

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**NÍZKOENERGETICKÉ A PASIVNÍ BUDOVY**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Bakalářská práce řeší návrh a srovnání několika výpočtových modelů s rozdílnou konstrukcí a rozdílnými požadavky na vlastnosti obvodových stěn. Pro dané modely jsou vypočteny potřeby tepla na ohřev vody, na vytápění, a toto množství je porovnáváno s jednotlivými cenami konstrukce. Zároveň srovnává úspornost energií jednotlivých modelů a z vybraných zdrojů tepla a k nim vypočítaným hodnotám roční spotřeby energií stanovuje návratnost investic.

Bachelor thesis is focused on suggesting and comparing of several calculation models of buildings with different type of construction or different requests for their wall properties. Requests of heat for warming up utility water and heating are calculated and compared with prices of construction. There is also comparison of ability to save energy between models. From chosen types of heating devices and their values of year-safe-ability of energy is specified return of investments.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Nízkoenergetické a pasivní budovy“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Vavříčky, Ph.D., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 19.6.2015

Jan Sukdol

## Obsah

1.	ÚVOD.....	9
2.	VÝPOČTOVÝ MODEL A STANOVENÍ OKOLNÍCH PODMÍNEK.....	10
2.1	Rozdělení modelů podle kritérií pro součinitele prostupu tepla.....	11
2.2	Model pro masivní konstrukci.....	11
2.2.1	Obvodové stěny, okna a dveře .....	13
2.2.2	Strop.....	14
2.2.3	Podlaha.....	14
2.3	Model pro dřevostavbu .....	15
2.3.1	Obvodové stěny, okna a dveře .....	15
2.3.2	Strop.....	15
2.3.3	Podlaha.....	16
2.4	Stanovení součinitele prostupu tepla .....	16
3	TEPELNÉ ZTRÁTY .....	20
3.1	Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty .....	20
3.2	Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem .....	20
3.3	Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním .....	22
3.4	Výsledné hodnoty.....	24
4	TEPELNÉ ZISKY .....	25
4.2	Tepelný tok solárními zisky .....	26
4.2.1	Parametry a výpočty tepelného toku solárními zisky .....	26
4.2.2	Výsledné hodnoty tepelného toku solárními zisky .....	29
4.3	Celkové tepelné zisky .....	30
5	STANOVENÍ POTŘEBY TEPLA.....	31
5.1	Stanovení vnitřní tepelné kapacity budovy .....	31
5.2	Stanovení referenční časové konstanty a bezrozměrného číselného parametru.....	31
5.3	Výpočet množství přeneseného tepla .....	32
5.4	Výpočet bilančního poměru a stanovení faktoru využitelnosti zdrojů .....	34
5.5	Stanovení celkové potřeby tepla na vytápění.....	35
5.6	Stanovení měrné potřeby tepla na vytápění .....	36
5.7	Stanovení celkové potřeby tepla na ohřev vody.....	37
5.8	Srovnání potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody .....	38
5.8.1	Srovnání pro NED .....	38
5.8.2	Srovnání pro PDh .....	40
5.8.3	Srovnání pro PDs.....	41
5.8.4	Výpočet potřeby teplé vody při uvažování snížení potřeby tepla pro ohřev TV během letních měsíců topení .....	42

6	NÁKLADY.....	44
6.1	Orientační cena materiálu za stavbu modelu.....	44
6.2	Cena zařízení pro vytápění.....	46
6.2.1	Tepelné čerpadlo .....	47
6.2.2	Plynový kondenzační kotel .....	47
6.2.3	Elektrokotel.....	48
6.3	Stanovení ceny energií.....	48
6.3.1	Stanovení roční sazby energií pro ohřev TV při použití tepelného čerpadla .....	48
6.3.2	Stanovení roční sazby energií pro ohřev TV při použití plynového kondenzačního kotle, nebo elektrokotle .....	49
6.3.3	Stanovení roční sazby energií za vytápění při použití tepelného čerpadla.....	49
6.3.4	Stanovení roční sazby energií za vytápění při použití plynového kondenzačního kotle, nebo elektrokotle .....	49
6.3.5	Stanovení roční sazby energií pro chod domácnosti.....	50
6.4	Návratnost investic .....	51
6.3.1	Návratnosti investic pro NED bez využití solárních kolektorů .....	51
6.3.2	Návratnosti investic pro NED s využitím solárních kolektorů.....	54
6.3.3	Návratnost investic pro PDh s využitím solárních kolektorů.....	57
6.3.4	Návratnost investic pro PDs.....	60
7	ZÁVĚR.....	64
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	65
9	PŘÍLOHY .....	67

## SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

Značka	Veličina	Rozměr
$U_{rec,20}$	doporučená hodnota prostupu tepla konstrukcí	$W/m^2.K$
$U_{pas,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla konstrukcí pro pasivní budovy	$W/m^2.K$
$\lambda$	součinitel prostupu tepla	$W/m.K$
$S_o$	tloušťka obvodové stěny	mm
$S_s$	tloušťka stropní části	mm
$S_p$	tloušťka podlahové části konstrukce	mm
$U_k$	součinitel prostupu tepla neprůsvitné části konstrukce	$W/m^2.K$
$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	$W/m^2.K$
$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla na venkovní straně	$W/m^2.K$
$\lambda_n$	součinitel tepelné vodivosti n-té stavební konstrukce	$W/m.K$
$S_n$	tloušťka stěny n-té stavební konstrukce	m
$U_{okna}$	součinitel prostupu tepla průsvitné části konstrukce	$W/m^2.K$
$U_{skla}$	součinitel prostupu tepla zasklením	$W/m^2.K$
$U_{rámu}$	součinitel prostupu tepla rámu	$W/m^2.K$
$S_{skla}$	plocha zasklení	$m^2$
$S_{rámu}$	plocha rámu	$m^2$
$l_{skla}$	viditelný obvod zasklení	m
$\psi_{skla}$	lineární činitel prostupu tepla zasklením a rámu okna	$W/m.K$
$a_o$	délka okna	m
$b_o$	šířka okna	m
$x$	výška rámu	m
$h_d$	výška dveří	m

$w_d$	šířka dveří	m
$d_t$	celková ekvivalentní tloušťka podlahy	m
$w$	celková tloušťka stěny obsahující všechny vrstvy	m
$\lambda_{zeminy}$	tepelná vodivost zeminy	W/m.K
$U_{podlahy}$	součinitel prostupu tepla podlahou stanovený při uvažovaném součiniteli přestupu tepla pro venkovní prostředí	W/m <sup>2</sup> .K
$U_{podlahy}^*$	součinitel prostupu tepla přilehlou zeminou	W/m <sup>2</sup> .K
$B'$	charakteristický parametr	-
$\phi$	celková měrná tepelná ztráta	W
$\phi_T$	návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru	W
$\phi_{Vi}$	návrhová tepelná ztráta větráním prostoru	W
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy	W/K
$H_{T,iue}$	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem	W/K
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy	W/K
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru	W/K
$\theta_{int,i}$	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru	°C
$\theta_e$	výpočtová venkovní teplota	°C
$\theta_{ep}$	střední teplota	°C
$\Delta\theta_{er}$	průměrný rozdíl venkovní teploty vzduchu a zdánlivé teploty oblohy	°C
$e_{k,eI}$	korekční součinitele vystavení povětrnostním vlivům	-
$\psi_l$	činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu	W/m.K
$l_l$	délka lineárního tepelného mostu mezi vnitřním a vnějším prostředím	m
$S_{podlahy}$	plocha podlahy	m <sup>2</sup>
$O_{podlahy}$	obvod uvažované podlahové části	m



$G_w$	korekční činitel zohledňující vliv spodní vody	-
$A_g$	plocha uvažované podlahové konstrukce	$m^2$
$P$	obvod uvažované konstrukce	$m$
$\dot{V}_i$	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru	$m^3/s$
$\rho$	hustota vzduchu	$kg/m^3$
$c_p$	měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$	$kJ/kg.K$
$\eta_r$	účinnost rekuperační jednotky	-
$\dot{V}_{inf,i}$	množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti	$m^3/h$
$\dot{V}_{min,i}$	hygienické množství vzduchu ve vytápěné místnosti	$m^3/h$
$n_{min}$	minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu	$h^{-1}$
$\phi_a$	průměrný tepelný tok	$W/m^2$
$Q_{vz}$	výkon vnitřních zisků	$W$
$Q_{int,kWh,A}$	celkový vnitřní tepelný zisk objektu	$kWh$
$t$	délka uvažovaného časového úseku	$h$
$n$	počet dnů v měsíci	den
$n_{hod}$	počet hodin v měsíci	hod
$\phi_{sol,k}$	solární tepelný tok	$W$
$F_{sh,ob,k}$	korekce stínění na externí překážky	-
$A_{sol,k}$	účinná sběrná plocha s danou orientací a úhlem sklonu	$m^2$
$I_{sol,k}$	sluneční ozáření	$W/m^2$
$F_{r,k}$	vertikální faktor osálení	-
$\phi_{r,k}$	přídavný tepelný tok v důsledku sálení mezi oblohou a prvkem k	$W$
$F_{sh,gl}$	korekční činitel stínění	-
$g_{gl}$	celková propustnost průhlednými prvky konstrukce	-

$F_F$	podíl plochy rámu	-
$A_{q,p}$	celková pohledová plocha zaskleného prvku	$m^2$
$A_c$	pohledová plocha neprůhledné části	$m^2$
$F_w$	korekční činitel pro nerozptylující zasklení	-
$\alpha_{s,c}$	pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků konstrukce	-
$R_{se}$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu neprůhledné části	$K/W$
$U_c$	součinitel prostupu tepla neprůhledné části	$W/m^2.K$
$h_r$	součinitel přestupu tepla sáláním na vnější stěně	$W/m^2.K$
$C_m$	vnitřní tepelná kapacita budovy	$J/K$
$\tau$	výpočet časové konstanty budovy	$h$
$a_H$	bezrozměrný časový koeficient	-
$a_{H,0}$	bezrozměrný číselný parametr pro měsíční výpočtovou hodnotu	-
$\tau_{H,0}$	referenční časová konstanta	$h$
$Q_{H,gn}$	celkové tepelné zisky	$kWh$
$Q_{H,tr}$	celkové množství přeneseného tepla prostupem	$kWh$
$Q_{H,ve}$	celkové množství přeneseného tepla větráním	$kWh$
$Q_{H,ht}$	celkový přenos tepla	$kWh$
$Q_{H,nd}$	výsledná celková potřeba tepla	$kWh$
$Q_{TV}$	celková potřeba tepla na ohřev vody	$kWh$
$\gamma_H$	bezrozměrný bilanční poměr pro režim vytápění	-
$\eta_{H,gn}$	faktor využitelných tepelných zisků pro vytápění	-
$a_{H,red}$	redukční faktor na přerušené vytápění	-
$C_t$	měrná roční potřeba tepla	$kWh/m^2.rok$
$z$	ztrátový součinitel	-

$V_{2p}$	objem vody na osobu na den	$m^3/os.den$
$c_{vody}$	měrná tepelná kapacita vody	$J/kg.K$
$\theta_1$	počáteční teplota vody pro ohřev	$^{\circ}C$
$\theta_2$	požadovaná teplota vody po ohřevu	$^{\circ}C$
$n_{os}$	počet osob	-
$Q_{VYT,drevo}$	potřeba tepla pro vytápění - dřevostavba	kWh
$Q_{VYT,masiv}$	potřeba tepla pro vytápění – masivní konstrukce	kWh
$Q_{p,c}$	potřeba tepla při uvažování sezónních poklesů potřeby tepla	kWh
$Q_{ss,u}$	celkové množství energie ze solárních kolektorů	kWh
$Q_{sol}$	celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc	kWh
$Q_D$	spotřeba energie pro chod domácnosti	kWh
$q_{ss,u}$	měrné využití zisku solární soustavy	$kWh/m^2.rok$
SPF	sezónní faktor pro vytápění	-
$P_{TVT\check{C}}$	roční sazba za energii pro ohřev TV při použití tepelného čerpadla	Kč
$P_{oen}$	roční sazba za odebranou energii	$K\check{c}/MWh$
$P_{TVP}$	roční sazba za energii potřebnou pro ohřev TV při použití plynového kondenzačního kotle	Kč
$P_{opl}$	roční sazba za odebraný plyn	$K\check{c}/MWh$
$P_{TVE}$	roční sazba za energii potřebnou pro ohřev TV při použití elektrokotle	Kč
$P_{oel}$	roční sazba za odebranou elektrickou energii	$K\check{c}/MWh$
$P_{VYT,T\check{C}}$	roční sazba za vytápění při použití tepelného čerpadla	Kč
$P_{VYT,P}$	roční sazba za vytápění použitím plynového kondenzačního kotle	Kč
$P_{VYT,E}$	roční sazba za vytápění použitím elektrokotle	Kč
$P_{D,T\check{C}}$	roční sazba pro chod domácnosti při použití tepelného čerpadla	Kč
$P_{D,P}$	roční sazba pro chod domácnosti při použití plynového kondenzačního kotle	Kč

$P_{D,E}$	roční sazba pro chod domácnosti při použití elektrokotle	Kč
$P_C$	roční sazba za energie celkem	Kč
$P_Z$	pořizovací cena zařízení	Kč
$\eta_{el}$	účinnost elektrokotle	-
$\eta_{pl}$	účinnost plynového kotle	-
$\eta_{reg}$	účinnost regulace	-

## 1. ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je porovnání tří výpočtových modelů splňujících kritéria daná normou ČSN 73 0540-2 pro součinitele prostupu tepla odpovídající hodnotám požadovaným, doporučeným a doporučeným pro pasivní domy. Pro tyto hodnoty budou stanoveny tři výpočtové modely. Nízkoenergetický (dále NED), pasivní dům s horní dovolenou hodnotou (dále PDh) a pasivní dům se spodní dovolenou hodnotou (dále PDs). Dále porovnání jejich měrné roční potřeby tepla, závislosti splnění daných kritérií a jimi způsobený nárůst investic a množství stavebního materiálu. Stanovení vhodného způsobu vytápění s ohledem na jeho cenu, výkonnost, návratnost a rovněž porovnání výsledného poměru potřebného tepla pro vytápění a pro ohřev užitkové vody. Úspora energií je u pasivních domů i 2x větší než u NED, ale je opravdu výhodnější investovat do stavby větší částku a spoléhat na její návratnost ve formě úspor?

## 2. VÝPOČTOVÝ MODEL A STANOVENÍ OKOLNÍCH PODMÍNEK

Vzhledem k současnému trendu neustálého nárůstu cen energií a zvyšující se snahy o šetrnější zasahování do životního prostředí se tyto úsporné a ekonomicky výhodnější budovy stavějí stále častěji. Pasivní a Nízkoenergetické domy jsou technologicky pokročilé budovy s obrovským potenciálem a jsou takovým mezikrokem mezi současnou běžnou zástavbou a úspornějšími nulovými domy. Z hlediska konstrukce obálky budovy se zde jedná o použití moderních materiálů, jejich vhodnou kombinaci a využití tak maximálního izolačního potenciálu k minimalizování nežádoucích tepelných výměn s okolním prostředím. K dosažení těchto standardů je ale za potřebí splnění více kritérií nežli, pouze vhodná konstrukce. Velký vliv zde má i okolní prostředí, množství prosklení, jeho orientace a velkou měrou se zde projevuje i geometrie budovy. Nejprve je však zapotřebí definovat základní rozdíly mezi těmito konstrukcemi. Pro NED jsou nároky na prostupnost obálky podstatně nižší než pro domy pasivní. Je zde zapotřebí tudíž výkonnějšího zdroje tepla a úspornost je tedy o poznání nižší. Roční měrná potřeba tepla na vytápění u PD klesne oproti běžné stavbě až o 90% na hodnotu 20 kWh/m<sup>2</sup>.rok pro rodinné domy a v ostatních případech na hodnotu 15 kWh/m<sup>2</sup>.rok. Pro NED je maximální hodnota měrné roční potřeby tepla 50 kWh/m<sup>2</sup>.rok.

## 2.1 Rozdělení modelů podle kritérií pro součinitele prostupu tepla

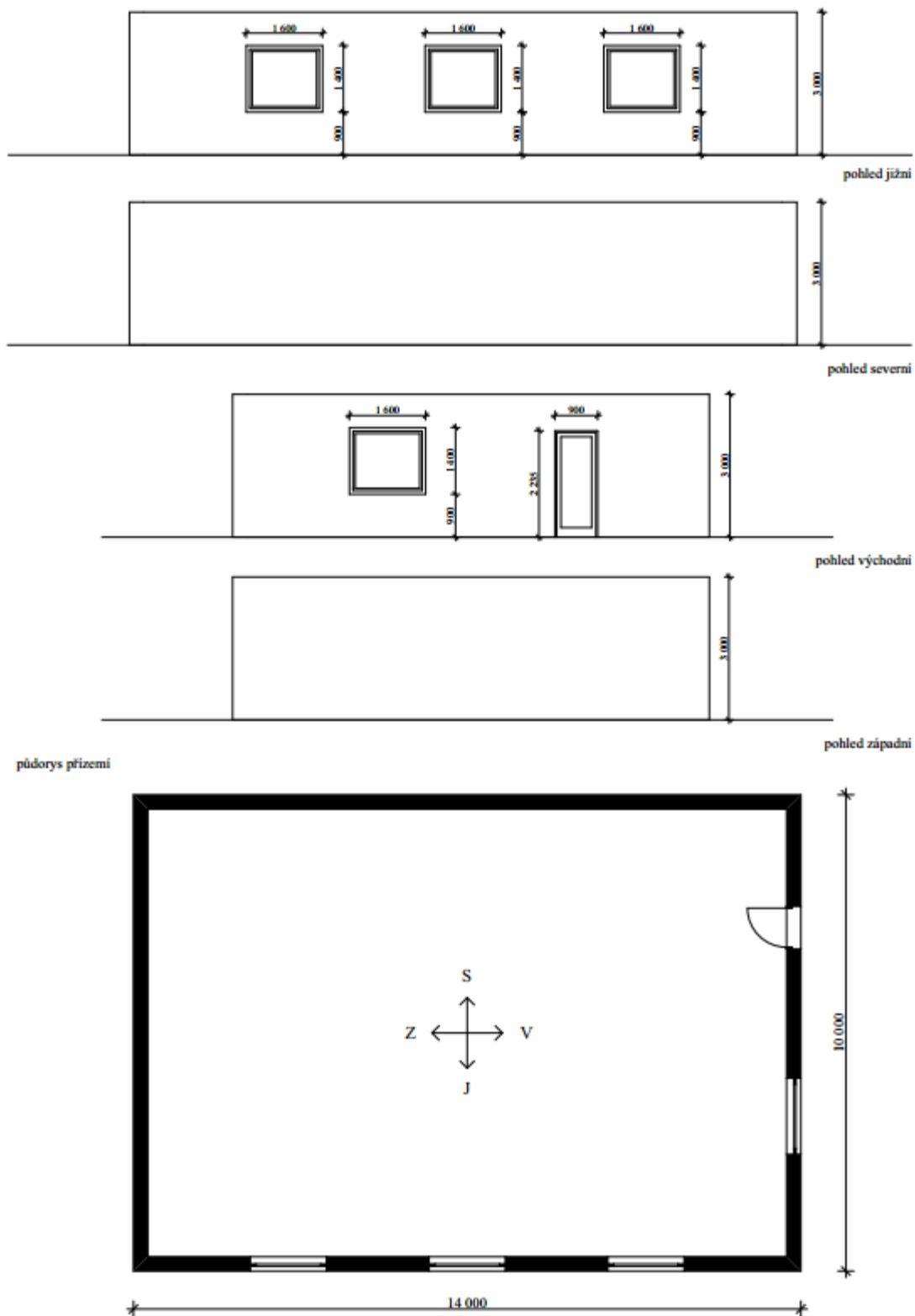
Hodnoty součinitelů tepla udává norma ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov. Pro tyto kritéria byly určeny tři výpočtové modely. Pro první model splňující nároky NED platí, že hodnota součinitele prostupu tepla pro všechny obvodové prvky konstrukce nepřesáhne doporučenou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_{rec,20}$ . Druhý model splňuje horní doporučené hodnoty pro pasivní budovy  $U_{pas,20}$  a třetí model doporučené spodní hodnoty pro pasivní budovy  $U_{pas,20}$  viz Tab. 2.1.

Popis konstrukce	Doporučené hodnoty	Horní doporučené hodnoty pro pasivní budovy	Spodní doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$U_{rec,20}$	$U_{pas,20}$	$U_{pas,20}$
Stěna vnější	těžká: 0,25	0,18	0,12
	lehká: 0,20		
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,2	0,15	0,1
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,3	0,22	0,15
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,2	0,8	0,6
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,2	0,9	

Tab.2.1 (Hodnoty součinitele prostupu tepla [ $W/m^2.K$ ])

## 2.2 Model pro masivní konstrukci

Celková výměra modelu je  $140m^2$ . Model je jednopodlažní s obdélníkovým půdorysem. Prosklené výplně otvorů jsou orientovány na jih a na východ. Výpočtový model neobsahuje žádné vnitřní stěny, viz Obr. 2.1.

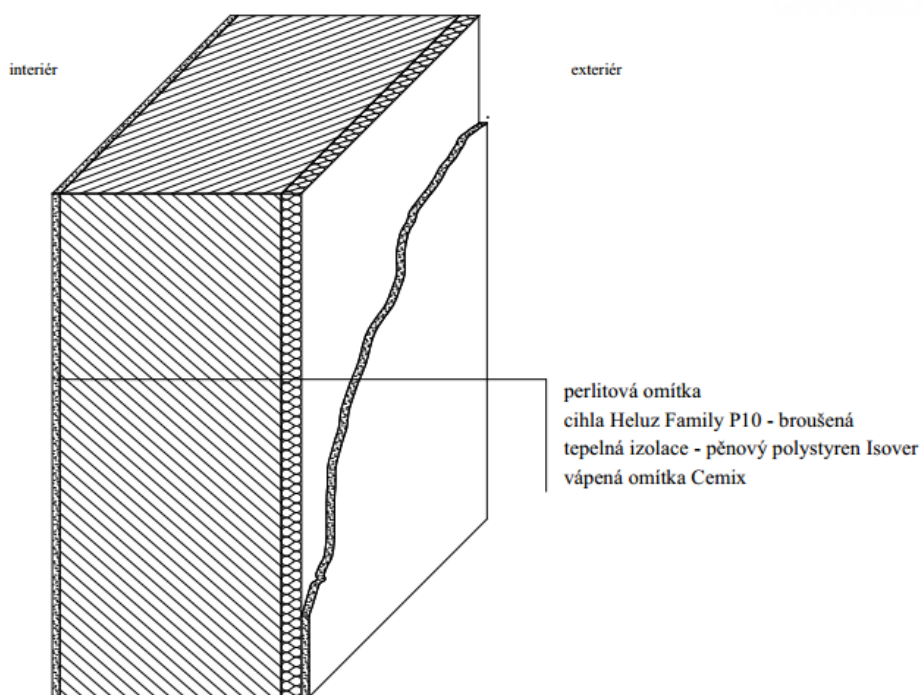


Obr. 2.1 (výpočtový model)



## 2.2.1 Obvodové stěny, okna a dveře

Pro jednotlivé kategorie NED a PD jsem navrhl model s masivní konstrukcí. Obvodová stěna tohoto modelu se skládá z vrstev vápenné omítky CEMIX, pěnového polystyrenu ISOVER, pálené cihly Heluz family broušená P10 a perlitové omítky. Jednotlivé parametry a použité tloušťky těchto materiálů pro jednotlivé varianty viz Tab. 2.2.1. Okna a dveře jsou z trojskla s plastovými rámy.



Obr. 2.2 (složení obvodové stěny masivní konstrukce)

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_o$ [m]	$S_o$ [m]	$S_o$ [m]
Masivní konstrukce -obvodové stěny	vápenná omítka Cemix	0,88	0,015	0,015	0,015
	perlitová omítka	0,1	0,015	0,015	0,015
	Pěnový polystyren ISOVER	0,04	0,04	0,1	0,2
	Heluz family broušená P10	0,16	0,44	0,44	0,44

Tab. 2.2(Vlastnosti materiálu použitého pro obvodovou stěnu masivní konstrukce)

## 2.2.2 Strop

Stropní konstrukce se skládá ze stropních dílců YTONG P3,3-600 a jako izolační vrstva je zde výrobek z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162. Jednotlivé parametry těchto materiálů viz Tab. 2.3.

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_s$ [m]	$S_s$ [m]	$S_s$ [m]
Masivní konstrukce - strop	stropní dílce YTONG P3,3-600	0,16	0,2	0,2	0,2
	Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162	0,041	0,15	0,22	0,35

Tab. 2.3 (Vlastnosti materiálu použitého v stropní konstrukci – masivní konstrukce)

## 2.2.3 Podlaha

Konstrukce podlahy se skládá z podkladního betonu, pěnového polystyren ISOVER a plovoucí podlahy. Jednotlivé parametry materiálů viz Tab. 2.4.

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_p$ [m]	$S_p$ [m]	$S_p$ [m]
Podlaha-masivní konstrukce	Plovoucí podlaha	0,25	0,01	0,01	0,01
	pěnový polystyren ISOVER	0,04	0,11	0,16	0,25
	Podkladní beton	1,1	0,5	0,6	0,6

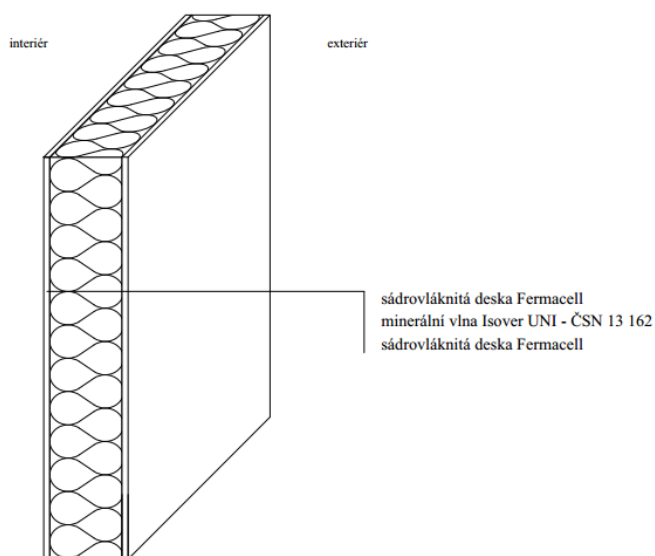
Tab. 2.4 (Vlastnosti materiálu použitého v podlaze - masivní konstrukce)

## 2.3 Model pro dřevostavbu

Celková výměra modelu je jako u masivní konstrukce 140 m<sup>2</sup>. Okna jsou orientována na jih a na východ.

### 2.3.1 Obvodové stěny, okna a dveře

Obvodová stěna se skládá ze sádrovláknité desky fermacell a izolace v podobě výrobku z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162 značky ISOVER UNI viz Tab. 2.5. Okna a dveře jsou z trojskla a plastového rámu.



Obr. 2.3 (složení obvodové stěny dřevostavby)

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_o$ [m]	$S_o$ [m]	$S_o$ [m]
Dřevostavba - obvodové stěny	Sádrovláknitá deska fermacell	0,32	0,01	0,018	0,018
	Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162 (Vnější izolace, střední a vnější) ISOVER UNI	0,035	0,18	0,2	0,3

Tab. 2.5 (Vlastnosti materiálu použitého pro obvodové stěny - dřevostavba)

### 2.3.2 Strop

Strop dřevostavby se skládá z OSB desky o tloušťce 25 mm a pěnového polystyrenu ISOVER viz Tab. 2.6

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_s$ [m]	$S_s$ [m]	$S_s$ [m]
Dřevostavba - strop	OSB deska 25mm	0,13	0,018	0,025	0,025
	Pěnový polystyren ISOVER	0,04	0,19	0,25	0,35

Tab. 2.6 (Vlastnosti materiálu použitého v stropní konstrukci - dřevostavba)

### 2.3.3 Podlaha

Složení podlahy pro dřevostavbu je totožné s podlahovou konstrukcí masivní konstrukce viz Tab. 2.7.

Část konstrukce	Zvolený materiál	$\lambda$	Tloušťka vrstvy pro nízkoenergetickou variantu	Tloušťka vrstvy pro PD horní hodnota	Tloušťka vrstvy pro PD spodní hodnota
		[W/m.K]	$S_p$ [m]	$S_p$ [m]	$S_p$ [m]
Podlahová konstrukce - dřevostavba	Plovoucí podlaha	0,25	0,01	0,01	0,01
	pěnový polystyren ISOVER	0,04	0,11	0,16	0,25
	Podkladní beton	1,1	0,5	0,6	0,6

Tab. 2.7. (Vlastnosti materiálů použitých v podlahové konstrukci - dřevostavba)

## 2.4 Stanovení součinitele prostupu tepla

Výpočet součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé neprůsvitné části konstrukce byl proveden dle normy ČSN EN ISO 6946

$$U_k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{W/m}^2.\text{K}] \quad (1)$$

kde:

- $\alpha_i$  je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně (internal) [W/m<sup>2</sup>.K]
- $\alpha_e$  součinitel přestupu tepla na venkovní straně (external) [W/m<sup>2</sup>.K]
- $\lambda_n$  součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce [W/m.K]
- $s_n$  tloušťka stěny n-té stavební konstrukce [m]

Podle ČSN 06 0210 se uvažuje pro vnější stěny  $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2.\text{K}$  a  $\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2.\text{K}$ . Stejným způsobem byla vypočtena hodnota součinitele prostupu tepla pro podlahu, viz

Tab. 2.9. Výpočet součinitele prostupu tepla průsvitné části (jednoduchá okna se zasklením jednoduchým a vícenásobným) byl proveden dle normy ČSN EN ISO 10 077-1.

$$U_{okna} = \frac{\sum S_{skla} \cdot U_{skla} + \sum S_{rámu} \cdot U_{rámu} + \sum l_{skla} \cdot \psi_{skla}}{\sum S_{skla} + \sum S_{rámu}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (2)$$

kde:

$S_{skla}$  je plocha zasklení [ $\text{m}^2$ ]

$S_{rámu}$  je plocha rámu [ $\text{m}^2$ ]

$U_{skla}$  součinitel prostupu tepla zasklením [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]

$U_{rámu}$  součinitel prostupu tepla rámu [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]

$l_{skla}$  viditelný obvod zasklení [ $\text{m}$ ]

$\psi_{skla}$  lineární činitel prostupu tepla zasklením a rámu okna [ $\text{W/m} \cdot \text{K}$ ]

$U_{okna}$  součinitel prostupu tepla okna [ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]

Podle normy ČSN EN ISO 10 077-1 uvažujeme pro výpočet hodnot typ rámu plastový a typ zasklení dvojsklo nebo trojsklo, nepokované sklo plněné vzduchem nebo plynem s hodnotou  $\psi_{skla} = 0,06 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Byly zvoleny následující parametry okna, viz Tab. 2.8.

Parametry oken a dveří							
délka okna ( $a_o$ )	výška okna ( $b_o$ )	$U_{skla}$	$U_{rámu}$	výška rámu ( $x$ )	$\psi_{okna}$	výška dveří ( $h_o$ )	šířka dveří ( $w_o$ )
[m]		[ $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ]		[m]	[ $\text{W/m} \cdot \text{K}$ ]	[m]	
1,6	1,4	1	1,3	0,04	0,06	2,235	0,9

Tab. 2.8 (Parametry prosklených částí konstrukce)

Celkový počet průhledných prvků obálky modelu jsou 4 okna a 1 dveře. Jejich orientace viz Obr. 2.1.

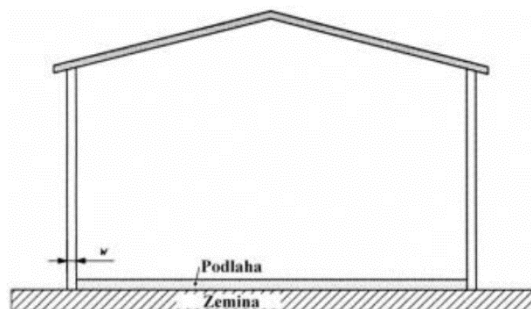
Pro výpočet součinitele prostupu tepla přilehlou zeminou je zapotřebí stanovit celkovou ekvivalentní tloušťku podlahy podle vztahu:

$$d_t = w + \lambda_{zeminy} \cdot U_k \quad [\text{m}] \quad (3)$$

kde:

$d_t$  celková ekvivalentní tloušťka podlahy [m]

$w$  je celková tloušťka obvodové stěny obsahující všechny vrstvy [m]  
 $\lambda_{zeminy}$  tepelná vodivost zeminy [W/m.K]



Obr. 2.4(schéma podlahy na zemině)

Pro danou situaci byla zvolena hodnota Tepelné vodivosti  $\lambda_{zeminy} = 2,0$  dle ČSN EN ISO 13 370 pro pískové a šterkové podloží.

Vzhledem k tomu, že ekvivalentní tloušťky dílčích modelů nejsou v žádném z případů menší než hodnota charakteristického parametru  $B'$ , platí pak pro součinitele prostupu přilehlou zeminou vztah:

$$U_{podlahy*} = \frac{\lambda_{zeminy}}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad [\text{W/m}^2.\text{K}] \quad (4)$$

Výsledné hodnoty  $U_{podlahy*}$  jsou uvedeny, viz Tab. 2.9. Na první pohled je patrné, že hodnoty součinitelů prostupu tepla přilehlou zeminou vycházejí nižší než výpočtem přes součinitel prostupu tepla pro venkovní prostředí.

Pro jednotlivé součinitele prostupu tepla byly stanoveny následující hodnoty.

Části konstrukce	součinitel prostupu tepla pro NED masivní konstrukce	součinitel prostupu tepla pro NED dřevostavbu	součinitel prostupu tepla pro PDh masivní konstrukce	součinitel prostupu tepla pro PDh dřevostavbu	součinitel prostupu tepla pro PDd masivní konstrukce	součinitel prostupu tepla pro PDd dřevostavbu
	U <sub>k</sub> [W/m <sup>2</sup> .K]					
vnější stěny	0,245	0,186	0,179	0,167	0,124	0,113
strop	0,197	0,197	0,147	0,150	0,100	0,109
podlaha	0,292	0,292	0,210	0,210	0,142	0,142
podlaha*	0,198	0,198	0,155	0,155	0,114	0,114
okna	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183	1,183
dveře	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191

Tab. 2.9 (Hodnoty součinitele prostupu tepla)

Výpočet součinitele prostupu tepla přilehlou zeminou je dle ČSN EN ISO 13 370 a takto vypočtené hodnoty (označeno jako podlaha\*) je možné použít přímo do výpočtu tepelných ztrát přilehlou zeminou, ale nelze je srovnávat s požadovanými hodnotami dle ČSN 73 0540-2 kdy jsou tyto součinitele vypočítány tak, že na vnější straně podlahy není přilehlá zemina, ale uvažuje se součinitel přestupu tepla pro venkovní prostředí (označeno jako podlaha). Pro srovnání jsou hodnoty uvedeny, viz Tab. 2.9. Volbou vhodného materiálu a jeho tloušťky bylo dosaženo hodnot přibližným hodnotám stanovených normou ČSN 73 0540-2. Jedním z rozdílů mezi modelem z masivní konstrukce a dřevostavby je v tomto ohledu volba mezi lehkou a těžkou konstrukcí, která upravuje dovolenou hodnotu součinitele prostupu tepla pro NED  $U_{rec,20}$

### 3 TEPELNÉ ZTRÁTY

Hodnota tepelných ztrát byla stanovena dle ČSN EN 12831. Vnější navrhované rozměry byly určeny jako výpočtové.

#### 3.1 Výpočet celkové návrhové tepelné ztráty

$$\phi = \phi_T + \phi_{Vi} \quad [\text{W}] \quad (5)$$

kde:

$\phi_T$  je návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W]

$\phi_{Vi}$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W]

$\phi$  celková měrná tepelná ztráta [W]

#### 3.2 Výpočet návrhové tepelné ztráty prostupem

$$\phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} + \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (6)$$

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]

$\theta_{int,i}$  výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]

$\theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

Pro tento modelový výpočet byla výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru  $\theta_{int,i} = 20^\circ\text{C}$  a výpočtová venkovní teplota  $\theta_e = -12^\circ\text{C}$ . Jelikož neuvažujeme v tomto případě žádné vnitřní stěny, je hodnota součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem  $H_{T,iue} = 0$  a současně i součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu  $H_{T,ij}=0$ .

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostředí do venkovního prostředí pláštěm budovy, tj. stěnami, podlahou dveřmi a okny platí:



$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

kde:

- $A_k$  je plocha stavební části (plocha bez otvorů) [m<sup>2</sup>]
- $e_k, e_l$  korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
- $\psi_l$  činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/m.K]
- $l_l$  délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m]

Pro zjednodušení výpočtu neuvažujeme tepelné mosty v konstrukci, proto hodnoty  $l_l$  a  $\psi_l$  ve výpočtu zanedbáme.

Zjednodušený vzorec tedy bude:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (8)$$

Korekční činitele  $e_k$  a  $e_l$  jsou stanoveny na národní úrovni. Dle normy ČSN EN 12831 je stanovena základní hodnota pro korekční činitel  $e_k = 1,0$ .

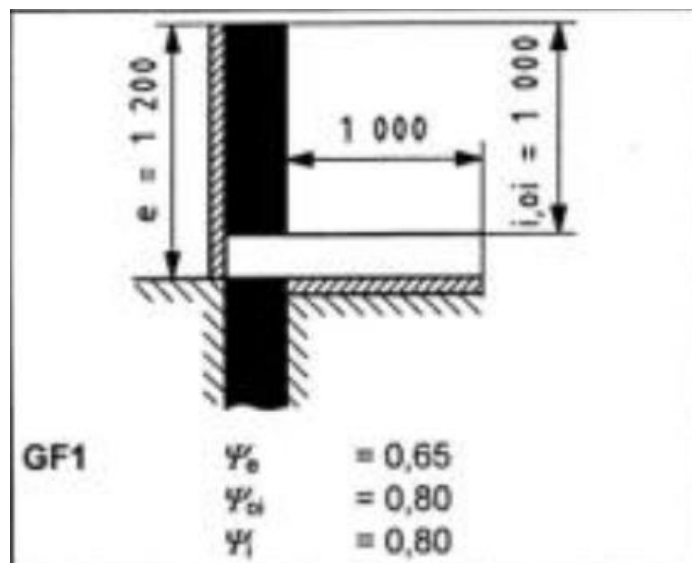
Pro stanovení výsledné tepelné ztráty přenosem byl použit následující vztah:

$$H_{T,ig} = \left[ S_{podlahy} \cdot \left( U_{podlahy*} + \frac{2 \cdot \psi_{g,e}}{B} \right) + O_{podlahy} \cdot (\psi_g + \psi_{g,e}) \right] \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (9)$$

kde:

- $\psi_{g,e}$  je lineární činitel prostupu tepla zastupující napojení stěna/podlaha [W/m.K]
- $\psi_g$  lineární činitel prostupu tepla zastupující vliv okrajové izolace podlahy [W/m.K]
- $S_{podlahy}$  plocha podlahy [m<sup>2</sup>]
- $O_{podlahy}$  obvod uvažované konstrukce [m]
- $G_w$  korekční činitel zohledňující vliv spodní vody

Pro tento případ byla zvolena hodnota  $G_w = 1,00$  stanovená dle ČSN EN 128131 pro případ je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní základů větší než 1 m. Pro danou konstrukci byla hodnota lineárního činitele prostupu tepla zastupujícího okrajové izolace podlahy stanovena  $\psi_g = 0$  a hodnota  $\psi_{g,e} = 0,8$  byla stanovena dle Obr. 3.1.



Obr. 3.1 (podlaha na zemině)

Pro stanovení hodnoty součinitele prostupu tepla přilehlou zeminou, je zapotřebí stanovit charakteristický parametr  $B'$ .

$$B' = \frac{A_k}{0,5 \cdot O_{podlahy}} \quad (10)$$

Pro zadané rozměrové parametry výpočtového modelu byl stanoven charakteristický parametr:

$$B' = 5,833$$

### 3.3 Výpočet návrhové tepelné ztráty větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním je dle normy ČNS EN 12831 stanovena podle vztahu:

$$\phi_{Vi} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (11)$$

kde:

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

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

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (12)$$

kde:

$\dot{V}_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$\rho$  hustota vzduchu při  $\theta_{int,i}$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$c_p$  měrná tepelná kapacita vzduchu při  $\theta_{int,i}$  [ $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]

Pro dosažení nižších hodnot tepelných ztrát větráním byla do modelu zakomponována rekuperační jednotka. Pro výpočet návrhové tepelné ztráty větráním platí následující upravený vztah:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \cdot (1 - \eta_r) \quad [\text{W/K}] \quad (13)$$

kde:

$\eta_r$  je účinnost rekuperační jednotky [-]

Pro tyto výpočtové modely bylo zvoleno přirozené větrání, pro které platí vztah:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (14)$$

kde:

$\dot{V}_{inf,i}$  je množství vzduchu infiltrací ve vytápěné místnosti [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$\dot{V}_{min,i}$  hygienické množství vzduchu ve vytápěné místnosti [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

Množství infiltrovaného vzduchu bylo zanedbáno. Proto platí následující vztah:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{min,i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (15)$$

Pro hodnotu  $\dot{V}_{min,i}$  pak platí vztah:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (16)$$

kde:

$n_{min}$  je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V_i$  objem vytápěné místnosti (i) [ $\text{m}^3$ ]

Základní hodnota  $n_{min}$  pro obytnou místnost (základní) je stanovena dle národní hodnoty uvedené v ČSN EN 12831.

$$n_{min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$$

### 3.4 Výsledné hodnoty

Ze zadaných konstrukčních parametrů a podmínek pro okolní vzduch pro všechny varianty modelu, byla stanovena hodnota tepelné ztráty prostupem a větráním. Tabulky výpočtů viz přílohy 1-6 a Tab. 3.1.

	Tepelná ztráta prostupem	Tepelná ztráta větráním	Celková tepelná ztráta
Model	$\phi_T$	$\phi_{Vi}$	$\phi$
	[W]		
NED - masivní konstrukce	4379	339	4719
NED - dřevostavba	4128	339	4467
PDh - masivní konstrukce	3776	226	4002
PDh - dřevostavba	3735	226	3962
PDs - masivní konstrukce	3144	339	3483
PDs - dřevostavba	3137	339	3476

Tab. 3.1 (hodnoty tepelných ztrát prostupem)

Výsledné hodnoty tepelných ztrát klesají s rostoucími požadavky na součinitele prostupu tepla.

## 4 TEPELNÉ ZISKY

Tepelné zisky byly pro výpočtový model stanoveny dle ČSN EN ISO 13790 hodinovou metodou.

### 4.1 Vnitřní tepelné zisky

Pro výpočtový model byla stanovena hodnota průměrného tepelného toku

$$\phi_a = 4 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{vz} = A_k \cdot \phi_a \quad [\text{W}] \quad (17)$$

kde:

$Q_{vz}$  je výkon vnitřních zisků [W]

Pro jednoduchou hodinovou metodu pak platí vztah pro výpočet celkových vnitřních tepelných zisků:

$$Q_{int,kWh,A} = Q_{vz} \cdot t \quad [\text{kWh}] \quad (18)$$

kde:

$Q_{int,kWh,A}$  je celkový vnitřní tepelný zisk objektu o ploše (A) [kWh]

t délka uvažovaného časového úseku [h]

Výsledné hodnoty pro vnitřní tepelné zisky viz Tab 4.1

Měsíc	Počet dnů	Počet hod	Vnitřní tepelné zisky
	n	n <sub>hod</sub>	Q <sub>int,kWh,A</sub>
	[den]	[hod]	[kWh]
Leden	31	744	417
Únor	28	672	376
Březen	31	744	417
Duben	30	720	403
Květen	31	744	417
Červen	30	720	403
Červenec	31	744	417
Srpen	31	744	417
Září	30	720	403
Říjen	31	744	417
Listopad	30	720	403
Prosinec	31	744	417

Tab. 4.1 (Tepelné zisky stanovené hodinovou metodou)

## 4.2 Tepelný tok solárními zisky

### 4.2.1 Parametry a výpočty tepelného toku solárními zisky

Zásadní roli v této části výpočtu hraje geometrie modelu a orientace jeho průhledných a neprůhledných teplosběrných ploch. Parametry prosklených teplosběrných ploch viz Tab. 2.8. Vztahy pro výpočet teplotního toku solárními zisky pro výpočtový model byly stanoveny v souladu s normou ČSN EN ISO 13790.

$$\phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot l_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \phi_{r,k} \quad [\text{W}] \quad (19)$$

kde:

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

Korekce stínění na externí překážky	Vertikální faktor osálení mezi stavebním prvkem a oblohou
$F_{sh,ob,k}$	$F_{r,k}$
[-]	[-]
1	0,5

Tab. 4.2 (Parametry k výpočtu tepelného toku solárních zisků stavebních prvků  $\Phi_{sol,k}$ )

Parametr  $l_{sol,k}$  byl stanoven na základě národních hodnot, viz Tab. 4.3

Celková solární měsíční záření						
Měsíc	Počet dnů	Střední teplota	Celkové solární záření za měsíc			
	n	$\theta_{ep}$	$l_{sol,k}$			
			Sever	Jih	Východ	Západ
	[den]	[°C]	[kWh/m <sup>2</sup> ]			
Leden	31	-1,3	8	34	14	14
Únor	28	-0,1	13	51	26	26
Březen	31	3,7	25	74	47	47
Duben	30	8,1	36	86	74	74
Květen	31	13,3	49	87	87	87
Červen	30	16,1	52	76	90	90
Červenec	31	18	51	78	84	84
Srpen	31	17,9	42	96	80	80
Září	30	13,5	29	78	53	53
Říjen	31	8,3	19	74	39	39
Listopad	30	3,2	9	45	18	18
Prosinec	31	0,5	6	29	11	11

Tab. 4.3 (Národní hodnoty středních měsíčních teplot a celkových solárních záření za měsíc)

Vztah pro výpočet solární sběrné plochy zasklených prvků:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p} \quad [m^2] \quad (20)$$

kde:

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

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

$F_F$  podíl plochy rámu [-]

$A_{w,p}$  celková pohledová plocha zaskleného prvku [m<sup>2</sup>]

Vztah pro výpočet propustnosti sluneční energie prosklenými prvky:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_{gl,n} \quad [-] \quad (21)$$

kde:

$F_w$  korekční činitel pro nerozptylující zasklení, hodnota tohoto korekčního činitele stanovena  $F_w = 0,9$ .

Korekční činitel stínění	Celková propustnost zasklení	Korekce pro nerozptyl. zasklení	Celková propustnost průhlednými prvky	Podíl plochy rámu
$F_{sh,gl}$	$g_{gl,n}$	$F_w$	$g_{gl}$	$F_F$
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0,9	0,7	0,9	0,63	0,3

Tab. 4.4 (Parametry k výpočtu účinné solární sběrné plochy zasklených prvků  $A_{sol}$ )

Orientace	Počet oken	Celková plocha oken dle orientace	Celková plocha dveří	Celková pohledová plocha zaskleného prvků	Sběrná plocha
	$n_{oken}$	$A_{w,p,o}$	$A_{w,p,d}$	$A_{wp}$	$A_{sol}$
	[-]	[m <sup>2</sup> ]			
Sever	0	0	0	0	0,0
Jih	3	7	0	7	2,7
Východ	1	2	2	4	1,7
Západ	0	0	0	0	0,0
Střecha	0	0	0	0	0,0

Tab. 4.5 (Přehled hodnot prosklených ploch)

Vztah pro výpočet solární sběrné plochy pro neprůhledné prvky:

$$A_{sol} = \alpha_{S,c} \times R_{se} \times U_c \times A_c \quad [m^2] \quad (22)$$

kde:

$\alpha_{S,c}$  pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků konstrukce získaná z vhodných národních zdrojů

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

$U_c$  součinitel prostupu tepla neprůhledné části stanovený v souladu s 2.4

$A_c$  pohledová plocha neprůhledné části, vyjádřená v metrech čtverečních



Pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků	Tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu	Součinitel prostupu tepla neprůhledných částí
$\alpha_{s,c}$	$R_{se}$	$U_c = U_k$
[-]	[m <sup>2</sup> /K.W]	[W/m <sup>2</sup> .K]
0,6	0,04	viz Tab. 2.9

Tab. 4.6 (Parametry k výpočtu účinné solární sběrné plochy neprůhledných prvků  $A_{sol}$ )

Rozměry stěn konstrukce [m]			celková plocha včetně oken [m <sup>2</sup> ]	Pohledová plocha neprůhledné části [m <sup>2</sup> ]	Sběrná plocha [m <sup>2</sup> ]
	a	b	$A_{k,o}$	$A_c$	$A_{sol}$
Sever	14	3	42	42	0,2
Jih	14	3	42	35	0,2
Východ	10	3	30	28	0,2
Západ	10	3	30	30	0,2
Střecha	14	10	140	140	0,7

Tab. 4.7 (Přehled hodnot neprůhledných ploch)

Vztah pro výpočet přídatného toku v důsledku sálání vůči obloze:

$$\phi_r = R_{se} \times U_c \times A_c \times h_r \times \Delta\theta_{er} \quad [W] \quad (23)$$

kde:

$h_r$  součinitel přestupu tepla sáláním na vnější straně [W/m<sup>2</sup>.K]

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

Pohltivost slunečního záření neprůhledných prvků	Tepelný odpor přestupu tepla na vnějším povrchu	Součinitel prostupu tepla neprůhledných částí	Emisivita povrchu neprůhledných konstrukcí	Emisivita povrchu průhledných konstrukcí	Součinitel přestupu tepla sáláním na vnější straně - neprůhledné	Součinitel přestupu tepla sáláním na vnější straně - průhledné	Průměrný rozdíl venkovní teploty a zdánlivé teploty oblohy
$\alpha_{s,c}$	$R_{se}$	$U_c = U_k$	$\varepsilon$	$\varepsilon$	$h_r$	$h_r$	$\Delta\theta_{er}$
[-]	[m <sup>2</sup> /K.W]	[W/m <sup>2</sup> .K]	[-]	[-]	[W/m <sup>2</sup> .K]	[W/m <sup>2</sup> .K]	[K]
0,6	0,04	Viz Tab. 2.9	0	0	0	0	11

Tab. 4.8 (Parametry k výpočtu sálání vůči obloze  $\phi_r$ )

#### 4.2.2 Výsledné hodnoty tepelného toku solárními zisky

Vzhledem k jednotnému konstrukčnímu provedení pro dřevostavbu a masivní konstrukci jsou hodnoty tepelného toku solárními zisky pro NED, PDh a PDs totožné. Výsledné hodnoty viz. Tab. 4.9

Měsíc	Počet dnů	Počet hod	Tepelný tok solárních zisků				Celkový tepelný tok solárních zisků za měsíc	
	n	n <sub>hod</sub>					Q <sub>sol</sub>	
	[den]	[hod]	sever	jih	východ	západ	[kWh]	[MJ]
Leden	31	744	0	91	24	0	229	823
Únor	28	672	0	136	44	0	360	1295
Březen	31	744	0	197	79	0	553	1992
Duben	30	720	0	229	125	0	708	2551
Květen	31	744	0	232	147	0	758	2728
Červen	30	720	0	203	152	0	709	2553
Červenec	31	744	0	208	142	0	700	2518
Srpen	31	744	0	256	135	0	782	2816
Září	30	720	0	208	89	0	595	2142
Říjen	31	744	0	197	66	0	526	1895
Listopad	30	720	0	120	30	0	301	1083
Prosinec	31	744	0	77	19	0	192	691

Tab. 4.9 (Celkový tepelný tok solárních zisků průsvitnou i neprůsvitnou částí konstrukce pro NED, PDh, PDs, dřevostavbu a masivní konstrukci)

### 4.3 Celkové tepelné zisky

Výsledné hodnoty celkových tepelných zisků odpovídá součtu solárních zisků a zisků vnitřních (viz Tab. 4.10)

měsíc	Celkové tepelné zisky	
	Q <sub>H,gn</sub>	
	[kWh]	
Leden	645	
Únor	736	
Březen	970	
Duben	1112	
Květen	1174	
Červen	1112	
Červenec	1116	
Srpen	1199	
Září	998	
Říjen	943	
Listopad	704	
Prosinec	608	

Tab. 4.10 (Přehled celkových tepelných zisků v průběhu roku)

## 5 STANOVENÍ POTŘEBY TEPLA

### 5.1 Stanovení vnitřní tepelné kapacity budovy

Stanovení vnitřní tepelné kapacity výpočtového modelu bylo stanoveno v souladu s ČSN EN ISO 13790. Pro výpočtový model z masivního materiálu byla zvolena  $C_{m,i}$  tabulková hodnota koeficientu pro výpočet tepelné kapacity jednoduchou hodinovou metodou odpovídající třídě těžké 260000 J/K. Pro dřevostavbu byla tato konstanta stanovena pro kategorii velmi lehkou 80000 J/K.

Výsledný vztah pro výpočet vnitřní tepelné kapacity budovy je:

$$C_m = C_{m,i} \times A_{k,o} \quad [\text{J/K}] \quad (24)$$

Výsledné hodnoty viz Tab. 5.1

### 5.2 Stanovení referenční časové konstanty a bezrozměrného číselného parametru

Pro výpočet T časové konstanty budovy platí vztah:

$$\tau = \frac{C_m}{\frac{3600}{\frac{H_{t,ie}}{H_{v,e}}}} \quad [\text{hod}] \quad (25)$$

Pro výpočet bezrozměrného časového parametru  $a_h$  platí vztah:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad [-] \quad (26)$$

kde:

$a_{H,0}$  je bezrozměrný číselný parametr stanovený dle ČSN EN ISO 13790 pro měsíční výpočtovou metodu 1,0.

$\tau_{H,0}$  referenční časová konstanta určená v souladu s ČSN EN ISO 13790 pro měsíční výpočtovou metodu 30 hod.

			NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
Vnitřní tepelná kapacita budovy	$C_{m,i}$	[J/K]	30764136	10481952	30764136	10378088	30764136	10011240
Časová konstanta budovy	T	[h]	57,95	20,86	68,33	23,29	78,51	25,60
Referenční časová konstanta	$T_h$	[h]	15					
bezrozměrný číselný parametr	$a_h$	[-]	4,86	2,39	5,56	2,55	6,23	2,71

Tab. 5.1 (Výsledné hodnoty vnitřních tepelných kapacit, časových konstant a bezrozměrných číselných parametrů)

### 5.3 Výpočet množství přeneseného tepla

Bylo stanoveno  $Q_{H,tr}$  celkové množství přeneseného tepla prostupem dle vztahu:

$$Q_{H,tr} = 0,001 \cdot n_{hod} \cdot (H_{T,iue} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int} - \theta_{ep}) \quad [\text{kWh}] \quad (27)$$

kde:

$n_{hod}$  je doba, po kterou dochází k přenosu tepla, stanovenou dle Tab. 4.9 [hod]

$\theta_{ep}$  hodnota střední teploty pro dané období stanovená podle národních hodnot viz Tab. 4.3.

Bylo stanoveno  $Q_{H,ve}$  celkové množství přeneseného tepla větráním dle vztahu:

$$Q_{H,ve} = 0,001 \cdot n_{hod} \cdot H_{V,i} \cdot (\theta_{int} - \theta_{ep}) \quad [\text{kWh}] \quad (28)$$

Vypočítané hodnoty dílčích prostupů tepla viz Tab. 5.2 a 5.3.

měsíc	NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
	$Q_{H,tr}$					
	[kWh]					
Leden	2169	2044	1870	1850	1557	1554
Únor	1849	1742	1594	1577	1327	1324
Březen	1660	1564	1431	1416	1191	1189
Duben	1173	1105	1011	1000	842	840
Květen	682	643	588	582	490	489
Červen	384	362	331	328	276	275
Červenec	204	192	176	174	146	146
Srpen	214	202	184	182	154	153
Září	640	604	552	546	460	459
Říjen	1191	1123	1027	1016	855	853
Listopad	1655	1560	1427	1412	1188	1186
Prosinec	1986	1871	1712	1694	1425	1422

Tab. 5.2 (Celkové množství přeneseného tepla prostupem)

	NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
	$Q_{H,ve}$					
	[kWh]					
Leden	168		112		168	
Únor	143		95		143	
Březen	129		86		129	
Duben	91		61		91	
Květen	53		35		53	
Červen	30		20		30	
Červenec	16		11		16	
Srpen	17		11		17	
Září	50		33		50	
Říjen	92		62		92	
Listopad	128		86		128	
Prosinec	154		103		154	

Tab. 5.3 (Celkové množství přeneseného tepla větráním)

Pro  $Q_{H,ht}$  celkový přenos tepla platí vztah:

$$Q_{H,ht} = Q_{H,ve} + Q_{H,tr} \quad [\text{kWh}] \quad (29)$$

měsíc	NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
	$Q_{H,ht}$					
	[kWh]					
Leden	2337	2212	1982	1962	1725	1722
Únor	1992	1886	1689	1672	1470	1467
Březen	1788	1693	1517	1501	1320	1317
Duben	1263	1196	1072	1061	933	931
Květen	735	696	623	617	543	542
Červen	414	392	351	348	306	305
Červenec	219	208	186	184	162	162
Srpen	230	218	195	193	170	170
Září	690	653	585	579	509	508
Říjen	1284	1215	1089	1078	948	946
Listopad	1784	1689	1513	1498	1317	1314
Prosinec	2139	2025	1814	1796	1579	1576

Tab. 5.4 (Celkové množství přeneseného tepla)

## 5.4 Výpočet bilančního poměru a stanovení faktoru využitelnosti zdrojů

Pro následný výpočet  $\gamma_H$  bezrozměrného bilančního poměru pro režim vytápění platí vztah:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad [-] \quad (30)$$

Pro  $\eta_{H,gn}$  faktor využitelných tepelných zisků pro vytápění platí vztah:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - a_h^{\gamma_H}}{1 - (a_h + 1)^{\gamma_H}} \quad [-] \quad (31)$$

	NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
	$\eta_{H,gn}$					
	[-]					
Leden	0,9986	0,9622	0,9987	0,9600	0,9986	0,9549
Únor	0,9950	0,9329	0,9944	0,9271	0,9933	0,9165
Březen	0,9760	0,8671	0,9682	0,8527	0,9565	0,8303
Duben	0,8779	0,7304	0,8315	0,7014	0,7761	0,6626
Květen	0,6003	0,5093	0,5234	0,4718	0,4600	0,4287
Červen	0,3703	0,3330	0,3154	0,3013	0,2747	0,2682
Červenec	0,1965	0,1834	0,1667	0,1637	0,1451	0,1442
Srpen	0,1922	0,1794	0,1630	0,1601	0,1419	0,1410
Září	0,6514	0,5468	0,5735	0,5094	0,5066	0,4655
Říjen	0,9292	0,7882	0,9012	0,7646	0,8638	0,7312
Listopad	0,9934	0,9241	0,9923	0,9171	0,9905	0,9049
Prosinec	0,9984	0,9598	0,9985	0,9574	0,9984	0,9519

Tab. 5.5 (Přehled jednotlivých faktorů využitelnosti tepelných zisků pro vytápění)

## 5.5 Stanovení celkové potřeby tepla na vytápění

Pro stanovení výsledné celkové potřeby tepla platí následující vztah:

$$Q_{H,nd} = Q_{VYT} = (Q_{H,ht} - Q_{H,gn} \cdot \eta_{H,gn}) \cdot a_{H,red} \quad [\text{kWh}] \quad (32)$$

kde:

$a_{H,red}$  je redukční faktor na přerušené vytápění [-], jehož hodnota byla stanovena:

$$a_{H,red} = 1$$

Měsíc	Celková potřeba tepla					
	NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
	$Q_{H,nd}$					
	[kWh]					
Leden	1693	1716	1338	1363	1081	1109
Únor	1259	1305	957	1007	739	796
Březen	842	947	578	690	392	515
Duben	288	452	147	292	70	196
Květen	30	137	9	69	2	39
Červen	2	44	0	16	0	7
Červenec	0	15	0	3	0	1
Srpen	0	15	0	4	0	1
Září	40	144	13	77	4	45
Říjen	407	540	239	368	133	258
Listopad	1084	1133	814	867	619	680
Prosinec	1532	1555	1207	1232	972	1000
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>7177</b>	<b>8004</b>	<b>5302</b>	<b>5987</b>	<b>4012</b>	<b>4646</b>

Tab. 5.6 (Přehled celkové potřeby tepla)

Tyto hodnoty představují celkovou potřebu tepla pro vytápění. Lze vidět, že se snižující se hodnotou součinitele prostupu tepla rapidně klesá i hodnota vypočítané potřeby tepla na vytápění. Rozdíl v hodnotách mezi masivní konstrukcí a dřevostavbou je způsoben rozdílnou konstrukcí a jejím zařazením jako těžkou (pro masivní konstrukci) a lehkou (pro dřevostavbu).

## 5.6 Stanovení měrné potřeby tepla na vytápění

Měrná potřeba tepla na vytápění je charakteristická hodnota budovy, která vyjadřuje množství tepla vztahované na jednotku plochy vytápěné části budovy. Tato hodnota zároveň ukazuje náročnost budovy a na základě její velikosti lze budovy rozřadit do kategorií nízkoenergetické budovy s měrnou roční potřebou tepla nižší než 50 kWh/m<sup>2</sup>.rok, pasivní budovy pro hodnoty nižší než 20 kWh/m<sup>2</sup>.rok a nulové budovy s hodnotou měrné potřeby tepla menší než 10 kWh/m<sup>2</sup>.rok. Pro výpočet platí následující vztah:

$$C_t = \frac{Q_{H,nd}}{A_{k,o}} \quad [\text{kWh/m}^2.\text{rok}] \quad (33)$$



NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
$C_t$					
[kWh/m <sup>2</sup> .rok]					
47,37	52,83	37,87	42,76	28,66	33,18

Tab. 5.7 (Hodnoty měrné potřeby tepla)

Jak lze vyčíst z hodnot v Tab. 5.7, kritéria stanovená dle normy pro maximální povolenou hodnotu měrné potřeby energie pro nízkoenergetickou budovu splňuje pouze model z masivní konstrukce. Pro dřevostavbu je hodnota těsně nad dovolenou hodnotou, je to zapříčiněno především vyšší potřebou tepla na vytápění a nižší hodnotou tepelné kapacity budovy. Hodnoty pro splnění pasivního standardu nespĺňuje žádný ze zvolených modelů. Velikou roli zde hraje nevhodně zvolená geometrie modelu. Lepších hodnot by bylo dosaženo v případě dvoupodlažního domu s menší plochou podlahy. Nejnižších hodnot měrné roční potřeby tepla (28,66 kWh/m<sup>2</sup>.rok) bylo dosaženo pro pasivní model se součinitelem prostupu tepla uvažovaného podle spodní doporučené hodnoty  $U_{pas,20}$ .

## 5.7 Stanovení celkové potřeby tepla na ohřev vody

Pro výpočet celkové potřeby tepla na ohřev vody platí vztah:

$$Q_{TV} = \frac{(1 + z) \cdot V_{2p} \cdot c_{vody} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot n_{os}}{3600} \cdot 365 \quad [\text{kWh}] \quad (34)$$

kde:

- $z$  je ztrátový součinitel [-]
- $V_{2p}$  objem vody na osobu na den [m<sup>3</sup>/os.den]
- $c_{vody}$  měrná tepelná kapacita vody [J/kg.K]
- $\theta_2$  požadovaná teplota vody po ohřevu [°C]
- $\theta_1$  počáteční teplota vody pro ohřev [°C]
- $n_{os}$  počet osob [-]

Hodnoty ztrátového součinitele  $z$  jsou dány:

- Délkou potrubních rozvodů teplé vody,
- Tloušťkou tepelné izolace těchto rozvodů.

- Velikosti akumulčního zásobníku a tloušťky jeho tepelné izolace,
- Provozem cirkulačního čerpadla teplé vody,
- Časovým charakterem odběru teplé vody pro daný objekt.

Pro rodinné domy se ztrátový součinitel pohybuje od cca 20% do 30%, pro bytové domy může nabývat hodnot od 20 do 50%. V případě průtočného ohřevu teplé vody se ztrátový součinitel uvažuje  $z = 0$ .

Hodnoty pro výpočet modelu:

$$z = 0,2$$

$$V_{2p} = 0,04 \text{ m}^3/\text{os.den}$$

$$c_{vody} = 5180 \text{ J/kg.K}$$

$$\theta_2 = 55^\circ\text{C}$$

$$\theta_1 = 10^\circ\text{C}$$

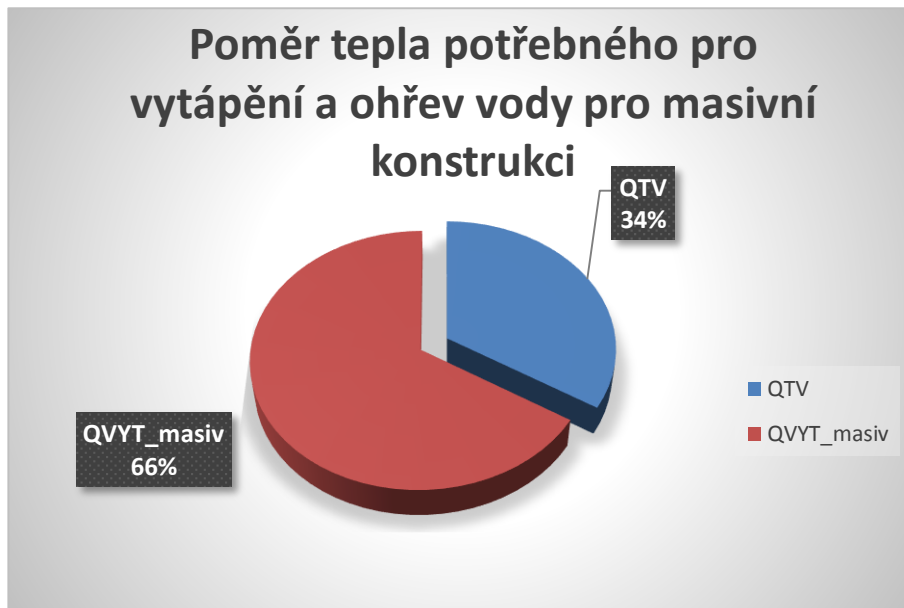
Pro všechny modely byla uvažována stejná podmínka. Hodnota potřebného tepla pro ohřev TV vyšla:

$$Q_{TV} = 3661,68 \text{ kWh}$$

## 5.8 Srovnání potřeby tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

### 5.8.1 Srovnání pro NED

Porovnání výsledných hodnot potřeby energií pro vytápění a ohřev teplé vody znázorňuje Obr. 5.1 a 5.2. Hodnota  $Q_{vyt}$  stanovena podle vztahu (25) je definována viz Tab. 5.6.



Obr. 5.1

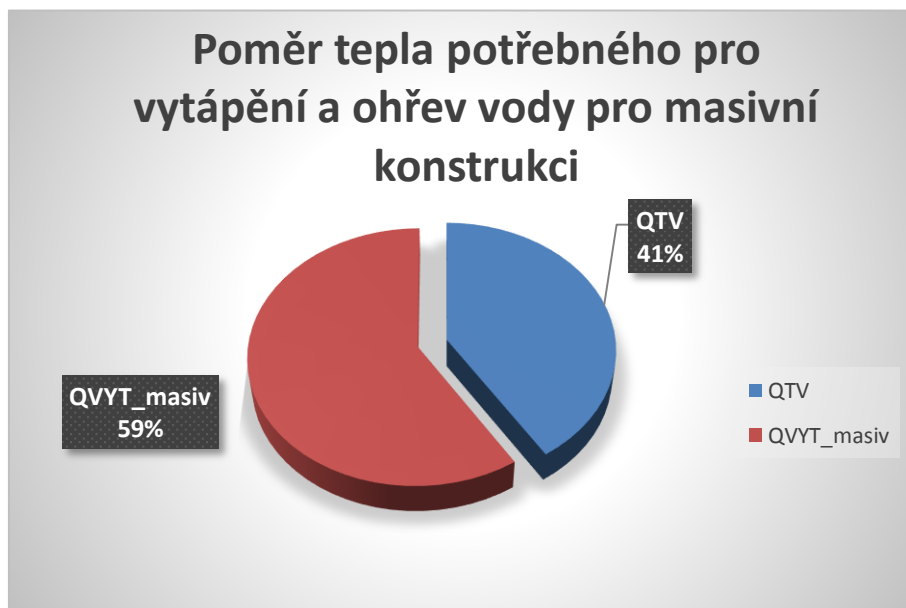


Obr. 5.2

Z Obr. 5.1 a 5.2 lze vidět výsledné poměry potřeb energií, kde se větší mírou na celkové potřebě energie podílí vytápění.

### 5.8.2 Srovnání pro PDh

Srovnání potřeb energií je znázorněno na Obr. 5.3 a 5.4



Obr. 5.3

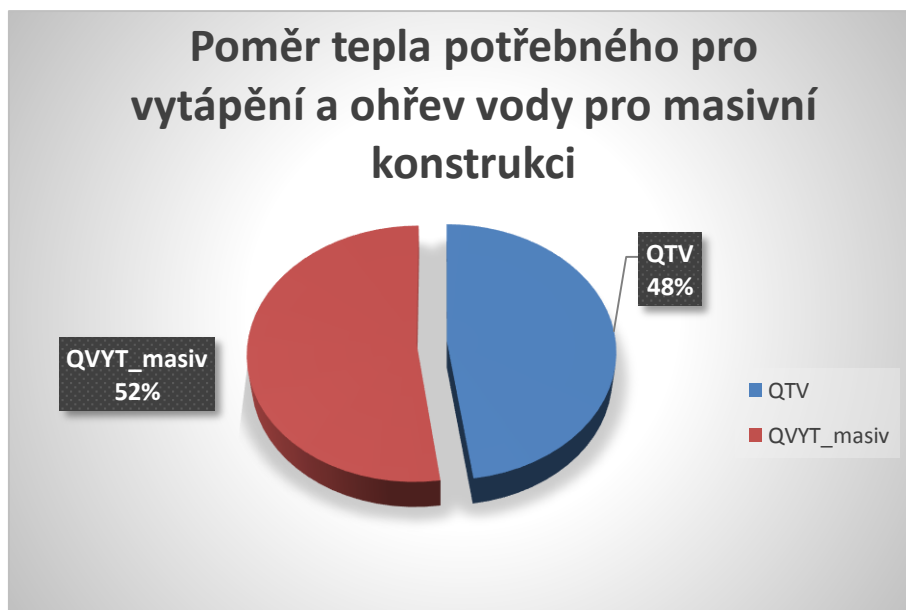


Obr. 5.4

V porovnání s předchozími poměry pro NED je u poměrů potřeb energií znázorněných na Obr. 5.3 a 5.4 větší vyrovnanost v podílu mezi teplem potřebným pro vytápění a teplem potřebným pro ohřev vody. Je to způsobeno konstantním množstvím potřeby tepla pro ohřev vody pro všechny modely a proměnnou hodnotou množství tepla pro vytápění.

### 5.8.3 Srovnání pro PDs

Porovnání potřeb energií je znázorněno na Obr. 5.5 a 5.6



Obr. 5.5



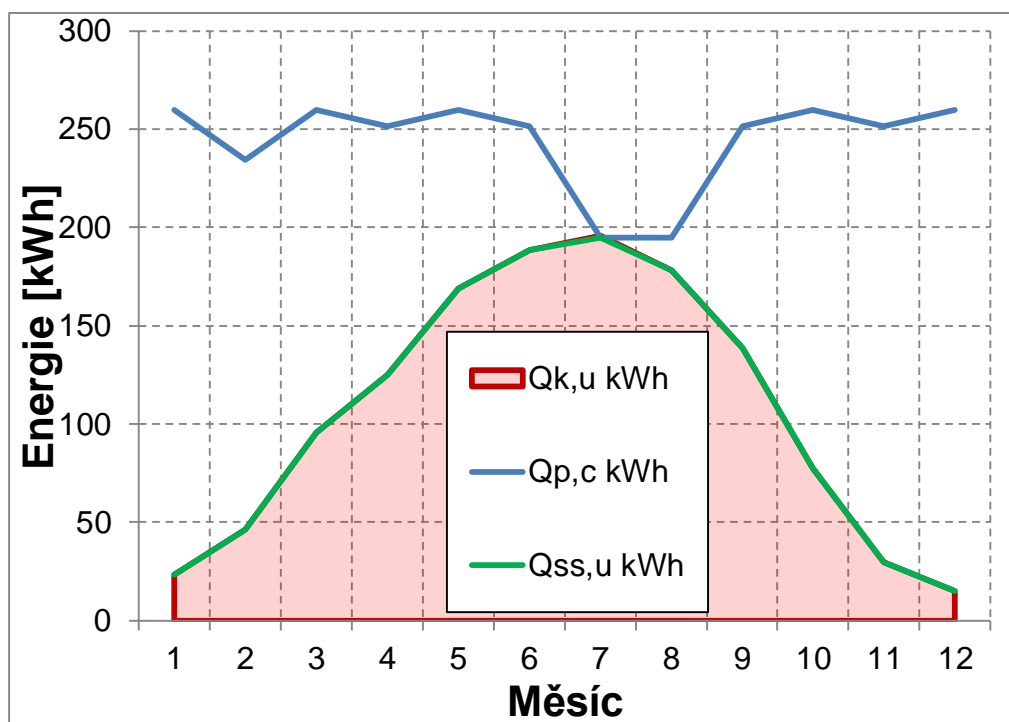
Obr. 5.6

Pro PDs je z Obr. 5.5 jasně patrné, že pro tento případ je poměr mezi teplem potřebným pro vytápění a ohřev vody je téměř vyrovnaný.

#### 5.8.4 Výpočet potřeby teplé vody při uvažování snížení potřeby tepla pro ohřev vody během letních měsíců topení

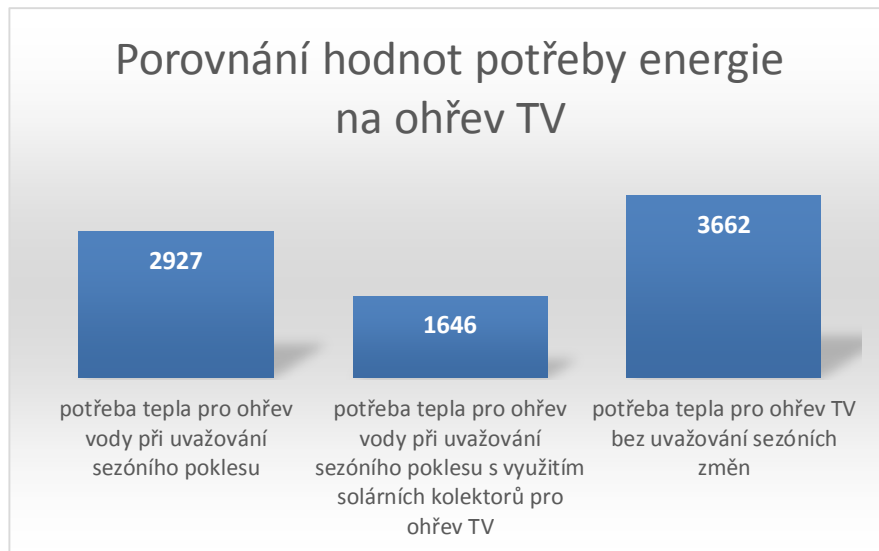
Pro tyto hodnoty potřeby tepla pro ohřev vody, nebyla brána v potaz sezónní proměnlivost využívání teplé vody. Hodnoty stanovené při uvažování poklesu potřeby tepla během letních měsíců jsou stanoveny dle výpočtového programu [4].

Pro 43% solární podíl  $f$  (pokrytí potřeby tepla), byla stanovena ideální plocha apertury 2,475 m<sup>2</sup>. Situace je popsána viz Obr. 5.7. Výsledná hodnota roční potřeby tepla při uvažovaném poklesu potřeby tepla během letních měsíců byla stanovena  $Q_{p,c} = 2927 \text{ kWh/rok}$  Celkové množství energie, získané ze solárních kolektorů je rovno  $Q_{ss,u} = 1281 \text{ kWh/rok}$ . Hodnota měrného využitelného zisku solární soustavy je  $q_{ss,u} = 518 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$ .



Obr. 5.7 (Míra využití energie ze slunečních kolektorů pro ohřev vody)

Z obrázku je patrné, že míra využití energie především v letních měsících je ideální, vzhledem k velké míře nevyužitelnosti energie získané ze solárních kolektorů.



Obr. 5.8 (Přehled hodnot potřeb tepla pro ohřev vody)

Z Obr. 5.8 je zřejmé, že hodnota potřeby tepla pro ohřev TV bez uvažování sezónních změn je podstatně vyšší, jelikož nebere v potaz sníženou potřebu tepla v letních měsících. Hodnota potřeby tepla pro ohřev TV lze snížit zavedením solárního otopného systému, který se ovšem výrazně projeví na vyšší investici, viz 6.2.

## 6 NÁKLADY

### 6.1 Orientační cena materiálu za stavbu modelu

Jednotlivé ceny materiálů byly stanoveny podle cen distributorů [9] [10] ke dni 15.4.2015

Část konstrukce	Zvolený materiál	Požítá tloušťka materiálu pro NED	Požítá tloušťka materiálu pro PDh	Požítá tloušťka materiálu pro PDS	cena bez DPH za m <sup>2</sup>	cena bez DPH za m <sup>3</sup>
		[m]	[m]	[m]	[Kč]	[Kč]
Masivní konstrukce - obvodové stěny	vápenná omítka Cemix	0,015			59,99	2970,59
	perlitová omítka	0,015			-	-
	Pěnový polystyren ISOVER	0,04	0,1	0,2	46,8	4192,19
	Heluz family broušená P10	0,44			-	-
Dřevostavba - obvodové stěny	sádrovláknitá deska fermacell	0,01	0,018	0,018	145,1564	-
	Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162 (Vnější izolace, střední a vnější) ISOVER UNI	0,18	0,2	0,3	307,582	-
Stropní konstrukce - masivní konstrukce	stropní dílce YTONG P3,3-600	0,2			-	-
	Výrobky z minerální vlny (MW) ČSN EN 13162 (Vnější izolace, střední a vnější) ISOVER UNI	0,15	0,22	0,35	255,9876	-
Stropní konstrukce - dřevostavba	OSB deska 25mm	0,018	0,025	0,025	109,9702	-
	Pěnový polystyren ISOVER	0,19	0,25	0,35	177,1938	-
Podlahová konstrukce - masivní konstrukce	Plovoucí podlaha	0,01			1200	-
	Pěnový polystyren ISOVER	0,11	0,16	0,25	102,582	-
	Podkladní beton	0,5	0,6	0,6	-	1370
Podlahová konstrukce - dřevostavba	Plovoucí podlaha	0,01			1200	-
	Pěnový polystyren ISOVER	0,11	0,16	0,25	102,582	-
	Podkladní beton	0,5	0,6	0,6	-	1370

Tab. 6.1 (přehled požitých materiálů a jejich ceny)

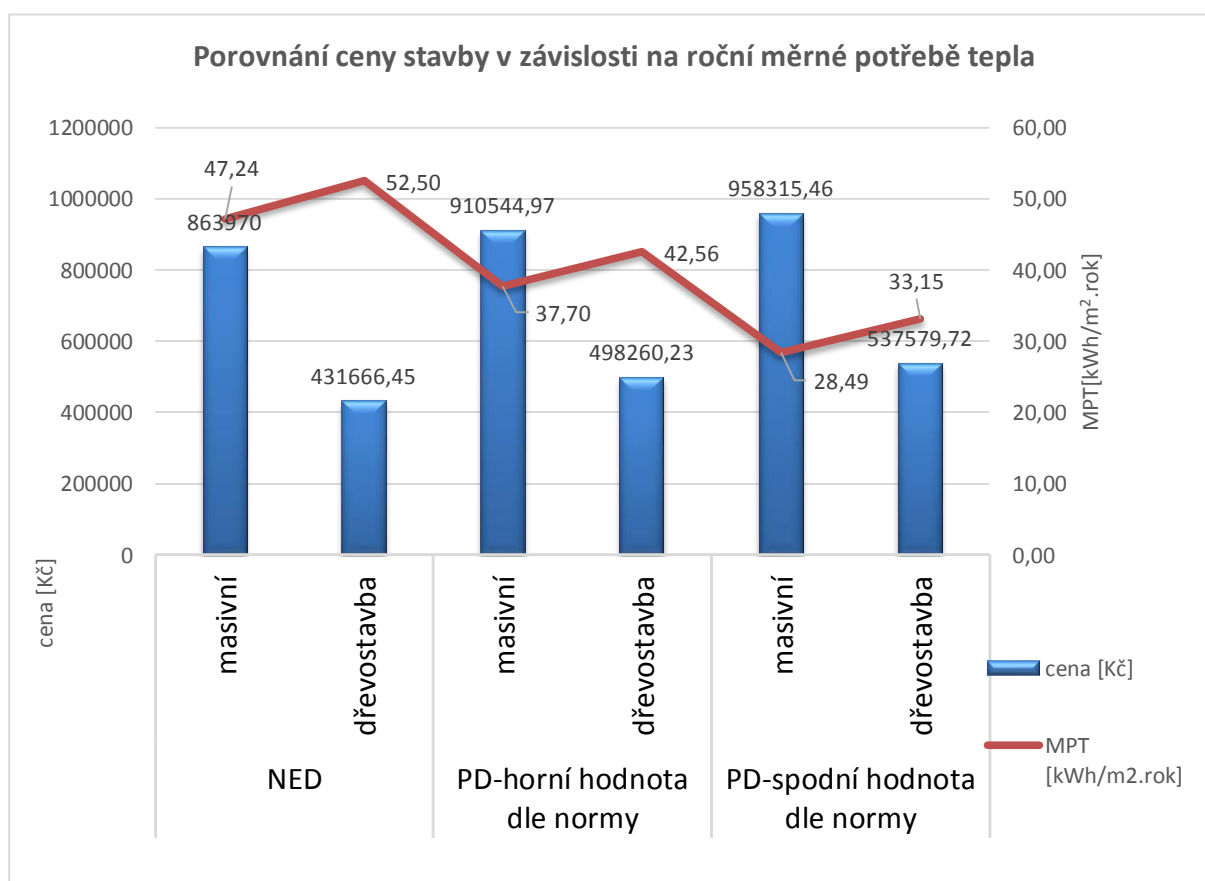


Pro větší tloušťky izolací bylo použito dvou vrstev menší tloušťky a cena byla stanovena jako součet cen dílčích vrstev. Přehled celkových hodnot nákladů na konstrukci je znázorněn v Tab. 6.2.

NED - masivní konstrukce	NED - dřevostavba	PDh - masivní konstrukce	PDh - dřevostavba	PDs - masivní konstrukce	PDs - dřevostavba
Celkové náklady na konstrukci modelů					
[Kč]					
863970	431666	910545	498260	958315	537580

Tab. 6.2 (Přehled celkových nákladů pro jednotlivé typy modelů)

Na Obr. 6.1 lze vidět závislost klesající měrné potřeby tepla na rostoucí ceně konstrukce.



Obr. 6.1 (Závislost  $C_t$  (MPT) na ceně materiálu)

Jelikož stavbu budov s nízkou potřebou energie podporuje i stát, je třeba zde uvažovat i finanční dotace v případě dodržení nízkoenergetických standardů stanovených ministerstvem

životního prostředí v programu Zelená Úsporám. Tato dotace dosahuje částek až 500 000 Kč, což je v porovnání s náklady na konstrukční prvky budovy značná částka.

## 6.2 Cena zařízení pro vytápění

Byly vybrány 3 způsoby vytápění. Vytápění pomocí tepelného čerpadla Vitocal 200-s o výkonu 5,6 kW od značky Viessmann, plynový kondenzační kotel Vitodens 200-W B2HA o jmenovitém výkonu 13 kW od značky Viessmann a elektrokotel Therm ELN 8 o výkonu 7,5 kW od značky THERMONA. Cena jednotlivých zařízení a solárních kolektorů byla stanovena dle nabídky prodejců [11] [12] [13] [17].

Tepelné čerpadlo	VITOCAL 200-s	116 921 Kč
Plynový kondenzační kotel	Vitodens 200-W B2HA	61 407 Kč
Elektrokotel	Therm ELN 8	16100 Kč
Solární kolektory o ploše apretury 2,475 m <sup>2</sup>		11 000 Kč

Pro jednotlivé typy modelů byla stanovena sazba za roční spotřeby energie, skládající se z ceny pro ohřev vody, ceny za energii na vytápění a roční sazby pro chod domácnosti. Jednotlivé hodnoty byly stanoveny dle tabulek na stránkách TZB.info.cz [14] [15] [16]. Množství energie pro ohřev vody bylo ve variantě s plynovým kondenzačním kotlem a elektrokotlem sníženo o 44%, vlivem použití solárních kolektorů. U varianty s tepelným čerpadlem nebylo použití solárních kolektorů uvažováno, vzhledem k vysoké pořizovací ceně zařízení.

## 6.2.1 Tepelné čerpadlo

Pro tepelné čerpadlo byla zvolena sazba D 56d a jistič do 3x25A.

Sazba D 56d - Dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. dubna 2005 a operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin				
		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1 MWh v Kč	vysoký tarif	3076,59	2555,94	2660,17
	nízký tarif	2369,79	2101,72	2341,89
jistič		měsíční plat v Kč		
jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně		190,-	215,38	217,80
jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně		261,-	286,77	304,92
jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně		310,-	335,17	363,00
jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně		370,-	395,67	435,60
jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně		454,-	479,16	537,24
jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně		549,-	574,75	653,40
jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně		669,-	694,54	798,60
jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně		825,-	850,63	987,36
jistič nad 3x63A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60		11,98	11,98	14,52
jistič nad 1x25 A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60		3,99	3,99	4,84

Obr. 6.2 (přehled pro sazbu D 56d pro tepelné čerpadlo)

Jako dodavatel byl zvolen E.ON s cenou za 1 MWh za 2369,79 Kč a s paušálním měsíčním tarifem 370 Kč/měsíc, viz Obr. 6.2. Pro výpočet potřeby elektrické energie pro pohon kompresoru tepelného čerpadla byl uvažován průměrný sezónní faktor pro vytápění a přípravu teplé vody  $SPF = 2,8$ .

## 6.2.2 Plynový kondenzační kotel

Hodnoty pro ceny plynu byly stanoveny dle TZB.info.cz.[16] Jako distributor byl zvolen E.ON. Roční odběr v pásmu [MWh/rok] byl stanoven 1,756-15 MWh/rok při ceně 1305,98 Kč/MWh a paušálním tarifem 310,5 Kč/měsíc, viz Obr. 6.3. Pro výpočet je třeba uvažovat účinnost plynového kondenzačního kotle, která byla stanovena dle Tab. 6.3.

### 6.2.3 Elektrokotel

Pro stanovení roční sazby v případě použití elektrokotle byl uvažována sazba D 45d a jistič 3x25 A. Cena za 1 MWh byla stanovena 2369,79 Kč s paušálním tarifem 370 Kč/měsíc.

Sazba D 45d - Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin				
		E.ON	PRE	ČEZ
cena 1 MWh v Kč	vysoký tarif	3076,59	2742,00	2823,52
	nízký tarif	2369,79	2277,00	2339,47
jistič		měsíční plat v Kč		
jistič do 3x10 A do 1x25 A včetně		190,-	215,38	217,80
jistič nad 3x10 A do 3x16 A včetně		261,-	286,77	304,92
jistič nad 3x16 A do 3x20 A včetně		310,-	335,17	363,00
jistič nad 3x20 A do 3x25 A včetně		370,-	395,67	435,60
jistič nad 3x25 A do 3x32 A včetně		454,-	479,16	537,24
jistič nad 3x32 A do 3x40 A včetně		549,-	574,75	653,40
jistič nad 3x40 A do 3x50 A včetně		669,-	694,54	798,60
jistič nad 3x50 A do 3x63 A včetně		825,-	850,63	987,36
jistič nad 3x63A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60		11,98	11,98	14,52
jistič nad 1x25 A za každou 1 A k celk. ceně se připočte E.ON 70,- PRE 95,59 ČEZ 72,60		3,99	3,99	4,84

Obr. 6.3 (Přehled pro sazbu D 45d pro elektrokotel)

## 6.3 Stanovení ceny energií

Celková cena energií byla stanovena jako součet ceny energií pro ohřev TV, ceny energií za vytápění a roční sazby za energie pro chod domácnosti.

### 6.3.1 Stanovení roční sazby energií pro ohřev TV při použití tepelného čerpadla

Cenu energií pro ohřev TV při použití tepelného čerpadla stanovíme pomocí vztahu:

$$P_{TVT\check{c}} = \frac{Q_{TV}}{SPF} \cdot \frac{P_{oen}}{1000} \quad [\text{K}\check{c}] \quad (35)$$

kde:

$P_{TVT\check{c}}$  je roční sazba za energii potřebnou pro ohřev TV při použití tepelného čerpadla  
[Kč]

$P_{oen}$  roční sazba za odebranou energii [Kč/MWh]

### 6.3.2 Stanovení roční sazby energií pro ohřev TV při použití plynového kondenzačního kotle, nebo elektrokotle

Pro výpočet je potřeba stanovit účinnosti zdrojů tepla a regulace:

účinnost elektrokotle	$\eta_{el}$	0,974
účinnost plynového kotle	$\eta_{pl}$	0,964
účinnost regulace	$\eta_{reg}$	0,98

Tab. 6.3 (přehled účinností zdrojů tepla)

Pro výpočet cen energií pro ohřev TV pak platí:

$$P_{TVP} = \frac{Q_{TV}}{\eta_{pl} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{opl}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (36)$$

kde:

$P_{TVP}$  je roční sazba za energii potřebnou pro ohřev TV při použití plynového kondenzačního kotle [Kč]

$P_{opl}$  roční sazba za odebraný plyn [Kč/MWh]

Analogicky pro elektrokotel platí vztah:

$$P_{TVE} = \frac{Q_{TV}}{\eta_{el} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{oel}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (37)$$

kde:

$P_{TVE}$  je roční sazba za energii potřebnou pro ohřev TV při použití elektrokotle [Kč]

$P_{oel}$  roční sazba za odebranou elektrickou energii [Kč/MWh]

### 6.3.3 Stanovení roční sazby energií za vytápění při použití tepelného čerpadla

Roční sazba energií za vytápění byla stanovena podle vztahu:

$$P_{VYT,T\check{c}} = \frac{Q_{VYT}}{SPF} \cdot \frac{P_{oen}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (38)$$

### 6.3.4 Stanovení roční sazby energií za vytápění při použití plynového kondenzačního kotle, nebo elektrokotle

Roční sazba energií za vytápění použitím plynového kondenzačního kotle je dána vztahem:

$$P_{VYT,P} = \frac{Q_{TV}}{\eta_{pl} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{opl}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (39)$$

Analogicky je dán vztah pro výpočet roční sazby pro elektrokotel:

$$P_{VYT,E} = \frac{Q_{TV}}{\eta_{el} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{oel}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (40)$$

### 6.3.5 Stanovení roční sazby energií pro chod domácnosti

Hodnoty pro tento výpočet byly čerpány z TZB.info.cz [14] viz Obr. 6.4

Vaření ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrický sporák	2000	1	730	<input checked="" type="checkbox"/>	298
<input checked="" type="checkbox"/> Elektrická trouba	2000	0.5	365	<input checked="" type="checkbox"/>	149
<input checked="" type="checkbox"/> Rychlovarná konvice	2000	0.12	88	<input checked="" type="checkbox"/>	36
<input checked="" type="checkbox"/> Mikrovlnná trouba	600	0.3	66	<input checked="" type="checkbox"/>	27
<input checked="" type="checkbox"/> Kombinovaná chladnička	120	6	263	<input checked="" type="checkbox"/>	107
<input type="checkbox"/> Chladnička	120	5	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input type="checkbox"/> Mraznička			-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input checked="" type="checkbox"/> Myčka nádobí	650	1.5	356	<input checked="" type="checkbox"/>	145
<input checked="" type="checkbox"/> Rekuperace vzduchu ?	25	24	219	<input type="checkbox"/>	-

Domácnost ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> Pračka	600	1.5	329	<input checked="" type="checkbox"/>	134
<input checked="" type="checkbox"/> Sušička prádla	750	2	548	<input checked="" type="checkbox"/>	223
<input type="checkbox"/> Žehlička	2000	0.25	-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input checked="" type="checkbox"/> Osvětlení 1	18	8	53	<input checked="" type="checkbox"/>	21
<input checked="" type="checkbox"/> Osvětlení 2	12	4	18	<input checked="" type="checkbox"/>	7
<input type="checkbox"/> Osvětlení 3	7		-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input type="checkbox"/> Osvětlení 4	3		-	<input checked="" type="checkbox"/>	-
<input type="checkbox"/> Osvětlení 5			-	<input checked="" type="checkbox"/>	-

Zábava ?	Příkon [W]	Doba provozu [h/den]	Roční spotřeba [kWh]	Započítat do tepelného zisku	Tepelný zisk [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/> TV	70	6	153	<input checked="" type="checkbox"/>	62
<input checked="" type="checkbox"/> PC (osobní počítač)	80	6	175	<input checked="" type="checkbox"/>	71
<input checked="" type="checkbox"/> Internet (běh modemů, routerů)	10	24	88	<input checked="" type="checkbox"/>	36

Obr. 6.4 (přehled dílčích ročních spotřeb energií v kWh)

Celková hodnota byla stanovena jako součet spotřeby energií všech spotřebičů v domácnosti. Výsledná hodnota spotřeby energie  $Q_D$  je 3035 kWh pro zvolenou modelovou situaci, z které byly stanoveny dle vztahů (34), (35) a (36) hodnoty ročních sazeb energií pro chod domácnosti.

Pro tepelné čerpadlo platí vztah:

$$P_{D,TČ} = \frac{Q_D}{SPF} \cdot \frac{P_{oen}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (41)$$

Pro kondenzační kotel platí vztah:

$$P_{D,P} = \frac{Q_D}{\eta_{pl} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{opt}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (42)$$

Pro elektrokotel platí vztah:

$$P_{D,E} = \frac{Q_D}{\eta_{el} \cdot \eta_{reg}} \cdot \frac{P_{oel}}{1000} \quad [\text{Kč}] \quad (43)$$

Kde:

$Q_D$  je celková spotřeba energie pro chod domácnosti, stanovená součtem spotřeb dílčích spotřebičů [kWh]

## 6.4 Návratnost investic

Reálná návratnost investic do zdrojů vytápění byla stanovena za předpokladu ročního nárůstu cen plynu 5% a ročního nárůstu ceny elektrické energie 6,5%.

### 6.3.1 Návratnosti investic pro NED bez využití solárních kolektorů

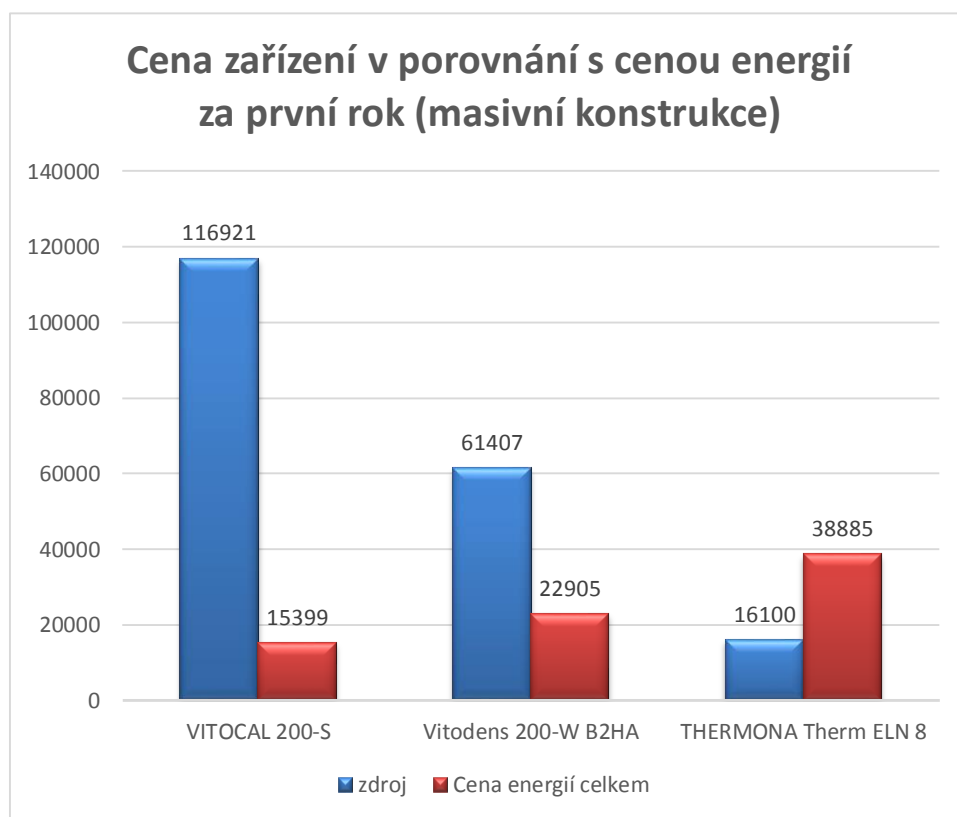
Z předešlých vztahů byla vypočítána roční sazba energií pro NED- masivní konstrukce, pro tuto variantu je pro porovnání uvedena i varianta se solárními kolektory.

Pro NED – masivní konstrukce platí:

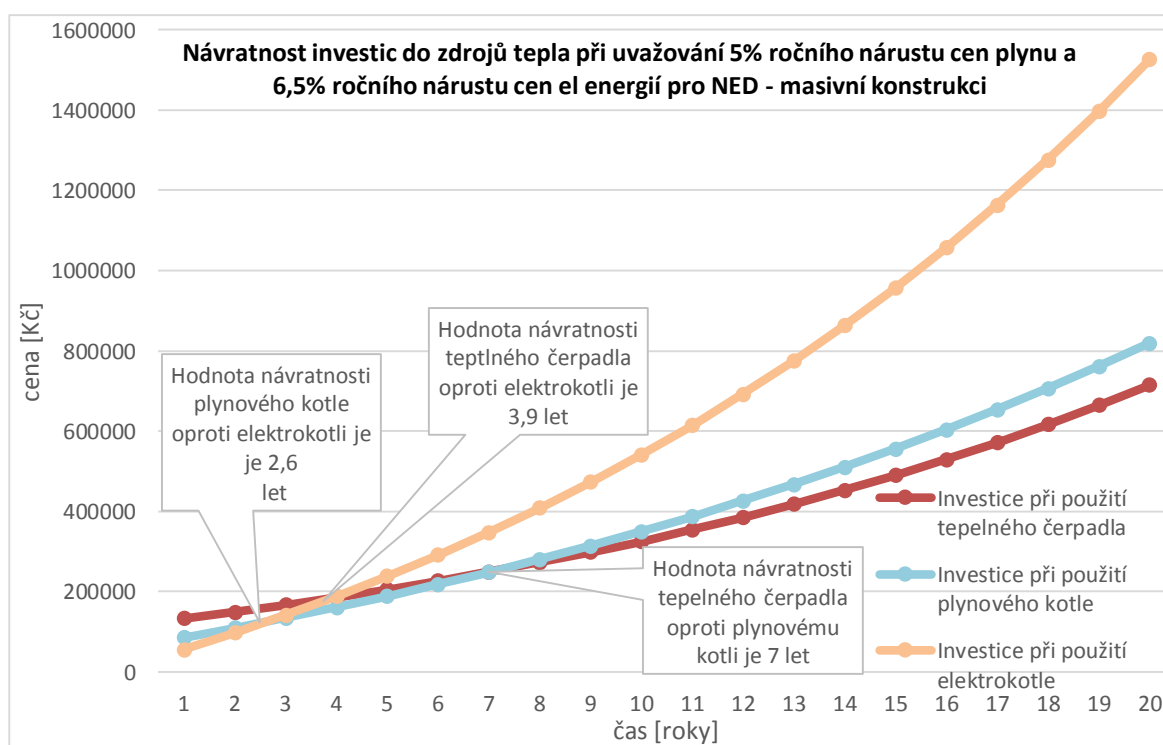
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	15399	2892	5669	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>61407</b>	22905	5062	9922	4196
Elektrokotel	<b>16100</b>	38885	9091	17819	7535

Tab. 6.4 (přehled ročních sazeb pro NED – masivní konstrukce)

Z těchto hodnot je patrné, že cena energií za rok je pro tepelné čerpadlo podstatně menší než cena energií při použití elektrického kotle. Obr. 6.5 porovnává pořizovací cenu zařízení s roční cenou za energie během prvního roku používání.



Obr. 6.5 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro NED- masivní konstrukce)



Obr. 6.6 (Graf reálné návratnosti investic do zdrojů pro NED- masivní konstrukce)



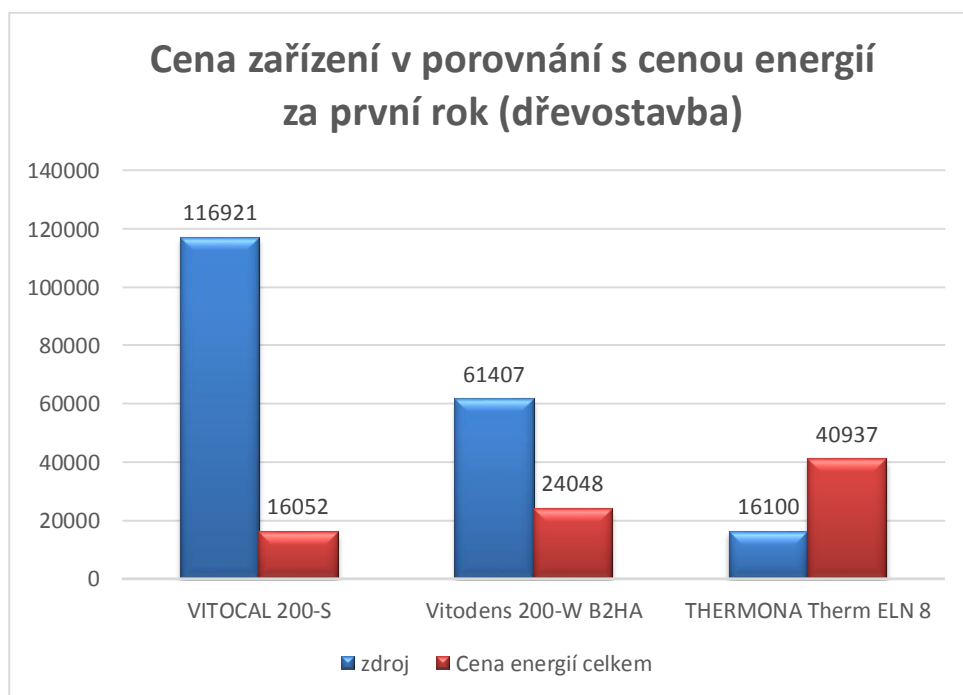
Z Obr. 6.6 je patrné, že návratnost u tepelného čerpadla je vzhledem k elektrokotli nižší než návratnost plynového kotle, avšak s ohledem na životnost přístroje stanovenou na 20 let se vyplatí spíše investovat do dražšího tepelného čerpadla.

Pro NED – dřevostavba platí:

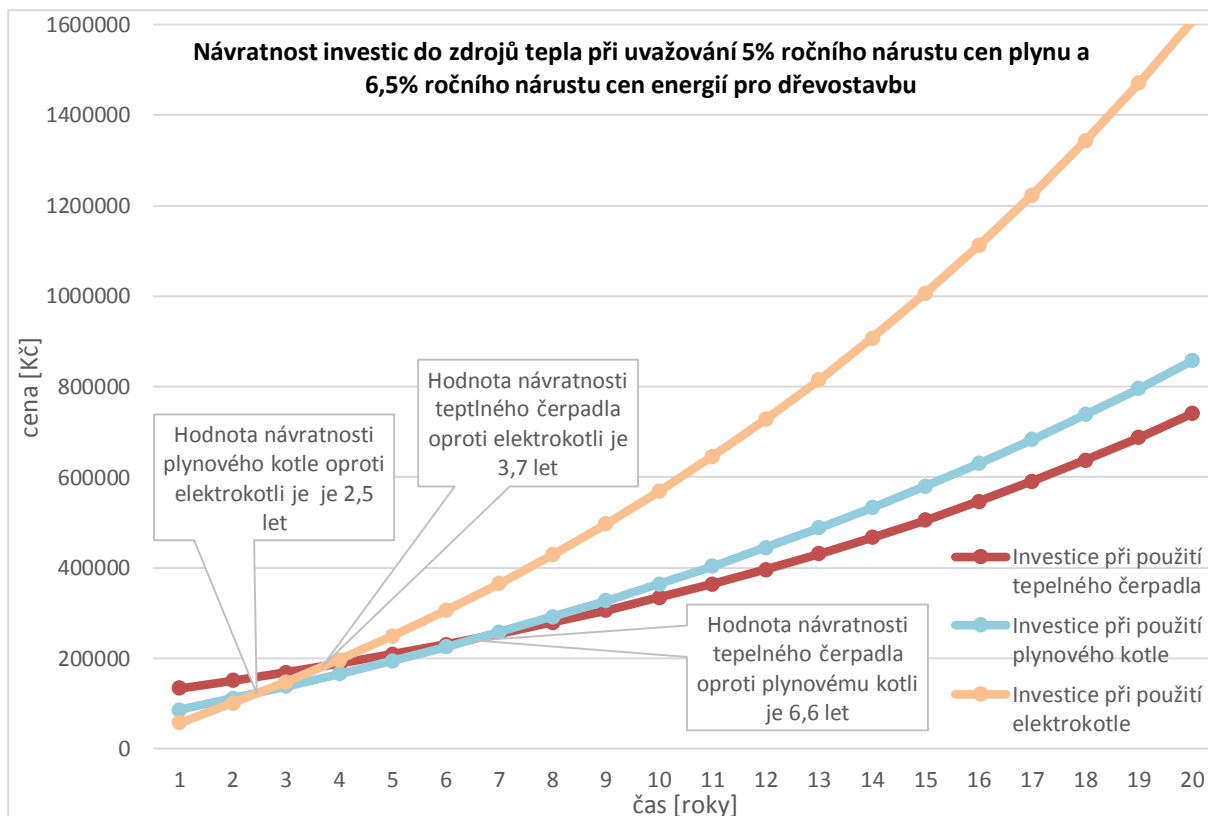
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	16052	2892	6323	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>61407</b>	24048	5062	11065	4196
Elektrokotel	<b>16100</b>	40937	9091	19871	7535

Tab. 6.5 (Přehled ročních sazeb pro NED – dřevostavba)

Hodnoty ročních sazeb energií jsou obdobné jako u druhé varianty NED modelu. Porovnání pořizovací ceny zdrojů a hodnoty ročních sazeb za energie jsou znázorněny na Obr. 6.7. Na Obr. 6.8 je znázorněna návratnost investic do zdrojů vytápění pro NED – dřevostavba.



Obr. 6.7 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro NED – dřevostavby)



Obr. 6.8 (Graf návratnosti investic do zdrojů pro NED – dřevostavba)

Z Obr. 6.8 je zřejmé že hodnoty se příliš neliší od hodnot pro NED – masivní konstrukci. Návratnost je cca o 6% vyšší.

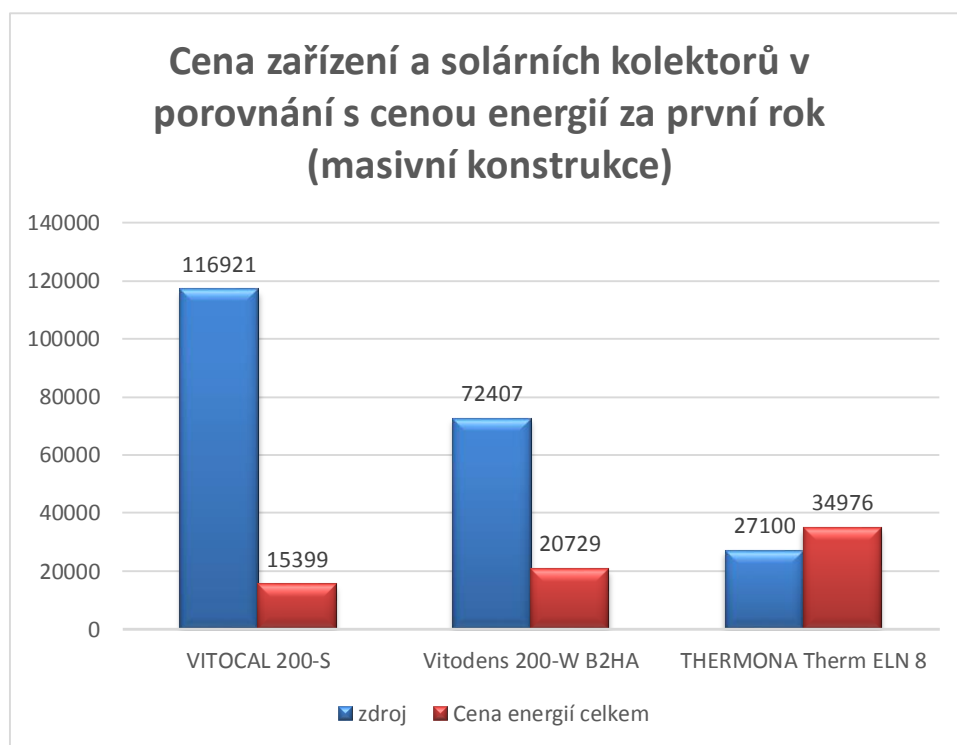
### 6.3.2 Návratnosti investic pro NED s využitím solárních kolektorů

Pro NED – masivní konstrukce platí:

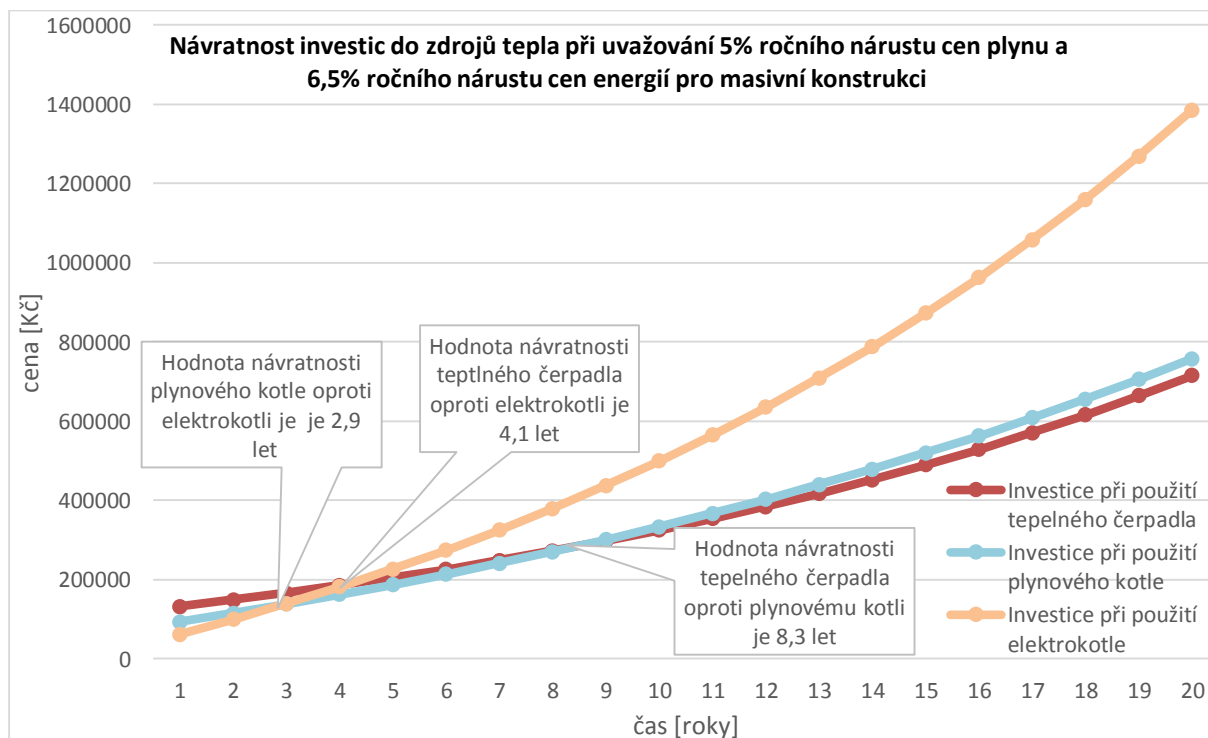
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	15399	2892	5669	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	20729	2885	9922	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	34976	5181	17819	7535

Tab. 6.6 (přehled ročních sazeb pro NED – masivní konstrukce s využitím solárních kolektorů)

Z těchto hodnot je patrné, že cena energií za rok je pro tepelné čerpadlo podstatně menší než cena energií při použití elektrického kotle. Obr. 6.9 porovnává pořizovací cenu zařízení s roční cenou za energie během prvního roku používání.



Obr. 6.9 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro NED- masivní konstrukce)



Obr. 6.10 (Graf reálné návratnosti investic do zdrojů pro NED- masivní konstrukce)

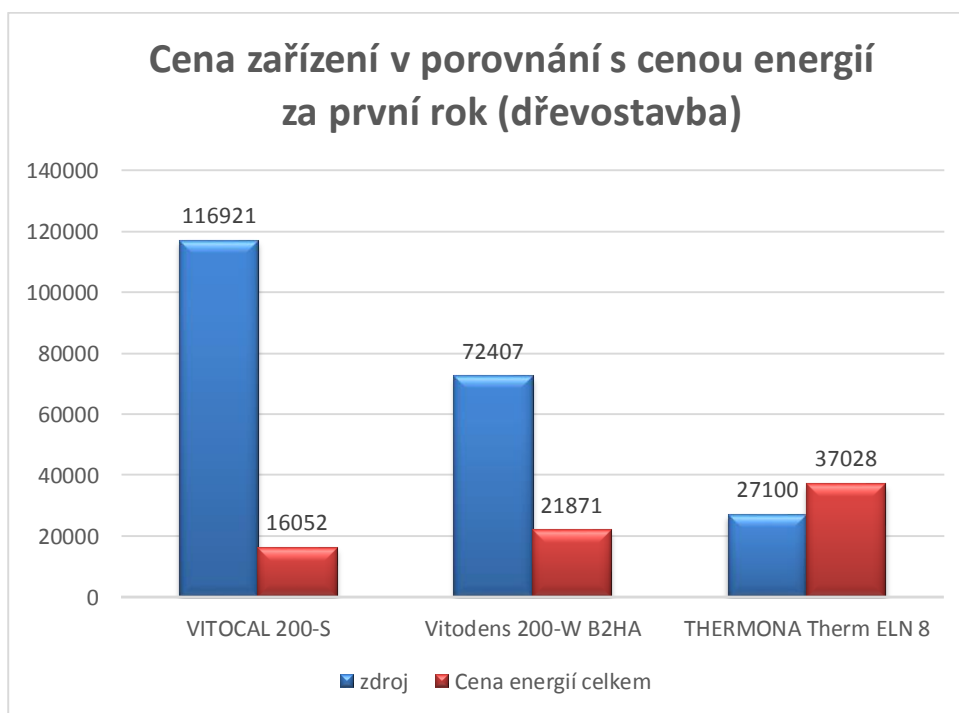
Při srovnání hodnot z Obr. 6.6 a Obr. 6.10 je patrné že vlivem využití solárních kolektorů pro ohřev vody se snížila měsíční sazba za energie a tudíž klesla návratnost investic do zdrojů vytápění.

Pro NED – dřevostavba platí:

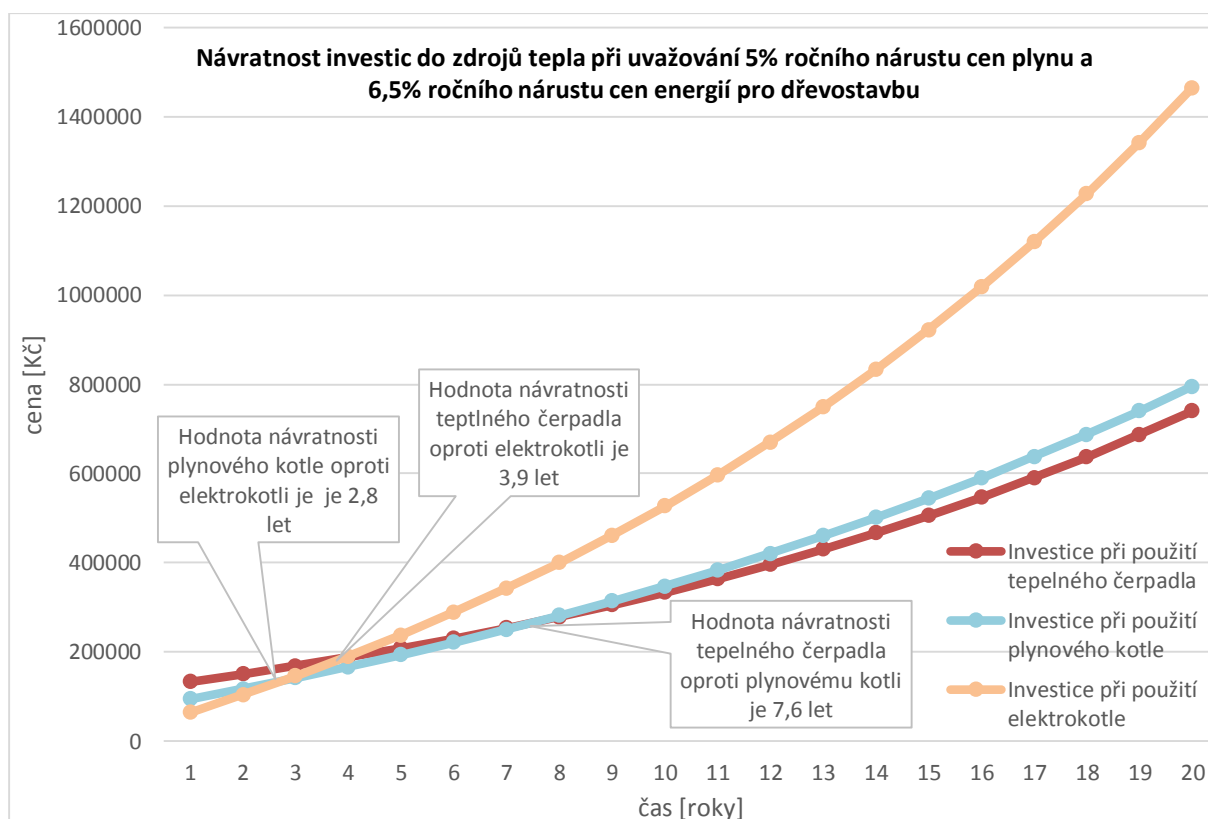
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	16052	2892	6323	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	21871	2885	11065	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	37028	5182	19871	7535

Tab. 6.7 (Přehled ročních sazeb pro NED – dřevostavba)

Hodnoty ročních sazeb energií jsou obdobné jako u druhé varianty NED modelu. Porovnání pořizovací ceny zdrojů a hodnoty ročních sazeb za energie jsou znázorněny na Obr. 6.11, na Obr. 6.12 je znázorněna návratnost investic do zdrojů vytápění pro NED – dřevostavba.



Obr. 6.11 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro NED – dřevostavby)



Obr. 6.12 (Graf návratnosti investic do zdrojů pro NED – dřevostavba)

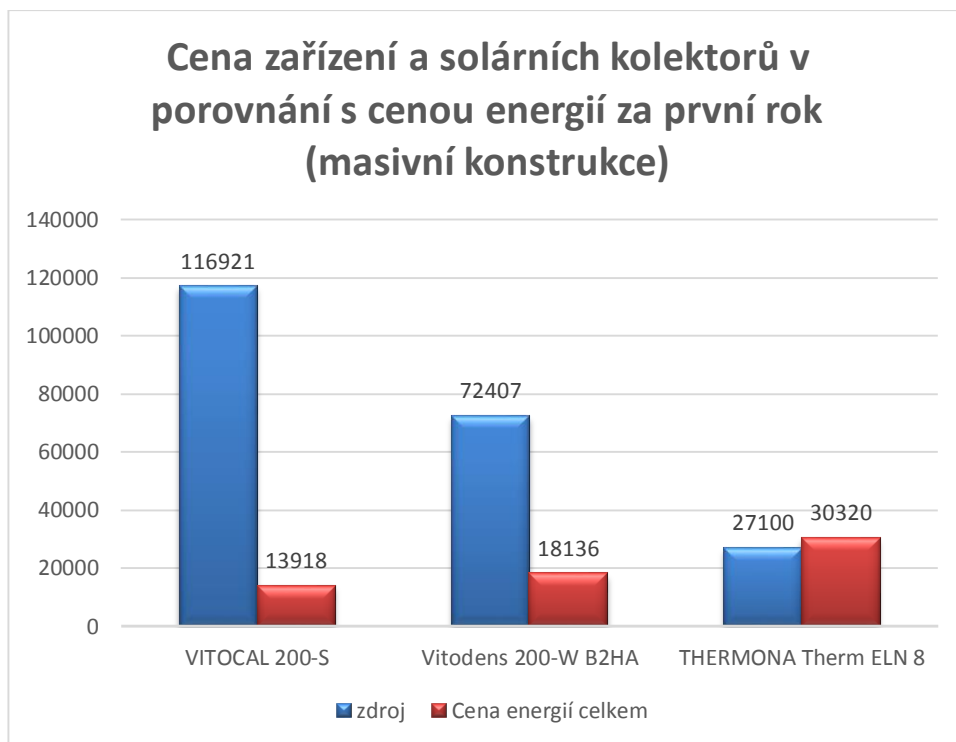
Z Obr. 6.10 a 6.12 je patrné, že pro dřevostavbu je kratší doba návratnosti než pro masivní konstrukci. Je to zapříčiněno vyšší hodnotou potřeby energie pro vytápění.

### 6.3.3 Návratnost investic pro PDh s využitím solárních kolektorů

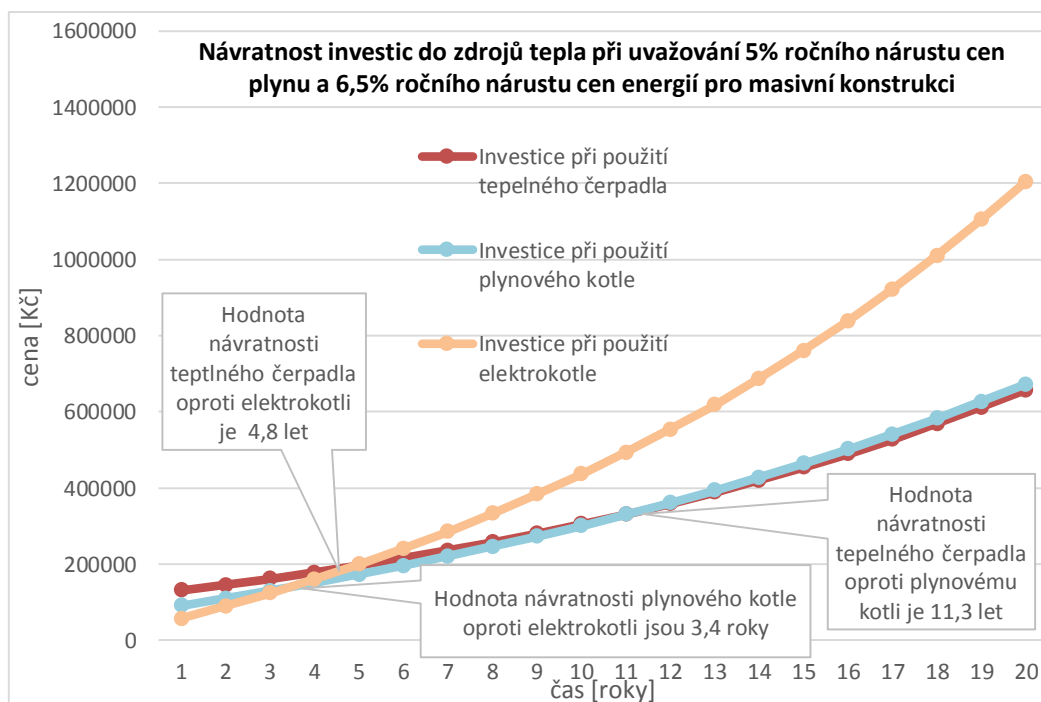
Pro PDh – masivní konstrukce platí:

Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	13918	2892	4188	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	18136	2885	7329	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	30320	5182	13163	7535

Tab. 6.8 (přehled ročních sazeb pro PDh – masivní konstrukce)



Obr. 6.13 (porovnává pořizovací cenu zařízení s cenou energií za první rok pro PDh- masivní konstrukce)



Obr. 6.14 (Graf reálné návratnosti investic do zdrojů pro PDh- masivní konstrukce)

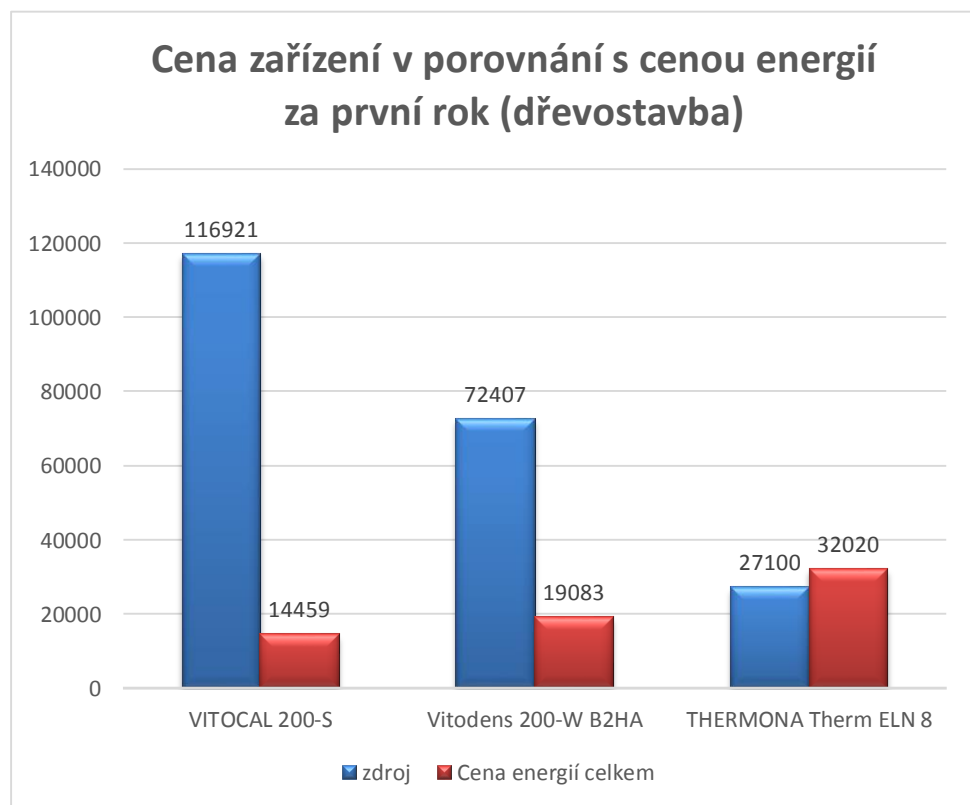
Z Obr. 6.14 je patrné, že návratnosti vycházejí poměrově podobně jako u předchozích případů. Hlavní změnou oproti NED- masivní konstrukci s uvažováním využití solárních kolektorů, je zde nárůst doby návratnosti. Například u tepelného čerpadla vůči elektrokotli klesla doba návratnosti o cca 15 %. Zapříčinila to nižší hodnota potřeby energie pro vytápění.

Pro PDh – dřevostavba platí:

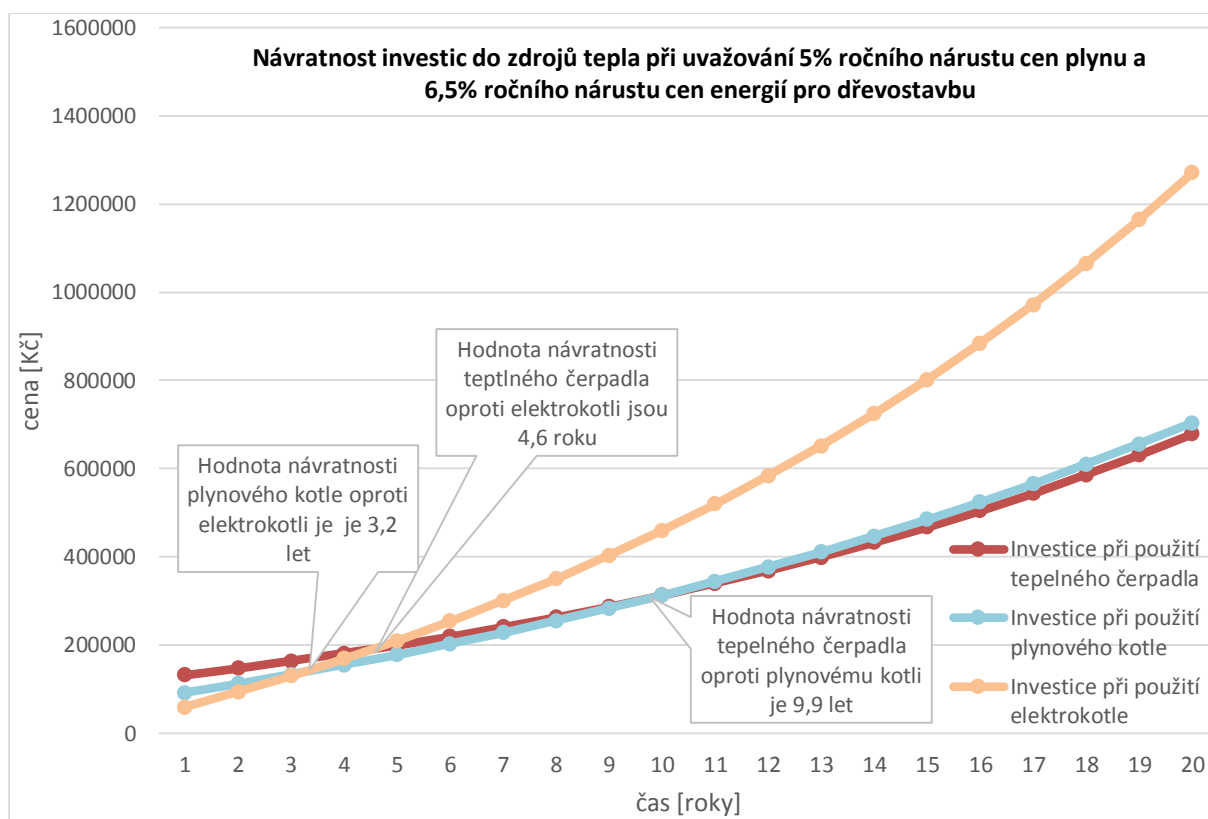
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	14459	2892	4729	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	19083	2885	8276	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	32020	5182	14863	7535

Tab. 6.9 (Přehled ročních sazeb pro PDh – dřevostavba)

Hodnoty ročních sazeb energií jsou obdobné jako u druhé varianty NED modelu. Porovnání pořizovací ceny zdrojů a hodnoty ceny energií za první rok provozu jsou znázorněny na Obr. 6.15. Na Obr. 6.16 je znázorněna návratnost investic do zdrojů vytápění pro PDh – dřevostavba.



Obr. 6.15 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro PDh – dřevostavby)



Obr. 6.16 (Graf návratnosti investic do zdrojů pro PDh – dřevostavba)

Pro variantu PDh – masivní konstrukce, vyšla návratnost v případě tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli 11,3 roku. Pro tuto hodnoty bych již vzhledem k životnosti přístroje nedoporučoval použít jako zdroj vytápění tepelné čerpadlo, ale použít plynový kondenzační kotel.

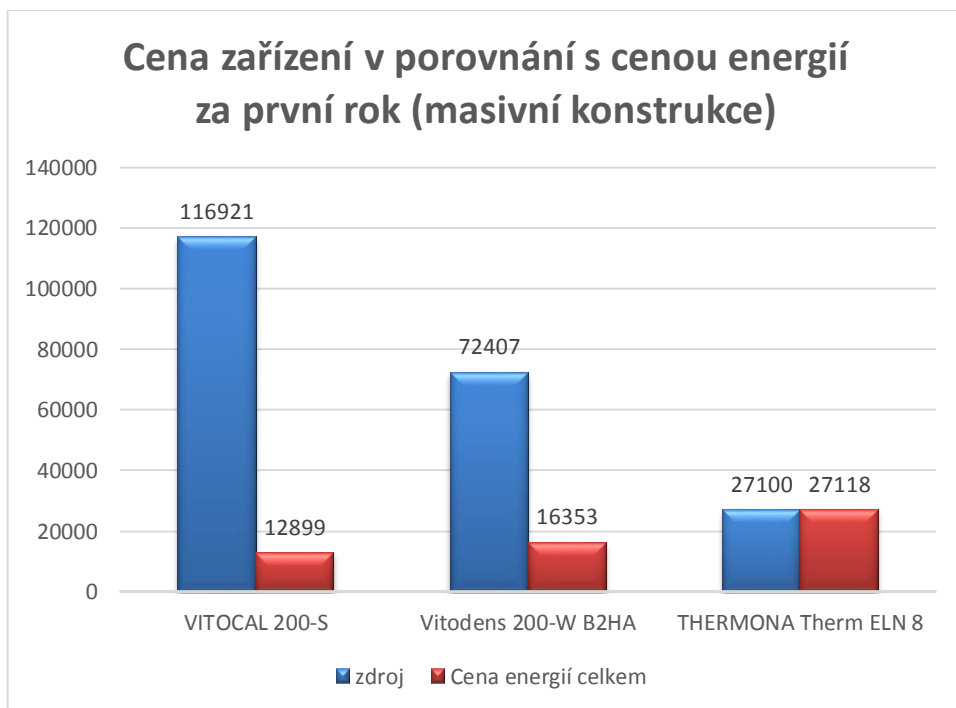
### 6.3.4 Návratnost investic pro PDs

Pro PDs – masivní konstrukce platí:

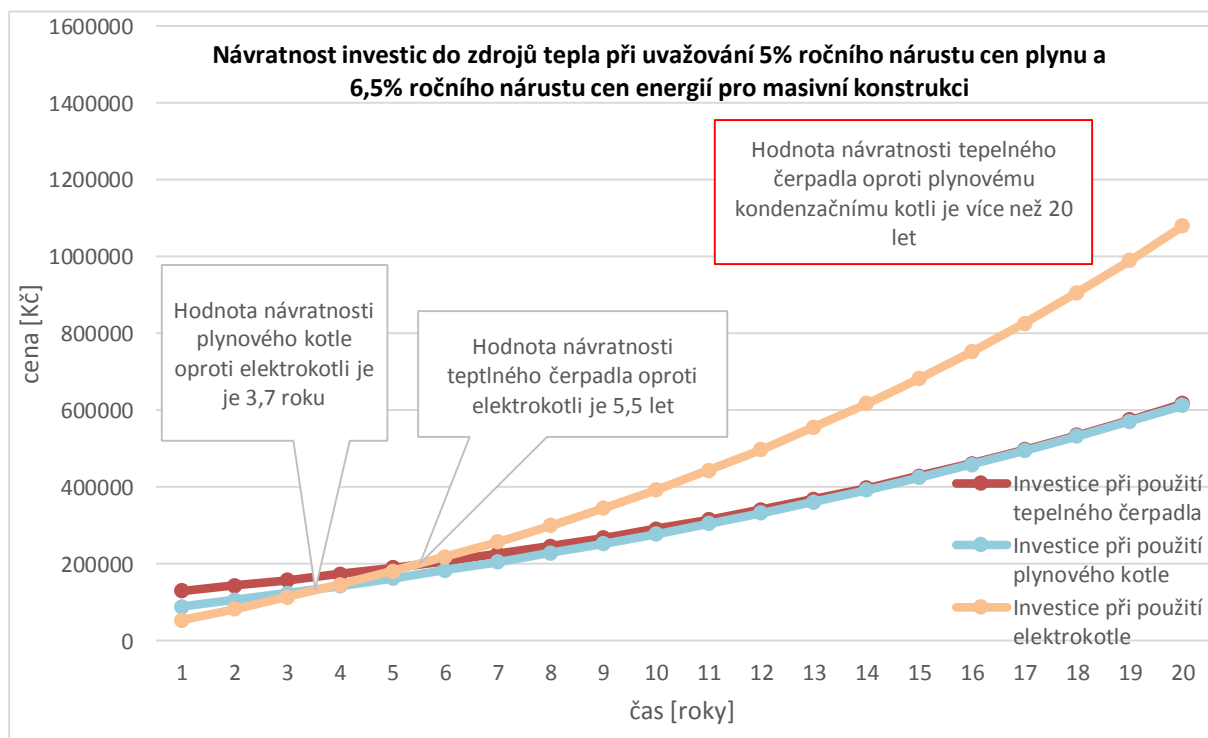
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	12899	2892	3169	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	16353	2885	5547	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	27118	5182	9961	7535

Tab. 6.10 (přehled ročních sazeb pro PDs – masivní konstrukce)





Obr. 6.17 (porovnává pořizovací cenu zařízení s cenou energií za první rok pro PDs- masivní konstrukce)



Obr. 6.18 (Graf reálné návratnosti investic do zdrojů pro PDs- masivní konstrukce)

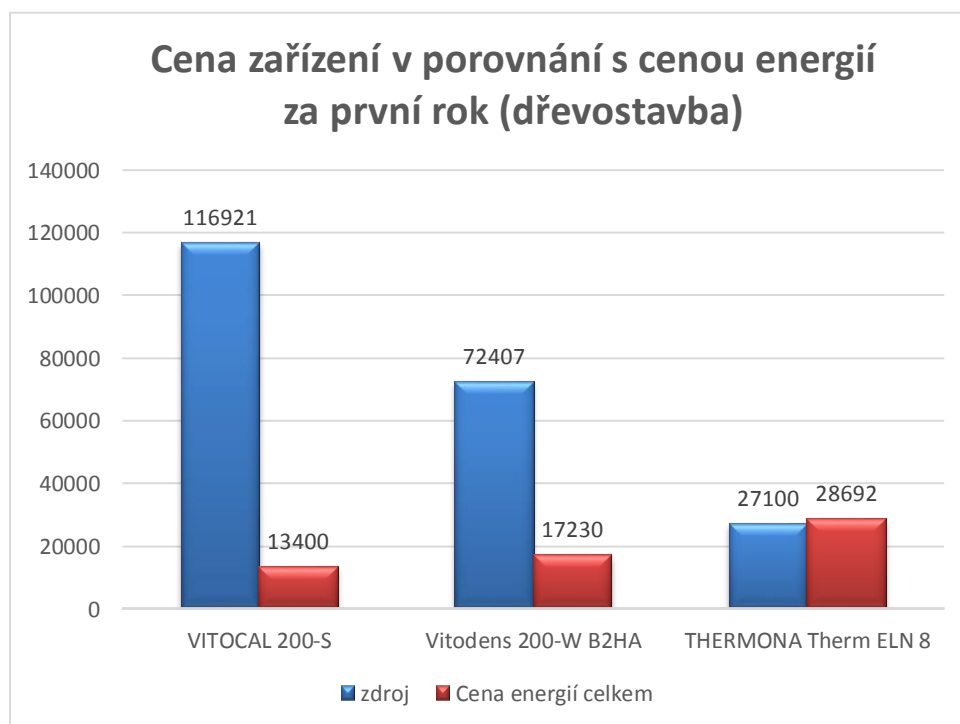
Z Obr. 6.18 je patrné, že varianta s využitím tepelného čerpadla se zde vůbec nevyplácí, jelikož vlivem nízké měsíční sazby za energie se nám prvotní investice nevrátí za dobu životnosti přístroje. Je proto výhodnější zvolit variantu s plynovým kondenzačním kotlem.

Pro PDs – dřevostavba platí:

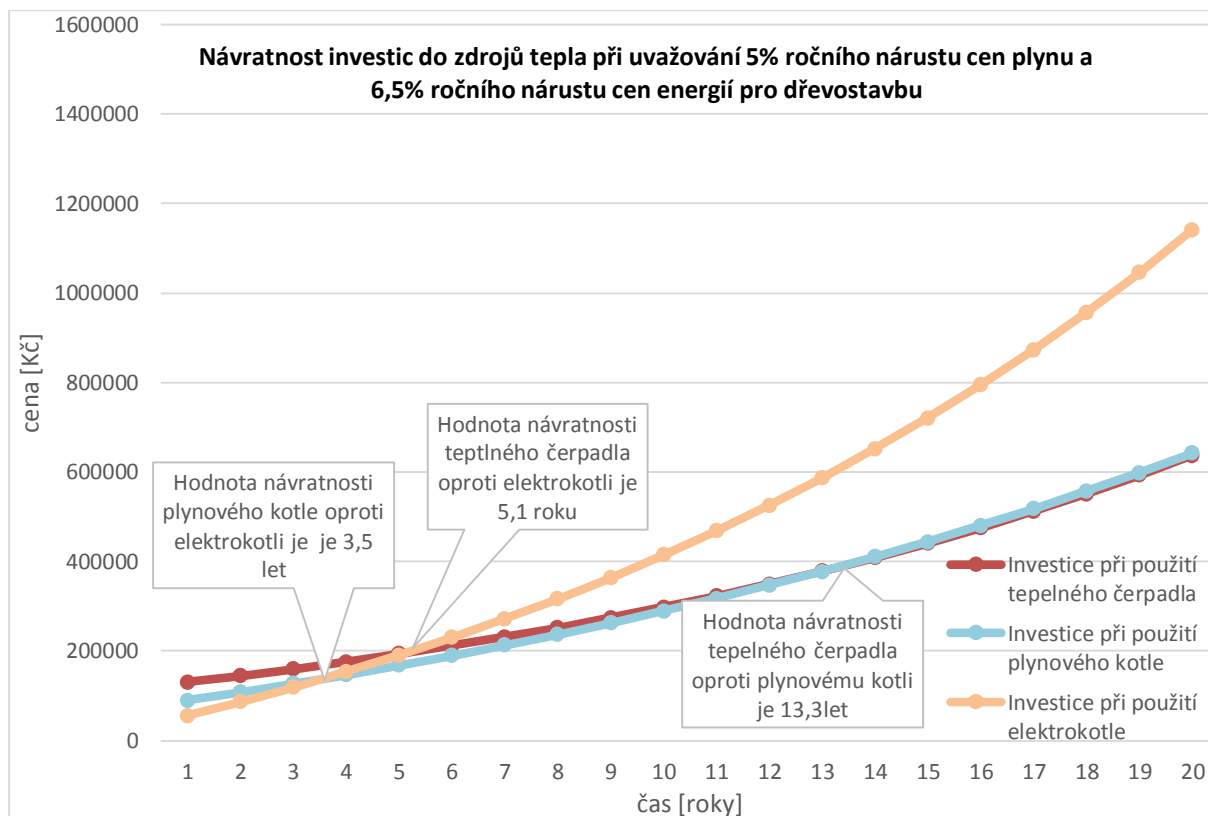
Zdroj	Cena za zařízení s DPH [Kč]	Cena energií celkem [Kč]	Cena energií pro ohřev TV se zahrnutím sol. kolektorů pro EK a PKK [Kč]	Roční sazba za energii na vytápění bez paušálního tarifu [Kč]	Roční sazba za energii pro chod domácnosti [Kč]
Tepelné čerpadlo	<b>116921</b>	13400	2892	3670	2397
Plynový kondenzační kotel	<b>72407</b>	17230	2885	6423	4196
Elektrokotel	<b>27100</b>	28692	5182	11536	7535

Tab. 6.11 (Přehled ročních sazeb pro PDs – dřevostavba)

pro PDs – dřevostavba.



Obr. 6.19 (porovnání cen zařízení s roční cenou energií pro PDs – dřevostavba)



Obr. 6.20 (Graf návratnosti investic do zdrojů pro PDs – dřevostavba)

Pro PDs dřevostavbu již na rozdíl od masivní konstrukce vychází návratnost tepelného čerpadla oproti plynovému kondenzačnímu kotli příznivěji (13,3 let), avšak pro tuto hodnotu se také vyplatí použít variantu s plynovým kondenzačním kotlem.

## 7 ZÁVĚR

Ze zvolených geometrických parametrů, vlastností a složení konstrukcí, byla stanovena měrná potřeba tepla, byl zvolen zdroj vytápění a stanoveno množství energie potřebné pro ohřev vody, vytápění a následná návratnost u jednotlivých výpočtových modelů. Hodnoty cen jednotlivých konstrukcí bez zahrnutí dotací, byly nejpříznivější v případě NED standardu. Ačkoliv bylo dodrženo základní kritérium pro součinitele prostupu tepla  $U_{rec,20}$  a  $U_{pas,20}$  horní hranice a  $U_{pas,20}$  spodní hranice stanovené dle ČSN 73 0540-2, bylo pro NED variantu dosaženo nízkoeenergetického standardu jen v případě masivní konstrukce tzn., bylo dosaženo hodnoty měrné roční potřeby energie menší než  $50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$ . U všech variant pro pasivní budovy nebylo dosaženo hodnot měrné roční potřeby tepla splňujících dané kritérium ani při použití rekuperační jednotky. Rozdílné hodnoty pro dřevostavbu a masivní konstrukci jsou způsobeny tepelnou kapacitou budovy. Nižší hodnota tepelné kapacity se negativně projevuje na měrné roční potřebě tepla, proto zvolená skladba stěny dřevostavby je navzdory nižší ceně horší variantou. Z těchto poznatků vyplývá, že vhodná skladba stěny je nutná, ale ne postačující podmínka ke splnění pasivního nebo nízkoeenergetického standardu. Na základě zvolených zdrojů tepla, jejich pořizovací ceny a vypočítaných ročních sazeb za energii pro ohřev vody a vytápění byla stanovena návratnost investic. Do návratnosti bylo zahrnuto i použití solárních kolektorů pro ohřev vody, včetně jejich pořizovací ceny. Tyto kolektory byly použity pouze pro varianty s plynovým kondenzačním kotlem a elektrokotlem. V tomto ohledu se s přísnějším kritériem součinitele potřeby tepla konstrukcí budovy prodlužuje návratnost investic do zdroje tepla. S ohledem na předpokládanou životnost zdroje tepla 20 let a předpokládaný roční nárůst cen plynu a elektrické energie, vychází návratnost nejlépe pro plynový kondenzační kotel oproti elektrickému kotli, kde se návratnost pohybuje v rozmezí cca 2-3 roky. Naopak nejnižší hodnota návratnosti je v případě porovnání tepelného čerpadla vůči plynovému kondenzačnímu kotli. V případě PDs varianty budovy tato doba návratnosti vychází vyšší než je životnost přístroje. Proto bych pro takto úspornou variantu nevolil vytápění pomocí tepelného čerpadla. Na základě předchozích výpočtů tedy nejlépe vychází plynový kondenzační kotel, který má nižším pořizovacím nákladům vůči tepelnému čerpadlu a navíc má dobrou hodnotu návratnosti. Tato doba návratnosti je vyšší s klesající potřebou tepla budovy.

Pro daný model bych navrhoval zvolit variantu nízkoeenergetického standardu v masivní konstrukci a možnosti využití dotačních programů při minimálním nároku na skladbu konstrukce. Jako zdroj tepla zvolit tepelné čerpadlo, nebo plynový kondenzační kotel s ohledem na celkové finanční možnosti investora.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 73 0540-2: *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: UNMZ, 2011
- [2] ČSN EN 12831: *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: ČNI, 2005.
- [3] ČSN EN ISO 13790: *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha: UNMZ, 2009.
- [4] Šourek, B., Matuška, T.: Program *BilanceSS\_5.4*. Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page\\_id=158](http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158).
- [5] Vavříčka, R.: Program *Bilance\_energie\_1.1*. (*Nepublikované výsledky*)
- [6] Vyhláška o energetické náročnosti budov: Předpis č. 78/2013 Sb. *O hospodaření energií*. 2013.
- [7] Co je pasivní dům? *Pasivní domy* [online]. [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [8] Zelená úsporám. *Zelená úsporám* [online]. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/2-vyzva-rodinne-domy/vyse-podpory/>
- [9] Cihly Heluz family. *Heluz* [online]. 2015 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.heluz.cz/katalog/cihly-pro-obvodove-a-vnitri-zdivo/heluz-family-108/>
- [10] *DEK Stavebniny* [online]. 2015 [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/>
- [11] Thermona - ELN 8,15. *Thermona* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/therm-eln-8-15>
- [12] Tepelné čerpadlo VITOCAL 200-s ceník. *TOP - ENVI* [online]. 2015 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.topenvi.cz/eshop/tepelna-cerpadla/tepelne-cerpadlo-vitocal-200-s.php>
- [13] Vitodens 200-W B2HA, 13kW. *Topotechnika* [online]. 2015 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.toptechnika.cz/Zavesne-kotle/Sestava-Vitodens-200-W-B2HA-6>
- [14] Porovnání nákladů na vytápění TZB-info: Výpočet a grafické porovnání nákladů na vytápění, teplou vodu a elektrickou energii v budovách. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnaní-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [15] Přehled cen elektrické energie: ceny platné od 1.1.2015. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/14-prehled-cen-elektricke-energie>

- [16] Přehled cen zemního plynu: ceny platné od 1.1.2015. *TZB-info* [online]. [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/13-prehled-cen-zemniho-plynu>
- [17] Solární kolektory - ceník. *Alter - eko* [online]. 2015 [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.alter-eko.cz/index.php?page=solarni-kolektory%2Fsolarni-cenik>
- [18] Vavříčka, R.: VYT\_cv\_1\_2011 Dostupné z: [http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/VYT\\_cv\\_1\\_2011.pdf](http://users.fs.cvut.cz/roman.vavricka/Vytapeni/VYT_cv_1_2011.pdf)
- [19] Passive House requirements. *Passive House Institut* [online]. 2015 [cit. 2015-06-17]. Dostupné z: [http://passiv.de/en/02\\_informations/02\\_passive-house-requirements/02\\_passive-house-requirements.htm](http://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm)

## 9 PŘÍLOHY

### Příloha 1

NED - masivní konstrukce						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab. 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{pas,20}$	$U_k$	$A_s$	$A_o$	n	$A_k$
	$W/m^2.K$	$W/m^2.K$	$m^2$	$m^2$	-	$m^2$
vnější stěna	0,18	0,245	42	2,24	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,15	0,197	140	0	0	140
podlaha	0,22	0,201	140	-	-	-
okna	0,8	1,183	8,96	-	-	-
dveře	0,9	1,191	2,01	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním	
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$	$\phi_T$	$H_{vi}$	$\phi_{vi}$	
°C		W/K	W	W/K	W	
32		9	4379	10,605	339,36	
		7				
		10				
		6				
		28				
		64				
		11				
		2				

## Příloha 2

NED - dřevostavba						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha a stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{rec,20}$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_s$ m <sup>2</sup>	$A_o$ m <sup>2</sup>	n	$A_k$ m <sup>2</sup>
vnější stěna	0,2	0,186	42	2,24	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,2	0,197	140	0	0	140
podlaha	0,3	0,201	140	-	-	-
okna	1,2	1,183	8,96	-	-	-
dveře	1,2	1,183	8,96	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního		Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhov á tepelná ztráta větráním
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$		$\phi_T$	$H_{Vi}$	$\phi_{Vi}$
°C		W/K		W	W/K	W
32		7		4127	10,605	339,36
		6				
		8				
		5				
		28				
		64				
		11				
		2				



Příloha 3

PDh - masivní konstrukce						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{rec,20}$	$U_k$	$A_s$	$A_o$	n	$A_k$
	W/m <sup>2</sup> .K	W/m <sup>2</sup> .K	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>
vnější stěna	0,18	0,179	42	2,24	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,15	0,147	140	0	0	140
podlaha	0,22	0,158	140	-	-	-
okna	0,8	1,183	8,96	-	-	-
dveře	0,9	1,191	2,01	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního		Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$		$\phi_T$	$H_{vi}$	$\phi_{vi}$
°C		W/K		W	W/K	W
32		6		3775	7,07	226,24
		5				
		8				
		5				
		21				
		61				
		11				
		2				

Příloha 4

PDh - dřevostavba						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{rec,20}$	$U_k$	$A_s$	$A_o$	n	$A_k$
	W/m <sup>2</sup> .K	W/m <sup>2</sup> .K	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>
vnější stěna	0,18	0,167	42	2,24	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,15	0,150	140	0	0	140
podlaha	0,22	0,158	140	-	-	-
okna	0,8	1,183	8,96	-	-	-
dveře	0,9	1,191	2,01	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním	
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$	$\phi_T$	$H_{Vi}$	$\phi_{Vi}$	
°C		W/K	W	W/K	W	
32		6	3735	7,07	226,24	
		5				
		7				
		4				
		21				
		61				
		11				
		2				

## Příloha 5

Phd - masivní konstrukce						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{rec,20}$	$U_k$	$A_s$	$A_o$	n	$A_k$
	$W/m^2.K$	$W/m^2.K$	$m^2$	$m^2$	-	$m^2$
vnější stěna	0,12	0,124	42	2,24	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,1	0,100	140	0	0	140
podlaha	0,15	0,117	140	-	-	-
okna	0,6	1,183	8,96	-	-	-
dveře	0,9	1,191	2,01	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním	
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$	$\phi_T$	$H_{Vi}$	$\phi_{Vi}$	
°C		W/K	W	W/K	W	
32		4	3143	10,605	339,36	
		4				
		5				
		3				
		14				
		55				
		11				
2						

## Příloha 6

PDs - dřevostavba						
stavební část	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle. Tab 3 ČSN 73 0540-2	součinitel prostupu tepla	Plocha stěny	Plocha otvorů	počet otvorů	plocha bez otvorů
	$U_{rec,20}$	$U_k$	$A_s$	$A_o$	n	$A_k$
	W/m <sup>2</sup> .K	W/m <sup>2</sup> .K	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>
vnější stěna	0,12	0,113	42	6,72	3	35,28
vnější stěna			30	0	0	30
vnější stěna			42	0	0	42
vnější stěna			30	4,2515	1+1	25,7485
strop	0,1	0,109	140	0	0	140
podlaha	0,15	0,117	140	-	-	-
okna	0,6	1,183	8,96	-	-	-
dveře	0,9	1,191	2,01	-	-	-
rozdíl teplot		Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního	Návrhová tepelná ztráta prostupem	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním	Návrhová tepelná ztráta větráním	
$\theta_{int,i}-\theta_e$		$H_{T,ie}$	$\phi_T$	$H_{Vi}$	$\phi_{Vi}$	
°C		W/K	W	W/K	W	
32		4	3137	10,605	339,36	
		3				
		5				
		3				
		15				
		55				
		11				
		2				