

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

**VYTÁPĚNÍ BUDOV S TĚMĚŘ NULOVOU POTŘEBOU
ENERGIE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalářská práce řeší návrh výpočtu potřeby energie na vytápění rodinných domů s ohledem na dosažení pasivního standardu a splnění vyhlášky budov s téměř nulovou spotřebou energie. Pro výpočet jsou navrženy tři modelové budovy. Pro dané modely je provedena energetická bilance potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody. Potřeba energie na vytápění je ekonomicky porovnána s celkovou cenou konstrukce budovy.

The bachelor thesis proposes a methodology of a calculation of a family house heating energy consumption with respect to the criteria of the passive standard and meeting the Decree of buildings with almost zero energy consumption. Three model houses are designed for the calculation. For these models, the energy balance of heat consumption for heating and hot water preparation is presented. The heating energy consumption is economically compared to the overall cost of the corresponding building construction.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Vytápění budov s téměř nulovou potřebou energie“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 15.6.2017

Jan Šafránek

Obsah

1	Úvod.....	12
2	Modelové budovy.....	13
2.1	Model 1 – celková plocha zasklení 20 %	14
2.2	Model 2 – celková plocha zasklení 50 %	15
2.3	Model 3 – celková plocha zasklení 75 %	16
2.4	Návrh konstrukce domu podle budovy s téměř nulovou spotřebou energie	17
2.4.1	Požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla.....	17
2.4.2	Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	17
2.4.3	Průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy	17
2.4.4	Průměrný součinitel prostupu tepla.....	18
2.4.5	Průměrného součinitele prostupu tepla pro modelové budovy	18
2.4.6	Rozložení plochy konstrukce	18
2.4.7	Referenční hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla.....	18
2.5	Návrh modelových budov	19
2.5.1	Model 1	19
2.5.2	Model 2	19
2.5.3	Model 3	20
2.5.4	Optimální tepelné vlastnosti konstrukčních prvků modelů.....	20
2.6	Součinitele prostupu tepla modelových budov.....	21
2.6.1	Součinitel prostupu tepla přilehlou zeminou.....	21
2.6.2	Součinitel prostupu tepla obvodovou zdí.....	22
2.6.3	Součinitel prostupu tepla střechou	23
3	Tepelné ztráty.....	24
3.1	Celková návrhová tepelná ztráta.....	24
3.2	Tepelné ztráty prostupem	24
3.2.1	Součinitel tepelné ztráty prostupem – venkovní prostředí	26
3.2.2	Součinitel tepelné ztráty prostupem – přilehlá zemina	27
3.3	Tepelné ztráty větráním	27
3.3.1	Součinitel tepelné ztráty větráním.....	27
3.3.2	Součinitel tepelné ztráty větráním s rekuperační jednotkou	28
	Potřeba energie navržené rekuperační jednotky na větrání.....	28
4	Potřeba tepla.....	29
4.1	Potřeba tepla na VYT - vnitřní tepelné zisky	29
4.1.1	Vnitřní tepelné zisky stanovené měsíční metodou	30
4.2	Potřeba tepla na VYT - vnější tepelné zisky	30

4.2.1	Sálání vůči obloze	31
4.2.2	Průhledné prvky	32
4.2.3	Neprůhledné prvky	32
4.3	Celková potřeba tepla na VYT	33
4.3.1	Celková potřeba tepla na VYT – tepelné ztráty	33
4.3.2	Potřeba tepla na VYT prostupem	33
4.3.3	Potřeba tepla na VYT větráním.....	34
4.3.4	Tepelné zisky celkem	34
4.3.5	Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění.....	34
4.3.6	Bilanční poměr pro režim vytápění	34
4.3.7	Časový parametr.....	35
4.3.8	Časová konstanta budovy.....	35
4.4	Potřeba tepla na přípravu teplé vody	36
5	Celková potřeba energie na vytápění	38
5.1	Případ s doporučenou konstrukcí pro novostavby bez rekuperace.....	38
5.2	Případ s doporučenou konstrukcí pro novostavby s rekuperací	39
5.3	Případ s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace	40
5.4	Případ s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací	41
5.4.1	Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 1	42
5.4.2	Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 2	43
5.4.3	Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 3	43
5.5	Vyhodnocení.....	44
6	Větrání.....	45
6.1	Zahraniční předpisy	45
6.2	Požadavky národní přílohy ČSN EN 15665/Z1	45
6.2.1	Přívod vzduchu.....	45
6.2.2	Odvod vzduchu	45
6.3	Zpětné získávání tepla při větrání.....	46
6.3.1	Rekuperace	46
6.3.2	Regenerace	46
6.3.3	Rekuperační deskové výměníky.....	46
6.3.4	Regenerační rotační výměníky.....	47
7	Vytápění	48
7.1	Plynové kondenzační kotle	48
7.1.1	Princip a využití latentního tepla ve spalinách.....	48
7.1.2	Teorie spalovacího procesu.....	48
7.1.3	Základní pojmy kondenzační technologie.....	48

7.1.4	Stupeň využití a výpočet účinnosti zdroje tepla.....	49
7.1.5	Stupeň využití zdroje tepla.....	51
7.1.6	Volba plynového kondenzačního kotle	51
7.2	Tepelná čerpadla.....	52
7.2.1	Tepelné čerpadlo vzduch – voda.....	52
7.2.2	Základní komponenty.....	52
7.2.3	Topný faktor tepelného čerpadla COP (coefficient of performance).....	53
7.2.4	Sezónní topný faktor tepelného čerpadla SCOP (seasonal coefficient of performance)	53
7.2.5	Volba tepelného čerpadla	53
7.3	Kotle na biomasu	54
7.3.1	Biomasu.....	54
7.3.2	Rozdělení.....	54
7.3.3	Volba kotle na biomasu.....	54
7.4	Příprava teplé vody (TV).....	55
8	Náklady	56
8.1	Orientační cena konstrukce modelových budov.....	56
8.1.1	Obvodová stěna.....	56
8.1.2	Střecha.....	56
8.1.3	Okna	56
8.2	Průměrná cena tepla.....	58
8.3	Návratnost investic	59
9	Závěr.....	60
10	Seznam použité literatury.....	61
11	Seznam obrázků	61
12	Seznam tabulek	62
13	Seznam grafů.....	63
14	Přílohy	64
14.1	Příloha 1 výsledné solární zisky	64
14.1.1	Výsledné solární zisky pro Model 1	64
14.1.2	Výsledné solární zisky pro Model 2.....	64
14.1.3	Výsledné solární zisky pro Model 3.....	64
14.2	Příloha 2 postup výpočtu	65
14.2.1	Model 1	65
14.2.2	Model 2	65
14.2.3	Model 3	66
14.3	Příloha 3 postup výpočtu	67

14.3.1	Model 1	67
14.3.2	Model 2	67
14.3.3	Model 3	68
14.4	Příloha 4 postup výpočtu	69
14.4.1	Model 1	69
14.4.2	Model 2	69
14.4.3	Model 3	70
14.5	Příloha 5 postup výpočtu	71
14.5.1	Model 1	71
14.5.2	Model 2	71
14.5.3	Model 3	72
14.6	Příloha 6 kalkulace ceny	73
14.6.1	Modelové budovy podle doporučených hodnot pro novostavby	73
14.6.2	Modelové budovy podle doporučených hodnot pro pasivní domy	73

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Značka	Veličina	Rozměr
d_t	celková ekvivalentní tloušťka podlahy	m
B'	charakteristický parametr	m
$S_{podlaha}$	plocha podlahy	m ²
$O_{podlaha}$	obvod podlahy	m
W	celková ekvivalentní tloušťka podlahy	m
R_{si}	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	m ² .K/W
R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně	m ² .K/W
R_f	tepelný odpor podlahy	m ² .K/W
λ	tepelná vodivost	W/mK
$U_{podlaha}$	součinitel prostupu tepla podlahou	W/m ² .K
$U_{stěna}$	součinitel prostupu tepla obvodovou zdí	W/m ² .K
$U_{střecha}$	součinitel prostupu tepla střechou	W/m ² .K
$U_{N,20}$	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	W/m ² .K
$U_{rec,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla	W/m ² .K
$U_{pas,20}$	doporučená hodnota pro pasivní domy součinitele prostupu tepla	W/m ² .K
$U_{em,R}$	referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	W/m ² .K
$U_{em,N,20}$	průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy	W/m ² .K
f_r	redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného	-
$U_{N,20j}$	normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C	W/m ² .K
A_j	plocha j-té teplosměnné konstrukce, stanovená z vnějších rozměrů	m ²

b_j	teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci	-
$\Delta U_{em,R}$	přirážka na vliv tepelných vazeb	W/m ² .K
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla	W/m ² .K
ϕ	celková měrná tepelná ztráta	W
ϕ_T	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	W
ϕ_V	návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru	W
$f_{\Delta\theta}$	teplotní korekční činitel zohledňující dodatečné tepelné ztráty místnosti vytápěné na vyšší teplotu než mají sousední vytápěné místnosti	-
$H_{T,ie}$	je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy	W/K
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)	W/K
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)	W/K
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu	W/K
t_{iv}	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	°C
t_{ev}	výpočtová venkovní teplota	°C
t_{ep}	Střední teplota	°C
A_k	plocha stavební části (plocha bez otvorů)	m ²
U_k	součinitel prostupu tepla	W/m ² .K
ψ_l	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu	W/m.K
l_l	délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím	M
$H_{V,i}$	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	W/K
t_{iv}	vnitřní výpočtová teplota	°C
t_{ev}	venkovní výpočtová teplota	°C
\dot{V}_i	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i)	m ³ /s

ρ	hustota vzduchu při t_{iv}	kg/m ³
c_p	měrná tepelná kapacita vzduchu při t_{iv}	kJ/kg.K
η_r	je účinnost rekuperační jednotky	-
n_{min}	nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu	h ⁻¹
O_i	objem vytápěného prostoru (i)	m ³
ϕ_{int}	Vnitřní tepelná ztráta	W
$b_{tr,l}$	korekční činitel pro přiléhající neklimatizovaný prostor s vnitřním zdrojem tepla l	-
$\phi_{int,k}$	hodinový tepelný tok z vnitřních zdrojů tepla	W
$\phi_{int,u,l}$	hodinový tepelný tok z vnitřních zdrojů tepla l v přiléhajícím neklimatizovaném prostoru	W
$\phi_{int,oc}$	Vnitřní tepelný tok	W
$\phi_{s,o}$	tepelný tok od osoby	W/osoba
f	přítomnost osob v budově 70 % ($f = 0,7$)	-
$\phi_{s,p}$	tepelný tok od domácích spotřebičů a umělého osvětlení	W
$\phi_{sol,k}$	solární tepelný tok přes k-tý prvek	W
$F_{sh,ob,k}$	korekční činitel stínění na externí překážky	-
$A_{sol,k}$	účinná sběrná plocha prvku k s danou orientací a úhlem sklonu	m ²
$l_{sol,k}$	sluneční ozáření, průměrná energie slunečního záření za časový krok výpočtu	W/m ²
$F_{r,k}$	faktor osálení mezi daným stavebním prvkem a oblohou	-
$\phi_{r,k}$	přídavný tepelný tok v důsledku sálení mezi oblohou a prvkem k	W
ϕ_r	tepelný tok v důsledku sálení vůči obloze	W
R_{se}	tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu	m ² /K.W

U_c	součinitel prostupu tepla	W/m ² .K
h_r	součinitel přestupu tepla sáláním na vnější straně	W/m ² .K
$\Delta\theta_{er}$	průměrný rozdíl venkovní teploty vzduchu a zdánlivé teploty oblohy	°C
$F_{sh,gl}$	korekční činitel stínění	-
g_{gl}	celková propustnost průhlednými prvky konstrukce	-
F_F	podíl plochy rámu	-
$A_{w,p}$	celková pohledová plocha zaskleného prvku	m ²
F_w	korekční činitel pro nerozptylující zasklení	-
$g_{gl,n}$	celková propustnost zasklení	-
$\alpha_{s,c}$	pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků konstrukce	-
R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu neprůhledné části	m ² /K.W
U_c	součinitel prostupu tepla neprůhledné části	W/m ² .K
A_c	pohledová plocha neprůhledné části	m ²
$Q_{TV,den}$	Potřeba tepla na přípravu teplé vody	W
z	poměrný koeficient	-
ρ_{vody}	hustota připravované vody	kg/m ³
c_{vody}	měrná tepelná kapacita vody	J/kg.K
n_{os}	počet osob	-
V_{TV}	objem vody na osobu na den	m ³ /os.d en
t_2	požadovaná teplota vody po ohřevu	°C
t_1	průměrná roční teplota přiváděné studené vody	°C

$Q_{H,nd}$	Celková potřeba tepla na vytápění	kWh
$a_{H,red}$	redukční faktor na přerušené vytápění	-
$Q_{H,ht}$	celková potřeba tepla	kWh
$Q_{H,gn}$	tepelné zisky celkem	kWh
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění	[-]
$Q_{H,tr}$	potřeba tepla prostupem	kWh
$Q_{H,ve}$	potřeba tepla větráním	kWh
$H_{T,ie}$	je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy	W/K
n_{hod}	počet hodin	H
t_{iv}	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	°C
t_{ev}	výpočtová venkovní teplota	°C
$H_{V,i}$	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	W/K
n_{hod}	počet hodin	H
t_{iv}	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	°C
t_{ev}	výpočtová venkovní teplota	°C
γ_H	Bilanční poměr pro režim vytápění	-
a_h	časový parametr	-
$a_{H,0}$	bezrozměrný číselný parametr	-
τ	časová konstanta budovy	h
$\tau_{H,0}$	referenční časová konstanta (pro měsíční výpočtovou metodu $\tau_{H,0} = 15h$)	h
C_m	vnitřní tepelná kapacita budovy	J/K
$Q_{výstup}$	teplo přivedené do kotle za čas Δt	J/s

Q_{vstup}	teplo předané páře nebo vodě	J/s
M_v	množství vyrobené vody nebo páry za čas	kg/s
c_v	střední měrná tepelná kapacita	J/kg·K
t_{v1}	výstupní teplota vody z kotle	K
t_{v2}	vstupní teplota vody do kotle	K
M_{paliva}	množství paliva přivedené do kotle za čas	jednot/s
$H_{u,paliva}$	výhřevnost paliva	J/jednot
Z_i	poměrná celková ztráta zdroje tepla	%
Z_c	poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny v tuhých zbytcích	%
Z_{CO}	poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny ve spalínách	%
Z_f	poměrná ztráta způsobená únikem tepla v tuhých zbytcích	%
Z_k	poměrná ztráta způsobená únikem tepla ve spalínách (komínová ztráta)	%
Z_{sv}	poměrná ztráta způsobená odevzdáním tepla do okolí	%
V_{spalin}	objem spalín	m ³ _N /kg
c_s	střední měrná tepelná kapacita spalín	J/kg·K
t_{spalin}	teplota spalín na výstupu z kotle	°C]
t_{vz}	teplota vzduchu na vstupu do kotle	°C]
$H_{u,paliva}$	výhřevnost spalovaného paliva	J/m ³ _N
b_H	doba provozní pohotovosti	h/rok
b_{VK}	doba plného využití kotle	h/rok
q_B	pohotovostní ztráta	-
η_{Ni}	stupeň využití při dílčím zatížení ve výkonové periodě	

COP	topný faktor tepelného čerpadla	-
Φ	tepelný výkon tepelného čerpadla	kW
P_c	elektrický příkon kompresoru	kW
P_{aux}	elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla	kW

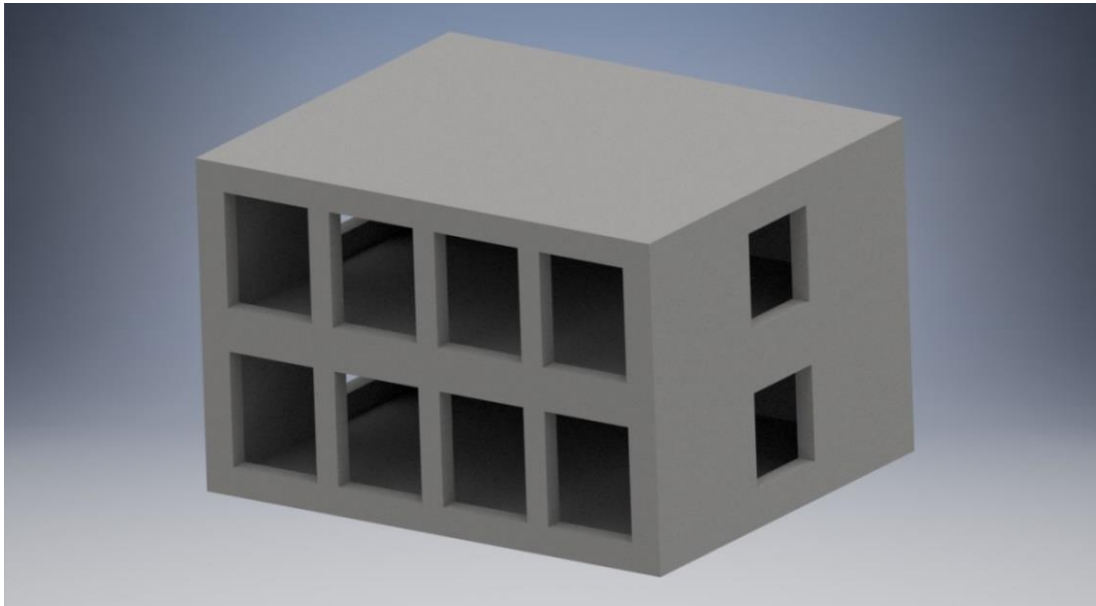
1 Úvod

Cílem této práce je návrh výpočtu potřeby energie na vytápění rodinných domů s ohledem na dosažení pasivního standartu a splnění vyhlášky 78/2013 sb. budov s téměř nulovou spotřebou energie. Pro výpočet byly navrženy tři modelové budovy. První model odpovídá standardnímu podílu zasklení 20 %, který je typický právě pro rodinné domy. Druhý model má celkovou obálkovou plochu zasklení 50 %. Poslední má celkovou plochu fasády navrženu ze 75 % zasklenou konstrukcí a odpovídá typu obálky budovy např. typické kancelářské budově. Další částí je porovnání energetické bilance potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé modely s rozdílnými izolačními vlastnostmi konstrukce v závislosti na celkovém prosklení vnější fasády. V závěrečné části práce porovnávám množství energie z ekonomického hlediska s celkovou cenou konstrukce budovy. Je možné ušetřit energie za vytápění zvýšením prosklení vnější fasády vlivem solárního záření, které způsobuje vnější solární zisky?

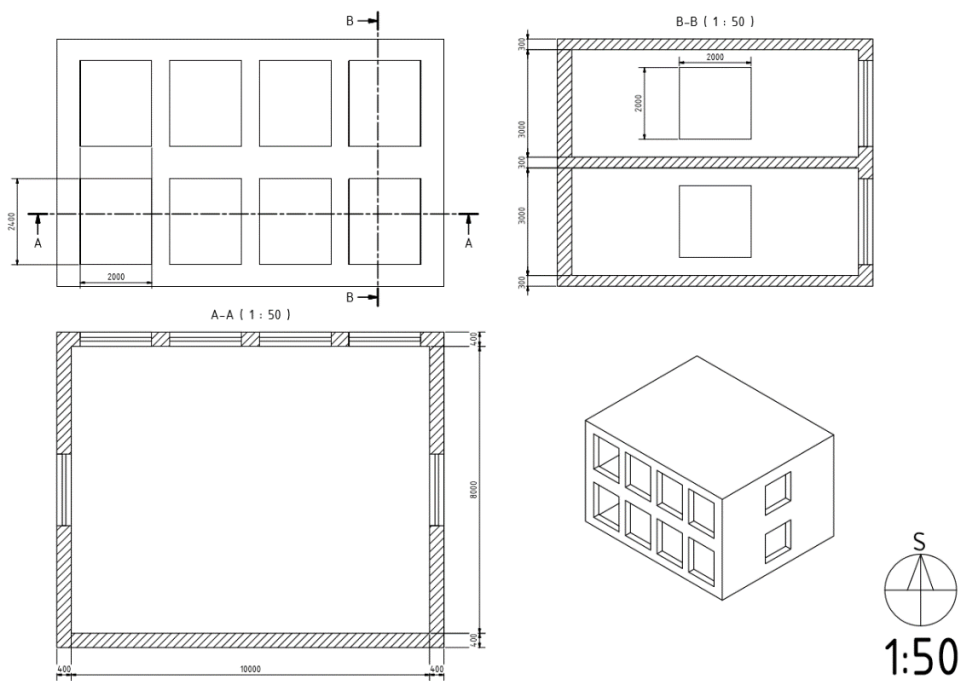
2 Modelové budovy

Pro zpracování studie výpočtu potřeby tepla v závislosti na tepelnětechnických vlastnostech, procentuálního podílu zasklení a možných alternativních zdrojů tepla byly navrženy tři modelové budovy. Geometricky se jedná o kvádr o vnějších rozměrech 10x8x6,3 m. Z pohledu vnitřního prostoru se jedná o dvě nadzemní podlaží bez vnitřního členění. Jednotlivé modely se liší z pohledu procentuálního zasklení vnější svislé fasády (střecha je uvažována jako horizontální konstrukce a do výpočtu procentuálního zasklení fasády Modelu se nezahrnuje), kdy Model 1 odpovídá standardnímu podílu zasklení 20 %, který je typický právě pro rodinné domy. Model 2 s celkovou obálkovou plochou zasklení 50 % a byl zvolen z důvodu požadavků na výpočet průkazu energetické náročnosti budovy, resp. vyhlášky č.78/2013 Sb., která při větším podílu zasklení než 50 % u posuzované budovy stanovuje pro výpočet referenční budovy použít plochy obálky budovy maximálně právě 50 %. Poslední Model 3 má celkovou plochu fasády tvořen ze 75 % zasklenou konstrukcí a odpovídá co do typu obálky budovy např. typické kancelářské budově v dnešní moderní zástavbě, aby bylo dosaženo takto vysokého procenta zasklení, je v tomto Modelu uvažováno se střešním oknem. Modelové budovy mají svou prosklenou plochu situovány tak, aby co největší procento zasklení bylo směrem na jih. Což pro všechny posuzované modely předpokládá vyšší využití solárních zisků tepla. Pro posouzení celkové potřeby tepla pro přípravu teplé vody je pro všechny Modely uvažováno s trvalým obýváním čtyřech dospělých osob.

2.1 Model 1 – celková plocha zasklení 20 %



Obr. 2-1 Vizualizace Modelu 1 (zasklení 20 %)



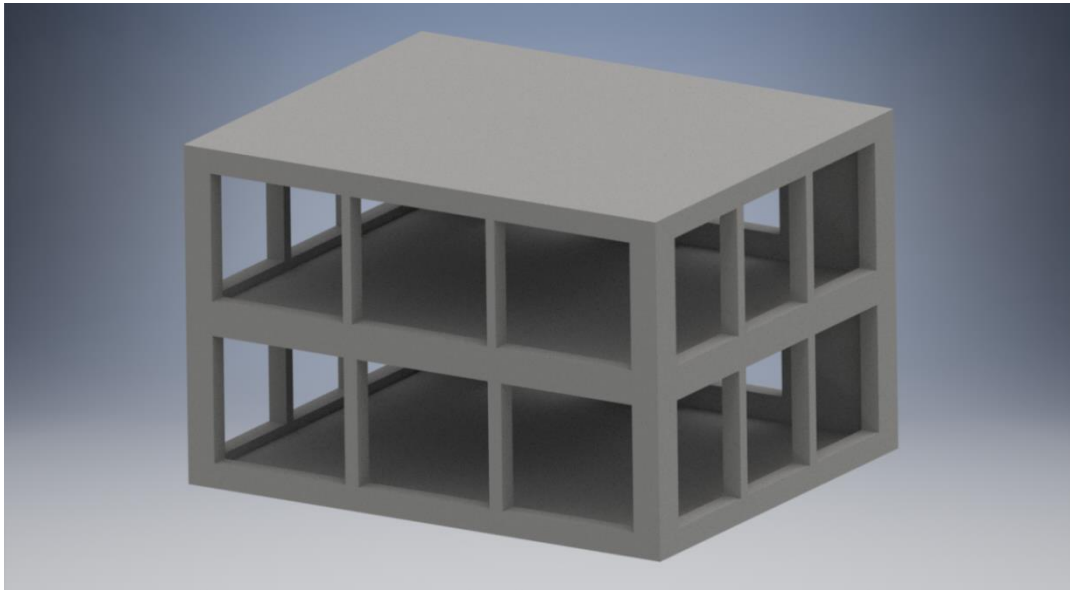
Obr. 2-2 Výkres Modelu 1

Tab. 2-1 Technické specifikace - Model 1

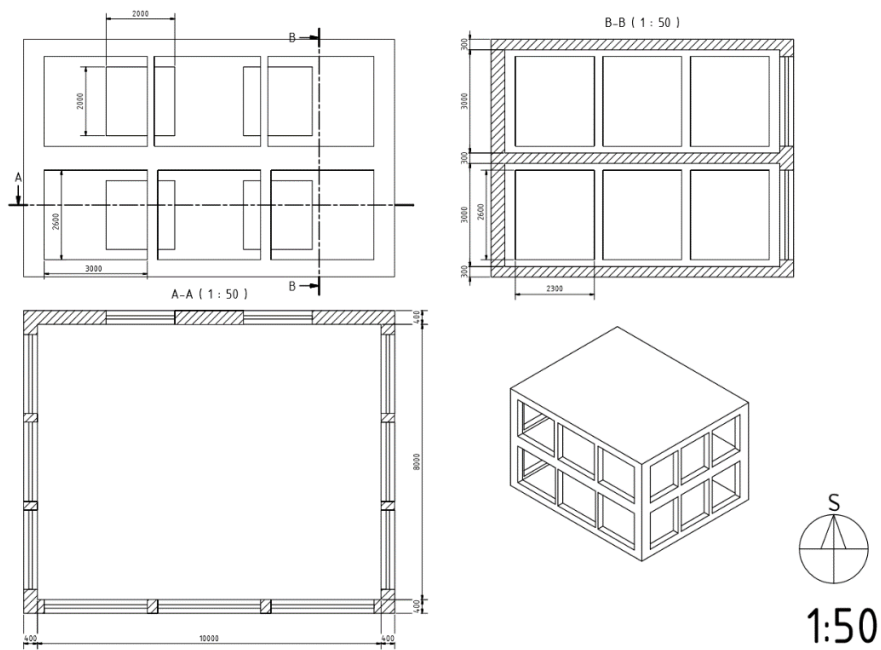
Obvodová plocha			Střecha [m ²]
Celkem [m ²]	Neprůhledné části [m ²]	Průhledné části [m ²]	
270,48	216,08	54,4	95,04

Skutečný obsah zasklení budovy je 20,11 %.

2.2 Model 2 – celková plocha zasklení 50 %



Obr. 2-3 Vizualizace Modelu 2 (zasklení 50 %)



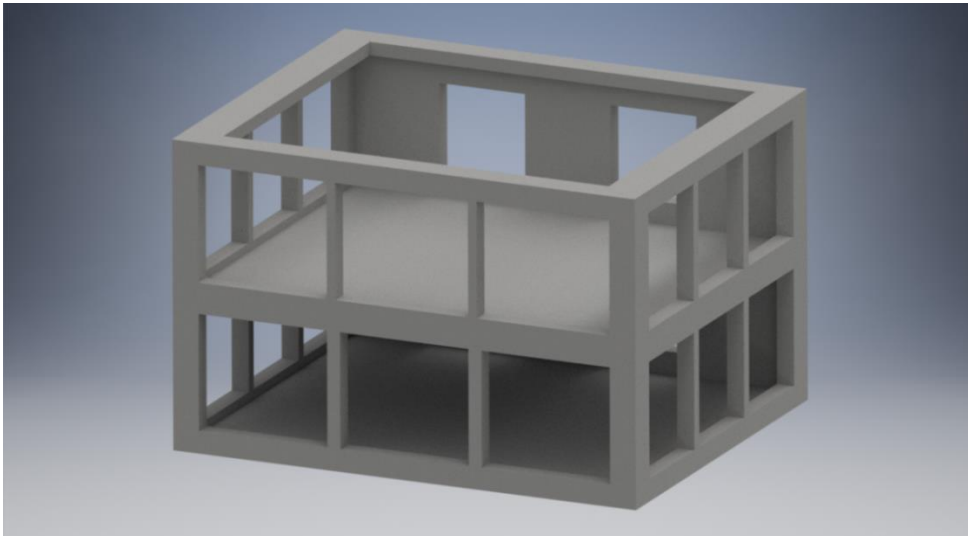
Obr. 2-4 Výkres Modelu 2

Tab. 2-2 Technické specifikace – Model 2

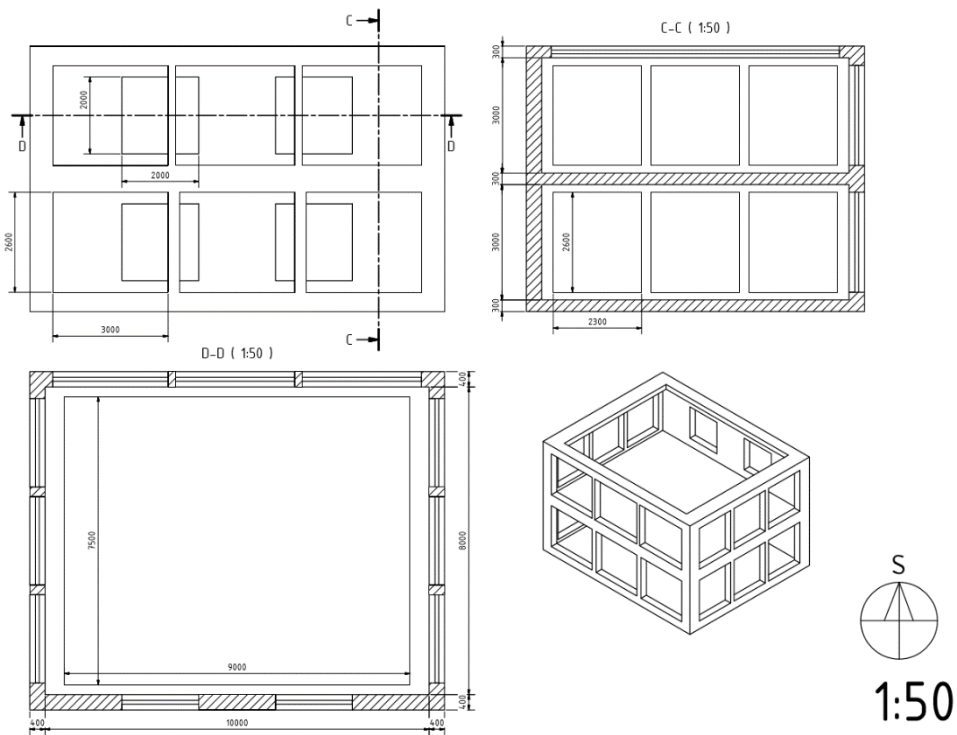
Obvodová plocha			Střecha [m ²]
Celkem [m ²]	Neprůhledné části [m ²]	Průhledné části [m ²]	
270,48	135,92	134,56	95,04

Skutečný obsah zasklení budovy je 49,75 %.

2.3 Model 3 – celková plocha zasklení 75 %



Obr. 2-5 Vizualizace Modelu 3 (zasklení 75 %)



Obr. 2-6 Výkres Modelu 3

Tab. 2-3 Technické specifikace – Modelu 3

Obvodová plocha			Střecha - okno[m ²]
Celkem [m ²]	Neprůhledné části [m ²]	Průhledné části [m ²]	
270,48	135,92	202,06	27,54

Skutečný obsah zasklení budovy je 74,70 %.

2.4 Návrh konstrukce domu podle budovy s téměř nulovou spotřebou energie

Cílem návrhu je najít dva druhy konstrukce modelových budov. První má za úkol splnit vyhlášku 78/2013 sb., která definuje budovu s téměř nulovou spotřebou energie. Druhý návrh by měl zastupovat dnešní nízkoenergetické domy.

2.4.1 Požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla

Výsledné doporučené hodnoty vychází z normy ČSN 73 0540-2.

Tab. 2-4 Součinitele prostupu tepla

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/m ² .K]			
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Horní doporučené hodnoty pro pasivní budovy	Spodní doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{N,20}$	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,3	těžká: 0,25	0,18	0,12
		lehká: 0,20		
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15	0,1
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,3	0,22	0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5	1,2	0,8	0,6

2.4.2 Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla

Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy $U_{em,R}$ se stanoví podle vyhlášky 78/2013 sb. podle vztahu:

$$U_{em,R} = U_{em,N,20,R} \quad [\text{W/m}^2\cdot\text{K}] \quad (2.1)$$

2.4.3 Průměrného součinitele prostupu tepla jednozónové budovy

$$U_{em,N,20,R} = f_r \cdot \left[\frac{(\sum U_{N,20j} \cdot A_j \cdot b_j)}{A_j} + \Delta U_{em,R} \right] \quad [\text{W/m}^2\cdot\text{K}] \quad (2.2)$$

Kde:

f_r redukční činitel požadované základní hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla ($f_r = 0,7$) [-]

$U_{N,20j}$ normová požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla j-té teplosměnné konstrukce pro převažující návrhovou vnitřní teplotu 20 °C [W/m².K]

A_j plocha j-té teplosměnné konstrukce, stanovená z vnějších rozměrů[m²]

b_j teplotní redukční činitel odpovídající j-té konstrukci ($b_j = 1$) [-]

$\Delta U_{em,R}$ přírážka na vliv tepelných vazeb ($\Delta U_{em,R} = 0,02$) [W/m².K]

Pokud součet průsvitných ploch tvoří více než 50 % teplosměnné části vnějších stěn budovy, započte se pouze pro těchto 50 % odpovídající požadovaná normová hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ pro výplně otvorů a pro ostatní průsvitné plochy se uvažuje požadovaná normová hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$ pro vnější stěny.

Pro budovu s téměř nulovou spotřebou tepla je podle vyhlášky 78/2013 sb. potřeba splnit:

$$U_{em} < U_{em,R} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.3)$$

2.4.4 Průměrný součinitel prostupu tepla

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.4)$$

kde:

H_T součinitel tepelné ztráty prostupem [W/K]

A celková plocha teplosměnné konstrukce, stanovená z vnějších rozměrů [m²]

2.4.5 Průměrného součinitele prostupu tepla pro modelové budovy

Výpočet je proveden pro všechny modelové budovy podle postupu z vyhlášky 78/2013 sb.

2.4.6 Rozložení plochy konstrukce

Tab. 2-5 Rozložení plochy konstrukce

Model 1		Model 2		Model 3	
Plocha [m ²]		Plocha [m ²]		Plocha [m ²]	
Stěny	216,08	Stěny	135,92	Stěny	135,92
Střecha	95,04	Střecha	95,04	Střecha	27,54
Podlaha	95,04	Podlaha	95,04	Podlaha	95,04
Okna	54,4	Okna	134,56	Okna	202,06

2.4.7 Referenční hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla

Tab. 2-6 Referenční hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla

Model 1	Model 2	Model 3
$U_{em,R}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U_{em,R}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U_{em,R}$ [W.m ⁻² .K ⁻¹]
0,2370	0,2370	0,4837

2.5 Návrh modelových budov

Na začátku návrhu bude vycházeno ze zhoršených izolačních vlastností konstrukce a během jednotlivých výpočtů budou vlastnosti konstrukce zlepšovány za účelem splnění součinitele prostupu tepla budovy pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie.

Navrhovat se budou pouze vnější stěny a střecha, součinitel prostupu tepla podlahy a oken bude pro všechny návrhy stejný.

Na začátku návrhu bude dodržován průměrný součinitel prostupu tepla pouze s doporučených hodnot $U_{rec,20}$. Během návrhu se budu blížit k hodnotám pro pasivní domy a bude se hledat optimální řešení pro splnění podmínky budovy s téměř nulovou spotřebou tepla.

Ve všech případech je potřeba počítat se vhodnou konstrukcí lineárních tepelných mostů.

2.5.1 Model 1

Tab. 2-7 Návrh Model 1

Návrh	Konstrukce							U_{em}	$U_{em,R}$
	Vnější stěna			Střecha			Podlaha		
	Izolace[m]	$U_{stěna}$	$U_{doporučené}$	Izolace[m]	$U_{střecha}$	$U_{doporučené}$	$U_{podlaha}$		
1	0	0,203	0,25	0,24	0,156	0,16	0,185	0,283	0,237
2	0,05	0,162	0,18	0,26	0,145	0,15	0,185	0,262	0,237
3	0,15	0,115	0,12	0,4	0,096	0,10	0,185	0,230	0,237
4	0,15	0,115	0,12	0,3	0,128	0,10	0,185	0,236	0,237

Návrh 4 budovy Model 1 je optimální pro splnění podmínky vnější konstrukce budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

2.5.2 Model 2

Tab. 2-8 Návrh Model 2

Návrh	Konstrukce							U_{em}	$U_{em,R}$
	Vnější stěna			Střecha			Podlaha		
	Izolace[m]	$U_{stěna}$	$U_{doporučené}$	Izolace[m]	$U_{střecha}$	$U_{doporučené}$	$U_{podlaha}$		
1	0	0,203	0,25	0,24	0,156	0,16	0,185	0,407	0,237
2	0,15	0,115	0,12	0,4	0,096	0,10	0,185	0,367	0,237

Pro Model 2 není možné splnit podmínku za reálných předpokladů. Proto je jedno z možných řešení zvýšit procenta zasklení nad hodnotu 50 %. Tím bychom docílili přívětivější hodnoty referenčního průměrného součinitele prostupu tepla. Další řešení by bylo naopak procenta zasklení snížit a docílit tak menších tepelných ztrát.

2.5.3 Model 3

Tab. 2-9 Návrh Model 3

Návrh	Konstrukce							U _{em}	U _{em,R}
	Vnější stěna			Střecha			Podlaha		
	Izolace[m]	U _{stěna}	U _{doporučené}	Izolace[m]	U _{střecha}	U _{doporučené}	U _{podlaha}		
1	0	0,203	0,25	0,24	0,156	0,16	0,185	0,497	0,484
2	0,1	0,135	0,18	0,24	0,158	0,15	0,185	0,477	0,484
3	0,05	0,162	0,18	0,26	0,145	0,15	0,185	0,485	0,484
4	0,06	0,156	0,18	0,26	0,128	0,10	0,185	0,483	0,484

Návrh 4 budovy Model 3 je optimální pro splnění podmínky vnější konstrukce budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Návrh 2 podmínku splnil, ale návrh 4 je úspornější na materiál v závislosti splnění podmínky.

Z návrhů je zřetelné, že vyhláška 78/2013 sb. není formulována úplně optimálně pro všechny druhy budov. Optimálním řešením by bylo přidat do vyhlášky další klasifikaci budov se zasklením vnějších stěn okolo 50 %. Tím by se vypočet referenčního součinitele prostupu tepla stal přesnější.

2.5.4 Optimální tepelné vlastnosti konstrukčních prvků modelů

Z výsledných návrhů byly vybrány dva typy optimální konstrukce. První návrh zastupuje skupinu nízkoenergetických domů. Druhý návrh splňuje vyhlášku 78/2013 sb. pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

Nízkoenergetická novostavba

Tab. 2-10 Optimální konstrukce nízkoenergetická budova

Konstrukce	U _{konstrukce} [W/m ² .K]
Vnější stěna	0,203
Střecha	0,158
Okna	0,7
Podlaha	0,185
Model 1	0,2834
Model 2	0,4072
Model 3	0,4874

Budova s téměř nulovou spotřebou energie

Tab. 2-11 Optimální konstrukce budova s téměř nulovou spotřebou energie

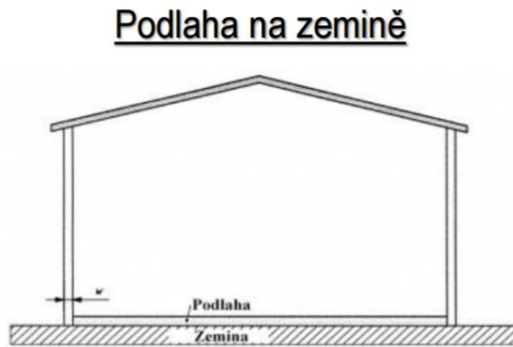
Konstrukce	U _{konstrukce} [W/m ² .K]
Vnější stěna	0,115
Střecha	0,097
Okna	0,7
Podlaha	0,185
Model 1	0,2296
Model 2	0,3686
Model 3	0,4678

2.6 Součinitele prostupu tepla modelových budov

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla se ztratí konstrukcí o ploše 1 m² při rozdílu teplot jejích povrchů 1 K. Průměrný součinitel prostupu tepla budovy je vážený průměr všech součinitelů prostupu tepla.

2.6.1 Součinitel prostupu tepla přilehlou zeminou

Postup výpočtu vychází z normy ČSN EN ISO 13 370.



Obr. 2-7 Prostup tepla přilehlou zeminou

$$d_t = w + \lambda_{zeminu} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad [\text{m}] \quad (2.5)$$

$$B' = \frac{S_{podlaha}}{0,5 \cdot O_{podlaha}} \quad [\text{m}] \quad (2.6)$$

$$d_t < B' \rightarrow U_{podlaha} = \frac{2 \cdot \lambda_{zeminu}}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.7)$$

$$d_t \geq B' \rightarrow U_{podlaha} = \frac{\lambda_{zeminu}}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.8)$$

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla přilehlou zeminou pro modelové budovy. Pro všechny modelové budovy je konstrukce podlahy stejná.

$W=0,45 \text{ m}$	celková tloušťka obvodové stěny
$R_{si}=0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně
$R_{se}=0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně
$R_f = \sum l_i / \lambda_i = 3,95 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$	tepelný odpor podlahy
$\lambda_{zemina} = 2 \text{ W/m} \cdot \text{K}$	tepelná vodivost pro podloží písek a štěrk

Tab. 2-12 Konstrukce podlahy

Tepelně izolační vrstvy podlahy		
tloušťka	λ	
[m]	[W/mK]	
0,1	0,04	EPS
0,05	0,04	vytápění
0,2	1	beton

Pro všechny modely vychází $B'=4,44$ m, $d_t=8,77$ m, $d_t > B'$ proto výsledný součinitel prostupu tepla podlahou $U_{\text{podlaha}}=0,185$ W/m².K.

2.6.2 Součinitel prostupu tepla obvodovou zdí

Postup výpočtu vychází z normy ČSN EN ISO 6946.

$$U_{\text{stěna}} = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.9)$$

kde:

$$R_{si}=0,13 \quad \text{tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$$

$$R_{se}=0,04 \quad \text{tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$$

$$R_f = \sum l_i / \lambda_i \quad \text{tepelný odpor obvodové zdi} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$$

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla obvodovou zdí pro modelové budovy. Součinitel se bude lišit podle tloušťky použitého polystyrenu. Tloušťka izolace bude záležet na návrhu konstrukce budovy.

Tab. 2-13 Konstrukce obvodové zdi

Tepelně izolační vrstvy zdi		
tloušťka	λ	
[m]	[W/mK]	
0,015	0,88	Omítka
0,015	0,1	Perlinka
0 - 0,15	0,04	Polystyren
0,44	0,096	Cihla

Výsledné hodnoty:

Tab. 2-14 Součinitele prostupu tepla obvodovou zdí

Polystyren [m]	$U_{\text{stěna}} [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
0	0,203
0,05	0,162
0,06	0,156
0,1	0,135
0,15	0,115

2.6.3 Součinitel prostupu tepla střechou

Postup výpočtu vychází z normy ČSN EN ISO 6946.

$$U_{střecha} = \frac{1}{R_{si} + R_f + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2.10)$$

kde:

$R_{si}=0,10$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$
$R_{se}=0,04$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$
$R_f = \sum l_i / \lambda_i$	tepelný odpor střechy	$[\text{m}^2 \cdot \text{K/W}]$

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla střechou pro modelové budovy. Součinitel se bude lišit podle tloušťky použitého polystyrenu. Tloušťka izolace bude záležet na návrhu konstrukce budovy.

Tab. 2-15 Konstrukce střechy

Tepelně izolační vrstvy střechy		
tloušťka	λ	
[m]	[W/mK]	
0,24 - 0,4	0,04	minerální vata
0,2	1,4	železobetonová konstrukce
0,02	0,4	SDK

Výsledné hodnoty:

Tab. 2-16 Součinitele prostupu tepla střechou

Polystyren [m]	$U_{střecha} [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}]$
0	3,004
0,24	0,156
0,26	0,146
0,3	0,128
0,4	0,097

3 Tepelné ztráty

Celkové tepelné ztráty mohou být rozděleny do dvou částí. První částí je tepelná ztráta prostupem tepla. Druhou částí je tepelná ztráta větráním. Součtem těchto dvou tepelných ztrát dostáváme celkové tepelné ztráty budovy.

Výpočet tepelných ztrát je počítán podle normy ČSN EN 12 831.

3.1 Celková návrhová tepelná ztráta

$$\phi = (\phi_T + \phi_V) \cdot f_{\Delta\theta} \quad [\text{W}] \quad (3.1)$$

kde:

ϕ_T návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

ϕ_V návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$f_{\Delta\theta}$ teplotní korekční činitel zohledňující dodatečné tepelné ztráty místnosti vytápěné na vyšší teplotu než mají sousední vytápěné místnosti, např. koupelna vytápěná na 24°C (uvažujeme hodnotu $f_{\Delta\theta} = 1$) [-]

ϕ celková měrná tepelná ztráta [W]

3.2 Tepelné ztráty prostupem

Velikosti ztrát způsobených prostupem tepla jsou rozdílné v závislosti na použitých stavebních prvcích a izolaci. Ztráty jsou úměrné rozdílu teplot mezi vnitřním a venkovním vzduchem.

$$\phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (t_{iv} - t_{ev}) \quad [\text{W}] \quad (3.2)$$

kde:

$H_{T,ie}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$ součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [W/K]

$H_{T,ig}$ součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W/K]

$H_{T,ij}$ součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K]

t_{iv} výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

t_{ev} výpočtová venková teplota [°C]

Modely budov jsou bez vnitřních příček, jednokomorové s konstantní teplotou v celé budově. Proto je možno $H_{T,iue}$ a $H_{T,ij}$ zanedbat. Vnitřní teplota vytápěného prostoru byla stanovena na 20°C. Venkovní teplota se uvažuje jako střední venkovní teplota podle ČSN EN ISO 13 790.

Tab. 3-1 Střední teplota v jednotlivých měsících

měsíc	počet dnů	střední teplota
	n[den]	$t_{ep}[^{\circ}\text{C}]$
Leden	31	-1
Únor	28	1
Březen	31	4
Duben	30	9
Květen	31	14,6
Červen	30	17
Červenec	31	18,2
Srpen	31	18,8
Září	30	13,8
Říjen	31	9,4
Listopad	30	4
Prosinec	31	-0,5

3.2.1 Součinitel tepelné ztráty prostupem – venkovní prostředí

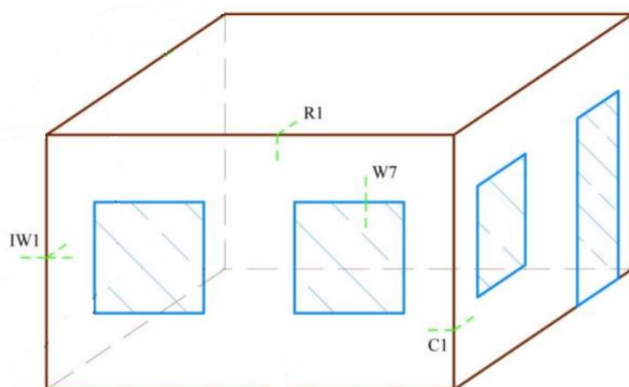
Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem, který odpovídá prostupu obvodovými stěnami a střechou do venkovního prostředí, platí následující vztah:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \quad [\text{W/K}] \quad (3.3)$$

kde:

- A_k plocha stavební části (plocha bez otvorů) [m²]
- U_k součinitel prostupu tepla [W/m².K]
- ψ_l činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/m.K]
- l_l délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m]

V následujícím obrázku jsou zobrazeny všechny typy lineárních tepelných mostů, které jsou při výpočtu uvažovány.



Obr. 3-1 Model lineárních tepelných mostů

Tab. 3-2 Hodnoty lineárních tepelných mostů

Lineární tepelné mosty		
Označení	Ψ_{oi} [W/m.K]	
	Izolovaný	Neizolovaný
R1	-0,05	0,15
C1	-0,05	0,15
W7	0,15	0,35
IW1	0,10	0,10

Při výpočtu byly použity dva druhy lineárních tepelných mostů. Jestli-že dojde k správnému návrhu konstrukce, lineární tepelný most je považován jako izolovaný. V opačném případě jako neizolovaný. Hodnoty jsou podle ČSN EN ISO 14 683.

3.2.2 Součinitel tepelné ztráty prostupem – přilehlá zemina

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem, který odpovídá prostupu podlahou do přilehlé zeminy, platí následující vztah:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (3.4)$$

kde:

A_k	plocha stavební části (plocha bez otvorů)	$[\text{m}^2]$
U_k	součinitel prostupu tepla	$[\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$

Výsledný součinitel tepelné ztráty prostupem bude součet tepelné ztráty do venkovního prostředí a tepelné ztráty do přilehlé zeminy.

3.3 Tepelné ztráty větráním

Jedná se o tepelné ztráty do vnějšího prostředí větráním nebo infiltrací pláštěm budovy. Důsledkem je šíření tepla z vytápěného prostoru ven z budovy.

Zvyšování izolačních vlastností konstrukce budovy snižuje tepelnou ztrátu prostupem. Proto nabývá na významu tepelná ztráta větráním. Z tohoto důvodu se dnes do větracích systémů instalují prvky pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu.

$$\phi_{Vi} = H_{V,i} \cdot (t_{iv} - t_{ev}) \quad [\text{W}] \quad (3.5)$$

kde:

$H_{V,i}$	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	$[\text{W}/\text{K}]$
t_{iv}	vnitřní výpočtová teplota	$[\text{°C}]$
t_{ev}	venkovní výpočtová teplota	$[\text{°C}]$

3.3.1 Součinitel tepelné ztráty větráním

Pro výpočet součinitele návrhové tepelné ztráty větráním $H_{V,i}$ platí vztah:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W}/\text{K}] \quad (3.6)$$

kde:

\dot{V}_i	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i)	$[\text{m}^3/\text{s}]$
ρ	hustota vzduchu při t_{iv}	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
c_p	měrná tepelná kapacita vzduchu při t_{iv}	$[\text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}]$

3.3.2 Součinitel tepelné ztráty větráním s rekuperační jednotkou

Vlivem zpětného získávání tepla z odpadního vzduchu jsou tepelné ztráty při použití rekuperace mnohem menší. Výsledný efekt závisí na účinnosti rekuperační jednotky.

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot (1 - \eta_r) \quad [\text{W/K}] \quad (3.7)$$

kde:

\dot{V}_i výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i)	$[\text{m}^3/\text{s}]$
ρ hustota vzduchu při t_{iv}	$[\text{kg}/\text{m}^3]$
c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při t_{iv}	$[\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}]$
η_r je účinnost rekuperační jednotky	$[-]$

Výměna vzduchu ve vytápěném prostoru byla navrhována přirozeným větráním a při použití rekuperační jednotky nuceným větráním.

$$\dot{V}_i = n_{min} \cdot O_i \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3.8)$$

Kde:

n_{min} nejmenší intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu $[\text{h}^{-1}]$	
O_i objem vytápěného prostoru (i)	$[\text{m}^3]$

Byla vybrána rekuperační jednotka od firmy Atrea. Nejvhodnější model pro modelové budovy bude DUPLEX 250 Easy . Výrobce udává účinnost až 93 %, ve výpočtech budu počítat s hodnotou účinnosti $\eta_r = 0,9$.

Tab. 3-3 Technické parametry rekuperační jednotky

Nominální průtoky	250 $[\text{m}^3/\text{h}]$
Účinnost	až 93 %
Maximální příkon ventilátorů	120 $[\text{W}]$
Cena	27 900 $[\text{Kč}]$

Výsledné hodnoty:

Tab. 3-4 Výsledné hodnoty součinitele tepelné ztráty větráním

Rekuperační jednotky	$H_{V,i} [\text{W/K}]$
Ne	48,48
Ano	4,85

Potřeba energie navržené rekuperační jednotky na větrání

Tab. 3-5 Potřeba energie rekuperační jednotky

Průměrný výkon ventilátoru	100 W
Spotřeba rekuperace za rok	876 kWh/rok

4 Potřeba tepla

Celková potřeba tepla je součet potřeby tepla na vytápění (VYT) a potřeby tepla na přípravu teplé vody (TV).

Při energetickém hodnocení budov je zásadní správně určit energetickou bilanci posuzovaného objektu. Hlavními hodnotami jsou tepelné ztráty a tepelné zisky, které jsou výchozí pro stanovení potřeby a spotřeby energie na vytápění a chlazení.

4.1 Potřeba tepla na VYT - vnitřní tepelné zisky

Zdrojem vnitřních tepelných zisků jsou všechny procesy odehrávající se uvnitř budovy, které jsou produkcí tepla. Mezi hlavní zdroje patří: metabolické teplo od obyvatel, teplo uvolněné z přístrojů, z osvětlení, z rozvodů teplé vody a ze systému vytápění a chlazení.

Vnitřní tepelné zisky jsou počítány jednoduchou hodinovou metodou podle ČSN EN 13 790 jako součet všech tepelných toků z vnitřních zdrojů tepla v uvažované zóně budovy vyjádřené ve watech.

$$\phi_{int} = \sum_k \phi_{int,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) \phi_{int,u,l} \quad [\text{W}] \quad (4.1)$$

kde:

$b_{tr,l}$ korekční činitel pro přiléhající neklimatizovaný prostor s vnitřním zdrojem tepla l
[-]

$\phi_{int,k}$ hodinový tepelný tok z vnitřních zdrojů tepla [W]

$\phi_{int,u,l}$ hodinový tepelný tok z vnitřních zdrojů tepla l v přiléhajícím neklimatizovaném prostoru [W]

Pro modelový případ je počítán pouze vnitřní tepelný tok od obyvatel $\phi_{int,oc}$, vlivem metabolického tepla osoby a tepelný tok od domácích spotřebičů a umělého osvětlení, který se vypočte podle vztahu:

$$\phi_{int,oc} = \phi_{s,o} \cdot f + \phi_{s,p} \quad [\text{W}] \quad (4.2)$$

kde:

$\phi_{s,o}$ tepelný tok od osoby [W/osoba]

f přítomnost osob v budově 70% ($f = 0,7$) [-]

$\phi_{s,p}$ tepelný tok od domácích spotřebičů a umělého osvětlení [W]

V modelovém případě budou vnitřní tepelné zisky vždy stejné. Je uvažováno s trvalým obyváním čtyř dospělých osob se 70 % přítomností v domě.

$$\phi_{int,oc} = \phi_{s,o} \cdot f + \phi_{s,p} = 4 \cdot 100 \cdot 0,7 + 100 = 380 \text{ W} \quad (4.3)$$

4.1.1 Vnitřní tepelné zisky stanovené měsíční metodou

Tab. 4-1 Vnitřní tepelné zisky

měsíc	počet dnů	počet hodin	$\phi_{int,oc}$	$Q_{int,oc}$
	n[den]	n _h [hod]		
			[W]	[Wh]
Leden	31	744	380	282720
Únor	28	672	380	255360
Březen	31	744	380	282720
Duben	30	720	380	273600
Květen	31	744	380	282720
Červen	30	720	380	273600
Červenec	31	744	380	282720
Srpen	31	744	380	282720
Září	30	720	380	273600
Říjen	31	744	380	282720
Listopad	30	720	380	273600
Prosinec	31	744	380	282720

4.2 Potřeba tepla na VYT - vnější tepelné zisky

Vnější tepelné zisky vznikají jako důsledek slunečního záření. Závisí na orientaci sběrných ploch, trvalého a pohyblivého stínění, prostupnosti a pohltivosti slunečního záření a na vlastnostech charakterizujících přenos tepla sběrnými plochami.

V tomto případě budou započítány vnější tepelné zisky formou solárních tepelných zisků podle ČSN EN 13 790.

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot l_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \quad [\text{W}] \quad (4.4)$$

kde:

$\phi_{sol,k}$	solární tepelný tok přes k-tý prvek	[W]
$F_{sh,ob,k}$	korekční čísel stínění na externí překážky	[-]
$A_{sol,k}$	účinná sběrná plocha prvku k s danou orientací a úhlem sklonu	[m ²]
$l_{sol,k}$	sluneční ozáření, průměrná energie slunečního záření za časový krok výpočtu	[W/m ²]
$F_{r,k}$	faktor osálení mezi daným stavebním prvkem a oblohou	[-]
$\phi_{r,k}$	přídavný tepelný tok v důsledku sálení mezi oblohou a prvkem k	[W]

Tab. 4-2 Koeficienty vnějších tepelných zisků

F _{sh,ob,k} [-]	F _{r,k} [-]	
	Horizontálně	Vertikálně
	1	0,5

Tab. 4-3 Celkové solární zisky

měsíc	počet dnů	Střední teplota t _{ep} [°C]	Celkové solární zisky za měsíc				
	n[den]		I sol [KWh/m ²]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
Leden	31	-1	7	50	15	20	23
Únor	28	1	13	56	26	28	40
Březen	31	4	23	82	51	53	79
Duben	30	9	32	95	74	72	118
Květen	31	14,6	47	97	104	93	161
Červen	30	17	52	87	115	88	166
Červenec	31	18,2	47	93	100	93	162
Srpen	31	18,8	38	100	88	88	143
Září	30	13,8	24	95	60	64	96
Říjen	31	9,4	17	75	34	48	57
Listopad	30	4	9	36	14	18	24
Prosinec	31	-0,5	6	29	11	12	17

4.2.1 Sálání vůči obloze

Přídavný tepelný tok v důsledku sálání vůči obloze.

$$\phi_r = R_{se} \times U_c \times A_c \times h_r \times \Delta\theta_{er} \quad [\text{W}] \quad (4.5)$$

kde:

ϕ_r tepelný tok v důsledku sálání vůči obloze [W]

R_{se} tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu [m²/K.W]

U_c součinitel prostupu tepla [W/m².K]

h_r součinitel přestupu tepla sáláním na vnější straně [W/m².K]

$\Delta\theta_{er}$ průměrný rozdíl venkovní teploty vzduchu a zdánlivé teploty oblohy [°C]

Tab. 4-4 Koeficienty sálání vůči obloze

R _{se}	U _c	h _r	Δθ _{er}
[m ² /K.W]	[W/m ² .K]	[W/m ² .K]	[°C]
0,04	Viz výpočet	5	11

4.2.2 Průhledné prvky

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \quad [m^2] \quad (4.6)$$

$F_{sh,gl}$ korekční činitel stínění [-]

g_{gl} celková propustnost průhlednými prvky konstrukce [-]

F_F podíl plochy rámu [-]

$A_{w,p}$ celková pohledová plocha zaskleného prvku [m^2]

$$g_{gl} = F_w \cdot g_{gl,n} \quad [-] \quad (4.7)$$

kde:

F_w korekční činitel pro nerozptylující zasklení [-]

$g_{gl,n}$ celková propustnost zasklení [-]

Tab. 4-5 Koeficienty průhledných prvků

$F_{sh,gl}$ [-]	$g_{gl,n}$ [-]	F_w [-]	g_{gl} [-]	F_F [-]
0,7	0,7	0,75	0,525	0,3

4.2.3 Neprůhledné prvky

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \times R_{se} \times U_c \times A_c \quad [m^2] \quad (4.8)$$

kde:

$\alpha_{s,c}$ pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků konstrukce [-]

R_{se} tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu neprůhledné části
[$m^2/K.W$]

U_c součinitel prostupu tepla neprůhledné části [W/ $m^2.K$]

A_c pohledová plocha neprůhledné části [m^2]

Tab. 4-6 Koeficienty neprůhledných prvků

$\alpha_{s,c}$	R_{se}	U_c
[-]	[$m^2/K.W$]	[W/ $m^2.K$]
0,6	0,04	viz výpočet

Tabulky výsledných solárních zisků pro všechny modelové budovy příloha 1.

4.3 Celková potřeba tepla na VYT

Výsledná celková potřeba tepla na vytápění budovy vychází z potřeby tepla a z tepelných zisků.

Pro stanovení výsledné celkové potřeby tepla platí následující vztah:

$$Q_{H,nd} = a_{H,red} \cdot (Q_{H,ht} - Q_{H,gn} \cdot \eta_{H,gn}) \quad [\text{kWh}] \quad (4.9)$$

kde:

$a_{H,red}$	redukční faktor na přerušené vytápění (pro nepřerušované vytápění $a_{H,red} = 1$)	[-]
$Q_{H,ht}$	celková potřeba tepla	[kWh]
$Q_{H,gn}$	tepelné zisky celkem	[kWh]
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění	[-]

4.3.1 Celková potřeba tepla na VYT - tepelné ztráty

Celková potřeba tepla kompenzuje tepelné ztráty prostupem a větráním.

$$Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} \quad [\text{kWh}] \quad (4.10)$$

kde:

$Q_{H,tr}$	potřeba tepla prostupem	[kWh]
$Q_{H,ve}$	potřeba tepla větráním	[kWh]

4.3.2 Potřeba tepla na VYT prostupem

$$Q_{H,tr} = n_{hod} \cdot H_{T,i} \cdot (t_{iv} - t_{ev}) \quad [\text{kWh}] \quad (4.11)$$

kde:

$H_{T,ie}$	je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy	[W/K]
n_{hod}	počet hodin	[h]
t_{iv}	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	[°C]
t_{ev}	výpočtová venkovní teplota	[°C]

4.3.3 Potřeba tepla na VYT větráním

$$Q_{H,ve} = n_{hod} \cdot H_{V,i} \cdot (t_{iv} - t_{ev}) \quad [\text{kWh}] \quad (4.12)$$

Kde:

$H_{V,i}$ součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K]

n_{hod} počet hodin [h]

t_{iv} výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

t_{ev} výpočtová venkovní teplota [°C]

4.3.4 Tepelné zisky celkem

$$Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol} \quad [\text{kWh}] \quad (4.13)$$

kde:

$Q_{H,int}$ vnitřní tepelné zisky [kWh]

$Q_{H,sol}$ solární tepelné zisky [kWh]

4.3.5 Faktor využitelnosti tepelných zisků pro vytápění

Pro faktor využitelných tepelných zisků platí vztah:

$$\text{Když } \gamma_H > 0 \text{ a } \gamma_H \neq 0 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad [-] \quad (4.14)$$

$$\text{Když } \gamma_H = 1 \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{1 + a_H} \quad [-] \quad (4.15)$$

$$\text{Když } \gamma_H < 0 \quad \eta_{H,gn} = \frac{1}{\gamma_H} \quad [-] \quad (4.16)$$

4.3.6 Bilanční poměr pro režim vytápění

Pro následný výpočet γ_H bezrozměrného bilančního poměru pro režim vytápění platí vztah:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad [-] \quad (4.17)$$

4.3.7 Časový parametr

Pro výpočet bezrozměrného časového parametru a_h platí vztah:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad [-] \quad (4.18)$$

kde:

$a_{H,0}$ bezrozměrný číselný parametr stanovený dle ČSN EN ISO 13790 (pro měsíční výpočtovou metodu 1) [-]

τ časová konstanta budovy [h]

$\tau_{H,0}$ referenční časová konstanta (pro měsíční výpočtovou metodu $\tau_{H,0} = 15h$) [h]

4.3.8 Časová konstanta budovy

Pro výpočet časové konstanty platí vztah:

$$\tau = \frac{C_m/3600}{H_{t,ie} + H_{v,e}} \quad [h] \quad (4.19)$$

kde:

C_m vnitřní tepelná kapacita budovy (pro velmi těžkou budovu $C_m = 370000J/K$) [J/K]

$H_{t,ie}$ součinitele tepelné ztráty prostupem [W/K]

$H_{v,e}$ součinitele tepelné ztráty větráním [W/K]

4.4 Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Potřeba tepla na přípravu teplé vody se vypočte bilancí potřeby tepla pro přípravu teplé vody podle potřeby teplé vody na osobu za den.

$$Q_{TV,den} = (1 + z) \cdot \rho_{vody} \cdot c_{vody} \cdot n_{os} \cdot V_{TV} \cdot (t_2 - t_1) \quad [\text{W}] \quad (4.20)$$

kde:

z	poměrný koeficient (u průtočného ohřevu je $z = 0$, jinak je závislý na celkové délce rozvodů TV a stavu tepelné izolace)	[-]
ρ_{vody}	hustota připravované vody	[kg/m ³]
c_{vody}	měrná tepelná kapacita vody	[J/kg.K]
n_{os}	počet osob	[-]
V_{TV}	objem vody na osobu na den	[m ³ /os.den]
t_2	požadovaná teplota vody po ohřevu	[°C]
t_1	průměrná roční teplota přiváděné studené vody	[°C]

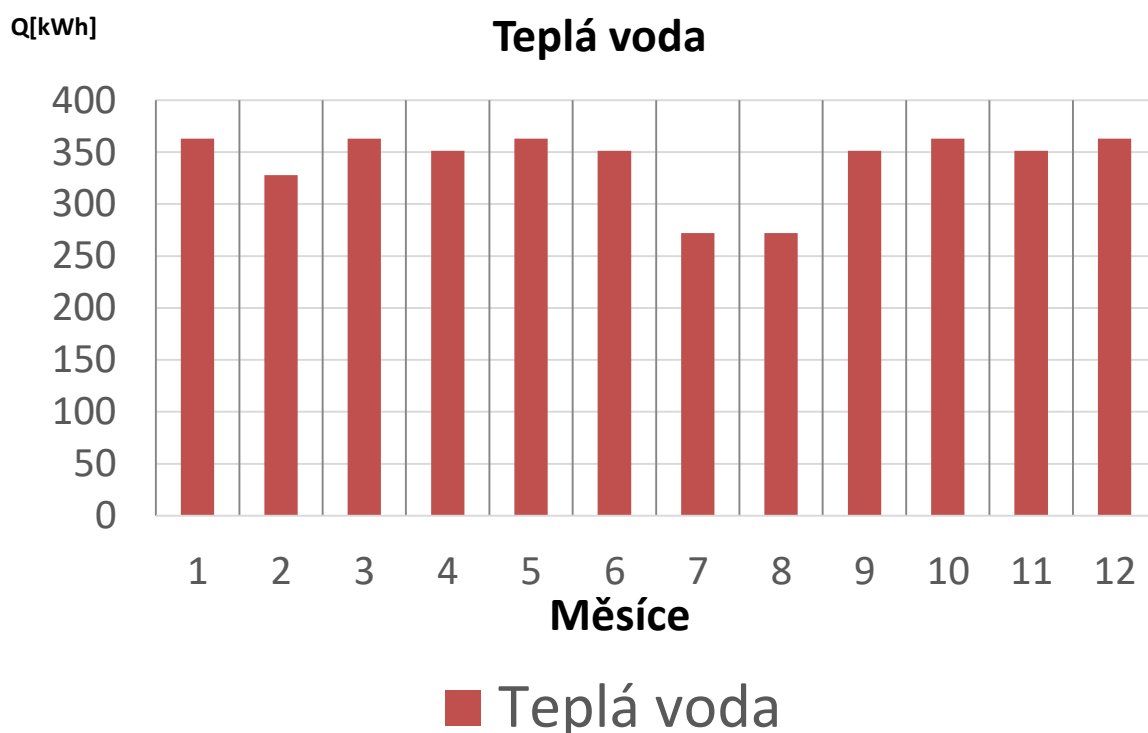
Tab. 4-7 Koeficienty pro přípravu teplé vody

z	ρ_{vody}	c_{vody}	n_{os}	V_{TV}	t_2	t_1
[-]	[kg/m ³]	[J/kg.K]	[-]	[m ³ /os.den]	[°C]	[°C]
0,6	1000	4180	4	0,035	55	10

V prázdninových měsících (červenec a srpen) byla snížena potřeba teplé vody o 25% oproti normálu z důvodu menší přítomnosti osob v budově.

Tab. 4-8 Potřeba tepla pro přípravu teplé vody v jednotlivých měsících

měsíc	počet dnů	$Q_{\text{teor,TV}}$
	n	
	[den]	[kWh]
Leden	31	362,8
Únor	28	327,7
Březen	31	362,8
Duben	30	351,1
Květen	31	362,8
Červen	30	351,1
Červenec	31	272,1
Srpen	31	272,1
Září	30	351,1
Říjen	31	362,8
Listopad	30	351,1
Prosinec	31	362,8



Graf 4-1 Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody

5 Celková potřeba energie na vytápění

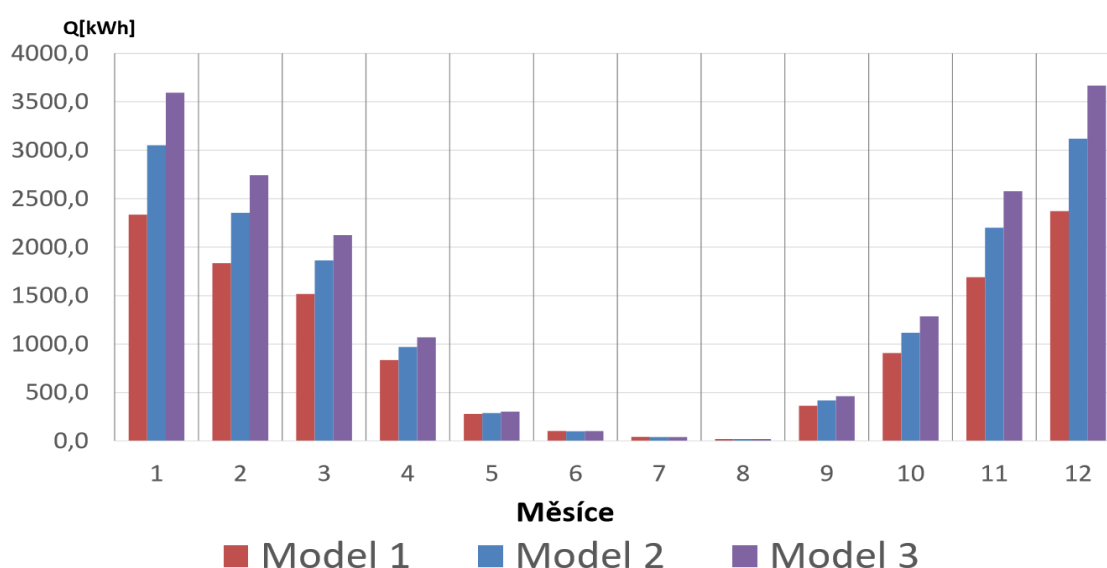
5.1 Příklad s doporučenou konstrukcí pro novostavby bez rekuperace

Při prvním výpočtu byla použita konstrukce pro nízkoenergetické novostavby z kapitoly 3.3 *Návrh modelových budov*. Konstrukce se řídí doporučenými hodnotami pro novostavby podle ČSN 73 0540-2. Budovy jsou přirozeně větrány.

Tab. 5-1 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace

Konstrukce	Podlaha	Vnější stěna	Střecha	Okna
U_c [W/m ² .K]	0,185	0,203	0,158	0,7

Potřeba energie v jednotlivých měsících



Obr. 5-1 Potřeba energie budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace

Potřeba energie za rok

Tab. 5-2 Energie za vytápění za rok budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace

Modelové budovy	Model 1*	Model 1	Model 2	Model 3
Celková potřeba tepla bez tepelných zisků [kWh/rok]	14766	17141	22597	26574
Celkové využitelné tepelné zisky [kWh/rok]	4581	4844	7057	8584
Celková potřeba tepla [kWh/rok]	10185	12297	15539	17990
Relativní odchylka [%]	100 %	121 %	153 %	177 %

Tabulky postupu výpočtu celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících pro všechny modelové budovy s doporučenou konstrukcí pro novostavby bez rekuperace příloha 2.

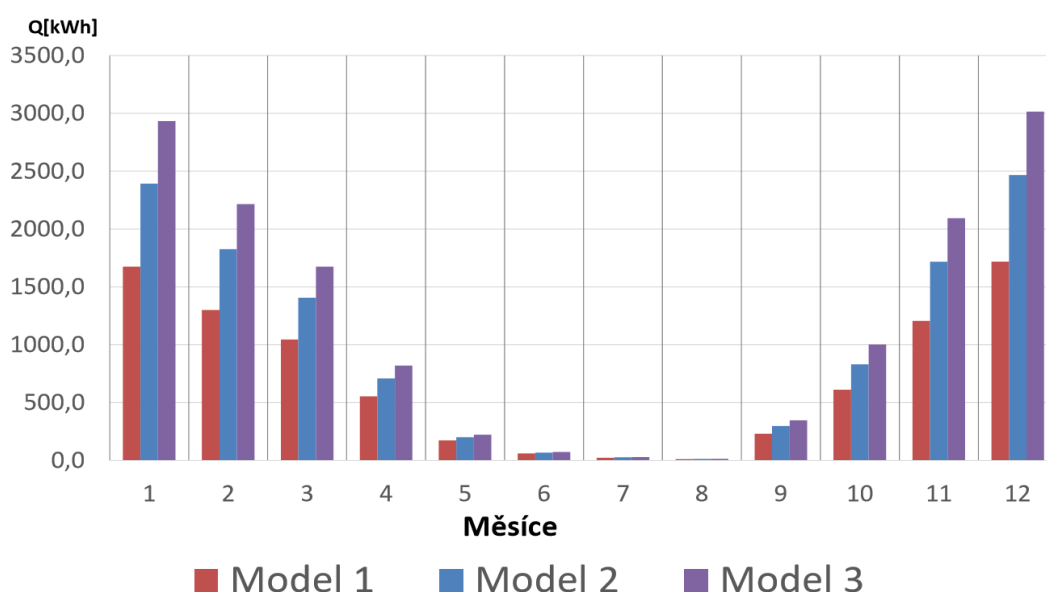
5.2 Příklad s doporučenou konstrukcí pro novostavby s rekuperací

Při výpočtu byla použita konstrukce pro nízkoenergetické novostavby z kapitoly 3.3 *Návrh modelových budov*. Konstrukce se řídí doporučenými hodnotami pro novostavby podle ČSN 73 0540-2. Budovy jsou větrány nuceně při použití zpětného získávání tepla rekuperační jednotkou.

Tab. 5-3 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací

Konstrukce	Podlaha	Vnější stěna	Střecha	Okna
U_c [W/m ² .K]	0,185	0,203	0,158	0,7

Potřeba energie v jednotlivých měsících



Obr. 5-2 Potřeba energie budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací

Potřeba energie za rok

Tab. 5-4 Energie za vytápění za rok budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací

Modelové budovy	Model 1*	Model 1	Model 2	Model 3
Celková potřeba tepla bez tepelných zisků [kWh/rok]	14766	12963	18419	22396
Celkové využitelné tepelné zisky [kWh/rok]	4581	4352	6466	7952
Celková potřeba tepla [kWh/rok]	10185	8611	11953	14444
Relativní odchylka [%]	100 %	85 %	117 %	142 %

Tabulky postupu výpočtu celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících pro všechny modelové budovy s doporučenou konstrukcí pro novostavby s rekuperací příloha 3.

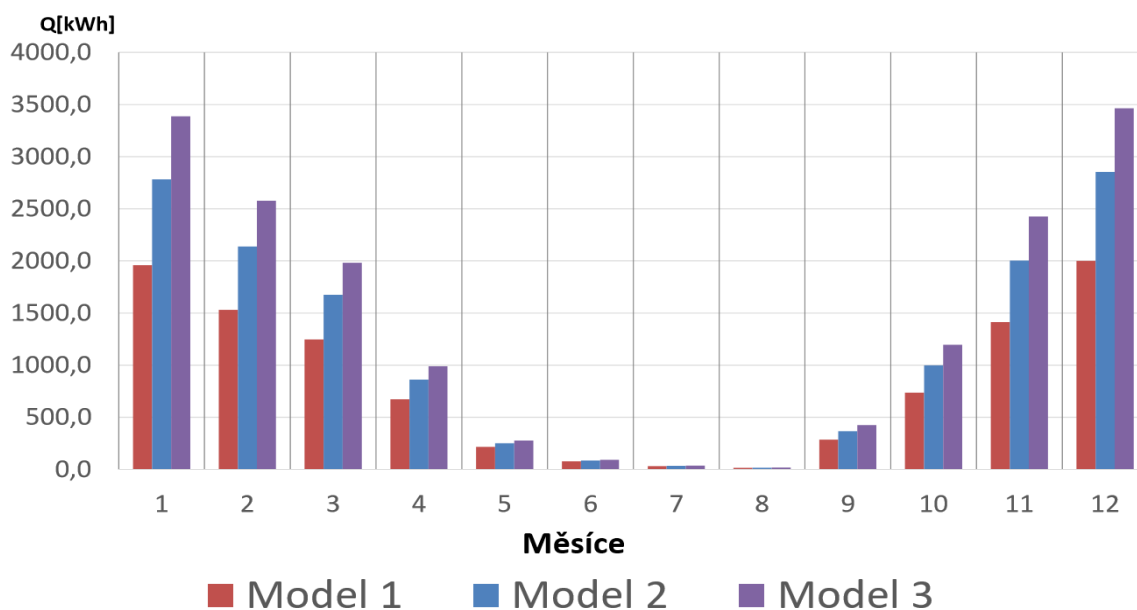
5.3 Příklad s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace

Při výpočtu byla použita konstrukce pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie z kapitoly 3.3 *Návrh modelových budov*. Konstrukce se řídí doporučenými hodnotami pro pasivní domy podle ČSN 73 0540-2. Budovy jsou přirozeně větrány.

Tab. 5-5 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace

Konstrukce	Podlaha	Vnější stěna	Střecha	Okna
U_c [W/m ² .K]	0,185	0,115	0,097	0,7

Potřeba energie v jednotlivých měsících



Obr. 5-3 Potřeba energie budov s konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace

Potřeba energie za rok

Tab. 5-6 Energie za vytápění za rok budov s konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace

Modelové budovy	Model 1	Model 2	Model 3
Celková potřeba tepla bez tepelných zisků [kWh/rok]	14766	20896	25269
Celkové využitelné tepelné zisky [kWh/rok]	4581	6829	8396
Celková potřeba tepla [kWh/rok]	10185	14067	16873
Relativní odchylka [%]	100 %	138 %	166 %

Tabulky postupu výpočtu celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících pro všechny modelové budovy s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace příloha 4

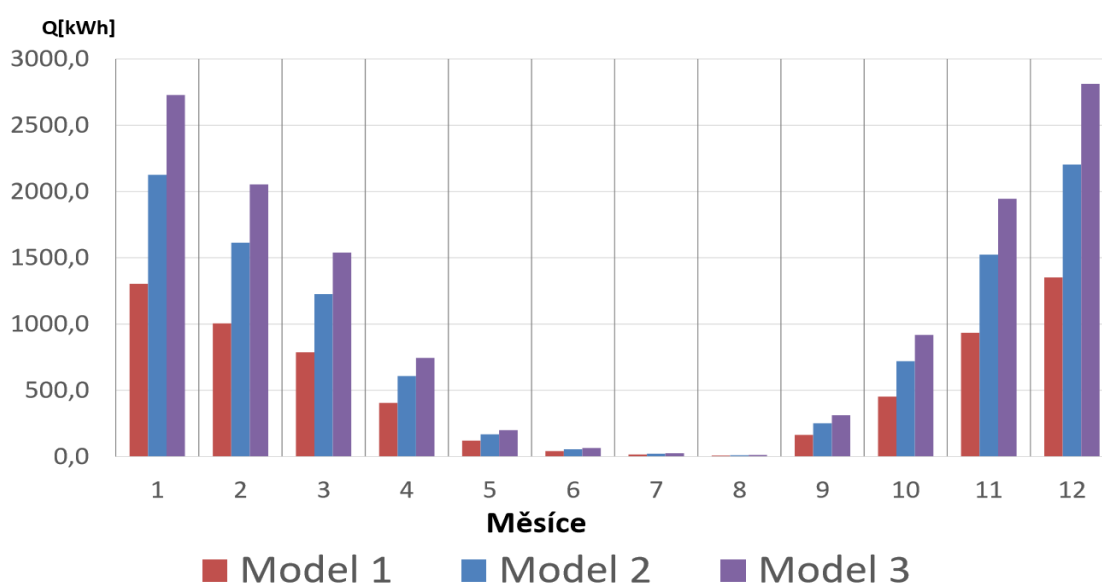
5.4 Příklad s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací

Při výpočtu byla použita konstrukce pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie z kapitoly 3.3 *Návrh modelových budov*. Konstrukce se řídí doporučenými hodnotami pro pasivní domy podle ČSN 73 0540-2. Budovy jsou větrány nuceně při použití zpětného získávání tepla rekuperační jednotkou.

Tab. 5-7 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací

Konstrukce	Podlaha	Vnější stěna	Střecha	Okna
U_c [W/m ² .K]	0,185	0,115	0,097	0,7

Potřeba energie v jednotlivých měsících



Obr. 5-4 Potřeba energie budov s konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací

Potřeba energie za rok

Tab. 5-8 Energie za vytápění za rok budov s konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací

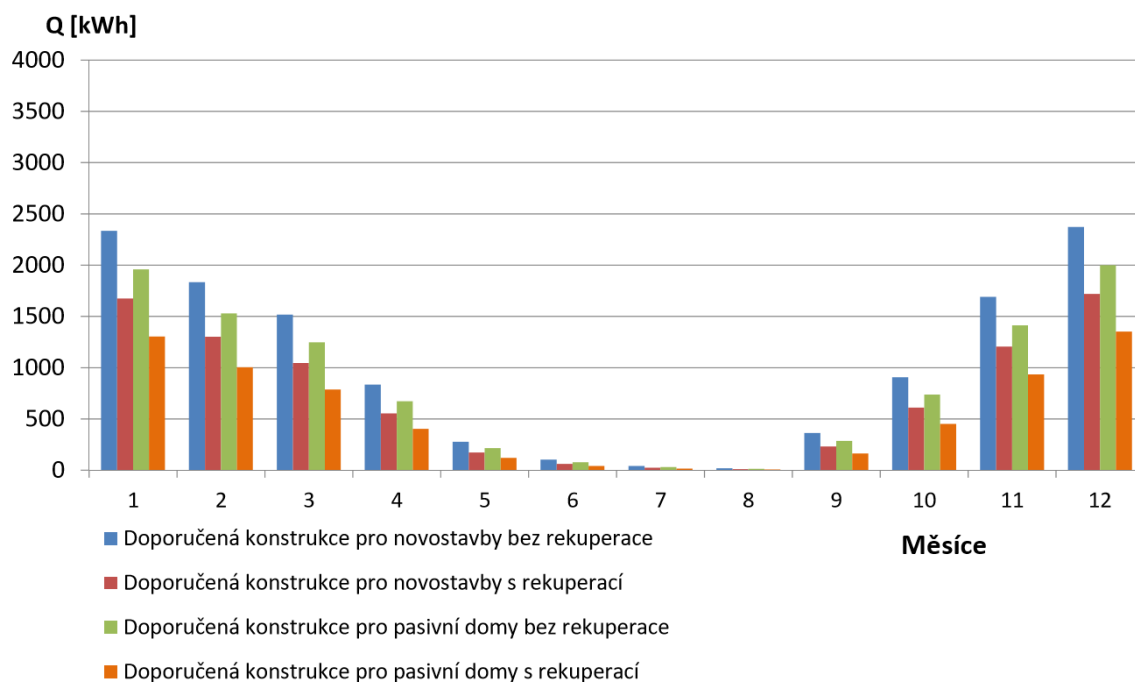
Modelové budovy	Model 1*	Model 1	Model 2	Model 3
Celková potřeba tepla bez tepelných zisků [kWh/rok]	14766	10588	16719	21091
Celkové využitelné tepelné zisky [kWh/rok]	4581	4001	6191	7735
Celková potřeba tepla [kWh/rok]	10185	6587	10528	13357
Relativní odchylka [%]	100 %	65 %	103 %	131 %

Tabulky postupu výpočtu celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících pro všechny modelové budovy s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací příloha 5.

Popis nominálu – Model 1*

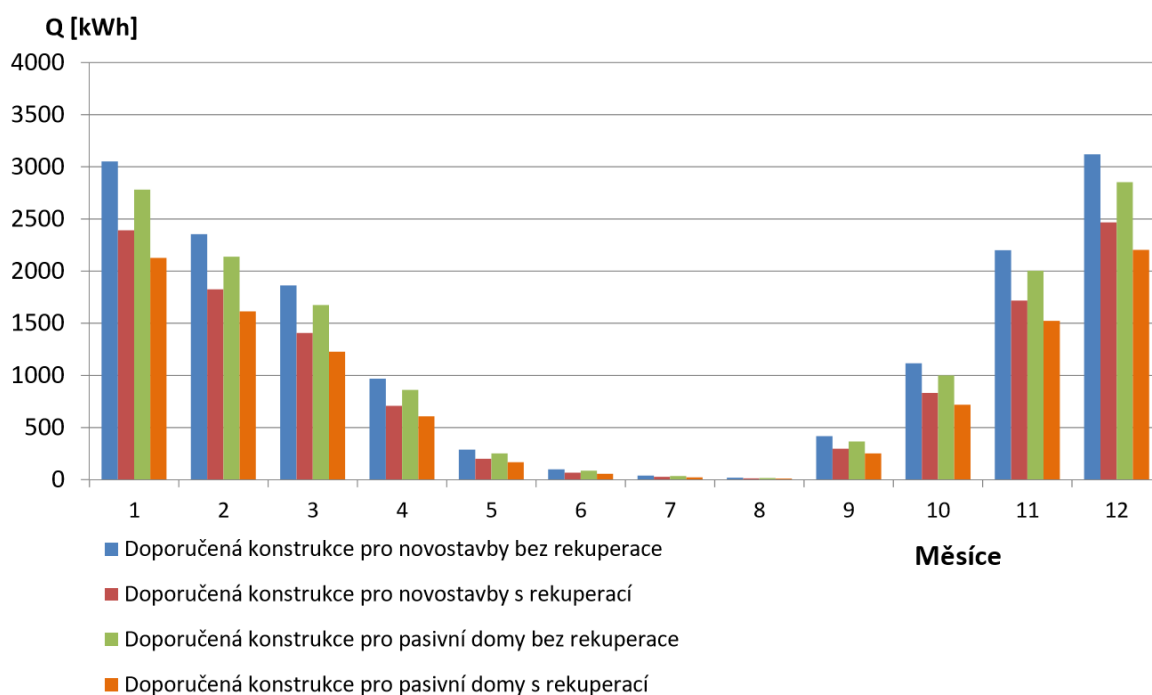
Nominál (100 %) byl zvolena jako Model 1 s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace. Tento model se nejvíce podobá dnešnímu rodinnému domu, který plní podmínku budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

5.4.1 Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 1



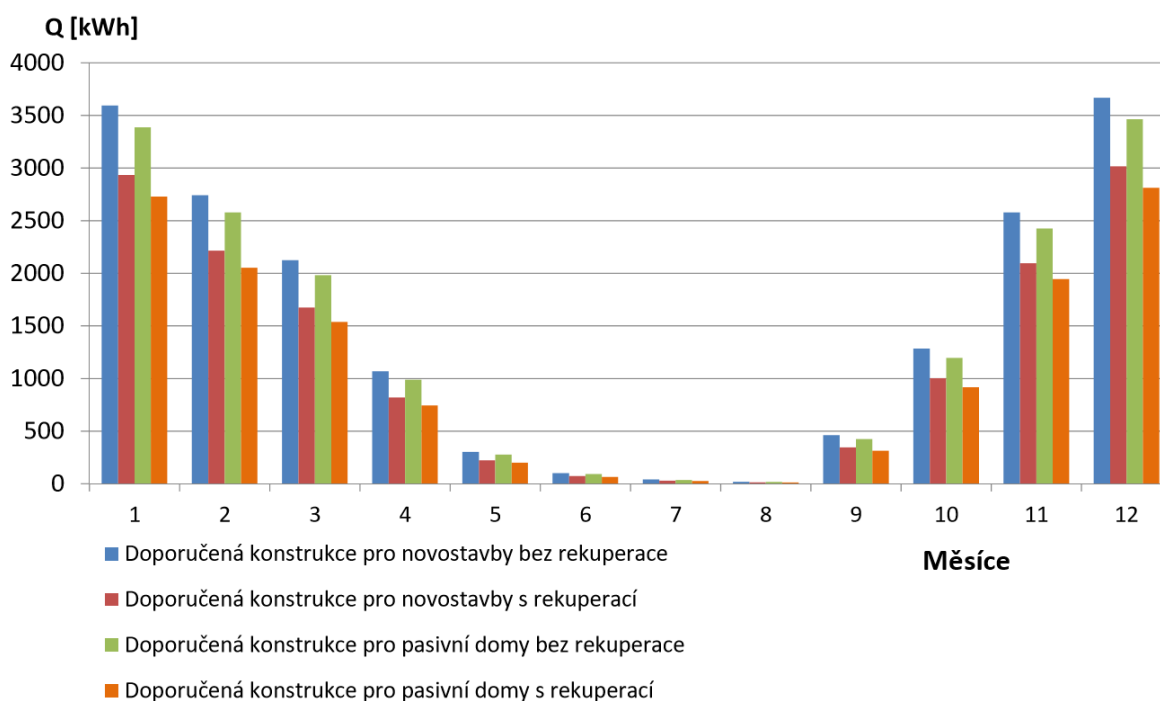
Obr. 5-5 Energetické porovnání Modelu 1

5.4.2 Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 2



Obr. 5-6 Energetické porovnání Model 2

5.4.3 Porovnání potřeby energie všech konstrukcí Modelu 3



Obr. 5-7 Energetické porovnání Model 3

5.5 Vyhodnocení

Z grafů je patrné, že zvýšené procento zasklení nedokáže solárními zisky pokrýt ztráty prostupem oken. V současné době na trhu neexistuje okno, které by se dokázalo izolačními vlastnostmi přiblížit vnější stěně. Proto se pro naše zeměpisné teplotní pásmo nevyplatí zvýšené procento zasklení budovy vzhledem k potřebě tepla.

Rozdíl mezi izolovanou konstrukcí podle doporučených hodnot pro novostavby a doporučenými hodnotami pro pasivní domy může být až 20 % v celkové potřebě tepla za rok při nepoužití rekuperace.

Jestli-že porovnáme nejhůře izolovanou budovu bez rekuperace s nejlépe izolovanou budovou s rekuperací, rozdíl v celkové potřebě tepla může být až 50 %.

Všechna porovnání byla prováděna pro Model 1.

Instalace rekuperační jednotky bude mít nejvíce viditelné výsledky v domech blížících se konstrukcí pasivním domům. Ve špatně izolovaném domě by mohl být zisk rekuperační jednotky zanedbatelný vzhledem k ztrátám prostupem.

6 Větrání

Základním prostředkem k zajištění požadované kvality vzduchu ve vnitřním prostředí je větrání, které má zásadní vliv na zdraví a pohodu přítomných osob. V souvislosti s rostoucí cenou energií je v současné době při výstavbě obytných budov kladen důraz především na tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí. Na výplně otvorů (okna, dveře) jsou navíc kladeny velmi vysoké nároky z hlediska neprůvzdušnosti. V důsledku těchto skutečností nelze přirozené větrání infiltrací okenními spárami a netěsnostmi v obvodovém plášti použít pro trvalé větrání budov s novými a rekonstruovanými okny. Nežádoucím důsledkem instalace nových těsných oken je často nedostatečné větrání obytných prostor s negativními dopady, jakými jsou například vyšší koncentrace škodlivin ve vnitřním prostředí nebo zvýšená vlhkost. Studie ve světě navíc ukazují, že nedostatečné větrání vede ke zvýšenému výskytu plísní, které mají negativní vliv na zdraví osob. [6]

6.1 Zahraniční předpisy

Obecně lze ve vývoji požadavků na větrání v různých zemích světa pozorovat tendence minimalizace energetické náročnosti větrání (předepisování požadavků na rekuperaci a nucené větrání) a zohlednění počtu osob bydlících v bytě – nejen z důvodu energetické náročnosti, ale i kvality vnitřního vzduchu. Současné předpisy v zemích EU jsou většinou založeny na jednoznačném požadavku pro minimální intenzitu větrání, případně doplněném o dávku větracího vzduchu na osobu. Nejčastěji je požadována minimální intenzita větrání 0,3 až 0,5 h⁻¹, výjimkou nejsou ani návrhové intenzity větrání 0,7 h⁻¹. [6]

6.2 Požadavky národní přílohy ČSN EN 15665/Z1

6.2.1 Přívod vzduchu

Přívod venkovního vzduchu je definován intenzitou větrání (nelze zaměňovat za intenzitu výměny vzduchu, což se často děje i v odborné literatuře a právních předpisech), která vyjadřuje poměr objemového průtoku přiváděného čerstvého venkovního vzduchu k objemu vnitřního větraného prostoru. [6]

Základním požadavkem národní přílohy normy ČSN EN 15 665/Z1 je zajištění trvalého přívodu venkovního vzduchu s minimální intenzitou větrání 0,3 h⁻¹ v obytných prostorech (pokoje, ložnice, apod.) a kuchyních. Pro vyšší požadovanou kvalitu vnitřního vzduchu se doporučuje, v souladu s ČSN EN 15251, intenzita větrání 0,5 až 0,7 h⁻¹. V době, kdy obytné budovy nejsou dlouhodobě užívány (dovolené, víkendy), lze připustit provoz s nižší intenzitou větrání 0,1 h⁻¹ vztaženou k celkovému vnitřnímu objemu bytu/rodinného domu. Zmíněná vyhláška č. 268/2009 Sb. [3] pracuje s doporučenými hodnotami pro trvalé větrání. V připravovaném novelizovaném znění bude uvedeno, že větrání musí být řešeno v souladu s normovými hodnotami, tzn. v souladu s prezentovanou normou. [6]

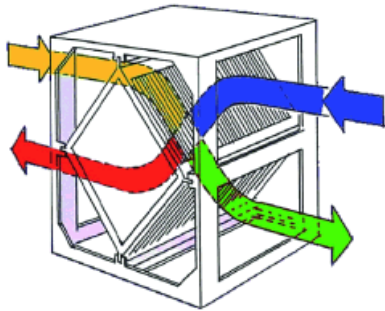
6.2.2 Odvod vzduchu

Systém větrání obytných budov musí rovněž zajistit odvod vzduchu z místností se zdrojem znečišťujících látek (pachy, vlhkost, škodliviny vznikající při vaření a jiných činnostech v domácnosti, apod.) tj. především z hygienického zázemí a kuchyně. Při trvalém větrání odpovídá průtok odváděného vzduchu průtoku vzduchu přiváděnému, stanovenému podle požadavku na intenzitu větrání. Vzduch z obytných místností se doporučuje odvádět přes hygienické zázemí. Norma dále definuje průtoky odsávaného vzduchu pro nárazové

(krátkodobé) větrání hygienického zázemí a kuchyně. Odsátý vzduch je hrazen buď přísáváním větracími otvory, nebo zvýšeným přívodem vzduchu větrací jednotkou. [6]

6.3 Zpětné získávání tepla při větrání

Zpětné získávání tepla dle definice je proces, při kterém se ze vzduchu, který se odvádí za určitým účelem z budovy, odebírá teplo a toto teplo se předává do vzduchu, který se do objektu přivádí, a jež nahrazuje odváděný vzduch. [8]



Obr. 6-1 Zpětné získávání tepla - deskový rekuperátor [8]

6.3.1 Rekuperace

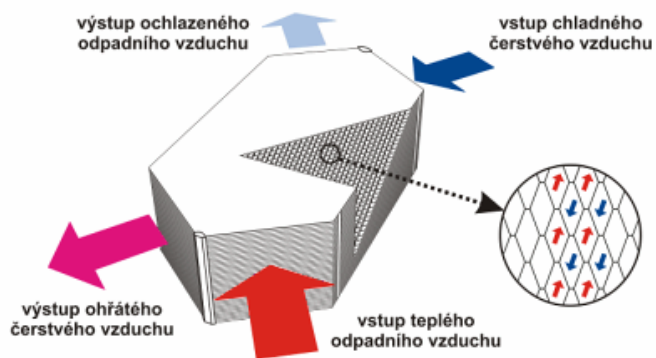
Při využití rekuperačního systému dochází k přenosu tepelné energie mezi odpadním vzduchem a přiváděným vzduchem přes pevnou stěnu. Při tomto principu nedochází k žádnému přenosu hmoty mezi odpadním a přiváděným vzduchem a proto se obecně hodí pro znečištěný odpadní vzduch. [8]

6.3.2 Regenerace

Regenerační systém zpětného získávání tepla využívá hmoty výměníku k akumulaci tepelné energie a případně i vlhkosti. Teplo se střídavě předává z odpadního vzduchu do hmoty a odevzdává do přívodního vzduchu. To znamená, že teplosměnný povrch hmoty je omýván střídavě odpadním i přívodním vzduchem. [8]

6.3.3 Rekuperační deskové výměníky

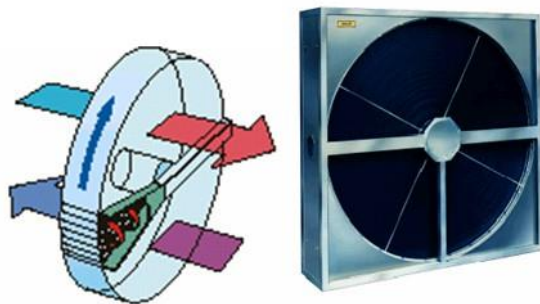
Díky změně tvaru z původních čtvercových na šestiúhelníkové se proudění vzduchu výměníky změnilo z křížového průtoku na průtoky odpovídající protiproudým výměníkům. Toto řešení a přizpůsobení vnitřních kanálek tvarům, kde bude co největší turbulence vzduchu, za co nejmenších tlakových ztrát rekuperátoru, způsobilo, že účinnosti těchto rekuperátorů vzrostly z původních 50 - 60 % na dnešních 80 - 90 %. Díky jednoduchosti výroby a malým nákladům se stávají zejména pro menší vzduchotechnická zařízení jednoznačně nejpoužívanějšími rekuperátory současnosti. Nízká cena a možnosti použití při vysoké účinnosti způsobilo, že tyto rekuperátory se dostávají i do aplikací větracích zařízení rodinných a bytových domů a způsobují zájem investorů o stavby nízkoenergetických a pasivních budov, kde tato zařízení jsou nezbytnou požadovanou součástí. Používanými materiály na deskové rekuperátory jsou nejčastěji hliníkový, nerezový plech a plast. Výhodou u deskových rekuperátorů je, že v nich, oproti např. rotačním rekuperátorům, může docházet ke kondenzaci a kondenzace je dokonce vítána, neboť zvyšuje účinnost rekuperace. Další velkou výhodou deskových rekuperátorů je, že se jedná opět o bezpečné oddělení přívodního a odvodního vzduchu a že se v nich nevyskytují žádné pohyblivé díly ani další pohony. [7]



Obr. 6-2 Rekuperační deskový výměník [7]

6.3.4 Regenerační rotační výměníky

Výměna tepla probíhá prostřednictvím akumulární hmoty, která mění polohu, ale směr proudění vzduchu je stálý. Akumulační hmota, obvykle hliníkové plechy jako rotor v kovovém rámu, při otáčení probíhá v periodách daných rychlostí otáčení, proudy teplého a studeného vzduchu a tím předává teplo. Pokud je akumulární hmota potažena ještě např. silikagelem, dochází také k výraznému přenosu vlhkosti. Účinnost těchto zařízení dosahuje 70 - 85 % a je závislá na otáčkách rotoru a rychlostech protékajících proudů vzduchu. Nevýhodou těchto zařízení je, že nejsou vhodné pro využití u vzduchu, který má na odtahu vysokou relativní vlhkost. Případná kondenzace je totiž nežádoucí jev, který může ničit ložiska rotoru a při nižších teplotách (-5°C) pak může dojít k zamrznutí celého průřezu rotoru a poničení hliníkových lamel o led, který vznikne jak ve vlastním rotoru, tak také na přepážkách rozdělující přívodní a odsávaný vzduch. Pokud tento jev vznikne, opravou je pouze výměna celého rotoru, což je nejdražší část zařízení. Tento typ zařízení se používá ve vzduchotechnických jednotkách, kde přívodní i odpadní vzduch dokážeme svést k sobě. [7]



Obr. 6-3 Regenerační rotační výměník [8]

7 Vytápění

Vytápění je činnost, která má za úkol udržovat vnitřní teplotu budovy na úrovni tepelné pohody.

7.1 Plynové kondenzační kotle

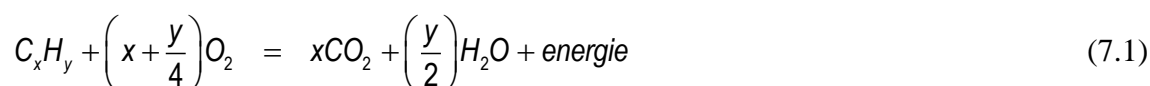
Při spalování zemního plynu (metanu CH_4) nebo propanu (C_3H_8) vzniká určité množství vody. Hořením dochází k jejímu ohřevu. Ta pak v podobě vodní páry spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření a odchází. Tepelné spaliny s sebou nesou část skryté tepelné energie, tzv. latentní teplo. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke změně skupenství - kondenzaci obsažené vodní páry a k následnému uvolnění tohoto tepla. V kondenzačním kotli se takto uvolněná energie pomocí výměníku využívá k přehřevu vratné vody. [9]

7.1.1 Princip a využití latentního tepla ve spalinách

Při současném trendu snižování nákladů na provoz budov je důležité, aby návrh zdroje tepla zohledňoval nejen požadavky na hospodárnost provozu, ale jsou kladeny také vysoké nároky na ekologičnost provozu. Využití kondenzační technologie v oblasti plynových kotlů dokáže zohlednit obě tato hlediska. Kondenzační plynové kotle mají vyšší podíl využití energie přivedené v palivu. Zároveň také vykazují snížení emisí NO_x a CO ve spalinách při porovnání s ostatními konvenčními zdroji tepla. [10]

7.1.2 Teorie spalovacího procesu

Spalovací proces lze chápat jako přeměnu energie obsažené v palivu (např. v zemním plynu) na energii tepelnou. Obecnou rovnici spalovacího procesu lze vyjádřit jako:



Pro případ stechiometrického spalování uhlovodíků, resp. metanu lze tuto rovnici upravit jako:



Jak je vidět z rovnice (7.2) kromě energie ve formě tepla je výsledkem spalování vznik spalin, které obsahují určité množství emisí a vodní páry. Princip kondenzační technologie spočívá ve využití tepla, které vodní pára obsahuje. Ochlazením spalin totiž dojde ke změně skupenství vodní páry a tím i k uvolnění tzv. latentního tepla. Teoreticky by při ideálních podmínkách šlo takto získat cca o 11 % tepelné energie navíc. [10]

7.1.3 Základní pojmy kondenzační technologie

Při výpočtech používaných u plynových kondenzačních kotlů je nejprve nutné si uvědomit základní definice. Základními ukazateli vlastností plyných paliv je spalné teplo, výhřevnost a tzv. Wobbého číslo (pro zemní plyn lze např. použít normu ČSN EN ISO 6976).

Spalné teplo H_s [kWh/m³] je množství tepla, uvolněného úplným spálením 1 m³ plynu při barometrickém tlaku v adiabatických podmínkách, za předpokladu ochlazení spalin na teplotu výchozích látek, kdy vodní pára ve spalinách je v kapalném stavu.

Výhřevnost H_i [kWh/m³] je množství tepla uvolněného úplným spálením 1 m³ plynu při barometrickém tlaku v adiabatických podmínkách, za předpokladu ochlazení spalin na teplotu výchozích látek a vodní pára ve spalinách zůstane v plynném stavu.

Wobbého číslo W_s [kWh/m³] je základním kritériem, pokud je nutné vzájemně nahrazovat jiná plynná paliva. Pokud se nahrazují plynná paliva se stejným Wobbého číslem, není nutné pokaždé seřizovat spotřebič. Wobbého číslo vyjadřuje podmínku zachování tepelného příkonu spotřebiče při změně spalovacích vlastností plynu. [10]

7.1.4 Stupeň využití a výpočet účinnosti zdroje tepla

Účinnost u zdrojů tepla charakterizuje kvalitativně schopnost přeměny energie v palivu v energii tepelnou. Celková tepelná účinnost kotle se skládá z jednotlivých ztrát. V podstatě lze rozlišit stanovení účinnosti zdroje tepla přímou nebo nepřímou metodou. [10]

Přímá metoda účinnosti zdroje tepla

Přímá metoda spočívá ve stanovení množství tepla předaného teplotně látce k množství tepla přivedeného do kotle palivem a vzduchem ve stejném časovém úseku.

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{\text{výstup}}}{\dot{Q}_{\text{vstup}}} \approx \frac{\dot{M}_v \cdot c_v \cdot (t_{v1} - t_{v2})}{\dot{M}_{\text{paliva}} \cdot H_{u,\text{paliva}}} \quad (7.3)$$

kde:

$Q_{\text{výstup}}$	teplo přivedené do kotle za čas Δt	[J/s]
Q_{vstup}	teplo předané páře nebo vodě	[J/s]
M_v	množství vyrobené vody nebo páry za čas	[kg/s]
c_v	střední měrná tepelná kapacita	[J/kg·K]
t_{v1}	výstupní teplota vody z kotle	[K]
t_{v2}	vstupní teplota vody do kotle	[K]
M_{paliva}	množství paliva přivedené do kotle za čas	[jednotka/s]
$H_{u,\text{paliva}}$	výhřevnost paliva	[J/jednotku]

Vzorec (7.3) je upraven tak, že je v energii přivedené do zdroje tepla zanedbáno fyzické teplo paliva a teplo přiváděné spalovacím palivem. Tyto hodnoty jsou v porovnání s teplem, které je chemicky vázané v palivu, zanedbatelné a počítá se s nimi pouze v případě ohřevu paliva anebo vzduchu pomocí cizího zdroje (ne ve vlastním kotli). V případě, že je teplotně látka pára pracuje se ve výpočtu s entalpiemi.

Základní nevýhodou přímé metody je fakt, že takto vypočtená hodnota účinnosti neposkytne odpověď na otázku, kde dochází k největším tepelným ztrátám zařízení. Další nevýhodou

přímé metody je např. u lokálních zdrojů tepla (krby, kachlová kamna apod.) nemožnost zahrnutí tepelných ztrát z povrchu kotle, které přispívají do tepelné bilance místnosti, tj. do výpočtu celkové účinnosti kotle. [10]

Nepřímá metoda účinnosti zdroje tepla

Postup nepřímé metody je založen na analýze jednotlivých tepelných ztrát, což může poskytnout informaci o jejich potenciálním snížení (rezervách), a tedy o možnostech zvýšení účinnosti kotle (tuto informaci účinnost stanovená přímou metodou neposkytne). Princip výpočtu je založen na tom, že teoretická účinnost ideálního zdroje tepla je 100 % a pro reálný zdroj tepla je pak snížena o jednotlivé ztráty. Matematicky lze vzorec zapsat ve tvaru.

$$\eta = 100 - \sum Z_i = 100 - (Z_c + Z_{CO} + Z_f + Z_k + Z_{sv}) \quad (7.4)$$

kde:

Z_i	poměrná celková ztráta zdroje tepla	[%]
Z_c	poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny v tuhých zbytcích	[%]
Z_{CO}	poměrná ztráta způsobená únikem hořlaviny ve spalinách	[%]
Z_f	poměrná ztráta způsobená únikem tepla v tuhých zbytcích	[%]
Z_k	poměrná ztráta způsobená únikem tepla ve spalinách (komínová ztráta)	[%]
Z_{sv}	poměrná ztráta způsobená odevzdáním tepla do okolí	[%]

Tyto tepelné ztráty se týkají zejména zdrojů na tuhá paliva. U ostatních kotlů spalujících plynná nebo kapalná paliva jsou buď velmi malé (ve srovnání s komínovými ztrátami a ztrátou odevzdáním tepla do okolí) nebo se u nich nevyskytují.

Nejvýznamnější tepelnou ztrátou při spalování je tepelná ztráta způsobená únikem tepla ve spalinách neboli komínová ztráta. Její velikost je přímo úměrná rozdílu teplot mezi přiváděným vzduchem pro spalování a teplotou spalin. Teoretický výpočet lze provést jako

$$Z_k = \frac{V_{spalin} \cdot c_s \cdot (t_{spalin} - t_{vz})}{H_{u,paliva}} \cdot 100 \quad (7.5)$$

kde:

V_{spalin}	objem spalin	[m ³ _N /kg]
c_s	střední měrná tepelná kapacita spalin	[J/kg·K]
t_{spalin}	teplota spalin na výstupu z kotle	[°C]
t_{vz}	teplota vzduchu na vstupu do kotle	[°C]
$H_{u,paliva}$	výhřevnost spalovaného paliva	[J/m ³ _N]

7.1.5 Stupeň využití zdroje tepla

Stupeň využití zdroje tepla popisuje chování zdroje tepla v průběhu celého otopného období. To znamená, že postihuje různé provozní stavy, než je pouze jmenovitý tepelný výkon a návrhový teplotní spád otopné soustavy. Pojmy, které se v souvislosti s tímto používají, jsou „roční stupeň využití“ a „normovaný stupeň využití“.

Roční stupeň využití kotle je hodnotící parametr celoročního provozování zdrojů tepla a lze ho využít jak pro klasické, tak i pro kondenzační zdroje tepla. Výpočet vychází z účinnosti zdroje tepla, vytížení zdroje tepla a pohotovostní ztráty. [10]

$$\eta_a = \frac{\eta_k}{\left(\frac{b_H}{b_{VK}} - 1\right) \cdot q_B + 1} \quad (7.6)$$

kde:

b_H	doba provozní pohotovosti	[h/rok]
b_{VK}	doba plného využití kotle	[h/rok]
q_B	pohotovostní ztráta	[-]

Jak ale můžeme ze vzorce (7.6) vidět, jeho použití je vhodné spíše u zdrojů tepla s jednostupňovým hořákem nebo konstantním teplotním spádem, protože základ výpočtu je opřen o stanovení účinnosti zdroje tepla. Z toho vyplývá, že například v přechodném období, kdy je tepelná ztráta výrazně nižší, se mění i parametry otopné soustavy a tím dochází i ke změně účinnosti zdroje tepla.

Oproti tomu normovaný stupeň využití zdroje tepla je hodnotící parametr celoročního provozování. U zdrojů tepla, které pracují s proměnnou teplotou otopné vody, tak zahrnuje všechny ztráty zdroje tepla v závislosti na teplotě otopné vody a vytížení zdroje tepla. Jeho výpočet vychází z určení stupňů využití při dílčí zátěži při pěti definovaných výkonech zdroje tepla se stanovenou teplotou přívodní a zpětné vody (9). [10]

$$\eta_N = \frac{5}{\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_{Ni}}} \quad (7.8)$$

kde:

η_{Ni}	stupeň využití při dílčím zatížení ve výkonové periodě	[-]
-------------	--	-----

7.1.6 Volba plynového kondenzačního kotle

VISSMANN Vitodens 200-W B2HA001

Tab. 7-1 Technické specifikace Vitodens 200-W B2HA001

Jmenovitý výkon [kW]	13
Normovaný stupeň využití	98 % (H _s) a 109 % (H _i)
Cena [Kč]	51 272

PROTHERM Panther Condens 12 KKO

Tab. 7-2 Technické specifikace Panther Condens 12 KKO

Jmenovitý výkon [kW]	12
Normovaný stupeň využití	98 % (H _s) a 108,5 % (H _i)
Cena [Kč]	42 500

7.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla se řadí mezi alternativní zdroje energie, protože umožňují odnímat teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu nebo země), převádět ho na vyšší teplotní hladinu a následně účelně využít pro vytápění nebo přípravu teplé vody. Pro přečerpání tepla na vyšší teplotní hladinu je třeba dodat určité množství energie. [11]

7.2.1 Tepelné čerpadlo vzduch – voda

Teplo je odebíráno ze vzduchu přes výparník tepelného čerpadla, přes který proudí venkovní vzduch. Výhodou tohoto zařízení jsou nízké pořizovací náklady a nenáročná instalace. Nevýhodou je závislost topného faktoru na teplotě vzduchu. V dnešní době tato zařízení efektivně pracují do -15 °C. Při nižších teplotách je instalován malý elektrokotel, který pomáhá tepelnému čerpadlu dosáhnout požadované teploty vody. [11]

7.2.2 Základní komponenty

Kompresor

Kompresor nasává plyn z výparníku při tlaku chladiva odpovídajícímu výparné teplotě a zatlačuje ho na tlak odpovídající kondenzační teplotě. Dodáním práce kompresoru a tedy elektrické energie pro pohon motoru kompresoru dojde ke zvýšení tlaku a tím i teploty chladiva. Energie je tímto způsobem přečerpána z nižší teplotní hladiny na vyšší a je ji možno využít pro vytápění či přípravu teplé vody. Pro tepelná čerpadla pro rodinné, bytové domy a průmyslové objekty jsou v současné době nejvíce používány scroll (rotační) nebo pístové kompresory. Většinou jsou tyto kompresory hermetické, což znamená, že pohonný elektrický motor a kompresor jsou uloženy v jedné tlakově uzavřené nádobě. Tímto způsobem je zabráněno únikům chladiva do atmosféry přes spojovací těsnění. [11]

Expanzní ventil

Expanzního ventilu má za úkol udržovat tlakový rozdíl mezi vysokotlakou a nízkotlakou stranou chladicího oběhu. Reguluje průtok chladiva z kondenzátoru do výparníku v závislosti na výstupní teplotě z výparníku a dále udržuje přehřátí chladiva za výparníkem. Je tedy zaručeno, že do kompresoru vstupuje chladivo zcela vypařeno. [11]

Výparník

Výparník odebírá teplo nízkopotenciálnímu zdroji tepla. Při nízkém tlaku a teplotě je chladivo schopno se vypařovat a získat tak teplo z teplotně nosné látky i při velmi nízkých teplotách. [11]

Kondenzátor

Kondenzátor předává teplo do otopné soustavy (ohřev vody nebo vzduchu). Při vysokém tlaku a teplotě chladivo kondenzuje a odevzdá teplo do teplonosné látky. [11]

7.2.3 Topný faktor tepelného čerpadla COP (coefficient of performance)

Definice topného faktoru jako parametru efektivity samotného tepelného čerpadla je uvedena v normě pro laboratorní zkoušení tepelných čerpadel a chladicích zařízení ČSN EN 14511. Hranicemi hodnocení je samotná funkční jednotka tepelného čerpadla. Topný faktor je poměr topného výkonu k celkovému elektrickému příkonu jednotky za ustálených provozních podmínek. [12]

$$COP = \frac{\Phi}{P_c + P_{aux}} \quad [-] \quad (7.9)$$

kde:

- Φ tepelný výkon tepelného čerpadla [kW];
 P_c elektrický příkon kompresoru [kW];
 P_{aux} elektrický příkon potřebný pro překonání tlakové ztráty výparníku a kondenzátoru, odtávání výparníku a vlastní regulaci tepelného čerpadla [kW]

7.2.4 Sezónní topný faktor tepelného čerpadla SCOP (seasonal coefficient of performance)

Lepším kritériem při výběru tepelného čerpadla než jmenovitý topný faktor (za standardních podmínek) je sezónní topný faktor tepelného čerpadla SCOP definovaný normou ČSN EN 14825 [3]. Výpočet SCOP vychází z celoroční bilance produkce tepla daného tepelného čerpadla a krytím potřeby tepla budovy definované návrhovou tepelnou ztrátou v otopné sezóně se standardizovanými provozními a klimatickými podmínkami. Výpočet se provádí v otopném období rozděleném na teplotní intervaly po 1 K. [12]

7.2.5 Volba tepelného čerpadla

Vitocal 200-S 201.B07

Tab. 7-3 Technické specifikace Vitocal 200-S 201.B07

Jmenovitý výkon [kW]	5,6
Otáčky ventilátoru [1/min]	650
Elektrický příkon [kW]	1,73
Topný faktor COP [-]	3,24
Regulace výkonem [kW]	1,3 až 7,7
Cena [Kč]	137 200

7.3 Kotle na biomasu

Kotel na biomasu je zařízení, které splováním paliv vyvíjí teplo, které ohřívá teplotněnou látku. Pro vytápění rodinných domů lze použít nejjednodušší kotle na tuhou biomasu.

7.3.1 Biomasa

Biomasa je definována jako veškerá organická hmota, která vzniká v živých organismech, a to buď organismech živočišných či rostlinných. Jde tedy o veškerou živou přírodu. Jako u většiny obnovitelných zdrojů energie i biomasa je „produktem“ solární energie. V rostlinách se za pomoci fotosyntézy ukládá část sluneční energie dopadající na Zemi, tu následně využijeme energetickým zpracováním rostlin. Biomasa může být získávána buď jako odpad ze zemědělské a průmyslové činnosti, nebo jako komunální odpad, anebo může být výsledkem záměrné výrobní činnosti a pěstování v lesnictví. Pod pojmem biomasa si tedy můžeme představit dřevo, dřevní odpad, slámu nebo byliny. [13]

7.3.2 Rozdělení

Klasický kotel na dřevo

Využívá k výrobě tepla prosté spalování dřeva.

Zplyňovací kotel

Je určen pro spalování dřeva na principu generátorového zplyňování s odtahovým ventilátorem. Ventilátor vytváří podtlak, a to způsobuje, že oheň hoří směrem dolů. Při tomto spalování dochází k hoření dřeva za nedostatku přiváděného vzduchu, čímž vznikají plyny, které následně hoří v keramické spalovací komoře. [13]

Kotel na pelety

Jako palivo se používají pelety. Kotle lze rozdělit na dvě kategorie kotel s ruční dodávkou paliva a kotel se samočinnou dodávkou paliva.

7.3.3 Volba kotle na biomasu

VIADRUS A0C-LP Automatický kotel

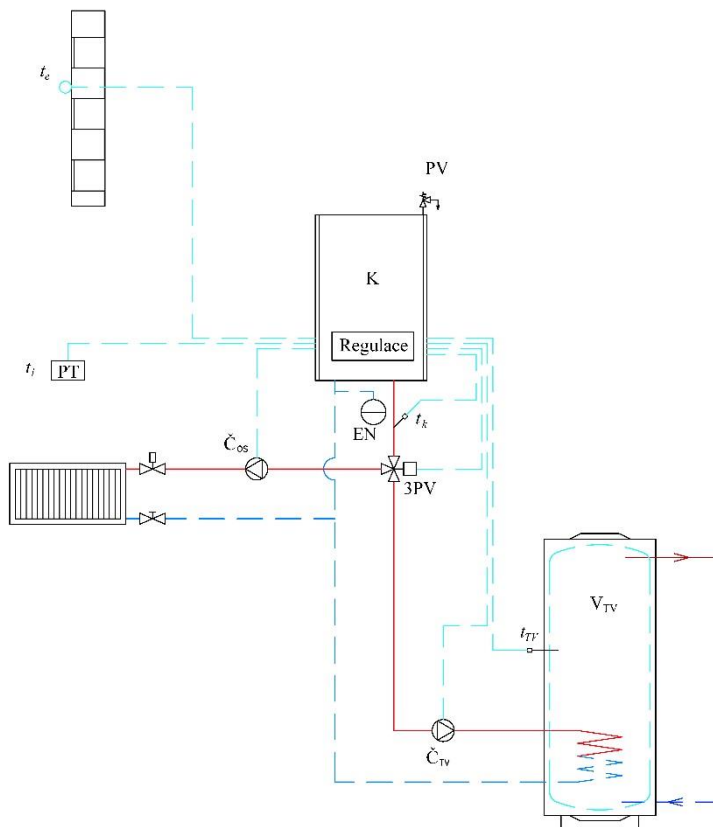
Tab. 7-4 Technické specifikace Vitocal 200-S 201.B07

Jmenovitý výkon [kW]	20
Účinnost	86,9 %
Modulovaný výkon [kW]	6 až 20
Cena [Kč]	48 668

7.4 Příprava teplé vody (TV)

V praxi se u rodinných a menších bytových domů velmi často využívá tzv. přednostní příprava TV. V principu jde o možnost přepnutí celého výkonu zdroje tepla pro přípravu TV, a následně jeho využití pro akumulaci v zásobníku TV. [10]

Výhodou přednostního ohřevu TV je možnost využití maximálního tepelného výkonu zdroje tepla, který je primárně navržen pro otopnou soustavu. Pokud nastane odběr TV ze zásobníku, teplota vody v zásobníku t_{TV} začne klesat. Po dosažení spínací teploty vody t_{TVmin} v zásobníku, regulace zdroje tepla vypne oběhové čerpadlo otopné soustavy a přepne trojcestný přepínací ventil ve směru nabíjení zásobníku TV. Zároveň zdroj tepla navýší teplotu kotlové vody (obvykle na maximální jmenovitou teplotu např. až 80 °C) a regulace sepne nabíjecí čerpadlo zásobníku TV. V okamžiku, kdy je teplota vody v zásobníku dostačující, regulace celý systém přepne zpět do režimu vytápění. Je tedy zřejmé, že čím bude spínací diference ($\Delta t_{TV} = X_p = t_{TV} - t_{TVmin}$) větší, tím bude čas pro dobití zásobníku τ_a delší. Spínací diference se obvykle volí 5 K nebo 10 K podle typu zásobníku TV. Doba potřebná k dohřátí zásobníku TV τ_a by ale neměla být příliš dlouhá a to proto, aby během přerušení dodávky tepla do otopné soustavy nedošlo k ovlivnění tepelné pohody ve vytápěném prostoru. Pro lehké stavby s minimální akumulací tepla by doba potřebná k dohřátí vody v zásobníku TV τ_a neměla překročit 10 minut. [10]



Obr. 7-1 Příklad zapojení zdroje tepla s přednostní přípravou TV [10]

8 Náklady

8.1 Orientační cena konstrukce modelových budov

Cena materiálu konstrukce obálky modelových budov se vypočte jako cena všech složek. Cena jednotlivých složek je pouze orientační a vychází z ceny průměrných cen na internetu. Podlaha nebude do celkové ceny započítána, protože je u všech modelových budov totožná.

8.1.1 Obvodová stěna

Tab. 8-1 Cena jednotlivých složek obvodové stěny

Obvodová stěna	Typ konstrukce	Cena za m ² [kč]
	Omítka Weber pastová omítka	95
	Lepidlo Cemix 115	24
	Perlinka Vertex R 131	20
	Fasádní polystyren DEK EPS 70F	206
	Cihla POROTHERM 44 EKO+ PROFI	1200

8.1.2 Střecha

Tab. 8-2 Cena jednotlivých složek střechy

střecha	Typ konstrukce	Cena za m ² [kč]
	Železobeton	1990
	Minerální vata ISOVER UNI 240mm	280
	Minerální vata ISOVER UNI 400mm	464
	Sádrokartonová deska RIGIPS RB	76

8.1.3 Okna

Tab. 8-3 Cena použitých oken

Okna	Typ okna	Konstrukce	Cena [kč]
	2,4x2m	otevíratelné	11000
	2x2m	neotevíratelné	6000
	3x2,6m	otevíratelné	18000
	2,3x2,6m	neotevíratelné	9000
	2x2m	otevíratelné	9000
	9x7,5m	neotevíratelné	200000

Cena byla stanovena jako součet cen dílčích vrstev. Přehled celkových hodnot nákladů na konstrukci je znázorněn v Tab. 6-4.

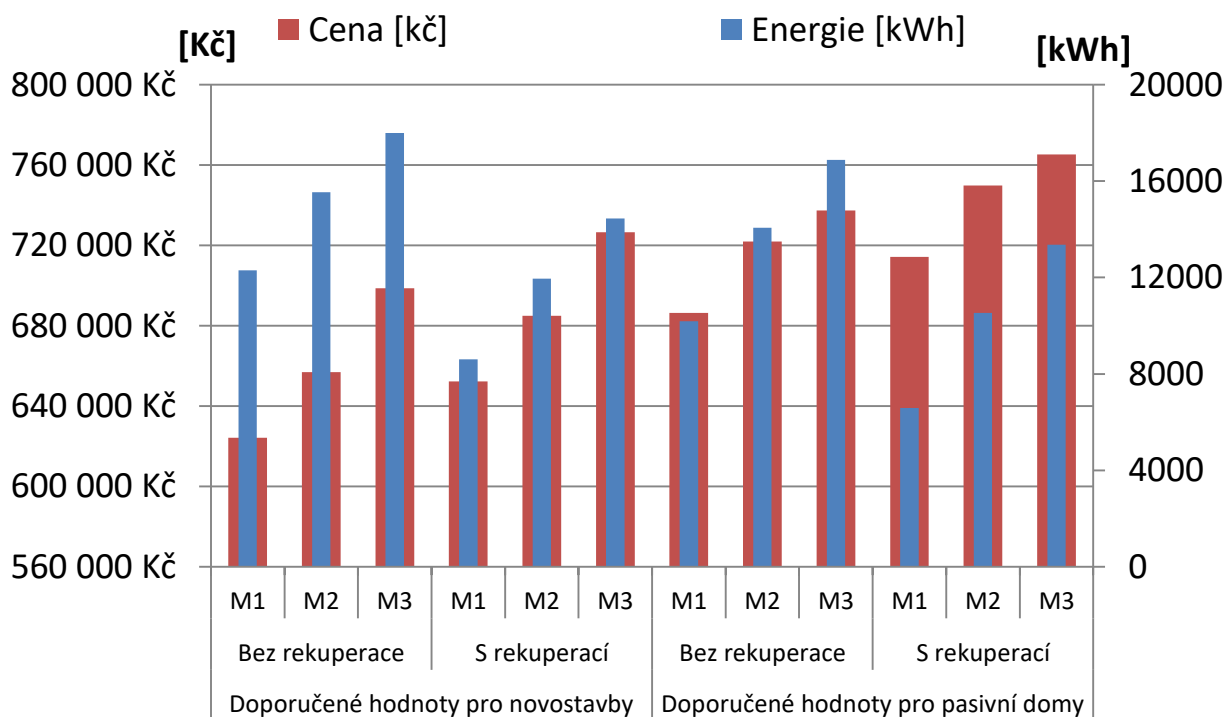
Tab. 8-4 Celková cena konstrukce pro všechny modelové budovy

Doporučené hodnoty pro novo stavbu			Doporučené hodnoty pro pasivní domy		
Model 1	Model 2	Model 3	Model 1*	Model 2	Model 3
624 295 Kč	656 961 Kč	698 606 Kč	686 295 Kč	721 836 Kč	737 291 Kč
91%	96%	102%	100%	105%	107%

Podrobný popis výpočtu celkové ceny všech modelových budov Příloha 6.

K celkové ceně staveb s rekuperací byla přičtena částka 27 900 Kč za rekuperační jednotku.

V následujícím grafu je vidět, snížili-li se průměrný součinitel prostupu tepla budovy, náklady na vytápění se nám sníží. Ale cena celkové konstrukce budovy roste.



Graf 8-1 Porovnání ceny konstrukce s potřebou energie

8.2 Průměrná cena tepla

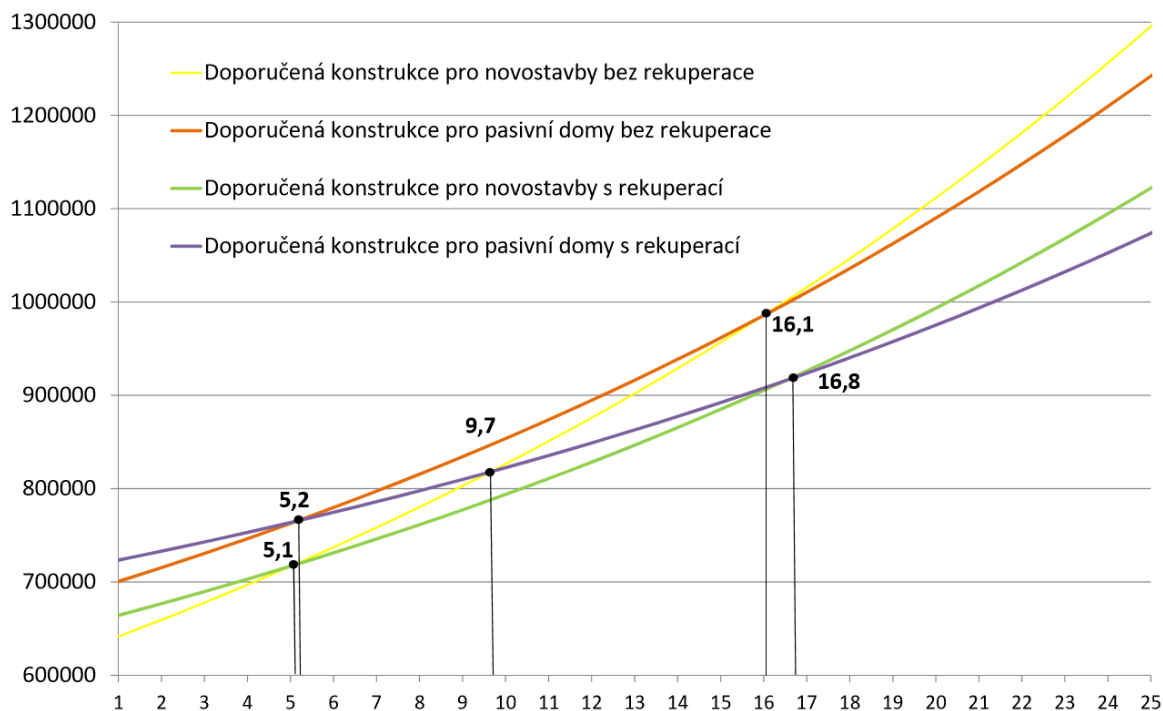
Průměrná cena tepla za kWh byla stanovena jako průměr cen všech druhů vytápění určených ze stránky TZB-info.cz. Bylo předpokládáno užití moderních kotlů.

Tab. 8-5 Průměrná cena tepla [14]

Náklady na vytápění	Cena tepla
	Kč/kWh
Hnědé uhlí	1,29
Černé uhlí	1,45
Koks	1,39
Dřevo	0,87
Dřevěné brikety	1,2
Dřevěné pelety	1,3
Štěpka	0,85
Rostlinné pelety	0,86
Obilí	0,75
Zemní plyn	1,65
Propan	2,44
Lehký topný olej ELTO	2,7
Centrální zásobování teplem	1,47
Průměrná cena tepla	1,40

8.3 Návratnost investic

Bylo provedeno vyhodnocení investic konstrukce jednotlivých modelových budov v závislosti na čase. Reálná návratnost investic byla stanovena za předpokladu ročního nárůstu průměrné ceny tepla 3,5 %.



Obr. 8-1 Vyhodnocení Modelu 1

Z grafu vyplývá, že nejdražší Model 1 (doporučená konstrukce pro pasivní domy s rekuperací) dosahuje návratnosti investic za téměř 17 let. Návratnost rekuperační jednotky u Modelu 1 dosahuje hodnoty okolo 5 let. Je potřeba si uvědomit dlouhou časovou návratnost, jestliže investujeme do konstrukce budovy za účelem splnění vyhlášky 78/2013 sb. pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Návratnost investice pouze do konstrukce budovy bude okolo 16 let.

9 Závěr

Ze zvolených geometrických parametrů, vlastností a složení konstrukcí, bylo energetickou bilancí stanoveno množství tepla potřebné na vytápění a přípravu teplé vody. Při navrhování budovy s větším procentuálním zasklením vnější stěny, je potřeba brát v úvahu špatnou formulaci vyhlášky 78/2013 sb. pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie, která negativně ovlivňuje splnění průměrného součinitele prostupu tepla.

Při energetické bilanci potřeby tepla bylo zjištěno, že vnější solární zisky nejsou schopny pokrýt tepelné ztráty prostupem okny. Z tohoto důvodu zvýšené procento zasklení zvyšuje potřebu tepla dané budovy. Rozdíl mezi izolovanou konstrukcí podle doporučených hodnot pro novostavby a doporučenými hodnotami pro pasivní domy může být až 20 % v celkové potřebě tepla za rok při nepoužívání rekuperace. Jestliže použijeme u domu s doporučenými hodnotami pro pasivní domy rekuperační jednotku, může být celkový rozdíl v potřebě tepla na vytápění až 50 %.

Návratnost investic domu splňující vyhlášku 78/2013 sb. pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie při použití rekuperační jednotky oproti domu s konstrukcí podle doporučených hodnot z normy ČSN 73 0540-2 bude okolo 10 let. Návratnost rekuperační jednotky dosahuje hodnoty okolo 5 let. Je potřeba si uvědomit dlouhou časovou návratnost, jestliže investujeme do konstrukce budovy za účelem splnění vyhlášky 78/2013 sb. pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

10 Seznam použité literatury

- [1] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 1.vyd. Praha: ČNI, 2011
- [2] ČSN EN 12 831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. 1.vyd. Praha: ČNI, 2005
- [3] ČSN EN ISO 13 790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. 1.vyd. Praha: ČNI, 2009
- [4] ČSN EN ISO 6946. *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*. 1.vyd. Praha: ČNI, 2008
- [5] Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Sbírka zákonů ČR, ročník 2012
- [6] Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 78/2013 Sb., *o energetické náročnosti budov*. Sbírka zákonů ČR, ročník 2012
- [7] *Zpětné získávání tepla a větrání objektů* [online]. TZB-info. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/vetrani-s-rekuperaci/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- [8] *ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE* [online]. Technika prostředí qpro.cz. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/ZZT-rekuperace-regenerace>
- [9] *Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů* [online]. TZB-info. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kondenzace/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>
- [10] *Informační příručka pro projektanty* [online]. Quantum. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: http://www.quantumas.cz/files/ckeditor/projektanti/Vavricka/Prirucka_Quantum_Kondenzace_2017_20.2.17.pdf
- [11] *Tepelná čerpadla* [online]. TZB-info. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [12] *Parametry pro hodnocení efektivity tepelných čerpadel* [online]. TZB-info. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/13196-parametry-pro-hodnoceni-efektivita-tepelnych-cerpadel-cop-a-scop>
- [13] *POROVNÁNÍ KOTLŮ NA BIOMASU PRO RODINNÝ DŮM* [online]. ČVUT. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2013/sbornik_2013/149.pdf
- [14] *Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva* [online]. TZB-info. [cit. 2017-06-12]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva>

11 Seznam obrázků

Obr. 2-1 Vizualizace Modelu 1 (zasklení 20 %)	14
Obr. 2-2 Výkres Modelu 1	14
Obr. 2-3 Vizualizace Modelu 2 (zasklení 50 %)	15
Obr. 2-4 Výkres Modelu 2	15
Obr. 2-5 Vizualizace Modelu 3 (zasklení 75 %)	16

Obr. 2-6 Výkres Modelu 3	16
Obr. 2-7 Prostup tepla přílehlou zeminou	21
Obr. 3-1 Model lineárních tepelných mostů.....	26
Obr. 5-1 Potřeba energie budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace	38
Obr. 5-2 Potřeba energie budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací.....	39
Obr. 5-3 Potřeba energie budov s konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace	40
Obr. 5-4 Potřeba energie budov s konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací	41
Obr. 5-5 Energetické porovnání Model 1	42
Obr. 5-6 Energetické porovnání Model 2.....	43
Obr. 5-7 Energetické porovnání Model 3.....	43
Obr. 6-1 Zpětné získávání tepla - deskový rekuperátor [8].....	46
Obr. 6-2 Rekuperační deskový výměník [7]	47
Obr. 6-3 Regenerační rotační výměník [8].....	47
Obr. 7-1 Příklad zapojení zdroje tepla s přednostní přípravou TV [10].....	55
Obr. 8-1 Vyhodnocení Modelu 1	59

12 Seznam tabulek

Tab. 2-1 Technické specifikace - Model 1	14
Tab. 2-2 Technické specifikace – Model 2	15
Tab. 2-3 Technické specifikace – Modelu 3	16
Tab. 2-4 Součinitele prostupu tepla.....	17
Tab. 2-5 Rozložení plochy konstrukce.....	18
Tab. 2-6 Referenční hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla	18
Tab. 2-7 Návrh Model 1	19
Tab. 2-8 Návrh Model 2	19
Tab. 2-9 Návrh Model 3	20
Tab. 2-10 Optimální konstrukce nízkoenergetická budova.....	20
Tab. 2-11 Optimální konstrukce budova s téměř nulovou spotřebou energie.....	20
Tab. 2-12 Konstrukce podlahy	22
Tab. 2-13 Konstrukce obvodové zdi	22
Tab. 2-14 Součinitele prostupu tepla obvodovou zdí.....	22
Tab. 2-15 Konstrukce střechy	23
Tab. 2-16 Součinitele prostupu tepla střechou	23
Tab. 3-1 Střední teplota v jednotlivých měsících.....	25
Tab. 3-2 Hodnoty lineárních tepelných mostů	26
Tab. 3-3 Technické parametry rekuperační jednotky.....	28
Tab. 3-4 Výsledné hodnoty součinitele tepelné ztráty větráním	28
Tab. 3-5 Potřeba energie rekuperační jednotky	28
Tab. 4-1 Vnitřní tepelné zisky.....	30
Tab. 4-2 Koeficienty vnějších tepelných zisků	31
Tab. 4-3 Celkové solární zisky.....	31
Tab. 4-4 Koeficienty sálání vůči obloze.....	31
Tab. 4-5 Koeficienty průhledných prvků	32
Tab. 4-6 Koeficienty neprůhledných prvků	32
Tab. 5-1 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace	38
Tab. 5-2 Energie za vytápění za rok budov s doporučenou konstrukcí bez rekuperace	38
Tab. 5-3 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací	39
Tab. 5-4 Energie za vytápění za rok budov s doporučenou konstrukcí s rekuperací.....	39

Tab. 5-5 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace	40
Tab. 5-6 Energie za vytápění za rok budov s konstrukcí pro pasivní domy bez rekuperace ...	40
Tab. 5-7 Konstrukce budov s doporučenou konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací	41
Tab. 5-8 Energie za vytápění za rok budov s konstrukcí pro pasivní domy s rekuperací	41
Tab. 7-1 Technické specifikace Vitodens 200-W B2HA001	51
Tab. 7-2 Technické specifikace Panther Condens 12 KKO	52
Tab. 7-3 Technické specifikace Vitocal 200-S 201.B07	53
Tab. 7-4 Technické specifikace Vitocal 200-S 201.B07	54
Tab. 8-1 Cena jednotlivých složek obvodové stěny	56
Tab. 8-2 Cena jednotlivých složek střechy	56
Tab. 8-3 Cena použitých oken	56
Tab. 8-4 Celková cena konstrukce pro všechny modelové budovy	57
Tab. 8-5 Průměrná cena tepla [14]	58

13 Seznam grafů

Graf 4-1 Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody	37
Graf 8-1 Porovnání ceny konstrukce s potřebou energie	57

14 Přílohy

14.1 Příloha 1 výsledné solární zisky

14.1.1 Výsledné solární zisky pro Model 1

měsíc	počet dnu n[den]	počet hod n _h [hod]	Vnější tepelné zisky [W]										Φ _{sol} [W]	Q _{sol} [Wh]
			Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce						
			S	J	V	Z	Střecha	S	J	V	Z	Střecha		
Leden	31	744	0,0	363,9	21,8	29,5	0,0	-14,6	0,8	-8,2	-6,9	-34,5	351,9	261802,5
Únor	28	672	0,0	408,4	38,8	41,9	0,0	-12,3	1,9	-5,3	-4,7	-25,9	442,6	297420,1
Březen	31	744	0,0	601,0	77,4	80,4	0,0	-8,6	6,6	1,4	1,9	-6,4	753,7	560781,3
Duben	30	720	0,0	697,3	112,9	109,8	0,0	-5,2	9,0	7,5	7,0	13,2	951,4	684977,0
Květen	31	744	0,0	712,1	159,2	142,2	0,0	0,4	9,3	15,5	12,5	34,8	1086,0	807998,8
Červen	30	720	0,0	638,0	176,1	134,5	0,0	2,3	7,5	18,4	11,2	37,3	1025,4	738254,6
Červenec	31	744	0,0	682,5	153,0	142,2	0,0	0,4	8,6	14,4	12,5	35,3	1048,9	780397,5
Srpen	31	744	0,0	734,4	134,5	134,5	0,0	-2,9	9,9	11,2	11,2	25,8	1058,4	787439,3
Září	30	720	0,0	697,3	91,3	97,4	0,0	-8,2	9,0	3,8	4,8	2,2	897,5	646207,1
Říjen	31	744	0,0	549,1	51,1	72,7	0,0	-10,8	5,3	-3,1	0,6	-17,4	647,5	481744,8
Listopad	30	720	0,0	260,2	20,3	26,4	0,0	-13,8	-1,8	-8,5	-7,4	-34,0	241,4	173835,8
Prosinec	31	744	0,0	208,3	15,6	17,2	0,0	-15,0	-3,1	-9,3	-9,0	-37,5	167,4	124531,0

14.1.2 Výsledné solární zisky pro Model 2

měsíc	počet dnu n[den]	počet hod n _h [hod]	Vnější tepelné zisky [W]										Φ _{sol} [W]	Q _{sol} [Wh]
			Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce						
			S	J	V	Z	Střecha	S	J	V	Z	Střecha		
Leden	31	744	18,9	443,5	97,7	132,4	0,0	-11,5	0,6	-3,9	-3,2	-34,5	640,1	476237,4
Únor	28	672	37,4	497,7	173,9	187,7	0,0	-9,7	1,4	-2,5	-2,2	-25,9	857,8	576474,9
Březen	31	744	68,3	732,5	347,0	360,8	0,0	-6,7	5,1	0,6	0,9	-6,4	1502,0	1117508,8
Duben	30	720	96,1	849,9	506,2	492,3	0,0	-4,1	6,9	3,5	3,3	13,2	1967,2	1416414,7
Květen	31	744	142,4	867,9	713,9	637,7	0,0	0,3	7,1	7,3	5,9	34,8	2417,3	1798490,1
Červen	30	720	157,8	777,6	790,0	603,1	0,0	1,8	5,8	8,7	5,3	37,3	2387,3	1718884,1
Červenec	31	744	142,4	831,8	686,2	637,7	0,0	0,3	6,6	6,8	5,9	35,3	2353,0	1750601,7
Srpen	31	744	114,6	895,0	603,1	603,1	0,0	-2,3	7,6	5,3	5,3	25,8	2257,4	1679475,3
Září	30	720	71,4	849,9	409,3	437,0	0,0	-6,4	6,9	1,8	2,3	2,2	1774,1	1277349,0
Říjen	31	744	49,8	669,3	229,3	326,2	0,0	-8,5	4,1	-1,5	0,3	-17,4	1251,5	931086,8
Listopad	30	720	25,1	317,1	90,8	118,5	0,0	-10,9	-1,4	-4,0	-3,5	-34,0	497,9	358457,6
Prosinec	31	744	15,8	253,9	70,1	77,0	0,0	-11,7	-2,4	-4,4	-4,2	-37,5	356,6	265299,1

14.1.3 Výsledné solární zisky pro Model 3

měsíc	počet dnu n[den]	počet hod n _h [hod]	Vnější tepelné zisky [W]										Φ _{sol} [W]	Q _{sol} [Wh]
			Průsvitné konstrukce					Neprůsvitné konstrukce						
			S	J	V	Z	Střecha	S	J	V	Z	Střecha		
Leden	31	744	18,9	443,5	97,7	132,4	147,0	-11,5	0,6	-3,9	-3,2	-10,0	811,6	603839,9
Únor	28	672	37,4	497,7	173,9	187,7	264,7	-9,7	1,4	-2,5	-2,2	-7,5	1141,0	766741,0
Březen	31	744	68,3	732,5	347,0	360,8	534,7	-6,7	5,1	0,6	0,9	-1,8	2041,2	1518685,4
Duben	30	720	96,1	849,9	506,2	492,3	804,7	-4,1	6,9	3,5	3,3	3,8	2762,5	1989028,9
Květen	31	744	142,4	867,9	713,9	637,7	1102,4	0,3	7,1	7,3	5,9	10,1	3495,0	2600257,2
Červen	30	720	157,8	777,6	790,0	603,1	1137,0	1,8	5,8	8,7	5,3	10,8	3497,8	2518426,1
Červenec	31	744	142,4	831,8	686,2	637,7	1109,3	0,3	6,6	6,8	5,9	10,2	3437,2	2557254,1
Srpen	31	744	114,6	895,0	603,1	603,1	977,7	-2,3	7,6	5,3	5,3	7,5	3216,8	2393307,9
Září	30	720	71,4	849,9	409,3	437,0	652,4	-6,4	6,9	1,8	2,3	0,6	2424,9	1745954,7
Říjen	31	744	49,8	669,3	229,3	326,2	382,4	-8,5	4,1	-1,5	0,3	-5,0	1646,2	1224787,8
Listopad	30	720	25,1	317,1	90,8	118,5	154,0	-10,9	-1,4	-4,0	-3,5	-9,8	675,9	486671,5
Prosinec	31	744	15,8	253,9	70,1	77,0	105,5	-11,7	-2,4	-4,4	-4,2	-10,9	488,7	363590,1

14.2 Příloha 2 postup výpočtu

14.2.1 Model 1

měsíc	počet dnů	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním	Potřeba tepla na teplou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepeelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná
																$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,TV}$ [kWh]
	n	n_h	t	H_T [$W \cdot K^{-1}$]	$Q_{H,tr}$ [kWh]	H_V [$W \cdot K^{-1}$]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{teor,TV}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	Y_h [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$a_{H,red}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	QH,nd [kWh]
Leden	31	744	-1	130,5	2039,6	48,5	757,5	362,8	2797,0	282,7	261,8	544,5	0,2	0,8	1,0	2335,6	2335,6
Únor	28	672	1		1666,7		619,0	327,7	2285,7	255,4	297,4	552,8	0,2	0,8	1,0	1834,6	1834,6
Březen	31	744	4		1554,0		577,1	362,8	2131,1	282,7	560,8	843,5	0,4	0,7	1,0	1516,9	1516,9
Duben	30	720	9		1033,9		384,0	351,1	1417,8	273,6	685,0	958,6	0,7	0,6	1,0	835,5	835,5
Květen	31	744	14,6		524,5		194,8	362,8	719,2	282,7	808,0	1090,7	1,5	0,4	1,0	277,9	277,9
Červen	30	720	17		282,0		104,7	351,1	386,7	273,6	738,3	1011,9	2,6	0,3	1,0	102,4	102,4
Červenec	31	744	18,2		174,8		64,9	272,1	239,7	282,7	780,4	1063,1	4,4	0,2	1,0	41,5	41,5
Srpen	31	744	18,8		116,5		43,3	272,1	159,8	282,7	787,4	1070,2	6,7	0,1	1,0	19,3	19,3
Září	30	720	13,8		582,7		216,4	351,1	799,1	273,6	646,2	919,8	1,2	0,5	1,0	363,5	363,5
Říjen	31	744	9,4		1029,5		382,3	362,8	1411,8	282,7	481,7	764,5	0,5	0,7	1,0	907,2	907,2
Listopad	30	720	4		1503,8		558,5	351,1	2062,3	273,6	173,8	447,4	0,2	0,8	1,0	1689,9	1689,9
Prosinec	31	744	-0,5		1991,0		739,4	362,8	2730,4	282,7	124,5	407,3	0,1	0,9	1,0	2372,2	2372,2

14.2.2 Model 2

měsíc	počet dnů	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním	Potřeba tepla na teplou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepeelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná
																$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{teor,TV}$ [kWh]
	n	n_h	t	H_T [$W \cdot K^{-1}$]	$Q_{H,tr}$ [kWh]	H_V [$W \cdot K^{-1}$]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{teor,TV}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	Y_h [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$a_{H,red}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	QH,nd [kWh]
Leden	31	744	-1	187,5	2929,8	48,5	757,5	362,8	3687,3	282,7	476,2	759,0	0,2	0,8	1,0	3051,8	3051,8
Únor	28	672	1		2394,3		619,0	327,7	3013,3	255,4	576,5	831,8	0,3	0,8	1,0	2354,3	2354,3
Březen	31	744	4		2232,3		577,1	362,8	2809,4	282,7	1117,5	1400,2	0,5	0,7	1,0	1862,6	1862,6
Duben	30	720	9		1485,2		384,0	351,1	1869,1	273,6	1416,4	1690,0	0,9	0,5	1,0	968,9	968,9
Květen	31	744	14,6		753,4		194,8	362,8	948,2	282,7	1798,5	2081,2	2,2	0,3	1,0	288,4	288,4
Červen	30	720	17		405,0		104,7	351,1	509,8	273,6	1718,9	1992,5	3,9	0,2	1,0	99,5	99,5
Červenec	31	744	18,2		251,1		64,9	272,1	316,1	282,7	1750,6	2033,3	6,4	0,1	1,0	40,2	40,2
Srpen	31	744	18,8		167,4		43,3	272,1	210,7	282,7	1679,5	1962,2	9,3	0,1	1,0	19,1	19,1
Září	30	720	13,8		837,1		216,4	351,1	1053,5	273,6	1277,3	1550,9	1,5	0,4	1,0	417,4	417,4
Říjen	31	744	9,4		1478,9		382,3	362,8	1861,2	282,7	931,1	1213,8	0,7	0,6	1,0	1116,3	1116,3
Listopad	30	720	4		2160,2		558,5	351,1	2718,7	273,6	358,5	632,1	0,2	0,8	1,0	2200,7	2200,7
Prosinec	31	744	-0,5		2860,1		739,4	362,8	3599,5	282,7	265,3	548,0	0,2	0,9	1,0	3119,9	3119,9

14.2.3 Model 3

měsíc	pocet dnu [den]	pocet hod [hod]	Střední venkovní teplota [°C]	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy [W.K ⁻¹]	Potřeba tepla prostupem [kWh]	Měrný tepelný tok větráním celé budovy [W.K ⁻¹]	Q _{H,ve} [kWh]	Potřeba tepla na větráním [kWh]	Q _{H,ve} [kWh]	Potřeba tepla na teplou vodu [kWh]	Q _{H,or,TV} [kWh]	Celková potřeba tepla [kWh]	Vnitřní tepelné zisky [kWh]	Solární tepelné zisky [kWh]	Q _{H,so} [kWh]	Tepelné zisky celkem [kWh]	Bilanční poměr pro režim vytápění Y _h [-]	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění η _{H,gn} [-]	Redukční faktor na přerušené vytápění a _{h,red} [-]	Potřeba tepla [kWh]	Potřeba tepla realná [kWh]
	n	n _h	t	H _T	Q _{H,ir}	H _V	Q _{H,ve}	Q _{H,or,TV}	Q _{H,ht}	Q _{H,int}	Q _{H,so}	Q _{H,gn}	Y _h	η _{H,gn}	a _{h,red}	Q _{H,nd}	QH,nd				
Leden	31	744	-1	229,1	3578,9	48,5	757,5	362,8	4336,3	282,7	603,8	886,6	0,2	0,8	1,0	3594,2	3594,2				
Únor	28	672	1		2924,7		619,0	327,7	3543,7	1022,1	255,4	766,7	1022,1	0,3	0,8	1,0	2742,9	2742,9			
Březen	31	744	4		2726,8		577,1	362,8	3303,9	1801,4	282,7	1518,7	1801,4	0,5	0,7	1,0	2124,7	2124,7			
Duben	30	720	9		1814,2		384,0	351,1	2198,1	2262,6	273,6	1989,0	2262,6	1,0	0,5	1,0	1069,6	1069,6			
Květen	31	744	14,6		920,3		194,8	362,8	1115,1	2883,0	282,7	2600,3	2883,0	2,6	0,3	1,0	302,5	302,5			
Červen	30	720	17		494,8		104,7	351,1	599,5	2792,0	273,6	2518,4	2792,0	4,7	0,2	1,0	101,8	101,8			
Červenec	31	744	18,2		306,8		64,9	272,1	371,7	2840,0	282,7	2557,3	2840,0	7,6	0,1	1,0	40,9	40,9			
Srpen	31	744	18,8		204,5		43,3	272,1	247,8	2676,0	282,7	2393,3	2676,0	10,8	0,1	1,0	19,8	19,8			
Září	30	720	13,8		1022,5		216,4	351,1	1239,0	2019,6	273,6	1746,0	1746,0	1,6	0,4	1,0	462,1	462,1			
Říjen	31	744	9,4		1806,5		382,3	362,8	2188,8	1507,5	282,7	1224,8	1224,8	0,7	0,6	1,0	1285,5	1285,5			
Listopad	30	720	4		2638,8		558,5	351,1	3197,3	760,3	273,6	486,7	486,7	0,2	0,8	1,0	2577,7	2577,7			
Prosinec	31	744	-0,5		3493,7		739,4	362,8	4233,1	646,3	282,7	363,6	363,6	0,2	0,9	1,0	3668,4	3668,4			

14.3 Příloha 3 postup výpočtu

14.3.1 Model 1

měsíc	počet dnů		počet hod		Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na vstupu	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na vstupu	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla reálná										
	n	[den]	n _h	[hod]															t	H _T	[W.K ⁻¹]	Q _{H,Tr}	[kWh]	H _V	[W.K ⁻¹]	Q _{H,ve}	[kWh]	Q _{H,TV}	[kWh]	Q _{H,ht}
Leden	31	744	744	-1		2039,6		75,7	362,8	2115,3	282,7	261,8	544,5	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1674,4	1674,4										
Únor	28	672	672	1		1666,7		61,9	327,7	1728,6	255,4	297,4	552,8	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1301,5	1301,5										
Březen	31	744	744	4		1554,0		57,7	362,8	1611,7	282,7	560,8	843,5	0,5	0,7	1,0	1,0	1,0	1045,3	1045,3										
Duben	30	720	720	9		1033,9		38,4	351,1	1072,3	273,6	685,0	958,6	0,9	0,5	1,0	1,0	1,0	553,7	553,7										
Květen	31	744	744	14,6		524,5		19,5	362,8	543,9	282,7	808,0	1090,7	2,0	0,3	1,0	1,0	1,0	172,8	172,8										
Červen	30	720	720	17		282,0	130,5	10,5	351,1	292,4	273,6	738,3	1011,9	3,5	0,2	1,0	1,0	1,0	61,2	61,2										
Červenec	31	744	744	18,2		174,8		6,5	272,1	181,3	282,7	780,4	1063,1	5,9	0,1	1,0	1,0	1,0	24,1	24,1										
Srpen	31	744	744	18,8		116,5		4,3	272,1	120,9	282,7	787,4	1070,2	8,9	0,1	1,0	1,0	1,0	11,0	11,0										
Září	30	720	720	13,8		582,7		21,6	351,1	604,4	273,6	646,2	919,8	1,5	0,4	1,0	1,0	1,0	230,9	230,9										
Říjen	31	744	744	9,4		1029,5		38,2	362,8	1067,7	282,7	481,7	764,5	0,7	0,6	1,0	1,0	1,0	611,4	611,4										
Listopad	30	720	720	4		1503,8		55,8	351,1	1559,7	273,6	173,8	447,4	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1205,4	1205,4										
Prosinec	31	744	744	-0,5		1991,0		73,9	362,8	2065,0	282,7	124,5	407,3	0,2	0,8	1,0	1,0	1,0	1719,3	1719,3										

14.3.2 Model 2

měsíc	počet dnů		počet hod		Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na vstupu	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na vstupu	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla reálná										
	n	[den]	n _h	[hod]															t	H _T	[W.K ⁻¹]	Q _{H,Tr}	[kWh]	H _V	[W.K ⁻¹]	Q _{H,ve}	[kWh]	Q _{H,TV}	[kWh]	Q _{H,ht}
Leden	31	744	744	-1		2929,8		75,7	362,8	3005,6	282,7	476,2	759,0	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	2391,8	2391,8										
Únor	28	672	672	1		2394,3		61,9	327,7	2456,2	255,4	576,5	831,8	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1825,8	1825,8										
Březen	31	744	744	4		2232,3		57,7	362,8	2290,0	282,7	1117,5	1400,2	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1406,5	1406,5										
Duben	30	720	720	9		1485,2		38,4	351,1	1523,6	273,6	1416,4	1690,0	1,1	0,5	1,0	1,0	1,0	708,3	708,3										
Květen	31	744	744	14,6		753,4		19,5	362,8	772,9	282,7	1798,5	2081,2	2,7	0,3	1,0	1,0	1,0	200,9	200,9										
Červen	30	720	720	17		405,0	187,5	10,5	351,1	415,5	273,6	1718,9	1992,5	4,8	0,2	1,0	1,0	1,0	67,6	67,6										
Červenec	31	744	744	18,2		251,1		6,5	272,1	257,6	282,7	1750,6	2033,3	7,9	0,1	1,0	1,0	1,0	26,9	26,9										
Srpen	31	744	744	18,8		167,4		4,3	272,1	171,7	282,7	1679,5	1962,2	11,4	0,1	1,0	1,0	1,0	12,7	12,7										
Září	30	720	720	13,8		837,1		21,6	351,1	858,7	273,6	1277,3	1550,9	1,8	0,4	1,0	1,0	1,0	296,9	296,9										
Říjen	31	744	744	9,4		1478,9		38,2	362,8	1517,1	282,7	931,1	1213,8	0,8	0,6	1,0	1,0	1,0	831,1	831,1										
Listopad	30	720	720	4		2160,2		55,8	351,1	2216,1	273,6	358,5	632,1	0,3	0,8	1,0	1,0	1,0	1717,7	1717,7										
Prosinec	31	744	744	-0,5		2860,1		73,9	362,8	2934,0	282,7	265,3	548,0	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	2467,1	2467,1										

14.3.3 Model 3

měsíc	počet dnu	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla na prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na větráním	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná	
	n	n _h	t	H _T	Q _{H,tr}	H _V	Q _{H,ve}	Q _{teor,TV}	Q _{H,ht}	Q _{H,int}	Q _{H,sol}	Q _{H,gn}	Y _h	η _{H,gn}	φ _{H,red}	Q _{H,nd}	Q _{H,nd}	
	[den]	[hod]	[°C]	[W.K ⁻¹]	[kWh]	[W.K ⁻¹]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[-]	[-]	[kWh]	[kWh]	
Leden	31	744	-1	229,1	3578,9	4,8	75,7	362,8	3654,6	282,7	603,8	886,6	0,2	0,8	1,0	2933,7	2933,7	
Únor	28	672	1		2924,7		61,9	327,7	2986,6	1022,1	255,4	766,7	1022,1	0,3	0,8	1,0	2216,0	2216,0
Březen	31	744	4		2726,8		57,7	362,8	2784,5	1801,4	282,7	1518,7	1801,4	0,6	0,6	1,0	1675,4	1675,4
Duben	30	720	9		1814,2		38,4	351,1	1852,6	2262,6	273,6	1989,0	2262,6	1,2	0,5	1,0	819,4	819,4
Květen	31	744	14,6		920,3		19,5	362,8	939,8	2883,0	282,7	2600,3	2883,0	3,1	0,2	1,0	222,7	222,7
Červen	30	720	17		494,8		10,5	351,1	505,2	2792,0	273,6	2518,4	2792,0	5,5	0,2	1,0	73,5	73,5
Červenec	31	744	18,2		306,8		6,5	272,1	313,3	2840,0	282,7	2557,3	2840,0	9,1	0,1	1,0	29,2	29,2
Srpen	31	744	18,8		204,5		4,3	272,1	208,8	2676,0	282,7	2393,3	2676,0	12,8	0,1	1,0	14,0	14,0
Září	30	720	13,8		1022,5		21,6	351,1	1044,2	2019,6	273,6	1746,0	2019,6	1,9	0,3	1,0	346,6	346,6
Říjen	31	744	9,4		1806,5		38,2	362,8	1844,7	1507,5	282,7	1224,8	1507,5	0,8	0,6	1,0	1003,2	1003,2
Listopad	30	720	4		2638,8		55,8	351,1	2694,7	760,3	273,6	486,7	760,3	0,3	0,8	1,0	2095,1	2095,1
Prosinec	31	744	-0,5		3493,7		73,9	362,8	3567,6	646,3	282,7	363,6	646,3	0,2	0,9	1,0	3015,4	3015,4

14.4 Příloha 4 postup výpočtu

14.4.1 Model 1

měsíc	počet dnů	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na větráním	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Teplelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla reálná
Leden	31	744	-1			1652,0	362,8	2409,5	282,7	261,8	544,5	0,2	0,8	1,0	1958,6	1958,6
Únor	28	672	1			1350,1	327,7	1969,1	255,4	297,4	552,8	0,3	0,8	1,0	1530,3	1530,3
Březen	31	744	4			1258,7	362,8	1835,8	282,7	560,8	843,5	0,5	0,7	1,0	1246,5	1246,5
Duben	30	720	9			837,4	351,1	1221,4	273,6	685,0	988,6	0,8	0,6	1,0	672,8	672,8
Květen	31	744	14,6			424,8	362,8	619,6	282,7	808,0	1090,7	1,8	0,4	1,0	216,3	216,3
Červen	30	720	17			228,4	351,1	333,1	273,6	738,3	1011,9	3,0	0,3	1,0	78,1	78,1
Červenec	31	744	18,2	105,7	48,5	141,6	272,1	206,5	282,7	780,4	1063,1	5,1	0,2	1,0	31,2	31,2
Srpen	31	744	18,8			94,4	272,1	137,7	282,7	787,4	1070,2	7,8	0,1	1,0	14,3	14,3
Září	30	720	13,8			472,0	351,1	688,4	273,6	646,2	919,8	1,3	0,4	1,0	286,3	286,3
Říjen	31	744	9,4			833,9	362,8	1216,2	282,7	481,7	764,5	0,6	0,6	1,0	737,0	737,0
Listopad	30	720	4			1218,1	351,1	1776,6	273,6	173,8	447,4	0,3	0,8	1,0	1413,5	1413,5
Prosinec	31	744	-0,5			1612,7	362,8	2352,1	282,7	124,5	407,3	0,2	0,9	1,0	2000,3	2000,3

14.4.2 Model 2

měsíc	počet dnů	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla na větráním	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Teplelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla reálná
Leden	31	744	-1			2652,4	362,8	3409,9	282,7	476,2	759,0	0,2	0,8	1,0	2782,4	2782,4
Únor	28	672	1			2167,6	327,7	2786,5	255,4	576,5	831,8	0,3	0,8	1,0	2138,2	2138,2
Březen	31	744	4			2020,9	362,8	2598,0	282,7	1117,5	1400,2	0,5	0,7	1,0	1675,0	1675,0
Duben	30	720	9			1344,5	351,1	1728,5	273,6	1416,4	1690,0	1,0	0,5	1,0	860,8	860,8
Květen	31	744	14,6			682,0	362,8	876,8	282,7	1798,5	2081,2	2,4	0,3	1,0	251,5	251,5
Červen	30	720	17			366,7	351,1	471,4	273,6	1718,9	1992,5	4,2	0,2	1,0	86,0	86,0
Červenec	31	744	18,2	169,8	48,5	227,3	272,1	292,3	282,7	1750,6	2033,3	7,0	0,1	1,0	34,5	34,5
Srpen	31	744	18,8			151,6	272,1	194,8	282,7	1679,5	1962,2	10,1	0,1	1,0	16,4	16,4
Září	30	720	13,8			757,8	351,1	974,2	273,6	1277,3	1550,9	1,6	0,4	1,0	367,0	367,0
Říjen	31	744	9,4			1338,8	362,8	1721,2	282,7	931,1	1213,8	0,7	0,6	1,0	998,6	998,6
Listopad	30	720	4			1955,7	351,1	2514,2	273,6	358,5	632,1	0,3	0,8	1,0	2003,4	2003,4
Prosinec	31	744	-0,5			2589,2	362,8	3328,7	282,7	265,3	548,0	0,2	0,9	1,0	2853,7	2853,7

14.4.3 Model 3

měsíc	pocět dnu	pocět hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla dostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním	Potřeba tepla na teplotou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. Zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná
	n	n _h	t	H _T	Q _{H,tr}	H _V	Q _{H,ve}	Q _{teor,TV}	Q _{H,ht}	Q _{H,int}	Q _{H,sol}	Q _{H,ign}	Y _h	η _{H,ign}	a _{h,red}	Q _{H,nd}	Q _{H,nd}
	[den]	[hod]	[°C]	[W.K ⁻¹]	[kWh]	[W.K ⁻¹]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[-]	[-]	[-]	[kWh]	[kWh]
Leden	31	744	-1	215,4	3365,9	48,5	757,5	362,8	4123,4	282,7	603,8	886,6	0,2	0,8	1,0	3387,3	3387,3
Únor	28	672	1		2750,6		619,0	327,7	369,6	3369,6	255,4	766,7	1022,1	0,3	0,8	1,0	2577,4
Březen	31	744	4	215,4	2564,5	48,5	577,1	362,8	3141,6	282,7	1518,7	1801,4	0,6	0,6	1,0	1982,8	1982,8
Duben	30	720	9		1706,2		384,0	351,1	2090,2	273,6	1989,0	273,6	1989,0	2262,6	1,1	0,5	1,0
Květen	31	744	14,6	215,4	865,5	48,5	194,8	362,8	1060,3	282,7	2600,3	2883,0	2,7	0,3	1,0	276,7	276,7
Červen	30	720	17		465,3		104,7	351,1	570,0	273,6	273,6	273,6	2518,4	2792,0	4,9	0,2	1,0
Červenec	31	744	18,2	215,4	288,5	48,5	64,9	272,1	353,4	282,7	2557,3	2840,0	8,0	0,1	1,0	37,0	37,0
Srpen	31	744	18,8		192,3		43,3	272,1	235,6	282,7	235,6	282,7	2393,3	2676,0	11,4	0,1	1,0
Září	30	720	13,8	215,4	961,7	48,5	216,4	351,1	1178,1	273,6	1746,0	2019,6	1,7	0,4	1,0	425,0	425,0
Říjen	31	744	9,4		1699,0		382,3	362,8	2081,3	282,7	1224,8	282,7	1224,8	1507,5	0,7	0,6	1,0
Listopad	30	720	4	215,4	2481,8	48,5	558,5	351,1	3040,3	273,6	486,7	760,3	0,3	0,8	1,0	2426,4	2426,4
Prosinec	31	744	-0,5		3285,8		739,4	362,8	4025,2	282,7	363,6	282,7	363,6	646,3	0,2	0,9	1,0

14.5 Příloha 5 postup výpočtu

14.5.1 Model 1

měsíc	počet dnů	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním	Potřeba tepla na teplou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná	
																$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
	n	n_h	t	H_T [W.K ⁻¹]	$Q_{H,tr}$ [kWh]	H_V [W.K ⁻¹]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,or,TV}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	Y_h [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$a_{h,red}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
Leden	31	744	-1	105,7	1652,0	4,8	75,7	362,8	1727,8	282,7	261,8	544,5	0,3	0,8	1,0	1303,8	1303,8	
Únor	28	672	1		1350,1		61,9	327,7	1412,0	255,4	297,4	552,8	0,4	0,7	1,0	1,0	1004,4	1004,4
Březen	31	744	4		1258,7		57,7	362,8	1316,4	282,7	560,8	843,5	0,6	0,6	1,0	1,0	787,4	787,4
Duben	30	720	9		837,4		38,4	351,1	875,8	273,6	685,0	958,6	1,1	0,5	1,0	1,0	404,4	404,4
Květen	31	744	14,6		424,8		19,5	362,8	444,3	282,7	808,0	1090,7	2,5	0,3	1,0	1,0	120,3	120,3
Červen	30	720	17		228,4		10,5	351,1	238,9	273,6	738,3	1011,9	4,2	0,2	1,0	1,0	41,5	41,5
Červenec	31	744	18,2		141,6		6,5	272,1	148,1	282,7	780,4	1063,1	7,2	0,1	1,0	1,0	16,0	16,0
Srpen	31	744	18,8		94,4		4,3	272,1	98,7	282,7	787,4	1070,2	10,8	0,1	1,0	1,0	7,2	7,2
Září	30	720	13,8		472,0		21,6	351,1	493,7	273,6	646,2	919,8	1,9	0,4	1,0	1,0	163,4	163,4
Říjen	31	744	9,4		833,9		38,2	362,8	872,1	282,7	481,7	764,5	0,9	0,5	1,0	1,0	452,5	452,5
Listopad	30	720	4		1218,1		55,8	351,1	1273,9	273,6	173,8	447,4	0,4	0,8	1,0	1,0	934,6	934,6
Prosinec	31	744	-0,5		1612,7		73,9	362,8	1686,7	282,7	124,5	407,3	0,2	0,8	1,0	1,0	1351,6	1351,6

14.5.2 Model 2

měsíc	počet dnu	počet hod	Střední venkovní teplota	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy	Potřeba tepla prostupem	Měrný tepelný tok větráním celé budovy	Potřeba tepla větráním	Potřeba tepla na teplou vodu	Celková potřeba tepla	Vnitřní tepelné zisky	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky celkem	Bilanční poměr pro režim vytápění	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění	Redukční faktor na přerušené vytápění	Potřeba tepla	Potřeba tepla realná	
																$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
	n	n_h	t	H_T [W.K ⁻¹]	$Q_{H,tr}$ [kWh]	H_V [W.K ⁻¹]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,or,TV}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	Y_h [-]	$\eta_{H,gn}$ [-]	$a_{h,red}$ [-]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]	
Leden	31	744	-1	169,8	2652,4	4,8	75,7	362,8	2728,1	282,7	476,2	759,0	0,3	0,8	1,0	2125,6	2125,6	
Únor	28	672	1		2167,6		61,9	327,7	2229,5	255,4	576,5	831,8	0,4	0,7	1,0	1,0	1613,7	1613,7
Březen	31	744	4		2020,9		57,7	362,8	2078,6	282,7	1117,5	1400,2	0,7	0,6	1,0	1,0	1226,3	1226,3
Duben	30	720	9		1344,5		38,4	351,1	1382,9	273,6	1416,4	1690,0	1,2	0,5	1,0	1,0	607,8	607,8
Květen	31	744	14,6		682,0		19,5	362,8	701,5	282,7	1798,5	2081,2	3,0	0,3	1,0	1,0	168,6	168,6
Červen	30	720	17		366,7		10,5	351,1	377,2	273,6	1718,9	1992,5	5,3	0,2	1,0	1,0	56,1	56,1
Červenec	31	744	18,2		227,3		6,5	272,1	233,8	282,7	1750,6	2033,3	8,7	0,1	1,0	1,0	22,1	22,1
Srpen	31	744	18,8		151,6		4,3	272,1	155,9	282,7	1679,5	1962,2	12,6	0,1	1,0	1,0	10,4	10,4
Září	30	720	13,8		757,8		21,6	351,1	779,5	273,6	1277,3	1550,9	2,0	0,3	1,0	1,0	251,5	251,5
Říjen	31	744	9,4		1338,8		38,2	362,8	1377,1	282,7	931,1	1213,8	0,9	0,5	1,0	1,0	719,5	719,5
Listopad	30	720	4		1955,7		55,8	351,1	2011,5	273,6	358,5	632,1	0,3	0,8	1,0	1,0	1523,2	1523,2
Prosinec	31	744	-0,5		2589,2		73,9	362,8	2663,2	282,7	265,3	548,0	0,2	0,8	1,0	1,0	2202,8	2202,8

14.5.3 Model 3

měsíc	počet dnu [den]	počet hod [hod]	Střední venkovní teplota [°C]	Měrný tepelný tok prostupem celé budovy [W.K ⁻¹]	Potřeba tepla prostupem [kWh]	Měrný tepelný tok větráním celé budovy [W.K ⁻¹]	Potřeba tepla větráním [kWh]	Q _{geot,TV} [kWh]	Celková potřeba tepla [kWh]	Vnitřní tepelné zisky [kWh]	Solární tepelné zisky [kWh]	Teplelné zisky celkem [kWh]	Bilanční poměr pro režim vytápění [·]	Faktor využitelnosti tep. zisků pro vytápění [·]	Redukční faktor na přerušené vytápění [·]	Potřeba tepla [kWh]	Potřeba tepla realná [kWh]
Leden	31	744	-1	3365,9	75,7	362,8	3441,7	282,7	603,8	886,6	0,3	0,8	1,0	2728,7	2728,7		
Únor	28	672	1	2750,6	61,9	327,7	2812,5	255,4	766,7	1022,1	0,4	0,7	1,0	2053,2	2053,2		
Březen	31	744	4	2564,5	57,7	362,8	2622,2	282,7	1518,7	1801,4	0,7	0,6	1,0	1538,4	1538,4		
Duben	30	720	9	1706,2	38,4	351,1	1744,6	273,6	1989,0	2262,6	1,3	0,4	1,0	744,6	744,6		
Květen	31	744	14,6	865,5	19,5	362,8	885,0	282,7	2600,3	2883,0	3,3	0,2	1,0	199,6	199,6		
Červen	30	720	17	465,3	10,5	351,1	475,8	273,6	2518,4	2792,0	5,9	0,1	1,0	65,5	65,5		
Červenec	31	744	18,2	288,5	6,5	272,1	295,0	282,7	2557,3	2840,0	9,6	0,1	1,0	25,9	25,9		
Srpen	31	744	18,8	192,3	4,3	272,1	196,7	282,7	2393,3	2676,0	13,6	0,1	1,0	12,4	12,4		
Září	30	720	13,8	961,7	21,6	351,1	983,3	273,6	1746,0	2019,6	2,1	0,3	1,0	312,7	312,7		
Říjen	31	744	9,4	1699,0	38,2	362,8	1737,2	282,7	1224,8	1507,5	0,9	0,5	1,0	917,8	917,8		
Listopad	30	720	4	2481,8	55,8	351,1	2537,6	273,6	486,7	760,3	0,3	0,8	1,0	1945,6	1945,6		
Prosinec	31	744	-0,5	3285,8	73,9	362,8	3359,7	282,7	363,6	646,3	0,2	0,8	1,0	2812,3	2812,3		

14.6 Příloha 6 kalkulace ceny

14.6.1 Modelové budovy podle doporučených hodnot pro novostavby

Doporučené hodnoty pro novostavby							
Modelová budova		20%		50%		75%	
	Typ konstrukce	plocha [m ²]	cena	plocha [m ²]	cena	plocha [m ²]	cena
Obvodová stěna	Omítka Weber pastová omítka	216,08	20 527,60 Kč	135,92	12 912,40 Kč	135,92	12 912,40 Kč
	Lepidlo Cemix 115	216,08	5 185,92 Kč	135,92	3 262,08 Kč	135,92	3 262,08 Kč
	Perlinka Vertex R 131	216,08	4 321,60 Kč	135,92	2 718,40 Kč	135,92	2 718,40 Kč
	Fasádní polystyren DEK EPS 70F	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč
	Cihla POROTHERM 44 EKO+ PROFI	216,08	259 296,00 Kč	135,92	163 104,00 Kč	135,92	163 104,00 Kč
	Železobeton	95,04	189 129,60 Kč	95,04	189 129,60 Kč	27,54	54 804,60 Kč
střecha	Minerální vata ISOVER UNI 240mm	95,04	26 611,20 Kč	95,04	26 611,20 Kč	27,54	7 711,20 Kč
	Sadrokartonová deska RIGIPS RB	95,04	7 223,04 Kč	95,04	7 223,04 Kč	27,54	2 093,04 Kč
Okna	2,4x2m	8	88 000,00 Kč	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč
	2x2m	4	24 000,00 Kč	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč
	3x2,6m	0	0,00 Kč	6	108 000,00 Kč	6	108 000,00 Kč
	2,3x2,6m	0	0,00 Kč	12	108 000,00 Kč	12	108 000,00 Kč
	2x2m	0	0,00 Kč	4	36 000,00 Kč	4	36 000,00 Kč
	9x7,5m	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč	1	200 000,00 Kč
Cena celkem [kč]			624 295 Kč		656 961 Kč		698 606 Kč

14.6.2 Modelové budovy podle doporučených hodnot pro pasivní domy

Doporučené hodnoty pro pasivní domy							
Modelová budova		20%		50%		75%	
	Typ konstrukce	plocha [m ²]	cena	plocha [m ²]	cena	plocha [m ²]	cena
Obvodová stěna	Omítka Weber pastová omítka	216,08	20 527,60 Kč	135,92	12 912,40 Kč	135,92	12 912,40 Kč
	Lepidlo Cemix 115	216,08	5 185,92 Kč	135,92	3 262,08 Kč	135,92	3 262,08 Kč
	Perlinka Vertex R 131	216,08	4 321,60 Kč	135,92	2 718,40 Kč	135,92	2 718,40 Kč
	Fasádní polystyren DEK EPS 70F	216,08	44 512,48 Kč	135,92	27 999,52 Kč	135,92	27 999,52 Kč
	Cihla POROTHERM 44 EKO+ PROFI	216,08	259 296,00 Kč	135,92	163 104,00 Kč	135,92	163 104,00 Kč
	Železobeton	95,04	189 129,60 Kč	95,04	189 129,60 Kč	27,54	54 804,60 Kč
střecha	Minerální vata ISOVER UNI 400mm	95,04	44 098,56 Kč	95,04	26 611,20 Kč	27,54	7 711,20 Kč
	Sadrokartonová deska RIGIPS RB	95,04	7 223,04 Kč	95,04	44 098,56 Kč	27,54	12 778,56 Kč
Okna	2,4x2m	8	88 000,00 Kč	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč
	2x2m	4	24 000,00 Kč	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč
	3x2,6m	0	0,00 Kč	6	108 000,00 Kč	6	108 000,00 Kč
	2,3x2,6m	0	0,00 Kč	12	108 000,00 Kč	12	108 000,00 Kč
	2x2m	0	0,00 Kč	4	36 000,00 Kč	4	36 000,00 Kč
	9x7,5m	0	0,00 Kč	0	0,00 Kč	1	200 000,00 Kč
Cena celkem [kč]			686 295 Kč		721 836 Kč		737 291 Kč