

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

Ústav řízení a ekonomiky podniku



Proces přípravy projektu realizace fotovoltaické elektrárny pro MSP

The process of preparing a photovoltaic power plant implementation project for SME

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor práce:

Bc. David Buňata

Magisterský studijní program: Řízení průmyslových systémů

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.

Praha, červenec 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Buřata** Jméno: **David** Osobní číslo: **473423**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Proces přípravy projektu realizace fotovoltaické elektrárny pro MSP

Název diplomové práce anglicky:

The process of preparing a photovoltaic power plant implementation project for a SME

Pokyny pro vypracování:

Motivace pro zpracování práce, cíle a úkoly
Problematika fotovoltaických elektráren, základní technická charakteristika
Aktuální legislativa a dotační programy, obecný proces návrhu a pořízení fotovoltaické elektrárny do výkonu 50 kW
Návrh fotovoltaické elektrárny míru pro konkrétní případ - analýza, návrh komponent, výpočet ekonomických ukazatelů a zhodnocení investice
Závěry a doporučení

Seznam doporučené literatury:

PROSTĚJOVSKÁ, Zita a České vysoké učení technické v Praze. Finanční řízení a investování. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006, p. [1a]. ISBN 80-01-03566-2.
MERTENS, Konrad. Photovoltaics: fundamentals, technology, and practice. Druhé vyd. Hoboken, NJ;Chichester, West Sussex; Wiley, 2019. ISBN 9781119401049;1119401046;
HASELHUHN, Ralf a Petr MAULE. Fotovoltaické systémy: energetická příručka pro elektrikáře, techniky, instalatéry, projektanty, architekty, inženýry, energetiky, manažery, stavitele, studenty, učitele, ostatní odborné a profesní soukromé nebo veřejné instituce a zájemce o fotovoltaický obor a energetickou nezávislost. Plzeň: Česká fotovoltaická asociace, 2017. ISBN 978-80-906281-5-1.
FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů: Jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

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

Datum zadání diplomové práce: **04.04.2023** Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **29.02.2024**

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s tím, že její výsledky mohou být dále použity podle uvážení vedoucího diplomové práce jako jejího spoluautora. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze, dne 31.7.2023

.....

David Buňata

Poděkování

Tímto děkuji Ing. Miroslavu Žilkovi, Ph.D. za cenné rady při vedení diplomové práce. Děkuji svým mentorům z oblasti fotovoltaiky, Ing. Martinu Doležalovi a Ing. Lence Schröpferové za předané zkušenosti a poskytnuté podklady. Největší poděkování však patří svým rodičům za veškerou a bezpodmínečnou podporu při studiu, bez kterých by moje studium na této škole nebylo možné.

Abstrakt

Zvýšení cen energií a nestabilita na trhu s energiemi přinesla do mnohých podniků nečekané zvýšení nákladů a nejistotu. Jednou z možností snížení dopadů současné energetické krize pro MSP je výstavba fotovoltaické elektrárny, která slouží k výrobě a následně vlastní spotřebě elektrické energie. Právě jejím návrhem se zabývá tato diplomová práce, zohledňující aktuální ekonomické, politické, technologické, ekologické, sociální a legislativní faktory.

Rešeršní část práce se zabývá obecným prostředím, do kterého fotovoltaická elektrárna spadá. Dále jsou v ní uvedeny komponenty fotovoltaické elektrárny, faktory vstupující do výhodnosti jejího pořízení a klíčové pojmy související s jejím návrhem.

Praktická část práce se zabývá obecným postupem pro návrh fotovoltaické elektrárny do instalovaného výkonu 50 kWp, jeho metodikou a možnými komplikacemi či zjednodušeními. V poslední kapitole jsou poznatky z rešerše a obecného návrhu aplikovány na konkrétním případě pro který jsou zjištěna možná řešení. Tyto možnosti řešení jsou vyhodnocena, porovnána mezi sebou a je z nich vybráno to nejvhodnější pro aplikaci na daný případ.

Klíčová slova: fotovoltaická elektrárna, návrh fotovoltaické elektrárny, návratnost fotovoltaické elektrárny, malé a střední podniky, FVE, FV

Abstract

Rising energy prices and instability in the energy market have brought unexpected cost increases and uncertainty to many businesses. One of the options for reducing the impact of the current energy crisis for SMEs is the construction of a photovoltaic power plant, increasing independence on energy prices. This diploma thesis deals with its proposal, taking into account current economic, political, technological, ecological, social and legislative factors.

The research part of the thesis deals with general environment in which the photovoltaic power plant falls. It also lists the components of a photovoltaic power plant, the factors involved in the profitability of its acquisition and key terms related to its design.

The practical part of the work deals with the general procedure for the design of a photovoltaic power plant up to an installed capacity of 50 kWp. Its methodology and possible complications or simplifications. In the last chapter, the findings from the research and the general proposal are applied to a specific case for which possible solutions are identified. These solution options are evaluated, compared with each other and the most suitable one is selected for application to the given case.

Keywords: photovoltaic power plant, photovoltaic power plant design, payback period of photovoltaic power plant, Small and Medium-Sized Entities, PVPP, PV

Obsah

1	Úvod	15
1.1	Seznámení s fotovoltaickými elektrárnami (FVE)	16
1.2	Princip FVE	16
1.3	Historie a současnost	17
1.4	Typy FVE	21
2	Hlavní komponenty FVE	22
2.1	FV panely.....	22
2.2	Konstrukce	23
2.3	Optimizéry, odpojovače.....	24
2.4	Střídače	26
2.5	Rozváděče a jejich vybavení.....	27
2.6	Vodiče.....	28
2.7	Systémy pro uložení nespotřebovaných přebytků	28
2.7.1	Fyzická baterie.....	29
2.7.2	Virtuální baterie (VB).....	29
2.7.3	Bojler	30
2.7.4	Wallbox/Nabíjecí stanice (WB/NS).....	30
2.8	Zálohovaný okruh (backup).....	30
3	Ekonomická výhodnost investice do FVE pro MSP	31
3.1	Malé a střední podniky (MSP).....	31
3.2	Faktory vstupující do výhodnosti investice	32
3.3	Ekonomické ukazatele	32
3.4	Rizika investice do FVE	33
4	Legislativa	35
4.1	Základní legislativní rámec výstavby a provozování FV elektráren:	35
4.2	Výkup elektřiny dodavatelem energie	39
4.3	Daň z elektřiny.....	40
4.4	Typy cen energií [19].....	40
4.5	Situace na trhu s elektrickou energií v ČR	41
4.6	Plánované legislativní změny	43
5	Dotační programy	46
5.1	Programy s aktuálními výzvami týkající se FVE do 50 kW pro MSP	46
5.1.1	Program Nová zelená úsporám (NZÚ)	46

5.1.2	Program EFEKT	47
5.1.3	Program OPTAK [26].....	48
5.1.4	Program Úspory energie (OPPIK) [27]	49
5.1.5	Program ENERGA	51
5.1.6	Program ELENA [30].....	52
5.1.7	Další dotační programy.....	53
6	Obecný proces přípravy projektu realizace FVE do instalovaného výkonu 50 kWp pro MSP	54
6.1	Zjištění energetických potřeb objektu, potřeb zákazníka	56
6.2	Obhlídka místa instalace.....	56
6.3	Zjištění všech podmínek pro výstavbu FVE.....	59
6.4	Zajištění rezervovaného výkonu v distribuční soustavě (DS)	60
6.5	Zjištění výhodnosti a vhodné kapacity baterie	62
6.5.1	Výnosy baterie	62
6.5.2	Náklady baterie	64
6.5.3	Zisk z baterie.....	66
6.6	Teorie z oblasti FV systémů	67
6.6.1	Intenzita slunečního záření	67
6.6.2	Definice úhlů	69
6.6.3	Pohyb Země vůči Slunci	70
6.7	První návrh instalovaného výkonu	70
6.8	Návrh sklonu.....	71
6.9	Návrh azimutu	72
6.9.1	Orientace jih.....	73
6.9.2	Orientace na dvě světové strany	74
6.10	První upřesnění instalovaného výkonu	74
6.11	Analýza stínů	75
6.12	Návrh rozložení panelů (RP)	76
6.13	Návrh střídače	77
6.14	Stringování.....	77
6.14.1	Pravidla pro stringování.....	79
6.15	Druhé upřesnění instalovaného výkonu.....	81
6.16	Jednopolové schéma (JPS)	81
6.17	Výběr způsobu výkupu přetoků.....	82
6.18	Výběr instalační firmy	82

7	Návrh FVE pro konkrétní případ.....	84
7.1	Představení případu	84
7.1.1	Spotřeba elektrické energie v objektu.....	85
7.1.2	Obhlídka místa instalace.....	86
7.2	Podmínky pro výstavbu FVE.....	89
7.3	Minimální kapacita baterie pro backup	90
7.4	Prvotní návrh instalovaného výkonu	90
7.5	Určení sklonu a azimutu	90
7.6	Zjištění výroby elektrické energie z FVE	94
7.7	Analýza zastínění FV panelů	95
7.8	ČSH investice	97
7.8.1	Faktory vstupující do ČSH	97
7.8.2	Výpočet přímo spotřebované, uložené a prodané elektrické energie	100
7.8.3	Volba kapacity baterie	101
7.8.4	Výpočet ČSH.....	101
7.8.5	Porovnání ČSH pro jednotlivé případy.....	103
7.9	Upřesnění instalovaného výkonu.....	103
7.10	Návrh rozložení panelů pro Řešení č. 1	105
7.11	Návrh střídače	106
7.12	Stringování.....	107
7.12.1	Výpočet rozsahu počtu panelů ve stringu:.....	108
7.13	Citlivostní analýza	109
7.14	Zhodnocení investice	111
8	Diskuze	112
9	Závěr.....	114
10	Seznam literatury	115
11	Seznam použitého softwaru	121
12	Seznam příloh	122

Seznam obrázků

Obrázek 1 Polovodičová dioda [1]	16
Obrázek 2 Zjednodušené schéma zapojení FVE. Zdroj: Autor	17
Obrázek 3 Vývoj instalovaných fotovoltaických elektráren v ČR [3].....	18
Obrázek 4 Vzdělání počtu žádostí o první paralelní připojení (PPP) [4]	19
Obrázek 5 Typy FVE. Zdroj: Autor.....	21
Obrázek 6 Monokrystalický fotovoltaický panel [6].....	22
Obrázek 7 Stacionární „A“ konstrukce orientující panely na dvě světové strany [7]	23
Obrázek 8 Otočná volně stojící konstrukce [47]	24
Obrázek 9 I–V křivka FV panelu [7].....	25
Obrázek 10 Optimizér s funkcí odpojovače umístěný na spodní straně panelu [8]	25
Obrázek 11 Typický střídač pro použití na RD [9]	26
Obrázek 12 Formy výkupu elektřiny z OZE [16].....	39
Obrázek 13 Výsledky denního trhu ČR z 9.7.2020 [20]	41
Obrázek 14 Výsledky denního trhu ČR z 9. 7. 2023 [21]	42
Obrázek 15 Zjednodušený procesní diagram návrhu FVE.....	55
Obrázek 16 Spotřeba, výroba a ukládání ee z FVE v průběhu dne [38].....	66
Obrázek 17 Velikost roční sluneční energie dopadající na ČR [39].....	67
Obrázek 18 Průměrné červnové hodinové ozáření v Praze [37]	68
Obrázek 19 Definice úhlů pro solární využití [40]	69
Obrázek 20 Pozice Slunce oblohou o slunovratech a rovníkových na 50° s. š. [41]	70
Obrázek 21 Denní výroba FVE s rozdílným sklonem Zdroj: Autor.....	71
Obrázek 22 Hodinová výroba FVE s rozdílným sklonem Zdroj: Autor.....	72
Obrázek 23 Vzdálenost mezi jižně orientovanými řady panelů [42].....	73
Obrázek 24 „A“ konstrukce [43]	74
Obrázek 25 Porovnání výroby a spotřeby ee v objektu Zdroj: Autor.....	75
Obrázek 26 RP s analýzou stínů z K2 Base od 7:00 do 21:00 dne 1.7.2023.....	76
Obrázek 27 Datasheet pro hybridní řadu střídačů značky GoodWe [48].....	78
Obrázek 28 Technické parametry FV panelu značky Trina Solar [49]	78
Obrázek 29 Teplotní koeficienty FV panelu značky Trina Solar [49]	78
Obrázek 30 Ukázka návrhu RP a stringování pomocí AutoCad LT, zdroj: Autor	80

Obrázek 31 Příklad JPS FVE s transformátorem [45].....	81
Obrázek 32 Objekt určený pro instalaci FVE Zdroj: Autor.....	84
Obrázek 33 Zjištěná spotřeba objektu ze dne 7.7.2023 Zdroj: Autor.....	85
Obrázek 34 Překážky na střeše budovy Zdroj: Autor.....	87
Obrázek 35 Zakreslení překážek v K2 Base Zdroj: Autor.....	87
Obrázek 36 Hromosvod na objektu Zdroj: Autor.....	88
Obrázek 37 RP: Varianta č. 1	91
Obrázek 38 RP: Varianta č. 2	92
Obrázek 39 RP: Varianta č. 3	92
Obrázek 40 RP: Varianta č. 4	93
Obrázek 41 RP: Varianta č. 5	93
Obrázek 42 Vstupní data PVGIS pro variantu č. 1 Zdroj: Autor	94
Obrázek 43 Výstup z PVGIS pro variantu č. 1 Zdroj: Autor	94
Obrázek 44 Zastínění: zimní slunovrat	Obrázek 45 Zastínění: letní slunovrat ...95
Obrázek 46 Zastínění: rovnodennost	96
Obrázek 47 List „Případ č.1“ z Výpočetní Excelové tabulky 1.....	100
Obrázek 48 „Řešení č.1 Baterie“ z Výpočetní Excelové tabulky 1	101
Obrázek 49 Výpočet ČSH pro Řešení č.1.....	102
Obrázek 50 Upravené RP pro případ č.1 Zdroj: Autor.....	105
Obrázek 51 Změna ČSH při změně vstupních parametrů o 10 %.....	109
Obrázek 52 Změna ČSH při změně vstupních parametrů o 20 %.....	110

Seznam tabulek

Tabulka 1 Parametry FV panelů. Zdroj: Autor.....	23
Tabulka 2 Vybrané parametry střídače. Zdroj: Autor.....	27
Tabulka 3 Vybrané parametry baterií. Zdroj: Autor.....	29
Tabulka 4 Výše podpory OPTAK. [26].....	49
Tabulka 5 Výše podpory OPPIK. [27]	50
Tabulka 6 Výše podpory ENER.G. [29].....	52
Tabulka 7 Příklad chování baterie v průběhu dne 1.1.2022 Zdroj: Autor	63
Tabulka 8 Parametry pro výběr střídače	77
Tabulka 9 Rozměry střech Zdroj: Autor.....	86
Tabulka 10 Upravené vyrobené roční množství ee z FVE	96
Tabulka 11 Výsledky ČSH	103
Tabulka 12 Změna ČSH v závislosti na instalovaném výkonu Případu č. 1	104
Tabulka 13 Parametry střídače Huawei SUN2000-50KTL-M3	106
Tabulka 14 Parametry FV panelu AEG AS-M132 500Wp	107
Tabulka 15 Teplotní parametry panelu AEG AS-M132 500 Wp.....	107
Tabulka 16 Stringování.....	108

Seznam zkratek a výrazů

MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
FVE	Fotovoltaická elektrárna
FV	Fotovoltaika, fotovoltaický(á)
kWp	kiloWatt peak
NZÚ	Nová zelená úsporám
DS	Distribuční soustava
MSP	Malé a střední podniky
RE	Elektroměrový rozváděč
HDR	Hlavní domovní rozváděč
RFVE	Rozváděč pro FVE
BMS	Battery Management System
PDS	Provozovatel distribuční soustavy
PPP	První paralelní připojení
ČR	Česká republika
MPP	Maximum Power Point
MPPT	Maximum power point tracker
ee	Elektrická energie
ERÚ	Energetický regulační úřad
KSÚS	Krajská správa a údržba silnic
CEFAS	Česká fotovoltaická asociace (ČFA)
OTE	Operátor trhu s elektřinou a plynem
WB	Wallbox
NS	Nabíjecí stanice
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
HZSCR	Hasičský záchranný sbor české republiky
NPÚ	Národní památkový ústav
FVZ	Fotovoltaické zařízení
FVS	Fotovoltaický systém
RD	Rodinný dům
OZE	Obnovitelný zdroj energie

MŽP	Ministerstvo životního prostředí
STC	Standart testing condition
NOCT	Normal operating cell temperature
ZPF	Aemědělský půdní fond
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NRB	Národní rozvojová banka
RP	Rozložení panelů
ČSH	Čistá současná hodnota
PP	Payback period – doba návratnosti
VVP	Vnitřní výnosové procento

1 Úvod

Zvýšení cen energií a nestabilní situace na trhu způsobily masivní nárůst poptávky po fotovoltaických elektrárnách. Jednou z vládních reakcí na tuto krizi je schválení novely energetického zákona LEX OZE I, která zjednodušuje výstavbu fotovoltaických elektráren do instalovaného výkonu 50 kWp. Fotovoltaické elektrárny o instalovaném výkonu do 50 kWp již nově nepodléhají nákladnému stavebnímu řízení a stávají se ještě lukrativnější investicí pro MSP. Zároveň na ni mají možnost čerpat dotaci z některého státem nabízeného programu a snížit tím pořizovací náklady, v některých případech až o 55 %. MSP po pořízení FVE redukuje svou spotřebu drahé elektrické energie z distribuční sítě na minimum a získávají určitou míru stability a jistoty. Zároveň získávají možnost prodeje nespotřebované elektrické energie do distribuční sítě, a to za spotovou, fixní nebo pevnou cenu. Toto se promítá do již rozsáhlé problematiky návrhu fotovoltaické elektrárny, se kterou se v této práci čtenář obeznámí.

Prvním cílem této diplomové práce je poskytnout komplexní pohled na problematiku procesu přípravy projektu realizace fotovoltaické elektrárny pro MSP. Za tímto účelem je zhotovena rešerše věnující se principu fungování fotovoltaických elektráren, jejím komponentám, technickým aspektům, legislativě, dotačním programům a zhodnocení výhodnosti jejího pořízení. Ze získaných znalostí je dále vypracován obecný postup pro návrh fotovoltaické elektrárny do 50 kWp, zohledňující veškeré faktory, které do návrhu vstupují.

Druhým, neméně důležitým cílem této práce, je aplikace obecného postupu návrhu fotovoltaické elektrárny na konkrétním případě. Pro tento účel byl vybrán podnik spadající do MSP a s reálným požadavkem na výstavbu fotovoltaické elektrárny pro vlastní účely. Pro daný případ budou navržena možná řešení, která se mezi sebou porovnají, vybere se z nich to nejvhodnější a investice se zhodnotí. Praktickým přínosem pro čtenáře této práce bude nabytí potřebných znalostí pro pochopení způsobu fungování fotovoltaické elektrárny a obeznámení se s problematikou jejího návrhu.

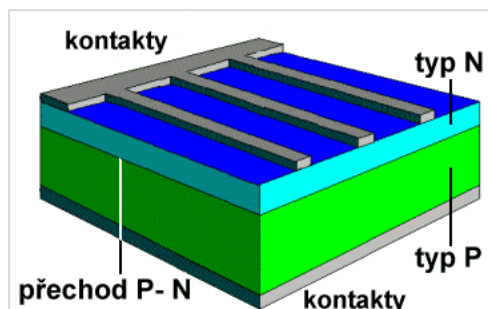
1.1 Seznámení s fotovoltaickými elektrárnami (FVE)

Fotovoltaické elektrárny jsou jedním ze státům finančně podporovaných obnovitelných zdrojů energie (OZE). Finančně se podporují jejich výstavby a v minulosti se podporovaly i povinným výkupem či zeleným bonusem. Do dalších státům podporovaných obnovitelných zdrojů elektrické energie patří např. větrné elektrárny a vodní elektrárny.

FVE se řadí do primárních přímých obnovitelných zdrojů energie. Jsou neřiditelnými zdroji a vyrábí pouze tehdy, když na ně svítí sluneční záření.

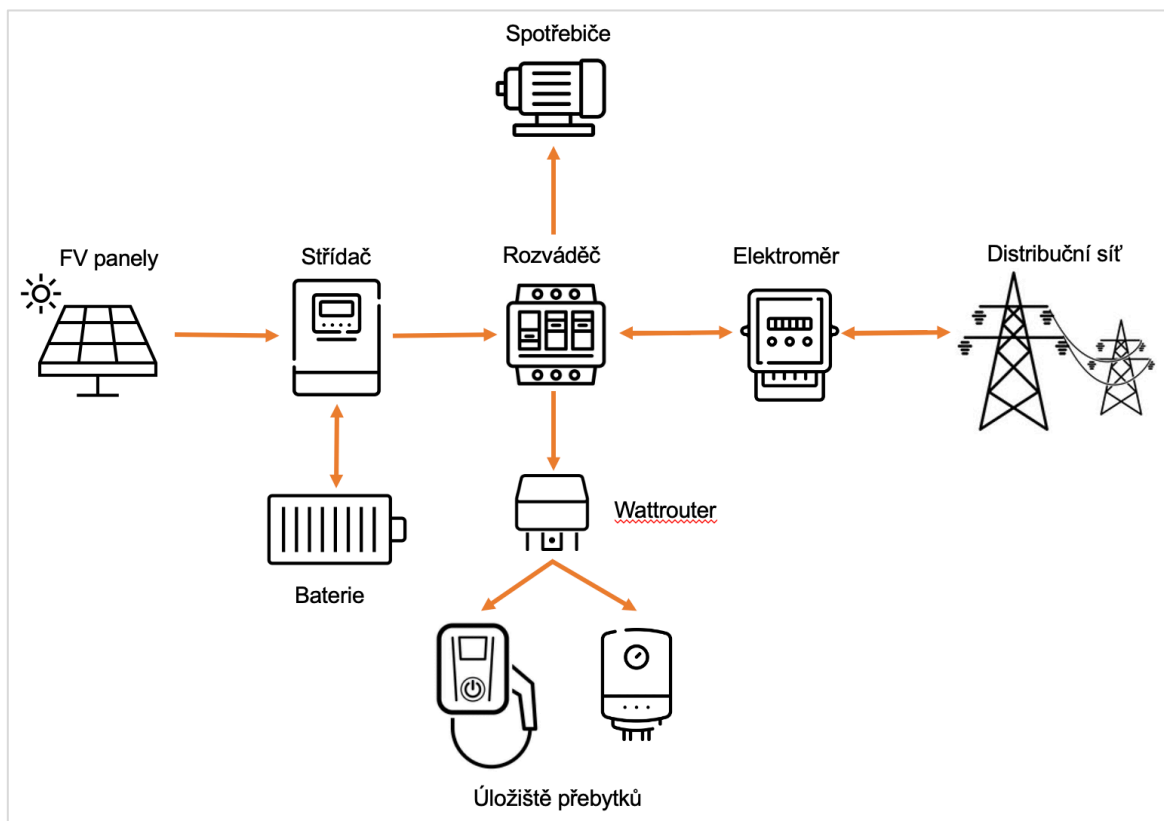
1.2 Princip FVE

Foton ze slunečního záření dopadající na křemíkový fotovoltaický článek vyvolává fotovoltaický jev. Fotovoltaický článek je v podstatě velkoplošný polovodič. Má vrstvu N s přebytkem záporných elektronů a vrstvu P s jejich nedostatkem, který se projevuje jako kladné „díry“. Mezi vrstvami vzniká PN přechod umožňující snadný přechod z dolní vrstvy typu P do horní vrstvy typu N. Dopadne-li světlo na povrch fotovoltaického článku, předávají fotony svou energii atomům v krystalické mřížce křemíku a uvolňují z ní elektrony. Přechod PN způsobuje, že elektrony uvolněné ve vrstvě polovodiče N nemohou přecházet do spodní vrstvy P a nahromadí se proto ve vrstvě N. Elektrony uvolněné ve vrstvě P naopak volně přecházejí do vrstvy N a počet elektronů se v ní nadále zvyšuje. Nahromaděním volných elektronů vzniká mezi vrstvami elektrické napětí. Mezi horním a spodním kontaktem článku tedy vzniká napětí a připojíme-li mezi ně spotřebič, vytvoříme uzavřený elektrický obvod, přes který začne protékat elektrický proud. [1]



Obrázek 1 Polovodičová dioda [1]

Na obrázků níže můžeme vidět schéma zapojení FVE, které vystihuje její princip. Šipky znázorňují směr toku proudu.¹



Obrázek 2 Zjednodušené schéma zapojení FVE. Zdroj: Autor

1.3 Historie a současnost

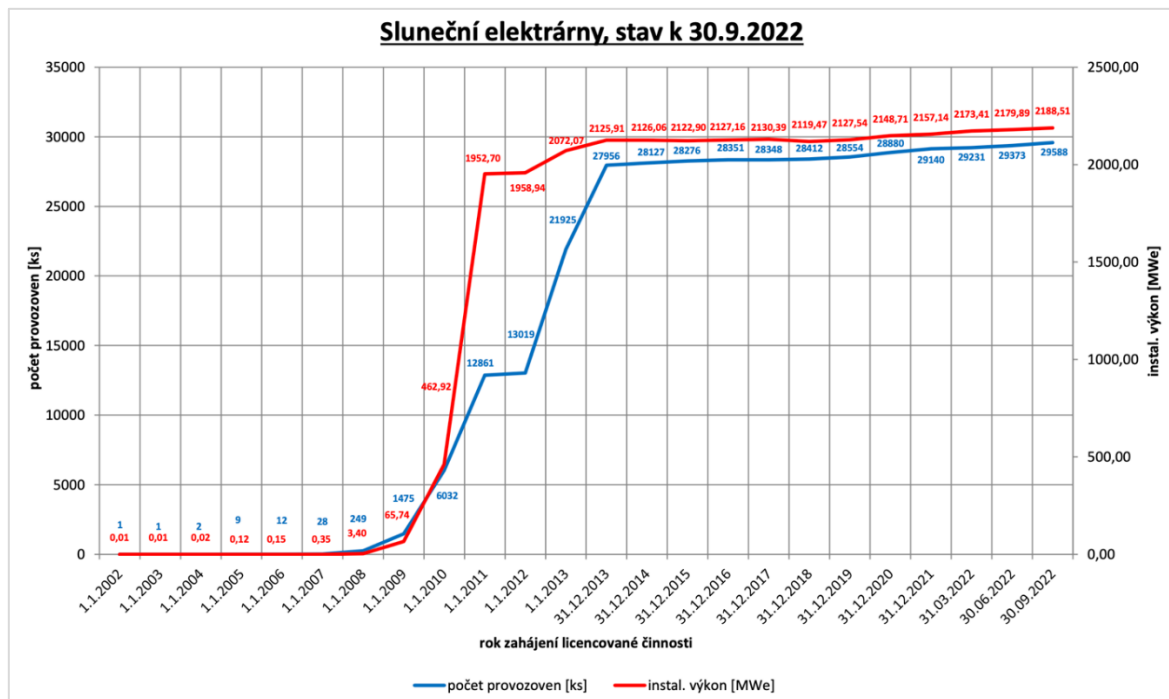
Fotovoltaické panely se dostaly do povědomí širší veřejnosti díky jejich využití na vesmírných satelitech, dále kvůli rozlehlých fotovoltaických elektrárnách, které lze vidět na polích. Průmyslová výroba solárních článků začala v Německu malou sérií pro zásobování satelitu energií. V roce 2009 si Německo vydobylo přední místo v produkci solárních článků na základě zákona o obnovitelných energiích. V současné době vede ve výrobě FV modulů Čína. [46]

¹ Elektrická energie z FV panelů teče do střídače, který ji v závislosti na výši spotřeby posílá do domovního či jiného rozváděče nebo ji ukládá do baterie. Elektrická energie je nejprve vždy využita v objektu, poté se ukládá do úložišť přebytků, do baterie a naposledy se posílá do DS.

První solární boom v ČR

Jako první solární boom v ČR by se daly považovat roky 2009 a 2010, kdy se zlevnily náklady na pořízení velkých FVE na pole. V tu dobu byla stanovena pevná výkupní cena vyrobené elektřiny na 20 let. Tato výkupní cena však počítala s většími pořizovacími náklady, a tak se investorům FVE vysoce vyplatily. [2]

První solární boom lze vidět na obrázku 3 níže.²

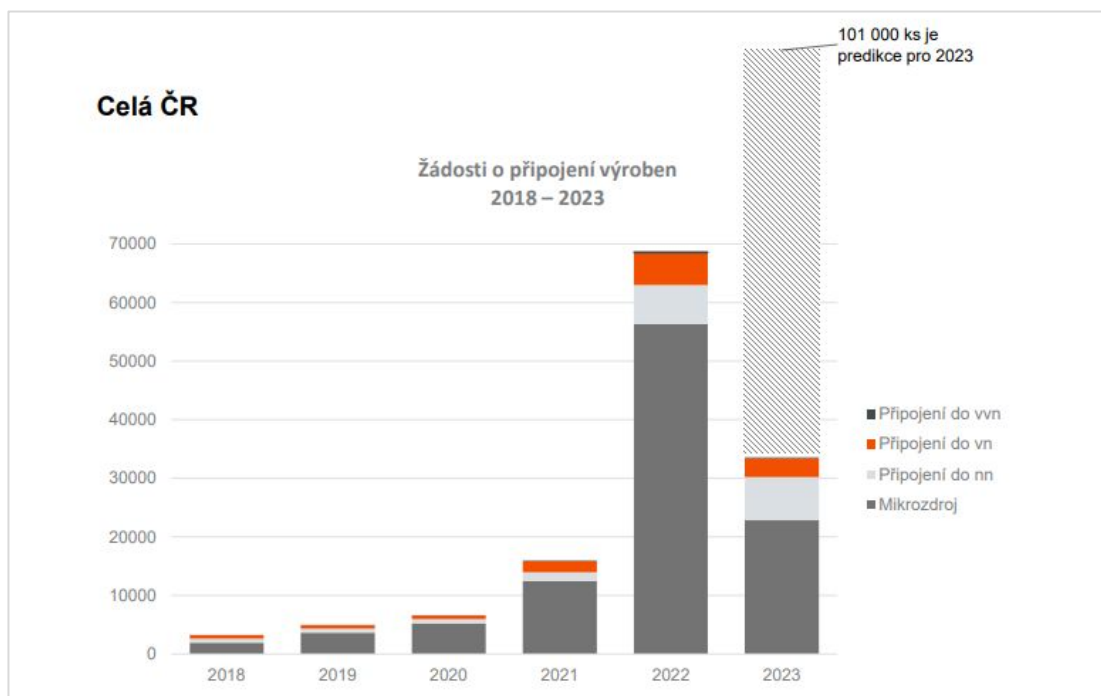


Obrázek 3 Vývoj instalovaných fotovoltaických elektráren v ČR [3]

² Na svislé ose jsou FVE, které mají licenci, tedy FVE původně nad instalovaný výkon 10 kWp, nyní až nad 50 kWp. V grafu tedy nejsou zahrnuty FVE umístěné na rodinných domech, kterým se vyplatí nejvíce instalovaný výkon do 10 kWp.

Druhý solární boom v ČR

Dalším velkým milníkem byla evropská energetická krize v roce 2022, kdy se zvýšily ceny energií a doba návratnosti fotovoltaických elektráren se rapidně zkrátila. FVE si ve větším měřítku začaly pořizovat domácnosti i podniky.



Obrázek 4 Vzrůst počtu žádostí o první paralelní připojení (PPP) [4]

Meziroční nárůst počtu žádostí od roku 2021 do roku 2022 se zvýšil o více než 300 %. Mnoho dalších majitelů rodinných domů a firem i nyní zvažují pořízení fotovoltaické elektrárny.

Základní důvody pro pořízení FVE jsou:

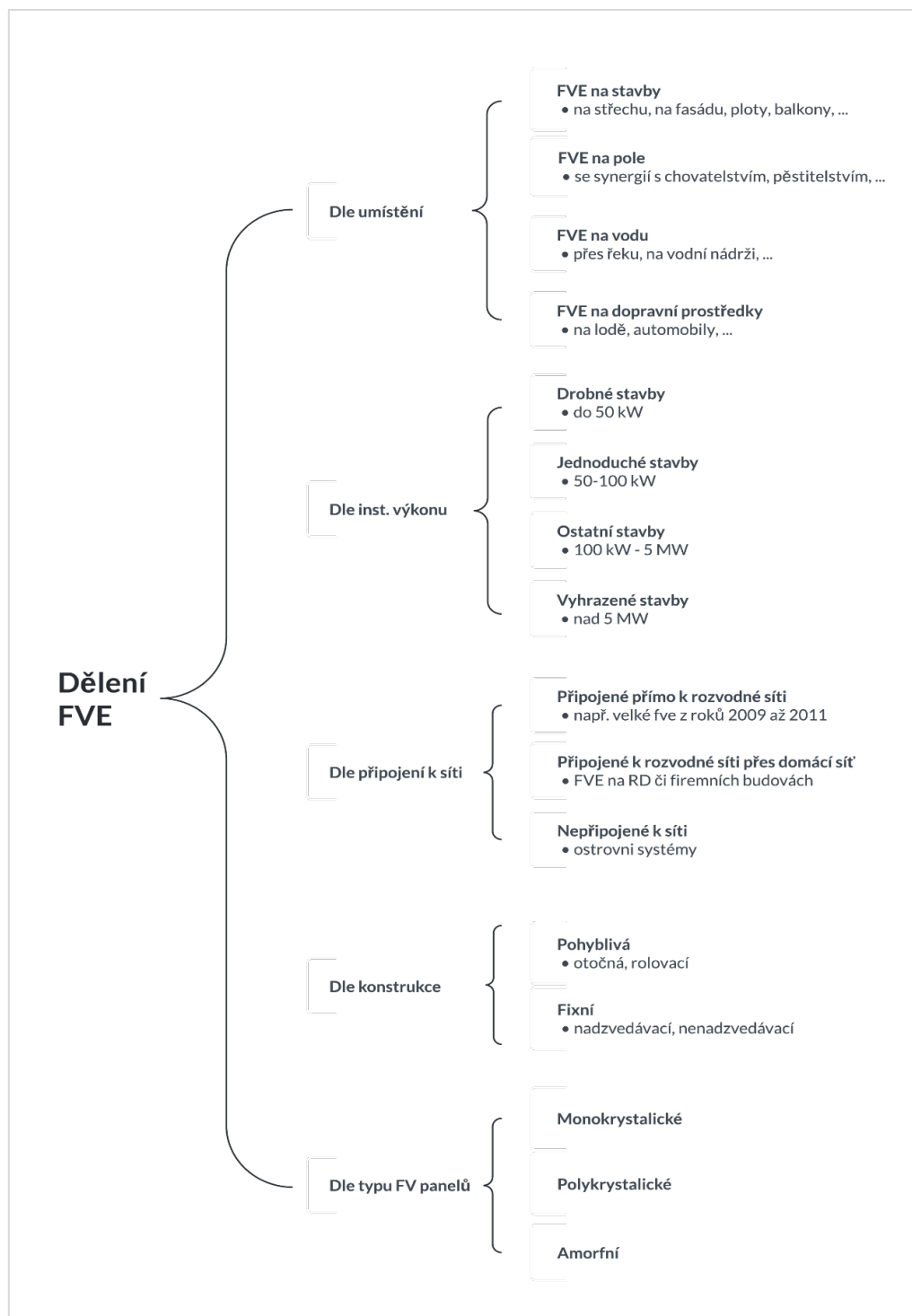
- Úspora nákladů na elektřinu.
 - Správně navržená FVE dokáže pokrýt většinu spotřeby elektřiny a tím velmi výrazně snížit náklady za energie.
- Výdělek z prodeje elektřiny.
 - Přebytkovou (nespotřebovanou) elektřinu lze posílat do distribuční sítě za výkupní ceny.
- Soběstačnost, možná ochrana proti krátkodobým výpadkům elektrické energie
 - Objekt s FVE je schopný dosáhnout elektrické soběstačnosti.

Fotovoltaické elektrárny mají i své nevýhody.

Mezi ně patří především:

- Neřiditelný (nestabilní) zdroj elektrické energie (ee).
 - Nelze od nich očekávat výrobu po celý den, jsou závislé na počasí.
- Relativně malá životnost střídače a baterie.
 - Cca 10 let.
- Možná příčina vzniku požáru.
 - Samotné fotovoltaické panely jsou nehořlavé, nemohou tedy být příčinou vzniku požáru, avšak ostatní části FVE jimi být mohou.

1.4 Typy FVE



Obrázek 5 Typy FVE. Zdroj: Autor

Dalším dělením by mohlo být podle počtu střídačů a tak dále (pro přehlednost vynecháno).

2 Hlavní komponenty FVE

Pro správný návrh FVE je nezbytné seznámit se se všemi jejími komponenty, s jejich parametry a důvodem využití.

2.1 FV panely

FV panely jsou základním kamenem fotovoltaických elektráren. Přeměňují energii ze slunečního záření v elektrickou energii. Panely vyrábí stejnosměrné napětí a proud, který teče do střídače.



Obrázek 6 Monokrystalický fotovoltaický panel [6]

Nejpoužívanější typy:

Monokrystalické (černé) – mají největší účinnost za ideálního osvětlení, kolem 21 %, tzn. v poledne v létě.

Polykrystalické (modré) – mají větší účinnost při osvětlení z ostřejších úhlů, tzn. ráno, na večer a v zimě. Účinnost za ideálního osvětlení je 15–17 %.

Amorfni (tenkovrstvé) – tenký, lehký film pro specifické účely.

Teoretická maximální účinnost krystalického křemíku je okolo 31 %, od které se odvíjí i maximální účinnost FV panelu.

Vybrané parametry:

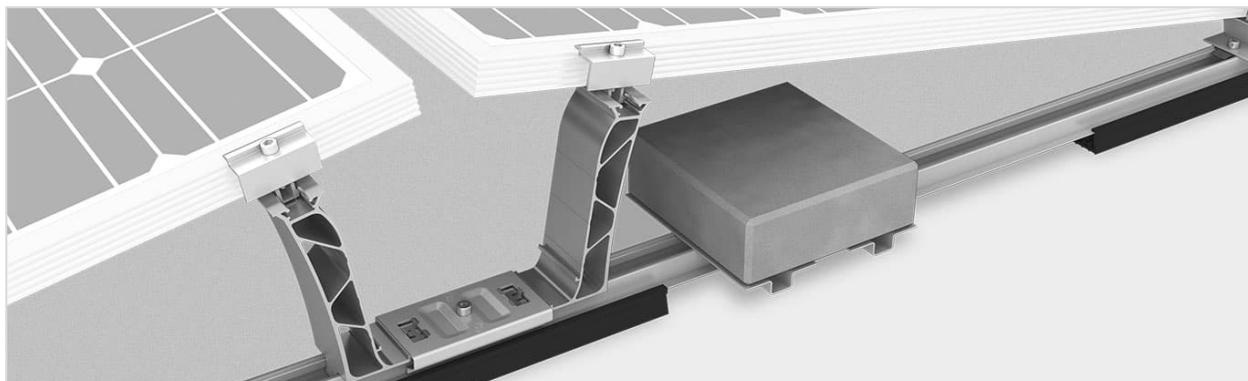
Tabulka 1 Parametry FV panelů. Zdroj: Autor

Parametr	Jednotka
Výkon	[Wp]
Účinnost	[%]
Rozměry	[mm]
Hmotnost	[kg]
Záruka	[roky]

2.2 Konstrukce

Konstrukcí se rozumí montážní materiál určený pro přichycení FV panelů na střechu či jinou plochu, například na pole. Konstrukce a její uchycení se liší pro různé typy střech.

Pro účely FVE jsou nejvhodnější co nejméně členité střechy bez objektů tvořící stín. Krytiny šikmých střech v České republice bývají nejčastěji taškové, šindelové, trapézové nebo falcové. Povrch rovných střech bývá často bitumen, šterk nebo například zelená střecha.



Obrázek 7 Stacionární „A“ konstrukce orientující panely na dvě světové strany [7]

Konstrukce můžeme dělit na:

- Stacionární – mají fixní pozici, úhel natočení ani sklonu se nemění.
- Pohyblivé – jejich úhel natočení a sklon se mění v průběhu dne.

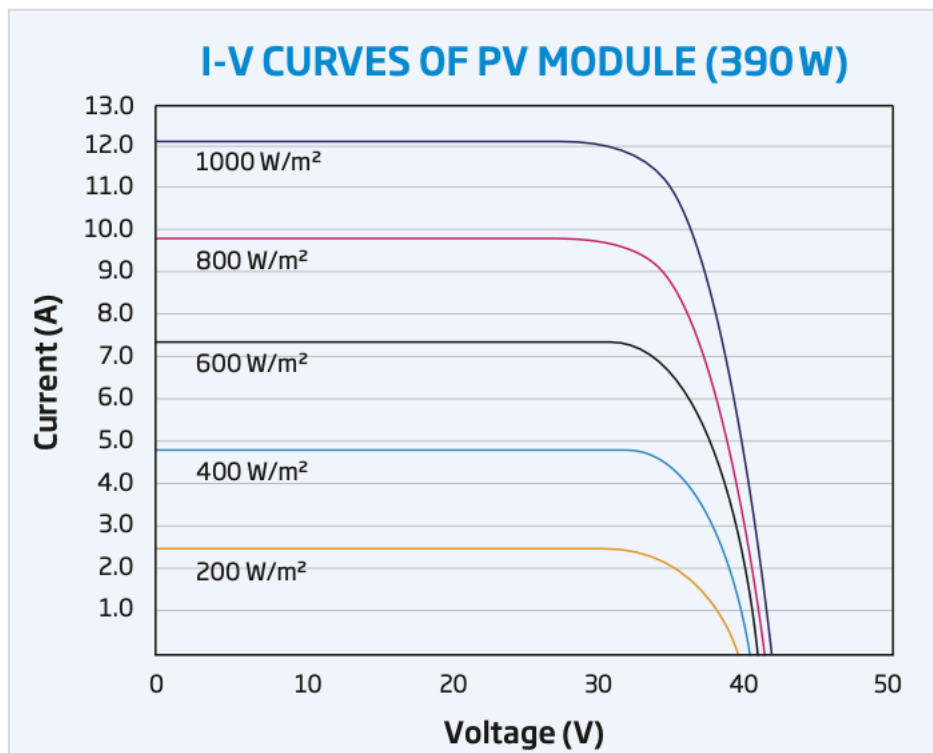


Obrázek 8 Otočná volně stojící konstrukce [47]

2.3 Optimizéry, odpojovače

Optimizéry slouží k maximalizaci výkonu jednotlivých panelů, které jsou z některého důvodu méně osvětlené, popřípadě méně výkonné než zbylé panely ve stringu. Tuto situaci zapříčiní např. stínící komín či výrazné lokální zašpinění. Obvykle se používá jeden optimizér na jeden až dva panely.

Optimizér pracuje s I–V křivkou panelu, po které se pohybuje a hledá bod s nejvyšším možným výkonem za daných podmínek.



Obrázek 9 I–V křivka FV panelu [7]

Odpojovače slouží v krizových stavech ke snížení napětí na panelech. Po stisknutí tlačítka STOP, či po odpojení napájení střídače panely v krátké době sníží svoje napětí na maximálně 1 V.

Optimizéry bývají vybaveny i funkcí odpojení panelů a přichycují se na spodní stranu panelu.



Obrázek 10 Optimizér s funkcí odpojovače umístěný na spodní straně panelu [8]

2.4 Střídače

Střídače jsou speciálními typy elektrických měničů, které transformují stejnosměrné napětí z FV panelů na střídavé napětí, které má častější využití. Zároveň posílají přebytečnou elektřinu do baterií. V jedné FVE lze využít vícero střídačů.



Obrázek 11 Typický střídač pro použití na RD [9]

Pro naše použití se střídače dělí na typy dle:

Počtu fází – 1f, 3f.

Připojení k distribuční síti – on-grid, off-grid a hybridní.

Rozdělení vyrobené energie do rozvodů v objektu – symetrické, asymetrické.

Dalšími, pro náš účel nepoužívanými typy jsou například střídače s transformátorem, stringové střídače či mikrostrídače.

Vybrané parametry střídačů:

Tabulka 2 Vybrané parametry střídače. Zdroj: Autor

Parametr	Jednotka
Max. výstupní AC výkon do rozvodné sítě	[W]
Max. nabíjecí a vybíjecí proud baterie	[A]
Max. DC vstupní výkon	[W]
Rozsah MPPT	[V]
Počet MPPT	[-]
Počet stringů na MPPT	[-]
Náběhové napětí	[V]
Jmenovité vstupní napětí	[V]
Max. proudový výstup AC do rozvodné sítě	[A]
Max. výstupní proud do back-upu	[A]
Účinnost	[%]
Rozsah provozních teplot	[°C]
Záruka	[roky]

2.5 Rozváděče a jejich vybavení

Elektroměrový rozváděč (RE)

Elektroměrový rozváděč je pro připojení nové FVE většinou nutno upravit. Připojovací podmínky se v průběhu času mění a RE, které byly nově instalované před 10 lety se musí pozměnit, ty starší často úplně vyměnit. RE jsou umístované v elektroměrových sloupcích, ty starší mohou být například na vnější straně zdi.

Hlavní domovní rozváděč (HDR)

Umistují se do něj měřicí cívky pro střídače, nabíjecí stanice a další. Je nejčastěji umístěn uvnitř objektu.

Rozváděč pro FVE (RFVE)

Tento rozváděč může být jeden nebo jich může být více, například jeden pro DC část a druhý pro AC část FVE. V rozváděčích jsou umístěny pojistkové odpínače, přepětové ochrany,

jističe, proudové chrániče, smart-metery, krizový vypínač FVE a další. Rozváděč může být spojený s HDR.

2.6 Vodiče

Dalším hlavním prvkem FVE jsou vodiče pro přenos elektrické energie (ee).

Pro spojení FV panelů a střídače se používá vodič typu H1Z2Z2, typicky o průřezu 4 mm² nebo 6 mm². Vodič disponuje dvojitou izolací a ochranou před UV zářením.

Pro spojení střídače a baterie se využívá vodič typu CYY, rovněž s dvojitou izolací kvůli možným vysokým proudům.

Pro spojení střídače s RFVE a HDR se používají vodiče typu CYKY-J 5xYmm².

2.7 Systémy pro uložení nespotřebovaných přebytků

Prodej přebytků do DS je za aktuálních podmínek nevýhodné, proto se používá systémů pro jejich uložení a pozdější spotřebu.

2.7.1 Fyzická baterie

Pro uložení nespotřebované energie se běžně používají lithiové či olověné baterie, aktuálně nejpoužívanějším typem je baterie typu LiFePo₄.

Pro řízení nabíjení a vybíjení baterií se používá regulátor – Battery Management System (BMS) jednotka.

Vybrané parametry baterií:

Tabulka 3 Vybrané parametry baterií. Zdroj: Autor

Parametr	Jednotka
Napětí bateriového modulu	[V]
Kapacita modulu	[kWh]
Max. počet bateriových modulů	[-]
Max. hloubka vybití	[%]
Max. nabíjecí a vybíjecí proud	[A]
Pracovní, skladovací teplota	[°C]
Záruka	[roky, cykly]

2.7.2 Virtuální baterie (VB)

Virtuální baterie je služba poskytovaná dodavatelem energií. Základním principem je „uložení“ přetoků do dodavatelovi virtuální baterie. Elektrickou energii z této baterie lze kdykoliv v průběhu roku vyčerpat.

VB od ČEZ

Přebytečná energie, která putuje do DS se měří pomocí elektroměru a ČEZ ve vyúčtování o tuto hodnotu sníží částku za elektrickou energii. Neodpadají však fixní měsíční poplatky a přibývá poplatek za distribuování do DS. Roční vykoupené množství elektřiny je však nejvýše jedna roční spotřeba ze sítě. [10]

VB od E.ON

Elektroměr měří přetoky, které putují do distribuční sítě. Stejný objem přebytků si poté můžeme vzít zpět z DS, když ji budeme potřebovat a to zadarmo. Účtuje se měsíční poplatek

podle velikosti virtuální baterie. Velikost virtuální baterie říká, kolik do ní za jeden rok můžeme uložit a odebrat. [11]

PRE, Innogy ani další dodavatelé momentálně virtuální baterii nenabízejí.

2.7.3 Bojler

Pomocí regulátoru lze nespotřebované přebytky ee ukládat do akumulární nádrže, kde se pomocí topných spirál přemění na teplo.

2.7.4 Wallbox/Nabíjecí stanice (WB/NS)

Pomocí regulátoru lze nespotřebovanou ee ukládat do baterie dopravních prostředků.

2.8 Zálohovaný okruh (backup)

Backup je funkce střídače, která zajišťuje provoz elektrických zařízení připojených do zálohovaného okruhu i při výpadku dodávky elektřiny z DS. Elektrická zařízení jsou v provozu, dokud se nevybije fyzická baterie. V domovních instalacích se nejčastěji instaluje jednoduchý backup ve formě jedné či více zásuvek.

3 Ekonomická výhodnost investice do FVE pro MSP

Pořízení FVE je nutno chápat jako investici u níž se očekává budoucí výnos, který lze popsat ekonomickými ukazateli a zároveň na ní lze vyhodnotit rizika.

Při pořizování FVE se velmi často žádá o dotaci jednoho z dotačních programů. Všechny dotační tituly mají požadavky na žadatele a další specifické podmínky. Jedním z těchto požadavků je vždy splnění kritéria na velikost podniku. Tato práce se zabývá FVE pro MSP, i proto je důležité znát jejich klasifikaci.

3.1 Malé a střední podniky (MSP)

MSP budou nejčastěji zvažovat pořízení jedné či více FVE do instalovaného výkonu 50 kWp.

Který podnik spadá do MSP? [12]

Střední podniky zaměstnávají méně než 250 osob a jejich roční obrat nepřesahuje 50 mil. EUR nebo jejich bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 43 mil. EUR.

U malých podniků nesmí počet zaměstnanců převyšovat 50, výše ročního obratu nesmí přesáhnout 10 milionů EUR nebo roční rozvaha nesmí přesáhnout 10 milionů EUR.

Jediným menším podnikem, než malý podnik je mikro podnik, také spadající do MSP má do 10 zaměstnanců a obrat či roční bilanci menší než 2 miliony EUR.

Dále musí podnik splňovat kritérium nezávislosti, to znamená, že více než 24 % základního kapitálu či hlasovacích práv nesmí být ve vlastnictví podniků, které nespádají do kritéria MSP.

Tyto definice jsou závazné pro evropské programy a státní podpory.

Podíl malých a středních podniků na celkovém počtu aktivních podnikatelských subjektů v roce 2017 byl 99,8 %. Podíl přidané hodnoty malých a středních podniků v roce 2017 činil 54,6 % a podíl zaměstnanců malých a středních podniků na celkovém počtu zaměstnanců podnikatelské sféry v ČR v roce 2017 činil 58,0 %. [12]

Tato práce se bude zabývat o FVE do instalovaného výkonu 50 kWp, které jsou vhodné pro většinu MSP kvůli jejich dobré využitelnosti a krátké době návratnosti. Také na ně se budou vztahovat konkrétní dotace.

V této části se budeme věnovat investici do FVE obecně, konkrétně pro daný případ pak v kapitole 7.

3.2 Faktory vstupující do výhodnosti investice

Aktuální situace na energetickém trhu velmi mění asi nejdůležitější vstupní parametr – cenu elektrické energie (zkratkou *ee*). Výhodnost investice do FVE tedy velmi záleží na aktuálně dostupném tarifu, na nasmlouvané době stávajícího tarifu a na trvání zastropování obchodní ceny *ee*.

Vstupujícími faktory do výhodnosti investice jsou:

- Cena nákupu *ee*.
- Cena prodeje *ee*.
- Cena jednotlivých komponentů, jejich životnost a účinnost.
- Správný návrh FVE – množství přímo využití *ee* a množství prodeje.
- Provozní náklady FVE – čištění, revize, opravy.
- Doba trvání aktuálních tarifů, cena fixních poplatků.
- Klima (teplota, osvit, prašnost, ...) v dané oblasti.

3.3 Ekonomické ukazatele

Doba návratnosti

Doba návratnosti je časový úsek, za který se investice splatí z příjmů, které zajistí. Tzn., že akumulované příjmy se rovnají investičnímu výdaji. V našem případě se může stát, že životnost střídače a baterie bude menší než doba návratnosti projektu. Není třeba však investici hned ztracovat, lze navýšit investici o cenu střídače, baterie a dobu návratnosti přepočítat.

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{\text{Investiční výdaj}}{\text{Roční úspora nákladů}} [\text{roky}]$$

Při pořizování FVE se často řeší hlavně její návratnost. Není to však jediný důležitý ukazatel určující výhodnost zvažované varianty FVE.

Čistá současná hodnota (ČSH)

ČSH vyjadřuje současnou (tedy diskontovanou) hodnotu všech peněžních toků související s investicí. Umí počítat s nestejnými peněžními toky napříč dobou života investice.

$$\check{C}SH = \sum_{t=0}^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} \text{ [Kč]}$$

kde CF_n = finanční tok v jednotlivých letech, n = zamýšlená doba životnosti investice, r = úroková míra či diskont

Vnitřní výnosové procento (VVP)

Vnitřní výnosové procento je úroková míra, při které se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Investice se považuje za výhodnou, jestliže VVP představuje vyšší úrok, než je požadovaná minimální výnosnost investice, například výnosnost konkurenční investice. [13]

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_n}{(1+IRR)^n}$$

kde IRR = vnitřní výnosové procento, CF_n = finanční tok v jednotlivých letech, n = zamýšlená doba životnosti investice

Návratnost investice (ROI)

ROI je poměr investice odečtené od výnosu vůči výši investice. Ukazatel se používá pro vyhodnocení investic a porovnání s ostatními, nejčastěji se udává v procentech.

$$ROI = \frac{\text{Zisk z investice}}{\text{Náklady na investici}} * 100 \text{ [%]}$$

ROI vyšší než 0 % znamená, že se investice splatila, procenta nad znamenají přínos.

3.4 Rizika investice do FVE

Rizika investice do FVE se jejího návrhu týká okrajově, proto zde bude zmíněna pouze povrchově. Investice do FVE jako každá jiná investice není bez rizik, je tedy vhodné se s nimi obeznámit a zhodnotit, zda se investice vyplatí.

Rizika investice do FVE:

- Snížení cen energií.
- Snížení výkupní ceny přebytečné ee.
- Zrušení momentálně výhodného tarifu či služby.
- Zničení FVE v průběhu její životnosti.
- Nesprávný návrh FVE.

Mitigace rizik:

Snížení cen energií je pro širokou veřejnost výhodné, avšak pro investici do FVE to znamená její ekonomické znevýhodnění. Stejně jako náhlé zrušení momentálně výhodného tarifu či služby toto riziko nelze nijak ovlivnit, do jisté míry se však dá předpokládat.

Náhlé snížení výkupní ceny elektřiny lze zamezit fixovanou výkupní cenou. Při použití pevné ceny máme sice pevně stanovené ceny, ty se mohou však na základě smlouvy změnit. Jako u každé elektrické instalace i u FVE existuje **riziko poruchy**. Vznik požáru, nebo zničení FV panelů padlým stromem je běžnou záležitostí. Možnou příčinou vzniku požáru značně omezíme, pokud budeme provádět pravidelné revize. Nejčastějším důvodem bývá špatně dotažený kontakt, ve kterém se zmenší dotyková plocha, zvýší odpor, a tudíž se zvýší zahřívání spoje.

Riziko nesprávného návrhu (natočení, sklon, počet panelů) lze předejít využitím energetického poradce a výběrem ověřené dodavatelské firmy.

4 Legislativa

S pořízením i provozováním FVE se pojí poměrně rozsáhlá a aktuálně rychle se měnící legislativa.

4.1 Základní legislativní rámec výstavby a provozování FV elektráren:

Zákon č. 183/2006 Sb. – Stavební zákon (zrušen od 1. 1. 2024).

Zákon č. 283/2021 Sb. – Stavební zákon (účinnost od 1. 1. 2024).

Z hlediska umístění a povolení stavby FVE ze stavebního zákona nastávají tyto případy:

- Zařízení pro výrobu ee jako součást technického vybavení nové stavby podléhají režimu projednání povolené stavby (budovy). [14]
- Zařízení pro výrobu ee instalované do střešního pláště, pokud nedochází ke zvýšení ani rozšíření stavby, je možno považovat za stavební úpravu, která nevyžaduje územní rozhodnutí ani územní souhlas. V závislosti na inst. výkonu však vyžadují ohlášení stavebnímu úřadu nebo stavební povolení. Stavební povolení může být nahrazeno veřejnoprávní smlouvou nebo certifikátem autorizovaného inspektora. [14]
- Zařízení pro výrobu ee instalované na pozemku vyžaduje územní rozhodnutí, nebo územní souhlas a stavební povolení. [14]

Vyhláška č. 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov.

Instalací FVE na budovu snižujeme její energetickou náročnost a budova získává lepší energetický štítek. Pokud již byla čerpaná dotace na objekt, který má v projektu uvedenou FVE, nelze již čerpat další dotaci pouze na FVE.

Zákon 114/1992 Sb., zákona o ochraně přírody a krajiny.

Zde zákon udává nutnost získání kladného závazného stanoviska příslušného orgánu ochrany životního prostředí.

Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu (ZPF).

Přesněji vyhl. č. 13/1994 Sb., a metodický pokyn MŽP ČR OOLP/1067/96, který udává nutnost dočasného odnětí pozemku zemědělskému půdnímu fondu i přes jeho nepřerušené zemědělské používání.

Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, přesněji § 1 a § 14 odst. 1, 2, 4 a 5.

Národní Památkový Ústav (NPÚ) povoluje, či zakazuje výstavbu FVE v chráněných územích a na kulturních památkách. Novinkou v této oblasti je metodické vyjádření NPÚ ohledně povolování FVE, které by mělo sjednotit způsob rozhodování. Územní odborná pracoviště mají však stále rozhodující slovo.

Zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon.

Energetický zákon stanovuje veškerá pravidla podnikání na energetickém trhu, stanovuje a upravuje podmínky o výkonu státní správy nad tímto odvětvím. Dále upravuje cenovou politiku, zavádí pravidla ohledně udělování licencí. Úředním orgánem státní správy je Energetický regulační úřad (ERÚ).

Zákon č.19/2023 Sb., LEX OZE I.

Jedná se o novelu energetického zákona LEX OZE I., která mění zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). Hlavní změnou je navýšení maximálního výkonu FVE bez stavebního povolení a licence na 50 kW s účinností od 24. 1. 2023. Pro FVE do 50 kW tedy odpadá i požárně bezpečnostní řešení (PBR) a statický posudek (SP). Novela nově řadí instalace o výkonu nad 1 MW mezi stavby veřejného zájmu u kterých odpadne povinnost schvalovat pro tyto záměry změnu územního plánu.

Zákon 26/2002 Sb., kterým se mění zákon 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon).

Zákon 278/2003 Sb., kterým se mění zákon 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon).

Zákon č. 165/2012 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a změně některých zákonů, např. zákona č. 180/2005 Sb.

Vyhláška č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích.

Zákon č 406/2000 Sb., o hospodaření energií.

Jsou zde i zákony přímo podporující FV elektrárny [14]:

Zákon 458/200 Sb., v § 23 odst. 1 stanovuje právo výrobce připojit své zařízení k elektrizační soustavě za určitých podmínek, stanovených tímto zákonem, a dále je zde § 30, odst. 2, který se týká připojení obnovitelných zdrojů.

Zákon 364/2007 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon).

Vyhláška 188/2005 Sb., o podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využití obnovitelných zdrojů).

Vyhláška 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích. Výkupní ceny jsou uplatňovány po dobu životnosti elektrárny.

Technická podoba a provedení fotovoltaických elektráren je ovlivněna vyhláškami o bezpečnosti provozu a instalací elektrických zařízení. Veškeré zařízení i kabeláže musí být provedeny v souladu se závaznými, všeobecně uznávanými a platnými normami.

Příklad normy o ochraně před úrazem elektrickým proudem:

ČSN 33 2000-4-41 ed.3

základní ochrana: izolační kryty

ochranné opatření: automatické odpojení od zdroje v síti TN

ochranné uzemnění

ochranné pospojování SELV, PELV

doplňková ochrana: proudový chránič

doplňující pospojování

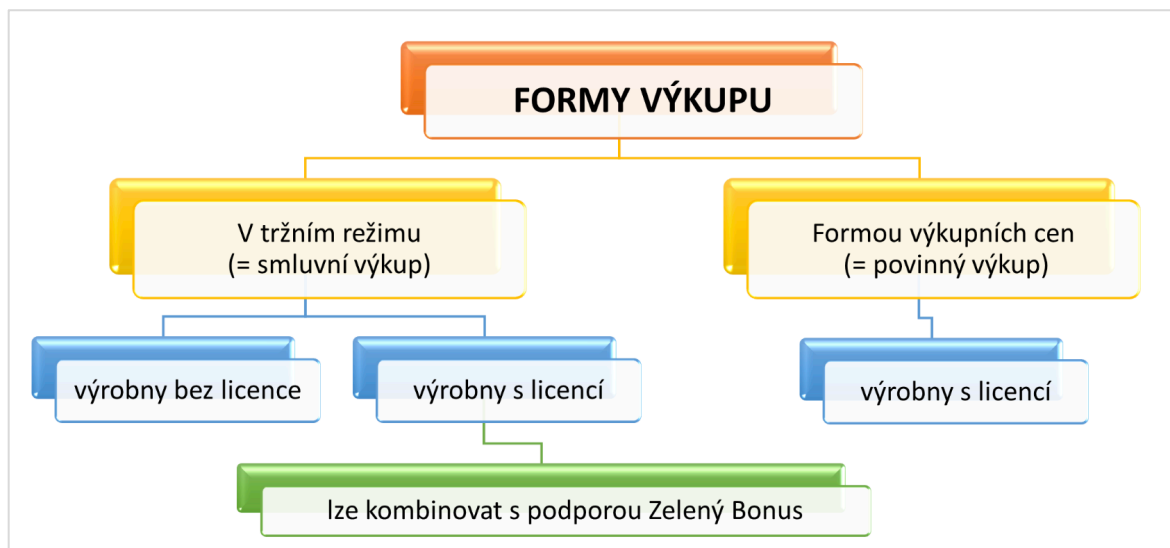
Seznam norem, uvedené bez změn, které musí FVE plnit [15]:

ČSN 33 2000-1 ed.2	Základní hlediska, základní charakteristiky a definice
ČSN 33 2000-4-41 ed.3	Ochrana před úrazem el. proudem
ČSN 33 2000-4-42 ed.2	Ochrana před účinky tepla
ČSN 33 2000-4-43 ed.2	Ochrana proti nadproudům
ČSN 33 2000-4-45	Ochrana před podpětím
ČSN 33 2000-4-46 ed.3	Odpojování a spínání
ČSN 33 2000-5-51 ed.3	Všeobecné předpisy
ČSN 33 2000-5-52 ed.2	Výběr soustav a stavba vedení.
ČSN 33 2000-5-53 ed.2	Spínací a řídicí přístroje
ČSN 33 2000-5-54 ed.3	Uzemnění a ochranné vodiče
ČSN 33 2000-5-56 ed.3	Napájení zařízení sloužících v případě nouze
ČSN 33 2000-5-523 ed.2	Výběr soustav a stavba vedení – dovolené proudy
ČSN 33 2000-5-537 ed.2	Přístroje pro odpojování a spínání
ČSN 33 2000-6-61 ed.2	Výchozí revize
ČSN 33 2000-7-706 ed.2	Omezené vodivé prostory
ČSN 33 2000-7-712 ed.2	Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Solární fotovoltaické (PV) napájecí systémy
ČSN 33 3051	Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení
ČSN 34 1610	Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách.
ČSN EN 61140 ed.3	Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení
ČSN 33 0010 ed.2	Elektrická zařízení, rozdělení a pojmy
ČSN EN 60038	Jmenovitá napětí CENELEC
ČSN 33 1500	Revize el. zařízení
ČSN EN 60909-0 ed. 2	Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách
ČSN EN 50110-1 ed.3	Obsluha a práce na elektrických zařízeních

4.2 Výkup elektřiny dodavatelem energie

Dodavatelé energie nabízejí odkup přebytečné vyrobené ee od zákazníka (výkup ee). Cena elektřiny je buďto stanovena fixně, tzn. v celém dni za stejnou částku, nebo spotově, tzn. že se cena odvíjí od aktuální výroby a spotřeby ee na trhu.

Níže přiložený obrázek zachycuje formy výkupu ee z OZE:



Obrázek 12 Formy výkupu elektřiny z OZE [16]

*Pro FVE skončila podpora zeleného bonusu na konci roku 2013

Výkup elektřiny z OZE probíhá ve dvou režimech:

Smluvním výkupem v tržním režimu

Výrobce a Vykupující si dohodnou výkupní cenu – pevnou nebo spotovou, a za tu pak probíhá výkup. Výkup probíhá u Vykupujícího (obchodníka), tzn. odměnu za výkup vyplácí Vykupující. Smluvní výkup je jedinou možností pro výrobny bez licence, a volitelnou možností pro výrobny s licencí. [16]

Výkupními cenami v povinném výkupu

Tento režim je forma podpory. ERÚ stanovuje pevně danou cenu výkupu, výrobce uzavírá smlouvu o povinném výkupu s povinným vykupujícím, který je na daném distribučním území státem stanoven jako povinně vykupující. Výkup probíhá u povinně vykupujícího, tzn. odměnu za výkup vyplácí povinně vykupující. [16]

Povinně vykupující dle zákona 165/2012 Sb. jsou:

- ČEZ Prodej pro území ČR vyjma jižních Čech, jižní Moravy a území města Prahy a okolí.
- E.ON Energie pro území jižních Čech a jižní Moravy.
- Pražská energetika pro území hlavního města Prahy a okolí.

U výroben do 50 KW je licence potřeba v případě, že se jedná o podnikání (tzn. nejedná se o výrobu pro vlastní spotřebu). Je tedy nutno posoudit, kdy se jedná o podnikání a kdy nikoliv.[17]

4.3 Daň z elektřiny

Pro FVE do výkonu 50 kW není podmínkou získání licence. V tomto případě lze příjem posoudit nikoli jako příjem ze samostatné činnosti, ale jako příjem ostatní, podle § 10 ZDP. Ostatní příjmy podle § 10 ZDP nepodléhají odvodu pojistného na sociální zabezpečení ani odvodu pojistného na veřejné zdravotní pojištění, a tudíž přehledy na pojistné se nepodávají.[18]

4.4 Typy cen energií [19]

Fixní cena se stanovuje smlouvou na dobu určitou, která se v průběhu smlouvy **nemůže změnit**. Smlouva je na dobu určitou, například 2–3 roky, během nichž dodavatel garantuje odběrateli neměnnou cenu, a to díky tomu, že daný objem energie nakoupí předem na tzv. futures trhu. Zde je třeba dávat pozor na cenu za kWh v době střednědobého tržního vývoje. V dnešní době se ceny ee stále pohybují těsně pod státem nastaveného stropu (5000 Kč/MWh bez DPH).

Pevná cena je pevně stanovená cena, která se v průběhu smlouvy **může změnit**, v tomto případě je však možné od smlouvy odstoupit. V tomto typu smlouvy je jasně stanovená cena a je každý den stejná. Smlouvy se podepisují na dobu určitou i neurčitou.

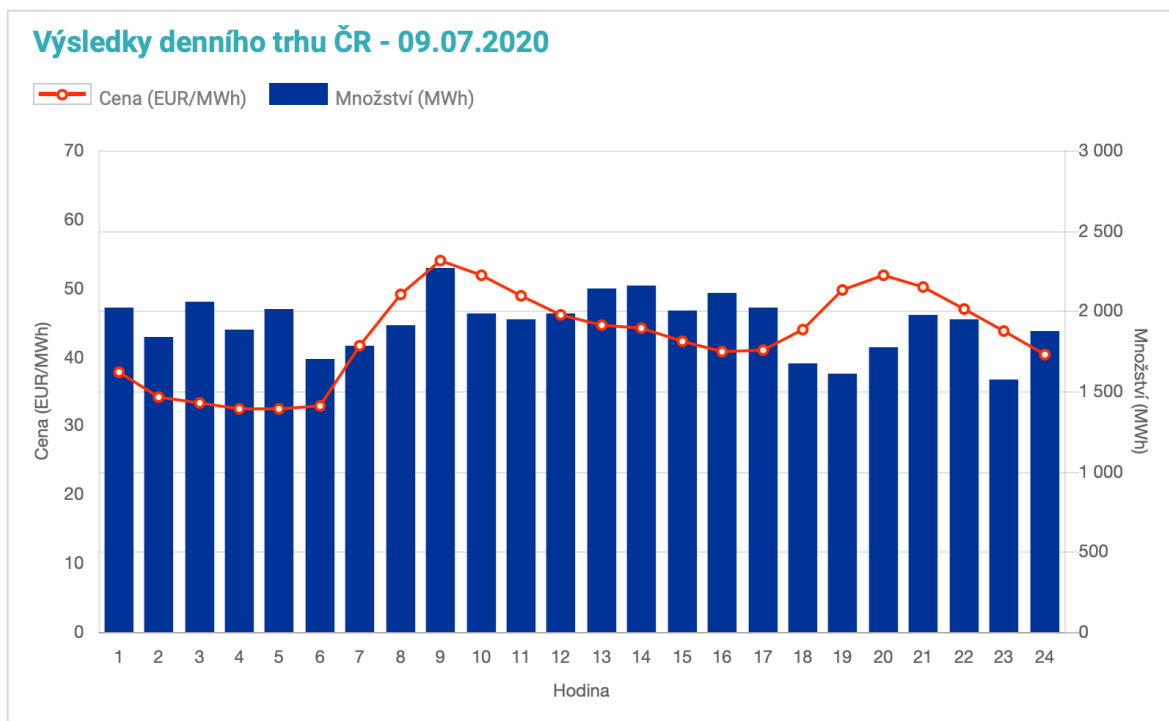
Spotová cena je plovoucí cena, hýbající se podle ceny na burze. U elektřiny se cena mění, v závislosti na denní hodině. Spotovou cenu můžou používat pouze podnikatelé,

či domácnosti s průběhovým elektroměrem. Měsíční průměr na spotovém trhu tuto částku naposledy přesáhl v prosinci 2022 a od začátku roku 2023 se pohybuje v intervalu od 2400 do 3200 korun za MWh.

4.5 Situace na trhu s elektrickou energií v ČR

Situace na trhu s ee je proměnlivá, tato proměnlivost zvyšuje rizikovost investice do FVE, nebo zvyšuje její výhodnost.

Zde můžeme vidět situaci na trhu s elektřinou z 9.7.2020:

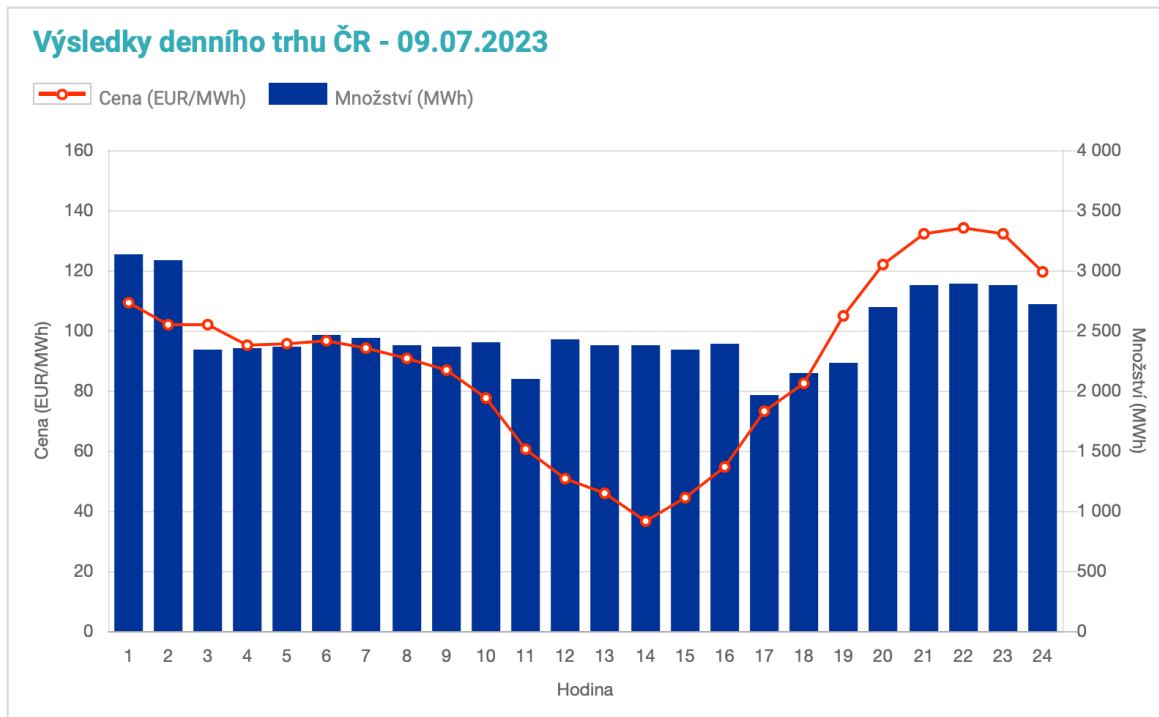


Obrázek 13 Výsledky denního trhu ČR z 9.7.2020 [20]

Jsou zde vidět dvě lokální cenová maxima a minima. Cena elektřiny byla jednoznačně nejnižší po půlnoci a v brzkých ranních hodinách a nejvyšší kolem deváté hodiny ráno, kdy

se začíná pracovat a poté okolo osmé hodiny večerní, kdy je většina obyvatel v domácnostech.³

Zde je však stav k 9. 7. 2023:



Obrázek 14 Výsledky denního trhu ČR z 9. 7. 2023 [21]

Z obrázku výše lze vidět, že cena je nejnižší právě v době, kdy FVE nejvíce vyrábí. Cena je pak nejvyšší od sedmé hodiny večerní do první hodiny ranní. Průměrná cena elektřiny je 89,33 EUR/MWh, před třemi lety to však byla částka 43,07 EUR/MWh, což je nárůst o 107 %. Není tedy divu, že si firmy i domácnosti začaly ve velkém pořizovat FVE. Zde se však bavíme o průměrné ceně, nikoliv o ceně, kdy FVE zrovna vyrábí.

³ Denní doba na trhu s energiemi se dle spotřeby dělí na „peak“, který je od 8:00 do 20:00 a na „off-peak“, který je od 0:00 do 8:00 a od 20:00 do 24:00.

4.6 Plánované legislativní změny

Při návrhu FVE je nutné sledovat trend trhu s elektrickou energií a pečlivě sledovat rychle se měnící legislativu.

Komunitní energetika

Novela energetického zákona LEX OZE II, schválená vládou 22. 6. 2023 zavádí sdílení elektřiny, jako poskytování elektřiny z jiného právního důvodu, než je prodej mezi obvyklými stranami. [31] Novela čeká na schválení sněmovnou a senátem.

„Účelem komunitní energetiky je podpora decentralizace a demokratizace (zvýšeného zapojení menších hráčů) energetiky, zvyšování zapojení obnovitelných zdrojů energie, zvyšování energetické účinnosti a opatření proti energetické chudobě, a to zejména na úrovni domácností a malých a středních podniků. Novela zákona zavádí pojem zranitelného zákazníka, který má být chráněn před negativními dopady energetických změn, zejména v souvislosti s komunitní energetikou.“ [32]

Vlastníci rodinných domů budou tvořit společenství, ve kterém si mezi sebou budou moci sdílet ee vyrobenou ze společných zdrojů bez nutnosti odprodeje distributorovi sítě, tudíž bez prostředníka. Stát v tomto směru již podnikl první krok v podobě podepsání novely energetického zákona. Novela dovoluje sdružovat se do energetických komunit a snížit své výdaje za elektrickou energii.

Mohly by se tak vytvářet projekty na fotovoltaické elektrárny pro celé vesnice či obce. Využily by se ty nejlépe natočené střechy či jiné plochy pro FV panely, a tím by se optimálně pokryla spotřeba elektrické energie celé obce.

Agrovoltaika

Zemědělský půdní fond (ZPF) tvoří 50 % plochy v ČR, z toho je 36 % orná půda a trvale travní porosty 13 % [33]. Pokud bychom zastavili pouze jedno procento těchto pozemků FV panely, pokryli bychom spotřebu elektrické energie pro celou ČR. Z tohoto důvodu je důležité zvažovat nové způsoby jeho využití.

Novela zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, kterou připravilo MŽP, zruší povinnost odebrání pozemku ze zemědělského půdního fondu při využití pozemku pro FVE.

Zemědělci tak nebudou muset volit, zda půdu využijí např. na pěstování plodin, nebo na výrobu elektřiny. Česko tak po vzoru západních států podpoří další rozšíření OZE a zvýší využitelnost zemědělských ploch. FVE lze umístit na půdu, která se nechává ležet ladem, nebo vytvořit symbiózu mezi FVE a chovatelstvím či pěstitelstvím. Rostliny díky vypařování vody ochlazují panely. Tento způsob symbiózy by bylo možné aplikovat i na stávající polních FVE. Pro agrovoltaiku lze využít rolovacích systémů, což jsou systémy umístěné na lanech, které se v různých denních hodinách vytahuje a zatahuje.

Agrovoltaika přináší zemědělcům řadu výhod. Nejenže ušetří za energie, což by se mohlo podepsat na cenách potravin, ale také mohou FV panely chránit samotnou plodinu. FV panely mohou poskytovat různé úrovně stínu, což se již nyní využívá pro pěstitelství malin. V horkých letních měsících navíc poskytnutý stín zamezuje sežehnutí rostlin. S postupující klimatickou změnou bude tato potřeba stále silnější. Fotovoltaické panely při vhodném nastavení dále fungují jako ochrana plodů a květů před prudkým deštěm, kroupami nebo před ptactvem. [34]

Go To Zóny [35]

Go To Zóny jsou oblasti, představené MŽP, kde stát umožní rychlejší výstavbu OZE. Jsou to prověřené oblasti s ohledem na biologii, stávající infrastrukturu, památkové a chráněné prostředí atp.

Zóny budou mít 3 barvy:

Zelená barva – akcelerační zóna

Žlutá barva – standardní zóna

Červená zóna – musí se provádět biologické hodnocení, které trvá přes rok

FVE na vodních plochách [33]

Jednou z možností umístění FVE je na vodní plochy. Ty jsou pro umístění FV panelů ideální z hlediska absence stínů a dodatečného chlazení panelů. Zároveň panely snižují odpařování. Pilotní plovoucí FVE je již umístěna na horní nádrži přečerpávací vodní elektrárny Štěchovice a jejím dodavatelem je skupina ČEZ. Jinak nevyužitá vodní plocha byla osazena FV panely a je nyní v průběhu testování.

FVE na vodních plochách aktuálně nejsou považovány za stavby, a tudíž se vyhýbají stavebnímu řízení.

Nový stavební zákon

Nový stavební zákon přináší do oblasti FVE změny, platný je již od 29. 7. 2021, účinnost však nabývá až od 1. 1. 2024. Změny týkající se FVE do 5 MW mají účinnost od 1. 7. 2024, změny pro FVE nad 5 MW již od 1. 1. 2024.

Nový stavební zákon zřizuje nový úřad DESÚ (dopravní a energetický úřad), který bude řešit FVE nad 5 MW.

Dále rozřazuje FVE na druhy staveb a sjednocuje rozhodovací procesy: [33]

- Územní a stavební řízení (a jejich varianty) nahrazuje jedno řízení o povolení stavby.
- Závazná stanoviska jednoho úřadu lze (horizontálně) sloučit do tzv. koordinovaného vyjádření.

Jednotné enviromentální stanovisko (JES)

„Jednotné enviromentální stanovisko od 1.4.2024 bude zjednodušovat stavebníkům „papírování“. Namísto několika samostatných razítek pro účely povolení stavby do jediného razítka, a to včetně případného stanoviska EIA (Enviromental Impact Assessment).“ [36]

“Nově tak žadatel o stavební povolení stačí podat jedinou žádost na stavební úřad, který zajistí potřebné podklady od dotčených správních orgánů, včetně JES, sám. Jednotné enviromentální stanovisko v sobě zahrne správní akty obsažené v devíti různých zákonech z oblasti ochrany životního prostředí.” [36]

Pro JES bude potřeba dokumentace o provedení stavby – tudíž ta nejpřesnější. Tu je nutno v případě změn ve skutečném provedení upravit. [33 – Pavel Doucha, Doucha Šíkola a Advokáti].

5 Dotační programy

Aktuální programy, výzvy a podmínky pro získání lze zjistit například z webových stránek MPO, MŽP nebo NRB. O dotace lze v některých případech čerpat i zpětně. Aktuálním programem pro výstavbu je například OPTAK, u které se však musí výstavba FVE kombinovat s dalšími energetickými úsporami, například zateplením.

5.1 Programy s aktuálními výzvami týkající se FVE do 50 kW pro MSP

Každá dotace uvádí požadavek na velikost podniku, který ji může čerpat, popřípadě klade požadavek na právnickou či fyzickou osobu.

5.1.1 Program Nová zelená úsporám (NZÚ)

Ačkoli je tato dotace určená pro rodinné domy, můžou je využít i právnické osoby (podniky), kteří jsou jejími vlastníky a stavebníci rodinných domů. Dotace je vázaná na budovu, lze o ni požádat kdykoliv a obvykle se vyplácí 2 měsíce po dokončení díla.

Výzva NZÚ Rodinné domy – zdroje energie [22]

Kdo může žádat:

Žádat mohou fyzické i právnické osoby, vlastníci i stavebníci rodinných domů.

Klíčová specifika pro splnění podmínek pro získání dotace:

- Rodinný dům je stavba zapsaná v katastru nemovitostí jako rodinný dům, objekt k bydlení, nebo zemědělská usedlost. Je určená pro trvalé bydlení a víc než 50 % její podlahové plochy jsou prostory, kde se má trvale bydlet.
- V objektu, na který se má fotovoltaika instalovat, nesmí být více než 3 bytové jednotky a objekt nesmí mít více než 2 nadzemní podlaží a 1 podzemní podlaží.
- V objektu mohou být komerční prostory, pokud je zachována podmínka, že se více než 50 % podlahové plochy využívá k celoročnímu bydlení.
- Doba udržitelnosti je stanovená na 10 let, po tuto dobu tedy musíme mít všechny součásti FVE, na které byla poskytnuta dotace v provozu.

Výše podpory, kterou lze získat:

- Lze získat až 50 % celkových nákladů, a to do výše 200 000 Kč.
- Základní instalace o výkonu 2 kWp se standardním měničem – 40 000 Kč.
- Základní instalace o výkonu 2 kWp s hybridním měničem – 60 000 Kč.
- Základní instalace o výkonu 2 kWp s efektivním využitím tepelného čerpadla – 100 000 Kč.
- Za každý další 1 kWp instalovaného výkonu – 10 000 Kč.
- Za 1 kWh el. akumulčního systému – 10 000 Kč.

Kdy končí:

Žádosti se přijímají do 30. 6. 2025 nebo do vyčerpání alokovaných finančních prostředků.

MSP, které jsou vlastníky, či stavebníky bytových domů mají právo také využít dotací **NZÚ Bytové domy – zdroje energie**. Žádosti se přijímají do 30. 6. 2025 nebo do vyčerpání alokovaných finančních prostředků. [23]

5.1.2 Program EFEKT

Program EFEKT podporuje dosahování energetických úspor a snižování energetické náročnosti napříč soukromým a veřejným sektorem, stejně tak jako v domácnostech. Konkrétně cílí na podporu předprojektové přípravy, poradenské činnosti v podobě energetických konzultačních a informačních středisek, vzdělávání a energetického managementu a energetických koncepcí. [24]

Výzva EFEKT4/2023 [25]

Kdo může žádat:

Nadační fond, nadace, ústav, spolek, veřejná obchodní společnost, družstvo, společnost s ručením omezeným, akciová společnost, neziskové ústavní zdravotnické zařízení, vysoká škola, školská právnická osoba, svazek obcí, státní podnik, příspěvková organizace, organizační složka státu, kraj, městská část, Hlavní město Praha, obec.

Klíčová specifika pro splnění podmínek pro získání dotace:

- Příjemce zodpovídá za informování veřejnosti o tom, že projekt byl realizován za finanční spoluúčasti Státního programu na podporu úspor energie EFEKT III – neinvestiční na období let 2022–2027.
- Příjemce dotace odpovídá za skutečnost, že veškeré výstupní materiály vzniklé v rámci této dotace musí být opatřeny logem programu EFEKT.

Výše podpory, kterou lze získat:

Všichni žadatelé mohou získat zpět 80 % způsobilých nákladů, maximálně však do výše 400 000 Kč.

Kdy končí:

Ukončení přijímání žádostí je do 30. 9. 2023 (prodloužený termín) nebo do vyčerpání alokace.

5.1.3 Program OPTAK [26]

Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OPTAK) cílí na podporu opatření přispívajících ke snížení energetické náročnosti podnikatelského sektoru. V konkrétní rovině se jedná o obnovu výrobní technologie v podobě výměny energeticky neefektivních strojů, osvětlení budov a jejich zateplení, modernizace a rekonstrukce rozvodů, instalaci zařízení na využívání obnovitelných zdrojů energií nebo například o zavedení a modernizaci systémů měření.

Výzva I. OP TAK

Kdo může žádat:

Žadatelem může být malý, střední i velký podnik. V oblasti železniční dopravy může být žadatel i subjekt až ze 100 % vlastněný veřejným sektorem, a státní organizace (Správa železnic, státní organizace).

Klíčová specifika pro splnění podmínek pro získání dotace:

- Projekt nebyl zahájen před datem registrace žádosti o podporu.
- Projekt musí splnit specifické podmínky Výzvy, ke kterým se bude vyjadřovat energetický specialista.
- V rámci výzvy nejsou podporovány modernizace stávajících zařízení na výrobu energie pro distribuci vedoucí ke zvýšení její účinnosti, dále modernizace stávajících zařízení na výrobu energie pro vlastní spotřebu vedoucí ke zvýšení její účinnosti mimo zdrojů na OZE. Nejsou podporována zařízení v EU ETS apod.
- Nejsou podporována opatření ke splnění legislativních požadavků včetně požadavků na BAT apod., resp. pouze náklady nad rámec těchto požadavků.

Výše podpory, kterou lze získat:

Výše podpory je od 0,5 mil. do 200 mil. Kč na způsobilé výdaje.

Procento výše podpory se liší dle velikosti podniku:

Tabulka 4 Výše podpory OPTAK. [26]

Malý podnik	Střední podnik	Velký podnik
55 %	45 %	35 %

pro Karlovarský, Ústecký, Liberecký, Královohradecký, Pardubický, Olomoucký, Zlínský a Moravskoslezský kraj je dotace o 10% vyšší.

Kdy končí:

Ukončení přijímání žádostí je 30. 11. 2023 nebo do vyčerpání alokace.

5.1.4 Program Úspory energie (OPPIK) [27]

Tento program je určený pro firmy, které uvažují o projektech vedoucích k úspoře energií. Zvýhodněné úvěry v programu Úspory energie napomáhají podnikatelům financovat projekty, jejichž cílem je právě úspora energie. Projekty mohou být realizovány kdekoli na území ČR kromě hlavního města Prahy a musí být spolufinancovány komerčním úvěrem smluvního partnera NRB. Jedná se o podporu de minimis.

Kdo může žádat:

Podnikatelé bez rozdílu velikosti se sídlem po celé ČR vyjma hl. města Prahy.

Klíčová specifika pro splnění podmínek pro získání dotace:

Opatření vedoucí k úspoře konečné spotřeby energie musí být v rámci provádění ekonomické činnosti uvedené v seznamu CZ-NACE v příloze č. 1.

Režim podpory je podpora de minimis nebo čl. 38 obecné nařízení o blokových výjimkách (GBER).

Zvýhodněný úvěr se poskytuje za těchto podmínek:

- výše úvěru: minimálně 500 tis. Kč, maximálně 60 mil. Kč,
- doba splatnosti úvěru: až 10 let od data uzavření smlouvy o úvěru,
- úvěr je bezúročný,
- doba odkladu splátek jistiny: maximálně 4 roky,
- zajištění úvěru: dle dohody mezi příjemcem podpory a NRB,
- Zvýhodněný úvěr lze poskytnout maximálně na 70/90 % způsobilých výdajů projektu.

Výše podpory, kterou lze získat:

Podpora je poskytována ve formě zvýhodněného úvěru, subvence úrokové sazby bankovního úvěru, a finančního příspěvku na pořízení energetického posudku.

Na jeden projekt může být poskytnut pouze jeden zvýhodněný úvěr, jedna Subvence úrokové sazby a jeden finanční příspěvek.

Tabulka 5 Výše podpory OPPIK. [27]

Region NUTS II	Malý podnik	Střední podnik	Velký podnik
Střední Morava, Severozápad, Moravskoslezsko, Severovýchod,	55 %	45 %	35 %
Jihovýchod, Jihozápad, Střední Čechy	45 %	35 %	25 %

Subvence úrokové sazby je poskytována z části bankovního úvěru vyčerpaného na způsobilé výdaje projektu spolu se zvýhodněným úvěrem ve formě finančního příspěvku. Bankovní úvěr musí být účelově určen výhradně k úhradě nákladů projektu podpořeného zvýhodněným

úvěrem. Celková výše vyplacené subvence nesmí přesáhnout 15 % podpořeného bankovního úvěru vyčerpaného na způsobilé výdaje projektu a zároveň částku 4 000 000 Kč.

Maximální výše finančního příspěvku je 80 % způsobilých výdajů, ne však více než 250 tis. Kč. Finanční příspěvek se poskytuje příjemci podpory ve formě grantu na technickou podporu projektu.

Kdy končí:

Ukončení příjmu žádostí je 30. 9. 2023, nebo do vyčerpání alokované částky.

5.1.5 Program ENERG

Program ENERG poskytuje zvýhodněný podnikatelský úvěr pro podniky v oblastech zpracovatelského průmyslu a stavebnictví, malo a velkoobchodu, dopravy a skladování, cestovního ruchu a stravování a v neposlední řadě zemědělství a energetiky, a to na území Prahy. Čerpat jej lze na zateplení budov, výměnu systémů vytápění a klimatizace, osvětlení nebo například na instalaci výroby energie z obnovitelných zdrojů. Program je financován z národních zdrojů a doplňuje program Úspory energie. [24]

Kdo může žádat [29]:

Všichni podnikatelé, bez rozdílu velikosti, ale pouze na projekty realizované na území hlavního města Prahy.

Klíčová specifika pro splnění podmínek pro získání dotace [29]:

Projekt musí být realizovaný na území hlavního města Prahy

- výše zvýhodněného úvěru až 70 % z předpokládaných způsobilých výdajů, projektu v případě způsobilých výdajů projektu nad 3 mil. Kč,
- výše zvýhodněného úvěru až 90 % z předpokládaných způsobilých výdajů projektu, v případě způsobilých výdajů projektu do 3 mil. Kč (platí pouze rámci de minimis),
- nominální výše úvěru – minimálně 0,5 mil. Kč, maximálně 60 mil. Kč,
- doba splatnosti úvěru: až 10 let od data uzavření smlouvy o úvěru,
- doba odkladu splátek jistiny: maximálně 4 roky.

Výše podpory, kterou lze získat [29]:

Podpora je poskytována ve formě zvýhodněného úvěru s finančním příspěvkem za dosažení výsledků realizace projektu a finančního příspěvku na vyhodnocení dosažených úspor energie a technickou dokumentaci.

Tabulka 6 Výše podpory ENER.G. [29]

Region NUTS II	Malý podnik	Střední podnik	Velký podnik
Praha	50 %	40 %	30 %

Zvýhodněný úvěr je poskytován jako veřejná podpora dle Blokové výjimky nebo jako podpora de minimis v souladu s výzvou platnou ke dni podání žádosti.

Finanční příspěvek je poskytován na vyhodnocení dosažitelných úspor energie projektu, případně i na pořízení technické dokumentace.

Kdy končí:

Do vyčerpání alokace 90 000 000 Kč.

5.1.6 Program ELENA [30]

Cílem programu ELENA (European Local ENergy Assistance) je usnadnit realizaci energeticky úsporných opatření. Je zaměřen na renovace stávajících nemovitostí a cílené investice do stavebních a technologických opatření. NRB prostřednictvím něho podnikatelům nabízí pomoc při přípravě energeticky úsporných projektů za zlomek nákladů. Program ELENA nabízí pomoc při zpracování energeticky úsporného projektu a získání energetického posudku.

Kdo může žádat:

Všichni podnikatelé, kteří plánují investovat do energeticky úsporného projektu, jenž je spojený buď s obálkou budovy (zateplení, výměna oken/dveří, zastínění apod.), nebo s jejím užíváním (vytápění, příprava teplé vody, ventilace, chlazení, osvětlení, energetický management, OZE, automatizace a řízení budov).

Výše podpory, kterou lze získat:

- Bezplatné předběžné posouzení záměru z hlediska úspor energie.
- Zajištění energetického posudku.
- Bezplatná kompletace žádosti o bezúročné financování z programu Úspory energie, resp. Energ.
- 90 % úsporu finančních prostředků spojených s přípravou projektu a méně administrativy.

Kdy končí:

Program nemá uvedený datum ukončení, ani alokovanou částku.

5.1.7 Další dotační programy

Dalšími dotačními programy podporující FVE, avšak netýkající se FVE do 50 kW pro MSP, jsou Nové obnovitelné zdroje v energetice – RES+ a Modernizační fond.

Dotačními programy podporující FVE do 50 kW, týkající se MSP, avšak nemající aktuální výzvy, je například Národní plán obnovy (NPO) a Operační program životního prostředí (OPŽP).

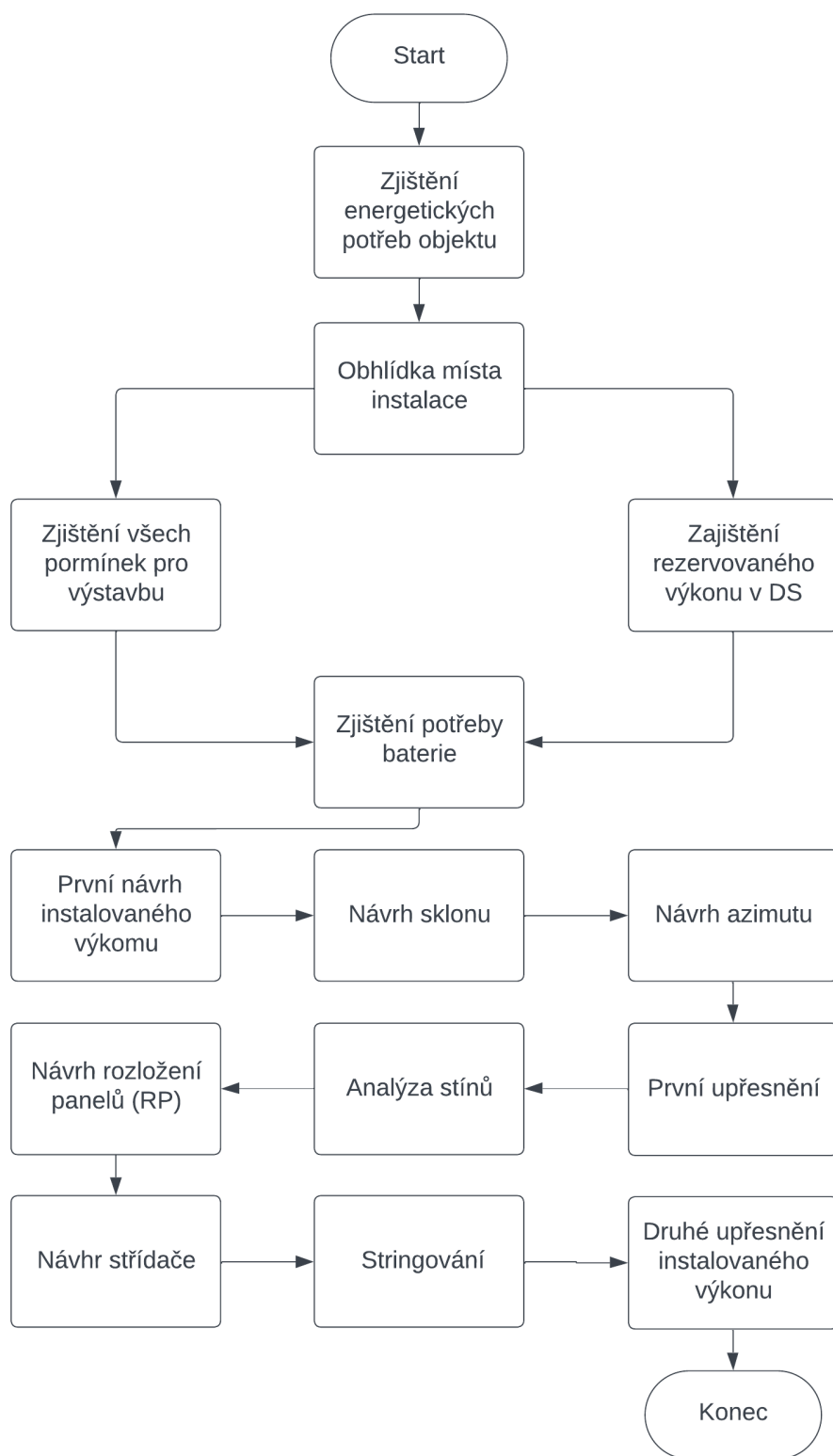
6 Obecný proces přípravy projektu realizace FVE do instalovaného výkonu 50 kWp pro MSP

Tato kapitola se zabývá návrhem FVE, tedy částí, kterou projednává obchodní zástupce (OZ) dodavatelské firmy, společně s objednatelem a poté projektantem. Pro návrh FVE mohou firmy využít nezávislého specialisty, nebo získat více návrhů od vybraných firem.

FVE se v praxi navrhují více způsoby:

1. Způsob – maximální využití plochy pro FV panely.
2. Způsob – dimenzování na určitou pořizovací částku.
3. Způsob – dimenzování na získání maximální výše dotace.
4. Způsob – dimenzování podle inst. výkonu – např. do 50 kWp.
5. Způsob – dimenzování dle průřezu vedení od HDR k RE.
6. Způsob – dimenzování dle spotřeby elektrické energie v objektu(ech).
7. Způsob – dimenzování na maximální zisk do doby skončení životnosti FVE, např. 30 let pro panely, 10 let na střídač či baterii nebo 20 let dle doby odpisování.

Většina způsobů je pro návrh velmi limitující. Abychom v této části probrali veškerou problematiku, zvolíme si vymyšlený objekt s určitou spotřebou, avšak s nelimitující velikostí ploché střechy a disponující stíny. Výše investice bude nelimitující, dotací se nebude zaobíráno. Navrhovat budeme 7. způsobem a dimenzovat FVE na maximální ČSH do doby 30 let, kdy je předpokládaná doba skončení životnosti panelů, které tvoří většinu ceny FVE.



Obrázek 15 Obecný procesní diagram návrhu FVE do inst. výkonu 50 kWp

6.1 Zjištění energetických potřeb objektu, potřeb zákazníka

Pro zjištění energetických spotřeb je nejvhodnější zpracování energetické studie, ta je však časově i finančně náročná a v případě FVE do 50 kW se nemusí vyplatit. Proto tuto možnost většina objednatelů FVE nevyužije.

Předpokladem přesného návrhu FVE na míru je dostupnost hodinové spotřeby ee konkrétního podniku. Z tohoto zdroje se zjistí spotřeba ee rozložená v dnu i v průběhu roku. Těmito daty však většina objednatelů nedisponuje a nezbývá nám tedy nic jiného, než pracovat s dostupnými daty a k přesnému návrhu FVE se alespoň přiblížit.

Většinou má navrhovatel k dispozici pouze vyúčtování za ee a hrubou představu o tom, kdy se elektřina v objektu spotřebovává. Je v zájmu dodavatelské firmy, a hlavně zákazníka je tuto spotřebu rozloženou v čase zjistit. Už v prvním kroku návrhu FVE do něj zanášíme nepřesnost.

Neméně důležitým krokem je zjištění individuálních potřeb zákazníka. Ten může požadovat například funkční backup, schopný pokrýt spotřebu objektu po určitý čas. Dále může mít požadavek například na vzhled instalace.

6.2 Obhlídka místa instalace

Po, nebo zároveň se zjištěním energetických potřeb objektu přistupujeme k obhlídce místa instalace. Na tento krok je potřeba elektrikář, pro zjištění průřezu vodičů od HDR k RE.

Umístění FV panelů

Objednatel většinou disponuje jak budovou, tak sousedním pozemkem. Z hlediska účinnosti (např. zastínění) a získání dotace je potřeba rozhodnout, kam FV panely umístíme. Panely můžeme většinou umístit na střechu, fasádu, plot či volný pozemek.

Na místě se provádí obhlídka střechy, při které je nutné zjistit:

Rozměry, výška a sklon

Rozměry střechy je nutné znát pro zjištění její kapacity na umístění FV panelů. Výška se zjišťuje kvůli povětrnostním podmínkám, které je nutné znát pro výpočet zatížení konstrukce. Sklon je nutné znát ze stejného důvodu a pro indikativní výpočet výroby ee z FVE.

Rozměry a umístění objektů na střeše

Rozměry objektů (překážek) a jejich umístění na střeše je nutné znát z důvodu jejich možného stínění na FV panely. Dále může být nezbytné mít k těmto objektům přístup, nesmíme je tedy obestavět FV panely.

Přítomnost hromosvodu

Hromosvod je v oblasti fotovoltaiky ožehavé téma. Obecně téma hromosvodů může být matoucí, jelikož jsou v ČR hromosvody revidovány dle dvou norem. Jedna je nová evropská norma ČSN EN 62 305 a starší, ČSN 34 1390 podle které se však stále můžou revidovat staré hromosvody. Komplikací pro návrh FVE je nutnost dodržení minimální vzdálenost „s“ od jakékoli části hromosvodu. Dostatečnou vzdálenost lze spočítat dle normy EN 62305-3. Pokud tuto vzdálenost dodržet nelze, je nutno vodivě spojit hromosvod a FV panely.

Hromosvod se musí stejně jako FVE pravidelně revidovat. Jakákoliv úprava v hromosvodu se musí uvést v jeho technické dokumentaci a provést znovu výpočty.

Konstrukce střechy

Konstrukci střechy je nutné zkontrolovat, abychom si byli jisti, že je staticky v pořádku. Sedlové střechy, pokud nejsou ve špatném stavu, je zpravidla možné v plné ploše osadit panely. Velké ploché střechy a střechy s mírným sklonem jsou na tom z hlediska osazení FV panely hůře. Pro tyto střechy se doporučuje vypracovat statický posudek, či alespoň spočítat zatížení panelů.

Povrch střechy

Povrch střechy je nutné znát z důvodu způsobu kotvení a umístění FV panelů. Na každý typ povrchu se používají jiné uchycovací prostředky s lišícími se cenami.

Orientace střechy

Z pohledu maximální výroby za celý rok se doporučuje orientovat panely na skutečný jih (pozor, ten se liší od magnetického jihu). Při instalacích FV panelů na ploché střechy je tedy můžeme orientovat na skutečný jih anebo je sladit se stávající orientací budovy, pokud je na ní nedostatek místa.

Stejně důležitá je obhlídka vnitřku objektu, při které se zjišťuje:

Umístění technologie

Střídače, baterie a rozváděče mají specifické požadavky na provozní podmínky, které se v závislosti na výrobci mírně liší. Hlavní požadavky bývají na teplotu, vlhkost a ochranu před UV zářením.

Střídač je nutné umístit do místností, v které nepřekročí svoji maximální provozní teplotu, jinak se vypíná. Střídač je zároveň vhodné umístit co nejbližší k FV panelům, kvůli ztrátám v DC vedení, které je na ně náchylnější než AC vedení.

Bateriím škodí jak vysoká, tak nízká teplota, obecně od 10° do 25° Celsia. Pokud je teplota vyšší, krátí se jim životnost, pokud nižší, snižuje se jim proud. Baterie by měla být umístěna co nejbližší ke střídači, znovu kvůli vysokým ztrátám v DC vedení.

Pro rozváděče se provádí výpočet oteplení, který se počítá za daných okolních teplot, které se nesmí překročit.

Technologie lze umístit do vnějšího prostředí, prostředí však pro to musí být vhodné, doporučuje se vždy alespoň pod přístřešek.

Při obhlídce je už většinou jasné, kudy povedou kabely a kam přijde umístit technologie, proto zde uvádím základní pravidla:

Průřezy kabelů se musí dostatečně dimenzovat dle zatížení a délky. Měděné kabely typu CYKY se nesmějí podkládat za teplot nižších než -5 °C. Kabely typu H1Z2Z2 se nesmějí podkládat za teplot nižších než -25 °C.

Pro vedení kabelů musí být zřízené prostupy ve zdech a ve střeše. Pokud se kabely nebudou ukládat do zdi, je potřeba zřídit kabelové lišty, žlaby či jiné. Je vhodné prostudovat si stavební dokumentaci objektu, nebo si trasu zkontrolovat detektorem elektrického a magnetického pole, aby se při zřizování průchodů nenarazilo na vodovodní potrubí či kabely.

Průřez vodičů od HDR k RE

Průřez vodičů musí být dimenzovaný na maximální proud tekoucí do (spotřeba) nebo z (výroba) budovy. Pro měření pod napětím je nutné využít služby elektrikáře. Zároveň s tímto krokem se zároveň zjistí přítomnost vodiče pro hromadné dálkové ovládání (HDO), kterým distributor dálkové může FVE odpojit od DS. To může udělat například při servisu okolního vedení, či v případě, že bude v DS větší výroba ee než její celková spotřeba.

Stav hlavního domovního rozváděče HDR

V HDR je dobré, aby bylo místo pro umístění měřících cívek smart-meteru, wattrouteru a obdobných zařízení.

Dále je nutná obhlídka vnějšího prostředí objektu, při které zjišťujeme:

Stav elektroměrového rozváděče (RE)

Stav RE z pohledu FVE může prověřit i neodborná osoba, jelikož není nutných žádných zásahů. Pro první paralelní připojení (PPP) FVE je nutné výměna elektroměru za průtokový a zároveň je nutné splňovat aktuální požadavky daného distributora. Zároveň je v tomto kroku dobré zjistit hodnotu a charakteristiku hlavního jističe.

Objekty v okolí, které by mohly způsobovat stín

Střechu objektu velmi často mohou stínit okolní objekty, jako jsou například stromy nebo paneláky. Je zároveň potřeba počítat s růstem zatím nestínících stromů, či možnou novou výstavbu výškových budov.

6.3 Zjištění všech podmínek pro výstavbu FVE

Než začneme s přesnějším návrhem FVE, je nutné zjistit si podmínky všech orgánů, kterých se výstavba FVE a připojení k DS týká. Stavbu FVE do 50 kWp není nutné oznamovat stavebnímu úřadu, avšak je nutné zajistit stanoviska, která se na FVE vztahují. Při nedodržení tohoto kroku hrozí pokuta. Některá tato stanoviska byla zároveň zmíněna v kapitole 4.

Požárně bezpečnostní řešení (PBR)

Pokud již stavba PBR má, zhotovuje se k němu po instalaci FVE dodatek. Vypracování PBR není nutné, pokud jsou splněny všechny podmínky požární bezpečnosti podle prováděcího právního předpisu (z vyhlášky od MPO). Toto může ověřit požárník obhlídkou instalace.

Národní památkový ústav (NPÚ)

NPÚ povoluje či zakazuje výstavbu FVE v chráněných územích a na kulturních památkách. Pokud objekt do těchto kritérií spadá, musíme zažádat o jejich vyjádření. Vyjádření ohledně povolení stavby FVE by mělo být metodické, můžeme tedy do jisté míry předpokládat, že pokud vedlejší objekt v dané lokalitě FVE má, náš objekt ho získá také. Vyjádření od NPÚ podléhá výstavba FVE o jakémkoliv inst. výkonu.

Statický posudek střechy (SP)

SP pro FVE do 50 kW není z legislativního hlediska nutný, avšak doporučuje se. Pokud stavba nezasahuje do nosných konstrukcí budovy, není SP státními orgány vyžadovaný. Podkladem pro vypracování SP je návrh rozložení panelů a obhlídka místa instalace statikem. FV panely umístěné na střeše ji zatěžují svou hmotností, zároveň panely nadzvedává vítr. Pro sedlové střechy toto obecně není problém, pro ploché střechy, či střechy s mírným sklonem by se již statikou zabývat mělo. Jestli se bude statika řešit je tedy na dohodě mezi zákazníkem a dodavatelem FVE.

Enviromentální stanoviska (ES)

Je nutné získat enviromentální stanovisko, pokud je místo instalace v chráněném území, například v CHKO či v letecké zóně. Toto platí pro výstavbu FVE o jakémkoliv inst. výkonu.

6.4 Zajištění rezervovaného výkonu v distribuční soustavě (DS)

Případné přetoky (přebytky nevyužité elektrické energie) do DS musí být povolené distributorem. Proto je vhodné, ještě před podpisem SOD zjistit si možnost přetoků do DS. Pro tento účel se podává žádost o připojení, v případě kladného stanoviska distributor vydává smlouvu o připojení (SOP), v případě záporného vydává distributor smlouvu o smlouvě budoucí nebo žádost zamítá.

Distributor E.GD nabízí veřejně přístupnou mapu připojitelnosti, ta ale pouze uvádí, kde již nelze připojit FVE s přetoky. Neuvádí tedy, jak velké přetoky povolí, ani jaká je využitá kapacita elektrického vedení.

Distributor ČEZ nabízí také mapu připojitelnosti. Mapa ukazuje, že na celém území ČEZ je možné připojit FVE s přetoky, což ale ČEZ zajišťuje v případě nedostatečné kapacity v DS smlouvou o smlouvě budoucí.⁴ Ve smlouvě o smlouvě budoucí se ČEZ zavazuje, že FVE do určité doby FVE K DS připojí. Do plnění smlouvy však může zasáhnout například Krajská správa a údržba silnic (KSÚS), která může mít záruku na neporušený povrch do určitého data, tudíž nelze instalovat dodatečnou kapacitu vedení.

Distributor PRE mapu připojitelnosti nenabízí.

Druhy připojení:

Připojení s přetoky

Připojení s přetoky nastává po PPP, které povoluje distributor. Pro výstavbu FVE je toto ideální připojení.

Zjednodušené připojení

Zjednodušené připojení nastává, kdy je objekt s FVE připojen k DS bez povolených přetoků. O toto připojení lze požádat, dokud nebude volná kapacita v DS. Avšak ani tento typ připojení nemusí být v krajních případech povolen. Při samotné instalaci FVE se přetoky do určitého množství tolerují. dále se tolerují malá množství dodaná do DS způsobená konečnou rychlostí regulace přetoků ve střídači.

Zamítnuté připojení

Nastává v případě, kdy provozovatel PDS úplně zamítne jakékoliv připojení.

Za **nepovolené přetoky** se platí poplatky za stanovených podmínek daného distributora.

⁴ Smlouva o smlouvě budoucí je obecná smlouva, ve které se její strany předběžně dohodnou na uzavření budoucí smlouvy o konkrétním závazku.

6.5 Zjištění výhodnosti a vhodné kapacity baterie

Spotřeba i výroba ee v průběhu dne kolísá. Pro vykrytí dočasných nedostatků a uložení přebytků pro pozdější využití se využívá právě baterie. Využití baterie je nutné pro funkci backupu. Pokud objednatel nepožaduje backup, je nutné zjistit ekonomickou výhodnost baterie pro její případné použití.

Pro zjištění výhodnosti baterie je nutné znát následující údaje:

- Cena elektřiny ze sítě
 - Lze zjistit z ročního vyúčtování, či nabízených produktů dodavateli energií. Případně je nutné počítat s cenou nočního proudu.
- Cena prodeje elektřiny do sítě⁵
 - Lze zjistit od dodavatelů energií.
- Cena elektřiny z baterie
 - Potřebujeme zjistit cenu baterie a její životnost.

Ideální kapacita baterie závisí na maximalizaci jejího zisku v dané FVE, který spočteme odečtením nákladů od výnosů.

6.5.1 Výnosy baterie

Využitá kapacita se odvíjí od maximální kapacity baterie, kterou zároveň volíme dle prodávaných možností. Využitou kapacitu lze získat pomocí série matematických úkonů uvedených v příloze č.2 „Výpočetní Excelová tabulka 1“.

$$Výnosy_{Baterie} = Využitá\ kapacita * Cena\ nákupu\ ee\ [Kč]$$

⁵ Není nutné prodávat stejnému dodavateli, od kterého nakupujeme.

Tabulka 7 Příklad chování baterie v průběhu dne 1.1.2022 Zdroj: Autor

Čas	Výroba [Wh]	Spotřeba [Wh]	Aktuální kapacita baterie [Wh]	Výnosy / náklady baterie [Kč]
20200101:0010	0	840	5000	0,0
20200101:0110	0	840	5000	0,0
20200101:0210	0	840	5000	0,0
20200101:0310	0	840	5000	0,0
20200101:0410	0	840	5000	0,0
20200101:0510	0	840	5000	0,0
20200101:0610	0	1680	5000	0,0
20200101:0710	0	4200	5000	0,0
20200101:0810	5043	5880	5000	0,0
20200101:0910	11520	6720	9800	-2,4
20200101:1010	16565	8400	17965	-4,1
20200101:1110	16366,5	8400	25931,5	-4,0
20200101:1210	14435	8400	31966,5	-3,0
20200101:1310	10330,5	8400	33897	-1,0
20200101:1410	3233,5	8400	28730,5	40,9
20200101:1510	0	7560	21170,5	59,8
20200101:1610	0	6720	14450,5	53,2
20200101:1710	0	7560	6890,5	59,8
20200101:1810	0	8400	5000	15,0
20200101:1910	0	8400	5000	0,0
20200101:2010	0	7560	5000	0,0
20200101:2110	0	5040	5000	0,0
20200101:2210	0	2520	5000	0,0
20200101:2310	0	1680	5000	0,0

Z tabulky lze vidět, že při ukládání kapacity baterie vykazuje náklad, jelikož FVE bez baterie by tyto přetoky prodala do DS. Při spotřebování kapacity vykazuje baterie výnos, jelikož by se tato elektřina musela koupit z DS. ⁶

⁶ Parametry FVE: Inst. výkon = 50 kWp, Kap. Baterie = 50 kWh, DoD = 0.9, Azimut = 0°, Sklon = 9°.

6.5.2 Náklady baterie

$$Náklady_{Baterie} = Náklady\ ušlého\ zisku [Kč]$$

Náklady ušlého zisku

Ušlý zisk je způsobem ztrátou výnosu, ke kterému by došlo při provozu FVE bez baterie. Do nákladů není zahrnuta údržba ani servis, po deseti letech předpokládáme její výměnu.

$$Ušlý\ výnos_{Baterie} = Využitá\ kapacita\ baterie * Cena\ prodeje\ ee [Kč]$$

Pokud chceme porovnat cenu jedné kilowatthodiny ee z baterie s cenou jedné kilowatthodiny ee z DS, musíme výpočet doplnit právě o cenu snížení životnosti baterie.

Náklady na snížení životnosti baterie

Přes kalendářní životnost:

$$Náklad\ snížení\ životnosti\ bat. = \frac{Investice\ do\ baterie}{Životnost\ [dny] * kWh\ z\ baterie\ za\ den} \left[\frac{Kč}{kWh} \right]$$

Přes zjednodušenou cyklickou životnost:

$$Náklad\ snížení\ životnosti\ baterie = \frac{Investice\ do\ baterie}{Životnost\ [cykly] * Kapacita\ baterie} \left[\frac{Kč}{kWh} \right]$$

Náklady snížení životnosti baterie je závislá na její životnosti a kapacitě.

Životnost baterie

Životnost baterie typu LiFePo4, běžně používané pro FVE je v rozmezí 6000 až 8000 cyklů. Baterie s pokrytím denní spotřeby 50 % obvykle udělá jeden cyklus (cyklus = vybití a nabití baterie).

Dále může výrobce životnost baterie garantovat kalendářně. Na baterii LiFePo4 bývá garance 10 let. Je to doba, po kterou dokáže baterie pracovat s předepsanými parametry s kterou budeme počítat jako dobou životnosti baterie.

Také můžeme vidět kombinovanou životnost, kde výrobce udává životnost na X cyklů nebo na Y let.

Na životnost baterie má vliv:

- Teplota, při které je baterie používána a skladována
- Rychlost nabíjení a vybíjení
- DoD a čas, který baterie strávila na jeho limitu

Kapacita baterie

Kapacita baterie je odvíjí dle minimální kapacita baterie pro backup.

$$\text{Minimální kapacita baterie pro backup} = \frac{\text{spotřeba backupu}}{\text{DoD} * \eta_s} [\text{kWh}]$$

, kde DoD = povolená hloubka vybití, η_s = účinnost systému⁷

Dále se kapacita odvíjí na základě maximalizace zisku FVE, v které je baterie použita. Baterie musí mít takovou kapacitu, aby nebyla zbytečně naddimenzovaná, jelikož by se přebytečná kapacita nevyužila. Zároveň nesmí být poddimenzovaná, aby přebytky, které by se daly později zužítkovat nešly do DS jako přetoky.

Dále se kapacita baterie odvíjí od požadavků jejího navrhovatele a to např. na době návratnosti nebo na maximální ČSH po skončení životnosti FVE. Pro tento případ nastává dimenzování baterie pomocí jejich výpočtů. Výsledek ČSH a dalších ekonomických se mění na základě zvolené kapacity a způsobu fungování výpočetního programu. Pro vytvoření výpočetního programu, požitého v praktické části byl využit MS Excel a jeho funkce.

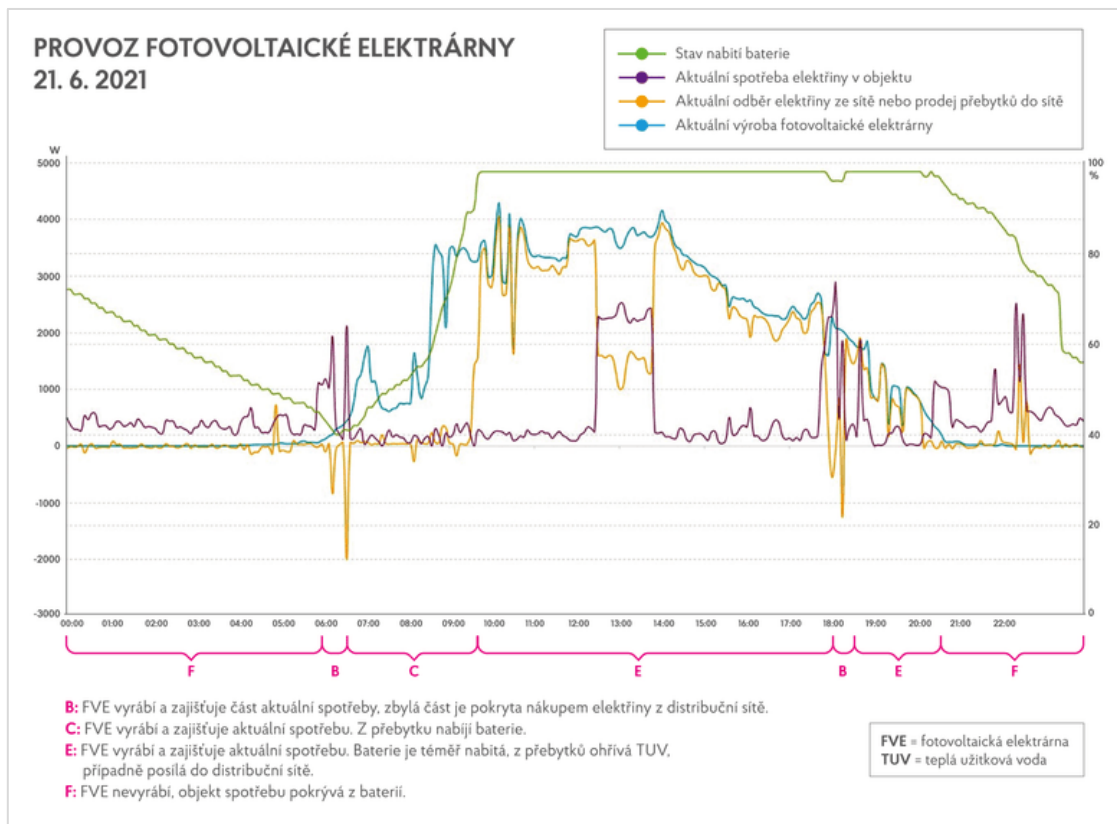
⁷ V práci je uvažována účinnost FVS 85 %, zdrojem této hodnoty je PVGIS.

6.5.3 Zisk z baterie

Zisk z baterie získáváme odečtením nákladů od výnosů.

$$Zisk_{Baterie} = Výnosy_{Baterie} - Náklady_{Baterie} [Kč]$$

Příklad průběhu spotřeby, výroby a ukládání ee lze vidět na následujícím obrázku:

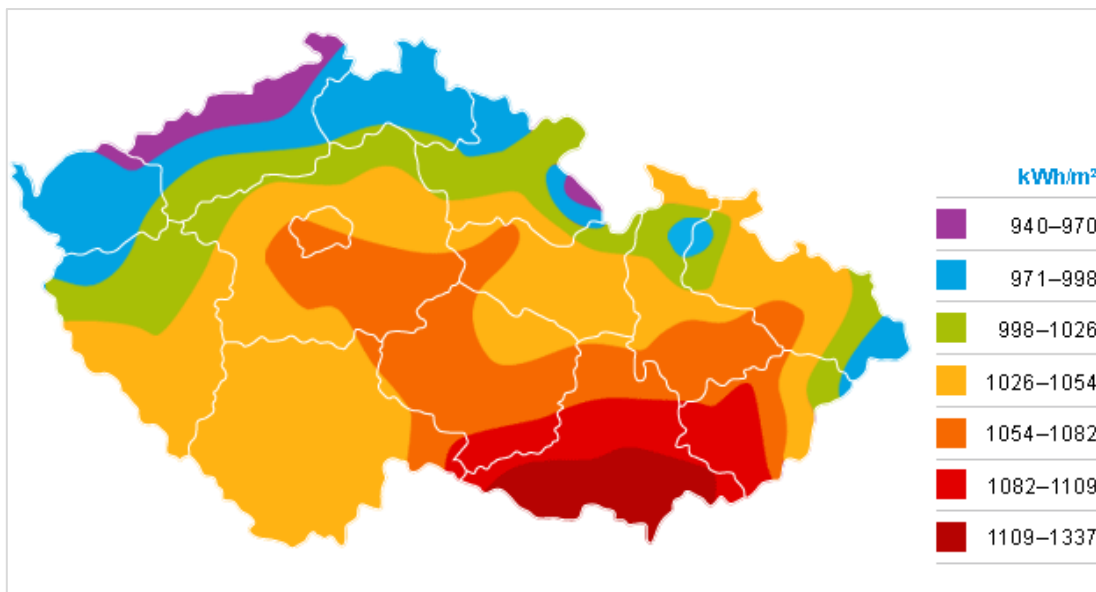


Obrázek 16 Spotřeba, výroba a ukládání ee z FVE v průběhu dne [38]

6.6 Teorie z oblasti FV systémů

Pro další postup je potřeba se více ponořit do problematiky výroby ee ze slunečního záření a seznámit se s důležitými pojmy.

6.6.1 Intenzita slunečního záření



Obrázek 17 Velikost roční sluneční energie dopadající na ČR [39]

Na rovníku dosahuje osvit hodnot až 2400 kWh/m². To však neznamená, že se v ČR FVE nevyplatí. Obecně platí, že v zimním období je výroba z FVE výrazně menší. FVE vyrobí 70 % celkové roční elektřiny v letní polovině roku.⁸ [14]

Příklad:

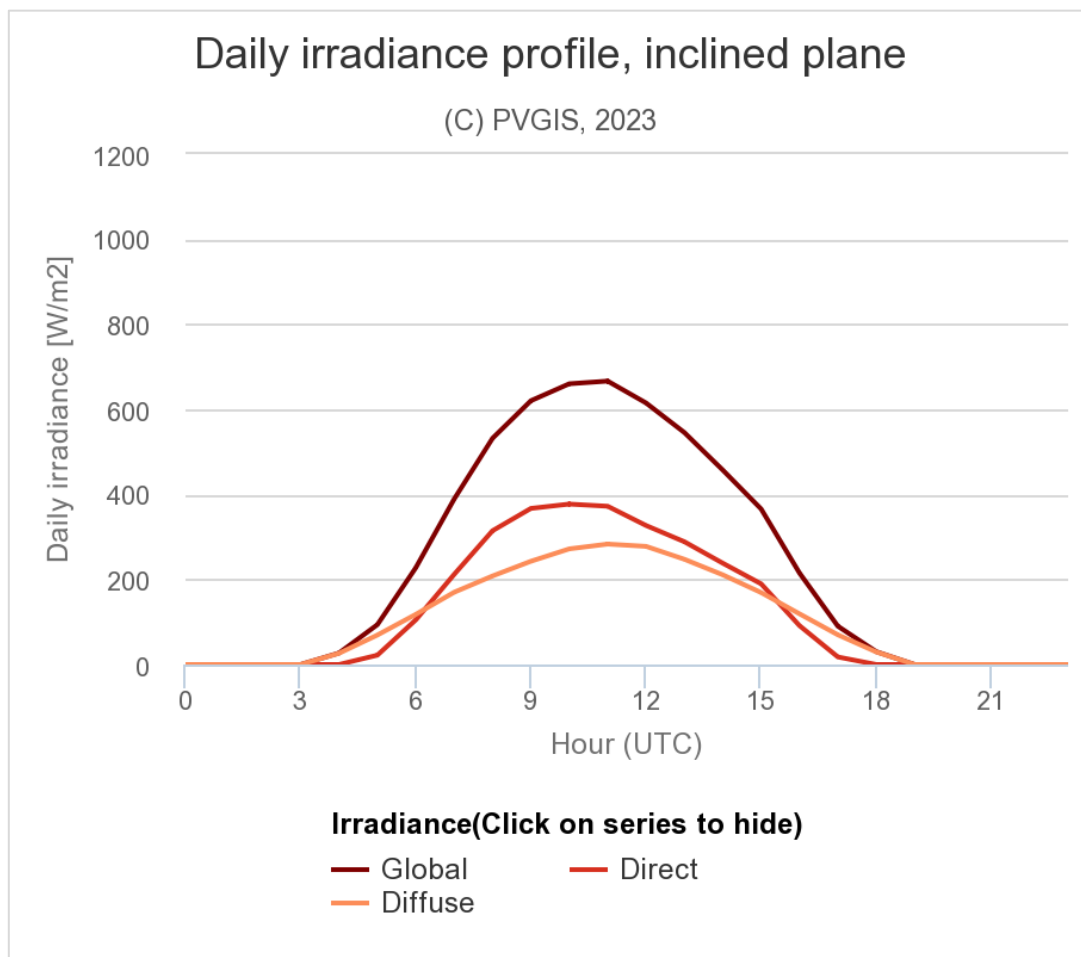
Intenzita slunečního záření je v 13:00 v létě přibližně 500 W/m². Ideálně orientovaný, pohyblivý panel s účinností 20 % o rozměru 1 m² by tedy za hodinu vyrobil přibližně 100 W ee (500 W * 20 % = 100 W).

Pro zjištění výroby ee z FVE v průběhu roku, měsíce i dne lze využít nástroje PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). PVGIS je bezplatný on-line nástroj

⁸ Letní polovina roku je časový úsek mezi rovnodennostmi.

poskytující výpočet produkce e_e z navrženého FV systému. Poskytuje množství vyrobené e_e při zadaném instalovaném výkonu, ztrátách, azimutu a sklonu panelů na daném místě.

Z PVGIS lze také zjistit denní průběh intenzity záření:



Obrázek 18 Průměrné červnové hodinové ozáření v Praze [37]

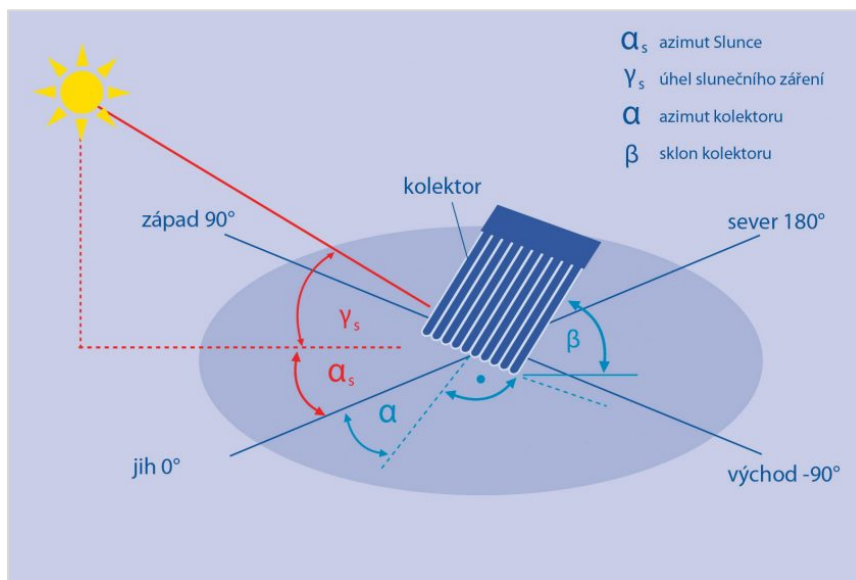
Celkové (global) ozáření se skládá z **přímého** (direct) a **nepřímého** či difuzního (diffuse) záření.

Pro hodinový výpočet výroby z FVE poskytuje PVGIS data ve formátu csv. Ten je možné zpracovat například v programu MS Excel.

Pro pochopení grafu z obrázku 18 je nutné udělat si jasno v úhlech, azimutu a pozici Slunce vůči Zemi.

6.6.2 Definice úhlů

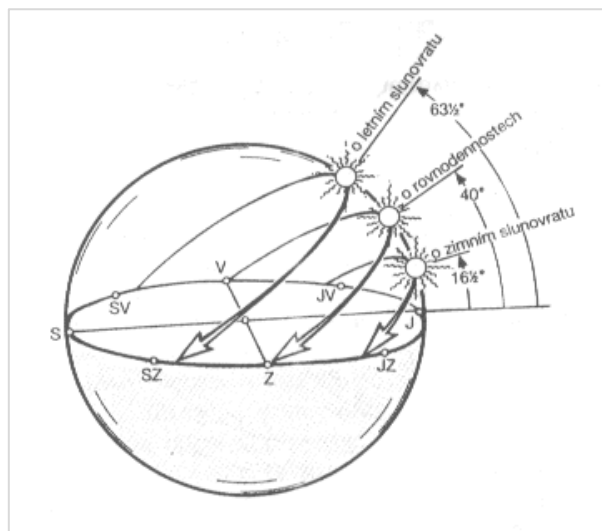
V architektuře a ve stavebnictví je sever značen jako 0° azimutu, pro solární využití se však používá jih jako 0° .



Obrázek 19 Definice úhlů pro solární využití [40]

Dle PVGIS je v ČR pro maximální výrobu z FVE ideální azimut panelů -5° a sklon 37° . Pro správný návrh orientace panelů je nutné obeznámit se s pozicí Slunce vzhledem k Zemi v průběhu roku i dne.

6.6.3 Pohyb Země vůči Slunci



Obrázek 20 Pozice Slunce oblohou o slunovratech a rovníkennostech na 50° s. š. [41]

Z obrázku je zřejmý pohyb Slunce v průběhu dne a jeho úhlová výška v průběhu roku. Slunce je nejvýše o letním slunovratu (21.6.), nejnižší o zimním slunovratu (21.12). Země je zároveň vzhledem ke Slunci osově potočena o 19 stupňů.

6.7 První návrh instalovaného výkonu

Prvotní návrh instalovaného výkonu je orientační a upřesní se po, či zároveň se zvolením sklonu a orientace FV panelů a rozložením panelů. Proto se tyto kroky nejčastěji dělají zároveň.

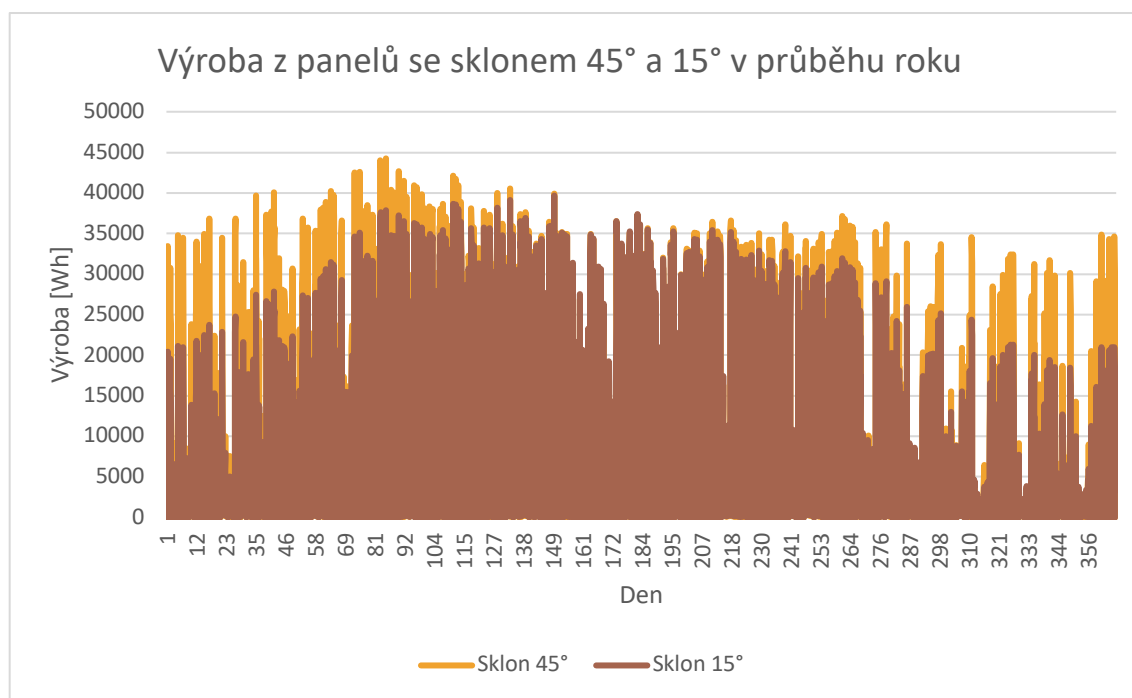
Prvním odrazovým můstkem pro návrh inst. výkonu je roční spotřeba ee. Instalovaný výkon dimenzujeme tak, aby celková roční výroba pokryla celkovou roční spotřebu. FVE s instalovaným výkonem 50 kWp orientovaná směrem na jih a se sklonem 40° vyrobí za rok cca 50 MWp, čímž se můžeme prozatím řídit. Roční výrobu plánované FVE zjišťujeme z PVGIS, PV*SOL či obdobných nástrojů.

6.8 Návrh sklonu

Sklon panelů se řídí snahou maximalizovat výrobu FV panelům dostupnou konstrukcí a její cenou. Na střeších se sklonem nad 10° není aktuálně ekonomické výhodné panely přizvedávat, to však záleží na aktuálních cenách konstrukce. Přizvedávací konstrukce panely přizvedává o 9° a více. Pro nejvyšší roční výrobu v ČR je ideální sklon okolo 37° . Pro výrobu v zimě je vhodný větší sklon, pro výrobu v létě sklon menší.

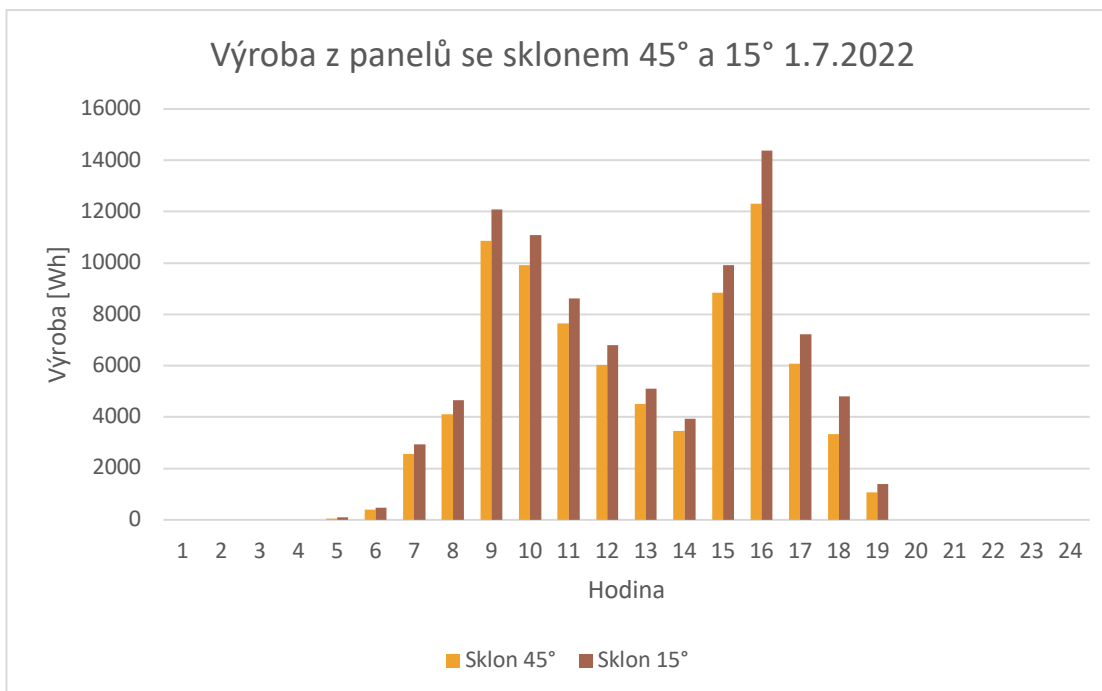
Teoreticky se FV panely mohou instalovat i se sklonem na sever, avšak s rapidně klesající výrobou. Záření pak čerpají především difúzní, nepřímé.

Pro vizualizaci zde uvádím dva velmi rozdílné sklony.



Obrázek 21 Denní výroba FVE s rozdílným sklonem Zdroj: Autor

Z obrázku lze vidět, že FV panely s větším sklonem vyrábí v zimním v zimním období více a v letním období méně. Příklad letního dne je zobrazen na obrázku 22.



Obrázek 22 Hodinová výroba FVE s rozdílným sklonem Zdroj: Autor

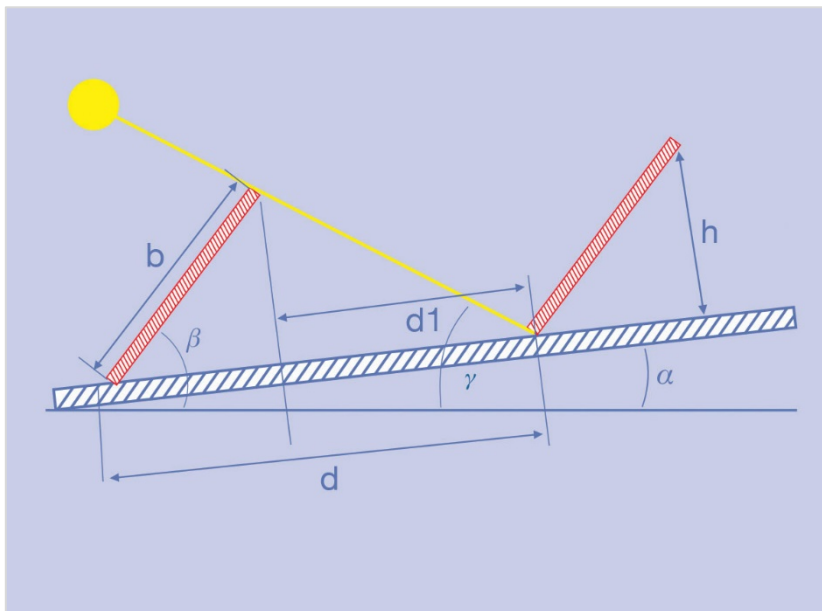
6.9 Návrh azimutu

Azimut panelů se ve většině případů řídí orientací budovy. Pokud je na střeše dostatek místa, je možné umístit FVE na skutečný jih i přes rozdílnou orientaci budovy. Jedním z limitů návrhu FVE je možná malá nosnost střechy. Nastávají tedy případy, kdy je nutné umístit řady panelů diagonálně směru nosníků střechy.

U FVE bez baterie je více nutné orientovat panely tak, aby se pokryla spotřeba objektu ihned z výroby. Pro FVE s baterií lze panely orientovat pro maximální denní výrobu, přebytečná energie se totiž uskladí v baterii.

6.9.1 Orientace jih

Výhodou orientací na jih (azimut = 0°) je maximální celková roční výroba. Nevýhodou je zastínění druhé řady panelů řadou před ní a méně rovnoměrná výroba v průběhu dne.



Obrázek 23 Vzdálenost mezi jižně orientovanými řady panelů [42]

Vzdálenost mezi řadami se volí tak, aby se řady vzájemně co nejméně zastíňovaly. Vzdálenost je závislá na denní hodině a ročním období. Pro střechy s velkou volnou plochou se volí větší rozestupy a opačně.

Výpočet vzdálenosti mezi panely:

$$d_1 = \frac{b * \sin(\beta - \alpha)}{\tan(\gamma - \alpha)}$$

$$d = [b * \cos(\beta - \alpha)] + d_1$$

kde b = výška panelu, β = sklon panelu vůči rovině, α = sklon střechy a γ = úhel výšky slunce.

6.9.2 Orientace na dvě světové strany

Pro tuto možnost se používá speciální konstrukce:



Obrázek 24 „A“ konstrukce [43]

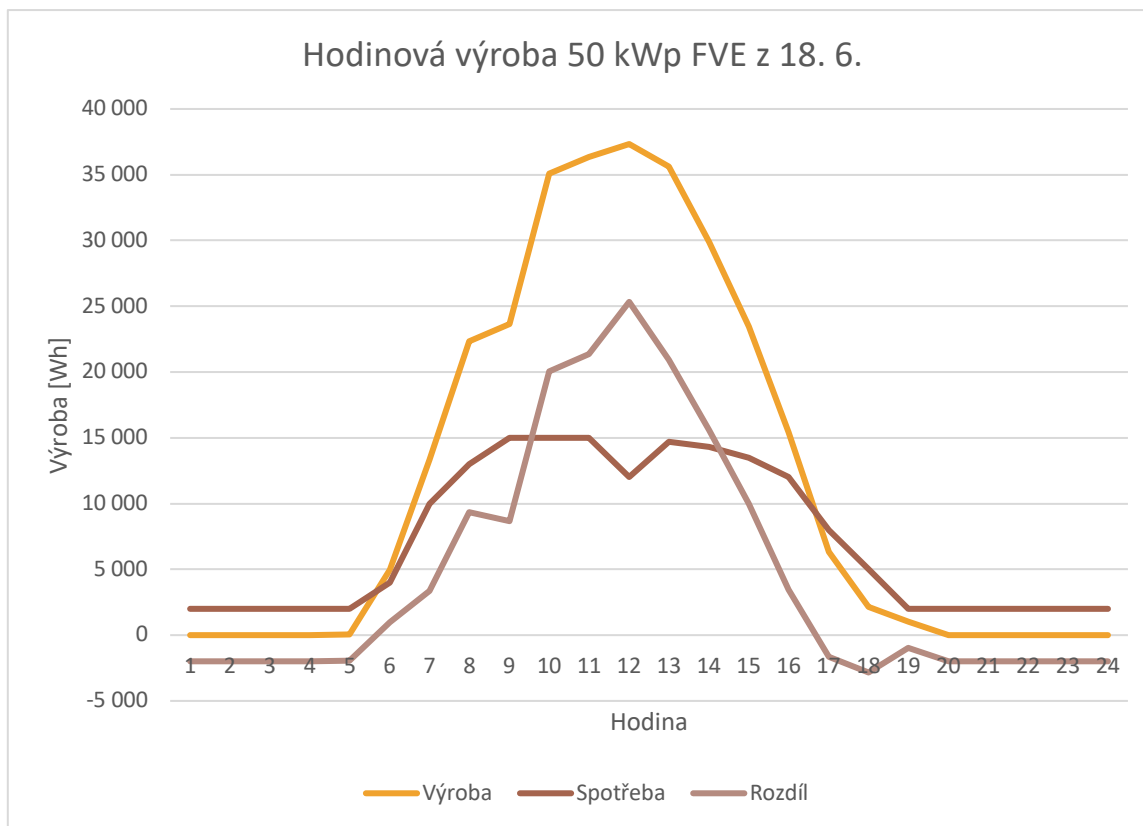
Výhodou je absence stínění, bez nutnosti jejího výpočtu. Nevýhodou pak je omezený výběr sklonů.

Dalšími orientacemi může být například východ – jih – západ, východ – jih, jih – západ. Výběr orientace závisí na spotřebě rozložené ve dni a použití baterie.

S azimutem a se sklonem panelů souvisí výběr **typu panelu**. V současné době jsou nejvýhodnější monokrystalické panely, a to i při následné nutnosti využití přizvedávací konstrukce oproti amorfním článkům. Pro budovu s malou nosností střechy je však možnost využít lehkých amorfních panelů, které se pokládají na střechu bez nutnosti konstrukce.

6.10 První upřesnění instalovaného výkonu

Po zjištění možných variant sklonů a azimutů porovnáme hodinovou spotřebu s hodinovou výrobou v průběhu roku. Chceme dosáhnout co nejvyššího pokrytí pro okamžitou spotřebu v objektu, která je nejvýhodnější. Přebytky zjišťujeme odečtením hodnot spotřeby od hodnot výroby. Přetoky do DS zjišťujeme odečtením uložené kapacity baterie od přebytků. Podrobný výpočet je znázorněn v příloze č. 2 „Výpočetní Excelová tabulka 1“.

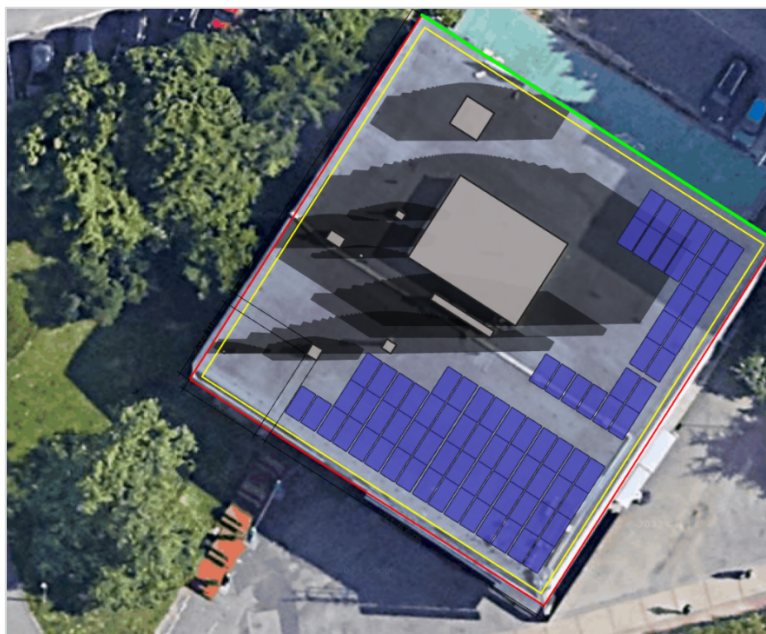


Obrázek 25 Porovnání výroby a spotřeby ee v objektu Zdroj: Autor

Po zjištění ideální orientace FV panelů můžeme přikročit k upřesnění instalovaného výkonu. Pro danou orientaci dimenzujeme inst. výkon tak, aby byla investice do FVE pro objednatele co nejvýhodnější.

6.11 Analýza stínů

Pro správné rozložení panelů je nutné provést analýzu stínů dopadajících na místo instalace. Zastíněný panely nevyrábí ee a všechny panely s ním zapojené do série tudíž také ne.



Obrázek 26 RP s analýzou stínů z K2 Base od 7:00 do 21:00 dne 1.7.2023

Na obrázku výše lze vidět stínění od překážek na střeše, zároveň je vidět stín od vedlejšího panelového domu, který stíní východní roh budovy. V ranních hodinách je tedy část FV panelů zastíněná. S tímto je potřeba počítat a zastíněné panely je vhodné dát do jednoho stringu, umístit na ně optimizéry, nebo je z návrhu vyřadit. Udávanou výrobu z PVGIS je nutné ponížít na základě této analýzy.

6.12 Návrh rozložení panelů (RP)

Pro tento krok je možné využít 2 D kreslicích programů, jako je například AutoCAD LT, nebo pak specializovaného programu pro návrh RP od dodavatelů střídačů či konstrukce, například K2 Base nebo SolidEdge.

Panely rozmístujeme tak, aby na ně dopadal co nejméně stín a abychom co nejlépe využili volné místo. Také je důležité, aby panely byly dobře servisovatelné, případně aby nám vyšel statický posudek.

6.13 Návrh střídače

Pro výběr střídače je nutné znát tyto parametry:

Tabulka 8 Parametry pro výběr střídače

Parametr	Jednotka
Inst. výkon	[kWp]
Využití baterie	[ano/ne]
Rozsah napětí na DC vstupu	[V]
Rozsah a počet MPPT	[-]
Max. výstupní proud	[A]
Max. výstupní AC výkonu	[W]

Pro tento krok můžeme využít volně dostupných programů od výrobců střídačů, které nám samy navrhnou vhodný střídač. Pokud má FVE více střídačů, tak se jejich maximální výstupní proudy sčítají (jsou zapojeny paralelně) a částka za navýšení hlavního jističe se výrazně zvedne.

6.14 Stringování

Při stringování (řetězení) panelů se panely zapojují do série. Jeden string je tedy určitý počet panelů zapojených do série a vedených ke střídači. Jejich napětí se sčítá, ale proud zůstává stejný. Lze zvolit také sériově-paralelní zapojení, kde se dva řetězce o stejném počtu panelů paralelně spojí a sečte se jejich proud.

Vhodný počet panelů ve stringu zjistíme z datasheetu střídače, panelu a následujícími výpočty.

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%

Obrázek 27 Datasheet pro hybridní řadu střídačů značky GoodWe [48]

V datasheetu střídače nás zajímá rozsah MPPT, startovací napětí a maximální napětí.

ELECTRICAL DATA (NOCT)				
Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	295	298	302	306
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	31.8	32.0	32.2	32.5
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	9.26	9.32	9.38	9.41
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	38.4	38.6	38.8	38.9
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	9.78	9.84	9.90	9.95

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

Obrázek 28 Technické parametry FV panelu značky Trina Solar [49]

NOCT(Nominal Operating Cell Temperature)	43 °C (±2 K)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.34 %/K
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.25 %/K
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04 %/K

Obrázek 29 Teplotní koeficienty FV panelu značky Trina Solar [49]

Z datasheetu FV panelu nás zajímá ambientní teplota při NOCT, V_{oc} koeficient, V_{mpp} a V_{oc} .

Výpočet rozsahu počtu panelů ve stringu:

Minimální počet panelů

$$= \frac{\text{Náběhové (startovací) napětí střídače}}{V_{MPP} * [1 + \text{Teplotní koeficient } V_{oc} * (\text{max. teplota} - \text{amb. teplota při NOCT})]}$$

Maximální počet panelů

$$= \frac{\text{Max. DC vstupní napětí střídače}}{V_{oc} * [1 + \text{Teplotní koeficient } V_{oc} * (\text{min. teplota} - \text{amb. teplota při NOCT})]}$$

Tento krok lze z části svěřit programu, jako je SolidEdge.

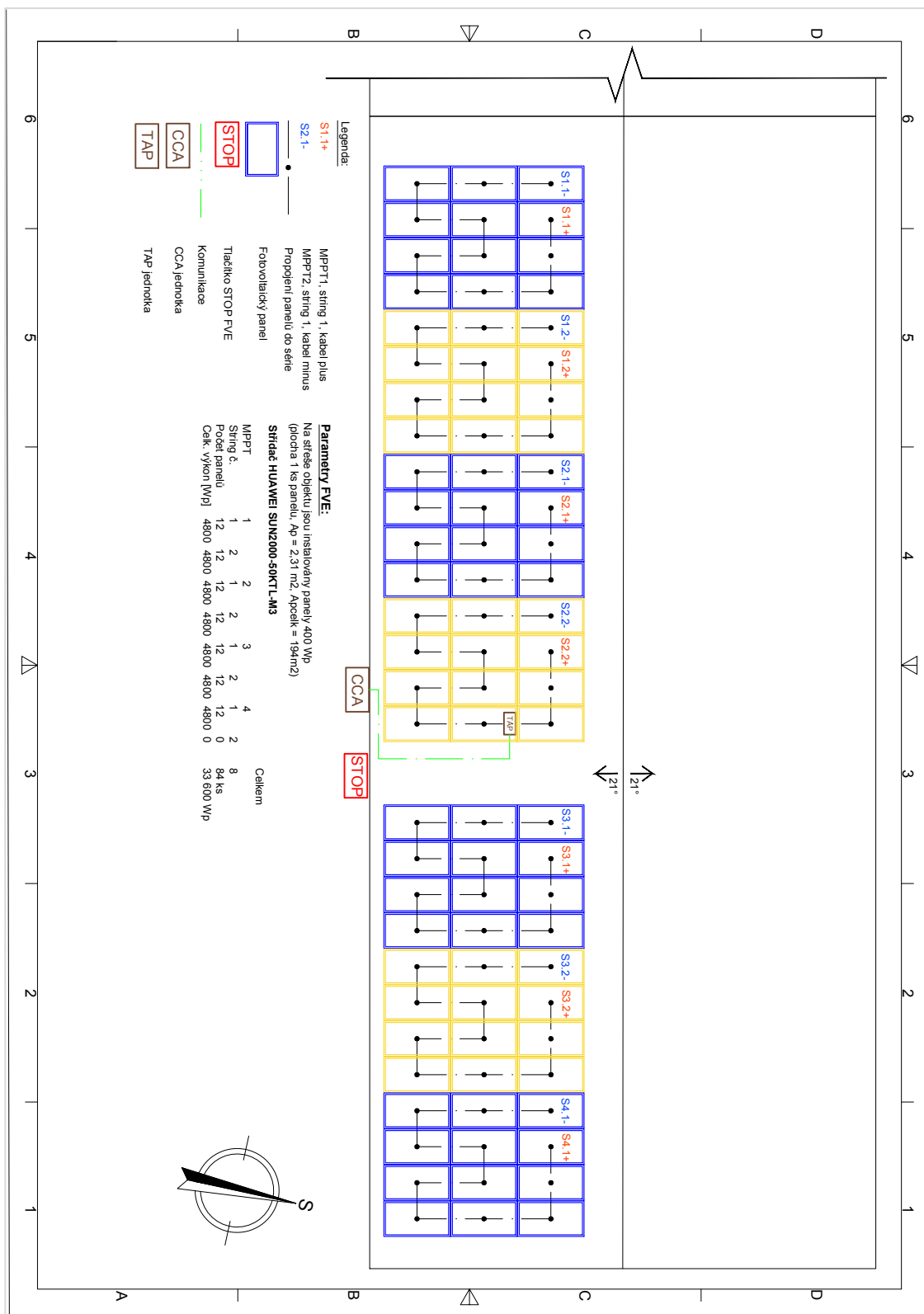
Tyto nástroje často disponují těmito funkcemi: [44]

- Aktuálními údaji o solárních panelech, střídačích a kompatibilních akumulátorových úložištích.
- Funkcí pro flexibilní dimenzování fotovoltaických systémů s využitím Multi MPP Trackeru.
- Funkcí pro minimalizaci počtu parametrů.
- Možností vygenerování přehledné sestavy ve formátu PDF.
- Navrhnu kompatibilní součásti FV systému.
- Spočítají maximální a minimální počet panelů ve stringu.

6.14.1 Pravidla pro stringování

Pokud chceme stringy zapojit paralelně, je nutné brát také zřetel na max. vstupní proud. Panely v jednom stringu by měly být v jednom sklonu, orientaci a nezastíněné, všechny panely ve stringu totiž vyrábí nanejvýš tolik ee, jako nejméně osvětlený panel. Pro zamezení tohoto problému je nutné použít MMP tracker na úrovni panelů, tzn. optimizérů. Optimizér zastíněnému panelu dle I-V křivky sníží napětí tak, aby dosáhnul maximálního výkonu. Rozdílně orientované stringy je vhodné umístit do na sobě nezávislých MPP trackerů. Všechny stringy by ideálně měly být zároveň stejně dlouhé, aby mezi nimi nevznikal proudový rozdíl, a tudíž zpětné proudy. Dále je žádoucí, aby měl string co nejmenší plochu z důvodu indukce napětí při zásahu bleskem.

Stringování pro účely PD či dotacím může vypadat takto:



Obrázek 30 Ukázka návrhu RP a stringování pomocí AutoCad LT, zdroj: Autor

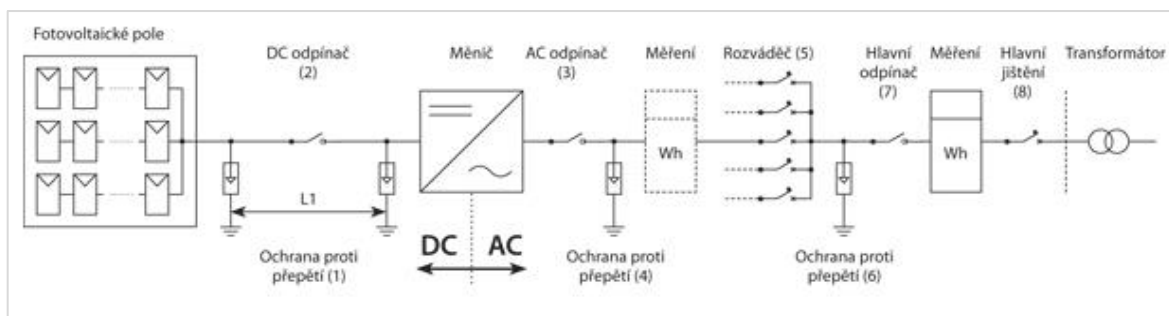
6.15 Druhé upřesnění instalovaného výkonu

Po aplikaci pravidel stringování a vymazání panelů z trvale zastíněných míst nám může přebývat (nebo chybět) určitý počet panelů. O tento rozdíl je vhodné upravit všechny výpočty.

Dalším krokem při návrhu FVE by bylo vytvoření jednopólového schématu (JPS).

6.16 Jednopólové schéma (JPS)

FVE je nutné navrhnout jak z pohledu ekonomického, tak z elektrotechnického. Nakreslení JPS je podmínkou pro PD, ČEZ a EG.D a dotační programy.



Obrázek 31 Příklad JPS FVE s transformátorem [45]

DC vedení od panelů je třeba zajistit ochranou proti přepětí? (1), u dlouhých tras i více přepět'ovými ochranami. DC odpínač (2) a AC odpínač (3) jsou určeny pro odpojení AC a DC strany FVE. U dlouhých AC tras je potřeba instalace svodičů přepětí (4) za AC odpínačem. K rozváděči (5) může být zapojen přístroj pro měření elektřiny vyrobené fotovoltaickým polem, typicky měřicí cívky smart-meteru či Wattrouteru. Za rozváděčem je přes hlavní odpínač rozváděče zapojen průtokový elektroměr (7). Celé vedení a je chráněno proti přetížení a zkratu hlavním jističem (8). [45]

Dále je vhodné přidat do JPS pro FVE do 50 kWp STOP tlačítko a odpojovače.

6.17 Výběr způsobu výkupu přetoků

Přetoky tedy můžeme prodávat spotově, fixní sazbou či pevnou sazbou. Pro porovnání pevné či fixní ceny se spotovou je nutné se řídit cenou, která je v době, kdy FVE vyrábí.

V případě FVE s dostatečnou kapacitou baterie můžeme zvážit pořízení inteligentního systému, který ukládá ee do baterie v době, kdy je levná, a prodává ji v době, kdy je drahá. Tímto se ovšem provozovatel FVE stává podnikatelem na trhu s energiemi a je nucen si pořídit licenci a výnosy danit.

6.18 Výběr instalační firmy

Pokud jsme pro návrh FVE zvolili nezávislého konzultanta, posledním krokem návrhu FVE je výběr instalační firmy. Zdánlivě lehký krok je však v době druhého českého solárního boomu nesnadný. Nové, nezkušené instalační firmy často nabízejí nemožné, nebo nabízejí produkty, se kterými nemají zkušenosti. Proces pořízení a zprovoznění FVE do inst. výkonu 50 kWp se tak může protáhnout i na rok.

Dle čeho vybírat dodavatelskou firmu FVE:

Dle ověřených recenzí

Nehleďte příliš na výborné průměrné hodnocení na Seznamu či Googlu.

Dle délky působení na trhu s FVE

Čím déle, tím lépe, nejlépe se vznikem před rokem 2022.

Dle smlouvy o díle

Podívejte se na splátkový kalendář a na všechny klauzule. Podezřele vysoká záloha může znamenat špatné hospodaření s penězi, nebo může značit začínající firmu.

Dle nabízených technologií

Je lepší mít známé ověřené a používané technologie, ty se lépe a levněji servisují. Všechny značky panelů mají stejnou účinnost, baterie nabízejí stejnou životnost. U nich se dívejte na záruční dobu produktu. Je důležitější brát na zřetel značku střídače, který má obvykle

menší životnost. Lepší značkou je například Victron, hojně používanou značkou je čínský GoodWe. Výhodou je u střídače pasivní chlazení.

Dle ceny

Vyžádejte si nabídky od více firem a porovnejte je mezi sebou.

Dle pozáručního servisu, závazku vzdáleného monitoringu

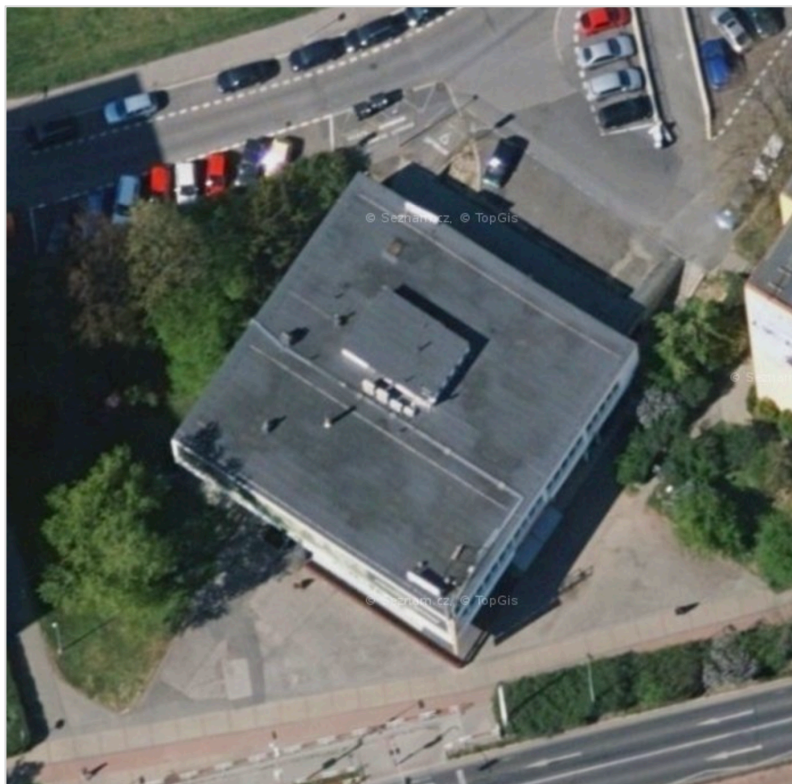
Pokud firma nabízí pozáruční servis, je to ukazatelem zkušeností s daným produktem.

7 Návrh FVE pro konkrétní případ

Nabyté znalosti z rešerše a obecného návrhu nyní využijeme na konkrétním případě. FVE je navrhována na základě skutečného požadavku na její instalaci. Budeme se řídit metodikou která byly popsána v předchozí kapitole č. 6.

7.1 Představení případu

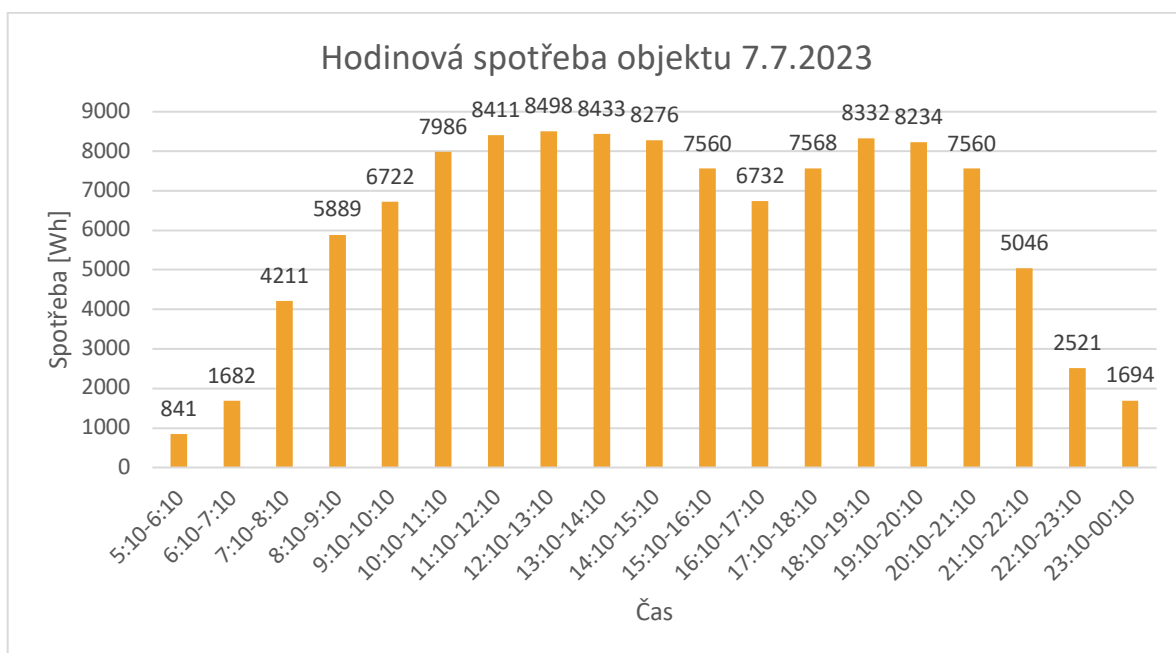
FVE je navrhována pro budovu malého podniku umístěného v Praze. V budově jsou celkově 4 podniky z nichž jeden je provozován vlastníkem budovy. Dalšími třemi podniky je prodejna potravin, hospoda a posilovna.



Obrázek 32 Objekt určený pro instalaci FVE Zdroj: Autor

7.1.1 Spotřeba elektrické energie v objektu

Celoroční spotřeba ee v objektu je 43 271 kWh, která byla zjištěna z ročního vyúčtování za elektřinu. Hodinovým měřením spotřebované elektřiny objednatel nedisponuje, stejně jako většina objednatelů. Musíme tedy přistoupit k méně přesným metodám zjištění průběhu spotřeby. Značným zjednodušením je, že zákazník topí plynem a víkendový provoz je podobný provozu od pondělí do pátku. Měsíční i denní spotřeba elektřiny bude v průběhu roku tedy skoro konstantní. Mění se však hodinová spotřeba, kterou bylo nutné zjistit. Toho bylo dosaženo kontrolováním stavu elektroměru v hodinových intervalech a odečtem od předchozí hodnoty.



Obrázek 33 Zjištěná spotřeba objektu ze dne 7.7.2023 Zdroj: Autor

Hodinová spotřeba objektu od 5:10 do 6:10 je 841 Wh. V tuto dobu není ani jeden podnik v provozu, bude tedy tato spotřeba stejná i od 0:10 do 5:10. Denní spotřeba ee činí 120 401 Wh, přenásobená počtem dní v roce 44 946 kWh, což zhruba odpovídá reálné roční spotřebě. Rozdíl od roční spotřeby, 1 675 kWh je pravděpodobně způsobena klimatizací. Spočtenou denní spotřebu vynásobíme podílem reálné a spočtené hodnoty a získáme upravené hodinové hodnoty, které lépe odpovídají reálné spotřebě.

Již v prvním kroku návrhu FVE tedy zanášíme do návrhu i výpočtu ekonomických ukazatelů nepřesnost, které se bohužel nemůžeme vyhnout. Výše uvedené hodnoty jsou tedy spíše orientační a můžou se zaokrouhlit. Další možností zjištění spotřeby je zjištění všech spotřebičů, jejich příkonu, míru využití a doby provozu, kterou však pokládám za ještě méně přesnou a časově značně náročnější.

Na problém s nepřesností naráží i objekty s hodinovým měřením. S nově pořízenou FVE se totiž často změní spotřeba elektřiny. Nově budou uživatelé objektu např. topit klimatizací, budou spouštět spotřebiče v polední špičce a začnou nabíjet levně elektromobily.

7.1.2 Obhlídka místa instalace

Na místo bylo nutné se fyzicky dostavit a zjistiť aktuální stav místa instalace.

Na základě obhlídky bylo zjištěno a rozhodnuto:

Volba umístění FV panelů

Nejlepší volbou v tomto případě je střecha, jelikož je pozemek zastíněný.

Rozměry, výška a sklon střechy

Výška a rozměry střechy byly zjištěny laserovým měřidlem, sklon byl zjištěn aplikací v mobilním telefonu. Uprostřed hlavní střechy je umístěna menší, taktéž plochá střecha. Sklon obou střech je zanedbatelný.

Tabulka 9 Rozměry střech Zdroj: Autor

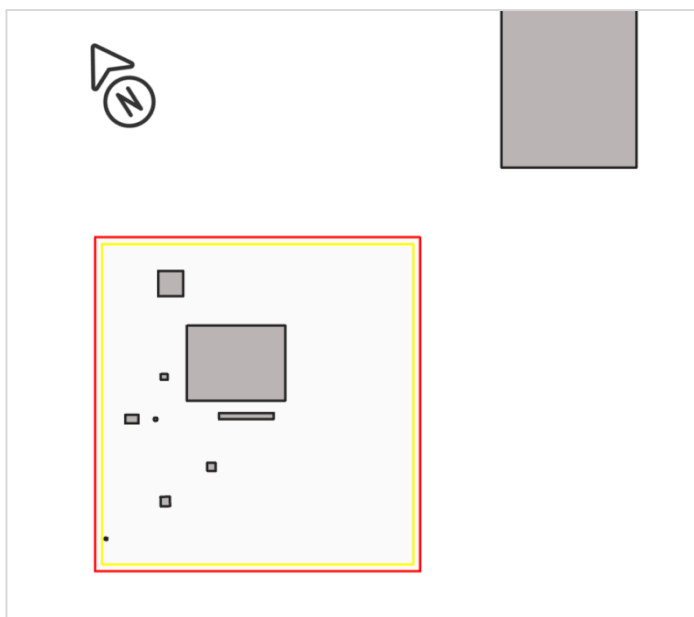
Střecha	Rozměry	Výška od země
Hlavní	28 x 28 m	8 m
Vedlejší	9 x 6,5 m	9,6 m

Rozměry a umístění překážek na střeše



Obrázek 34 Překážky na střeše budovy Zdroj: Autor

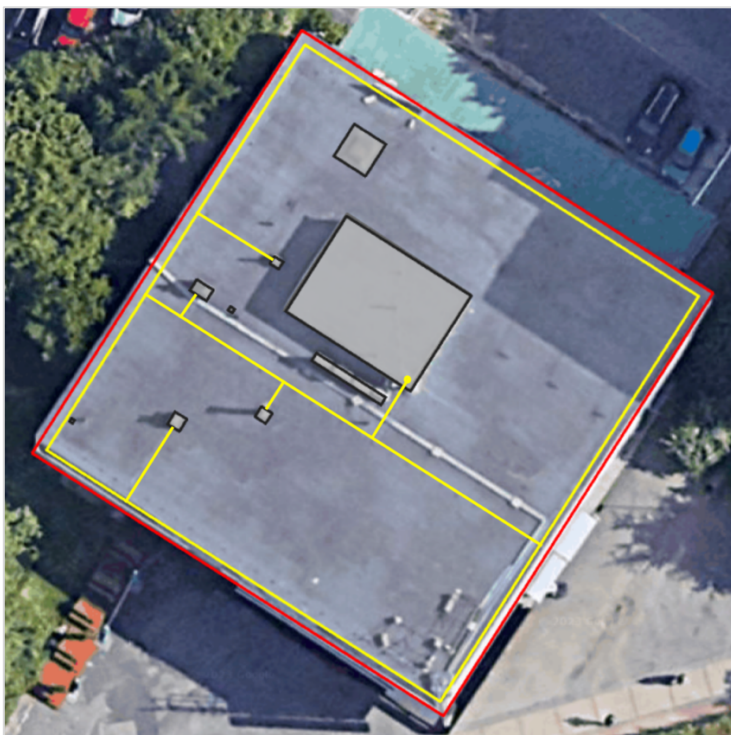
Překážky společně s kótami byly zakresleny na papír, který posloužil jako podklad pro zakreslení překážek v programu K2 Base, který využijeme pro návrh rozložení panelů a analýzu zastínění. Některé z překážek budou objednatelem odstraněny, bylo zároveň nutné změřit vzdálenost a rozměry sousedního panelového domu.



Obrázek 35 Zakreslení překážek v K2 Base Zdroj: Autor

Přítomnost hromosvodu

Hromosvod je následujícím obrázkem vyznačen žlutými čarami. Od hromosvodu se musí dodržet vzdálenost bezpečnou „s“, kterou elektro projektant spočetl na 45 cm.



Obrázek 36 Hromosvod na objektu Zdroj: Autor

Konstrukce, povrch a orientace střechy

Střecha je plochá, betonová. Obálka budovy je orientovaná zhruba na jiho-východ a jiho-západ. Povrch střechy jsou bitumenové pásy.

Umístění technologie

Technologie bude umístěna v technické místnosti ve sklepe. Sklep je dodatečně chlazený, má dostatek prostoru a je umístěn zhruba uprostřed půdorysu budovy.

7.2 Podmínky pro výstavbu FVE

Než začneme s instalací FVE, je nutné zjistit působnost všech dotyčných orgánů na výstavbu FVE na daném objektu.

Pro náš případ jsou nutná tato stanoviska:

PBŘ

Stavba disponuje PBŘ, v kterém se bude provádět dodatek.

Vyjádření od NPÚ

Stavba je na památkově chráněném území. Výstavba FVE tedy závisí na kladném stanovisku od NPÚ, o který se před výstavbou bude žádat.

Statický posudek střechy

FV panely budou na střeše upevněny zátěžovou konstrukcí, která nezasahuje do nosné konstrukce budovy. Zhotovení statického posudku tedy není nutné. Zákazníkovi bude přiložena technická zpráva s vypočítaným zatížením od FV panelů, konstrukce a zátěže.

Enviromentální stanovisko

Stavba není v CHKO, v letecké zóně ani v žádné jiné. Na objekt se tedy nevztahují žádné zvláštní enviromentální podmínky.

Žádost o rezervovaný příkon

Objekt je na území PRE, žádost o rezervovaný výkon se tedy podává na PRE a to bez nutnosti přiložení JPS.

7.3 Minimální kapacita baterie pro backup

Zákazník požaduje backup, který bude schopný napájet lednice, mrazáky a bezpečnostní systém po dobu případné poruchy či úpravy elektroinstalace a blackoutu. Dobu tohoto výpadku byla zákazníkem stanovena na jeden den. Sečtením příkonů spotřebičů zapojených do backupu je 363 W.

Pro zálohovaný okruh bude nutné pořídit baterii s kapacitou:

$$Kap. baterie = \frac{\text{příkon} * \text{počet hodin}}{DoD * \eta_s} = \frac{363 * 24}{0,8 * 0,85} = \frac{8712}{0,68} = 12\,811\ Wh$$

kde DoD = povolená hloubka vybití, η_s = účinnost systému⁹

Pro jednodenní pokrytí spotřeby zálohovaných kruhů je potřeba baterie s kapacitou 12,811 kWh. Pokud chceme mít tuto kapacitu celoročně dostupnou, musíme v BMS nastavit minimální volnou kapacitu baterie. Pokud zákazník bude vědět o budoucím výpadku elektřiny, může si pomocí BMS baterii předem nabít.

7.4 Prvotní návrh instalovaného výkonu

Roční spotřeba objektu činí 43 271 kWh. Jelikož zákazník požaduje baterii na backup, budeme navrhovat systém s baterií. Zkušený odhadem je možné říct, že bude nejvhodnější FVE s baterií o instalovaném výkonu přibližně 50 kWp. Tento výkon použijeme pro varianty rozložení panelů, které budeme mezi sebou porovnávat.

7.5 Určení sklonu a azimutu

Při použití klasické, nakloněné konstrukce na jih se odhadem zabere většina prostoru střechy, i místa, která jsou v průběhu dne částečně zastíněna. „A“ konstrukce je na druhou stranu prostorově úspornější a nebude se muset umisťovat do částečně zastíněných ploch a zbylý prostor se bude moci v budoucnu využít pro jiné účely. Pro střechy s omezeným prostorem,

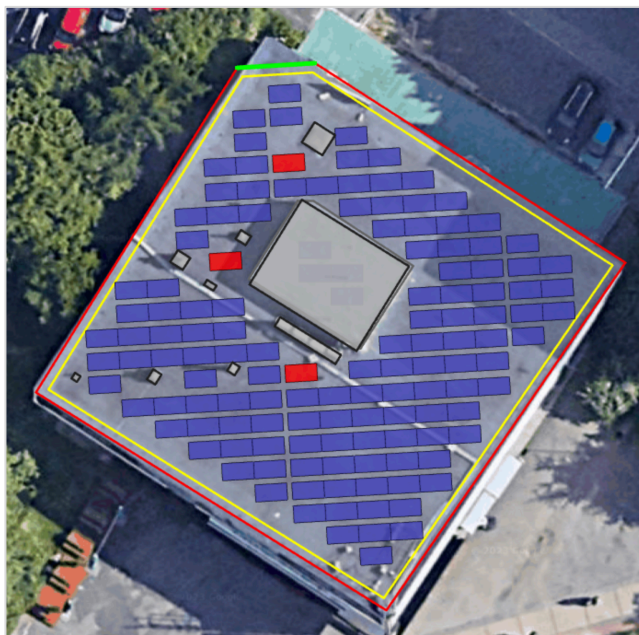
⁹ Účinnost FVE je uvažována 85 %, zdrojem této hodnoty je PVGIS.

jako je tato má smysl konstrukce s menším sklonem. Sklon je v našem případě také dán dostupnou a ekonomicky výhodnou konstrukcí. Volíme tedy nám dostupnou konstrukci se sklonem 9° , která je zároveň dostupná v K2 Base. FV panely předběžně volím AEG AS-M132-Z-(M10)-500 Wp, avšak neočekávám jejich následnou změnu.

Pro zákaznickovu střechu jsou vhodné tyto možnosti azimutu FV panelů:

Varianta 1: nakloněná konstrukce na jih

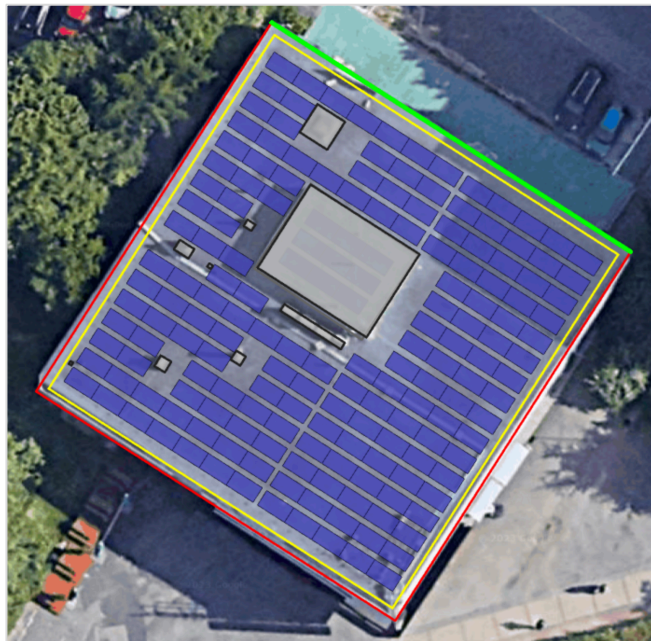
- Azimut - 5°



Obrázek 37 RP: Varianta č. 1

Varianta 2: nakloněná konstrukce na jihozápad

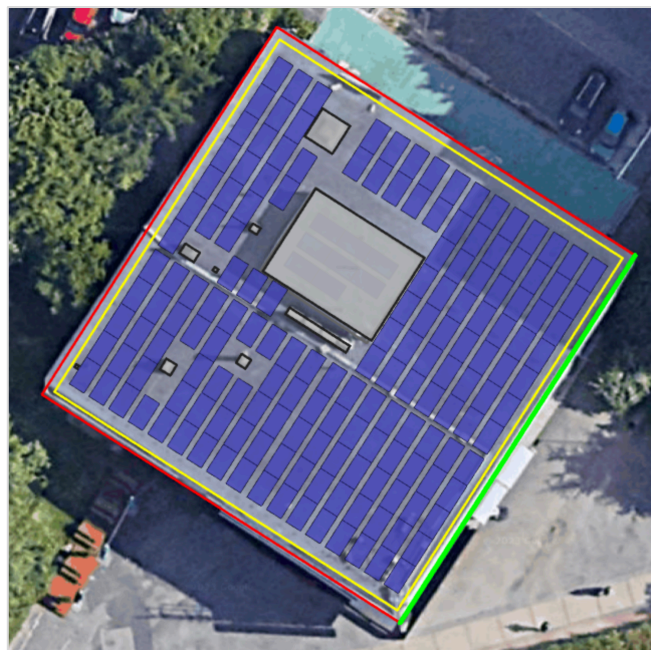
- Azimut $+34^\circ$



Obrázek 38 RP: Varianta č. 2

Varianta 3: nakloněná konstrukce na jihovýchod

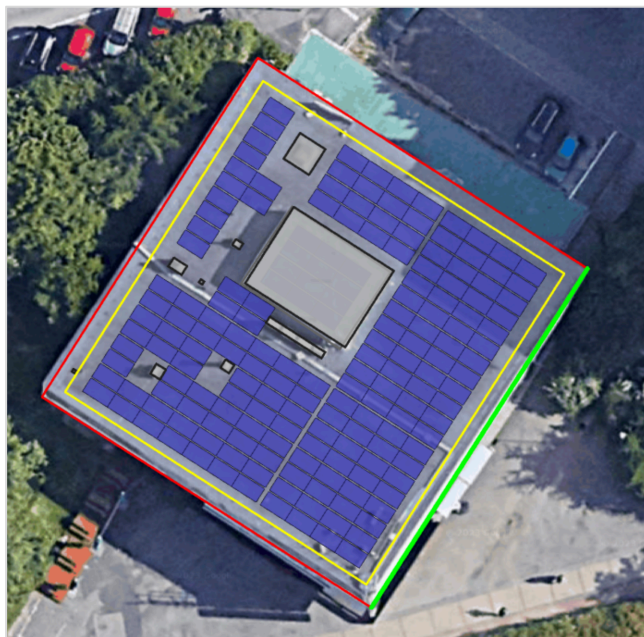
- Azimut -56°



Obrázek 39 RP: Varianta č. 3

Varianta 4: „A“ konstrukce směrem na jihozápad a severovýchod

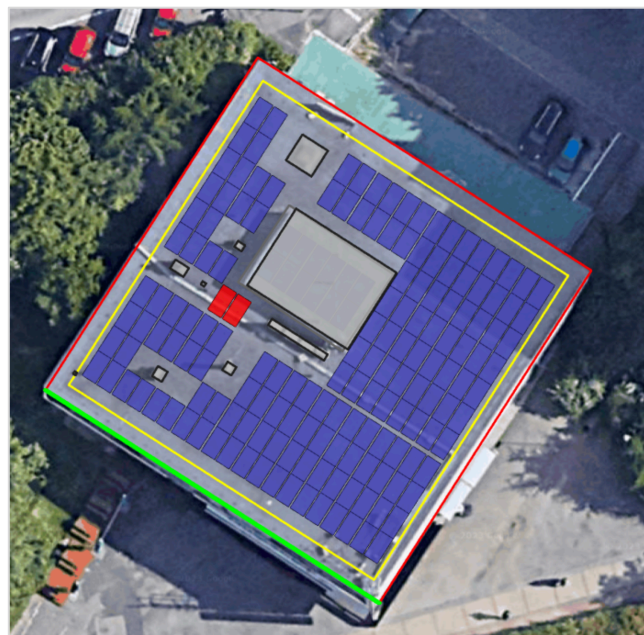
- Azimut $+34^\circ$ a -146°



Obrázek 40 RP: Varianta č. 4

Varianta 5: „A“ konstrukce směrem na jihovýchod a severozápad

- Azimut -56° a $+124^\circ$



Obrázek 41 RP: Varianta č. 5

7.6 Zjištění výroby elektrické energie z FVE

Parametry výše uvedených variant společně s lokalitou zadáváme do programu PVGIS.

Obrázek 42 Vstupní data PVGIS pro variantu č. 1 Zdroj: Autor

Výstupem z programu je .csv soubor, který je dále zpracováván ve „Výpočetní Excelové tabulce 1“ z přílohy číslo 2. Pro náš účel postačí pouze první a druhý sloupec, tedy vyrobená elektřina z FVE v daný čas. Postup opakujeme pro každou možnost orientace FV panelů.

Column1	Column2	Column3	Column4	Column5	Column6	Column7
Latitude (decimal degrees):50.090						
Longitude (decimal degrees):14.325						
Elevation (m):323						
Radiation database:PVGIS-SARAH2						
Slope: 9 deg.						
Azimuth: -5 deg.						
Nominal power of the PV system (c-Si) (kWp):50.0						
System losses (%):15.0						
time	P	G(i)	H_sun	T2m	WS10m	Int
20200101:0010	0.0	0.0	0.0	0.58	2.07	0.0
20200101:0110	0.0	0.0	0.0	0.58	1.93	0.0
20200101:0210	0.0	0.0	0.0	0.31	1.93	0.0
20200101:0310	0.0	0.0	0.0	0.25	2.0	0.0
20200101:0410	0.0	0.0	0.0	0.37	1.72	0.0
20200101:0510	0.0	0.0	0.0	-0.17	1.72	0.0
20200101:0610	0.0	0.0	0.0	-0.36	1.72	0.0
20200101:0710	0.0	0.0	0.0	-0.05	1.72	0.0
20200101:0810	5483.9	129.39	7.26	-0.01	1.45	0.0
20200101:0910	14246.55	292.94	12.57	1.12	1.31	0.0
20200101:1010	19379.7	386.55	15.88	2.27	1.38	0.0
20200101:1110	19867.7	394.71	16.89	2.95	1.45	0.0
20200101:1210	18065.76	364.63	15.5	3.23	1.17	0.0
20200101:1310	13043.02	277.58	11.85	3.25	0.9	0.0
20200101:1410	4355.4	112.8	6.26	3.02	0.97	0.0
20200101:1510	0.0	0.0	0.0	1.95	1.59	0.0
20200101:1610	0.0	0.0	0.0	0.27	1.86	0.0
20200101:1710	0.0	0.0	0.0	-1.33	1.93	0.0
20200101:1810	0.0	0.0	0.0	-2.3	1.93	0.0
20200101:1910	0.0	0.0	0.0	-2.77	2.0	0.0
20200101:2010	0.0	0.0	0.0	-3.02	2.21	0.0
20200101:2110	0.0	0.0	0.0	-3.09	2.28	0.0
20200101:2210	0.0	0.0	0.0	-3.15	2.21	0.0
20200101:2310	0.0	0.0	0.0	-3.25	2.07	0.0

Obrázek 43 Výstup z PVGIS pro variantu č. 1¹⁰ Zdroj: Autor

¹⁰ P = výroba [kW], G(i) = Ozáření [W/m²], H_sun = výška slunce [°], T2m = teplota vzduchu ve dvou metrech [°C], WS10m = rychlost větru [m/s], Int = pravda či nepravda rekonstruování dat [0/1]

7.7 Analýza zastínění FV panelů

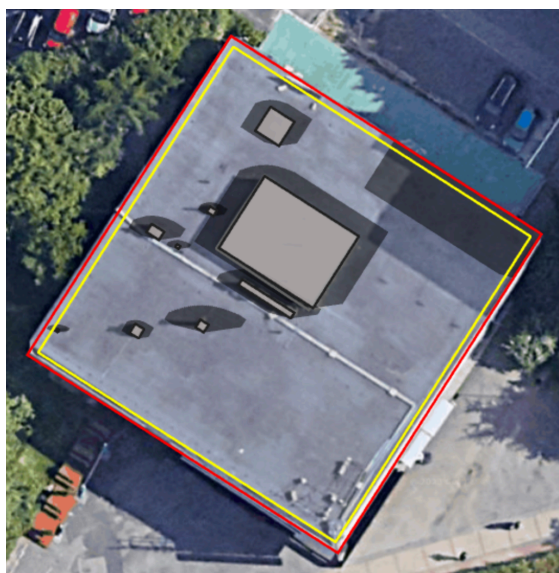
Výrobní data je nutné upravit kvůli zastínění FV panelů v průběhu dne. Jelikož zastíněné panely nevyrábí ee, je nutné ponížít hodnoty výroby o jejich procentuální podíl na celkové výrobě. Za tímto účelem provedeme analýzu stínů, a to hodinově pro jeden den z každého měsíce. Získáme tím představu o zastínění, kterou následně promítneme do výroby finální verze navržené FVE. Další úpravou prochází výroba v zimě, kde mohou být FV panely zasněžené a nebudou vyrábět. Je na majiteli, zda si FV panely od sněhu očistí.

Pokud je alespoň jeden panel nezasněžený, začíná vyrábět a zahřívá sebe i ostatní panely ve stringu, následkem čeho sníh taje a klouzá dolů po nakloněném panelu.

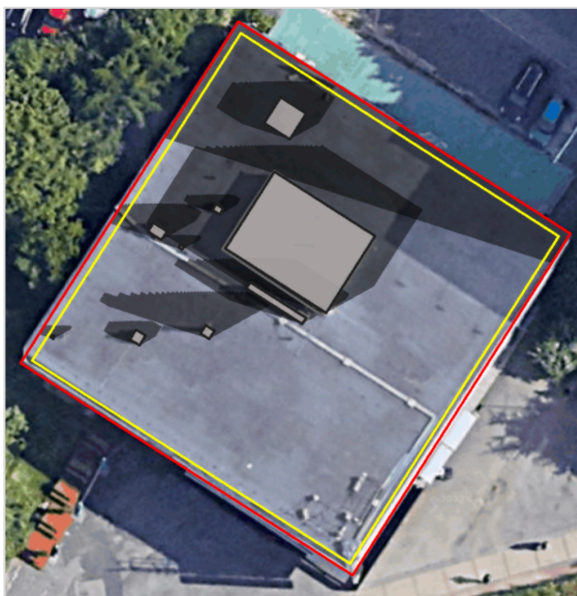
Ukázka z analýzy stínů:



Obrázek 44 Zastínění: zimní slunovrat



Obrázek 45 Zastínění: letní slunovrat



Obrázek 46 Zastínění: rovnodennost

Z analýzy stínů vyplývá, že plocha v těsné severní blízkosti od stříšky je celoročně zastíněna. Plocha v těsné severní blízkosti menších překážek je celá zastíněná v zimním období, kdy je slunce nízko. S přihlédnutím na stringování, řešené v kapitole 7.12, upravíme výrobu FVE pro jednotlivá řešení.

Tabulka 10 Upravené vyrobené roční množství ee z FVE

Řešení	Výroba
č. 1	50 352 Wh
č. 2	47 844 Wh
č. 3	47 897 Wh
č. 4	43 937 Wh
č. 5	43 902 Wh

S upravenými daty o výrobě můžeme přikročit k jejich zpracování pro účel výběru nejvhodnější varianty. Nejvhodnější variantu budeme vybírat pomocí výpočtu ČSH, která nejlépe zachycuje chování fotovoltaické elektrárny v průběhu let.

7.8 ČSH investice

Výhodnost jednotlivých možností budeme hodnotit hlavně pomocí ČSH, jelikož zahrnuje veškeré provozní i investiční náklady spojené s FVE po dobu její životnosti. Firma je plátcem DPH, tudíž všude figurují ceny o něj očištěné.

7.8.1 Faktory vstupující do ČSH

Aktuální cena nákupu elektřiny

Objednateli FVE končí smlouva s fixovanou cenou elektřiny a zvažuje, jaký produkt, od jakého dodavatele energií si pořídit. Aktuálně se pro zákazníka jeví jako nejvhodnější produkt s cenou nákupu elektřiny 5,83 Kč za kWh, která je pevná, nikoli fixovaná.

Aktuální cena prodeje elektřiny

S vybraným produktem se váže i cena výkupu 0,5 Kč/kWh, s kterou budeme ve výpočtech počítat. Zisk z prodeje ee se v tomto případě nedaní.

Životnost komponent

Pro FV panely volím životnost 30 let, která se již osvědčila jako reálnou dobou životnosti FV panelu.

Střídač je komponentou s nejmenší životností, průměrně odchází jednou za 10 let, z toho je jednou opravován.

Jako dobu životnosti baterie volím záruku od výrobce, která bývá většinou na 10 let. Je to dolní hranice životnosti, tato volba je tedy spíš pesimističtější.

Další komponenty FVE mají buďto neomezenou životnost nebo jsou náklady na jejich výměnu zanedbatelné.

Investiční náklady

Cena FVE bez baterie s nakloněnou konstrukcí se pohybuje okolo 22 600 Kč/kWp a výše, cena s použitím „A“ konstrukce se pohybuje okolo 22 000 Kč/kWp.

Cenu baterie uvažuji 11 Kč/kWh. Cena BMS je započítána v počáteční investici do FVE.

Cena za střídač s výkonem 50 kW je aktuálně cca 100 000 Kč.

Provozní náklady

Každé 3 roky se musí pro FVE provádět revize, jejíž aktuální cena se pohybuje okolo 3 000 Kč. Dále si může investor objednat čištění panelů, s kterým zde však nepočítáme.

Dotace

Aktuálně není vypsána žádná výzva vhodná pro naši instalaci, jediné pokud by zákazník zvažoval další úsporná opatření, jako je například zateplení nebo výměna oken.

Odpisy

Doba odpisování FVE je 20 let. V tomto průběhu však musíme již jednou vyměnit střídač a pravděpodobně i baterie. Střídač s baterií se odepisují 10 let.

Pokles výkonu komponent

Meziroční pokles účinnosti FV panelů volím lineární, výrobcem udávaný 0,6 %. Pokles kapacity baterie zde neuvažuji, jelikož výrobce udává záruku na 10 let na udržení parametrů baterie. Pokles účinnosti střídače je minimální, výrobcem neudávaný, zároveň se střídač každých cca 10 let mění a pokles účinnosti se u něj tolik neprojeví.

Daň

Ve výpočtech již počítám s plánovaným navýšením DPH na 21 %, které má nabýt účinnost od 1.1.2024.

Diskontní sazba

Diskontní sazbu 6 % volím dle aktuální diskontní sazby udávané Českou národní bankou.

Očekávaná inflace

Inflace v ČR za rok 2022 činí 15,1 %. Ustálená hodnota inflace v ČR v průběhu posledních 20 let se však pohybuje okolo 2 %. Jelikož ČSH počítám na dobu 30 let a předpokládám, že se inflace ustálí, volím inflaci 3 %. Ta se promítne do provozních a investičních nákladů.

Očekávané procentuální meziroční navýšení ceny nákupu elektřiny

Blížícím koncem Green Dealu se bude zvyšovat cena emisních povolenek, a tedy i cena elektřiny. Sice je dnes obchodní cena elektřiny zastropovaná na 5 Kč/kWh bez DPH, neobchodní cena ovládaná ERU a další poplatky se navyšovat můžou.

Očekávané procentuální meziroční navýšení ceny prodeje elektřiny

Předpokládám, že cena prodeje elektřiny do DS se bude zvyšovat alespoň úměrně se zvyšující se cenou nákupu elektřiny.

Všechny výše popsané faktory jsou velmi nestálé a špatně předvídatelné, z tohoto důvodu bude v kapitole 7.13 zhotovena citlivostní analýza, která znázorňuje právě jejich vliv na výdělečnost investice.

Počet ušetřených a prodaných kWh

Zjištění ušetřených a prodaných kWh díky FVE bylo stěžejní částí této práce, která je popsána v následující podkapitole.

7.8.2 Výpočet přímo spotřebované, uložené a prodané elektrické energie

Pro tento účel byla vytvořena „Výpočetní Excelová tabulka 1“, poskytnutá v příloze 2. Jednomu možnému řešení návrhu FVE jsou věnovány vždy dva listy. V listech pojmenovaných „Řešení č.1“, „Řešení č.2“ atd. je uvedena FVE bez baterie.

	A	B	I	J	K	L	M	N	O
1	Údaje z PVGIS								
2	Latitude (decimal degrees):50,098	Cena prodej		0,0005 Kč/Wh		Vyplnit			
3	Longitude (decimal degrees):14,359	Cena nákup		0,00583 Kč/Wh		Výsledky			
4	Elevation (m):306	Cena / kWp		22600 Kč		informativní buňky			
5	Radiation database:PVGIS-SARAH2	Inst. Výkon		50 kWp					
7	P = vyrobená ee	Cena FVE		1130000 Kč					
8	Slope: 9 deg,	Vyrobena kWh		50352 kWh					
9	Azimuth: -5 deg,	Okamžitě spotřebováno		20764 kWh					
10	Nominal power of the PV system (c-SI) (kWp):50,0	Prodáno		29588 kWh					
11	System losses (%):14,0								
12									
13	Čas	Výkon [W]	Spotřeba [Wh]	Rozdíl [Wh]	Ušetřeno ze spotřeby [Wh]	Prodej přebytků [Wh]	Výnosy [Kč]	Z toho výnos z ušetření spotřeby [Kč]	Z toho výnos z prodeje přebytků [Kč]
14	20200101:0010	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
15	20200101:0110	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
16	20200101:0210	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
17	20200101:0310	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
18	20200101:0410	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
19	20200101:0510	0	840,0	-840,0	0	0	0	0	0,0
20	20200101:0610	0	1680,0	-1680,0	0	0	0	0	0,0
21	20200101:0710	0	4200,0	-4200,0	0	0	0	0	0,0
22	20200101:0810	5081,5	5880,0	-798,5	5081,5	0	29,625145	29,625145	0,0
23	20200101:0910	11706	6720,0	4986,0	6720	4986	41,6706	39,1776	2,5
24	20200101:1010	16951	8400,0	8551,0	8400	8551	53,2475	48,972	4,3
25	20200101:1110	16744,5	8400,0	8344,5	8400	8344,5	53,14425	48,972	4,2
26	20200101:1210	14731	8400,0	6331,0	8400	6331	52,1375	48,972	3,2
27	20200101:1310	10484	8400,0	2084,0	8400	2084	50,014	48,972	1,0
28	20200101:1410	3251	8400,0	-5149,0	3251	0	18,95333	18,95333	0,0
29	20200101:1510	0	7560,0	-7560,0	0	0	0	0	0,0
30	20200101:1610	0	6720,0	-6720,0	0	0	0	0	0,0
31	20200101:1710	0	7560,0	-7560,0	0	0	0	0	0,0
32	20200101:1810	0	8400,0	-8400,0	0	0	0	0	0,0
33	20200101:1910	0	8400,0	-8400,0	0	0	0	0	0,0
34	20200101:2010	0	7560,0	-7560,0	0	0	0	0	0,0
35	20200101:2110	0	5040,0	-5040,0	0	0	0	0	0,0
36	20200101:2210	0	2520,0	-2520,0	0	0	0	0	0,0
37	20200101:2310	0	1680,0	-1680,0	0	0	0	0	0,0

Obrázek 47 List „Případ č.1“ z Výpočetní Excelové tabulky 1

V těchto listech je porovnávána předpokládaná výroba FVE z PVGIS s hodinovou spotřebou objektu a zjištěno tím ušetřené množství ee, kterou by bylo nutné nakoupit a prodané množství ee do DS.

V listech pojmenovaných „Řešení č.1 Baterie“, „Řešení č.2 Baterie“ atd. je na předchozí list „nabalena“ baterie. Výpočet se rozrůstá o ukládání přebytků ee do baterie, její využití v době nedostatečné výroby z FVE a případné prodeje přetoků do DS.

7.8.3 Volba kapacity baterie

V listech „Řešení č.1 Baterie“, „Řešení č.2 Baterie“ atd. si v buňce D4 volíme kapacitu baterie a sledujeme změny výsledku ČSH ve Výpočetní Excelové tabulce 2 z přílohy č.3, který je s ním propojený. Pro toto dimenzování lze využít excelové funkce „Řešitel“, nebo zadávat hodnoty manuálně.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Vyplnit		Cena nákupu	0,0058	Kč/Wh		Cena baterie	319000	Kč				
2	Výsledky		Cena prodeje ee	0,0005	Kč/Wh		Uloženo v baterii	6454	kWh				
3	Informativní buňky		Měrná cena baterie	11	Kč/Wh		Přebytky	23134	kWh				
4			Volba kapacity baterie	29000	Wh		Celková cena s FVE	1449000	Kč				
5			DoD	0,9	-								
6			Využitelná kapacita bat	26100	Wh								
7			Minimální kapacita bat	2900	Wh								
8													
9													
10													
11	Čas	Výroba [W]	Spotřeba [W]	Kap - [Wh]	Kap + [Wh]	d Kapacity [Wh]	Aktuální kapacita neomezená[Wh]	Dolní vyrovnání [Wh]	Horní vyrovnání [Wh]	Aktuální kapacita baterie [Wh]	Výnosy / náklady baterie [Kč]	Uloženo do baterie [Wh]	Přebytky [Wh]
13	20200101:0010	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
14	20200101:0110	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
15	20200101:0210	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
16	20200101:0310	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
17	20200101:0410	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
18	20200101:0510	0	840,0	-840	0	-840	2060	840	0	2900	0	0	0
19	20200101:0610	0	1680,0	-1680	0	-1680	1220	1680	0	2900	0	0	0
20	20200101:0710	0	4200,0	-4200	0	-4200	-1300	4200	0	2900	0	0	0
21	20200101:0810	5081,5	5880,0	-798,5	0	-798,5	2101,5	798,5	0	2900	0	0	0
22	20200101:0910	11706	6720,0	0	4986	4986	7886	0	0	7886	-2,493	4986	0
23	20200101:1010	16951	8400,0	0	8551	8551	16437	0	0	16437	-4,2755	8551	0
24	20200101:1110	16745	8400,0	0	8344,5	8344,5	24781,5	0	0	24781,5	-4,17225	8344,5	0
25	20200101:1210	14731	8400,0	0	6331	6331	31112,5	0	-5012,5	26100	-0,65925	1318,5	5012,5
26	20200101:1310	10484	8400,0	0	2084	2084	28184	0	-2084	26100	0	0	2084
27	20200101:1410	3251	8400,0	-5149	0	-5149	20951	0	0	20951	30,01867	0	0
28	20200101:1510	0	7560,0	-7560	0	-7560	13391	0	0	13391	44,0748	0	0
29	20200101:1610	0	6720,0	-6720	0	-6720	6671	0	0	6671	39,1776	0	0
30	20200101:1710	0	7560,0	-7560	0	-7560	-889	3789	0	2900	21,98493	0	0
31	20200101:1810	0	8400,0	-8400	0	-8400	-5500	8400	0	2900	0	0	0
32	20200101:1910	0	8400,0	-8400	0	-8400	-5500	8400	0	2900	0	0	0
33	20200101:2010	0	7560,0	-7560	0	-7560	-4660	7560	0	2900	0	0	0
34	20200101:2110	0	5040,0	-5040	0	-5040	-2140	5040	0	2900	0	0	0
35	20200101:2210	0	2520,0	-2520	0	-2520	380	2520	0	2900	0	0	0
36	20200101:2310	0	1680,0	-1680	0	-1680	1220	1680	0	2900	0	0	0

Obrázek 48 „Řešení č.1 Baterie“ z Výpočetní Excelové tabulky 1

7.8.4 Výpočet ČSH

Pro výpočet ČSH s přihlédnutím na přehlednost byl vytvořen nový Excelový soubor „Výpočetní Excelová tabulka 2“, která je s Výpočetní Excelovou tabulkou 1 propojena. V listech tohoto Excelového souboru je vypočtená ČSH pro jednotlivé možnosti řešení. Změny vstupních dat ve Výpočetní Excelové tabulce 1 se automaticky promítají do Výpočetní Excelové tabulky 2, nikoliv však opačně. V excelovém souboru patří jeden list vždy jednomu možnému řešení návrhu FVE.

ČSH

Rok	Odplysy	Počet ušetřených kWh	Počet prodaných kWh	Cena nákupu	Cena prodeje	Úspory	Provozní náklady	Investiční náklady	Hrubý zisk	Daň	Čistý zisk	CF	Kumulované CF	Df	DCF	Kumulované DCF
0	- Kč	0	0	0	0	0 Kč	- Kč	1 449 000 Kč	- Kč	0	0	- 1 449 000 Kč	- 1 449 000,00 Kč	100%	- 1 449 000 Kč	- 1 449 000 Kč
1	72 450 Kč	27219	23134	5,83 Kč	0,50 Kč	167 023 Kč	- Kč	- Kč	94 573 Kč	19 860 Kč	74 713 Kč	147 163 Kč	- 1 301 836,96 Kč	94,34%	138 833 Kč	- 1 310 167 Kč
2	72 450 Kč	26946	22902	6,06 Kč	0,52 Kč	171 934 Kč	- Kč	- Kč	99 484 Kč	20 892 Kč	78 592 Kč	151 042 Kč	- 1 150 794,77 Kč	89,00%	134 427 Kč	- 1 175 740 Kč
3	72 450 Kč	26785	22765	6,31 Kč	0,54 Kč	177 717 Kč	- Kč	- Kč	101 989 Kč	21 418 Kč	80 571 Kč	153 021 Kč	- 997 773,34 Kč	83,96%	128 480 Kč	- 1 047 260 Kč
4	72 450 Kč	26624	22628	6,56 Kč	0,56 Kč	183 695 Kč	- Kč	- Kč	111 245 Kč	23 362 Kč	87 884 Kč	160 334 Kč	- 837 439,56 Kč	79,21%	126 999 Kč	- 920 261 Kč
5	72 450 Kč	26464	22492	6,82 Kč	0,58 Kč	189 874 Kč	- Kč	- Kč	117 424 Kč	24 659 Kč	92 765 Kč	165 215 Kč	- 672 224,45 Kč	74,73%	123 458 Kč	- 796 802 Kč
6	72 450 Kč	26305	22358	7,09 Kč	0,61 Kč	196 291 Kč	- Kč	- Kč	120 229 Kč	25 248 Kč	94 981 Kč	167 431 Kč	- 504 793,83 Kč	70,50%	118 032 Kč	- 678 770 Kč
7	72 450 Kč	26148	22223	7,38 Kč	0,63 Kč	202 862 Kč	- Kč	- Kč	130 412 Kč	27 387 Kč	103 026 Kč	175 476 Kč	- 329 318,31 Kč	66,51%	116 701 Kč	- 562 069 Kč
8	72 450 Kč	25991	22090	7,67 Kč	0,66 Kč	209 685 Kč	- Kč	- Kč	137 235 Kč	28 819 Kč	108 416 Kč	180 866 Kč	- 148 452,51 Kč	62,74%	113 477 Kč	- 448 592 Kč
9	72 450 Kč	25835	21957	7,98 Kč	0,68 Kč	216 738 Kč	- Kč	- Kč	140 373 Kč	29 478 Kč	110 895 Kč	183 345 Kč	- 34 892,43 Kč	59,19%	108 522 Kč	- 340 070 Kč
10	72 450 Kč	25680	21826	8,30 Kč	0,71 Kč	224 027 Kč	- Kč	- Kč	151 577 Kč	31 831 Kč	119 746 Kč	- 235 100 Kč	- 200 207,61 Kč	55,84%	102 891 Kč	- 258 107 Kč
11	114 350 Kč	25526	21695	8,63 Kč	0,74 Kč	231 562 Kč	- Kč	- Kč	117 212 Kč	24 614 Kč	92 597 Kč	206 947 Kč	6 739,60 Kč	52,68%	109 017 Kč	- 363 332 Kč
12	114 350 Kč	25373	21565	8,98 Kč	0,77 Kč	239 349 Kč	- Kč	- Kč	120 722 Kč	25 352 Kč	95 370 Kč	209 720 Kč	216 460,05 Kč	49,70%	104 225 Kč	- 258 107 Kč
13	114 350 Kč	25220	21435	9,33 Kč	0,80 Kč	247 399 Kč	- Kč	- Kč	133 049 Kč	27 940 Kč	105 109 Kč	219 459 Kč	435 918,61 Kč	46,88%	102 891 Kč	- 155 216 Kč
14	114 350 Kč	25069	21307	9,71 Kč	0,83 Kč	255 719 Kč	- Kč	- Kč	141 369 Kč	29 687 Kč	111 681 Kč	226 031 Kč	661 949,92 Kč	44,23%	99 974 Kč	- 55 242 Kč
15	114 350 Kč	24919	21179	10,10 Kč	0,87 Kč	264 318 Kč	- Kč	- Kč	145 294 Kč	30 512 Kč	114 783 Kč	229 133 Kč	891 082,48 Kč	41,73%	95 609 Kč	40 367 Kč
16	114 350 Kč	24769	21052	10,50 Kč	0,90 Kč	273 207 Kč	- Kč	- Kč	158 857 Kč	33 360 Kč	125 497 Kč	239 847 Kč	1 130 929,34 Kč	39,36%	94 415 Kč	134 781 Kč
17	114 350 Kč	24620	20925	10,92 Kč	0,94 Kč	282 394 Kč	- Kč	- Kč	168 044 Kč	35 289 Kč	132 755 Kč	247 105 Kč	1 378 034,09 Kč	37,14%	91 766 Kč	226 547 Kč
18	114 350 Kč	24473	20800	11,36 Kč	0,97 Kč	291 890 Kč	- Kč	- Kč	172 433 Kč	36 211 Kč	136 222 Kč	250 572 Kč	1 628 605,84 Kč	35,03%	87 786 Kč	314 334 Kč
19	114 350 Kč	24326	20675	11,81 Kč	1,01 Kč	301 705 Kč	- Kč	- Kč	187 355 Kč	39 345 Kč	148 010 Kč	262 360 Kč	1 890 966,18 Kč	33,05%	86 714 Kč	401 047 Kč
20	114 350 Kč	24180	20551	12,28 Kč	1,05 Kč	311 850 Kč	- Kč	- Kč	197 500 Kč	41 475 Kč	156 025 Kč	- 486 386 Kč	1 404 580,28 Kč	31,18%	151 657 Kč	249 390 Kč
21	41 900 Kč	23891	20428	12,77 Kč	1,10 Kč	322 335 Kč	- Kč	- Kč	274 854 Kč	57 719 Kč	217 135 Kč	259 035 Kč	1 663 615,22 Kč	29,42%	76 197 Kč	325 586 Kč
22	41 900 Kč	23891	20305	13,29 Kč	1,14 Kč	333 173 Kč	- Kč	- Kč	291 273 Kč	61 167 Kč	230 106 Kč	272 006 Kč	1 935 621,02 Kč	27,75%	75 483 Kč	401 069 Kč
23	41 900 Kč	23891	20305	13,82 Kč	1,18 Kč	346 500 Kč	- Kč	- Kč	304 600 Kč	63 966 Kč	240 634 Kč	282 534 Kč	2 218 155,08 Kč	26,18%	73 967 Kč	475 036 Kč
24	41 900 Kč	23891	20305	14,37 Kč	1,23 Kč	360 360 Kč	- Kč	- Kč	312 362 Kč	65 596 Kč	246 766 Kč	288 666 Kč	2 506 820,83 Kč	24,70%	71 994 Kč	546 330 Kč
25	41 900 Kč	23891	20305	14,94 Kč	1,28 Kč	374 774 Kč	- Kč	- Kč	332 874 Kč	69 904 Kč	262 971 Kč	304 871 Kč	2 811 691,67 Kč	23,30%	71 034 Kč	617 365 Kč
26	41 900 Kč	23891	20305	15,54 Kč	1,33 Kč	389 765 Kč	- Kč	- Kč	347 865 Kč	73 052 Kč	274 814 Kč	316 714 Kč	3 128 405,39 Kč	21,98%	69 617 Kč	686 981 Kč
27	41 900 Kč	23891	20305	16,16 Kč	1,39 Kč	405 356 Kč	- Kč	- Kč	356 792 Kč	74 926 Kč	281 866 Kč	323 766 Kč	3 452 171,24 Kč	20,74%	67 139 Kč	754 120 Kč
28	41 900 Kč	23891	20305	16,81 Kč	1,44 Kč	421 570 Kč	- Kč	- Kč	370 670 Kč	79 731 Kč	290 940 Kč	341 840 Kč	3 794 010,81 Kč	19,56%	66 874 Kč	826 542 Kč
29	41 900 Kč	23891	20305	17,48 Kč	1,50 Kč	438 433 Kč	- Kč	- Kč	396 533 Kč	83 272 Kč	313 261 Kč	355 161 Kč	4 149 171,99 Kč	18,46%	65 544 Kč	886 542 Kč
30	41 900 Kč	23891	20305	18,18 Kč	1,56 Kč	455 970 Kč	- Kč	- Kč	406 789 Kč	85 426 Kč	321 363 Kč	363 263 Kč	4 512 435,05 Kč	17,41%	63 248 Kč	949 789 Kč
ČSH																949 789 Kč

Obrázek 49 Výpočet ČSH pro Řešení č.1

7.8.5 Porovnání ČSH pro jednotlivé případy

Tabulka 11 Výsledky ČSH

Varianta	ČSH	ROI	VVP	PP	Baterie
č.1	949 789 Kč	5,16 %	10,74 %	19,39	29 kWh
č.2	928 414 Kč	5,18 %	10,78 %	19,30	24 kWh
č.3	920 284 Kč	5,17 %	10,77 %	19,33	23 kWh
č.4	860 042 Kč	5,30 %	10,90 %	18,87	12 kWh
č.5	856 447 Kč	5,28 %	10,89 %	18,92	12 kWh

Z výsledků vyplývá, že z pohledu ČSH je nejvhodnější možnou volbou řešením č.1 s kapacitou baterie 29 000 Wh. V případě č.1 jsou panely směřovány na skutečný jih, vyrobí tedy nejvíce elektřiny a je schopen i více uschovat do baterie.

Jako druhá nejlepší volbou vychází řešení č.2 s panely orientovanými na JZ. Spotřeba objektu je nejvyšší přes poledne a večer, z tohoto důvodu vychází tento případ jako druhý nejvhodnější.

Méně vhodnými řešeními jsou řešení č. 3 a č. 4, které používají „A“ konstrukci, u které polovina panelů směřuje směrem na severovýchod nebo severozápad.

Z pohledu doby návratnosti vychází nejlépe možnosti řešení 4 a 5, které mají menší investiční náklad kvůli levnější konstrukci a menší nejvhodnější kapacitě baterie. Kapacita baterií je v porovnání s prvními třemi řešeními malá, jelikož je i celková roční výroba menší, toto jsme zjistili již v tabulce 10. Zároveň tyto dvě navržené FVE vyrábějí ee i ráno a k večeru, tudíž pokryjí spotřebu i v tuto dobu. Oproti prvním třem návrhům, které v tuto dobu vyrábějí méně a musí nedostatky čerpat z baterie, nemusí tyto dvě řešení disponovat baterií o takové kapacitě.

7.9 Upřesnění instalovaného výkonu

Po zjištění nejlepší možnosti orientace panelů můžeme přikročit k upřesnění inst. výkonu. Do programu PVGIS znovu vkládáme vstupní hodnoty z Řešení č.1 avšak s jinými

instalovanými výkony. Dále hodnoty zpracováváme ve výpočetních excelech stejným způsobem jako v předchozí kapitole.

Tabulka 12 Změna ČSH v závislosti na instalovaném výkonu Případu č. 1

Inst. výkon	ČSH	Baterie
55 kWp	947 071 Kč	36 000 Wh
50 kWp	949 789 Kč	29 000 Wh
45 kWp	949 399 Kč	20 000 Wh
40 kWp	944 572 Kč	14 000 Wh
35 kWp	931 018 Kč	10 000 Wh

Z výpočetních excelů vyplývá, že se ideální instalovaný výkon nachází kolem 50 kWp. Při vyšším inst. výkonu se začíná vyrábět nadbytek elektrické energie, který se nespotřebuje v objektu a prodá se do DS za minimální cenu. Při nižším inst. výkonu je naopak vyrobené ee nedostatek, takže se musí nakupovat.

Proto volím variantu Řešení č. 1 s instalovaným výkonem 50 kWp a baterií o kapacitě 29 kWh, pro kterou vypracujeme podrobnější návrh rozložení panelů. Je pravděpodobné, že se inst. výkonu bude muset upravit, například kvůli hromosvodu, či pravidlům stringování.

7.10 Návrh rozložení panelů pro Řešení č. 1

Pro návrh RP byl využit program K2 Base. Panely byly rozloženy dle výsledku z analýzy zastínění, vzdálenosti od hromosvodu a okrajů střechy. Na střeše je umístěno 100 panelů, s rozestupem mezi panely 40 cm.



Obrázek 50 Upravené RP pro případ č.1 ¹¹ Zdroj: Autor

Nebylo tedy nutné odebrat tolik panelů, aby se instalovaný výkon snížil pod hodnotu 50 kWp. Můžeme tedy ponechat původní návrh případu č.1 se stejnou kapacitou baterie. Nyní můžeme pokročit k návrhu vhodného střídače.

¹¹ Severní roh střechy je v obrysu zkosený, aby se podle něj daly zarovnat panely.

7.11 Návrh střídače

Pro inst. výkon 50 kWp hledáme střídač s maximálním AC výstupním výkonem okolo 50 kW, dalším požadavkem na střídač je možnost připojení baterie.

Z nabídky střídačů volím střídač Huawei SUN2000-50KTL-M3 s parametry:

Tabulka 13 Parametry střídače Huawei SUN2000-50KTL-M3

Parametr	Hodnota
Maximální napětí	1100 V
Minimální napětí	200 V
Spodní hranice MPPT	250 V
Horní hranice MPPT	1000 V
Jmenovité napětí	600 V
Počet vstupů na MPPT	2
Počet MPPT	4
Max. AC výstupní výkon	50 000 W
Max. výstupní proud	79,8 A

Max. výstupní proud je 79,8 A, nemusíme tedy navyšovat stávající hlavní jistič, který má hodnotu 160 A.

7.12 Stringování

Pro zjištění rozsahu počtu panelů ve stringu musíme zjistit parametry vybraných panelů AEG AS-M132 500 Wp.

Tabulka 14 Parametry FV panelu AEG AS-M132 500Wp

Parametr	Hodnota
Uoc	45,34 V
Ump	37,39 V
NOCT	20 °C
Uoc koeficient	-0,246 %

Dále je nutné zjistit celoroční maximální, minimální teplotu v ČR a rozdíl od teploty okolí, při kterém je testován FV panel.

Tabulka 15 Teplotní parametry panelu AEG AS-M132 500 Wp

Parametr	Hodnota
Ambientní teplota	20 °C
Maximální teplota okolí	38 °C
Minimální teplota okolí	-15 °C
Rozdíl od max. teploty	18 °C
Rozdíl od min. teploty	-35 °C

7.12.1 Výpočet rozsahu počtu panelů ve stringu:

Minimální počet panelů

$$= \frac{\text{Náběhové (startovací) napětí střídače}}{V_{MP} + V_{MP} * \text{Teplotní koeficient } V_{oc} * \text{Rozdíl } 25^\circ \text{ od max. teploty v ČR}}$$

$$= \frac{200}{37,39 + 37,39 * -0,00246 * 18} = \frac{200}{37,39 - 1,655} = \frac{200}{35,735} = 5,59 = \mathbf{6 \text{ panelů}}^{12}$$

Pro rozsah MPPT 7 panelů.

Maximální počet panelů

$$= \frac{\text{Max. DC vstupní napětí střídače}}{V_{oc} + V_{oc} * \text{Teplotní koeficient } V_{oc} * \text{Rozdíl } 25^\circ \text{ od min. teploty v ČR}}$$

$$= \frac{1100}{45,34 + 45,34 * -0,00246 * -35} = \frac{1100}{45,34 + 3,9} = \frac{1100}{49,24} = 22,33 = \mathbf{22 \text{ panelů}}^{13}$$

Pro rozsah MPPT 20 panelů.

$$\text{Optimální počet panelů} = \frac{\text{Jmenovité napětí střídače}}{V_{MPP}} = \frac{600}{37,39} = 16,04$$

$$\approx \mathbf{16 \text{ panelů}}$$

Snažíme se tedy na jednom vstupu mít 16 panelů, vstupy nemusíme obsadit všechny, je však vhodné obsadit všechny MPPT.

Tabulka 16 Stringování

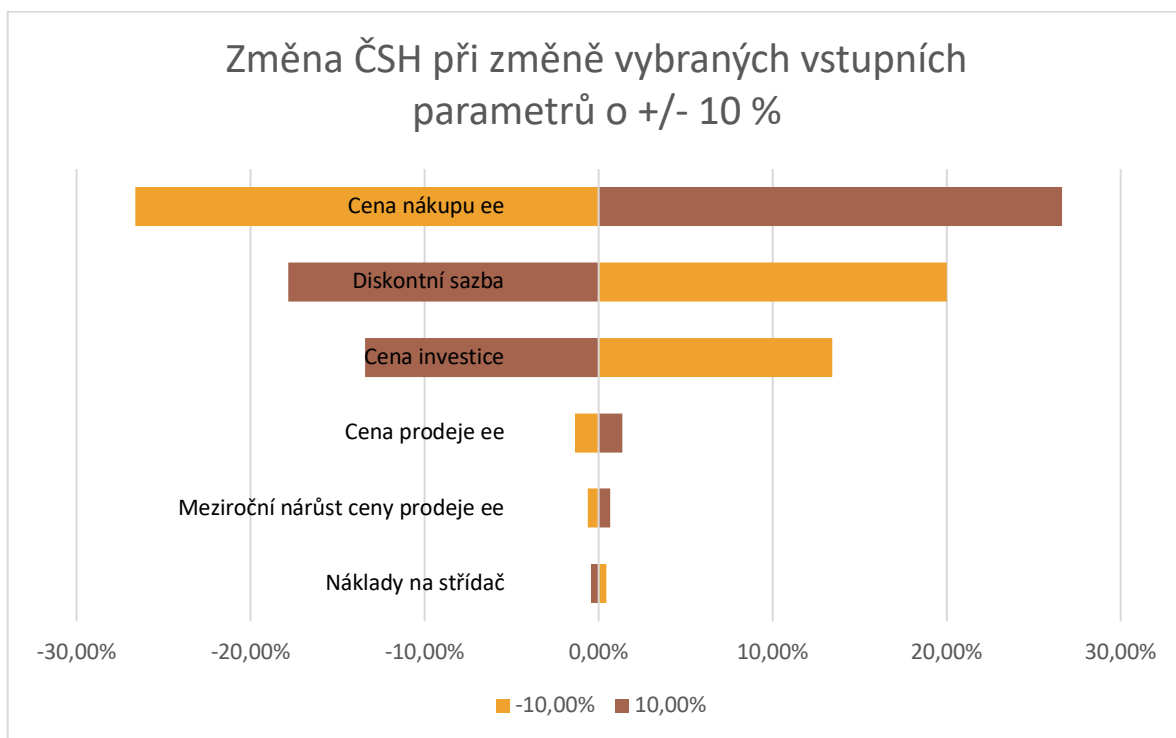
									Celkem
MPPT	1		2		3		4		4
Vstup	1	2	1	2	1	2	1	2	8
Počet panelů	16	16	16	16	10	10	16		100
Výkon [kWp]	8000	8000	8000	8000	5000	5000	8000	0	50000

¹² Pro minimální počet panelů se zaokrouhluje směrem nahoru na celá čísla.

¹³ Pro maximální počet panelů se zaokrouhluje směrem dolů na celá čísla.

7.13 Citlivostní analýza

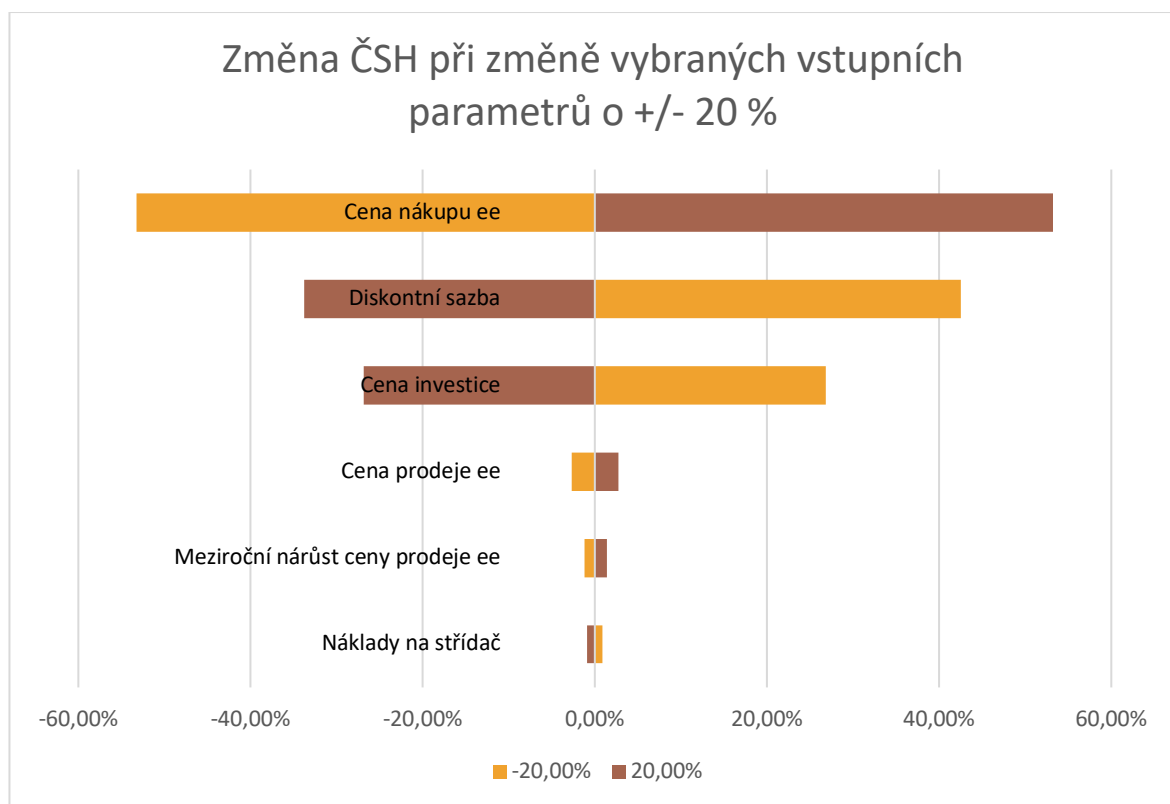
Do výhodnosti investice FVE vstupují nepředvídatelné a námi často neovlivnitelné faktory. Proto je zde zhotovena citlivostní analýza, která toto chování zachycuje. Vstupními parametry pro citlivostní analýzu je cena nákupu, která logicky velmi ovlivňuje výhodnost pořízení FVE. Dalším zvoleným parametrem je diskontní sazba, která má na investici vysoký vliv z důvodu dlouhé životnosti FVE. Dalším vstupem je počáteční investice. Při dobře navržených FVE se ČSH zvyšuje s většími investičními náklady. FVE s nižšími investičními náklady mají zpravidla kratší dobu návratnosti. Dalšími vstupy je cena prodeje ee a cena střídače, který se u FVE mění průměrně každých 10 let. Oproti tomu nezahrnutá baterie má záruku na kapacitu 10 let, to však neznamená, že se po uplynutí této doby zničí, můžeme ji tedy dále používat a nemusí se povinně měnit. Posledním faktorem je meziroční nárůst ceny prodeje ee, který má aktuálně růstový trend.



Obrázek 51 Změna ČSH při změně vstupních parametrů o 10 %

Největším vlivem na finální ČSH při změně vstupních parametrů o 10 % je cena nákupu elektrické energie, která se změní o 26,6 %, při změně o 20 % zapříčiní změnu o 53,3 %. V současné situaci je cena ee velmi nestabilní, a i malá změna od naší uvažované ceny zanáší

do výpočet ČSH značnou nejistotu. Možností, jak této nejistotě předejít je zvolit si zafixovanou cenu e_e na co nejdelší dobu, ideálně 30 let. Toto však není aktuálně výhodné, jelikož se v krátkodobém horizontu očekává snížení ceny elektřiny, mluví za to i levnější cena ve smlouvách s fixovanou cenou elektřiny.



Obrázek 52 Změna ČSH při změně vstupních parametrů o 20 %

Druhým nejvýznamnějším parametrem je výše zvolené diskontní sazby, v našem případě 6 %. Tu je třeba uvažovat pro celou dobu investice s uvažováním současné situace a dlouhodobého výhledu do budoucna. Při změně diskontní sazby o + 10 % se ČSH změní o + 20 %, při změně o + 20 % se změní o + 42,5 %, jde tedy o nelineární závislost, s kterou je třeba počítat. Dalším vstupním parametrem je počáteční výše investice do FVE. Při změně ceny investice o 10 % se změnilo ČSH o 13,4 %, při změně o 20 % se změnilo o 26,8 %.

7.14 Zhodnocení investice

Bez využití dotace hodnotím investici do mnou navržené fotovoltaické elektrárny jako vhodnou. Je vhodné porovnat tuto investici s dalšími investicemi do úspory energií a případně je skombinovat.

Vypočtené ekonomické ukazatele:

Míra návratnosti

$$ROI = \frac{\text{Čistý zisk z investice}}{\text{Náklady na investici}} * 100 = \frac{74\,713}{1\,449\,000} * 100 = 5,16 \%$$

Statická doba návratnosti

$$PP = \frac{\text{Investiční výdaj}}{\text{Roční úspora nákladů}} = \frac{1\,449\,000}{74\,713} = 19,39 \text{ let}$$

Vnitřní výnosové procento

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1 + VVP)^t} \Rightarrow VVP = 0,1074 = 10,74 \%$$

Výpočet byl proveden funkcí „Míra.Výnosnosti“ ve Výpočetní Excelové tabulce 2.

Čistá současná hodnota

$$\text{ČSH} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_n}{(1 + r)^n} = 949\,789 \text{ Kč}$$

Výpočet byl proveden funkcí ve Výpočetní Excelové tabulce 2.

Pro zlepšení výhodnosti investice doporučuji objednateli spojit výstavbu FVE s dalšími úspornými opatřeními a zažádat si o dotaci z programu OPTAK, který pro malé podniky nabízí vrácení 55 % způsobilých nákladů. Dalším doporučením je přizpůsobení spotřeby elektrické energie výrobě FVE, pořízení bojleru pro ohřev vody, nebo ukládání přebytečné ee do elektromobilu.

8 Diskuze

Cílem této práce je poskytnutí komplexního postupu pro obecný návrh fotovoltaické elektrárny a jeho následné použití na konkrétním případě.

Výsledkem práce je popsána metodika návrhu střešních fotovoltaických elektráren do instalovaného výkonu 50 kWp.

Výsledným návrhem fotovoltaické elektrárny pro daný případ je výrobná o instalovaném výkonu přesně 50 kWp. Panely mají azimut -5° a sklon 9° . Ve fotovoltaické elektrárně našla využití baterie o kapacitě 29 kWh. Čistá současná hodnota, kterou se návrh fotovoltaické elektrárny řídil činí 949 789 Kč.

Propojením výpočtu ČSH s parametry fotovoltaické elektrárny ukazují jejich vliv na výdělečnost investice, a tudíž její správný návrh. Na vypracovaném modelu si lze vyzkoušet vliv kapacity baterie a dalších faktorů na čisté současné hodnotě investice do fotovoltaické elektrárny.

Z citlivostní analýzy vyplynulo, že je výhodnost investice do fotovoltaické elektrárny závislá primárně na ceně nákupu elektrické energie. Dvaceti procentní změna této proměnné zapříčinila na výstupu 53,3 % změnu čisté současné hodnoty. Do investice tedy vstupují neovlivnitelné a špatně předvídatelné faktory, metodika návrhu však zůstává správná a stejná, nehledě na měnících vstupních faktorech. Výpočty jsou tedy matematicky přesné, avšak pouze indikativní kvůli nestálosti vstupních parametrů.

Největším možným přínosem pro správnost návrhu fotovoltaické elektrárny, a tedy jejím zlepšením by byla dostupnost dat z hodinového měření spotřeby elektrické energie po dobu celého roku a znalost budoucího vývoje ceny elektrické energie. Fixovaná cena el. energie nebyla pro výpočet zvolena, jelikož se pro nejbližší dobu předpokládám snižování cen energií, ve střednědobém horizontu však předpokládám její zvyšování.

Návrh fotovoltaických elektráren lze libovolně zesložitit či zjednodušit. Pro tuto práci byla zvolena větší úroveň složitosti návrhu, která se v praxi návrhů FVE do 50 kWp běžně nepoužívá. Navrhovatel by však vždy měl rozumět veškeré problematice zde zmíněné, aby mohl provést sérii odborných odhadů a dospět tak k výsledku blížícímu se návrhu FVE na úrovni této práce.

Možné zlepšení návrhu fotovoltaické elektrárny vidím v dostupnosti celoroční hodinové spotřeby, která by posunula výpočty z indikativní úrovně na přesné. Dále vidím možný přínos v přesnějším, lépe odpovídajícím určení očekávané míry inflace, růstu cen energií a diskontního faktoru profesionálem, který se dokonale vyzná v aktuální, rychle se měnící energetické a ekonomické situaci.

Praktickým přínosem této práce je shrnutí veškeré důležité problematiky týkající se návrhu střešní fotovoltaické elektrárny do instalovaného výkonu 50 kWp. Dalším přínosem je vytvoření metodiky navrhování již zmíněných fotovoltaických elektráren a získání praxe na konkrétním případě.

9 Závěr

Na začátku práce je vysvětlen princip fungování fotovoltaické elektrárny, následující výpisem hlavních komponent a jejich smyslu. Dále práce popisuje ekonomické a legislativní prostředí, do kterého fotovoltaické elektrárny spadají. Zjišťuje podmínky pro její výstavbu a provoz. Zaměřuje se na aktuální dotační možnosti vztahující se na fotovoltaické elektrárny do instalovaného výkonu 50 kWp pro MSP.

V praktické části je popsána problematika návrhu fotovoltaických elektráren a byla vytvořena metodika pro jejich navrhování, čímž práce dosáhla prvního vytyčeného cíle.

Druhého vytyčeného cíle práce dosáhla navržením a analýzou možných řešení návrhu fotovoltaické elektrárny. Byly zde uplatněny poznatky z rešerše, které byly na návrh metodicky aplikovány. Zhodnocením možných řešení návrhu byl vybrán ten nejvhodnější a několika iteracemi jeho instalovaného výkonu byl dosažen návrh fotovoltaické elektrárny na míru pro malý podnik umístěný v Praze. Při návrhu pro konkrétní případ byly zjištěny usnadňující i sěžující vstupní faktory a jejich dopady na návrh fotovoltaické elektrárny. Pro navrženou fotovoltaickou elektrárnu byla zhotovena citlivostní analýza a vypočteny ekonomické ukazatele.

10 Seznam literatury

- [1] Fotovoltaický jev. Solární energie [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.html>
- [2] VOBOŘIL, David. Příčiny solárního boomu v České republice. OENERGETICE.cz [online]. 22. březen 2015 [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-cr/priciny-solarniho-boomu>
- [3] VÝVOJ POČTU PROVOZOVEN A INSTALOVANÉHO VÝKONU PODPOROVANÝCH ZDROJŮ ENERGIE KE DNI 30. 9. 2022. Energetický regulační úřad [online]. 18.10.2022, aktualizováno 08.03.2023 [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/vyvoj-poctu-provozoven-instalovaneho-vykonu-podporovanych-zdroju-energie-ke-dni-30-9-2022>
- [4] Růst počtu žádostí o první paralelní připojení k roku 2022. [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/pro-vyrobce/aktuality>
- [5] Proč panely o vysokém výkonu přes 500 Wp nemusí „být velkou výhodou“ pro investory do fotovoltaiky? Solarninovinky.cz [online]. 8.11.2020 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.solarninovinky.cz/proc-panely-o-vysokem-vykonu-pres-500-wp-nemusi-byt-velkou-vyhrou-pro-zakazniky/>
- [6] K2 Dome 6 System. K2 Systems GmbH [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://k2-systems.com/produktloesungen/dome-6/>
- [7] Vertex S: BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE. Trina Solar [online]. 2021 [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EN_Datasheet_VertexS_DE09.08_2021B.pdf
- [8] Výkonový optimizér Tigo TS4-A-O max. 700 Wp. In: K&V ELEKTRO a.s.: elektroinstalační materiál [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: https://www.kvelektro.cz/api/products/1832301/images/L/vykonovy-optimizer-tigo-ts4-a-o-max-700-wp__p_1832301_5.jpg
- [9] SDT G2 Series. GoodWe: Smart Energy Innovator [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://en.goodwe.com/sdt-g2-series-three-phase-residential-solar-inverter>

- [10] Elektřina pro soláry. ČEZ a.s.: SKUPINA ČEZ [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/technologie/fotovoltaika/elektrina-pro-solary>
- [11] Co je to virtuální baterie a jak funguje. E.ON [online]. [cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/co-je-to-virtualni-baterie-a-jak-funguje/>
- [12] ZPRÁVA O VÝVOJI MALÉHO A STŘEDNÍHO PODNIKÁNÍ A JEHO PODPOŘE V ROCE 2017. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. 2017 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/male-a-stredni-podnikani/studie-a-strategicke-dokumenty/2018/10/Zprava_MSP_2017.pdf
- [13] Co je Vnitřní výnosové procento. Peníze.cz [online]. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/slovník/vnitri-vynosove-procento>
- [14] HASELHUHN, Ralf. Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu. 1. české vydání. Ostrava: HEL, 2011, s. 107. ISBN 978-8086167336.
- [15] Acetex s.r.o. Technická zpráva FVE pro RD. TZ_OP_XXXX. Místo vydání: Praha, Acetex s.r.o, 2023
- [16] Výkup elektřiny – obecné info. První česká energie a.s. [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.prvniceskaenergie.cz/podpora-info/vykupy-dodavky-zelena/vykup-ele-info>
- [17] Informace k fotovoltaickým elektrárnám. Energetický regulační úřad [online]. 11.10.2022, aktualizováno 18.04.2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/informace-k-fotovoltaickym-elektrarnam>
- [18] RYLOVÁ, Zuzana. Zdaňování příjmů z fotovoltaiky. Živnostník.cz. DUV PRO ŽIVNOSTNÍKY: Verlag Dashöfer [online]. 26.4.2023 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: https://www.duv.zivnostnik.cz/33/zdanovani-prijmu-z-fotovoltaiky-uniqueidgOke4NvrWuOxZ4GxLdrsItEg0jBwr2LODDulZX7UDBY/?uri_view_type=44&uid=1oAM6aFXnYI8UILXOYWcOtw&e=1Sbl373ueWontST9ccEsiLx2KLuqMiVap
- [19] Typy cen energií (spot, fix, pevná). První česká energie a.s. [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: <https://www.prvniceskaenergie.cz/podpora-info/vykupy-dodavky-zelena/ceny-energiei-typy>

- [20] Krátkodobé trhy: Výsledky denního trhu ČR - 09.07.2020. OTE, a.s.: Spojujeme trhy a příležitosti [online]. 2020 [cit. 2023-03-26]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/kratkodobe-trhy/elektrina/denni-trh?date=2020-07-09>
- [21] Krátkodobé trhy: Výsledky denního trhu ČR - 09.07.2023. OTE, a.s.: Spojujeme trhy a příležitosti [online]. 2023 [cit. 2023-07-11]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/kratkodobe-trhy/elektrina/denni-trh?date=2023-07-09>
- [22] BIOLKOVÁ, Jitka. Máte nárok na dotaci na fotovoltaiku podle nových podmínek programu Nová zelená úsporám?. S-Power [online]. 30. 3. 2022 [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://www.s-power.cz/mate-narok-na-dotaci-na-fotovoltaiku-podle-novych-podminek-programu-nova-zelena-usporam/>
- [23] Dotace pro bytové domy. Nová zelená úsporám: Státní fond životního prostředí ČR [online]. [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/bytove-domy/>
- [24] Přehled dotačních programů na podporu energetické účinnosti. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. 5.1.2023 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/dotace-na-uspory-energie/prehled-dotacnich-programu-na-podporu-energeticke-ucinnosti--271831/>
- [25] Efekt energie: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/>
- [26] Úspory energie – výzva I. OP TAK. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. 15.8.2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/optak-2021-2027/aktivity/uspory-energie/uspory-energie---vyzva-i--optak--269244/>
- [27] Úspory energie: BEZÚROČNÝ ÚVĚR NA ENERGETICKY ÚSPORNÉ PROJEKTY. Národní rozvojová banka [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.nrb.cz/produkt/uspory-energie/uspory-energie-oppik/>
- [28] ENERG: BEZÚROČNÝ ÚVĚR NA ENERGETICKY ÚSPORNÉ PROJEKTY V PRAZE. Národní rozvojová banka [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.nrb.cz/produkt/energ/>

- [29] Program ENERG na podporu dosažení úspor energie v konečné spotřebě v podnikatelském sektoru: VÝZVA K PŘEDKLÁDÁNÍ PROJEKTŮ. Národní rozvojová banka [online]. 2021 [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: https://www.nrb.cz/wp-content/uploads/2021/08/Energ_vyzva_IV.pdf
- [30] ELENA pro podnikatele: Pomoc při zpracování energeticky úsporného projektu a získání energetického posudku. Národní rozvojová banka [online]. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://www.nrb.cz/produkt/elena-pro-podnikatele/>
- [31] „LEX OZE II“ – komunitní energetika: Think Thank NAP SG. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. 1. března 2023 [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/narodni-akcni-plan-pro-chytre-site/2023/3/02_LEX-OZE-II_komunitni-energetika.pdf
- [32] Komunitní energetika. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/komunitni_energetika
- [33] Solární asociace. Jednání pracovní skupiny Velké zdroje [seminář]. Praha: VEDLE.SPA, 20.6.2023. Dostupné z: <https://www.solarniasociace.cz/event/jednani-pracovni-skupiny-pro-velke-zdroje/>
- [34] Vyrábět na poli elektřinu, nebo pěstovat zemědělské plodiny? Novela zákona od příštího roku zemědělcům umožní obojí. Solární asociace [online]. [cit. 2023-06-29]. Dostupné z: <https://www.solarniasociace.cz/vyrabet-na-poli-elektrinu-nebo-pestovat-zemedelske-plodiny-novela-zakona-od-pristiho-roku-zemedelcum-umozni-oboji/>
- [35] Ministerstvo životního prostředí ČR. Kam za obnovitelnými zdroji? [akce]. Praha: MŽP, Microsoft, AMO.cz, 14.06.2023.
- [36] Zákon o JES prošel Senátem. Ministerstvo životního prostředí ČR [online]. 10.05.2023 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20230510_Zakon-o-JES-prosel-Senatem
- [37] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. European Commission [online]. Last update: 01/03/2022 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

- [38] KUBÁTOVÁ, Věra. 1. díl – Jak se žije s fotovoltaickou elektrárnou: Provoz fotovoltaické elektrárny v číslech – čtyřčlenná rodina v domě s bazénem. S-Power [online]. 27. 8. 2021 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: <https://www.s-power.cz/provoz-fotovoltaicke-elektrarny-v-cislech-ctyrcleenna-rodina-v-dome-s-bazenem/>
- [39] Saku sun: Úsporné, ekologicky šetrné vytápění a ohřev teplé užitkové vody [online]. [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: <http://www.sakradotin.cz/>
- [40] FROLÍK, Václav. Zkušenosti s navrhováním solárních tepelných kolektorů. ASB Portál [online]. 3. února 2014 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/solarni-kolektory/zkusenosti-s-navrhovanim-solarnich-tepelnych-kolektoru>
- [41] PUDIVÍTR, Petr. Praktické úlohy z astronomie: 1. Slunce [online]. Praha, 2001 [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: https://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~puda/ulohy/dipl_pp/03.htm. Diplomová práce. MFF UK v Praze. Vedoucí práce doc. RNDr. Marek Wolf, CSc.
- [42] FROLÍK, Václav. Zkušenosti s navrhováním solárních tepelných kolektorů. ASB Portál [online]. 3. února 2014 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/technicka-zarizeni-budov/solarni-kolektory/zkusenosti-s-navrhovanim-solarnich-tepelnych-kolektoru>
- [43] Systém D-Dome 6 Xpress a Classic: Montážní návod. K2 Systems GmbH [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://catalogue.k2-systems.com/media/40/e2/6a/D-Dome-6-assembly-cs.pdf>
- [44] SOLAR.CONFIGURATOR: JEDNODUCHÁ KONFIGURACE FOTOVOLTAICKÝCH SYSTÉMŮ. Fronius SOLAR ENERGY [online]. [cit. 2023-06-15]. Dostupné z: <https://www.fronius.com/cs-cz/czech-republic/solarni-energie/instalacni-firmy-a-partneri/vyrobky-a-reseni/monitoring-a-digitalni-nastroje-pro-vas-fotovoltaicky-system/konfigurace-fotovoltaickeho-systemu-fronius-solarconfigurator>
- [45] SHEVCHENKO, Andriy. Technicko-ekonomická analýza možnosti instalace fotovoltaické elektrárny v zemích třetího světa na příkladu Ukrajiny [online]. Praha, 2018 [cit. 2023-06-18]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/77335/F3-DP->

- 2018-Shevchenko-Andriy-AndriyShevchenkoDP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y.
Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Vít Klein, Ph.D.
- [46] Fotovoltaické systémy: pro elektrikáře, projektanty, architekty, inženýry, manažery, stavitele, učitele, energetiky, další odborné soukromé nebo veřejné instituce a zájemce o fotovoltaický obor. Česká fotovoltaická asociace, Deutsche Gessellschaft für Sonnenenergie. Dostupné z: <https://www.cefaz.cz/publikace/fotovoltaicke-systemy.html>
- [47] Možnosti zvýšení efektivity solárních panelů. Sun vex [online]. Publikováno: 10. prosince 2020 [cit. 2023-05-20]. Dostupné z: <https://www.sunvexx.cz/moznosti-zvyseni-efektivita-solarnich-panelu/>
- [48] Střídač HUAWEI SUN2000-50KTL-M3: Datasheet. Huawei Technologies Co. Ltd. [online]. [cit. 2023-07-20]. Dostupné z: <https://solar.huawei.com/-/media/Solar/attachment/pdf/eu/datasheet/SUN2000-50kTL-M3-Datasheet.pdf>
- [49] FV panel Trina Solar Vertex S DE09 390-405 Wp: Datasheet. Trina Solar Co., Ltd.[online]. [cit.2023-07-20]. Dostupné z: https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EN_Datasheet_Vertex_DE09.pdf

11 Seznam použitého softwaru

[50] Autodesk Inventor LT 2023,24

[51] Microsoft Windows 10 a jeho integrované nástroje

[52] macOS a jeho integrované nástroje

[53] K2 Base

[54] Microsoft Word, Excel

Výše

12 Seznam příloh

Příloha č.1: Text práce (.pdf)

Příloha č.2: Excelová výpočetní tabulka 1 (.xlsx)

Příloha č.3: Excelová výpočetní tabulka 2 (.xlsx)

Výše