

Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

FVE a její integrace do energetického systému domu

Ekonomické hodnocení

Lukáš Loukota

Vedoucí: Ing. Martin Beneš, Ph.D.

Obor: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní program: Elektrotechnika a management

Květen 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Loukota** Jméno: **Lukáš** Osobní číslo: **434862**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

FVE a její integrace do energetického systému domu

Název bakalářské práce anglicky:

PVE and its Integration to Energy System of House

Pokyny pro vypracování:

1. Popis možného využití FVE v domě, dostupné technologie
2. Energetická bilance domu, výpočet potřeby tepla
3. Výběr komponent tepelného systému
4. Ekonomické hodnocení projektu

Seznam doporučené literatury:

1. MURTINGER, Karel, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMEŠ. Fotovoltaika: elektrina ze slunce. 2. vyd. Praha: EkoWATT, 2008. 21. století. ISBN 978-80-7366-133-5.
2. BREALEY, Richard A a Stewart C MYERS. Teorie a praxe firemních financí. Praha: Victoria Publishing, 1992. ISBN 80-856-0524-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Martin Beneš Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **06.02.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: _____

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Děkuji Ing. Martinu Benešovi, Ph.D., za cenné rady a pomoc při vedení bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Romanu Kubišťovi za spolupráci při získávání údajů pro výzkumnou část práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu.

V Praze, 19. května 2017

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je posoudit, zda se v dnešní době vyplatí výstavba fotovoltaické elektrárny pro úsporu energií v bytovém domě v České republice. Danou problematiku jsem řešil rozborem dat historické spotřeby tepelné energie domu, kterou jsem porovnal s teoretickými výpočty. Dále jsem navrhl technická řešení, pro úsporu tepla při přípravě teplé vody. Tato řešení se dají integrovat do současného energetického systému domu. Jednotlivá řešení jsem ekonomicky zhodnotil a porovnal se současným systémem. Nakonec jsem podrobil citlivostní analýze vstupní parametry, které mají významný vliv na efektivnost investice.

Klíčová slova: fotovoltaika, bytový dům, fotovoltaický ohřev vody, ekonomické hodnocení

Vedoucí: Ing. Martin Beneš,
Ph.D.
Fakulta elektrotechnická
Žitná 4,
Praha 6

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to evaluate whether the construction of a photovoltaic system for energy savings in a residential building in the Czech Republic is worthwhile. I have solved this problem by analyzing the historical heat consumption data of the building, which I then compared with theoretical calculations. I also proposed technical solutions for saving heat in the preparation of hot water. These solutions can be integrated into the current energy system of the house. Individual solutions were economically evaluated and compared with the current system. Finally, I subjected input parameters, that have a significant effect on the efficiency of the investment, to sensitivity analysis.

Keywords: photovoltaics, residential building, photovoltaic water heating, economic evaluation

Title translation: PVE and its Integration to Energy System of House — Economic evaluation

Obsah

1 Úvod	1	3.2.1 Energetické ztráty	10
2 Využití fotovoltaické elektrárny v bytovém domě	3	3.2.2 Energetické zisky	10
2.1 Klimatické podmínky	3	3.3 Energetická bilance	11
2.1.1 Průměrná doba slunečního svitu	3	3.3.1 Historická spotřeba bytového domu	11
2.1.2 Dimenzování výkonu fotovoltaické elektrárny	4	3.3.2 Podíl potřeby tepla pro vytápění a pro přípravu teplé vody	16
2.2 Bytový dům	5	3.4 Časový průběh spotřeby TV	17
2.2.1 Technická místnost a společné prostory	5	3.4.1 Roční diagram	17
2.2.2 Realizace systému pro ohřev teplé vody	6	3.4.2 Denní diagram	18
2.3 Dostupné technologie	7	3.5 Teoretické výpočty	19
2.3.1 Využití energie z FVE	7	3.5.1 Potřeba tepla k vytápění a pro přípravu teplé vody	19
2.3.2 Fotovoltaika a příprava teplé vody	7	3.5.2 Výpočet potřeby teplé vody	21
3 Energetická bilance	9	4 Varianty řešení	23
3.1 Norma ČSN EN ISO 13790	9	4.1 Legislativa a dotace	23
3.2 Popis zisků a ztrát	9	4.1.1 Provoz fotovoltaické elektrárny	23
		4.1.2 Společenství vlastníků jednotek domu	23

4.1.3 Možné dotace	24	6 Ekonomické hodnocení	31
4.2 Varianta 0 - Teplárna	24	6.1 Předpoklady výpočtů a vstupní data	31
4.3 Varianta 1 - Teplárna + systém FVE 18 kWp	24	6.2 Ekonomické ukazatele	31
4.4 Varianta 2 - Teplárna + systém FVE 10 kWp	25	6.2.1 Cash flow	32
		6.2.2 Čistá současná hodnota	32
5 Výběr komponent tepelného systému	27	6.3 Ekonomické hodnocení	33
5.1 Společné komponenty jednotlivých variant	27	6.4 Citlivostní analýza	33
5.1.1 Fotovoltaické panely	27	6.4.1 Citlivostní analýza na růstu cen	33
5.1.2 Řídicí jednotka	27	6.4.2 Citlivostní analýza na diskontní míře	34
5.2 Varianta 1	29	6.4.3 Citlivostní analýza vlivu dotace	35
5.2.1 Akumulační nádrž a ohřívač vody	29	7 Závěr	37
5.2.2 Ocenění varianty 1	29	A Vysvětlivky zkratk	39
5.3 Varianta 2	30	B Literatura	41
5.3.1 Akumulační nádrž a ohřívač vody	30	C Příklad zapojení	45
5.3.2 Ocenění varianty 2	30	D Průběh cash flow a výpočet NPV	47

Obrázky

2.1 Možné varianty uchycení panelů na sedlové střeše [1] . . .	6	3.11 Denní kumulativní diagram spotřeby tepla pro přípravu TV	19
2.2 Dostupné řídicí jednotky . . .	8	4.1 Měsíční spotřeba a výroba FVE, Varianta 1	25
3.1 Energetická bilance podle ČSN EN 832 [2]	10	4.2 Měsíční spotřeba a výroba FVE, Varianta 2	26
3.2 Graf spotřeby tepla pro vytápění v letech 1996 - 2015	12	5.1 Příklad zapojení několika řídicích jednotek LOGITEX DC Box [4]	28
3.3 Graf vývoje cen tepla pro vytápění v letech 1996 - 2015	13	6.1 Graf závislosti NPV = f(meziroční růst cen)	34
3.4 Graf spotřeby teplé vody .	14	6.2 Graf závislosti NPV = f(r) .	34
3.5 Graf spotřeby tepla pro přípravu teplé vody	15	6.3 Graf závislosti NPV = f(velikost dotace)	35
3.6 Graf vývoje cen tepla pro přípravu TV v letech 1998 - 2015	15		
3.7 Graf potřeby tepla pro ohřev 1 m ³	16		
3.8 Graf podílu spotřeby tepla pro vytápění a pro přípravu teplé vody [3]	17		
3.9 Roční diagram spotřeby tepla pro přípravu TV	18		
3.10 Denní diagram spotřeby tepla pro přípravu TV	18		

Tabulky

2.1 Hodnoty vyzařování dle systému PVGIS	4
2.2 Odhad výroby elektrické energie pro vybrané výkony pomocí systému PVGIS	5
3.1 Spotřeba tepla pro vytápění	12
3.2 Spotřeba teplé vody	14
5.1 Ocenění Varianty 1, uvedené ceny včetně DPH	29
5.2 Ocenění Varianty 2, uvedené ceny včetně DPH	30
6.1 Výsledky ekonomického hodnocení	33



Kapitola 1

Úvod

Elektrická energie z fotovoltaických elektráren má v dnešní době mnoho využití a aplikací. Nejlepší doba na investici do solárních elektráren byla v letech státní podpory „zelené elektřiny“, která je dnes zrušená. Je tedy stále výhodné do fotovoltaických elektráren investovat, obzvláště pro bytové domy? Většina bytových domů ve městech je připojena na centrální zdroj tepla, převážně se jedná o teplárnu, kde je téměř nemožné z pohledu zákazníka ovlivňovat cenovou politiku. Jelikož jsou energie nejnákladnější položkou v provozu bytových domů, je snahou vlastníků tyto náklady co nejvíce snižovat. V dnešní době mají bytové domy již většinou provedeny základní opatření pro úsporu energií, od zateplení fasády, opravy střechy až po výměnu oken. Právě kvůli této skutečnosti se hromadí finanční prostředky na účtech družstev a společenství vlastníků bytových jednotek. Vlastníci proto hledají vhodná řešení, do kterých by se dalo investovat s úmyslem úspory energií. Cílem této bakalářské práce je navrhnout právě takovéto řešení, které by bylo možné integrovat do současného energetického systému domu. Fotovoltaická elektrárna je vhodnou volbou pro tento návrh, jelikož má vyrobená elektrická energie mnoho využití. Otázkou tedy je, zda-li je investice do fotovoltaického systému vhodnou volbou, či nikoliv.

Má práce se dá rozdělit do několika dílčích kapitol, pomocí kterých se snažím na tuto otázku odpovědět.

V kapitole 2 ukazuji možná využití fotovoltaického systému v domě a popisuji potřebná opatření pro jeho výstavbu. Dále zde popisuji dostupné technologie na českém trhu. Kapitola 3 je analýzou historické spotřeby energií v domě a vlivu jednotlivých rekonstrukcí na tuto spotřebu. Tato kapitola je doplněna o teoretické výpočty. V kapitole 4 navrhuji a popisuji možné varianty, které by se daly integrovat do stávajícího energetického systému domu.

V další, 5. kapitole, popisuji výběr jednotlivých komponent mnou navržených variant. Ekonomickou analýzu jednotlivých variant uvádím v kapitole 6,

kde nejprve představuji předpoklady pro výpočty a ekonomické ukazatele, na základě kterých porovnávám představené varianty. Kapitola 7 je shrnutí a závěr celé práce.

Kapitola 2

Využití fotovoltaické elektrárny v bytovém domě

V této kapitole se věnuji krátké charakteristice klimatických podmínek, popisem bytového domu a možnostmi využití střešní fotovoltaické elektrárny ve sledovaném bytovém domě.

2.1 Klimatické podmínky

Nedílnou součástí návrhu fotovoltaické elektrárny jsou právě i klimatické podmínky, převážně doba slunečního svitu mající významný vliv na efektivitu a správnou funkčnost systému.

2.1.1 Průměrná doba slunečního svitu

Pro zjištění přesných hodnot doby slunečního svitu jsem se pokoušel zjistit, zda-li není v Ostrově meteorologická stanice, ať už profesionální, nebo amatérská. Bohužel nejbližší meteorologická stanice, která měří dobu osvit, je v Karlových Varech v Olšových Vratech. Pro Ostrov jsou to hodnoty velice nepřesné, a tudíž ve své práci používám systém PVGIS [5]. Podle zmíněného systému se bytový dům nachází na lokaci $50^{\circ}18'33''$ severní šířky a $12^{\circ}57'19''$ východní délky. Optimální sklon pro fotovoltaické panely podle PVGISu je 34° . Tohoto sklonu lze na střeše bytového domu dosáhnout.

Měsíc	H_{opt}	T_{24h}	N_{DD}
Leden	976	-1,3	562
Únor	1930	-0,6	475
Březen	3500	3,0	404
Duben	4790	8,4	217
Květen	4960	13,0	106
Červen	5220	16,4	57
Červenec	5030	18,3	19
Srpen	4740	17,8	55
Září	3730	13,1	184
Říjen	2510	8,2	346
Listopad	1120	3,6	508
Prosinec	860	-0,8	599
Ročně	3290	8,3	3532

Tabulka 2.1: Hodnoty vyzařování dle systému PVGIS

kde H_{opt} je vyzařování na optimálně nakloněné ploše [$\frac{Wh}{m^2 \cdot den}$],
 T_{24h} je průměrná denní teplota [$^{\circ}C$],
 N_{DD} je počet denostupňů [$K \cdot dny$].

2.1.2 Dimenzování výkonu fotovoltaické elektrárny

Z předchozí podkapitoly, o průměrném počtu slunečních hodin, lze přibližně zjistit, při jakém instalovaném výkonu bude průměrná denní/měsíční/roční výroba systému. Do další tabulky jsem pomocí PVGISu vnesl hodnoty vyrobené energie pro tři různé výkony, a sice $1 kW_p$, $20 kW_p$ a $40 kW_p$ (což je cca nejvyšší možný výkon, který lze instalovat na střeche). Díky tabulce 2.2 lze přibližně odhadnout, jaký výkon bude moci systém využívat a jak moc využívaný bude doplňkový zdroj pro pokrytí nedostatečné dodávky energie pro ohřev teplé vody. Hodnoty jsou průměrovány, a nemusí přesně odpovídat hodnotám reálným, spíše jde o jakési přiblížení se ke skutečným hodnotám a tato tabulka má sloužit jako pomoc při dimenzování systému fotovoltaické elektrárny (FVE). Také jde o dimenzování a budoucí instalaci zásobníku teplé vody, ve kterém se bude voda ohřívat.

	1 kW _p		20 kW _p		40 kW _p	
Měsíc	E_d	E_m	E_d	E_m	E_d	E_m
Leden	0,81	25,2	16,30	504	33,10	1030
Únor	1,60	44,7	32	895	64,70	1810
Březen	2,82	87,3	56,30	1750	114	3520
Duben	3,72	112	74,40	2230	149	4460
Květen	3,76	117	75,30	2330	149	4630
Červen	3,92	118	78,40	2350	155	4650
Červenec	3,73	115	74,50	2310	147	4570
Srpen	3,54	110	70,80	2190	141	4370
Září	2,85	85,5	57,00	1710	114	3430
Říjen	1,98	61,4	39,60	1230	80,30	2490
Listopad	0,91	27,3	18,20	547	37	1110
Prosinec	0,70	21,7	14,00	435	29	898
Roční průměr	2,53	77	50,6	1540	101	3080
Celkem ročně		924		18500		37000

Tabulka 2.2: Odhad výroby elektrické energie pro vybrané výkony pomocí systému PVGIS

kde E_d je denní průměrná výroba elektřiny daného systému [kWh],
 E_m je měsíční průměrná výroba elektřiny daného systému [kWh].

2.2 Bytový dům

Bytový dům, jak již bylo zmíněno výše, se nachází v Ostrově u Karlových Varů. Jedná se o dům o 3 vchodech a celkové kapacitě 24 bytů. V současné době v domě žije 60 lidí. Dům je orientován mírně na jihozápad, což je pro fotovoltaický systém jedna z nejlepších možností. Střešní plocha vhodná na pokrytí fotovoltaickými panely je cca 300 m^2 . Zároveň, střecha domu je v ideální poloze pro umístění panelů, její sklon činí 32°.

2.2.1 Technická místnost a společné prostory

Do společných prostor v tomto domě patří chodby, sklepy, kočárkárna a sušárna, tudíž spotřebu energie domu ve společných prostorech tvoří pouze osvětlení. Roční spotřeba elektřiny ve společných prostorech činí 0,7 MWh ročně, což je na velikost tohoto bytového domu zanedbatelná hodnota. Systém pro pokrytí takovéto minimální spotřeby by byl velice nákladný.

2.2.2 Realizace systému pro ohřev teplé vody

V tomto návrhu je potřeba vyřešit několik technických a ekonomických úskalí, obzvlášť v prostorách technické místnosti.

Střešní konstrukce

Jak již bylo uvedeno, orientace budovy a náklon střechy přímo nahrávají k výstavbě fotovoltaického systému. Součástí výstavby je analýza střešní konstrukce a možností upevnění panelů na střechu. Obrázek 2.1 poskytuje základní náhled nosné konstrukce pro panely na sedlové střechy.



Obrázek 2.1: Možné varianty uchycení panelů na sedlové střechě [1]

Jako vhodnější varianta se jeví uchycení pomocí speciálních háků, které se dávají pod střešní tašky. Dalšími prvky na střešní konstrukci jsou upevňovací profily, do kterých se panely vsazují, a také spojovací materiál (nerez, hliník), co panely uchytí právě na zmíněné upevňovací profily.

Při výstavbě fotovoltaické elektrárny na střechu je také třeba brát ohled na bezpečnost lidí, proto se na střechu instalují speciální chytače sněhu, které zabraňují pádu sněhu na zem (tato instalace se provádí pouze nad vchody domu). Ochrana panelů také patří k důležitým prvkům při výstavbě. Velmi vhodná jsou pletiva, která zabraňují vniknutí zvířat pod panely (např. holubům a malým hlodavcům).

Další částí systému je kabeláž, která bude muset být vyvedena do technické místnosti, nacházející se v suterénu objektu. Pro tyto rozvody se dají využít staré nevyužívané komínové šachty, a nebude potřeba složitě vrtat napříč celým objektem. Toto řešení je výhodné nejenom z ekonomického hlediska - ušetření finančních prostředků, ale také z technického hlediska - naskytne se využití pro tyto jinak nevyužívané šachty.

■ Řešení v technické místnosti

V technické místnosti se bude muset provést několik úprav. Stěžejní je instalace akumulární nádrže a ohřívače vody, který bude předehtřívat vodu. Jelikož budu uvažovat varianty, které budou integrovány do současného energetického systému domu, bude se jednat o kombinaci stávajícího a mnou navrženého systému. Detailnější popis vybraných variant je uveden v kapitole 4. Důležité bude propojení FVE s topnými patronami, které budou umístěny v akumulární nádrži. Z tohoto důvodu je nedílnou součástí nového systému i měření a regulace (MaR). Tento nadřazený systém řízení bude na základě snímaných veličin hodnotit, zda-li se má využívat primární zdroj energie samostatně nebo v součinnosti s navrženým systémem. Voda v akumulární nádrži bude ohřívána elektrickým proudem procházejícím topnou patronou v nádrži, který bude veden ze střešní FVE. Popis dostupných technologií je uveden v části 2.3.2 a výběr těchto komponent v kapitole 5.

■ 2.3 Dostupné technologie

V této části krátce popíši jednotlivé technologie využití energie z fotovoltaické elektrárny. Jelikož se ve své práci věnuji řešení fotovoltaického systému na přípravu teplé vody, detailněji přiblížím nové technologie, které lze využít pro tento účel.

■ 2.3.1 Využití energie z FVE

V dnešní době je na trhu nespočet technologií využívajících energii z fotovoltaického systému. Velice lukrativní je kombinace FVE s bateriovými systémy. Baterie se stávají finančně dostupnější, a investice do nich začíná být smysluplná. Takováto kombinace například u rodinného domu má takový efekt, že fotovoltaika pokrývá denní spotřebu elektřiny, a pokud je vyrobené energie více než spotřebované, tak se přebytek ukládá do baterií. Při absenci slunečního záření, kdy fotovoltaika nevyrobí elektřinu, se využívá elektřina z nabitých baterií. Jelikož se baterie dostávají do masovější výroby (např. výroba baterií v Gigafactory [6]), lze předpokládat, že budou cenově dostupnější, a právě tato kombinace bude vhodným alternativním řešením pro pokrytí energetických potřeb domů.

■ 2.3.2 Fotovoltaika a příprava teplé vody

Dalším využitím energie z fotovoltaického systému je právě příprava teplé vody. Na našem trhu existuje mnoho různých řešení, které lze různě kombinovat.

Nezbytnou součástí těchto systému jsou řídicí jednotky, jež určují zda-li je potřeba ohřívat vodu nebo využívat vyrobenou energii jinde (vlastní spotřeba elektřiny, nabíjení baterií). Tyto řídicí jednotky lze využít jak pro malé, tak pro větší výkony FVE. Patří mezi ně například Biosuntec Solar [7], který se dle dokumentace výrobce zapojuje mezi FV panely a ohřívače vody. Na stejném principu funguje i další řídicí jednotka na českém trhu, a sice SOLAR KERBEROS [8]. Obě tyto jednotky jsou dle jednotlivých výrobců pro menší instalované výkony (do 6 kWp). Mezi další výrobky na českém trhu patří LOGITEX DC Set (LXDC Set) [9]. Součástí tohoto setu je právě řídicí jednotka a topná DC spirála, kterou je možno nainstalovat do různých akumulčních nádrží. V mnou navrhované aplikaci bude využita jedna ze zmíněných řídicích jednotek.



(a) : Biosuntec [7] (b) : Solar Kerberos [8]



(c) : LXDC Set [9]

Obrázek 2.2: Dostupné řídicí jednotky

V souběhu s těmito řídicími jednotkami se využívají akumulční nádrže, které jsou speciálně navrženy pro přípravu TV z fotovoltaického systému. Mezi tuzemské výrobce těchto akumulčních nádrží patří Družstevní závody Dražice-strojárna, s.r.o.[10] Bližší popis výběru těchto komponent bude uveden v kapitole 5.

Kapitola 3

Energetická bilance

V této kapitole analyzují energetickou bilanci bytového domu, normy, výpočtové metody a detailněji přibližují tuto problematiku. Energetická bilance domu je základní charakteristika všech energetických zisků a ztrát daného objektu. Může pomoci majiteli objektu právě při investičním rozhodování. Dají se podle ní určit největší energetické ztráty nebo největší energetické zisky. Právě díky energetické bilanci se dá zjistit, kde by se daly ušetřit náklady na spotřebu dodávaných energií. K těmto skutečnostem slouží technická norma ČSN EN ISO 13790, která poskytuje výpočtové metody pro hodnocení spotřeby energie a vytápění obytných budov.

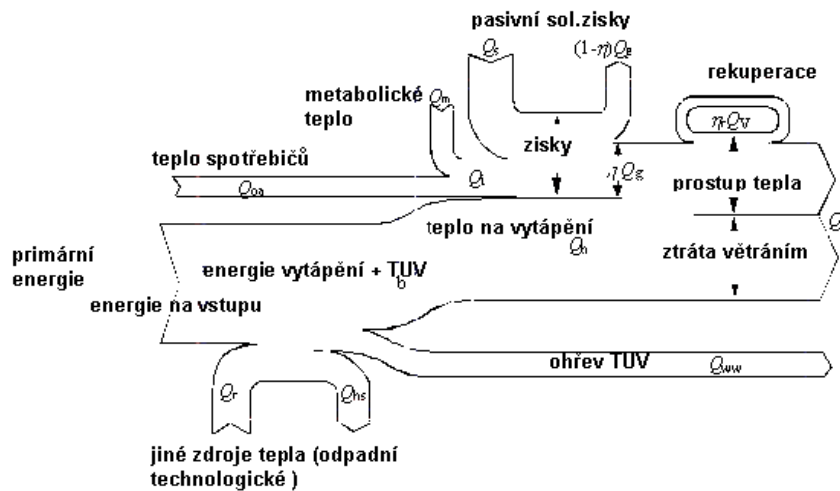
Dále v této kapitole bude uvedeno několik praktických příkladů, které jsou psány *kurzívou*.

3.1 Norma ČSN EN ISO 13790

Tato norma, platná od 01.11.2009, poskytuje výpočtové metody pro hodnocení energetických systémů. Určuje výpočtové metody, které se dají v odborných měřeních použít právě k určování energetických zisků a ztrát objektu. Tato norma se využívá nejčastěji při výstavbě nových objektů k optimalizaci údajů pro potřebu tepla pro vytápění, chlazení a přípravu teplé vody. Dalším ukazatelem pro hodnocení objektu z hlediska energií slouží Průkaz o energetické náročnosti budov (PENB). V objektech, které už byly realizovány se tento spis dá použít taky, ale v praxi se využívá spíše reálná historická spotřeba energií budovy. V této práci budu používat právě konkrétní údaje vycházející z předchozích let k výpočtům a hodnocení.

3.2 Popis zisků a ztrát

Sestrojení energetické bilance budovy sestává z několika dílčích kroků, které budou popsány dále v této části.



Obrázek 3.1: Energetická bilance podle ČSN EN 832 [2]

3.2.1 Energetické ztráty

Nejprve je nutné se podívat na energetické ztráty budovy. Patří sem ztráty způsobené prostupem tepla střechou, prostupem tepla stěnami, prostupem tepla podlahou, tepelné ztráty okny a prosklením, ztráty větráním a teplo pro ohřev vody.[2] Pro vytvoření energetické bilance sledované budovy je potřeba nejprve tyto ztráty (potřeby) sečíst a analyzovat, zda je možné některé energetické potřeby budovy snížit a tím ušetřit finanční prostředky.

Možnosti snížení energetických ztrát

Mezi největší ztráty bytových domů patří bezpochyby prostup tepla přes fasádu. Tyto ztráty lze omezit zateplením domu, které se provádí kontaktním zateplovacím systémem. Společenství vlastníků jednotek domu (SVJD) již provedlo opatření ke snížení ztrát domu, tato skutečnost je podrobně popsána v části *Historická spotřeba domu*.

3.2.2 Energetické zisky

Dalším krokem je analýza energetických zisků budovy. Vzhledem k tomu, že zisků je veliké množství a vypisování všech by zde nemělo smysl, se zaměřím pouze na ty největší a nejvíc ovlivnitelné. Patří sem tedy dodávka tepla pro vytápění a dodávka tepla pro ohřev vody. I přes to, že budova nemá fotovoltaický systém, je důležité k ziskům zmínit právě elektřinu z fotovoltaických panelů. Její užití v bytovém domě bylo popsáno v kapitole 2. Mezi největší energetické zisky patří právě nakupované teplo od Ostrovské teplárenské, a.s.

Jedná se o teplo pro přípravu teplé vody a v topné sezóně se jedná o teplo pro vytápění objektu. V další části bude tato položka rozebrána podrobněji.

■ Možnosti zvýšení energetických zisků

Jak jsem již uvedl výše, mezi největší energetické zisky bytového domu patří právě teplo od Centrálního zásobování teplem (CZT). Řadí se sem teplo k vytápění a teplo pro přípravu teplé vody. Právě na druhou položku bych se chtěl v této práci zaměřit. Díky fotovoltaickému systému na střeše domu mohou přibýt energetické zisky ze Slunce pro dům, a tím může dojít k omezení zisků od CZT, a tedy úspoře financí.

■ 3.3 Energetická bilance

V této části je podrobně rozebrána historická spotřeba tepelné energie domu pro vytápění a pro přípravu teplé vody.

■ 3.3.1 Historická spotřeba bytového domu

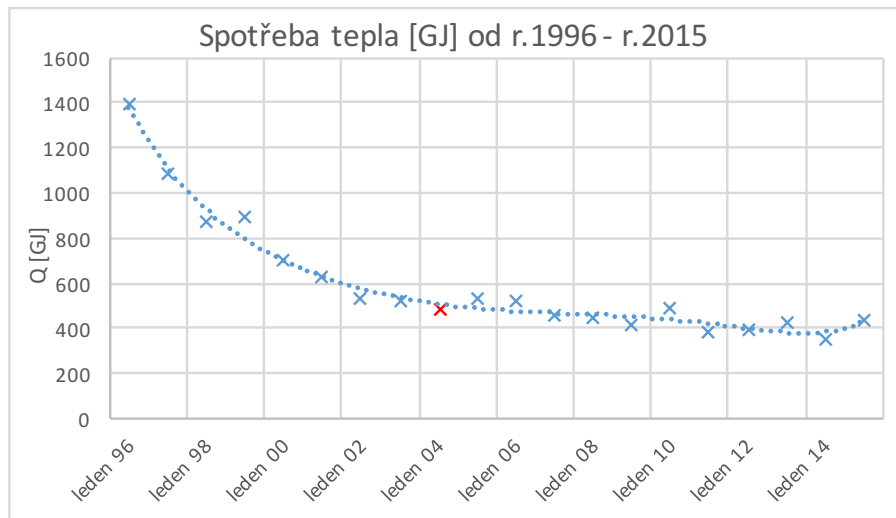
V roce 1997 se SVJD rozhodlo koupit objekt od města. V letech 1999 až 2001 probíhaly dílčí rekonstrukce na bytovém domě, jmenovitě: odbourání komínů, zesílení krovu, rekonstrukce střešní krytiny a hlavně postupné zateplování pláště budovy. V roce 2002 bylo dokončeno kompletní zateplení pláště budovy a zateplení půdy. Právě tyto kroky, jak bude zřejmé z následujících grafů, měly největší vliv na spotřebu energie potřebné k vytápění objektu. Dále v roce 2006 byla vyměněna společná okna (9 kusů), což, jak je uvedeno výše, má také vliv na energetické ztráty v domě.

■ Spotřeba tepla a náklady na vytápění objektu

V následující tabulce a grafu jsou historické údaje, které ukazují spotřebu domu tepla pro vytápění. Vytápěná plocha bytového domu je 1492 m².

Účetní období	Teplo [GJ]	Cena [$\frac{Kč}{GJ}$]
květen 96	1398	162,5
květen 97	1089	180
květen 98	870	269
květen 99	893	294,5
květen 00	699	299
květen 01	632	316
květen 02	531	329,5
květen 03	523	358
prosinec 04	486,4	376,7
prosinec 05	529	392,7
prosinec 06	523	408,5
prosinec 07	457,9	428,4
prosinec 08	445,1	472,5
prosinec 09	412,3	552,5
prosinec 10	494,1	477,5
prosinec 11	380,5	569,5
prosinec 12	397,8	614,8
prosinec 13	429,4	590,4
prosinec 14	354,7	578,6
prosinec 15	437,8	587,3

Tabulka 3.1: Spotřeba tepla pro vytápění



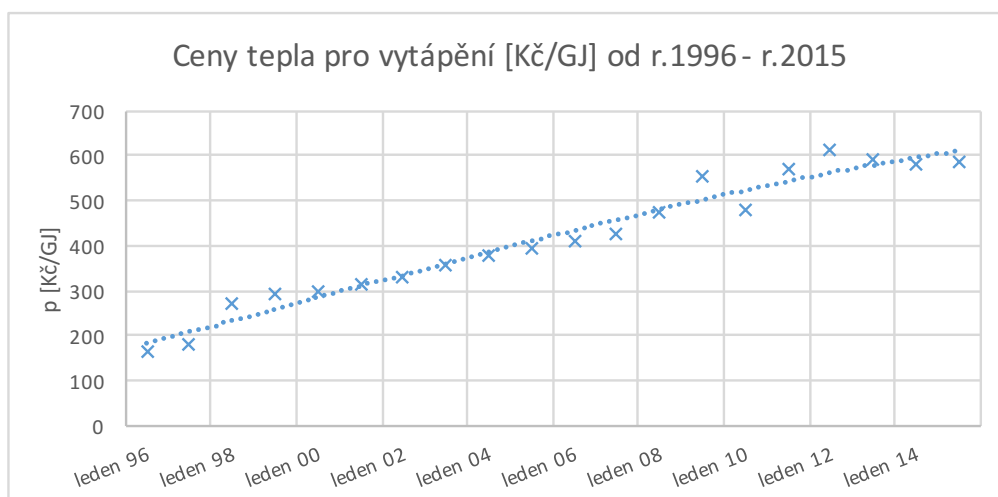
Obrázek 3.2: Graf spotřeby tepla pro vytápění v letech 1996 - 2015

Z obrázku 3.2 lze vypočítat několik skutečností. Velký úbytek spotřeby v roce 1997, který byl způsoben právě odkoupením objektu od města a instalací vlastní regulace vytápění. Další úbytky spotřeby tepla jsou způsobeny právě postupným zateplováním domu. V účetním období 2003/2004 se přecházelo na nový systém, kde se účetní období započítává do konce prosince daného roku (ne do května, jako tomu bylo u předchozích let), tudíž je zde

započítáno 1,5 roku. Tento bod je přepočítán (podělen hodnotou 1,5) a v grafech označen červenou barvou. Dalším bodem, který bych chtěl zmínit, je rok 2010, kde byla velká zima, takže spotřeba tepelná energie byla výrazně vyšší, než v předchozích letech. Na obrázku 3.2 je názorně vidět, jaký vliv má zateplení objektu na celkové spotřebě tepla potřebného na vytápění a také jak počasí dokáže ovlivnit již zmíněnou spotřebu.

Přímou ukázkou úspory spotřeby tepelné energie z důvodu zateplení domu bude porovnání let 1999 a 2002. V roce 1999 ještě nebylo zatepleno a z tabulky 3.1 můžeme vidět, že spotřeba byla $893 \frac{GJ}{rok}$. Oproti tomu v roce 2002, kdy už bylo provedeno kompletní zateplení, byla spotřeba $531 \frac{GJ}{rok}$, což je o 40,5 % méně. V obou letech byly podobné klimatické podmínky.

Dalším důležitým faktorem při hodnocení spotřeby energií jsou právě ceny, které musí SVJD jako konečný spotřebitel zaplatit. V tabulce 3.1 můžeme vývoj cen vidět a následující obrázek 3.3 tento vývoj přiblíží vizuálně.



Obrázek 3.3: Graf vývoje cen tepla pro vytápění v letech 1996 - 2015

Z obrázku 3.3 je zřejmé, že ceny energií mají rostoucí tendenci, což není pro konečného uživatele příliš přívětivá informace. Ceny od roku 1996 do roku 2015 vzrostly o 316 %. Právě takovýto růst cen za teplo nutí investory realizovat projekty, které zajistí úsporu energií.

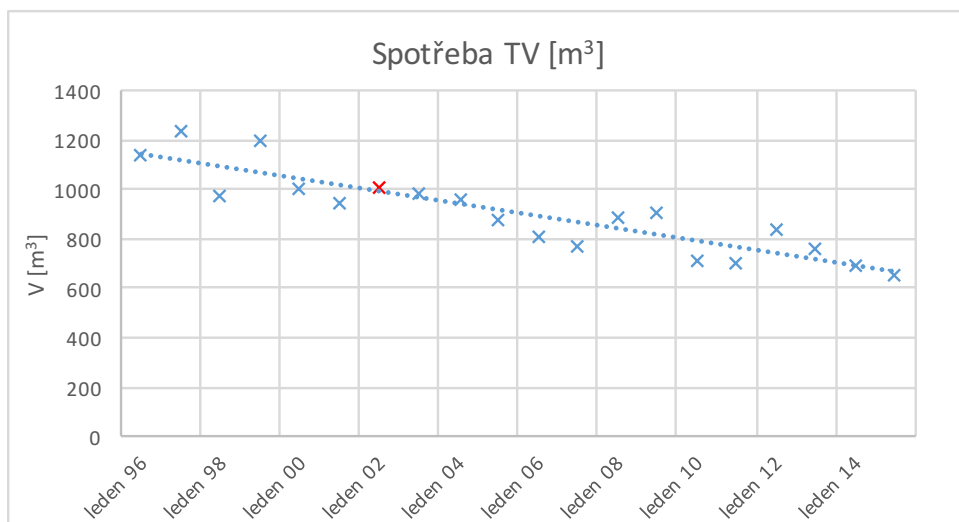
Příklad opět proveden pro roky 1999 a 2002. Jak již bylo uvedeno výše, úspora tepla byla 40,5 %. To i přes růst ceny za 1 GJ o 10,6 % ušetřilo SVJD 88000 Kč za rok.

■ Spotřeba a náklady na přípravu teplé vody

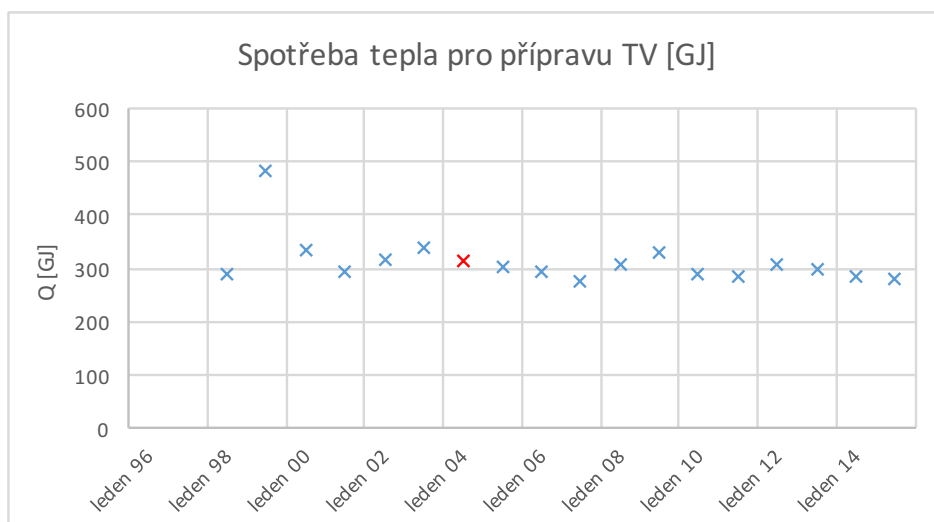
Další důležitou položkou při hodnocení energetické bilance budovy je právě dodávka teplé vody (TV). Při analýze spotřeby TV je nutné pozorovat jak spotřebu vody v m^3 , tak teplo v GJ, které je nutné k ohřevu studené vody na teplou. V dalších tabulkách a grafech bude zřejmý pohled na historický vývoj spotřeby TV ve sledovaném objektu.

Účetní období	Objem [m^3]	Teplo [GJ]	Cena [$\frac{Kč}{GJ}$]
květen 96	1136	nezjištěno	nezjištěno
květen 97	1232	nezjištěno	nezjištěno
květen 98	978	288,6	210,9
květen 99	1201	481	203,5
květen 00	1001	336	269
květen 01	944	295	284,6
květen 02	1013	318,5	296,7
květen 03	979	338,7	315
prosinec 04	968	318	338
prosinec 05	881	303,6	353,9
prosinec 06	812	296	369,6
prosinec 07	773	277,3	388,5
prosinec 08	890	307,6	420
prosinec 09	906,5	328	453,4
prosinec 10	716	288	471,9
prosinec 11	700,5	283	490,6
prosinec 12	841	307,6	520,3
prosinec 13	757,3	298,6	538,2
prosinec 14	693,5	286,7	527,4
prosinec 15	653	281	535,4

Tabulka 3.2: Spotřeba teplé vody



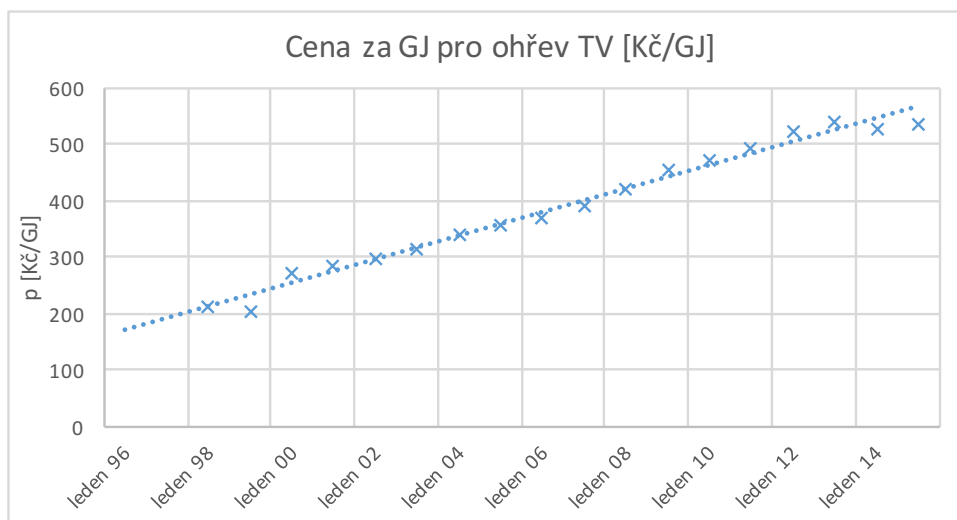
Obrázek 3.4: Graf spotřeby teplé vody



Obrázek 3.5: Graf spotřeby tepla pro přípravu teplé vody

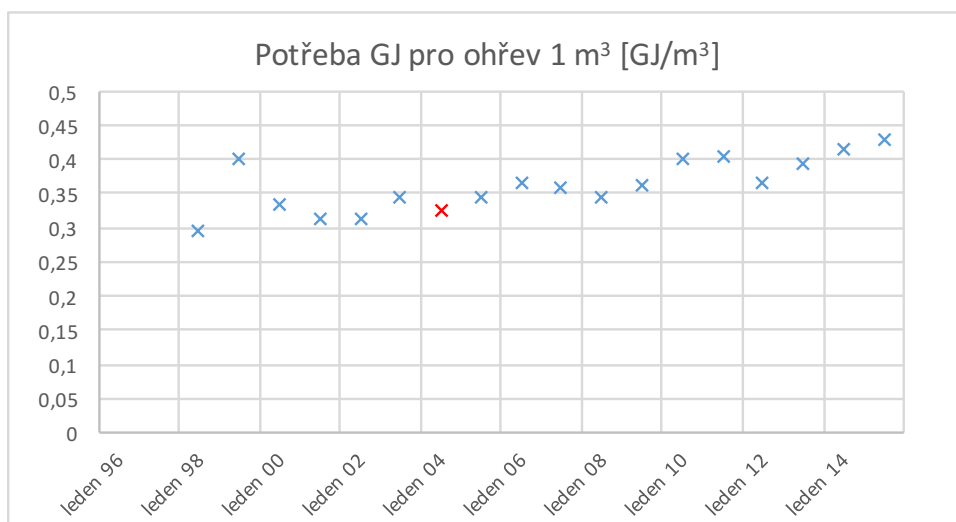
Na obrázku 3.4 lze vypořadovat klesající trend spotřeby TV, což může být způsobeno povědomím obyvatel domu o úsporách a menšímu plýtvání, než tomu bylo v předchozích letech. Dále například rostoucí oblibou sprchování a také spotřebičů využívajících vodu, které jsou mnohem efektivnější.

Z obrázku 3.5 se dá usoudit, že spotřeba tepla na ohřev TV je relativně neměnná, což při klesající spotřebě může být zavádějící. K objasnění této skutečnosti slouží obrázek 3.7, který znázorňuje potřebu tepla v GJ pro ohřev 1 m³ vody studené na vodu teplou.



Obrázek 3.6: Graf vývoje cen tepla pro přípravu TV v letech 1998 - 2015

Obrázek 3.7 může být velice zavádějící, pokud nejsou známy další okolnosti.



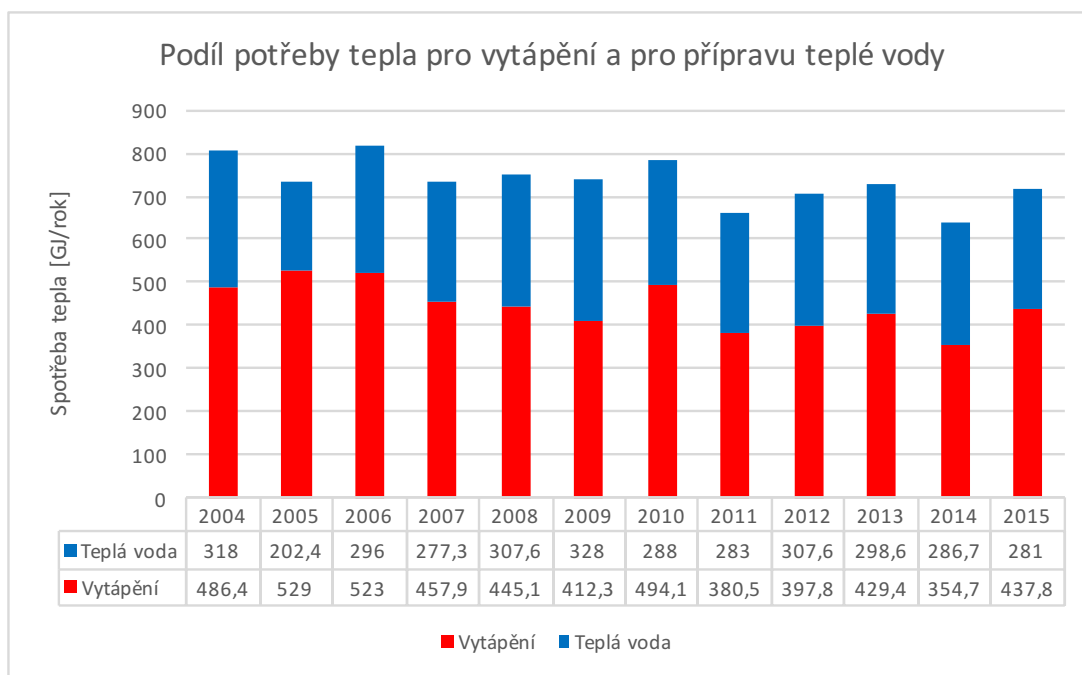
Obrázek 3.7: Graf potřeby tepla pro ohřev 1 m³

Na první pohled se může zdát, že při technickém pokroku a inovacích ve světě teplárenství dochází k tomu, že je potřeba stále více tepla na ohřev 1 m³ vody. Ale toto by do jisté míry mohl být jen důsledek klesající spotřeby TV. Výměník je dimenzován na určitou spotřebu, ale právě klesající spotřeba vody může zavinit to, že výměník nedosahuje dané účinnosti a je zdánlivě potřeba víc tepla - výměník je předdimenzován. A právě kvůli nižší účinnosti výměníku dochází k jevu uvedenému výše, a sice neměnná spotřeba tepla na ohřev vody. Z pohledu koncového uživatele je toto nepříliš pozitivní skutečnost. Tomuto jevu by se dalo předejít předdimenzováním výměníku, například výměnou.

■ 3.3.2 Podíl potřeby tepla pro vytápění a pro přípravu teplé vody

Následující graf znázorňuje podíl tepla na vytápění a tepla na přípravu teplé vody. K analýze jsem si vybral pouze posledních 11 let, jakožto dostačující vzorek reálné spotřeby.

Jak je patrné právě z obrázku 3.8, tak teplo na vytápění v posledních letech důsledkem zateplování domu klesalo (až na rok 2010, kdy byla velká zima) a tím pádem se zvyšuje podíl tepla na přípravu teplé vody z celkové spotřeby. Právě v takovémto případě má smysl uvažovat o systému, který pomůže s ohřevem teplé vody. Teplá voda je spotřebována přes celý rok, což je dalším důvodem, proč se podíl spotřeby tepla na vytápění a tepla na přípravu teplé vody vyrovnává. Jelikož je odběr teplé vody téměř lineární (nejsou zde značné odběrové špičky, co se roční spotřeby týče), je vhodnější dimenzovat zdroj právě na tuto spotřebu. Stavět zdroj na pokrytí špiček ve spotřebě tepla pro vytápění by bylo z technického a ekonomického hlediska podstatně náročnější.



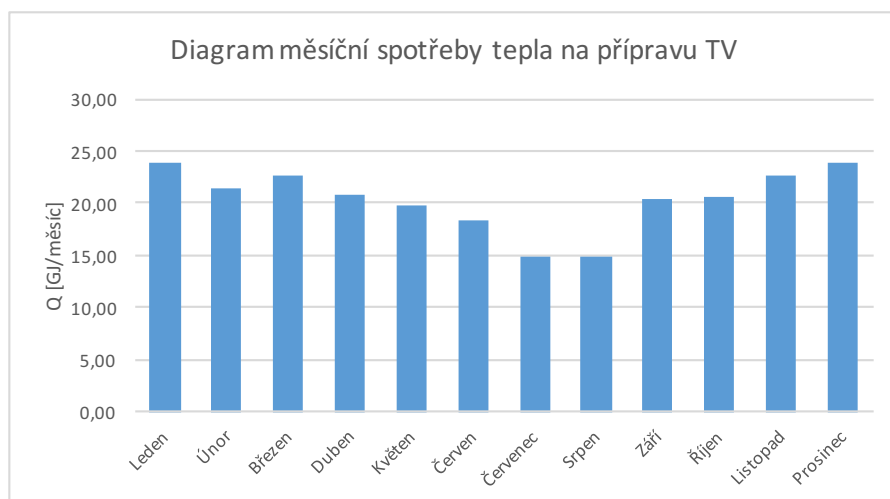
Obrázek 3.8: Graf podílu spotřeby tepla pro vytápění a pro přípravu teplé vody [3]

3.4 Časový průběh spotřeby TV

Nezbytnou součástí návrhu systému pro přípravu teplé vody je i analýza měsíčního a denního diagramu spotřeby TV. V bytovém domě v průběhu psaní této bakalářské práce nebylo denní měření TV možné, protože nebyly k dispozici vodoměry s dálkovým přenosem dat a fyzické odečty vodoměrů nebyly umožněny. Tudíž probíhalo pouze měsíční měření spotřeby TV. Tato analýza je důležitá ke správnému výběru komponent tepelného systému, i k dimenzování výkonu FVE. Tuto analýzu je vhodné provést pro jakékoliv další případné návrhy systému pro vlastní přípravu TV pro bytový dům.

3.4.1 Roční diagram

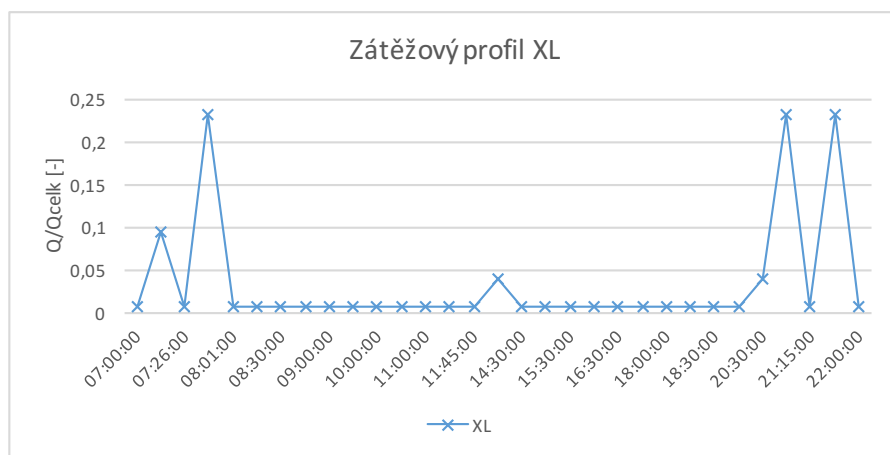
Roční spotřeba TV, a s tím spojená spotřeba tepla pro přípravu TV, má velice typický průběh jako u většiny bytových domů. V letních měsících se předpokládá pokles spotřeby o 20 % - 25 %. Tento pokles má poměrně jasné odůvodnění, a sice že mnoho obyvatel bytového domů odjíždí na dovolené z důvodu prázdnin, venkovní teploty bývají vyšší, a jsou tedy i vyšší teploty studené vody. [11] Tato skutečnost je patrná i z grafu měsíční spotřeby tepla na přípravu TV sledovaného bytového domu na obrázku 3.9.



Obrázek 3.9: Roční diagram spotřeby tepla pro přípravu TV

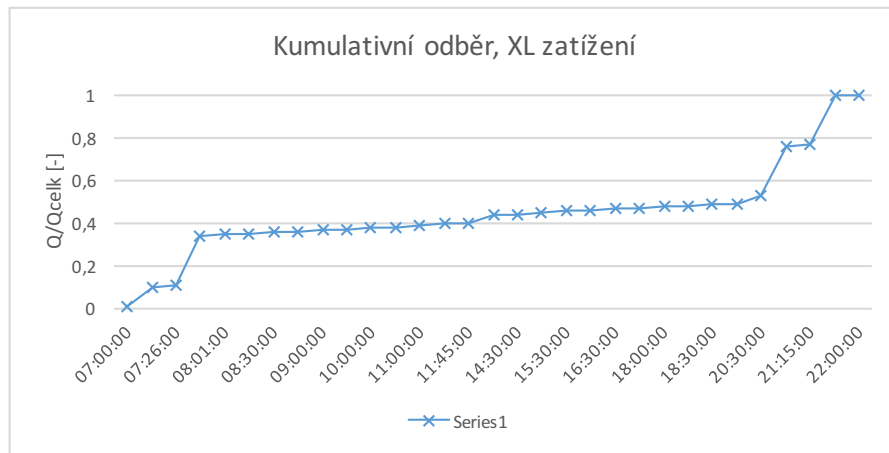
3.4.2 Denní diagram

Denní diagram spotřeby TV jsem vypracoval pomocí normy ČSN EN 15316-3 [12] a Informační příručky pro projektanty [13]. Jsou zde uvedeny typické odběrové profily XS - 4XL, kde je časově rozdělen odběr tepla pro přípravu TV. Pro sledovaný bytový dům jsem vynesl do grafu zátěžový profil XL. Denní diagram jsem uvedl pro úplnost, jelikož je nedílnou součástí přípravného projektu na vlastní zdroj přípravy TV. Pro vyhotovení vlastního zdroje by ovšem bylo optimální provést denní měření spotřeby TV, jelikož reálná spotřeba se může od hodnot normativních značně lišit.



Obrázek 3.10: Denní diagram spotřeby tepla pro přípravu TV

Graf 3.10 je vhodný pro případné dimenzování vlastního zdroje pro přípravu TV. V tomto zatěžovacím profilu jsou patrné odběrové špičky v ranních hodinách, kdy většina obyvatel bytového domu vstává do práce a večerní špičky, kdy probíhá večerní hygiena. Zatěžovací profil XL ukazuje spíše klasický pracovní den, víkendové dny budou mít odběrové špičky spíše v dopoledních hodinách.



Obrázek 3.11: Denní kumulativní diagram spotřeby tepla pro přípravu TV

Graf 3.11 podává lepší informaci o tom, kdy je jaká část potřebného tepla spotřebována. Toto grafické vyjádření je tedy vhodnější pro dimenzování vlastního zdroje pro přípravu TV.

3.5 Teoretické výpočty

V této části se věnuji teoretickým výpočtům potřeby tepla k vytápění a pro přípravu teplé vody. Teoretické výpočty jsou další pomůckou pro sestavení energetické bilance.

3.5.1 Potřeba tepla k vytápění a pro přípravu teplé vody

Použitím teoretického výpočtu [14] zjistíme teplo, které daný bytový dům spotřebuje. Vypočtenou hodnotu dále porovnáme s hodnotami reálnými.

■ Výpočet roční potřeby energie pro vytápění domu

$$\begin{aligned}
 Q_{VYT,r} &= \frac{\epsilon}{\eta_0 \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = \\
 &= \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 60 \cdot 4369}{21 - (-15)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 533,3 \frac{GJ}{rok} = 148,14 \frac{MWh}{rok}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

kde $Q_{VYT,r}$ je roční potřeba energie na vytápění budovy,
 Q_c je tepelná ztráta objektu [kW],
 ϵ je opravný součinitel [-],
 η_0 je možnost regulace soustavy (účinnost obsluhy) [-],
 η_r je účinnost rozvodu a vytápění [-],
 t_{is} je průměrná vnitřní teplota [$^{\circ}C$],
 t_e je venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}C$],
 D je počet vytápěcích denostupňů [$K \cdot den$].

■ Výpočet denní potřeby energie pro přípravu TV

$$\begin{aligned}
 Q_{TV,d} &= (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = \\
 &= (1 + 0,5) \cdot \frac{1000 \cdot 4186 \cdot 2,4 \cdot (60 - 10)}{3600} = 209,3 \frac{kWh}{den} = 0,7535 \frac{GJ}{den}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

kde $Q_{TV,d}$ je denní spotřeba energie na ohřev teplé vody,
 z je koeficient energetických ztrát systému [-],
 ρ je měrná hmotnost vody [$\frac{kg}{m^3}$],
 c je měrná tepelná kapacita vody [$\frac{J}{kg \cdot K}$],
 V_{2p} je denní spotřeba teplé vody [$\frac{m^3}{den}$],
 t_2 je teplota teplé vody [$^{\circ}C$],
 t_1 je teplota studené vody [$^{\circ}C$].

■ Výpočet roční potřeby energie pro přípravu TV

$$\begin{aligned}
 Q_{TV,r} &= Q_{TV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) = \\
 &= 209,3 \cdot 254 + 0,8 \cdot 209,3 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (365 - 254) = 68,4 \frac{MWh}{rok} = 246,24 \frac{GJ}{rok}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

kde $Q_{TV,r}$ je roční spotřeba energie na ohřev teplé vody,
 $Q_{TV,d}$ je denní spotřeba energie na ohřev teplé vody [GJ],
 d je délka topného období [den],
 t_2 je teplota teplé vody [$^{\circ}C$],
 t_{svl} je teplota studené vody v létě [$^{\circ}C$],
 t_{svz} je teplota studené vody v zimě [$^{\circ}C$],
 N je počet pracovních dní soustavy v roce [den].

■ Výpočet celkové potřeby energie pro vytápění a přípravu TV

$$Q_{CELK} = Q_{VYT,r} + Q_{TV,r} = 533,3 + 246,24 = 779,54 \frac{GJ}{rok} = 216,5 \frac{MWh}{rok} \quad (3.4)$$

kde Q_{CELK} je celková roční spotřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody.

■ 3.5.2 Výpočet potřeby teplé vody

K výpočtu potřeby teplé vody jsem použil normu ČSN EN 15 316 [12] a Informační příručku pro projektanty [13]. Ve zmíněné normě jsou definovány specifické potřeby teplé vody pomocí měrné jednotky a poměrem mezi objemem vody a měrnou jednotkou. Pro bytový dům je měrnou jednotkou Osoba a poměrná hodnota se bere hodnota 0,04.

$$V_{W,day} = V_{W,f,day} \cdot f = 0,04 \cdot 60 = 2,4 \frac{m^3}{den} = 2\,400 \frac{l}{den} \quad (3.5)$$

kde $V_{W,day}$ je denní potřeba teplé vody,
 $V_{W,f,day}$ je denní specifická potřeba teplé vody [$\frac{m^3}{měrnájednota \cdot den}$],
 f je počet měrných jednotek [-].

Kapitola 4

Varianty řešení

V této kapitole popisují legislativní prostředí, které se týká tohoto návrhu projektu, dále zde uvádím možné dotace, které by mohlo SVJD získat, a představuji zde jednotlivé mnou vybrané varianty řešení. Uvažuji varianty, které by mohly být integrovány do současného energetického systému domu. Varianty se vylučují, to znamená, že je možná instalace pouze jedné varianty. Tyto varianty jsou v kapitole 6 zhodnoceny a srovnány. Díky tomuto popisu a ekonomickému hodnocení bude zřejmé, zda-li se do jednotlivých variant vyplatí investovat, či ne. Jednotlivý výběr potřebných komponent, jejich pořizovacích cen a nacenění zde uvedených variant je uvedeno v kapitole 5.

4.1 Legislativa a dotace

V této části se krátce věnuji legislativní problematice provozu fotovoltaické elektrárny a podnikání SVJD. Dále zde uvádím současné možnosti dotací, které by se daly čerpat pro výstavbu tohoto systému.

4.1.1 Provoz fotovoltaické elektrárny

Od 01.01. 2016 je dle novely energetického zákona (Zákon č. 458/2000 Sb., § 3 odst. 3) možné provozovat FVE do instalovaného výkonu 10 kWp bez nutnosti licence od Energetického regulačního úřadu, a zároveň pokud je vyrobená elektřina primárně určena pro spotřebu vlastníka (v tomto případě SVJD). [15]

4.1.2 Společenství vlastníků jednotek domu

Dalším úskalím v tomto projektu by mohla být problematika podnikání SVJD, a s tím spojená povinnost odvodu daní a jiných poplatků. Ale vzhledem k tomu, že SVJD by provozovalo případnou FVE pro zajištění energetických

potřeb domu bez zisku a vlastníci by si hradili výdaje s provozem související sami, není třeba se této problematice podrobněji věnovat. Pokud by ovšem v budoucnu SVJD chtělo například rozšiřovat, případně měnit systém, mohla by se tato problematika znovu objevit.

4.1.3 Možné dotace

V současné době jsou k dispozici dvě možné dotace pro bytové domy na úsporu energií. Jedna z nich je Nová zelená úsporám, která se zaměřuje na úspory energie a obnovitelné zdroje v rodinných a bytových domech. Bohužel se tento dotační program týká pouze bytových domů v Praze [16], tudíž tento dům nárok na tuto dotaci nemá.

Další možností je dotační program IROP (Integrovaný regionální operační program), který se vztahuje na bytové domy v ČR kromě Prahy. [17] Tato dotace bude obtížněji dosažitelná, spojená s další administrativou a dalšími komplikacemi. Vypsání dotační tituly však nedávají jednotlivým žadatelům nárok na získání finanční podpory, a to i přes to, že žádost mohou mít vypracovanou správně a v daném operačním programu je alokován dostatek finančních prostředků. Tudíž by se mohlo stát, že SVJD na tuto dotaci nedosáhne, příspěvek neobdrží a proto s touto dotací ve výpočtech nepočítám.

V části 6.4 podrobuji vliv dotací na celkové výsledky citlivostní analýze.

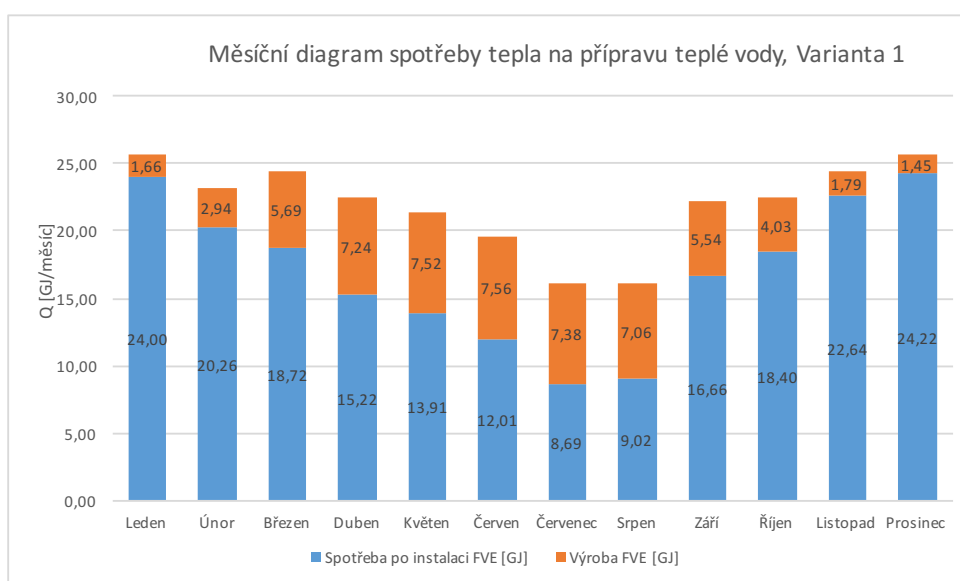
4.2 Varianta 0 - Teplárna

Varianta 0 je referenční varianta, tudíž stávající technické provedení. Znamená to tedy, že nebudou vynaloženy žádné investiční výdaje. Tuto variantu zde uvádím pro úplnost řešení, jelikož s ní počítám v ekonomickém hodnocení. Ostatní varianty budou s tímto řešením porovnány. Výhodou tohoto řešení je téměř nulová potřeba péče a údržby ze strany spotřebitele, protože toto je v režii provozovatele. Nevýhodou je ovšem nulová možnost ovlivňovat cenovou politiku poskytovatele energetických služeb (Ostrovské teplárenské, a.s.).

4.3 Varianta 1 - Teplárna + systém FVE 18 kWp

Varianta 1 obsahuje FVE o instalovaném výkonu 18 kWp, řídicí jednotku, měření a regulaci, topná tělesa, ohřívač vody o objemu 500 l a akumulární nádrž o objemu 1000 l. Princip této varianty je na základě ohřevu vody v akumulární nádrži, která bude přes trubkový výměník ohřívat vodu v ohřívači vody. Jelikož teplota vody v akumulární nádrži může být větší než požadovaných 55 °C, je možné využít veškerou energii poskytnutou FV systémem. Voda se tedy bude předehřívat a nebude třeba takový odběr tepla z teplárny.

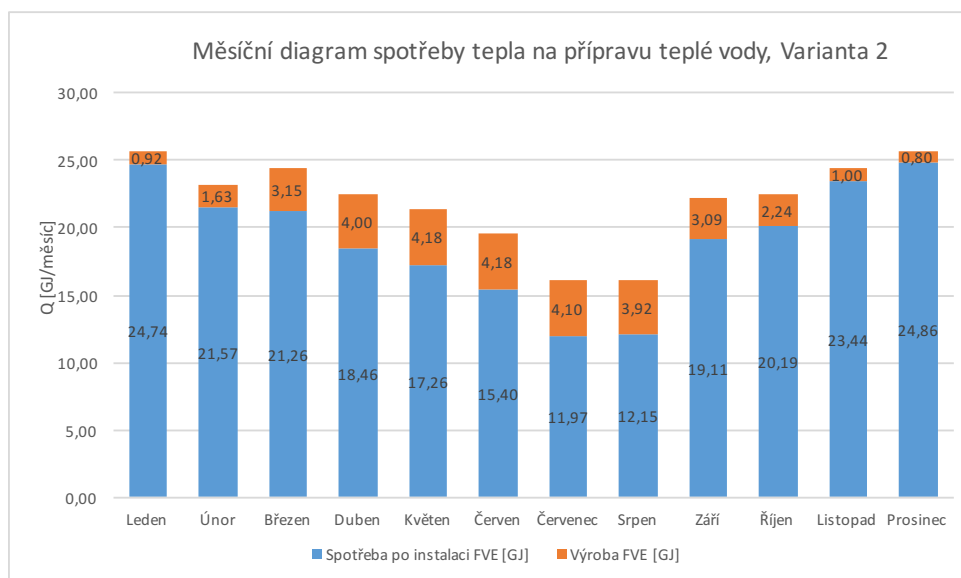
Takovéto řešení je poměrně technicky náročné, jelikož bude nutné propojit stávající vodovodní armatury s novým systémem. Dalším problémem této varianty bude nutnost licence od Energetického regulačního úřadu (ERÚ) na provoz FVE. Akumulační nádrž bude muset být vyrobena na zakázku, jelikož je potřeba, aby do ní bylo možné instalovat tři topná tělesa. Detailnější výběr komponent je v kapitole 5. V části 3.4.1 jsem uvedl roční diagram průběhu spotřeby TV. Pomocí systému PVGIS a tohoto diagramu jsem vypracoval předpokládanou úsporu tepla na přípravu TV. Tato úspora je vidět na obrázku 4.1. Je patrné, že nejvyšší úsporu energie lze předpokládat v jarních a letních měsících, kdy je výroba energie z FVE nejvyšší.



Obrázek 4.1: Měsíční spotřeba a výroba FVE, Varianta 1

4.4 Varianta 2 - Teplárna + systém FVE 10 kWp

Varianta 2 je obdobou varianty 1. Součástí varianty 2 je FVE o instalovaném výkonu 10 kWp, řídicí jednotka, měření a regulace, topná tělesa, ohříváč vody o objemu 300 l a akumulční nádrž o objemu 750 l. Do této akumulční nádrže budou instalovány 2 topné jednotky. Bližší popis výběru komponent pro tuto variantu je uveden v kapitole 5. Stejně jako ve variantě 1 jsem pomocí měsíčního diagramu vypracoval předpokládanou úsporu energie. Jelikož tato varianta má menší instalovaný výkon, je také vidět nižší úspora energie oproti předchozí variantě. Tuto variantu jsem vybral z toho důvodu, že není třeba licence od ERÚ na provoz, tudíž by byla menší administrativní zátěž pro SVJD. Další výhodou je možnost možného rozšíření výkonu FVE.



Obrázek 4.2: Měsíční spotřeba a výroba FVE, Varianta 2

Příklad zapojení obou variant je uveden v příloze C.

Kapitola 5

Výběr komponent tepelného systému

Tato kapitola obsahuje výběr komponent tepelného systému, popis jejich funkcí a spolehlivosti. Správný výběr komponent je nedílnou součástí takovéto investice. Je důležité, aby všechna zařízení byla spolehlivá a plnila svou funkci po co nejdelší dobu. Ke komponentám mnou navrhovaného systému patří: fotovoltaické panely a s tím související doplňující materiál (kabeláž, ochrany, jističe), akumulární nádrž, ohřívač vody a řídicí jednotka. Tato kapitola je rozdělena do částí dle variant. Nejprve uvádím společné komponenty, jako jsou FV panely, řídicí jednotky aj., a poté představuji komponenty jednotlivých variant i s předpokládanými investičními výdaji na tyto varianty. Mnou navržené varianty pracují jako ostrovní systém, a tedy nejsou připojeny k síti. Provozování ostrovního systému nevyžaduje souhlas distributora elektrické energie, jelikož jednotlivé varianty nejsou s distribuční sítí vůbec propojené.

5.1 Společné komponenty jednotlivých variant

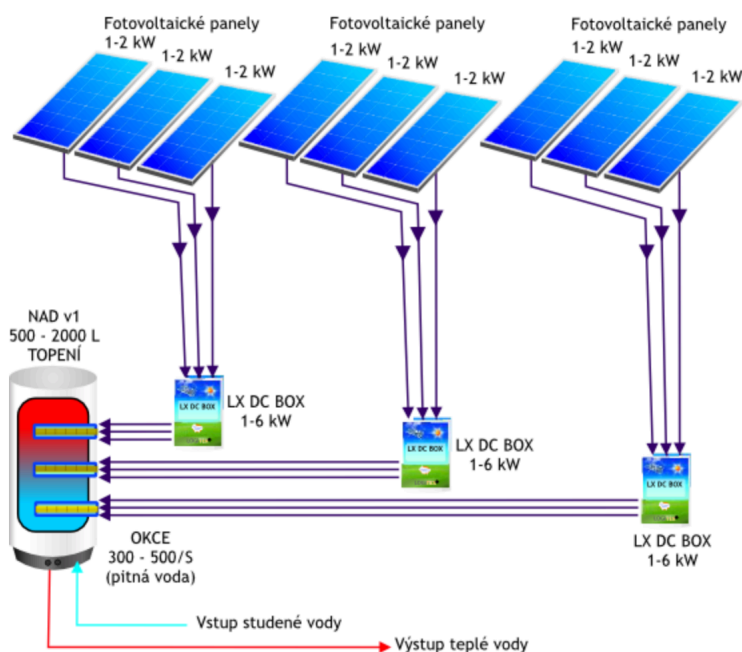
5.1.1 Fotovoltaické panely

Ceny fotovoltaických panelů každým rokem klesají [18], tudíž mají panely čím dál menší podíl na celkové ceně celého systému. Při výběru panelů jsem se pokoušel vybrat panely, které se nejvíce hodí do našich podnebných podmínek. Vybral jsem polykrystalické panely značky HISUNAGE o výkonu 250 *Wp*. Tyto panely mají dle datového listu výrobce garantovaný úbytek výkonu lineárně do 80 % za 25 let a účinnost 15,4 %. Solární panely a datový list jsem našel v internetovém obchodě [19] v ceně 4 828 Kč včetně DPH.

5.1.2 Řídicí jednotka

V části 2.3.2 jsem uvedl dostupné řídicí jednotky na českém trhu. Z těchto zařízení jsem vybral LXDC SET. Toto zařízení používá na ohřev vody stejnosměrný proud vedený z FV panelů. Tyto sety jsou vyráběny ve dvou

provedení, a sice 1-4 kW a 1-6 kW. Každý tento set obsahuje LXDC Box, topné těleso o výkonu vybraného setu a sadu AC a DC kabelů. Je možné je kombinovat k dosažení požadovaného výkonu, např. pro využití instalovaného výkonu 18 kWp z fotovoltaiky je možná kombinace tří setů 1-6 kW, tento stav je uveden na obrázku 5.1. Při kombinaci několika setů je nutná kompatibilita s akumulací nádrží. Výběr kompatibilních akumulacích nádrží je popsán pro jednotlivé varianty zvlášť. Topná tělesa dodávaná s tímto setem mají v sobě integrovaný termostat, tudíž je řídicí jednotka schopna přerušit dodávku energie do těchto těles. Využití této funkce by mohlo být užitečné v letních měsících, kdy by voda v akumulacích nádrží mohla být nahřata na požadovanou teplotu a nebyla by potřeba další dodávka energie. Dalším individuálním zařízením je LXDC Power Box, který funguje jako MPPT Tracker. MPPT, neboli Maximum power point tracking je technologie, která se využívá k optimalizaci a maximalizaci výkonu FVE při různých podnebných podmínkách. Dle datového listu je funkcí tohoto LXDC Power Boxu výkonové přizpůsobení FV panelů ke konstantní odporové zátěži - DC topného tělesa. [20]



Obrázek 5.1: Příklad zapojení několika řídicích jednotek LOGITEX DC Box [4]

5.2 Varianta 1

5.2.1 Akumulační nádrž a ohřívač vody

Při výběru akumulční nádrže jsem se soustředil na to, aby byla zaručena kompatibilita s řídicí jednotkou a FV systémem. V části 2.3.2 jsem uvedl takovéto nádrže. Výběr nádrže a ohřívače vody jsem tedy prováděl u českého výrobce DZ Dražice-strojírna, s.r.o. Bral jsem tedy ohled na konstrukční řešení nádrže, aby do ní bylo možné nainstalovat několik topných patron dle požadovaného výkonu. Pro tuto variantu jsem vybral akumulční nádrž LX NAD 1000 v1 se třemi přírubami, která bude vyrobena na zakázku. Pro tuto akumulční nádrž je potřeba zvlášť dokoupit izolaci. Dále jsem vybral ohřívač vody LX OKCE S 500 NTR/BP + LXDC SET 1-6kW, který je pro mnou navržené technické řešení vhodnou volbou.

5.2.2 Ocenění varianty 1

Na tuto variantu je třeba 72 fotovoltaických panelů HISUNAGE 250 Wp. V části 5.2.1 jsem uvedl výběr akumulční nádrže a ohřívače vody. Další položkou je kabeláž nutná k propojení FVE systému, řídicích jednotek a topných těles v akumulční nádrži. Po konzultaci s místními montážními firmami jsem ocenil montáž FVE, akumulční nádrže a její následné propojení s dosavadní vodovodní armaturou. Výrobky DZ Dražice jsou uvedeny dle doporučených maloobchodních cen na stránkách výrobce.[21] Solární panely jsou oceněny dle cen prodejce. [19] Celkové ocenění je uvedeno v tabulce 5.1.

zařízení	cena za jednotku [$\frac{Kč}{ks}$]	množství [Ks]	celkem [Kč]
Solární panel HISUNAGE 250Wp POLY	4 828	72	347 616
Střešní konstrukce, kabeláž, ochranné prvky	30 000	1	30 000
Akumulační nádrž LX NAD 1000 v1 s 3 přírubami (zakázková výroba)	97 230	1	97 230
Izolace pro AKU nádrže NEODUL LB PP 80 mm (zakázková výroba)	12 100	1	12 100
Ohřívač vody LX OKCE S 500 NTR/BP + LXDC SET 1-6kW	46 305	1	46 305
Logitex LXDC Set 1-6kW	21 726	2	43 452
Logitex LXDX Box 1-2kW	8 916	9	80 244
Práce, projekt, dokumentace	50 000	1	50 000
Celkem			706 947

Tabulka 5.1: Ocenění Varianty 1, uvedené ceny včetně DPH

5.3 Varianta 2

5.3.1 Akumulační nádrž a ohřívač vody

Kritéria pro výběr těchto komponent jsou stejná jako u varianty 1, tudíž výběr probíhal obdobně jako u varianty 1. Pro toto technické řešení jsem vybral akumulaci nádrž LX NAD 750 v1 a ohřívač vody LX OKC 300 NTR/BP + LXDC SET 1-6kW.

5.3.2 Ocenění varianty 2

Pro tuto variantu je třeba 40 fotovoltaických panelů HISUNAGE 250 Wp. Výběr komponent tepelného systému je uveden v části 5.3.1. Ocenění probíhalo obdobně jako u varianty 1. Práce, projekt a dokumentace jsou oceněny dle konzultace s místními montážními firmami. Všechny zbylé ceny jsou uvedeny dle dostupných ceníků jednotlivých prodejců.

zařízení	cena za jednotku [Kč/ks]	množství	celkem [Kč]
Solární panel HISUNAGE 250Wp POLY	4 828	40	193 120
Střešní konstrukce, kabeláž, ochranné prvky	15 000	1	15 000
Akumulační nádrž LX NAD 750 v1 s 2 přírubami (zakázková výroba)	66 990	1	66 990
Izolace pro AKU nádrže NEODUL LB PP 80 mm (zakázková výroba)	12 100	1	10 500
Ohřívač vody LX OKC 300 NTR/BP + LXDC SET 1-6kW	40 530	1	40 530
Logitex LXDC Set 1-4kW	18 218	1	18 218
Logitex LXDC Box 1-2kW	8 916	5	44 580
Práce, projekt, dokumentace	35 000	1	35 000
Celkem			426 563

Tabulka 5.2: Ocenění Varianty 2, uvedené ceny včetně DPH

Kapitola 6

Ekonomické hodnocení

V této části uvádím předpoklady pro výpočet, které jsem si stanovil na základě předchozí analýzy energetických potřeb z kapitoly 3. Dále zde uvádím základní ekonomické ukazatele, pomocí nichž jsem hodnotil mnou vybrané varianty z kapitoly 4. Nakonec je v této kapitole provedena citlivostní analýza stěžejních vstupních parametrů.

6.1 Předpoklady výpočtů a vstupní data

Pro ekonomické hodnocení je důležité určit si předpoklady, ze kterých poté výpočty vycházejí. V tomto návrhu projektu vycházím z následujících předpokladů:

Spotřeba tepla pro přípravu TV: Spotřebu tohoto tepla jsem se pro výpočty rozhodl vzít průměrnou hodnotu spotřeby posledních 5 let, ještě zprůměrovanou s vypočtenou hodnotou z části 3.5. Tudíž počítám s hodnotou 263,62 GJ. Dále, v průběhu životnosti projektu počítám s konstantní spotřebou. Reálná spotřeba by se, dle dat uvedených v kapitole 3, měla pohybovat kolem této hodnoty. Dalším předpokladem jsou platby za teplo pro přípravu TV místní teplárně. Předpokládám, že platby budou probíhat jednosložkovou formou, jako tomu bylo doposud.

Změna cen tepelné energie: Ve výpočtech počítám se 4% nárůstem cen tepelné energie k přípravě TV od místní teplárny. Dle částek uvedených v tabulce 3.2 jsem výpočtem zjistil průměrný meziroční nárůst cen, a sice 5,86 %. Vliv cen tepelné energie na výsledky výpočtů v části 6.4 podrobím citlivostní analýze.

Financování projektu: Ve výpočtech jednotlivých variant předpokládám financování z vlastních prostředků SVJD.

6.2 Ekonomické ukazatele

V této části uvádím obecné vzorce, které jsem použil k výpočtu ekonomické efektivity představených variant. Uvádím zde i jejich použití v mých výpo-

čtech.

6.2.1 Cash flow

Cash flow, neboli peněžní tok, představuje rozdíl mezi příjmy a výdaji v určitém období. Určení cash flow je pro ekonomické hodnocení nezbytnou součástí, jelikož další ekonomické ukazatele právě z něho vycházejí.

$$\text{Cash flow} = \text{příjmy} - \text{výdaje} \text{ [Kč]} \quad (6.1)$$

Součástí výdajů jsou platby teplárně za odebrané teplo. Dále je důležité do výdajů započítat nejen investiční výdaje, ale také náklady spojené s provozem FVE, obnovou součástí systému a další. Tudíž se v mých výpočtech objevují investiční výdaje dle uvažované varianty. Výdaje spojené s provozem FVE jsem určil jako výdaje na čištění panelů. Tyto výdaje jsem určil na $35 \frac{\text{Kč}}{\text{m}^2}$. Do výdajů na čištění panelů jsem zahrnul i pronájem, montáž a demontáž lešení. Dalšími provozními výdaji jsou roční výdaje na revizi jednotlivých komponent dle uvedených variant, ty jsem stanovil na hodnotu $1\,000 \frac{\text{Kč}}{\text{rok}}$. Výdaje spojené se spotřebou elektrické energie jednotlivých měřicích zařízení vzhledem k velikosti systému neuvažuji. Výdaje do obnovy systému uvažuji dle předpokládané životnosti individuálních komponent. Předpokládám výměnu měřicích jednotek a topných těles jednou za 10 let.

Jelikož se v mnou navrhovaných variantách uvažuje pouze snížení výdajů pro přípravu tepla k ohřevu TV od CZT, ve svých výpočtech jsem nepočítal s žádnými příjmy.

6.2.2 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota (NPV) se vypočítá dle vzorce:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - I \text{ [Kč]} \quad (6.2)$$

- kde NPV je čistá současná hodnota,
 T_z je doba životnosti projektu [rok],
 CF_t je cash flow za rok t ,
 r je diskontní míra [-],
 I je počáteční investice v $t = 0$ [Kč].

Standardní použití tohoto ukazatele je takové, že se vybírá projekt s nejvyšší hodnotou NPV. Vzhledem k tomu, že ve své práci uvažuji pouze výdaje

a žádné příjmy, ve výpočtech beru výdaje s kladným znaménkem. Tudíž optimální varianta je ta, která má nejnižší NPV. Nominální diskontní míru r jsem stanovil na 3 %, při uvažování rizikovosti takovéto investice a míry inflace 2 %.

6.3 Ekonomické hodnocení

Ná základě představených předpokladů výpočtů a ekonomických ukazatelů jsem provedl ekonomickou analýzu jednotlivých variant. Všechny výpočty jsou uvedeny v příloženém souboru Excel. V příloze D je uvedena tabulka průběhu Cash flow jednotlivých let a výpočet NPV. V této tabulce je také uvedena průměrná cena za 1 GJ po uvažovanou dobu životnosti jednotlivých variant, tj. 20 let.

Varianty	NPV [tis.Kč]	Průměrná cena za GJ [$\frac{Kč}{GJ}$]
Varianta 0	3 129	798
Varianta 1	3 327	848
Varianta 2	3 288	838

Tabulka 6.1: Výsledky ekonomického hodnocení

Z vypočtených hodnot je patrné, že při mnou stanovených předpokladech se nevyplatí investovat ani do jedné z navržených variant.

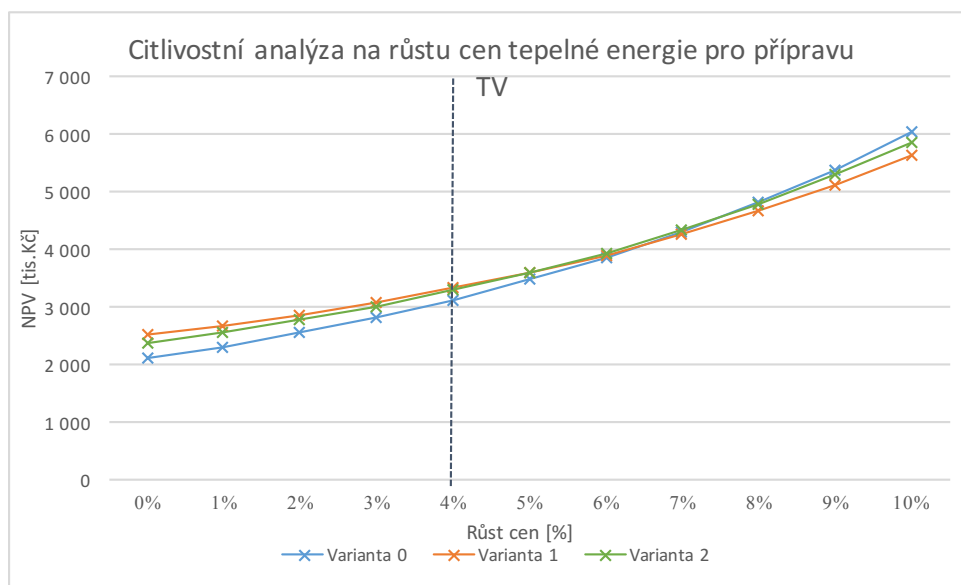
6.4 Citlivostní analýza

Citlivostní analýzou se zjišťuje vliv vstupních parametrů na parametry výstupní, tedy výsledky. Významnými vstupními parametry jsou v tomto projektu meziroční nárůst cen tepla pro přípravu TV a diskontní míra při výpočtu NPV. Oba tyto parametry jsem podrobil citlivostní analýze. Černou přímkou v grafech označuji hodnoty, se kterými jsem počítal v části 6.3.

6.4.1 Citlivostní analýza na růstu cen

Touto analýzou je možné zjistit, při jakém meziročním růstu cen je vhodné do jednotlivých variant investovat.

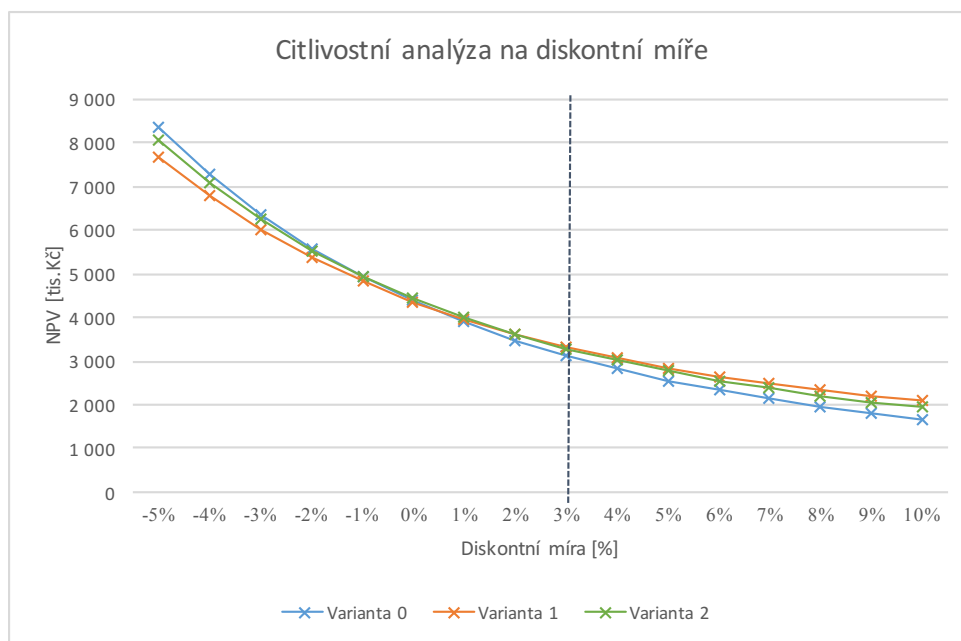
Z obrázku 6.1 lze názorně vidět vliv růstu cen tepelné energie na celkovou výhodnost jednotlivých variant. Při uvažování 0% meziroční nárůstu je patrné, že se do variant 1 a 2 nevyplatí investovat, zatímco při uvažování 10% nárůstu se nejvíce vyplatí investice do varianty 1.



Obrázek 6.1: Graf závislosti NPV = f(meziroční růst cen)

6.4.2 Citlivostní analýza na diskontní míře

Touto analýzou jsem do grafu vynesl závislost diskontní míry na NPV.



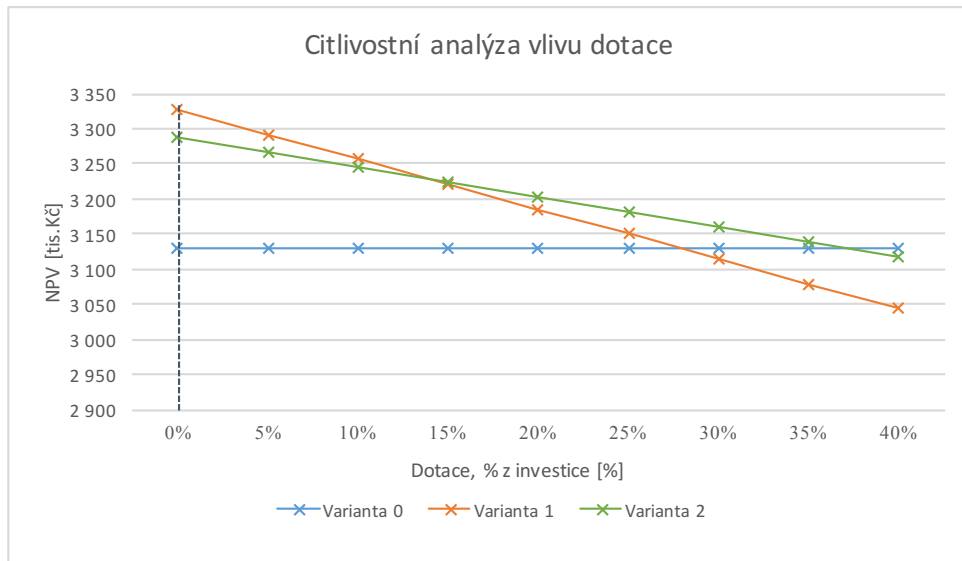
Obrázek 6.2: Graf závislosti NPV = f(r)

Obrázek 6.2 představuje závislost diskontní míry na NPV. Je patrné, že při

daném meziročním růstu cen z předpokladů pro výpočet a diskontem větším než 1 % je optimální ponechat stávající systém teplárny, tedy variantu 0.

6.4.3 Citlivostní analýza vlivu dotace

Maximální velikost dotace uvažují 40 % z investičních výdajů na jednotlivé varianty, dle dotačního programu IROP [17].



Obrázek 6.3: Graf závislosti NPV = f(velikost dotace)

Z obrázku 6.3 je patrné, že pokud by SVJD dosáhlo na alespoň 30% dotaci, vyplatila by se varianta 1. Zatímco na variantu 2 by muselo dosáhnout na 40% dotaci, aby se do této varianty vyplatilo investovat.

Kapitola 7

Závěr

Ve svojí bakalářské práci jsem se snažil zodpovědět na otázku, zda-li se při nynějších podmínkách vyplatí investovat do fotovoltaického systému pro konkrétní bytový dům. Tuto otázku jsem si položil z toho důvodu, že vlastníci bytových domů hledají možnosti pro úsporu energií a plateb za ně.

Pro vytvoření optimálního návrhu jsem nejdříve analyzoval podnebné podmínky v lokalitě bytového domu. Dále jsem určil možnosti využití fotovoltaické elektrárny v tomto domě a ty jsem doplnil o dostupné technologie na českém trhu. Nedílnou součástí návrhu byla analýza spotřeby tepelné energie pro vytápění objektu a spotřeby tepelné energie pro přípravu teplé vody v tomto domě. Tuto analýzu jsem provedl ze získaných historických dat spotřeby energií. Jejich porovnáním jsem zjistil, že je vhodné uvažovat o systému pro přípravu teplé vody. Z této analýzy jsem tedy navrhl dvě varianty, které se dají integrovat do současného energetického systému domu.

Pro úplnost investičního rozhodování jsem určil ekonomické ukazatele, kterými jsem hodnotil jednotlivé varianty. Pro hodnocení jsem využil čistou současnou hodnotu. Ve výpočtech jsem určil vstupní parametry a předpoklady, ze kterých jsem dále vycházel. Z těchto výpočtů vyšlo, že při daných vstupních parametrech je nejvhodnější ponechat stávající energetický systém. Dále jsem podrobil významné vstupní veličiny citlivostní analýze. Z citlivostní analýzy na růstu cen tepelné energie je patrné, že pokud by meziroční růst cen byl 7%, je investice do varianty 1 nebo do varianty 2 vhodná. Pokud by společenství vlastníků bytových jednotek dosáhlo na dotaci ve výši 30 % z investičních výdajů, byla by vhodná varianta 1.

Dovolím si popsat několik možných důvodů špatné ekonomické efektivity těchto variant:

Za prvé, pro obě varianty jsou investiční výdaje poměrně vysoké, a jelikož tento bytový dům nemá nárok na dotaci Nová zelená úsporám a na dotaci z programu IROP by nemusel mít nárok, je poměrně obtížné investiční výdaje snížit. Jednotlivá, mnou navržená řešení, jsou optimalizována pro tento bytový dům.

Za druhé, i přesto, že ceny tepla od místní teplárny každým rokem rostou, jsou stále v hranicích, kdy je lepší ponechat tento systém. Navíc, centrální zdroj tepla má tu výhodu, že vyžaduje téměř nulovou údržbu z pohledu spotřebitele, v tomto případě společenství vlastníků bytových jednotek.

Závěrem lze tedy konstatovat, že na základě zjištěných podmínek, para-

metrů a vypočtených hodnot je vhodné ponechat stávající systém na přípravu teplé vody pro tento bytový dům. Pokud by však výrazněji vzrostly ceny energií od místního dodavatele nebo byly poskytnuty finanční zdroje, bylo by vhodné o mnou navržených variantách opět uvažovat a technicko-ekonomické hodnocení aktualizovat.

Příloha A

Vysvětlivky zkratk

Zkratka	První výskyt v textu	Význam
FVE	2.1.2	Fotovoltaická elektrárna
MaR	2.2.2	Měření a regulace
SVJD	3.2.1	Společenství vlastníků jednotek domu
CZT	3.2.2	Centrální zásobování teplem
TV	3.3.1	Teplá voda
ERÚ	4.3	Energetický regulační úřad
NPV	6.2.2	Čistá současná hodnota

Příloha B

Literatura

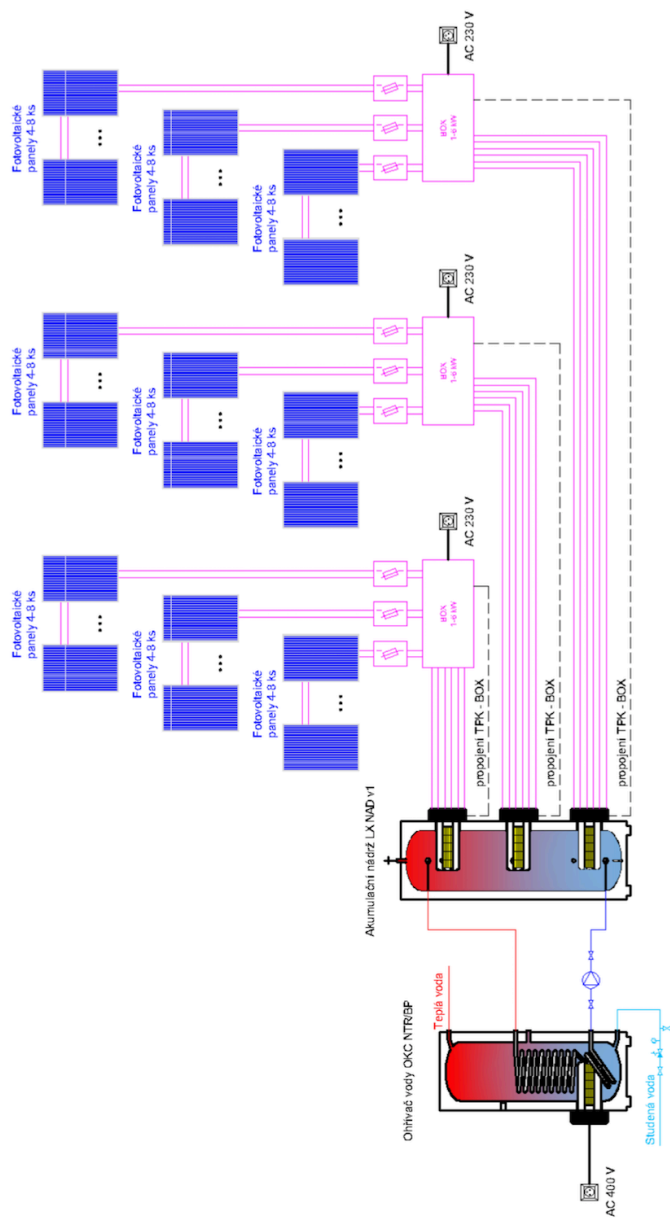
- [1] MASTNÝ, Petr. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Praha: České vysoké učení technické, 2011. ISBN: 978-80-01-04937-2.
- [2] EkoWATT Praha s.r.o. *Energetická bilance domu*. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml>. Accessed: 2016-11-12.
- [3] Ing. Roman Vavříčka Ph.D. *Příprava teplé vody v obytných budovách*. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/14864-priprava-teple-vody-v-obytnych-budovach>. Accessed: 2016-11-12.
- [4] LOGITEX, s.r.o. Schéma: *Elektrické topení a ohřev vody s vysokým výkonem fotovoltaiky (do 18 kW DC)*. Dostupné z: <http://www.logitex.sk/8/index.php?ac=177>. Accessed: 2017-4-24.
- [5] European Union. *Photovoltaic Geographical Information System (PV-GIS)*. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/index.htm>, 1995 - 2016. Accessed: 2016-12-4.
- [6] Tesla, Inc. *Battery cell production begins at the gigafactory*. Dostupné z: https://www.tesla.com/en_EU/blog/battery-cell-production-begins-gigafactory. Accessed: 2017-4-26.
- [7] Biosuntec CZ, s.r.o. *Produkt Biosuntec*. Dostupné z: <http://www.biosuntec.ru/Biosuntec.htmlb17>. Accessed: 2017-3-25.
- [8] UNITES SYSTEMS, A.S. *Produkt Solar Kerberos*. Dostupné z: <http://www.solar-kerberos.cz/cz/produkt>. Accessed: 2017-3-25.
- [9] LOGITEX, s.r.o. *Produkt LOGITEX LXDC Set*. Dostupné z: <http://www.logitex.sk/8/index.php?ac=187>. Accessed: 2017-3-25.
- [10] Družstevní závody Dražice-strojírna, s.r.o. *Fotovoltaická řešení*. Dostupné z: <http://www.dzd-fv.cz/cs>. Accessed: 2017-3-29.

- [11] Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. *Časové rozložení spotřeby teplé vody*. Dostupné z: <http://panelovedomy.ekowatt.cz/tepla-voda/35-casove-rozlozeni-spotreby-teple-vody.html>. Accessed: 2017-3-15.
- [12] ČSN EN 15316-3-1. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [13] Ing. Roman Vavříčka Ph.D. *Informační příručka pro projektanty: Kondenzační kotle, kontrola kotlů a příprava teplé vody*. QUANTUM, a.s., 2017.
- [14] TZB-info. *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody*. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>. Accessed: 2016-12-14.
- [15] AION CS, s.r.o. *Zákon č. 458/2000 Sb., Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>. Accessed: 2017-4-7.
- [16] *Nová zelená úsporám: 2. výzva pro bytové domy - obecné informace*. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/bytove-domy/2-vyzva-bytove-domy/>. Accessed: 2017-4-19.
- [17] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. *Integrovaný regionální operační program: Výzva č.37 energetické úspory v bytových domech II*. Dostupné z: <http://www.dotaceeu.cz/cs/Microsites/IROP/Vyzvy/Vyzva-c-37-Energeticke-uspory-v-bytovych-domech-II>. Accessed: 2017-4-19.
- [18] EnergyTrend, a Business Division of TrendForce Corp. *PV Spot Price*. Dostupné z: <http://pv.energytrend.com/pricequotes.html>. Accessed: 2017-4-26.
- [19] David Štička, fotovoltaické systémy. *HISUNAGE 250Wp POLY*. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/fotovoltaiicke-panely/polykrystalicke-panely/solarni-panel-hisunage-250wp-poly/>. Accessed: 2017-3-25.
- [20] LOGITEX, s.r.o. *LXDC POWER BOX 1-2kW, technický popis*. Dostupné z: http://www.dzd-fv.cz/images/pdf/LXDC_Power_Box_nvod_v5_2_cz.pdf. Accessed: 2017-4-6.
- [21] Družstevní závody Dražice-strojírna, s.r.o. *Ceník: Fotovoltaické ohříváče a akumulární nádrže (planost cen od 1.4.2017)*. Dostupné z: <http://www.dzd-fv.cz/cs/doporucene-prodejni-ceny>. Accessed: 2017-4-4.

- [22] Družstevní závody Dražice-strojírna, s.r.o. Schéma zapojení: *Zapojení LX NAD v1 18kW*. Dostupné z: http://www.dzd-fv.cz/images/nove_obrazky/Akumulacni_nadoby/LX_NAD_v1_18kW-Model.png. Accessed: 2017-4-26.

Příloha C

Příklad zapojení



Převzato z: [22].

Příloha D

Průběh cash flow a výpočet NPV

Srovnání NPV				
rok	Cash flow (výdaje)			diskont
	Teplárna	Varianta 1	Varianta 2	3%
0	-	706 947	426 563	investice
1	146 788	117 426	131 581	
2	152 659	122 205	136 866	
3	158 766	127 187	142 370	
4	165 116	132 380	148 099	
5	171 721	137 794	154 065	
6	178 590	143 436	160 276	
7	185 733	149 318	166 743	
8	193 163	155 449	173 476	
9	200 889	161 840	180 486	
10	208 925	292 198	250 582	
11	217 282	175 445	195 383	
12	225 973	182 683	203 295	
13	235 012	190 227	211 532	
14	244 413	198 091	220 108	
15	254 189	206 288	229 037	
16	264 357	214 831	238 334	
17	274 931	223 736	248 013	
18	285 928	233 018	258 090	
19	297 365	242 693	268 582	
20	309 260	252 777	279 505	
NPV	3 129	3 327	3 288	tis. CZK
Průměrná cena za GJ	798	848	838	Kč/GJ