{vyp} = \frac{\dot{V}_v}{V_m} \cdot 3600 \quad [h^{-1}] \quad (7.8)$$

Kde:

\dot{V}_v	...	objemový průtok	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
V_m	...	objem místnosti	$[m^3]$

7.2.4. Výsledky výpočtu tepelných ztrát pro stávající stav budovy

Tepelnou ztrátu objektu jsem počítal dle normy ČSN 06 0210 tzv. obálkovou metodou pomocí výpočtového programu na webových stránkách zaměřených na komplexní problematiku stavebnictví a úspor energií <http://www.tzb-info.cz>. Konkrétní vlastnosti budovy, rozměry, parametry obálkové konstrukce, prostupy tepla a výsledky jednotlivých částí se nachází v příloze č.1. V tabulce 7.11 jsou uvedeny hodnoty tepelné ztráty prostupem. Tabulka 7.12 obsahuje hodnoty tepelných ztrát větráním / infiltrací. V tabulce 7.13 jsou uvedeny hodnoty celkové tepelné ztráty budovy.

Tabulka 7.11 Tepelná ztráta prostupem

$\sum Q_0$	8116	W
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	0,45	W/($m^2 K$)
Přirážka p_1	0,07	1
Přirážka p_2	0	1
Přirážka p_3	0	1
Q_p	8664	W

Tabulka 7.12 Tepelná ztráta větráním / infiltrací

Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf}	0	W
Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$	4251	W
Tepelná ztráta větráním Q_v	4251	W
Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$	0,5	l

Tabulka 7.13 Celková tepelná ztráta budovy

Tepelná ztráta budovy Q_c	12915	W
Měrná tepelná ztráta budovy q_c	18,1	W/m ³

V tabulce 7.13 je uvedena celková ztráta rodinného domu $Q_c = 12915$ [W]. Tato ztráta je výchozí hodnotou pro výpočet celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody.

7.3. Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Výpočet celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody Q_r [MWh/rok] vychází ze součtu dvou hodnot, a to z celkové roční potřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ [MWh/rok] a z celkové roční potřeby tepla na ohřev teplé vody $Q_{TUV,r}$ [MWh/rok].

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody je tedy dána vztahem:

$$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} \quad [MWh/rok] \quad (7.9)$$

7.3.1. Celková roční potřeba na vytápění

Výpočet celkové roční potřeby tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ [MWh/rok] jsem provedl pomocí výpočtového programu na webových stránkách <http://www.tzb-info.cz>. Vstupní hodnoty pro tento výpočet na webových stránka tvoří tři základní hodnoty. Jedná se zejména o hodnotu celkové tepelné ztráty objektu Q_c [W], kterou jsem vypočítal výše, dále je určující průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is} [°C], v mém případě se jedná o 19°C a v neposlední řadě se jedná o hodnotu vytápěcího denostupně D [K · dny], což je počet otopných dní v dané lokalitě.

Výpočet celkové roční potřeby tepla na vytápění je dán vztahem:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 + \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot DST}{(t_{is} - t_{ev})} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [MWh/rok] \quad (8.0)$$

<i>Kde:</i>		
ε	... opravný součinitel	[1]
η_0	... účinnost obsluhy	[%]
η_r	... účinnost rozvodu topení	[%]
Q_c	... celková tepelná ztráta objektu	[W]
DST	... vytápěcí denostupně	[K · dny]
t_{is}	... průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{ev}	... venkovní výpočtová teplota	[°C]

Opravný součinitel ε [1] je dán vztahem:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [1] \quad (8.1)$$

<i>Kde:</i>		
e_i	... součinitel nesoučasnosti tepelné ztráty infiltrací	[1]
e_t	... součinitel snížení teploty v místnosti	[1]
e_d	... součinitel zkrácení doby na vytápění	[1]

Výpočet počtu dnů vytápěcí denostupně DST [den] je dán vztahem:

$$DST = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [K \cdot dny] \quad (8.2)$$

<i>Kde:</i>		
d	... počet dní otopného období	[den]
t_{is}	... průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{es}	... průměrná teplota během otopného období	[°C]

7.3.2. Celková roční potřeba tepla pro ohřev teplé vody

Výpočet celkové roční potřeby tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,r}$ [MWh/rok] je dána vztahem:

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad [MWh/rok] \quad (8.3)$$

<i>Kde:</i>		
$Q_{VYT,d}$... denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	[kWh]
d	... počet dní otopného období	[den]
t_2	... teplota ohřáté vody	[°C]
t_{svl}	... teplota studené vody v létě	[°C]
t_{svz}	... teplota studené vody v zimě	[°C]
N	... počet pracovních dní soustavy v roce	[dny]

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody je dána vztahem:

$$Q_{VYT,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad [kWh] \quad (8.4)$$

Kde:

ρ	... měrná hmotnost vody	$[1000 kg/m^3]$
c	... měrná tepelná kapacita vody	$[4186 J/kg.K]$
V_{2p}	... celková spotřeba vody za 1 den	$[m^3/den]$
t_2	... teplota ohřáté vody	$[^{\circ}C]$
t_1	... teplota studené vody	$[^{\circ}C]$

7.3.3. Výsledky celkové roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Na základě výše uvedených výpočtů jsem pomocí výpočtového programu na webových stránkách <http://www.tzb-info.cz> získal celkovou roční potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody Q_r $[MWh/rok]$, což představuje součet celkové roční potřeby tepla pro vytápění $Q_{VYT,r}$ $[MWh/rok]$ a $Q_{TUV,r}$ $[MWh/rok]$.

Tabulka 7.14 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody revitalizovaného rodinného domu

Celková roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$	28,4	MWh/rok
Celková roční potřeba tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$	8,3	MWh/rok
Celkem Q_r	36,7	MWh/rok

Dle výpočtu vyšla celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = 36,7$ $[MWh/rok]$. Jelikož v domě je ohřívána teplá voda plynovým stacionárním ohříváčem se zásobníkem na teplou vodu, můžu díky roční fakturaci za spotřebu plynu, která byla dispozici, porovnat skutečnou spotřebu za jednotlivé fakturační roky s teoretickou roční potřebou tepla pro vytápění a ohřev teplé vody.

Tabulka 7.15 Celková skutečná spotřeba zemního plynu

Rok	Celková skutečná roční spotřeba zemního plynu $Q_{r,skut}$	
2007	29,031	MWh/rok
2008	28,834	MWh/rok
2009	20,96	MWh/rok

Z tabulky 7.15 je zřejmé, že nejlíže se přibližuje teoretická hodnota celkové roční potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = 36,7 \text{ [MWh/rok]}$ roku 2007, kde byla skutečná spotřeba zemního plynu $Q_{r,skut} = 29,031 \text{ [MWh/rok]}$. V roce 2009 došlo k výrazné změně a to důsledkem výměny zastaralého plynového kotle na vytápění s účinností $\eta_{kp,starý} = \pm 70\%$ kotlem novým s dvoustupňovou regulací a účinností $\eta_{kp,nový} = \pm 92\%$.

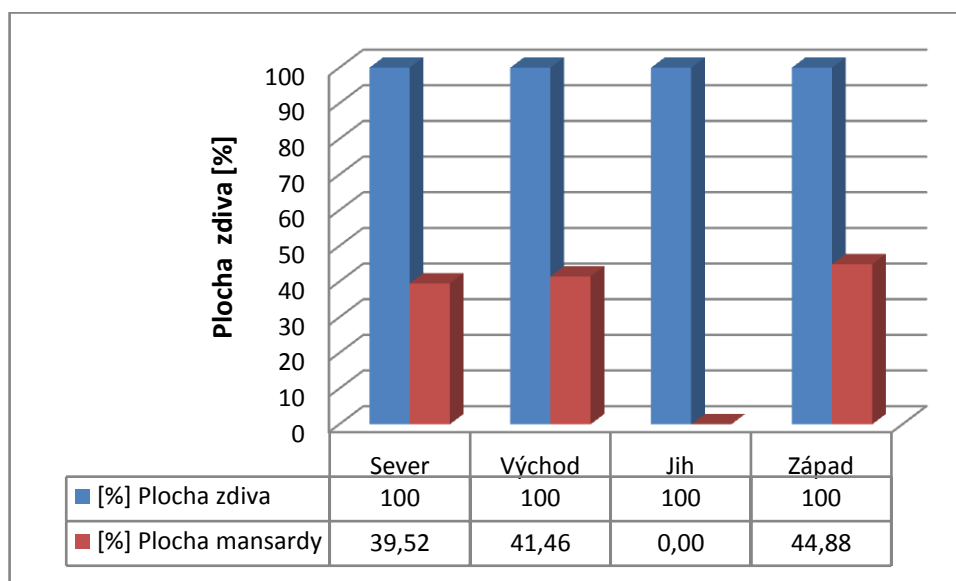
8. Návrh úsporného opatření ke snížení tepelných ztrát

I přesto, že je dům zrevitalizován, byly při rekonstrukci opomenuty jisté technické zásahy, které by měly příznivý vliv na snížení tepelných ztrát domu. Tyto technické zásahy se týkají zejména opomenutí zateplení prostor pod mansardou, který zůstal sice hermeticky uzavřen, avšak na zdivo nebyl použit žádný zateplovací prvek. Je potřeba podotknout, že plocha mansardy pokrývá více než 30% všech ploch zdiva vyjma východní části domu, kterou tvoří lodžie viz. graf 8.1.

Navrhuji v rámci opatření ke snížení tepelných ztrát použít dostupnou technologii foukané izolace do prostor pod mansardou, která by snížila tepelné ztráty a dále zateplení půdní podlahy podlahovým polystyrénem typu *EPS 100 Z* o šířce *100 mm*.

V domě je nainstalován jako sekundární zdroj tepla starý litinový kotel z roku 1986, původně na spalování koksu a černého uhlí, blíže nespecifikovaných vlastností. Jelikož majitel chce tento sekundární zdroj tepla zachovat pro budoucí spalování dřeva, navrhuji v rámci úsporného opatření tento kotel vyměnit za kotel nový univerzální s účinností $\eta_{kp,nový} = \pm 75\%$, v němž se bude převážně spalovat dřevo. Nový kotel bude doplněn akumulací nádrží na teplou vodu pro vytápění o objemu 1500 litrů.

Graf 8.1 Přehled ploch zdiva kryté mansardou



Na základě těchto opatření jsem opět provedl výpočet celkové tepelné ztráty domu a přepočítal celkovou roční potřebu tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. V následující tabulce 8.1 je zobrazeno porovnání celkové tepelné ztráty před a po realizaci úsporných opatření.

Tabulka 8.1 Porovnání celkové tepelné ztráty před a po realizaci úsporných opatření

Tepelná ztráta budovy Q_c před navržením úsporných opatření	12915	W
Tepelná ztráta budovy Q_c po navržení úsporných opatření	11440	W

Celková úspora tepelné ztráty rodinného domu po úsporném opatření činí 1475 W.

V tabulce 8.2 je porovnání celkové potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody před a po realizaci úsporného opatření.

Tabulka 8.2 Porovnání celkové roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody před a po realizaci úsporných opatření

Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody Q_r před realizací úsporných opatření	36,7	MWh/rok
Celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody Q_r po realizaci úsporných opatření	33,4	MWh/rok

Celková úspora roční potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody po úsporném opatření činí 3,3 MWh/rok.

Tabulka 8.3 Roční úspora plynu před a po úsporného opatření

Roční úspora plynu před opatřením	45,775	MWh/rok
Roční úspora plynu po opatření	41,651	MWh/rok

Celková roční úspora plynu po úsporném opatření je 4,124 MWh/rok.

Při výměně kotle na tuhá paliva, se dále sníží náklady na vytápění viz. tabulka 8.4.

Tabulka 8.4 Roční spotřeba dřeva starého a nového kotle v rámci úsporného opatření

Roční spotřeba dřeva starého kotle $\eta_{kp,starý} \leq 50\%$	18096	kg/rok
Roční spotřeba dřeva nového kotle $\eta_{kp,nový} \pm 75\%$	7260	kg/rok

Celková roční úspora paliva v rámci otopného období je 10836 kg/rok.

V rámci tohoto úsporného opatření se snížila tepelná ztráta domu Q_c o 1475 W ročně a celková roční potřeba tepla na vytápění a ohřev teplé vody se snížila $Q_{VYT,r}$ o 3,3 MWh/rok. Úspora plynu v rámci opatření je 4,124 MWh/rok. Roční úspora dřeva při využití vytápění pouze kotlem na tuhá paliva se zavedením akumulární nádrže o objemu 1500 litrů je 10836 kg/rok. Po konzultaci s majitelem bude využití kotle na tuhá paliva 3 dny v týdnu v rámci otopného období. Délka otopného období pro oblast novojičínska je 242 dnů. Z těchto 242 dnů bude kotel na tuhá paliva v provozu 102 dní, zbytek tj. 140 dní zajistí vytápění domu plynový kotel. Spotřebu paliva ve 102 denním a 140 denním provozu naznačuje tabulka 8.5 a 8.6.

Tabulka 8.5 Roční spotřeba dřeva starého a nového kotle při 102 denním provozu před a po úsporném opatření

Roční spotřeba dřeva starého kotle $\eta_{kp,starý} \leq 50\%$	7627	kg/rok
Roční spotřeba dřeva nového kotle $\eta_{kp,nový} \pm 75\%$	3060	kg/rok

Při 102 denním provozu je úspora paliva oproti starému kotli 4567 kg/rok.

Tabulka 8.6 Roční spotřeba plynu před a po úspornému opatření se 140 denním provozem

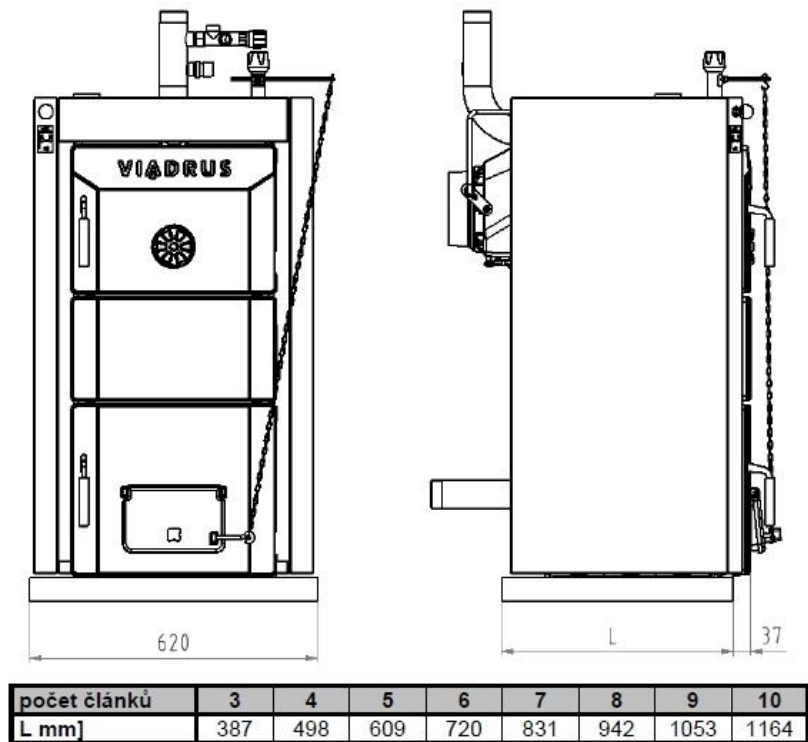
Roční úspora plynu před opatřením	<i>26,481</i>	<i>MWh/rok</i>
Roční úspora plynu po opatření	<i>24,095</i>	<i>MWh/rok</i>

Při 140 denním provozu je úspora paliva, v tomto případě plynu, *2,386 MWh/rok*.

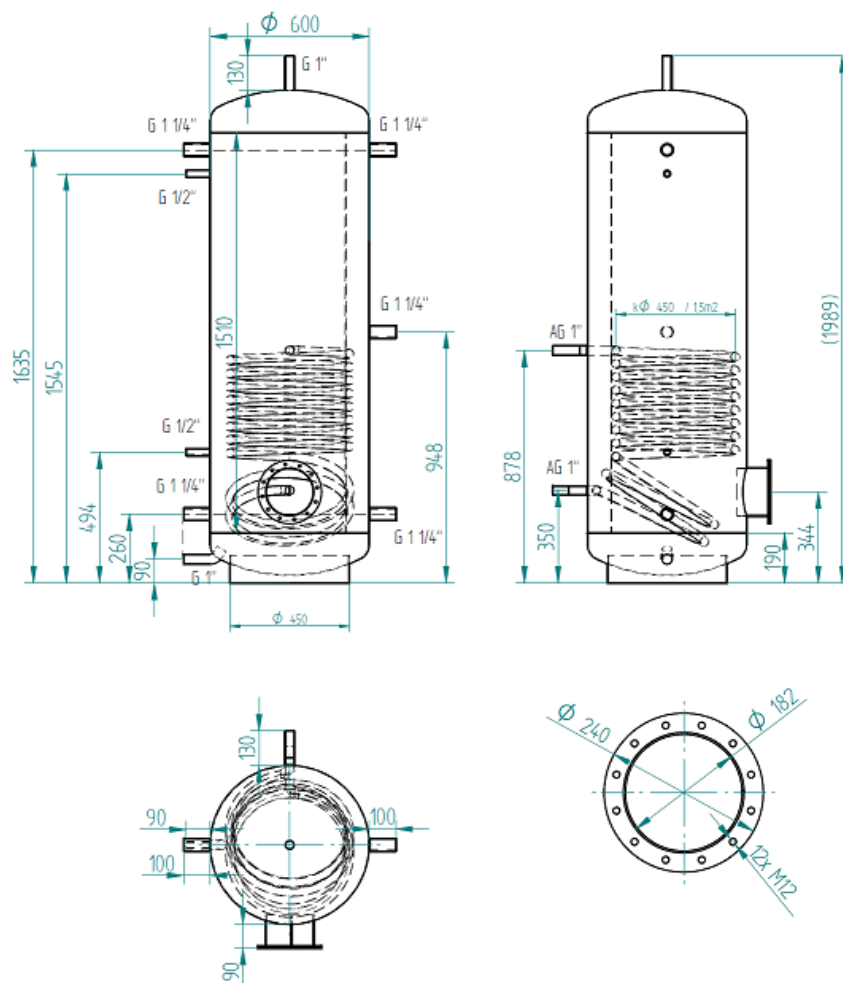
8.1. Návrh akumulční nádrže a kotle na tuhá paliva

Kotel na tuhá paliva a jeho jmenovitý topný výkon je dimenzován podle celkové tepelné ztráty domu. Avšak při využití akumulční nádrže, může být kotel předdimenzován, jelikož bude převážně využíván jeho maximální výkon. Při využití maximálního výkonu kotle se eliminuje nutnost regulace v ohništi způsobující dehtování a rosení vnitřních částí kotle. Tento způsob vytápění, tedy využití akumulční nádrže a kotle na tuhá paliva je ekonomicky náročnější vlivem pořizovací ceny nádrže. Tato investice však značnou mírou přispívá ke komfortu vytápění objektu, kdy předem nahřátá voda v nádrži udržuje několik hodin stálou teplotu topného systému, a tak uživateli odpadá neustálá kontrola ohniště a přikládání paliva v průběhu vytápění.

Akumulční nádrže o celkovém objemu 1500 litrů bude vytápět pětičlankový litinový kotel na tuhá paliva Viadrus U26 s výkonem 20 – 24 kW (obr. č. 8.1) určen pro spalování koksu, černého uhlí a dřeva. Provozní teplota topné vody kotle 60 – 90 °C. Z důvodu omezené šířky vstupních dveří jsem zvolil tři akumulční nádrže s výměníkem o objemu 500 litrů (obr. č. 8.2).



Obr. č. 8.1 Kotel Viadrus U26



Obr. č. 8.2 Akumulační nádrž s výměníkem o objemu 500 litrů

8.1.1. Výpočet doby ohřátí vody akumulčních nádrží z 20°C na 90°C

$$t_{20-90} = \frac{Q_{aku}}{Q_k} \quad [s] \quad (8.5)$$

$$t_{20-90} = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta t}{Q_k \cdot 3600} \quad [hod.] \quad (8.6)$$

$$t_{20-90} = \frac{4186 \cdot 1000 \cdot 1,5 \cdot (90 - 20)}{24000 \cdot 3600} \quad [hod.] \quad (8.7)$$

$$t_{20-90} = 5,08 \quad [hod.] \quad (8.8)$$

Kde:

t_{20-90}	...	čas, za kterou se vyhřeje akumulční nádrž	[s]
Q_{aku}	...	měrná energie akumulční nádrže	[J]
Q_k	...	výkon kotle na tuhá paliva	[W]
ρ	...	hustota vody	[kg/m ³]
V	...	množství topné vody	[m ³]
c	...	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
Δt	...	teplotní spád	[°C]

Doba, za kterou se vytopí topná voda v akumulčních nádržích je při maximálním výkonu kotle 5,08 hodin. Za tuto dobu se zvýší teplota vody v nádržích z 20°C na 90°C. Po nahřátí nádrží již není potřeba přikládat palivo do kotle a akumulovaná voda je čerpána do topného systému.

8.1.2. Výpočet doby vytápění otopného systému z akumulčních nádrží

$$t_{40-70} = \frac{\rho \cdot V \cdot c \cdot \Delta t}{Q_c \cdot 3600} \quad [hod.] \quad (8.9)$$

$$t_{40-70} = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 4186 \cdot (70 - 40)}{11440 \cdot 3600} \quad [hod.] \quad (9.0)$$

$$t_{40-70} = 4,57 \quad [hod.] \quad (9.1)$$

Kde:

t_{40-70}	...	doba využití tepla z akumulční nádrže	[s]
Q_{aku}	...	měrná energie akumulční nádrže	[J]
Q_c	...	tepelná ztráta rodinného domu	[W]
ρ	...	hustota vody	[kg/m ³]
V	...	množství topné vody	[m ³]
c	...	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
Δt	...	teplotní spád	[°C]

Po nahřátí akumulčních nádrží již není potřeba přitápět v kotli. Do topného systému je čerpána ohřátá voda přes směšovací ventil o teplotě 70°C a to po celou dobu, dokud neklesne teplota v akumulčních nádržích na teplotu 40°C . Tímto způsobem je možné vytápět rodinný dům při venkovní teplotě -15°C po dobu 4,5 hodin. Tento systém vytápění nemalou mírou přispívá k úspoře paliva, zvyšuje komfort vytápění a úplně eliminuje povinnost udržovat kotel v činnosti po celou dobu vytápění.

9. Ekonomické zhodnocení úsporných opatření

Před úsporným opatřením měl rodinný dům celkovou tepelnou ztrátu $Q_c = 12915 \text{ W}$, po zateplení mansardových prostor a půdní podlahy se celková tepelná ztráta domu Q_c snížila o 1475 W na hodnotu $Q_c = 11440 \text{ W}$. Toto úsporné opatření snížilo celkovou tepelnou ztrátu rodinného domu o $11,42 \%$. Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody $Q_{\text{vyt},r}$ byla před úsporným opatřením $36,7 \text{ MWh/rok}$. Po zateplení klesla celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody o 9% na hodnotu $33,4 \text{ MWh/rok}$. Úspora plynu se snížila o 9% z hodnoty $45,775 \text{ MWh/rok}$ na hodnotu $41,651 \text{ MWh/rok}$. Největší úsporu nákladů na vytápění představuje výměna starého kotle na tuhá paliva za nový a instalace akumulčních nádrží. Po výměně sekundárního zdroje tepla klesla spotřeba paliva dřeva o 60% z 18096 kg/rok na 7260 kg/rok . Přehled úsporných opatření znázorňuje tabulka 9.1.

Tabulka 9.1 Přehled všech úsporných opatření v procentech

Úspora celkové roční potřeby tepla	11,42	%
Úspora celkové roční spotřeby tepla pro ohřev a vytápění teplé vody	9	%
Úspora celkové roční spotřeby plynu	9	%
Úspora celkové roční spotřeby tuhých paliv	60	%

9.1. Náklady na zateplení volných prostor

Pro realizaci zateplení volných prostor pod mansardou je potřeba 18 m^3 foukaného izolačního materiálu. Na základě těchto údajů jsem požádal nejmenovanou firmu, která se specializuje problematikou foukaných izolací, o předběžný rozpočet nákladů na toto zateplení. Celkový náklad na zateplení podmansardových prostor činí cirká $20\,000 \text{ Kč}$. Zateplení půdní podlahy o celkové výměře 114 m^2 podlahovým polystyrénem EPS 100 Z o

šířce 100 mm včetně podlahové krytiny OSB deskami 2100 - 5100 mm činí 18000 Kč. Celkový náklad na zateplení nezateplených prostor činí 28000 Kč viz. tabulka 9.2.

Tabulka 9.2 Celkový náklad na zateplení nezateplených prostor

Náklad na zateplení podmansardových prostor	20000	Kč
Náklad na zateplení půdní podlahy	18000	Kč
Celkový náklad na zateplení	28000	Kč

9.2. Náklady na výměnu kotle na tuhá paliva a přízení akumulčních nádrží

Pořízení nového pětičlánekového kotle na tuhá paliva Viadrus U26 s výkonem 20 – 24 kW činí 24000 Kč. Náklad pro pořízení jedné akumulční nádrže s výměníkem o objemu 500 litrů činí 14000 Kč. Jelikož jsou pro rodinný dům potřeba tři akumulční nádrže o celkovém objem 1500 litrů, bude náklad činit 42000 Kč. Náklady na instalaci a zprovoznění topného systému činí 4000 Kč. Celkové náklady na výměnu a realizaci sekundárního zdroje pro vytápění činí 70000 Kč viz. tabulka 9.3.

Tabulka 9.3 Celkový náklad na výměnu kotle a akumulčních nádrží

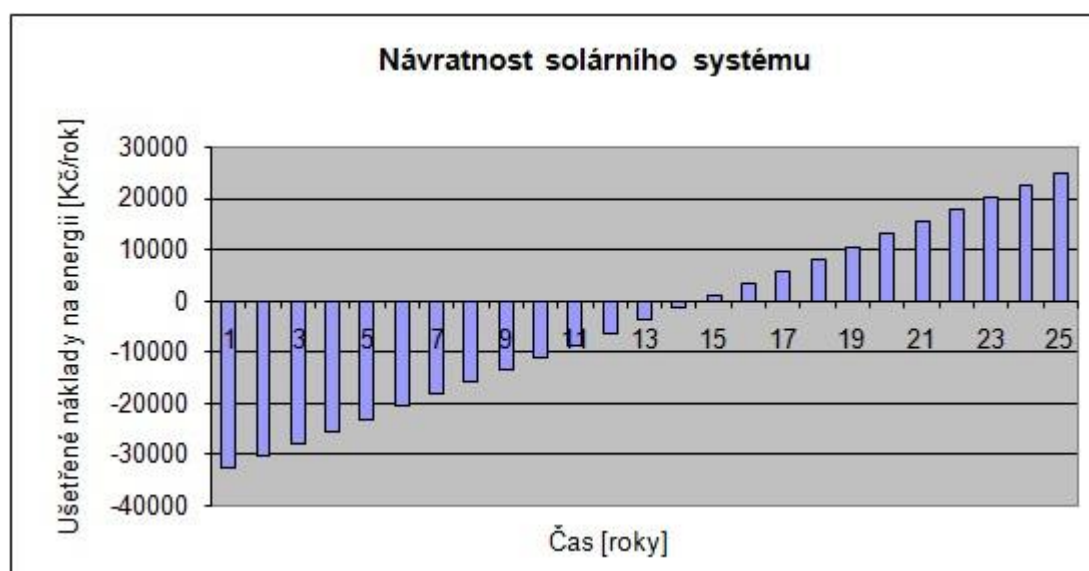
Náklad na kotel Viadrus U26 5.čl. 20 - 24 kW	24000	Kč
Náklad na akumulční nádrže 3 x 500 litrů	42000	Kč
Náklad na materiál a instalaci	4000	Kč
Celkový náklad na realizaci a výměnu sekundárního zdroje pro vytápění	70000	Kč

9.3. Celkové náklady na úsporná opatření

Zateplení nezateplených prostor celkem činí 28000 Kč. Náklady na realizaci a výměnu sekundárního zdroje pro vytápění činí 70000 Kč. Celková úsporná opatření realizovaná na rodinném domě činí 98000 Kč.

9.4. Návrh solárních kolektorů na ohřev teplé vody a jejich ekonomická rentabilita

Ve stávajícím stavu je teplá voda v rodinném domě ohřívána plynovým stacionárním kotlem se zásobníkem o objemu 114 litrů. Roční náklad na ohřátí teplé vody plynem pro čtyřčlennou rodinu s průměrnou spotřebou 160 litrů denně činí *8800 Kč/rok*. Pořizovací cena solárního systému pro rodinný dům o průměrné spotřebě 160 litrů denně je zhruba *35000 Kč* v závislosti na nabídce dodavatele. Jelikož plná využitelnost solárních kolektorů je zhruba 6 měsíců, uspoří tento systém náklady na ohřev teplé vody ročně *2337 Kč/rok*. Tato úspora je tak malá, že reálna ekonomická návratnost instalovaného solárního systému je 15 let, viz. obr. č. 9.4. Z tohoto důvodu nedoporučuji instalaci solárních kolektorů, jelikož jejich rentabilita je nevýhodná.



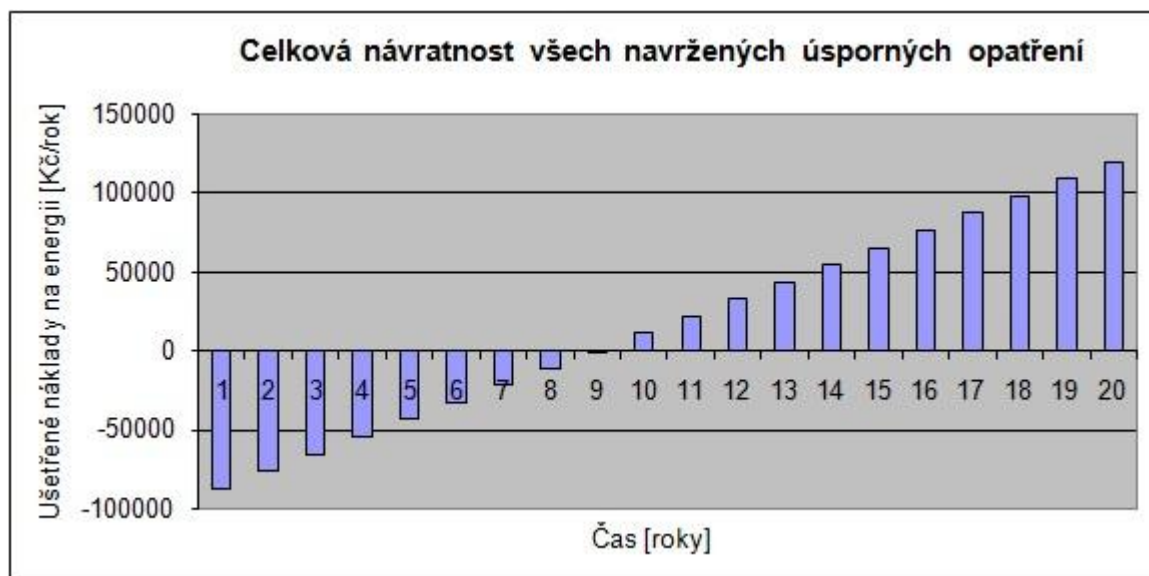
Obr. č. 9.4. Ekonomická návratnost solárního systému

10. Celkové ekonomické zhodnocení daných úsporných opatření

Při stávajícím stavu jsou celkové náklady na vytápění plynem a ohřev teplé vody *51843 Kč* při celkové roční potřebě tepla $Q_r = 36,7 \text{ MWh/rok}$. Po navržení zateplení podmansardových prostor a půdní podlahy bude ušetřeno ročně *3,3 MWh/rok* na roční potřebu tepla $Q_r = 33,4 \text{ MWh/rok}$. Tato úspora sníží spotřebu plynu o 9 % což je *4360 Kč/rok*.

Pořízením nového kotle na tuhá paliva a instalací akumulčních nádrží se ušetří *10836 kg/rok* palivového dřeva z původní spotřeby *18096 kg/rok* stávajícího kotle na *7260 kg/rok* nového kotle. Tato úspora paliva činí 60 % což je *19 891 Kč*.

Majitel plánuje v otopném období používat 3 dny v týdnu sekundární zdroj pro vytápění, to znamená v poměru 102 dnů vytápění tuhými palivy a 140 dnů vytápění plynem. Tímto se celkové náklady na vytápění a ohřev teplé vody sníží z částky 44482 Kč před úsporným opatřením na částku 33643 Kč po úsporném opatření, což je úspora 10838 Kč a tím pokles nákladů na vytápění o 24 %.



Obr. č. 10.1 Celková návratnost navržených úsporných opatření

Celkový náklad na úsporná opatření činí 98000 Kč, uvažují-li provoz budovy 20 let, bude celková návratnost úsporných opatření již za 9 let od realizace (Obr. č. 10.1). Reálná návratnost by byla 10 let.

11. Závěr

Energetický audit byl proveden pro rodinný dům z roku 1983, na němž byla provedena kompletní revitalizace v letech 2003 až 2006 tj. výměna oken za plastová, zateplení fasády a zrekonstruování střechy.

Na základě výpočtu celkové tepelné ztráty rodinného domu a výpočtu celkové potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody jsem se rozhodl k následným opatřením.

Jelikož zrekonstruována střecha rodinného domu je mansardovitého typu, bylo opomenuto zateplení obvodového zdiva pod mansardou a to přes fakt, že mansarda pokrývá více než 30 % obvodového zdiva domu. Na základě této skutečnosti doporučuji dotačné zateplení těchto prostor technologií foukané izolace, která vyplní vzduchové mezery mezi zdivem a mansardou. Dále doporučuji zateplení půdních prostor, které vznikly po rekonstrukci střechy a to konkrétně půdní podlahy polystyrénovými deskami o

minimální šířce sto milimetrů. Tato opatření sníží spotřebu plynu na vytápění a ohřev teplé vody o 9 % a zároveň sníží celkové tepelné ztráty domu o 11 %.

Dále doporučuji výměnu sekundárního zdroje tepla na vytápění a to kotle na tuhá paliva z roku 1983, za kotel nový s lepšími konstrukčními a technickými vlastnostmi. Spolu s novým kotlem navrhuji instalaci třech akumulčních nádrží na topnou vodu o celkové kapacitě 1500 litrů, které přispějí k úspoře paliva a zároveň velkou mírou sníží nutnost pravidelné obsluhy kotle při vytápění. Díky výměně sekundárního zdroje tepla a instalaci akumulčních nádrží dojde k úspoře paliva o 60 % oproti stávajícímu stavu. Při vytápění sekundárním zdrojem tepla a to třech dnů v týdnu, klesnou náklady na vytápění o 24 %.

Na základě dosažených výsledků doporučuji realizovat výše navržená úsporná opatření, tzn. zateplení podmansardových prostor foukanou izolací, zateplení půdní podlahy polystyrénovou izolací a dále doporučuji výměnu zastaralého kotle a pořízení akumulčních nádrží.

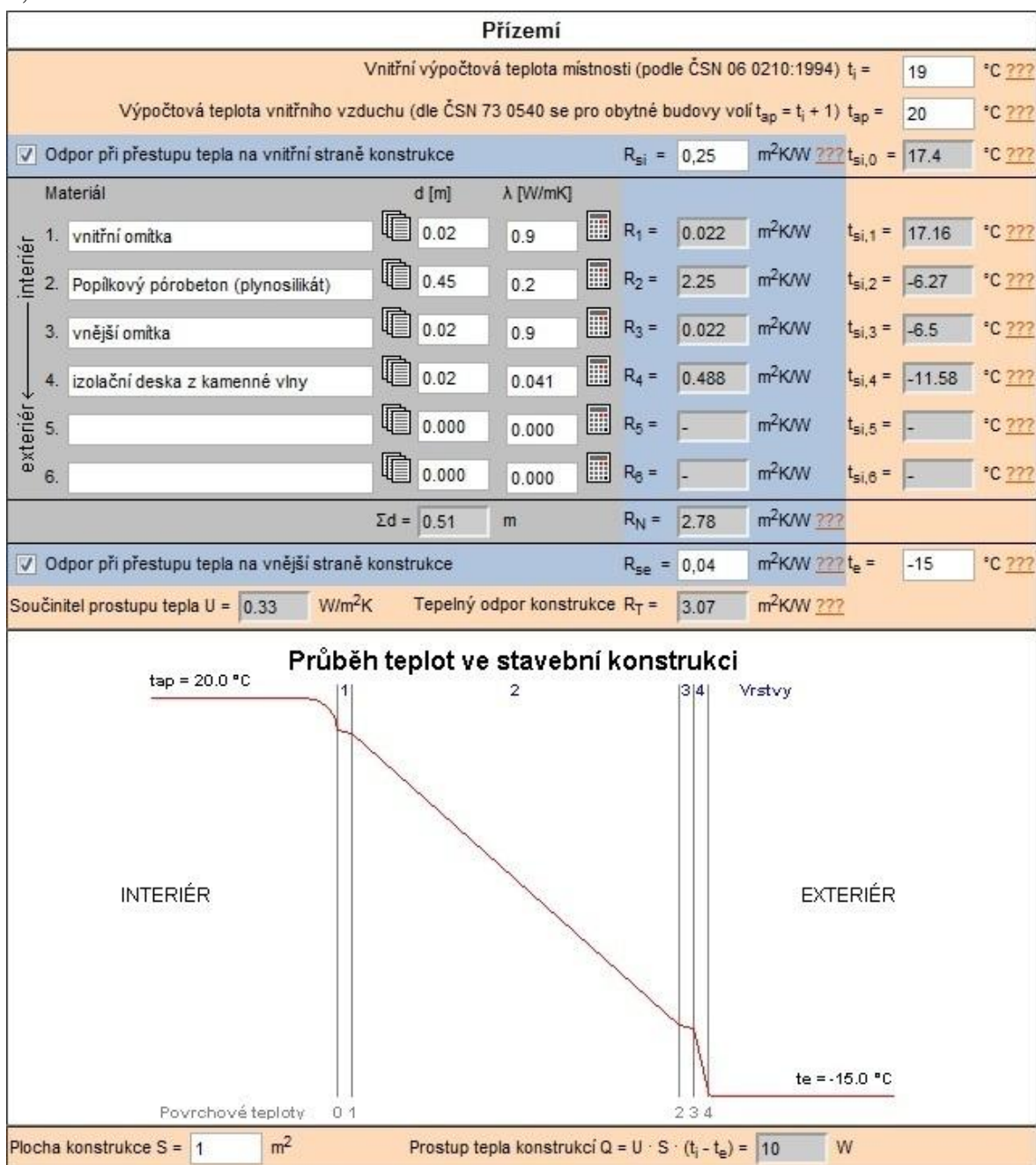
Použitá literatura

- [1] Výkresová dokumentace rodinného domu - březen 2003, říjen 1979, červenec 1980
- [2] Didušková, M., Votápek, M.: Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.
- [3] Kol. autorů: Energetický audit ve zdravotnických zařízeních. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996
- [4] Hirš, J.: Organizační postup energetického auditu. Časopis Energie, 5, 6/97.
- [5] Kol. autorů: Audit energetického hospodářství budov. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.
- [7] ČSN 06 0210. Praha: Český normalizační institut, c1994. 23 s.
- [8] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [9] Kol. autorů: Metodika energetického auditu v průmyslovém podniku. ČEA, Praha, 1996
- [10] Ing. REINBERK, Zdeněk. *Výpočtový program: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. [cit. 2009-05-05]. URL: <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=47&h=38>
- [11] .Ing. REINBERK, Zdeněk. *Výpočtový program: Výpočet tepelné ztráty objektu dle ČSN 06 0210* [online]. [cit. 2009-05-05]. URL: <http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=16&i=107&h=38>
- [12] Maroušek, J., Zeman, J., Tintěra, L.: Příprava projektů a rozhodování. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 2000.
- [13] Zeman, J.: Od dotací k zisku: Jak řešit zásobování teplem v komunální sféře. Přednáška EEBW, SEVEN, Praha, 1995.
- [14] Materiály z předmětu Ekonomika v energetice
- [15] Výpočtový program solárních kolektorů: Alternativní a obnovitelné zdroje

Příloha č.1

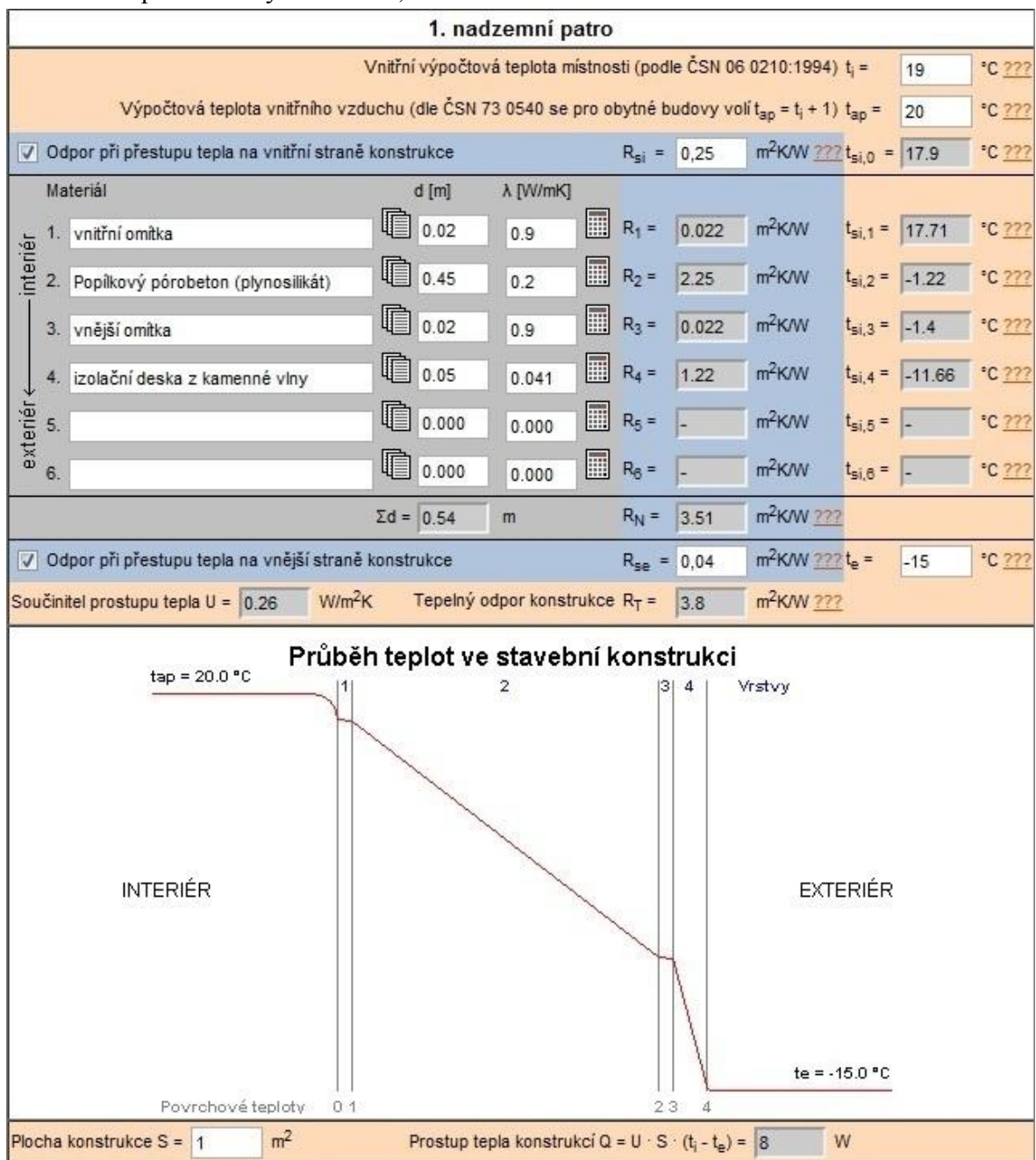
Tato příloha je věnována výpočtu tepelných ztrát rodinného domu (kapitola 7.1), a sice pro stávající stav. Kompletní výpočet tepelných ztrát rodinného domu včetně výpočtu součinitelů prostupu tepla obvodového pláště, podlahy a střechy byl realizován programem na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, který byl k danému účelu vytvořen programátory webové stránky podle normy ČSN 06 0210.

Prvním krokem bylo stanovení součinitelů prostupu tepla k_j nebo U (značení ve výpočtovém programu) [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$] jednotlivých prvků obálky budovy. Na obrázku č. 1.1 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla přízemím s výsledkem $0,33W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$.



Obr. č. 1.1 Prostup tepla přízemím

Na obrázku č. 1.2 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla prvním nadzemním patrem s výsledkem $0,26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$



Obr. č. 1.2 Prostup tepla prvním nadzemním patrem

Na obrázku č. 1.3 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla půdní podlahou - stropem s výsledkem $0,54 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

strop

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994) $t_i = 19$ °C ???

Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí $t_{ap} = t_i + 1$) $t_{ap} = 20$ °C ???

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si} = 0,25$ m²K/W ??? $t_{si,0} = 17,99$ °C ???

	Materiál	d [m]	λ [W/mK]		R_i	$t_{si,i}$
interiér	1. vnitřní omítka	0.02	0.9	$R_1 = 0,022$ m ² K/W	$t_{si,1} = 17,81$ °C ???	
	2. cihelná hmota - Hurdis	0.08	1.01	$R_2 = 0,079$ m ² K/W	$t_{si,2} = 17,18$ °C ???	
	3. Materiály z minerální plsti	0.06	0.064	$R_3 = 0,938$ m ² K/W	$t_{si,3} = 9,65$ °C ???	
exteriér	4. Popílkový pórobeton (plynosilikát)	0.1	0.2	$R_4 = 0,5$ m ² K/W	$t_{si,4} = 5,63$ °C ???	
	5. Beton hutný	0.05	1.3	$R_5 = 0,038$ m ² K/W	$t_{si,5} = 5,32$ °C ???	
	6.	0.000	0.000	$R_6 = -$ m ² K/W	$t_{si,6} = -$ °C ???	

$\Sigma d = 0,31$ m $R_N = 1,58$ m²K/W ???

Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se} = 0,04$ m²K/W ??? $t_e = 5$ °C ???

Součinitel prostupu tepla $U = 0,54$ W/m²K Tepelný odpor konstrukce $R_T = 1,87$ m²K/W ???

Průběh teplot ve stavební konstrukci

Vrstvy

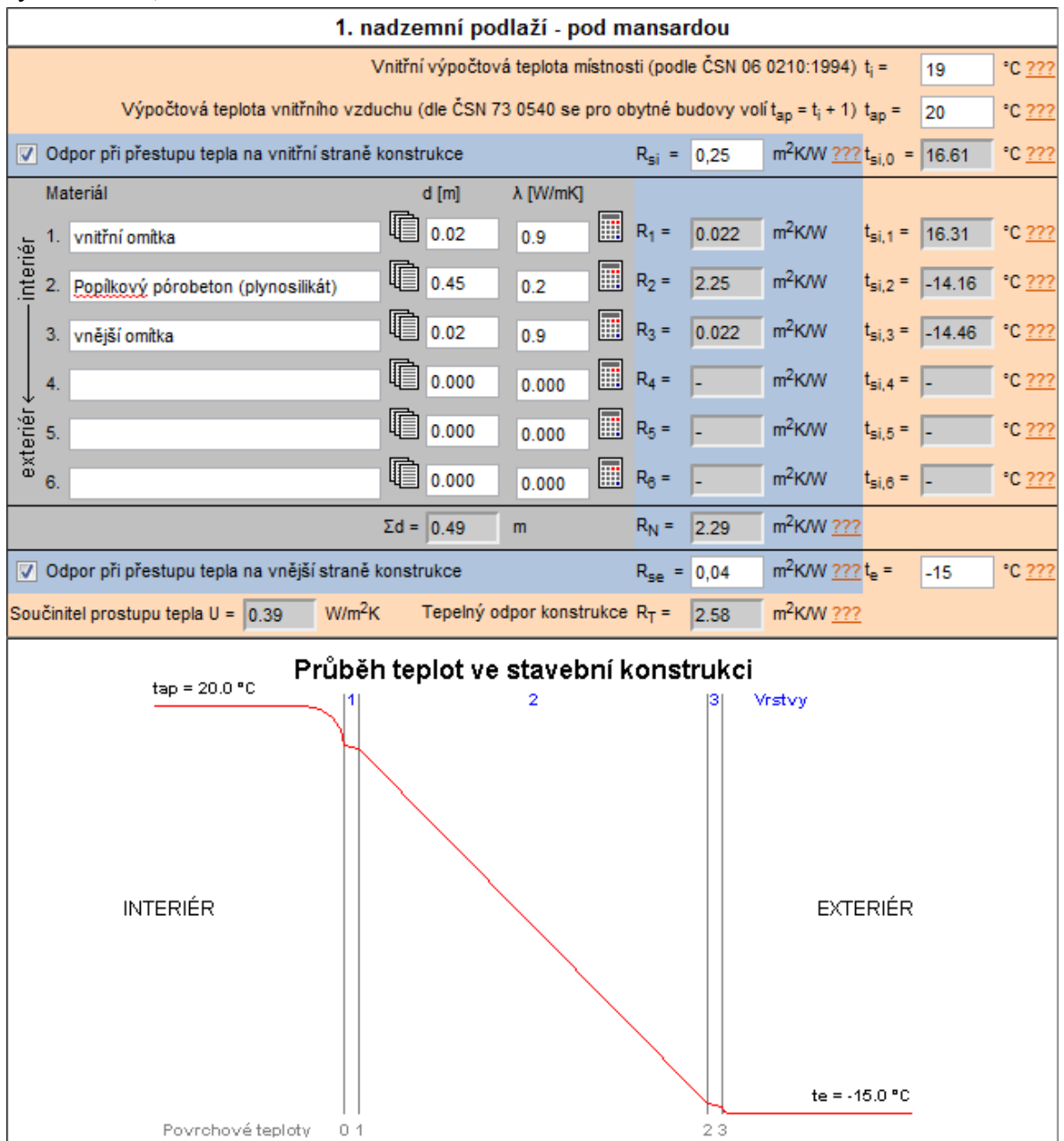
$t_e = 5,0$ °C

Povrchové teploty 0 1 2 3 4 5

Plocha konstrukce $S = 1$ m² Prostup tepla konstrukcí $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 7$ W

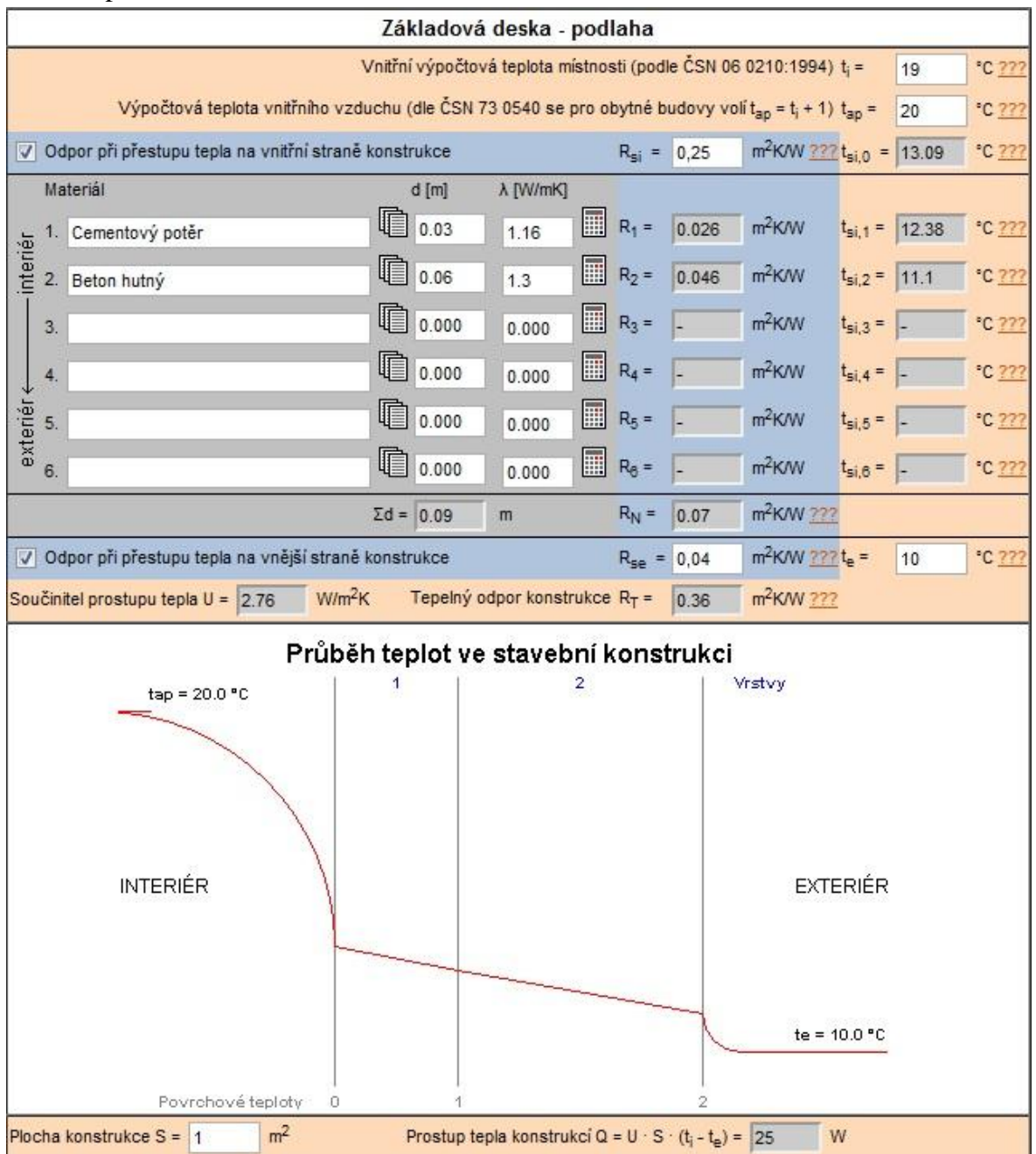
Obr. č. 1.3 Prostup tepla půdní podlahou - stropem

Na obrázku č. 1.4 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla pod mansardou s výsledkem $0,39 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$



Obr. č. 1.4 Prostup tepla pod mansardou

Na obrázku č. 1.5 je zobrazen výpočet součinitele prostupu tepla základovou deskou - podlahou $2,76W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$



Obr. č. 1.5 Prostup tepla základovou deskou – podlahou

Vstupní hodnoty, které byly potřebné pro výpočet prostupů tepla jednotlivých prvků obálky, jsem použil z tabulek obsažené v kapitole 7.2.

Na obrázku č. 1.6 jsou znázorněny vstupní hodnoty výpočtového programu. Tyto vstupní hodnoty jsem opět použil z tabulek v kapitole 7.2. Obrázek č. 1.7 obsahuje výpočtovou část tj. parametry obálkové konstrukce budovy. Na obrázku č. 1.8 jsou zobrazeny výsledky výpočtu celkových tepelných ztrát budovy.

Lokalita a vlastnosti budovy

Nový Jičín <input type="button" value="(Tabulka)"/>	Poloha budovy	Chráněná <input type="button" value="??"/>
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C	<input type="button" value="Nastavit teplotu u stěn"/>
Krajina	Normální <input type="button" value="??"/>	Druh budovy
		Osamělá <input type="button" value="??"/>
		Charakteristické číslo budovy B
		4 Pa ^{0.67} <input type="button" value="??"/>
		Přirážka p_2 na urychlení zátoku
		0 <input type="button" value="??"/>

Místnost (u obálkové metody to jsou další vlastnosti budovy)

Číslo a název místnosti	<input type="text" value="Rodinný dům"/>
Zvětšení char. čísla budovy ΔB	0 Pa ^{0.67} <input type="button" value="??"/>
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C <input type="button" value="??"/>
Vnitřní výpočtová teplota t_i	20 °C <input type="button" value="(Tabulka)"/>
Orientace místnosti	vnitřní místnost <input type="button" value="??"/> => přirážka $p_3 =$ 0 <input type="button" value="??"/>
Počet těsných dveří	2 <input type="button" value="??"/>
Počet netěsných dveří	0 <input type="button" value="??"/>
Charakteristické číslo místnosti M	0.7 <input type="button" value="??"/>
Tepelný zisk Q_z	<input type="text" value="W"/> <input type="button" value="??"/>

Rozměry

Půdorysný rozměr a	11,45 m	Půdorysný rozměr b	11,75 m	Půdorysná plocha místnosti P	134,5 m ² <input type="button" value="??"/>
Konstrukční výška VK	5,3 m <input type="button" value="??"/>	Světlá výška VS	5 m <input type="button" value="??"/>	Vypočtená plocha obálkových konstrukcí ΣS_1	515 m ² <input type="button" value="??"/>
Vytápěný objem V	713,0 m ³	Objem místnosti V_m	672,6 m ³	Sečtená plocha všech obálkových konstrukcí ΣS_2	498,7 m ² <input type="button" value="??"/>

Teplota větracího vzduchu t_{vv}	-15 °C <input type="button" value="??"/>
<input checked="" type="radio"/> Intenzita výměny vzduchu n	0,5 h ⁻¹ <input type="button" value="??"/>
<input type="radio"/> Objemový průtok	<input type="text" value="m<sup>3</sup>/h"/> <input type="button" value="??"/>

Obr. č. 1.6 Vstupní hodnoty výpočtového programu

Parametry obálkové konstrukce (místnosti / budovy)

	Typ ??? konstr.	Počet	$t_{e,i}$?? [°C]	U ??? [W/m ² K]	Plocha konstrukce						Q ₀ [W]	Infiltrace	
					d ??? [m]	v ??? [m]	S ??? [m ²]	S _d ?? [m ²]	S _v ??? [m ²]	S-S _d - S _v [m ²]		i _L (Tabulka) [m ³ /m.s.Pa ^{0.67}]	L ??? [m]
1. vložit smazat	SO	1	-15	0,26	0	0	116	0	13,76	102,2	930,4	x 10 ⁻⁴	
2. vložit smazat	OZ	1	-15	1,1	0	0	6,16	0	0	6,16	237,2	x 10 ⁻⁴	
3. vložit smazat	DO	1	-15	1,2	0	0	7,6	0	0	7,6	319,2	x 10 ⁻⁴	
4. vložit smazat	SO	1	-15	0,39	0	0	77,87	0	0	77,87	1062,9	x 10 ⁻⁴	
5. vložit smazat	SO	1	-15	0,33	0	0	75,91	0	22,34	53,57	618,7	x 10 ⁻⁴	
6. vložit smazat	OZ	1	-15	1,1	0	0	22,34	0	0	22,34	860,1	x 10 ⁻⁴	
7. vložit smazat	PDL	1	10	2,76	0	0	114,5	0	0	114,5	3160,2	x 10 ⁻⁴	
8. vložit smazat	STR	1	5	0,54	0	0	114,5	0	0	114,5	927,5	x 10 ⁻⁴	

Obr. č. 1.7 Parametry obálkové konstrukce budovy

Tepelná ztráta postupem

ΣQ_0	8116 W ???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	0,45 W/m ² K ???
Přirážka p_1	0,07 ???
Přirážka p_2	0 ???
Přirážka p_3	0 ???
Q_p	8664 W ???

Tepelná ztráta větráním / infilrací

Tepelná ztráta infilrací Q_{inf}	=	0 W ???
Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$	=	4251 W ???
Tepelná ztráta větráním Q_v	=	4251 W ???
Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$	=	0,5 ???

Celková tepelná ztráta místnosti

Tepelná ztráta místnosti Q_c	=	12915 W ???
Měrná tepelná ztráta místnosti q_c	=	18,1 W/m ³ ???

Obr. č. 1.8 Výsledky výpočtu celkových tepelných ztrát

Celková tepelná ztráta budovy při stávajícím stavu, vypočtena obálkovou metodou činí $Q_c = 12,915 kW$

Příloha č.2

Tato příloha je věnovaná výpočtu celkové roční potřebě tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. Celková roční potřeba tepla byla opět stanovena pomocí výpočtového programu na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>. Celková roční potřeba vychází z výpočtu celkové tepelné ztráty budovy.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění

Celková roční potřeba tepla je závislá na celkové tepelné ztrátě budovy, která byla pro stávající stav $Q_c = 12,915 kW$. V první fázi stanovení celkové roční potřeby tepla pro vytápění je výpočet denostupňů podle rovnice (8.2), který činí $3678K \cdot dny$. Délka otopného období pro oblast Nový Jičín je $d = 242 dny$. Průměrná teplota během otopného období činí $t_{es} = 3,5^\circ C$. Průměrná vnitřní výpočtová teplota činí $t_{is} = 19^\circ C$.

Dalším krokem bylo stanovení opravného součinitele ε podle rovnice (8.1) s výsledkem 0,765. Součinitel $e_i = 0.85$, součinitel $e_t = 0.90$, součinitel $e_d = 1.00$.

Podle rovnice (8.0) byla stanovena celková roční potřeba tepla pro vytápění s výsledkem $Q_{vvt,r} = 27,5 MWh/rok$, což představuje $99 GJ/rok$. Hodnoty účinnosti obsluhy resp. regulace soustavy η_0 a rozvodu vytápění η_r byly stanoveny $\eta_0 = 0,98$ a $\eta_r = 0,95$.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění je znázorněna na obrázku 2.1.

Celková roční potřeba teplé vody

Celková roční potřeba tepla počítána pro stávající stav budovy je stanovena pro čtyři osoby s celkovou potřebou teplé vody na den $V_{2p} = 0,328 m^3/den$. Vstupní výpočtové hodnoty byly stanoveny: teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, hustota vody $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4186 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$, počet pracovních dní soustavy v roce je $N = 365 dny$, teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15^\circ C$, teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5^\circ C$. Výsledná roční potřeba teplé vody byla vypočtena dle rovnice (8.3) s výsledkem $Q_{TUV,r} = 8,3 MWh/rok$ což je $Q_{TUV,r} = 29,7 GJ/rok$.

Celková denní potřeba pro ohřev teplé vody byla vypočítána dle rovnice (8.4). Vstupní hodnoty pro výpočet celkové denní potřeby teplé vody byly stanoveny: teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, hustota vody $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ a koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$. Výsledná denní potřeba tepla činí $Q_{TUV,d} = 25,7 \text{ kWh}$.

Celková roční potřeba teplé vody je znázorněna na obrázku 2.1.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Výsledná celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody při stávajícím stavu budovy počítána dle rovnice (7.9) činí $Q_r = 36,7 \text{ MWh/rok}$, což je $132,1 \text{ GJ/rok}$.

Lokalita (Tabulka) <input type="radio"/> $t_{em} = 12^\circ C$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13^\circ C$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15^\circ C$??? 			
Město	Nový Jičín	Délka topného období	d = 242 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 $^\circ C$	Prům. teplota během otopného období t_{es}	3.8 $^\circ C$
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 12,915 \text{ kW}$	$t_1 = 10^\circ C$	$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota t_{is}	19 $^\circ C$???	$t_2 = 55^\circ C$	$c = 4186 \text{ J/kgK}$???
Vytápěcí denostupně		$V_{2p} = 0,328 \text{ m}^3/\text{den}$???
$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3678 \text{ K.dny}$		Koeficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0.85$??? $\eta_o = 0.95$???		$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$	
$e_t = 0.90$??? $\eta_r = 0.95$???		Teplota studené vody v létě	$t_{svl} = 15^\circ C$
$e_d = 1.00$???		Teplota studené vody v zimě	$t_{svz} = 5^\circ C$
Opravný součinitel ϵ ???		Počet pracovních dní soustavy v roce	N = 365 [dny]
<input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
<input type="radio"/> $\epsilon = 0.765$		$Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 29.7 \text{ GJ/rok} \\ 8.3 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left(\begin{matrix} 102.3 \text{ GJ/rok} \\ 28.4 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$	Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 132.1 \text{ GJ/rok} \\ 36.7 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$		

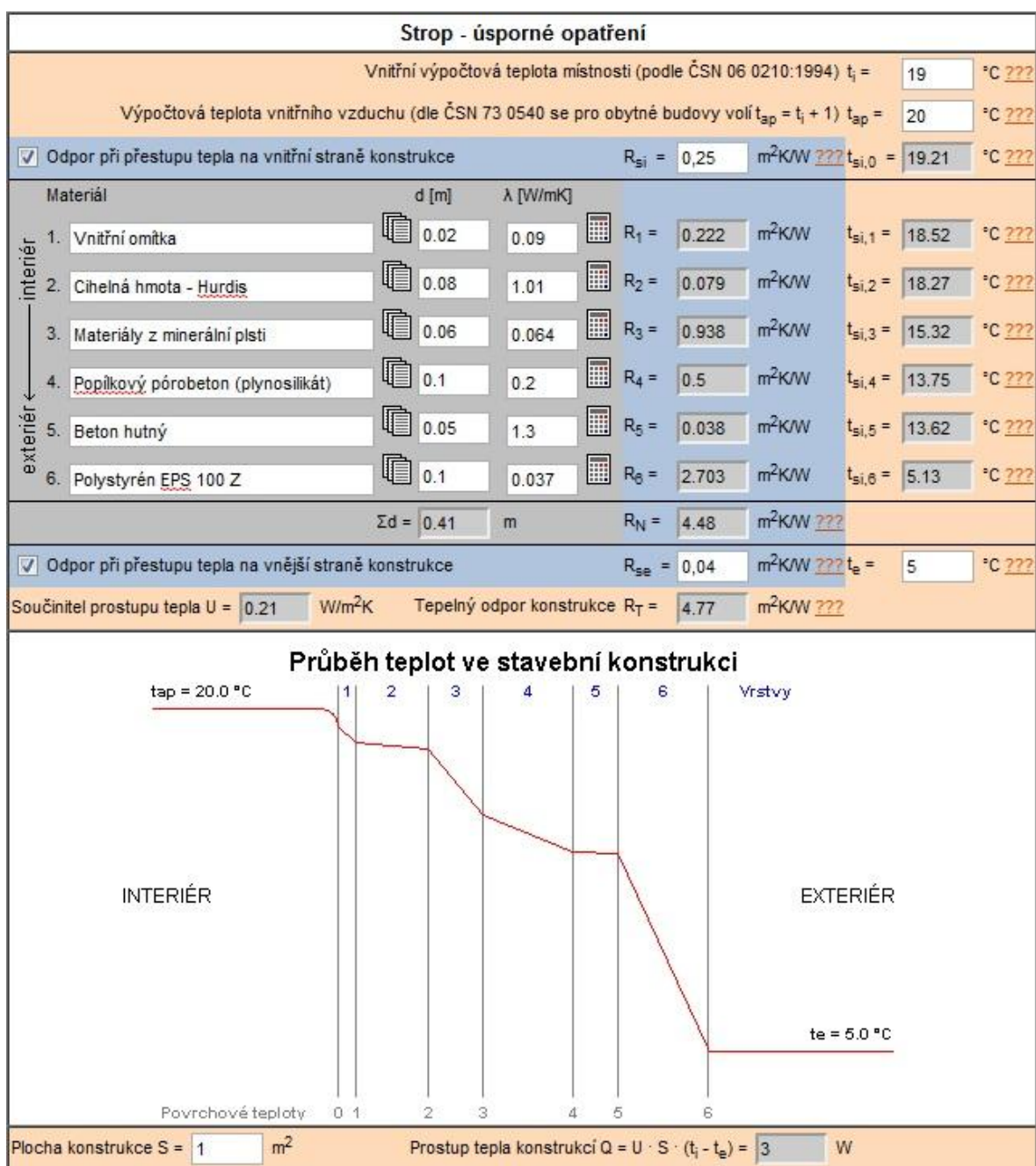
Obr. č. 2.1 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Příloha č.3

Tato příloha je věnována výpočtu tepelných ztrát rodinného domu (kapitola 7.1), a sice pro stav s navrženým úsporným opatřením představující zateplení podmansardových prostor foukanou izolací a zateplením půdní podlahy polystyrénem o výšce *100 mm*. Kompletní výpočet tepelných ztrát rodinného domu včetně výpočtu součinitelů prostupu tepla obvodového pláště, podlahy a střechy byl realizován programem na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>, který byl k danému účelu vytvořen programátory webové stránky podle normy ČSN 06 0210.

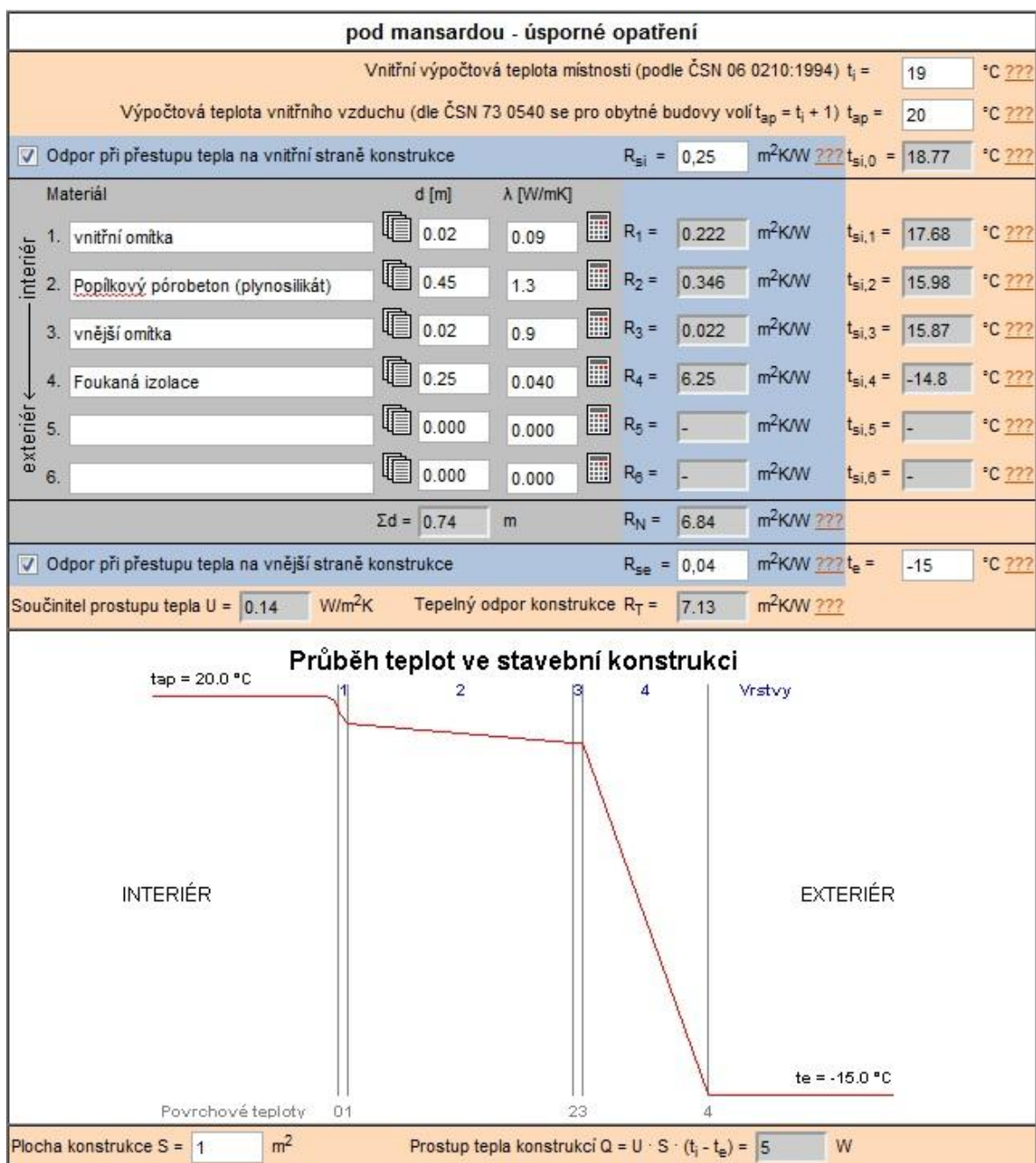
Hodnoty prostupů tepla v přízemí (obr. č. 1.1), základové desky - podlahy (obr. č. 1.4) a prvního nadzemního patra (obr. č. 1.2) zůstávají neměnné.

Prostup tepla půdní podlahou – stropem s instalovaným úsporným opatřením polystyrén EPS 100 Z o šířce 100 mm s výsledkem $0,21W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, obrázek č. 3.1.



Obr. č. 3.1 Prostup tepla stropem po úsporném opatření

Prostup tepla první nadzemní podlaží pod mansardou s instalovaným úsporným opatřením foukané izolace s výsledkem $0,14 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ obrázek č. 3.2.



Obr. č. 3.2 Prostup tepla pod mansardou – po úsporném opatření

Na obrázku č. 3.3 jsou znázorněny vstupní hodnoty výpočtového programu. Tyto vstupní hodnoty jsem opět použil z tabulek v kapitole 7.2. Obrázek č. 3.4 obsahuje výpočtovou část tj. parametry obálkové konstrukce budovy s navrženým úsporným opatřením. Na obrázku č. 3.5 jsou zobrazeny výsledky výpočtu celkových tepelných ztrát budovy po navrženém úsporném opatření.

Lokalita a vlastnosti budovy

Nový Jičín <input type="button" value="(Tabulka)"/>	Poloha budovy	Chráněná <input type="button" value="??"/>
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C	<input type="button" value="Nastavit teplotu u stěn"/>
Krajina	Normální <input type="button" value="??"/>	Druh budovy
		Osamělá <input type="button" value="??"/>
		Charakteristické číslo budovy B
		4 Pa ^{0.67} <input type="button" value="??"/>
		Přirážka p_2 na urychlení zátoku
		0 <input type="button" value="??"/>

Místnost (u obálkové metody to jsou další vlastnosti budovy)

Číslo a název místnosti	<input type="text" value="Rodinný dům"/>
Zvětšení char. čísla budovy ΔB	0 Pa ^{0.67} <input type="button" value="??"/>
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C <input type="button" value="??"/> <input type="button" value="Nastavit teplotu u stěn"/>
Vnitřní výpočtová teplota t_i	20 °C (Tabulka)
Orientace místnosti	vnitřní místnost <input button"="" type="button" value="??"/>
Počet těsných dveří	2 <input type="button" value="??"/>
Počet netěsných dveří	0 <input type="button" value="??"/>
Charakteristické číslo místnosti M	0.7 <input type="button" value="??"/>
Tepelný zisk Q_z	<input type="text" value=""/> W <input type="button" value="??"/>

Rozměry

Půdorysný rozměr a	11,45 m	Půdorysný rozměr b	11,75 m	Půdorysná plocha místnosti P	134,5 m ² <input type="button" value="??"/>
Konstrukční výška VK	5,3 m <input type="button" value="??"/>	Světlá výška VS	5 m <input type="button" value="??"/>	Vypočtená plocha obálkových konstrukcí ΣS_1	515 m ² <input type="button" value="??"/>
Vytápěný objem V	713,0 m ³	Objem místnosti V_m	672,6 m ³	Sečtená plocha všech obálkových konstrukcí ΣS_2	498,7 m ² <input type="button" value="??"/>

Teplota větracího vzduchu t_{vv}	-15 °C <input type="button" value="??"/>
<input checked="" type="radio"/> Intenzita výměny vzduchu n	0.5 h ⁻¹ <input type="button" value="??"/>
<input type="radio"/> Objemový průtok	<input type="text" value=""/> m ³ /h <input type="button" value="??"/>

Obr. č. 3.3 Vstupní hodnoty výpočtového programu

Parametry obálkové konstrukce (místnosti / budovy)

	Typ ??? konstr.	Počet	$t_{e,i}$?? [°C]	U ??? [W/m²K]	Plocha konstrukce						Q_o [W]	Infiltrace		
					d ??? [m]	v ??? [m]	S ??? [m²]	S_d ?? [m²]	S_v ??? [m²]	$S-S_d-S_v$ [m²] ??		i_L (Tabulka) [m³/m.s.Pa ^{0.67}]	L ??? [m]	
1.	vložit smazat	SO	1	-15	0,26	0	0	116	0	13,76	102,2	930.4	x 10 ⁻⁴	
2.	vložit smazat	OZ	1	-15	1,1	0	0	6,16	0	0	6,16	237.2	x 10 ⁻⁴	
3.	vložit smazat	DO	1	-15	1,2	0	0	7,6	0	0	7,6	319.2	x 10 ⁻⁴	
4.	vložit smazat	SO	1	-15	0,11	0	0	77,87	0	0	77,87	299.8	x 10 ⁻⁴	
5.	vložit smazat	SO	1	-15	0,33	0	0	75,91	0	22,34	53,57	618.7	x 10 ⁻⁴	
6.	vložit smazat	OZ	1	-15	1,1	0	0	22,34	0	0	22,34	860.1	x 10 ⁻⁴	
7.	vložit smazat	PDL	1	10	2,76	0	0	114,5	0	0	114,5	3160.2	x 10 ⁻⁴	
8.	vložit smazat	STR	1	5	0,21	0	0	114,5	0	0	114,5	360.7	x 10 ⁻⁴	

Obr. č. 3.4 Parametry obálkové konstrukce budovy se zavedeným úsporným opatřením

Tepelná ztráta prostupem

$\sum Q_o$	6803 W	???
Průměrný součinitel prostupu tepla k_c	0,377 W/m²K	???
Přirážka p_1	0,06	???
Přirážka p_2	0	???
Přirážka p_3	0	???
Q_p	7189 W	???

Tepelná ztráta větráním / infiltrací

Tepelná ztráta infiltrací Q_{inf} =	0 W	???
Tepelná ztráta větracím vzduchem $Q_{v,v}$ =	4251 W	???
Tepelná ztráta větráním Q_v =	4251 W	???
Vypočtená intenzita výměny vzduchu $n_{vypočtená}$ =	0,5	???

Celková tepelná ztráta místnosti

Tepelná ztráta místnosti Q_c =	11440 W	???
Měrná tepelná ztráta místnosti q_c =	16 W/m³	???

Obr. č. 3.5 Výsledky výpočtu celkových tepelných ztrát po navrženém úsporném opatření

Celková tepelná ztráta budovy, po zateplení půdního stropu polystyrénem a vyfoukáním podmansardových prostor foukanou izolací, činí $Q_c = 11,440 \text{ kW}$.

Příloha č.4

Tato příloha je věnovaná výpočtu celkové roční potřebě tepla pro vytápění a ohřev teplé vody po realizaci úsporného opatření. Celková roční potřeba tepla byla opět stanovena pomocí výpočtového programu na webové stránce <http://www.tzb-info.cz>. Celková roční potřeba vychází z výpočtu celkové tepelné ztráty budovy po úsporném opatření.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění

Celková roční potřeba tepla je závislá na celkové tepelné ztrátě budovy, která byla pro stav po úsporném opatření $Q_c = 11,440 kW$. V první fázi stanovení celkové roční potřeby tepla pro vytápění je výpočet denostupňů podle rovnice (8.2), který činí $3678 K \cdot dny$. Délka otopného období pro oblast Nový Jičín je $d = 242 dny$. Průměrná teplota během otopného období činí $t_{es} = 3,5^\circ C$. Průměrná vnitřní výpočtová teplota činí $t_{is} = 19^\circ C$.

Dalším krokem bylo stanovení opravného součinitele ε podle rovnice (8.1) s výsledkem 0,765. Součinitel $e_i = 0.85$, součinitel $e_t = 0.90$, součinitel $e_d = 1.00$.

Podle rovnice (8.0) byla stanovena celková roční potřeba tepla pro vytápění s výsledkem $Q_{VYT,r} = 25,2 MWh / rok$, což představuje $90,6 GJ / rok$. Hodnoty účinnosti obsluhy resp. regulace soustavy η_0 a rozvodu vytápění η_r byly stanoveny $\eta_0 = 0,98$ a $\eta_r = 0,95$.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění je znázorněna na obrázku 4.1.

Celková roční potřeba teplé vody

Celková roční potřeba tepla počítána pro stav budovy po realizaci úsporných opatření je stanovena pro čtyři osoby s celkovou potřebou teplé vody na den $V_{2p} = 0,328 m^3 / den$. Vstupní výpočtové hodnoty byly stanoveny: teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, hustota vody $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4186 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$, počet pracovních dní soustavy v roce je $N = 365 dní$, teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15^\circ C$, teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5^\circ C$. Výsledná roční potřeba teplé vody byla vypočtena dle rovnice (8.3) s výsledkem $Q_{TUV,r} = 8,3 MWh / rok$ což je $Q_{TUV,r} = 29,7 GJ / rok$.

Celková denní potřeba pro ohřev teplé vody byla vypočítána dle rovnice (8.4). Vstupní hodnoty pro výpočet celkové denní potřeby teplé vody byly stanoveny: teplota studené vody $t_1 = 10^\circ C$, teplota ohřáté vody $t_2 = 55^\circ C$, hustota vody $\rho = 1000 kg \cdot m^{-3}$, měrná tepelná kapacita $c = 4186 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ a koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$. Výsledná denní potřeba tepla činí $Q_{TUV,d} = 25,7 kWh$.

Celková roční potřeba teplé vody je znázorněna na obrázku 4.1.

Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Výsledná celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody po úsporném opatření počítána dle rovnice (7.9) činí $Q_r = 33,4 \text{ MWh/rok}$, což je $120,4 \text{ GJ/rok}$.

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> $t_{em} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15 \text{ }^\circ\text{C} \text{ ???}$
Město	Nový Jičín	Délka topného období $d = 242$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ $^\circ\text{C}$	Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 3.8$ $^\circ\text{C}$	
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		
Tepelná ztráta objektu $Q_C = 11.44$ kW		
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 19$ $^\circ\text{C} \text{ ???}$		
Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3678 \text{ K.dny}$		
Opravné součinitele a účinnosti systému		
$e_i = 0.85 \text{ ???}$ $\eta_o = 0.95 \text{ ???}$		
$e_t = 0.90 \text{ ???}$ $\eta_r = 0.95 \text{ ???}$		
$e_d = 1.00 \text{ ???}$		
Opravný součinitel $\epsilon \text{ ???}$		
<input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$		
<input type="radio"/> $\epsilon = 0.765$		
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$		
$Q_{VYT,r} = \left(\begin{matrix} 90.6 \text{ GJ/rok} \\ 25.2 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$		
<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody		
$t_1 = 10$ $^\circ\text{C} \text{ ???}$ $\rho = 1000$ $\text{kg/m}^3 \text{ ???}$		
$t_2 = 55$ $^\circ\text{C} \text{ ???}$ $c = 4186$ $\text{J/kgK} \text{ ???}$		
$V_{2p} = 0.328$ $\text{m}^3/\text{den} \text{ ???}$		
Koefficient energetických ztrát systému $z = 0.5$???		
Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody		
$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$		
Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ $^\circ\text{C}$		
Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ $^\circ\text{C}$		
Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]		
$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$		
$Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 29.7 \text{ GJ/rok} \\ 8.3 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$		
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody		
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left(\begin{matrix} 120.4 \text{ GJ/rok} \\ 33.4 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \right) \text{ Náklady}$		

Obr. č. 4.1 Celková roční potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody po úsporném opatření

Příloha č.5

V této příloze se věnuji výpočtu návratnosti solárních kolektorů, zateplení podmansardových prostor, zateplení půdní podlahy a výměny starého kotle na tuhá paliva za nový spolu s pořízením akumulčních nádrží.

Výpočet návratnosti

Prosté návratnosti DN [roky] jednotlivých navržených opatření a celkovou prostou návratnost všech navržených opatření jsem počítal podle rovnice 5.1 a také stanovil graficky pomocí programu, který jsem si k danému účelu vytvořil v programu Microsoft Excel 2003. Na obrázku č. 5.1 je vyobrazeno zadání pro výpočtový program. Obrázek č. 5.2 je věnován tabulce s mezivýpočty pro grafické stanovení prosté návratnosti. Reálná doba návratnosti Tsd [roky] jednotlivých navržených úsporných opatření i celková reálná doba návratnosti všech navržených úsporných opatření byla počítána podle rovnice 5.2. Vnitřní výnosové procento jednotlivých navržených opatření IRR [%] a celkové vnitřní výnosové procento všech navržených opatření bylo počítáno podle rovnice 5.3. Předpokládaný diskont $r = 2\%$.

$$DN = \frac{I_0}{CF_t} \quad [roky] \quad (5.1)$$

$$\sum_{t=1}^{Tsd} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \stackrel{!}{=} 0 \quad [roky] \quad (5.2)$$

$$I_0 - \sum_{t=1}^{Tsd} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \stackrel{!}{=} 0 \quad [%] \quad (5.3)$$

Výpočet návratnosti solárního systému

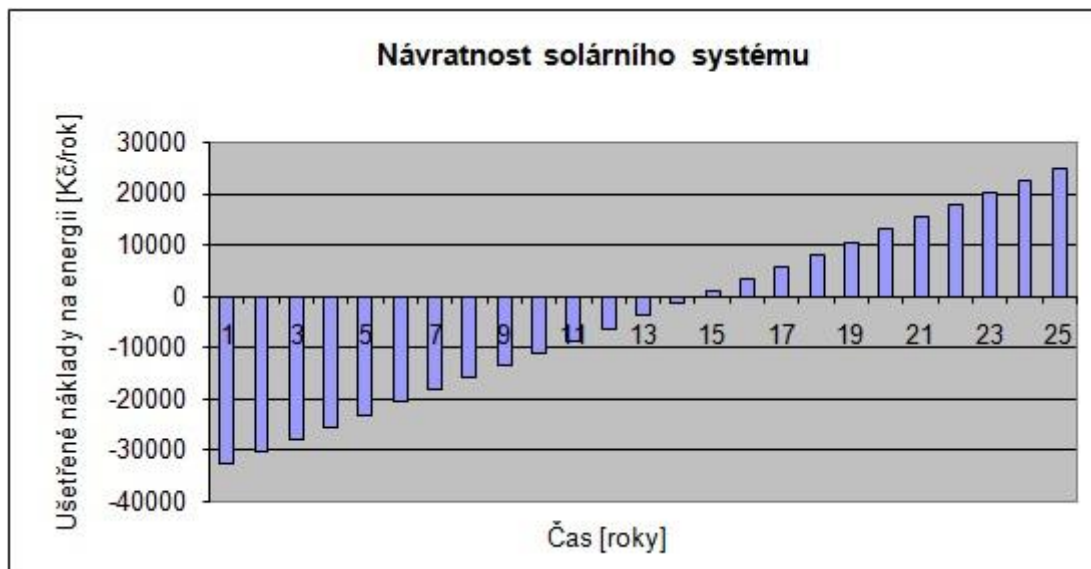
Ohřev teplé vody je primárně ohříván stacionárním plynovým kotlem JohnWood JW302SNA o výkonu 8,5 kW se zásobníkem na teplou vodu s kapacitou 114 litrů. Jedna z variant návrhu úsporného opatření je instalace solárních kolektorů pro ohřev teplé vody. Před realizací této varianty je však nutné spočítat návratnost tohoto systému, zda je investice vynaložená na toto úsporné opatření bude rentabilní. Na ohřev teplé vody plynovým kotlem při spotřebě 40 litrů na osobu je potřeba $Q_{TUV,r} = 4 MWh/rok$ což je 8792 Kč/rok. Skutečný roční výkon solárního systému o celkové ploše 2 m² činí $Q_{Solar,r} = 1,683 MWh/rok$. Roční úspora na ohřev teplé vody s navrhnutým solárním systémem činí 2337 Kč/rok. Pořizovací cena solárního systému je minimálně 35000 Kč bez instalace. Návratnost tohoto systému při roční úspoře 2337 Kč/rok je 19 let.

<u>VÝPOČET NÁVRATNOSTI SOLÁRNÍCH KOLEKTORŮ</u>				
Energeticky úsporné opatření	Investice	Úspora	Životnost opatření	Úspora
	<i>Kč</i>	<i>MWh/rok</i>	<i>rok</i>	<i>Kč/rok</i>
Solární kolektory	35000	1,683	20	2337

Obr. č. 5.1 Zadání výpočtového programu pro grafické stanovení prosté návratnosti

rok	instalace solárního systému	Celkem
1	-32663	-32660
2	-30326	-30322
3	-27989	-27984
4	-25652	-25646
5	-23315	-23308
6	-20978	-20970
7	-18641	-18632
8	-16304	-16294
9	-13967	-13956
10	-11630	-11618
11	-9293	-9280
12	-6956	-6942
13	-4619	-4604
14	-2282	-2266
15	55	72
16	2392	2410
17	4729	4748
18	7066	7086
19	9403	9424
20	11740	11762

Obr. č. 5.2 Mezivýpočty grafického stanovení prosté návratnosti



Obr. č. 5.3. Ekonomická návratnost solárního systému

Výpočet návratnosti zateplení

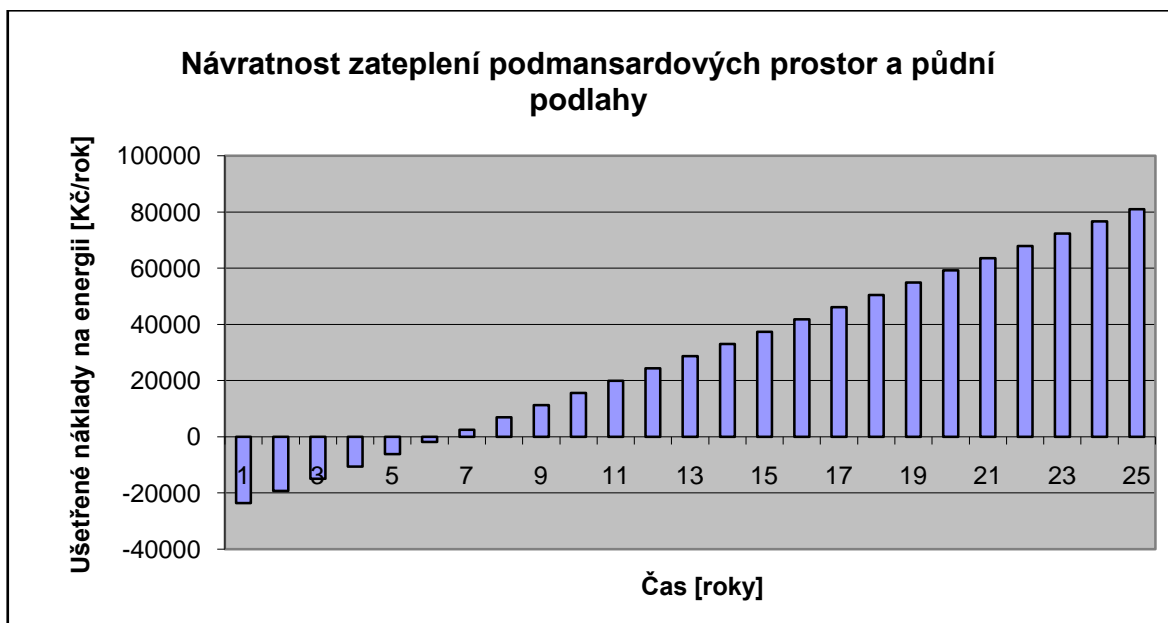
Investiční náklady na zateplení činí 28000 Kč. Zateplením částí domu se ušetří 4360 Kč/rok. Při pokrytí investice z vlastních zdrojů by byla prostá návratnost (viz. rovnice 5.1) daného úsporného opatření 7 let.

<u>VÝPOČET NÁVRATNOSTI ZATEPLENÍ ČÁSTI DOMU</u>				
Energeticky úsporné opatření	Investice	Úspora	Životnost opatření	Úspora
	<i>Kč</i>	<i>MWh/rok</i>	<i>rok</i>	<i>Kč/rok</i>
Zateplení části domu	28000	3,3	20	4360

Obr. č. 5.4 Zadání výpočtového programu pro grafické stanovení prosté návratnosti

rok	zateplení	Celkem
1	-23640	-23637
2	-19280	-19276
3	-14920	-14915
4	-10560	-10554
5	-6200	-6193
6	-1840	-1832
7	2520	2529
8	6880	6890
9	11240	11251
10	15600	15612
11	19960	19973
12	24320	24334
13	28680	28695
14	33040	33056
15	37400	37417
16	41760	41778
17	46120	46139
18	50480	50500
19	54840	54861
20	59200	59222

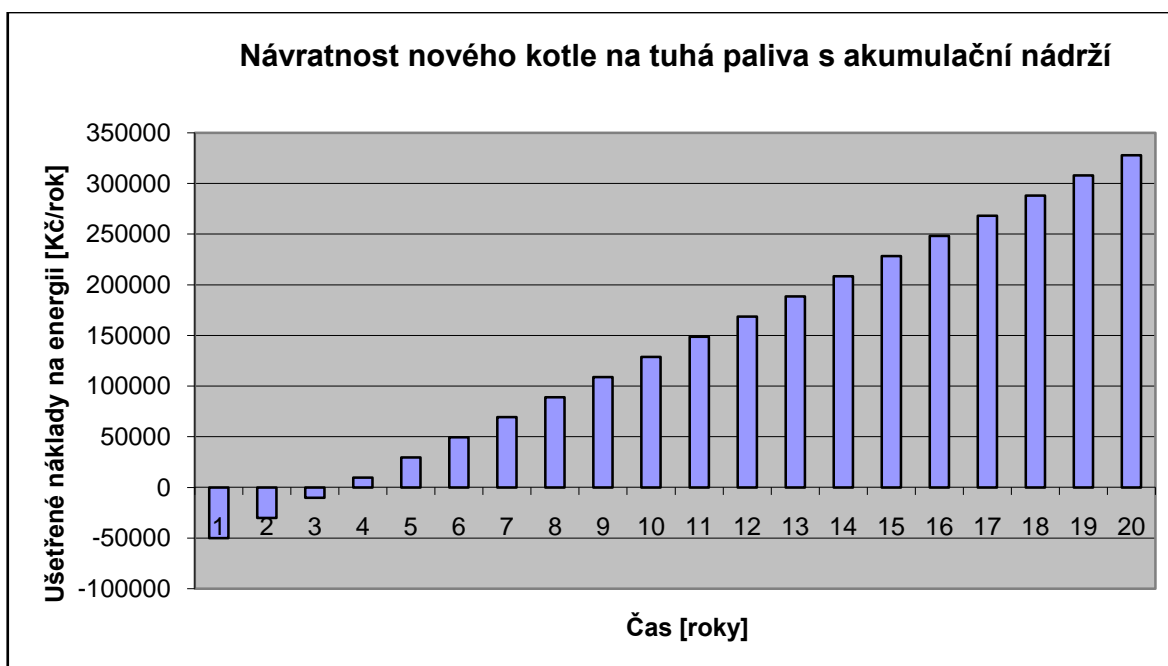
Obr. č. 5.5 Mezivýpočty grafického stanovení prosté návratnosti



Obr. č. 5.6 Ekonomická návratnost solárního systému

Výpočet návratnosti nového kotle s akumulční nádrží

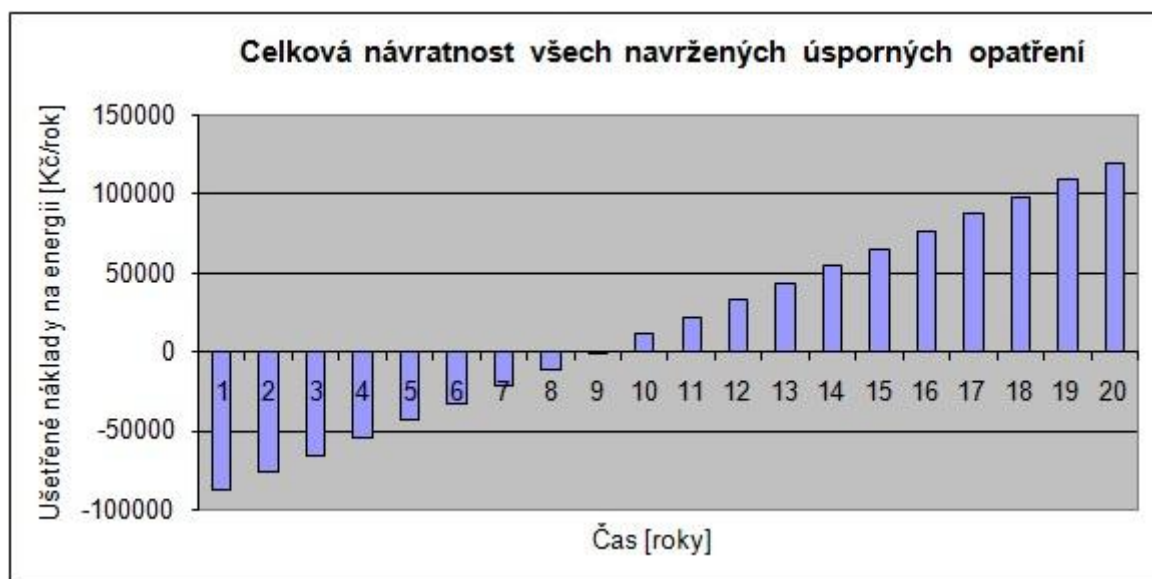
Pořízením nového kotle na tuhá paliva a instalací akumulčních nádrží se ušetří *10836 kg/rok* palivového dřeva z původní spotřeby *18096 kg/rok* stávajícího kotle na *7260 kg/rok* nového kotle. Tato úspora paliva činí 60 % což je *19 891 Kč*. Náklady na toto úsporné opatření činí *70000 Kč*. Při vytápění pouze tuhými palivy je návratnost 4 roky.



Obr. č. 5.7 Ekonomická návratnost nového kotle s akumulční nádrží

Výpočet celkové návratnosti úsporných opatření

Celkový náklad na úsporná opatření činí 98000 Kč, uvažují-li provoz budovy 20 let, bude celková návratnost úsporných opatření již za 9 let od realizace. Reálná návratnost by byla 10 let. Je důležité podotknout, že tato návratnost je počítána pro stav, kdy se kotel na tuhá paliva bude používat z 242 dnů otopného období 3 dny v týdnu, to znamená 102 dnů a 140 dnů bude dům vytápěn plynem.



Obr. č. 5.8 Celková návratnost navržených úsporných opatření

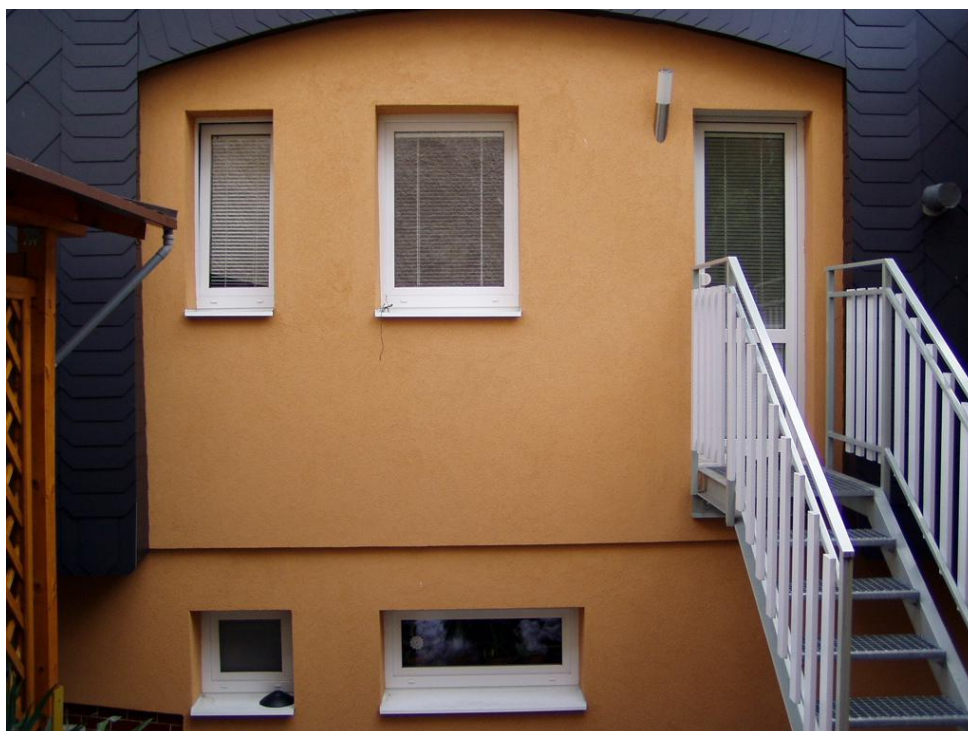
Příloha č.6

V této příloze jsou zdokumentovány jednotlivé prvky stavby, počínaje fotografiemi jednotlivých pohledů na dům a konče zdokumentováním topné soustavy.

Pohledy na dům z jednotlivých světových stran



Obr. č. 6.1 Rodinný dům – pohled z jižní strany



Obr. č. 6.2 Rodinný dům – pohled ze severní strany



Obr. č. 6.3 Rodinný dům – pohled ze západní strany



Obr. č. 6.4 Rodinný dům – pohled z východní strany

Dokumentace topné soustavy



Obr. č. 6.5 Plynový stacionární kotel na ohřev teplé vody JohnWood JW302SNA o výkonu 8,5 kW a kapacitou 114 litrů



Obr. č. 6.6 Plynový stacionární kotel Dakon GL 20 Eko HL o výkonu 20/14 kW



Obr. č. 6.7 Starý litinový kotel na tuhá paliva z roku 1983 blíže nespecifikovaných vlastností



Obr. č. 6.8 Litinové radiátory v domě osazené TRV



Obr. č. 6.9 Termoregulační ventil R432 TG firmy Giacomini