

České vysoké učení technické v Praze
Elektrotechnická fakulta
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Zajištění energetických potřeb turistického objektu
Diplomová práce

Autor: Bc. Zdeněk Faltys, MSc.
Vedoucí práce: Ing. Tomáš Králík, Ph.D.

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor:Ekonomika řízení energetiky

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Faltys** Jméno: **Zdeněk** Osobní číslo: **393319**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Ekonomika a řízení energetiky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Zajištění energetických potřeb turistického objektu

Název diplomové práce anglicky:

Energy supply of touristy building

Pokyny pro vypracování:

- popište a analyzujte energetické potřeby vybraného turistického objektu
- variantně navrhnete technicky dostupná řešení zásobování daného objektu energiemi
- vyberte optimální variantu zásobování vybraného objektu energiemi z technicko-ekonomického pohledu

Seznam doporučené literatury:

PETRÁŠ, Dušan. Obnovitelné zdroje energie pre nízko-teplotné systémy. Bratislava: JAGA, 2009. ISBN 9788080760755.
ČSN EN 12 831 - Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu
HABERLIN, Heinrich. Photovoltaics: system design and practice. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, c2012. ISBN 9781119992851

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Tomáš Králík Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **17.02.2017** Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **25.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

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.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů.

V Praze dne

.....

Bc. Zdeněk Faltys, MSc.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především Ing. Tomášovi Králíkovi, Ph.D. za vstřícnost, rady a cenné poznámky a také chci poděkovat svojí rodině, že mi byli vždy oporou a podporovali mě během studia.

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou ostrovního provozu na příkladu vybraného objektu. Teoretická část se věnuje ostrovnímu systému a jeho komponentů, kde jsou popisovány jejich funkce v systému. Praktická část se věnuje charakteristice zatížení, výroby a optimálnímu navrhnutí výkonu fotovoltaické elektrárny, která bude využívána i k ohřevu teplé užitkové vody. V závěru doporučuji ekonomicky nejvýhodnější variantu.

Klíčová slova

Ostrovní systém, off grid, fotovoltaická elektrárna, PVGIS, citlivostní analýza, baterie, ekonomické zhodnocení

Abstract

The thesis reflect suggest stand- alone PV- station, which would be situated in Ore mountains. PV- station would produce energy for one touristy building. Design PV- station is also good for lesser depend on diesel. Batteries are used for better use energy from PV- station. Practical part of thesis is about design of options and calculate economical model and investment evaluation. In the end I will recommend the best option.

Keywords

Off grid, PV- station, PVGIS, sensitivity analysis, batteries, economic evaluation

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	15
1 Úvod.....	17
2 Problematika zásobování objektů energiemi.....	18
2.1 Analyzovaná lokalita a výběr zdrojů.....	19
3 Popis objektu.....	21
3.1 Orientace objektu	22
3.2 Energetická náročnost objektu	22
3.2.1 Elektrická energie.....	24
3.2.1.1 Optimalizace spotřeby	26
3.2.1.2 Denní a sezónní diagramy.....	28
3.2.2 Tepelná energie	29
3.2.3 Voda	30
4 Vybrané obnovitelné zdroje energie.....	31
4.1 Biomasa.....	31
4.2 Sluneční energie	31
4.2.1 Využití solární energie v ČR.....	32
4.3 Podpora OZE.....	33
4.4 Národní akční plán pro energii z OZE	35
4.5 Legislativa v ČR ohledně OZE	37
4.5.1 Podpora FVE v ČR.....	37
5 Ostrovní systém.....	40
5.1 Fotovoltaické panely	40
5.1.1 Monokrystalické panely	41
5.1.2 Polykrystalický panel	41
5.1.3 Tenkovrstvé panely	42
5.2 Baterie	42

5.2.1	Olověný akumulátor	43
5.2.2	Nikl-Metal Hydridová baterie	43
5.2.3	Lithiové baterie	44
5.3	Solární regulátor nabíjení	45
5.4	Elektrocentrála	46
5.5	Střídač.....	46
6	Návrh systému.....	47
6.1	Fotovoltaické panely	47
6.1.1	Typy dnů během roku	47
6.1.2	Fotovoltaické panely	48
6.1.2.1	Určení velikosti panelů	51
6.2	Návrh baterií.....	53
6.3	Návrh elektrocentrály	55
6.4	Návrh regulátoru	57
6.5	Návrh střídače	58
6.6	Návrh regulátoru využití elektrické energie.....	58
6.7	Celková cena systému	58
7	Ekonomické zhodnocení provozu FVE na vybraném objektu.....	61
7.1	Ekonomické hodnocení efektivnosti investic.....	61
7.1.1	Metody dynamické.....	61
7.1.1.1	Metoda čisté současné hodnoty	61
7.1.1.2	Metoda vnitřní míry výnosnosti.....	62
7.1.2	Metody statické	62
7.1.2.1	Metoda komparace nákladů	62
7.1.2.2	Metoda komparace doby návratnosti	62
7.2	Ekonomické zhodnocení variant	62
7.2.1	Varianta 0- bez fotovoltaické elektrárny.....	63

7.2.2	Varianta 1	65
7.2.3	Varianta 2	66
7.2.4	Varianta 3	68
7.2.5	Varianta 4	69
7.2.6	Shrnutí ekonomického porovnání	72
7.2.7	Citlivostní analýza.....	74
8	Závěr.....	77
	Citovaná literatura a zdroje informací.....	80
	Seznam grafů.....	84
	Seznam tabulek	85
	Seznam obrázků	86
	Seznam vzorců	87
	Seznam příloh.....	88
	Přílohy	89

Seznam použitých zkratek

AC	Alternating current, střídavý proud
CF	Cash flow
ČR	Česká republika
DC	Direct current, stejnosměrný proud
DCF	Diskontovaný cash flow
DoD	Depth of discharge, hloubka vybíjení
ERU	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
CHKO	Chráněná krajinná oblast
LiFePO ₄	Lithium-železo-fosfátový akumulátor
NAP	Národní akční plán
NPV	Net present value, čistá současná hodnota
OZE	Obnovitelné zdroje energie
TUV	Teplá užitková voda
TV	Televize
Wp	Watt peak, maximální dosažitelný výkon fotovoltaického panelu, článku, elektrárny

1 Úvod

Tato práce se zabývá problematikou zajištění energetických potřeb vybraného turistického objektu, který se bude nacházet v Krušných horách. K tomuto tématu mě inspirovali zkušenosti z ročního studijního pobytu na Sibiři, kterého jsem se zúčastnil v rámci double degree programu. Během pobytu jsem navštívil mnoho odlehlých míst, která byla nucena pracovat v ostrovním režimu. Díky těmto setkáním jsem se začal zajímat o ostrovní režimy a možnosti jejich využití v České republice.

První část práce objasňuje možné problémy zásobování objektů energiemi a vysvětluje důvody, které mohou vést ke zvolení ostrovního režimu. Následně analyzuji vybranou lokalitu, kde se bude objekt nacházet. V této kapitole objasním možnosti připojení k veřejné elektrické síti a z toho plynoucí rozhodnutí zvolení ostrovního režimu. Následně vyberu ve vybrané lokalitě vhodné zdroje energie.

V následující kapitole, kde se popisuje vybraný objekt a jeho energetické potřeby se zaměřím na spotřebu elektrické energie. Poté se budu zabývat vybranými zdroji OZE a budu popisovat podporu OZE a legislativu s OZE související.

V další kapitole budou popsány jednotlivé komponenty ostrovního systému. Následně je v této kapitole budu navrhovat dle technických parametrů.

Hlavní kapitolou práce je ekonomické zhodnocení navrhnutých variant, které budu porovnávat podle NPV. Po ekonomickém zhodnocení navrhu investorovi nejvýhodnější variantu. Protože se některé vstupy mohou měnit, vypočítám citlivostní analýzu na určité vstupy.

2 Problematika zásobování objektů energiemi

V dnešní době je elektřina ve většině domácností samozřejmostí. V hustě obydlených částech světa je k dispozici veřejná elektrická síť, ke které není většinou problém se připojit. Tím odpadá problém s dostupností elektrické energie. Ovšem po celém světě je mnoho míst, kde není k dispozici veřejná elektrická síť, nebo je velmi vzdálená. Není ekonomicky výhodné a v některých případech technicky nemožné stavět vedení, které by často vedlo několik desítek nebo stovek kilometrů, kvůli několika obydlím. Z tohoto důvodu se využívá systém, který se nazývá ostrovní režim, což je systém, který není napojen na veřejný rozvod elektrické energie, tzv. off grid. Tyto oblasti mohou být velmi odlehlé a proto i náklady na dopravu fosilních paliv jsou často vysoké. V některých oblastech je například potřeba využít vrtulník k dopravě fosilních paliv, ale tento jev je častější ve světě, než v České republice. Dříve se především využívaly fosilní zdroje energie, ale později se rozvinuly ostrovní režimy, kde se část energie vyrábí z obnovitelných zdrojů a část z fosilních zdrojů, tzv. hybridní systém.

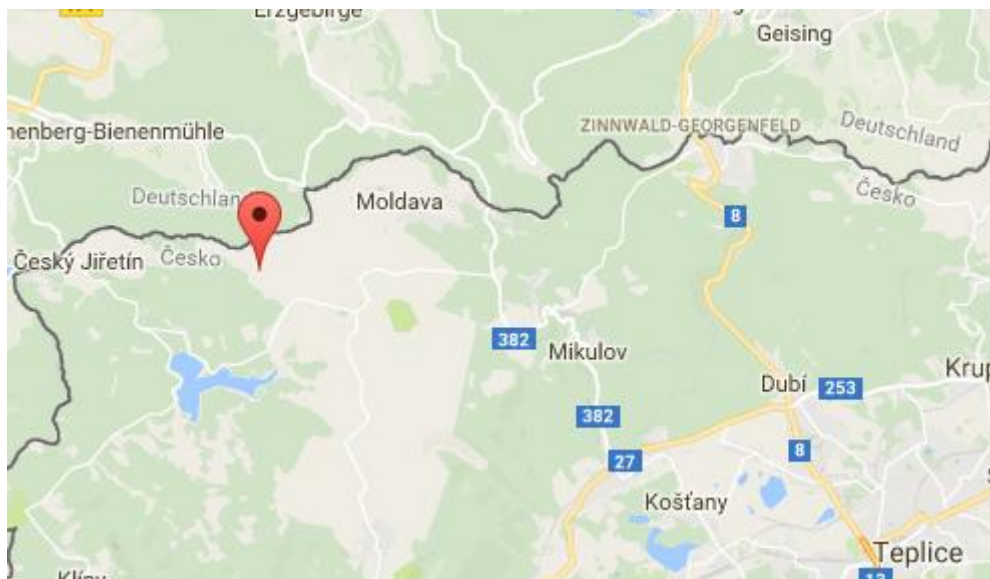
Obnovitelné zdroje energie (dále jen OZE) jsou v současné době akceptovány a podporovány také z důvodu snahy o ochranu životního prostředí. Mají i své nevýhody, mezi které patří například nízká hustota energie. V porovnání s neobnovitelnými zdroji, jako jsou například fosilní a jaderné zdroje, je potřeba větší plocha pro výrobu stejného množství energie. Mezi další nevýhody OZE patří závislost některých zdrojů (slunce, vítr) na vnějších neřiditelných podmínkách, jako například oblačnost, srážky, roční období, rychlost větru, teplota a tím způsobená nestálost výroby a obtížné přesné predikování výroby.

I v hustě obydlené zemi, jako je Česká republika, se vyskytují místa, u kterých je velká vzdálenost k veřejné elektrické síti. Tato místa se vyskytují například v horách. Silná stavební omezení platí například v národních parcích a v CHKO. V těchto oblastech může být problém postavit přívodní volné nebo kabelové vedení, což může být další důvod pro ostrovní režim.

Na základě výše uvedených problémů si tato práce klade za cíl ověřit technickoekonomické možnosti ostrovního režimu v České republice na příkladu vybraného objektu.

2.1 Analyzovaná lokalita a výběr zdrojů

Vybraná lokalita se nachází v Krušných horách poblíž obce Moldava a je velice populární pro zimní i letní sporty. V místě se nenachází CHKO ani národní park.



Obrázek 1: Mapa s vybranou lokalitou [5]

Objekt, který analyzují, bude využíván i jako občerstvení a ubytovna pro 4-6 lidí. V moderním světě si život bez elektřiny už téměř neumíme představit, a jelikož zde bude provozováno občerstvení a ubytování, nebudu uvažovat o variantě, kdy by v objektu nebyla zavedena elektrická energie. Technicky nejsnazší varianta by byla připojit objekt k veřejné elektrické síti, ale k tomuto připojení by bylo potřeba se připojit k síti v obci Moldava, která je vzdálena 4 km východně přes louku nebo k obci Horní Ves, která je vzdálena 2 km západně přes les.

V uvažované lokalitě není poblíž plynová soustava, proto s využitím plynu také nemohu počítat. Z těchto důvodů je vhodné zvolit ostrovní systém.

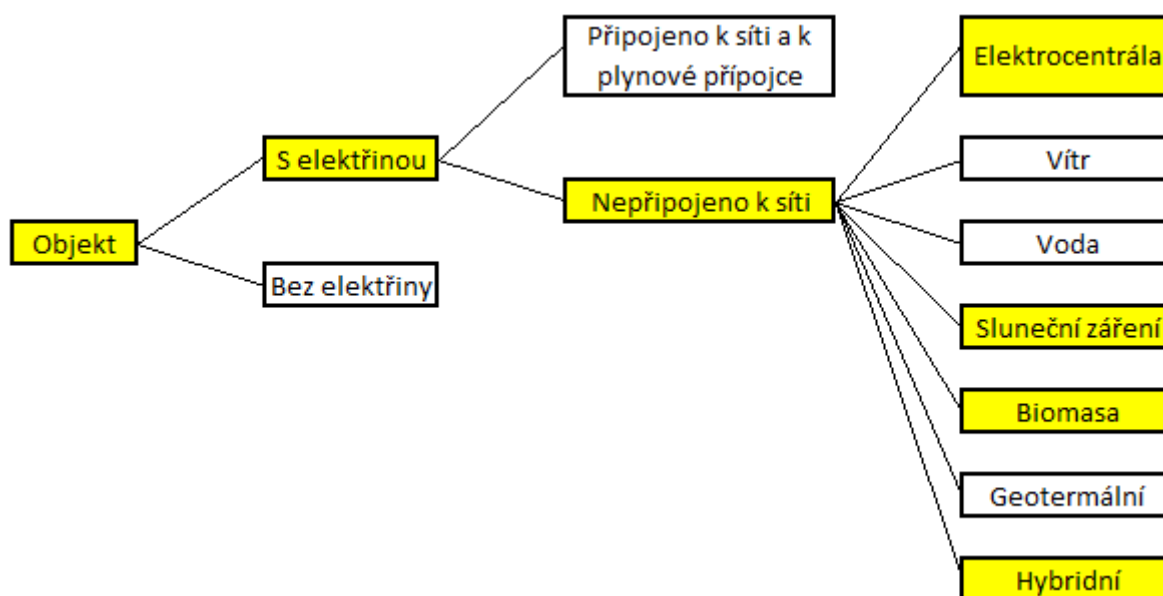
Poté je třeba si odpovědět, které zdroje elektrické energie zde mohou využít. Z fosilních zdrojů v úvahu připadá možné využít elektrocentrály. K objektu vede komunikace, proto by nebyl problém s dopravou paliva

Z obnovitelných zdrojů energie nemohu využít vodní zdroj, jelikož v nejbližším okolí není zdroj vody s dostatečným průtokem a spádem.

Z důvodu nedostatku dat o proudění větru v několika metrech nad zemí neuvažují s větrnou elektrárnou. Dalším důvodem jsou vysoké lesy, a tudíž turbínu by bylo nutné postavit nad výšku stromů, což by bylo neestetické i drahé. Tato větrná elektrárna by sloužila

jen pro jeden objekt, což předpokládám, že by bylo ekonomicky neefektivní, protože pořizovací cena takové elektrárny by byla v řádu milionů.

Biomasu navrhuji využít ve formě pelet, které se budou dovážet po dostupné komunikaci. Pelety se budou spalovat v kotli na pevné palivo. Pro případné přitápění v krbu se bude využívat dřeva. Z obnovitelných zdrojů mohu využít také sluneční energii, kterou využiji pomocí fotovoltaických panelů.



Graf 1: Možnosti zásobování energiemi

V předchozím grafu je znázorněn postup výběru energetického zdroje. Pro výběr zdroje byla také důležitá skutečnost, že investor si přeje využívat obnovitelné zdroje energie a ne pouze neobnovitelné, jako například elektrocentrálu na fosilní paliva. V následující kapitole je popis obnovitelných zdrojů energie.

3 Popis objektu

V této kapitole analyzuji objekt a zaměřím se na jeho energetické potřeby, hlavně na spotřebu resp. dodání elektrické energie. Požadavek od investora je provozování objektu ve standardním provozu.

Pro studii jsem vybral dřevěný dvouposchodový dům, který má zároveň být v architektonickém souladu s okolní přírodou. V objektu je plánováno malé občerstvení a ubytování pro 4-6 lidí. Vybraný objekt je zobrazen na následujícím obrázku. Objekt byl vybrán ve spolupráci s firmou Haniš srubové domy s.r.o.



Obrázek 2: Vybraný objekt

V některých případech může být orientace domu libovolná, ale protože chceme na střechu objektu umístit fotovoltaické panely je orientace objektu zásadní. Jestliže budeme střechu s vikýři orientovat na jih, budeme získávat více světla a tepla do druhého poschodí, ale naopak přijdeme o plochu, kde by mohly být umístěny fotovoltaické panely. Druhou možností je natočení na jih střechy bez vikýřů, kdy získáme větší plochu střechy, která má ideálnější úhel pro umístění panelů. To ale za cenu menšího světla a získaného tepla skrz vikýře, které by byly umístěny na sever. Tyto vikýře nechceme odebrat z důvodu, že by jedna místnost byla zcela bez okna a ve druhé by bylo méně světla. V následujícím výpočtu je vypočítána energie dopadající na užitnou plochu ve dvou různých případech, které jsou popsány výše. Tento výpočet je zpracován pro porovnání.

3.1 Orientace objektu

Investora zajímalo, jaká je maximální energie, kterou mohou získat ze slunečního záření na střeše domu. Část střechy, která je bez vikýřů, poskytuje plochu pro umístění 51 panelů. Druhá strana střechy s vikýři se skládá ze dvou částí. Na první část střechy s vikýři se sklonem 48° je možné umístit pouze 32 panelů, tedy o 20 méně než v prvním případě, ale je zde i druhá část střechy, na kterou je možné umístit 26 panelů, ale střecha má sklon 11°. Tento sklon je neoptimální a nedoporučuji umístit panely na tuto část střechy, nebude-li to nutné. Další nevýhodou malého sklonu může být horší odtávání a odpadávaní sněhu v zimních měsících a větší usazování nečistot v průběhu roku. Ideální sklon střechy v uvažované oblasti by byl 34°, k čemuž se více blíží střecha bez vikýřů.

Orientace vikýři na jih je výhodnější z hlediska osvětlení a průniku tepla do budovy. Dále je popsána energetická náročnost budovy.

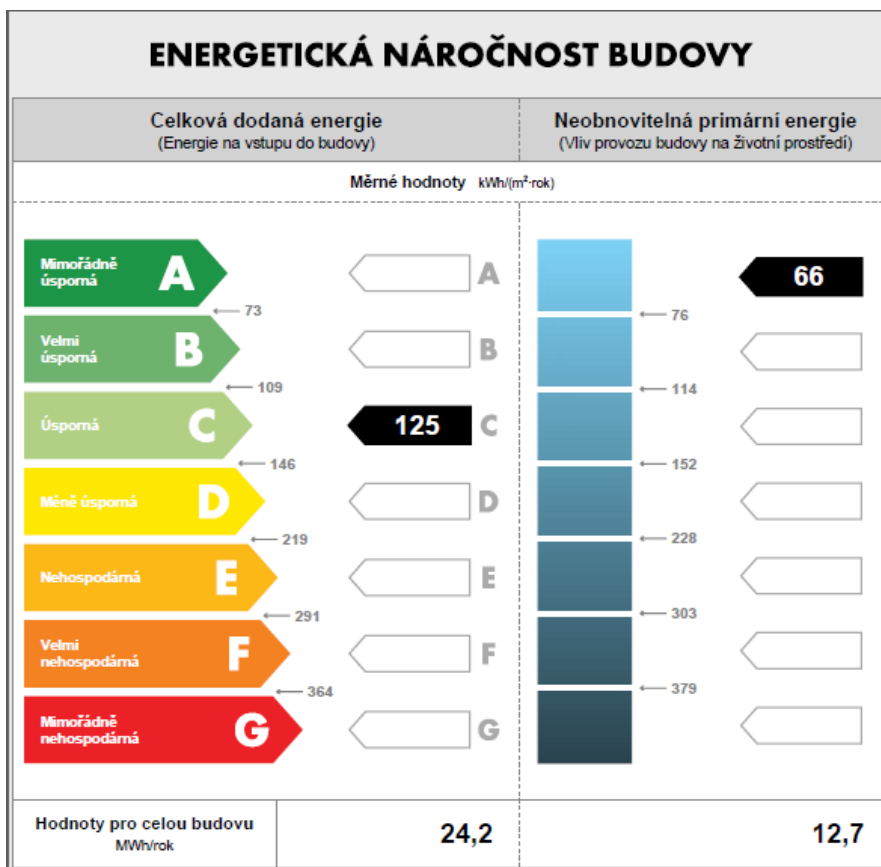
3.2 Energetická náročnost objektu

V České republice je od 1. 1. 2009 povinnost mít průkaz energetické náročnosti budovy u každé nové budovy, nebo budovy, která je rekonstruována a jejíž celková podlahová plocha je větší než 1000 m². Rekonstrukcí jsou myšleny úpravy, které mají dopad na energetickou náročnost a ne pouze drobné opravy. Podle zákona je to zásah do více než 25 % pláště budovy nebo změna vytápění objektu. Firma Haniš srubové domy s.r.o. poskytla údaje o energetické náročnosti objektu.

Tabulka 1: Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy dle vyhl. 148/2007 Sb. [24]

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

V přechodí tabulce je uvedeno slovní vyjádření energetické náročnosti budovy, kde je stupnice od A do G, kdy stupeň A je nejlepší. V současné době musí nová budova splňovat stupeň nejhůře C. Na následujícím obrázku je energetická náročnost objektu, který investor zvolil.



Obrázek 3: Energetická náročnost budovy

Na přechodím obrázku je uvedena energetická náročnost objektu, kdy je náročnost analyzovaného objektu na stupni C.

Druhy energií, které dům potřebuje, jsem rozdělil na tři druhy. První je elektrická energie, tepelná energie, a voda.

3.2.1 Elektrická energie

Pro spotřebu elektrické energie v domě jsem navrhl následující tabulku, která vychází z reálných dat a zkušeností.

Tabulka 2: Spotřebiče v domě

Spotřebiče	P_n [W]	Denní čas využití [h]	W_{den} [kWh]	W_{rok} [kWh/rok]
Světla	300	3,00	0,9	328,5
Trouba	2 500	0,30	0,8	273,8
Lednice	300	2,00	0,6	219,0
Myčka nádobí	2 000	1,00	2,0	730,0
Zásuvky	500	2,00	1,0	365,0
Čerpadlo	600	0,33	0,2	73,0
Oběhové čerpadlo	100	24,00	2,4	657,0
Pračka	2 000	0,09	0,2	62,6
Mikrovltná trouba	900	1,00	0,9	328,5
Vysavač	1 500	0,14	0,2	78,2
Kávovar	800	0,75	0,6	219,0
Rychlovarná konvice	2 000	0,50	1,0	365,0
PC	250	3,00	0,8	273,8
Žehlička	2 200	0,04	0,1	34,4
LED TV	50	3,00	0,150	54,8
Celkem	16 000		11,6	4 007,7

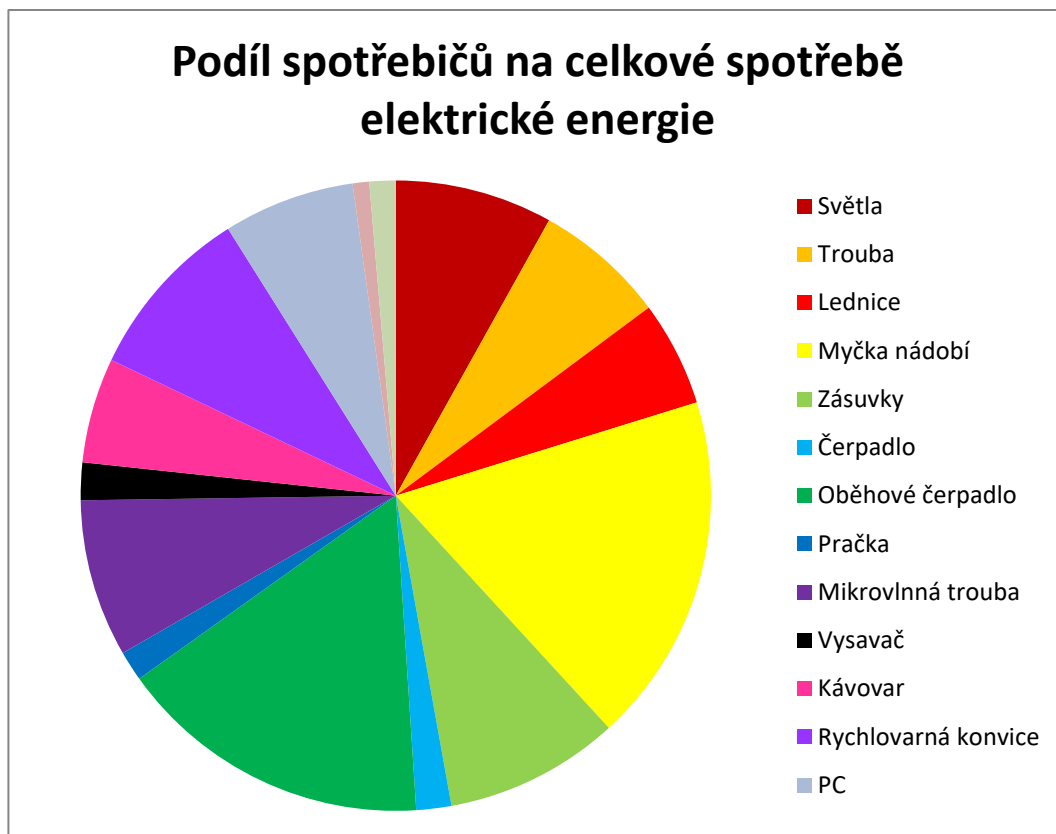
V předchozí tabulce uvádím jednotlivé spotřebiče a jejich příkon P_n . Ve třetím sloupci je navrhovaný denní čas využití. Veškeré svícení v domě je pomocí LED svítidel. Počítal jsem se svícením 3 hodiny denně. Tento čas považuji za dostatečný, protože je nepravděpodobné, aby svítla všechna světla ve stejný čas. Dalším spotřebičem je trouba, u které je obtížné určit denní využití, jelikož nepracuje nepřetržitě během jednoho cyklu a odebíraný příkon není konstantní, jelikož odebírá větší výkon na začátku a po vyhřátí je již odebíraný výkon menší. Proto jsem ze spotřeby na hodinový cyklus přepočítal čistý čas pro odběr nominálního výkonu. V mém případě jsem předpokládal spotřebu 0,8 kWh na hodinový cyklus pečení. Tato hodnota považuji za dostatečnou, jelikož zde bude také mikrovltná trouba, která se bude také používat k přípravě obědů. U lednice byl podobný problém jako u trouby a zde je předpoklad spotřeby 0,6 kWh/den. U myčky na nádobí jsem přemýšlel kolik cyklů denně bude myčka pracovat. Po úvaze, že se zde bude nacházet obědování, jsem zvolil dva cykly na den, kdy jeden cyklus spotřebuje 1 kWh. Kategorie zásuvky obsahuje menší spotřebiče, jako například nabíječky na telefon, lampičku, drobné pomůcky v kuchyni, router

a podobně. Čerpadlo o výkonu 600 W bude sloužit k čerpání vody ze studny. Při maximálním čerpacím výkonu 1400 l/s je schopno přečerpat 400 l za 20 min, což je předpokládaná spotřeba vody v objektu. [31] Oběhové čerpadlo je potřeba k oběhu nemrznoucí kapaliny v topném systému a ve výpočtu nepracuje čerpadlo 3 měsíce během netopné sezóny. U pračky se počítá s dvěma cykly za týden, kde jeden cyklus spotřebuje 0,7 kWh. Dalším spotřebičem je mikrovlnná trouba, která má příkon 900 W a je zde doba využití jedna hodina, z důvodu občerstvení a větší potřebou mikrovlnné trouby než u klasického rodinného domu. U vysavače bude doba provozu pouze jedna hodina týdně. Dalším pomocníkem v kuchyni bude kávovar, který bude využit pro přípravu kávy pro turisty. Rychlovarná konvice bude mít také větší denní spotřebu než u rodinného domu z důvodu podávání čajů zákazníkům. Denní využití konvice bude půl hodiny denně. Dalším spotřebičem je počítač, bez kterého si v současné době nedovedeme představit podnikat. Předpoklad chodu PC bude 3 hodiny denně. U žehličky je velký příkon, ale bude ho odebírat také nepravidelně podobně jako trouba. Předpokládáme žehlení v průběhu dvaceti minut týdně. Dalším důležitým spotřebičem je LED TV, která má ale malý příkon a bude spuštěna tři hodiny denně.

Tabulka 2 odpovídá průměrnému využití spotřebičů v roce a v průběhu roku se využití může u některých spotřebičů měnit. Například u oběhového čerpadla, ale také u rychlovarné konvice, z důvodu většího využití v průběhu zimy než během léta.

Objekt by měl mít maximální odběr 16 kW, ovšem to by museli být všechny spotřebiče zapnuty současně. Dimenzování na takovýto výkon by bylo zbytečné a drahé, jelikož všechny spotřebiče nebudou pracovat nikdy v jednu chvíli. V následující kapitole (se budu věnovat, jaký bude maximální odběr.

Pro názornost podílu spotřebičů na celkové spotřebě jsem přiložil následující graf.



Graf 2: Podíl spotřebičů na celkové elektrické spotřebě

Na předchozím grafu vidíme podíl spotřebičů na celkové elektrické spotřebě. Je patrné, že největší podíl má myčka nádobí, to z důvodu dvou mycích cyklů za den. Dva cykly jsem zvolil z důvodu občerstvení a potřeby mytí většího množství nádobí než v rodinném domě.

3.2.1.1 Optimalizace spotřeby

Jelikož je objekt v ostrovním režimu, klade tento fakt větší nároky na skromnost u obyvatel. Tato skromnost je myšlena ve smyslu, že člověk nemůže zapnout a využívat velkých výkonů v současnou chvíli, ale musí spotřebu rozložit nebo nejlépe přizpůsobit život dostatku proudu, příkladem může být vysávání během slunečních dnů. Dále platí pravidlo, že nejlevnější energie je ta, kterou nemusím vyrobit a proto je třeba se chovat ekologicky. Vhodné je navrhnout rozvody elektřiny tak, aby se daly centrálně ovládat spotřebiče, které je vhodné zapínat při dostatku energie například, pračka, myčka nádobí. Tyto spotřebiče by měly mít k zásuvce od rozvaděče samostatný přívod, který lze zapínat a vypínat. Myslím si, že tento systém má přednosti oproti novodobým inteligentním rozvodům, protože nemá ve vypnutém stavu žádný odběr proudu.

Proto jsem si rozdělil spotřebiče do několika kategorií, abych omezil špičkové výkony a neměl vysokou spotřebu v jeden moment.

Tabulka 3: Optimalizace spotřeby

1. kategorie	Pn [W]	2. kategorie	Pn [W]
Světla	300	Myčka nádobí	2000
Trouba	2500	Pračka	2000
Lednice	300	Celkem	4000
Zásuvky	500		
Oběhové čerpadlo	100		
Mikrovlnná trouba	900		
Vysavač	1500		
Kávovar	800		
Rychlovarná konvice	2 000		
PC	250		
Žehlička	2200		
LED TV	50		
Čerpadlo	600		
Celkem	12 000		
Maximum	8 300		

Pro optimalizaci jsem navrhl řešení, které popisuje, které spotřebiče jsou preferované. Tabulka 3 popisuje, rozděluje spotřebiče do dvou hlavních skupin. V první kategorii jsou spotřebiče, které se mohou používat kdykoliv, ale pro špičkový odběr předpokládám, že nebudou pracovat všechny spotřebiče najednou.

V 2. kategorii je myčka nádobí a pračka. Tyto spotřebiče mohou pracovat v libovolnou dobu, kdy je dostatek energie. Tyto spotřebiče by měly mít k zásuvce od rozvaděče samostatný přívod, který lze automaticky zapínat a vypínat.

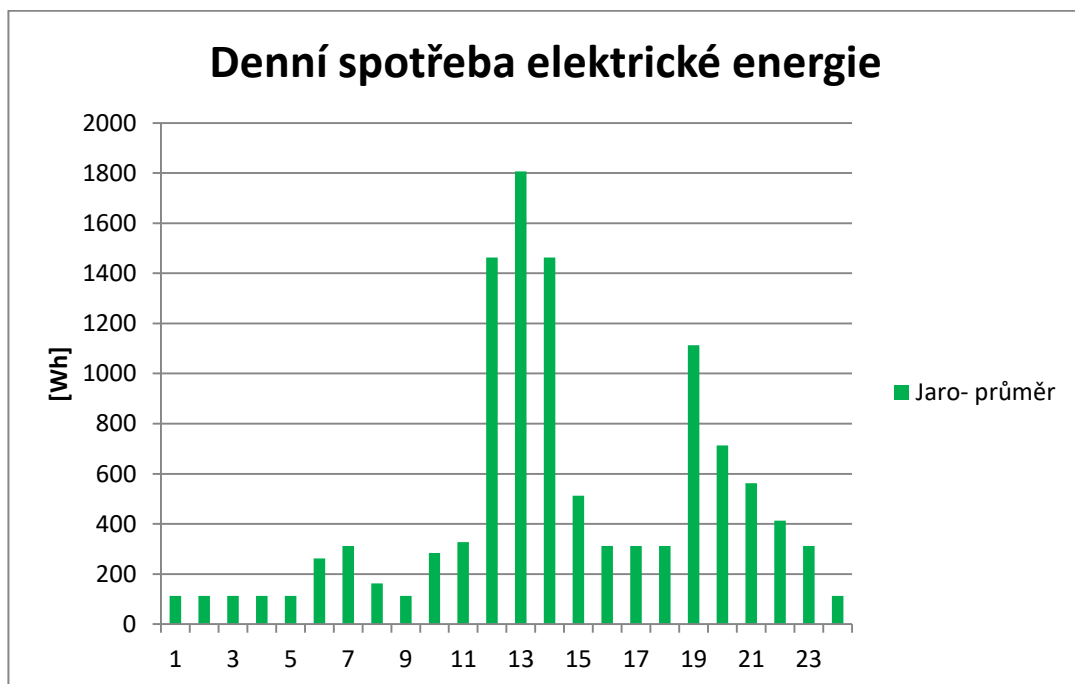
Pro navrhnutí spotřeby v jeden moment jsem se řídil pohodlným využíváním objektu bez velkého omezení a s faktem, že zde bude využita i elektrocentrála. Tuto spotřebu jsem zvolil vyšší než by při optimalizaci bylo možné, jelikož se jedná o turistický objekt s občerstvením a proto bude potřeba, aby především v kuchyni pracovalo více spotřebičů současně. Špičkový příkon jsem vypočítal jako rozdíl součtu všech příkonů z 1. kategorie a příkonů žehličky a vysavače, které jsou v provozu pouze jednou v týdnu. Předpokládám, že se obyvatelé přizpůsobí ostrovnímu systému a pouze tyto dva spotřebiče nebudou používat, budou-li v provozu ostatní spotřebiče s vysokým výkonem. Za těchto podmínek bude maximální příkon 8,3 kW. Obyvatelům se doporučuje žehlit, respektive vysávat jestliže není využívána kuchyň. Pro pohodlné využívání domu a vzhledem k soudobnosti využití spotřebičů budu navrhovat maximální příkon v jeden moment 8 kW.

3.2.1.2 Denní a sezónní diagramy

Určit denní a sezónní diagramy je velmi důležité, jelikož spotřeba energie není konstantní v průběhu roku a už vůbec ne v průběhu dne. Denní diagram nám také pomůže určit způsob akumulace elektrické energie ze solárních panelů. Bude-li převážný odběr elektrické energie přes den, bude výhodnější přebytečnou elektrickou energii akumulovat do baterií, které se využijí večer a nemusí mít tak velikou kapacitu, jako by byl v případě velkého odběru v noci. V případě, že bude hlavní spotřeba elektřiny večer a v noci, museli by mít baterie velikou kapacitu pro pokrytí této spotřeby, proto se může vyplatit akumulovat přebytečnou energii do vody, čímž by se ušetřilo na výrobě tepelné energie a spotřebu večer a v noci pokrýt elektrocentrálou.

Počasi proměnlivé během celého roku, což způsobuje změny průběhu spotřeby elektrické energie. Také v průběhu jednoho měsíce je spotřeba různá během víkendů a pracovních dnů. Vzhledem k predikci spotřeby je průběh spotřeby rozdělen na čtyři části v průběhu roku a to na jaro, léto, podzim a zimu.

Po rozdělení roku na čtyři části jsem řešil průběh denní spotřeby. Dále jsem rozdělil dny na všední pracovní dny a víkendy. Vypočetl jsem hodinové průměry a tím získám odhad chodu spotřeby během dne. Takový odhad bude sloužit jako základní nástroj pro návrh systému.



Graf 3: Denní diagram zatížení

Na předchozím grafu vidíme denní diagram zatížení objektu. Jsou zde zprůměrované hodnoty za jednu hodinu a krátkodobé špičky budou mnohem vyšší, až 8,3 kW (viz. kapitola

3.2.1.1 Optimalizace spotřeby). Ovšem tyto špičky je velmi složité přenést do grafu, protože některé spotřebiče neodebírají konstantní výkon. Také některé spotřebiče, jako například mikrovlnná trouba se zapínají pouze na dobu pár minut a je těžké predikovat, kdy přesně během hodiny to bude, proto jsem se rozhodl graf vynést z průměrných hodinových hodnot. Proto musíme uvažovat, že špičky budou mnohem vyšší než v předchozím grafu. Tento aspekt zohledňuji a navrhuji využívat spotřebiče dle kapitoly 3.2.1.1 Optimalizace spotřeby. Během víkendů, kdy očekávám větší spotřebu energie především z důvodu větší návštěvnosti občerstvení, nebudou vyšší špičky, jelikož se spotřebiče používají dle kapitoly 3.2.1.1 Optimalizace spotřeby. A proto na navržnutí systému můžeme počítat z průměrných denním zatížením v jednotlivých obdobích, jelikož špičkový výkon (max. 8,3 kW) nebude přesáhnout.

Tento graf je atypický oproti klasickým denním diagramům spotřeby, jelikož nejvíce elektrické energie se zde spotřebuje během poledne, kdy se očekává největší návštěvnost turistů, kteří si chtějí dostat čaj, kávu nebo drobné občerstvení. Druhý špičkový výkon se očekává k večeru, kdy se bude připravovat večere pro obyvatele domu. Z grafu č. 3 je patrné, že během noci je spotřeba nízká a to protože předpokládáme pouze chod lednice a oběhového čerpadla.

Jelikož je tento noční odběr malý, může být pokryt energií z baterií, které budou nabity z fotovoltaické elektrárny, nebo z elektrocentrály.

3.2.2 Tepelná energie

Určení tepelných ztrát u srubu je velmi obtížné, kvůli materiálu z kterého je postaven. Materiálem je dřevo, které v průběhu let pracuje a tím dochází neustále ke změnám v konstrukci. I při konzultaci s firmou a konkrétními lidmi, kteří se touto problematikou zabývají, mi bylo sděleno, že výpočty nejsou přesné a musí se počítat s odchylkami. Konzultace proběhla s firmou Haniš srubové domy s.r.o. a také s panem J. Zástěrou, který v současné době staví srub v oblasti Krušných hor. Norma, zabývající se výpočtem tepelného výkonu je ČSN EN 12 831- Tepelné soustavy v budovách- Výpočet tepelného výkonu. [3]

Tepelnou energii bude zajišťovat kotel o výkonu 20 kW, což dodavatel doporučuje. Otopný systém budovy je tvořen konvekčním vytápěním otopnými deskovými ocelovými tělesy. Otopný systém je s nuceným oběhem, kde je umístěno oběhové čerpadlo.

Regulace systému je zajištěna centrální elektronickou regulací kotle a místní regulací termostatickými hlaviciemi otopných těles.

Další otázkou je, zda použít akumulační nádobu na akumulaci tepelné energie z kotle. V případě výběru tepelného zdroje, který by se špatně reguloval, je tato varianta vhodná.

V našem případě je regulace snadná. Jedná se o kotel na pelety, který se provozuje automaticky. V případě, že hořák dostane pokyn ke startu, nebo vznikne potřeba topit, nasype dopravník pelety do hubice hořáku a sám je zapálí topným tělískem. Jakmile dojde k dostatečnému rozhoření pelet, najede hořák na nastavený výkon, v kterém setrvá do doby, než je dům vytopen. Poté dojde k vypnutí hořáku a pelety dohoří.

3.2.3 Voda

V našem případě budeme ohřívat vodu primárně pomocí kotle, ale jelikož v některých obdobích budeme mít přebytek elektřiny z fotovoltaické elektrárny, bude vhodné využít tuto elektřinu i k ohřevu vody. K tomuto použití jsou vhodné kombinované ohřívače vody, které umožňují ohřívání vody z více zdrojů. K tomuto využití je vhodný typ ohřívače vody od firmy Družstevní závody Dražice-strojírna s.r.o., který má objem 400 l. Objem jsem určil větší, kvůli občerstvení a z důvodu možné akumulace energie z FVE. Spotřebu teplé vody jsem určil dle literatury a předpokládám denní spotřebu teplé vody 250 l. [11]

K čerpání vody bude využito vhodné čerpadlo, které bude dodávat vodu do objektu

4 Vybrané obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie využívali lidé ještě před objevením elektrické energie. Příkladem mohou být mlýny na vodní nebo větrný pohon. V dobách, kdy lidé začali produkovat elektrickou energii, používali především neobnovitelné zdroje energie. Ale tyto zdroje nejsou neomezené a je proto potřeba navyšující se spotřebu neobnovitelných zdrojů alespoň zpomalit. Jak jsem již popsal, obnovitelné zdroje jsou vhodné pro využití v ostrovních režimech pro větší nezávislost na fosilních palivech.

Mezi obnovitelné zdroje se řadí:

- Vítr
- Voda
- Sluneční energie
- Biomasa
- Geotermální
- Slapové síly

V následujících kapitolách jsem se věnoval OZE, které budou použity v mém analyzovaném objektu. Výběrem OZE jsem se zabýval v kapitole 2.1 analyzovaná lokalita a výběr zdrojů.

4.1 Biomasa

Biomasa může být živočišného nebo rostlinného původu. Do biomasy se například řadí dřevo, které se dále může štěpkovat, sláma a mnoho dalších. Produkce oxidu uhličitého je mnohem menší, než při spalování uhlí.

Já budu využívat biomasu ve formě pelet, které budou dováženy a spalovány v kotli. Kotel bude využíván k vytápění objektu a k ohřevu TUV. Případně se bude využívat i dřevo na přitápění v krbu.

4.2 Sluneční energie

Tento typ energie, lze čerpat po celém světě i v jakékoliv nadmořské výšce. Ovšem energie, kterou můžeme získat, se liší v závislosti na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, orientaci panelů vůči slunci a dobou slunečního svitu.

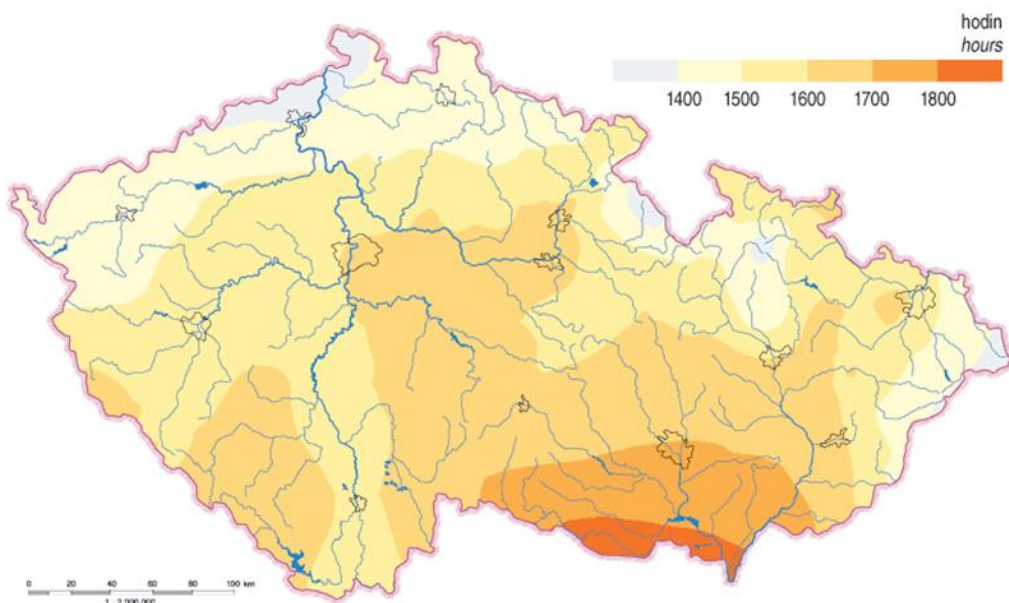
Výroba elektřiny ze sluneční energie, má některé nevýhody. Hlavní nevýhodou je nestálá výroba, jelikož je výroba závislá na počasí, oblačnosti a ročním období. Proto prakticky není možné v ostrovním režimu pracovat pouze s tímto zdrojem. Pro nepřetržitou

dodávku energie je nutné dále použít akumulátory, nebo přidat i elektrocentrálu. Tím získáme hybridní elektrárnu.

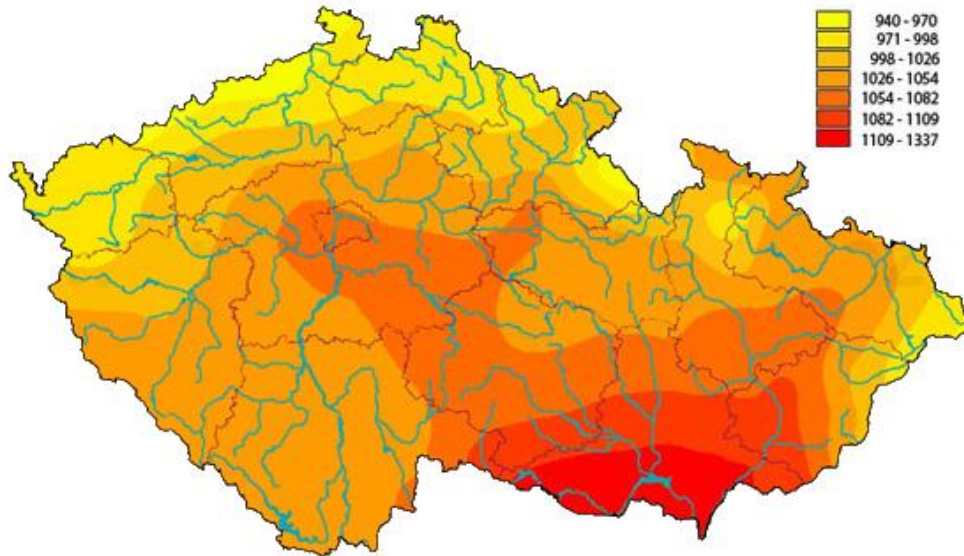
K výrobě elektrické energie ze sluneční energie se využívají především fotovoltaické panely. Základem je křemíková drť, která se slisovává do křemíkových kvádrů a poté je řezána do bloků. Z těchto bloků se následně vyrábějí křemíkové pláty, které se zabudovávají do fotovoltaického panelu. Účinnost těchto panelů se pohybuje kolem 16 %. K lepší účinnosti přispívá krycí plocha panelů ze speciálně upraveného antireflexního skla s EVA folií, které dosahuje vysoké účinnosti pohlcení slunečního svitu a zároveň poskytuje ochranu před přírodními jevy.

4.2.1 Využití solární energie v ČR

Podmínky pro využití solární energie v České republice jsou relativně dobré. I když jsme malý stát, tak jsou nezanedbatelné rozdíly v podmínkách v jednotlivých částech republiky, což lze vidět na následujících obrázcích.



Obrázek 4: Doba slunečního svitu na území ČR [13]



Obrázek 5: Intenzita slunečního záření [W/m^2][13]

Na předchozích obrázcích vidíme rozdílné podmínky v době svitu a v úhrnu slunečního záření v České republice. Během jednoho roku dopadne na metr čtvereční 940-1337 kWh/rok. Průměrná doba slunečního svitu za rok je v rozmezí 1300-1800 hodin. Vidíme, že nejlepší podmínky pro využití sluneční energie jsou na jižní Moravě, kde záření dosahuje nejvyšších hodnot. A naopak nejhorší sluneční záření je v severních Čechách, kde se vyskytuje i vybraná lokalita. Rozdíly jsou znatelné, na jižní Moravě je doba svitu cca o 20 % vyšší než na uvažované lokalitě. Úhrn slunečního záření je velmi rozdílný a tento rozdíl má výrazný vliv na hodnocení ekonomické efektivity fotovoltaických elektráren.

4.3 Podpora OZE

Na nedefinovaném trhu s elektřinou mohou zpravidla OZE těžko ekonomicky konkurovat s klasickými zdroji energií. Proto se zavádějí podpory, které mohou být provozní, nebo investiční.

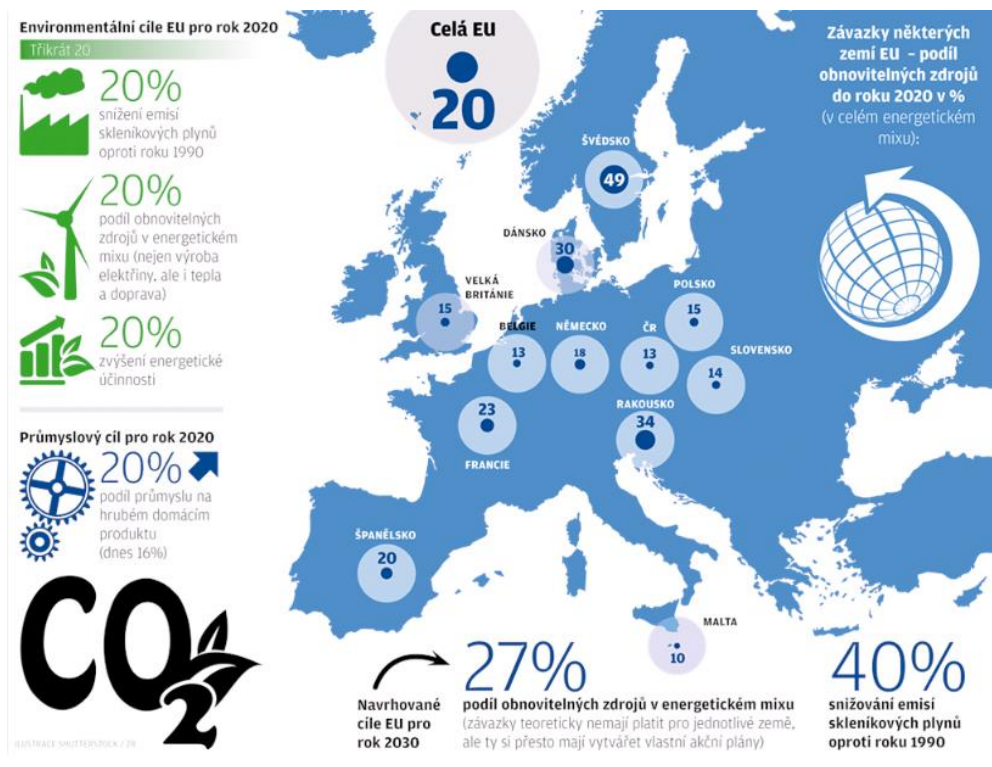
Podpory OZE souvisejí s legislativou a proto je vhodné ji znát. Česká republika je součástí EU, i proto přijala směrnice, které vydala EU ohledně OZE. Velikou nevýhodou u obnovitelných zdrojů bývá ekonomická neefektivita a potřeba dotovat tyto zdroje. Znat legislativu je velmi důležité kvůli čerpání a využívání podpor, které mohou pomoci vylepšit náš projekt v ekonomické výhodnosti.

Hlavní směrnicí, která se týká podpory využívání energie z obnovitelných zdrojů v EU je směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/28/ES. Tato směrnice byla přijata z více příčin. Tyto příčiny jsou například snižování emisí skleníkových plynů, ke splnění Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu, více využívat novějších technologií

v energetickém segmentu a také ke snížení závislosti na fosilních palivech, které se musí také dovážet. Tato směrnice vede také k decentralizování výroby energie, a tedy zkrácení vzdálenosti, na kterou se musí energie přenášet a tím dojde ke zmenšení ztrát ve vedení. Decentralizování výroby povede k využití místních zdrojů energie a povede k novým příjmům na místní úrovni a k vytvoření nových pracovních míst. Ze směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a pro Evropskou unii jako celek vyplývá cíl pro rok 2020. Tento cíl je dosáhnout 20 % podílu energie z obnovitelných zdrojů a cíl 10 % podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Popis celé této směrnice by byl nad rámec této práce, jelikož je tato směrnice velmi obsáhlá. [19]

Jednotlivé členské země mají cíl rozdílný. Tento cíl byl určen podle kritéria, který zohledňuje odlišené pozice jednotlivých členských států a jejich možnosti. Zohledňuje skladbu zdrojů energie, současný podíl energie z OZE, geografické podmínky a potenciál pro využití OZE. Pro splnění tohoto cíle má každý členský stát svůj národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů. [20]

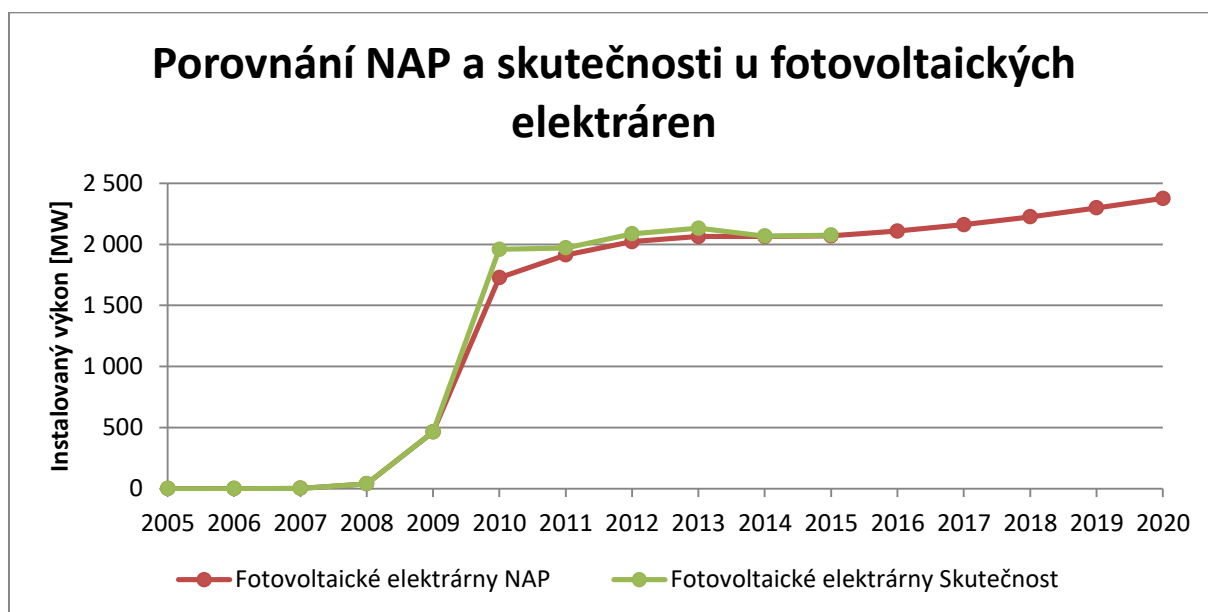
Další cíl, který se týká podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě, je stanoven pro všechny státy na stejné úrovni. Stanovení stejného podílu pro všechny státy je kvůli snadnému obchodování s pohonnými hmotami a státy, které nemají dostatek zdrojů pro pokrytí cíle, si mohou tato paliva snadno dovést ze zahraničí. [21]



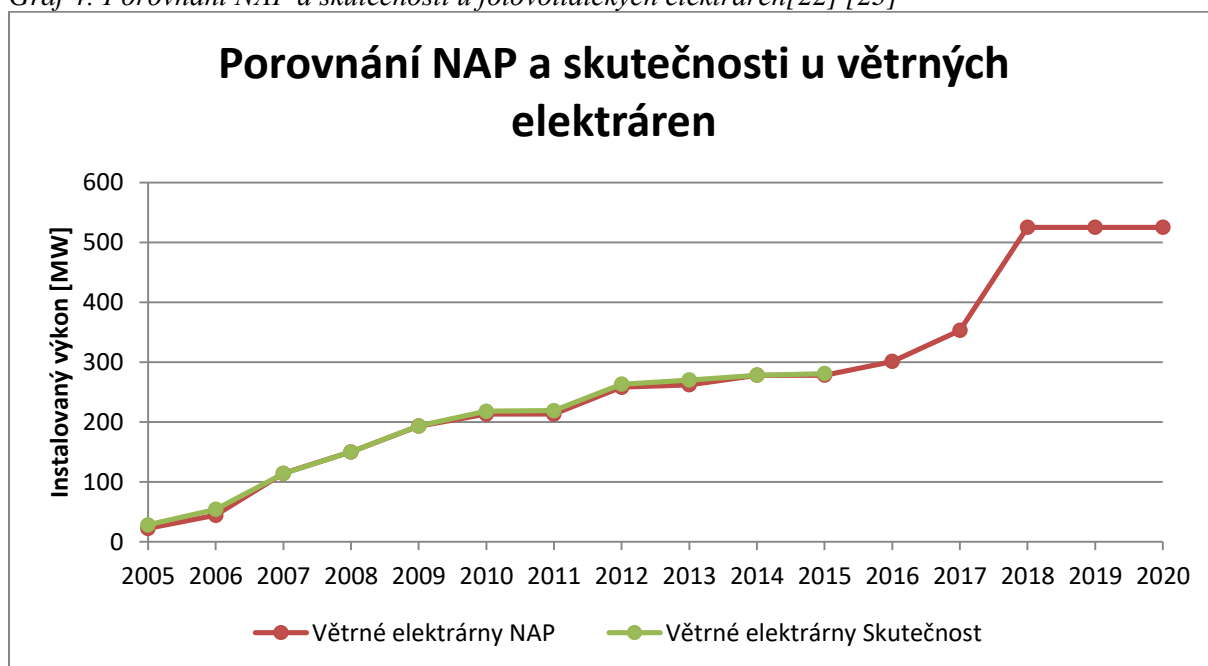
Obrázek 6: Environmentální cíle pro EU v roce 2020

4.4 Národní akční plán pro energii z OZE

Při vstupu do EU se ČR zavázala, že podíl elektrické energie z OZE se zvýší na 8 % z celkové výroby do roku 2010. Tento podíl by se měl dále zvyšovat a v roce 2020 by měl dosáhnout podílu 13,5 %. Pro splnění tohoto plánu byl přijat Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů (dále pouze národní akční plán resp. NAP). NAP předpokládá rozvoj OZE na území ČR s ohledem na rozlohu, parametry energetických sítí, klimatické a geografické podmínky. NAP má za minimální cíl, aby energie z OZE na hrubé konečné spotřebě byl 13 % do roku 2020. [22]



Graf 4: Porovnání NAP a skutečnosti u fotovoltaických elektráren [22] [23]



Graf 5: Porovnání NAP a skutečnosti u větrných elektráren [22] [23]

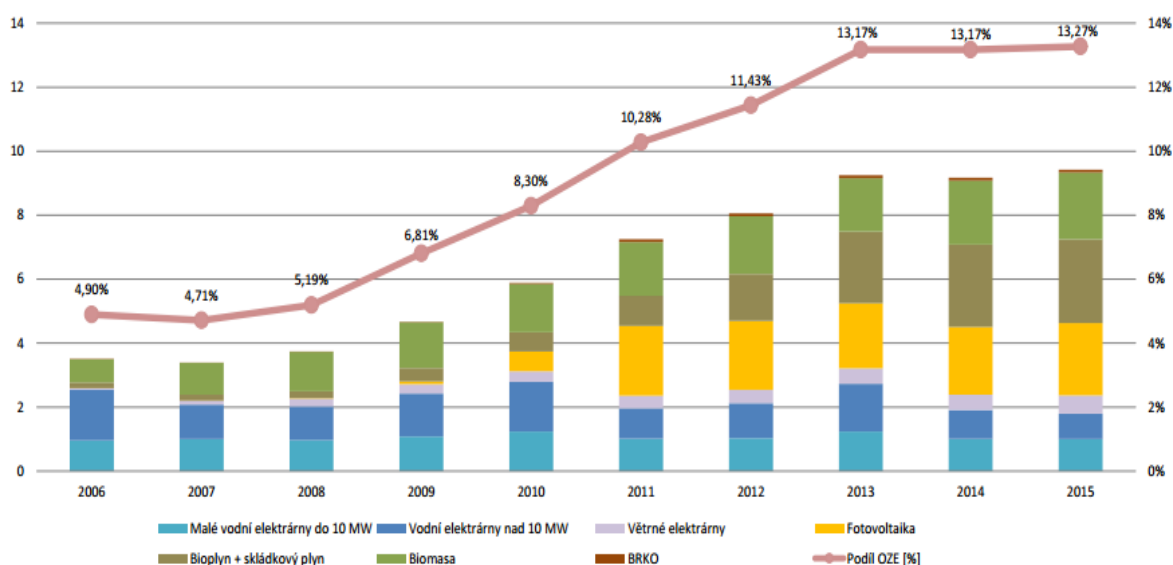
Na předchozích dvou grafech je vidět porovnání mezi NAP a skutečností u fotovoltaických a větrných elektráren. Z grafů je patrné, že v obou případech se plán plní. Z prvního grafu je názorný enormní nárůst instalovaného výkonu u fotovoltaických elektráren mezi rokem 2009 a 2010. U větrných elektráren je narůstání instalovaného výkonu více lineární.

Poznámka:

Nebylo možné provést analýzu u vodních elektráren, jelikož je nejednotné vykazování energie z obnovitelných zdrojů od ERU, jelikož v některých statistikách jsou zahrnuty i vodní elektrárny s instalovaným výkonem nad 10 MW. Ovšem tyto elektrárny nejsou zahrnuty do národního akčního plánu.

Kvůli uvádění energie z biomasy v NAP v MJ se tento typ energie nesrovnává.

V následující graf jsem vložil z důvodu znázornění navyšování výroby z OZE a že směrnice a zákony, které jsem popsal výše, mají smysl a vedou k narůstání výroby energií z OZE. OZE mají své zastoupení i v centrální energetice a ne pouze v ostrovních režimech, kterými se zabývám v práci.



Graf 6: Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na tuzemské brutto spotřebě (TWh) [23]

Na předchozím grafu vidíme vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na tuzemské brutto spotřebě od roku 2006, kde je velký rozdíl mezi roky 2010 a 2011. Hlavní příčina tohoto rozdílu, je velký nárůst instalovaného výkonu fotovoltaických panelů v roce 2010, kvůli výhodným podmínkám pro investory. Mezi tyto výhodné podmínky patřilo zaručení odkupu elektřiny po dobu dvaceti let, meziroční nárůst zelených bonusů/výkupních cen a také pokles pořizovací ceny panelů.

Reakcí na fotovoltaický boom v roce 2010 byla změna legislativy, která mimo jiné znamenala:

- Zrušení 5 % omezení na maximální meziroční změnu výkupních cen
- Zrušení podpory OZE na hodnoty instalovaného výkonu, respektive celkové výroby daného druhu OZE na NAP
- Zrušení podpory velkých instalovaných výkonů nad 30 kW, které byly umístěny na zemědělské půdě

4.5 Legislativa v ČR ohledně OZE

Pro ucelení přehledu legislativy v ČR ohledně OZE jsem popsal i historický průběh podpor OZE. Podpory byly schváleny z důvodu závazných cílů, které byly stanoveny v NAP. Dále jsem se podrobněji zabýval vybraným obnovitelným zdrojem energie, tedy sluneční energií.

Nejdůležitějším zákonem ohledně OZE v České republice je zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a změně některých zákonů. Tento zákon byl přijat pro splnění NAPu. Zákon, č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a změně některých zákonů ze dne 31. března 2005, § 2, odst. 1, definuje využívání obnovitelných zdrojů takto:

„Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou větrná energie, sluneční energie, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu a energie biomasy.“ [16]

U některých typů OZE je forma podpory ve formě výkupní ceny nebo zelenými bonusy. Tento druh provozních podpor se nevztahuje od roku 2014 na výrobu elektřiny ze slunečního záření.

4.5.1 Podpora FVE v ČR

V následující tabulce vidíme historii podpory fotovoltaických elektráren, která probíhala do roku 2014 ve formě zelených bonusů a výkupních cenách. Do tabulky jsem vybral data, která se vztahovala na menší elektrárny s výkonem do 30 kW, jelikož tato diplomová práce se zabývá stavbou menší fotovoltaické elektrárny.

Tabulka 4: Výše výkupní ceny a zeleného bonusu pro elektřinu vyrobenou ze sluneční energie pro elektrárny s výkonem do 30 kW.[17]

Datum uvedení do provozu		Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]	Instalovaný výkon [kW]
Od	Do			
	31.12.2005	7418	6688	-
01.01.2006	31.12.2007	15565	14835	-
01.01.2008	31.12.2008	15180	14450	-
01.01.2009	31.12.2009	14243	13643	0-30
01.01.2010	31.12.2010	13265	12665	0-30
01.01.2011	31.12.2011	7959	7359	0-30
01.01.2012	31.12.2012	6410	5810	0-30
01.01.2013	30.06.2013	3478	2878	0-5
01.01.2013	30.06.2013	2887	2287	od 5 do 30
01.07.2013	31.12.2013	3050	2450	0-5
01.07.2013	31.12.2013	2479	1879	od 5 do 30
01.01.2014		0	0	-

Z předchozí tabulky vidíme, že do konce roku 2008 nebyla velikost podpory závislá na výkonu elektrárny, což se změnilo od 1. 1. 2009. Od tohoto data se rozdělila výše podpor pro elektrárny do 30 kW a nad 30 kW. Další dělení nastalo v roce 2011, kdy se výše podpory rozdělila na tři části. Pro malé do 30 kW, pro střední od 30 kW do 100 kW a pro velké výrobní nad 100 kW. V následujícím roce 2012 se podpora vztahovala pouze pro elektrárny do 30 kW a v dalším roce 2013 se výše dotací rozdělila pro výrobní do 5 kW a do 30 kW. Od 1. 1. 2012 se ukončila podpora pro nově postavené FVE s jmenovitým výkonem nad 30 kW a od roku 2014 až do současnosti se ukončila podpora FVE ve formě zelených bonusů a výkupních cen.

Koncem roku 2015 byla vyhlášena strategie v podpoře obnovitelných zdrojů formou jednorázové dotace, tzv. NZÚ - Nová zelená úsporám. Podporované oblasti jsou tyto:

Tabulka 5: Podporované podoblasti a jejich výše [18]

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory [Kč]
C.3.4	Solární FV systém bez akumulace elektrické energie s tepelným využitím přebytků a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh.rok ⁻¹	55 000
C.3.5	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 1\,700$ kWh.rok ⁻¹	70 000
C.3.6	Solární FV systém s akumulací elektrické energie a celkovým využitelným ziskem $\geq 3\,000$ kWh.rok ⁻¹	100 000

Pro získání této podpory je ovšem potřeba splnit určité podmínky, které jsou popsány v následující tabulce.

Tabulka 6: Požadavky na podporované fotovoltaické systémy [18]

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.4	C.3.5	C.3.6
Celkový využitelný energetický zisk ze systému	$Q_{ss,u}$ [kWh/rok]	$\geq 1\,700$	$\geq 1\,700$	$\geq 3\,000$
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	[%]	70	70	70
Akumulace přebytků energie do teplé vody		Povinná	Možná	Možná
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulační nádrže	[l/kW _p]	80		
Akumulace přebytků energie do akumulátorů		Možná	Povinná	Povinná
Minimální měrná kapacita akumulátorů	[kWh/kW _p]		1,75	1,75

5 Ostrovní systém

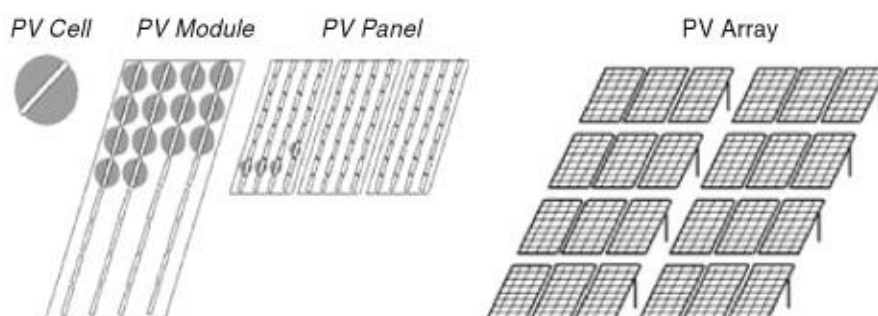
Pro pokrytí energetických potřeb objektu je zvolen ostrovní systém (viz. kapitola 2. 1 Analyzovaná lokalita a výběr zdrojů)

Ostrovní systém tzv. off grid je systém, který není připojen na veřejnou elektrickou síť, většinou z důvodu velké odlehlosti a velké vzdálenosti k nejbližší elektrické síti. V některých případech může být off grid systém použit i v místě u vedení vysokého napětí, ale nemusí se ekonomicky vyplatit stavět trafostanici kvůli několika obydlím.

Základními prvky systému jsou fotovoltaické panely, akumulátory, elektrocentrála, regulátor nabíjení a střídač.

5.1 Fotonvoltaické panely

Fotonvoltaické panely, které jsou složeny z článků a využívají přeměny energie, která je obsažena ve slunečním záření na energii elektrickou. Nejčastěji se využívá technologie z polovodičů. Panely se skládají ze sérioparalelně zapojených článků.



Obrázek 7: Fotonvoltaický panel [1]

Fotonvoltaické panely se dělí na tři základní typy, které následně budou popsány.

- i. Monokrystalické
- ii. Polykrystalické
- iii. Tenkovrstvé

5.1.1 Monokrystalické panely

Monokrystalické panely jsou vyráběny Czochralským procesem. Výhodou je relativně vysoká účinnost, která se pohybuje v rozmezí 15-20 %. Také dlouhá životnost kolem 25 let. Nevýhodou je vyšší cena. [2]



Obrázek 8: Monokrystalický panel [2]

5.1.2 Polykrystalický panel

Účinnost u těchto panelů je 13-16 % a výhodou je nižší cena. Nevýhodou je nižší účinnost než u monokrystalických a tím pádem vyšší náročnost na prostor pro dosažení stejného výkonu jako u monokrystalu.



Obrázek 9: Polykrystalický panel [2]

5.1.3 Tenkovrstvé panely

Jejich výhodou je nízká cena a vzhled, který je atraktivní pro architekty. Další výhodou je menší vliv vyšší teploty a stínu. Nevýhodou je nižší účinnost a obvykle kratší záruka, jelikož tento typ panelů má nižší životnost než polykrystalické nebo monokrystalické panely. Tento typ může být vhodný, máme-li například hodně prostoru, jako jsou pouště.



Obrázek 10: Tenkovrstvé panely [2]

5.2 Baterie

Nejvýhodnější je, když se vyrobená energie přímo spotřebovává, ale jelikož výroba elektřiny se často nerovná spotřebě ve stejném čase, je potřeba tuto energii uskladnit. Jednou z možností k uskladnění elektrické energie jsou baterie.

Důležitou charakteristikou je kapacita, která je měřena ampérhodinách (Ah) nebo kilowatthodinách (kWh). Tato kapacita by neměla být využita ze 100 %, jelikož by dramaticky klesl počet nabíjecích a vybíjecích cyklů. Důležitým faktorem pro životnost baterií je hloubka vybíjení baterií (DoD - depth of discharge), která přímo ovlivňuje množství nabíjecích a vybíjecích cyklů. Přílišné nedobíjení a přebíjení je pro baterii škodlivé. Když se baterie přebíjí, tak dochází k zahřívání, což způsobuje vedlejší reakce, a mechanické pnutí, což může způsobit zničení baterie, nebo nenávratnému snížení kapacity. Jestliže je baterie dlouhodobě ve vybitém stavu, tak kapacita aktivních látek v baterii nenávratně klesá.

Důležitým omezením je u používání baterií teplotní limit. Pro dobrý výkon je nežádoucí extrémně vysoké a nízké teploty. Vysoké teploty mohou vést k vytváření plynů, které zvyšují vnitřní pnutí a tlak v baterii, což způsobuje mechanické poškození. Vysoké teploty také vedou k rychlejší korozi. Naopak nízké teploty zamezují pohybu reaktantů a způsobují vedlejší reakce, jako například pokovávání elektrod.

Pro použití baterií jsou důležité i tyto parametry.

- Nízké samovybíjení
- Dlouhá doba životnosti
- Náklady na údržbu
- Vysoká účinnost
- Hloubka vybíjení
- Kapacita

5.2.1 Olověný akumulátor

Běžný olověný akumulátor je sekundární galvanický článek s elektrodami na bázi olova, jehož elektrolytem je kyselina sírová, zředěná vodou. Tento typ akumulátoru se dá rozdělit na dva druhy, kdy prvním je startovací baterie, která je ovšem pro ostrovní režim nevhodná. Druhým typem je trakční baterie, které se dají použít v ostrovním systému. Výhodou těchto baterií je nižší pořizovací cena, velká kapacita a pomalé samovybíjení. Na druhou stranu nevýhodami těchto baterií je malé využití kapacity, menší životnost a větší rozměry.

Nebezpečí pro olověné akumulátory je koroze anody, což způsobuje zvětšení odporu. Vytváření plynů během přebíjení, což vede ke zvětšení vnitřního tlaku. Je zde bezpečnostní ventil, který se s tímto jevem vypořádá, ale díky ventilu dochází ke ztrátě vody a pokud je tento tlak příliš velký, tak je ventil poškozen a vnitřní struktura baterie je zničena. [14]

5.2.2 Nikl-Metal Hydridová baterie

Tyto baterie mají dlouhou životnost a schopnost rychlého nabíjení. Mezi nevýhody tohoto typu je rychlé samovybíjení. Při nabíjení baterie se vytváří voda. Jestliže dojde k přebíjení, vzniká kyslík a vodík. Část kyslíku a vodíku se absorbuje zpět do aktivního materiálu. Ovšem energie je spotřebovávána tímto jevem a tím je způsobeno rychlejší samovybíjení. Při nepoužívání nikl-metal hydridové baterie, je vhodné ji skladovat v chladu, což vede ke snížení rychlosti samovybíjení. Dalším procesem, který zkracuje životnost je hydrolýza, při které baterie vysychá a zvyšuje se vnitřní odpor a koncentrace elektrolytu. Dále také koroze, která způsobuje vysychání akumulátoru a ztrátu rovnováhy mezi negativní a pozitivní elektrodou. Také plynování zkracuje životnost. Při tomto procesu se mění na plyn aktivní materiál a tím dochází ke zvyšování tlaku v bateriích. Tento jev vede až k poškození vnitřního uspořádání baterie. [15]

5.2.3 Lithiové baterie

Tento typ baterií byl vynalezen v roce 1996. Tento typ baterie má velký počet nabíjecích/ vybíjecích cyklů. To je důvod, proč se tato technologie používá v aplikacích, které vyžadují dlouhou životnost.

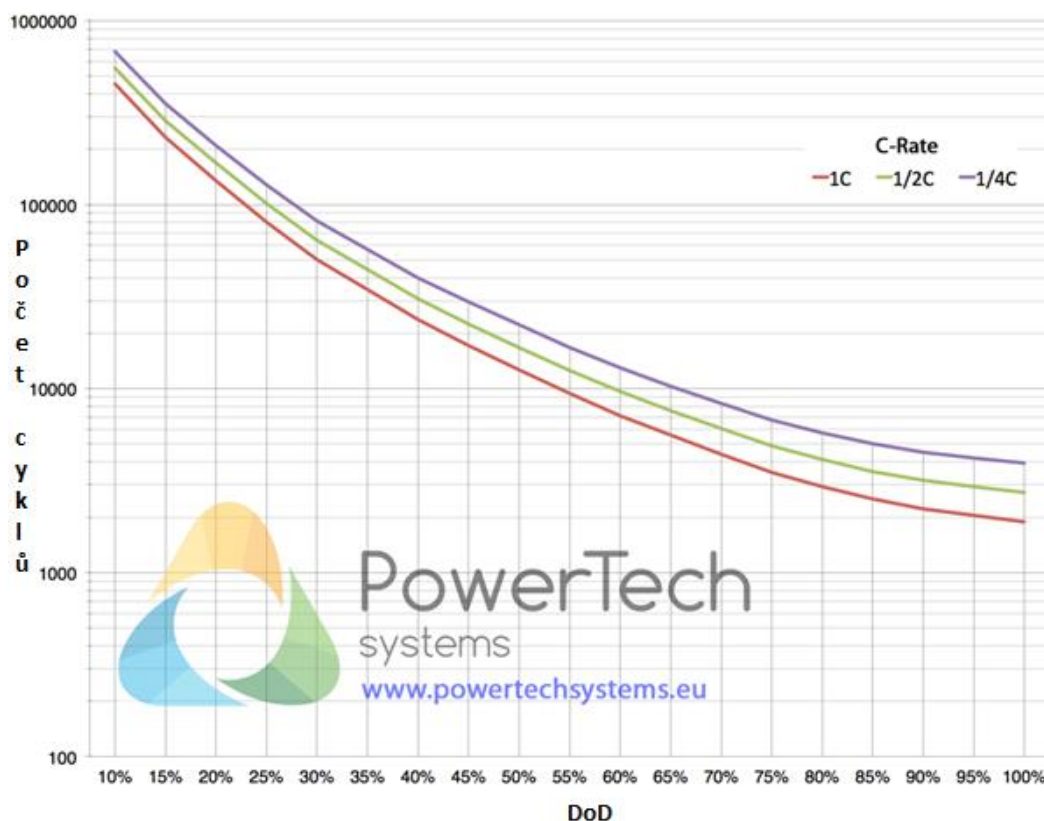
Hlavními výhodami lithiových baterií (dále LiFePO₄) jsou:

- Životní cyklus (od dvou tisíc do několika tisíc (viz. Následující graf)
- Bezpečná technologie
- Šetrné k životnímu prostředí- nízká toxicita využití železa, grafitu a fosfátů.
- Provozní teplota až do +70°C
- Nízký vnitřní odpor
- Konstantní výkon v celém rozsahu vybíjení
- Snadná recyklace

[9]

V porovnání s ostatními bateriemi mají vyšší životnost, při hlubším vybíjení a mají vyšší hustotu energie. Především kvůli dlouhé životnosti jsem tento typ baterie vybral k návrhu. Životnost snižuje vrstvení pevného elektrolytu, který blokuje průchod aktivních materiálů ke katodě. Další hrozbou je pokovování, kdy se na katodě tvoří vrstva kovu při nízkých teplotách. Tato vrstva snižuje napětí a zhoršuje účinnost. [15]

Následující obrázek jsem vložil pro názorné ukázání závislosti počtu cyklů životnosti na hloubce vybíjení.



Obrázek 11: Závislost hloubky vybíjení na množství nabíjecích cyklů u typu baterie LiFePO4 [10]

Z předchozího obrázku je patrná závislost hloubky vybíjení na životnosti. Zvolíme-li například hloubku vybíjení 95 %, může být počet nabíjecích cyklů pouze 2000, ale zvolíme-li hloubku vybíjení 60 % je počet nabíjecích cyklů 7000, což přibližně odpovídá 20 letům každodenního nabití a vybití.

5.3 Solární regulátor nabíjení

Regulátor nabíjení slouží jako stabilizátor napětí a automatická nabíječka akumulátorů. Solární regulátor snižuje napětí vyráběné ze solárních panelů na optimální napětí, které je potřeba pro dobíjení akumulátorů. Moderní regulátory dovedou automaticky spustit spotřebič s velkým příkonem, je-li přebytek elektrické energie. Při výběru jsou důležitými parametry: maximální proud, který bude regulátor schopen zpracovat a jmenovité napětí. Maximální povolený proud nesmí být menší, než maximální proud, jaký jsou schopny vyprodukovat panely.

Hlavními funkcemi je chránit baterie před vybitím přes solární generátor. Jelikož díky vnitřnímu odporu se FV panel mění za tmy na spotřebič. Tedy při absenci regulátoru a vestavěné diody by docházelo k toku energie z akumulátoru do panelu.

Další funkcí je optimální nabíjení. Regulátor řídí, aby baterie byla nabíjena optimálním proudem, čímž se zajistí nejdelší životnost baterie. Regulátor sleduje napětí na bateriích a při dosažení koncového nabíjecího napětí sníží nabíjecí napětí na doporučenou nabíjecí hodnotu po určitou dobu. Po uplynutí této doby se proces ukončí a baterie se odpojí od zdroje a tím nedojde k přebíjení.

Mezi hlavní funkce také patří hlídání hloubky vybití. Této problematice jsem se věnoval v kapitole 5.2 Baterie.

5.4 Elektrocentrála

Elektrocentrála je nejpoužívanější zdroj energie v ostrovních režimech. Moderní elektrocentrály, jsou velmi účinné, spolehlivé a relativně snadné na údržbu. Jelikož využívaný OZE je závislý na počasí a na denní době, je vhodné tento zdroj doplnit o záložní zdroj energie a to elektrocentrálou.

5.5 Střídač

Pro naše účely je potřeba střídavý proud pro napájení spotřebičů a to 230 V s frekvencí 50Hz, ale proud vyráběný fotovoltaickými panely je stejnosměrný. Proto je potřeba použít střídač, který převede proud z DC na AC.

U střídače jsou důležité následující funkce:

- Sinusový výstup napětí
- Vysoká účinnost
- Nízká produkce harmonických
- Střídač musí umět pracovat krátkodobě v přetížení.
- Ochrana proti zkratu, přepětí,...

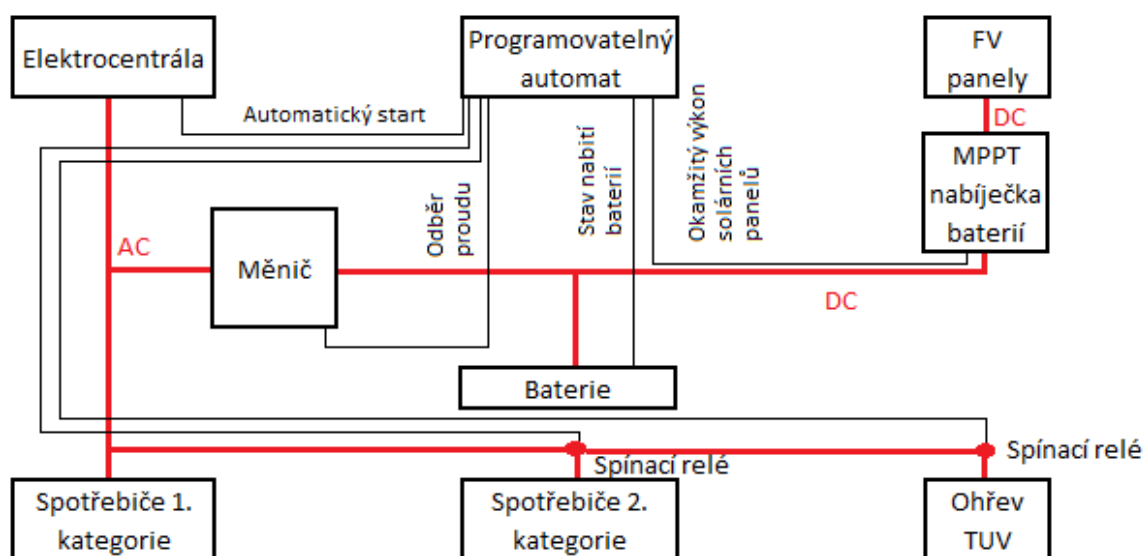
[1]

Střídače mohou rozdělit na dva typy. On-grid a off-grid, respektive ostrovní a síťový, kdy má každý svá specifika. Některý typy mají zabudovaný regulátor napětí.

Směry toků energie přes střídač mohou být různé. Energie z FV panelů (DC) může napájet AC spotřebiče přes střídač. Také může z baterií napájet spotřebič. Případně dobíjet baterie z elektrocentrály.

6 Návrh systému

Po seznámení se s jednotlivými komponenty ostrovního systému mohou přejít k návrhu jednotlivých částí systému. Jednotlivé komponenty budou navrhovat tak, aby byly splněny energetické požadavky objektu, které byly popsány v kapitole 3.2 Energetická náročnost objektu.



Obrázek 12: Schéma ostrovního systému [44]

Na obrázku je znázorněno schéma ostrovního režimu, který navrhuji. Při návrhu jsem se inspiroval z již používaných zapojení. [44] Postupně se budu zabývat jednotlivými komponenty.

6.1 Fotovoltaické panely

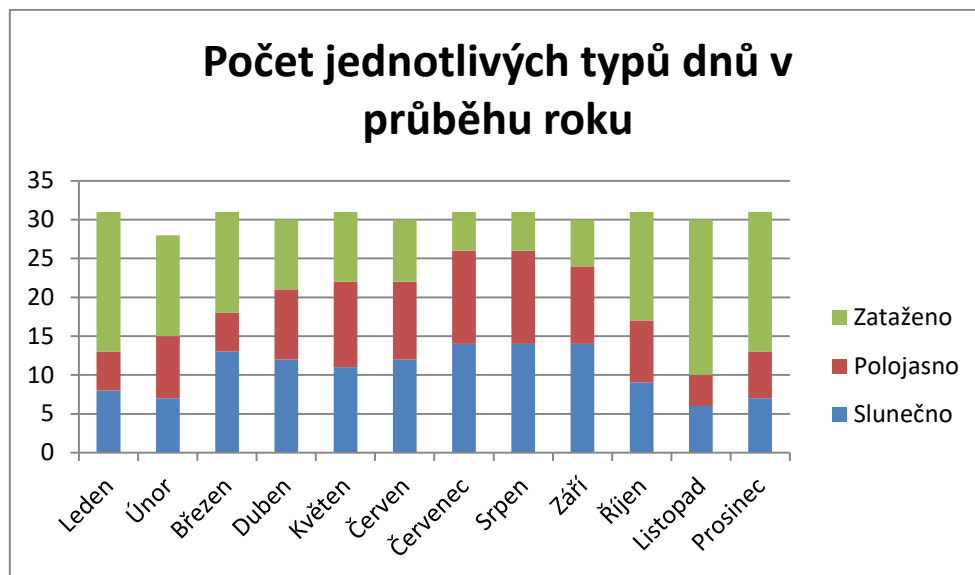
Pro správné navrhnutí systému je potřeba vědět, jaký výkon bude elektrárna vyrábět v průběhu roku.

6.1.1 Typy dnů během roku

Pro vypočtení výroby během roku je zásadní znát typy dnů během roku. Tyto dny jsem rozdělil na tři druhy a to na jasno, polojasno a zataženo.

Tabulka 7: Počet jednotlivých typů dnů v průběhu roku [29]

	Slunečno	Polojasno	Zataženo
Leden	8	5	18
Únor	7	8	13
Březen	13	5	13
Duben	12	9	9
Květen	11	11	9
Červen	12	10	8
Červenec	14	12	5
Srpen	14	12	5
Září	14	10	6
Říjen	9	8	14
Listopad	6	4	20
Prosinec	7	6	18



Graf 7: Počet jednotlivých typů dnů v průběhu roku [29]

Předchozí graf znázorňuje průměrný počet jednotlivých typů dnů za deset let v průběhu roku. Vidíme, že nejhorším měsícem v roce je listopad, kdy je pouze 6 jasných dnů, naopak nejlepším měsícem je červenec, srpen a září, kdy je 14 jasných dnů.

6.1.2 Fotovoltaické panely

Solární panely mohou být umístěny na střeše domu při orientaci střechy s vikýří na jih je sklon střechy 48°. Při orientaci vikýří na sever je sklon střechy, kde by byly umístěny panely 42°. Z následující tabulky je patrné, že rozdíl intenzit na obou stranách je zanedbatelný.

Tabulka 8: Energie dopadající na m² při úhlu 42° a 48° [kWh/m²]

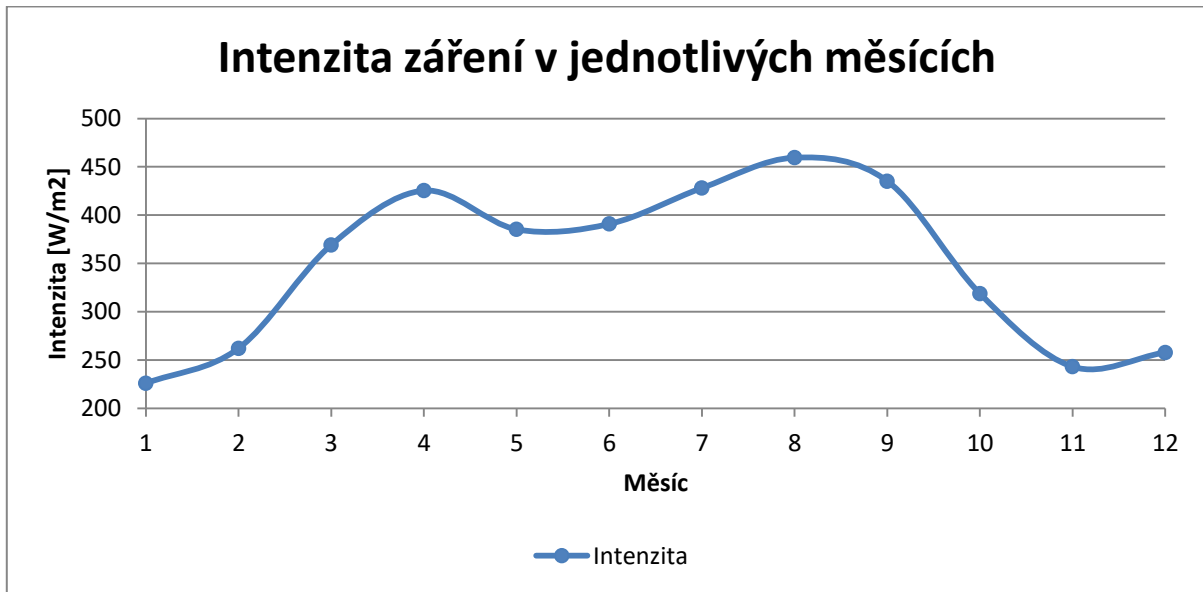
	Sluneční záření při úhlu 42° [kWh/m ² /měsíc]	Sluneční záření při úhlu 48° [kWh/m ² /měsíc]
Leden	35,0	35,7
Únor	55,7	56,6
Březen	111,0	111,3
Duben	147,0	144,9
Květen	154,7	150,0
Červen	152,1	146,4
Červenec	155,3	150,0
Srpen	148,2	145,1
Září	113,7	113,4
Říjen	79,7	80,6
Listopad	33,6	33,9
Prosinec	26,4	26,9
Průměr	101,0	99,6
Celkem	1212,4	1194,8

Pomocí programu PVGIS jsem vypočítal průměrnou intenzitu slunečního záření, která je cca 350 W/m². [5] Do výpočtů jsem zahrnul jednotlivé typy dnů a proto je vypočítaná intenzita nízká, jelikož v některých měsících je velký počet oblačných dnů a následné vypočítání intenzity pomocí váženého průměru je nízké. Vypočtená intenzita je také nízká, jelikož do výpočtu jsou zahrnuty nízké hodnoty intenzity, které nastávají během rána a večera z důvodu nízkého úhlu Slunce nad obzorem. Během slunečných a polojasných dnů bude intenzita samozřejmě mnohem větší.

V navrhované lokalitě s nízkou intenzitou je vhodné využít panely, které jsou určeny pro nižší intenzity. Pro můj případ jsem vybral panely, které se nazývají „PANDA“. Podle následujícího grafu vidíme, že ideální využití panelů „PANDA“ je kolem intenzity 500 W/m², ovšem už od hodnoty 400 W/m² je výhodné tyto panely využívat. Tedy pro moje účely dostatečné, když vypočítaná hodnota je nižší, než bude v průběhu jasných a polojasných dnů, kdy bude elektrárna především využívána.

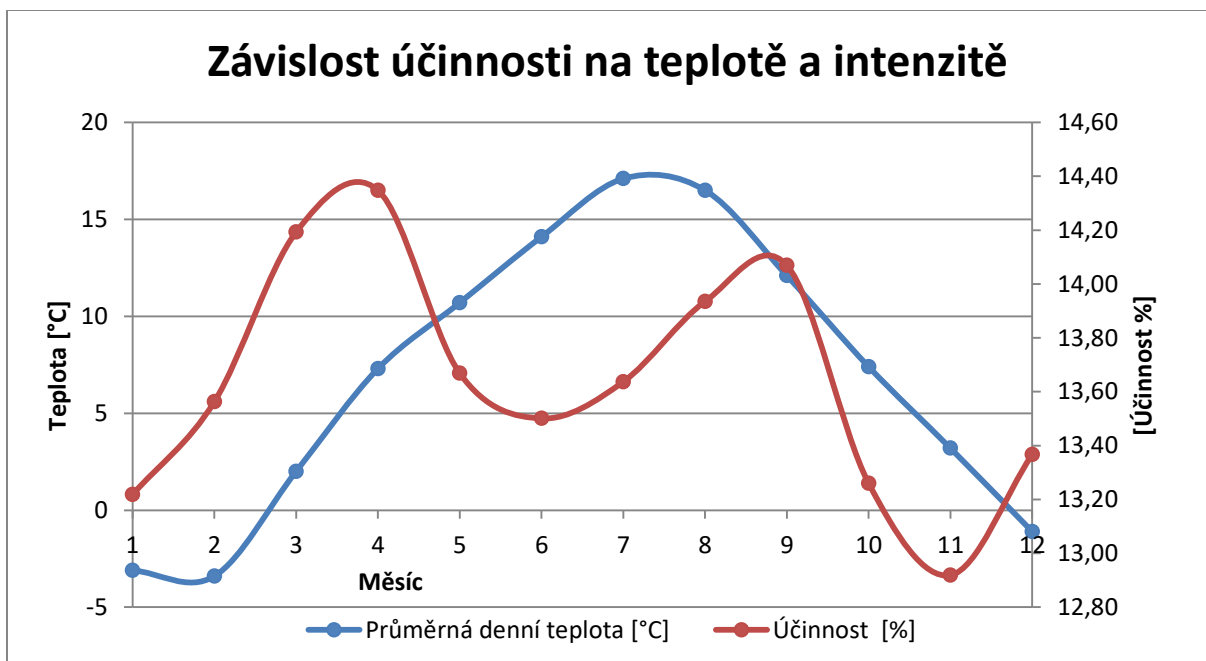
Při navrhování sluneční elektrárny je také potřeba si uvědomit, že účinnost panelů není ve všech podmínkách stejná a mění se v závislosti na intenzitě i na teplotě. Pro výpočet účinnosti v jednotlivých měsících jsem použil data od výrobce. [30] Z těchto dat jsem vypočítal účinnosti při různých teplotách při normované intenzitě 1000 W/m². Dle výrobce roste účinnost o 0,38 % při poklesu teploty o 1°C.[30] Dále jsem si vypočítal jednotlivé

účinnosti v jednotlivých měsících. Do výpočtu účinnosti jsem zahrnul různou intenzitu záření a různou teplotu během jednotlivých měsíců.



Graf 8: Intenzita záření v jednotlivých měsících

Na grafu č. 8 vidíme průběh intenzity záření v jednotlivých měsících. Hodnoty se mohou zdát nízké, je to z důvodu zahrnutí oblačných dnů do výpočtu a zahrnutí ranních a večerních nízkých hodnot intenzity. Nejnížší intenzita záření je v lednu, kdy je průměrná intenzita pouze 225 W/m^2 . Naopak nejvyšší intenzita je v srpnu, kdy je průměrná intenzita pouze 460 W/m^2 . Díky intenzitám v jednotlivých měsících jsem mohl vypočítat účinnost panelů v průběhu roku.



Graf 9: Závislost účinnosti na teplotě a intenzitě

Na předchozím grafu je vidět účinnost panelů v jednotlivých měsících v roce. Funkce účinnosti v roce nemá průběh převrácené paraboly, jak by se dalo předpokládat kvůli nepřímé závislosti na teplotě. Funkce účinnosti je totiž přímo závislá na intenzitě záření, ale nepřímo závislá na teplotě. Tedy účinnost klesá při zvyšování teploty a klesá při snižování intenzity záření. Tyto údaje jsem dále využil pro určení plochy a výkonu panelů.

6.1.2.1 Určení velikosti panelů

Dalším krokem je výpočet plochy panelů a vyrobené energie z panelů.

$$W_s = H * \eta \quad \left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2 \cdot \text{den}} \right]$$

Vzorec 1: Vyrobená energie z fotovoltaických panelů [Wh/m²/den]

Kde: W_s - Vyrobená energie z fotovoltaického panelu [Wh/m²/den], H - Intenzita záření při úhlu 48°, η - účinnost v jednotlivých měsících

$$S = \frac{W}{W_s} [\text{m}^2]$$

Vzorec 2: Plocha panelů [m²]

Kde: S - Plocha panelů [m²], W - denní spotřeba [Wh/den]

Ovšem musím pamatovat na účinnost systému a tedy potřebu vyšší plochy panelů než doposud vypočítané. Po konzultaci jsem zvolil účinnost systému $\eta_{\text{system}} 0,8$.

$$S_{\text{real}} = \frac{S}{\eta_{\text{systemu}}}$$

Vzorec3: Reálná plocha panelů

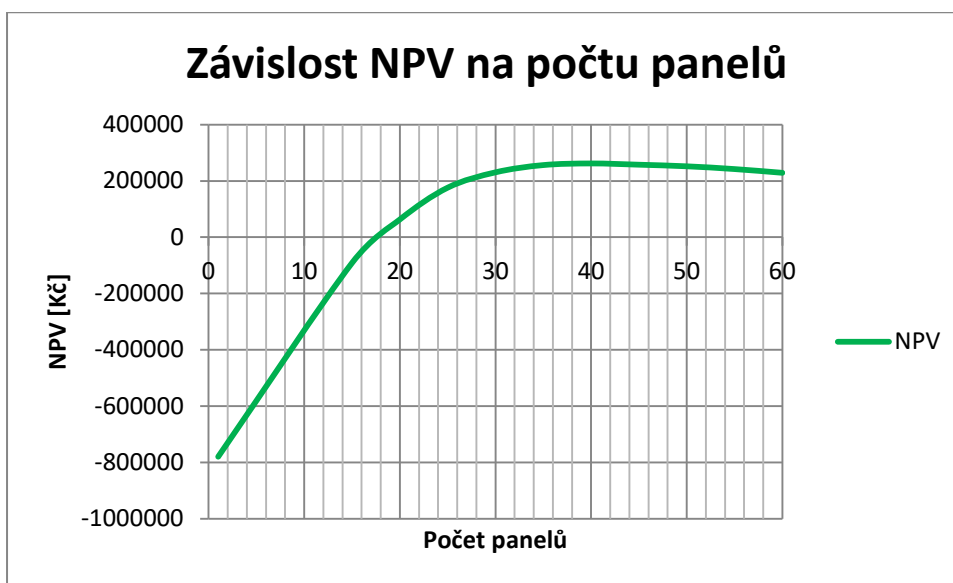
Kde: S_{real} - Potřebná plocha panelů se zahrnutím účinnosti [m²]

Tabulka 9: Určení množství panelů

	Denní spotřeba [Wh/den]	Účinnost [%]	H [Wh/m ² /den]	Vyrobená energie [Wh/m ² /den]	S [m ²]	S potřebná [m ²]
Leden	12080,00	12,87	1150	148,0	81,6	102,0
Únor	12080,00	13,53	2020	273,2	44,2	55,3
Březen	11430,00	13,57	3590	487,1	23,5	29,3
Duben	11430,00	13,67	4830	660,3	17,3	21,6
Květen	11430,00	13,33	4840	645,2	17,7	22,1
Červen	8501,43	12,94	4880	631,4	13,5	16,8
Červenec	8501,43	13,21	4840	639,1	13,3	16,6
Srpen	8501,43	13,60	4680	636,5	13,4	16,7
Září	11530,00	13,75	3780	519,6	22,2	27,7
Říjen	11530,00	13,21	2600	343,6	33,6	41,9
Listopad	11530,00	12,66	1130	143,1	80,6	100,7
Prosinec	12080,00	13,18	869	114,5	105,5	131,9

V předchozí tabulce je zobrazena denní spotřebu objektu, která je rozdílná v průběhu roku. Cílem této tabulky bylo vypočtení plochy, potřebné k pokrytí spotřeby objektu. Ovšem aby byla spotřeba pokryta, je potřeba využít baterie z důvodu nesoudobosti výroby a spotřeby. Z tabulky je patrné, že pro pokrytí spotřeby v průběhu celého roku by bylo potřeba 130m² panelů, a to v průběhu prvního roku. Je známo, že účinnost panelů v průběhu let klesá. Kdyby si investor přál pokrytí spotřeby během celého roku i v následujících letech, byla by potřebná plocha panelů větší. Zároveň by bylo potřeba velká kapacita baterií, pro akumulaci energie pro pokrytí i několikadenní spotřeby, kdy by fotovoltaická elektrárna vyrábělo zanedbatelné množství.

Při zvolení velké plochy panelů, respektive výkonu, by byly velké přebytky energie v průběhu léta a v případě ostrovního režimu není možné přebytečnou energii prodávat do sítě. Zároveň by bylo neekonomické pořizovat baterie, které by pokryly spotřebu i během zimy z naakumulované energie. Z těchto důvodů je výhodné zakoupit elektrocentrálu, která bude vyrábět chybějící energii v průběhu zimy a zároveň v průběhu nedostatku slunečního záření při malém nabití baterií.

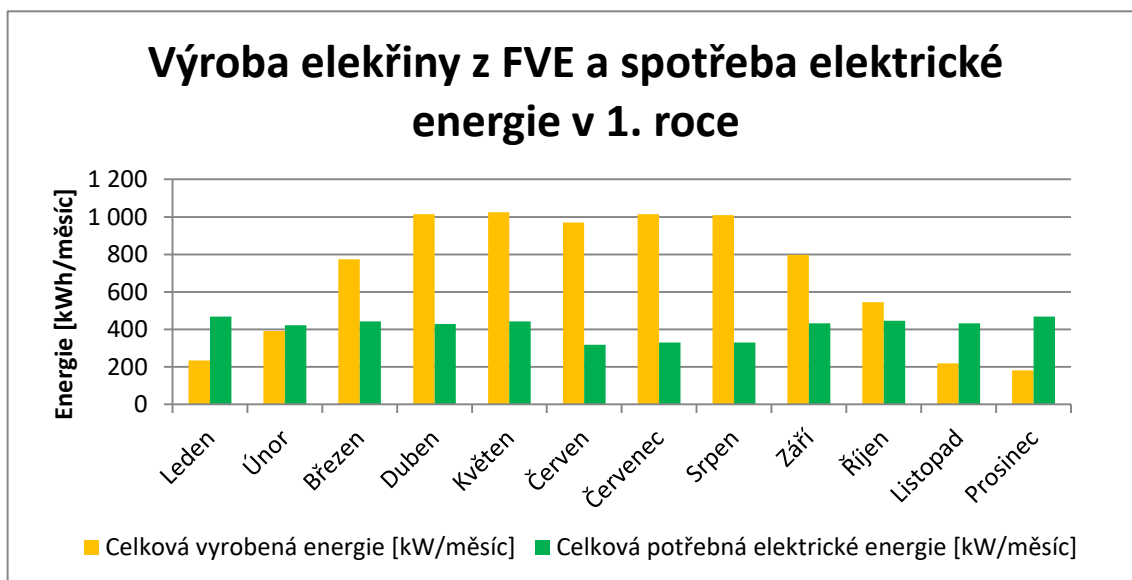


Graf 10: Závislost NPV na počtu panelů

Pro výběr počtu panelů jsem vypočítal závislost NPV na počtu panelů. Z grafu 10 jsem odečetl, že nejlepší ekonomická varianta je vybrat 40 panelů. Ale technické řešení, respektive plocha střechy, umožňuje umístit 32 panelů na stranu s vikýři, anebo 51 na stranu bez vikýřů. Vzhledem k tomu, že pro maximální zatížení domu potřebuje 8 000 W, zvolil jsem umístění panelů na stranu s vikýři, kam lze umístit 32 panelů.

Při výkonu jednoho panelu 250 Wp je celkový výkon panelů 8 000 Wp. Tento výkon je ideální i kvůli výběru střídače, který bude popsán v kapitole 6.5 Návrh střídače. 32 panelů vyrobí více elektrické energie než je spotřeba elektrické energie v průběhu osmi měsíců.

Při tomto umístění panelů bude i lépe využito světelné a tepelné energie dodávané pomocí vikýřů.



Graf 11: Měsíční výroba elektřiny z FVE a spotřeba elektrické energie 1. roce [kWh]

Při předpokladu, že účinnost panelů bude klesat meziročně o 1%, tak ve 20. roce pokryje výroba z FVE spotřebu elektrické energie také po dobu 8 měsíců.

6.2 Návrh baterií

Baterie jsou potřeba, jelikož slunce nedodává energii vždy v průběhu dne. Naakumulovanou energii můžeme čerpat při nedostatečné výrobě FVE. Navrhují použít baterií pro možnou akumulaci energie z FVE.

$$C = \frac{W_{den} \cdot d}{U} \quad [Ah]$$

Vzorec 4: Výpočet kapacity baterií [Ah]

Kde: C- Kapacita baterií, W_{den} - průměrná denní spotřeba elektřina, d- počet dní, které pokryjí baterie ve spotřebě elektrické energie. U- napětí na bateriích

$$C_{real} = \frac{C}{DoD \cdot \eta_{ak} \cdot \eta_{charge} \cdot \eta_{inv} \cdot \eta_{reg}} \quad [Ah]$$

Vzorec 5: Potřebná kapacita baterií [Ah]

Kde: C_{real} - potřebná kapacita baterií, DoD- hloubka vybíjení, η_{ak} - účinnost baterií, η_{inv} - účinnost měniče, η_{reg} - účinnost regulátoru

Při navrhování baterií jsem počítal s variantou, že veškerá potřebná elektrická energie bude dodávána z baterií a tedy aby nebyl překročen maximální vybíjecí proud. Baterie budou řazeny sérioparalelně. Řazeny budou do paralelních dvou bloků, kde v každém bloku budou 4 baterie sériově. Při tomto navržnutí 8 baterií vybraného typu bude maximální vybíjecí proud 80 A. Tento maximální proud bude využit jen při maximálním povoleném příkonu, kterým jsem se zabýval v kapitole 3.2.1.1 optimalizace spotřeby. Maximální povolený vybíjecí proud je 90 A. [39] Maximální nabíjecí proud je 90A, který také nikdy nebude překročen.

Tabulka 10: Navrhnutí baterií

Baterie [Ah]	90
Cena [Kč/90Ah]	16 899
η_{inv}	0,95
η_{ak}	0,96
η_{reg}	0,98
DoD [%]	0,6
Napětí [V]	12
Uskladnění energie [den]	0,38
Kapacita [kAh]	0,362
Reálná potřebná kapacita [kAh]	0,675
Množství baterií	8
Reálná kapacita [kAh]	0,72
Cena [Kč]	135 192

Pro navržnutí baterií je důležité si určit kapacitu baterií. Čím větší kapacita, tím by bylo lepší využití energie z FVE, ale cena baterií je vysoká a proto není vhodné zvolit vysokou kapacitu. Například kdybych zvolil kapacitu baterií, tak aby pokryla dva dny spotřeby, cena by byla 676 000 Kč, což je vysoká cena vzhledem k faktu, že v objektu bude umístěna elektrocentrála, která bude vyrábět energii, bude-li potřeba.

Zvolená kapacita, by pokryla 9 hodin průměrné spotřeby. Hodnotu jsem také určil s přihlédnutím na velkou spotřebu v průběhu poledne, kdy nemusíme akumulovat energii z celého dne na večer, jak by tomu mohlo být u jiných objektů. Zároveň je možné tento počet baterií lépe zapojit do série, čímž zvýším napětí a snížím proudy, tedy i ztráty. V našem objektu je výhodné, že se elektřina spotřebovává i během dne a poledne, z důvodu občerstvení. Kapacitu jsem si nejdříve spočítal, aby pokryla devítihodinovou spotřebu energie, ale následně je nutné kapacitu navýšit na reálnou kapacitu z důvodu DoD a účinností

akumulátorů, střídače ale i regulátoru. Výsledná reálná potřebná kapacita bude 670 Ah při 12 V. Protože nakupuji baterie 12 V, 90 Ah bude celková kapacita 720 Ah, 12 V. [39]

6.3 Návrh elektrocentrály

Potřebujeme záložní zdroj, který bude pracovat hlavně v průběhu zimy, ale také bude potřeba v průběhu několika po sobě jdoucích zatažených dní v průběhu léta. Jako záložní zdroj jsem zvolil elektrocentrálu. Maximální výkon elektrocentrály jsem zvolil 7,5 kW. Krátkodobě je možné centrálu přetížit. Tento výkon jsem zvolil s ohledem na téměř nulovou výrobu elektřiny z FVE v průběhu některých dnů v průběhu zimy. Je otázkou, zda zvolit jeden generátor o jmenovitém výkonu 7,5 kW, nebo dva o jmenovitém výkonu 4 kW. Druhá možnost má výhody, kvůli lepšímu optimálnímu zatížení elektrocentrál, ale na trhu jsem nenašel elektrocentrálu s daným výkonem, která umožňuje automatický start a paralelní spolupráci s druhou elektrocentrálou.

Jako záložní zdroj doporučuji koupit levnější elektrocentrálu, která by případně zabezpečila základní chod objektu v případě poruchy. Z dané oblasti není problém dojet zakoupit nový zdroj. Případně některé práce by se odložili na později, jako například praní prádla. Topení by se případně zajišťovalo krátkodobě pomocí krbu. Doporučuji zakoupit záložní elektrocentrálu o nominálním výkonu 3 kW, který by pokryl základní spotřebu elektrické energie. [7]

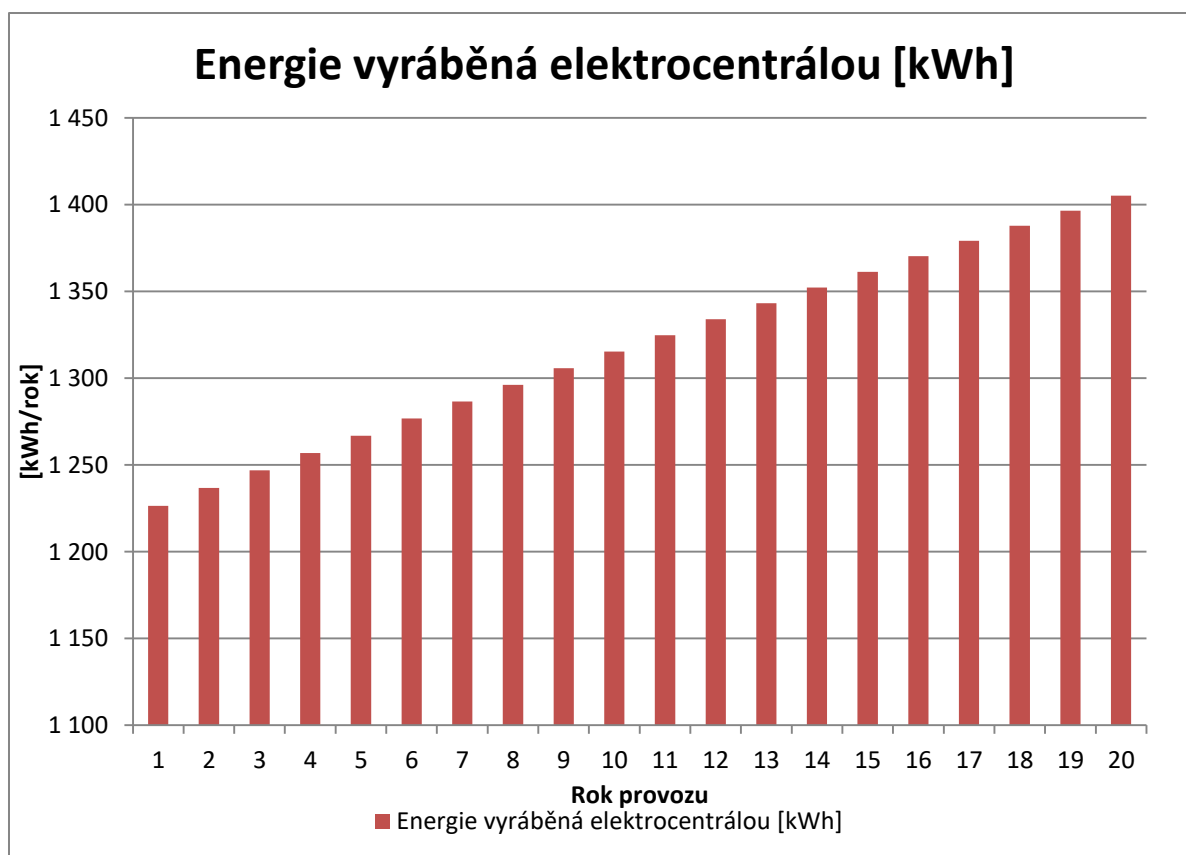
Pro následný ekonomický výpočet je potřeba predikovat, kolik energie bude elektrocentrála produkovat v průběhu roku.

Tabulka 11: Rozdíl mezi vyrobenou a potřebnou energií v 1. roce

Měsíc	Vyrobena energie [Wh/den]	Potřebná energie [Wh/den]	Rozdíl energií [Wh/den]	Rozdíl energií [Wh/měsíc]
Leden	7 578	15 100	-7 522	-233 194
Únor	13 989	15 100	-1 111	-31 095
Březen	24 942	14 288	10 654	330 278
Duben	33 806	14 288	19 518	585 547
Květen	33 036	14 288	18 749	581 216
Červen	32 330	10 627	21 703	651 098
Červenec	32 724	10 627	22 097	685 021
Srpen	32 587	10 627	21 960	680 768
Září	26 604	14 413	12 191	365 737
Říjen	17 591	14 413	3 179	98 545
Listopad	7 327	14 413	-7 085	-212 559
Prosinec	5 863	15 100	-9 237	-286 344
Chybějící energie [Wh]			-24 955	-763 193

V předchozí tabulce je vypočítaný rozdíl mezi vyrobenou a potřebnou energií v průběhu 1. roku. Tento rozdíl se v průběhu let mění v důsledku poklesu účinnosti. Ovšem vypočítaná chybějící energie není konečná, jelikož i v průběhu zmiňovaných osmi měsíců se může vyskytnout několik zatažených dnů za sebou a tedy může nastat nedostatek energie z FVE. Tento počet dnů, kdy bude pracovat elektrocentrála nad rámec výpočtů, jsem uvažoval s ohledem na počet a druhy dnů v jednotlivých měsících. Po mém úsudku a diskuzi jsem určil počet těchto dnů 40.

Můj předpoklad je tedy, že bude využita elektřina vyrobená během měsíců, kdy je výroba nižší než spotřeba a generátor bude vyrábět chybějící energii a navíc bude pracovat i ve zmíněných osmi měsících během oblačných dnů, kdy bude výroba nízká.



Graf 12: Energie vyráběná elektrocentrálou [kWh]

Na grafu 12 vidíme předpokládanou vyrobenou energii z generátoru v průběhu dvaceti let. Vyrobená energie se bude navyšovat z důvodu poklesu účinnosti FVE. Mimo palivové náklady musím počítat i s provozními náklady. Po konzultaci s firmou Namir, která prodává generátory, jsem určil náklady na roční údržbu. Do údržby jsem zahrnul výměnu oleje 270 Kč, filtru 500 Kč, vzduchového filtru 150 Kč, práce technika 800 Kč, tedy 1720 Kč/rok. Tuto částku budu v budoucnosti navyšovat o inflační hodnotu.

Při návrhu výkonu zohledňuji, že v některých dnech nebude FVE vyrábět elektrickou energii a proto bude potřeba, aby veškerá spotřebovaná elektřina byla vyrobena elektrocentrálou. Maximální výkon je 7,5 kW. Důležitým kritériem při výběru byl automatický start, jelikož využívání objektu má být co nejpohodlnější, což cenu výrazně navýšilo. Objem palivové nádrže je 15 l, ale pro pohodlnější využití doporučuji namontovat velkou nádrž na 70 l za příplatek 6500 Kč. [33][32]

6.4 Návrh regulátoru

Regulátor zajišťuje optimální nabíjení akumulátoru tím, že upraví výstupní napětí z FVE na úroveň vhodnou pro nabíjení baterií. Regulátor má za úkol řídit tři hlavní procesy, ale může pracovat i s více informacemi, které je schopen sledovat. Může regulovat přebytečnou

energii ve spolupráci s předem určeným spotřebičem, řídit nabíjení i v závislosti na teplotě baterie, nebo rozpozná typ baterie a nabíjí ji podle programu vhodného pro tuto baterii. [14]

Pro moji diplomovou práci jsem vybral regulátor typu MPPT, který je dražší než klasické regulátory, ale dosahuje mnohem vyšší účinnosti. Účinnost u klasického regulátoru se pohybuje kolem 80 % a u MPPT může dosáhnout hodnoty 99 %. Pro analyzovaný objekt jsem vybral regulátor MPPT BlueSolar 150/70 150 V DC/70 A/12-24-48 V max. 1000/2000/4000 Wp. Účinnost je 98 %, je zde několik před programovaných algoritmů nabíjení a programovatelné pomocí relé pro start generátoru. Maximální napětí naprázdno je 150 V, které nesmíme přesáhnout a musíme přizpůsobit zapojení panelů této hodnotě. Protože máme jmenovitý výkon panelů 8 000 W, musím použít dva regulátory. [34]

6.5 Návrh střídače

Pro objekt jsem vybral střídač Victron Energy Quattro 24 V/8000 VA/200 A-100 A/100 A. [35] Je to výkonný DC-AC střídač s čistě sinusovým výstupním napětím. Tento střídač pokryje i špičkovou spotřebu elektrické energie v objektu. V případě potřeby umí tyto střídače pracovat paralelně a mají jednoduché nastavení. Výrobce udává účinnost střídače 95 %.

6.6 Návrh regulátoru využití elektrické energie

Pro optimální využití elektrické energie vyrobené FVE jsem vybral WATTrouter. Pomocí WATTrouteru využiji elektřinu v doby, kdy FVE vyrábí a naopak šetří ji v době, kdy FVE nevyrábí energii.

Příkladem budiž využití myčky. Jsou-li přebytky výroby FVE, dojde k sepnutí myčky. Dojde-li ke snížení výkonu FVE nebo k zapnutí jiného spotřebiče nepřipojeného na WATTrouter, sepnuté výstupy se opět odpojí. [12]

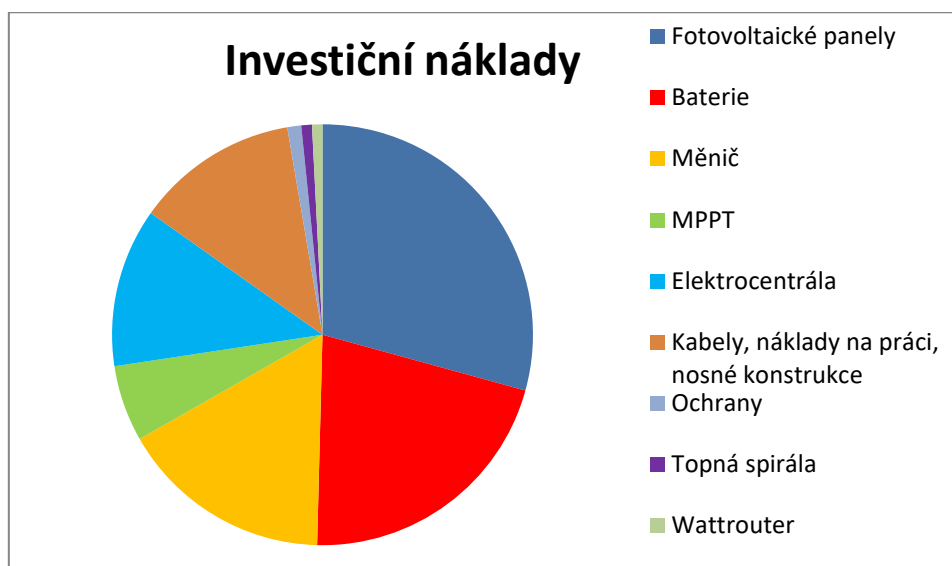
6.7 Celková cena systému

Jedna z nejdůležitějších věcí při navrhování systému jsou investiční náklady. Cílem ale nebyly nejnižší náklady. Investor si přeje, aby dům byl částečně ekologický a nevyráběla se všechna potřebná energie z fosilního paliva.

Celková cena bude záviset na navrhovaných jednotlivých komponentech a bude se lišit v jednotlivých navrhovaných variantách, které budu navrhovat v kapitole 7.2 Ekonomické zhodnocení variant. Pro názornost zobrazuji jednu z navrhovaných variant s vysvětlením, proč jsou použity jednotlivé typy a množství jednotlivých komponentů.

Tabulka 12: Investiční náklady varianta 1

	Cena [Kč]	Podíl z celkových nákladů [%]
Fotovoltaické panely	187 264	30%
Baterie	135 192	21%
Měnič	104 594	16%
MPPT	37 438	6%
Elektrocentrála	78 080	12%
Kabely, náklady na práci, nosné konstrukce	80 000	13%
Ochrany	6 832	1%
Topná spirála	5 228	1%
Wattrouter	5 105	1%
Celková cena	634 628	



Graf 13: Investiční náklady

Z předchozí tabulky a grafu je patrné, že největší položkou v investici jsou fotovoltaické panely a baterie. Měnič má vysokou pořizovací cenu, protože jsem určil vysoký špičkový výkon odběru z důvodu pohodlného využívání objektu a umístění občerstvení v objektu. Další položkou je elektrocentrála, u které je vysoká pořizovací cena ze stejného důvodu jako u měniče a tento generátor může v některých dnech pokrývat veškerou spotřebu. Měl jsem také požadavek na kvalitu a možnost automatického startu. Investor by se mohl přizpůsobit a snížit cenu, jestliže by byl ochotný generátor startovat ručně v případě potřeby a snížením výkonu generátoru, což by opět vedlo požadavky na investora a přizpůsobení se tomuto faktu. Proto po konzultaci s vedoucím jsem navrhl generátor s maximálním výkonem

7,5 kW, který může případně dobíjet baterie dle předem daného algoritmu. V ceně je i započítána náhradní elektrocentrála. Další položkou jsou baterie, které jsem vybral typ LiFePO₄ o celkové kapacitě 720 Ah 12 V. Náklady na baterie jsou v mém případě 135 192 Kč. [39] 6 % z celkových investičních nákladů připadá na MPPT regulátor, u kterého je pořizovací cena 18 719 Kč, ale je potřeba zakoupit dva kusy. [34] Mezi další náklady je potřeba zahrnout ochrany u FVE jak přepět'ové, tak nadproudové. Náklady na tyto ochrany jsou 6 832 Kč. [37] [38]

Jelikož se jedná o ostrovní režim a přebytky z FVE nelze dodávat do sítě, je vhodné přebytky ohřívat TUV. Náklady na ohřev TUV z přebytků energie z FVE je potřeba zakoupit topnou spirálu. Náklady na topnou spirálu jsou 5 228 Kč než u boileru s možností ohřevu vody pomocí pouze kotle. [41]

Celkové náklady jsou 634 628 Kč. V této variantě nejsou splněny podmínky na přidělení dotace z důvodu malé kapacity baterií. Baterie jsem navrhoval s ohledem, aby bylo možné pokrýt krátkodobou spotřebu kompletně z baterií a nebyl překročen maximální vybíjecí proud. V další části diplomové práce navrhuji variantu, která by splňovala kritéria na obdržení dotací, a vypočítám ekonomické zhodnocení, jestli je zvýšení kapacity baterií výhodné.

7 Ekonomické zhodnocení provozu FVE na vybraném objektu

Výstavba FVE je investice a proto je potřeba zjistit, nenaskytuje-li se lepší varianta investování financí. Z tohoto důvodu využijeme ekonomické hodnocení efektivnosti investic

7.1 Ekonomické hodnocení efektivnosti investic

Při ekonomickém hodnocení musím zohlednit inflaci, rizikovost investice a podobně. Pro ekonomické zhodnocení využiji diskontování, což je určení hodnoty peněz z budoucnosti vztažené k současnosti, nebo také hodnotu peněz v čase.

7.1.1 Metody dynamické

Tyto metody zohledňují faktor času s pomocí diskontování

7.1.1.1 Metoda čisté současné hodnoty

Metoda čisté současné hodnoty (dále jen NPV), určí jaká je současná hodnota investice až do doby její životnosti na základě odhadnutých parametrů.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I \quad [\text{Kč}]$$

Vzorec 6: Čistá současná hodnota

Kde: NPV- čistá současná hodnota, n- doba životnosti investice, i- diskontní sazba, CF_t- Cash flow v jednotlivých letech, I- počáteční investice

Rovná-li se NPV nule, investice splní naše očekávání. Pokud je NPV záporné, tak investici ne zvolím, jelikož mám jinde výhodnější příležitost. Porovnávám-li více variant, nejvýhodnější varianta je s nejvyšším NPV.

Diskontní sazba je určena inflací, mírou rizikovosti a také alternativní mírou zhodnocení, neboli opportunity cost. Rozeznáváme dva druhy diskontní sazby. Nominální diskontní sazba, která zahrnuje i vliv inflace a reálná diskontní sazba. V diplomové práci je počítáno s meziroční inflací 2%. [40]

$$i_n = (1 + i_r) * (1 + \alpha) - 1 \quad [-]$$

Vzorec 7: Nominální diskontní sazba

Kde: i_n- nominální diskontní sazba, α- míra inflace, i_r- reálná diskontní sazba.

7.1.1.2 Metoda vnitřní míry výnosnosti

Metoda vnitřní míry výnosnosti (dále jen IRR) souvisí s metodou NPV. Metoda určuje hodnotu diskontní sazby, kdy NPV je rovno nule. Respektive, kdy investice není ztrátová a splní naše očekávání. U metody je nevýhodou, že neumí počítat s různým diskontem během sledovaného období a že IRR nemusíme najít. Při porovnávání více investic vybíráme investici s nejvyšším IRR.

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+irr)^t} - I = 0 \quad [\%]$$

Vzorec 1: Metoda vnitřní míry výnosnosti

Kde: irr- vnitřní míra výnosnosti, CF_t - cash flow v jednotlivých letech, n- doba životnosti investice, I- počáteční investiční výdaj

7.1.2 Metody statické

U těchto metod se nebere v úvahu časový faktor. Statické metody je vhodné využívat pouze u investic při nízké inflaci, nízké úrokové sazbě a s krátkou dobou životnosti.

7.1.2.1 Metoda komparace nákladů

Srovnávám investiční a nákladové možnosti. Na základě tohoto porovnání vybírám investici s nejnižšími náklady.

7.1.2.2 Metoda komparace doby návratnosti

Porovnávám pomocí doby, za kterou se součet CF v jednotlivých letech po investici vyrovná hodnotě investice. Jestliže se využívají odpisy, CF se rovná součtu zisků a odpisů. Při srovnávání více investic, vyberu možnost s nejnižší dobou návratnosti (dále jen PP). Je možné využít diskontovanou dobu návratnosti (dále jen DPP) u dlouhodobých investic, u které je zohledněna časová hodnota peněz.

$$\text{Investovaný kapitál} = \sum_{t=0}^n CF_t = \sum_{t=0}^n (zisk_t + odpisy_t) \quad [\text{roky}]$$

Vzorec 9: Metoda komparace doby návratnosti

7.2 Ekonomické zhodnocení variant

Pro ekonomické zhodnocení návrhu FVE se obvykle využívá metoda, která pracuje s ušetřenou energií, která nebyla odebrána ze sítě a tedy ušetřenými finančními prostředky, nebo naopak příjmem financí z prodeje elektřiny do sítě. V mém případě tuto metodu nemohu využít, jelikož se jedná o ostrovní režim. Proto jsem navrhl pro porovnávání variantu 0, kde je umístěna pouze elektrocentrála bez FVE a baterií. Voda je ohřívána pouze pomocí kotle. Porovnávám varianty na bázi výdajového CF. Proto využiji k porovnávání pouze NPV. Do

CF zahrnují investiční náklady u jednotlivých variant, ale nezapočítávám investiční náklady na kotel, jelikož tento kotel je potřeba zakoupit ve všech investicích stejný a této práci se jím nezabývám. Dále jsem zahrnul do CF provozní náklady, náklady na palivo do elektrocentrály a náklady na pelety. Náklady na pelety jsem zahrnul, jelikož jsou v jednotlivých variantách rozdílné, na rozdíl od investičních nákladů na kotel. Neuvažovat odpisy jsem se rozhodl po konzultaci s vedoucím práce, jelikož objekt bude pouze částečně využíván, jako komerční a provozovatel bude fyzická osoba.

Navrhl jsem následné čtyři varianty:

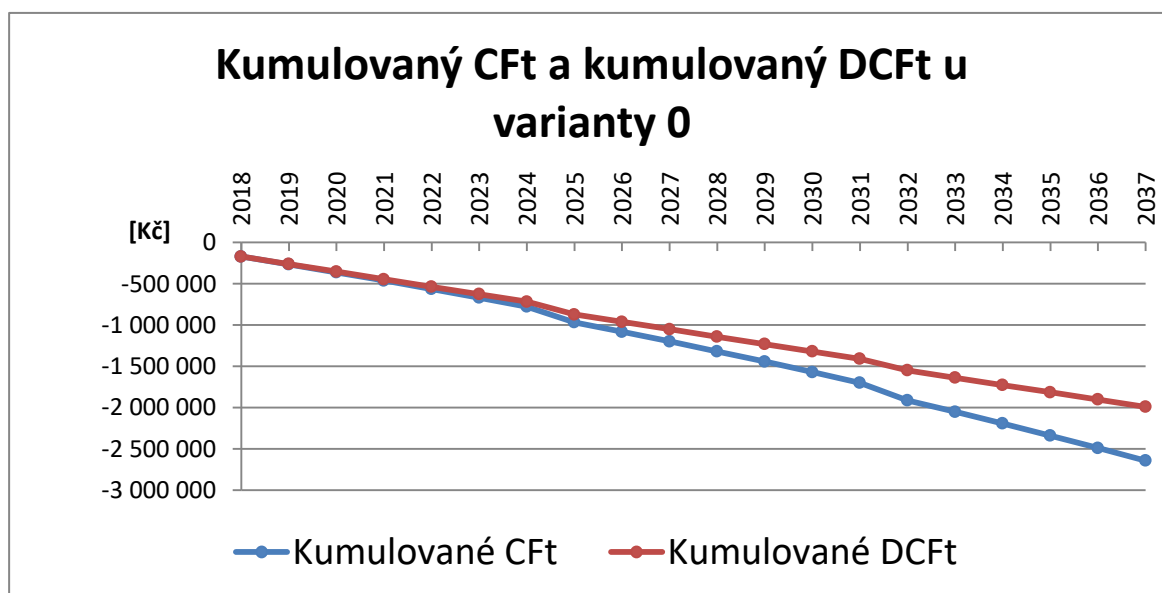
- Varianta 1- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE. Varianta neuvažuje s dotacemi na OZE.
- Varianta 2- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE. Navrhované komponenty jsou navrhovány tak, abych získal jednorázovou dotaci.
- Varianta 3- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV není možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE.
- Varianta 4- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, které umístím na samostatně stojící konstrukce mimo objekt. V tomto případě budou panely umístěny pod optimálním úhlem. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE.

7.2.1 Varianta 0- bez fotovoltaické elektrárny

Variantu bez fotovoltaické elektrárny jsem zpracoval kvůli ekonomickému zhodnocení fotovoltaickému systému. Tuto variantu si investor nepřeje, jelikož si přeje využívat fotovoltaickou elektrárnu a být tak ekologičtější. V mém případě jsem určil průměrnou spotřebu paliva 0,5 l/kWh. Zatěžování elektrocentrály bude nepravidelné a proto i spotřeba je vyšší, než v optimálním konstantním zatížení. Tuto hodnotu je obtížné určit a byla určena po konzultaci s firmou Briggs&Stratton. Nenalezl jsem na trhu prodejce, který by prodával elektrocentrály s nominálním výkonem 4 000 W a automatickým startem, který požadují a které by mohly pracovat paralelně. Proto v této variantě počítám se stejnou elektrocentrálou jako u dalších variant. Zároveň počítám s náhradní elektrocentrálou, která by zajistila omezený chod objektu do doby, než by se zprovoznila nová hlavní elektrocentrála. [7] Cenu benzínu je velmi složité predikovat do budoucna, jelikož v historii měla cena velké výkyvy. Například od roku 2014 byl zaznamenán pád ceny benzínu z 36,5 Kč až na hodnotu 26,5 Kč

v roce 2016. Pro predikci jsem proto zvolil průměrnou cenu za posledních 5 let, Cena za jeden litr s dopravou jsem zvolil 33 Kč/l a tuto cenu v budoucnosti navyšoval každoročně o 3 %. Navyšování jsem zvolil s ohledem na inflaci a zároveň se předpokládá nedostatek ropy v budoucnosti a tím i její růst. [36] Dále jsem vypočítal náklady na palivo do elektrocentrály za rok. Náklady na palivo jsou vypočítány vynásobením ceny litru paliva v daném roce, průměrnou spotřebou paliva na výrobu 1 kWh a celkové spotřeby za rok. Další náklady jsou provozní. Provozní náklady jsou v prvním roce 1720 Kč/rok a v budoucnosti se navyšují o inflaci. Určení provozních nákladů 6.3 návrh elektrocentrály. Poté jsem byl schopen vypočítat průměrné náklady na kWh. V prvním roce byly variabilní náklady 16,9 Kč/kWh a v dalších letech náklady rostly z důvodu inflace a navyšování ceny paliva. V této variantě předpokládám výměnu elektrocentrály po sedmi letech využívání, což se projeví i v následujícím grafu.

Nezanedbatelnými náklady jsou náklady na ohřev TUV. Při výhřevnosti pelet 16,5 MJ/kg, ceně pelet 7 Kč/kg s dopravou a účinností kotle 90 % jsou náklady na ohřátí TUV 5,7 Kč/kWh. Cenu pelet jsem do budoucna navyšoval o inflaci. Potřebná energie na ohřátí 100 l o 1°C je 0,116 kWh. Tyto hodnoty budou stejné i v následujících variantách a proto je dále nebudu znova popisovat. [42]



Graf 14: Kumulovaný Cf a kumulovaný DCFt u varianty 0

Z grafu je vidět nelinearita, která je způsobena výměnou elektrocentrály v 7. a 14. roce. Vývoj grafu je vázán na inflaci a vývoj ceny benzínu v následujících letech. Po konzultaci s prodejcem jsem určil výměnu elektrocentrály po sedmi letech. Výsledné NPV u varianty 0 je -1 990 055 Kč.

7.2.2 Varianta 1

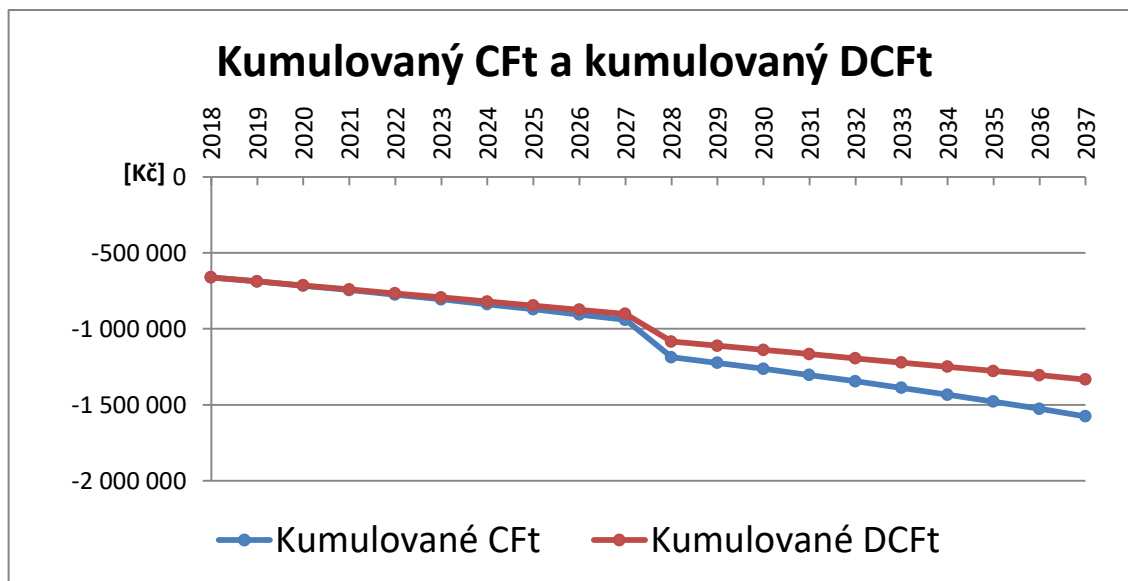
V první variantě jsem navrhl FVE, která teoreticky pokryje spotřebu po dobu 8 měsíců v prvním roce. (viz. graf 11) Umístil jsem 32 panelů na střechu, respektive maximum, jaké se vejde na vybranou část střechy. Ovšem i během těchto osmi měsíců bude potřeba využít elektrocentrálu, z důvodu oblačných dnů a nedostatečné kapacity baterií na pokrytí těchto dnů.

Po konzultaci s Ing. Rostislavem Krejcarem, Ph.D. jsem určil výši provozních nákladů 0,35 % z investičních nákladů plus provozní náklady na elektrocentrálu v poloviční výši než ve variantě 0. Poloviční provozní náklady na elektrocentrálu jsou z důvodu nižšího využívání elektrocentrály. Provozní náklady v budoucnosti jsou navyšovány o inflaci.

Náklady na palivo do elektrocentrály jsou vypočítány stejně jako u varianty 0, ale v této variantě jsou nižší, jelikož je potřeba méně energie z elektrocentrály z důvodu využití energie z FVE. Využitím FVE jsem snížil náklady na palivo o 36 713 Kč.

Náklady na pelety jsou nižší o 17 256 Kč v prvním roce. Z modelu jsem určil možné využití energie z FVE na ohřev TUV a hodnotu jsem odečetl od nákladů na pelety z varianty 0. Výsledkem jsou náklady na pelety, které jsou v prvním roce provozu 6 985 Kč. Elektřina je využita k ohřevu pouze v případě výroby elektřiny z FVE, a při plně nabitých akumulátorech. Tímto ušetříme za energii, která by byla potřeba k ohřátí vody pomocí kotle na pelety.

V této variantě do investice není zahrnuta jednorázová dotace ve výši 100 000 Kč, protože není splněna podmínka o minimálním měrné kapacitě akumulátorů. Investiční náklady varianty 1 jsou rozepsány v tabulce 12 Investiční náklady. V desátém roce je počítáno s výměnou střídače a elektrocentrály.



Graf 15: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty 1

Snižující se CF je způsobeno navýšováním ceny paliva, inflací, ale také poklesem účinností. V grafu je názorný pokles kumulovaného CF, který je způsoben výměnou střídače a elektrocentrály v desátém roce. NPV u varianty 1 je -1 333 286 Kč.

7.2.3 Varianta 2

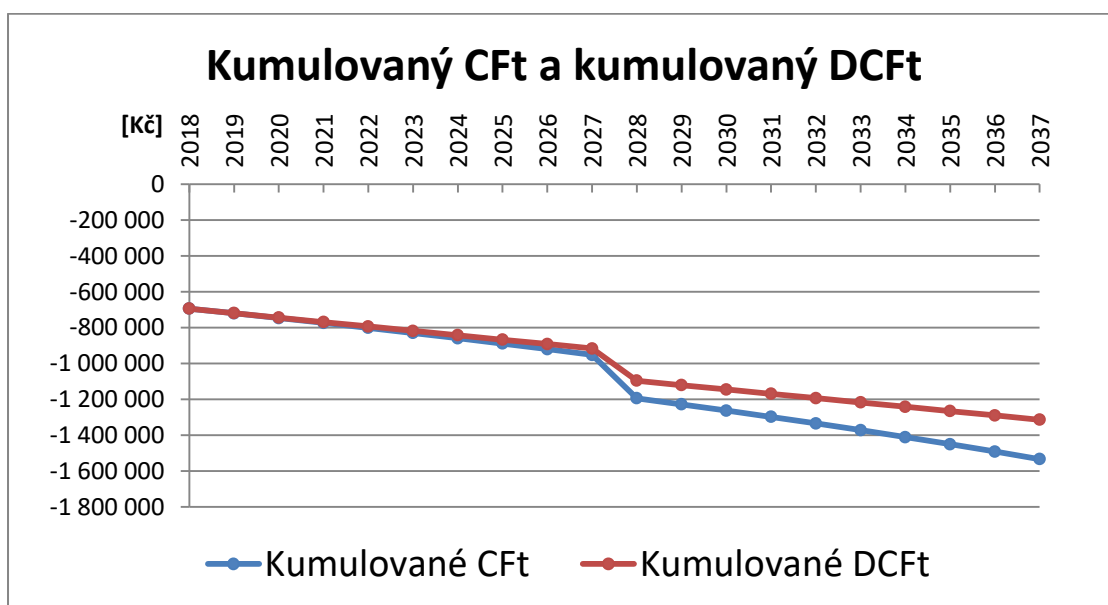
Druhá varianta spočívá ve výpočtu, jestli je výhodné navýšit kapacitu akumulátorů, aby byla splněna podmínka pro dotaci, která požaduje měrnou kapacitu akumulátorů, při zachování počtu panelů jako ve variantě 1, tedy 32 a výkonu 8 000 Wp. Ostatní podmínky, které jsou popsány v kapitole 4.5.1 Podpora FVE v ČR, varianta 1 splňuje. Minimální měrná kapacita akumulátorů je 1,75 kWh/kWp. V našem případě aby bylo možno v akumulátorech naakumulovat 14 kWh. Pro splnění této podmínky zdvojnásobím počet baterií, než ve variantě 1. Umístím tedy 16 baterií 12 V, 90 Ah, které budou zapojeny sérioparalelně. Další výhodou většího počtu bloků baterií, které budou zapojeny paralelně je snížení nabíjecích a vybíjecích proudů, čímž se prodlouží životnost baterií.

Tabulka 13: Investiční náklady u varianty 2

	Cena [Kč]	Podíl z celkových nákladů [%]
Fotovoltaické panely	187 264	24%
Baterie	270 384	35%
Měnič	104 594	14%
MPPT	37 438	5%
Generátor	78 080	10%
Kabely, náklady na práci, nosné konstrukce	80 000	10%
Ochrany	6 832	1%
Topná spirála	5 228	1%
Wattrouter	5 105	1%
Celková cena	769 820	
Dotace	100 000	
Cena po obdržení dotací	669 820	

Ve variantě 1 tvořili náklady na baterie 21% z celkové ceny a ve variantě 2 jsou náklady na baterie 35 % z celkové ceny. Navýšení počtu akumulátorů stojí 135 000 Kč, ale navýšením kapacity jsem splnil podmínky pro přidělení dotace ve výši 100 000 Kč. Tato kapacita baterií pokryje 19 hodin průměrné spotřeby elektrické energie při zachování DoD.

Předpokládám, že zvýšená kapacita baterií, sníží potřebu elektrocentrály o 20 dní ročně v porovnání s variantou 1, díky lepší akumulaci energie.



Graf 16: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCf u varianty 2

Snižující se CF je způsobeno navyšováním ceny paliva, inflací, ale také poklesem účinností stejně jako v grafu 15. V desátém roce předpokládám výměnu střídače a elektrocentrály.

NPV u varianty 2 je -1 313 400 Kč a je vyšší než NPV u varianty 1, které je -1 333 286 Kč. Relativně malý rozdíl v NPV je způsobeno velkými investičními náklady na akumulátory v porovnání s provozními náklady elektrocentrály. Za mnou určených podmínek stojí den provozu elektrocentrály v prvním roce cca 150 Kč a tedy jestliže navýšení kapacity baterií snížilo provoz elektrocentrály o 20 dní ročně, v prvním roce se snížili provozní náklady na elektrocentrálu pouze o 3000 Kč. Z tohoto důvodu není ekonomicky výhodné investovat do velké kapacity baterií. V některých případech je výhodnější zajistit takové množství baterií, aby pokryly část denní spotřeby a zajistit aby maximální vybíjecí a nabíjecí proud nebyl překročen.

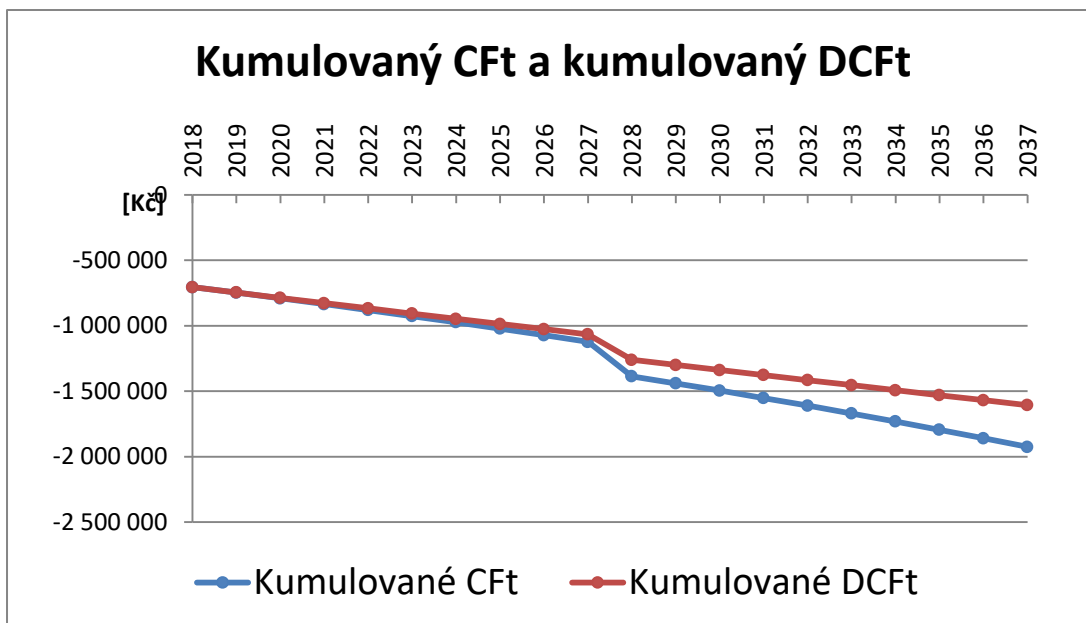
7.2.4 Varianta 3

Varianta 3 se zabývá studií, která má stejný instalovaný výkon panelů a kapacitu baterií jako varianta 2, ale přebytky elektrické energie by nebyly využity na ohřev TUV. Varianta 3 má nižší investiční náklady, jelikož není potřeba zakoupit tepelnou spirálu. TUV se bude ohřívat pouze pomocí kotle, který bude sloužit i k vytápění. Proto jsou náklady na palivo do elektrocentrály stejné jako u varianty 2 a náklady na pelety pro ohřátí TUV jsou stejné jako u varianty 0.

Tabulka 14: Investiční náklady u varianty 3

	Cena [Kč]	Podíl z celkových nákladů [%]
Fotovoltaické panely	187 264	24%
Baterie	270 384	35%
Měnič	104 594	14%
MPPT	37 438	5%
Generátor	78 080	10%
Kabely, náklady na práci, nosné konstrukce	80 000	10%
Ochrany	6 832	1%
Wattrouter	5105	1%
Celková cena	764 592	

Investiční náklady u varianty 3 jsou nižší než u varianty 2 pouze o 5 228 Kč, což je pořizovací cena topné spirály.



Graf 17: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT

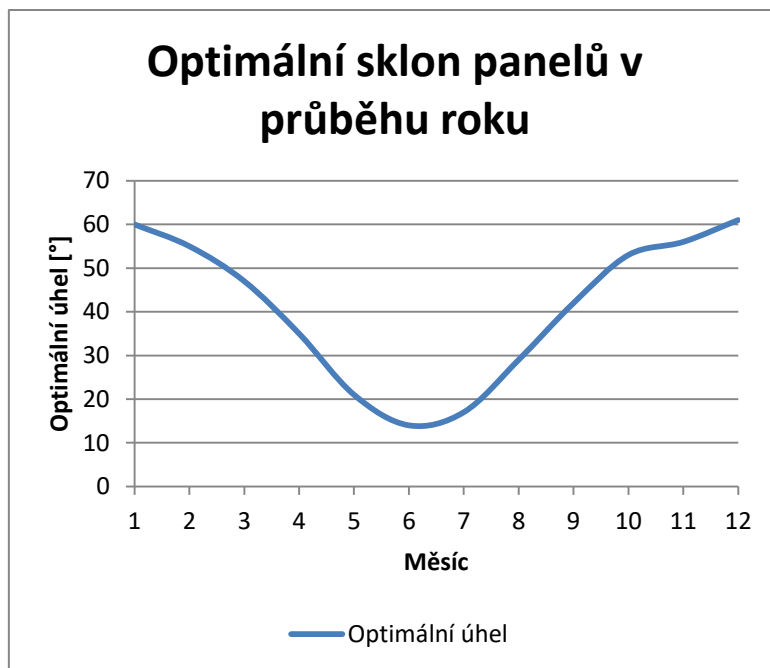
Jako u předešlých grafů je pokles kumulovaného CF způsoben navyšováním ceny paliva, inflací a poklesem účinností. Ve variantě 3 také předpokládám výměnu střídače a elektrocentrály v desátém roce. U varianty 3 je výsledné NPV -1 606 674 Kč.

7.2.5 Varianta 4

V předchozích variantách se počítalo s umístěním FVE na střeše objektu, která ale nemá optimální úhel. Optimální úhel ve vybrané lokalitě je 34° a část střechy, na kterou jsou umístěny panely v předchozích variantách má sklon 48°.

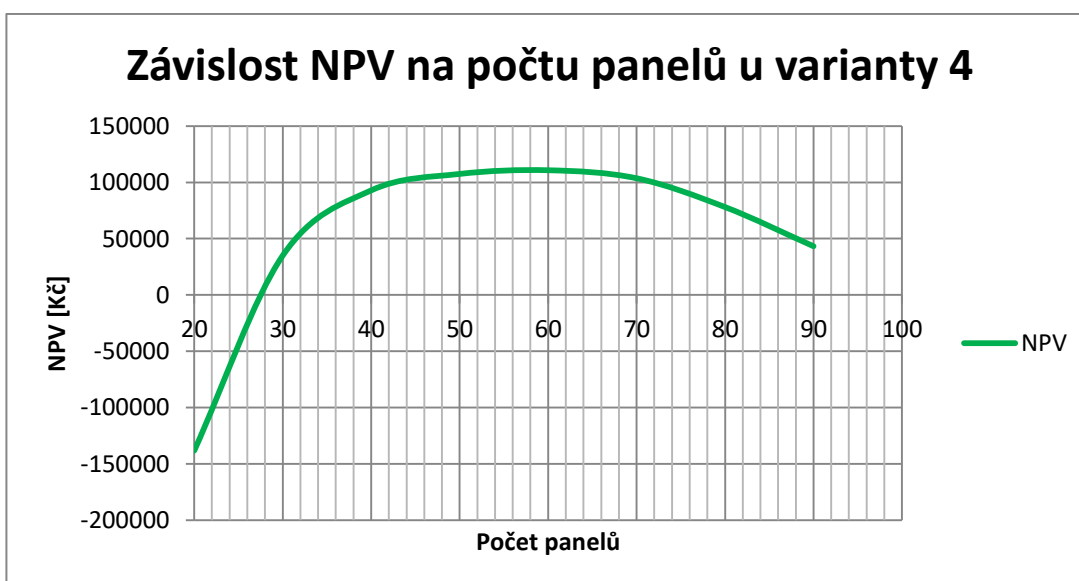
Je důležité zmínit, že není jisté, jestli by tato varianta byla povolena, protože by stála na vlastní konstrukci mimo objekt. Pro investora jsem ovšem toto řešení navrhl, ale s poznámkou, že je nejisté jestli bude stavba této FVE povolena.

Pro výhodnější využití panelů je vhodné umístit panely mimo objekt na vlastní konstrukci, na které by měli panely optimální úhel 34°. Větší sklon střechy je sice horší v pohledu celého roku, ovšem strmější sklon je výhodnější v průběhu zimy, kdy je nedostatek elektrické energie, jelikož slunce je níže nad obzorem v zimním období a i z důvodu snazšího odtávání sněhu. Pro lepší představu přikládám následující graf, kde jsou jednotlivé optimální úhly v jednotlivých měsících. Optimální úhly se velmi mění v průběhu roku a to od 14° v červnu až po 61° v prosinci.

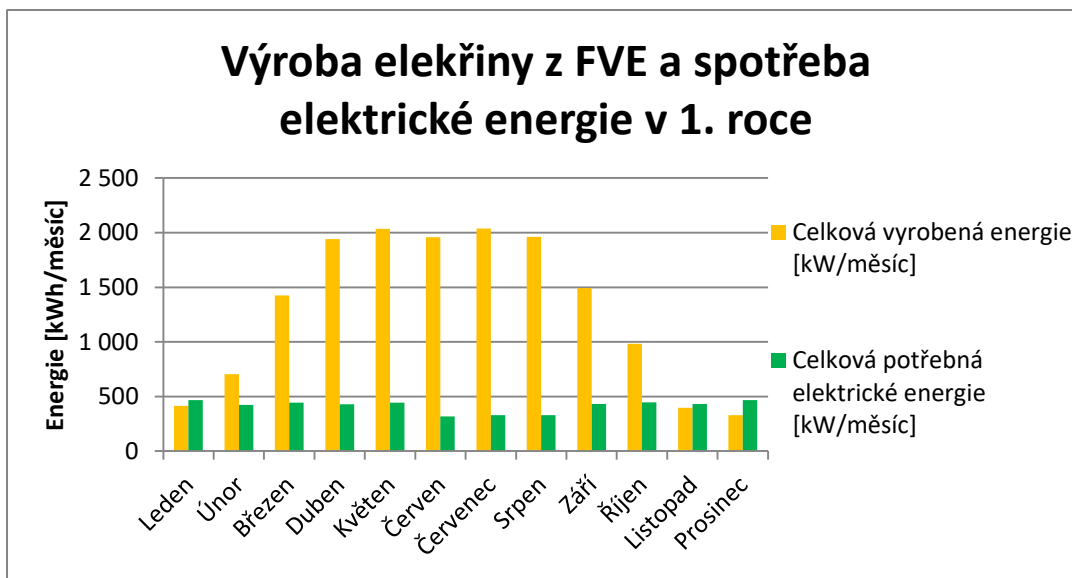


Graf 18: Optimální sklon panelů v průběhu roku

Další výhodou této varianty je prakticky neomezený počet panelů, který mohou umístit. Ekonomicky nejvýhodnější je dle NPV umístit 59 panelů, ale z praktického hlediska pro zapojení umístím 60 panelů.



Graf 19: Závislost NPV na počtu panelů u varianty 4



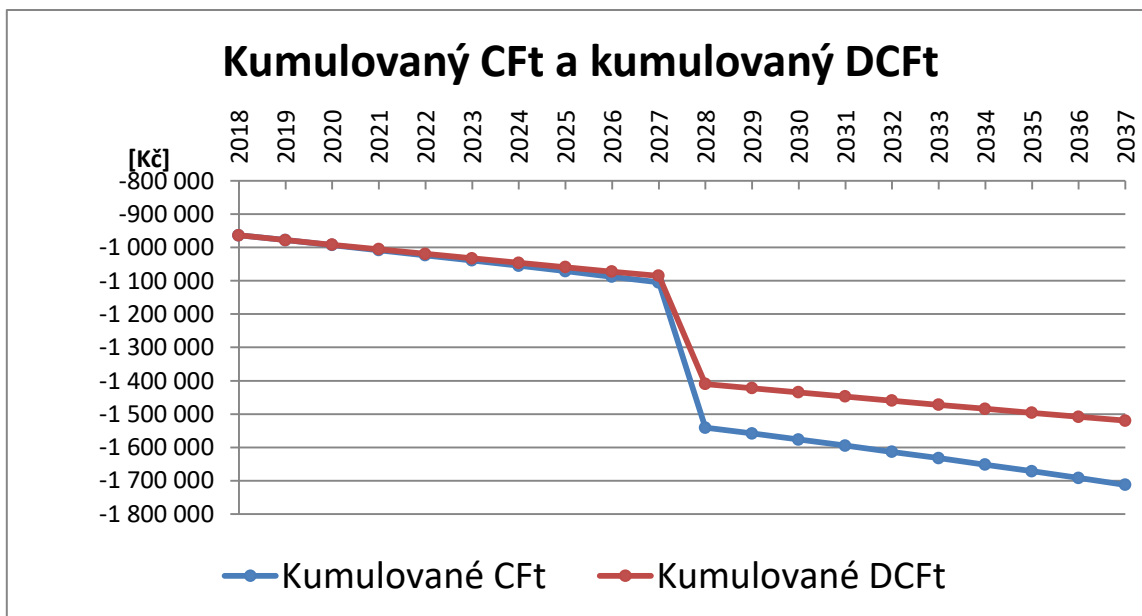
Graf 20: Výroba elektřiny z FVE a spotřeba elektrické energie v 1. roce u varianty 4

Výroba elektrické energie je vyšší než spotřeba elektrické energie v devíti měsících. Nevýhodou je nevyužití veškeré vyrobené energie v letních měsících. Z důvodu velkého instalovaného výkonu jsem navrhl kapacitu baterií stejnou jako ve variantě 1, protože se zde nevyplatí navyšovat kapacitu baterií z důvodu velkých investičních nákladů na akumulátory v porovnání s provozními náklady elektrocentrály. Této problematice jsem se věnoval v kapitole 7.2.3 Varianta 2.

Tabulka 15: Investiční náklady u varianty 4

	Cena [Kč]	Podíl z celkových nákladů [%]
Fotovoltaické panely	351 120	34%
Baterie	135 192	13%
Měnič	209 188	20%
MPPT	74 876	7%
Generátor	78 080	8%
Kabely, náklady na práci, nosné konstrukce	160 000	16%
Ochrany	13 664	1%
Topná spirála	5 228	1%
Wattrouter	5105	0%
Celková cena	1 027 348	

V této variantě jsou vyšší investiční náklady na nosnou konstrukci než v předchozích variantách z důvodu samostatně stojící konstrukce, která by se nacházela mimo objekt. [6] Vliv změny tohoto vstupu budu řešit v kapitole 7.2.7 Citlivostní analýza.



Graf 21: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty 4

U této varianty je NPV -1 519 890 Kč.

7.2.6 Shrnutí ekonomického porovnání

V této kapitole je souhrn výsledků z navržených čtyř variant, které jsem navrhl. Pro přehlednost uvádím tabulku, kde jsou stručně popsány jednotlivé varianty. Podrobný popis variant je v kapitole 7.2 Ekonomické zhodnocení variant.

Tabulka 16: Stručný popis navržených variant

	Umístění na střeše s úhlem 48°	Umístění na volném prostoru s optimálním úhlem 34°	Ohřev TUV z FVE	Dotace
Varianta 1	Ano	Ne	Ano	Ne
Varianta 2	Ano	Ne	Ano	Ano
Varianta 3	Ano	Ne	Ne	Ano
Varianta 4	Ne	Ano	Ano	Ne

Tabulka 17: Ekonomické zhodnocení vybraných variant

	NPV [Kč]
Varianta 2	-1 313 400
Varianta 1	-1 333 286
Varianta 4	-1 519 890
Varianta 3	-1 706 674
Varianta 0	-1 990 055

V předchozí tabulce jsou seřazeny jednotlivé varianty od ekonomicky nejvýhodnější. Varianty jsem srovnával podle NPV, a protože jsem do výpočtů zahrnul pouze výdajové CF, je u všech variant NPV záporné a vybírám nejvyšší NPV.

Doporučuji investorovi zvolit variantu 2, kde je nejvyšší NPV z navrhovaných variant. NPV v této variantě je – 1 313 400 Kč. Varianta 2 má dvojnásobnou kapacitu baterií v porovnání s variantou 1, ale rozdíl v NPV je minimální. Tato problematika je podrobněji popsána v kapitole 7.2.3 Varianta 2. Kde je patrné, že investiční náklady na navýšení kapacity baterií jsou nepoměrně vyšší než ušetřené provozní náklady elektrocentrály, která by byla méně využívána.

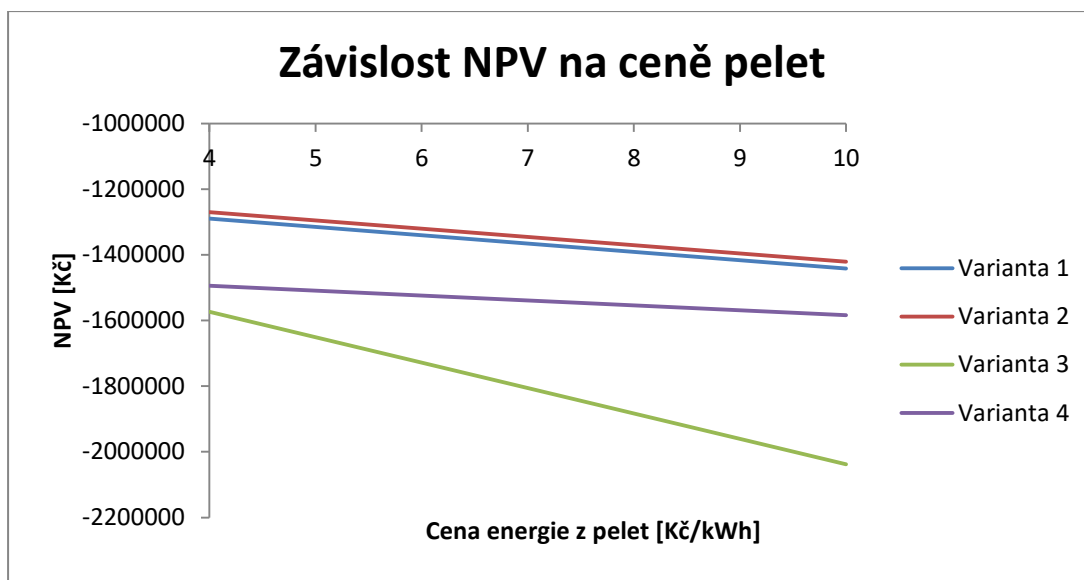
Variantu 3 bez možnosti ohřevu TUV z FVE nedoporučuji. Navýšení investičních nákladů pro možnost ohřevu TUV z FVE jsem určil 5 228 Kč a ušetřené náklady na ohřev TUV u varianty 2 jsou 15 932 Kč v prvním roce. Z tohoto příkladu je patrné, že za našich podmínek v ostrovním režimu je výhodné využívat přebytečnou energii z FVE na ohřev TUV.

Variantu 4 nedoporučuji jednak z ekonomického důvodu, tak i z důvodu nutnosti umístění elektrárny na samostatně stojící konstrukci mimo objekt. V této variantě je velký nárůst investičních nákladů v porovnání s ostatními variantami, což je způsobeno větším výkonem fotovoltaických panelů.

Nejméně výhodná je varianta 0, kdy je využita pouze elektrocentrála k výrobě elektrické energie a k ohřevu TUV je využit pouze kotel na pelety. Nízké NPV této varianty je způsobeno vysokými variabilními náklady na vyrobenou kWh, které jsou v prvním roce 16 Kč/kWh.

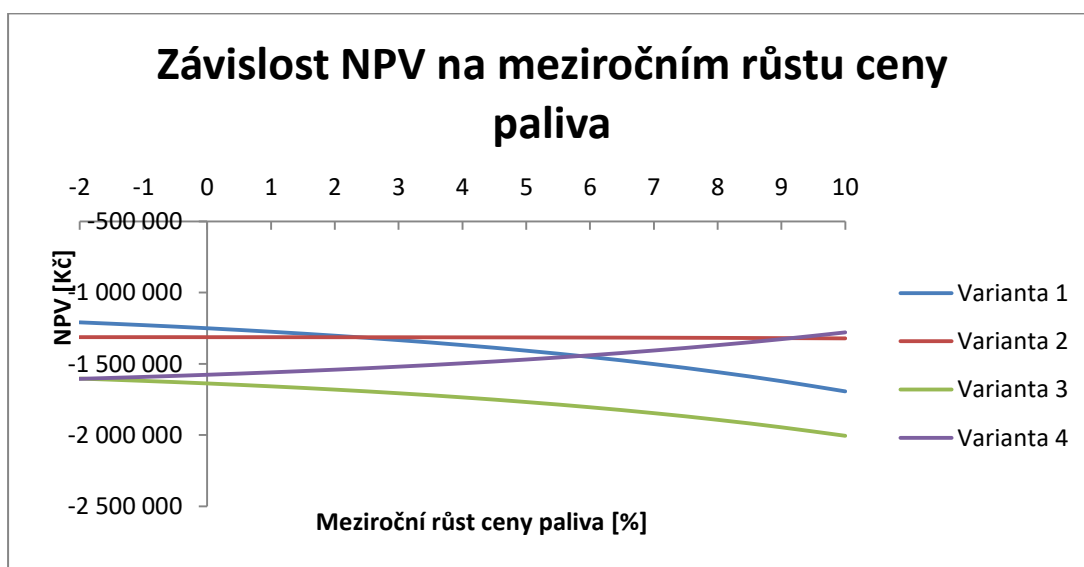
7.2.7 Citlivostní analýza

V předchozí kapitole jsem ekonomicky analyzoval jednotlivé varianty, ale je vhodné vypočítat citlivostní analýzu pro některé vstupy, které mohou výrazně ovlivnit výsledné NPV.



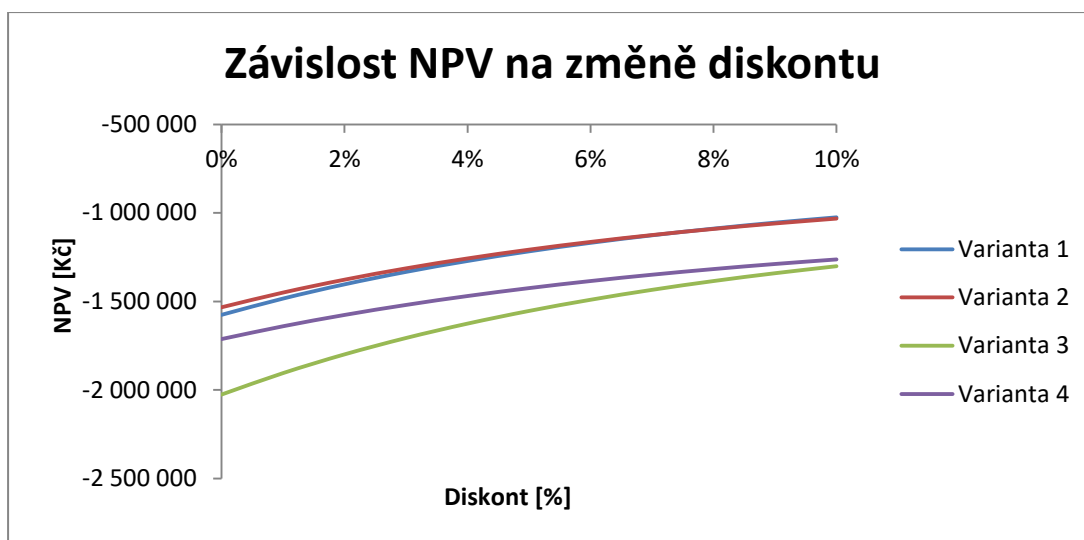
Graf 22: Závislost NPV na ceně pelet

První citlivostní analýza zjistila závislost NPV jednotlivých variant na ceně pelet, respektive na ceně energie získaných z pelet. Nejsilnější závislost je u varianty 3, jelikož všechna energie na ohřátí TUV je získána spalováním pelet, naopak nejslabší závislost je u varianty 4, u které se využije nejvíce energie z FVE na ohřev TUV.



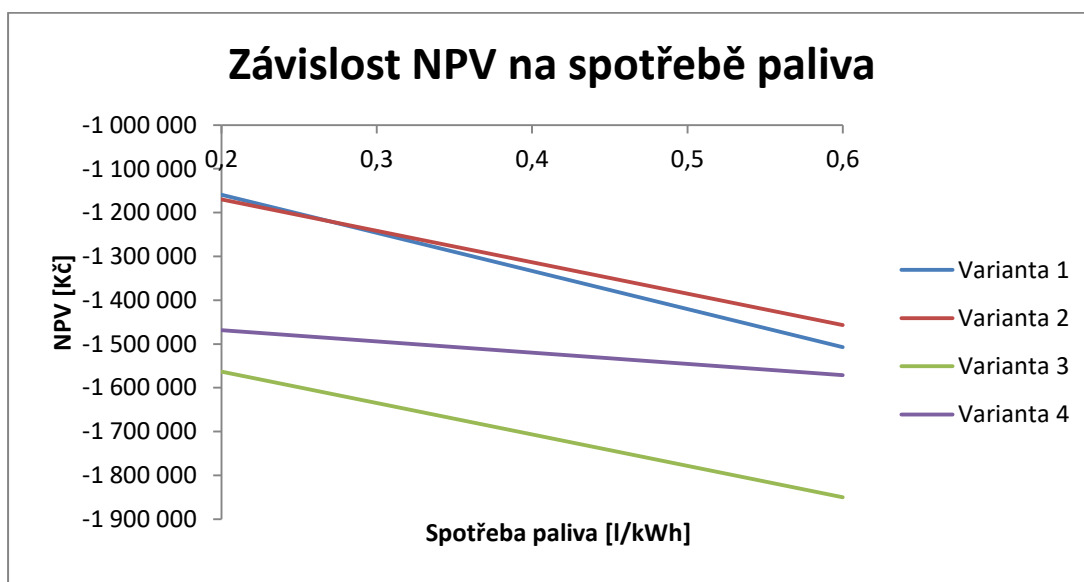
Graf 23: Závislost NPV na meziročním růstu ceny paliva

Druhá citlivostní analýza se věnuje závislosti NPV na meziročním růstu ceny paliva. Z předchozího grafu vidím, jestliže by růst ceny benzínu v budoucnosti byl pod 2,2 % meziročně, byla by nejvýhodnější varianta 1. V rozmezí růstu cen od 2,2 % do 9 % meziročně byla by nejvýhodnější varianta 2. Jestli by byl růst ceny benzínu nad 9 %, doporučuji zvolit variantu 4.



Graf 24: Závislost NPV na změně diskontu

Další citlivostní analýza určuje závislost NPV na zvoleném diskontu. V rozmezí diskontu 0-10% se pořadí variant nemění.

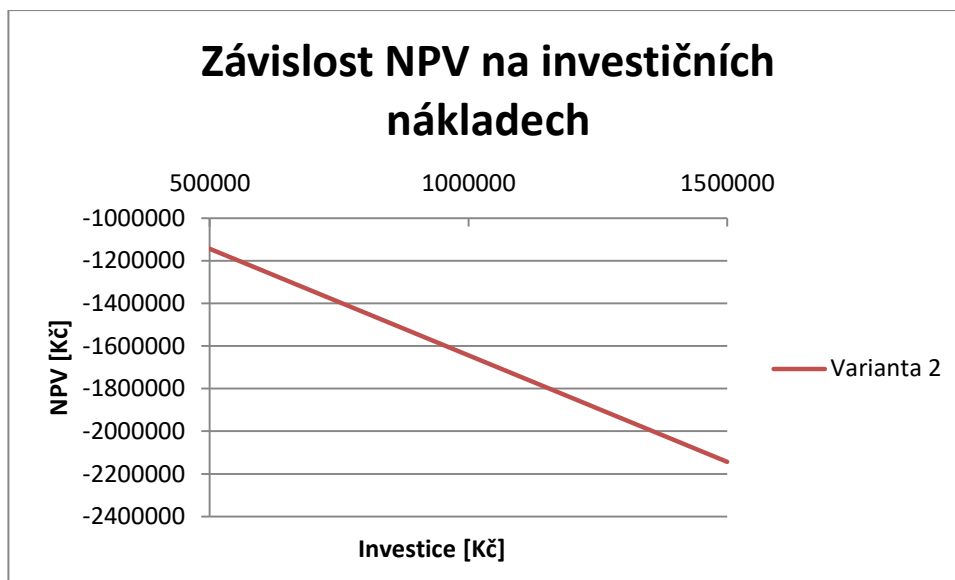


Graf 25: Závislost NPV na spotřebě paliva

Rozdíly mezi NPV u jednotlivých variant se se zvyšující spotřebou paliva zvětšují. Nejmenší závislost na spotřebě paliva je u varianty 4, protože v této variantě je nejmenší spotřeba benzínu ze všech variant. V celém analyzovaném rozmezí se pořadí variant mění pouze u varianty 1 a 2. Když je spotřeba nižší než 0,28 l/kWh, je ekonomicky výhodnější

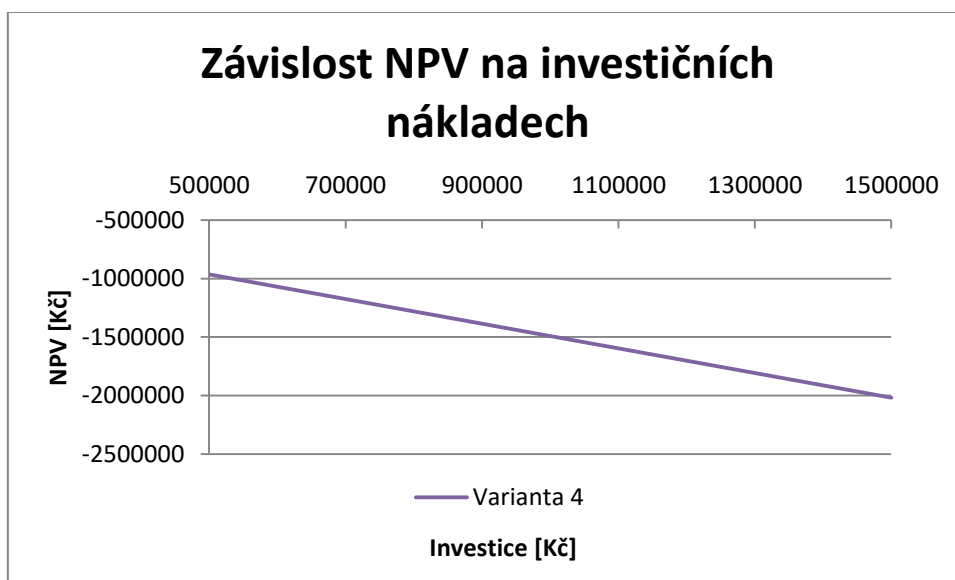
varianta 1 a naopak jestli je spotřeba vyšší než 0,28 l/kWh je ekonomicky výhodnější varianta 2.

Jako poslední citlivostní analýzu jsem určil závislost NPV na investičních nákladech. Z důvodu rozdílných parametrů jednotlivých variant jsem se rozhodl znázornit tuto závislost zvlášť u varianty 2, tedy ekonomicky nejvýhodnější varianty.



Graf 26: Závislost NPV na investičních nákladech u varianty 2

Závislost NPV je lineární na investičních nákladech, dle předpokladu. Z důvodu vysokých investičních nákladů u varianty 4 jsem vypočítal stejnou citlivostní analýzu pro tuto variantu.



Graf 27: Závislost NPV na investičních nákladech u varianty 4

U varianty 4 je také závislost NPV lineární na investičních nákladech. Ve variantě 4 je možné snížit investiční náklady zvolením dřevěné konstrukce.

8 Závěr

V diplomové práci jsem si stanovil za cíl vybrat vhodný systém zásobování energiemi turistický objekt, v kterém bude provozováno i občerstvení a ubytování pro 4-6 lidí, na základě ekonomického hodnocení. Zaměřil jsem se na dodávku elektrické energie, která bude v případě nadbytku využívána k ohřevu TUV. Systém musel také splňovat požadavky investora a technická omezení. Byl jsem limitován tím, že v blízkosti není k dispozici veřejná elektrická síť ani plynová přípojka a proto jsem byl nucen zvolit ostrovní systém.

V úvodní části jsem popsal problematiku zásobování energiemi, které vedou ke zvolení ostrovního systému, a následně jsem analyzoval vybranou lokalitu, kde jsem vybral vhodný zdroj energie. Pro výrobu elektrické energie jsem zvolil hybridní systém, využívající k výrobě elektrické energie FVE s akumulací do baterií doplněný elektrocentrálou. Pro zásobení teplem jsem vybral biomasu ve formě pelet, které budou spalovány v kotli. Kotel bude ohřívat i TUV. TUV bude také ohřívána vyrobenou energií z FVE v případě výroby elektrické energie z FVE a plně nabitých akumulátorech. Průměrnou denní spotřebu TUV jsem určil 250 l.

Pro návrh vhodných variant jsem musel popsat energetickou náročnost objektu, kde jsem se zaměřil na spotřebu elektrické energie. V této kapitole jsem popsal soudobost práce spotřebičů a spotřebiče rozdělil na dvě kategorie. V druhé kategorii jsou spotřebiče, které mohou být sepnuty, je-li dostatečná výroba elektrické energie. Do této kategorie jsem zařadil myčku nádobí a pračku. Pro pohodlné využívání objektu a z důvodu provozu občerstvení v objektu jsem určil špičkový příkon spotřebičů 8,3 kW. Pro určení spotřeby elektrické energie jsem určil denní a sezónní diagramy.

V kapitole 4 Vybrané obnovitelné zdroje energie, jsou popsány vybrané OZE, kde jsem popsal možnosti využití slunečního záření v ČR a objasnil podporu OZE. V této kapitole jsem stručně popsal NAP a důvody podpory OZE. Důležitou částí práce je podpora FVE v ČR, kde jsou vysvětleny podpory, které mohu využít v mém návrhu. V současné době mohu získat investiční dotace až do výše 100 000 Kč, při splnění podmínek, které jsou popsány v kapitole 4.5.1 Podpora FVE v ČR

V další kapitole jsem popsal jednotlivé komponenty ostrovního systému, které budu navrhovat, dle technických parametrů. Podle závislost NPV na počtu panelů jsem vypočítal, že nejvýhodnější řešení je využít maximálně volnou plochu střechy se sklonem 48° (střecha s vikýři), kde mohu umístit 32 panelů, které mají výkon 8 000 Wp.

Za nejpřínosnější část práce považuji kapitolu sedmou, která obsahuje konkrétní ekonomické hodnocení zvolených variant. Ekonomické porovnání jsem provedl na základě NPV. Jako řešení jsem navrhl pět variant. Investor má požadavek využití FVE a proto slouží varianta 0 pouze k porovnání.

- Varianta 0- k výrobě elektrické energie je využívána pouze elektrocentrála a k ohřevu TUV slouží pouze kotel na spalování pelet.
- Varianta 1- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE. Varianta neuvažuje s dotacemi na OZE.
- Varianta 2- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE. Navrhované komponenty jsou navrhovány tak, abych získal jednorázovou dotaci.
- Varianta 3- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, ale jsem omezen plochou střechy. TUV není možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE.
- Varianta 4- výběr panelů vybírám dle nejvyšší NPV, které umístím na samostatně stojící konstrukce mimo objekt. V tomto případě budou panely umístěny pod optimálním úhlem. TUV je možné ohřívat přebytečnou elektřinou z FVE.

Tabulka 18: Závěrečné zhodnocení vybraných variant

	NPV [Kč]
Varianta 2	-1 313 400
Varianta 1	-1 333 286
Varianta 4	-1 519 890
Varianta 3	-1 706 674
Varianta 0	-1 990 055

Nejvýhodnější variantou je varianta 2, která má nejvyšší NPV z navrhovaných variant a která má dvojnásobnou kapacitu baterií v porovnání s variantou 1,4,3. Na tuto variantu byla poskytnuta investiční dotace na podporu OZE. V kapitole 7.2.3 Varianta 2. je vysvětleno, že investiční náklady na navýšení kapacity baterií jsou nepoměrně vyšší než ušetřené provozní náklady elektrocentrály, která by byla méně využívána. Díky dotaci na podporu OZE vychází přesto varianta 2 ekonomicky nejlépe.

Poslední část práce se věnovala citlivostní analýze jednotlivých vstupů. Citlivostní analýza se zabývala závislostí NPV na ceně pelet, meziročním růstu ceny benzínu, změně

diskontu, spotřebě paliva a u dvou nejvýhodnějších variant jsem určil závislost NPV na velikosti investičních nákladů.

Závěrem mohu doporučit investorovi zvolit variantu 2, u které je zvolený výkon FVE 8 000 Wp a je použito 16 baterií o kapacitě 90 Ah/12 V. Přebytečná energie bude využita k ohřevu TUV. Jedním z důvodů proč je výstavba navrhované FVE ekonomicky výhodnější, než varianta 0 jsou vysoké výrobní náklady na elektřinu z elektrocentrály. Jestliže by bylo možné objekt připojit k veřejné elektrické síti, ekonomické zhodnocení by bylo rozdílné a byla by otázka, zda by se za současných podmínek ekonomicky vyplatila stavba FVE.

Tato práce se nezabývá umístěním technologií do objektu a finální dispozice stavby se musí přizpůsobit navržené variantě.

Citovaná literatura a zdroje informací

- [1] RASHID, Muhammad H. *Alternative energy in power electronics*. ISBN 978-0-12-416714-8.
- [2] Which Solar Panel Type is Best? Mono- vs. Polycrystalline vs. Thin Film. *Energy Informative* [online]. 2015 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://energyinformative.org/best-solar-panel-monocrystalline-polycrystalline-thin-film/#monocrystalline-silicon>
- [3] ČSN EN 12 831- Tepelné soustavy v budovách- Výpočet tepleného výkonu.
- [4] Větrná energie v ČR: Výroba, potenciál, výkupní ceny. *Na Zeleno* [online]. 2011 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/vetrna-energie-v-cr-vyroba-potencial-vykupni-ceny-1.aspx>
- [5] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). *Joint Research Centre* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- [6] Konstrukce a příslušenství pro fotovoltaické panely. *Sun Wave* [online]. [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: <http://www.sunwave.cz/konstrukce-fotovoltaika0>
- [7] https://www.alza.cz/hobby/hecht-gg-3300-d4828696.htm?kampan=adplaho_obecna_zahradni-technika_extra-high_c_9062893_1o2_BOW267c&gclid=CL2F8PqFhNQCFcGVGwodl1oJ8g
- [8] *Wind & Sun* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.windsun.com/pictures/cyclelife2.gif>
- [9] Lithium Iron Phosphate (LiFeP04): Main Lithium-Ion technologies available on marke. *PowerTech systems* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-iron-phosphate-lifepo4/>
- [10] Lithium Iron Phosphate Life Cycle. In: *PowerTech Systems* [online]. [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <http://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-iron-phosphate-lifepo4/#prettyPhoto/0/>
- [11] PETRÁŠ, Dušan. *Obnovitelné zdroje energie pre nízkoteplotné systémy*. Bratislava: JAGA, 2009. ISBN 9788080760755.
- [12] WATTrouter ECO. *Solar Partner* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://shop.solarpartner.cz/watrouter-eco>
- [13] Fotovoltaika v podmínkách České republiky. *Isofen Energy* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.elektrinazestrechy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [14] CENEK, Miroslav. *Akumulátory a baterie*. Praha: STRO.M, 1996. Knižnice Elektro.

- [15] RAHN, Christopher D. *Battery systems engineering*. ISBN 978-111-9979-500.
- [16] Zákon č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů [online]. [cit. 2017-03-25]. <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-180>
- [17] Energetický regulační věštník. *Energetický regulační úřad* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/erv>
- [18] Legislativa. *AEKO* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.solarnivyroba.cz/legislativa>
- [19] Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, 2s ods. 8 [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2009-28-es-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju>
- [20] Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, 3s ods. 15 [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2009-28-es-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju>
- [21] Směrnice evropského parlamentu a rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, 3s ods. 16 [online]. [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2009-28-es-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju>
- [22] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Národní akční plan České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů* [online]. 2016 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/elektroenergetika/obnovitelne-zdroje/narodni-akcni-plan-pro-obnovitelne-zdroje-energie--169894/>
- [23] Stránky ERU. [online]. [cit. 2017-03-07] Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2016.pdf/800e5a09-a58a-4a73-913f-abc30cda42a5
- [24] Průkaz energetické náročnosti budovy. *Eko Watt* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>
- [25] И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. *Электроснабжение сельского хозяйства*. Москва : б.н., 2000 г. ISBN 5-10-003172-7.
- [26] ČSN 730540-2:2011

- [27] Revidovaná ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - požadavky. *INKAPO* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: http://www.inkapo.cz/csn-730540-2_2011
- [28] ŠOŠOLÍKOVÁ, Jana. *Energeticky soběstačné rodinné domy*. Brno, 2014. Bakalářská práce. VUT Brno.
- [29] Měsíční přehledy pozorování. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data>
- [30] Yingli Solar Panda 60 Cell 40mm Series. *Okorder* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://www.okorder.com/p/yingli-solar-panda-60-cell-40mm-series_489565.html
- [31] HECHT 3602. *Heureka* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://cerpadla.heureka.cz/hecht-3602/specifikace/#section>
- [32] Elektrocentrála PROMAX 7500EA Briggs & Stratton. *KIS* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://obchod.kisplus.cz/?ACTION=DETAIL&OID=000002225500100380>
- [33] *Elektrocentrály: Ceník* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.elektrocentraly.cz/elektrocentraly/cenik>
- [34] MPPT BlueSolar 150/70 150VDC/70A/ 12-24-48V max. 1000/2000/4000Wp. *SVP Solar* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.solar-eshop.cz/p/mppt-bluesolar-150-70-150vdc-70a-12-24-36-48v-max-1000-2000-3000-4000wp/>
- [35] Quattro 24V/8000VA/200A-100A/100A. *Obchod Solar* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <https://www.obchodsolar.cz/victron-energy-quattro-24V-8000VA-200A-100A-100A?tab=download>
- [36] Vývoj ceny benzínu, nafty, aktuální cena a podrobný graf. *Kurzy* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/komodity/index.asp?A=6&od=01.02.2012&do=13.5.2017&compare=Zobraz>
- [37] Hakel 24181 SPUM PV-200. *Shop Elektro* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.shopelektro.cz/svodice-a-prepetove-ochrany/hakel/svodice-pro-fotovoltaiicke-systemy/varistor-y-%E2%80%93-sp-d-typ-2/hakel-24181-spum-pv-200>
- [38] DC jistič 40A. *Neosolar* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/dc-jistic-40a>
- [39] *Winston baterie, LiFePO4/LiFeYPO4 akumulátor 12V, 90Ah* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.battery-import.cz/baterie-6-12v/lithium-yttrium-lifepo4-lifepo4-akumulator-12v-90ah/>

- [40] Aktuální prognóza ČNB. *Česká Národní Banka* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/prognoza/index.html?cnb_css=true
- [42] Topení peletami: Jaká je cena a spotřeba pelet na topnou sezónu? *Avydon* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.avydon.cz/topeni-pelety-spotreba>
- [43] Vítr. *ČEZ* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektřiny/obnovitelne-zdroje/vitr.html>
- [44] Ostrovní dům [online]. 2016 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: http://www.ostrovnidum.cz/data/images/texty/big/schema_ostrovní_elektrarny2.jpg

Seznam grafů

Graf 1: Možnosti zásobování energiemi	20
Graf 2: Podíl spotřebičů na celkové elektrické spotřebě.....	26
Graf 3: Denní diagram zatížení	28
Graf 4: Porovnání NAP a skutečnosti u fotovoltaických elektráren[22] [23].....	35
Graf 5: Porovnání NAP a skutečnosti u větrných elektráren [22] [23].....	35
Graf 6: Vývoj výroby elektřiny brutto z OZE a její podíl na tuzemské brutto spotřebě (TWh) [23]	36
Graf 7: Počet jednotlivých typů dnů v průběhu roku [29]	48
Graf 8: Intenzita záření v jednotlivých měsících“	50
Graf 9: Závislost účinnosti na teplotě a intenzitě.....	50
Graf 10: Závislost NPV na počtu panelů	52
Graf 11: Měsíční výroba elektřiny z FVE a spotřeba elektrické energie 1. roce [kWh].....	53
Graf 12: Energie vyráběná elektrocentrálou [kWh].....	57
Graf 13: Investiční náklady	59
Graf 14: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty 0.....	64
Graf 15: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty1	66
Graf 16:Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty 2.....	67
Graf 17: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT.....	69
Graf 18: Optimální sklon panelů v průběhu roku	70
Graf 19: Závislost NPV na počtu panelů u varianty 4	70
Graf 20: Výroba elektřiny z FVE a spotřeba elektrické energie v 1. roce u varianty 4	71
Graf 21: Kumulovaný CFt a kumulovaný DCfT u varianty 4.....	72
Graf 22: Závislost NPV na ceně pelet.....	74
Graf 23: Závislost NPV na meziročním růstu ceny paliva.....	74
Graf 24: Závislost NPV na změně diskontu.....	75
Graf 25: Závislost NPV na spotřebě paliva.....	75
Graf 26: Závislost NPV na investičních nákladech u varianty 2	76
Graf 27: Závislost NPV na investičních nákladech u varianty 4	76

Seznam tabulek

Tabulka 1: Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy dle vyhl. 148/2007 Sb. [24]	22
Tabulka 2: Spotřebiče v domě.....	24
Tabulka 3: Optimalizace spotřeby.....	27
Tabulka 4: Výše výkupní ceny a zeleného bonusu pro elektřinu vyrobenou ze sluneční energie pro elektrárny s výkonem do 30 kW.[17]	38
Tabulka 5: Podporované podoblasti a jejich výše [18]	39
Tabulka 6: Požadavky na podporované fotovoltaické systémy [18].....	39
Tabulka 7: Počet jednotlivých typů dnů v průběhu roku [29].....	48
Tabulka 8: Energie dopadající na m ² při úhlu 42° a 48° [kWh/m ²].....	49
Tabulka 9: Určení množství panelů	51
Tabulka 10: Navrhnutí baterií	54
Tabulka 11: Rozdíl mezi vyrobenou a potřebnou energií v 1. roce	56
Tabulka 12: Investiční náklady varianta 1	59
Tabulka 13: Investiční náklady u varianty 2	67
Tabulka 14: Investiční náklady u varianty 3	68
Tabulka 15: Investiční náklady u varianty 4	71
Tabulka 16: Stručný popis navržených variant.....	72
Tabulka 17: Ekonomické zhodnocení vybraných variant	72
Tabulka 18: Závěrečné zhodnocení vybraných variant.....	78

Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapa s vybranou lokalitou [5].....	19
Obrázek 2: Vybraný objekt	21
Obrázek 3: Energetická náročnost budovy.....	23
Obrázek 4: Doba slunečního svitu na území ČR [13]	32
Obrázek 5: Intenzita slunečního záření [W/m ²][13].....	33
Obrázek 6: Environmentální cíle pro EU v roce 2020	34
Obrázek 7: Fotovoltaický panel [1].....	40
Obrázek 8: Monokrystalický panel [2].....	41
Obrázek 9: Polykrystalický panel [2].....	41
Obrázek 10: Tenkovrstvé panely [2].....	42
Obrázek 11: Závislost hloubky vybití na množství nabíjecích cyklů u typu baterie LiFePO ₄ [10]	45
Obrázek 12: Schéma ostrovního systému [44].....	47

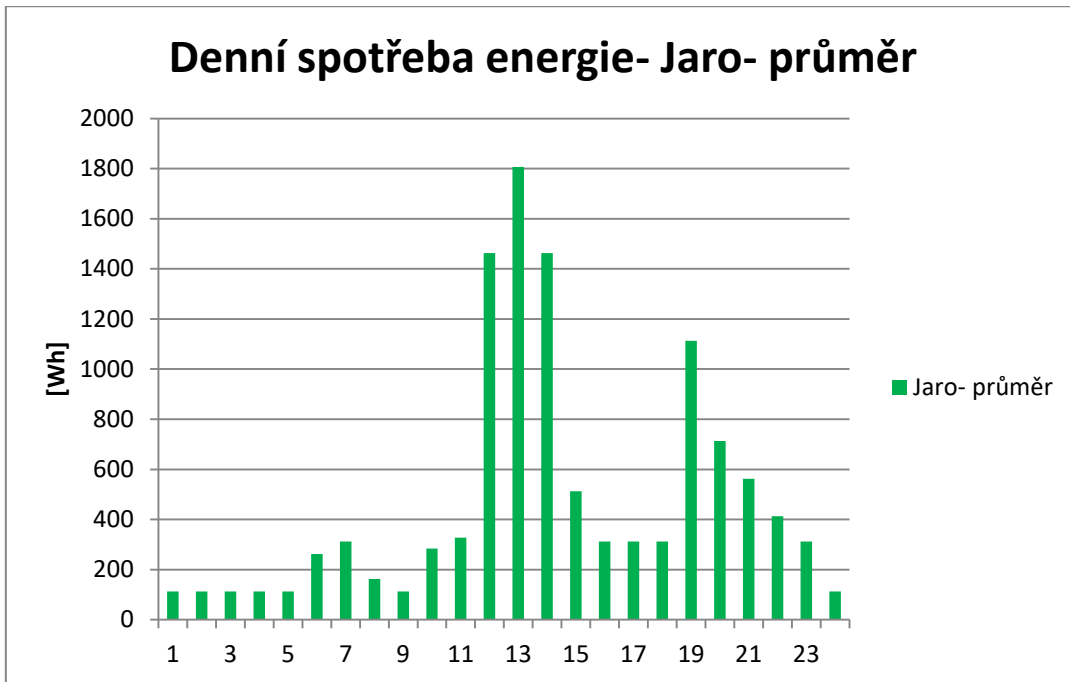
Seznam vzorců

Vzorec 1: Vyrobená energie z fotovoltaických panelů [Wh/m ² /den]	51
Vzorec 2: Plocha panelů [m ²].....	51
Vzorec 3: Reálná plocha panelů	51
Vzorec 4: Výpočet kapacity baterií [Ah]	53
Vzorec 5: Potřebná kapacita baterií [Ah]	53
Vzorec 6: Čistá současná hodnota.....	61
Vzorec 7: Nominální diskontní sazba	61
Vzorec 8: Metoda vnitřní míry výnosnosti	62
Vzorec 9: Metoda komparace doby návratnosti.....	62

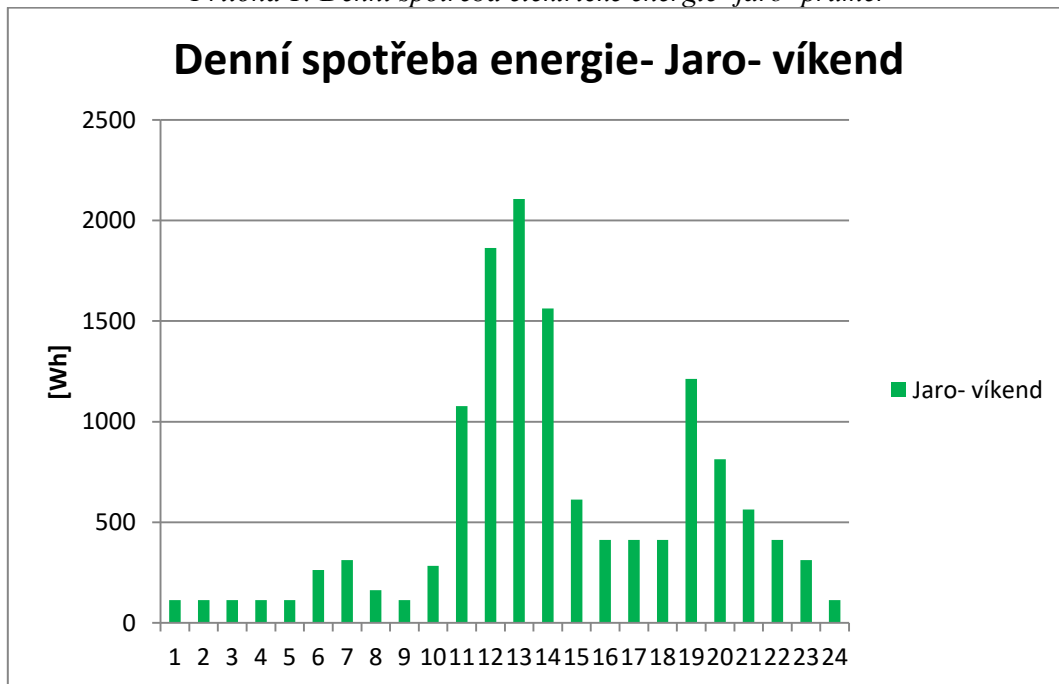
Seznam příloh

Příloha 1: Denní spotřeba elektrické energie- jaro- průměr	89
Příloha 2: Denní spotřeba elektrické energie- jaro- víkend.....	89
Příloha 3: Denní spotřeba elektrické energie- léto- průměr	90
Příloha 4: Denní spotřeba elektrické energie- léto- víkend.....	90
Příloha 5: Denní spotřeba elektrické energie- podzim- průměr	91
Příloha 6: Denní spotřeba elektrické energie- podzim- víkend.....	91
Příloha 7: Denní spotřeba elektrické energie- zima- průměr	92
Příloha 8: Denní spotřeba elektrické energie- zima- víkend.....	92
Příloha 9: Ekonomické zhodnocení varianty 0	94
Příloha 10: Ekonomické zhodnocení varianty 1.....	96
Příloha 11: Ekonomické zhodnocení varianty 2	98
Příloha 12: Ekonomické zhodnocení varianty 3	100
Příloha 13: Ekonomické zhodnocení varianty 4	102

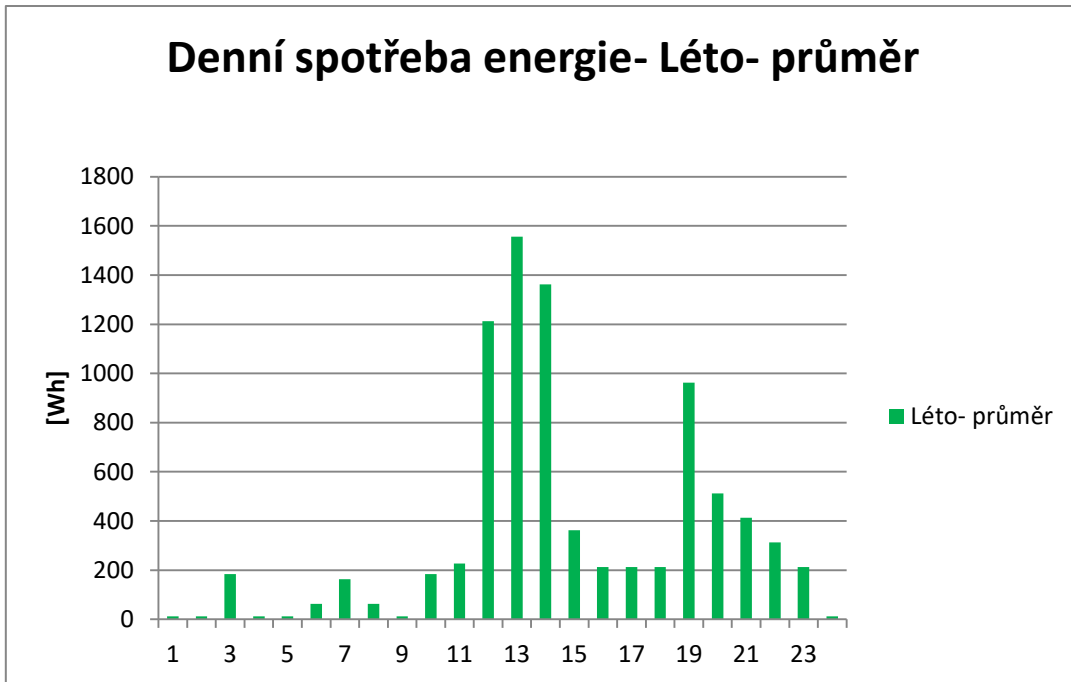
Přílohy



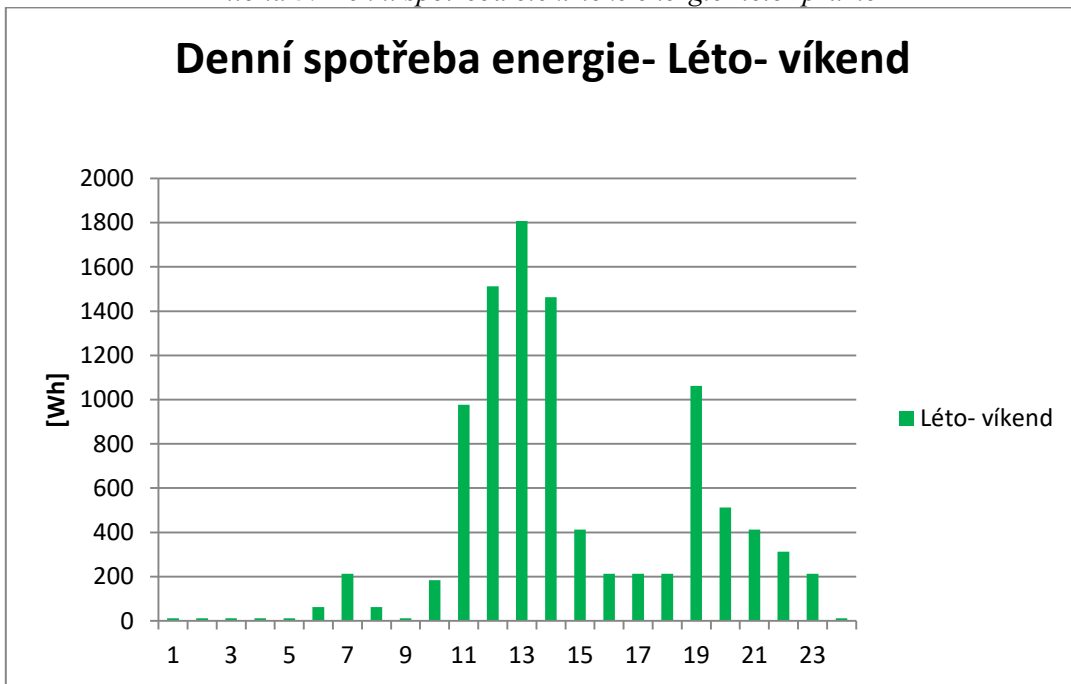
Příloha 1: Denní spotřeba elektrické energie- jaro- průměr



Příloha 2: Denní spotřeba elektrické energie- jaro- víkend

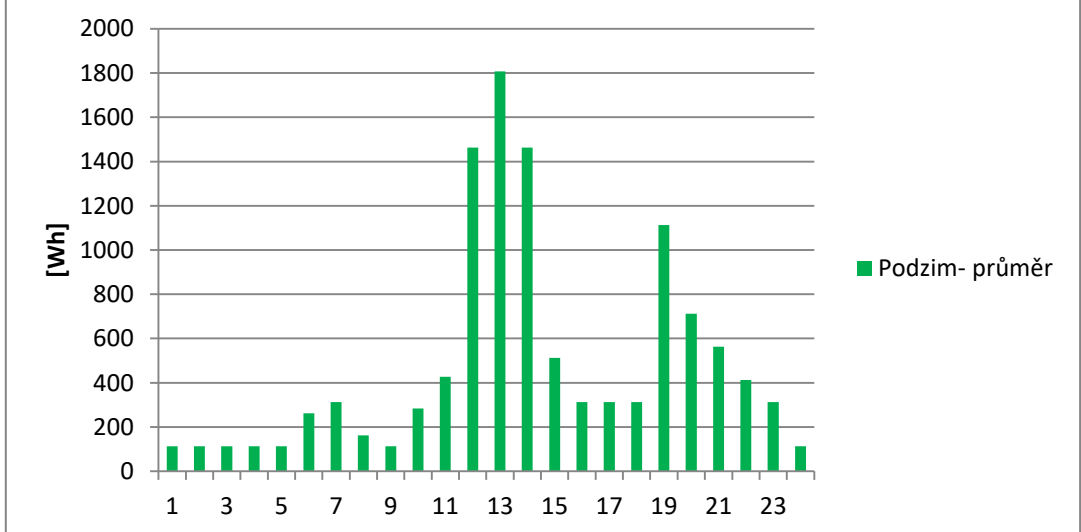


Příloha 3: Denní spotřeba elektrické energie- léto- průměr



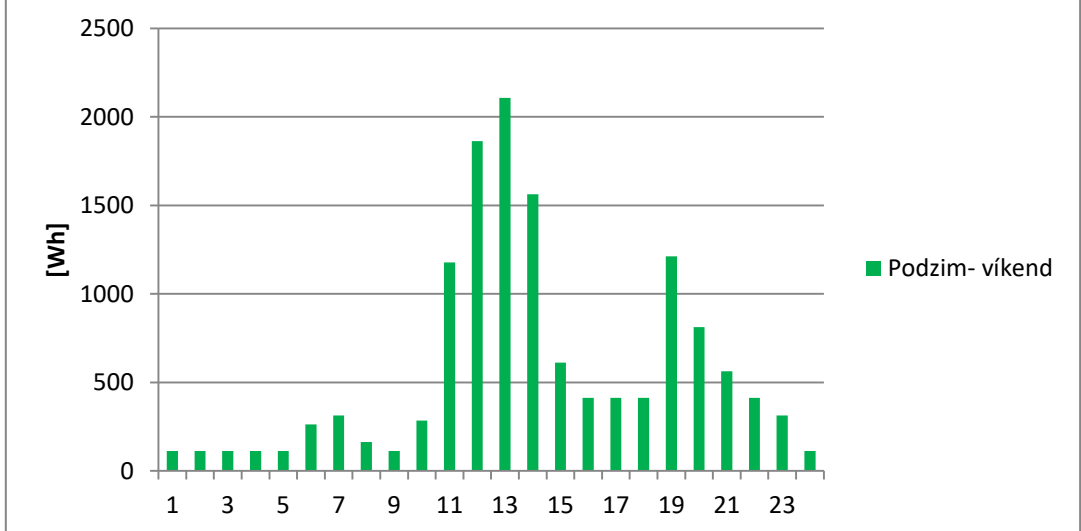
Příloha 4: Denní spotřeba elektrické energie- léto- víkend

Denní spotřeba energie- Podzim- průměr

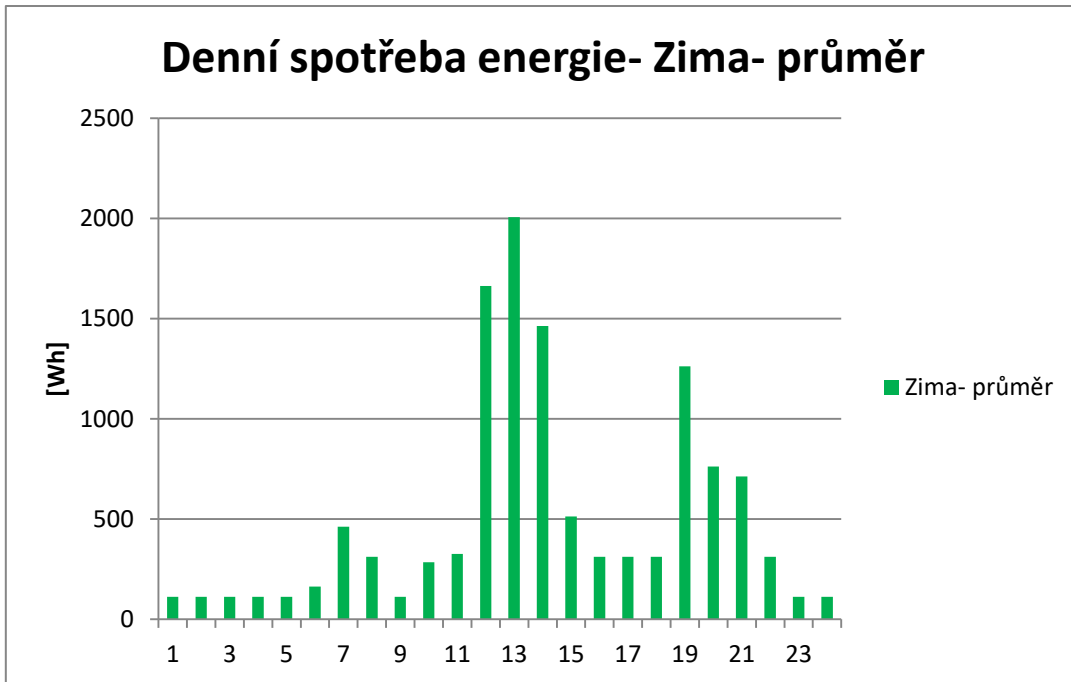


Příloha 5: Denní spotřeba elektrické energie- podzim- průměr

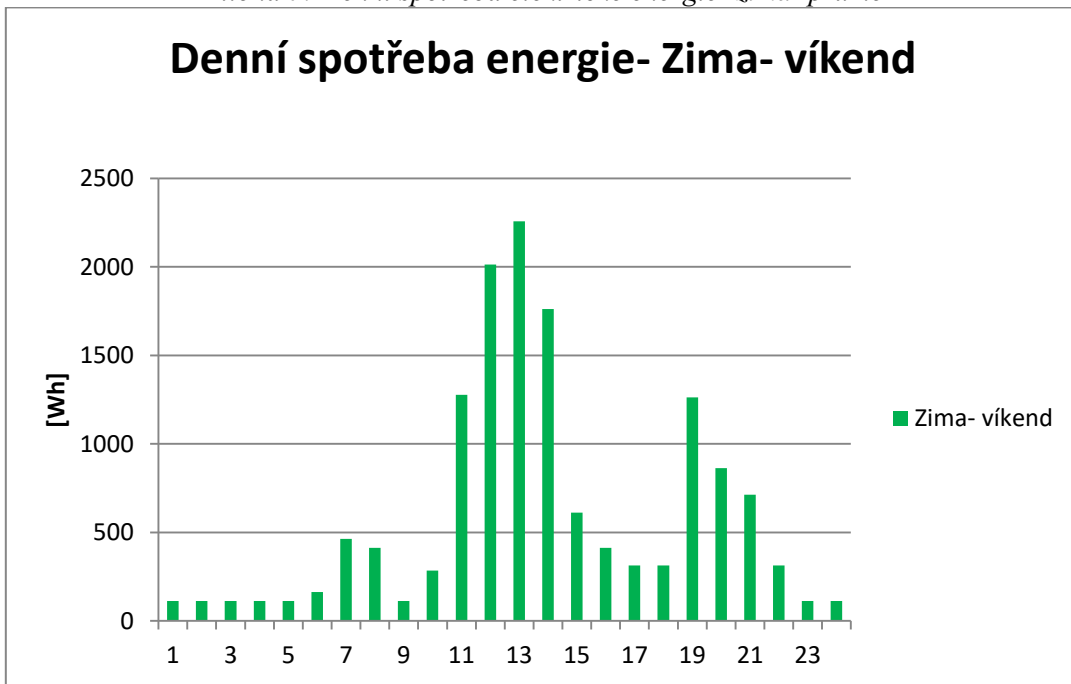
Denní spotřeba energie- Podzim- víkend



Příloha 6: Denní spotřeba elektrické energie- podzim- víkend



Příloha 7: Denní spotřeba elektrické energie- zima- průměr



Příloha 8: Denní spotřeba elektrické energie- zima- víkend

Příloha 9: Ekonomické zhodnocení varianty 0

Varianta 0										
Rok	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Pořadí roku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Investiční výdaje [Kč]	78 080							78 189		
Cena litru paliva [Kč]	33,00	33,99	35,01	36,06	37,14	38,26	39,40	40,59	41,80	43,06
Cena pelet na ohřátí TUV [Kč/kWh]	5,72	5,83	5,95	6,07	6,19	6,32	6,44	6,57	6,70	6,84
Náklady na palivo do elektrocentrály [Kč/rok]	66 127	68 111	70 154	72 259	74 427	76 659	78 959	81 328	83 768	86 281
Provozní náklady [Kč]	1 720	1 754	1 789	1 825	1 862	1 899	1 937	1 976	2 015	2 056
Náklady na pelety na ohřev TUV [Kč]	24 242	24 727	25 221	25 725	26 240	26 765	27 300	27 846	28 403	28 971
CFt	-170 169	-94 592	-97 165	-99 810	-102 528	-105 323	-108 196	-189 339	-114 186	-117 307
Cena za kWh ve výrobě elektrocentrálou [Kč/kWh]	16,93	17,43	17,95	18,49	19,04	19,60	20,19	20,79	21,40	22,04
DCFt	-170 169	-91 837	-91 587	-91 340	-91 095	-90 853	-90 613	-153 950	-90 139	-89 906
Kumulované CFt	-170 169	-264 760	-361 925	-461 735	-564 263	-669 586	-777 782	-967 122	-1 081 308	-1 198 615
Kumulované DCFt	-170 169	-262 005	-353 592	-444 932	-536 027	-626 880	-717 493	-871 443	-961 582	-1 051 489
NPV	-1 990 055									

Varianta 0										
Rok	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Pořadí roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Investiční výdaje [Kč]					78 409					
Cena litru paliva [Kč]	44,35	45,68	47,05	48,46	49,92	51,41	52,96	54,54	56,18	57,87
Cena pelet na ohřátí TUV [Kč/kWh]	6,97	7,11	7,25	7,40	7,55	7,70	7,85	8,01	8,17	8,33
Náklady na palivo do elektrocentrály [Kč/rok]	88 869	91 535	94 281	97 110	100 023	103 024	106 115	109 298	112 577	115 954
Provozní náklady [Kč]	2 097	2 139	2 181	2 225	2 270	2 315	2 361	2 408	2 457	2 506
Náklady na pelety na ohřev TUV [Kč]	29 550	30 141	30 744	31 359	31 986	32 626	33 279	33 944	34 623	35 316
CFt	-120 516	-123 815	-127 207	-130 694	-212 688	-137 965	-141 754	-145 651	-149 657	-153 775
Cena za kWh ve výrobě elektrocentrálou [Kč/kWh]	22,70	23,37	24,07	24,79	25,52	26,28	27,07	27,87	28,70	29,56
DCFt	-89 675	-89 447	-89 220	-88 996	-140 612	-88 554	-88 337	-88 121	-87 907	-87 696
Kumulované CFt	-1 319 131	-1 442 947	-1 570 154	-1 700 848	-1 913 535	-2 051 500	-2 193 254	-2 338 905	-2 488 562	-2 642 337
Kumulované DCFt	-1 141 164	-1 230 611	-1 319 831	-1 408 828	-1 549 439	-1 637 994	-1 726 330	-1 814 451	-1 902 359	-1 990 055
NPV	-1 990 055									

Příloha 10: Ekonomické zhodnocení varanty 1

Varianta 1										
Pořadí roku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cena litru paliva [Kč]	33,00	33,99	35,01	36,06	37,14	38,26	39,40	40,59	41,80	43,06
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 736	3 726	3 716	3 706	3 696	3 686	3 676	3 666	3 657	3 647
Cena energie z pelet [Kč/kWh]	5,7	5,8	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	3 017	3 004	2 991	2 971	2 951	2 931	2 910	2 890	2 871	2 851
Investiční výdaje [Kč]	634 628									
Provozní náklady [Kč]	3 081	3 098	3 116	3 134	3 152	3 171	3 190	3 209	3 229	3 249
Náklady na palivo [Kč]	16 188	16 814	17 461	18 130	18 822	19 538	20 278	21 044	21 835	22 654
Náklady na pelety [Kč]	6 985	7 202	7 424	7 689	7 970	8 258	8 552	8 854	9 164	9 480
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	1 226	1 237	1 247	1 257	1 267	1 277	1 287	1 296	1 306	1 315
ušetřená energie [kWh]	2 781	2 771	2 761	2 751	2 741	2 731	2 721	2 711	2 702	2 692
ušetřené finance ve výrobě elektřiny [Kč]	36 713	37 675	38 663	39 677	40 719	41 790	42 889	44 019	45 179	46 371
ušetřené finance v ohřevu vody [Kč]	17 256	17 525	17 797	18 037	18 270	18 507	18 748	18 992	19 239	19 491
CFt	-660 883	-27 114	-28 000	-28 953	-29 944	-30 966	-32 020	-33 107	-34 228	-35 383
DCFt	-660 883	-26 324	-26 393	-26 496	-26 605	-26 712	-26 816	-26 919	-27 020	-27 118
Kumulované CFt	-660 883	-687 997	-715 997	-744 950	-774 894	-805 860	-837 880	-870 987	-905 215	-940 598
Kumulované DCFt	-660 883	-687 207	-713 600	-740 096	-766 701	-793 412	-820 229	-847 148	-874 167	-901 285
NPV [Kč]	-1 333 286									

Varianta 1										
Pořadí roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cena litru paliva [Kč]	44,35	45,68	47,05	48,46	49,92	51,41	52,96	54,54	56,18	57,87
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 638	3 629	3 619	3 610	3 601	3 592	3 584	3 575	3 566	3 558
Cena energie z pelet [Kč/kWh]	7,0	7,1	7,3	7,4	7,5	7,7	7,9	8,0	8,2	8,3
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	2 832	2 813	2 794	2 775	2 756	2 738	2 720	2 702	2 684	2 666
Investiční výdaje [Kč]	209 418									
Provozní náklady [Kč]	3 270	3 290	3 312	3 334	3 356	3 379	3 402	3 425	3 449	3 474
Náklady na palivo [Kč]	23 500	24 375	25 279	26 214	27 181	28 180	29 213	30 280	31 383	32 523
Náklady na pelety [Kč]	9 805	10 137	10 477	10 826	11 182	11 548	11 921	12 304	12 696	13 097
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	1 325	1 334	1 343	1 352	1 361	1 370	1 379	1 388	1 397	1 405
ušetřená energie [kWh]	2 683	2 674	2 664	2 655	2 646	2 637	2 629	2 620	2 611	2 603
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	47 596	48 853	50 146	51 474	52 838	54 239	55 679	57 158	58 678	60 240
ušetřené finance v ohřevu vody[Kč]	19 746	20 004	20 267	20 534	20 804	21 079	21 357	21 640	21 927	22 218
CFt	-245 993	-37 802	-39 068	-40 374	-41 719	-43 106	-44 536	-46 010	-47 529	-49 095
DCFt	-183 042	-27 309	-27 402	-27 493	-27 581	-27 668	-27 753	-27 837	-27 918	-27 998
Kumulované CFt	-1 186 590	-1 224 393	-1 263 461	-1 303 835	-1 345 554	-1 388 660	-1 433 196	-1 479 206	-1 526 735	-1 575 829
Kumulované DCFt	-1 084 327	-1 111 636	-1 139 038	-1 166 531	-1 194 112	-1 221 780	-1 249 533	-1 277 370	-1 305 288	-1 333 286
NPV [Kč]	-1 333 286									

Příloha 11: Ekonomické zhodnocení varianty 2

Varianta 2										
Pořadí roku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cena litru paliva [Kč]	33,00	33,99	35,01	36,06	37,14	38,26	39,40	40,59	41,80	43,06
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 968	3 958	3 947	3 937	3 927	3 917	3 908	3 898	3 888	3 879
Cena energie z pelet [Kč]	5,7	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	2 785	2 772	2 759	2 740	2 719	2 699	2 679	2 659	2 639	2 620
Investiční výdaje [Kč]	669 820									
Provozní náklady [Kč]	3 554	3 572	3 589	3 607	3 625	3 644	3 663	3 682	3 702	3 722
Náklady na palivo [Kč]	13 131	13 665	14 217	14 789	15 381	15 994	16 628	17 284	17 963	18 665
Náklady na pelety [Kč]	8 310	8 395	8 478	8 601	8 734	8 868	9 004	9 141	9 280	9 420
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	995	1 005	1 015	1 025	1 035	1 045	1 055	1 065	1 074	1 084
ušetřená energie [kWh]	3 013	3 003	2 992	2 982	2 972	2 963	2 953	2 943	2 933	2 924
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	39 770	40 824	41 906	43 018	44 160	45 334	46 540	47 779	49 052	50 360
ušetřené finance v ohřevu vody[Kč]	15 932	16 332	16 743	17 125	17 506	17 897	18 296	18 705	19 123	19 551
CFt	-694 816	-25 631	-26 285	-26 997	-27 740	-28 506	-29 295	-30 107	-30 944	-31 807
DCFt	-694 816	-24 885	-24 776	-24 706	-24 647	-24 589	-24 534	-24 480	-24 428	-24 377
Kumulované CFt	-694 816	-720 447	-746 732	-773 729	-801 469	-829 975	-859 269	-889 377	-920 321	-952 128
Kumulované DCFt	-694 816	-719 700	-744 476	-769 182	-793 829	-818 419	-842 952	-867 432	-891 860	-916 238
NPV [Kč]	-1 313 400									

Varianta 2										
Pořadí roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cena litru paliva [Kč]	44,35	45,68	47,05	48,46	49,92	51,41	52,96	54,54	56,18	57,87
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 870	3 860	3 851	3 842	3 833	3 824	3 815	3 806	3 798	3 789
Cena energie z pelet [Kč]	7,7	7,9	8,2	8,4	8,7	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	2 600	2 581	2 562	2 543	2 525	2 506	2 488	2 470	2 452	2 435
Investiční výdaje [Kč]	209 418									
Provozní náklady [Kč]	3 743	3 764	3 785	3 807	3 829	3 852	3 875	3 899	3 923	3 947
Náklady na palivo [Kč]	19 391	20 143	20 921	21 725	22 557	23 417	24 307	25 227	26 179	27 163
Náklady na pelety [Kč]	9 562	9 705	9 849	9 994	10 141	10 290	10 439	10 590	10 742	10 895
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	1 093	1 102	1 112	1 121	1 130	1 139	1 148	1 156	1 165	1 174
ušetřená energie [kWh]	2 915	2 905	2 896	2 887	2 878	2 869	2 860	2 851	2 843	2 834
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	51 704	53 085	54 505	55 963	57 462	59 002	60 585	62 211	63 883	65 601
ušetřené finance v ohřevu vody[Kč]	19 989	20 437	20 895	21 365	21 845	22 336	22 839	23 354	23 881	24 420
CFt	-242 114	-33 611	-34 554	-35 526	-36 527	-37 559	-38 621	-39 716	-40 843	-42 005
DCFt	-180 156	-24 281	-24 236	-24 192	-24 149	-24 107	-24 067	-24 029	-23 991	-23 955
Kumulované CFt	-1 194 242	-1 227 853	-1 262 408	-1 297 934	-1 334 461	-1 372 020	-1 410 641	-1 450 357	-1 491 200	-1 533 205
Kumulované DCFt	-1 096 393	-1 120 675	-1 144 910	-1 169 102	-1 193 251	-1 217 358	-1 241 426	-1 265 454	-1 289 445	-1 313 400
NPV [Kč]	-1313400									

Příloha 12: Ekonomické zhodnocení varianty 3

Varianta 3										
Pořadí roku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cena litru paliva [Kč]	33,00	33,99	35,01	36,06	37,14	38,26	39,40	40,59	41,80	43,06
Vyrobena elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 968	3 958	3 947	3 937	3 927	3 917	3 908	3 898	3 888	3 879
Investiční výdaje [Kč]	764 592									
Provozní náklady [Kč]	3 536	3 553	3 571	3 589	3 607	3 626	3 645	3 664	3 684	3 704
Náklady na pelety na ohřev TUV [Kč]	24 242	24 727	25 221	25 725	26 240	26 765	27 300	27 846	28 403	28 971
Náklady na palivo [Kč]	13 131	13 665	14 217	14 789	15 381	15 994	16 628	17 284	17 963	18 665
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	995	1 005	1 015	1 025	1 035	1 045	1 055	1 065	1 074	1 084
ušetřená energie [kWh]	3 013	3 003	2 992	2 982	2 972	2 963	2 953	2 943	2 933	2 924
ušetřené finance ve výrobě elektřiny [Kč]	39 770	40 824	41 906	43 018	44 160	45 334	46 540	47 779	49 052	50 360
CFt	-805 501	-41 945	-43 009	-44 104	-45 228	-46 384	-47 572	-48 794	-50 049	-51 340
DCFt	-805 501	-40 723	-40 540	-40 361	-40 185	-40 011	-39 841	-39 674	-39 509	-39 348
Kumulované CFt	-805 501	-847 446	-890 455	-934 559	-979 787	-1 026 171	-1 073 743	-1 122 537	-1 172 586	-1 223 926
Kumulované DCFt	-805 501	-846 224	-886 765	-927 126	-967 310	-1 007 322	-1 047 163	-1 086 837	-1 126 346	-1 165 693
NPV [Kč]	-1 706 674									

Varianta 3										
Pořadí roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cena litru paliva [Kč]	44,35	45,68	47,05	48,46	49,92	51,41	52,96	54,54	56,18	57,87
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	3 870	3 860	3 851	3 842	3 833	3 824	3 815	3 806	3 798	3 789
Investiční výdaje [Kč]	209 418									
Provozní náklady [Kč]	3 724	3 745	3 767	3 789	3 811	3 834	3 857	3 880	3 904	3 929
Náklady na pelety na ohřev TUV [Kč]	29 550	30 141	30 744	31 359	31 986	32 626	33 279	33 944	34 623	35 316
Náklady na palivo [Kč]	19 391	20 143	20 921	21 725	22 557	23 417	24 307	25 227	26 179	27 163
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	1 093	1 102	1 112	1 121	1 130	1 139	1 148	1 156	1 165	1 174
ušetřená energie [kWh]	2 915	2 905	2 896	2 887	2 878	2 869	2 860	2 851	2 843	2 834
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	51 704	53 085	54 505	55 963	57 462	59 002	60 585	62 211	63 883	65 601
CFt	-262 085	-54 030	-55 432	-56 873	-58 354	-59 877	-61 442	-63 052	-64 706	-66 407
DCFt	-195 016	-39 032	-38 879	-38 727	-38 579	-38 433	-38 289	-38 147	-38 008	-37 871
Kumulované CFt	-1 486 011	-1 540 041	-1 595 472	-1 652 345	-1 710 699	-1 770 575	-1 832 018	-1 895 069	-1 959 775	-2 026 183
Kumulované DCFt	-1 360 709	-1 399 741	-1 438 620	-1 477 347	-1 515 926	-1 554 359	-1 592 648	-1 630 795	-1 668 803	-1 706 674
NPV [Kč]	-1 706 674									

Příloha 13: Ekonomické zhodnocení varianty 4

Varianta 4										
Pořadí roku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cena litru paliva [Kč]	33,00	33,99	35,01	36,06	37,14	38,26	39,40	40,59	41,80	43,06
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	4 676	4 664	4 653	4 642	4 631	4 620	4 609	4 598	4 588	4 577
Cena energie z pelet [Kč]	5,7	5,9	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,5
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	3 185	3 178	3 171	3 164	3 157	3 151	3 144	3 137	3 131	3 124
Investiční výdaje [Kč]	1 027 348									
Provozní náklady [Kč]	4 456	4 473	4 490	4 508	4 527	4 545	4 564	4 584	4 603	4 623
Náklady na palivo [Kč]	3 789	4 057	4 337	4 628	4 931	5 247	5 575	5 916	6 271	6 641
Náklady na pelety [Kč]	6 022	6 002	5 977	5 948	5 913	5 873	5 827	5 776	5 718	5 654
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	287	298	310	321	332	343	354	364	375	386
ušetřená energie [kWh]	3 721	3 709	3 698	3 687	3 676	3 665	3 654	3 643	3 633	3 622
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	49 113	50 431	51 786	53 179	54 610	56 081	57 592	59 146	60 743	62 384
ušetřené finance v ohřevu vody[Kč]	18 219	18 724	19 244	19 778	20 327	20 892	21 473	22 070	22 685	23 317
CFt	-963 535	-14 533	-14 805	-15 084	-15 371	-15 665	-15 966	-16 276	-16 593	-16 919
DCFt	-963 535	-14 109	-13 955	-13 804	-13 657	-13 513	-13 372	-13 234	-13 099	-12 967
Kumulované CFt	-963 535	-978 067	-992 872	-1 007 957	-1 023 328	-1 038 993	-1 054 959	-1 071 235	-1 087 828	-1 104 746
Kumulované DCFt	-963 535	-977 644	-991 599	-1 005 404	-1 019 060	-1 032 573	-1 045 945	-1 059 179	-1 072 277	-1 085 244
NPV [Kč]	-1 519 890									

Varianta 4										
Pořadí roku	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cena litru paliva [Kč]	44,35	45,68	47,05	48,46	49,92	51,41	52,96	54,54	56,18	57,87
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována mimo ohřev vody [kWh/rok]	4 567	4 556	4 546	4 536	4 526	4 516	4 506	4 497	4 487	4 478
Cena energie z pelet [Kč]	7,7	7,9	8,2	8,4	8,7	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0
Vyrobená elektřina z FVE a spotřebována na ohřev vody [kWh/rok]	3 118	3 111	3 105	3 099	3 093	3 086	3 080	3 074	3 068	3 063
Investiční výdaje [Kč]	418 837									
Provozní náklady [Kč]	4 644	4 665	4 686	4 708	4 730	4 753	4 776	4 800	4 824	4 849
Náklady na palivo [Kč]	7 025	7 424	7 838	8 269	8 717	9 182	9 665	10 167	10 688	11 228
Náklady na pelety [Kč]	5 584	5 506	5 422	5 329	5 229	5 121	5 004	4 878	4 743	4 598
Elektřina vyrobená elektrocentrálou [kWh]	396	406	416	427	437	446	456	466	476	485
ušetřená energie [kWh]	3 612	3 601	3 591	3 581	3 571	3 561	3 551	3 542	3 532	3 523
ušetřené finance ve výrobě elektřiny[Kč]	64 071	65 805	67 587	69 419	71 302	73 237	75 227	77 272	79 374	81 535
ušetřené finance v ohřevu vody[Kč]	23 967	24 635	25 323	26 030	26 757	27 505	28 275	29 066	29 880	30 718
CFt	-436 089	-17 595	-17 946	-18 307	-18 677	-19 056	-19 445	-19 845	-20 254	-20 675
DCFt	-324 491	-12 711	-12 587	-12 466	-12 347	-12 231	-12 118	-12 006	-11 897	-11 790
Kumulované CFt	-1 540 835	-1 558 430	-1 576 377	-1 594 684	-1 613 360	-1 632 416	-1 651 861	-1 671 706	-1 691 960	-1 712 635
Kumulované DCFt	-1 409 735	-1 422 446	-1 435 033	-1 447 499	-1 459 847	-1 472 078	-1 484 196	-1 496 202	-1 508 099	-1 519 890
NPV [Kč]	-1 519 890									