

České vysoké učení technické

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Bakalářská práce

Ekonomické zhodnocení úspor energie rodinného domu

Autor práce: Tomáš Molek

Vedoucí: Ing. Martin Beneš Ph.D.

2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Molek** Tomáš

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Ekonomické zhodnocení úspor energie rodinného domu

Pokyny pro vypracování:

1. Analýza současné spotřeby energie v rodinném domě
2. Varianty úspor
3. Ekonomické dopady jednotlivých variant úspor

Seznam odborné literatury:

1. Srdečný K., Macholda F.: Úspory energie v domě. Praha, Grada Publishing, 2004.
2. Tintěra L. a kolektiv: Úsporná domácnost. Brno, Era vydavatelství, 2002.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Beneš, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2014/2015

Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

vedoucí katedry



Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.

děkan

V Praze dne 10.2.2014

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Pardubicích dne

podpis

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu Ing. Martinu Benešovi Ph.D. za odborné vedení, užitečné rady a připomínky během psaní této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za vřelou podporu v celém průběhu mého studia.

Abstrakt

Bakalářská práce pojednává o možnostech úspory energie v rodinném domě a zhodnocení této úspory z ekonomického hlediska. Součástí práce je analýza spotřeby energie rodinného domu, na jejímž základě jsou navržena úsporná opatření. Tato opatření jsou následně posuzována dle kritérií pro ekonomickou efektivnost investice.

Abstract

Bachelor thesis deals with possibilities of energy savings in family house and their evaluation from economical point of view. Analyse of energy consumption of this house is involved as well. The possible solutions for energy savings are suggested on bases of this analyse. Finally the assessment of economic efficiency for suggested energy savings is calculated.

Obsah

Obsah	1
Úvod	4
1. Teoretická část	5
1.1. Fyzikální veličiny	5
1.2. Ekonomická efektivnost investice	6
1.2.1. Statické ukazatele	7
1.2.2. Dynamické ukazatele	7
1.3. Spotřeba energie v rodinném domě	8
1.4. Ztráty energie	9
1.5. Energetická konzultační a informační střediska	11
2. Analýza současné spotřeby energie	12
2.1. Specifikace domu	12
2.2. Tepelná ztráta domu, roční spotřeba tepla na vytápění	14
2.3. Zdroje energie rodinného domu	15
2.4. Vytápění	15
2.4.1. Zdroje vytápění	15
2.4.2. Podíl zdrojů na vytápění	16
2.5. Spotřeba elektřiny	17
2.6. Spotřeba vody a energie na přípravu TUV	18
2.7. Měření spotřeby elektrických spotřebičů	19
2.7.1. Měření spotřeby jednotlivých spotřebičů	20
2.7.2. Přehled spotřebičů a jejich roční spotřeba	22
2.8. Rozdělení spotřeby energie	23
3. Varianty úspor	25
3.1. Zateplení obvodových stěn	25
3.2. Výměna oken a dveří	25
3.3. Využití energie obnovitelných zdrojů	26
3.3.1. Zhodnocení současného stavu vzhledem k možnosti využití obnovitelných zdrojů	26
3.3.2. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch Technibel	27
3.3.3. Umístění tepelného čerpadla	27
3.4. Pořízení úsporného osvětlení	28
3.5. Nákup úspornějších spotřebičů	28
3.6. Nákup vypínatelných zásuvek	29
4. Ekonomické dopady jednotlivých variant úspor	31

4.1.	Cena za elektřinu	31
4.2.	Zhodnocení úspor z ekonomického hlediska	32
4.2.1.	Nákup úspornějších spotřebičů	32
4.2.2.	Instalace tepelného čerpadla vzduch/vzduch	33
4.2.3.	Pořízení vypínatelných zásuvek	35
4.2.4.	Nákup úsporných žárovek	35
4.3.	Citlivostní analýzy	36
<i>Závěr</i>		39
<i>Seznam použité literatury</i>		41
<i>Seznam obrázků, tabulek a grafů</i>		42
<i>Seznam příloh</i>		44

Seznam použitých zkratk:

CF	- cash flow
EKIS	- Energetická konzultační a informační střediska
NPV	- čistá současná hodnota
OTE	- Operátor trhu s elektřinou
OZ	- obnovitelné zdroje
TČ	- tepelné čerpadlo
TUV	- teplá užitková voda
U	- součinitel prostupu tepla

Úvod

Tato práce pojednává o možnostech úspor energie a jejich ekonomickém hodnocení v rodinném domě v lokalitě Pod Dubem u Pardubic.

Jedná se o komplexní problematiku, protože při každém zásahu do energetické bilance rodinného domu je nutno uvažovat také vliv tohoto zásahu na vlastní dům, na změnu komfortu jeho obyvatel, na životní prostředí a na ekonomickou výhodnost provedených opatření.

Tato práce obsahuje jak teoretickou část, v níž jsou definovány základní pojmy a vztahy, tak i aplikační část. V aplikační části je mým cílem provést analýzu spotřeby energie rodinného domu a navrhnout opatření, která povedou k úspoře energie. Tato opatření poté zhodnotím z ekonomického hlediska a posoudím možnost jejich realizace.

1. Teoretická část

Před vlastní prací nejprve uvedu základní teoretické pojmy a základní vztahy pro úvod do problematiky úspor energií a pro ekonomické hodnocení investic.

1.1. Fyzikální veličiny

Nejprve uvádím přehled veličin používaných při výpočtu tepelné ztráty domu, která je určující složkou pro výpočet celkové roční spotřeby energie na vytápění domu. Dále potom vztah pro výpočet tepelné kapacity, který využiji pro zjištění spotřeby energie na ohřev teplé užitkové vody (TUV).

Součinitel tepelné vodivosti λ

Je množství tepla, které za jednotku času projde tělesem, aby byl na jednotkovou délku jednotkový teplotní spád (tj. teplotní rozdíl teplejšího a chladnějšího konce tělesa dělený jejich vzdáleností).

λ [W/(m.K)]

Tepelný odpor vrstvy R

Je tepelně izolační vlastnost konkrétní vrstvy materiálu o dané tloušťce.

$$R = \frac{d}{\lambda} [(m^2K)/W] \quad \text{I}$$

d [m] tloušťka dané vrstvy v konstrukci

λ [W/(m.K)] součinitel tepelné vodivosti

Odpor konstrukce při prostupu tepla R_T

Je souhrnný tepelný odpor, který brání výměně tepla mezi prostředím oddělenými od sebe stavební konstrukcí.

$$R_T = R_{si} + \sum R_j + R_{se} [(m^2K)/W] \quad \text{II}$$

R_{si} [(m²·K)/W] tepelný odpor při přestupu tepla z prostředí vnitřního do konstrukce

ΣR_j [(m ² ·K)/W]	součet tepelných odporů jednotlivých vrstev konstrukce
R_{se} [(m ² ·K)/W]	tepelný odpor při přestupu tepla z vnější strany konstrukce do prostředí

Součinitel prostupu tepla U

Veličina hodnotící vliv celé konstrukce na šíření tepla prostupem. Je určen převrácenou hodnotou tepelného odporu R_T .

$$U = \frac{1}{R_T} [W/(m^2K)] \quad \text{III}$$

Měrná tepelná kapacita c

Vyjadřuje množství tepla, kterým se ohřeje kilogram dané látky o 1°C. Používá se k výpočtu tepla potřebného k ohřátí látky na požadovanou teplotu, jak uvádí vzorec IV.

$$Q = m * c * (t_{vstup} - t_{výstup}) \quad \text{IV}$$

Q [J]	dodané teplo
m [kg]	hmotnost ohřívané látky
t_{vstup} [°C]	vstupní teplota
$t_{výstup}$ [°C]	výstupní teplota
c [J/kg.K]	měrná tepelná kapacita ohřívané látky

1.2. Ekonomická efektivnost investice

Náklady na opatření spjatá s úsporou energie v rodinném domě lze posuzovat jako investici. Tato počáteční investice do úsporných opatření se bude v následujících letech vracet v podobě úspory financí oproti stavu před uvedením opatření v účinnost. Hodnota úspory bude náš příjem z investice do úsporného opatření. Díky tomu můžeme použít klasické ukazatele pro posouzení efektivnosti investic. Primárně se tyto ukazatele dělí na statické a dynamické.

1.2.1. Statické ukazatele

Jsou takové, které neberou v úvahu časovou hodnotu peněz (diskont).

Prostá doba návratnosti investice PP

$$PP = \frac{IN}{CF} [\text{roky}] \quad \text{V}$$

$PP \stackrel{!}{=} \min$

IN [Kč]	investiční výdaj
CF [Kč]	roční úspora nákladů
PP [roky]	životnost investičního výdaje

Návratnost investice se porovná s předpokládanou životností úsporného opatření. Pokud je návratnost kratší než životnost, lze o tomto řešení z ekonomického hlediska uvažovat.

1.2.2. Dynamické ukazatele

Respektují časovou hodnotu peněz. Jsou tedy vhodným nástrojem pro porovnání investic do úsporných opatření mezi sebou i vůči investicím do jiných projektů. Je nutné stanovit výnos každé investice a zhodnotit jejich míru rizika. Respektování časové hodnoty peněz je dosaženo pomocí diskontování.

Čistá současná hodnota NPV

Je rozdílem mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice a diskontovanými (pokud nejsou jednorázové) výdaji na investici. Výhodou je, že zohledňuje nejen výši příjmů a výdajů, ale i jejich časové rozložení během určité doby. Ukazuje přírůstek investice k tržní hodnotě, která ji realizuje. Teoreticky je to nejpřesnější metoda investičního rozhodování. Varianta investice, která má vyšší NPV je považována za výhodnější (všechny varianty s $NPV > 0$ jsou přípustné - přinášejí příjem alespoň ve výši diskontu). (1)

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF}{(1+r)^t} [\text{Kč}] \quad \text{VI}$$

$NPV \stackrel{!}{=} \max$

CF	roční cash flow (tok peněz)
r [%]	diskont
T [roky]	životnost investičního výdaje

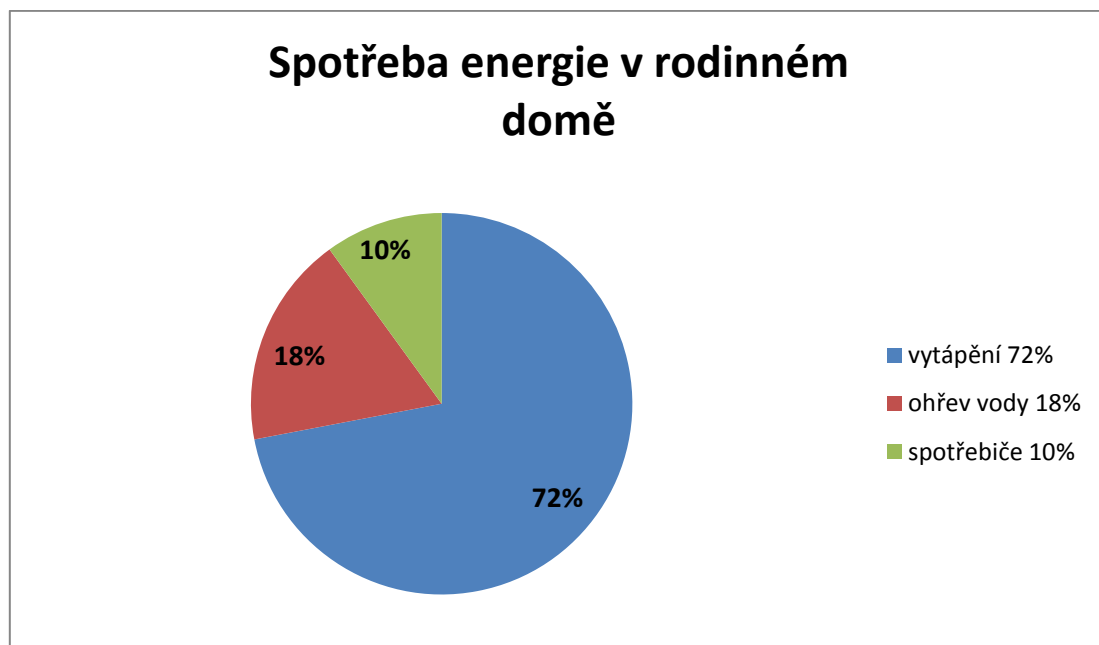
t [roky] jednotlivé roky životnosti $t \in \langle 0; T \rangle$

1.3. Spotřeba energie v rodinném domě

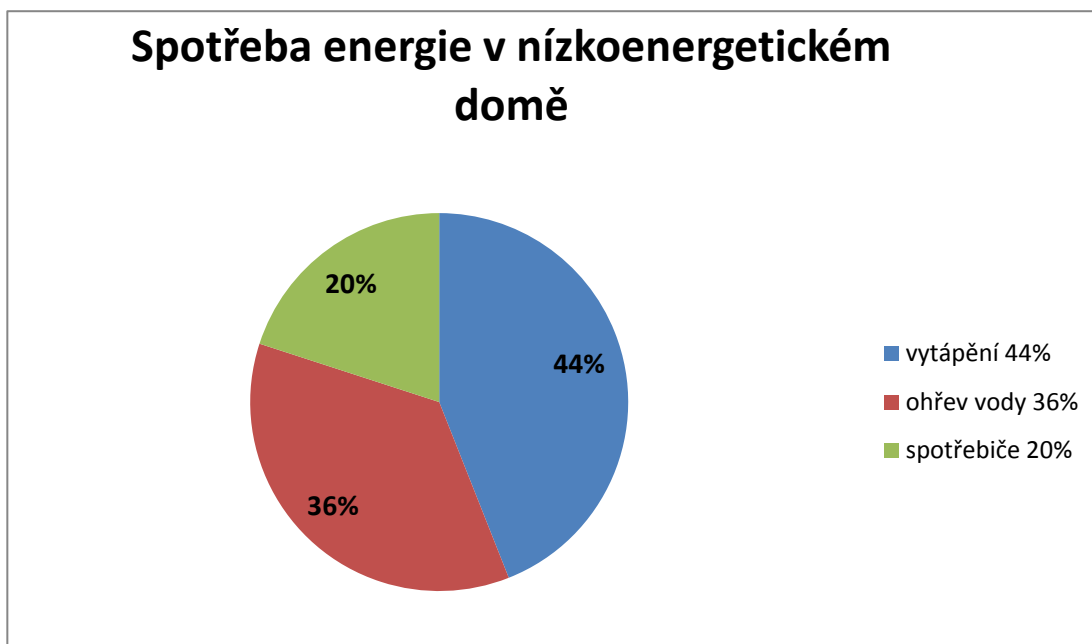
Základní rozdělení spotřeby energie v rodinném domě je dle jejího využití následující:

- energie na vytápění
- energie na ohřev vody
- energie na provoz spotřebičů v domácnosti

Podíl jednotlivých složek na celkové spotřebě energie se liší individuálně pro každý dům a je také závislý na počtu jeho obyvatel a jejich zvyklostech. Obecně je možno říct, že pro běžný a pro nízkoenergetický rodinný dům (viz. graf 1 a graf 2) největší podíl připadá na vytápění. Pro spotřebu energie na vytápění je nejzásadnější kvalita izolačních a konstrukčních prvků domu. U běžného, nezatepleného domu dosahuje podíl energie na vytápění přes 70%. Pokud se jedná o spotřebu energie na ohřev teplé užitkové vody (TUV), tak je její absolutní hodnota podobná u obou typů domů. Větší procentuální podíl však zabírá u nízkoenergetického domu, což je způsobeno nižší spotřebou energie na vytápění oproti klasickému rodinnému domu. Stejný důvod je i pro vyšší poměrnou hodnotu u energie spotřebované provozem spotřebičů v nízkoenergetickém domě.



Graf 1: Rozdělení spotřeby v rodinném domě z literatury (2 str. 8)



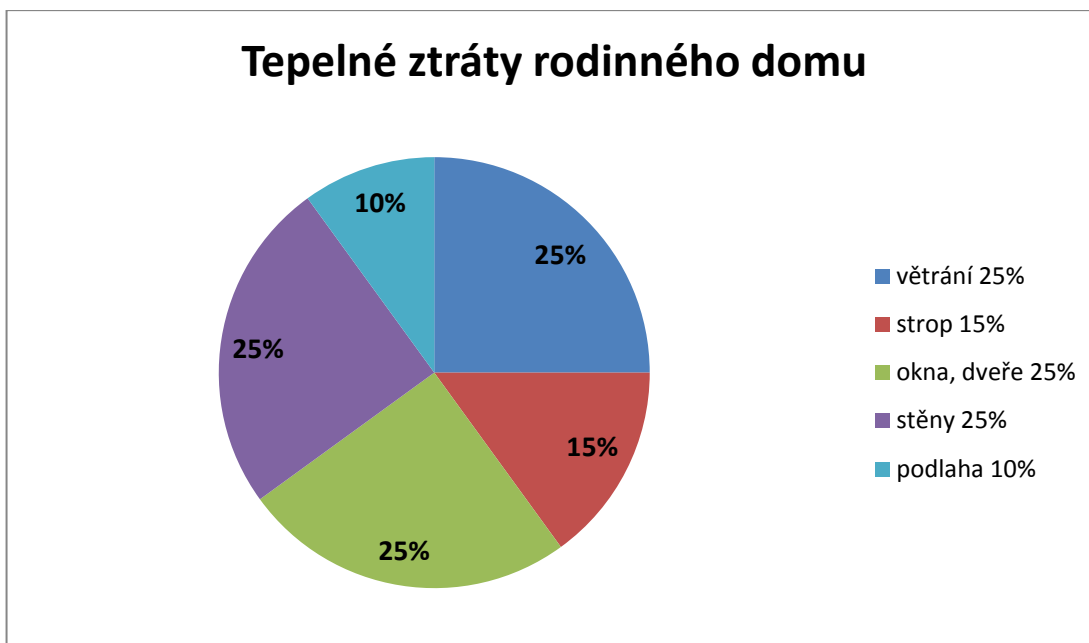
Graf 2: Rozdělení spotřeby v rodinném nízkoenergetickém domě z literatury (2 str. 8)

1.4. Ztráty energie

Tepelné ztráty

Jsou dány plochou povrchů, které jsou přímo ochlazovány kontaktem s vnějším prostředím, jež je po většinu roku chladnější než povrchová teplota stěn. Tyto ztráty souvisejí s kvalitou a tepelným odporem stěn i izolace. Dalším faktorem majícím vliv na tepelné ztráty je tvar a členění dané stavby. Významnou roli hraje velikost otvorů pro okna, dveře a jejich uspořádání. S tím je spojena problematika tepelných mostů, viz níže.

Okna a dveře mají celkovou plochou několikanásobně menší oproti obvodovým stěnám, ale jejich podíl na ztrátách jsou shodné, jak je vidět v grafu 3. K tepelným ztrátám dochází také při větrání, kdy se vyměňuje teplejší vzduch z vnitřních prostor za chladnější z okolí domu. Tímto způsobem dochází až ke čtvrtině celkových tepelných ztrát.



Graf 3 : Rozdělení tepelných ztrát jednotlivými částmi domu (3)

Ztráty stavebními prvky a konstrukcemi

Největší kontaktní plochu s okolím ze všech částí domu mají obvodové zdi, proto je nutné při jejich stavbě použít materiály s nízkým součinitelem teplotní vodivosti. Dalším zdrojem tepelných ztrát jsou okna a dveře. Teplo v tomto případě uniká prostupem i sáláním skrze sklo a rám. Další únik tepla je způsoben infiltrací vzduchu ve spárách mezi křídlem a rámem okna. Nezanedbatelná část ztrát je způsobena výměnou tepla mezi podlahou a zemí, na které leží. Převzato z literatury (2 str. 14). Teplota země pod středem podlahy domu neklesá pod 0 °C. (4) V zimním období je zde tedy menší teplotní rozdíl než například mezi obvodovou zdí a vzduchem, tedy výměna tepla probíhá pomaleji. Toto, spolu s menší plochou podlahy vůči stěnám a stropu jsou důvody, proč jsou ztráty v podlaze procentuálně nejnižším typem ztrát.

Tepelné mosty

Tepelné mosty jsou taková místa konstrukce, kterými je umožněn zvýšený únik tepelné energie z interiéru do okolního prostředí. Tím dochází jednak k tepelným ztrátám, ale také často k poklesu vnitřní povrchové teploty pod hodnotu teploty rosného bodu a následné kondenzaci vodních par. (5)

Tepelné mosty jsou nežádoucí i z důvodu hygienického. Na chladnějších vnitřních stěnách mohou zkondenzované vodní páry vést k nárůstu relativní vlhkosti, vzniká tak prostředí vhodné pro růst plísní. To může mít negativní důsledky pro obyvatele domu i pro vlastní konstrukční prvky domu (prohňování dřevěných trámů, degradace fasády).

Ztráty způsobené větráním

Vzduch má velmi malou tepelnou kapacitu 1 kJ/kg K. (6) Neakumuluje tedy velké množství tepla, ale vyplňuje celý objem domu a v takto velkém množství už hraje významnou roli v energetické bilanci rodinného domu.

Větrání obytných budov v ČR není ošetřeno žádným předpisem (na rozdíl od pracovišť, škol atd.). Obecně se zde větrání navrhuje tak, aby se buď splnil požadavek intenzity výměny vzduchu 0,3 až 0,6 h⁻¹, nebo aby přívod čerstvého vzduchu byl 15 až 30 m³/h na osobu. V době, kdy v domě nikdo není, by měla být intenzita větrání cca 0,1 h⁻¹ kvůli odvodu vlhkosti a případných škodlivin (např. těkavé látky uvolňující se z nábytku). (7)

V rodinném domě je vhodné, aby se celý objem vzduchu vyměnil každé dvě hodiny. U starých domů je toto zajištěnou přirozenou výměnou vzduchu netěsnostmi mezi okenním křídlem a rámem. Toto větrání závisí na vnější teplotě a rychlosti větru. Regulace tohoto způsobu větrání není možná. Při nepřítomnosti lidí v obytných prostorách není přirozená výměna vzduchu s okolím žádoucí.

1.5. Energetická konzultační a informační střediska

Pro potřeby této práce byly provedeny konzultace v rámci projektu ministerstva průmyslu a obchodu Energetická konzultační a informační střediska - EKIS. Služba EKIS je bezplatné energetické poradenství pro veřejnost, která slouží k podpoře zavádění energetických úspor a obnovitelných zdrojů energie. Určena je občanům, veřejné správě, podnikům a podnikatelům. Odborné konzultace poskytují EKIS, která jsou zastoupena ve všech krajích ČR. Poradenství zde vykonávají kvalifikovaní energetičtí poradci s finanční podporou Ministerstva průmyslu a obchodu z PROGRAMU EFEKT - Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie. (8)

Na své práci jsem spolupracoval se společnostmi Energysim s.r.o. a EkoWATT s.r.o., jejichž služeb jsem využil ke konzultacím v rámci projektu EKIS. Zde byly navrženy varianty úspor vyhovující situaci rodinného domu, dále zpřesněny odhady dílčích veličin použitých pro výpočet spotřeby energie rodinného domu. Dozvěděl jsem se užitečné informace o novinkách v oblasti úspor energií, jako například o tepelném čerpadle vzduch/vzduch od výrobce Technibel. Toto čerpadlo dokáže díky systému složeného multisplitu vytápět rodinný dům a zároveň díky jednotce EMIX ohřívat TUV. Podrobný návrh realizace toho systému v rodinném domě bude uveden v kapitolách 3 a 4.

2. Analýza současné spotřeby energie

2.1. Specifikace domu

Jedná se o dvoupodlažní rodinný dvojdomek typu Andante postavený před 8 lety. Přední strana domu je orientována na východ a boční na jih. Druhá boční strana je orientovaná na sever a je kryta sousední polovinou dvojdomku. V přízemí se nachází obývací pokoj spojený s kuchyní, pomyslnou hranici mezi nimi tvoří schodiště do prvního patra. Součástí přízemí je vstupní chodba a WC. V přízemí je také garáž. V prvním patře se nacházejí čtyři pokoje, koupelna a balkón.

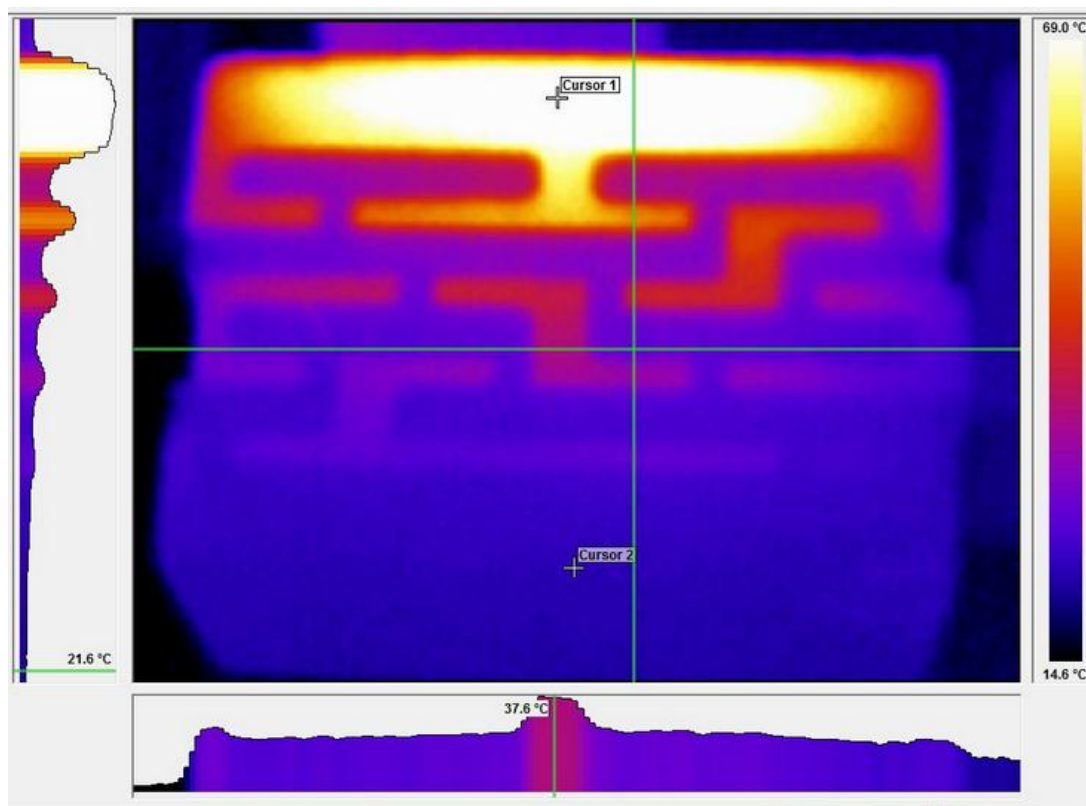
Použité konstrukční materiály

Obvodové stěny všech obytných prostor jsou postaveny ze zdících GT bloků. Tento materiál má velmi nízký součinitel prostupu tepla $U=0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$, má tedy velice dobrou izolační schopnost a díky konstrukčnímu uspořádání dokáže odvádět vlhkost a nezadržuje ji uvnitř. GT blok má jádro z keramzitu, to je vyloženo netvrzeným polystyrénem, který je paropropustný. Polystyren však netvoří předěl mezi oběma vrstvami, ale oba materiály jsou homogenní, viz obrázek 1.



Obrázek 1: Ukázka struktury GT bloku (9)

GT blok dokáže překonat teplotní spád $54,4^{\circ}\text{C}$, to odpovídá teplotě 20°C uvnitř a $-34,4^{\circ}\text{C}$ na vnější straně. Toto je patrné na obrázku 2.



Obrázek 2: Termogram tepelného bloku GT (9)

Střešní nosný panel je tvořen materiálem SIP 250 s dobrým součinitelem prostupu tepla $U=0,198\text{W}/\text{m}^2\text{K}$. Jako střešní krytina jsou použity tašky KM- Beta.



Obrázek 3: Ukázka struktury SIP 250 (10)

Okna a dveře

V celém domě jsou použity jak okna, tak dveře, Pilkington se součinitelem prostupu tepla $U = 1,4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

2.2. Tepelná ztráta domu, roční spotřeba tepla na vytápění

Podkladem pro výpočet tepelných ztrát dle ČSN 060210 jsou stavební výkresy a technické údaje jednotlivých stavebních konstrukcí.

Tabulka 1: Tepelné ztráty jednotlivých místností pro výpočet tepelné ztráty domu (hodnoty převzaty z projektu)

Účel místnosti:	výpočtová teplota [°C]	tepelná ztráta [W]
zádveří	15	354
kuchyň	20	554
chodba přízemí	20	134
WC	nevytápěno	-
obývací pokoj	20	753
garáž	5	337
pokoj patro 1	20	626
pokoj patro 2	20	545
pokoj patro 3	20	582
pokoj patro 4	20	381
chodba patro	20	440
koupelna	24	407

Vzhledem k chybějícím datům o tepelných ztrátách v projektu pro dva pokoje nadzemního podlaží, jsem musel tyto hodnoty odhadnout pomocí webového nástroje. (11) Tyto hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 1 tučně.

Celková tepelná ztráta objektu Q_c [W] je součtem tepelných ztrát jednotlivých místností, její hodnota je 5,113 kW.

Hodnota roční spotřeby tepla byla následně dopočtena podle vzorce VII:

$$Ev = \frac{24 \cdot Q_c \cdot \varepsilon \cdot D}{t_{im} - t_e} [GJ] \quad \text{VII}$$

$$Ev = 30,5 GJ$$

Tabulka 2 : Hodnoty pro výpočet tepelné ztráty domu převzaté z projektové dokumentace

oblastní výpočtová teplota:	t_e [°C]	-12
průměrná teplota v topném období:	t_{es} [°C]	4,2
délka topného období	d [dny]	238
počet denostupňů	D	3678
průměrná vnitřní teplota	t_{im} [°C]	20
opravný součinitel	E	0,6

2.3.Zdroje energie rodinného domu

Primární zdroj energie

Základní zdrojem energie je elektrický proud získávaný z rozvodné sítě. Ten zabezpečuje vytápění domu prostřednictvím elektrických přímotopů a ohřev vody přes bojler.

Doplňkové zdroje energie

Pro vytápění domu v topné sezoně je v přízemí nainstalována krbová vložka na dřevo. Tato vložka slouží jako sekundární zdroj tepla, který doplňuje přímotopy pro vytápění přízemí domu.

Dalším zdrojem energie jsou teplené zisky ze slunečního záření, ze spotřebičů a obyvatel domu.

2.4.Vytápění

Vytápění domu je navrženo tak, že ho z větší části zajišťují elektrické přímotopy, které pracují jen, pokud je aktivní nízký tarif. Z toho plyne, že dům může využívat výhodnější sazbu elektrického proudu D45d. Pro dotápění přízemí se využívá krbová vložka. Palivové dříví pro tuto vložku je získáváno ze spadlých stromů a jejich částí z lesa sousedícího s pozemkem a z příležitostných kácení stromů v okolí např. z úprav porostu podél železničního koridoru nebo kácení stromů v areálu nedalekého fotbalového klubu. Náklady na palivové dříví jsou tedy relativně nízké.

2.4.1. Zdroje vytápění

Elektrické přímotopy

Přímotopy, viz tabulka 3, mají nastavitelné centrální ovládání, jsou časovány, aby běžely s časovou rezervou před předpokládaným návratem obyvatelů domu v odpoledních hodinách tak, aby vytopily dům na požadovanou teplotu. Při požadavku na vytápění mimo určený čas lze přímotopy přepnout na manuální režim a ovládat je ručně. Každý pokoj je navíc vybaven termostatem na regulaci teploty. Tímto je řešeno doregulování podle využívání jednotlivých místností.

Tabulka 3: Hodnoty výkonů přímotopů instalovaných v domě

Typ přímotopu	Příkon[W]
Atlantic F117-TAC	1 500
Atlantic F117-CHEP	750
Atlantic F117-CHEP	1 000
Atlantic F117-CHEP	1 250
Atlantic F117-CHEP	2 500
Atlantic F117-CHEP	500
Koupelnový radiátor	1 000
Celkem	8 500

Krbová vložka

Doplňkový zdrojem je krbová vložka s výkonem 12 kW. Krbem na rozdíl od přímotopů je topeno nepravidelně a z principu není možná regulace teploty, takže při použití krbu se pohybuje teplota v přízemí mezi 23 - 25 °C. Jako palivo je použita směs dřeva bukového, dubového, březového, habrového a olšového s odhadnutou výhřevností 12,5 MJ/kg při 25% vlhkosti (tj. vyschlé jeden rok). Objemová hmotnost tohoto složení volně loženého dřeva s obsahem vody 25% je zhruba 500 kg/m³.

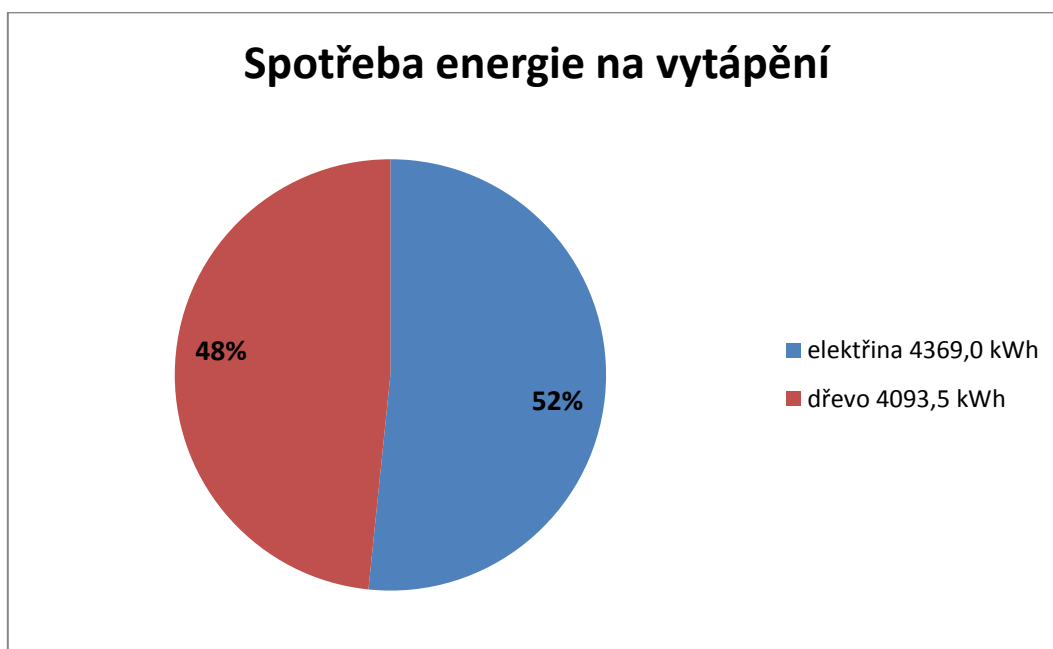
Tabulka 4: Energie palivového dříví (za jednu topnou sezonu)

hmotnost dřeva	1 178,94 kg
objem dřeva	2,36 m ³
prostorově rovnáný metr	3,37 m ³
Výhřevnost	12,50 MJ/kg
dodané teplo	14,74 GJ
dodaná energie	4 093,50 kWh

2.4.2. Podíl zdrojů na vytápění

Množství energie dodané přímotopy a krbovou vložkou za rok je $E_v = 30,5$ GJ (výpočet viz kapitola 2.2.). Pro určení podílu zdrojů na vytápění jsem vyšel z roční faktury za elektřinu. Od výsledné roční spotřeby jsem odečetl roční spotřebu elektřiny domácnosti na elektrospotřebiče a osvětlení, viz příloha 1. Tu jsem stanovil z měření a z odhadu na 4 347,05 kWh. Dále jsem od celkové roční spotřeby elektřiny odečetl elektřinu spotřebovanou bojlerem na ohřev TUV, tato hodnota je 3 685,2 kWh. Elektrické přímotopy tedy spotřebují ročně 4 369 kWh. Tuto hodnotu v GJ jsem odečetl od roční spotřeby tepla domu a získal jsem tak energii, která byla získána z palivového dříví. Spalováním dřeva v krbové vložce se získá množství energie o hodnotě 4 093,5 kWh.

Celková energie spotřebovaná na vytápění (součet spotřebované elektřiny na vytápění a energie z palivového dřeva) je 8 462,5 kWh.

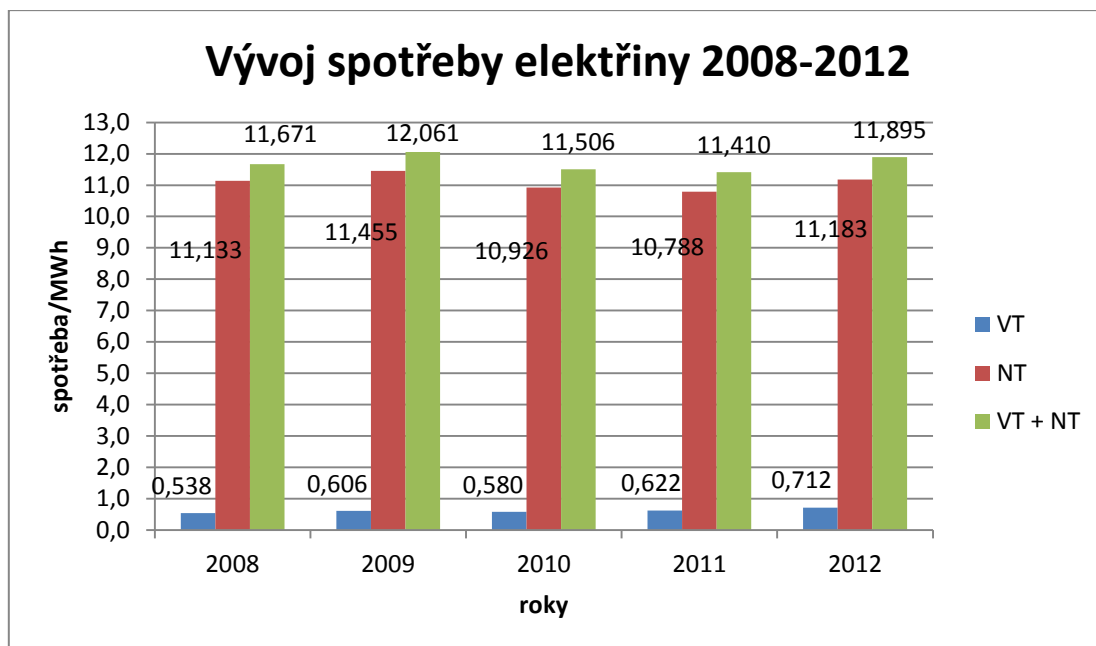


Graf 4: Rozdělení spotřeby energie domu na vytápění

2.5. Spotřeba elektřiny

Z fakturačních údajů od společnosti ČEZ, která je současným distributorem i dodavatelem elektrické energie, jsem určil průměrnou roční spotřebu elektřiny za období 2008 - 2012. Tato hodnota činí 11,709 MWh, nízký tarif se na průměrné spotřebě podílí 11,097 MWh, vysoký tarif pak 0,612 MWh.

Jak je patrné z grafu 5, hodnoty spotřeby ve vysokém tarifu leží v intervalu $0,612 \text{ MWh} \pm 0,1 \text{ MWh}$ a v nízkém tarifu leží hodnoty spotřeby v intervalu $11,097 \text{ MWh} \pm 0,4 \text{ MWh}$. Lze tedy prohlásit, že se spotřeba nemění skokově z roku na rok a pro výpočty lze uvažovat průměrnou hodnotu spotřeby jako směrodatnou hodnotu za sledované období.



Graf 5: Vývoj spotřeby elektřiny 2008-2012

2.6. Spotřeba vody a energie na přípravu TUV

Spotřeba vody rodinného domu za čtvrt roku je 19 m^3 . Tento údaj pochází z vyúčtování vodárenské společnosti. Odhadl jsem množství spotřebované TUV pro zkoumaný rodinný dům na $0,1255 \text{ m}^3$ za den. Toto množství bylo stanoveno dle (12) dále potom dle zvyklostí obyvatel. Spotřeba vody na osobu a den je počítána pro 3,6 osob, což nejlépe odpovídá reálnému provozu.

Tabulka 5: Spotřeba teplé a studené vody

spotřeba vody za 1/4 roku	19 000,0 l
1/4 roku teplá	11 296,3 l
1/4 roku studená	7 703,7 l
spotřeba teplé vody za den	125,5 l
spotřeba vody osoba/den	58,7 l
spotřeba teplé voda osoba/den	34,3 l

TUV je ohřívána elektrickým bojlerem OKCE 125 výrobce ZD Dražice. Standardně je teplota vody v bojleru nastavená na $t_{\text{teplá}} 55 \text{ }^\circ\text{C}$. Teplota přitékající vody do bojleru je $t_{\text{studená}} 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabulka 6: Parametry bojleru

Výkon topného tělesa	2 000 W
Maximální tlak nádoby	0,8 MPa
Maximální teplota vody	$80 \text{ }^\circ\text{C}$
Objem	125 l
denní tepelné ztráty [kWh]	1,09
roční ztráty bojleru v [kWh]	397,85

Výpočet spotřeby energie bojleru

Spotřeba bojleru je dána množstvím energie spotřebovaným na ohřev TUV z $t_{\text{studená}}$ na $t_{\text{teplá}}$, dále potom ztrátami v rozvodech, tepelnými ztrátami bojleru skrze jeho plášť a účinností topného tělesa bojleru. Dosazením do rovnice IV jsem vypočítal teplo $Q_{\text{ohřev}}$ potřebné na ohřátí 125,5 l vody, tedy denní potřebu tepla na přípravu TUV.

$$Q_{\text{ohřev}} = m_{\text{H}_2\text{O}} * c_{\text{H}_2\text{O}} * (t_{\text{teplá}} - t_{\text{studená}}) \quad \text{VIII}$$

$$Q_{\text{ohřev}} = 23,5 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{celkem}} = Q_{\text{ohřev}} * 365 * 1,02 * 1,35 + Q_{\text{plášť}} \text{ MJ/rok} \quad \text{IX}$$

Jako účinnost se ohřevu se standardně bere 98 %. Tato účinnost navýší roční celkovou spotřebu o $Q_{\eta} = 171,9\text{MJ}$. Ztráty tepla v rozvodech vody Q_{rozvody} , které jsou bez cirkulace TUV, jsou počítány ve výši 35 %. Tato procentuální hodnota je dána odhadem z konzultace v poradně EKIS. Poslední část spotřeby je tepelná ztráta pláštěm bojleru, její hodnota je 1,09 kWh za den, za rok tedy 397,75 kWh, a je získána z informací od výrobce bojleru. Pro přehlednost uvádím hodnoty ovlivňující spotřebu v tabulce 7 jak v MJ, tak v kWh.

Tabulka 7: Spotřeba energie na ohřev TUV

$Q_{\text{ohřev}}$ [MJ]/rok	Q_{η} [MJ]/rok	Q_{rozvody} [MJ]/rok	$Q_{\text{plášť}}$ [MJ]/rok	$Q_{\text{ztráty celkem}}$ [MJ]/rok	Q_{celkem} [MJ]/rok
8594,4	171,9	3068,2	1432,26	4672,3	13266,7
$E_{\text{ohřev}}$ [kWh]/rok	E_{η} [kWh]/rok	E_{rozvody} [kWh]/rok	$E_{\text{plášť}}$ [kWh]/rok	$E_{\text{ztráty celkem}}$ [kWh]/rok	$E_{\text{celková}}$ [kWh]/rok
2387,3	47,7	852,3	397,85	1297,9	3685,2

2.7. Měření spotřeby elektrických spotřebičů

Měření spotřeby je prováděno zapojením měřicího zařízení mezi spotřebič a elektrickou síť. Ze získaných hodnot se zjistí, zda spotřeba odpovídá hodnotám udávaným výrobcem. Zjištěná spotřeba bude sloužit pro výpočet výhodnosti nákupu nového přístroje a pro určení celkové spotřeby energie všemi spotřebiči. Měření je prováděno měřicím přístrojem Energy Monitor 3000 CZ, viz Obrázek 4, jeho technické parametry jsou uvedeny v příloze 2 tabulka 1.



Obrázek 4: Energy monitor 3000 CZ (13)

2.7.1. Měření spotřeby jednotlivých spotřebičů

V této části jsou detailně změřeny energeticky nejnáročnější spotřebiče a takové, u nichž bylo technicky možné měření realizovat použitým měřicí přístrojem. Také jsem porovnal hodnoty, které vyšly z měření, s udávanými hodnotami spotřeby od výrobců jednotlivých spotřebičů.

Kombinovaná chladnička Electrolux

V tabulce 8 uvádím naměřené a dopočtené spotřeby kombinované chladničky Electrolux. Naměřená spotřeba je o 0,1 kWh/den vyšší než je spotřeba udávaná výrobcem. Ročně se tedy zvýšila spotřeba elektřiny o 36,5 kWh oproti hodnotám nové chladničky. Z naměřených hodnot byla vypočtena roční spotřeba ledničky 358,76 kWh.

Tabulka 8: Měření spotřeby kombinované chladničky Electrolux

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
264,4	113,3	42
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
10,84	6,888	0,984

Pračka AEG Lavamat 74850A

Vzhledem ke skutečnosti, že v běžném provozu se využívají jiné prací programy, než pro které udává výrobce hodnoty spotřeby, nelze přesně porovnat hodnoty naměřené a deklarované výrobcem. Naměřené hodnoty, viz Tabulka 9, jsou však nižší než pro program Bavlna 40 °C, který nejvíce odpovídá skutečně používaným programům. Z naměřených hodnot byla vypočtena roční spotřeba pračky 233,6 kWh.

Tabulka 9: Měření spotřeby pračky AEG Lavant

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
240,0	9,7	4,0
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
6,4	4,48	0,64

Televize Samsung UE 46C6000

Měření proběhlo od 16:00 do 8:30, kdy jsou obyvatelé doma. Dobu, po kterou byla televize zapnutá, lze považovat za průměrnou denní hodnotu. Z naměřených hodnot, viz Tabulka 10, byla vypočtena roční spotřeba televize 330,7 kWh. Tato hodnota je zhruba o 40 kWh vyšší než by měla vycházet ze spotřeby udávané výrobcem. To může být dáno tím, že udávaná spotřeba je měřena při úspornějším režimu sledovaného obrazu. Nepodařilo se mi nalézt přesné nastavení televize, pro které je deklarovaná spotřeba měřena.

Tabulka 10: Měření spotřeby televize Samsung

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
16,67	6,64	39
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
0,906	9,131	1,304

Vysavač Electrolux Maximus

Měření proběhlo během obvyklého vysávání celého domu, které se provádí pravidelně jednou týdně. Z naměřených hodnot uvedených v tabulce 11 byla vypočtena roční spotřeba energie na vysávání 33,3 kWh.

Tabulka 11: Měření spotřeby vysavače Electrolux Maximus

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
0,83	0,37	44
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
0,639	0,639	0,091

Myčka AEG Favorit

Během měření bylo provedeno 6 mycích cyklů, z nich vychází průměrná spotřeba na jeden cyklus 1,34 kWh. Ani zde nelze přesně porovnat naměřené hodnoty se spotřebou danou výrobcem, protože se využívají jiné cykly, než pro které se spotřeba uvádí. Lze konstatovat, že spotřeba na jeden cyklus leží v intervalu mezi dvěma energeticky nejnáročnějšími cykly (1,1 kWh – 1,89 kWh). Z naměřených hodnot byla vypočtena roční spotřeba myčky 225,6 kWh, viz Tabulka 12.

Tabulka 12: Měření spotřeby myčky AEG Favorit

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
276,9	9,67	3,5
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
8,057	4,338	0,620

Vodní čerpadlo

Čerpadlo běží odhadem čtvrtinu roku po dobu osmi hodin denně a je používáno pro čerpání vody k zalévání dvou zahrad pomocí kapacích hadic a zahradních zavlažovačů, dále pak na mytí a oplachování zahradní techniky. Provozní doba souvisí také s automatickým spínáním při poklesu tlaku v systému. Z naměřených hodnot, viz Tabulka 13, byla vypočtena roční spotřeba čerpadla 438,6 kWh.

Tabulka 13: Měření spotřeby čerpadla

doba měření [hod]	doba provozu [hod]	procentuálně v provozu
22,47	8,05	35
celková spotřeba [kWh]	průměrná spotřeba týdenní [kWh]	průměrná spotřeba na den [kWh]
4,5	93,913	4,806

2.7.2. Přehled spotřebičů a jejich roční spotřeba

Kompletní seznam všech elektrospotřebičů v domácnosti spolu s odhadovaným časem ročního provozu a z toho plynoucím odhadem jejich spotřeby je uveden v příloze 1. V tabulce 14 uvádím dílčí hodnoty spotřeby domu na osvětlení a spotřebiče.

Tabulka 14: Přehled elektrospotřebičů a jejich spotřeby

Suma spotřebiče	3 946,52 kWh
Suma osvětlení	400,53 kWh
Součet	4 347,05 kWh

Celková spotřeba energie spotřebičů v rodinném domě je 4347 kWh za rok. Z měření a výpočtů vyplývá, že největší spotřebu mají tyto spotřebiče:

- kombinovaná chladnička
- pračka
- televize
- myčka
- satelitní přijímač
- stolní PC spolu s příslušenstvím
- varná deska
- čerpadlo
- osvětlení

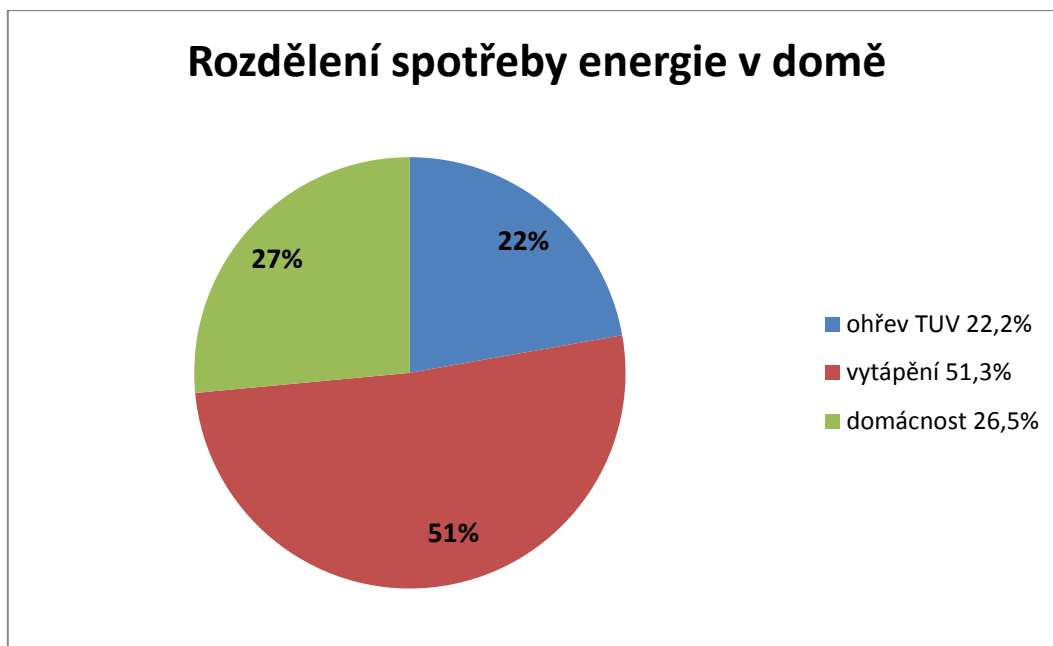
Z naměřených hodnot viz příloha 1 tabulka 1 je vidět, že je možno docílit úspor pouhým hospodárným provozem některých spotřebičů a jejich odpojováním od sítě mimo provozní dobu těchto spotřebičů.

2.8. Rozdělení spotřeby energie

Rozdělení spotřeby energie ve zkoumaném rodinném domě vychází z hodnot z faktur za spotřebu elektřiny a z roční spotřeby tepla rodinného domu. V tabulce 15 je uvedeno rozdělení spotřeby energie rodinného domu. energii spotřebovanou na vytápění jsem vypočítal v kapitole 2.4.2. Spotřebu energie na ohřev TUV jsem spočítal v kapitole 2.6 a spotřebu všech elektrických spotřebičů a osvětlení jsem získal v kapitole 2.7.2 .

Tabulka 15: Rozdělení roční spotřeby energie rodinného domu

Energie pro	[kWh]
ohřev TUV	3 668
vytápění (přímotopy a krbová vložka)	8 472
domácnost (ostatní elektrospotřebiče)	4 200
Celkem	16 340



Graf 6: Rozdělení spotřeby energie v rodinném domě

Je patrné, že nejvíce energie se spotřebuje na vytápění. Je to zhruba o 6 % více, než je udáváno v literatuře (2). Na ohřev TUV připadá 22,2 % což je o 13 % méně, než je udáváno v literatuře (2). Rozdíl je dán především hospodárným používáním TUV, používáním úsporné pračky a myčky, které si ohřívají vodu samy a šetří tak energii. Toto spolu v kombinaci s používáním čerpadla a relativně velkým množstvím dalších spotřebičů vede k většímu podílu spotřebované energie spotřebiči, než uvádí literatura (2) na straně 8.

3. Varianty úspor

Existuje mnoho možností pro úsporu energie v rodinném domě. V následující části budou zmíněny dnes nejpoužívanější varianty a podrobně rozvedeny ty, které připadají v úvahu pro zkoumaný rodinný dům. Vyhovující varianty budou posuzovány z hlediska velikosti úsporného efektu, složitosti jejich realizace a velikosti zásahu do domu. Bude také prozkoumána možnost na využití dotačního programu Nová zelená úsporám.

3.1. Zateplení obvodových stěn

Jedná se o instalaci dodatečné vrstvy tepelně izolačního materiálu s nízkým součinitelem prostupu tepla U . Dle normy ČSN 73 0540-2 (2011) je stanoven požadavek na maximální hodnotu U obvodové konstrukce na $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Zateplení se provádí především u objektů, jejichž U je vyšší než uvádí norma, nebo u takových, které se pohybují u její horní hranice. Vzhledem k tomu, že je dům postaven z GT bloků s $U=0,184 \text{ W/m}^2\text{K}$, tak nejen že splňuje požadavek daný normou, ale téměř vyhovuje horní hranici stanovené pro pasivní dům (rozmezí hodnot U pro pasivní domy je $0,18-0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$). Z toho vyplývá, že tato varianta úspor pro zkoumaný dům nemá smysl. Náklady na zateplení by se pohybovaly řádově v desítkách tisíc korun a výsledný úsporný efekt by byl velice malý, vzhledem k tomu, že by se snížil U jen o několik setin. Na toto opatření je možné čerpat dotace z projektu Nová zelená úsporám, konkrétně z části: „A“ Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů.

3.2. Výměna oken a dveří

Okna a dveře jsou velmi významným místem úniku tepla v domech. Proto je výhodné investovat do jejich renovace. Existují dvě varianty, jak lze k renovaci přistoupit. První možností je repase, při které se stávající okna opraví, mohou se znovu zasklít dvojsklem nebo trojsklem a namontují se na původní místo. Toto se využívá především u domů s historickou hodnotou, kde není možné osadit okna plastová a také pro domy s netradičním tvarem okenních rámu, kde by byla velice nákladná výroba oken na míru. Druhou možností je výměna oken za nové. Velkou výhodou nových oken oproti repasovaným je velké snížení U především v rámu okna. V současné době je dle ČSN 73 0540-2 požadavek na hodnotu U pro okna $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ a pro dveře $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Důležitou součástí je správné utěsnění spár při usazení rámu, pokud zůstanou jakékoliv netěsnosti, může docházet k velkým tepelným ztrátám v chladném a větrném období. Tím se výrazně sníží úsporný efekt tohoto opatření. Vzhledem k tomu, že ve zkoumaném domě je hodnota U pro okna i dveře $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$, což

vyhovuje stávajícím normám, nebude tato možnost dále rozebírána. I na toto opatření je možné uplatnit nárok na dotaci z programu Nová zelená úsporám z části: „A“ Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů.

3.3. Využití energie obnovitelných zdrojů

V dnešní době velkého rozvoje ekologických technologií a státních dotačních programů na podporu získávání energie z obnovitelných zdrojů (OZ), se stávají OZ vhodnými nástroji pro realizaci úspor energií. Jejich začlenění do stávajících systémů vede ke snižování nákladů. Je však stále nutno brát v úvahu velké počáteční investice a zvolit vhodnou variantu využití OZ vzhledem k přírodním podmínkám, stávajícímu způsobu využívání energie a také k finančním možnostem domácnosti realizující úsporná opatření.

Je vhodné nejprve konzultovat varianty, které přicházejí v úvahu s odborníky např. v poradnách EKIS. Kvalifikovaně odhadnout velikost úspor, ekonomicky propočítat a zhodnotit všechny varianty. Až poté se pustit do samotné realizace projektu.

Pro zkoumaný rodinný dům bylo po uvážení všech variant navrženo tepelné čerpadlo (TČ) vzduch/vzduch od firmy Technibel s možností ohřívání TUV skrze jednotku EMIX. V následujících podkapitolách uvedu výchozí stav, popíši důvody a okolnosti, které vedly k volbě tohoto TČ. Také podrobně popíši navrhované TČ.

Na typ TČ vzduch/vzduch není možné čerpat prostředky z dotačního programu Nová zelená úsporám.

3.3.1. Zhodnocení současného stavu vzhledem k možnosti využití obnovitelných zdrojů

Jak bylo popsáno v kapitole 2.4, dům je vytápěn kombinací elektrických přímotopů a krbové vložky na palivové dříví. Zcela tak chybí rozvody vody pro otopnou soustavu a vlastní topná tělesa. V žádné místnosti tak není ani nainstalováno podlahové či stěnové vytápění, které je velice výhodné pro nízkoteplotní otopné soustavy, které využívají TČ země/voda, voda/voda, vzduch/voda.

Dalším faktorem ovlivňujícím výběr OZ energie je orientace domu. Boční strana domu je sice orientována na jih, čili nejvhodnější stranu pro solární panely i kolektory, jenže tato strana je z jihozápadu stíněna lesním porostem, což by vedlo ke snížení účinnosti systémů využívajících sluneční záření. Navíc komunikace s vlastníkem lesního porostu je obtížná, proto je jeho odstranění takřka nemožné.

Důležitou roli při rozhodování hrál i fakt, že dům již má za současného stavu nízkou roční spotřebu tepla i energie na ohřev TUV, tedy nebude možné docílit ročních úspor v řádu

desetitisíců. To znamená velice dlouhé doby návratnosti pro varianty s velkou počáteční investicí, které by převyšovaly dobu životnosti těchto variant.

Jako vhodné řešení bylo po uvážení všech zmíněných okolností vybráno TČ vzduch/vzduch.

3.3.2. Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch Technibel

Po důkladném zvážení všech variant byla navržena k propočítání varianta smíšeného multisplitu (tj. 1 venkovní jednotka společná pro několik vnitřních jednotek a zároveň i pro ohřev TUV přes jednotku EMIX). Jako venkovní jednotka bude použita jednotka typu GR9FI 65 EMX, viz obrázek 5, s maximálním příkonem 2 600 W a topným faktorem SCOP 4,01. Tato hodnota je počítána pro mírný klimatický pás, konkrétně pro Štrasburk dle evropské normy ERP Ecodesign - EN14825. Další součásti navrhovaného systému jsou tři vnitřní jednotky MP a jedna jednotka EMIX.



Obrázek 5: Venkovní jednotka GR9FI 65 EMX

3.3.3. Umístění tepelného čerpadla

Navrhované umístění vnější jednotky je z boční, jižní strany domu do okrasného kačírku na speciální železnou konstrukci do půlmetrové výšky nad úroveň terénu. Navrhované umístění vnitřních jednotek je potom následovné: jedna do přízemí a dvě do pokojů v prvním patře.

Vytápění pokojů na patře bez vnitřních jednotek bude řešeno následovně: největší pokoj na patře bude nadále vytápěn pouze přímotopem, protože se v něm v zimním období topí jen minimálně. Přímotop také zůstane pro vytápění koupelny a nejmenšího pokoje. Instalace další vnitřní jednotky by totiž znamenala pořízení dražší venkovní jednotky s větším výkonem. Maximální počet jednotek pro TČ GR9FI 65 EMX jsou totiž 3 vnitřní jednotky a jedna jednotka EMIX.

Vnitřní jednotky budou na patře umístěny ve dvou pokojích, jež jsou vytápěny takřka po celou topnou sezónu. V kapitole 4.2.2. je rozebrána velikost úspor a její hodnota.

3.4. Pořízení úsporného osvětlení

Tato varianta připadá pro posuzovaný rodinný dům v úvahu. V domě je možno nahradit halogenové žárovky a starší typy úsporných zářivek, jejich seznam viz příloha 1 tabulka 2, úspornými LED žárovkami. Na trhu je dnes k dispozici široké spektrum výrobců LED žárovek i různých druhů patic. Je tedy možnost výběru kvalitní žárovky pro každý typ patice. Nevýhodou této varianty je vyšší pořizovací cena, kterou však kompenzuje delší životnost. Na úspornější osvětlení není možné čerpat dotační prostředky z projektu Nová zelená úsporám.

3.5. Nákup úspornějších spotřebičů

Ve zkoumaném rodinném domě je většina elektrospotřebičů stará 9 let, tj. byly nakoupeny a instalovány po dokončení výstavby domu. V této části je navržen nákup takových nových spotřebičů, které mají oproti stávajícím zhruba o 40 % nižší spotřebu elektřiny udávanou výrobcem.

Nákup úspornější chladničky

Vzhledem k stáří chladničky 8 let byla zkoumána výhodnost nákupu nového zařízení v energetické třídě A++ .

Tabulka 16: Parametry současného typu chladničky

současný typ	Elektrolux ERB3022X
udávaná spotřeba	0,88 kWh/den
rok výroby	2005

Po vyhodnocení jednotlivých nabídek byla vybrána jako nejvhodnější pro investici kombinovaná chladnička s mrazničkou Bosch KGV36VW31.

Tabulka 17: Parametry nové chladničky

typ	Bosch KGV36VW31
udávaná spotřeba	0,41 kWh/den
rok výroby	2014
cena	15 690 Kč

Nákup úspornější myčky

Stávající myčka na nádobí je také 8 let stará. I pro tento případ byla zkoumána výhodnost nákupu nového zařízení v energetické třídě A++ .

Tabulka 18: Parametry současného typu myčky

současný typ	AEG Favorit
udávaná spotřeba	1,05 kWh/cyklus ECO 50°C
rok výroby	2005

Po vyhodnocení jednotlivých nabídek byla vybrána jako nejvhodnější pro investici kombinovaná chladnička s mrazničkou Bosch KGV36VW31.

Tabulka 19: Parametry nového typu myčky

typ	Bosch SMV 69U30
udávaná spotřeba	0,67 kWh/cyklus ECO 50°C
rok výroby	2014
cena	22 670 Kč

3.6.Nákup vypínatelných zásuvek

Po průzkumu trhu s vypínatelnými zásuvkami jsem se rozhodl pro variantu nákupu sady od značky SOLID, 2 zásuvky, 1 ovladač + learning code, viz obrázek 6. Tyto dvě zásuvky budou použity pro omezení spotřeby v době, ve které jsou spotřebiče nepoužívány, a není tedy nutné, aby byly připojeny k síti. Pokud se toto opatření osvědčí, bude moci být systém rozšířen díky funkci learning code až na 5 zásuvek ovládaných jedním ovladačem.

Rozhodl jsem se zvolit dražší variantu vypínatelných zásuvek s dálkovým ovládáním, protože s ohledem na zvyklosti obyvatel domu a nepřístupnost zásuvek, by pořízení obyčejných vypínatelných zásuvek nevedlo k dlouhodobému úspornému efektu. Navíc díky dálkovému ovládání toto opatření nijak neovlivní komfort užívání spotřebičů, které na něj budou připojeny.



Obrázek 6: Vypínatelné zásuvky Solid s dálkovým ovládáním (14)

Z vypracované analýzy v části 2.7.2, podrobně v příloze 1 tabulka 1, vyplývá, že v rodinném domě dochází k plýtvání elektřinou. Z naměřených dat vyšla roční spotřeba satelitního přijímače 306,6 kWh. Přijímač se nikdy v průběhu roku nevypíná ani do pohotovostního režimu. Televize se průměrně sleduje 6 hodin denně, tři čtvrtiny roku tedy běží satelitní přijímač naprázdno a zbytečně.

Řešením pro omezení spotřeby je pořízení dálkově ovládané vypínatelné zásuvky. S ní se docílí, že satelit bude spotřebovávat energii jen během doby, kdy je zapnutá televize a v ostatním čase bude odpojen od sítě.

Další možností pro úsporu je nainstalování vypínatelné zásuvky mezi zásuvku a soustavu stolního PC, monitoru a datového úložiště Black Armor a odpojování této soustavy od sítě v době její nečinnosti. Z důvodu její vysoké spotřeby 133,3 kWh v pohotovostním režimu, v němž se nachází 22 hodin denně.

4. Ekonomické dopady jednotlivých variant úspor

V této části bude provedena analýza úsporných opatření z ekonomického hlediska. Jednotlivé varianty budou brány jako investice a následně hodnoceny dle kritérií pro ekonomickou efektivitu investic. Následně budou na základě těchto kritérií opatření porovnány a nejvýhodnější z nich budou doporučeny k realizaci.

4.1. Cena za elektřinu

Zkoumaný rodinný dům splňuje požadavky pro sazbu D45d. Jelikož je dům vytápěn elektrickými přímotopy a k ohřevu TUV využívá elektrický bojler, součtový instalovaný příkon přímotopných elektrických spotřebičů včetně příkonu akumulárního ohřevu teplé vody činí nejméně 40 % příkonu odpovídajícího proudové hodnotě hlavního jističe umístěného před elektroměrem. Je také zajištěno blokování topných elektrických spotřebičů v době vysokého tarifu. Vypočítaná průměrná cena za kWh bez uvažování stálých plateb je 2,5881 Kč, tuto hodnotu budu používat jako cenu pro výpočty. Vypočítal jsem ji z váženého průměru cen vysokého tarifu (4 hodiny denně) a nízkého tarifu (20 hodin denně), za distribuci a silovou elektřin. V této ceně jsou započteny i ceny ostatních služeb (podpora OZ, OTE, systémové služby). Ceny za jednotlivé složky průměrné spotřeby jsou zobrazeny v Tabulka 20. Vypočtená průměrná cena je velmi nízká, díky tomu se bude prodlužovat návratnost investic do úspor energie.

Celková hodnota spotřebované energie za rok pro průměrné hodnoty spotřeby je 30 671 Kč.

Tabulka 20: Složky ceny elektřiny dle ceníku ČEZ 2014 Comfort

jistič	363 Kč
distribuce	
NT	0,04402 Kč/kWh
VT	0,30254 Kč/kWh
ostatní služby	
systémové služby	0,14429 Kč/kWh
podpora OZ	0,59895 Kč/kWh
OTE	0,00914 Kč/kWh
silová elektřina	
pevná cen měsíc	72,6 Kč
NT	1,78632 Kč/kWh
VT	1,56005 Kč/kWh

Tabulka 21: Průměrná cena za kWh

celková hodnota spotřebované elektřiny za rok	30 671,4 Kč
průměrná cena za kWh bez stálých plateb	2,5881 Kč
průměrná cena za kWh se započtením stálých plateb	2,6248 Kč

4.2. Zhodnocení úspor z ekonomického hlediska

Pro navržené úspory z třetí části se ověří, zda se vyplatí i po ekonomické stránce a porovnají se vzájemně mezi sebou. Z provedené analýzy se poté určí nejvýhodnější opatření a to bude navrženo pro realizaci.

I přes současný pokles ceny elektřiny, předpokládám, že se její cena v dlouhodobém horizontu bude zvyšovat. Proto každoročně navyšuji výnosnost investice o 0,5 %. Porovnávané údaje a výpočty jsou zpracovány v tabulkách.

4.2.1. Nákup úspornějších spotřebičů

Nákup kombinované chladničky

Tabulka 22: Investice do nové kombinované chladničky

Spotřebič	cena [Kč]	spotřeba [kWh/rok]	hodnota spotřebované elektřiny [Kč/rok]	NPV [Kč]	návratnost PP [roky]
Původní Electrolux ERB3022X	-	358,18	926,99	-	-
Nový Bosch KGV36VW31	15 690	150,00	388,21	-9 046,28	27,52

Nová chladnička má sice o více než polovinu menší spotřebu elektřiny, ale vzhledem k vysoké pořizovací ceně a malé výnosnosti investice vychází NPV záporné. Výnosnost je dána rozdílem v roční spotřebě, který je vynásobený průměrnou cenou za kWh bez uvažování stálých plateb, viz kapitola 4.1. NPV je počítáno na dobu investice 15 let a diskont 3 %. Tato investice tak není z ekonomického pohledu výhodná, což potvrzuje i vypočtená prostá doba návratnosti přesahující životnost chladničky, její hodnota je 27,52 let.

Nákup myčky

Tabulka 23: Investice do nové myčky

Spotřebič	cena [Kč]	spotřeba [kWh/rok]	hodnota spotřebované elektřiny [Kč/rok]	NPV [Kč]	návratnost PP [roky]
Původní AEG Favorit	-	218,40	565,24	-	-
Nový Bosch KGV36VW31	22 670	139,36	360,68	-20 127,40	82,05 let

I přes nižší spotřebu nové myčky o 36 % proti stávající je hodnota realizované roční úspory nízká. V kombinaci s vyšší pořizovací cenou nové myčky vycházejí ukazatele efektivity investice ještě hůře než pro chladničku. Za předpokládanou dobu životnosti myčky 10 let je rozdíl NPV oproti alespoň očekávaným výnosům -20 127,40 Kč. Doba návratnosti investice více než 8 krát převyšuje její životnost. Tato investice také není z ekonomického pohledu výhodná. Z těchto důvodů nebude toto opatření podrobněji zkoumáno v kapitole 4.3, kde jsou provedeny citlivostní analýzy.

4.2.2. Instalace tepelného čerpadla vzduch/vzduch

Velikost počáteční investice do tohoto opatření je 167 762 Kč, její detailní rozpis uvádím v tabulce 24. Ceny uvedené v této tabulce vycházejí z ceníku společnosti CIUR a z osobní konzultace s vedoucím technického oddělení.

Tabulka 24: Rozdělení počáteční investice

Typ	množství	cena s DPH
venkovní jednotka GR9180 EMX	1	81 757,28
panel vnitřní jednotky MF 387030172	3	30 448,00
EMIX multisplit	1	36 003,60
stavební úpravy	-	5 000,00
konstrukce pod vnější jednotku	1	1 000,00
doprava	-	1 554,00
montáž	-	6 000,00
měděné vodovodní potrubí	10 metrů	6 000,00
celkem		167 762,88

Uvažuji nahrazení třech přímotopů a bojleru, viz Tabulka 25, s tím že všechny nahrazované prvky zůstanou nadále na svém místě a funkční. Za nepříznivých podmínek budou doplňovat

potřebný výkon, který bude scházet na pokrytí tepelné ztráty domu. Z dat naměřených Českým hydrometeorologickým ústavem a publikovaných internetovým portálem (15) jsem určil počet těchto dní na 15 za rok. Uvažuji, že nahrazené přímotopy a bojler budou v provozu 4,11 % původní doby. Topný faktor tepelného čerpadla je 4,01. Je uvažováno vytápění interiéru na teplotu 20 °C.

Pro ohřev vody je brán topný faktor TČ 1,5 během 130 dní, kdy klesne teplota pod 0 °C a pro zbytek roku je počítáno s hodnotou 2,5. Systém může být provozován jako klimatizace v letních měsících a využívat odvedené teplo pro ohřev TUV, vzhledem k náročnosti výpočtů není v mojí práci tento typ provozu počítán.

Tabulka 25: Nahrazované zařízení

Typ zařízení	výkon [kW]
Přímotop	2,5
Přímotop	1,5
Přímotop	1,25
Bojler	2
Celkem	7,25

Tabulka 26: Roční spotřeba TČ a nahrazených spotřebičů

Spotřeba TČ		Spotřeba nahrazovaného výkonu	
Vytápění	824,0 kWh/rok	přímotopy	3 353,9 kWh/rok
Ohřev TUV	1819,3 kWh/rok	bojler	3 668,0 kWh/rok
Celkem	2643,3 kWh/rok	celkem	7 021,9 kWh/rok

Úspory

Velikost úspory energie úspory je dána rozdílem spotřeby nahrazovaných výkonů a spotřebou TČ na její pokrytí, hodnoty viz Tabulka 26. Od tohoto rozdílu je ještě odečteno 4,11 % z původní roční spotřeby nahrazených přímotopů a bojleru. Výsledná roční úspora vychází na 4378,5 kWh. Hodnota roční úspory je 10 585 Kč. Po pěti letech je počítáno s generální údržbou systému v hodnotě 10 000 Kč.

Po instalaci TČ bude možné odebírat elektřinu v distribuční sazbě d56D. Tento fakt má minimální vliv na hodnotu úspory, protože v porovnání s aktuální sazbou d45D se jedná o úsporu v řádech desetikorun za rok.

Hodnocení z ekonomického hlediska

NPV této investice je -84 407 Kč, což znamená, že ani toto opatření se nevyplatí z ekonomického hlediska. Tento fakt potvrzuje i prostá doba návratnosti, která je 17,65 let

a přesahuje plánovanou dobu životnosti investice 10 let. Nevýhodnost investice je dána nízkou cenou elektřiny, relativně nízkou tepelnou ztrátou domu a tím že je použita krbová vložka jako doplňkový zdroj tepla. Nelze tedy využít celý potenciál TČ pro snižování výdajů na elektřinu.

4.2.3. Pořízení vypínatelných zásuvek

Cena vypínatelných zásuvek solid je 569 Kč. V tabulkách 27, 28 uvádím velikost úspor na jednotlivých spotřebičích a jejich hodnotu. Hodnota celková roční úspory je potom 940,1 Kč.

Tabulka 27: Přehled spotřeby a úspory satelitního přijímače

roční spotřeba satelitní přijímač Homecast [kWh]	
	306,60
úspora- vypnutí zásuvkou mimo provoz [kWh]	
	229,95
hodnota úspory za satelitní přijímač v Kč	
	595,1

Tabulka 28: Přehled spotřeby a úspory soustavy stolního PC

roční spotřeba soustavy PC, monitor, Black Armor ve standby režimu [kWh]	
	133,3
úspora vypnutí zásuvkou namísto standby režimu [kWh]	
	133,3
hodnota úspory za PC, monitor a Black Armor v Kč	
	344,98

NPV pro dobu životnosti opatření 5 let je 3 788,50 Kč. Toto opatření tedy je z ekonomického pohledu efektivní a přináší vyšší výnos než investice stejná investice do projektu se zhodnocením 3 %, tedy diskontní sazbou. Prostá doba návratnosti tohoto opatření je 0,89 roku, tedy i dle tohoto kritéria je investice výhodná.

4.2.4. Nákup úsporných žárovek

Ilustrativní příklad možných úspor při výměně halogenových žárovek za úsporné LED žárovky. Porovnání parametrů žárovek je uvedeno v tabulce 29.

Tabulka 29: Porovnání LED a halogenové žárovky

	LED žárovka 3 W	halogenová žárovka 20 W
pořizovací cena v Kč	150	20
roční doba provozu v hodinách	1 000	1 000
roční spotřeba ve Wh	3 000	20 000
životnost v letech	30	2
spotřeba za životnost ve Wh	90 000	40 000

NPV investice do jedné LED žárovky pro životnost 30 let je 908,40 Kč. Prostá doba návratnosti je 3,1 let. Při zkoumání čistě z ekonomického pohledu je tato investice výhodná. Je však nutné zhodnotit, zda nepoklesne kvalita osvětlení při provedení tohoto opatření. Toto posouzení již překračuje rozsah mé práce. Kvůli neověření ekvivalence LED a halogenové žárovky není u této investice provedena citlivostní analýza.

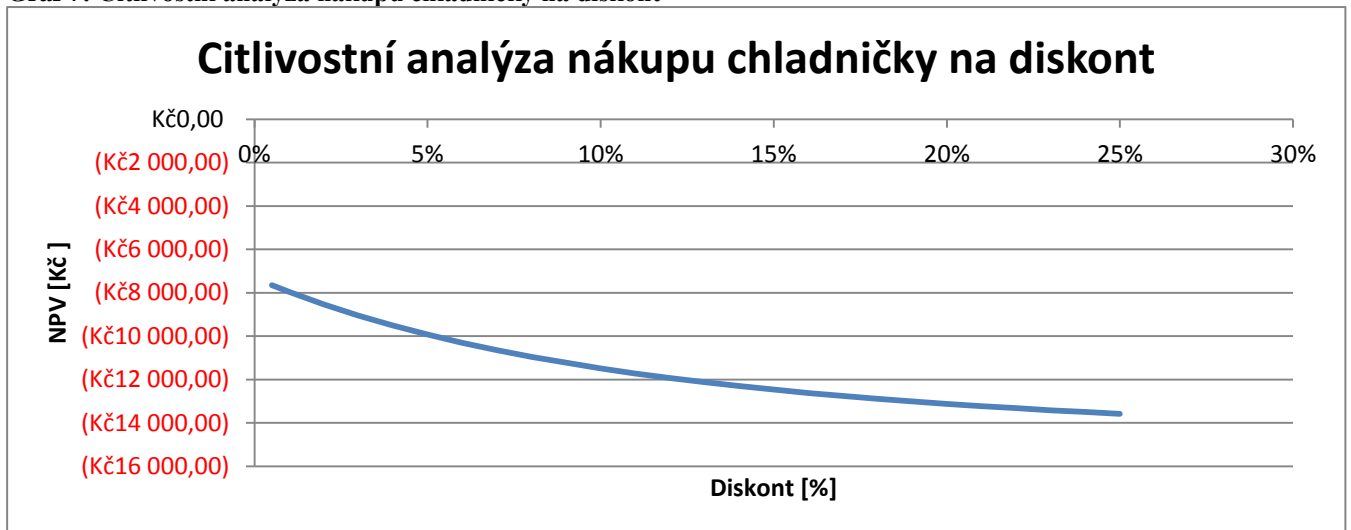
4.3. Citlivostní analýzy

Provedl jsem citlivostní analýzy na cenu elektřiny a velikost diskontu, jež mají vliv na výhodnost těchto investic, abych komplexněji rozebral efekt úsporných opatření, kterým jsem se věnoval podrobněji. Citlivostní analýzy jsou provedeny pro následující opatření: pořízení vypínatelných zásuvek, nákup nové chladničky a pořízení TČ.

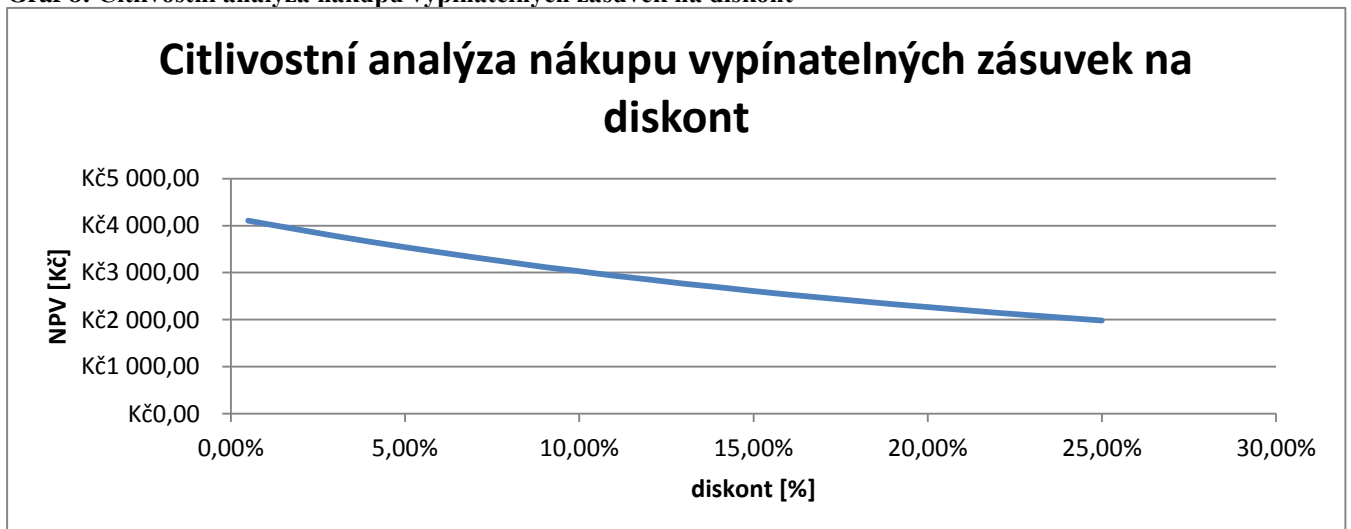
Jak je vidět z následujících grafů 7 až 12, jediné opatření, které je výhodné za všech podmínek bez ohledu na velikost diskontu či cenu elektřiny, je nákup vypínatelných zásuvek. Pořízení nové chladničky se ekonomicky nevyplatí za žádných ze zkoumaných podmínek. Instalace TČ je výhodná pouze od ceny 4,42 Kč za kWh, aktuální cena elektřiny je 2,59 Kč a pořízením TČ by ještě nepatrně klesla. Pokud se tedy nestane na energetickém trhu dramatická změna, která by zvedla celkovou cenovou hladinu elektřiny, instalace TČ se taktéž nevyplatí.

Citlivostní analýza na diskont:

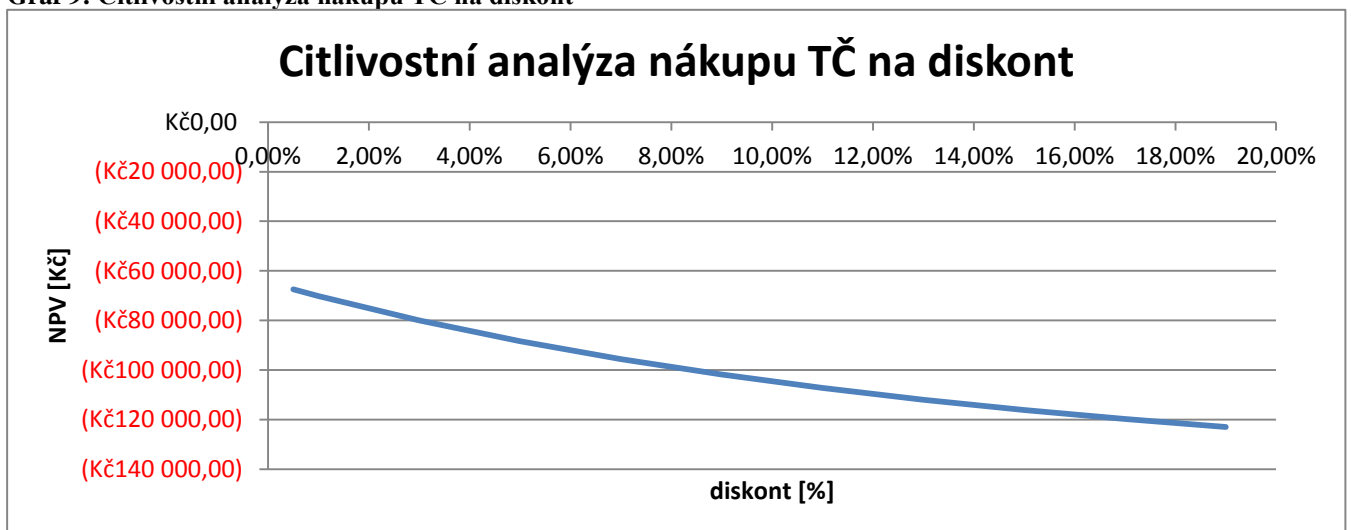
Graf 7: Citlivostní analýza nákupu chladničky na diskont



Graf 8: Citlivostní analýza nákupu vypínatelných zásuvek na diskont

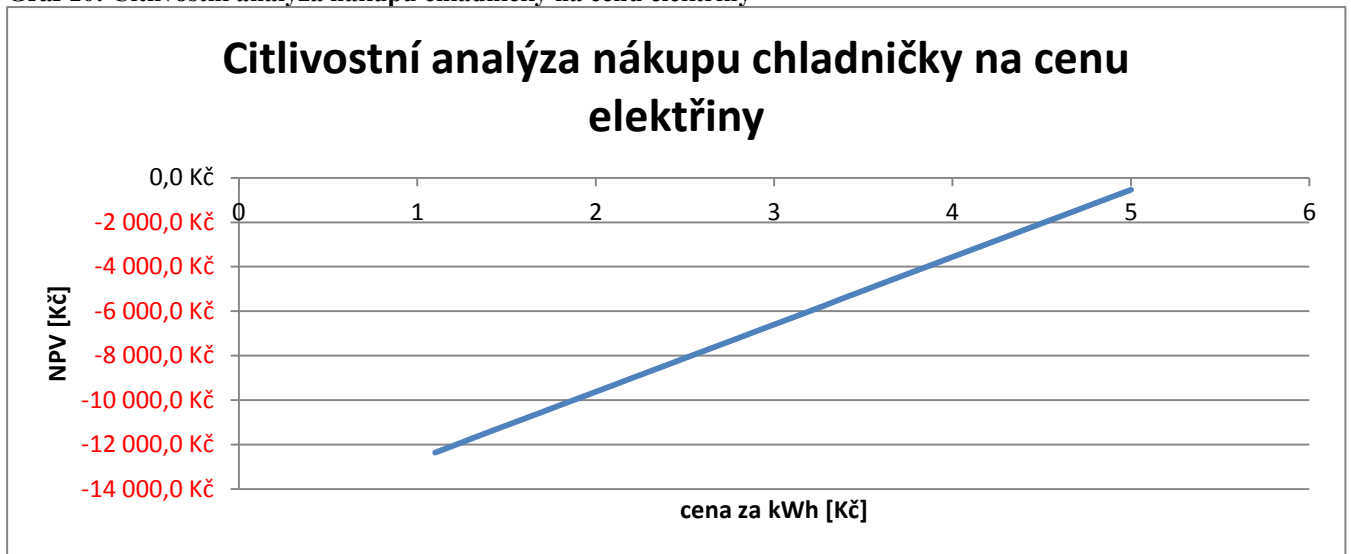


Graf 9: Citlivostní analýza nákupu TČ na diskont

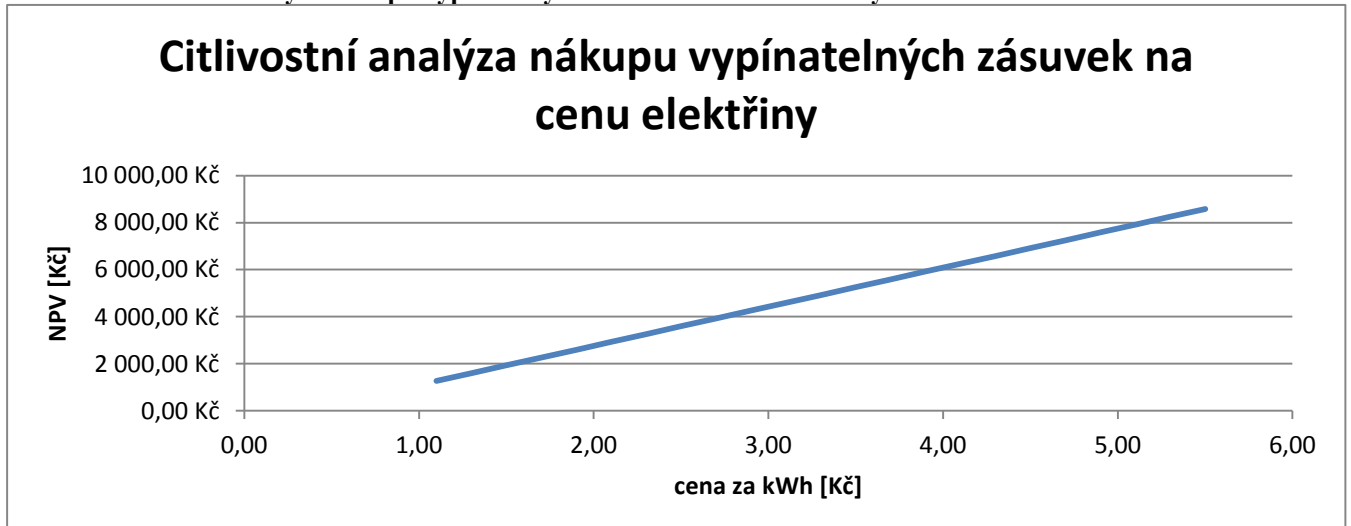


Citlivostní analýza na cenu elektřiny:

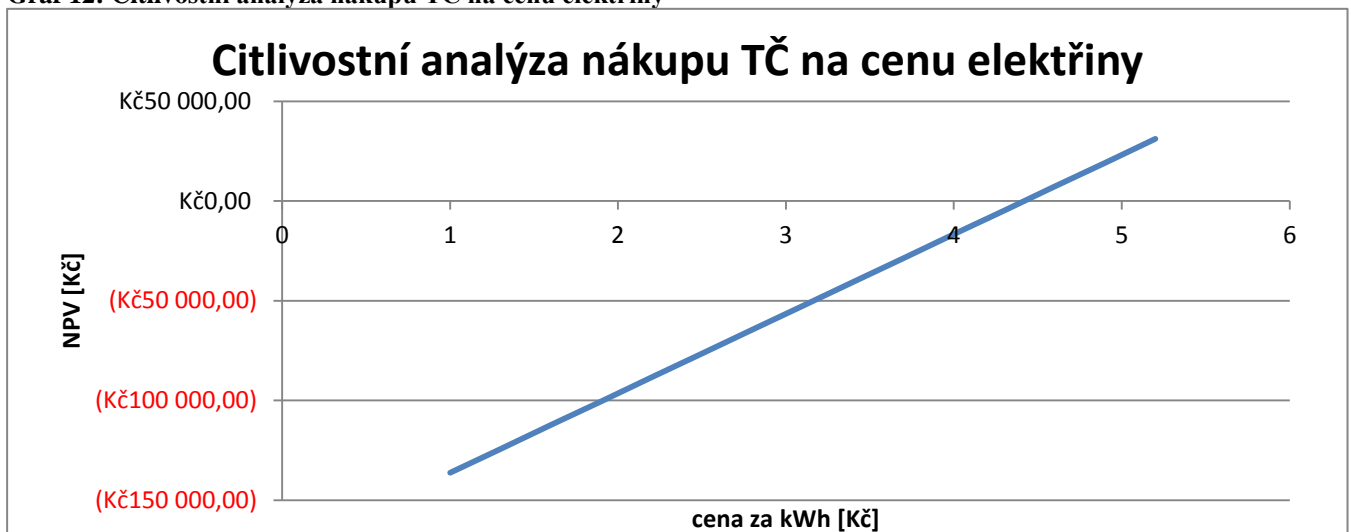
Graf 10: Citlivostní analýza nákupu chladničky na cenu elektřiny



Graf 11: Citlivostní analýza nákupu vypínatelných zásuvek na cenu elektřiny



Graf 12: Citlivostní analýza nákupu TČ na cenu elektřiny



Závěr

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat spotřebu rodinného domu v lokalitě Pod Dubem u Pardubic a následně navrhnout možnosti, jak tuto spotřebu omezit a zhodnotit navržená opatření z ekonomického pohledu.

Z provedené analýzy roční spotřeby energie vyplývá, že nejvíce energie je v domě spotřebováno na vytápění, konkrétně 8 472 kWh, a podíl jednotlivých zdrojů vytápění na této hodnotě je následující: 48 % krbová vložka a 52 % elektrické přímotopy. Potenciál pro úsporu energie se nachází v nahrazení elektrických přímotopů vytápěním získávajícím energii z obnovitelných zdrojů. Proto jsem navrhnul výměnu tří přímotopů, které jsou během roku nejvíce využívány, za vnitřní topné jednotky systému tepelného čerpadla vzduch/vzduch.

Druhou největší složkou spotřeby je energie na provoz elektrospotřebičů. Spotřeba této složky je 4 200 kWh ročně. Po provedeném měření na jednotlivých spotřebičích jsem identifikoval možnosti úspory energie v odpojování satelitního přijímače a soustavy stolního PC od sítě během doby, kdy nejsou tyto spotřebiče zapnuté. Další možností je výměna současného způsobu osvětlení úspornější variantou.

Nejmenší podíl na roční spotřebě domu má energie spotřebovaná na ohřev teplé užitkové vody, konkrétně 3 668 kWh za rok. I zde by bylo možné tuto hodnotu snížit využitím energie z obnovitelných zdrojů. Konkrétně získávání energie na ohřev teplé užitkové vody jednotkou EMIX, která je také součástí systému tepelného čerpadla vzduch/vzduch.

Na základě analýzy spotřeby energie rodinného domu jsem mohl navrhnout a propočítat jednotlivé varianty úsporných opatření. Po uvážení všech faktorů, které mají vliv na energetickou bilanci domu, a odborných konzultací jsem navrhl tato opatření:

- pořízení tepelného čerpadla vzduch/vzduch od společnosti Technibel se zachováním současné otopné soustavy pro provoz v nepříznivých podmínkách
- výměna halogenových žárovek za LED žárovky
- nákup úspornějších spotřebičů
- pořízení vypínatelných zásuvek pro omezení spotřeby ve standby režimu

Všechna tato opatření vedou k úspoře energie, avšak ekonomicky efektivní jsou jen některá z nich.

Pokud by se jednalo pouze o úsporu energie, tak nejvýraznější efekt má pořízení tepelného čerpadla. To by ročně ušetřilo 4 090 kWh, což je zhruba třetina roční spotřeby elektrické energie zkoumaného rodinného domu. Ostatní opatření snižují spotřebu řádově o stovky kWh

ročně. Jejich výhodou jsou však výrazně nižší pořizovací náklady oproti investici do tepelného čerpadla.

Z provedených výpočtů vyplývá, že kladné čisté současné hodnoty dosahuje, a tedy ekonomicky efektivní je, pouze investice do vypínatelných zásuvek a výměny halogenových žárovek za LED žárovky.

Zbývající investice mají zápornou čistou současnou hodnotu, takže tyto investice nejsou ekonomicky efektivní. Pro potvrzení tohoto faktu hovoří také prostá doba návratnosti, která převyšuje životnost u všech investic se zápornou čistou současnou hodnotou.

K realizaci doporučuji investovat do vypínatelných zásuvek. Především kvůli jednoduchému uvedení tohoto opatření do provozu, dále potom kvůli nízké počáteční investici do tohoto opatření. Cena vypínatelných zásuvek je 569 Kč. Dalším argumentem hovořícím pro pořízení vypínatelných je roční úspora 940 Kč ročně.

Pokud jde o nákup LED žárovek, doporučuji vyměnit toto osvětlení nejprve v jedné místnosti. Pokud budou obyvatelé domu spokojeni s kvalitou tohoto osvětlení a ukáže se, že i reálná životnost odpovídá výrobcem deklarovaným údajům, doporučil bych vyměnit i ostatní žárovky.

Investice do tepelného čerpadla by byla vhodná pouze z ekologického hlediska. Vedla by totiž k poklesu spotřeby energie, avšak ekonomicky by tato investice byla ztrátová.

Dále jsem zjistil, že myčka na nádobí a kombinovaná chladnička pořízené v roce 2005, obstojí v porovnání s novými spotřebiči a k jejich výměně tedy není důvod.

Závěry této práce budou předány vlastníkům domu a bude s nimi probrána možná realizace doporučených opatření.

Seznam použité literatury

1. **Šustová, Petra.** TZB-info. *Optimální volby zdroje - porovnání nákladů na vytápění - II. díl.* [Online] 12. 11 2007. [Citace: 18. 11 2013.] <http://www.tzb-info.cz/4469-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-ii-dil>.
2. **Srdečný, Karel a Macholda, František.** *Úspory energie v domě.* Praha : Grada Publishing, 2004. 80-247-0523-0.
3. **Macholda, František a kolektiv.** Hestia 5.0 encyklopedie 2008. *BUDOVA A JEJÍ VLASTNOSTI.* [Online] <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/3.htm#3>.
4. **Vladan, Panovec.** Stavba TZB-info. *Teplotní pole v zemině pod podlahou – teorie a skutečnost.* [Online] 29. 7 2013. [Citace: 18. 11 2013.] <http://stavba.tzb-info.cz/stavebni-tepelna-technika/10182-teplotni-pole-v-zemine-pod-podlahou-teorie-a-skutecnost>.
5. **Jůn, Petr.** Stavarina.cz. *Tepelné mosty.* [Online] 2007. <http://www.stavarina.cz/poruchy/tepelne-mosty.htm>.
6. TZB-info. *Fyzikální hodnoty pro suchý vzduch při tlaku 100 kPa.* [Online] [Citace: 19. 11 2013.] <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/38-fyzikalni-hodnoty-pro-suchy-vzduch-pri-tlaku-100-kpa>.
7. **Macholda, František a kolektiv.** Hestia 5.0 encyklopedie 2008. *VÝMĚNA VZDUCHU (VĚTRÁNÍ).* [Online] <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie/5.htm>.
8. Ministerstvo průmyslu a obchodu - EKIS. *Energetické poradenství EKIS.* [Online] [Citace: 31. 3 2014.] <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis>.
9. **David, Petr.** Zlatý-dům. *Tepelné zdivo.* [Online] <http://www.zlaty-dum.cz/stavebniny/tepelne-zdivo.asp>.
10. Zlatý-dům. *Střešní konstrukční izolační panely SIP.* [Online] <http://www.zlaty-dum.cz/stavebniny/strechy-parametry.asp>.
11. vytápění.cz. *Odhad tepelných ztrát a roční potřeby tepla.* [Online] <http://www.vytapeni.cz/kalkulacky/tepelne-ztraty?te=12&ti=19&tes=4.1&dny=234&mesto=42&poloha=1&proskleni=1>.
12. **K11125, Katedra technických zařízení budov.** Projekční podklady a pomůcky. *Potřeba teplé vody (ČSN 06 0320) - tabulky pro dimenzování zařízení.* [Online] [Citace: 7. 3 2014.] <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=3>.
13. Obrázek Energy monitor 3000 Cz. *Conrad Electrincs.* [Online] 24. 3 2013. [Citace: 21. 4 2014.] <http://www.conrad.com/ce/en/product/125331/VOLTCRAFT-Energy-Monitor-3000-LCD-0001-Wh-15000-kWh-2376-hrs>.
14. alza. *SOLID, 2 zásuvky, 1 ovladač, learning code.* [Online] 22. 7 2012. [Citace: 30. 3 2014.] <http://www.alza.cz/solid-fr001-3f-d113025.htm>.
15. in-pocasi.cz. *Maximální a minimální denní teploty v Pardubicích.* [Online] [Citace: 27. 4 2014.] <http://www.in-pocasi.cz/archiv>.

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Ukázka struktury GT bloku	12
Obrázek 2: Termogram tepelného bloku GT	13
Obrázek 3: Ukázka struktury SIP 250	13
Obrázek 4: Energy monitor 3000 CZ	20
Obrázek 5: Venkovní jednotka GR9FI 65 EMX	27
Obrázek 6: Vypínatelné zásuvky Solid s dálkovým ovládáním	30

Tabulka 1: Tepelné ztráty jednotlivých místností pro výpočet tepelné ztráty domu (hodnoty převzaty z projektu)	14
Tabulka 2 : Hodnoty pro výpočet tepelné ztráty domu převzaté z projektové dokumentace	14
Tabulka 3: Hodnoty výkonů přímotopů instalovaných v domě	16
Tabulka 4: Energie palivového dříví	16
Tabulka 5: Spotřeba teplé a studené vody	18
Tabulka 6: Parametry bojleru	18
Tabulka 7: Spotřeba energie na ohřev TUV	19
Tabulka 8: Měření spotřeby kombinované chladničky Electrolux	20
Tabulka 9: Měření spotřeby pračky AEG Lavamt	21
Tabulka 10: Měření spotřeby televize Samsung	21
Tabulka 11: Měření spotřeby vysavače Electrolux Maximus	21
Tabulka 12: Měření spotřeby myčky AEG Favorit	22
Tabulka 13: Měření spotřeby čerpadla	22
Tabulka 14: Přehled elektrospotřebičů a jejich spotřeby	22
Tabulka 15: Rozdělení roční spotřeby energie rodinného domu	23
Tabulka 16: Parametry současného typu chladničky	28
Tabulka 17: Parametry nové chladničky	28
Tabulka 18: Parametry současného typu myčky	29
Tabulka 19: Parametry nového typu myčky	29
Tabulka 20: Složky ceny elektřiny dle ceníku ČEZ 2014 Comfort	31
Tabulka 21: Průměrná cena za kWh	32
Tabulka 22: Investice do nové kombinované chladničky	32
Tabulka 23: Investice do nové myčky	33
Tabulka 24: Rozdělení počáteční investice	33
Tabulka 25: Nahrazované zařízení	34
Tabulka 26: Roční spotřeba TČ a nahrazených spotřebičů	34
Tabulka 27: Přehled spotřeby a úspory satelitního přijímače	35
Tabulka 28: Přehled spotřeby a úspory soustavy stolního PC	35
Tabulka 29: Porovnání LED a halogenové žárovky	36

Graf 1: Rozdělení spotřeby v rodinném domě z literatury (2 str. 8)	8
Graf 2: Rozdělení spotřeby v rodinném nízkoenergetickém domě z literatury (2 str. 8)	9
Graf 3 : Rozdělení tepelných ztrát jednotlivými částmi domu (3)	10
Graf 4: Rozdělení spotřeby energie domu na vytápění	17
Graf 5: Vývoj spotřeby elektřiny 2008-2012	18
Graf 6: Rozdělení spotřeby energie v rodinném domě	24
Graf 7: Citlivostní analýza nákupu chladničky na diskont	37
Graf 8: Citlivostní analýza nákupu vypínatelných zásuvek na diskont	37
Graf 9: Citlivostní analýza nákupu TČ na diskont	37
Graf 10: Citlivostní analýza nákupu chladničky na cenu elektřiny	38
Graf 11: Citlivostní analýza nákupu vypínatelných zásuvek na cenu elektřiny	38
Graf 12: Citlivostní analýza nákupu TČ na cenu elektřiny	38

Seznam příloh

Příloha 1: Kompletní přehled spotřeby elektřiny jednotlivými spotřebiči a osvětlením

Příloha 2: Technické parametry přístroje na měření spotřeby

Příloha 1: Kompletní přehled spotřeby elektřiny jednotlivými spotřebiči a osvětlením

Tabulka 1: Spotřeba domácích elektrospotřebičů

Název spotřebiče	kusů	Pn [W]	udávaná spotřeba	specifikace spotřeby	naměřená spotřeba	specifikace spotřeby	roční doba provozu [hod]	roční spotřeba [kWh]
kombinovaná chladnička Electrolux	1	-	0,880	kWh/den	0,98	kWh/den	3679,2	357,70
Pračka AEG	1		0,750	kWh/den	0,64	kWh/den	224,3	233,60
TV Samsung	1	120	0,797	kWh/den	0,91	kWh/den	2423,6	330,69
Vysavač Electrolux	1	2200	-		0,64	kWh/vysátí domu	19,2	33,23
Myčka Aeg	1	-	0,8 - 1,25	kWh/den	0,62	kWh/den	306,6	226,30
Varná konvice	1	2250	202,5	kWh/1,7 l vody	0,19	kWh/1,7 l vody	32,9	68,99
Toustovač Sencor	1	700	-		0,04	kWh/1 dávka	5,2	3,64
kráječ chleba Zelner	1	115	-		0,04	kWh/denní krájení	4,9	8,52
mikrovlnná trouba Electrolux	1	800	-		0,02	kWh/min	8,7	12,48
Kávovar Dolce gusto	1	-			0,02	kWh/1 káva	21,9	16,79
Satelit homecast	1	-			35,00	Ws	8760,0	306,60
Stolní PC, monitor, Úložiště Black armor 1TB	1	-	-		1,22	kWh/hodina	730,0	888,41
Stolní PC, monitor, Úložiště Black armor 1TB standby režim	1	-			16,60	Ws	8030,0	133,30
Trouba Electrolux	1	3000	0,84	kWh při multi-funkci	-		45,0	37,80
Sklokeramická varná deska	1	6500	-		-		234,0	347,10
-zóna 1 145 mm	2	1200	-		-		117,0	187,20
-zóna 2 180 mm	1	1800	-		-		58,5	70,20
-zóna 3 210 mm	1	2300	-		-		58,5	89,70
Čerpadlo	1	1250	-		4,8	kWh/den	2190,0	438,00

Název spotřebiče	kusů	Pn [W]	udávaná spotřeba	specifikace spotřeby	naměřená spotřeba	specifikace spotřeby	roční doba provozu [hod]	roční spotřeba [kWh]
Fén Philips	1	2200			0,068	kWh/ 1 sušení	9,7	16,55
Stolní PC, monitor	1	-	-		0,13	kWh/ hodina	1095,0	139,74
Suma spotřebiče								3946,52

Tabulka 2: Spotřeba osvětlení

Název spotřebiče	počet	Pn [W]	roční doba provozu (hod)	roční spotřeba [kWh]
Osvětlení				
Osram duluxstar	5	14	365,0	25,55
Osram duluxstar	1	14	121,7	1,70
Philips	1	18	546,0	9,83
Halogenová žárovka	3	20	1092,0	65,52
Halogenová žárovka	3	20	1092,0	65,52
Halogenová žárovka	6	20	1095,0	131,40
Halogenová žárovka	3	20	1095,0	65,70
Halogenová žárovka	2	20	273,8	10,95
Úsporná zářivka	1	20	182,5	3,65
Osram úsporná zářivka	8	8	819,0	6,55
Endlight	1	7	365,0	2,56
Endlight	2	18	182,5	6,57
Osram zářivka	4	36	121,3	1,75
Světlo akvárium	1	15	2190,0	3,29
suma osvětlení				400,53

Příloha 2: Technické parametry přístroje na měření spotřeby

Tabulka 1: Technických parametry Energy monitor 3000 CZ

Přesnost:	$\pm 1\%$ a $\pm 1\text{ W}$ typická (max. $\pm 2\%$ a $\pm 2\text{ W}$) na měření při zátěži do 2500W; max. 1 W a 4 % na měření při zátěži nad 2500 W
Doba záznamu:	až 99 dní
Rozsah měření:	1.5 - 3000 [W]
Vlastní spotřeba energie:	1.8 [W]
Displej:	3řádkový monochromatický LCD
Zobrazované údaje na displeji:	napětí, proud, frekvence, činný a jalový výkon, $\cos \varphi$, energie a náklady, provozní hodiny,
Pracovní teplota:	+10 až +40 [°C]
Provozní napětí:	AC 220-240 V, 50 Hz
Max. proud:	13 [A]