

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra elektroenergetiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití fotovoltaických systémů pro energetické zásobení čerpacích
stanic

Autor práce: **Bc. Martin Strnad**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.**

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin STRNAD**
Osobní číslo: **E20N0035P**
Studijní program: **N0713A060013 Výkonové systémy a elektroenergetika**
Specializace: **Elektroenergetika**
Téma práce: **Využití fotovoltaických systémů pro energetické zásobení čerpacích stanic**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky**

Zásady pro vypracování

1. Pro danou firmu provozující benzínové stanice zjistěte možnosti využití FV systému.
2. Spočítejte možnost instalačního výkonu FV.
3. Navrhněte možnosti využití vyrobené elektřiny pro vlastní spotřebu a pro obchod.
4. Spočítejte návratnost investice.


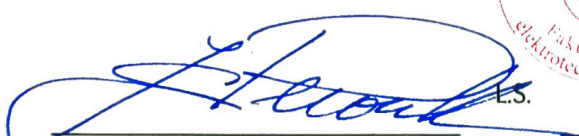

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Ralf Hashuhn: Fotovoltaika

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.**
Katedra elektroenergetiky

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**




Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce by měla posloužit firmě provozující síť čerpacích stanic jako podklad, který usnadní orientaci v problematice fotovoltaiky a pomůže při rozhodování, zdali je aktuálně výhodné do výstavby fotovoltaické elektrárny investovat. Pro vybrané provozovny je vypočten možný instalovaný výkon fotovoltaiky a dále je posouzen i způsob využití vyrobené elektrické energie. Posuzované možnosti využití elektrické energie z fotovoltaiky jsou následující: částečné pokrytí vlastní spotřeby čerpací stanice, prodej vyrobené elektřiny do distribuční sítě a zásobení dobíjecích stanic pro elektromobily. V závěru práce je provedeno ekonomické zhodnocení investice.

Klíčová slova

Fotovoltaický systém, podpora fotovoltaiky, nabíjecí stanice pro elektromobily, ekonomické zhodnocení

Abstract

The submitted diploma thesis should serve the company operating the network of filling stations as a basis that will facilitate orientation in the issue of photovoltaics and help in deciding whether it is currently advantageous to invest in the construction of a photovoltaic power plant. The possible installed power of photovoltaics is calculated for selected filling stations and the method of using the produced electricity is also assessed. The assessed possibilities of using electricity from photovoltaics are the following: partial coverage of the gas station's own consumption, sale of the produced electricity to the distribution network and supply of charging stations for electric vehicles. At the end of the work is an economic evaluation of the investment.

Key Words

Photovoltaic system, financial support of photovoltaics, charging stations for electric cars, economic evaluation

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Emilovi Dvorskému, CSc. za odborné vedení práce, trpělivost, vstřícný přístup a cenné rady. Dále pak pánům Pavlovi Faschingbauerovi a Václavovi Kropáčkovi.

Dále bych rád poděkoval rodičům za podporu v průběhu celého mého studia.

Obsah

Úvod	- 1 -
1 Fotovoltaický systém.....	- 2 -
1.1 Fotovoltaický panel	- 2 -
1.2 Střídač (měnič).....	- 5 -
1.3 Akumulace elektrické energie ve FV systému.....	- 6 -
1.4 Typy fotovoltaických systémů.....	- 8 -
2 Vývoj fotovoltaiky v ČR	- 12 -
3 Podpora OZE ze strany státu	- 14 -
3.1 Provozní podpora pro stávající instalace	- 14 -
3.2 Provozní podpora pro instalace uvedené do provozu od počátku roku 2022-	16 -
3.3 Dotace.....	- 17 -
3.3.1 Programové období 2021 – 2027.....	- 17 -
3.3.2 Nezbytné kroky pro získání dotace	- 18 -
4 Dobíjecí stanice pro elektromobily	- 21 -
4.1 Typy dobíjecích stanic.....	- 22 -
4.1.1 AC nabíjení.....	- 23 -
4.1.2 DC nabíjení.....	- 23 -
4.2 Provozovatelé dobíjecích stanic.....	- 24 -
5 Výpočet možného instalovaného výkonu FVE.....	- 26 -
6 Odhad produkce elektrické energie z FVE.....	- 29 -
6.1 Webová aplikace PVGIS.....	- 29 -
6.2 Čerpací stanice Aš Seta – ČS 2.....	- 31 -
6.3 Čerpací stanice Pavlův Studenec – ČS 20.....	- 32 -
6.4 Čerpací stanice Rozvadov OACZ – ČS 26.....	- 33 -
6.5 Čerpací stanice Folmava TIR – ČS 7	- 35 -
6.6 Obchodní centrum Folmava – ČS OC.....	- 36 -
7 Využití energie z FVE	- 39 -
7.1 Prodej energie	- 39 -
7.2 Vlastní spotřeba.....	- 41 -

8	OC Folmava - poměry v síti před a po připojení FVE	- 42 -
8.1	Poměry v síti před připojením FV1	- 43 -
8.2	Poměry v síti po připojením FV1 $S=343,36$ kVA a $\cos\varphi=1$	- 44 -
8.3	Napěťové rozdíly před a po připojení různých variant FV1.....	- 45 -
9	Ekonomické zhodnocení.....	- 47 -
9.1	Náklady na FV panely	- 47 -
9.2	Vstupní data a předpoklady ekonomického výpočtu	- 47 -
9.3	Metoda NPV a doba návratnosti	- 49 -
	Zhodnocení a závěr	- 51 -
	Literatura.....	- 52 -
	Přílohy	I

Seznam symbolů a zkratek

Značka	Popisek	Jednotka
<i>FV</i>	Fotovoltaický	
<i>FVE</i>	Fotovoltaická elektrárna	
<i>DC</i>	Stejnoseměrný proud	
<i>AC</i>	Střídavý proud	
<i>DS</i>	Distribuční soustava	
<i>POM</i>	Přípojné odběrové místo (CP – coupling point)	
<i>CCP</i>	Common coupling point	
<i>P_{FV}</i>	Činný výkon FVE	(W)
<i>VA</i>	Voltampérová	
<i>PWM</i>	Pulzně šířková modulace	
<i>OZE</i>	Obnovitelné zdroje energie	
<i>ERÚ</i>	Energetický regulační úřad	
<i>ČOV</i>	Čistička odpadních vod	
<i>OTE</i>	Operátor trhu s elektřinou	
<i>ČR</i>	Česká republika	
<i>EU</i>	Evropská unie	
<i>BEV</i>	Bateriové elektrické vozidlo	
<i>PHEV</i>	Plug-in hybridní elektrické vozidlo	
<i>S_s</i>	Celková plocha střechy provozovny	(m ²)
<i>S_p</i>	Použitelná plocha střechy provozovny	(m ²)
<i>P_{1p}</i>	Špičkový výkon jednoho FV panelu	(Wp)
<i>m_{1p}</i>	Hmotnost jednoho panelu	(kg)
<i>S_{1p}</i>	Plocha jednoho panelu	(m ²)
<i>M_{1kWp}</i>	Počet FV panelů potřebných na 1 kWp	(ks)
<i>S_{1kWp}</i>	Plocha potřebná pro 1 kWp	(m ²)
<i>P_{ins}</i>	Instalovaný špičkový výkon	(Wp)
<i>P_{1ins}</i>	Instalovaný špičkový výkon o hodnotě 1 kWp	(Wp)
<i>PVGIS</i>	Photovoltaic geographical information system – webová aplikace	
<i>OC</i>	Obchodní centrum	
<i>W</i>	energie	(Wh)
<i>VN</i>	Vysoké napětí	
<i>NN</i>	Nízké napětí	
<i>cosφ</i>	účinník	(-)
<i>U_n</i>	Jmenovité napětí	(V)
<i>U_{prov}</i>	Provozní napětí	(V)
<i>S_{zkr}</i>	Zkratový výkon	(VA)
<i>I_{zkr}</i>	Zkratový proud	(A)
<i>P_k</i>	Ztráty nakrátko	(W)
<i>u_k</i>	Napětí nakrátko	(%)
<i>P₀</i>	Ztráty naprázdno	(W)
<i>i₀</i>	Proud naprázdno	(%)
<i>R</i>	Rezistence (odpor)	(Ω/km)
<i>X</i>	Reaktance	(Ω/km)
<i>B</i>	Susceptance	(S/km)
<i>I_{max}</i>	Maximální proud vodičem	(A)

Značka	Popisek	Jednotka
Q	Jalový výkon	(VAr)
dU	Procentní úbytek napětí	(%)
Z_k	Zkratová impedance	(Ω)
α	Úhel	($^\circ$)
ΔdU	Rozdíl napěťových úbytků	(%)
C_1	Cena FV panelu – bez DPH	(Kč)
C_2	Cena FV panelu – s DPH	(Kč)
N_{i1kWp}	Investiční náklady na FV panely na 1 kWp	(Kč/kWp)
CF	Finanční tok	(Kč)
W_{rok}	Energie získaná z FVE za rok	(Wh)
N_{ipa}	Investiční náklady na FV panely	(Kč)
N_{ic}	Celkové investiční náklady na FVE	(Kč)
C_{el}	Uvažovaná cena elektřiny	(Kč/MWh)
NPV	Čistá současná hodnota	(Kč)
$T_{\dot{z}}$	Doba životnosti	(rok)
r	Diskontní míra	(%)
CF_n	Roční finanční tok	(Kč)
PP	Doba návratnosti	(rok)
D	dotace	(Kč)

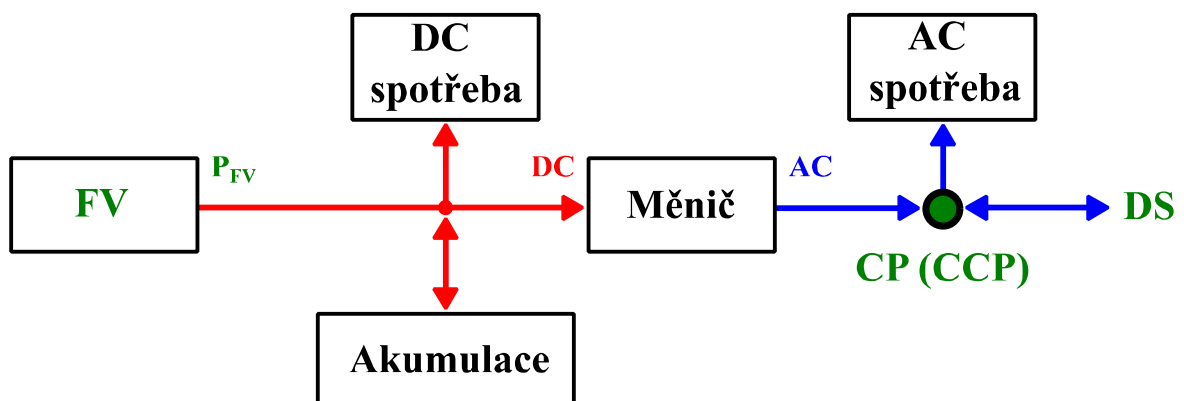
Úvod

Vzhledem ke stále se zvyšujícím cenám elektrické energie a s tím i souvisejícím tlakem na snižování energetické náročnosti budov, je čím dál častěji skloňována otázka ohledně částečného krytí spotřeby objektu z vlastních zdrojů. Jedním z nejvyužívanějších řešení, které slouží ke snížení spotřeby elektrické energie, je instalace fotovoltaického systému. A právě téma fotovoltaiky, respektive její využití pro energetické zásobení čerpacích stanic, je i předmětem této diplomové práce. Jedná se konkrétně o výpočet možného instalovaného výkonu fotovoltaiiky na vytypovaných čerpacích stanicích se zohledněním místních podmínek a dispozic jednotlivých čerpacích stanic. Dalším bodem této práce je posouzení možností, jak takto vyrobenou elektřinu efektivně využít. Zda-li, je výhodnější ji použít pro částečné krytí vlastní spotřeby čerpací stanice, nebo pro zásobení dobíjecích stanic elektromobilů či její prodej do veřejné elektrické sítě. V závěru této práce je uvedeno ekonomické zhodnocení, jehož součástí je i výpočet návratnosti investice.

1 Fotovoltaický systém

Fotovoltaický systém transformuje dopadající sluneční záření (elektromagnetické záření - fotonové) na elektřinu pomocí fotoelektrického jevu a slouží k pokrytí požadavku na její spotřebu. Princip FV článku je založen na fotoelektrickém jevu, tedy že dopad fotonu, respektive jeho absorpce, v látce uvolní elektron, čímž vzniká pár elektron – díra. Aby nedošlo k jejich okamžité rekombinaci, je nutné elektron z FV článku odvést. Pro zabránění zmíněné rekombinace páru elektron – díra se používají polovodiče, které elektrony a díry separují pomocí vnitřního elektrického pole PN přechodu. Odváděný tok uvolněných elektronů pak tvoří stejnosměrný proud (DC). [1]

Regulace potřebného výkonu je bez použití akumulace možná jen přepínáním a odpínáním okamžitého výkonu FV systému. V případě, že je spotřeba AC charakteru, je nutné zařadit před spotřebu měnič elektřiny (střídač). Potřebu elektřiny lze v tomto případě regulovat i napojením na vnější zásobitelský elektrizační systém (distribuční soustava – DS). Vzájemné propojení těchto systémů je přes přípojně odběrové místo (POM, někdy označované jako CP – coupling point), kdy při spotřebě elektřiny dochází k regulaci odběru z nadřazeného systému. Propojovací místo společné pro dodávku i spotřebu je pak označováno CCP (common coupling point). Jednotlivé součásti FV systému jsou blokově znázorněny na následujícím obrázku a jejich detailnější specifikace je diskutována v dalších bodech této kapitoly.



Obr. 1: Základní blokové schéma FV systému připojeného do odběrového/propojovacího místa.

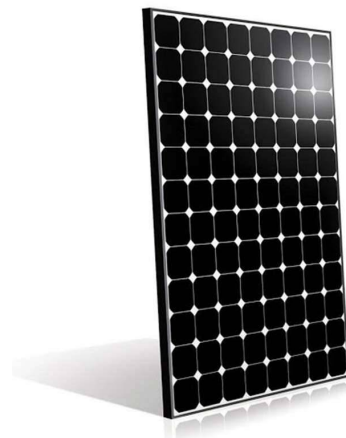
1.1 Fotovoltaický panel

Vzhledem k tomu, že výstupní výkon i napětí jednoho fotovoltaického článku je pro většinu aplikací příliš malý, spojují se jednotlivé fotočlánky dle požadovaného výkonu, napětí a odebíraného elektrického proudu do jednoho celku – fotovoltaického panelu

(modulu). Fotovoltaické pole se pak nazývá spojení více fotovoltaických panelů. Jeden FV panel obsahuje několik desítek až stovek sérioparalelně propojených fotočlánků. Protože jsou jednotlivé FV články velmi křehké, je zapotřebí k jejich výrobě používat kvalitní a odolné materiály. Podle druhu použitých FV článků lze FV panely dělit na monokrystalické, polykrystalické a amorfnní. [2], [3]

Monokrystalické FV panely

Monokrystalické panely jsou, stejně jako ostatní typy panelů, složeny z jednotlivých fotovoltaických článků. Tyto články jsou ale vyrobené z jednoho kusu monokrystalického křemíku, který je rozřezán na jednotlivé fotovoltaické články. Samotný monokrystal se vyrábí tažením krystalu za tepla. Monokrystalické panely mají ze všech běžně používaných panelů nejčistší strukturu a také jednodolitost. Díky tomu mají i nejvyšší účinnost až 22 %. Tyto solární panely jsou vhodné především pro instalace, kde lze zajistit orientaci panelů přímo na jih, případně je možné je použít v solárních systémech, které se natáčejí za sluncem. Vzhledem k tomu, že proces výroby monokrystalických panelů je velmi nákladný, je jejich pořizovací cena, ve srovnání s např. polykrystalickými panely vyšší. Monokrystalické panely mají většinou tmavou barvu, typicky hnědou až černou. Rohy jednotlivých FV článků panelu jsou často, kvůli maximálnímu využití monokrystalu, seříznuté případně oblé. [2], [4]



Obr. 2: Monokrystalický FV panel. [5]

Polykrystalické FV panely

Způsob výroby polykrystalických solárních panelů je takový, že se na ploše nechá vykrystalizovat více krystalů, které jsou poté slisovány do jednoho kusu krystalu. Takto získaný kus krystalu se opět rozřeže na jednotlivé FV články. Plocha jednotlivých FV článků polykrystalických panelů je nerovnoměrná a její barva je typicky v odstínech modré (světlejší či tmavší). Vzhledem k tomu, že polykrystalické panely nejsou tak technologicky

čisté, jako monokrystalické panely, je i jejich účinnost oproti monokrystalickým panelům nižší. Naopak výhodou polykrystalických panelů je nižší pořizovací cena a také i o něco větší výtěžnost výroby při instalaci, kdy panely není možné orientovat přímo na jih. [2], [4]



Obr. 3: Polykrystalický FV panel. [5]

Amorfní FV panely

Tyto solární panely jsou vyráběny napařováním, či naprašováním jednotlivých tenkých vrstev krystalů křemíku na skleněnou tabuli za vysokých teplot a absolutního vakua. Amorfní solární panely jsou černé a jejich účinnost je nižší (méně než poloviční) než u obou výše uvedených krystalických typů panelů. [2], [3]

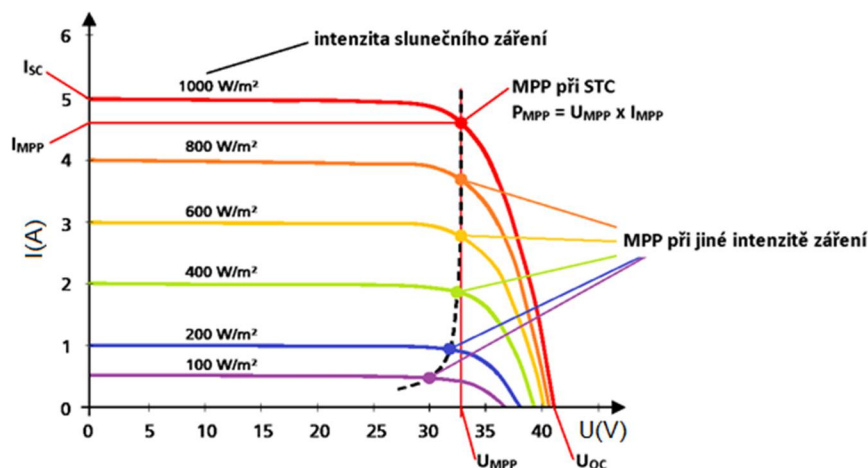


Obr. 4: Amorfní FV panel. [5]

VA charakteristika a štítkové parametry FV panelu

- P_{MPP} (Wp) – výkon panelu, hodnota změřená v bodě max. výkonu
- U_{MPP} (V) – napětí v bodě max. výkonu
- I_{MPP} (A) – proud v bodě max. výkonu
- U_{OC} (V) – napětí naprázdno, napětí na FV panelu bez připojené zátěže

- I_{sc} (A) – proud nakrátko, hodnota maximálního proudu, který je FV panel schopen dodat
- **Max. System Voltage** – nejvyšší systémové napětí – omezuje počet panelů, které lze zapojit v sérii, obvyklá hodnota je 1000 V. [6]



Obr. 5: VA charakteristika FV panelu, pro různé hodnoty intenzity slunečního záření, upraveno. [6]

1.2 Střídač (měnič)

Střídač, někdy označovaný jako měnič či invertor, je zařízení, které slouží k přeměně elektrické energie vstupních parametrů na elektrickou energii výstupních – požadovaných parametrů. Vzhledem k tomu, že výstupní proud fotovoltaického panelu je stejnosměrný, je tak pro většinu aplikací nezbytné převést tento proud na proud střídavý o určitých parametrech (např. parametry elektrické sítě tedy 230/400V 50Hz). Tato přeměna je ve střídači realizována pomocí výkonové elektroniky. Kvůli použití polovodičových součástek a schopnosti vyrovnávat pracovní bod tak, aby střídač dodával do sítě maximální výkon, probíhá převod na střídavý proud jen s malými ztrátami. [7], [8]

Střídače jsou vyráběny jako jednofázové (většinou pro připojení výkonů do 5 kWp na nízkonapětovou síť 230 V), nebo třífázové (napájejí pokud možno stejnoměrně všechny tři fáze sítě). Součástí většiny střídačů jsou i stejnosměrná a střídavá ochranná zařízení. Příkladem ochranných zařízení může být například ochrana proti přepólování, přepětová ochrana a ochrana proti přetížení. Dále mohou obsahovat funkci pro monitorování izolace, nebo síťová ochranná zařízení. [7]

Hybridní měnič

Výhoda hybridních měničů, ve srovnání s těmi klasickými, je ta, že dovedou plynule a v reálném čase regulovat toky a množství elektrické energie z více zdrojů (např. ze sítě a z akumulátorů, nebo z generátoru a z akumulátorů apod.). Umožňují tedy upřednostnit

využívání energie z akumulátorů před odběrem ze sítě. Ze sítě je elektrická energie odebírána jenom v případě, že dojde k vybití akumulátoru pod určitou mez. Součástí většiny hybridních měničů je už i regulátor nabíjení baterií. [9], [10]

Při výběru střídače je vhodné věnovat pozornost několika parametrům. Mezi ty nejčastěji uváděné patří:

- **Účinnost střídače** – maximální účinnost, nebo tzv. evropská účinnost, která je průměrem jednotlivých účinností změřených při různých zatíženích střídače (měří se při 5, 10, 20, 30, 50 a 100 % nominálního výkonu)
- **Rozsah MPP (Maximum Power Point)** – rozsah napětí, ve kterém by měl být střídač schopen pracovat optimálně
- **Účinnost přizpůsobení MPP** – tento parametr udává, jak rychle a přesně je střídač schopný zaregistrovat a poté reagovat na změnu klimatických podmínek
- **Sběr a analýza dat**
- **Chlazení a řízení teploty střídače.** [8]

1.3 Akumulace elektrické energie ve FV systému

Pro akumulaci elektrické energie vyrobené fotovoltaickým systémem je nezbytné instalovat kromě samotné baterie (akumulátoru) i tzv. solární regulátor. Solární regulátor je zařízení zapojené mezi solární panel a akumulátor, které slouží k regulaci napětí a ochraně baterie před nadměrným nabitím a hlubokým vybitím. Regulace napětí je nezbytná, protože vlivem kolísající výroby fotovoltaických elektráren kolísá i napětí. Velmi často používaným solárním regulátorem je PWM regulátor, který ale není tak efektivní jako MPPT měnič, jehož základem je DC/DC měnič. MPPT měnič řízený mikrokontrolérem v podstatě pracuje jako spínaný zdroj s několika módy. Mikrokontrolér také zajišťuje funkci MPPT Tracking, tedy udržování stavu, kdy solární panel dodává maximální možný výkon. [11], [12], [13]

Baterie pro solární systémy

Použití baterie v solárním systému je efektivní způsob, jak uskladnit přebytky elektrické energie vyrobené solárními panely. Přebytky elektrické energie vznikají, pokud není veškerá vyrobená elektrická energie ihned spotřebována. Uskladněnou elektrickou energii je pak možné použít například během noci, při oblačném počasí nebo při zvýšeném odběru elektrické energie. Jak je již výše uvedeno, tak pro nabíjení baterií ze solárních článků je nutný solární regulátor. [14], [15]

Pro systém s obnovitelnou energií je vhodné použít hluboko-cyklovou baterii. Takovou baterii pak lze i na delší dobu hluboce vybit, aniž by to znamenalo problém z hlediska degradace baterie. Proto se v solárních systémech nedoporučuje, i přes jejich dostupnost, použití autobaterií, které jsou navrženy tak, aby dodaly krátký výboj energie pro nastartování auta. [14], [15]

Důležité parametry při výběru baterií

- **Kapacita (kWh, Ah)** – kromě samotné kapacity je potřeba zohlednit i výkon při odběru udávaný v kilowattech (kW)
- **Napětí (V)** – hodnota napětí, kterou daná baterie dokáže dodat. Zapojením baterií do série lze napětí zvýšit
- **Proud (A)** – hodnota proudu, kterou daná baterie dokáže dodat
- **Hloubka vybití** – někdy značena DoD (Depth of discharge) je procento zaručené kapacity vybité z baterie
- **Účinnost (%)** – kvůli ztrátám není možné uskladnit veškerou vyrobenou energii
- **Únavová životnost** – každým nabíjecím cyklem (jedno nabití a vybití baterie) se snižuje životnost baterie. [15]

Olověné baterie

Olověné baterie jsou používané několik desítek let. Předností olověných baterií je jejich nízká pořizovací cena. Oproti tomu mezi nevýhody olověných baterií patří malá hloubka vybití (50 %), větší rozměry a hmotnost, častější údržba a kratší životnost (10 krát méně nabíjecích cyklů) ve srovnání s Li-ion bateriemi. [16]

Lithium iontové baterie

Zkráceně označované jako Li-ion baterie aktuálně nabízejí nejvyšší přidanou hodnotu ze všech baterií dostupných na trhu. Pořizovací cena Li-ion baterií je sice vyšší, než u olověných baterií, ale díky svým vlastnostem jako je hloubka vybití cca 80 %, menší velikost a hmotnost, větší kapacita a delší životnost, se tyto vyšší pořizovací náklady brzy vrátí. Li-ion baterie se podle chemického složení rozdělují na několik typů. V následující tabulce jsou uvedeny některé z nich spolu s jejich nejdůležitějšími vlastnostmi.

Tab. 1: Výhody a nevýhody vybraných typů Li-ion baterií. [16]

Typ baterie	Výhoda	Nevýhoda
LMO (Lithium – mangan oxid)	Rychlé nabíjení	O něco kratší životnost
NMC (Lithium – nikl – mangan – kobalt oxid)	Velká kapacita	Vzácné prvky (kobalt)
NCA (Lithium – nikl – kobalt – hliník oxid)	Velká kapacita a stabilita	Vzácné prvky (kobalt)
LFP (Lithium – železo – fosfát)	Dlouhá životnost, odolnost teplotním výkyvům	Nutný ochranný obvod proti přehřívání

Průtokové baterie (flow)

Tyto baterie, využívající roztoku bromidu zinku jako elektrolytu, se nehodí pro domácí použití, a proto se s nimi setkáme jen ve velkoobjemových úložištích. Průtokové baterie nejsou tak výkonné a efektivní, jako Li-ion baterie, mají ale dlouhou životnost a velkou flexibilitu navrhované kapacity (pro zvýšení kapacity stačí zvýšit objem elektrolytu). [16]

1.4 Typy fotovoltaických systémů

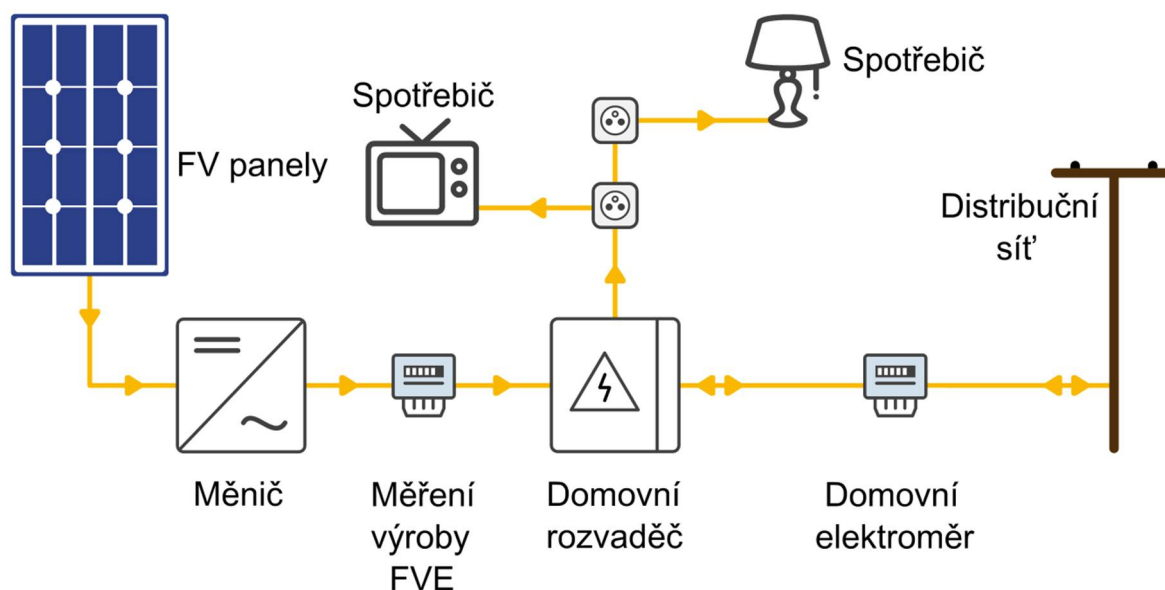
Fotovoltaické systémy je možné z hlediska aplikace rozdělit na:

- Grid-on fotovoltaický systém
- Grid-off (ostrovní) fotovoltaický systém
- Hybridní fotovoltaický systém.

Grid-on fotovoltaický systém

Grid-on znamená, že fotovoltaický systém je trvale připojený k elektrické síti. Při tomto způsobu zapojení je v případě potřeby elektřiny primárně využita elektrická energie získaná z fotovoltaických panelů, je-li vyrobené energie přebytek, může se dodávat do elektrické sítě. V takovém případě pak FV systém obsahuje čtyřkvadrantní elektroměr, nebo dva elektroměry – jeden standardně, v místě připojení k elektrické síti a druhý na FV straně, aby měl distributor, ale i spotřebitel přehled o tocích elektrické energie. Ve stavu, kdy naopak fotovoltaika není schopná pokrýt celou spotřebu, je potřebná část zbývající elektrické energie odebírána z elektrické sítě. Akumulace vyrobené elektrické energie není možná, protože grid-on systémy neobsahují baterii. [7], [17]

Pokud nastane výpadek elektřiny v elektrické síti distributora, je fotovoltaická elektrárna z bezpečnostních důvodů vypnuta (ochrana před náhodným tokem proudu do distribuční sítě). [17]

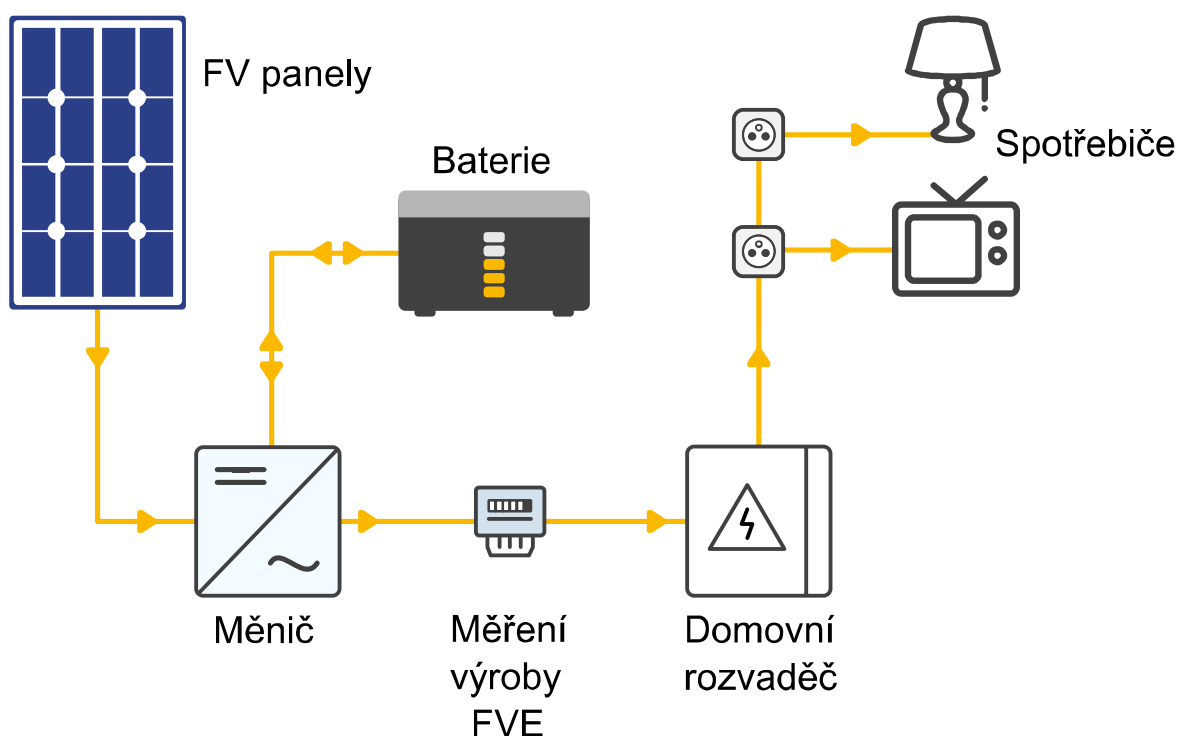


Obr. 6: Grid-on fotovoltaický systém, upraveno. [18]

Grid-off (ostrovní) fotovoltaický systém

Grid-off neboli ostrovní fotovoltaické systémy jsou samostatné systémy, které nejsou připojené do elektrické sítě. Pro možnost využívat elektrickou energii i v době, kdy na pokrytí spotřeby není dostatek slunečního záření, je nezbytnou součástí ostrovních systémů akumulátor, do kterého se při přívnětivých slunečních podmínkách ukládá nespoteřovaná elektrická energie. Nutnost akumulátoru se projeví zvýšením vstupních nákladů na celý fotovoltaický systém. Společně s akumulátorem je do ostrovního FV systému nutné instalovat i solární regulátor, který slouží k regulaci napětí a ochraně baterie před nadměrným nabitím a hlubokým vybitím. Životnost ostrovního systému se v zásadě odvíjí od životnosti zvoleného akumulátoru. [2], [17]

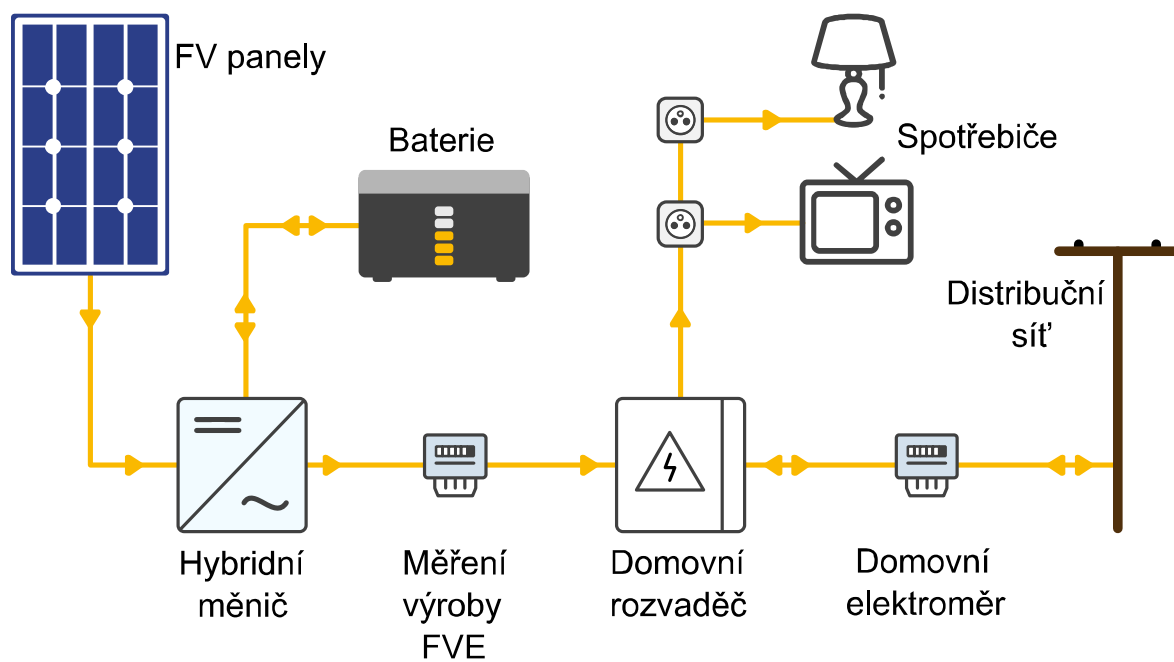
Ostrovní fotovoltaický systém je vhodný pro instalace, kde není dostupná elektrická síť, nebo je obecně nižší spotřeba elektrické energie (elektrická energie se nevyužívá pro vytápění objektu). Mezi takové objekty mohou patřit například chaty, chalupy, hausbóty, zahradní domky, či odlehlé stavby. Jak už vyplývá z názvu, tak předností tohoto systému je nezávislost na veřejné distribuční síti a maximální využití vyrobené elektřiny. [17]



Obr. 7: Grid-off fotovoltaický systém, upraveno. [18]

Hybridní fotovoltaický systém

Hybridní FV systém je v podstatě kombinací předešlých dvou typů, tedy systémů grid-on, a grid-off, ze kterých vyplývají i jeho výsledné vlastnosti. Hybridní FV systém je tedy připojený k distribuční elektrické síti, ale díky akumulaci elektrické energie je schopný pracovat i nezávisle na ní. Řídící jednotka odběru zajišťuje optimální poměr mezi okamžitou spotřebou a nabíjením akumulátorů. K akumulaci elektrické energie do baterií dochází v případě, kdy výroba elektrické energie převyšuje spotřebu. Elektrická energie z akumulátorů je poté využita, když není dostatečný sluneční svit, nebo když v distribuční elektrické síti nastane výpadek napětí. V takovém případě pak hybridní fotovoltaický systém funguje jako záložní zdroj. Baterie je také možné nabíjet při nízkém tarifu a vybíjet při vysokém, čímž také dochází k úspoře nákladů za elektřinu. [19]



Obr. 8: Hybridní fotovoltaický systém, upraveno. [18]

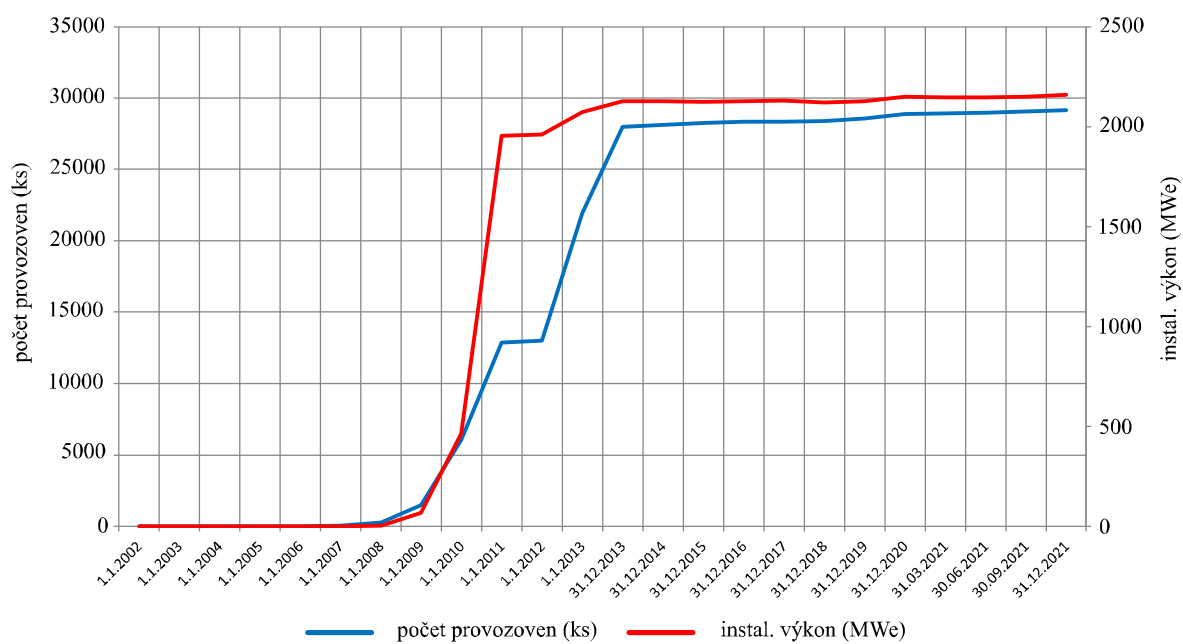
2 Vývoj fotovoltaiky v ČR

První sluneční elektrárna v České republice byla vybudována v Dukovanech v roce 1998. Od té doby fotovoltaické systémy v České republice prošly, podobně jako v dalších zemích, určitým vývojem. Rozvoj nastal především po roce 2000, kdy vzrostl tlak na využívání obnovitelných zdrojů energie. Faktorem, který se ale nejvíce zasloužil o rozmach fotovoltaiky v České republice byla jednoznačně velmi štědrá podpora výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů ze strany státu. Tato podpora plynula ze zákona č. 180/2005 Sb., který stanovil dotační podmínky a garantované výkupní ceny tak, že v kombinaci se snižujícími se pořizovacími náklady na výstavbu fotovoltaických elektráren došlo mezi lety 2008 až 2011 k tzv. solárnímu boomeru. V této době bylo postaveno velké množství FVE s instalovaným výkonem vyšším než je 1 MWp. Způsob připojení elektráren odpovídal systému on-grid, tedy stavu, kdy je vyrobená elektrická energie dodávána přímo do distribuční sítě. Vzhledem k velikosti instalovaných výkonů jednotlivých elektráren byly FVE budovány nejčastěji na volných prostranstvích, často i na půdě, která mohla být zemědělsky využita. Ve srovnání s dnešní legislativou, byly v tomto období také mírnější podmínky z hlediska regulace, měření a výměny dat mezi FVE a distribuční sítí, do které byla elektrárna připojena. [20], [21]

Odklon od trendu budovat co do instalovaného výkonu a tedy i zabrané plochy velké FVE nastal až 1. 1. 2013, kdy vstoupil v platnost zákon č. 165/2012 Sb., v němž vláda a Energetický regulační úřad zacílili podporu na FVE menších výkonů (do 30 kWp instalovaného výkonu). Díky tomu si FVE mohlo pořídít více menších firem a také fyzických osob. Počet nově vybudovaných FVE tak i nadále velmi strmě vzrůstal, avšak celkový instalovaný výkon ve FVE se v ČR zvyšoval již minimálně. Na začátku roku 2014 byla podpora pro nově instalované FVE zastavena úplně, čímž se nárůst nových FVE prakticky zastavil. Tato skutečnost je dobře vidět i na následujícím obrázku, ve kterém je zobrazen vývoj počtu FVE a jejich instalovaného výkonu v ČR. [20], [21]

V dalších letech ovšem může dojít k pomyslné renesanci fotovoltaiky, především menšího instalovaného výkonu. Vzhledem ke stále se zvyšujícím cenám elektrické energie je pravděpodobné, že se budou firmy i domácnosti snažit co nejvíce svých nároků na elektřinu pokrýt z vlastních zdrojů. Tomuto tvrzení nahrává i fakt, že na úspory energie, jejichž součástí je i výstavba vlastní fotovoltaiky, je vyčleněna finanční podpora z EU v programovém období 2021 – 2027.

Sluneční elektrárny, stav k 31.12.2021



Obr. 9: Vývoj počtu a instalovaného výkonu FVE. [22]

3 Podpora OZE ze strany státu

3.1 Provozní podpora pro stávající instalace

Výkupní ceny a zelené bonusy na elektřinu jsou provozní podpory určené pro výrobní, které využívají OZE a které byly uvedené do provozu do konce roku 2012, podle přechodných ustanovení zákona č. 165/2012 Sb. U výroben elektřiny využívající obnovitelné zdroje trvá právo na podporu elektřiny po celou dobu životnosti výrobní elektřiny. [22]

V souladu s novelou zákona č. 165/2012 Sb. zákonem č. 310/2013 Sb. byla od 1. ledna 2014 zastavena podpora pro výrobu elektřiny pro nové výrobní nebo výrobní zdroje elektřiny využívající obnovitelné zdroje energie, s výjimkou malých vodních elektráren. V souladu s platným zákonem ERÚ nestanovil od roku 2014 v cenovém rozhodnutí podporu na elektřinu pro nové výrobní využívající sluneční záření, bioplyn, skládkový plyn a kalový plyn z ČOV a biokapaliny. Na základě přechodných ustanovení zákona č. 310/2013 Sb. ERÚ pro rok 2014, 2015 a 2016 stanovil podporu pro nové výrobní elektřiny nebo výrobní zdroje elektřiny využívající biomasu, větrnou energii a geotermální energii. Na základě novely energetického zákona zákonem č. 131/2015 Sb. poté došlo k prodloužení tohoto přechodného ustanovení. [22]

Výkupní cena

V případě výkupních cen má povinně vykupující (neboli obchodník s elektřinou) povinnost od výrobce elektřiny z OZE vykoupit veškerý objem elektřiny naměřené v předávacím místě výrobní elektřiny a distribuční nebo přenosové soustavy a dodané do elektrizační soustavy za cenu stanovenou aktuálním cenovým rozhodnutím. Vyúčtování takto vykoupené elektřiny se provádí na základě hodnot naměřených měřidlem příslušného provozovatele v předávacím místě výrobní elektřiny a distribuční, nebo přenosové soustavy. Při této formě podpory není možné nárokovat podporu na technologickou vlastní spotřebu elektřiny. Výkupní ceny jsou po zadání výroby do systému operátora trhu (OTE) fakturovány přímo povinně vykupujícímu (obchodníkovi s elektřinou). Výkupní cena je na rozdíl od zeleného bonusu účtována včetně DPH. [22]

Zelený bonus

Zelený bonus na elektřinu vyrobenou z OZE vyplácí společnost OTE, a. s. (OTE – operátor trhu) za veškerou vyrobenou a účelně spotřebovanou elektřinu (včetně spotřebované v místě výroby) a naměřenou stanoveným měřidlem s výjimkou

technologické vlastní spotřeby elektřiny. Při podpoře formou zelených bonusů si musí výrobce najít sám svého odběratele elektrické energie a s ním si sjednat cenu. Část vyrobené elektřiny je také možné využít pro vlastní spotřebu a s obchodníkem sjednat smlouvu pouze na dodávku nespotřebovaných přebytků (v případě, že dochází k přetokům do elektrizační soustavy bez smlouvy o dodávce, jedná se o neoprávněnou dodávku bez nároku na podporu). Zelený bonus je zpravidla spojen s vyšším výnosem, který ovšem odpovídá zvýšenému riziku prodeje vyrobené elektřiny oproti výkupní ceně. [22]

Hodinový zelený bonus na elektřinu – výše hodnoty bonusu je různá pro každou hodinu v roce a je dostupná na webových stránkách OTE. [22]

Roční zelený bonus na elektřinu - výše ročního zeleného bonusu je pro každý druh podporovaného zdroje energie každoročně upravována a zveřejněna v aktuálním cenovém rozhodnutí ERÚ. [22]

Technologická vlastní spotřeba

Je spotřeba elektrické energie na výrobu elektřiny v hlavním výrobním zařízení i pomocných provozech, které s výrobou přímo souvisejí, včetně výroby, přeměny nebo úpravy paliva, ztrát v rozvodu vlastní spotřeby i ztrát na zvyšovacích transformátorech pro dodávku do distribuční soustavy nebo přenosové soustavy. Na technologickou vlastní spotřebu elektřiny nelze uplatnit podporu formou výkupních cen ani zelených bonusů. [22]

Tab. 2: Výkupní ceny a zelené bonusy na elektřinu pro rok 2022. [22]

Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby (kW)		Jednotarifní pásmo provozování	
	od	do	od	do (včetně)	Výkupní ceny (Kč/MWh)	Zelené bonusy (Kč/MWh)
Výroba elektřiny využitím slunečního záření	-	31.12.2005	-	-	8 690	7 421
	1.1.2007	31.12.2007	-	-	18 238	16 968
	1.1.2008	31.12.2008	-	-	17 787	16 517
	1.1.2009	31.12.2009	0	30	16 688	15 419
	1.1.2009	31.12.2009	30	-	16 565	15 295
	1.1.2010	31.12.2010	0	30	15 543	14 273
	1.1.2010	31.12.2010	30	-	15 419	14 150
	1.1.2011	31.12.2011	0	30	9 325	8 055
	1.1.2011	31.12.2011	30	100	7 339	6 069
	1.1.2011	31.12.2011	100	-	6 838	5 568
	1.1.2012	31.12.2012	0	30	7 510	6 241
	1.1.2013	30.06.2013	0	5	4 075	2 805
	1.1.2013	30.06.2013	5	30	3 383	2 114
	1.7.2013	31.12.2013	0	5	3 573	2 303
	1.7.2013	31.12.2013	5	30	2 907	1 637

3.2 Provozní podpora pro instalace uvedené do provozu od počátku roku 2022

Nově zaváděná podpora bude určena pro nové zdroje využívající OZE, uváděné do provozu od začátku roku 2022. Podpora bude spočívat v příplatku (bonusu) k tržní ceně elektřiny, který bude vlastník dané výroby inkasovat za každou vyrobenou kWh, a to po celou dobu její životnosti. Nová forma podpory tedy nebude tzv. investiční (výplata jednorázového příspěvku, zpravidla po realizaci výroby), ale provozní. Konkrétně novela zákona zavádí dva druhy bonusů, zelené bonusy a aukční bonusy. Tyto bonusy se budou lišit způsobem, jakým je vlastník výroby získá. Společné budou mít pouze to, že se budou vztahovat jenom na ty druhy OZE, které ve svém nařízení vybere vláda, a to by mělo být v řádu měsíců. V této chvíli tedy nelze říci, zda bude fotovoltaika zařazena mezi podporované zdroje. [23]

Aukční bonus

Bude výsledkem nabídkového soutěžního řízení, ve kterém bude podpora přiznána žadateli, který bude pro ziskový provoz výroby potřebovat nejnižší podporu. Pro výrobce budou vždy vyhlášena jednotlivá aukční kola. Zásadní součástí přihlášky bude výrobcem stanovená tzv. referenční cena elektřiny. Ta bude představovat celkovou částku, kterou

výrobce inkasuje za kWh vyrobené elektřiny. Část referenční ceny výrobce získá prodejem vyrobené elektřiny na trhu a zbytek pak jako podporu ve formě aukčního bonusu. Žádosti budou schvalovány vzestupně od nejnižší referenční ceny až do vyčerpání stanovené kvóty daného aukčního kola. Největší šanci na úspěch budou mít tedy ti, kteří se do aukce přihlásí s nejnižší referenční cenou. V daném aukčním kole úspěšní žadatelé dostanou od ministerstva rozhodnutí, které jim bude garantovat podporu ve formě aukčního bonusu. Aukční bonus bude dorovnávat příjmy za vyrobenou kWh do výše referenční ceny. V případě, že příjmy za prodej kWh silové elektřiny budou v dané hodině vyšší, než je referenční cena, bude muset výrobce vzniklý rozdíl státu vrátit. [23]

Zelený bonus

Vlastník po uvedení výrobní do provozu získá zelený bonus automaticky, pokud se na daný typ výrobní bude vztahovat podpora a zároveň pokud bude výkon výrobní do 1 MW. V principu je tento typ podpory shodný s aktuálními zelenými bonusy, a proto i vyplácení nových zelených bonusů bude probíhat obdobně, tedy v hodinovém nebo ročním režimu. [23]

3.3 Dotace

Využití dotace pro spolufinancování investice do fotovoltaiky, nebo elektromobility, může výrazně zkrátit dobu jejich návratnosti. Získání finančních prostředků z dotačních programů má ale svá specifika, která musí žadatel o dotaci bezpodmínečně splnit, aby mu dotace byla přidělena. Proces žádosti o dotaci je náročný na administrativu a pro podnik představuje další vynaložené náklady, které musí zaplatit. Podnik má při přípravě administrativy prakticky jenom dvě možnosti, a to je využití vlastních kapacit (vyčlenit současného zaměstnance, příp. nábor nového – nutné uvažovat další mzdové náklady), nebo svěřit přípravu administrace specializované firmě, která se získáváním dotací a přípravou jejich podkladů zabývá. Nelze jednoznačně říci, která ze zmíněných variant je lepší. Vždy záleží na konkrétním projektu, jeho rozsahu a náročnosti, a dále na dispozicích firmy, jež o dotaci usiluje. [24]

3.3.1 Programové období 2021 – 2027

Pro programové období od roku 2021 – 2027 je možné čerpat dotace na fotovoltaiku, nebo elektromobilitu z následujících zdrojů.

Dotací program Nová zelená úsporám

Jedná se o dotační program zaměřený na podporu energeticky úsporných opatření v rodinných a bytových domech, ve kterém je připraveno více než 39 miliard korun. Tento dotační program je financován z nástroje na podporu oživení a odolnosti (RFF – Recovery and Resilience Facility) a podílu na výnosu aukcí emisních povolenek. V září roku 2021 začala jeho nová etapa, která stále probíhá. V této etapě je nově podporována i výstavba infrastruktury pro elektromobilitu a energetické úspory při rekonstrukci a výstavbě bytových domů po celé ČR. [25]

OPTAK - Operační program Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost

Jedná se o operační program řízený Ministerstvem průmyslu a obchodu, který je spolufinancován z Evropských strukturálních a investičních fondů (ESIF). V tomto programu je k dispozici celkem 80 miliard Kč, které jsou připraveny na podporu konkurenceschopnosti českých malých a středních podniků. Finance lze čerpat na inovace, výzkum a vývoj, digitalizaci, technologické vybavení, nebo také na energeticky úsporná řešení, obnovitelné zdroje energie a čistou mobilitu.

V květnu 2022 bude vyhlášena výzva Úspory energie. Tato výzva je zacílena na malé, střední i velké podniky. Dotace ve výši 500 tis. – 200 mil. Kč, v rámci 30 – 50 % podpory, bude určena pro realizaci úsporných opatření. Dotaci bude možné uplatnit konkrétně na výměnu energeticky neefektivních strojů, zateplení budov (včetně střechy, výměny oken), modernizaci a rekonstrukci rozvodů elektřiny, plynu a tepla, obnovitelné zdroje energie, modernizaci systémů měření, využití odpadní energie a energetické posudky. Termín zahájení podávání žádostí je 16. 5. 2022. [26]

3.3.2 Nezbytné kroky pro získání dotace

Správný postup pro získání dotace z Evropských strukturálních a investičních fondů lze shrnout do následujících kroků:

1) Kvalitní a podrobný podnikatelský záměr

Definovat na co peníze potřebujeme a vytvořit detailní projektový záměr. Z něj by mělo být zřejmé, že daný projekt je realizovatelný, efektivní a dlouhodobě udržitelný. Také by mělo být podrobně vysvětleno financování projektu.

2) Výběr vhodného dotačního programu

Pro vytvořený projekt je nezbytné vyhledat dotační program, který svým zaměřením umožní financování našeho podnikatelského záměru. Podrobné informace o konkrétním programu, jako je např. přehled žadatelů a výše podpory, jsou vždy uvedeny v programovém dokumentu.

3) Podání žádosti o podporu

Žádost o dotaci musí být kvalitně zpracovaná. Pro její správné vyplnění je možné využít různých příruček, metodických listů, nebo i konzultace s odbornými pracovníky řídicích orgánů. Žádosti se podávají, prostřednictvím elektronického systému MS2014+, až poté, kdy je pro daný projekt otevřena vhodná výzva. Největší šanci na získání dotace mají ti, kteří podají správně zpracovanou žádost do cca dvou týdnů od data zahájení příjmu žádostí. V případě velkého zájmu o výzvu totiž může dojít k překročení alokovaných finančních prostředků a v důsledku toho k ukončení dané výzvy.

4) Hodnocení projektu

Nezávislí hodnotitelé řídicího orgánu posoudí a obodují jednotlivé projekty. Projektům s nejvyšším počtem bodů je poté dotace přidělena. Výsledek je obvykle žadateli doručen v řádech týdnů až měsíců od podání žádosti, opět prostřednictvím systému MS2014+.

5) Realizace projektu

V případě úspěšné žádosti následuje podepsání smlouvy s příjemcem dotace. Podpisem smlouvy se zavazujeme k přesnému dodržování, ve smlouvě specifikovaných, podmínek realizace. Jde především o vedení odděleného účetnictví (zásady pro vedení a uchování dokladů), výběr dodavatelů a povinnou publicitu. V průběhu celé realizace projektu je nutné neodchýlit se od původní, schválené žádosti o dotaci.

6) Žádost o platbu

Peníze jsou vypláceny na základě žádosti o platbu podané řídicímu orgánu nebo zastupující instituci, přičemž drtivá většina dotací je vyplácena až na základě skutečně vynaložených výdajů, tzv. ex-post platbou. Tedy platbou po skončení buď celého projektu, nebo po ukončení jeho etapy.

7) Vyhodnocení a vyúčtování

Předkládání žádosti o platbu je nutné doplnit prokázáním, že naše výdaje odpovídají podmínkám specifikovaným v podepsané smlouvě. Když pracovník daného řídicího orgánu nezjistí žádné pochybnosti, tak je na účet, uvedený v žádosti, připsána platba. V případě, že řídicí orgán označí některé výdaje jako nezpůsobilé, tak může rozhodnout o krácení dotace.

8) Kontrola na místě

Po skončení, nebo i v průběhu realizace projektu může dojít ke kontrole ze strany řídicího orgánu a to jak plánované, tak i namátkové. Předmětem kontroly může být například dodržování projektové dokumentace, finanční stránky, nebo i fyzického stavu projektu.

9) Publicita projektu

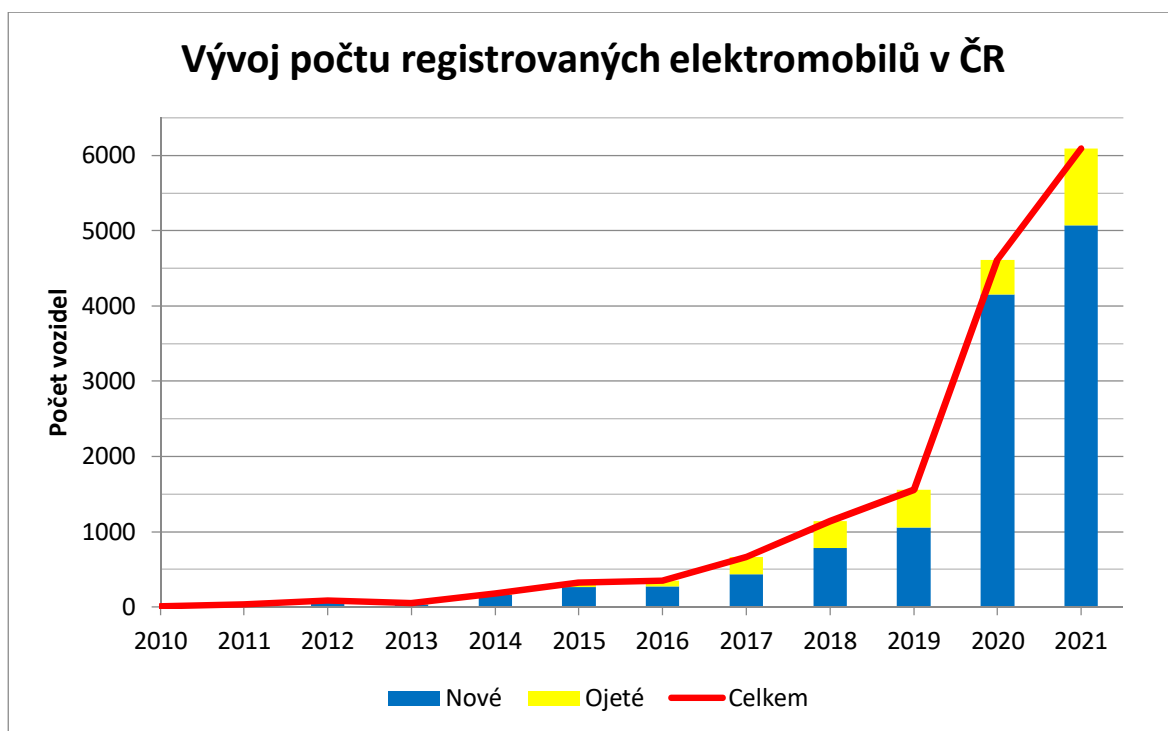
Příjemce finanční podpory z fondů EU je povinen informovat o této finanční podpoře v souladu s publicitou projektů. Pravidla pro žadatele a příjemce dotace jsou jasně dána v příručkách. O podpoře z EU je povinné informovat nejenom v průběhu realizace projektu, ale i po jeho dokončení, minimálně po dobu udržitelnosti projektu.

10) Udržitelnost projektů

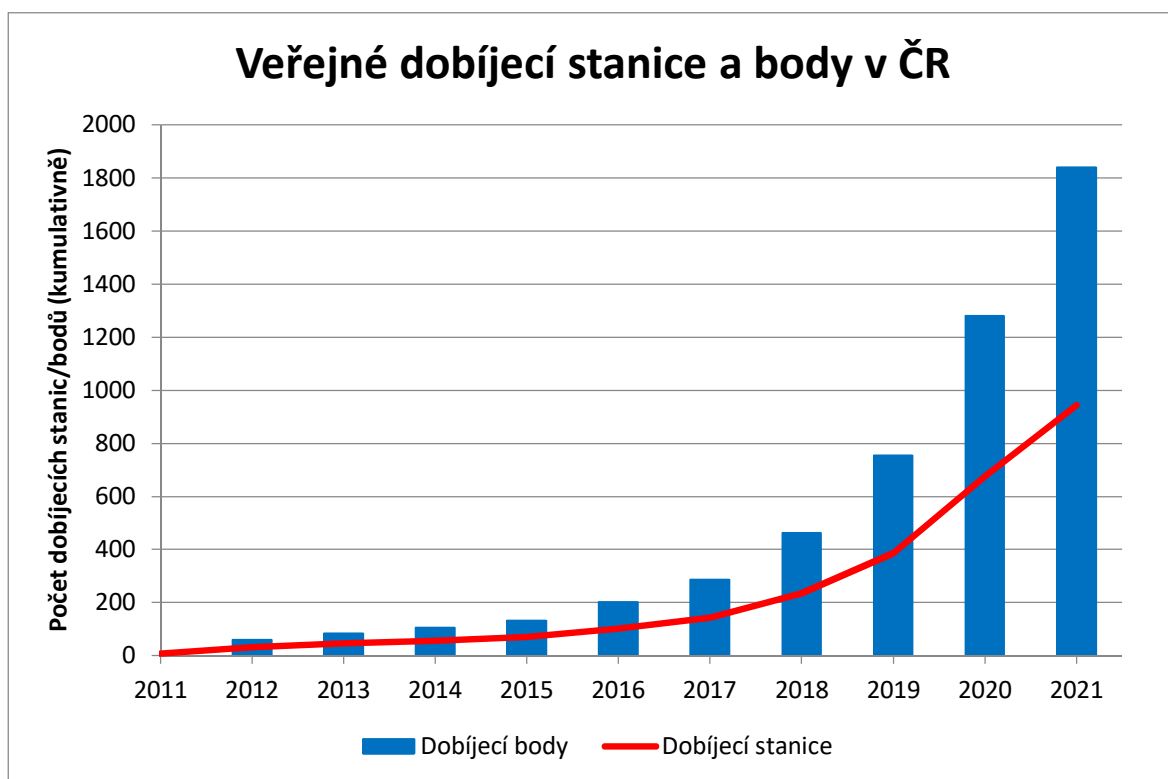
Ve smlouvě se příjemce dotace zavazuje také k udržitelnosti projektu po určitou dobu, nejčastěji pěti let (některé projekty jen tři roky). Pokud příjemce dotace nezajistí udržitelnost projektu je mu uložena sankce, v krajních případech pak může dojít i k vrácení části, nebo i celé poskytnuté dotace. [24], [27], [28]

4 Dobíjecí stanice pro elektromobily

K 31. 12. 2021 bylo v České republice, dle Centra dopravního výzkumu, evidováno celkem 944 dobíjecích stanic a 1841 dobíjecích bodů. Současně bylo v České republice, ke stejnému datu, registrováno celkem 15 128 vozidel kategorie M1, připojitelných do zásuvky. Bateriových elektromobilů (BEV) bylo registrováno 9 969 a plug-in hybridních vozidel (PHEV) pak 5 159. Z grafu na následujícím obrázku je vidět, že se zájem o elektromobily v posledních letech prudce zvyšuje. Z tohoto důvodu vyplývá, že pro přinejmenším zachování aktuálního komfortu pro uživatele elektromobilů bude nezbytné zajistit, stále se rozšiřujícímu se vozovému parku elektromobilů, dostatečné množství dobíjecích stanic. Aktuálně v ČR připadá na jeden dobíjecí bod přibližně 8 elektromobilů, což je i průměrná hodnota v rámci celé Evropské unie. Například v sousedním Německu připadá na jeden veřejný dobíjecí bod 13 elektromobilů. [29], [30]



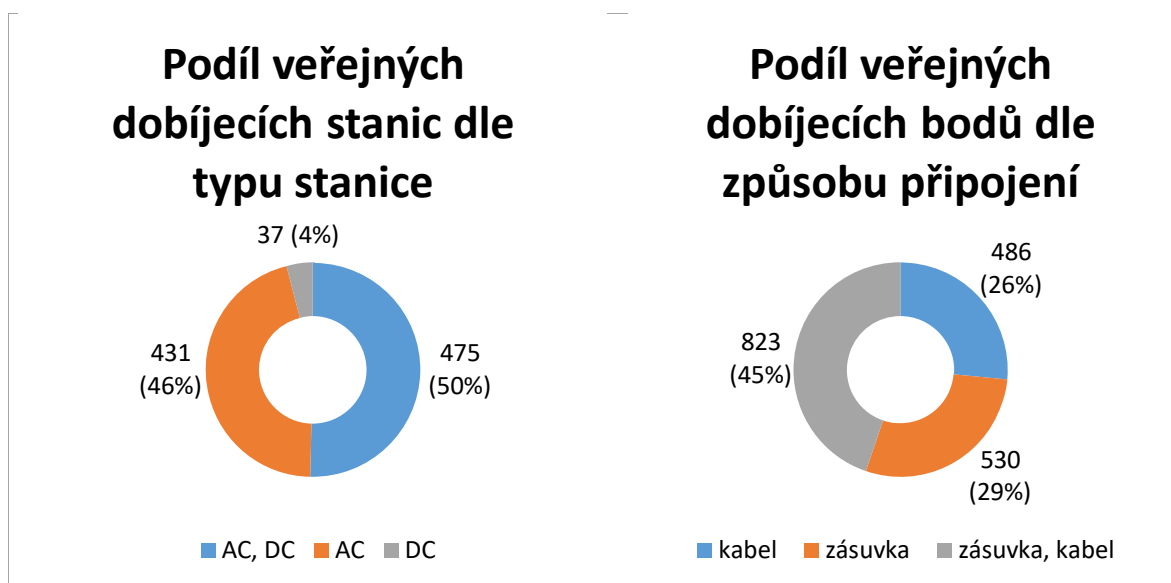
Obr. 10: Vývoj počtu registrovaných vozidel, připojitelných do zásuvky, v ČR. [30]



Obr. 11: Veřejné dobíjecí stanice a body v ČR (kumulativně). [29]

4.1 Typy dobíjecích stanic

Základní rozdělení dobíjecích stanic je podle typu elektrického proudu, který z dané dobíjecí stanice vstupuje do elektromobilu. Podle typu elektrického proudu tedy rozlišujeme dobíjecí stanice na stanice se střídavým elektrickým proudem AC a se stejnosměrným elektrickým proudem DC.



Obr. 12: Zastoupení typů dobíjecích stanic a způsobů připojení jednotlivých bodů v ČR. [29]

4.1.1 AC nabíjení

Při nabíjení střídavým proudem se v podstatě nejedná o přímé nabíjení baterií elektromobilů, protože AC nabíjecí stanice prakticky jenom zajišťuje přívod střídavého elektrického proudu do palubní (vestavěné) nabíječky v elektromobilu. Teprve v palubní nabíječce dochází k usměrnění střídavého proudu (AC) na stejnosměrný (DC), který je již pro nabíjení baterií vhodný. Palubní nabíječky v jednotlivých elektromobilech se liší nejenom výkonem, ale i tím, kolik fází jsou schopny využít pro dobíjení. Tyto dva parametry mají zásadní vliv na rychlost AC nabíjení. Nejčastěji se setkáme s veřejnými AC stanicemi s výkonem jednoho nabíjecího bodu 11, nebo 22 kW, ale existují i varianty s menším výkonem například 7 kW nebo, jen 4 kW. Jak je již uvedeno výše, rychlost AC nabíjení se odvíjí od výkonu palubní nabíječky, proto když například bude ve vozidle pouze 3,7 kW palubní nabíječka, tak čas potřebný pro nabití vozidla u AC stanice o výkonu 4 kW bude stejný, jako v případě, kdy je vozidlo připojeno k AC stanici s vyšším výkonem (např. 22 kW). Výkon, kterým se bude vozidlo v obou případech nabíjet, nepřesáhne hodnotu 3,7 kW. [31]

AC nabíječky tedy zajišťují nezbytnou komunikaci s řídicím systémem elektromobilu (palubní nabíječkou) a podle aktuálních možností elektrické sítě regulují maximální hodnotu odebíraného proudu tak, aby v odběrném místě nedocházelo k přetěžování sítě. Hlavní výhodou AC nabíjecích stanic je jejich, ve srovnání s DC nabíjecími stanicemi, nízká pořizovací cena. Uvádí se, že při stejném výkonu dobíjecí stanice vychází AC stanice 7 – 10x levněji, než stanice DC. Mezi další výhody patří, kromě nižší pořizovací ceny, jednodušší a tedy i rychlejší instalace a menší nároky na prostor. Díky tomu jsou AC nabíjecí stanice vhodné i pro domácí dobíjecí stanice tzv. wallboxy. [31]

4.1.2 DC nabíjení

Pro DC nabíjení, neboli nabíjení stejnosměrným proudem, je nutná DC nabíjecí stanice, která dokáže střídavý elektrický proud (AC) převést na proud stejnosměrný (DC). Stejnosměrný proud z DC nabíjecí stanice je pak přiváděn přes systém řízení baterie (někdy označován BMS – Battery Management System) přímo do baterií vozidla. DC proud neprochází palubní nabíječkou, a není tedy limitován jejím výkonem. Díky tomu celý proces nabíjení probíhá výrazně rychleji, než je tomu u AC nabíjení. Proto je DC nabíjení často označováno jako tzv. rychlonabíjení. [31]

DC nabíjecí stanice jsou, ve srovnání s AC nabíjecími stanicemi, několikanásobně dražší. Vysoká cena DC nabíjecích stanic je dána tím, že jde o technologicky daleko

složitější zařízení, než v případě AC nabíjecích stanic. DC nabíjecí stanice musí také umět zastoupit funkci palubní nabíječky a s připojeným vozidlem komunikovat tak, aby mohla dle stavu a schopnosti baterie upravovat parametry výstupního výkonu. Výkony DC nabíjecích stanic se standardně pohybují od 50 kW do 150 kW a jejich instalace tedy vyžaduje výkonné odběrné místo elektrické energie. Existují však i ultrarychlé DC nabíjecí stanice například od společnosti Tesla s výkonem 250 kW. Důležité je ale připomenout, že pro delší životnost baterií je vhodné pomalé, a tedy šetrnější nabíjení. Z tohoto důvodu se na veřejných dobíjecích DC stanicích dobíjí vozidla do maximálně 80% kapacity baterie. [31]

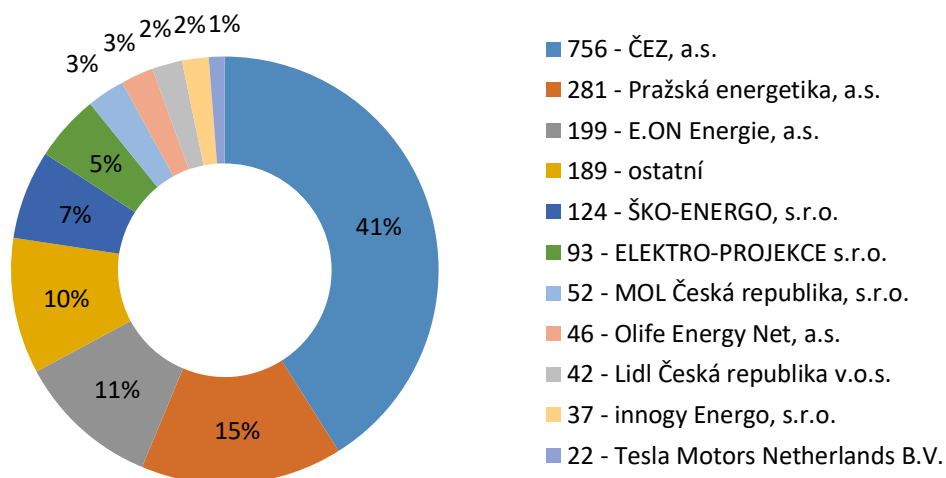


Obr. 13: Dobíjecí stanice: AC OlifeEnergy 2x22 kW 114 490,- Kč (včetně DPH) – vlevo, DC Alptitronic 2x75 kW 744 980,- Kč (včetně DPH) – vpravo. [32], [33]

4.2 Provozovatelé dobíjecích stanic

Největší vliv na rozvoj veřejné dobíjecí infrastruktury mají tři energetické skupiny: ČEZ, PRE a E.ON, které v součtu provozují 67 % (624) dobíjecích stanic. Skupina ČEZ provozuje 41 % dobíjecích stanic, PRE 15 % a E.ON 11 %. [29]

Největší provozovatelé dobíjecích stanic v ČR (dle počtu dobíjecích bodů)



Obr. 14: TOP 10 největších provozovatelů dobíjecích stanic (dle počtu dobíjecích bodů). [29]

Z uvedených dat je zřejmé, že kromě společnosti MOL se žádná velká síť čerpacích stanic sama nepouští do výstavby vlastních dobíjecích stanic pro elektromobily a raději spolupracují s energetickými skupinami. Například Benzina (Orlen Unipetrol) spolupracuje se společnostmi ČEZ a E.ON, OMV pak s PRE a IONITY, která nabízí dobíjecí stanice s výkonem až 350 kW. Jedním z důvodů této opatrnosti může být zatím poměrně nízké vytížení dobíjecích stanic a od toho se odvíjející delší návratnost investice. [24]

5 Výpočet možného instalovaného výkonu FVE

Výpočet možného instalovaného výkonu FVE na střeších jednotlivých čerpacích stanic je proveden pro pět provozoven. Tyto provozovny jsem zvolil po konzultaci se zástupcem firmy, která dané čerpací stanice provozuje. Dále uváděné čerpací stanice jsou tedy, co do dispozičních možností pro instalaci FVE a spotřeby elektrické energie, typickými představiteli portfolia, kterým daná firma disponuje. Zástupce firmy dále poskytl data o ploše jednotlivých střešních čerpacích stanic.

Z celkové plochy každé střechy S_s (m^2) jsem uvažoval pro možnou instalaci FVE plochu S_p (m^2) odpovídající 80% celkové výměry střechy. Ve zbývajících 20% jsou zahrnuty technické a servisní prostupy, stávající střešní instalace (vzduchotechnika, klimatizační jednotky, světlíky, apod.) a také nemožnost instalace FV panelů až na samý okraj střechy.

Tab. 3: Zvolené provozovny pro výpočet instalovaného výkonu FVE.

Název čerpací stanice	Označení dle provozovatele	S_s (m^2)	S_p (m^2)
Aš Seta	CS 2	485	388
Pavlův Studenec - budova	CS 20b	227,5	182
Pavlův Studenec - zastřešení	CS 20z	398	318,4
Rozvadov OACZ	CS 26	955	764
Folmava TIR	CS 7	665	532
OC Folmava	CS OC	2450	1960

Možný instalovaný špičkový výkon je vypočten pro šest různých FV panelů, které jsou na trhu aktuálně k dispozici. Vybrané FV panely mají hodnoty špičkových výkonů v rozmezí od 175 Wp až do 450 Wp. Dále se panely liší svými rozměry i typem použité technologie při jejich výrobě (polykrystalické a monokrystalické). Parametry vybraných FV panelů a další parametry z nich dopočítané, důležité především z hlediska výpočtu instalačního výkonu, jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. 4: Parametry vybraných FV panelů.

P_{1p} (kWp)	Typ techn.	Rozměry v x š (m)	m_{1p} (kg)	S_{1p} (m ²)	M_{1kWp} (ks)	S_{1kWp} (m ²)
0,175	polykryst.	1,485x0,668	11	0,99	5,71	5,67
0,21	polykryst.	1,350x0,990	14	1,34	4,76	6,36
0,285	polykryst.	1,640x0,992	18	1,63	3,51	5,71
0,34	monokryst.	1,740x1,030	19,9	1,79	2,94	5,27
0,37	monokryst.	1,756x1,039	20	1,82	2,70	4,93
0,45	monokryst.	2,094x1,038	23,5	2,17	2,22	4,83

Nejprve je nutné z dostupných rozměrů vypočítat plochu jednoho FV panelu:

$$S_{1p} = v \cdot š \text{ (m}^2; \text{m, m)} \quad (4.1)$$

kde v (m) je výška FV panelu a $š$ (m) je šířka FV panelu.

Dále pak počet FV panelů potřebných k instalovanému špičkovému výkonu $P_{1ins} = 1$ kWp:

$$M_{1kWp} = \frac{P_{1ins}}{P_{1p}} \text{ (ks; kWp, kWp)} \quad (4.2)$$

kde P_{1ins} (kWp) je 1 kWp instalovaného špičkového výkon a P_{1p} (kWp) je špičkový výkon jednoho FV panelu.

Poté vypočítám plochu, která je potřeba pro 1 kWp špičkového výkonu:

$$S_{1kWp} = S_{1p} \cdot M_{1kWp} \text{ (m}^2; \text{m}^2, \text{ks)} \quad (4.3)$$

kde S_{1p} (m²) je plocha jednoho FV panelu a M_{1kWp} (ks) je počet panelů na 1 kWp.

Výpočet možného instalovaného špičkového výkonu jednotlivých variant FVE je proveden podle vztahu 4.4. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v Tab. č. 5.

$$P_{ins} = P_{1ins} \cdot \frac{S_p}{S_{1kWp}} \text{ (kWp; kWp, m}^2, \text{m}^2) \quad (4.4)$$

kde P_{1ins} (kWp) je 1 kWp instalovaného špičkového výkon, S_p (m²) je využitelná plocha střechy a S_{1kWp} (m²) je plocha, kterou daný typ FV panelů potřebuje pro 1 kWp výkonu.

VÝPOČET MOŽNÉHO INSTALOVANÉHO VÝKONU FVE

Tab. 5: Instalované výkony jednotlivých variant FVE.

P_{1p} (kWp)	P_{ins} (kWp) pro jednotlivé CS a různé FV panely					
	CS 2	CS 20b	CS 20z	CS 26	CS 7	CS OC
0,175	68,45	32,11	56,17	134,78	93,85	345,77
0,21	60,97	28,60	50,03	120,04	83,59	307,97
0,285	67,97	31,88	55,78	133,84	93,20	343,36
0,34	73,61	34,53	60,40	144,94	100,93	371,83
0,37	78,69	36,91	64,57	154,94	107,89	397,48
0,45	80,33	37,68	65,92	158,17	110,14	405,78

6 Odhad produkce elektrické energie z FVE

Odhad průměrné měsíční a roční produkce elektrické energie FVE na střeších jednotlivých čerpacích stanic je proveden pomocí volně přístupného nástroje PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) pro všechny varianty FV panelů, které jsou uvedeny v předchozí kapitole (Tab. 4), resp. vypočtených hodnot instalovaných špičkových výkonů FVE (Tab. 5).

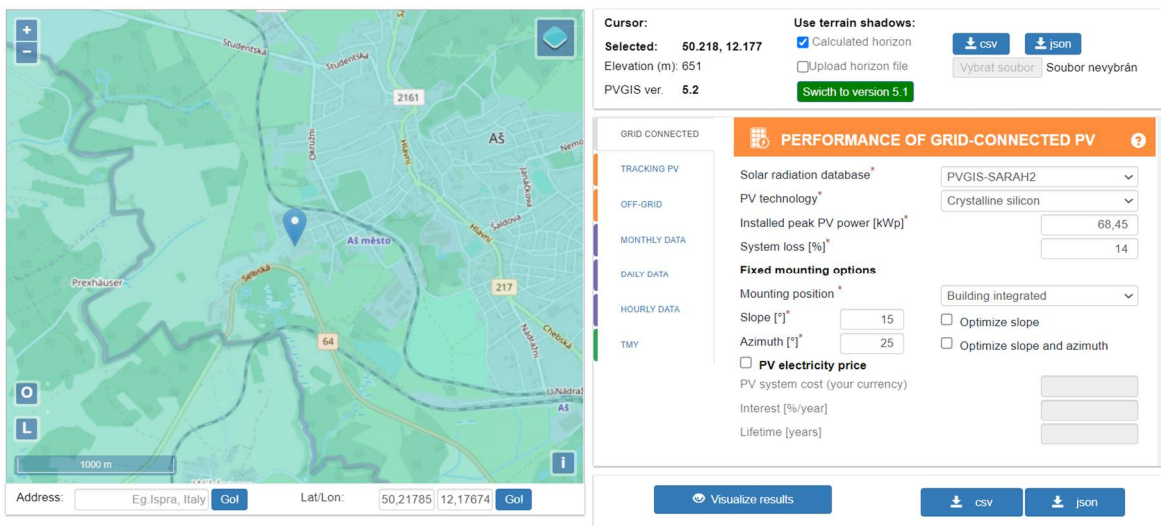
V této kapitole je také u každé čerpací stanice uvedena její měsíční spotřeba elektrické energie za rok 2019. Data z roku 2019 jsou použita kvůli omezenému provozu v letech 2020 a 2021. Pouze u OC Folmava je uvedena spotřeba elektrické energie za rok 2020. Data o spotřebě dodal zástupcem firmy provozující síť čerpacích stanic.

6.1 Webová aplikace PVGIS

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) je bezplatná online webová aplikace, vytvořená výzkumným centrem Evropské komise, která umožňuje uživateli provést kalkulaci výroby elektrické energie z FV panelů pro jakékoli místo v Evropě, Africe a i pro některé oblasti v Asii a Americe. PVGIS využívá data z pozemních meteorologických stanic a kromě nich i data získaná satelitním měřením. [34]

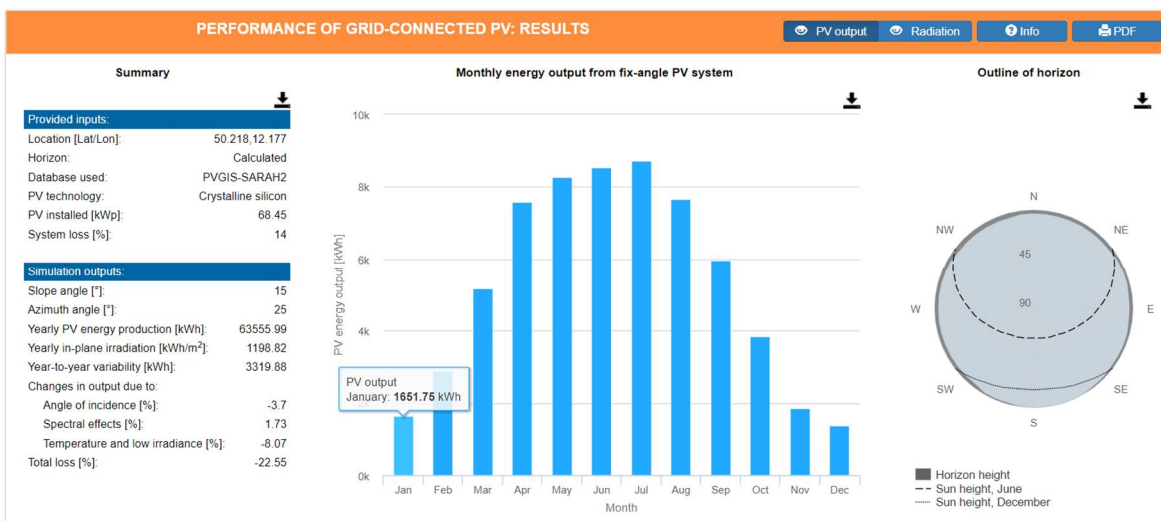
Do aplikace je nejprve nutné zadat zeměpisné souřadnice, případně adresu, oblasti, pro kterou chceme provést kalkulaci FVE. Poté je již možné zadat další vstupní parametry, kterými jsou: typ technologie použitých FV panelů (krystalické křemíkové, tenkovrstvé CdTe – kadmium-telur, CIS – tenkovrstvé využívající více spekter slunečního záření), instalovaný špičkový výkon FV pole P_{inst} (kWp), typ montáže panelů (na volně stojící konstrukci, nebo uchycení na budovu), sklon FV panelů ($^{\circ}$) a azimut ($^{\circ}$).

Sklon panelů jsem na všech plochých střeších čerpacích stanic uvažoval 15° , protože od této hodnoty sklonu dochází k tzv. samočisticímu efektu, tedy omývání nečistot z plochy panelu stékající vodou.



Obr. 15: Prostředí PVGIS – zadání vstupních parametrů. [34]

Zobrazení výsledků je pak ve formě okna, které obsahuje souhrn zadaných parametrů a hodnoty roční a měsíční produkce elektrické energie E (kWh). Z hodnot měsíční produkce elektrické energie se automaticky vytvoří graf. Samotné výsledky je také možné uložit jako dokument ve formátu PDF.



Obr. 16: Prostředí PVGIS – zobrazení výsledků. [34]

6.2 Čerpací stanice Aš Seta – CS 2

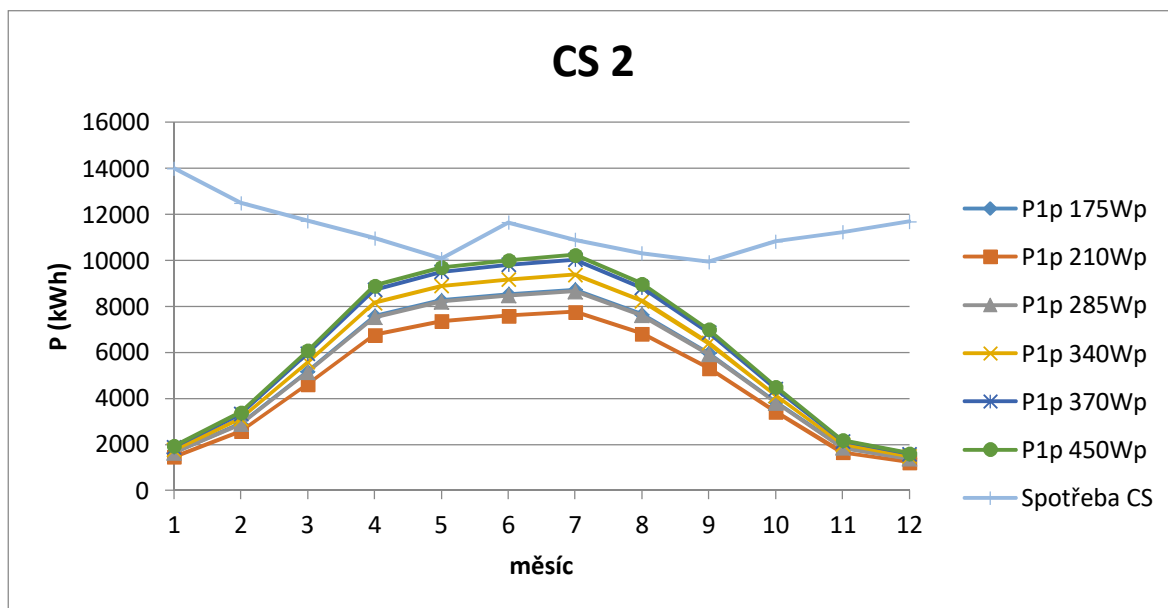
- Zeměpisné souřadnice: 50.2178569N, 12.1767492E
- Azimut: 25°



Obr. 17: Čerpací stanice Aš Seta – plocha pro případnou instalaci fotovoltaiky. [35]

Tab. 6: Měsíční produkce FVE – Aš Seta.

P_{1p} (kWp)	0,175	0,21	0,285	0,34	0,37	0,45	
	Měsíční produkce energie W (kWh)						Spotřeba 2019 (kWh)
Leden	1651,8	1471,3	1640,2	1776,3	1898,8	1938,4	14 001
Únor	2897,2	2580,6	2876,9	3115,6	3330,7	3400,1	12 501
Březen	5184,8	4618,2	5148,4	5575,6	5960,4	6084,7	11 722
Duben	7587,2	6758,1	7534	8159,1	8722,2	8904	10 970
Květen	8267,8	7364,3	8209,8	8891	9504,6	9702,7	10 076
Červen	8528,9	7596,9	8469,1	9171,9	9804,9	10009,2	11 650
Červenec	8723,5	7770,2	8662,3	9381,1	10028,5	10237,5	10 901
Srpen	7660,3	6823,2	7606,6	8237,8	8806,3	8989,8	10 315
Září	5966	5314	5924,1	6415,7	6858,5	7001,4	9 933
Říjen	3838,3	3418,8	3811,3	4127,6	4412,4	4504,4	10 829
Listopad	1866,2	1662,2	1853,1	2006,8	2145,3	2190,1	11 236
Prosinec	1384,1	1232,9	1374,4	1488,5	1591,2	1624,4	11 683
Rok	63 556	56 611	63 110	68 347	73 064	74 587	135 817



Obr. 18: Měsíční produkce a spotřeba el. energie – Aš Seta.

6.3 Čerpací stanice Pavlův Studenec – CS 20

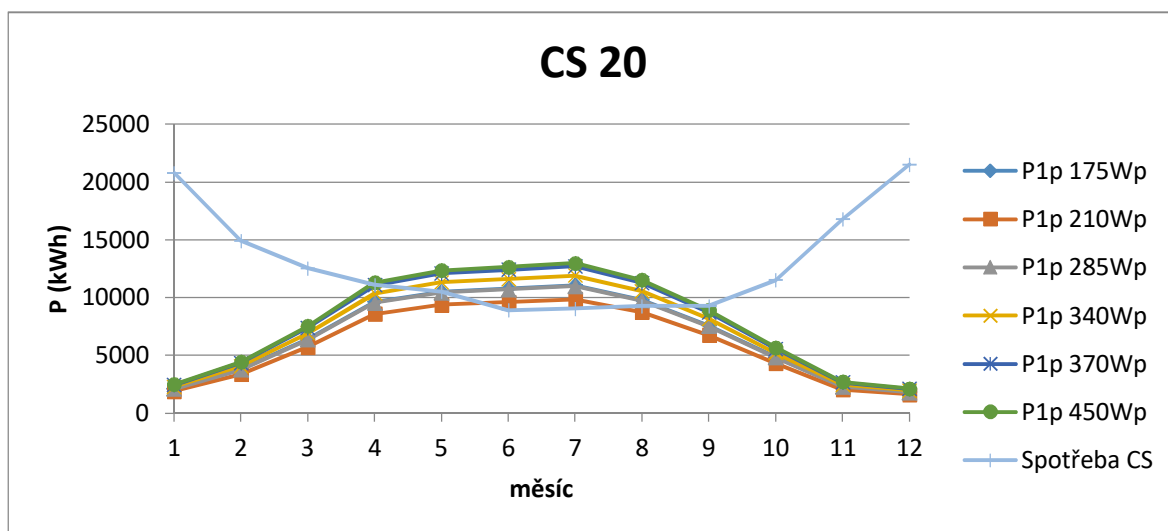
- Zeměpisné souřadnice: 49.8109069N, 12.4671683E
- Azimut: -51° budova, 40° zastřešení



Obr. 19: Čerpací stanice Pavlův Studenec – plochy pro případnou instalaci fotovoltaiky. [35]

Tab. 7: Měsíční produkce FVE – Pavlův Studenec.

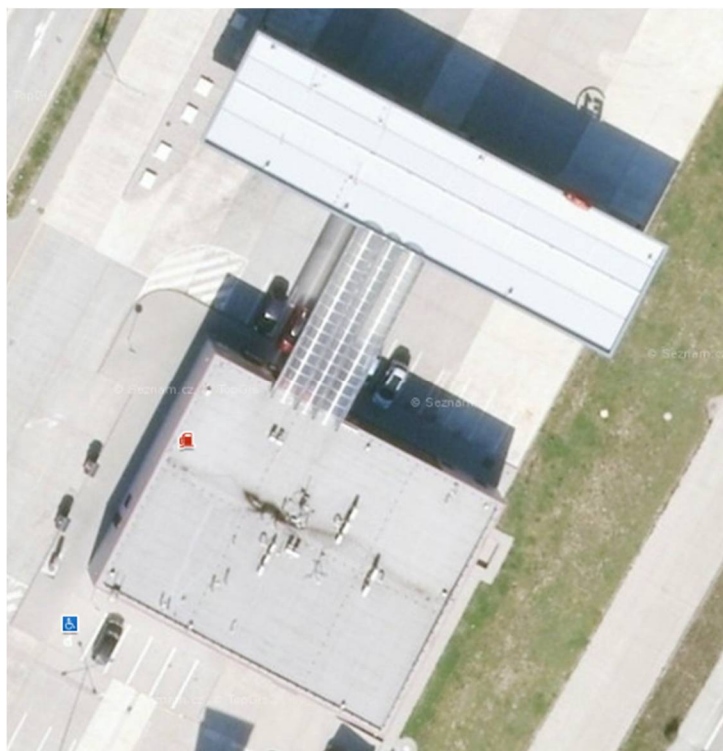
P _{1p} (kWp)	0,175	0,21	0,285	0,34	0,37	0,45	
	Měsíční produkce energie (z budovy i zastřešení) W (kWh)						Spotřeba 2019 (kWh)
Leden	2125,4	1893,1	2110,4	2285,5	2443,1	2494,2	20 791
Únor	3779,7	3366,6	3753,2	4064,4	4344,9	4435,6	14 911
Březen	6422,9	5720,8	6377,8	6906,7	7383,2	7537,5	12 547
Duben	9622,9	8571	9555,3	10347,8	11061,8	11292,8	11 104
Květen	10520,4	9370,4	10446,6	11312,9	12093,5	12346,2	10 505
Červen	10784,4	9605,5	10708,6	11596,7	12396,9	12655,8	8 912
Červenec	11059,5	9850,6	10981,9	11892,6	12713,2	12978,8	9 057
Srpen	9807,9	8735,7	9739	10546,7	11274,4	11510	9 267
Září	7587,9	6758,6	7534,7	8159,6	8722,6	8904,8	9 270
Říjen	4834,6	4306,1	4800,6	5198,8	5557,5	5673,6	11 506
Listopad	2296,8	2045,7	2280,6	2469,8	2640,2	2695,4	16 777
Prosinec	1814	1615,7	1801,3	1950,7	2085,3	2128,9	21 512
Rok	80 656	71 840	80 090	86 732	92 717	94 654	156 159



Obr. 20: Měsíční produkce a spotřeba el. energie – Pavlův Studenec.

6.4 Čerpací stanice Rozvadov OACZ – CS 26

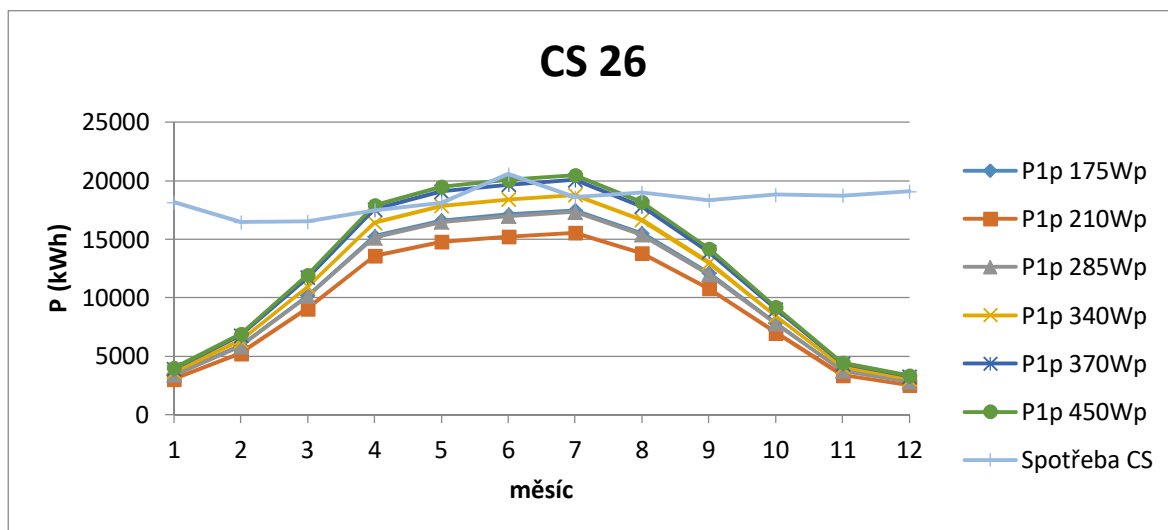
- Zeměpisné souřadnice: 49.6485853N, 12.5330225E
- Azimut: 28°



Obr. 21: Čerpací stanice Rozvadov OACZ – plocha pro případnou instalaci fotovoltaiky. [35]

Tab. 8: Měsíční produkce FVE – Rozvadov OACZ.

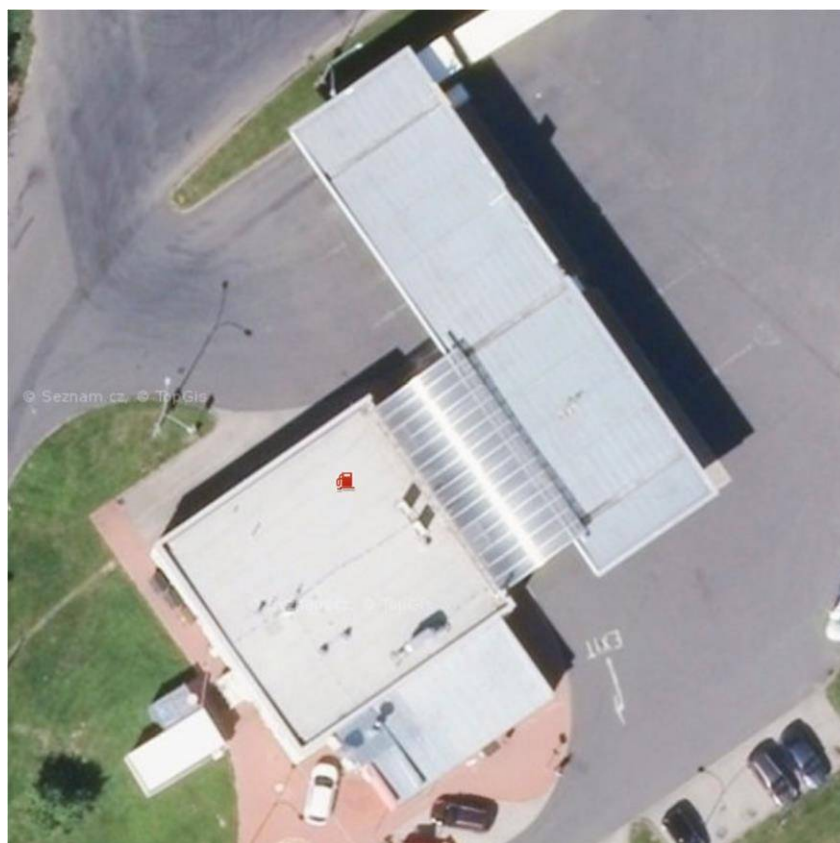
P_{1p} (kWp)	0,175	0,21	0,285	0,34	0,37	0,45	
	Měsíční produkce energie W (kWh)						Spotřeba 2019 (kWh)
Leden	3413,1	3039,8	3389,3	3670,4	3923,7	4005,4	18 160
Únor	5888	5244,1	5846,9	6331,9	6768,7	6909,8	16 465
Březen	10196,9	9081,8	10125,8	10965,6	11722,2	11966,5	16 503
Duben	15260,6	13591,7	15154,2	16411	17543,3	17909	17 472
Květen	16605,5	14789,4	16489,7	17857,2	19089,3	19487,2	18 116
Červen	17109,3	15238,1	16989,9	18399	19668,4	20078,5	20 570
Červenec	17466,7	15556,5	17344,9	18783,4	20079,3	20497,9	18 602
Srpen	15489,3	13795,3	15381,3	16656,9	17806,1	18177,3	18 974
Září	12104,9	10781,1	12020,5	13017,4	13915,5	14205,6	18 318
Říjen	7844,9	6986,9	7790,2	8436,2	9018,3	9206,3	18 803
Listopad	3792,3	3377,5	3765,8	4078,2	4359,5	4450,4	18 738
Prosinec	2841,9	2531,1	2822,1	3056,2	3267	3335,1	19 080
Rok	128 013	114 013	127 121	137 663	147 161	150 229	219 801



Obr. 22: Měsíční produkce a spotřeba el. energie – Rozvadov OACZ.

6.5 Čerpací stanice Folmava TIR – CS 7

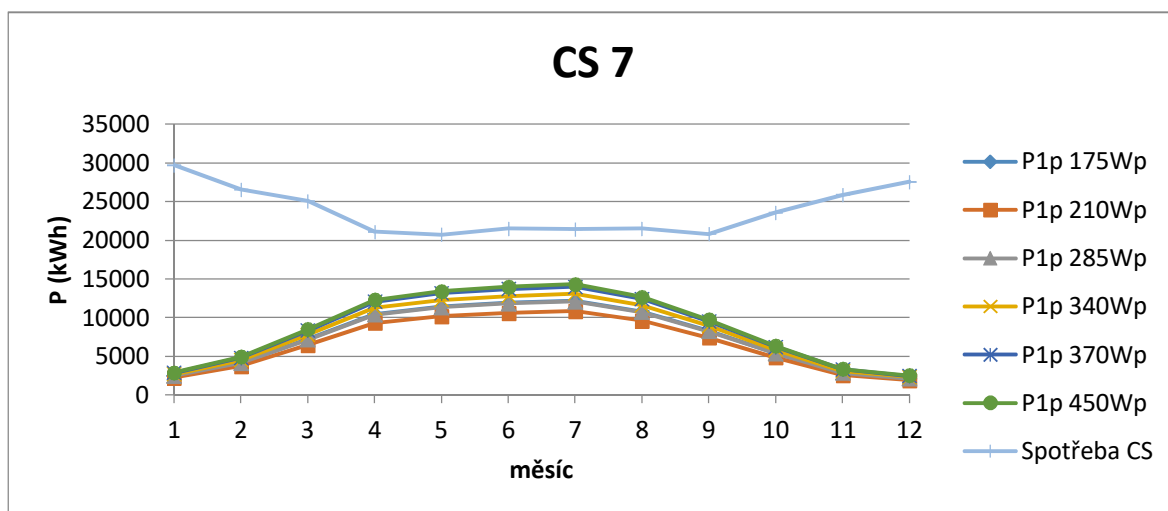
- Zeměpisné souřadnice: 49.3472511N, 12.8511783E
- Azimut: -35°



Obr. 23: Čerpací stanice Folmava TIR – plochy pro případnou instalaci fotovoltaiky. [35]

Tab. 9: Měsíční produkce FVE – Folmava TIR.

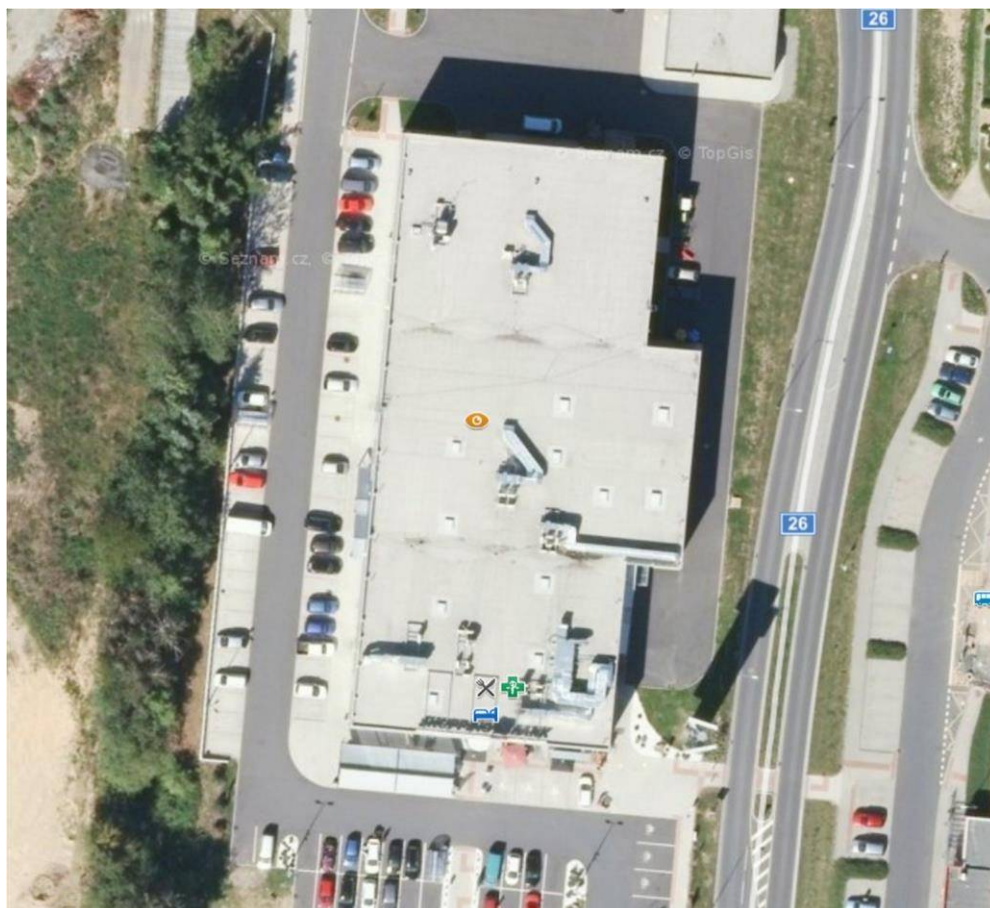
P _{1p} (kWp)	0,175	0,21	0,285	0,34	0,37	0,45	
	Měsíční produkce energie W (kWh)						Spotřeba 2019 (kWh)
Leden	2475,2	2204,6	2458,1	2661,9	2845,5	2904,8	29 698
Únor	4170,1	3714,2	4141,2	4484,7	4794	4893,9	26 562
Březen	7214,8	6426	7164,8	7759,1	8294,1	8467,1	25 092
Duben	10464,2	9320,2	10391,7	11253,6	12029,6	12280,5	21 098
Květen	11424,8	10175,8	11345,7	12286,7	13133,9	13407,9	20 737
Červen	11894,3	10594	11811,9	12791,6	13673,7	13958,9	21 518
Červenec	12177,1	10845,9	12092,8	13095,8	13998,9	14290,8	21 443
Srpen	10784,5	9605,5	10709,8	11598,1	12397,9	12656,5	21 510
Září	8287,8	7381,7	8230,4	8913	9527,6	9726,3	20 800
Říjen	5400,2	4809,8	5362,8	5807,6	6208,1	6337,5	23 570
Listopad	2859,8	2547,2	2840	3075,5	3287,6	3356,2	25 844
Prosinec	2126,6	1894,1	2111,8	2287	2444,7	2495,7	27 563
Rok	89 279	79 519	88 661	96 015	102 636	104 776	285 435



Obr. 24: Měsíční produkce a spotřeba el. energie – Folmava TIR.

6.6 Obchodní centrum Folmava – CS OC

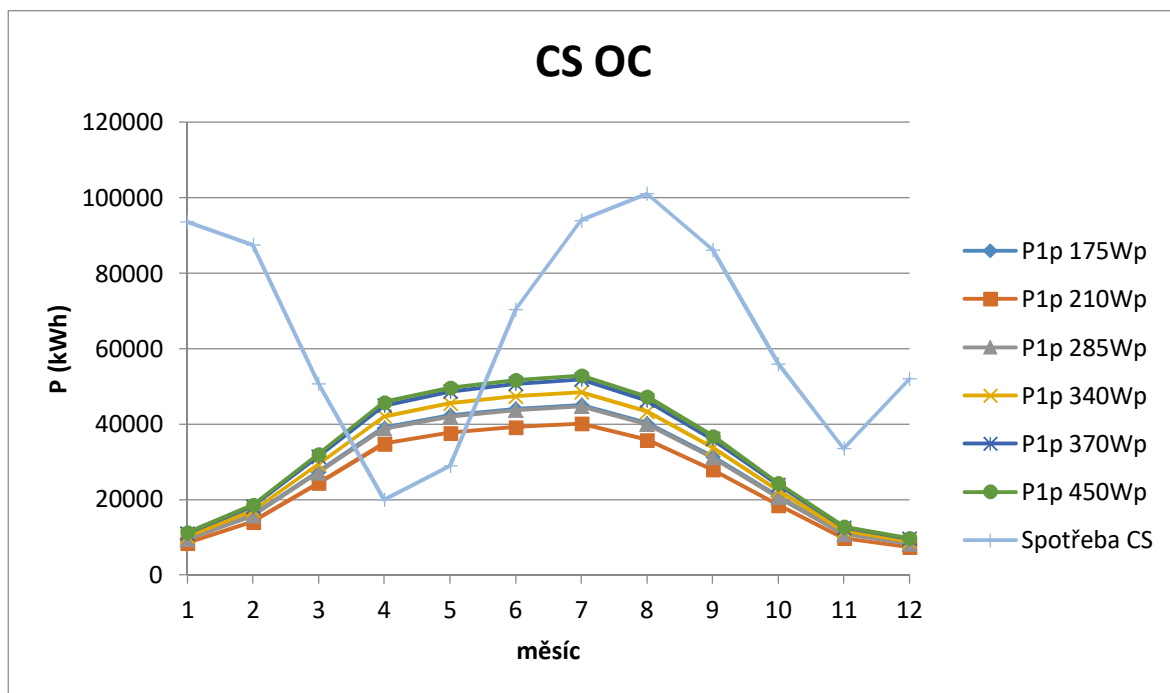
- Zeměpisné souřadnice: 49.3432717N, 12.8505864E
- Azimut: 5°



Obr. 25: OC Folmava – plocha pro případnou instalaci fotovoltaiky. [35]

Tab. 10: Měsíční produkce FVE – OC Folmava.

P_{ip} (kWp)	0,175	0,21	0,285	0,34	0,37	0,45	
	Měsíční produkce energie W (kWh)						Spotřeba 2020 (kWh)
Leden	9613,9	8562,9	9546,9	10338,4	11051,6	11282,4	93599
Únor	15863,5	14129,3	15752,9	17059,1	18235,9	18616,7	87535,25
Březen	27342,4	24353,3	27151,9	29403,2	31431,5	32087,8	50652,5
Duben	39056	34786,3	38783,8	41999,5	44896,8	45834,3	19953,25
Květen	42340,7	37711,9	42045,6	45531,8	48672,7	49689,1	28941,75
Červen	44066	39248,6	43758,8	47387,2	50656,1	51713,8	70459,25
Červenec	45101,8	40171,2	44787,4	48501	51846,8	52929,4	94047,25
Srpen	40287,3	35883	40006,5	43323,7	46312,3	47279,3	101094
Září	31408,4	27974,8	31189,5	33775,6	36105,5	36859,4	86220
Říjen	20803,9	18529,6	20658,9	22371,8	23915,1	24414,5	55939,5
Listopad	10976,1	9776,2	10899,6	11803,4	12617,6	12881,1	33595
Prosinec	8350,5	7437,6	8292,3	8979,9	9599,3	9799,8	52082
Rok	335 211	298 565	332 874	360 475	385 341	393 388	774 119



Obr. 26: Měsíční produkce a spotřeba el. energie (rok 2020) – OC Folmava.

7 Využití energie z FVE

Možností jak využít energii získanou z fotovoltaické elektrárny je několik a vždy je třeba předem posoudit, která z možností je pro nás nejvýhodnější (např. z ekonomického hlediska, z hlediska krytí výpadků v síti, atp.) a této variantě pak přizpůsobit návrh dané FVE. Jednotlivé možnosti jsou:

- prodej vyrobené elektřiny do distribuční sítě
- úplné krytí vlastní spotřeby elektrické energie (ostrovní provoz FVE),
- částečné krytí vlastní spotřeby elektrické energie.

V dnešní době je získaná energie z nově instalovaných FVE nejčastěji použita pro částečné krytí vlastní spotřeby a tedy snížení celkového množství odebrané elektřiny z distribuční sítě. Tato varianta je velmi rozšířená kvůli minimálním výkupním cenám za elektřinu, jejichž součástí už není státní podpora. Provozní podpora FVE ze strany státu byla ukončena v roce 2014.

V této práci bylo se zástupcem firmy předem domluveno, že se budou posuzovat dva možné scénáře a to využití vyrobené elektřiny pro vlastní spotřebu a prodej vyrobené elektřiny. Další požadavkem, ze strany firmy, byly co nejnižší investiční náklady na případnou FVE. Z tohoto důvodu tedy není možné v jakékoli variantě uvažovat ukládání vyrobené elektřiny do bateriových úložišť, jejichž pořízení může zvýšit investiční náklady až na dvojnásobek, oproti fotovoltaickým systémům bez akumulace energie. Tímto rozhodnutím ztrácíme tedy i možnost překlenout akumulovanou energií z FVE případné krátkodobé, ale i delší výpadky dodávky elektřiny.

7.1 Prodej energie

Z výše uvedených důvodů nemá aktuálně význam uvažovat prodej elektrické energie do distribuční sítě, protože návratnost investice takovéto varianty je prakticky nereálná.

Avšak je možné, že bude opět obnovena provozní podpora pro FVE formou aukčních a zelených bonusů, jak je uvedeno v kapitole č. 3. V případě znovuzavedení provozní podpory, se dá ale očekávat, že případná podpora nebude tak štedrá, jako v letech 2008 – 2011. Pro případný prodej vyrobené energie do distribuční sítě je v následující kapitole vypočtena změna napěťových a proudových poměrů v síti na vybrané provozovně, pomocí programu DNCalc.

Varianta, kdy by vyrobená elektrická energie byla prodávána přímo do sítě, s sebou nese i řadu dalších opatření a povinností, které by bylo nutné splnit. Základem pro tuto variantu jsou licence na výrobu elektrické energie a na obchod s elektrickou energií a dále pak splnění přípojovacích podmínek provozovatele distribuční sítě. Jedná se například o požadavky na regulaci, které závisí na velikosti instalovaného výkonu výroby (přerušení dodávky nebo regulace činného výkonu, dálkové ovládání – vypnout/zapnout, řízení jalového výkonu a napětí), signalizaci stavu a přenos dat z výroby, čtyřkvadrantní měření (4Q elektroměr).

Čtyřkvadrantní elektroměr se používá pro měření energie a výkonu ve čtyřech kvadrantech. Je vhodný především pro výroby elektrické energie, protože dokáže rozlišit a zvláště měřit energii v různých režimech, činnou – odběr/dodávka a jalovou – induktivní/kapacitní. [36]

Konkrétní požadavky jsou uvedeny v příloze č. 4 dokumentu *Pravidla provozování distribučních soustav* (Příloha č. 4 – Pravidla pro paralelní provoz výroben a akumulčních zařízení se sítí provozovatele distribuční soustavy), který je dostupný na stránkách provozovatelů DS.

Například zde na internetových stránkách společnosti ČEZ Distribuce:

https://www.cezdistribuce.cz/webpublic/file/edee/distribuce/ppds/ppds-2021_priloha-4.pdf

Licence pro FVE

Podnikání fyzických a právnických osob v energetickém odvětví v České republice je podmíněno potřebnými licencemi, které stanovuje energetický zákon. Udělování těchto licencí je plně v kompetenci Energetického regulačního úřadu. V případě výroby a prodeje elektřiny z FVE do sítě by se jednalo především o tyto licence:

- Licence na výrobu elektrické energie – platnost po udělení standardně 25 let, pro výroby elektřiny připojené k elektrizační soustavě s instalovaným výkonem vyšším než 10 kW, správní poplatek 1 000 Kč do instalovaného výkonu 1 MW, 10 000 Kč nad 1 MW
- Licence na obchod s elektřinou – platnost po udělení 5 let, licenci lze prodloužit vždy o dalších 5 let, správní poplatek 100 000 Kč
- Licence pro distribuci elektřiny – platnost je po udělení na dobu neurčitou, správní poplatek 1 000 Kč do přenosové kapacity 1 MW, 10 000 Kč nad 1 MW [22]

Podrobné informace k licencím v elektroenergetice, včetně podmínek na žadatele, jsou uvedeny v *Metodickém návodu pro žádost o udělení, změnu či zrušení licence* na stránkách Energetického regulačního úřadu:

<https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/prilohy/metodika-udelovani-licenci-pro-verejnost-22022.pdf>

7.2 Vlastní spotřeba

Úplné krytí vlastní spotřeby elektrické energie – ostrovní provoz FVE

Krytí veškeré vlastní spotřeby (ostrovní provoz) je možné jenom u FV systémů obsahující baterie, jejichž kapacita je dostatečná pro překlenutí doby, kdy FVE nedodává aktuálně potřebné množství energie. Tuto variantu nelze vzhledem k požadavkům firmy na co nejnižší investiční náklady uvažovat.

Částečné krytí vlastní spotřeby elektrické energie

V úvodních jednáních se zástupcem firmy provozující čerpací stanice byla uvažována i varianta, kdy by se elektrická energie získaná z FVE použila k napájení dobíjecích stanic pro elektromobily. Tato varianta přímého napájení dobíjecích stanic výrobou z FVE ale není bez použití baterií možná, protože by kvůli nerovnoměrné výrobě FVE v průběhu dne, kolísal výkon dobíjecí stanice. Elektromobil připojený k takovéto dobíjecí stanici by byl tedy závislý na aktuálním výkonu FVE, což by mohlo výrazně prodloužit dobu nabíjení. Přes noc a ve večerních, nebo ranních hodinách by pak dobíjení elektromobilu nebylo vůbec možné.

Nejlépe je tedy využít energii z FVE pro částečné krytí vlastní spotřeby celé provozovny. Vzhledem k absenci baterií ve FV systému je výhodné zajistit, aby výroba z FVE byla vždy nižší, než je aktuální spotřeba elektrické energie. Tímto nebude docházet k přetokům elektrické energie do distribuční sítě a v tomto ohledu tedy nebude nutné řešit součinnost FV systému s distribuční sítí. Ve všech případech je výhodné FV systém doplnit o tzv. Wattrouter, který dokáže řídit spotřebu elektrické energie a tím maximalizovat využití energie z FVE.

Wattrouter je regulátor, jehož hlavní funkcí je maximalizovat využití elektrické energie z FVE přímo v místě výroby. Zjednodušeně lze tedy říci, že v době kdy je k dispozici elektrická energie z FVE zajistí její maximální využití a v době kdy k dispozici není, energii naopak co nejvíce šetří. Nejčastěji se proto na wattroutery připojují spotřebiče, které umožňují akumulaci elektrických přebytků z FVE (bojlery, topná tělesa pro přitápění, klimatizace, bazénové filtrace, akumulární nádoby, atp.). [37]

8 OC Folmava - poměry v síti před a po připojení FVE

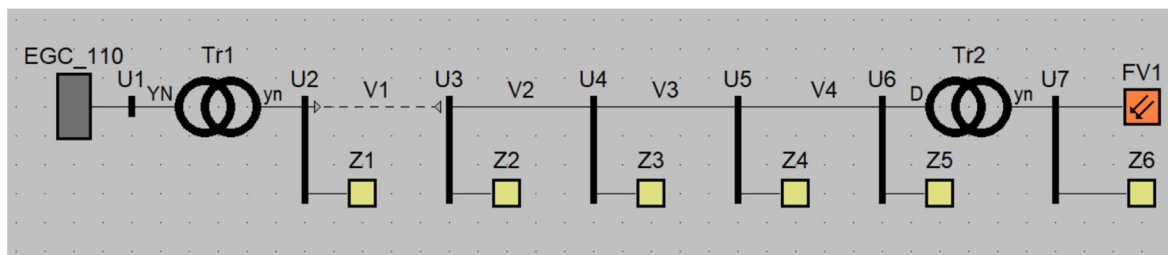
Napěťové a proudové poměry v síti před a po připojení FVE jsem určil pomocí programu DNCalc (dříve E-Vlivy). Potřebná vstupní data pro výpočet byla poskytnuta společností ČEZ Distribuce.

Předávací místo mezi odběratelem a provozovatelem DS je uzel VN (22 kV), dále značený jako U6. Transformátor VN/NN je majetkem odběratele. Dále je uvažováno, že fotovoltaická elektrárna bude připojena na hladinu NN (parametry střídavého proudu a napětí jsou generovány střídači FVE). Sledovaným parametrem je změna napětí ve vývodu sítě, kterou toto připojení způsobí. Změna napětí je určena pro dvě varianty použitých FV panelů a pro dva provozní stavy, kdy FVE procuje s účinníkem $\cos\varphi = 1$, nebo $\cos\varphi = 0,95$.

Tab. 11: Parametry sítě vývodu k OC Folmava.

Rozvodna	Název	U_n (kV)	U_{prov} (kV)	S_{zkr} (MVA)	I_{zkr} (kA)	R/X (-)	R0/R1 (-)	X0/X1 (-)
		Domažlice	110	115	1700	8,923	0,1	1
Trafo	Název	U_n (kV)	U_{n2} (kV)	S (MVA)	P_k (kW)	u_k (%)	i_0 (%)	P_0 (kW)
	T1	110	22	40	170	11	0	0
	T2	22	0,4	0,63	6,7	6	0	0
Vedení	Název	Druh	Typ	R (Ω /km)	X (Ω /km)	B (μ S/km)	d (km)	I_{max} (A)
	V1	kabel-22	AXEKVC EY 240	0,125	0,113	94,3	0,21	417
	V2	venko-22	110/22 AlFe6	0,256	0,36	1,46	4,346	326
	V3	venko-22	70 AlFe6	0,434	0,377	1,427	10,842	254
	V4	venko-22	42/7 AlFe6	0,659	0,392	1,837	2,32	181
FVE	Panely: $P_{ip} = 0,285$ kWp			Panely: $P_{ip} = 0,45$ kWp				
	Název	U (kV)	S (kVA)	$\cos\varphi$ (-)	U (kV)	S (kVA)	$\cos\varphi$ (-)	
	FV1	0,4	343,36	1	0,4	405,78	1	
		0,4	343,36	0,95	0,4	405,78	0,95	
Zátěž	Název	U (kV)	I (A)	$\cos\varphi$ (-)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	
	Z1	22	136,465	0,95	4940	1623,7	5200	
	Z2	22	52,486	0,95	1900	624,5	2000	
	Z3	22	31,492	0,95	1140	374,7	1200	
	Z4	22	26,243	0,95	950	312,25	1000	
	Z5	22	10,497	0,95	380	124,9	400	
	Z6	0,4	360,844	0,95	237,5	78,063	250	

Na následujícím obrázku je schéma zapojení modelu sítě, resp. její části od přípojnice transformovny TR 110/22 kV Domažlice k OC Folmava.



Obr. 27: Schéma zapojení vývodu sítě v programu DNCalc.

8.1 Poměry v síti před připojením FV1

Tab. 12: Napěťové poměry v uzlech sítě – před připojením FV1.

Uzel	U (V)]	α (°)	dU (%)	Zk (Ω)	α (°)]	Sk (MVA)
U1	114355,2	29,408	-3,959	15,125	81,469	799,978
U2	22655,97	28,014	-2,982	1,934	85,812	250,305
U3	22648,94	28,007	-2,95	1,959	85,097	247,016
U4	22449,22	27,639	-2,042	3,743	69,998	129,319
U5	22016,79	27,177	-0,076	9,678	51,789	50,009
U6	21965,12	27,148	0,159	11,356	48,564	42,619
U7	394,684	-4,07	1,329	0,019	73,768	6,986

Tab. 13: Výkonové (proudové) poměry sítě – před připojením FV1.

Prvek	Uzel	I (A)	α (°)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)
EGC 110	U1	51,519	159,695	-9606,3	-3442,03	10204,34
Tr1	U1	51,519	-20,305	9606,304	3442,029	10204,34
	U2	257,596	159,695	-9596,07	-3177,27	10108,39
V1	U2	125,083	-20,438	4656,067	1553,569	4908,415
	U3	125,165	159,45	-4654,83	-1562,62	4910,117
V2	U3	74,184	-20,799	2754,834	938,116	2910,184
	U4	74,197	159,171	-2736,46	-913,894	2885,035
V3	U4	43,336	-21,023	1596,462	539,194	1685,059
	U5	43,368	158,852	-1569,93	-519,972	1653,801
V4	U5	17,145	-21,347	619,932	207,722	653,808
	U6	17,162	158,481	-618,583	-208,98	652,93
Tr2	U6	6,649	-22,265	238,583	84,081	252,965
	U7	365,704	127,735	-237,5	-78,062	250
Z1	U2	132,513	-20,181	4940	1623,699	5200
Z2	U3	50,983	-20,188	1900	624,5	2000
Z3	U4	30,862	-20,556	1140	374,7	1200
Z4	U5	26,223	-21,018	950	312,25	1000
Z5	U6	10,514	-21,047	380	124,9	400
Z6	U7	365,704	-52,265	237,5	78,062	250

8.2 Poměry v síti po připojení FV1 S=343,36 kVA a $\cos\varphi=1$

V následujících tabulkách (č. 14, 15 a 16) jsou uvedeny poměry ve sledovaném vývodu sítě po připojení fotovoltaiky FV1 do uzlu U7. Je tedy možné pozorovat změnu jednotlivých veličin oproti dříve uvedenému případu bez připojené FVE. Výkon připojované FVE ($S = 343,36$ kVA) odpovídá použití FV panelů o špičkovém výkonu 0,285 kWp. Hodnota účinníku je uvažována $\cos\varphi=1$.

Tab. 14: Napěťové poměry v uzlech sítě – po připojení FV1.

Uzel	U (V)	α (°)	dU (%)	Zk (Ω)	α (°)	Sk (MVA)
U1	114367,6	29,431	-3,971	15,125	81,469	799,978
U2	22660,96	28,091	-3,004	1,934	85,812	250,305
U3	22654,37	28,084	-2,974	1,959	85,097	247,016
U4	22473,49	27,777	-2,152	3,743	69,998	129,319
U5	22117,8	27,478	-0,535	9,678	51,789	50,009
U6	22090,43	27,485	-0,411	11,356	48,564	42,619
U7	399,404	-1,872	0,149	0,019	73,768	6,986

Tab. 15: Výkonové (proudové) poměry sítě – po připojení FV1.

Prvek	Uzel	I (A)	α (°)	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)
EGC_110	U1	49,743	159,216	-9246,65	-3404,84	9853,6
Tr1	U1	49,743	-20,784	9246,647	3404,843	9853,6
	U2	248,715	159,216	-9237,1	-3158,02	9762,028
V1	U2	116,25	-21,559	4297,103	1534,325	4562,812
	U3	116,338	158,321	-4296,04	-1543,53	4564,912
V2	U3	65,401	-22,901	2396,038	919,029	2566,245
	U4	65,416	157,065	-2381,76	-900,563	2546,328
V3	U4	34,644	-25,175	1241,759	525,863	1348,516
	U5	34,682	154,674	-1224,8	-514,975	1328,657
V4	U5	8,914	-38,939	274,798	202,725	341,484
	U6	8,946	140,781	-274,432	-204,59	342,301
Tr2	U6	3,457	-145,467	-105,568	79,69	132,269
	U7	190,13	4,533	105,86	-78,062	131,53
Z1	U2	50,97	-20,111	1900	624,5	2000
Z2	U3	30,828	-20,418	1140	374,7	1200
Z3	U4	26,103	-20,717	950	312,25	1000
Z4	U5	132,484	-20,104	4940	1623,699	5200
Z5	U6	10,454	-20,709	380	124,9	400
Z6	U7	361,383	-50,067	237,5	78,062	250
FV1	U7	496,337	148,128	-343,36	0	343,36

Tab. 16: Napět'ové úbytky v uzlech síťe před a po připojení FV1 a jejich rozdíl.

Uzel	dU před (%)	dU po (%)	Δ dU (%)
U1	-3,959	-3,971	0,011
U2	-2,982	-3,004	0,023
U3	-2,95	-2,974	0,025
U4	-2,042	-2,152	0,11
U5	-0,076	-0,535	0,459
U6	0,159	-0,411	0,57
U7	1,329	0,149	1,18

8.3 Napět'ové rozdíly před a po připojení různých variant FV1

Výkon FV1 343,36 kVA odpovídá variantě, při které jsou použity FV panely o špičkovém výkonu 0,285 kWp. Varianta s FV panely o špičkovém výkonu 0,45 kWp pak výkonu 405,78 kVA.

Tab. 17: Napět'ové úbytky v uzlech síťe před a po připojení FV1.

		S=343,36 kVA		S=405,78 kVA	
		cosφ=1	cosφ=0,95	cosφ=1	cosφ=0,95
Uzel	dU před (%)	dU po (%)	dU po (%)	dU po (%)	dU po (%)
U1	-3,959	-3,971	-3,983	-3,972	-3,987
U2	-2,982	-3,004	-3,046	-3,007	-3,057
U3	-2,95	-2,974	-3,017	-2,978	-3,028
U4	-2,042	-2,152	-2,226	-2,17	-2,257
U5	-0,076	-0,535	-0,685	-0,614	-0,79
U6	0,159	-0,411	-0,576	-0,509	-0,703
U7	1,329	0,149	-0,992	-0,047	-1,391

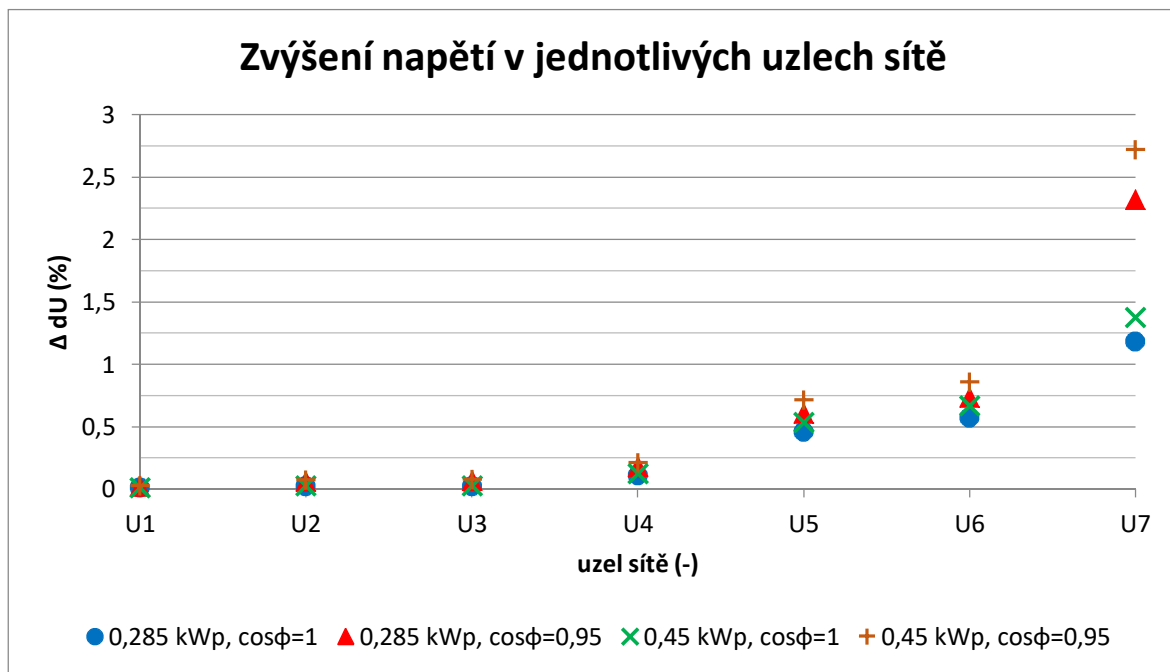
Tab. 18: Rozdíly úbytků napětí v uzlech síťe před a po připojení FV1.

FV1	S=343,36 kVA		S=405,78 kVA	
	cosφ=1	cosφ=0,95	cosφ=1	cosφ=0,95
Uzel	Δ dU (%)	Δ dU (%)	Δ dU (%)	Δ dU (%)
U1	0,011	0,024	0,013	0,028
U2	0,023	0,065	0,026	0,075
U3	0,025	0,067	0,028	0,078
U4	0,11	0,184	0,128	0,215
U5	0,459	0,609	0,537	0,714
U6	0,57	0,734	0,667	0,861
U7	1,18	2,32	1,376	2,72

Vypočítané rozdíly úbytků napětí, uvedené v tabulce výše, jsou pro lepší názornost vyneseny do grafu na následujícím obrázku. Z grafu je dobře vidět, že ve všech uvažovaných případech FV1 dochází ke zvýšení napětí a to ve všech uzlech sledovaného vývodu síťe. K největšímu zvýšení napětí dochází v místě připojení FV1, což je v uzlu U7,

tedy na hladině NN (až 2,72 % pro variantu 405,78 kVA a $\cos\phi = 0,95$). Naopak v uzlech U1, U2, U3 a U4 vzdálených od místa připojení FV1 nepřesáhne zvýšení napětí 0,25 %.

V uzlu U6, tedy v předávacím místě mezi odběrem/výrobnou elektřiny a provozovatelem DS, je zvýšení napětí ve všech případech nižší, než 1 %.



Obr. 28: Zvýšení napětí v jednotlivých uzlech vývodu sítě.

9 Ekonomické zhodnocení

9.1 Náklady na FV panely

Vzhledem k požadavku firmy na co nejnižší investiční náklady je nutné z jednotlivých FV panelů vybrat takové, které mají nejnižší investiční náklady na 1 kWp špičkového výkonu. Ke zjištění těchto nákladů se využije vztah 9.1.

Tab. 19: Parametry vybraných FV panelů.

P_{ip} (kWp)	Typ techn.	M_{1kWp} (ks)	C_1 bez DPH (Kč)	C_2 s DPH (Kč)	N_{i1kWp} (Kč/kWp)
0,175	polykryst.	5,71	2959,5	3 581	20 463
0,21	polykryst.	4,76	2719	3 290	15 667
0,285	polykryst.	3,51	2851,24	3 450	12 106
0,34	monokryst.	2,94	3967	4 800	14 118
0,37	monokryst.	2,70	4050	4 900	13 244
0,45	monokryst.	2,22	4785,12	5 790	12 867

Výpočet investičních nákladů na 1 kWp instalovaného špičkového výkonu (jsou uvažovány pouze náklady na FV panely):

$$N_{i1kWp} = M_{1kWp} \cdot C_2 \text{ (Kč/kWp; ks, Kč)} \quad (9.1)$$

kde M_{1kWp} (ks) je počet FV panelů potřebných k instalovanému špičkovému výkonu 1 kWp a C_2 (Kč) je cena za jeden FV panel (včetně DPH).

Z výsledků výpočtů (6. sloupec tab. č. 19) je zřejmé, že nejnižší náklady na 1 kWp výkonu mají polykrystalické FV panely o výkonu 0,285 kWp. V dalších výpočet tedy budu uvažovat právě tento typ FV panelů.

9.2 Vstupní data a předpoklady ekonomického výpočtu

Z předchozích kapitol této práce plyne, že FVE by na provozovny nebyly instalovány z důvodu prodeje vyrobené elektrické energie do distribuční sítě, ale pro ušetření nákladů na elektrickou energii, která by jinak musela být z DS odebrána.

Množství vyrobené energie za rok jednotlivými FVE na konkrétních provozovnách a hodnoty možného instalovaného špičkového výkonu jsou již uvedeny v kapitolách č. 5 a 6. Pro přehlednost jsou tyto hodnoty uvedeny i v následující tabulce. V tabulce jsou dále

uvedeny vypočtené investiční náklady na FV panely pro jednotlivé provozovny a dále pak celkové investiční náklady na FVE. Tyto hodnoty jsou vypočteny ze vztahů 9.2 a 9.3. Dále je v tabulce vypočítaný finanční tok CF, který představuje roční úsporu nákladů za elektřinu.

Tab. 20: Investiční náklady na FVE a energie získaná z FVE za rok.

Název čerpací stanice	Označení dle provozovatele	P_{ins} (kWp)	W_{rok} (MWh)	CF (Kč)	N_{ipa} (Kč)	N_{ic} (Kč)
Aš Seta	CS 2	67,97	63,110	402 655,1	822 845	1 371 408
Pavluv Studenec	CS 20	87,66	80,090	510 991	1 061 212	1 768 687
Rozvadov OACZ	CS 26	133,84	127,121	811 058,7	1 620 267	2 700 445
Folmava TIR	CS 7	93,2	88,661	565 675,8	1 128 279	1 880 465
OC Folmava	CS OC	343,36	332,874	2 123 806	4 156 716	6 927 860

Výpočet investičních nákladů na FV panely pro každou provozovnu:

$$N_{ipa} = P_{ins} \cdot N_{i1kWp} \text{ (Kč; kWh, Kč/kWp)} \quad (9.2)$$

kde P_{ins} (kWp) je možný instalovaný špičkový výkon FVE a N_{i1kWp} (Kč/kWp) jsou investiční náklady na FV panely na 1 kWp instalovaného špičkového výkonu vybraných FV panelů, tedy 12 106 Kč/kWp.

Výpočet celkových investičních nákladů na FVE každé provozovny je proveden za předpokladu, že investiční náklady na samotné FV panely činí 60 % z celkových investičních nákladů. Ve zbývajících 40 % jsou pak zahrnuty náklady na střídače, měřicí přístroje, ochranná zařízení, kabeláž, nosné konstrukce, samotnou instalaci FVE a další. Celkové investiční náklady jsou tedy vypočteny tak, že k investičním nákladům na FV panely je připočítáno dalších 40 %.

$$N_{ic} = 100 \cdot \frac{N_{ipa}}{60} \text{ (Kč; Kč)} \quad (9.3)$$

kde N_{ipa} (Kč) jsou investiční náklady na FV panely na provozovně.

Finanční tok CF, který představuje roční úsporu nákladů za elektřinu, je možné vypočítat z energie W_{rok} (MWh) získané z FVE a znalosti ceny elektřiny. Uvažována cena za silovou elektřinu a distribuci je od ČEZ Prodej, a. s. ceny z ledna 2022, silová el. 3775,2 Kč/MWh a distribuce 2605,01 Kč celkem tedy $C_{el} = 6380,21$ Kč/MWh.

$$CF = W_{\text{rok}} \cdot C_{\text{el}} \text{ (Kč; MWh, Kč/MWh)} \quad (9.4)$$

kde W_{rok} (MWh) je energie získaná z FVE a C_{el} (Kč/MWh) je cena za odebranou elektřinu (silovou el. a distribuci).

9.3 Metoda NPV a doba návratnosti

Pro ekonomický výpočet, tedy pro vyhodnocení investice, jsem zvolil metodu NPV (Net Present Value). Metoda NPV (někdy ČSH – Čistá Současná Hodnota) se používá ke zjištění, kolik finančních prostředků přinese zvažovaná investice za dobu své životnosti. Je-li výsledkem záporná hodnota, znamená to, že uvažovaná investice je ztrátová. Naopak pokud je výsledkem výpočtu kladné číslo, tak se investice vyplatí.

Vzorec pro výpočet NPV:

$$NPV = \sum_{n=1}^{T_z} \frac{CF_n}{(1+r)^n} \text{ (Kč)} \quad (9.5)$$

kde T_z je rok konce životnosti instalované FVE, n je konkrétní rok investice, CF_n (cash flow) je finanční tok v konkrétním roce n a r je diskontní míra.

Pro výpočty NPV bude uvažováno následující:

- Doba životnosti FVE: $T_z = 20$ let
- Diskontní míra: $r = 5\%$
- CF_n (Kč) – roční finanční tok (úspora) zahrnuje postupný pokles výkonu FV panelů

Výrobci FV panelů většinou garantují, že si FV panel zachová nejméně 80 % svého původního výkonu i po 20 letech (někdy až po 25). To tedy přibližně odpovídá 1 % ročnímu úbytku výkonu FV panelu. Tato skutečnost je pro dosažení reálnějších výsledků zohledněna i v mém výpočtu. Konkrétně je to provedeno tak, že vyrobená roční energie W_{rok} (MWh) získaná z FVE je pro každý následující rok snížena o 1 %. Postupně se tedy snižuje finanční tok (úspora) CF_n (Kč).

Výsledky metody NPV jsou společně s vypočítanou dobou návratnosti investice uvedeny v následující tabulce. Vzorec pro výpočet doby návratnosti investice je:

$$PP = \frac{(N_{\text{ic}} - D) * T_z}{NPV} \text{ (roky)} \quad (9.6)$$

kde N_{ic} (Kč) jsou celkové investiční náklady, D (Kč) je případná dotace, T_z je doba životnosti FVE a NPV (Kč) je výsledek výpočtu NPV metody.

Tab. 21: Výsledky NPV metody a doby návratnosti investice.

Název čerpací stanice	Označení dle provozovatele	NPV (Kč)	PP (let)
Aš Seta	CS 2	4 621 403	5,94
Pavlův Studenec	CS 20	5 864 811	6,032
Rozvadov OACZ	CS 26	9 308 785	5,802
Folmava TIR	CS 7	6 492 446	5,793
OC Folmava	CS OC	24 375 615	5,684

Z výsledků výpočtů je zřejmé, že pro všechny provozovny vyšla metoda NPV kladná, zamýšlená investice do FVE se tedy vyplatí. Pokud jde o dobu návratnosti, tak ta se pohybuje přibližně od 5,5 do 6 let, což je vzhledem k uvažované životnosti FVE (20 let) velmi příznivý výsledek, neboť investiční náklady na FVE budou vyrovnány za přibližně čtvrtinu životnosti systému.

Zhodnocení a závěr

Tato práce byla zaměřena na potenciální využití fotovoltaiky pro energetické zásobení vybraných čerpacích stanic. Úvodní kapitola byla věnována definování základních pojmů z oblasti fotovoltaiky jako je např. fotovoltaický systém, jeho základní části a typy fotovoltaických systémů. Ve druhé kapitole byl pak popsán historický vývoj fotovoltaiky v České republice.

Další kapitola byla věnována podpoře obnovitelných zdrojů ze strany státu ať už formou výkupních cen a zelených bonusů, nebo dotací na výstavbu. V této kapitole jsou uvedeny i aktuální dotační programy, včetně návodu, jak by měl žadatel o dotaci postupovat. Ve čtvrté kapitole byla nastíněna problematika dobíjecích stanic pro elektromobily a popis jednotlivých typů dobíjení.

V následujících dvou kapitolách je pro zvolené provozovny vypočítán možný instalovaný špičkový výkon fotovoltaiky a pomocí webové aplikace PVGIS odhadnuta její roční produkce energie.

Sedmá kapitola obsahuje možnosti, jak využít energii získanou z fotovoltaiky. Při aktuálních výkupních cenách za elektrickou energii je nejvýhodnější vyrobenou energii spotřebovat přímo v místě výroby a snížit tak množství elektrické energie odebírané z distribuční sítě. V případě, že by se podmínky výkupních cen elektrické energie z fotovoltaik změnilo, je v osmé kapitole provedeno, pomocí programu DNCalc, porovnání stavu v jednotlivých uzlech vývodu distribuční sítě před a po připojení největší z uvažovaných fotovoltaik. Sledovaná změna napětí ani v jednom z uzlů distribuční sítě nepřekročí 1 %.

V poslední kapitole této práce byl proveden ekonomický výpočet, ve kterém byla zahrnuta metoda NPV a dále pak výpočet doby návratnosti investice. Z výsledků výpočtů je zřejmé, že na všech uvažovaných provozovnách se investice vyplatí – metoda NPV vyšla kladná, přičemž doba návratnosti se přibližně pohybuje od 5,5 do 6 let, což je vzhledem k uvažované životnosti fotovoltaiky (20 let) velmi příznivý výsledek.

Literatura

- [1] Vyuka.hradebni.cz. *Obnovitelné zdroje elektrické energie - Fotovoltaika*. [online]. [cit. 20.05.2022]. Dostupné z: <https://vyuka.hradebni.cz/file.php/305/Fotovoltaika.pdf>
- [2] ČÁP, Lukáš. *Návrh inteligentního řízení fotovoltaického (FV) systému s akumulátory dle předpovědi slunečního záření*. [online]. Plzeň, 2018. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Jan Škorpil. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/31539/1/DP_Lukas%20Cap_ZCU_Plzen_%202018.pdf
- [3] ČEZ. *Fotovoltaika – Solární (fotovoltaické) články*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>
- [4] ŠTIČKA, David. *Fotovoltaické systémy - fotovoltaické panely*. [online]. [cit. 14.11.2021]. Dostupné z: <http://www.sticka.cz/kategorie/fotovoltaicke-panely/>
- [5] rdsolar.cz. *Solární panely*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://www.rdsolar.cz/kategorie-produktu/solarni-panely/>
- [6] TZB – info. *Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>
- [7] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika*. 1. české vydání. Ostrava – Plesná. HEL, 2011. 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.
- [8] TZB–info.cz. *Fotovoltaický střídač – účinnost není vše*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/5571-fotovoltaicky-stridac-ucinnost-neni-vse>
- [9] Ecoprodukt.cz. *Solární produkty*. [online]. [cit. 31.01.2022]. Dostupné z: <https://ecoprodukt.cz/c/vsechno-menice-napeti-ostrovni-off-grid-a-hybridni-menice-napeti-menic-napeti-hybridni-2771>
- [10] Solar-Eshop.cz. *Měniče DC/AC - Hybridní Fotovoltaika*. [online]. [cit. 31.01.2022]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/c/fotovoltaika-1/menice-1/hybridni-menice/>
- [11] Nomádem.cz. *Solární panely, regulátory a baterie – jak se v tom vyznat?* [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://www.nomadem.cz/clanek/66/solarni-panely-a-regulatory/>

- [12] oEnergetice.cz. *Fotovoltaické elektrárny - princip funkce a součásti, elektrárny v ČR*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
- [13] Neosolar. *Solární panely, měniče napětí, baterie, nabíječky*. [online]. [cit. 28.11.2021]. Dostupné z: <https://eshop.neosolar.cz/fotovoltaika/solarni-regulatory>
- [14] Elektrina.cz. *Baterie do solární elektrárny: Jaké jsou druhy a čím se liší?* [online]. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/baterie-do-solarni-elektrarny-jake-jsou-druhy>
- [15] Ecoprodukt.cz - Solární produkty. *Jak si vybrat solární baterii?* [online]. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://ecoprodukt.cz/blog/poradna-6/jak-si-vybrat-solarni-baterii-30>
- [16] BCE.cz. *Baterie pro fotovoltaiku – typy, výhody, nedostatky*. [online]. [cit. 23.11.2021]. Dostupné z: <https://www.bce.cz/baterie-pro-fotovoltaiku-typy-vyhody-nedostatky/>
- [17] DJS Architecture. *Fotovoltaika pro rodinný dům*. [online]. [cit. 24.11.2021]. Dostupné z: <https://www.djsarchitecture.cz/fotovoltaika-pro-rodinny-dum>
- [18] DEKSOLAR - Fotovoltaické elektrárny. *Vše o fotovoltaice*. [online]. [cit. 25.11.2021]. Dostupné z: <https://deksolar.cz/vse-o-fotovoltaice/>
- [19] Tzb-energ.cz. *Fotovoltaika*. [online]. [cit. 25.11.2021]. Dostupné z: <https://www.tzb-energ.cz/fotovoltaika.html>
- [20] LUKÁŠEK, Kamil. *Stav fotovoltaiky v České Republice*. [online]. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Jiří Vaněk. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=100617
- [21] Energieprolidi.cz. *Historie fotovoltaických elektráren v ČR*. [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.energieprolidi.cz/blog/zajimavosti/historie-fotovoltaickyh-elektren-v-cr/>
- [22] Energetický regulační úřad [online]. [cit. 19.3.2022]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/>
- [23] DOUCHA ŠIKOLA advokáti s.r.o.. *Podpora pro nové zdroje uváděné do provozu od počátku roku 2022*. [online]. [cit. 29.04.2022]. Dostupné z: <https://www.dsadvokati.cz/cz/blog/dsa-clanky/66-podpora-pro-nove-zdroje-uvadene-do-provozu-od-pocatku-roku-2022>

- [24] FASCHINGBAUER, Pavel. *Elektromobilita, využití alternativních zdrojů energie*. Studie. Březen 2021.
- [25] Nová zelená úsporám – Dotace pro úsporné bydlení. *Základní informace* [online]. Copyright © Státní fond životního prostředí ČR [cit. 15.05.2022]. Dostupné z: <https://novazelenausporam.cz/zakladni-informace/>
- [26] Portál Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost – OPTAK. *Úspory energie: Dotace na úspory energie ve firmách*. [online]. [cit. 26.04.2022]. Dostupné z: <https://www.dotace-optak.cz/dotacni-programy/7-uspory-energie-dotace-na-uspory-energie-ve-firmach>
- [27] DotaceEU.cz. *10 kroků k získání dotace*. [online]. [cit. 26.04.2022]. Dostupné z: <https://www.dotaceeu.cz/cs/jak-ziskat-dotaci/10-kroku-k-ziskani-dotace>
- [28] Portál Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost – OPTAK. *Cesta k dotaci*. [online]. [cit. 26.04.2022]. Dostupné z: <https://www.dotace-optak.cz/cesta-k-dotaci/>
- [29] Centrum dopravního výzkumu. *Veřejné dobíjecí stanice v ČR*. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/stanice-ceska-republika/>
- [30] Centrum dopravního výzkumu. *Registrace všech čistých vozidel v ČR dle NAP ČR*. [online]. [cit. 9.4.2022]. Dostupné z: <https://www.cistadoprava.cz/registrace-vsech-cistych-vozidel-v-cr-dle-nap-cm/>
- [31] EVExpert.cz. Vše pro nabíjení elektromobilů. *AC/DC nabíjení*. [online]. [cit. 12.04.2022]. Dostupné z: <https://www.evexpert.cz/eshop/znalostni-centrum/ac-dc-nabijeni>
- [32] Autonabijeni.cz. Vše pro Váš elektromobil. [online]. [cit. 25.4.2022]. Dostupné z: <https://www.autonabijeni.cz/verejne-prostory/olifeenergy-ac-max--2x22kw/>
- [33] Shopex.cz. [online]. [cit. 25.4.2022]. Dostupné z: <https://shopex.cz/sport-a-outdoor/moto-cs/dobijeci-stanice/dobijeci-stanice-alpitronic-hypercharger-150/>
- [34] PVGIS – Photovoltaic Geographical Information System. [online]. [cit. 23.4.2022]. Dostupné z: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en
- [35] Mapy.cz. [online]. [cit. 23.4.2022]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=12.5252360&y=49.6431310&z=16&base=ophoto>
- [36] KVEmont.cz. *Návod k obsluze čtyřkvadrantního elektroměru DB4, DC4*. [online]. [cit. 8.5.2022]. Dostupné z: <http://www.kvemont.cz/images/pdf/navod-elektromer.pdf>

- [37] Solarcontrols.cz. *Wattrouter – Základní popis funkce*. [online]. Copyright © 2010 [cit. 15.05.2022]. Dostupné z: https://solarcontrols.cz/cz/wattrouter_function.html

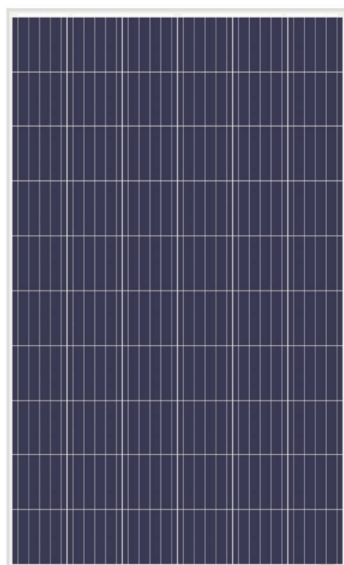
Пřílohy

Каталоговый лист компании Amerisolar – FV panel 285 Wp



AS-6P30

POLYCRYSTALLINE MODULE



ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 17.52% by using high efficient solar cells and advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- High reliability against extreme environmental conditions (passing salt mist, ammonia and hail tests).
- Potential induced degradation (PID) resistance.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.

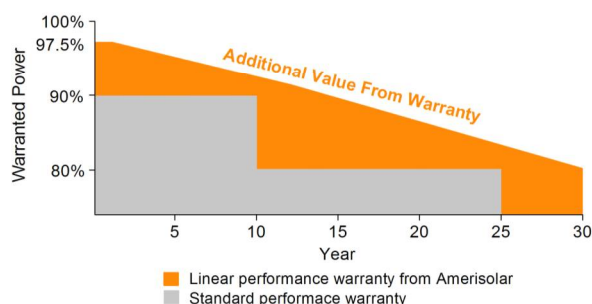
CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, CE, CQC, CGC, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), Kemco(South Korea), KS(South Korea), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2015: Quality management system
- ISO14001:2015: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.

Passionately
committed to
delivering innovative
energy solution



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power (P _{max})	250W	255W	260W	265W	270W	275W	280W	285W
Open Circuit Voltage (V _{OC})	38.0V	38.1V	38.2V	38.3V	38.4V	38.5V	38.6V	38.7V
Short Circuit Current (I _{SC})	8.75A	8.83A	8.90A	8.98A	9.09A	9.20A	9.31A	9.42A
Voltage at Nominal Power (V _{mp})	30.3V	30.5V	30.7V	30.9V	31.1V	31.3V	31.5V	31.7V
Current at Nominal Power (I _{mp})	8.26A	8.37A	8.47A	8.58A	8.69A	8.79A	8.89A	9.00A
Module Efficiency (%)	15.37	15.67	15.98	16.29	16.60	16.90	17.21	17.52
Operating Temperature	-40°C to +85°C							
Maximum System Voltage	1000V DC							
Fire Resistance Rating	Type 1 (in accordance with UL1703)/Class C (IEC61730)							
Maximum Series Fuse Rating	15A							

STC: Irradiance 1000W/m², Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power (P _{max})	184W	188W	191W	195W	199W	202W	206W	210W
Open Circuit Voltage (V _{OC})	35.0V	35.1V	35.2V	35.3V	35.4V	35.5V	35.6V	35.7V
Short Circuit Current (I _{SC})	7.09A	7.15A	7.21A	7.27A	7.36A	7.45A	7.54A	7.63A
Voltage at Nominal Power (V _{mp})	27.6V	27.8V	27.9V	28.1V	28.3V	28.5V	28.7V	28.9V
Current at Nominal Power (I _{mp})	6.67A	6.77A	6.85A	6.94A	7.04A	7.09A	7.18A	7.27A

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

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline 5BB 156.75x156.75mm (6x6inches)
Number of cells	60 (6x10)
Module dimensions	1640x992x35mm (64.57x39.06x1.38inches)
Weight	18kg (39.7lbs)
Front cover	3.2mm (0.13inches) tempered glass with AR coating
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm ² (0.006inches ²), 900mm (35.43inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

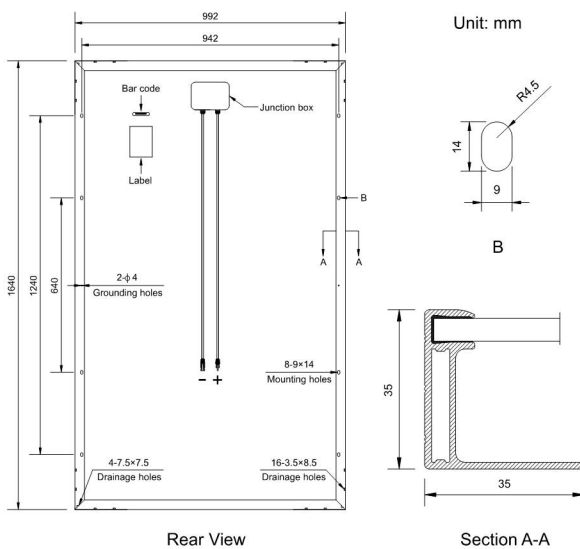
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P _{max}	-0.41%/°C
Temperature Coefficients of V _{OC}	-0.31%/°C
Temperature Coefficients of I _{SC}	0.05%/°C

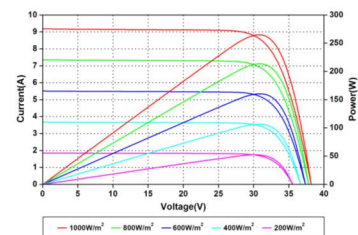
PACKAGING

Standard packaging	30pcs/pallet
Module quantity per 20' container	360pcs
Module quantity per 40' container	840pcs(GP)/924pcs(HQ)

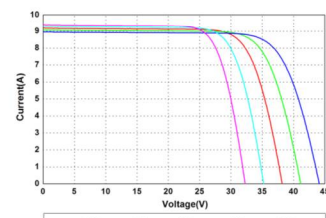
ENGINEERING DRAWINGS



IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

Amerisolar and Amerisolar logo denoted with ® are registered trademarks of Worldwide Energy and Manufacturing USA Co., Ltd.