
JE ÚSPORNÝ DŮM OPRAVDU ÚSPORNÝ?

Z ČEHO POSTAVIT ÚSPORNÝ DŮM?



Jiří Beranovský

Jan Pokorný

JE ÚSPORNÝ DŮM OPRAVDU ÚSPORNÝ?

Z ČEHO POSTAVIT ÚSPORNÝ DŮM?

Autoři: Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA, Ing. Jan Pokorný

Odborná spolupráce: Ing. Martina Kozelková, Ing. Petr Vogel, Ing. Karel Srdečný

Vydal: © EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábky 2, 190 00 Praha 8

tel. +420 266 710 247

e-mail: info@ekowatt.cz

www.ekowatt.cz

Praha, 2014

Grafika a sazba: Marie Nováková

ISBN: 978-80-87333-10-5

Dílo bylo zpracováno za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2014 – Program EFEKT



OBSAH

Seznam zkratek	3
1. Úvod	5
1.1. O čem je tato publikace?	5
1.2. Situace	5
1.3. Proč je obecně důležité se zabývat energeticky úspornou výstavbou?	6
1.4. Evropská direktiva v národní legislativě	6
1.5. Pro koho je energeticky úsporná výstavba důležitá?	7
2. Metody, modely a teorie	8
2.1. Základní pojmy energetického hodnocení budov	8
3. Varianty posuzovaného objektu	13
3.1. Stavebně technické řešení variant	13
3.2. Technické zařízení budov: Nucené větrání s rekuperací tepla	18
3.3. Technické zařízení budov: Vytápění a příprava TV	19
3.4. Potřeba energie na domácí spotřebiče a vaření	20
3.5. Dodatečné zdroje energie a OZE	21
3.6. Přehled hodnocených variant	22
3.7. Tepelně technické hodnocení stavebních konstrukcí	22
3.8. Energetické hodnocení	25
3.9. Náklady na realizaci a provoz	28
4. Zjištěné výsledky	32
4.1. Ekonomické vyhodnocení variant	32
4.2. Kritérium NPV výdajů a celkové náklady za dobu vlastnictví (TCO)	34
4.3. Toky hotovosti při financování úvěrem (hypotékou)	38
5. Shrnutí, závěry a doporučení	43
Seznam odkazů a literatury:	45
6. Přílohy	47
6.1. Základní pojmy ekonomického hodnocení	47
6.2. Ekonomická analýza – metodika a kritéria	48
6.3. Ekonomické hodnocení v národní legislativě	50
6.4. V7 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	51
6.5. Referenční budova dle vyhlášky 78/2013	52
6.6. V0 POŽADOVANÁ – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	52
6.7. V0 DOPORUČENÁ – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	53
6.8. V1 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	53
6.9. V2 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	54
6.10. V3 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	54
6.11. V4 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	55
6.12. V5 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	55
6.13. V6 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	56
6.14. V7 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí	56
Seznam obrázků	57
Seznam tabulek	58
Seznam rovnic	59

SEZNAM ZKRATEK

Zkratky stavebních konstrukcí	IT	Information Technology, informační technologie	
OK	Okno		
DV	Dveře nebo vrata (V)	IRR	Internal Rate of Return (vnitřní výnosové procento)
OP	Obvodový plášť	JI	join implementation (společný podnik)
PDL	Podlaha	JE	jaderná elektrárna
STR	Strop nebo střecha	KCE	konstrukce
SP	Střešní plášť	KR	klimatické regiony
LOP	Lehký obvodový plášť	KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MIV	Meziokenní vložka	KGJ	kogenerační jednotka
		KPI	Key Performance Indicators
Ostatní zkratky		KZS	kontaktní zateplovací systém
BD	bytový dům	LED	Light Emitting Diode, světlo emitující dioda
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka	LHP	lesní hospodářské plány
BPS	bioplynová stanice	LOP	lehký obvodový plášť
BRKO	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu	LPIS	Land Parcel Identification System
BRO	biologicky rozložitelný odpad	LTO	lehký topný olej
CEN TC	European Committee for Standardization - Technical Committee	MO	maloodběr elektřiny
		MOO	maloodběr elektřiny obyvatelstvo
CNG	stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)	MOP	maloodběr elektřiny podnikatelé
CZT	centrální zásobování teplem	MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW
ČSÚ	Český statistický úřad	MV	minerální vlna
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii	MVE	malé vodní elektrárny (do 10 MW)
DCF	diskontovaný cash flow	MSJ	malé spalovací jednotky výkon 5 – 50 kW
DST	denostupně	NERD	nízkoenergetický rodinný dům
EGS	Enhanced Geothermal System (systémy s umělým vodním výměníkem)	nn	nízké napětí (do 1 kV)1
		NP	nadzemní podlaží
EPB	Energy Performance of Building / Energetická náročnost budov	NPV	Net Present Value, čistá současná hodnota
EPBD	Energy Performance of Building Directive / Směrnice pro energetickou náročnost budov	NT	nízký tarif
EPC	Energy Performance Contracting (Consulting)	nZEB	Nearly Zero-Energy Buildings / Budovy s téměř nulovou spotřebou energie
EPS	expandovaný polystyren	NZÚ	Program Nová zelená úsporám
ERÚ	Energetický regulační úřad	ORC	Organic Rankin Cycle
EŠOB	energetický štítek obálky budovy	OZE	obnovitelné zdroje energie
GIS	Geografický informační systém	PD	projektová dokumentace/pasivní dům
GTE	geotermální elektrárna	PE	parní elektrárny
HD	hospodařící domácnost	PEZ	primární energetické zdroje
HDR	Hot Dry Rock (suché teplo hornin)	PHPP	Passive House Planning Package = nástroj na optimalizaci pasivních budov
HPJ	hlavní půdní jednotka	PPE	paroplynové elektrárny
HPKJ	hlavní půdně klimatická jednotka	PP	podzemní podlaží
HVAC	heating, ventilation, and air conditioning / vytápění, větrání a klimatizace	PPS	pěnový polystyren
		PSE	plynové, spalovací elektrárny
IEQ	Indoor Environmental Quality / Kvalita vnitřního prostředí	PVE	přečerpávací vodní elektrárny
		RD	rodinný dům
		RRD	rychle rostoucí dřeviny
		SKO	směsný komunální odpad
		SLT	soubor lesních typů

SPF	Seasonal Performance Factor, sezónní topný faktor
SPVEZ	Svaz podnikatelů pro využití energetických zdrojů
SSJ	střední spalovací jednotky výkon 50 – 200 kW
TCO	Total Costs of Ownership = celkové náklady za dobu vlastnictví, resp. životnosti
TČ	tepelné čerpadlo
TI	tepelná izolace
TKO	tuhý komunální odpad
TTP	trvalé travní porosty
TV	teplá voda
TZB	technické zařízení budov
ÚFA	Ústav fyziky atmosféry
ÚT	ústřední vytápění
vn	vysoké napětí (od 1 kV do 52 kV) 1)
VE	vodní elektrárny
VO	velkoodběr elektřiny
V SJ	velké spalovací jednotky (výkon nad 200 kW)
VT	vysoký tarif
VTE	větrné elektrárny
VÚKOZ	Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.
VÚMH	Výzkumný ústav místního hospodářství
vvn	velmi vysoké napětí (nad 52 kV) 1)
VYT	vytápění
VZT	vzduchotechnika
XPS	extrudovaný polystyren
ZP	zemní plyn
ZT	zdroj tepla

¹ ČSN 330010

1. ÚVOD

1.1. O čem je tato publikace?

Publikace zkoumá závislost ekonomické efektivity na investičních a provozních nákladech energeticky úsporné výstavby na příkladu rodinného domu. Pro snadnější pochopení studie využívá konkrétní realizovaný rodinný dům v obci Praha - Vnoř (Kozelková, M., 2013)², viz Varianta 6 v dalším textu. Energetické spotřeby, investiční a provozní náklady jsou porovnány pro různé stavební systémy.

Studie předpokládá přípustná zjednodušení, protože problematika energeticky úsporné výstavby má mnoho stupňů volnosti. Snaha postihnout všechny možnosti vede obvykle k nepřehlednosti.

Pro stanovení energetické náročnosti objektu je zvolena novostavba pasivního domu, který je namodelován v různých stavebních soustavách. Jednotlivé modely jsou „naladěny“ tak, aby dům v každé stavební soustavě splňoval kritéria pro pasivní standard podle TNI 73 0329 pro rodinné domy. Technická vybavenost se předpokládá jednotná.

V České republice lze pro stavbu pasivního domu s výhodou využít dotačního programu Nová zelená úsporám (NZÚ), který předpokládá používání českých metodik pro energetické hodnocení budov. Proto nejsou pro hodnocení použity zahraniční metodiky, například PHPP.

Tepelně technické posouzení je zpracováno v programech Svoboda Software: Teplo 2014, Energie 2014 a v programu EkoWATT 2014. Jedná se v podstatě o hodnocení podle ČSN 73 0540, dále podle TNI 73 0329 a podle vyhlášky č. 78/2013 Sb.

Pro ekonomické hodnocení jsou použita klasická kritéria hodnocení ekonomické efektivity. Ekonomické výpočty jsou prováděny v programu Efekt 3.0 ČVUT³. Rozpočty jsou sestaveny v programu KROS plus.



1.2. Situace

Proč se zabýváme ekonomickým hodnocením energeticky úsporné výstavby? Novela zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií (zákon č. 318/2012 Sb.) a prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb. cílí na přechod k lepším energetickým standardům budov, v roce 2020 dokonce k budovám s téměř nulovou spotřebou⁴. Logické jsou potom otázky: Kolik to bude stát? Vyplatí se to? Má smysl cílit z pasivního dokonce na nulový nebo aktivní standard?

² Kozelková Martina, Mádřová Jana (2014) Rozpočty pro různé stavební varianty rodinného domu ve Vnoři. Firemní podklady ORIGIS s. r. o., U Strouhy 264/13, 19600 Praha 9-Miškovice, tel.: 725 056 004, zelená linka: +420 800 884 884, m.kozelkova@origis.cz, j.madrova@origis.cz, http://www.origis.cz .

³ Kol. autorů (2013) Efekt 3.0. Program pro hodnocení ekonomické efektivity. ČVUT FEL, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, Praha.

⁴ Je třeba si uvědomit, že budovy s téměř nulovou spotřebou podle české legislativy mohou, ale nemusí být pasivní. Podle prováděcí vyhlášky č. 78/2013 Sb. se jedná spíše o budovy těsně pod hranicí nízkoenergetických, přibližně 45 kWh/(m².rok).

V odborné literatuře lze například nalézt informace o tom, že náklady na výstavbu pasivního domu jsou o 8 – 15 % vyšší než na běžnou výstavbu. (Bárta, Srdečný, 2011)⁵ Je však logické, že náklady se budou v jednotlivých zemích lišit z důvodu odlišných ekonomických, ale i třeba klimatických podmínek. V České republice nebyl podrobný výzkum zatím prováděn. Ovšem porovnáním rozpočtů některých již realizovaných pasivních domů se ukazuje, že při optimalizaci investičních nákladů úsporná výstavba dokonce nemusí být dražší než výstavba běžná. (Beranovský, 2014)⁶ Pokud při výstavbě úsporných budov dochází k navýšení investičních nákladů (oproti výstavbě standardních, „neúsporných“ budov), z ekonomického hlediska ji lze chápat i jako formu investice, jejímž účelem je snížení budoucích provozních nákladů (především na vytápění, přípravu teplé vody, větrání nebo osvětlení). Pro investora – stavebníka je tedy důležitou otázkou ekonomická efektivita takové investice.

1.3. Proč je obecně důležité se zabývat energeticky úspornou výstavbou?

Budovy v České republice, ať už rezidenční či komerční, se podílejí významnou částí na celkové spotřebě tepla a elektřiny konečnými spotřebiteli. Tato spotřebovávaná energie pak ovlivňuje celou řadu makroekonomických veličin počínaje rozložením skladby nákladů ve spotřebním koši až po strategické zabezpečení dodávky energií. Přitom energeticky úsporná výstavba, tedy nízkoenergetická, pasivní, nulová či dokonce aktivní (plusová), je v České republice stále ještě málo populární, ačkoliv zejména v okolních státech, jako jsou Rakousko či Německo, je například pasivní výstavba již léta běžným standardem.

Situace se ale v důsledku zavádění evropské legislativy mění. Příslušný předpis Evropské unie⁷ (EPBD II = Energy Performance of Building Directive = Směrnice pro energetickou náročnost budov) podstatně doplňuje a mění původní směrnici EPBD I⁸, která této směrnici předcházela. Tato směrnice principiálně zavádí do hodnocení budov nový prvek, zabývá se i ekonomikou. Pro porovnávání rozsahu energetických spotřeb resp. úspor zavádí tzv. **nákladové optimum**, které respektuje jak celkové dosažené úspory za dobu životnosti opatření (technologii), tak i celkové náklady vynaložené na dosažené těchto úspor (jak jednorázové náklady na pořízení, tak i náklady na energii, údržbu, revize atd. posuzovaných technologií). Toto se potom projevuje i v ostatních národních legislativách, viz Kapitola 6.1.

1.4. Evropská direktiva v národní legislativě

Z evropské direktivy vychází jedna z posledních novel zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií zákonem č. 318/2012 Sb., který do tohoto zákona implementuje energetickou náročnost budov. Prováděcím předpisem k těmto legislativním úpravám je potom vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Těmito legislativními úpravami se zavádí splnění požadavků na energetickou náročnost budov na úroveň téměř nulové spotřeby energie od 1. ledna 2018 pro všechny nové budovy (v podstatě se jedná o všechny nové bytové domy, kde je celková energeticky vztažná plocha větší než 1 500 m², to odpovídá téměř každému bytovému domu s více než 20 bytovými jednotkami), od 1. ledna 2019 pro budovy do 350 m² a od 1. ledna 2020 dokonce

⁵ Bárta, J., Srdečný, K. (2010) Navrhování pasivních domů. Kurz Centra pasivního domu (CPD), Část H, Ekonomika pasivních domů. Brno: Centrum pasivního domu.

⁶ Beranovský, J. (2014) Ekonomika energeticky úsporné výstavby. Podklady a pracovní verze studie pro interní firemní výzkum. Praha: EkoWATT CZ s. r. o.

⁷ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Nařízení Komise č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.

⁸ Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.

i pro rodinné domy (budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 350 m²), viz §7 Snížování energetické náročnosti budov zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Toto platí do značné míry i pro rekonstrukce, viz §7 odst. (2)⁹ uvedeného zákona. Snížení energetické náročnosti se vyžaduje v případě, že budova prochází tzv. větší změnou. Větší změnou dokončené budovy se rozumí podle stejného zákona §2 odst. (1) s): změna dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy.

1.5. Pro koho je energeticky úsporná výstavba důležitá?

Z legislativních i z ryze praktických důvodů vyplývá, že pokud stavebník, který realizuje rekonstrukci či novostavbu, uvažuje zároveň i jako racionální investor, je logické, aby již v roce 2015 do svých úvah zahrnul i zacílení přímo na nižší hodnoty energetické náročnosti. Důvodů je hned několik:

Strategický: Příprava projektu může trvat i několik let a výstavba také. Může se stát, že v roce dokončení záměru bude již zastaralý a zastaralá budova může být například v případě potřeby hůře prodejná či pronajímatelná.

Strategický: Ceny energií v čase obecně rostou, provozní náklady budov s nižší spotřebou energií jsou méně citlivé na vlivy trhu energií.

Hygienický: Instalace moderních těsných oken u bytových domů a těsných lehkých obvodových plášťů v podstatě implikuje nutnou instalaci nuceného nebo alespoň automaticky řízeného větrání. Toto již řeší a detailně ještě bude řešit i legislativa.

Ekonomický: Pokud při realizaci energeticky úsporných opatření či při výstavbě úsporných budov dochází k navýšení investičních nákladů oproti standardnímu řešení, z ekonomického hlediska se jedná v podstatě o formu investice, respektive víceinvestice, jejímž účelem je snížení provozních nákladů. Investor – stavebník řeší tedy otázku ekonomické efektivity takové investice. Investor – stavebník potřebuje tedy ujištění, že snížením energetické náročnosti budovy buď nedojde k navýšení investičních nákladů anebo pokud dojde, že se vícenáklady zaplatí snížením provozních nákladů, tedy úsporou.

⁹ Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií v platném znění.

2. METODY, MODELY A TEORIE

2.1. Základní pojmy energetického hodnocení budov

Metodika na hodnocení energetické spotřeby budov není jednotná a jednoznačná. Například v České republice se energetické hodnocení budov provádí zejména podle následujících metodik:

- ✓ ČSN 73 0540¹⁰: Definuje nízkoenergetický, pasivní dům i nulový dům v České republice.
- ✓ TNI 73 0329 pro rodinné domy a TNI 73 0330 pro bytové domy: Jednotící postup pro hodnocení a klasifikaci budov s nízkou spotřebou tepla. TNI hodnotí i primární energie na provoz pasivního domu z neobnovitelných zdrojů. Tedy energie na vytápění, přípravu teplé vody a elektrická energie pro technologie nesmí překročit 60 kWh/(m².a). Využívá se pro hodnocení budov v dotačním programu SFŽP Zelená úsporám.
- ✓ PENB = Průkaz energetické náročnosti budovy, podle vyhlášky č. 78/2013 Sb.
- ✓ PHPP = Passive House Planning Package = nástroj na optimalizaci pasivních budov, vyvinutý v Passivhaus Institut (PHI) Darmstadt. Podle PHPP existuje několik kritérií, která musí pasivní dům splňovat. Výběr některých je v tabulce níže.

	Kritérium	Označení	Jednotka	Požadavek TNI	Požadavek PHI
	Metodika výpočtu			TNI 73 0329 TNI 73 0330	PHPP
1	Měrná potřeba tepla na vytápění	EA	kWh/(m ² .rok)	≤ 20, resp. 15 ¹⁾	≤ 15
2	Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů	PEA	kWh/(m ² .rok)	≤ 60 ²⁾	≤ 120 ³⁾
3	Neprůvzdušnost obálky budovy	n50	h-1	≤ 0,6	≤ 0,6

Tabulka 1: Pasivní standard podle TNI a PHPP. (Zdroj: Porsenna o. p. s.)

Poznámka:

- ¹⁾ Hodnota 20 kWh/(m².rok) = rodinné domy, 15 kWh/(m².rok) = bytové domy.
- ²⁾ Energie na vytápění, přípravu teplé vody, technické systémy budov (bez osvětlení a ostatních domácích spotřebičů).
- ³⁾ Energie na vytápění, přípravu teplé vody, technické systémy budov, osvětlení a ostatní domácí spotřebiče.

Metodika PHPP na rozdíl od českých metodik pracuje s vnitřní podlahovou plochou, která je navíc redukována o nevyužívané části, proto je tento model sice přesnější, ale zároveň přísnější. České metodiky pracují s tzv. energeticky vztažnou plochou, která je definována jako: „vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy“.¹¹

¹⁰ ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2 - Požadavky, 4. návrh revize, 2011

¹¹ Zákon č. 318 / 2012 Sb.

Podle ČSN 730540 a podle zákona č. 406/2000 Sb. je důležitým pojmem **kvalita obálky budovy**, pro kterou je základním kritériem **součinitel prostupu tepla**. Ten je uváděn ve třech úrovních, jako hodnota požadovaná, doporučená a doporučená hodnota pro pasivní domy. Zároveň jsou předepsány požadavky na **průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy**, přičemž kritérium využívá metody referenční budovy, což je geometricky a funkčně identická virtuální budova. Hodnocení energetické bilance nulového domu podle ČSN 73 0540 vyjadřuje „**měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů**“, která vychází z roční bilance energetických potřeb a energetické produkce v budově a jejím okolí. ČSN 73 0540 tuto problematiku řeší ve dvou úrovních hodnocení, které se od sebe liší započítáním spotřeby na elektrické spotřebiče:

- ✓ Úroveň A do energetických potřeb budovy zahrnuje potřebu tepla na vytápění, potřebu energie na chlazení, potřebu energie na přípravu teplé vody, pomocnou elektrickou energii na provoz energetických systémů budovy, elektrickou energii na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.
- ✓ Úroveň B je stejná jako úroveň A, ale nezahrnuje spotřebu elektrické energie pro elektrické spotřebiče.

Norma dále definuje okrajové podmínky pro úrovně A i B pro dosažení zařazení do kategorií „energeticky nulový“ a „blízký energeticky nulovému“, viz ČSN 73 0540¹². Další podrobnosti potom stanoví i vyhláška č. 78/2013 Sb.

Plusový (aktivní, nebo též pozitivní) standard zatím není legislativně definován, nicméně pro dosažení nulového standardu je třeba v podstatě předpokládat, že budova minimálně odpovídá pasivnímu standardu, který je definován TNI 73 0329 (RD) či TNI 73 0330 (BD). Kromě toho je nutné více než 100 % energetické spotřeby pokrýt z obnovitelných zdrojů. Toto pokrytí nemusí odpovídat aktuální potřebě, typicky budova dodává v létě do sítě energii a v zimě naopak odebírá, v roční bilanci musí být výroba vyšší než spotřeba. Pokud jde o tzv. „budovy s téměř nulovou spotřebou“ podle zákona č. 406/2000 Sb., pak je z obnovitelných zdrojů nutno pokrýt cca 20 % spotřeby. Přehlednou analýzu této problematiky popisuje profesor Tywoniak ve svých příspěvcích do diskuse k novému znění Evropské směrnice o energetické náročnosti budov EPBD (Tywoniak, 2011)^{13, 14}.

Proč je dosažení hranice **pasivního** standardu tak důležité? Důvodem je, že důsledně nastavuje parametry stavebních konstrukcí a podmínky pro vzduchotěsnost, což umožňuje maximální využití **pasivních** tepelných zisků. Jedná se o vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní, jako například teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Pokud jsou důsledně dodrženy principy pasivního domu, budova „nepotřebuje“ vytápění. Pasivní je dům proto, že nepotřebuje aktivní vytápění¹⁵.

Vzduchotěsnost objektu je třeba chápat jako nutnou podmínku pro vysokou účinnost zpětného získávání tepla – rekuperaci, bez které pasivní, ale ani nízkoenergetické úrovně v rodinném domě nelze dosáhnout. Mýtus, že vzduchotěsnost domu znamená, že si uživatel nesmí v případě neutuchající potřeby otevřít okno, je bohužel často tradovaný výmysl.

Je dobré si uvědomit, že české normy a mezinárodně uznávané standardy Passivhaus Institutu (PHI) v rakouském Darmstadtu pro pasivní domy se od sebe liší. České standardy pro pasivní bu-

¹² ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov. Část 2 – Požadavky, 4. návrh revize, 2011

¹³ Tywoniak Jan (5. 9. 2011) Nulové domy. [online] Článek pro seminář Dřevostavby, aktualizováno autorem podle poslední verze revize ČSN 73 0540-2. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>.

¹⁴ Tywoniak Jan (14. 11. 2011) Pasivní a nulové budovy na společné cestě. [online] Publikováno na konferenci Pasivní domy 2011, Bratislava. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>.

¹⁵ Kol. autorů (2014) What is passivehaus? [online] Informační portál PHI. Dostupné z http://www.passivhaus.org.uk/what_is_passivhaus.php.

dovy, tak jak jsou nyní nastaveny, odpovídají nízkoenergetickému standardu podle jednotlivých normativních dokumentů, viz Tabulka 1¹⁶. Nízkoenergetický standard je sice nezbytným vývojovým stupněm k pasivnímu, narozdíl od pasivního domu však nízkoenergetické domy potřebují větší zdroje tepla a rozsáhlejší otopný systém. Investiční náklady tak mohou být stejné, avšak provozní jsou o poznání vyšší. Pro úplnost si shrneme hlavní zásady pasivní výstavby definované v Passivhaus Institutu (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)¹⁷:

- ✓ měrná roční potřeba (nikoli spotřeba) tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, přitom topná zátěž $\leq 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$;
- ✓ neprůvzdušnost obálky budovy při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa (n_{50}) se ověřuje tlakovou zkouškou (blower-door test) a nesmí překročit hodnotu 0,6⁻¹/hod, čili za hodinu se nesmí vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu;
- ✓ celková potřeba primární energie (spotřeba) spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než 120 kWh/(m²a). Primární energie uvažují spotřebu včetně ztrát při výrobě a distribuci;

Minimální požadavky na součinitel prostupu tepla U pro obalové konstrukce ukazuje Tabulka 2, které si může případný zájemce o hlubší problematiku porovnat s požadavky ČSN 73 0540. Stojí za to upozornit na minimální specifický požadavek na kvalitu oken, protože ten přímo souvisí s vnitřní povrchovou teplotou okna. Povrchová teplota okna by neměla být výrazně nižší než 17 °C, protože pro minimální úroveň vytápění na 20 °C je právě rozdíl 3 °C z biologického hlediska pro člověka rozhodující pro pocitové vnímání chladu. Za současného stavu poznání je tedy možné s trochou nadsázky tvrdit, že nízkoenergetický standard je v podstatě špatně postavený standard pasivní.

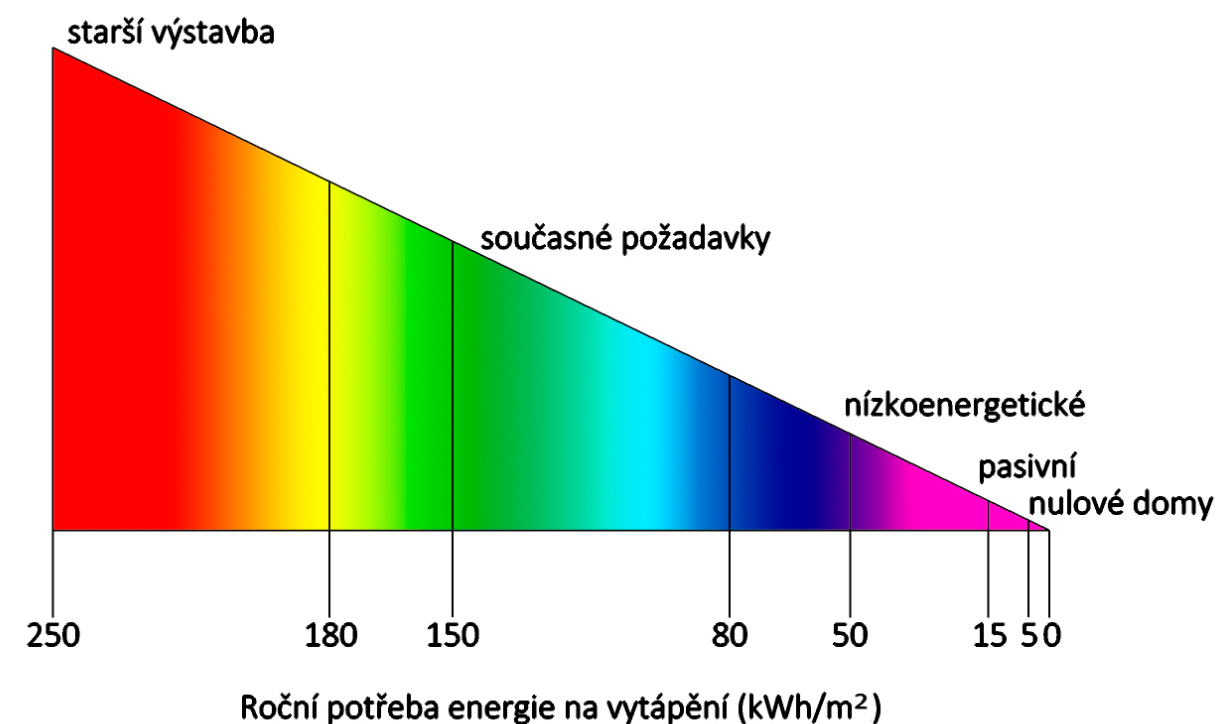
Obvodová stěna – vzduch	0,08 – 0,15 W/(m ² K)
Obvodová stěna – zemina	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Střecha	0,06 – 0,1 W/(m ² K)
Strop do sklepa nebo nevytápěného prostoru	0,1 – 0,15 W/(m ² K)
Stěna do nevytápěného prostoru	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Okno U_w	$< 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ kvůli tep. pohodě
Zasklení – g	$> 0,5$
Zasklení U_g	$\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Osazené okno $U_{w,eff}$	$\leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Tabulka 2: Požadované součinitele U pro metodiku PHI.

Přehled různých energetických standardů pro budovy ukazuje často publikovaný Obrázek 1, přehledněji potom následující Tabulka 3:

¹⁶ Je třeba si uvědomit, že budovy s téměř nulovou spotřebou podle české legislativy mohou, ale nemusí být pasivní. Podle prováděcí vyhlášky č. 78/2013 Sb. se jedná spíše o budovy těsně pod hranicí nízkoenergetických, přibližně 45 kWh/(m²·rok).

¹⁷ Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.



Obrázek 1: Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění.

Provedeme-li shrnutí, moderní výstavbu budov lze přibližně rozdělit podle následujících kategorií:

domy běžné ve 70.–80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynové kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů, případně jiný obnovitelný zdroj
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Tabulka 3: Rozdělení budov podle charakteristiky a roční potřeby tepla na vytápění. (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)¹⁸

¹⁸ Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.

- ✓ Nízkoenergetický dům = roční potřeba tepla na vytápění $\leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, ostatní spotřeba se přitom nehodnotí.
- ✓ Pasivní dům = roční potřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, celková spotřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů $\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$ resp. $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$.
- ✓ Nulový dům = méně než $5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$, z logiky intuitivního vnímání doporučit uvažovat nulovou bilanci spotřeby primární energie z neobnovitelných zdrojů včetně spotřeby elektrické energie na elektrické spotřebiče.
- ✓ Plusový dům = vyrobí více primární energie, než sám spotřebuje, přebytky dodá do sítě či akumuluje.

Přestože z výše uvedené analýzy vyplývá, že přísnější pasivní standard zavedený PHI dává při realizaci smysl, s ohledem na české standardy, které odpovídají i podmínkám státní investiční podpory je pro účely této studie zvolen pasivní standard podle TNI 73 0329.

Kapitoly Základní pojmy ekonomického hodnocení a Ekonomická analýza – metodika a kritéria jsou uvedeny v přílohách.

3. VARIANTY POSUZOVANÉHO OBJEKTU

3.1. Stavebně technické řešení variant

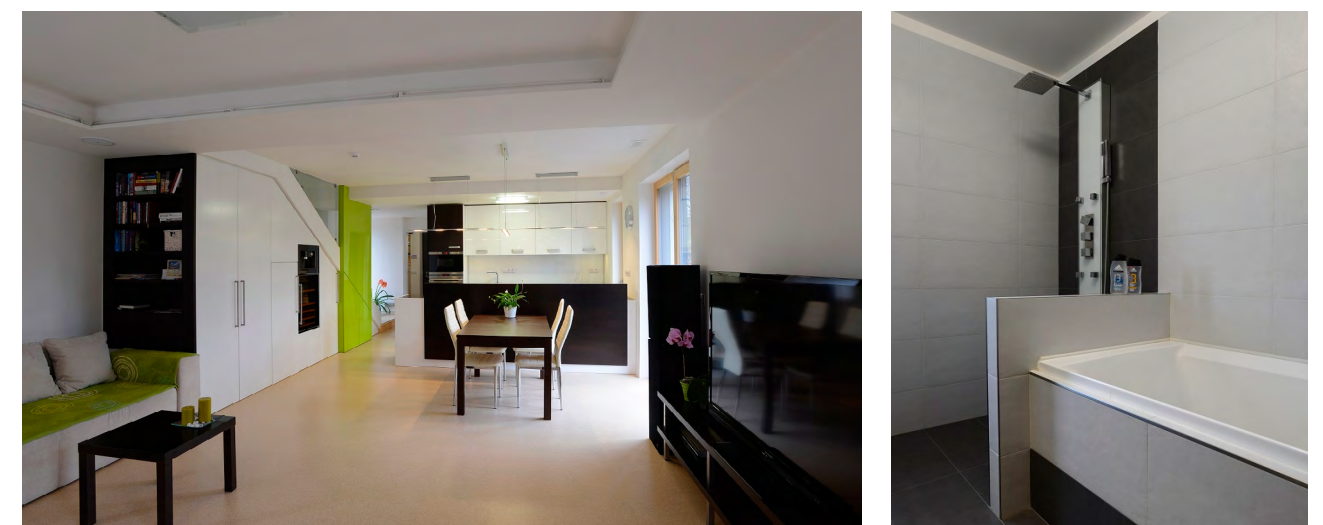
Pro stanovení energetické náročnosti objektu je třeba přesně namodelovat posuzovaný objekt. Vnitřní podlahová plocha je v modelu zachována jednotně. Ovšem výpočtová **energeticky vztažná plocha** stanovená z vnějších rozměrů, je naopak pro každou variantu rozdílná, protože se mění celková tloušťka stavební konstrukce.

Pro každou variantu je sestaven model objektu, ze kterého je určena plocha, jednotlivých ochlazovaných konstrukcí ve vztahu k exteriéru i k nevytápěným prostorům, ale i orientace oken apod. Pro stanovení ploch je zpracován 3D model v programu SketchUp.

Zkoumaný rodinný dům je dvoupodlažní. Střecha je sedlová, nicméně hranici vytápěné obálky tvoří konstrukce stropu nevytápěné půdy, proto jsou konstrukce střechy v zobrazených schématech průhledné. Objekt není podsklepen. Realizovaná varianta je postavena v provedení Varianty 6, tedy difúzně otevřená konstrukce v obci Praha – Vinoř. Půdorys domu tvoří obdélník, který je orientován delší stranou ve směru JZ – SV.

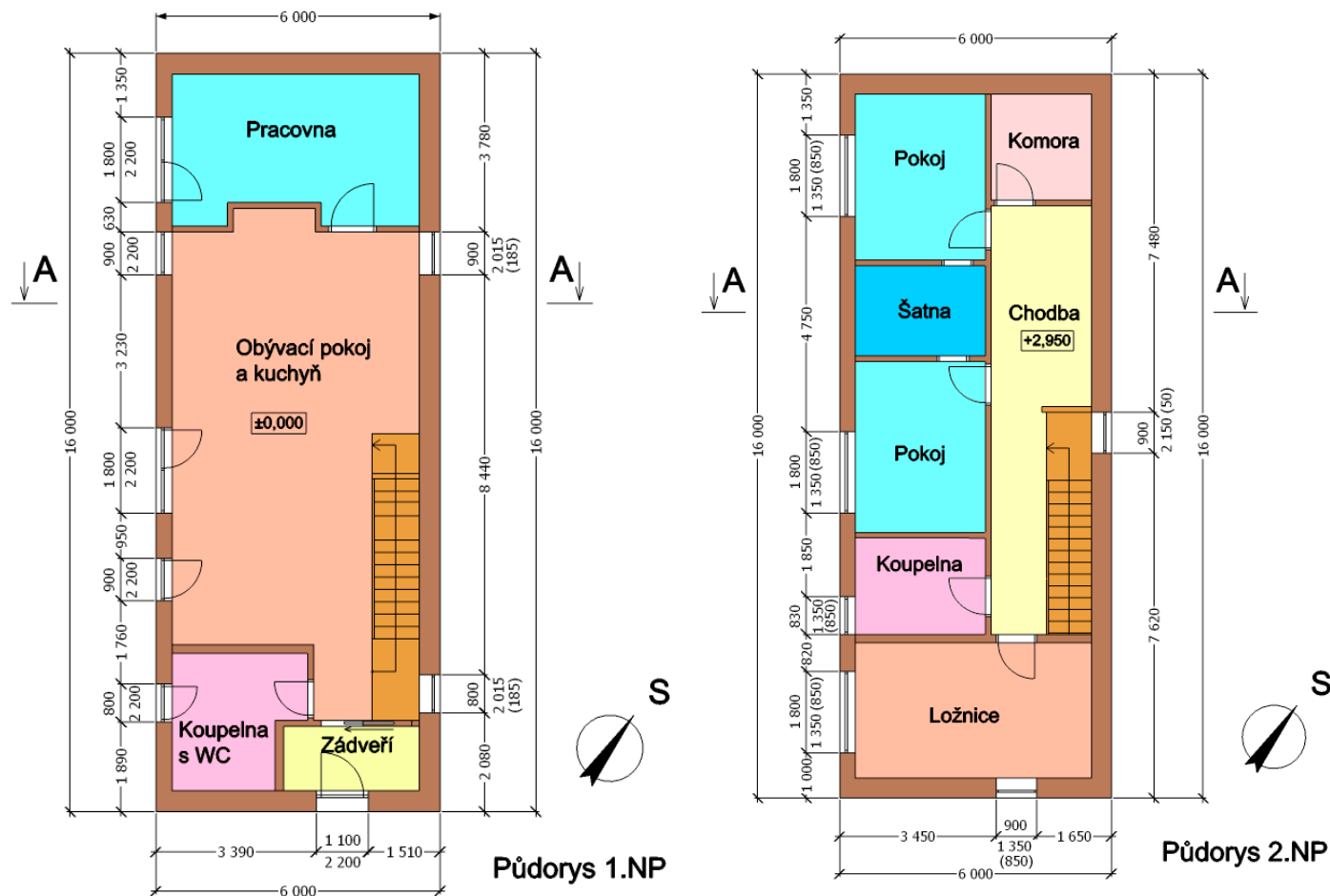


Obrázek 2: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha - Vinoř. Foto: Origis, www.origis.cz.





Obrázek 3: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz.

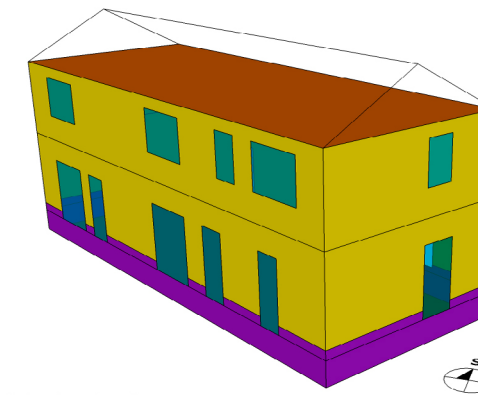


Obrázek 4: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – Vinoř, půdorys a řez. Foto: Origis, www.origis.cz.

Referenční varianty: Proti pasivním variantám jsou postaveny pro porovnání dvě **Varianty 0**, které se liší kvalitou provedení. Horší nulová varianta je navržena na hodnoty **požadované** $U_{n,20}$, kvalitnější nulová varianta je navržena na hodnoty **doporučené** $U_{rec,20}$. Obě nulové varianty jsou navrženy tak, aby odpovídaly běžnému standardu, který se obvykle realizuje.

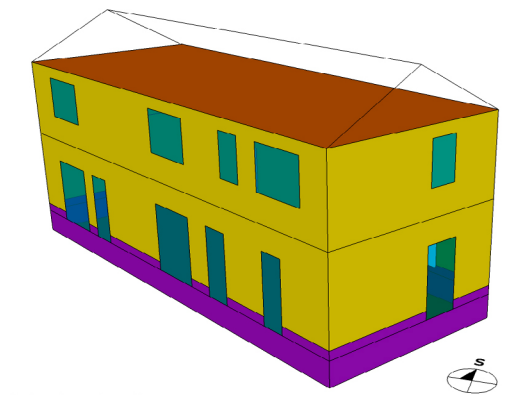
Na trhu existuje řada výrobků z dutinových cihel, které splňují nebo alespoň deklarují splnění požadovaných či doporučených U při tloušťce zdiva cca 500 mm. Referenční varianty však jsou navrženy s ohledem na minimalizaci investičních nákladů, proto je zvolena kombinace v níže uvedených skladbách, které jsou proti cenovým cenám přibližně o 500 Kč/m² levnější.

Varianta 0 Požadované hodnoty U	Varianta 0 Doporučené hodnoty U
Stěny: Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.	Stěny: Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.
Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g = 0,6$ (W/m ² .K), rám $U = 1,1$ (W/m ² .K)	Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g = 0,6$ (W/m ² .K), rám $U = 1,1$ (W/m ² .K)
Střecha: Foukaná celulóza 200 mm	Střecha: Foukaná celulóza 260 mm
Podlaha: Podlahový polystyren 140 mm	Podlaha: Podlahový polystyren 140 mm



Varianta 0
Dutinové cihelné bloky 440

Obrázek 5: Varianta 0 Pož Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.



Varianta 0
Dutinové cihelné bloky 440

Obrázek 6: Varianta 0 Dop Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.

Varianty navržené v pasivním standardu: Varianty 1 – 7 jsou navrženy v pasivním standardu podle TNI a mají společné provedení otvorových výplní, střechy a podlahy:

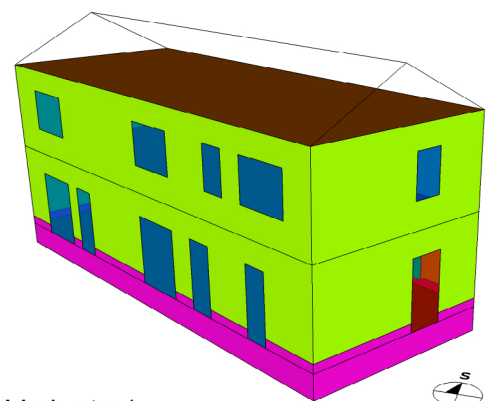
✓ Podlaha: Pěnové sklo 500 mm – ekvivalentem může být izolace z podlahového polystyrenu o5mocnosti 200 mm na desce se základovými pasy.

✓ Střecha: Foukaná celulóza 600 mm.

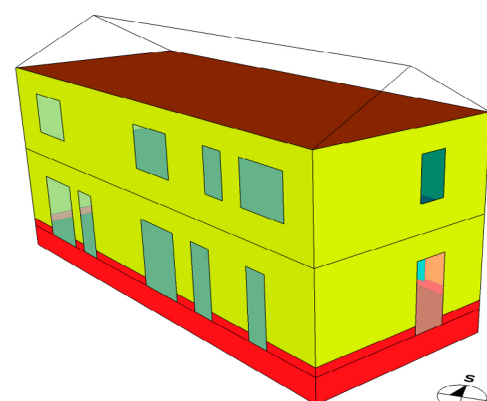
✓ Okna a dveře: Izolační trojsklo $U_g = 0,6$ (W/m².K), rám $U = 0,96$ (W/m².K) Výplně otvorů jsou tedy navrženy s kvalitnějšími dražšími rámy a kvalitními distančními rámečky tak, aby v kombinaci s nuceným větráním nedocházelo ke vzniku kondenzátu na povrchu zasklení ani při extrémně nízkých teplotách. Velikost a parametry oken jsou optimalizovány na aktivní bilanci tepelných zisků a ztrát.

✓ Soklová část: Zateplena pomocí XPS v požadovaných tloušťkách.

Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm
Stěny: Pórobetonové tvárnice 250 mm a KZS 260 mm EPS.	Stěny: Pórobetonové tvárnice 250 mm a KZS 320 mm MW.



Varianta 1
Pórobetonové tvárnice 250+EPS 260

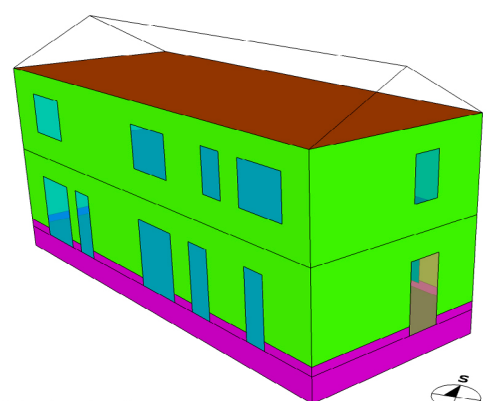


Varianta 2
Pórobetonové tvárnice 250+MW 320

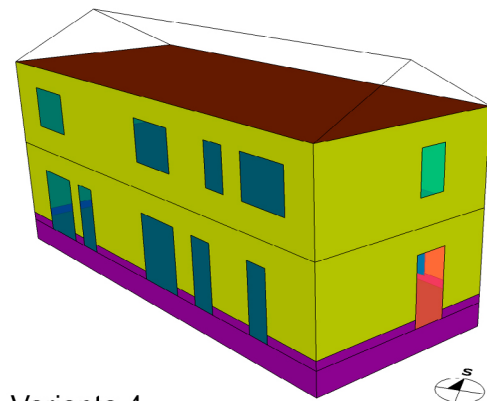
Obrázek 7: Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm.

Obrázek 8: Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 + MW 320.

Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm
Stěny: Dutinové cihelné bloky 240 mm a KZS 260 mm šedý EPS.	Stěny: Dutinové cihelné bloky 240 mm a KZS 320 mm MW.



Varianta 3
Dutinové cihelné bloky 240+šedý EPS 260

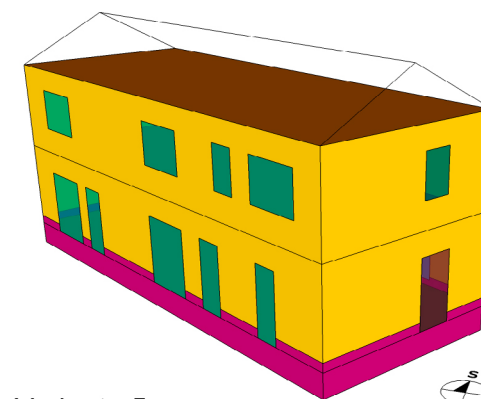


Varianta 4
Dutinové cihelné bloky 240+MW 320

Obrázek 9: Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + EPS 260 mm.

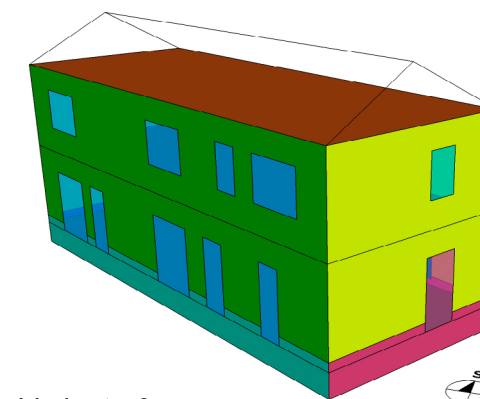
Obrázek 10: Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm.

Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	Varianta 6 DO dřevolákno 60 mm + celulóza 260 a 360 mm
Stěny: Vápenopískové cihly 175 mm a KZS 300 mm šedý EPS.	Stěny: Difúzně otevřená konstrukce tvořená dřevoláknitými deskami 60 mm a prostorem vyplněným foukanou celulózou 260 a 360 mm.



Varianta 5
VPC 175+šedý EPS 300

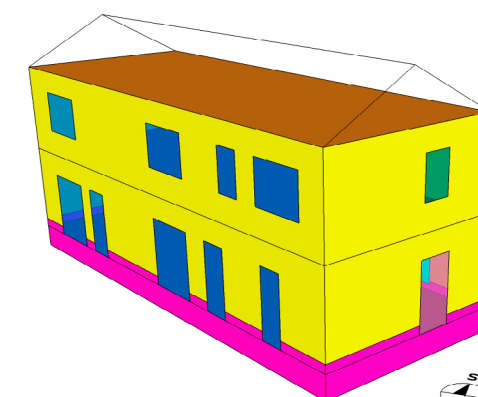
Obrázek 11: Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm.



Varianta 6
Dřevolákno+Celulóza

Obrázek 12: Varianta 6 DO Dřevolákno 60 mm + Celulóza 260 a 360 mm.

Varianta 7 DU Celulóza + šedý EPS 180 mm
Stěny: Difúzně uzavřená konstrukce tvořená OSB deskami na dřevěném rámu s prostorem vyplněným celulózou 160 mm a KZS 180 mm šedý EPS.



Varianta 7
Celulóza+šedý EPS 180

Obrázek 13: Varianta 7 Celulóza 160 mm + šedý EPS 180 mm.

3.2. Technické zařízení budov: Nucené větrání s rekuperací tepla

Referenční varianty uvažují přirozené větrání otevíráním oken. V těchto variantách se samozřejmě počítá se spotřebou tepla na ohřev větraného vzduchu.

Ve všech pasivních variantách **Varianty 1 – 7** se uvažuje nucené větrání s rekuperací tepla. Pro nucené větrání objektu je uvažována centrální vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla o průměrné činnosti 77 % a elektrickým dohřevem. V současné době sice nalezneme na trhu rekuperační jednotky, které mají i vyšší činnost 85 % nebo i 92 %. Požadavky na dosažení pasivního standardu, kde pro zajištění dostatečné účinnosti rekuperační jednotky požadována výměna vzduchu max. $0,6 \text{ h}^{-1}$, potom implikují využití kvalitního nuceného větrání k zajištění hygienického a zdravého bydlení v domě.

Nucené větrání zajistí dostatečný přísun přefiltrovaného vzduchu pro zdravé bydlení, stejně tak odvede dostatečné množství vzduchu pro odstranění přebytečné vlhkosti (koupelny, kuchyně, akvárium) a pachů (WC, kuchyně).

Rekuperace tepla zpětně získává tepelnou energii z odpadního znečištěného vzduchu pro vzduch přiváděný, ten se potom nemusí tolik dohřívat, jako je tomu u běžného větrání okny. Na druhou stranu je nutné počítat s další spotřebou elektrické energie pro provoz ventilátorů a elektrický dohřev. Spotřeba této aditivní energie je však řádově nižší než spotřeba energie na ohřev vzduchu. Bez využití rekuperace tepla rodinný dům nemůže v energeticky pasivním ani v nízkoenergetickém standardu v podstatě vyjít.

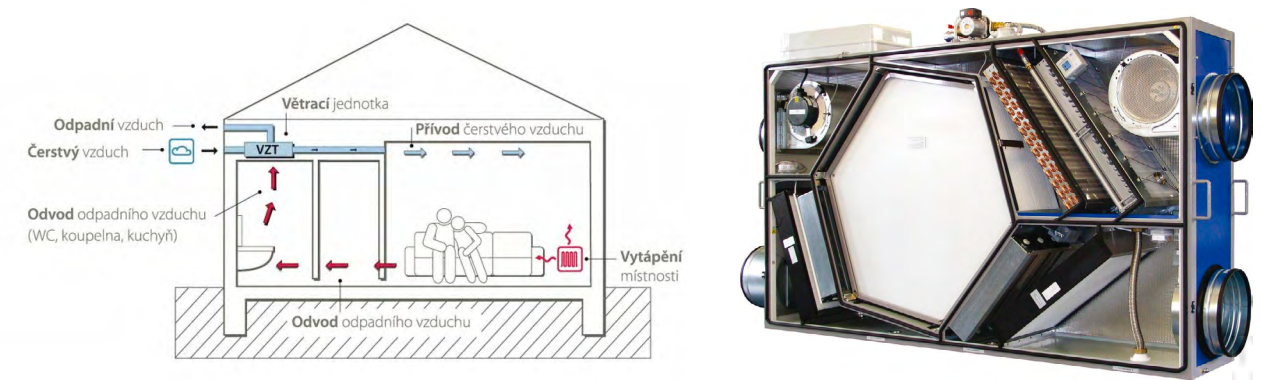
Rekuperační jednotky se v současné době vyrábějí již s regulací otáček ventilátorů a dovedou přizpůsobit příkon motorů okamžité potřebě. Oproti neregulovaným variantám mají až poloviční spotřebu elektrické energie.

Bydlení v pasivním standardu s rekuperací vzduchu je uživatelsky velmi přátelské, protože místo větrání okny za obyvatele větrají čidla:

- ✓ Čidla CO_2 jsou vhodná zejména pro obývací pokoje nebo kuchyně se spotřebiči na zemní plyn, kde hlídají koncentraci při pobytu osob nebo při vaření, lze je použít i pro ložnice,
- ✓ čidla vlhkosti jsou vhodná zejména pro koupelny a elektrifikované kuchyně,
- ✓ čidla přítomnosti postačí pro ložnice, pokud máme daný počet osob, ale jsou použitelná i pro koupelny a WC, kde se však doporučuje časový doběh,
- ✓ prostý vypínač s časovým doběhem je obvykle nejjednodušší a nejspolehlivější řešení pro odvětrání WC.

Kvalitní větrání je v jakémkoliv obývaném prostoru podpořeno i zákonnými normami, například větrání obytných zón se posuzuje podle Vyhlášky č. 20/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby o technických požadavcích na stavby, přičemž pro obytné místnosti platí podle vyhlášky norma ČSN EN 15665 Z1 – Větrání budov – Stanovení kritérií pro větrací systémy obytných budov.

Dodavatelů ventilačních systémů s rekuperací tepla je na trhu celá řada, dílčí i komplexní řešení lze nalézt například na následujících firemních stránkách: www.elektrodesign.cz, www.paul-rekuperace.cz, www.regulus.cz, www.airpohoda.cz, www.atrea.cz.



Obrázek 14: Nucené větrání s rekuperací. Zdroj: www.atrea.cz.

3.3. Technické zařízení budov: Vytápění a příprava TV

Pro objektivní porovnání je zvoleno teplovodní vytápění pro všechny varianty. Důvodem je, že **referenční varianty** se v praxi obvykle vytápějí teplovodně, pro domy s vyšší tepelnou ztrátou není teplovzdušné vytápění vhodné, protože pro přenos vyššího tepelného výkonu je třeba přesouvat velké množství vzduchu.

Vytápění je tedy navrženo jako teplovodní převážně formou podlahového nebo stěnového vytápění, případně pomocí klasických radiátorů umístěných u vnějších stěn či designových radiátorů umístěných například nade dveřmi. V praxi se obvykle využívá vytápění podlahové, protože pro radiátory většinou není dostatek místa, případně pro ně není vhodný prostor.

Tímto předpokladem se samozřejmě anulují jedna z výhod opravdu pasivního domu, tedy minimální, a tudíž mnohem levnější vytápěcí systém. Jak bylo již uvedeno výše, opravdu pasivní dům teoreticky nepotřebuje aktivní vytápěcí systém, proto je levnější oproti „běžnému“ domu, nicméně mnoho českých investorů si aktivní vytápění v domě přeje „pro jistotu“. Vzhledem k tomu, že v návrhu předpokládáme dosažení pouze českého pasivního standardu, je však tento systém opodstatněný.

Jako zdroj je uvažováno tepelné čerpadlo typu vzduch – voda s průměrným ročním topným faktorem 3,0 v bivalentním zapojení s elektrokotlem. Zdrojem tepla je venkovní vzduch, vestavěný elektrokotel slouží jako záložní zdroj.

Výkon tepelného čerpadla je dimenzován na vytápění a přípravu TV. Předpokládáme, že TČ pracuje 95 % času, zbytek připadá na přímý elektrický dohřev.

Ohřev teplé vody je uvažován pomocí integrovaného zásobníku tepla, který slouží jak pro akumulaci energie pro vytápění, tak pro přípravu teplé vody. Potřeba energie na přípravu teplé vody (TV) je vypočtena pro trvalý pobyt 4 osob.

Obecně je pro pasivní domy vhodné i vytápění teplovzdušné, zejména v případech extrémně nízké tepelné ztráty. Výhodou je, že je o něco levnější než vytápění teplovodní. V případě, že se dům dispozičně navrhne tak, že se výměna vzduchu mezi místnostmi uskutečňuje vhodně umístěnými otvory, lze vytápět dům i pouze jednotkami split. Výhodou je, že systém s tepelným čerpadlem vzduch – vzduch je levnější. Kromě toho se po domě rozvádí přímo chladivo a systém má tak díky vyšší účinnosti i vyšší topný faktor. Nevýhodou je, že ventilační otvory mezi místnostmi musí být akusticky odstíněné a musí mít co nejmenší aerodynamický odpor.

Inspiraci pro dodávku dílčích i komplexních řešení lze nalézt na stránkách příslušných dodavatelů: www.pzp.cz, www.cuprotermos.cz, www.nibe-cz.com, www.stiebel-eltron.cz, www.cerpadla-ivt.cz, www.daikin.cz.



Obrázek 15: Příklad tepelného čerpadla IVT. Zdroj: www.cerpadla-ivt.cz.



Obrázek 16: Příklad tepelného čerpadla Daikin. Zdroj: www.daikin.cz.

3.4. Potřeba energie na domácí spotřebiče a vaření

Do celkové energetické bilance jsou také zahrnuty spotřeby domácích spotřebičů. Spotřeba elektřiny na domácí spotřebiče i na vaření se pochopitelně domácností od domácnosti liší, nicméně pro porovnání je třeba zvolit typické hodnoty. Například Tabulka 4 uvažuje typické moderní spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.

spotřebič	ks	spotřeba [kWh/rok]
úsporné žárovky 10 W, 3h denně	15	164
designová svítidla 25 W, 1h.den	5	46
pračka energ. třídy A s 1 cyklem týdně	1	48
myčka 8 sad, energ. třídy A, 2 cykly týdně	1	94
kombinovaná chladnička (180 l) s mrazákem (90 l), energ. třídy A	1	280
LED televize 80 W v provozu 2 h den	1	58
PC (alt. notebook) 100 W v provozu 2 h den	2	146
drobné spotřebiče (konvice, mikrovlnka, vysavač)		400
ostatní (např. dílenský provoz)		400
domácí spotřebiče celkem		1 636

Tabulka 4: Příklad spotřeby energie na domácí spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.

Pro stanovení spotřeby typické domácnosti však uvažujeme pro domácí spotřebiče 2 500 kWh/rok a pro vaření 800 kWh/rok, celkem se tedy dostaneme na 3 300 kWh/rok, což je číslo, které může reprezentovat průměrnou českou domácnost v rodinném domě, který vaří na elektřině.

3.5. Dodatečné zdroje energie a OZE

Pro případné dosažení nulového či dokonce plusového standardu je nutné část energetických potřeb primárních zdrojů pokrýt z obnovitelných zdrojů. Nejvhodnějšími typy OZE pro tyto účely jsou fotovoltaické panely, případně mikrokogenerace na ZP či bioplyn.

Dodatečné zdroje energie však ekonomické hodnocení projektu obvykle zhoršují. Důvodem je mj., že pro výpočet prosté návratnosti investice či minimální ceny je nutné pro vlastní spotřebu elektřiny uvažovat povinné poplatky odpovídající příspěvku na OZE a systémové služby:

Vlastní výroba a spotřeba energie		PRE, 2014
Použití sítě	Kč/MWh	0,00 Kč
Poplatek OTE	Kč/MWh	7,55 Kč
Poplatek OZE+KVET	Kč/MWh	495,00 Kč
Systémové služby	Kč/MWh	119,25 Kč
Celkem ke každé vyrobené kWh pro vlastní spotřebu	Kč/MWh	621,80 Kč

Tabulka 5: Přehled poplatků ke každé vyrobené a zároveň spotřebované kWh_{el} pro rok 2014 (bez DPH).

Viz zákon 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů jak vyplývá ze změn a doplnění provedených zákonem č. 407/2012 Sb., č. 310/2013 Sb., viz § 28 Financování podpory elektřiny a provozní podpory tepla:

(4) Cenu na úhradu nákladů spojených s podporou elektřiny hradí

- zákazník za množství elektřiny jím spotřebované,
- výrobce provozující výrobu elektřiny za množství elektřiny jím spotřebované včetně množství elektřiny spotřebované jiným účastníkem trhu s elektřinou bez použití přenosové nebo distribuční soustavy,
- provozovatel přenosové nebo distribuční soustavy za ostatní spotřebu, s výjimkou množství elektřiny spotřebované pro čerpání přečerpávacích vodních elektráren, spotřebované zákazníkem v ostrovním provozu na území České republiky prokazatelně odděleném od elektrizační soustavy, spotřebované pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a spotřebované pro pokrytí ztrát v přenosové a distribuční soustavě.

Například fotovoltaická elektrárna je neekonomická. Při investičních nákladech cca 50 000 Kč/kW_p včetně DPH (pro instalaci do 30 kW_p) vychází pro lokalitu Praha minimální cena energie na 3,92 Kč/kWh včetně DPH při předpokládané výrobě 900 kWh/kW_p, včetně započtení uvedených poplatků ve výši 0,62 Kč/kWh bez DPH (0,75 Kč/kWh včetně DPH). Při ceně elektřiny, která uvažujeme v objektu, tedy 2,88 Kč/kWh, je opatření nenávratné.

Z výše uvedených důvodů se v modelu s dodatečnými zdroji energie a s OZE pro dosažení úrovně nulového či plusového standardu proto neuvažuje.

3.6. Přehled hodnocených variant

RD Vnoř	Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant	Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovlákně 60 mm + celulóza 260 a 360 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Okna a dveře	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 1,1 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 1,1 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)	Izolační trojsklo Ug=0,6 (W/m².K), rám U= 0,96 (W/m².K)
Zateplení stěn	80 mm EPS + sokl 80 mm XPS	120 mm EPS + sokl 80 mm XPS	KZS EPS 260 mm	KZS MW 320 mm	KZS šedý EPS 260 mm	KZS MW 320 mm	KZS šedý EPS 300 mm	Celulóza v panelech + dřevovláknité desky	Celulóza v panelech v 160 + šedý EPS 180
Zateplení střech	Foukaná celulóza 200 mm	Foukaná celulóza 260 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm	Foukaná celulóza 600 mm
Zateplení podlahy	Podlahový polystyren 140 mm	Podlahový polystyren 140 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm	Pěnové sklo 500 mm
Vytápění	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda	Teplovodní TČ vzduch-voda
Příprava teplé vody	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ	Integrovaný zásobník TČ
Větrání	Manuální okny	Manuální okny	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla	Nucené s rekuperací tepla

Tabulka 6: Podrobný přehled hodnocených variant.

3.7. Tepelně technické hodnocení stavebních konstrukcí

Tabulka 7 ukazuje podmínky, pro které jsou prováděny tepelně technické výpočty a výpočty energetické potřeby a spotřeby.

Parametry vnějšího a vnitřního prostředí			
Výpočtová teplota vnější	θ_e	°C	-12
Výpočtová teplota vnitřní	θ_i	°C	20
Průměrná teplota vnější	θ_{es}	°C	4,3
Délka otopného období	d	den	225
Počet denostupňů	D	den.K	3533
Klimatická oblast	-	-	Praha

Tabulka 7: Okrajové parametry modelových výpočtů: Parametry vnějšího a vnitřního prostředí.

Tabulka 8 ukazuje uvažované rozměry pro jednotlivé varianty a jejich vzájemné geometrické odlišnosti. Jak je patrné, tak vnitřní podlahová plocha je v modelu zachována jednotně. Ovšem výpočtová **energeticky vztažná plocha** stanovená z vnějších rozměrů, je naopak pro každou variantu rozdílná, protože se mění celková tloušťka stavební konstrukce.

Varianta		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energeticky vztažná plocha	m²	198,8	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Podlahová plocha (celková vnitřní)	m²	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9
Plocha ohraničujících konstrukcí A	m²	494,8	494,8	499,1	507,7	497,7	506,3	494,1	493,1	480,7
Objem vytápěných zón budovy V	m³	658,4	658,4	668,7	686,7	665,8	683,7	658,4	655,1	630,6
Faktor tvaru budovy A/V	m²/m³	0,75	0,75	0,75	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76

Tabulka 8: Geometrické vlastnosti jednotlivých variant.

Hodnocení dle ČSN 730540-2 (2011)		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Vypočtený požadavek	W/(m².K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Nové obytné budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m².K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Ostatní budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m².K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Převažující návrhová vnitřní teplota q_m	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Součinitel typu budovy e_1 dle tabulky 4 v ČSN 730540-2	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m².K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m².K)	0,30	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m².K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Klasifikační třída		C	B	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Vyhovující	Úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná

Tabulka 9: Vyhodnocení obálky budovy z hlediska ČSN 73 0540-2:2011.

Hodnocení dle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb.		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Referenční součinitel prostupu tepla	W/(m²·K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	1,0	0,9	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Klasifikační třída		C	C	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy		Úsporná	Úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná

Tabulka 10: Energetická náročnost budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.

Tabulka 9 a Tabulka 10 ukazují, že vyjma referenčních variant V 0, mají Varianty 1 – 7 tepelně technické parametry konstrukcí obálky budovy lepší parametry než jsou dnešní požadavky ČSN 73 0540-2 (2011) i vyhlášky 78/2013 Sb. Všechny jednotlivé konstrukce samozřejmě splňují doporučené hodnoty pro pasivní domy. Hodnocení podle ČSN 73 0540-2 (2011) a podle vyhlášky 78/2013 Sb. se liší v nastavení škály pro hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla U_{em} , která je pro hodnocení podle vyhlášky s koeficientem 0,8 resp. 0,7 přísnější.

3.8. Energetické hodnocení

Pasivní Varianty 1 – 7 vykazují velmi nízké tepelné ztráty i potřeby tepla na vytápění. Tabulka 11 ukazuje, že oproti variantám referenčním je tepelná ztráta podle metodiky TNI 73 0329 přibližně poloviční a měrná potřeba tepla na vytápění je přibližně třetinová. Pro takto nízké spotřeby tepla lze s výhodou využít i kompaktní jednotky s tepelným čerpadlem, které kombinují nucené větrání s rekuperací tepla a přípravou teplé vody. Jako doplňkový zdroj pro vytápění lze potom použít například krbová kamna, případně elektrické sálavé rohože ve stěnách nebo sálavé panely. Pro pasivní a nízkoenergetické domy jsou na trhu k mání krbová kamna o velmi nízkém jmenovitém výkonu 4 kW, například modely Salerno a Osorno od firmy HAAS+SOHN, případně kamna se jmenovitým výkonem 5 kW nabízejí i firmy ABX či Thorma apod.

RD Vnoř		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Potřeba tepla na vytápění	(MWh)	13,554	12,14	3,98	3,78	4,04	4,21	3,91	4,02	3,86
Měrná tepelná ztráta	(W/K)	198,729	183,8	99,1	96,6	99,8	102,1	98,2	98,0	97,4
Tepelná ztráta	(kW)	6,4	5,9	3,2	3,1	3,2	3,3	3,1	3,1	3,1
Energeticky vztažná podlahová plocha z vnějších rozměrů	(m²)	198,75	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3	197,3	189,9
Měrná potřeba tepla na vytápění – hodnocená budova	(kWh/m²rok)	68	61	20	18	20	20	20	20	20
Rozdíl oproti V0 Požadovaná U - Měrná potřeba tepla na vytápění	(%)	0%	-10%	-71%	-74%	-71%	-71%	-71%	-71%	-71%
Měrná dodaná energie budovy - hodnocená budova	(kWh/m²rok)	111	102	48	46	49	48	48	49	50
Rozdíl oproti V0 Požadovaná U - Měrná dodaná energie	(%)	0%	-8%	-57%	-59%	-56%	-57%	-57%	-56%	-55%
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} vypočtený	W/(m²·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} referenční	W/(m²·K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Hodnocení podle U_{em}	W/(m²·K)	1,00	0,91	0,58	0,55	0,58	0,58	0,56	0,56	0,56

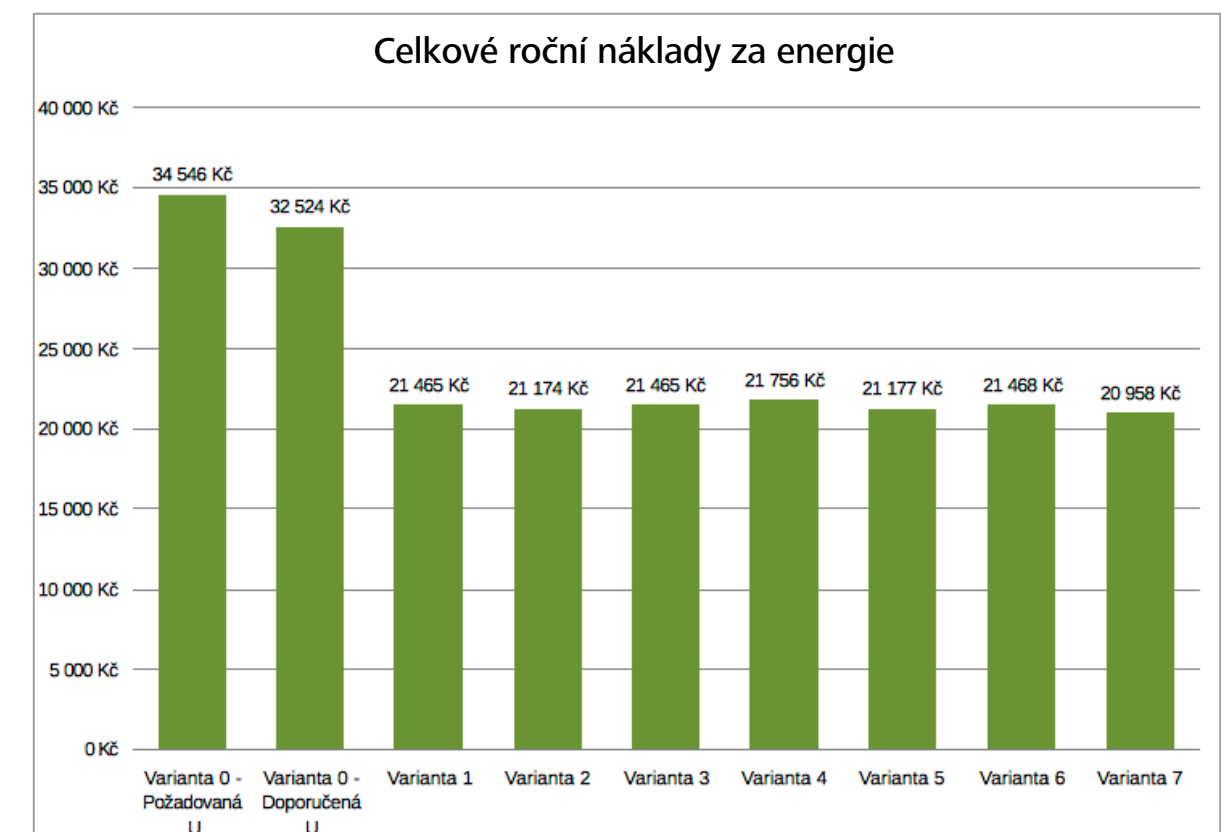
Tabulka 11: Hodnocení energetické potřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.

Vyhodnocení dle TNI 73 0329		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energie 2014										
Měrná potřeba tepla na vytápění EA dle TNI 73 0331 (kWh/m²rok)		68	61	20	18	20	20	20	20	20
Celková roční dodaná energie Q, f = Q, fuel = EP je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem: (MWh/rok)		24,595	22,793	12,253	12,052	12,353	12,554	12,153	12,354	11,977
z toho v palivu										
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		12,600	11,500	4,800	4,700	4,900	5,000	4,800	4,900	4,700
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		11,995	11,293	7,453	7,352	7,453	7,554	7,353	7,454	7,277
z toho dle druhu spotřeby a spotřeby energonositelů										
Vytápění (MWh/rok)		17,700	15,900	5,200	5,000	5,300	5,500	5,100	5,300	5,000
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		11,000	9,900	3,200	3,100	3,300	3,400	3,200	3,300	3,100
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		6,700	6,000	2,000	1,900	2,000	2,100	1,900	2,000	1,900
Teplá voda (MWh/rok)		3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500	3,500
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600	1,600
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900	1,900
Osvětlení (MWh/rok)		0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710	0,710
Pomocné energie (MWh/rok)		0,095	0,093	0,076	0,075	0,076	0,077	0,076	0,077	0,076
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		0,095	0,093	0,076	0,075	0,076	0,077	0,076	0,077	0,076
Nucené větrání (MWh/rok)		-	-	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		0,000	0,000	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
Chlazení (MWh/rok)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Slunce a jiná energie prostředí (MWh/rok)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektrina ze sítě (MWh/rok)		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ostatní elektrospotřebiče (MWh/rok)		1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790	1,790
Vaření (MWh/rok)		0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Porovnání celkové roční spotřeby oproti Variantě 0 - Požadovaná U (%)		0,0%	-7,3%	-50,2%	-51,0%	-49,8%	-49,0%	-50,6%	-49,8%	-51,3%

Vyhodnocení dle TNI 73 0329		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Energie 2014										
Porovnání celkové roční spotřeby oproti Variantě 0 - Doporučená U (%)		7,9%	0,0%	-46,2%	-47,1%	-45,8%	-44,9%	-46,7%	-45,8%	-47,5%
Porovnání celkové roční spotřeby v palivu oproti Variantě 0 - Požadovaná U (%)		0,0%	-5,9%	-37,9%	-38,7%	-37,9%	-37,0%	-38,7%	-37,9%	-39,3%
Porovnání celkové roční spotřeby v palivu oproti Variantě 0 - Doporučená U (%)		6,2%	0,0%	-34,0%	-34,9%	-34,0%	-33,1%	-34,9%	-34,0%	-35,6%

Tabulka 12: Hodnocení energetické spotřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty

Tabulka 12 přehledně a podrobně ukazuje skladbu celkové energetické spotřeby podle druhu spotřeby a jednotlivých energonositelů pro jednotlivé varianty. Z tabulky je patrné, že spotřeba tepla na vytápění je u pasivních Variant 1 – 7 přibližně třikrát nižší než u variant referenčních. Z tabulky je dobře patrné, že celková spotřeba je u referenční Varianty 0 pro U Požadované přibližně o 50 % vyšší a u Varianty 0 pro U Doporučené o přibližně 46 % vyšší než u variant pasivních. Ve vyjádření v palivu je tento poměr nižší 38 % proti U Pož a 34 % proti U dop. Tato skutečnost je potom dobře patrná z grafu, viz Obrázek 17, který ukazuje celkové roční náklady na spotřebu energií.



Obrázek 17: Celkové roční náklady za energie.

3.9. Náklady na realizaci a provoz

Investiční náklady jsou pro všechny varianty stanoveny na základě podrobného rozpočtu pro realizaci skutečného domu v různých stavebních systémech a vybavení TZB v programu KROS plus. Výsledné hodnoty investičních a provozních nákladů jsou interpretovány včetně DPH tak, aby byly srovnatelné pro konečného spotřebitele.

U referenčních Variant 0 kvalita stavebních konstrukcí a tloušťky tepelných izolací jsou upraveny na U Požadované a Doporučené. Realizace referenčních standardních variant předpokládá využití dutinových cihelných bloků jako nejběžněji používanou technologii v kombinaci se zateplením EPS. Otvorové výplně v těchto variantách sice předpokládají využití izolačních trojskel, protože jsou již investičně podobně náročná jako izolační dvojskla, avšak mají zhoršené parametry a nižší cenu. Investiční náklady u Varianty 0 pro Doporučené hodnoty U jsou sice vyšší než u Varianty 0 pro Požadované hodnoty U, nicméně jak je patrné rozdíl 0,72 % je minimální a přitom kvalitativně je dům lepší.

U pasivních Variant 1-7 jsou stavební konstrukce a tepelné izolace upraveny tak, aby vyhověly požadavkům na pasivně energetický standard podle TNI 73 0329 a jsou na bezpečné straně výpočtu i pro případnou podporu z programu NZÚ. Pasivní varianty jsou modelované ve všech možných technologiích běžně dostupných v ČR. Otvorové výplně v těchto variantách předpokládají využití kvalitních izolačních trojskel ve vyšší cenové hladině.

Oproti přesnému postupu u stavebních konstrukcí je u vybavení TZB, tedy systémů vytápění, technologie přípravy TV a u pasivních variant i větrání proveden zjednodušující předpoklad a cenový rozsah je staven pro všechny varianty stejně. Úvaha předpokládá, že do této částky se investice do systémů TZB „vejde“. Důvodů je několik:

- ✓ Cenový rozsah TZB není vysoký, je přibližně v rozsahu 10 % celkových nákladů, čili případná relativní chyba je malá.
- ✓ Variabilita systémů TZB je na druhou stranu relativně vysoká. Standardní referenční varianty mají například vyšší investiční nároky na systémy vytápění, které musí mít větší teplosměnné plochy, podlahové vytápění je dražší a větší musí být výkon tepelného čerpadla. Pasivní varianty oproti tomu mají navíc ventilační systém, ale teplosměnné plochy jsou mnohem menší, přitom relativně nákladný teplovodní systém nemusí být vůbec realizován.
- ✓ Případná možná variabilita systémů TZB je v podstatě pokryta uvažovanými variantami, protože i při maximálním snížení investičních nákladů využitím například kotle na zemní plyn, dosáhneme u nejlépejší referenční i pasivní varianty stejného efektu.

Pro všechny varianty jsou uvažovány servisní náklady a náklady na reinvestice ve výši 50 % celkových nákladů na TZB jednou za 15 let, které jsou rozpočítané do jednotlivých let. Úvaha zahrnuje výměnu technologie tepelného čerpadla přibližně jednou za 15 let a případné náklady na revize¹⁹. Pro zjednodušení je tato částka uvažována pouze v 15% sazbě DPH, protože u tepelných čerpadel použitých v návrhu se povinnost revizí nepředpokládá a případná výměna dílů se děje povětšinou v sazbě nižší.

Tabulka 13 vyčísluje pořizovací náklady a náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty. Obrázek 18 graficky porovnává investiční náročnost po jednotlivých variantách. Z výsledků je

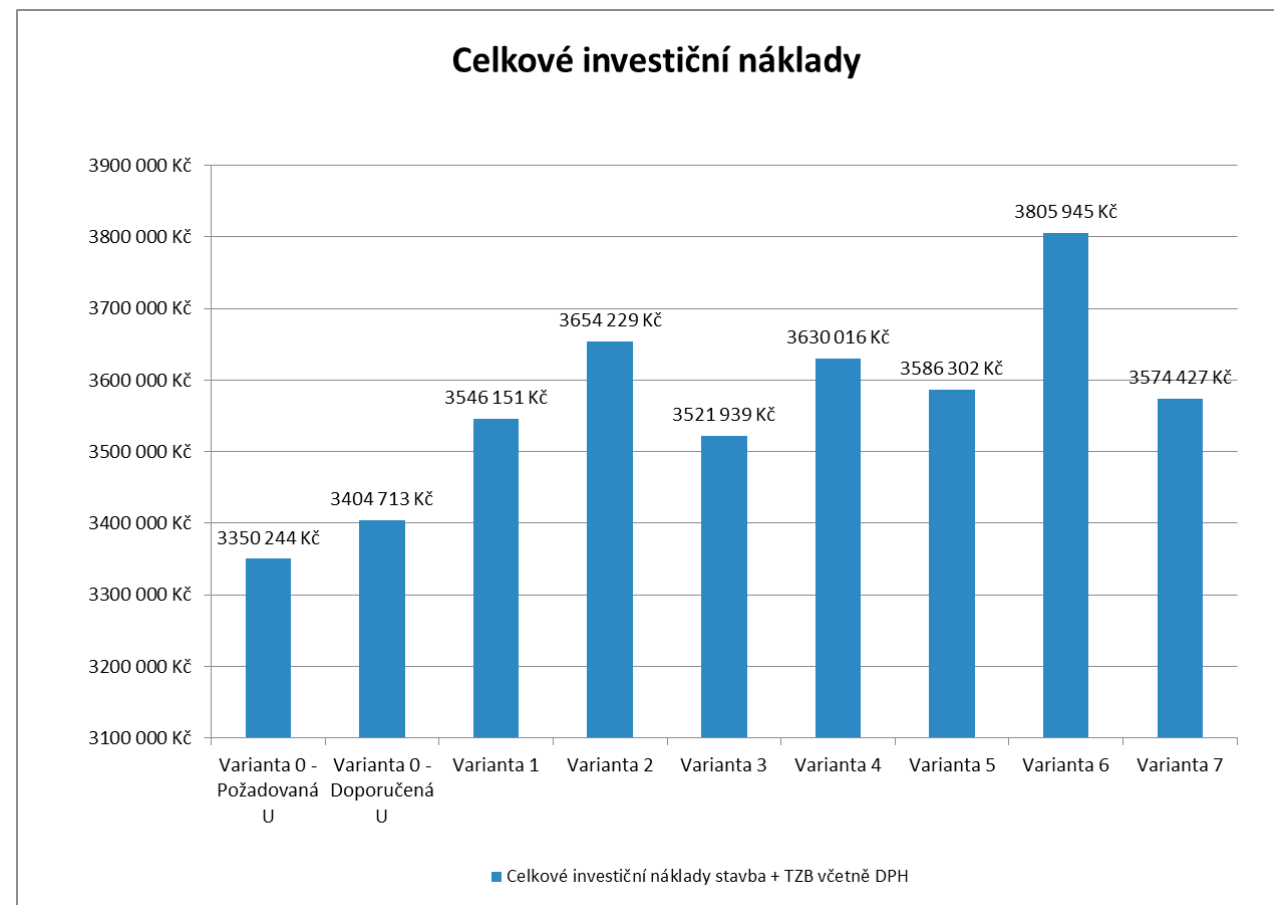
¹⁹ Provozovatel tepelného čerpadla je povinen zajistit pravidelné kontroly těsnosti chladicího okruhu tepelného čerpadla obsahujícího více než 3 kg chladiva. U tepelných čerpadel s hermeticky uzavřeným okruhem, která jsou naplněna chladivem již od výrobce (označení Hermetically sealed system) je hranice pro povinné prohlídky posunuta na 6 kg chladiva. Takových čerpadel je na trhu většina. Případná revize stojí 1 500 – 3 000 Kč.

patrné, že investičně náročnější jsou stavby, které používají jako izolaci minerální vlnu. Nejlépe vycházejí stavby z dutinových cihel a z pórobetonu, viz Varianta 1 a Varianta 3. Rozpočtově jsou patrné mírné rozdíly mezi pórobetonem a dutinovými cihlami, které vycházejí nejlaciněji. Rovněž VPC (vápenno-pískové cihly) a dřevostavby vycházejí investičně o něco náročnější.

Pórobetonové varianty mohou být v praxi o něco levnější, protože v rozpočtu jsou uvažovány tvárnice typu Ytong. Pro stavbu pasivních domů jsou velmi vhodné, podobně jako VPC, navíc se s nimi dobře pracuje. VPC mají výhodu úspory místa, protože pro dostatečnou statiku objektu stačí tloušťka pouze 175 mm, nicméně je pracnější montáž rozvodů, protože materiál je velmi tvrdý. U staveb z dutinových cihel je třeba dávat zvýšenou pozornost na zajištění vzduchotěsnosti. Dutiny vzniklé při stavbě a montáži rozvodů mohou nepříjemně překvapit při závěrečném Blower-door testu.

Ekonomické hodnocení		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant		Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovlákně 60 mm + celulóza 260 a 360 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Celkové investiční náklady - stavební část	(Kč)	2 572 005	2 619 370	2 742 360	2 836 340	2 721 306	2 815 286	2 777 274	2 968 267	2 766 947
DPH 15 %	(Kč)	385 801	392 905	411 354	425 451	408 196	422 293	416 591	445 240	415 042
Celkové náklady včetně DPH	(Kč)	2 957 806	3 012 275	3 153 714	3 261 791	3 129 502	3 237 579	3 193 865	3 413 508	3 181 990
Celkové investiční náklady - TZB: větrání, vytápění, TV	(Kč)	341 250	341 250	341 250	341 250	341 250	341 250	341 250	341 250	341 250
DPH 15 %	(Kč)	51 188	51 188	51 188	51 188	51 188	51 188	51 188	51 188	51 188
Celkové náklady včetně DPH	(Kč)	392 438	392 438	392 438	392 438	392 438	392 438	392 438	392 438	392 438
Celkové náklady stavba + TZB včetně DPH	(Kč)	3 350 244	3 404 713	3 546 151	3 654 229	3 521 939	3 630 016	3 586 302	3 805 945	3 574 427
Porovnání investičních nákladů proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	1,63%	5,85%	9,07%	5,12%	8,35%	7,05%	13,60%	6,69%
Servisní náklady a reinvestice - TZB část bez DPH	(Kč/rok)	11 375	11 375	11 375	11 375	11 375	11 375	11 375	11 375	11 375
DPH 15 %	(Kč)	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706
Celkové náklady včetně DPH	(Kč/rok)	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081

Tabulka 13: Investiční náklady a roční náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty.



Obrázek 18: Celkové investiční náklady.

Tabulka 14 v podstatě kopíruje detailní spotřeby variant, viz Tabulka 12, a podrobně vyčísluje provozní náklady po variantách. Cena elektřiny je v rámci zjednodušující úvahy stanovena jednotně pro všechny varianty.

Pro stanovení ceny elektřiny se předpokládá odběrné místo s TČ 3x25 A pro pasivní varianty a 3x30 A pro varianty referenční. Protože pasivní varianty s nižší spotřebou mají nižší fixní platby a referenční standardní varianty mají vyšší fixní platby a vyšší spotřebu elektřiny, je průměrná cena elektřiny v jistém smyslu zobecnění stanovena stejně. Kontrola správnosti úvahy je provedena na kalkulačních nástrojích TZB-info²⁰ a ERÚ²¹.

²⁰ Topinfo s. r. o. (2014) Kalkulátor cen energií. Nezávislé porovnání dodavatelů elektřiny a plynu. [online] Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://kalkulator.tzb-info.cz/>.

²¹ ERÚ (2014) Cenový kalkulátor. [online] Internetové stránky ERÚ (Energetický regulační úřad). Dostupné z <http://kalkulator.eru.cz/>.

Ekonomické hodnocení		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Ceny paliv										
Elektřina ze sítě (Kč/kWh)		2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88
Cena energie v palivu										
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		34 546	32 524	21 465	21 174	21 465	21 756	21 177	21 468	20 958
z toho dle druhu spotřeby a spotřeby energonositelů										
Vytápění (Kč/rok)		19 296	17 280	5 760	5 472	5 760	6 048	5 472	5 760	5 472
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		19 296	17 280	5 760	5 472	5 760	6 048	5 472	5 760	5 472
Teplá voda (Kč/rok)		5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472	5 472
Osvětlení (Kč/rok)		2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045	2 045
Pomocné energie (Kč/rok)		274	268	219	216	219	222	219	222	0
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		274	268	219	216	219	222	219	222	0
Nucené větrání (Kč/rok)		0	0	510	510	510	510	510	510	510
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		0	0	510	510	510	510	510	510	510
Chlazení (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Slunce a jiná energie prostředí (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektřina ze sítě (Kč/rok)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ostatní elektrospotřebiče (Kč)		5 155	5 155	5 155	5 155	5 155	5 155	5 155	5 155	5 155
Vaření (Kč)		2 304	2 304	2 304	2 304	2 304	2 304	2 304	2 304	2 304
Náklady za energie celkem (Kč)		34 546	32 524	21 465	21 174	21 465	21 756	21 177	21 468	20 958
Porovnání provozních nákladů proti Variantě 0 - Požadovaná U (%)		0,00%	-5,85%	-37,87%	-38,71%	-37,87%	-37,02%	-38,70%	-37,86%	-39,33 %

Tabulka 14: Provozní náklady pro jednotlivé varianty.

Z výsledků je patrné, že hlavní úspora provozních nákladů vyplývá z úspory tepla na vytápění. U referenčních variant je navíc sice patrná úspora energie na provoz systému nuceného větrání s rekuperací tepla, nicméně v těchto variantách se projeví zase vyšší spotřeba na ohřev větraného vzduchu.

Z porovnání provozních nákladů vyplývají zajímavé závěry. Například je pro referenční standardní varianty patrné, že minimálním zvýšením investičních nákladů o 1,63 % lze dosáhnout úspory provozních nákladů 5,85 %. To v absolutních částkách znamená, že zvýšení nákladů o cca 54 500 Kč ročně uspoří cca 2 000 Kč. Přitom nejlevnější pasivní Varianta 3, která je proti první Variantě 0 dražší o 5,12 %, je úspora provozních nákladů již 37,87 %. V absolutních částkách to potom znamená, že zvýšení nákladů o cca 172 000 Kč se ročně uspoří cca 13 000 Kč.

4. ZJIŠTĚNÉ VÝSLEDKY

4.1. Ekonomické vyhodnocení variant

Ekonomické hodnocení variant je provedeno pomocí základních kritérií ekonomické efektivity, viz Kapitola 2.3, tedy NPV, IRR, T_s , T_{sd} . Vyhodnocení je provedeno pro období 30 let s vlivem růstu cen 2 % a diskontem 3 %. Například vyhláška č. 480/2012 Sb. vyžaduje provedení výpočtu s vlivem růstu cen 3 % pro období 20 let. Aby opatření s dobou životnosti delší než 30 let, což dům bezpochyby je, nebylo ve výpočtu znevýhodněno, uvažuje se pro účely výpočtu tzv. zůstatková hodnota aktiv, to jest zůstatková hodnota technologií, o kterou se zvyšuje hodnota budovy.

Výnos je v rámci přípustného zjednodušení uvažován jako vypočítaná úspora provozních nákladů spojená s provozem energetického hospodářství. Ekonomické vyhodnocení bylo provedeno pomocí software Efekt 3.0.

Vstupy do EFEKTU		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Investiční náklady včetně DPH	(Kč)	3 350 244	3 404 713	3 546 151	3 654 229	3 521 939	3 630 016	3 586 302	3 805 945	3 574 427
Servis a reinvestice	(Kč/rok)	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081	13 081
Provozní náklady	(Kč/rok)	34 546	32 524	21 465	21 174	21 465	21 756	21 177	21 468	20 958
Rozdíl investičních nákladů	(Kč/rok)	0	54 469	195 908	303 985	171 696	279 773	236 059	455 701	224 183
Úspora	(Kč/rok)	0	2 022	13 081	13 372	13 081	12 790	13 369	13 078	13 588

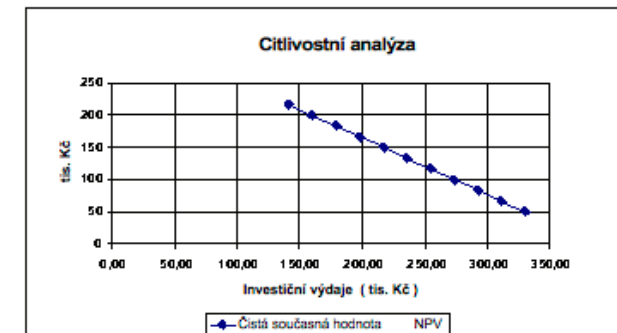
Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro ekonomické vyhodnocení variant.

Tabulka 16 přehledně ukazuje výsledky ekonomického hodnocení variant. Nejlépe si vedou Varianta 3, Varianta 1 a Varianta 7, každá přitom reprezentuje odlišnou stavební soustavu. Zajímavé ovšem je, že i Varianta 0 pro Doporučená U si vede lépe než Varianta 6, která si vede nejméně úspěšně.

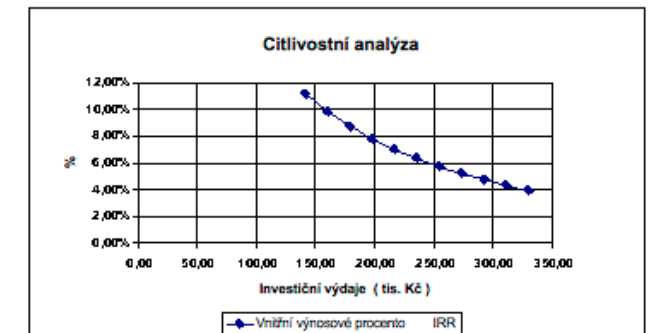
Hodnotící kritéria			Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Čistá současná hodnota	NPV	tis. Kč	-	2,952	157,560	72,570	189,617	94,600	132,702	-61,745	143,412
Vnitřní výnosové procento	IRR		-	3,35%	7,61%	4,48%	9,14%	5,07%	6,32%	2,10%	6,75%
Doba splacení (prostá)	T_s	let	-	22	13	19	12	18	15	26	15
Doba splacení (diskontovaná)	T_{sd}	let	-	29	17	26	14	24	20	> Tž	18
Rok hodnocení			-	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Doba životnosti (hodnocení)		let	-	30	30	30	30	30	30	30	30
Diskont			-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pořadí variant podle NPV				7	2	6	1	5	4	8	3

Tabulka 16: Výsledky ekonomického hodnocení variant.

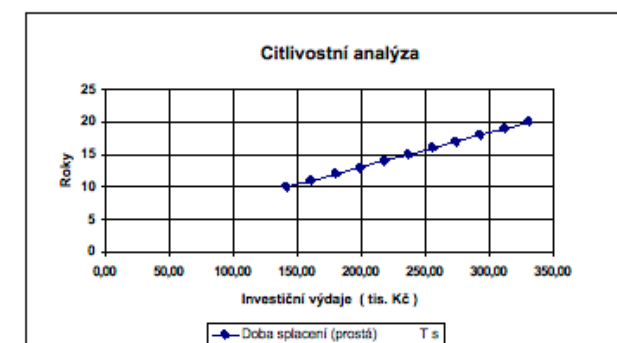
Ze vstupních hodnot pro základní ekonomické hodnocení, viz Tabulka 15, vyplývá, že pro chování většiny variant pasivních budov postačí vyhodnotit Variantu 5, která představuje jakousi střední hodnotu ve výši investice a úspory provozních nákladů. Ostatní varianty a jejich modifikace jsou potom v podstatě podmožinou následné citlivostní analýzy.



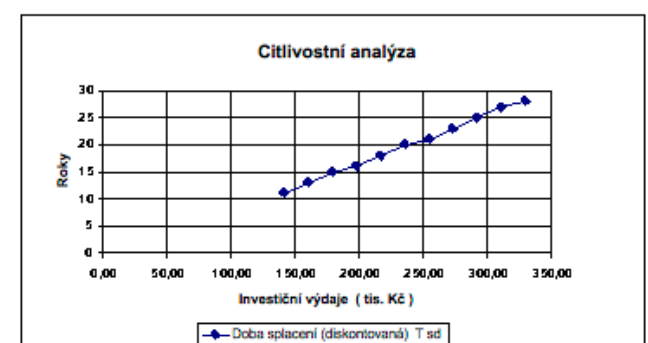
Obrázek 19: Závislost NPV na investičních nákladech.



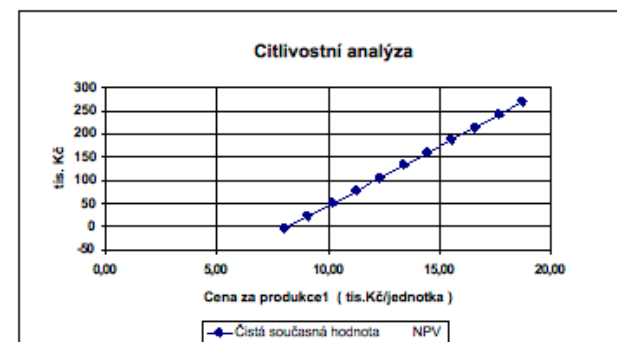
Obrázek 20: Závislost IRR na investičních nákladech.



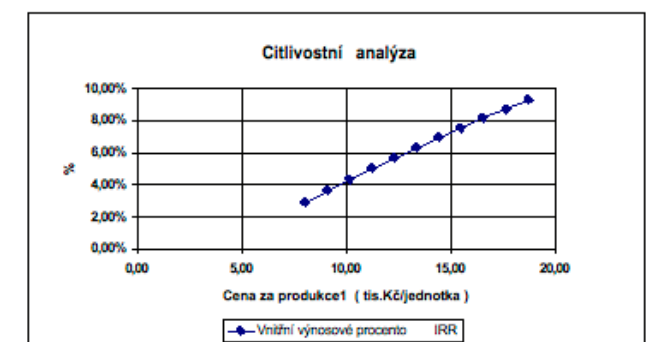
Obrázek 21: Závislost prosté doby splacení na investičních nákladech.



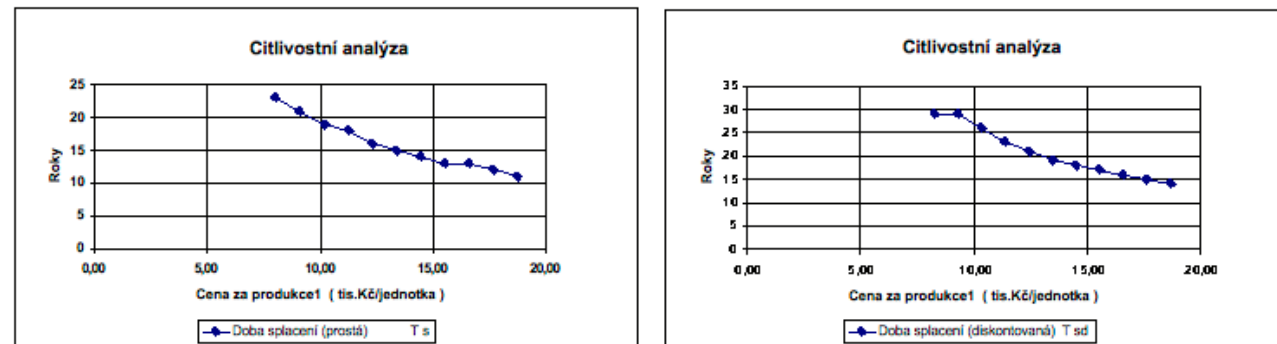
Obrázek 22: Závislost diskontované doby splacení na investičních nákladech.



Obrázek 23: Závislost NPV na velikosti úspor energie.



Obrázek 24: Závislost IRR na velikosti úspor energie.



Obrázek 25: Závislost prosté doby splacení na velikosti úspor energie. Obrázek 26: Závislost diskontované doby splacení na velikosti úspor energie.

Z citlivostních analýz jednoznačně vyplývá, že investice do pasivního standardu se v dlouhodobém horizontu vlastnictví ekonomicky vyplácí. Z logiky věci je třeba při realizaci maximalizovat energetické úspory a hlídat investiční vícenáklady.

4.2. Kritérium NPV výdajů a celkové náklady za dobu vlastnictví (TCO)

Kritérium NPV je počítáno pro diskont 3 % a s 2% meziročním růstem cen energií. Pro jednodušší pochopení je výsledné hodnocení variant provedeno i formou TCO. Obě kritéria jsou počítána pro 15 a 30 let. Přehled celkových nákladů za dobu životnosti ukazuje Tabulka 17.

Ekonomické hodnocení		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant		Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovláknové 60 mm + celulóza 260 a 360 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (15 let) = Total Costs of Ownership (TCO)	(Kč)	4 064 646	4 088 789	4 064 340	4 168 054	4 040 128	4 152 568	4 100 171	4 324 177	4 085 012
Porovnání TCO proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	0,59%	-0,01%	2,54%	-0,60%	2,16%	0,87%	6,39%	0,50%
NPV výdajů za dobu hodnocení (15 let)	(Kč)	4 023 502	4 049 391	4 034 496	4 138 461	4 010 284	4 122 473	4 070 575	4 294 330	4 055 606
Porovnání NPV proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	0,64%	0,27%	2,86%	-0,33%	2,46%	1,17%	6,73%	0,80%

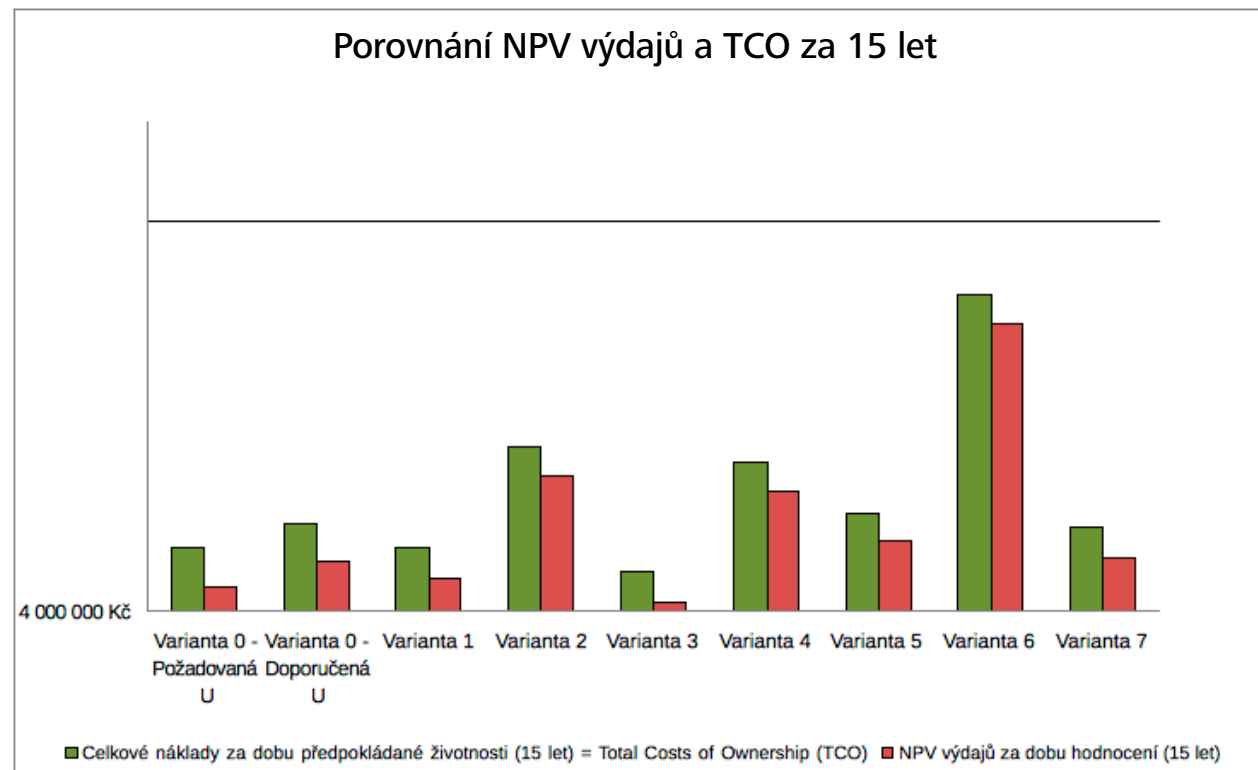
Ekonomické hodnocení		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Popis variant		Dutinové cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS	Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	Pórobetonové tvárnice 250 mm + MW 320 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	DO dřevovláknové 60 mm + celulóza 260 a 360 mm	DU OSB 12 + rám + celulóza 160 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
Celkové náklady za dobu předpokládané životnosti (30 let) = Total Costs of Ownership (TCO)	(Kč)	4 779 049	4 772 866	4 582 528	4 681 879	4 558 316	4 675 120	4 614 039	4 842 408	4 595 597
Porovnání TCO proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	-0,13%	-4,11%	-2,03%	-4,62%	-2,17%	-3,45%	1,33%	-3,84%
NPV výdajů za dobu hodnocení (30 let)	(Kč)	4 594 818	4 596 455	4 448 897	4 549 373	4 424 685	4 540 364	4 481 522	4 708 766	4 463 927
Porovnání NPV proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	0,04%	-3,18%	-0,99%	-3,70%	-1,19%	-2,47%	2,48%	-2,85%

Tabulka 17: Ekonomické vyhodnocení variant formou TCO a NPV výdajů pro 15 a 30 let.

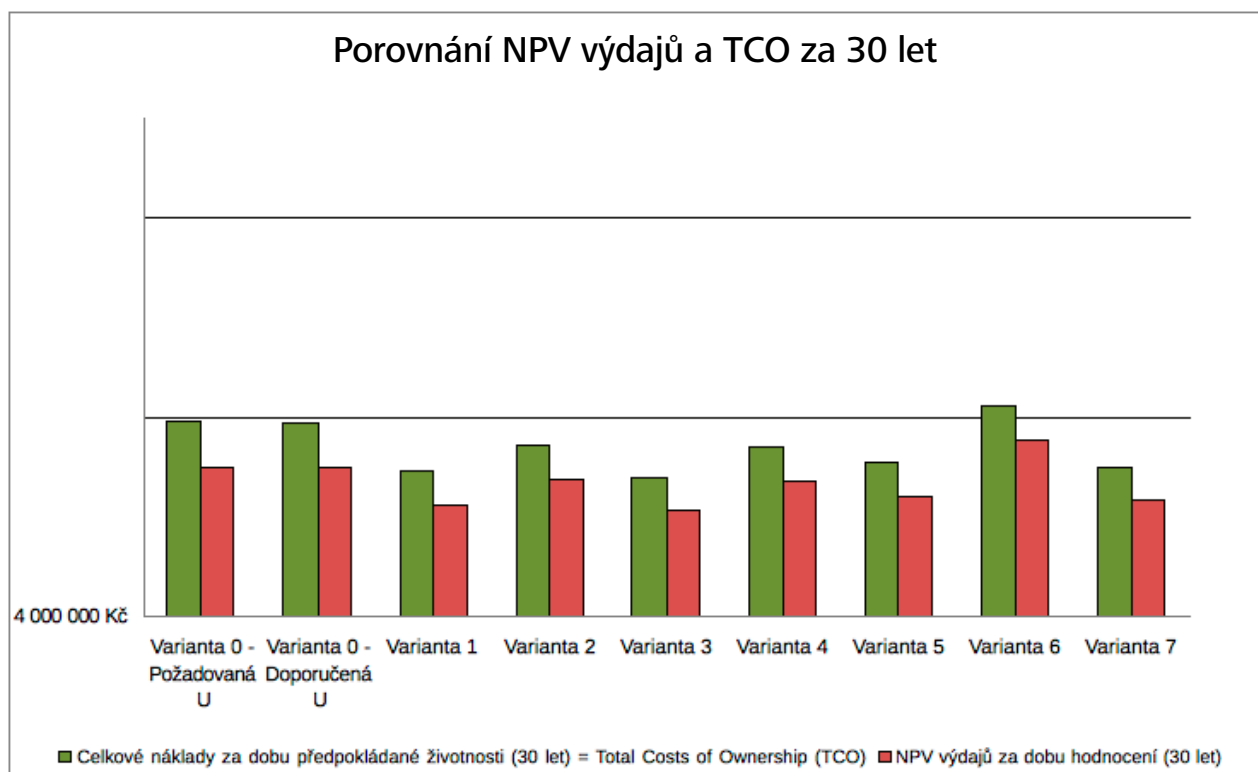
TCO je alternativním způsobem porovnání, protože jej lze interpretovat dvojím způsobem, za dobu životnosti technologií nebo vlastnictví nemovitosti. Investor na počátku investice nemusí být rozhodnutý, jak s nemovitostí v budoucnosti naloží, zda si ji ponechá nebo zda ji bude provozovat. Z porovnání proti Variantě 0 pro Požadované hodnoty U je z tabulky 17 patrné, že všechny varianty, až na Variantu 6 (Varianta 6 vykazuje nižší TCO až po 37 letech), v dlouhodobém horizontu 30 let při uvažování 2% růstu cen energií vykazují nižší TCO než nejhorší varianta referenční. Pokud neuvažujeme růst cen vykazuje pouze nejdražší Varianta 6 navýšení TCO. Nejlépe si v dlouhodobém horizontu vedou Varianta 1, Varianta 3 a Varianta 7.

V krátkodobém horizontu 15 let nejsou výsledky takto jednoznačné, nicméně je patrné, že i referenční Varianta 0 pro Doporučené hodnoty U je jednoznačně lepší proti Variantě 0 pro Požadované hodnoty U. Dále je jednoznačně patrné, že z pasivních variant lze i v krátkodobém horizontu 15 let vybrat minimálně dvě pasivní varianty Variantu 1 a Variantu 3, které jsou jednoznačně lepší než standardní provedení uvažované ve Variantě 0 pro Požadované hodnoty U.

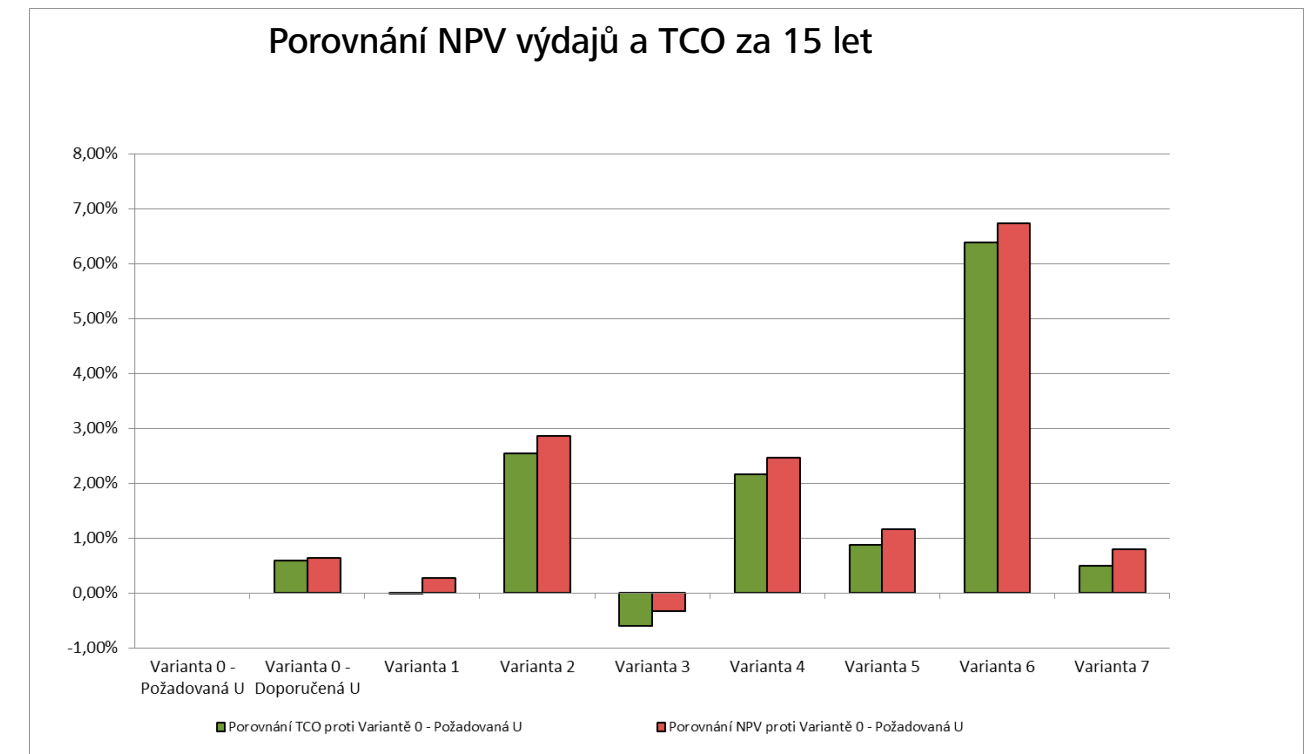
Výše uvedené úvahy jsou dobře patrné z grafů celkových nákladů, viz Obrázek 28 a Obrázek 29, a potom z poměrových grafů, viz Obrázek 30 a Obrázek 31.



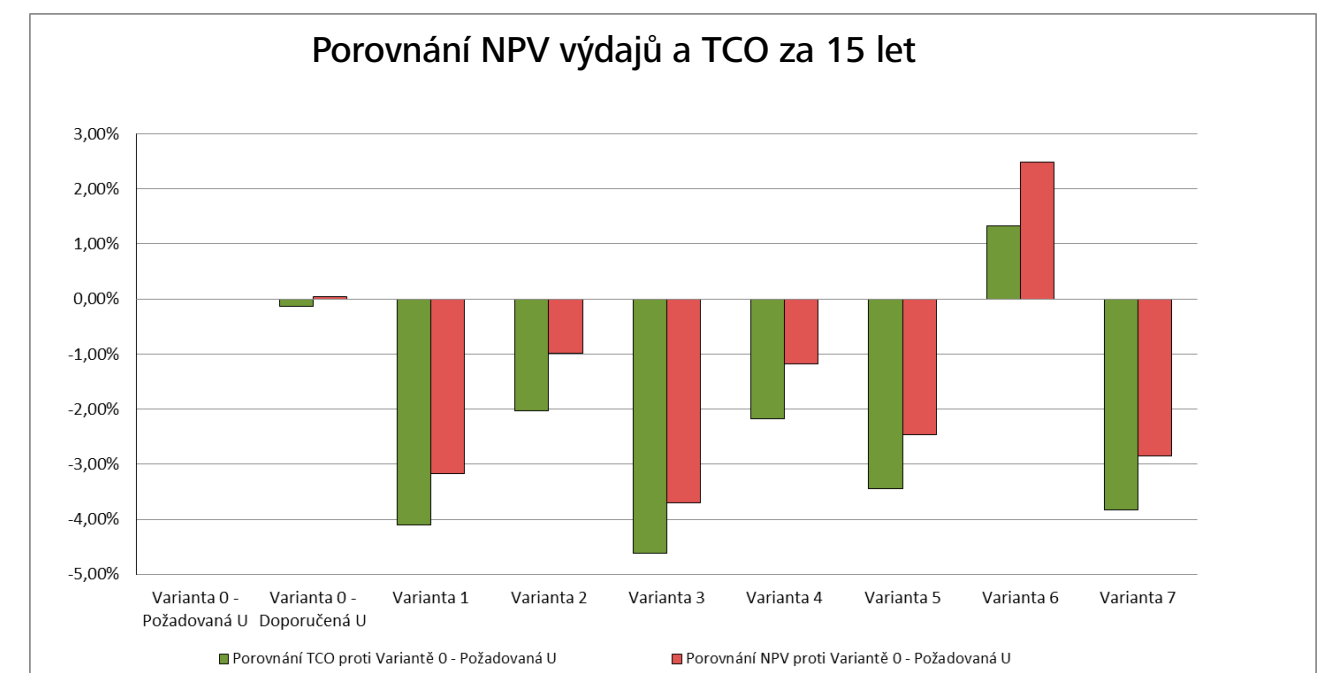
Obrázek 27: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 15 let.



Obrázek 28: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 30 let.



Obrázek 29: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 15 let.



Obrázek 30: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 30 let.

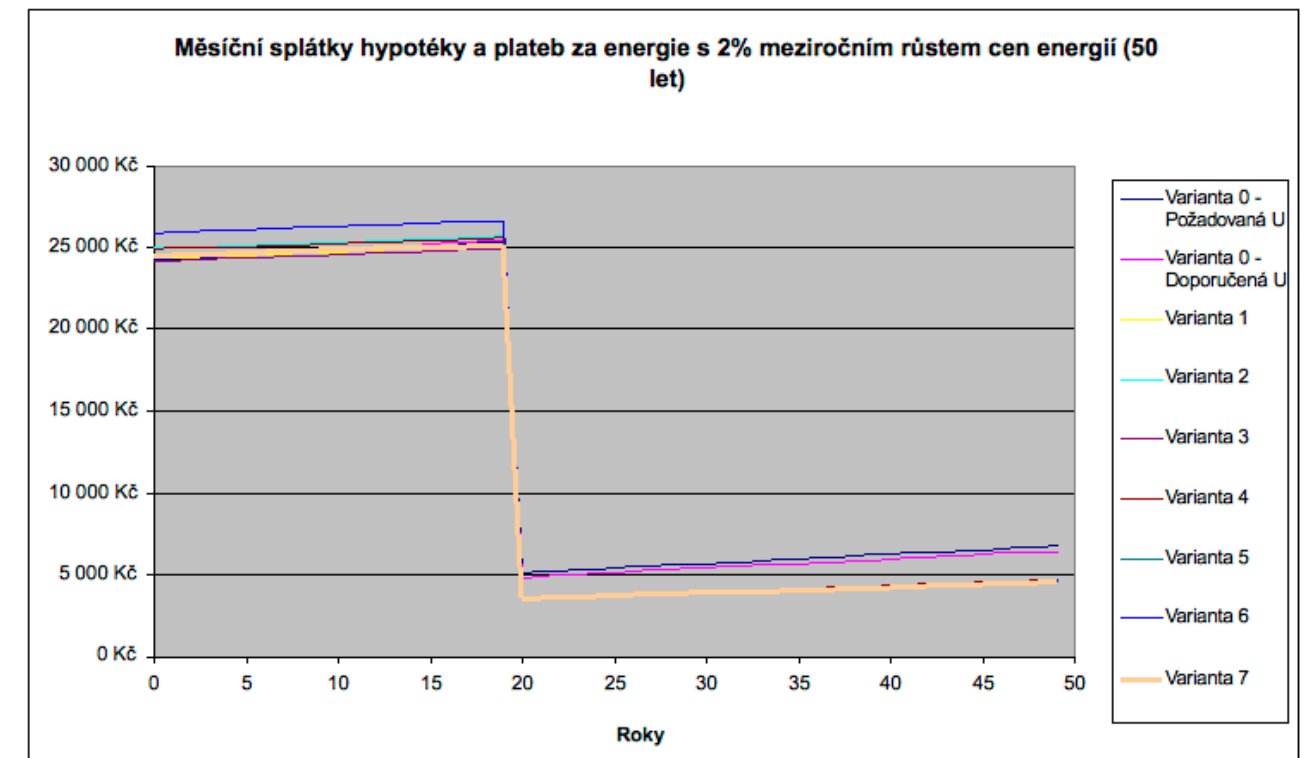
4.3. Toky hotovosti při financování úvěrem (hypotékou)

Vzhledem k tomu, že většinou je výstavba rodinných domů financována úvěrem (hypotékou), zajímá uživatele tok jeho hotovosti v průběhu let, kdy nemovitost financuje a užívá. Tok hotovosti je tedy další možností ekonomického porovnání variant. Pro tuto úvahu předpokládáme, že stavebník si vezme úvěr na celou výši investice, ačkoliv víme, že v praxi se obvykle úvěruje 80 % z celkové výše investice.

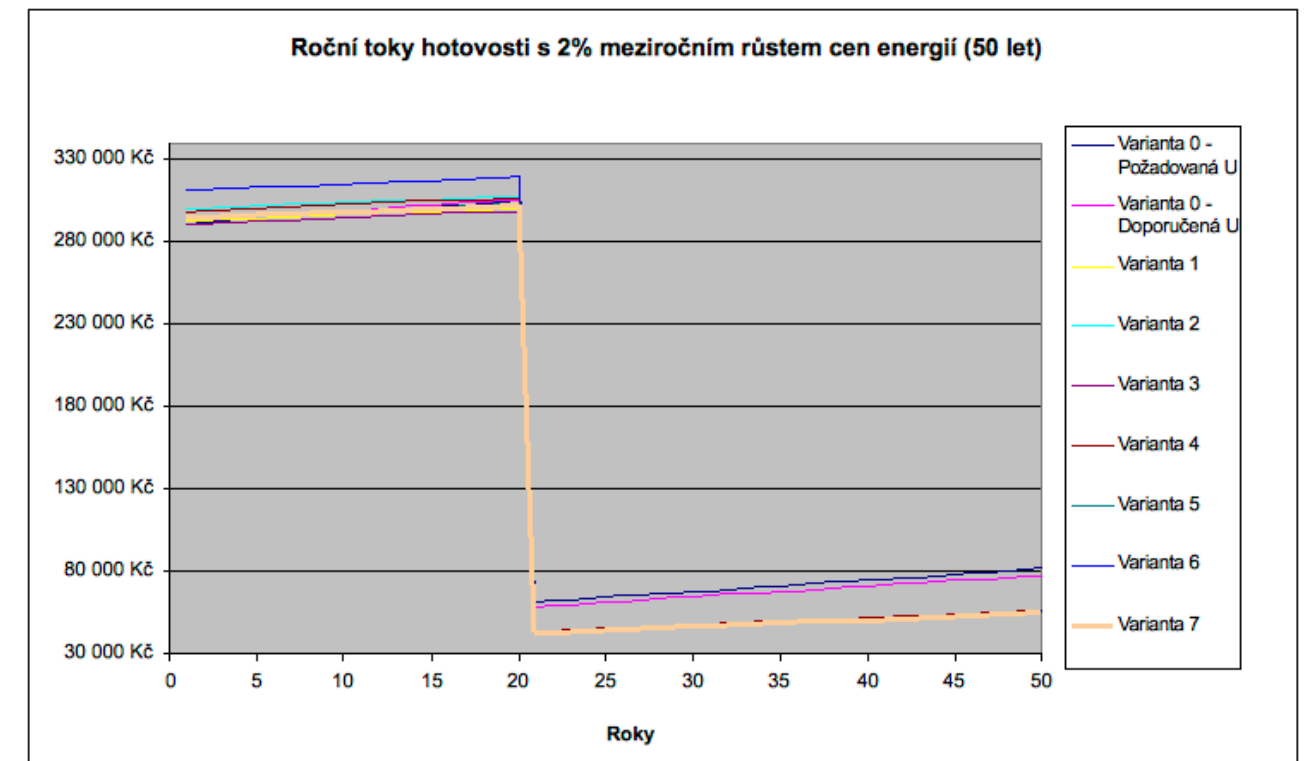
Výpočet splátky hypotéky		Varianta 0 - Požadovaná U	Varianta 0 - Doporučená U	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6	Varianta 7
Výše hypotéky:	(Kč)	3 350 244	3 404 713	3 546 151	3 654 229	3 521 939	3 630 016	3 586 302	3 805 945	3 574 427
Úroková míra roční:	(%)	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Doba splácení:	(roky)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Interval splácení:	měsíční	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Zaplacené energie:	(Kč/měsíc)	2 879	2 710	1 789	1 764	1 789	1 813	1 765	1 789	1 746
Pravidelná splátka hypotéky:	(Kč/měsíc)	20 302	20 632	21 489	22 144	21 342	21 997	21 732	23 063	21 660
Servisní náklady a reinvestice:	(Kč/měsíc)	1 090	1 090	1 090	1 090	1 090	1 090	1 090	1 090	1 090
Celkem za bydlení měsíčně:	(Kč/měsíc)	24 271	24 432	24 368	24 998	24 221	24 900	24 587	25 942	24 497
Celkem zaplacenno za 20 let:	(Kč)	5 824 973	5 863 755	5 848 273	5 999 638	5 813 060	5 976 060	5 900 906	6 226 162	5 879 258
Porovnání proti Variantě 0 - Požadovaná U	(%)	0,00%	0,67%	0,40%	3,00%	-0,20%	2,59%	1,30%	6,89%	0,93%
Zaplacené úroky celkem za 20 let:	(Kč)	1 522 193	1 546 941	1 611 204	1 660 309	1 600 203	1 649 308	1 629 446	1 729 242	1 624 051
Energie za 20 let:	(Kč)	690 912	650 477	429 293	423 475	429 293	435 110	423 533	429 350	419 155

Tabulka 18: Ekonomické vyhodnocení variant formou financování úvěrem na 20 let.

Tabulka 18 počítá splátky hypotéky, platby za energii, servis a reinvestice v horizontu 20 let. Z uvedených údajů vyplývají následující grafy, které přehledně ukazují toky hotovosti v horizontu až 50 let. Obrázek 32 a Obrázek 33 ukazují měsíční a roční toky hotovosti při financování hypotékou, které zahrnují splátky, servis a reinvestice a platby za energii včetně uvažovaného meziročního růstu cen energií ve výši 2 %.



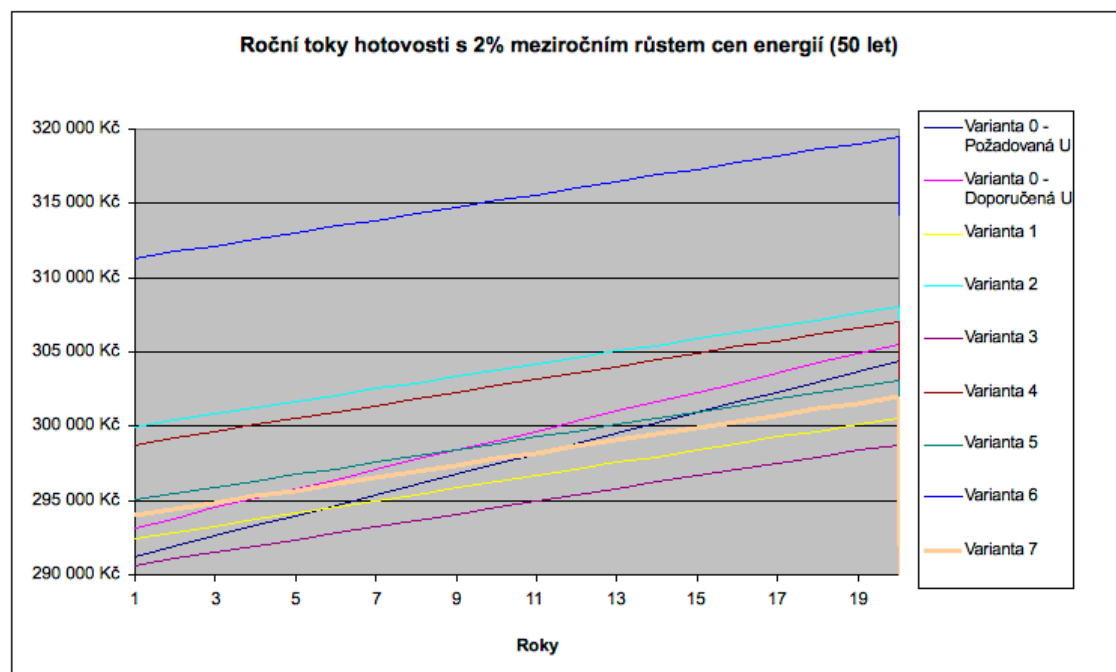
Obrázek 31: Měsíční splátky hypotéky a plateb za energii s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



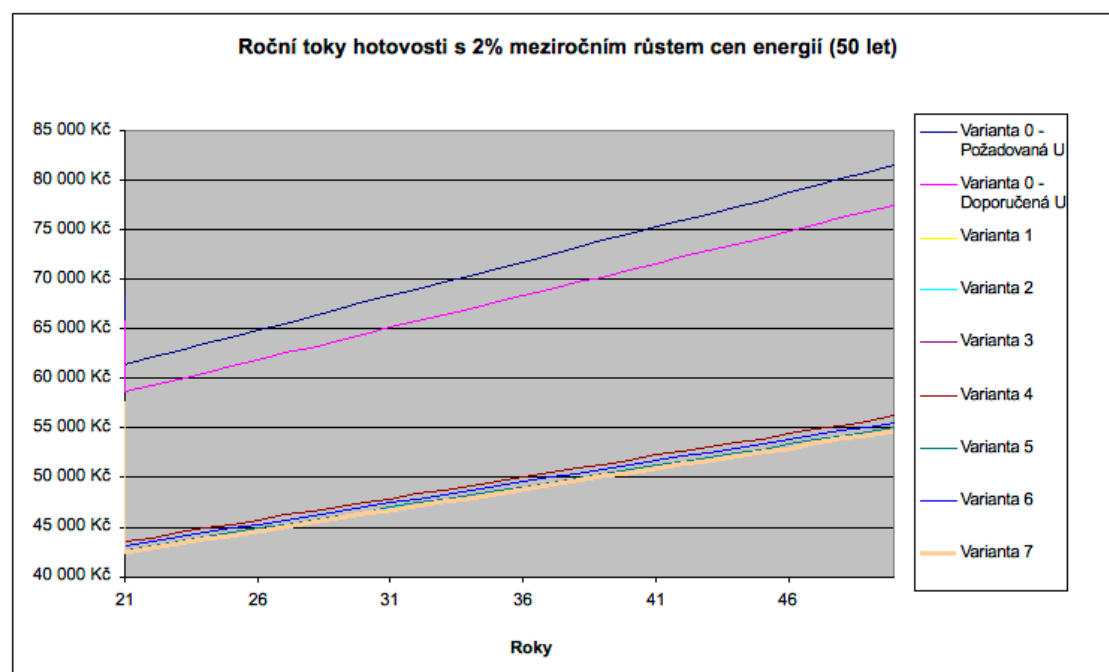
Obrázek 32: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

Z grafů je zřetelně patrné, že v ročním toku hotovosti je na splátky nejnáročnější Varianta 6, která se však po splacení hypotéky zařadí mezi ostatní pasivní varianty. Po splacení hypotéky ve výši měsíčních plateb dominují referenční varianty.

Pokud si graf pro roční toky hotovosti zvětšíme pro období „do“ a „od splacení hypotéky“, viz Obrázek 34 a Obrázek 35, je výše uvedené tvrzení zřetelnější. Do splacení hypotéky dominuje investičně nejnáročnější Varianta 6. Ostatní jsou seřazeny rovnoběžně podle jejich investiční náročnosti, navíc je patrné, že referenční Varianta 0 stoupají strměji než varianty ostatní. Po splacení hypotéky je již rozložení sil jasně patrné Varianty 0 stoupají strměji nahoru oproti pasivním variantám, přičemž ostatní varianty mají splátky vcelku srovnatelné.

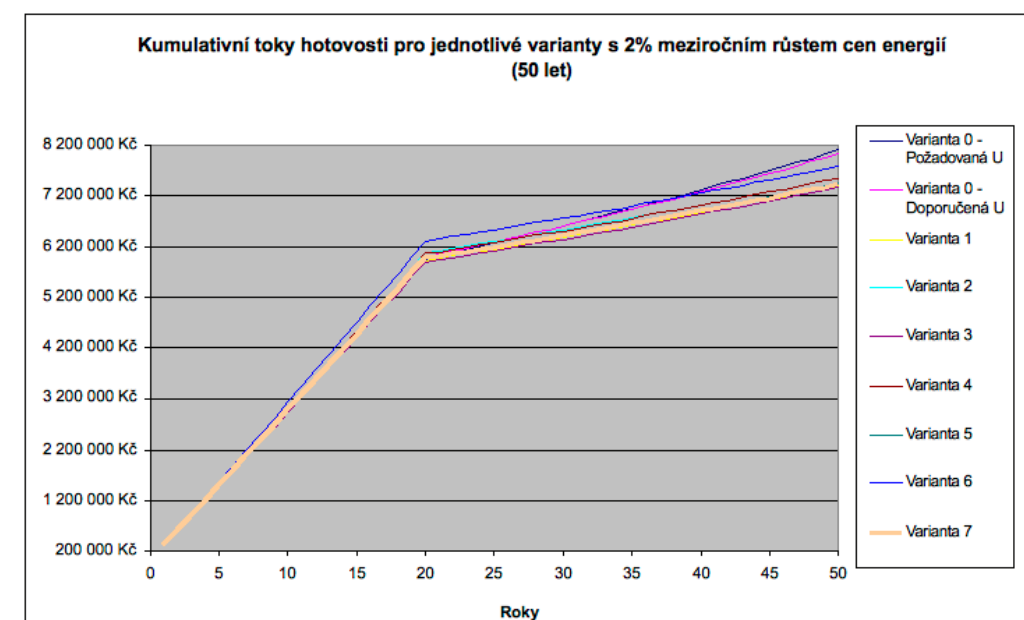


Obrázek 33: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

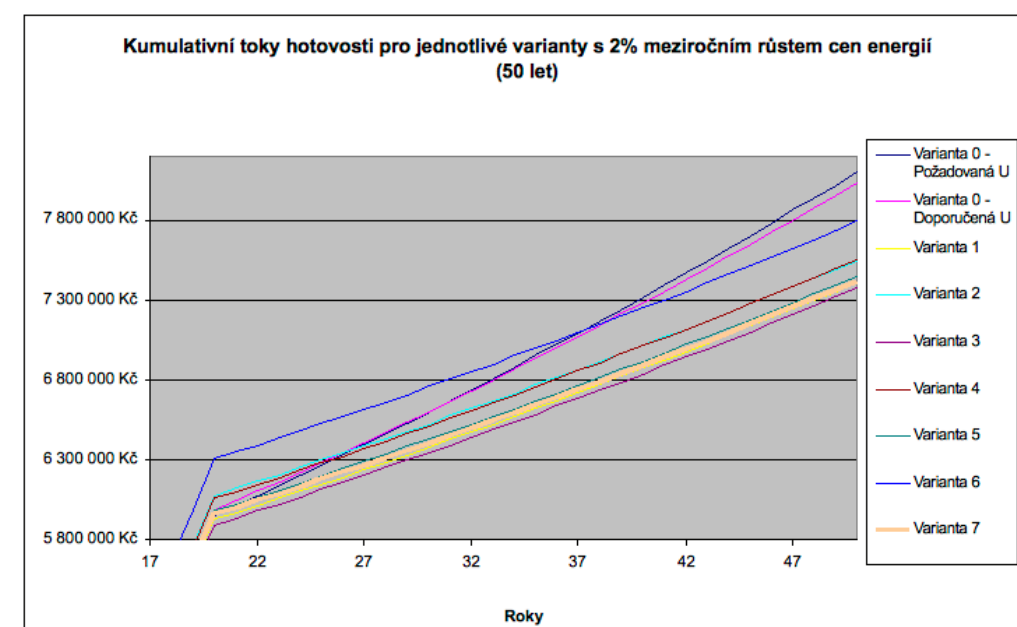


Obrázek 34: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

Výše uvedené grafy jsou pro investora zajímavé zejména pro plánování ročního a měsíčního rozpočtu. Mnohem důležitější jsou však kumulativní toky hotovosti, ze kterých jsou patrné rozdíly mezi jednotlivými variantami, viz Obrázek 36 až Obrázek 39. Na grafech jsou znázorněny Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 3% meziročním růstem cen energií. Ze základního grafu a jeho zvětšení pro různé časové období je dobře patrné, že do konce splacení úvěru je opět investičně nejnáročnější Varianta 6, která se srovná s Variantami 0 až po roce 33. Ostatní varianty jsou v podstatě rovnoběžně srovnány, nejlépe si vedou Varianta 3 a Varianta 1, které jsou jednoznačnými favority po celou dobu hodnocení. Po splacení úvěru se zřetelně začínají oddělovat Varianty 0, které jsou již ve 25. roce většinou dražší než většina hodnocených variant. Po 37. roce jsou nakonec všechny pasivní varianty výhodnější než referenční Varianta 0.

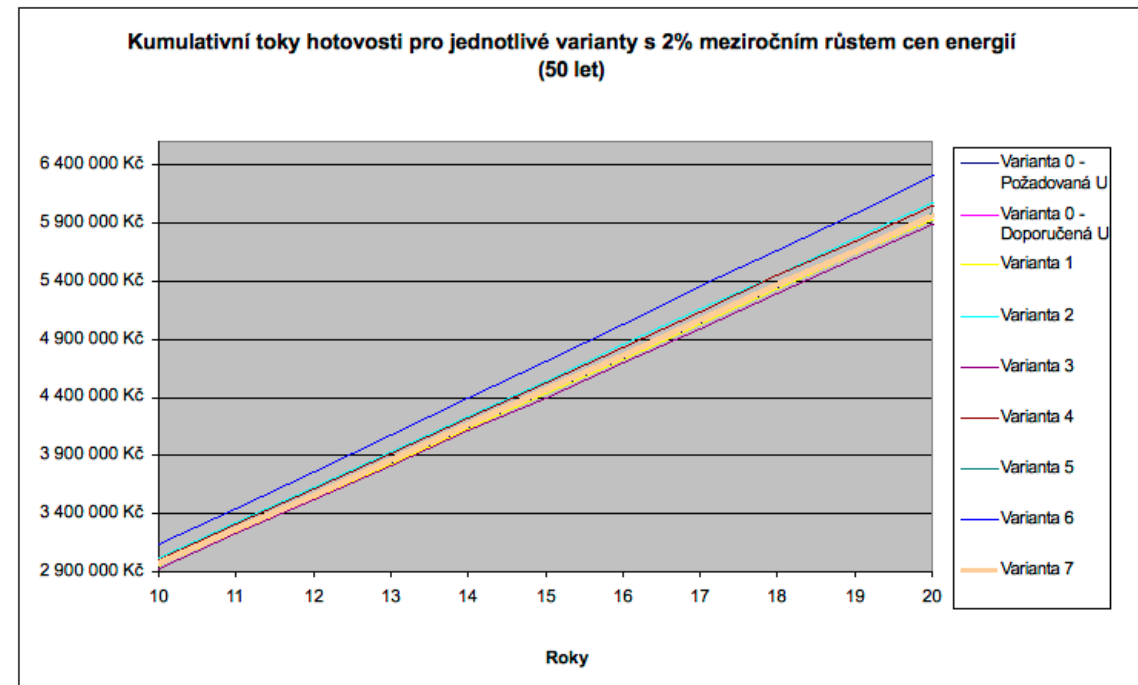


Obrázek 35: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

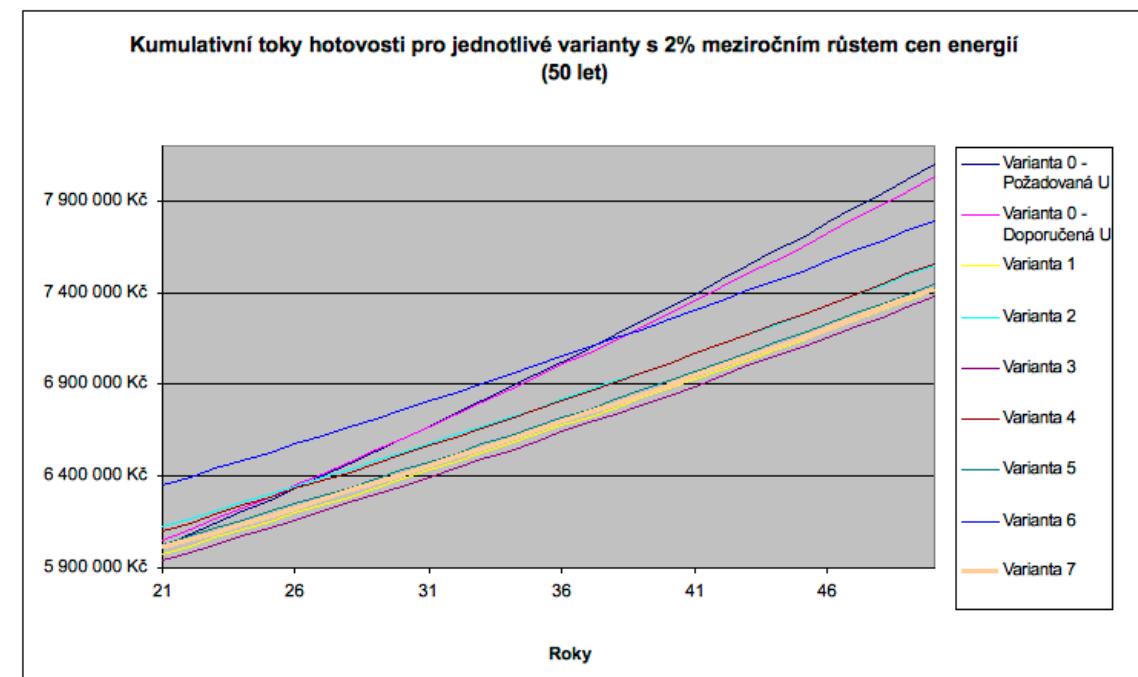


Obrázek 36: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

5. SHRUTÍ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

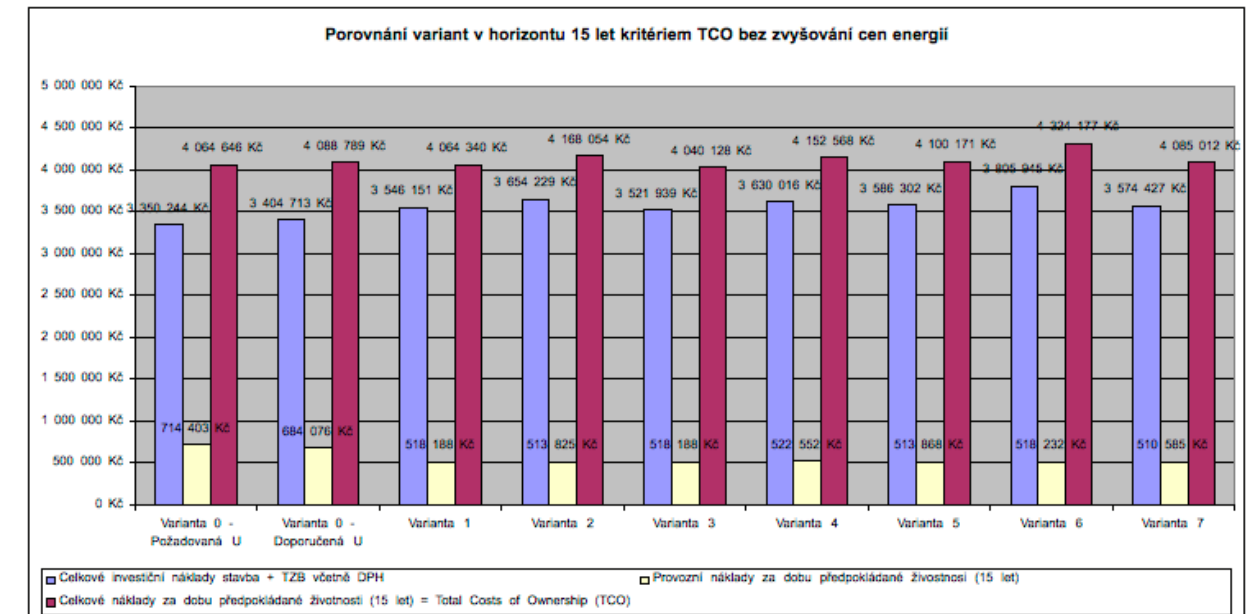


Obrázek 37: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).



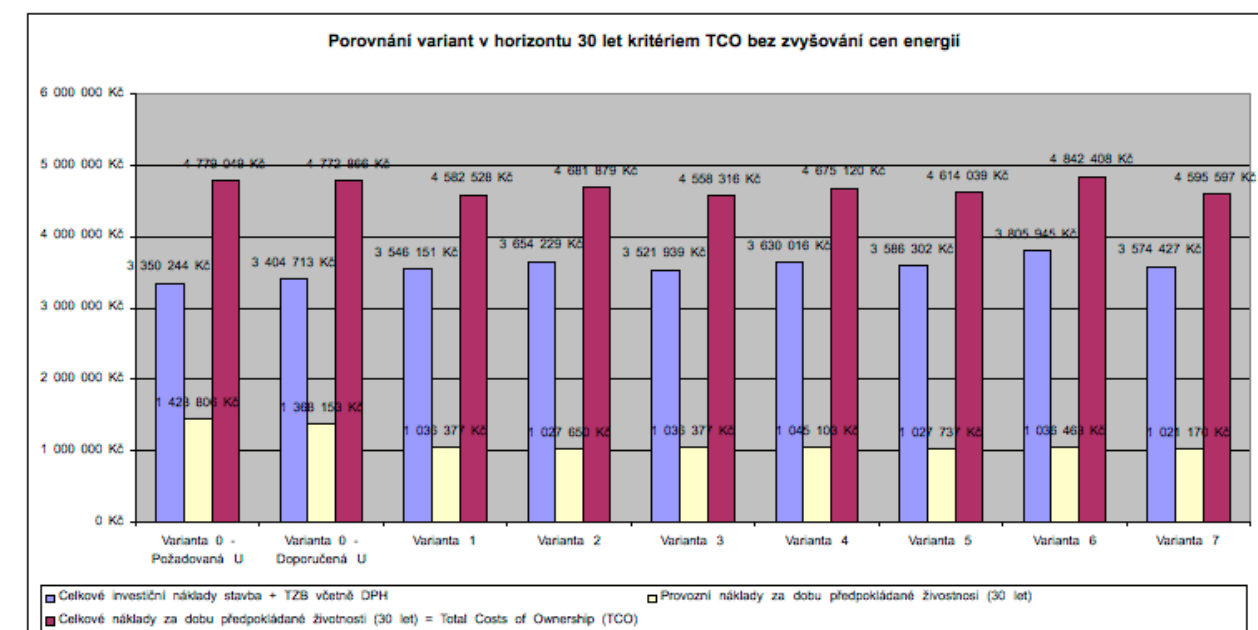
Obrázek 38: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).

V následujícím shrnutí je vidět chování jednotlivých variant v horizontu 15 a 30 let, viz Obrázek 40 a Obrázek 41. Podobné srovnání pro 3 různé varianty úsporné výstavby RD používá například Koloděj (2012)²².



Obrázek 39: Porovnání variant v horizontu 15 let bez zvyšování cen energií.

V krátkodobém horizontu 15 let není v tomto srovnání výhoda pasivních variant ještě patrná, v dlouhodobém horizontu 30 let jsou však téměř všechny pasivní varianty výhodnější – až na Variantu 6, která vybočuje. V horizontu 37 a více let však všechny pasivní varianty vycházejí lépe.



Obrázek 40: Porovnání variant v horizontu 30 let bez zvyšování cen energií.

²² Koloděj Jan (18. 6. 2012) Ekonomická výhodnost pasivních domů. [online] Článek společnosti Chytrý dům s.r.o., www.chytry-dum.eu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domu/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>.

Shrneme-li výše uvedené, lze vyvodit závěr, že pasivní výstavbu je možné realizovat za ekonomicky výhodných podmínek a existuje reálný prostor pro minimalizaci nákladů a maximalizaci úsporných efektů. Tento závěr ostatně potvrzuje i studie (Vanický, Aigel, 2014)²³, která pracuje s konkrétními realizacemi.

Pro budoucí realizaci stavby rodinného domu, lze proto doporučit velmi kvalitní přípravu investičního záměru. Realizace domu v kvalitním pasivním standardu investorovi do budoucna umožní bezproblémové dosažení nulového či dokonce plusového standardu.

Ze srovnání standardních a pasivních variant rodinných domů vyplývá, že racionální investor poměřující současné a budoucí výdaje za energie, včetně souvisejících výdajů (údržba, opravy, revize apod.) se zabývá možnostmi realizace domu v pasivním standardu. Při zvážení všech ekonomických důsledků (nejen jednorázových investičních výdajů na pořízení objektu včetně technologií na vytápění a zajištění teplé vody) domy v pasivním standardu vycházejí velmi často ekonomicky efektivnější (již za současných podmínek) než v současnosti běžně realizované referenční domy.

Pasivní objekty navíc přináší řadu dalších výhod, které se obvykle do ekonomického hodnocení nezahrnují. Jednou z nich je velmi krátká doba výstavby v porovnání s klasickými (v současnosti stále preferovanými zděnými domy). Například pasivní montované dřevostavby jsou v tomto ohledu potom správné řešení. Technologie dřevostaveb nebo vápenno-pískových cihel zase umožňují menší zastavěnou plochu, je-li stavebník omezen zastavěnou plochou.

Standardní horizont, na který se typický investor do nového rodinného domu orientuje je doba, po kterou splácí případnou hypotéku, obvykle 20 – 30 let. Běžný investor bude daleko méně přihlížet ke vzdálenějším časovým horizontům. Prezentované výpočty zachycují jako nejdelší časový horizont, po který se dá předpokládat existence nového objektu bez zásadních výdajů na rekonstrukci stavební části. Horizont 50 let tak představuje limitní hodnotu, za kterou nemá smysl dále uvažovat.

V řadě případů může investor preferovat pasivní varianty protože toto řešení snižuje riziko nedostatku finančních prostředků na provoz domu v budoucnosti, kdy se mu může změnit jeho ekonomická situace, například odchod do důchodu.

SEZNAM ODKAZŮ A LITERATURY

- [1] Bárta Jan (20. 11. 2006) Ekonomika pasivního domu - vyplatí se skutečně? [online] Článek asociace Centrum pasivního domu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://www.tzb-info.cz/3689-ekonomika-pasivniho-domu-vyplati-se-skutecne>.
- [2] Bárta, J., Srdečný, K. (2010) Navrhování pasivních domů. Kurz Centra pasivního domu (CPD), Část H, Ekonomika pasivních domů. Brno: Centrum pasivního domu.
- [3] Beranovský, J. (2014) Ekonomika energeticky úsporné výstavby. Podklady a pracovní verze studie pro interní firemní výzkum. Praha: EkoWATT CZ s. r. o.
- [4] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2011
- [5] ČSN 730542 Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov, ČNI Praha 1995
- [6] ČSN EN ISO 6949 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI Praha 1998
- [7] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, ČNI Praha 1999
- [8] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná tepelná ztráta – Výpočetní metoda, ČNI 2000
- [9] ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, ČNI Praha 2005
- [10] ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000
- [11] ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušená metoda a orientační hodnoty, ČNI Praha 2000
- [12] ČSN 060320 Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování
- [13] Kol. autorů (2014) Co je pasivní dům. [online] Informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>.
- [14] Kol. autorů (2014) What is passivehaus? [online] Informační portál PHI. Dostupné z http://www.passivhaustrust.org.uk/what_is_passivhaus.php.
- [15] Kozelková Martina, Mádrová Jana (2014) Rozpočty pro různé stavební varianty rodinného domu ve Víně. Firemní podklady ORIGIS s. r. o., U Strouhy 264/13, 19600 Praha 9-Miškovice, tel.: 725 056 004, zelená linka: +420 800 884 884, m.kozelkova@origis.cz, j.madrova@origis.cz, <http://www.origis.cz>.
- [16] Kol. autorů (2013) Efekt 3.0. Program pro hodnocení ekonomické efektivity. ČVUT FEL, Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd, Praha.
- [17] Koloděj Jan (18. 6. 2012) Ekonomická výhodnost pasivních domů. [online] Článek společnosti Chytrý dům s.r.o., www.chytry-dum.eu. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8715-ekonomicka-vyhodnost-pasivnich-domu>.
- [18] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU ze dne 19. května 2010 o energetické náročnosti budov. Nařízení Komise č. 244/2012 ze dne 16. ledna 2012, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov stanovením srovnávacího metodického rámce pro výpočet nákladově optimálních úrovní minimálních požadavků na energetickou náročnost budov a prvků budov.
- [19] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov.

²³ Vanický Tomáš, Aigel Petr (2014) Unikátní studie ukázala, že pasivní domy nemusí být drahé. [online] Článek pro informační portál asociace Centrum pasivního domu. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/unikatni-studie-ukazala-ze-pasivni-domy-nemusi-byt-drahe/t4126?s=35>.

- [20] Tywoniak Jan (5. 9. 2011) Nulové domy. [online] Článek pro seminář Dřevostavby, aktualizováno autorem podle poslední verze revize ČSN 73 0540-2. Internetový publikační portál TZB-info. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>.
- [21] Tywoniak Jan (14. 11. 2011) Pasivní a nulové budovy na společné cestě. [online] Publikováno na konferenci Pasivne domy 2011, Bratislava. Dostupné z <http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/8029-pasivni-a-nulove-budovy-na-spolecne-ceste>.
- [22] Vyhláška MPO č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku.
- [23] Vyhláška MPO č. 78/2013 Sb. (nahradila původní vyhlášku 291/2001 Sb.)
- [24] Vyhláška MPO č. 150/2001 Sb.
- [25] Vyhláška MPO č. 193/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášky 151/2001 Sb. a 153/2001 Sb.)
- [26] Vyhláška MPO č. 194/2007 Sb. (nahradila původní vyhlášku 152/2001 Sb.) Sb.
- [27] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií v platném znění pozdějších předpisů

PŘÍLOHY

6.1. Základní pojmy ekonomického hodnocení

Kvalitní bydlení nemusíme vždy chápat jako investici; někdy prostě chceme pouze zdravé krásné bydlení v hezkém prostředí nebo chceme udělat něco pro životní prostředí. Bazén u domu málokdo staví proto, aby ušetřil za vstupenky na plovárnu.

Rozdíl mezi investicí a útratou spočívá v tom, že dáme-li peníze za dobrý oběd, hezké oblečení nebo příjemnou dovolenou, jde o útratu, od níž nečekáme finanční přínos. Oproti tomu u investice je ekonomický přínos nejdůležitějším důvodem, proč vydávat peníze z peněženky či z bankovního konta. Od investice čekáme, že nám zhodnotí vložené peníze s určitým ziskem a s určitým rizikem v určitém čase. Například investice do sázkového tiketu může přinést milionový výnos během jediného týdne, ale riziko neúspěchu je velmi velké. Naproti tomu dlouhodobé uložení peněz do solidní banky bude dlouhodobě přinášet zisk jen několik procent, ale s minimálním rizikem, že o vklad přijdeme. Mezi těmito extrémy existuje nespočet jiných možností, jako je nákup akcií, nemovitostí, státních dluhopisů, nebo cesta zhodnotit peníze vlastním podnikáním. Energeticky úspornou výstavbu lze chápat jako jednu z těchto možností. Protože se nedá v budoucnu čekat výrazný pokles cen energií, jde o investici s velmi malým rizikem. Díky tomu se může opatrný investor smířit i s nízkým zhodnocením investice. V případě, že náš dům už opravdu nutně potřebuje třeba nový vytápěcí systém nebo fasádu, stojíme před tzv. vynucenou investicí. Zvažujeme, jestli třeba fasádu udělat „obyčejnou“ s nižšími náklady, nebo zda by nebylo lepší udělat fasádu zateplenou a rok co rok platit za teplo méně než předtím. Cena úsporného opatření je pak menší o náklady, které bychom museli vynaložit na „neúsporné“ opatření.

Růst (pokles) cen energií. Odhadnout růst cen různých energií po dobu 15 až 40 roků (což je životnost úsporných opatření) je velmi nesnadný úkol. Nadsazený odhad růstu cen vede k tomu, že ekonomické vyhodnocení vychází velmi příznivě. I když ušetříme každý rok stejné množství energie, vlivem rostoucích cen to bude stále více peněz (nominálně). Bude-li skutečný růst cen nižší, než jsme čekali, nebo dojde dokonce k poklesu ceny, může se úsporné opatření ukázat jako málo ziskové, nebo dokonce ztrátové (vzhledem k výši investice). Proto je lépe uvažovat spíše s pomalejším zdražováním – pokud náš odhad nevyjde, budeme odměněni vyššími úsporami peněz. Ošidnost odhadu budoucích cen energií lze demonstrovat na vývoji cen elektřiny za posledních několik let nebo současný (konec roku 2014) vývoj cen ropy a kapalných paliv.

Pro odhad budoucích cen energií lze akceptovat hodnotu mírně nad inflací. Za posledních 5 let je průměrná roční míra inflace přibližně 1,9 %, ovšem rok 2014 se očekává v odhadech nižší. V modelu se předpokládá průměrný meziroční růst cen energií ve výši 2 % jako konzervativní odhad.

Cena peněz neboli **diskont** vyjadřuje, jakou cenu pro nás mají naše vlastní peníze. Diskont vyjadřuje, o co přijdeme tím, že peníze vložíme právě do této investice a ne jinam (do alternativní možnosti investování peněz). Například termínovaný vklad v bance nám zhodnotí peníze ve výši 1 až 3 % p.a., zatímco třeba podnikatel dokáže zhodnotit peníze několikanásobně. Přinese-li tedy koruna investovaná do zateplení ročně 10 % zhodnocení (měřeno roční úsporou energií oproti výchozímu stavu), je toto třeba srovnávat s alternativními možnostmi investování, v případě domácnosti typicky s tím, že jsme peníze nenechali na účtu v bance.

Výše diskontu pro domácnosti lze s ohledem na alternativní možnosti investování stanovit typicky na 1–1,5 % nad inflaci (termínovaný účet, státní dluhopisy). V modelu se předpokládá diskont ve výši 3 %.

Tok hotovosti (Cash Flow): Ukazuje, bilanci příjmů a výdajů v jednotlivých letech období, po které posuzujeme investici.

Kumulovaný (diskontovaný) tok hotovosti je součet toků hotovosti (s respektováním časové hodnoty peněz) za celé posuzované období. Provozní náklady jsou rozprostřeny do časové řady upravené o meziroční zvyšování cen energií. Rozdíl investičních nákladů je započten na začátku

časové řady a dále jsou v příslušných letech po dožití částí systémů započteny reinvestice aktualizované inflací. Výsledný tok hotovosti je diskontován, aby se zohlednila časová hodnota peněz.

Reinvestice a životnost: U konstrukcí předpokládáme životnost jednotlivých opatření (zdívo, tepelné izolace, okna apod.) delší než 40 let, tedy delší než je hodnocené období. Nejsou tedy uvažovány další investice do opatření za dobu hodnocení projektu, vyjma technického zařízení budov (TZB) (vzduchotechnika, vytápění aj.), kde se předpokládá životnost 15 let.

Doby hodnocení jsou zvoleny podle předpokládané životnosti tepelného čerpadla, která je cca 15 let, a s ohledem na předpokládané možnosti užívání nemovitosti na 15, 30 a 40 let.

6.2. Ekonomická analýza – metodika a kritéria

Použitá kritéria ekonomické efektivity jsou definována následujícím způsobem:

✓ **čistá současná hodnota**, NPV (Net Present Value), **diskontovaný tok hotovosti**, DCF (Discount Cash Flow):

Čistou současnou hodnotu (NPV) projektu při jednoznačně zadaných vstupních údajích lze spočítat vždy a nabývá jen jedné hodnoty.

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t}$$

Rovnice 1: Vztah pro diskontovaný tok hotovosti NPV (Net Present Value), DCF (Discount Cash Flow).

kde:

CF_t je tok hotovosti [CZK]

R je diskontní sazba [CZK]

$(1+r)^t$ odúročitel

$T_z (T_h)$ je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

✓ **diskontovaná doba návratnosti investice (počítaná s diskontem) T_{sd} :**

Jedná se minimalizační kritérium, které se vypočítá jako počet let od začátku doby hodnocení z následující podmínky:

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} = 0$$

Rovnice 2: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návrtnost).

kde:

CF_t je tok hotovosti [CZK]

R je diskontní sazba [CZK]

$(1+r)^t$ je odúročitel

$T_z (T_h)$ je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

✓ **prostá doba návratnosti T_s :**

Toto kritérium vyžaduje ve svém způsobu hodnocení například vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu a vypočítá se z následující podmínky:

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

Rovnice 3: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_s (návrtnost).

kde:

IN jsou investiční výdaje projektu [CZK]

CF_t je tok hotovosti, roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků pro realizaci projektu) [CZK]

Prostá doba návratnosti však nepatří mezi ukazatele, které berou v úvahu časovou hodnotu peněz.

✓ **minimální cena produkce energie c_{PEmin}** se z pohledu investora vypočítá z podmínky $NPV = 0$

Kritérium NPV umožňuje stanovit také tzv. **minimální náklady na jednotku uspořené energie**, která zaručuje očekávaný výnos vloženého kapitálu. U investora může zahrnovat i požadovaný nebo regulovaný výnos.

$$NPV_{T_z} = DCF_{T_z} = \sum_{t=0}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} = 0$$

Rovnice 4: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návrtnost).

kde:

CF_t je tok hotovosti [CZK]

R je diskontní sazba [CZK]

$(1+r)^t$ je odúročitel

$T_z (T_h)$ je doba životnosti (případně hodnocení) projektu [r]

Pozn.: Všechna výše uvedená kritéria většinou tvoří páteř ekonomických analýz, a bývají proto uváděna ve výsledcích společně. Avšak ve skutečnosti popisují stejnou věc, tedy ekonomickou efektivnost investice.

✓ **celkové náklady za dobu předpokládané životnosti = Total Costs of Ownership (TCO)** je v podstatě modifikované kritérium NPV výdajů počítané bez diskontování a růstu cen energií.

Přehledné tabulky potom shrnují vyhodnocení variant podle energetické spotřeby, investičních a provozních nákladů a celkových nákladů na vlastnictví za dobu předpokládané životnosti, vlastnictví či hodnocení.

6.3. Ekonomické hodnocení v národní legislativě

Například v České republice je nákladově optimální úroveň zavedena zákonem č. 318/2012 Sb. (tzv. novelou zákona, č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií), kde v §2 odst. 1 v) se rozumí: „nákladově optimální úroveň stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.“²⁴

Při tvorbě této novely zákona o hospodaření energií byla provedena rozsáhlá analýza nákladově optimálních opatření zejména z oblasti stavebních konstrukcí, která nakonec vedla ke konkrétním formulacím v prováděcí vyhlášce č. 78/2013 Sb.

Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov potom v §1 stanoví a) nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie.²⁵

Nákladově optimální úroveň ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. potom konkretizuje § 6 Požadavky na energetickou náročnost budovy stanovené na nákladově optimální úrovni, kde je nákladově optimum splněno, pokud hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy nejsou vyšší než referenční hodnoty ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu. Takto je dána možnost postupně uvedené ukazatele v čase zpříšňovat.

Kromě toho vyhláška č. 78/2013 Sb. zavádí v § 7 Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie. Zde se potom v odst. (3) píše, že „ekonomickou proveditelností se rozumí dosažení prosté doby návratnosti investice do alternativního systému dodávek energie kratší než doba jeho životnosti“. Požadovaná kritéria ekonomické efektivity se přitom počítají podle ČSN EN 15459²⁶. Přitom podle téže vyhlášky „V případě alternativního systému dodávek energie podle odstavce 1 písm. c) (soustava zásobování tepelnou energií) se ekonomickou proveditelností uvedeného alternativního systému rozumí dosažení prosté doby návratnosti investice do nového jiného než alternativního systému dodávek energie, který je nebo má být v budově využíván, delší, než je doba životnosti tohoto nového jiného než alternativního systému dodávek energie.“ ČSN EN 15459 používá pro předepsané výpočty metodu celkových nákladů nebo metodu anuitních nákladů.

Ekonomické hodnocení se objevuje dále ve vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. Podle vyhlášky §5 odst. 2. b) je třeba navrhnout „nejméně dvě varianty, z nichž každá navržená varianta obsahuje ekonomické vyhodnocení navržených variant, které se provede způsobem uvedeným v příloze č. 5 k této vyhlášce“²⁷. Podobně v §7 odst. 4 stanoví tato vyhláška povinnost ekonomického hodnocení i pro ekonomický posudek. Příloha 5 vyhlášky č. 480/2012 Sb. stanoví způsoby výpočtu ekonomického vyhodnocení formou následujících kritérií ekonomické efektivity: Prostou dobu splacení investice, reálnou (diskontovanou) dobu splacení investice, čistou současnou hodnotu (NPV = Net Present Value) a vnitřní výnosové procento (IRR = Internal Rate of Return).

Způsob ekonomického hodnocení podle ČSN EN 15459, který používá vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov je více v souladu s ekonomickou teorií na rozdíl od ekonomického hodnocení předepsaného vyhláškou č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

Naštěstí problematika energetických auditů s předmětem této studie vůbec nesouvisí. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že oba způsoby hodnocení akcentují pouze energetickou náročnost budov a ekonomicky hodnotí pouze energetické soustavy v budovách. Obecný investor, například konečný uživatel budovy, přitom uvažuje v mnohem širších ekonomických souvislostech, nejde mu pouze o energetické náklady budovy. Jde mu náklady celkového podnikatelského zájmu, kde budova je pouze jeho součástí. Nelze zapomínat, že investorovi jde především o peníze a tedy, že například náklady na provoz administrativní budovy jsou třeba zlomkové v porovnání s náklady na lidské zdroje.

6.4. V7 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

Varianta	V0 - požadovaná Dutinné cihelné bloky 440 mm (na maltu) + 80 mm EPS	V0 - doporučená Dutinné cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnice) + 120 mm EPS		V1 - Pórobetonov é tvárnice 250 mm + EPS 260 mm	V2 - Pórobetonov é tvárnice 250 mm + EPS 320 mm	V3 - Dutinné cihelné bloky 240 mm + šedý EPS 260 mm	V4 - Dutinné cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm	V5 - VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm	V6 - DO dřevovlákn 60 mm + celulóza 260 a 360 mm	V7 - DU OSB 12 mm + OSB 12 mm + šedý EPS 180 mm
		Energeticky vztažná plocha	m ²	198,8	198,8	201,4	206,8	200,5	205,9	198,3
Podlahová plocha (celková vnitřní)	m ²	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9	157,9
Plocha ohraničujících konstrukcí A	m ²	494,8	494,8	499,1	507,7	497,7	506,3	494,1	493,1	480,7
Objem vytápěných zón budovy V	m ³	658,4	658,4	668,7	686,7	665,8	683,7	658,4	655,1	630,6
Faktor tvaru budovy A/V	m ² /m ³	0,75	0,75	0,75	0,74	0,75	0,74	0,75	0,75	0,76
Vnitřní teplota	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Hodnocení dle ČSN 730540-2 (2011)										
Vypočtený požadavek	W/(m ² ·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Nové obytné budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Ostatní budovy dle ČSN 730540-2:2011, nejvýše	W/(m ² ·K)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Převažující návrhová vnitřní teplota q _{in}	°C	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Součinitel typu budovy e, dle tabulky 4 v ČSN 730540-2	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{em,N}	W/(m ² ·K)	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Doporučený součinitel prostupu tepla U _{em,rec}	W/(m ² ·K)	0,30	0,30	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30	0,30
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla	W/(m ² ·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Klasifikační třída	-	C	B	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy	-	Vyhovující	Úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná	Velmi úsporná
Hodnocení dle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb.										
Referenční součinitel prostupu tepla	W/(m ² ·K)	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla U _{em}	W/(m ² ·K)	0,32	0,29	0,18	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Klasifikační ukazatel CI	-	1,0	0,9	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Klasifikační třída	-	C	C	A	A	A	A	A	A	A
Slovní vyjádření klasifikační třídy	-	Úsporná	Úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná	Mimořádně úsporná

²⁴ Zákon č. 318/2012 Sb.

²⁵ Vyhláška 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

²⁶ ČSN EN 15459 – Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách.

²⁷ Vyhláška 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku.

6.5. Referenční budova dle vyhlášky 78/2013

Výpočet $U_{em,N}$	Plocha A_i	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům					
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,30	0,25	1,00	66,01
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,30	0,25	1,00	13,36
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,30	0,20	1,00	29,81
DV1 JV	2,42	1,70	1,50	1,00	4,11
OK1 JZ 1 1np	1,80	1,50	1,20	1,00	2,70
OK1 JZ 2 1np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	1,50	1,20	1,00	6,15
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	1,50	1,20	1,00	6,15
OK1 JZ 4F 1np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	1,50	1,20	1,00	5,40
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	1,50	1,20	1,00	5,40
OK1 JZ 6 2np	1,10	1,50	1,20	1,00	1,65
OK1 SV 1F 1np	1,90	1,50	1,20	1,00	2,85
OK1 SV 2F 1np	1,70	1,50	1,20	1,00	2,55
OK1 SV 3F 2np	2,00	1,50	1,20	1,00	3,00
OK1 JV 1F 2np	1,20	1,50	1,20	1,00	1,80
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,45	0,30	0,63	28,21
Tepelné mosty	494,83	0,02			9,90
Celkem					195,05

6.6. Vo POŽADOVANÁ – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí 6.3. Referenční budova dle vyhlášky 78/2013

V0 - požadovaná	Plocha A_i	Součinitel prostupu tepla U_i	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,283	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	62,27
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,236	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	10,51
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,174	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	17,29
DV1 JV	2,42	0,850	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	2,06
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,76
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,44
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,870	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,57
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,17
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,930	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,02
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,63
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,50
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,890	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,07
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,255	0,45	0,30	vyhovuje	0,71	17,95
Tepelné mosty	494,83	0,050					24,74
Celkem							160,27

6.7. Vo DOPORUČENÁ – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V0 - doporučená	Plocha A_i	Součinitel prostupu tepla U_i	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V0 - OP1 440 (stěny)	220,03	0,237	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	52,15
V0 - OP2 (sokl)	44,54	0,186	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	8,28
V0 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,37	0,148	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	14,71
DV1 JV	2,42	0,850	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	2,06
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,76
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,44
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,870	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,57
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,900	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,17
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,930	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,02
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,63
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,50
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,860	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,72
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,890	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,07
V0 - PDL (na zemině)	99,37	0,255	0,45	0,30	vyhovuje	0,71	17,95
Tepelné mosty	494,83	0,050					24,74
Celkem							145,34

6.8. V1 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V1 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 260	Plocha A_i	Součinitel prostupu tepla U_i	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,20}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{rec,20}$	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V1 - OP1 510 (stěny)	221,37	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	29,22
V1 - OP2 (sokl)	44,79	0,122	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,46
V1 - STR (pod neizolovanou půdou)	100,71	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,65
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V1 - PDL (na zemině)	100,71	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	11,97
Tepelné mosty	499,1	0,020				1,00	9,98
Celkem							89,23

6.9. V2 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V2 - Pórobetonové tvárnice 250 + EPS 320	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V2 - OP1 570 (stěny)	224,05	0,116	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	25,99
V2 - OP2 (sokl)	45,30	0,122	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,53
V2 - STR (pod neizolovanou půdou)	103,41	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,83
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V2 - PDL (na zemině)	103,41	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	12,22
Tepelné mosty	507,7	0,020				1,00	10,15
Celkem							86,66

6.11. V4 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V4 - Dutinové cihelné bloky 240 + MW 320	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V4 - OP1 560 (stěny)	223,60	0,138	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	30,86
V4 - OP2 (sokl)	45,21	0,140	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,33
V4 - STR (pod neizolovanou půdou)	102,96	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,80
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V4 - PDL (na zemině)	102,96	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	12,18
Tepelné mosty	506,3	0,020				1,00	10,13
Celkem							92,23

6.10. V3 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V3 - Dutinové cihelné bloky 240 + šedý EPS 260	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V3 - OP1 500 (stěny)	220,92	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	29,16
V3 - OP2 (sokl)	44,71	0,140	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,26
V3 - STR (pod neizolovanou půdou)	100,27	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,62
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V3 - PDL (na zemině)	100,27	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,84	11,93
Tepelné mosty	197,7	0,020				1,00	9,95
Celkem							89,86

6.12. V5 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V5 - VPC 175 + šedý EPS 300	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta prostupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V5 - OP1 475 (stěny)	219,80	0,125	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	27,48
V5 - OP2 (sokl)	44,50	0,149	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	6,63
V5 - STR (pod neizolovanou půdou)	99,15	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,54
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V5 - PDL (na zemině)	99,15	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,82
Tepelné mosty	494,1	0,020				1,00	9,88
Celkem							88,30

6.13. V6 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V6 - DO dřevovláknó 60 + celulóza 280	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta pro- stupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V6 - OP1 500 (stěny)	150,00	0,119	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	17,85
V6 - OP2 400 (stěny)	69,80	0,152	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	10,61
V6 - OP3 500 (sokl)	29,308	0,113	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	3,31
V6 - OP4 400 (sokl)	15,19	0,141	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	2,14
V6 - STR (pod neizolovanou půdou)	98,65	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,51
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V6 - PDL (na zemině)	98,65	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,78
Tepelné mosty	493,1	0,020				1,00	9,86
Celkem							88,00

6.14. V7 – Tepelně technické parametry obalových konstrukcí

V7 - DU OSB 12 + celulóza 160 + OSB 12 + šedý EPS 180	Plocha A _i	Součinitel prostupu tepla U _i	Požadovaný součinitel prostupu tepla U _{N,20}	Doporučený součinitel prostupu tepla U _{rec,20}	Vyhodnocení	Činitel teplotní redukce bi	Měrná ztráta pro- stupem Ht
	[m ²]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]	[-]	[W/K]
Zóna: Rodinný dům							
V7 - OP1 380 (stěny)	215,55	0,132	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	28,45
V7 - OP2 (sokl)	43,70	0,134	0,30	0,25	vyhovuje	1,00	5,86
V7 - STR (pod neizolovanou půdou)	94,96	0,066	0,30	0,20	vyhovuje	1,00	6,27
DV1 JV	2,42	0,800	1,70	1,50	vyhovuje	1,00	1,94
OK1 JZ 1 1np	1,80	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,53
OK1 JZ 2 1np	2,00	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,66
OK1 JZ 3.1F 1np	4,10	0,790	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,24
OK1 JZ 3.2 1np	4,10	0,820	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,36
OK1 JZ 4F 1np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JZ 5.1 2np	3,60	0,850	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	3,06
OK1 JZ 5.2F 2np	3,60	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	2,99
OK1 JZ 6 2np	1,10	0,880	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	0,97
OK1 SV 1F 1np	1,90	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,54
OK1 SV 2F 1np	1,70	0,830	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,41
OK1 SV 3F 2np	2,00	0,810	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,62
OK1 JV 1F 2np	1,20	0,840	1,50	1,20	vyhovuje	1,00	1,01
V7 - PDL (na zemině)	94,96	0,141	0,45	0,30	vyhovuje	0,85	11,36
Tepelné mosty	480,7	0,020				1,00	9,61
Celkem							87,49

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdělení budov podle roční potřeby tepla na vytápění.	11
Obrázek 2: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha - VINOŘ. Foto: Origis, www.origis.cz.	13
Obrázek 3: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – VINOŘ, interiér. Foto: Origis, www.origis.cz.	14
Obrázek 4: Realizovaný pasivní rodinný dům v obci Praha – VINOŘ, půdorys a řez. Foto: Origis, www.origis.cz.	14
Obrázek 5: Varianta 0Pož Dutinové cihelné bloky 440 mm (zdění na maltu) + 80 mm EPS.	15
Obrázek 6: Varianta 0Dop Dutinové cihelné bloky 440 mm (suché zdění z přesných tvárnic) + 120 mm EPS.	15
Obrázek 7: Varianta 1 Pórobetonové tvárnice 250 mm + EPS 260 mm.	16
Obrázek 8: Varianta 2 Pórobetonové tvárnice 250 + MW 320.	16
Obrázek 9: Varianta 3 Dutinové cihelné bloky 240 mm + EPS 260 mm.	16
Obrázek 10: Varianta 4 Dutinové cihelné bloky 240 mm + MW 320 mm.	16
Obrázek 11: Varianta 5 VPC 175 mm + šedý EPS 300 mm.	17
Obrázek 12: Varianta 6 DO Dřevovláknó 60 mm + Celulóza 280 mm.	17
Obrázek 13: Varianta 7 Celulóza 160 mm + šedý EPS 180 mm.	17
Obrázek 14: Nucené větrání s rekuperací. Zdroj: www.atrea.cz.	19
Obrázek 15: Příklad tepelného čerpadla IVT. Zdroj: www.cerpadla-ivt.cz.	20
Obrázek 16: Příklad tepelného čerpadla Daikin. Zdroj: www.daikin.cz.	20
Obrázek 17: Celkové roční náklady za energie.	27
Obrázek 18: Celkové investiční náklady.	30
Obrázek 19: Závislost NPV na investičních nákladech.	33
Obrázek 20: Závislost IRR na investičních nákladech.	33
Obrázek 21: Závislost prosté doby splacení na investičních nákladech.	33
Obrázek 22: Závislost diskontované doby splacení na investičních nákladech.	33
Obrázek 23: Závislost NPV na velikosti úspor energie.	33
Obrázek 24: Závislost IRR na velikosti úspor energie.	33
Obrázek 25: Závislost prosté doby splacení na velikosti úspor energie.	34
Obrázek 26: Závislost diskontované doby splacení na velikosti úspor energie.	34
Obrázek 27: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 15 let.	36
Obrázek 28: Porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO za 30 let.	36
Obrázek 29: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 15 let.	37
Obrázek 30: Relativní porovnání NVP výdajů a celkových nákladů TCO proti Variantě 0 Požadované U za 30 let.	37
Obrázek 31: Měsíční splátky hypotéky a plateb za energie s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	39
Obrázek 32: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	39
Obrázek 33: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	40
Obrázek 34: Roční toky hotovosti s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	40
Obrázek 35: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	41
Obrázek 36: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	41
Obrázek 37: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	42
Obrázek 38: Kumulativní toky hotovosti pro jednotlivé varianty s 2% meziročním růstem cen energií (50 let).	42
Obrázek 39: Porovnání variant v horizontu 15 let bez zvyšování cen energií.	43
Obrázek 40: Porovnání variant v horizontu 30 let bez zvyšování cen energií.	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Pasivní standard podle TNI a PHPP. (Zdroj: Porsenna o. p. s.)	8
Tabulka 2: Požadované součinitele U pro metodiku PHI.	10
Tabulka 3: Rozdělení budov podle charakteristiky a roční potřeby tepla na vytápění. (Zdroj: Centrum pasivního domu, 2014)	11
Tabulka 4: Příklad spotřeby energie na domácí spotřebiče u velmi úsporné domácnosti.	20
Tabulka 5: Přehled poplatků ke každé vyrobené a zároveň spotřebované kWhel pro rok 2014 (bez DPH).	21
Tabulka 6: Podrobný přehled hodnocených variant.	22
Tabulka 7: Okrajové parametry modelových výpočtů: Parametry vnějšího a vnitřního prostředí.	22
Tabulka 8: Geometrické vlastnosti jednotlivých variant.	23
Tabulka 9: Vyhodnocení obálky budovy z hlediska ČSN 73 0540-2:2011.	23
Tabulka 10: Energetická náročnost budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.	24
Tabulka 11: Hodnocení energetické potřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.	25
Tabulka 12: Hodnocení energetické spotřeby podle TNI 73 0329 pro jednotlivé varianty.	26–27
Tabulka 13: Investiční náklady a roční náklady na servis a reinvestice pro jednotlivé varianty.	29
Tabulka 14: Provozní náklady pro jednotlivé varianty.	31
Tabulka 15: Vstupní hodnoty pro ekonomické vyhodnocení variant.	32
Tabulka 16: Výsledky ekonomického hodnocení variant.	32
Tabulka 17: Ekonomické vyhodnocení variant formou TCO a NPV výdajů pro 15 a 30 let.	35
Tabulka 18: Ekonomické vyhodnocení variant formou financování úvěrem na 20 let.	38

SEZNAM ROVNIC

Rovnice 1: Vztah pro diskontovaný tok hotovosti NPV (Net Present Value), DCF (Discount Cash Flow).	48
Rovnice 2: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).	48
Rovnice 3: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_s (návratnost).	49
Rovnice 4: Vztah pro dobu splacení vloženého kapitálu T_{sd} (návratnost).	49